

高等学校计算机科学与技术应用型教材

DANPIANJI
XITONG JI
YINGYONG

单片机 系统及应用

(第2版)

主 编◎金建设 副主编◎于晓海 李 彤



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

高等学校计算机科学与技术应用型教材

单片机系统及应用

(第2版)

主 编 金建设

副主编 于晓海 李 彤



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

内 容 简 介

本书针对培养应用型人才的需要,以 MCS-51 系列单片机为主线介绍单片机的原理与应用技术。主要内容包括:微型计算机与单片机、MCS-51 系列单片机的硬件结构、Keil μ Vision 2 集成开发环境、MCS-51 的指令系统与汇编语言程序设计、单片机的 C 语言程序设计、MCS-51 单片机的中断系统与定时/计数器、MCS-51 单片机的串行通信、单片机应用中的人机接口、单片机应用中的模拟量输入/输出、存储器与并行接口的扩展。

本书从基础起步,由浅入深,易读易学,体现练中学的工程教育新理念,合理安排汇编语言与 C 语言的内容,注重学生软硬件结合工程实践能力的培养。

本书可作为应用型本科高校计算机、电子工程、自动化、机电类等专业的教学用书,也可供学习单片机技术的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

单片机系统及应用 / 金建设主编. -- 2 版. -- 北京: 北京邮电大学出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-5635-3519-4

I. ①单… II. ①金… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 109890 号

书 名: 单片机系统及应用(第 2 版)

著作责任者: 金建设

责任编辑: 王丹丹

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编: 100876)

发行部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish@bupt.edu.cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京源海印刷有限责任公司

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 20

字 数: 495 千字

印 数: 1—3 000 册

版 次: 2007 年 3 月第 1 版 2013 年 7 月第 2 版 2013 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-3519-4

定 价: 40.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

第 1 版前言

随着产品、设备、系统的智能化发展,单片机得到了广泛的应用。掌握单片机原理与应用技术不仅有实际应用意义,而且对理解和掌握计算机其他应用技术也有重要的作用。鉴于这个原因,很多高校的计算机和电子信息类专业都开设了单片机方面的课程。

作者根据多年从事微机和单片机的教学和工程实践经验,参考许多单片机有关教材和专业书籍,力求编写一本适合应用型本科学生学习的教材。本教材主要具有下列特点:

(1) 从基础开始,由浅入深,循序渐进,不需要学习微机原理课程就可使用本书学习单片机的原理与应用技术,理解微机原理课程中的主要概念和原理。

(2) 体现干中学、练中学的工程教育新理念,在学习编程语言之前就介绍 Keil μ Vision2 集成开发环境,并在后续的章节中,通过例题和习题引导学生使用 Keil μ Vision2 集成开发环境来进行编程和仿真调试,促进学生对单片机内部结构和工作原理的理解,提高学生的编制和调试程序的能力。

(3) 程序设计语言兼顾汇编语言与 C 语言,与传统的教课书相比加大了 C51 部分的篇幅,而汇编语言部分的篇幅有所减少。本着通过汇编语言帮助学生理解单片机的内部结构和原理,学习 C51 使学生掌握单片机应用程序开发技能的原则进行安排。在书中的大部分应用实例均给出两种语言的程序,便于学生对照学习。

(4) 贯彻软硬结合学习的原则,在程序设计学习的内容中的举例也考虑硬件设计的内容,使学生建立软硬件结合解决实际问题观念。

(5) 采用通俗易懂的语言讲述概念和原理,通过实例训练学生分析解决问题的能力,易于学生阅读和学习。

本书可作为应用型本科计算机、电子工程、自动化、机电类专业的教材,也可作为工程技术人员学习单片机技术的参考书。

本书由金建设担任主编并参加编写第 1、4、5、6、7 章,于晓海参加编写第 2、8、9 章,李木参加编写 3、4、5 章,李彤参加编写第 9、10 章,朱延东参加编写第 7

章和附录并完成了大量的绘图工作，全书由金建设整理和统稿。在本书编写过程中，参考和借鉴了本书参考文献列出的教材和专著的宝贵经验，在此对这些作者表示衷心的感谢。此外，还要感谢唐志宏和孙承科教授对本书编写工作的支持。也要感谢我的学生赵珂、胡嘉军、石颂，他们承担了部分实例的调试工作。

