

21
世纪

普通高等教育电气信息类
规划教材

单片微型计算机原理及工程应用

吉涛 李明辉 黄勋 编著



化学工业出版社

21 世纪普通高等教育电气信息类规划教材

单片微型计算机原理及工程应用

吉 涛 李明辉 黄 勋 编著



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书立足于 MCS-51 系列单片机, 以目前使用最广泛的 MSC-51 兼容产品——Atmel 89C51/89S51 为对象, 全面介绍了此架构类型单片机的历史沿革、结构组成、基本原理、接口扩展技术; 对以单片机为核心控制器的嵌入式系统构建, 从工程应用的角度, 阐述了其主要的设计方法和技术。

全书共分 9 章及帮助读者自学和实践的附录, 内容涵盖三个层次: 单片机硬件结构组成与工作原理、单片机软件系统、单片机工程应用设计。具体包括: 单片机基础知识、51 系列单片机基本结构、指令系统与程序设计、中断系统和定时器/计数器、并行/串行扩展技术、单片机常用接口技术、单片机工程应用技术, Keil μ Vision2 与 Proteus、单片机高级语言 C51。为了帮助读者阅读和学习, 在每一章节前列出了本章的重点和难点内容, 每章结尾给出本章小结, 并为读者开辟一个延伸阅读关键字区域, 帮助读者进行深入阅读, 书中的例题都提供模拟仿真资料以备读者练习。

本书是在参考了大量单片机的最新资料、汲取了工程开发应用中的许多成果和经验后编写而成的, 兼顾了通俗性、系统性、先进性和实用性, 可以作为高等院校、高职高专电气工程及其自动化、自动化、机械设计制造及其自动化、电子信息工程、通信工程等工科专业计算机原理、单片机原理及应用的教材, 也可以作为工程技术人员的参考和自学资料。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片微型计算机原理及工程应用/吉涛, 李明辉, 黄勋编著. —北京: 化学工业出版社, 2010.6
21 世纪普通高等教育电气信息类规划教材
ISBN 978-7-122-08417-0

I. 单… II. ①吉… ②李… ③黄… III. 单片微型计算机-高等学校-教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 077053 号

责任编辑: 郝英华
责任校对: 王素芹

装帧设计: 尹琳琳

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印刷: 北京永鑫印刷有限责任公司

装订: 三河市万龙印装有限公司

787mm×1092mm 1/16 印张 17 $\frac{1}{4}$ 字数 447 千字 2010 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 32.00 元

版权所有 违者必究

前言

嵌入式技术作为计算机技术的一个重要分支,广泛地应用于工业控制、机电一体化产品、智能仪表、家用电器、通信及汽车制造等诸多领域。MCS-51 及其兼容单片机,是广为工程技术人员熟悉的一种嵌入式微控制器,特别是各大专院校的电气工程及其自动化、自动化、机械设计制造及其自动化、电子信息工程、通信工程等工科专业,都以其作为一门重要的技术基础课,使得 MCS-51 及其兼容单片机在国内被用户广泛认可和采用,占有了主要的市场份额。随着单片机应用技术的发展,单片机产品不断更新换代,如 Atmel 公司的 AT89 系列,Philips 公司的 80C51 系列,SST 公司的 SST89 系列以及 Siemens 等公司也都在 8051 的基础上先后推出了新型兼容机。这些产品都具有 Intel MCS-51 的内核,有相同的 CPU 结构和指令系统,有些产品的引脚功能也完全相同,而其 CPU 的速度、功能、内部资源以及寻址范围、可扩展性等方面都有大幅度提高。这种内核的一致性,使得凡是学习和使用过 MCS-51 单片机的人,再学习、掌握和使用该系列不断更新的兼容机时,就非常容易了。本书中以“51 单片机”来泛指有 Intel MCS-51 内核的单片机系列。

本书根据笔者多年的单片机教学积累,结合工程应用、教学实例编写而成,力图使读者能够清晰、明快地掌握单片机基本结构和原理,并能使用单片机进行系统设计,将单片机应用于工程实际中。全书具有如下特点。

(1) 由计算机基本原理引入,阐述单片机与嵌入式系统在控制领域的地位和发展,为适合不同基础读者学习,还介绍了计算机运算基础知识的内容。

(2) 以当今最流行的、应用最普遍的 80C51 及 Atmel 89S51 系列单片机为主线,介绍 MCS-51 系列单片机的基本原理、指令系统、接口扩展、工程应用基础等。

(3) 本书着力于实践,引入仿真技术,通过附录向读者介绍了流行的嵌入式系统集成调试环境 Keil μ Vision2、全软件仿真真并可以进行 PCB 电路板设计的 EDA 设计系统 Proteus,为读者在学习的同时,进行实践练习创造最便利的手段。书中全部程序及主要的电路实例,均由笔者在以上两款软件系统中设计并调试通过,读者根据附录的上机操作指导进行学习,就可以亲自实践,在练习中巩固知识;附录还介绍了 C51 和常用集成电路引脚,给读者的软硬件设计提供帮助。

(4) 融入新技术的发展,近年来串行总线及接口设计已经逐渐取代了传统教材不断介绍的单片机并行扩展应用,本书一方面保留传统教学中通过对并行扩展的介绍,阐述计算机扩展的技术方法,另一方面对新一代单片机及单片机系统支持的如 I²C、SPI/Microwave、1-Wire、CAN 等串行总线进行了介绍,使读者获得最新的知识,为工程应用打下基础。

(5) 本书为读者提供清晰的学习线索,每章开头设有内容提要和学习难点,书中根据内容适时地插入“小知识”,介绍一些引申概念,章节尾部设有“延伸阅读的关键字”,引导读者进行更深入的资料阅读。

