



普通高等教育“十三五”规划教材

卓越 工程师培养计划
电子设计实践系列

单片机原理 与应用开发教程

■ 李桂林 编著



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

卓越工程师培养计划·电子设计实践系列

单片机原理与应用开发教程

李桂林 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机原理和应用开发为主线,分为基础篇和开发篇。基础篇和开发篇既独立成篇,又相互关联。基础篇采用汇编语言,重点介绍单片机的结构、指令系统、程序设计、内部标准功能单元、系统扩展等内容,并精心设计了大量例题和多种解题思路,突出教学重点、叙述准确精炼,完全可以满足教师课堂教学和学生课程学习需要。开发篇采用 C 语言,重点阐述单片机应用系统的开发方法,对应用系统设计、开发、调试方法以及开发工具的使用都进行了深入的讨论,并给出大量应用实例,强调初学者通过 C 语言快速上手、由浅入深。

全书结构规范、系统性强、实例丰富。既注重基础知识讲解和逻辑思维的训练,又突出工程实践和实际应用;符合卓越工程师培养的要求,也可以满足大学生电子竞技训练的需要。为了方便教师教学和学生自学,本书配有重要知识点(特别是解题思路和程序运行过程)的交互式卡通动画、精致的 PPT 课件、汇编程序和 C 程序源代码。这也是本书的创新点和亮点。

本书适合普通高等院校通信工程、电子信息、自动化、电气工程、机电一体化、测控技术和仪器仪表等专业作为教材使用,也适合单片机开发应用的初学者(特别是没有学过数字电子等课程的低年级学生)作为电子开发活动的指导工具书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用开发教程 / 李桂林编著. —北京:电子工业出版社, 2016.8
(卓越工程师培养计划. 电子设计实践系列)
ISBN 978-7-121-29381-8

I. ①单… II. ①李… III. ①单片微型计算机—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 162049 号

责任编辑:竺南直 特约编辑:郭 莉

印 刷:三河市华成印务有限公司

装 订:三河市华成印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:24.75 字数:634 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版

印 次:2016 年 8 月第 1 次印刷

定 价:49.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: davidzhu@phei.com.cn。

前言

一、学习单片机的意义

传统的电子系统所完成的一切功能都是通过布线逻辑控制（Wired Logic Control）实现的，增加功能或者改进性能，必须修改或者重新设计硬件电路，否则，别无办法。而现代电子系统完成的许多功能是利用单片机通过存储程序控制（Stored Program Control）实现的，也就是控制功能是通过计算机执行预先存储在存储器中的程序来实现的。如果想要给系统增加功能或者改进性能，只需要改写程序（即软件）即可轻而易举地达到目的，非常灵活。若将传统电子系统当作一个僵死的电子系统，那么智能化的现代电子系统则是一个具有生命的电子系统。单片机应用系统的硬件结构给予电子系统“身躯”，单片机应用系统的应用程序赋予其“灵魂”。电子系统的智能化程度是无止境的，常常不需硬件资源的增添就能实现各种功能更新和增添，这也是当前许多电子设备的功能大量增强和不断扩展的重要因素。

单片机是一种面向控制的大规模集成电路芯片，具有体积小、性价比高、功能强、性能稳定、控制灵活等优点，已成为电子系统中最重要的智能化核心部件，是微型计算机的一个重要分支。目前，单片机技术在通信、电子信息、工业检测控制、机电一体化、电力电子、智能仪器仪表、汽车电子等领域得到了广泛的应用。其中 MCS-51 系列单片机以其特有的简单、易学、易用和高性价比的优势，占有单片机市场的大部分份额，是初学者学习单片机的首选机型。为了帮助大中专学生和科技人员尽快掌握单片机的基本知识和应用开发方法，在理论方面打好基础，在应用方面快速上手，特编写本书作为教材和开发工具书。

二、本书的结构和特点

如何学习单片机的基础知识和掌握单片机的开发技能，是困扰初学者的一个问题，通过编著者多年的教学实践和在学生中大量的实际调研，可以得出单片机学习的两个方面的需求：①课堂上“正规的”教学需求和学习需求；②课外的“快速入门”的开发实践需求，而这两方面的需求有时又是重叠的。为此本书在结构上分成上下两篇，上篇是“基础篇”，