由于作者水平所限，再加时间仓促，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

第 2 版前言

随着产品、设备、系统的智能化发展和物联网的兴起,单片机得到了广泛的应用。掌握单片机原理与应用技术不仅有实际应用意义,而且对理解和掌握计算机其它应用技术也有重要的作用。鉴于这个原因,很多高校的计算机和电子信息类专业都开设了单片机方面的课程。

作者根据多年从事微型计算机原理、单片机原理及应用技术和嵌入式系统教学的体会,结合指导大学生科技创新和工程实践经验,参考许多单片机有关教材和专业书籍,力求编写一本适合应用型本科学生学习的教材。本教材主要具有下列特点:

(1) 从基础开始,由浅入深,循序渐进,不需要学习微型计算机原理课程就可以使用本书学习单片机的原理与应用技术,掌握单片机主要概念和原理,学会应用单片机技术进行简单的应用开发。

(2) 体现干中学、练中学的工程教育新理念,在学习编程语言之前就介绍 Keil μ Vision 2 集成开发环境,并在后续的章节中,通过例题和习题引导学生使用 Keil μ Vision 2 集成开发环境来进行编程和仿真调试,促进学生对单片机内部结构和工作原理的理解,提高学生的编制和调试程序的能力。

(3) 程序设计语言兼顾汇编语言与 C 语言,与传统的教课书相比加大了 C51 部分的篇幅,而汇编语言部分的篇幅有所减少。本着通过汇编语言帮助学生理解单片机的内部结构和原理,学习 C51 使学生掌握单片机应用程序开发技能的原则进行安排。在书中的大部分应用实例均给出两种语言的程序,便于学生对照学习。

(4) 贯彻软硬结合学习的原则,在程序设计学习的内容中的举例也考虑硬件设计的内容,使学生建立软硬件结合解决实际问题观念。

(5) 采用通俗易懂的语言讲述概念和原理,通过实例训练学生分析解决问题的能力,易于学生阅读和学习。

本书可作为应用型本科计算机、电子工程、通信工程、自动化、电气工程、机电类等专业的教材,也可作为工程技术人员学习单片机技术的参考书。

本书由金建设担任主编,于晓海、李彤担任副主编,金建设参加编写第 1、3、4、5、6、7 章,于晓海参加编写第 2、8、9 章,李彤参加编写第 9、10 章,全书由金建

设整理和统稿。在本书编写过程中,参考和借鉴了本书参考文献列出的教材和专著的宝贵经验,在此对这些作者表示衷心的感谢。本书是在由北京邮电大学出版社 2007 年出版的第 1 版基础上修订完成的,在第 1 章的单片机概述中增加了一些新型单片机的介绍,在第 4 章中增加了软硬结合的例子,在第 5 章中删除了在实际应用中很少用到的重入函数,对第 6 章的部分例子进行了修改。此外,对全书的文字不畅顺和错误之处进行了更正。

由于作者水平所限,书中难免有错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 微型计算机与单片机基础知识	1
1.1 微型计算机组成的感性认识	1
1.2 计算机硬件的基本组成	2
1.3 微型计算机的硬件构成	3
1.3.1 微型计算机的硬件结构	3
1.3.2 CPU	4
1.3.3 内存存储器	5
1.3.4 堆栈	6
1.3.5 输入/输出接口	7
1.4 计算机中的信息表示	10
1.4.1 计算机中无符号整数的表示	10
1.4.2 BCD 码	11
1.4.3 计算机中有符号整数的补码表示	11
1.4.4 计算机中字符的表示	12
1.5 单片机概述	12
1.5.1 单片机的典型硬件结构	13
1.5.2 单片机与微型计算机的比较	14
1.5.3 单片机应用系统开发方法	14
1.5.4 主要的单片机产品	15
1.5.5 单片机的应用领域	17
1.5.6 单片机的发展过程与趋势	17
习题	19
第 2 章 MCS-51 系列单片机硬件结构	20
2.1 MCS-51 系列单片机概述	20
2.2 MCS-51 单片机的基本硬件结构	21
2.2.1 内部结构框图	21
2.2.2 外部引脚功能	22
2.2.3 内部资源	24
2.3 MCS-51 单片机的 CPU	24
2.3.1 运算器	24