(6) 为了配合教学,本书在内容安排上力求循序渐进、重点突出,第 1~6 章及第 7 章 7.1、7.3 节作为 MCS-51 单片机基本功能及原理介绍;其他章节介绍接口技术、工程应用等系统设计知识;附录为读者提供了单片机学习的主要技术手段和常用速查信息;每章的“内容提要”、“学

习难点”、“本章小结”以及“习题与思考题”，帮助读者明确阶段性的学习重点和难点，巩固基本原理和分析方法，在学习中思考，在练习中提高。

本书可以作为高等院校、高职高专工科专业计算机原理、单片机原理及应用的教材以及毕业的参考资料，也可以作为一本参考书和自学资料，为从事 MCS-51 单片机学习、开发、应用的学生和工程技术人员使用。作为教材，建议课堂授课 40~60 学时，实验 20 学时。

本书相关电子教案及例题仿真资料可免费提供给采用本书作为教材的院校使用，如有需要可发送邮件至 haoyinghua@cip.com.cn 索取。

本书由陕西科技大学机电学院吉涛、李明辉、黄勋编著。吉涛制定了全书大纲和框架结构，并编写了第 1、2、4、6、7、8 章及附录内容；第 3、5 章由黄勋编写；第 9 章由李明辉编写。全书由吉涛统一定稿。

全书由陕西科技大学刘乘教授主审，在编写和审定过程中，刘乘教授提出了许多宝贵的建议和改进意见，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中不妥之处，恳请读者批评指正。

编 著 者

2010 年 5 月于陕西科技大学 西安

目 录

第 1 章 单片机基础知识	1
1.1 微机及工业控制用计算机.....	1
1.1.1 微型计算机的组成与工作原理.....	1
1.1.2 微型计算机的形态.....	3
1.1.3 控制用微机及其应用.....	3
1.2 嵌入式系统与单片机.....	5
1.2.1 嵌入式系统的概念.....	5
1.2.2 单片机的概念.....	6
1.2.3 单片机的分类.....	7
1.2.4 单片机的特点与优点.....	7
1.2.5 单片机的应用.....	8
1.3 单片机的发展.....	10
1.3.1 单片机的发展历史.....	10
1.3.2 单片机的发展趋势.....	11
1.3.3 8 位单片机——MCS-51 系列及其兼容机.....	11
1.4 计算机运算基础知识.....	15
1.4.1 数制.....	15
1.4.2 码制.....	17
1.4.3 定点数与浮点数.....	21
本章小结.....	22
习题与思考题.....	22
第 2 章 51 系列单片机基本结构	24
2.1 51 系列单片机的逻辑结构与引脚信号.....	24
2.1.1 51 单片机的内部结构与功能部件.....	24
2.1.2 51 单片机的封装与引脚.....	24
2.2 单片机的微处理器.....	28
2.2.1 运算部件.....	28
2.2.2 控制部件.....	29
2.2.3 与 CPU 有关的专用寄存器组.....	29
2.3 单片机的时钟与复位.....	31
2.3.1 时钟电路.....	31
2.3.2 CPU 时序.....	31
2.3.3 复位状态与复位电路.....	33
2.3.4 CHMOS 单片机的低功耗工作方式.....	35
2.4 存储器组织和存储空间.....	36
2.4.1 存储器分类.....	37
2.4.2 程序存储器.....	37
2.4.3 内部数据存储器.....	38
2.4.4 外部数据存储器.....	42
2.4.5 外部存储器的访问.....	42
2.4.6 单片机存储器空间的访问规则.....	43
2.5 并行 I/O 端口.....	44
2.5.1 P0 口的结构和功能.....	44
2.5.2 P1 口的结构和功能.....	46
2.5.3 P2 口的结构和功能.....	47
2.5.4 P3 口的结构和功能.....	47
2.6 AT89S52 的增强功能.....	48
本章小结.....	50
习题与思考题.....	50
第 3 章 51 单片机指令系统	52
3.1 51 单片机指令系统概述.....	52
3.1.1 指令的语言形式.....	52
3.1.2 51 系列单片机指令的格式.....	53
3.1.3 寻址方式.....	54
3.2 数据传送类指令.....	57
3.2.1 数据传送指令.....	57
3.2.2 数据交换指令.....	60
3.2.3 堆栈操作指令.....	60
3.2.4 数据传送类指令应用分析.....	60
3.3 算术运算类指令.....	61