下篇是“开发篇”，可以同时满足上述两个方面的需求。

基础篇以课堂教学和课堂学习为主线，以汇编语言为主。力图解决困扰大多数学生的单片机学习问题，诸如：基本概念理解困难；没有编程思路；很难建立中断的概念；不了解单片机软硬件之间的关系等。从精简内容、重点讲解、加强逻辑思维能力训练入手，注重以下几个方面：

1. 内容精炼、重点突出。本书缩减了一些次要内容，同时又增加了串行总线的内容，紧跟时代发展的潮流。在内容组织上，突出学习重点，关键内容和知识点在字体上都做了加黑处理，使得学生在学习过程中更好地抓住重点。在指令的运用上，突出常用指令（在附录中加了“*”), 而且所有的例题均限定在这些指令内。

2. 强调编程思想和逻辑思维的训练。通过多年教学经验总结，可以说较大一部分学生缺乏分析问题和逻辑思维能力，需要加强这方面的训练，本书以这一点作为切入点，重点展开。针对本门课程实践性强的特点，对书中例题进行了精心设计，并突出例题的多角度讲解，不同思路下的解题（编程）方法。

3. 提供形象的知识点描述。本书在基础篇每一章的后面都附有图形化的知识结构，生动地描述了知识点及其相互关系，便于学生综合复习。

4. 提供强大的辅助学习手段。编著者针对单片机课程的所有知识点（特别是书中例题的解题思路和程序执行过程）开发了卡通形式的“配音动画”，特别有助于学生理解程序的执行过程，从而提高编程能力。

开发篇注重课外实践，以 C 语言为主。努力解决“动手能力”，淡化基本概念和内部原理，可以让初学者在缺乏其他基础知识支持的情况下，“快速入门”，马上就可以进入“开发状态”。其特点是：

1. 便于自学和快速培养初步开发能力。在开发篇的有关章节，介绍了 Keil μ vision 集成开发环境、实用的程序调试方法、C 语言基础知识和单片机学习板功能模块，提供了循序渐进的学习内容和 C 语言编程思路。

2. 与练手紧密结合。本书有关单片机学习板的内容与市场上销售的 MD-100 学习板及其电子套件紧密结合，系统地设计了学习板的功能模块，并针对不同模块给出相应的编程任务，从易到难，便于学生独立练习，解决了学生不知道用学习板如何练习的问题。同时也在本书配套的学习材料中给出了这些任务的源代码，以便对照和提高。

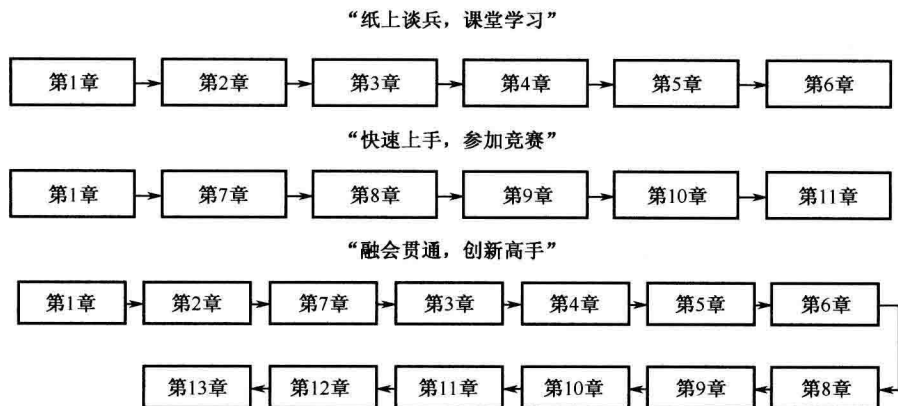
3. 与大学生电子类竞赛紧密结合。本书的部分实例是电子竞赛的常规题目，如循迹小车、超声测距、无线通信等，独立成章，其中给出了设计要求、设计思想、电路图、程序流程图等，另外在随书学习材料中附有程序的源代码。可以作为大学生课外实践和电子竞赛的指导工具书。

4. 配套资料齐全、新颖。本书所涉及的例程和任务，均提供电子版的源程序，并且这些程序经过实际检验，保证准确性。还有一些扩展阅读内容，用以提高读者的开发能力，

也提供电子文档。

我们所提供的“配音动画”不是课堂教学的录像，而是根据单片机课堂教学要求和课外实践需要总结出来的“知识点”和“例题”，按照编程的多种思路和程序的运行过程制作而成。具有“卡通”特色，直观而形象，并且利用一个学习软件的导航树把这些孤立的知识点和动画贯穿起来，和本书内容紧密关联。“配音动画”的内容比本书的内容更为广泛，读者可以从中学学习更多的知识。

