

高等院校通用教材

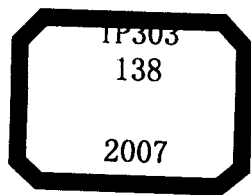
何为民 潘仕彬 编著

计算机组成与 嵌入式系统



北京航空航天大学出版社

高等院校通用教材



计算机组成与嵌入式系统

何为民 潘仕彬 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书是采用嵌入式计算机平台来讲授计算机组成原理课程的教材。内容包括:绪论、计算机的运算基础、中央处理器及计算机的体系结构、存储器结构、汇编语言程序设计、输入/输出系统、总线、计算机外部设备、A/D、PWM、程序设计实例。本书将实验穿插在相关的章节中,在附录中介绍了实验系统的组成及使用方法。

本书内容充实,概念清晰,深入浅出,通俗易懂。在写作过程中注重内容的先进性、实用性,特别强调实验动手能力的训练。

本书既可作众多电子类及部分计算机类专业学习计算机组成和单片机原理课程的教材,也可供工程技术人员在学习计算机原理和汇编语言时作参考。

本书配有教学多媒体课件。

图书在版编目(CIP)数据

计算机组成与嵌入式系统/何为民等编著. —北京:

北京航空航天大学出版社, 2007. 1

ISBN 978-7-81077-928-9

I. 计… II. 何… III. ①计算机体系结构②微型计算机—系统设计 IV. ①TP303②TP360. 21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 151494 号

© 2006, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可, 任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

计算机组成与嵌入式系统

何为民 潘仕彬 编著

责任编辑 许振武

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail: bhp@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本: 787×960 1/16 印张: 15 字数: 336 千字

2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 1 次印刷 印数: 5000 册

ISBN 978-7-81077-928-9 定价: 20.00 元

前言

本教材试图将原有的 2 门课程“计算机组成”与“单片机原理与应用”改革后,综合成一门课程——“计算机组成及嵌入式系统”。因为,10 多年前形成的《计算机组成》课程以通用计算机技术为主要内容,远远脱离了当今后 PC 时代的应用要求,到了非改不可的境地。同时,嵌入式系统时代的到来,原有单片机相关课程的内容也要引入嵌入式系统的概念。因此,在本书中必然会涉及到通用计算机领域与嵌入式计算机领域中的概念冲突。

目前,人们提到的通用计算机,大多是互通用微处理器基础上的个人计算机,如在 8088、80286、80386、80486 乃至奔腾系列处理器基础上的微型计算机。由于微型计算机的小型化、低价位、高可靠性,导致了计算机的嵌入式应用要求,即将计算机嵌入到大型工业设备中,实现这些设备的智能化控制。例如,将计算机嵌入到舰船中,做成自动驾驶仪。这时,原有的计算机失去了通用计算机的形态与功能,变成了自动驾驶仪。我们把这样的“专用计算机”称为嵌入式计算机系统。从此,在现代计算机领域中便出现了通用计算机系统与嵌入式计算机系统两大分支。

由于微型计算机的体积、价位与可靠性并不能满足众多设备(如家用电器、智能仪表、工控单元)的嵌入式应用要求,嵌入式计算机系统便与通用计算机分道扬镳,走上了单片机独立发展道路,即将整个计算机集成到一个芯片之中,故成一个单芯片形态的计算机。随后单片机经历了从单片机微型计算机到微控制器(MCU)的发展过程。因此,Intel 公司早期推出的 MCS-51 单片机、随后在 MCS-51 基础上各半导体厂家推出的 51 系列单片机、近年来广泛推行的 ARM 处理器以及在原来工控机基础上推出的 PC104 工控模块等,都是典型的嵌入式系统。

在以往的“微机原理”课程中,“计算机组成”部分内容遵循通用计算机的技术原理,与嵌入式系统体系结构有较大差异。但是,在硬件组成原理上是基本一致的。因此,我们在多年教学改革探索的过程中,为了形象、直观和实用,在分析计算机外部组成时,以通用计算机为主,在

前 言

分析计算机内部硬件组成和实验验证时,以嵌入式计算机为主。为了让初学者易学并能直观地了解计算机的硬件组成,同时也考虑到学以致用,我们不采用传统的 8088、80286、80386 处理器,而采用在实际生活中广泛应用的 51 单片机平台。依靠可以人手一个的廉价的嵌入式计算机组成实验系统和崭新的 ISP 编程方式(不要仿真器),尝试将实验从实验室扩充到学生宿舍等其他场所,将实验开放到整个教学环节,使学生不但能形象、直观地学到一般计算机组成的原理,而且能掌握实用的单片机汇编语言的编程方法,从而以实验促进教学,培养自主创新、实用型人材。