3.3.1 算术运算类指令	62	3.5.2 位操作类指令应用分析	67
3.3.2 算术运算类指令应用分析	63	3.6 控制转移类指令	67
3.4 逻辑运算类指令	64	3.6.1 控制转移类指令	68
3.4.1 逻辑运算类指令	64	3.6.2 控制转移类指令应用分析	71
3.4.2 逻辑运算类指令应用分析	65	本章小结	72
3.5 位操作类指令	66	习题与思考题	72
3.5.1 位操作类指令	66		
第4章 汇编语言程序设计	74		
4.1 汇编语言程序设计概述	74	4.4 循环程序设计	83
4.1.1 设计汇编语言程序的方法	74	4.5 子程序设计	86
4.1.2 伪指令	76	4.6 程序设计举例	89
4.1.3 汇编语言程序的结构	78	本章小结	97
4.2 顺序程序设计	79	习题与思考题	97
4.3 分支程序设计	81		
第5章 中断系统和定时器/计数器	100		
5.1 输入/输出数据传送方式	100	5.3 定时器/计数器	111
5.2 51 单片机中断系统	101	5.3.1 定时器/计数器结构	111
5.2.1 中断及中断技术	101	5.3.2 定时器/计数器的工作方式	113
5.2.2 51 系统的中断结构	102	5.3.3 定时器/计数器的编程和应用	116
5.2.3 51 系统的中断处理过程	105	本章小结	118
5.2.4 中断的编程和应用	109	习题与思考题	118
第6章 并行系统扩展技术	120		
6.1 并行扩展概述	120	6.4.1 常用数据存储器芯片	133
6.1.1 最小应用系统	121	6.4.2 数据存储器扩展举例	134
6.1.2 并行总线	122	6.4.3 存储器综合扩展举例	134
6.2 并行扩展原理	123	6.5 并行 I/O 接口扩展	137
6.2.1 并行扩展内容与方法	123	6.5.1 I/O 接口技术概述	137
6.2.2 基本扩展芯片简介	123	6.5.2 简单并行 I/O 扩展	139
6.2.3 并行扩展编址技术	125	6.5.3 可编程并行接口扩展方法—— 8255A	140
6.3 程序存储器的扩展	127	本章小结	146
6.3.1 常用程序存储器芯片	127	习题与思考题	147
6.3.2 程序存储器扩展举例	129		
6.4 数据存储器的扩展	133		
第7章 串行通信及串行扩展技术	148		
7.1 串行通信概述	148	7.2 常用的串行通信总线	152
7.1.1 串行通信的基本方式	149	7.2.1 RS-232C 接口标准	152
7.1.2 串行通信的数据传送方式	151	7.2.2 RS-422A 及 RS-485 接口标准	153

7.3 51 系列单片机的串行接口	155	7.4.1 串行扩展的种类	164
7.3.1 51 单片机串行接口结构	155	7.4.2 I ² C 串行总线	164
7.3.2 51 单片机串行接口控制寄存器	156	7.4.3 SPI 及 Microwire 串行总线	171
7.3.3 51 单片机串行口的工作方式及波特率	157	7.4.4 1-wire 串行总线	173
7.3.4 51 单片机串行口的应用	161	7.4.5 CAN BUS 现场总线简介	175
7.4 单片机串行扩展技术	164	本章小结	176
		习题与思考题	176
第 8 章 单片机常用接口技术	178		
8.1 键盘接口	178	8.3.3 典型串行接口 D/A 转换器芯片 TLC5620	197
8.1.1 键盘的结构与工作原理	178	8.4 模/数转换接口	199
8.1.2 独立式键盘	179	8.4.1 A/D 转换器概述	199
8.1.3 矩阵式键盘	180	8.4.2 典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	200
8.2 显示器接口	182	8.4.3 典型串行接口 A/D 转换器芯片 TLC1543	205
8.2.1 LED 显示接口	182	本章小结	206
8.2.2 LCD 显示接口	190	习题与思考题	207
8.3 数/模转换接口	193		
8.3.1 D/A 转换器概述	193		
8.3.2 典型并行接口 D/A 转换器芯片 DAC0832	194		
第 9 章 单片机工程应用技术	208		
9.1 单片机工程应用系统设计	208	9.3 单片机稳压电源电路设计	221
9.1.1 单片机应用系统的结构	208	9.3.1 三端稳压器介绍	221
9.1.2 单片机应用系统设计的要求与内容	211	9.3.2 基于三端稳压器的电源稳压电路设计	222
9.1.3 单片机应用系统设计过程及方法	211	9.4 开关量输出功率驱动电路设计	223
9.1.4 单片机应用系统的开发调试工具	215	9.4.1 三极管驱动电路	224
9.2 单片机应用中的抗干扰技术	217	9.4.2 光电耦合器件驱动电路	225
9.2.1 硬件抗干扰设计	218	9.4.3 晶闸管驱动电路	226
9.2.2 软件抗干扰设计	220	9.4.4 继电器驱动电路	227
		本章小结	231
		习题与思考题	232
附录 A ASCII 码表	233		
附录 B MCS-51 单片机指令表	234		
附录 C Keil μVision2 与 Proteus	241		
C.1 μ Vision2 集成开发环境上机操作	241	C.1.2 μ Vision2 创建工程文件	242
C.1.1 μ Vision2 的安装	241	C.1.3 μ Vision2 环境中的工程设置	243

C.1.4 μ Vision2 调试.....	244	C.2.1 Proteus ISIS 调试	248
C.2 Proteus 电路图设计、仿真软件		C.2.2 Proteus ARES 设计	251
上机操作	247	C.2.3 Proteus 与 Keil 的联调	252
附录 D 单片机高级语言——C51.....	254		
D.1 标准程序格式	254	D.5 C51 控制语句	260
D.2 C51 数据类型与存储类型	255	D.6 C51 的函数	261
D.3 单片机资源的 C51 定义	256	D.7 C51 程序设计举例	262
D.4 C51 运算符与表达式	258		
附录 E 常用集成电路引脚排列	263		
参考文献.....	266		

第 1 章 单片机基础知识

内容提要

- ① 了解工业计算机的基本原理;
- ② 了解嵌入式系统的概念;
- ③ 什么是单片机; (重点)
- ④ 掌握计算机中数的表达及常见码制。(重点)