2.3.2 控制器	26
2.3.3 CPU 的工作时序	27
2.4 MCS-51 单片机的存储器组织	28
2.4.1 程序存储器	28
2.4.2 数据存储器	29
2.5 MCS-51 单片机的并口	33
2.5.1 P0 口	33
2.5.2 P1 口	33
2.5.3 P2 口	34
2.5.4 P3 口	34
2.5.5 并口的输出能力	35
2.6 MCS-51 单片机的最小系统	36
2.6.1 时钟电路	37
2.6.2 复位电路	38
2.6.3 最小系统	38
2.7 简单的单片机应用系统设计	39
习题	42
第3章 Keil μVision2 集成开发环境	43
3.1 Keil μ Vision2 集成开发环境介绍	43
3.2 汇编语言程序的编辑、汇编、连接、运行调试	46
3.3 C51 语言程序的编辑、编译、连接、运行调试	54
习题	58
第4章 MCS-51 的指令系统与汇编语言程序设计	60
4.1 MCS-51 的指令系统概述	60
4.1.1 指令概述	60
4.1.2 汇编语言指令格式	60
4.1.3 操作数的类型	61
4.2 寻址方式	61
4.2.1 概述	61
4.2.2 寻址方式	62
4.3 MCS-51 单片机的指令系统	64
4.3.1 描述指令常用的符号	64
4.3.2 数据传送类指令	65
4.3.3 算术运算指令	67
4.3.4 逻辑运算指令	70
4.3.5 控制转移指令	72
4.3.6 位操作指令	75

4.4 伪指令·····	76
4.5 汇编语言程序设计·····	78
4.5.1 汇编语言程序设计的基本步骤与程序的基本结构·····	78
4.5.2 顺序结构程序设计·····	79
4.5.3 分支结构程序设计·····	82
4.5.4 循环结构程序设计·····	84
4.5.5 主子结构程序设计·····	88
习题·····	93
第5章 单片机的C语言程序设计 ·····	96
5.1 单片机的C语言·····	96
5.1.1 概述·····	96
5.1.2 C51与汇编语言相比的优势·····	96
5.1.3 C51与ANSI C的差异·····	97
5.2 C51的数据类型和存储类型·····	97
5.2.1 C51的数据类型·····	97
5.2.2 C51中的变量的存储类型·····	102
5.2.3 C51的存储模式·····	103
5.3 C51的常量和变量·····	105
5.3.1 常量·····	105
5.3.2 变量·····	106
5.4 C51的预处理指令·····	108
5.4.1 #include 指令·····	109
5.4.2 #define 指令·····	109
5.4.3 条件编译指令·····	109
5.5 C51的位运算·····	111
5.6 C51的程序结构·····	112
5.7 C51的函数·····	113
5.7.1 函数概述·····	113
5.7.2 中断函数·····	114
5.8 C51对内存的直接访问和操作·····	115
5.9 C51的应用程序开发方法·····	116
5.10 C51并行口应用编程举例·····	117
习题·····	124
第6章 MCS-51单片机的中断系统与定时/计数器 ·····	127
6.1 中断的概念·····	127
6.1.1 中断的用途·····	127
6.1.2 中断过程·····	128