本教材强调实用而不刻意阐述抽象的理论知识,强调了解器件的功能、使用而不深入研究器件的内部组成,强调基本实验技能训练而不强调作业的完成。因此本教材不仅可以作为计算机应用专业的计算机组成原理的教材,还可作为电子类专业学生及工程技术人员的学习计算机硬件和汇编语言的入门教材。

通过本教材的学习,可以使使学生通过熟练运用汇编语言对单片机编程、程序存储和运行,掌握计算机组成的基本结构,并能尝试一些计算机的简单测控应用。

本书共分 10 章和 3 个附录。第 1 章介绍计算机组成的基本知识;第 2~6 章以嵌入式计算机为主,介绍计算机的硬件组成;第 7 章介绍计算机的总线;第 8 章介绍计算机的外部设备;第 9 章介绍嵌入式计算机内部的 A/D、D/A 及 PWM 电路;第 10 章介绍汇编语言的程序设计实例。3 个附录详细介绍本教材计算机组成实验系统中实验板的硬件组成和资源、ISP 程序的下载方法以及汇编程序的编写方法。3 个附录实用性强,可作为配套实验参考内容,贯彻通过实验锻炼学生能力的宗旨,也为学生后续课程的学习、课程设计及课外创新研究打下基础。

本书基于工科的特点编写,强调动手操作,每章均配备了两三个实验,目的是重点训练学生的动手实验能力,从而为后面的学习打下坚实的基础。

杜育宽副教授编写了本书第 9 章,其他参与这本书编写工作的有涂婧璐、何铮、周建勇等,孙敏、周研参加了测试、画图等工作。限于作者水平,书中难免有缺点和错误,恳请读者批评指正。

本书配有教学多媒体课件、大量的实验工具软件、C51 子程序库等资料、XHD-2 实验工具包,使用者可直接从 www.haihuaxin.com 网站上下载,或与作者交流。

作 者

2006 年 9 月

目 录

第 1 章 绪 论

1.1 计算机的发展、分类及应用	1
1.1.1 计算机的发展历史	1
1.1.2 计算机的分类	2
1.1.3 计算机的应用	2
1.2 计算机的硬件组成	3
1.2.1 中央处理器 CPU	5
1.2.2 存储器	6
1.2.3 I/O 接口及外部设备等	8
1.3 计算机的工作过程	9
实验 1 计算机的“存储程序”运行	9
1.4 计算机的软件组成	9
1.4.1 程序设计语言	10
实验 2 汇编语言程序设计	12
1.4.2 系统软件	13
1.4.3 应用软件	14
基本要求和思考题	14

第 2 章 计算机的运算基础

2.1 数制及数制间的转换	16
2.1.1 数的进制	16

目 录

2.1.2 数制之间的转换	17
2.2 计算机中数的表示法	20
2.2.1 计算机中二进制数的表示方法与运算	20
实验3 数的运算操作	21
2.2.2 定点数的原码、反码和补码	24
2.2.3 二进制数的逻辑运算与逻辑符号	25
实验4 逻辑运算	27
2.3 非数值数据的表示方法	28
2.3.1 BCD码及ASCII码	28
2.3.2 汉字的编码	29
2.4 代码错误检测与纠错	31
2.4.1 奇偶校验	32
2.4.2 累加和校验	32
2.4.3 循环冗余码校验	33
2.4.4 海明码	36
基本要求和思考题	38

第3章 中央处理器及计算机的体系结构

3.1 中央处理器	40
3.1.1 控制器	41
3.1.2 运算器	43
3.2 MCS-51微处理器的组成	44
实验5 双字节加、减数据运算	47
3.3 时序发生器和指令周期	47
3.3.1 时钟振荡器	48
3.3.2 指令周期	48
3.3.3 复位	49
3.4 新型处理器	50
3.4.1 顺序方式	50
3.4.2 并行方式	51
3.4.3 流水控制方式	52
3.4.4 RISC技术	53
3.4.5 多核处理器技术	54
3.5 32位嵌入式微处理器 ARM	55