学习难点

- ① 嵌入式微型计算机的组成与原理;
- ② MCS-51 系列单片机的特性;
- ③ 码制。

1.1 微机及工业控制用计算机

1.1.1 微型计算机的组成与工作原理

(1) 微型计算机系统组成

一个完整的微型计算机 (Microcomputer, μC) 系统是由硬件部分与软件部分组成。

硬件指的是组成计算机的物理实体, 包括微型计算机和外围其他硬件设备。

软件指为运行、管理和维护计算机系统或为实现某一功能而编写的各种程序的总和及其相关资料。计算机系统组成如图 1-1 所示。

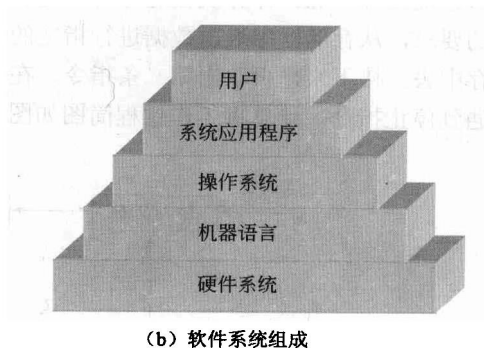
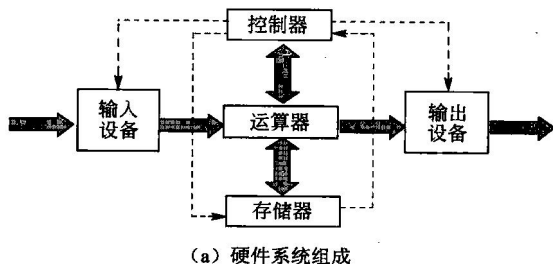


图 1-1 计算机系统组成

微机形状虽小, 却也是完整的计算机, 它具有与大型计算机相同的五大硬件组成部分, 即运算器 (Arithmetic and Logic Unit, ALU)、控制器 (Control Unit)、存储器 (Memory Unit)、输入设备 (Input Device)、输出设备 (Out Device)。各个组成部分由总线系统连接。运算器与控制器是计算机的心脏, 在微机中总是被整合在一起, 称为中央处理单元 (Central Processing Unit, CPU), 拥有以上计算机基本组成部件的设备就可以称为计算机。

① CPU 通常称之为微处理器 (Microprocessor, μP), 是计算机的核心部件, 是一种半导体集成电路器件, 负责组织算术/逻辑运算, 即对各类存储信息进行控制、处理。按照 CPU 中 ALU 一次所能处理的二进制数据位数分, CPU 分为 4 位、8 位、16 位、32 位及 64 位等。

② 存储器 用来存放程序或相关数据, 通常分为程序存储器和数据存储器, 控制用微机的存储器全部都是半导体集成电路存储器。

按照读写方式分为: RWM (Read/Write Memory) 和 ROM (Read Only Memory)。

按照访问方式分为: RAM (Random Access Memory) 和 SAM (Sequential Access Memory)。

按照掉电保持分为: VM (Volatile Memory) 和 NVM (Non-Volatile Memory)。

通常微机系统中简称为 ROM 和 RAM 两类, 按照其特征, 分别代表程序存储器和数据存储器。

③ I/O 设备 计算机系统与外界进行信息、数据交换的通道, 其范围广泛, 既可以指连接在计算机上的各种数据交换设备, 也可以指 CPU、控制器等的 I/O 界面 (Interface) 及操控端口 (Port)。

微机的软件系统包括系统软件、应用软件。

① 系统软件 指为了计算机能正常、高效工作所配备的各种管理、监控和维护系统的程序及其有关资料, 如操作系统软件 Windows XP、单片机汇编语言、C 语言的解释程序和编译程序等。

② 应用软件 指用户使用各种程序设计语言编制的面向具体应用的程序集合, 如某杀毒软件、某机电设备控制程序等。

(2) 微型计算机工作原理

计算机的基本原理是存储程序和程序控制, 由美籍匈牙利数学家冯·诺依曼于 1945 年提出, 故称为冯·诺依曼原理。如今各类不同的计算机都是建立在这个原理基础之上的, 其内容是预先要把指挥计算机如何进行操作的指令序列 (称为程序) 和原始数据通过输入设备输送到计算机内存储器中, 每一条指令中明确规定了计算机从哪个地址取数, 进行什么操作, 然后送到什么地址去等步骤。计算机在运行时, 先从内存中取出第一条指令, 通过控制器的译码, 按指令的要求, 从存储器中取出数据进行指定的运算和逻辑操作等加工, 然后再按地址把结果送到内存中去。接下来, 再取出第二条指令, 在控制器的指挥下完成规定操作。依此进行下去, 直至遇到停止指令。计算机工作过程简图如图 1-2 所示。

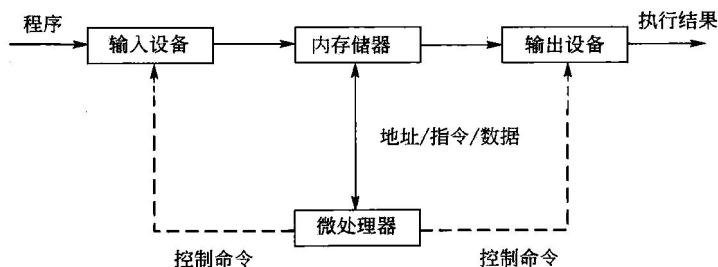


图 1-2 计算机工作过程简图

小知识: 微控制器的两种架构——冯·诺依曼与哈佛结构

冯·诺伊曼结构也称普林斯顿 (PRINCETON) 结构, 是一种将程序指令存储器和数据存储器合并在一起的存储器结构。程序指令存储地址和数据存储地址指向同一个存储器的不

同物理位置, 因此程序指令和数据的宽度相同。数据总线和地址总线共用。

哈佛(HARVARD)结构, 是对冯·诺依曼结构的改进, 采用数据存储器与程序代码存储器分开, 各自独立的数据总线与地址总线, 但需要 CPU 提供大量的数据线, 因而很少使用哈佛结构作为 CPU/MCU 外部构架来使用。