6.2 MCS-51 单片机的中断系统	128
6.2.1 中断源	129
6.2.2 中断的允许与屏蔽	130
6.2.3 中断优先级控制	131
6.2.4 中断服务程序入口	132
6.2.5 中断请求标志	134
6.2.6 外部信号触发中断触发信号的选择	134
6.2.7 中断标志位的复位	135
6.2.8 MCS-51 单片机的中断系统的结构	135
6.2.9 MCS-51 单片机的中断过程	136
6.2.10 MCS-51 单片机中断应用的例子	137
6.3 MCS-51 单片机的定时/计数器	142
6.3.1 定时和计数的概念	142
6.3.2 MCS-51 单片机定时/计数器的结构	143
6.3.3 MCS-51 单片机定时/计数器的工作方式	145
6.3.4 定时/计数器应用举例	149
习题	154
第 7 章 MCS-51 单片机的串行通信	157
7.1 通信的基本概念	157
7.1.1 并行通信与串行通信	157
7.1.2 异步串行通信与同步串行通信	158
7.1.3 串行通信的数据通路形式	160
7.1.4 串行通信接口	161
7.2 MCS-51 单片机串行接口及串行通信	162
7.2.1 MCS-51 单片机串行口的结构	162
7.2.2 串行口的设置与控制	163
7.2.3 MCS-51 单片机串行接口的工作方式	164
7.2.4 单片机与单片机通信	168
7.2.5 单片机与 PC 通信	177
习题	184
第 8 章 单片机应用中的人机接口	186
8.1 单片机基本的人机接口	186
8.1.1 键盘输入	186
8.1.2 八段式 LED 数码管	191
8.1.3 液晶显示器简介	195
8.2 基于 8155 的键盘输入与 LED 显示系统	196

8.2.1 并行接口芯片 8155 介绍	196
8.2.2 基于 8155 的键盘与 LED 显示的接口电路	199
8.2.3 程序设计	199
8.3 基于 8279 的键盘输入与 LED 显示系统	203
8.3.1 键盘显示器接口芯片 8279 介绍	204
8.3.2 基于 8279 的键盘与 LED 显示的接口电路	208
8.3.3 程序设计	209
8.4 具有键盘与 LED 的步进电机控制系统	213
8.4.1 步进电机工作原理介绍	213
8.4.2 简单步进电机控制程序设计	215
8.4.3 基于键盘输入与 LED 显示的步进电机控制系统	215
8.5 基于单片机 IC 卡读/写系统	224
8.5.1 IC 卡读/写的工作原理	224
8.5.2 IC 卡与单片机的硬件接口电路	228
8.5.3 程序设计	228
8.6 基于单片机的语音录放系统	235
8.6.1 ISD 1420 语音芯片介绍	236
8.6.2 基于 ISD 1420 的单片机录放音系统硬件电路	239
8.6.3 程序设计	240
习题	244
第 9 章 单片机应用中模拟量的输入/输出	245
9.1 A/D 转换的基本概念	245
9.2 并行 A/D 转换	247
9.2.1 并行 A/D 转换器芯片 ADC0809	247
9.2.2 单片机与 ADC0809 芯片的硬件接口	248
9.2.3 并行 A/D 转换的程序设计	250
9.3 串行 A/D 转换	251
9.3.1 串行 A/D 转换器芯片 ADC0832	252
9.3.2 单片机与 ADC0832 芯片的硬件接口	252
9.3.3 串行 A/D 转换的程序设计	254
9.4 D/A 转换的基本概念	257
9.5 并行 D/A 转换	258
9.5.1 并行 D/A 转换器芯片 DAC0832	258
9.5.2 单片机与 DAC0832 芯片的硬件接口	259
9.5.3 并行 D/A 转换的程序设计	261
9.6 串行 D/A 转换	264

9.6.1 串行 D/A 转换器芯片 MAX538	264
9.6.2 单片机与 MAX538 芯片的硬件接口	266
9.6.3 串行 D/A 转换的程序设计	266
9.7 单片机模拟量数据采集系统设计	268
9.7.1 硬件原理介绍	269
9.7.2 程序设计	269
9.8 基于 DS1820 与单片机的数字温度计设计	270
9.8.1 硬件原理介绍	271
9.8.2 程序设计	272
习题	278
第 10 章 存储器与并行接口扩展	279
10.1 单片机的三总线应用结构	279
10.2 程序存储器扩展	280
10.2.1 2764 芯片介绍	280
10.2.2 程序存储器扩展方法	281
10.3 数据存储器扩展	281
10.3.1 SRAM 6264 芯片介绍	281
10.3.2 数据存储器扩展方法	282
10.3.3 数据、程序存储器混合扩展方法	283
10.4 并行接口扩展	285
10.4.1 8255A 芯片结构及引脚功能	285
10.4.2 8255A 的控制字	286
10.4.3 8255A 与 MCS-51 单片机的连接方法	291
10.4.4 应用举例	292
习题	294
附录 A ASCII 码字符表	295
附录 B MCS-51 系列单片机指令速查表	296
附录 C Keil C51 库函数原型列表	299
参考文献	305