3.5.1 ARM 的特点	56
3.5.2 ARM 系列	56
实验 6 奇偶校验	57
基本要求和思考题	58
第 4 章 存储器结构	
4.1 存储系统概述	59
4.1.1 存储器的作用	59
4.1.2 存储系统的组成	59
4.1.3 存储器的分类	60
4.2 半导体存储器	61
4.2.1 存储器的性能技术指标	62
4.2.2 随机存储器的组成	63
4.3 MCS-51 单片机的存储器结构	64
4.3.1 程序存储器	64
4.3.2 数据存储器	65
4.3.3 外部存储器的访问	70
4.3.4 寻址方式	70
实验 7 寻址方式	73
4.3.5 堆 栈	74
实验 8 堆 栈	75
基本要求和思考题	76
第 5 章 汇编语言程序设计	
5.1 汇编程序	77
5.1.1 汇编语言的特点及其语句格式	78
5.1.2 汇编语言的伪指令	79
5.1.3 汇编语言的汇编	82
5.2 MCS-51 单片机指令系统	83
5.2.1 数据传送指令(29 条)	83
实验 9 数据交换	86
5.2.2 算术运算指令(24 条)	88
实验 10 十进制加法运算	91
5.2.3 逻辑操作指令	91

目 录

5.2.4 控制转移指令	93
实验 11 编写延时程序	95
5.2.5 布尔操作指令(17 条)	97
基本要求和思考题	98

第 6 章 输入/输出系统

6.1 I/O 端口	99
6.1.1 MCS-51 单片机的 I/O 端口	99
6.1.2 I/O 端口的结构与操作	100
实验 12 I/O 端口的应用	102
6.2 MCS-51 单片机的串行通信口	102
6.2.1 RS-232 串行通信简介	102
6.2.2 MCS-51 单片机串行口结构	103
6.2.3 串行口的工作方式	105
6.2.4 定时/计数器	108
实验 13 定时/计数器的应用	113
6.2.5 串行通信波特率的设置	113
6.3 并行通信	115
6.4 数据交换方式	117
6.4.1 查询方式	117
实验 14 查询方式的应用	118
6.4.2 中断方式	119
6.4.3 MCS-51 单片机的中断系统	120
实验 15 中断的应用	125
6.4.4 直接内存访问(DMA)方式	125
基本要求和思考题	129

第 7 章 总 线

7.1 总线概述	142
7.1.1 总线的分类	142
7.1.2 数据总线、地址总线和控制总线	131
7.1.3 总线的组成	132
7.2 计算机常用标准总线	133
7.2.1 I ² C 总线	134

7.2.2 其他总线	137
基本要求和思考题	140
第8章 计算机外部设备	
8.1 外部设备简介	142
8.1.1 外部设备的类型与作用	142
8.1.2 计算机外部设备的基本组成	143
8.2 显示器	143
8.2.1 发光二极管(LED)显示器	144
实验 16 串行驱动 LED 的显示	147
8.2.2 液晶显示器	148
8.3 键盘设备	152
8.3.1 矩阵键盘	152
实验 17 矩阵键盘实验	155
8.3.2 智能键盘	155
8.4 外部存储器	156
8.4.1 硬盘存储器	156
8.4.2 光盘、闪存及 U 盘	157
8.4.3 EEPROM 存储设备	158
实验 18 STC-89C52 RC 单片机内嵌 EEPROM 访问实验	161
基本要求和思考题	162
第9章 单片机的 A/D 与 PWM	
9.1 STC-12C5410AD 单片机简介	163
9.2 单片机中 A/D 转换器的组成与应用	165
9.2.1 A/D 转换器的组成	165
9.2.2 A/D 转换器使用示例	167
9.3 单片机中 PWM/PCA 的组成及应用	169
9.3.1 PWM/PCA 的组成	169
9.3.2 PWM 时间基准及输出脉冲宽度的控制	173
9.3.3 PWM 的应用实验	174
基本要求和思考题	176

第 10 章 程序设计实例

10.1 简单程序设计	178
10.2 分支程序设计	179
10.3 循环程序设计	181
10.4 LED 显示驱动子程序	182
10.5 自检程序设计	184
10.6 时钟程序设计	186
10.7 RS-232 串行通信程序设计	189
10.8 EEPROM 读/写程序	191
10.9 键盘子程序	194