1.1.2 微型计算机的形态

从世界上第一台使用电子管制造的电子数字计算机 ENIAC(Electronic Numerical Integrator and Computer)诞生至今, 计算机得到了飞速的发展, 这得益于日新月异的电子技术革命。计算机的主要组成部件, 其逻辑电路的构成, 经历了从电子管到晶体管, 再到集成电路(IC)、大规模集成电路(LIC)、超大规模集成电路(VLIC)的进步过程。戈登·摩尔(Gordon Moore), 英特尔公司(Intel)的创始人之一, 1965 年发现了一个惊人的趋势, 这就是广为人知的摩尔定律, 他预测晶体管集成度将会每 18 个月增加 1 倍; 微处理器的性能每隔 18 个月提高一倍, 而价格下降一半; 用一个美元所能买到的电脑性能, 每隔 18 个月翻两番。此后 40 多年中, 半导体芯片的集成化趋势一如摩尔的预测, 推动了整个信息技术产业的发展, 促进了计算机性能的不断提高, 而与此同时, 体积、价格却不断缩减, 使之可以将计算机微型化, 直至能嵌入千家万户的日常生活每个角落。在应用领域, 用于工业程序控制的微机、用于个人的 PC 计算机、嵌入微型计算机的各类微电脑电子产品, 与以往的计算机、特别是功能和应用非常复杂的大型计算机有了很大的不同。

当谈到微型计算机, 最具代表性的形态就是 PC(Personal Computer)计算机系统, 或称为系统微机、个人电脑, 这类微机形态被称为多板机形态, 如图 1-3 所示, 其 CPU、存储器、I/O 接口电路及连接它们的总线系统组装在一块系统主板(称为 Mainboard、Systemboard、Motherboard)上, 其他功能性板卡插在主板的扩展插槽里, 与专用电源、磁盘系统等构成一套完整功能的计算机系统。PC 机主要用于简单的科学计算、商务处理、家庭办公及娱乐等方面。

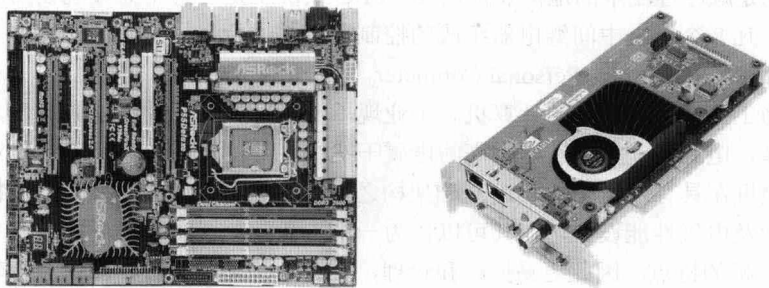


图 1-3 多板机系统母版与子卡

将微型计算机的各个组成部件整合、简化为多块芯片, 从而装配在一块印刷电路板上, 配以简单的键盘和显示设备, 就形成了微机的第二种形态——单板机, 如图 1-4 所示, 其主要应用于工业控制器、医疗设备等。

在一片集成电路芯片上如果集成了计算机系统的各个组成部分, 就可以构成微机的第三种形态——单片机 SCM(Single Chip Microcomputer), 如图 1-5 所示, 这正是本书的介绍对象。

1.1.3 控制用微机及其应用

“控制”这一概念有两个层面的含义。从狭义上理解, 指为修正偏离目标值的偏差而进行的

一连串操作动作, 如在控制理论中常常使用的 PID 控制、最优控制、自适应控制等; 而控制用微机所提及的“控制”, 是指广义的控制, 不仅包括狭义的控制概念, 更包括监控、运行、管理、管制等含义。例如, 在生产过程中, 在库存管理、运行管理、信息流向的管制以及对于异常事态的监控等方面。

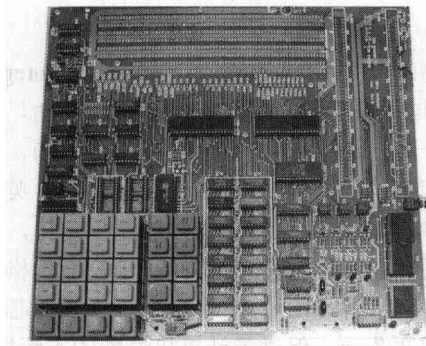


图 1-4 单板机系统

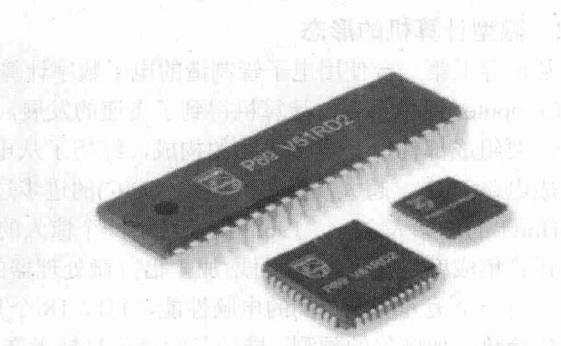


图 1-5 单片计算机

在工业、军事、民用等的控制领域里, 微型计算机扮演着绝对的主角, 为各类繁简不同的控制理论和方法提供实现的平台, 此类计算机即为控制用微机, 主要包括三大类。

单片型微机, 即 SCM(Single Chip Microcomputer), 它其实是一种微控制器(Microcontroller), 如今更准确的称谓应该为 MCU(Micro Controller Unit), 是一种廉价而功能又较强的控制器, 适用于控制相对简单、要求成本投入较少的实时控制领域。