三、学习路径



本书前 5 章的内容重点参考和选取了《单片机原理及应用》（李桂林、马驰、王新屏、张春光，电子工业出版社，2013 年）的许多内容，在此特别向原作者表示感谢。刘宁春、周雪峰收集了部分实例并做了相关的文字工作，并在动画制作方面提出很好的建议，在此表示感谢，还要特别感谢电子工业出版社竺南直对本书编写所提出的宝贵意见，同时对本书所用参考文献的作者表示诚挚的谢意。

按照编写目标，编者进行了许多思考和努力。由于编者水平有限，难免书中有错漏和不妥之处，恳请读者批评指正，以便不断改进。联系信箱 modulation@sina.com。

与本书相关的配套资料，包括基于交互式动画的学习平台试用版、汇编语言和 C 语言源程序、讲课用的 PPT、习题答案、扩展知识以及单片机学习板（型号：明达 MD-100）等，可以从 www.mcs-51.com 下载。手机 App 应用，可以扫描封底或本页的二维码。



编著者
2016 年 8 月

目 录

基 础 篇

第 1 章 单片机基础知识	2
1.1 单片机概述	2
1.1.1 单片机的组成	2
1.1.2 单片机的特点	3
1.1.3 单片机系统	4
1.1.4 单片机的程序设计语言	4
1.2 单片机的历史和发展	5
1.2.1 单片机的发展历史	5
1.2.2 单片机的发展趋势	6
1.3 典型单片机简介	7
1.3.1 MCS-51 系列单片机	7
1.3.2 AT89 系列单片机	8
1.3.3 PIC 系列单片机	9
1.3.4 MSP430 系列单片机	9
1.4 单片机的应用	10
1.4.1 单片机的应用特点	10
1.4.2 单片机的应用领域	11
知识结构图	12
思考与练习	13
第 2 章 单片机基本结构和工作原理	14
2.1 单片机的组成和内部结构	14
2.1.1 单片机的组成	14
2.1.2 单片机的内部逻辑结构	15
2.1.3 CPU 的内部结构	15
2.1.4 单片机其他结构模块	17
2.2 单片机的外部引脚及功能	18
2.2.1 I/O 端口	19
2.2.2 控制引脚	19
2.2.3 电源与晶振引脚	19
2.3 单片机的存储器结构	19

2.3.1	程序存储器	20
2.3.2	数据存储器	21
2.3.3	特殊功能寄存器	23
2.4	单片机的 I/O 电路	26
2.4.1	P0 口	26
2.4.2	P1 口	27
2.4.3	P2 口	28
2.4.4	P3 口	29
2.5	单片机的辅助电路	30
2.5.1	时钟电路	30
2.5.2	复位方式和复位电路	31
2.5.3	单片机最小系统	33
2.6	单片机的工作时序和工作方式	34
2.6.1	时序的基本概念	34
2.6.2	单片机的工作时序	35
2.6.3	单片机的工作方式	36
	知识结构图	38
	思考与练习	39
第 3 章	指令系统和汇编程序设计	40
3.1	指令系统概述	40
3.1.1	指令的表达形式	40
3.1.2	指令中的常用符号	41
3.2	单片机的寻址方式	42
3.2.1	立即寻址	43
3.2.2	直接寻址	43
3.2.3	寄存器寻址	44
3.2.4	寄存器间接寻址	45
3.2.5	变址寻址	46
3.2.6	相对寻址	47
3.2.7	位寻址	48
3.3	单片机的指令系统	49
3.3.1	数据传送类指令	49
3.3.2	算术运算类指令	55
3.3.3	逻辑运算类指令	59
3.3.4	控制转移类指令	63
3.3.5	位操作类指令	66
3.4	汇编语言程序的设计基础	69
3.4.1	汇编语言的语句格式	70
3.4.2	伪指令	70
3.4.3	汇编语言程序结构	72