附录 A XHD-2 计算机组成实验系统简介

A.1 XHD-2 计算机组成实验系统简介	198
A.2 XHD-2 实验板的组成	199
A.3 XHD-2 实验板的跳线连接	205
A.4 XHD-2 实验板的扩充	208
A.5 XHD-3 实验板	208

附录 B 软件 ISP 下载方法

B.1 下载前的准备	211
B.2 STC_ISP 程序下载注意事项	214

附录 C MCS-51 单片机汇编软件编译方法

C.1 编译说明	215
C.2 编译步骤	216
C.3 Keil 开发环境介绍	218
C.4 出错信息	222

第 1 章

绪 论

计算机系统是一种能采用各种方法输入信息,并对这些信息按照预先规定的方式进行加工、处理、存储或输出的电子设备。本章讲述计算机系统的一些最基本的概念。

1.1 计算机的发展、分类及应用

1.1.1 计算机的发展历史

从原始人的结绳记事开始,到公元前 400 年中国人发明算盘,17 世纪法国人发明机械手摇计算器,人们都一直在探索如何提高运算速度。1946 年诞生了世界上第一台电子数字计算机(ENIAC)。这台计算机虽能进行运算,但不具备存储程序和控制功能,仅仅是一台只能进行计算的原始计算机。

同年,数学家冯·诺依曼针对 ENIAC 的缺点,提出了一个全新的通用计算机的设计方案——EDVAC(埃德瓦克方案),并于 1950 年研制成功。其后,电子计算机一直作为实现数值计算的大型昂贵设备,被供养在特殊的机房中。直到 20 世纪 70 年代微处理器的出现,计算机才发生了历史性的变化。以微处理器为核心的微型计算机以其小型、价廉、可靠等特点,迅速走出机房,走向民众,得到了广泛的应用。人们不断提高微型计算机的运算速度和存储容量,并将计算机联成网络,进行硬件资源和软件资源的共享,使计算机技术得到了快速发展。

微型计算机表现出的智能化水平引起了广大控制专业人士的兴趣,要求将其用于工业测控。但微型计算机为了通用目的而形成的从微处理器到主板、到主机、再到计算机系统的结构对于测控来说,显得特别臃肿。因而,随着微电子学的发展,人们将整个计算机封装在一个芯片上,推出了嵌入式计算机。嵌入式计算机不再“通用”和“独立”存在,相反,作为一个核心的、不可缺少的部件,嵌入到对象体系中,实现了对象体系的智能化控制。

嵌入式计算机系统的诞生,标志计算机进入了通用计算机系统与嵌入式计算机系统两大分支并行发展的时代,导致了 20 世纪末计算机技术的高速发展。它不仅形成了计算机发展的专业化分工,而且将发展计算机技术的任务扩展到传统的电子系统领域,使计算机成为人类进入社会全面智能化时代的有力工具。

第1章 绪论

1.1.2 计算机的分类

计算机是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处理和存储的电子设备。

按被处理信息的表达形式分类,计算机可分为模拟计算机和数字计算机,我们一般所说的计算机都是指数字计算机。

按所采用的电子器件分类,计算机可分为电子管(1946~1958年)计算机、晶体管(1959~1964年)计算机、小规模集成电路(1965~1970年)计算机和超大规模集成电路(1971年至今)计算机。

按组成规模的大小分类,计算机可分为巨型计算机、大型计算机、小型计算机、微型计算机和嵌入式计算机。

按使用和组成的方式分类,计算机又可分为通用计算机和嵌入式计算机。一般我们用的PC是通用计算机。

1. 通用计算机

通用计算机以“独立、通用为主”,以完整的形态存在,以安装运行各种应用软件来达到通用的目的。系统的技术要求是高速、海量的数值计算,技术发展方向是总线速度的无限提升,以及存储容量的无限扩大。现代计算机中的微型计算机、多媒体计算机就是典型的通用计算机。

2. 嵌入式计算机

嵌入式计算机以“嵌入为主”,通常它并不会像微型计算机那样单独存在,而是作为一个重要的部件嵌入在其他设备中,组成嵌入式设备,如机器人、PDA、智能设备等。嵌入式计算机的技术要求是智能化的测控能力,技术发展方向是伴随嵌入特性的微型化、低功耗、低成本和软硬件的裁剪特性。