可编程序控制器 (Programmable Logic Controller, PLC), 是在电气控制基础上, 结合计算机技术而发展起来的一类具有通用性强、使用方便、适应面广、可靠性高、抗干扰能力强、编程简单等特点的工业控制微机, 控制核心可以采用微处理器(μP)或者微控制器(MCU), 在工业自动化控制特别是顺序控制中的地位非常重要。PLC 实际上是专为工业环境使用的通用控制平台, 资料显示, 凡 8 个以上中间继电器组成的控制系统都适合采用 PLC 来取代。

工业控制计算机 (Industrial Personal Computer, IPC), 即工控机或工业电脑, 以微处理器(μP)为核心, 专门为工业现场而设计的计算机。工业现场一般有较强烈的震动或撞击, 温度、湿度条件差、灰尘多, 电源波动大, 还有很高的电磁干扰存在等, 且设备需要连续作业, 常年不停机。因此, 工控机在具有普通 PC 机的基础架构之上, 在应对工业控制现场诸多特点方面, 进行了严格的工业及电气性能设计, 使其可以作为一个工业控制器在工业环境中可靠运行。工控机因为具有 PC 机的特点, 因此更易操作和管理, 支持各种高级语言和操作系统软件, 有大量最新的应用软件可以选择, 人机界面友好, 更易进行面向问题的设计, 适于解决较复杂的控制问题, 缺点是成本投入相对前两者要更高。

根据控制系统的复杂程度和应用特点, 控制用微机各有其适合的应用领域。通过图 1-6 中可编程控制器和工控机的一般外形, 以及与单片机相比较, 可以发现, 控制用微机形态差异非常大, 但是有一点是相同的, 即都具有计算机系统的基本架构。

学习控制用计算机需要了解计算机组织机构、电子电路、半导体集成电路芯片等硬件方面的知识和编程语言等软件方面的知识。在应用中, 设计的控制主程序总是以无休止的固定循环方式在周而复始的进行巡检, 检查硬件电路的输入信号, 这些信号来自开关、各类传感器等输入设备的状态, 经由控制器的处理, 转化为对各种输出设备的控制信号, 借由驱动电路将控制动作送到现场。

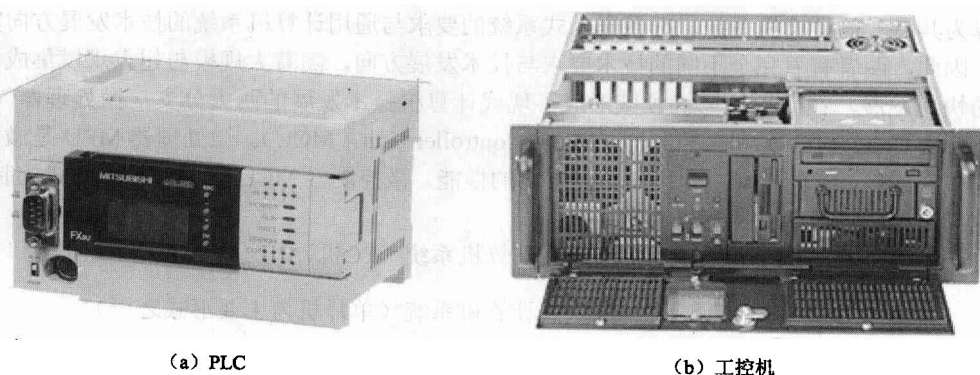


图 1-6 PLC 与工控机

1.2 嵌入式系统与单片机

1.2.1 嵌入式系统的概念

(1) 嵌入式系统的概念

在控制领域和计算机领域,“嵌入式系统”这个词越来越多地被使用,掀起了嵌入式系统应用热潮,那么什么是嵌入式系统呢?

电子数字计算机诞生后很长一段时间,计算机始终是供养在特殊的机房中,实现数值计算的大型昂贵设备。直到 20 世纪 70 年代,微处理器(μP)的出现,计算机才出现了历史性的变化。以微处理器为核心的微型计算机以其小型、价廉、高可靠性特点,迅速走出机房;基于高速数值解算能力的微型机,表现出的智能化水平引起了控制专业人士的兴趣,要求将微型机嵌入到一个对象体系中,实现对象体系的智能化控制。例如,将微型计算机经电气加固、机械加固,并配置各种外围接口电路,安装到大型舰船中构成自动驾驶仪或轮机状态监测系统。这样一来,计算机便失去了原来的形态与通用的计算机功能。为了区别于原有的通用计算机系统,把嵌入到对象体系中,实现对象体系智能化控制的计算机,称作嵌入式计算机系统。因此,嵌入式系统诞生于微型机时代,嵌入式系统的嵌入性本质是将一个计算机嵌入到一个对象体系中去。

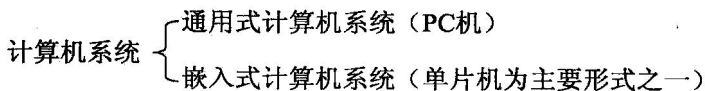
嵌入式系统本身是一个相对模糊的定义,内容涵盖可以从控制系统至机械执行机构等附属装置。根据 IEEE(国际电机工程师协会)的定义,嵌入式系统是“控制、监视或者辅助装置、机器和设备运行的装置”(Devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants),这主要是从应用上加以定义的,从中可以看出嵌入式系统是软件和硬件的综合体。目前在我国普遍被认同的定义是:以应用为中心、以计算机技术为基础、软件硬件可裁剪、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。更简单地,嵌入式系统可以被通俗理解为非 PC 系统,但又有计算机功能,却又不称之为计算机的设备或器材。此时的微型计算机是嵌入于应用对象体系中,发挥计算机的作用。