3.4.4	汇编语言的编辑和汇编	73
3.4.5	汇编语言程序设计方法	73
3.5	汇编语言程序的基本结构形式	74
3.5.1	顺序程序	75
3.5.2	分支程序	76
3.5.3	循环程序	80
3.5.4	子程序	84
3.6	常用程序设计举例	85
3.6.1	数制转换子程序	85
3.6.2	定时子程序	88
3.6.3	均值滤波子程序	88
3.6.4	数据极值查找子程序	90
3.6.5	算术运算子程序	91
	知识结构图	94
	思考与练习	95
第 4 章	单片机内部标准功能单元	98
4.1	单片机的中断系统	98
4.1.1	中断系统的基本概念和基本结构	98
4.1.2	中断系统的控制与实现	100
4.1.3	中断系统的处理过程	104
4.1.4	中断系统的应用	108
4.2	单片机的定时器/计数器	113
4.2.1	定时器/计数器的基本结构和工作原理	113
4.2.2	定时器/计数器的控制与状态	115
4.2.3	定时器/计数器的工作方式	116
4.2.4	定时器/计数器初值计算和初始化	119
4.2.5	定时器/计数器的应用	119
4.3	单片机的串行通信接口	128
4.3.1	串行通信基础知识	128
4.3.2	串行口的内部结构和工作原理	130
4.3.3	串行口的控制与状态	132
4.3.4	串行口的工作方式	133
4.3.5	串行口波特率的确定和初始化	135
4.3.6	串行口的应用	136
4.3.7	单片机与 PC 机之间的通信	142
	知识结构图	149
	思考与练习	150
第 5 章	单片机外部扩展技术	151
5.1	并行总线扩展及编址	151
5.1.1	单片机外总线的结构	151

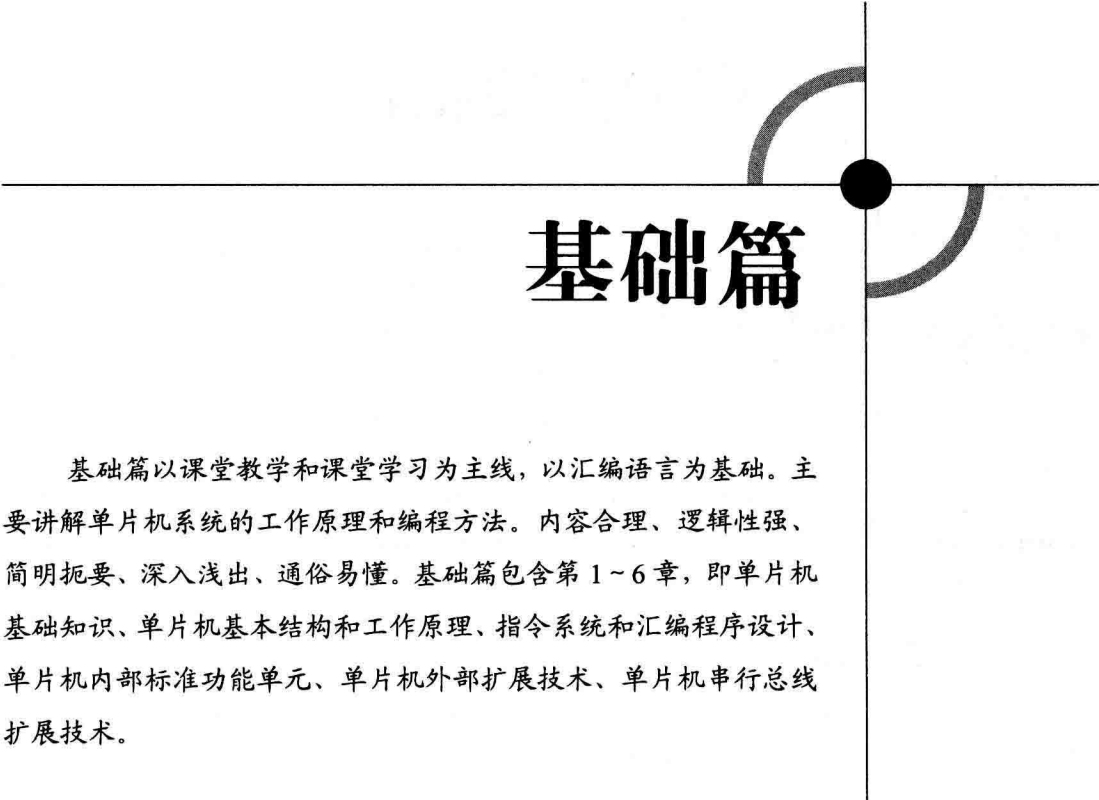
5.1.2	单片机外总线的扩展规则	153
5.1.3	常用扩展器件	153
5.1.4	地址译码方法	157
5.2	存储器及其扩展	160
5.2.1	半导体存储器简介	160
5.2.2	EPROM 程序存储器的扩展	162
5.2.3	E ² PROM 程序存储器的扩展	164
5.2.4	数据存储器及其扩展	164
5.3	人机交互接口及其扩展	169
5.3.1	键盘接口	169
5.3.2	LED 显示接口	177
5.4	并行 I/O 端口扩展及应用	183
5.4.1	简单 I/O 扩展	183
5.4.2	接口芯片 8155 及扩展	185
5.4.3	I/O 接口芯片 8255 及扩展	191
5.5	模拟量 I/O 通道扩展及应用	196
5.5.1	A/D 转换器基本知识	196
5.5.2	A/D 转换接口芯片 ADC0809	197
5.5.3	D/A 转换器基本知识	202
5.5.4	D/A 转换接口芯片 DAC0832	204
	知识结构图	208
	思考与练习	209
第 6 章	单片机串行总线扩展技术	211
6.1	串行总线概述	211
6.2	单总线接口及其扩展	211
6.2.1	单总线基础知识	211
6.2.2	单总线的数据传输时序	213
6.2.3	数字温度传感器 DS18B20	214
6.3	I ² C 总线接口及其扩展	220
6.3.1	I ² C 总线基础知识	220
6.3.2	I ² C 总线的数据传输时序	221
6.3.3	I ² C 总线的时序模拟	223
6.3.4	串行程序存储器 AT24C04	224
6.4	SPI 总线接口及其扩展	230
6.4.1	SPI 总线基础知识	230
6.4.2	SPI 总线的数据传输时序	231
6.4.3	E ² PROM 芯片 X25045	232
6.4.4	A/D 转换器芯片 TLC549	237
	知识结构图	239
	思考与练习	240