1.1.3 计算机的应用

计算机作为一种通用的信息处理工具,具有运算速度快,计算精确度高,存储容量大,逻辑判断能力强,自动化程度高等特点,所以广泛应用于各种领域。

(1) 科学计算。科学计算解决科学研究和工程技术中所提出的数学问题,其中包括数值计算和逻辑运算。例如,飞船弹道轨迹的计算,天气预报、地震数据的处理,桥梁建筑的设计,信息的加密和解密等。使用计算机进行科学计算,速度快,精度高,可以大大缩短计算周期,节省人力和物力。

(2) 事务处理。事务处理是指应用于各部门的办公自动化(OA)、管理信息系统(MIS)和各种决策支持系统(DSS)、企业资源管理(ERP)等。例如,政府办公,公务流转;银行每天对当

天的营业情况及时汇总、分类、结算、统计和制表;工矿企业生产情况统计,成本核算,库存管理,物资供应管理,生产调度等。事务处理所采用的计算方法比较简单,但数据处理量大,输入/输出操作频繁。

(3) 自动控制。自动控制又称过程控制,是指利用计算机及时地采集监测数据,按最佳方案迅速地对控制对象进行自动控制或自动调节。它广泛应用于工农业生产、现代化国防和空间技术,在交通运输、石油化工、电力、冶金、机械加工等部门以及导弹、人造卫星、宇宙飞船等领域都采用了计算机自动控制。

(4) 智能仪表。智能仪表是指利用嵌入式计算机生产各种与人们生产、生活紧密联系的各种仪表、设备。例如,各种智能型洗衣机、电视机、传真机、手机、报警器、空调、门禁等。

(5) 计算机辅助系统。计算机辅助系统包括计算机辅助设计(CAD)、计算机辅助教学(CAI)、计算机辅助制造(CAM)、计算机辅助测试(CAT)和计算机集成制造系统(CIMS)。这是工程设计、生产、检验人员借助于计算机,进行设计、加工、装配、学习、实验等的一项专门技术。它不仅可以缩短设计周期,还可提高设计质量和加工生产过程的自动化程度。目前,计算机辅助系统已广泛应用于航空、机械、造船、化工、建筑、电子等几十个技术部门。

(6) 多媒体应用。多媒体技术是计算机技术和视频、音频及通信技术的集成。它实现对各种媒体(如文字、图形、影像、音频、视频、动画等)进行数据的采集、传输、转换、编辑和存储,并由计算机综合处理为文字、图形、动画、音效、影像等重新输出,或制作成3D动画和影片的视觉特技。它对传统的电影、电视、电话、录音、录像等音像领域造成了一场深刻的革命。

(7) 人工智能。人工智能就是让计算机模仿人的思维活动,目前主要有机器人、专家系统和模式识别。“工业机器人”可以替代人在一些人不可及或存在危险的环境下进行某些作业,如勇敢号火星探测器;专家系统可以集合一些专家的专门知识,然后模拟这些专家,运用其知识来处理这方面的问题,如IBM的深蓝可以同世界冠军对弈;模式识别是仿照人的视觉、听觉等器官来识别车牌、人的身份等,进行交通流量控制、身份识别、防盗报警。

(8) 网络应用。利用嵌入式设备(交换机、路由器等)组成计算机网络,在现代计算机之间实现软、硬件资源共享。人们可以通过因特网(Internet)接收和传送电子邮件(E-mail)、查阅网上各种信息,进行网上(航空、车、船)订票及电子商务,也可进行网络遥控,等等。

1.2 计算机的硬件组成

1946年,数学家冯·诺依曼提出了一个全新的通用计算机的设计方案——EDVAC(埃德瓦克方案),并于1950年实施成功。在这个方案中,冯·诺依曼提出了3个重要的设计思想。

- 计算机由5个基本部分组成——运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备。
- 采用二进制形式表示计算机的指令和数据。

- 将程序(由一系列指令组成)和数据存放在存储器中,并让计算机自动地执行程序——这就是“存储程序”思想的基本含义。

从此至今,EDVAC 方案成了电子计算机设计的主要依据。现代计算机中不管是通用计算机还是嵌入式计算机,依旧是遵循冯·诺依曼设计思想的计算机,它们仅在“通用”和“专用”上,“独立使用”和“嵌入式应用”上及在追求的技术指标、特性上相差很大,但在硬件组成原理上是大体一致的,都遵循冯·诺依曼的 3 条设计思想。其差别在于通用计算机是向“高性能”发展,将运算器和控制器组合成中央处理器(CPU),不断强化发展 CPU、存储设备、输入设备和输出设备的能力。而嵌入式计算机则是向“微型化”发展,尽量将运算器和控制器(MPU)、存储器、输入接口、输出接口封装在一个芯片上。