第1章

微型计算机与单片机基础知识

1.1 微型计算机组成的感性认识

微型计算机已经广泛应用在我们的工作和日常生活中,为了便于了解计算机是如何组成的,首先让我们从外观上观察台式微型计算机(一般称为 PC)是怎样构成的。一台台式微型计算机的外观图片如图 1.1 所示,它由下列部件组成。

(1) 显示器:人们观察计算机输出信息的设备,根据需要它可以以数据、表格、文字、图形的形式表达计算机的输出信息。

(2) 键盘和鼠标:人们对计算机输入信息的设备,使用键盘可以输入数据、命令、程序,将信息输入计算机;鼠标是一种更友好的输入设备,通过它可以实现对显示器上显示的图标命令或数据进行选择,将人们的选择输入计算机。

(3) 机箱(主机):计算机完成对输入的数据、命令、程序进行运算处理及存储部件的集合,主要包括主板、硬盘、光盘驱动器、各种插口,如图 1.2 所示。

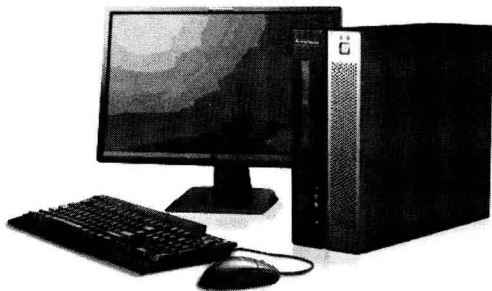


图 1.1 微型计算机的外观图片

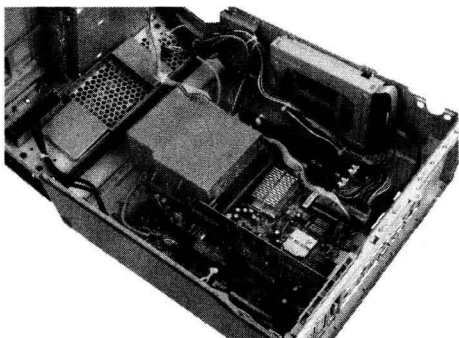


图 1.2 微型计算机主机图片

主板是计算机的主体,在其上安装了 CPU、内存条、各种扩展板(包括显卡、声卡、网卡、通信卡等)。其中 CPU 是计算机的心脏,它是一块高度集成的集成电路,计算机的各种计算与控制功能都通过它来实现。内存条又称内存存储器,它装配有若干个存储芯片,数据和程序存放在内存存储器中。CPU 在工作时频繁地访问内存存储器,从中读取程序和数据来执行任务。主板、CPU、内存条的图片分别如图 1.3、图 1.4 和图 1.5 所示。

硬盘、光盘、U 盘:它们统称为外存储器,也是用来存储数据和程序的,与内存存储器相比

其特点为存储量大、可以永久性存储信息，需要长期保存的程序与数据一般要保存在外存储器中。硬盘、光盘驱动器、U 盘的图片分别如图 1.6、图 1.7 和图 1.8 所示。