嵌入式系统就是满足对象系统的环境要求,满足对象应用要求的专有最小软、硬件配置,能满足对象系统控制要求的计算机系统,而内部有嵌入式系统的产品,称为嵌入式设备。

(2) 微型计算机分类

早期,为了实现大型设备的自动控制,对当时的计算机系统进行改装,以实现嵌入式应用。然而,对于众多的小型对象系统(如家用电器、仪器仪表、工控单元等),无法嵌入这种以数学

运算为其特长的计算机系统，况且嵌入式系统的要求与通用计算机系统的技术发展方向完全不同，因此，两者有着完全不同的技术要求与技术发展方向，随着大规模与超大规模集成电路技术的快速发展，在微型计算机领域形成了现代计算机技术发展的两大分支：微处理器（Micro Processor Unit, MPU）和微控制器（Micro Controller Unit, MCU）。微处理器 MPU 是微型计算机的核心部件，它的性能决定了微型计算机的性能。微控制器 MCU 主要用于嵌入式控制领域。以它们为核心形成两类计算机系统：



通用计算机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，存储容量的无限扩大，其微处理器向着高速运算、大量数据分析与处理、支持大规模容量存储等方向发展，以提高通用计算机的性能，其接口界面也是为了满足外部设备和网络接口而设计的。通用式的计算机从早期的数值计算、数据处理发展到当今的人工智能阶段。它不仅可以处理文字、字符、图形、图像等信息，还可以处理音频、视频等信息，并正向多媒体、人工智能、数字模拟和仿真、网络通信等方向发展。

而嵌入式计算机系统的技术要求是从工业测控对象、环境、接口特点出发，关注对象的智能化控制能力，技术发展方向是与对象系统密切相关的嵌入性能、控制能力、工业环境下的可靠性、灵活性等方向发展。它构成的检测控制系统应该有实时的、快速的外部响应，应该能迅速采集到大量数据，能在做出正确的逻辑推理和判断后实现对被控制对象参数的调整与控制。作为嵌入式计算机主要成员，单片机的发展直接利用了 MPU 的成果，也发展了 16 位、32 位的机型。但它的发展方向是高性能、高可靠性、低功耗、低电压、低噪音和低成本。目前，单片机的主流仍然是以 8 位机为主，16 位、32 位机为辅。单片机的发展主要还是表现在其接口和性能不断满足多种多样检测控制对象的要求上，尤其突出表现在它的控制功能上，构成各种专用的控制器和多机控制系统。

20 世纪 70 年代后，通用计算机系统与嵌入式计算机系统的专业化分工以后，促使计算机技术飞速发展，致力于发展通用计算机系统的软、硬件技术，不必兼顾嵌入式应用要求，通用微处理器迅速从 8 位机、数十兆外频，升级到如今的多核心、64 位、数千兆外频，如 Intel 酷睿 i7 系列；操作系统则相应改进，存储容量激增，使通用计算机系统不断向中、大型计算机挑战。嵌入式计算机系统则走上了一条完全独立发展的道路，这就是单芯片化。将发展计算机技术的任务扩展到传统的电子系统领域，迅速地传统的电子系统发展到智能化的现代电子系统时代，使得计算机成为进入人类社会全面智能化时代的有力工具。

1.2.2 单片机的概念

单片机是一种典型的嵌入式系统微控制器（Embedded Controller），它完全是按照嵌入式系统要求设计的。早期的单片机只是按嵌入式应用技术要求设计的计算机单芯片集成，即把组成微型计算机的各个功能部件，如中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入/输出接口电路、定时器/计数器以及串行通信接口等集成在一块芯片中，构成一个完整的微型计算机，故名单片机。随后，单片机为满足嵌入式应用要求，不断增强其控制功能与外围接口功能，尤其是突出控制功能，因此国际上已将单片机正名为微控制器 MCU。而单片机一词至今还在使用，是因为我国大部分从事这一领域研究的人员，习惯上沿用当初引进 MCS（Intel 的单片机产品）系列单片机时的称谓而已。

如今，单片机是指一个集成在一块芯片上的完整计算机系统，同时，为了便于在嵌入式控

制领域的应用,还集成了定时器/计数器、中断控制器、串行接口等。随着大规模集成电路的发展以及应用领域的需求,单片机内还可以包含 A/D、D/A 转换器、WDT、DMA 通道、浮点运算等新的特殊功能部件。由于单片机有为嵌入式应用设计的专用体系结构和指令系统,因此有良好的发展前景,在其基本体系结构基础上,可衍生出满足各种应用系统要求的兼容系统,为用户提供广泛选择最佳种类和型号的便利。

单片机表面看来就是一枚普通的 IC 芯片,管脚数量根据厂家以及型号有所不同,被广泛应用于通信、自动化、航天航空、仪器仪表、家用电器等各种电子设备中。单片机内部的 CPU 可根据程序指令做一些算术与逻辑运算,运算的数据源和一些中间结果一般存储在单片机内部的数据存储器中,并通过 I/O 接口与外界交互信息。单片机的行为是受到程序指令控制的,程序一般放在程序存储器中,其特点是断电内容不丢失,而且只能读取,不能被程序修改。