由于通用计算机和嵌入式计算机在硬件组成原理上大体一致,为了形象和直观,我们在分析计算机外部组成时,以通用计算机为主,在分析内部组成和验证实验时,以嵌入式计算机为主。

所谓计算机“硬件”就是指看得见、摸得着的组成计算机的物理实体。冯·诺依曼设计思想的第一条就体现了计算机的硬件是由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备 5 个基本部分加上一些能保证其正常工作的辅助部分组成的。

一台微型计算机的组成如图 1-1 所示,从外形上看,它是由主机和外设组成。

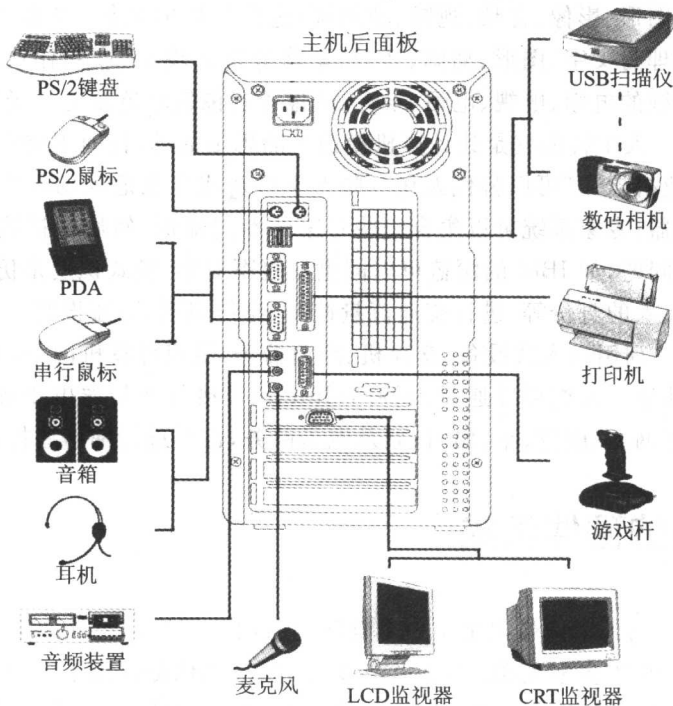


图 1-1 计算机由主机和外设组成

进一步打开主机机盖,即可看到如图 1-2 所示的微型计算机主机内部的硬件组成。包括主板、电源、硬盘、软驱和光驱。在主板上可看到 CPU,上面有散热片、风扇;主板上还有内存条、I/O 接口、时钟、扩展插槽、内存和控制芯片,一般还有各种插卡。