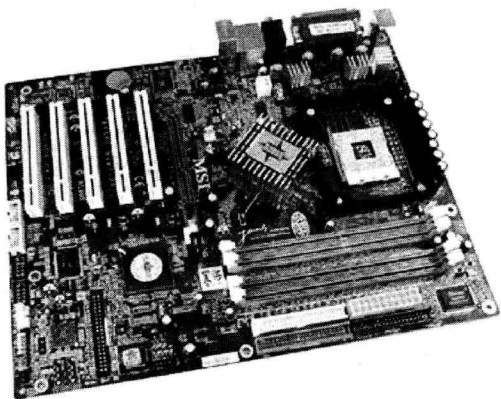


图 1.3 主板

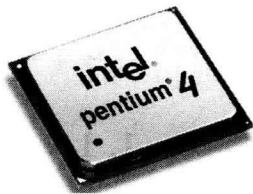


图 1.4 CPU

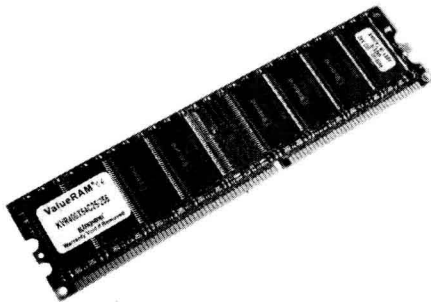


图 1.5 内存储器

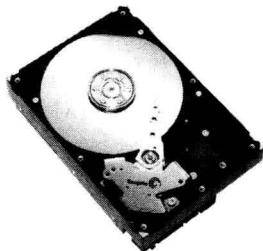


图 1.6 硬盘

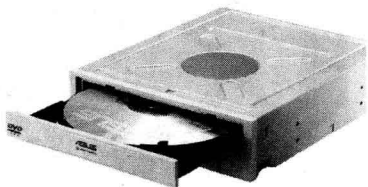


图 1.7 光盘驱动器

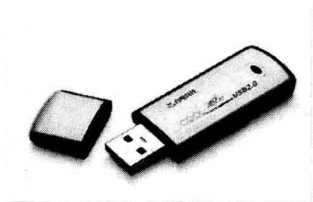


图 1.8 U 盘

1.2 计算机硬件的基本组成

从外观上，微型计算机的硬件主要是由 CPU、内存储器、外存储器、输入设备和输出设备构成。这可以抽象成如图 1.9 所示的计算机硬件基本组成方框图。

图 1.9 中的运算器用来完成基本的算术与逻辑运算功能，控制器负责向计算机中各个部件发出命令，使它们协调工作，在微型计算机中已将运算器与控制器集成到一个集成电路

芯片上,称为 CPU(中央处理器)。存储器是存放数据与程序的部件,在微型计算机中,含有内存储器(简称内存)与外存储器(简称外存)。输入设备用来输入数据与程序,微型计算机常用的输入设备有键盘、鼠标、触摸屏等。输出设备将计算机的处理结果用数字、文字、图形等形式表示出来,常用的输出设备有显示器、打印机等。

图 1.9 所示的计算机硬件基本组成方案是美籍匈牙利科学家冯·诺依曼在 1946 年提出的,目前各种计算机都基本上以这种结构组成。

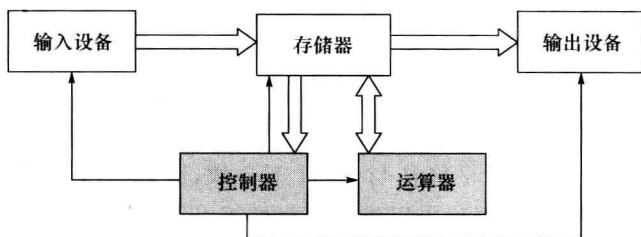


图 1.9 计算机硬件基本组成方框图

1.3 微型计算机的硬件构成

1.3.1 微型计算机的硬件结构

微型计算机的硬件结构如图 1.10 所示。它由 CPU、内存储器、接口、输入/输出设备、总线(包括数据总线、地址总线、控制总线)组成。

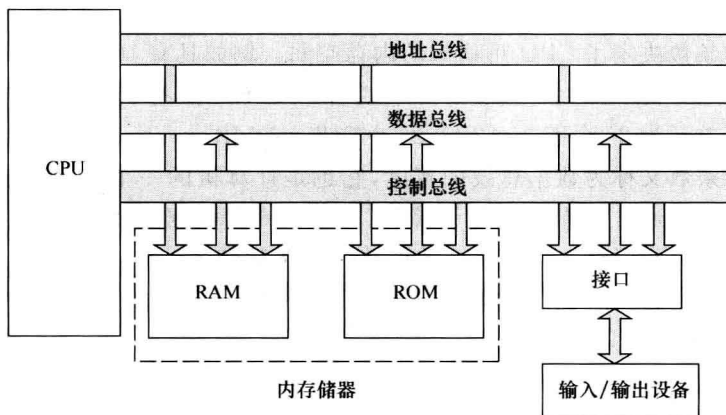


图 1.10 微型计算机硬件结构方框图

CPU 又称微处理器,它是微型计算机的大脑,它能够理解由二进制代码组成的指令与数据。在工作时不断地从内存中读取指令与数据,进行算术和逻辑运算,传送数据及控制输入/输出设备工作。