单片机属于微型计算机的一个应用分支,表 1-1 给出通用微机与单片机的对比。

表 1-1 通用微机与单片机的对比

项 目	PC	单 片 机
概念	形态标准,外部设备齐全,应用多个单片机和一个微处理器、通过装配不同的应用软件,多个部件组成的适应社会各个方面的计算机应用系统	芯片级产品。它以某一种微处理器为核心,将 RAM、总线、ROM/EPROM、总线逻辑、定时/计数器、并行 I/O 口、串行 I/O 口、看门狗、脉宽调制输出、A/D、D/A 等集成到一块芯片内
主机板	复杂	简单
CPU	奔腾、AMD 等	片内集成
存储器	硬盘、内存条	片内集成或外扩展芯片
操作系统	Windows 或 Linux 等	自己编制、自行发展
输出	CRT 或 LCD 屏幕等	端口输出电信号驱动 LED 数码管或 LCD、发光管指示
输入	标准键盘、鼠标等	端口输入非标准键盘及电信号
编程语言	VC、VB 等	汇编语言或 C 语言
应用	常在办公室、家庭见到	已经嵌入到产品中,几乎见不到

1.2.3 单片机的分类

单片机作为计算机发展的一个重要领域,种类繁多,根据目前的发展情况,从不同角度单片机大致可以分为以下几种。

按字长可分为 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等。

按应用领域可分为家电类、工控类、通信类、个人信息终端类等。

按通用性可分为通用型和专用型。

按总线结构可分为总线型和非总线型。

人们通常所说的单片机主要指通用型单片机。通用型单片机是把可开发资源全部提供给使用者的微控制器。专用型单片机则是为过程控制、参数检测、信号处理等方面的特殊需要而设计的单片机。

1.2.4 单片机的特点与优点

(1) 单片机的特点

① ROM 和 RAM 是严格区分开的 ROM 称为程序存储器,只存放程序、固定常数及数据表格。RAM 则为数据存储器,用作变量工作区及存放用户数据。这种结构设计主要是考虑到单片机用于控制系统中,有较大的程序存储器空间,把开发成功的程序固化在 ROM 中,而把少量的随机数据存放在 RAM 中。这样,小容量的数据存储器能以高速 RAM 形式集成在单片机内,以加速单片机的执行速度。

② 单片机的 I/O 引脚通常是多功能 由于单片机芯片上引脚数目有限,为了解决和需要的信号线数量的矛盾,采用了引脚功能复用的方法,即一个引脚常常具有不同的功能应用,引脚处于何种功能,可由指令来设置或由机器状态来区分。

③ 单片机的外部扩展能力强 在内部的各种功能部分不能满足应用需求时,均可在外部进行扩展(如扩展 ROM、RAM, I/O 接口, 定时器/计数器, 中断系统等),与许多通用的微机接口芯片兼容,给应用系统设计带来极大的方便和灵活性。

④ 采用面向控制的指令系统 为满足控制的需要,单片机有更强的逻辑控制能力,特别是具有很强的位处理能力。

(2) 单片机的优点

① 功耗低、抗干扰能力强 为满足广泛使用的便携式设备,许多单片机供电电压从 5V 降到 1.8~3.6V,工作电流降到微安级,功耗很低;由于单片机的存储器访问、总线 I/O 传输多在芯片内部,因而抗干扰、可靠性高。

② 体积小、重量轻,性价比高 单芯片设计,拥有控制的最小系统,使得其可以以最精简的组合满足应用的需求,获得极高的性价比。

③ 品种多,型号全,使用方便 功能增强,CPU 从 4 位、8 位、16 位、32 位到 64 位,越来越多采用精简指令集(RISC)技术;同时,品种型号更新扩充以适应各种需要,使系统开发者有很大的选择自由。

1.2.5 单片机的应用

嵌入式应用已经渗透到人们生产、生活的各个方面,成为单片机类 MCU 产品应用系统的主流,如一台 PC 个人计算机内嵌入了 10 余片单片机;一辆 BMW-7 系列宝马轿车中嵌入了 63 片单片机;Motorola 也曾做出估测,2010 年平均每人每天接触 351 片单片机;而在 2004 年至 2009 年全世界单片机(MCU)单位出货量的年复合增长率达到 10.3%,仅 2004 年单片机(MCU)市场产量就为 68 亿片(比上一年增长了 35%)。据统计,我国的单片机年容量已达 1~3 亿片,且每年以大约 16% 的速度增长,但相对于世界市场我国的占有率还不到 1%。这说明单片机应用在我国才刚刚起步,有着广阔的前景。

(1) 单片机应用系统结构

单片机的应用形式是以一个智能化的控制单元,嵌入到对象结构、体系或环境中,构成嵌入式应用电路。单片机应用系统是以单片机为核心,再加上接口电路及外设等硬件电路和软件,构成单片机应用系统,通常包含 3 个层次,如图 1-7 所示,即单片机、单片机系统、单片机应用系统。因此,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件角度来研究单片机,需要具备电子电路和软件工程两方面的专业素质,这样才能研究和开发出单片机应用系统和产品。

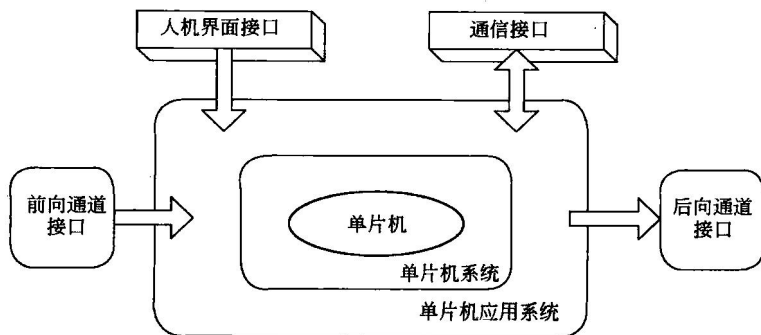


图 1-7 单片机应用系统组成