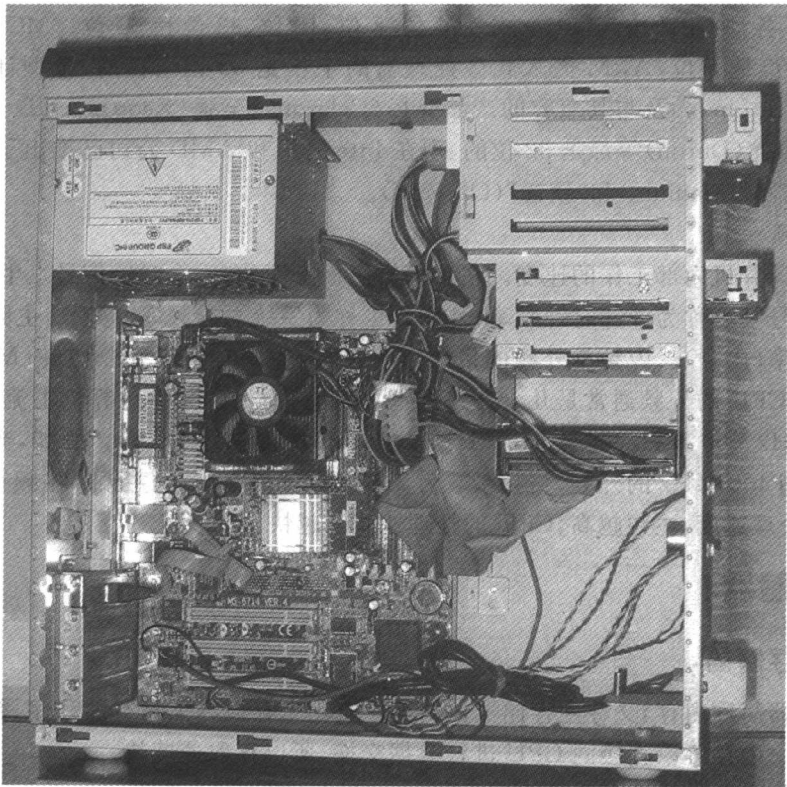


图 1-2 主机内部的硬件组成

1.2.1 中央处理器 CPU

1. CPU 的组成

中央处理器(CPU, Central Process Unit)主要由控制器和运算器两大部件组成,它是计算机的运算和控制中心。

① 控制器:控制器的作用是统一指挥和协调计算机各部分的工作,以完成计算机程序所规定的各种操作。控制器主要由程序计数器、指令寄存器、译码器和操作控制部件等组成。

② 运算器:运算器主要由算术逻辑单元(ALU)、累加寄存器(简称累加器)及若干个通用寄存器等组成,其主要功能是完成各种算术运算和逻辑运算。其中,ALU 是运算器的核心,寄存器(累加器和通用寄存器)用于存储运算数据及运算结果。

2. CPU 的主要性能指标

(1) 字 长

字长是指 CPU 同时运算的二进制数的位数。一般来说,字长越长,计算机的计算精度越高,速度越快。各种 CPU 按其字长可分为 4 位、8 位、16 位、32 位和 64 位。MCS-51 嵌入式微处理器的字长是 8 位,ARM 嵌入式微处理器的字长是 32 位。目前,微型计算机的主流 CPU 奔腾 4(Pentium 4)及与其兼容的产品赛扬(Celeron)、至强(Xeon),AMD 公司的 K7 速龙(Athlon)和毒龙(Duron)等都是 32 位的,现在 Intel 公司和 AMD 公司已推出了新一代的 64 位微处理器“安腾”(Itanium)和“铁锤”(Opteron)。

(2) 主 频

主频是指计算机内部工作的速度。在计算机主板上,有一个时钟信号发生器,该发生器产生的时钟信号频率称为外部时钟频率(外频),也称为系统总线频率。CPU 主频率(主频)称为内部时钟频率(内频)。内频是外频的倍数,即倍频系数。时钟频率以兆赫(MHz)为单位。嵌入式计算机 CPU 的外频通常是几十兆赫到上百兆赫,而目前微型计算机主流 CPU 的外频大多为 200 MHz、400 MHz,甚至 533 MHz。倍频系数通常为 1~10。例如,奔腾 4 的 2.8 GHz CPU 采用 400 MHz 的外频,倍频系数为 7,获得了 2.8 GHz 的主频。主频很大程度上决定了 CPU 的处理速度,主频越高,CPU 的处理速度就越快。

1.2.2 存储器

1. 内部存储器

内部存储器简称内存,又称主存储器。内存主要用来存放当前运行的程序、待处理的数据以及运算结果。内存可以直接同 CPU 进行数据交换,所以存取速度快。

(1) 内部存储器的主要技术指标

① 容量:容量反映了内存存储各种信息的能力。内存容量越大,它所能存储的数据及运行的程序就越多,程序运行的速度就越快,计算机的信息处理能力就越强。容量的单位为二进制位(bit,简称 b),8 位二进制位则称为字节(Byte,简称 B)。嵌入式计算机内存只有几 KB 到几百 KB,而微型计算机则大多数配有 128 MB、256 MB、512 MB 或更大容量的内部存储器。

② 存取周期:是指对内部存储器进行一次完整的存取(读或写)操作所需的时间。存取周期越短,则存取速度越快,计算机的运行速度也越快。微机中内部存储器的存取周期一般为几十到几百纳秒(ns)。

(2) 内部存储器的主要种类

① 只读存储器(ROM, Read-Only Memory):在计算机运行过程中,ROM 中的信息只能被读出,而不能向其中写入新的内容;计算机断电后,ROM 中的信息不会丢失,当计算机被重新加电后,其中的信息仍可被读出。因此,ROM 中的信息是由制造厂家一次性写入的,并永