内存储器(简称内存)的功能是在微型计算机工作时存放程序和数据,它由许多存储单

元(计算机存放信息的最小单位)组成。每个存储单元存放一个二进制数据,如一个 8 位二进制数据 00000010,这个二进制数据存储单位称为一个字节(Byte)。内存的存储容量一般用字节来表示,例如存储器有 256 个存储单元,则称它的存储容量为 256 B(字节)。除了字节外,存储容量的单位还有 KB(1 024 个字节,即 2^{10} 个字节)和 MB(1 024 个 KB,即 2^{10} 个 KB)。

在分析计算机工作过程时,CPU 从内存中取数据称为读操作,CPU 将数据存入内存称为写操作。注意:CPU 完成读操作后,被取出的数据仍然保存在原存储单元内不变;而 CPU 进行写操作时,写入的数据进入存储单元,该存储单元原来存放的数据被新的数据取代。

CPU 一般不能直接与输入/输出设备交换数据,输入/输出接口起着 CPU 与输入/输出设备之间交换数据的桥梁作用。实际计算机应用中,输入/输出设备种类繁多,其运行速度、数据格式、数据传送方式、信号电平往往与 CPU 不一致,因此 CPU 一般不能直接与输入/输出设备交换数据。输入/输出接口可以进行信息转换和协调控制,从而实现 CPU 与输入/输出设备之间的数据交换。

如图 1.10 所示,CPU、内存、输入/输出接口是通过总线连接起来的。所谓总线就是用于传送信息的一组公共线路,CPU、内存、输入/输出接口之间的总线有数据总线、地址总线和控制总线。

数据总线用于在 CPU 与内存之间或 CPU 与输入/输出接口之间传送数据或指令;地址总线用于传送地址信息;控制总线用来传送 CPU 发出的时序控制信号或接收请求信号,控制计算机有序地工作。

微型计算机采用总线结构后,所有的内存储器芯片、各种接口芯片和 CPU 都挂接到总线上。在每一瞬间 CPU 仅选通一个芯片与其连接,其他芯片处于高阻状态(“断开”状态)。采用这种结构的特点是可以方便地在总线上挂接内存储器芯片和接口芯片,但必须严格控制它们的工作时序。

地址总线的条数决定了 CPU 可访问的内存空间。例如具有 16 条地址总线的微型计算机可访问的内存单元为 2^{16} 个字节 $= 2^6 \times 2^{10}$ 个字节 $= 64$ KB;具有 20 条地址总线的微型计算机可访问的内存单元为 2^{20} 个字节 $= 2^{10} \times 2^{10}$ 个字节 $= 1$ MB。

数据总线的条数又称为数据总线的宽度,它也是计算机的一个重要性能指标。具有 8 条数据总线的计算机通常被称为“8 位计算机”;具有 16 条数据总线的计算机被称为“16 位计算机”。一般来讲,在同样工作频率下数据总线的条数越多(越宽),相应计算机的处理速度越快。目前,常见的计算机有 8 位机、16 位机、32 位机、64 位机。

1.3.2 CPU

图 1.11 是简单的 CPU 内部结构示意图。CPU 内部含有一个算术逻辑运算单元(ALU),用来执行算术或逻辑操作;一个指令译码和控制单元,用于识别指令和决定 CPU 要执行的操作;工作寄存器组有若干个寄存器组成,它们被用于在 CPU 中暂时存放数据;指令寄存器(IR)用来保存当前正在执行的指令代码;程序计数器(PC)用来保存将要执行的下一条指令的地址,通过这个地址 CPU 可以找到下一条要执行的指令,并从内存中取出指令后执行。而且在每执行完一条指令后,CPU 又自动生成新的指令地址存放到程序计数器中,即程序计数器 PC 中始终存放并不断自动生成程序中下一条指令的地址。利用这种机