开 发 篇

第 7 章 快速开发入门知识	242
7.1 单片机应用系统开发技术	242
7.1.1 单片机应用系统的开发过程	242
7.1.2 单片机开发工具	244
7.2 Keil 集成开发平台	247
7.2.1 创建一个应用程序	248
7.2.2 应用程序的编辑、编译和链接	252
7.2.3 应用程序的仿真和调试	253
7.2.4 应用程序调试的常用窗口	256
7.2.5 调试实例	258
思考与练习	262
第 8 章 单片机 C51 程序设计基础	263
8.1 C51 的概述	263
8.1.1 C51 程序结构概述	263
8.1.2 C51 对标准 C 的扩展	264
8.2 C51 的编译和编译预处理	265
8.2.1 编译	265
8.2.1 编译预处理	266
8.3 C51 的基本语法	267
8.3.1 常量	267
8.3.2 变量	268
8.3.3 常用运算符与表达式	273
8.4 C51 的程序结构	275
8.4.1 分支语句	275
8.4.2 循环语句	277
8.5 C51 的函数	280
8.5.1 函数的定义和分类	280
8.5.2 函数的调用	281
8.5.3 中断服务函数	282
8.6 C51 的库函数	283
8.6.1 字符函数 CTYPE.H	283
8.6.2 内部函数 INTRINS.H	284
8.6.3 标准输入/输出函数 STDIO.H	285
8.6.4 标准函数 STDLIB.H	285
8.6.5 字符串处理函数 STRING.H	286
8.6.6 绝对地址访问函数 ABSACC.H	286
8.6.7 专用寄存器 REGxx.H	287
8.7 C51 的数组	287

8.7.1	数组的定义	287
8.7.2	数组的应用	288
8.8	C51 的指针	289
8.8.1	指针与地址	289
8.8.2	指针的定义	290
8.8.3	指针的引用	291
8.9	C51 编程举例	291
8.9.1	读写 I/O 端口的 C51 编程	292
8.9.2	中断系统的 C51 编程	292
8.9.3	定时器/计数器的 C51 编程	293
8.9.4	串行接口通信的 C51 编程	295
8.9.5	I ² C 总线的 C51 编程	298
	思考与练习	302
第 9 章	单片机学习板及功能模块	304
9.1	单片机学习板的用途和特点	304
9.2	单片机学习板的整体设计	305
9.3	STC-ISP 烧录软件的使用方法	306
9.4	单片机学习板的功能模块	307
9.4.1	流水灯控制单元	307
9.4.2	数码管显示单元	309
9.4.3	蜂鸣器单元	310
9.4.4	独立按键单元	312
9.4.5	矩阵键盘单元	313
9.4.6	液晶显示单元	315
9.4.7	I ² C 总线单元	320
9.4.8	A/D 和 D/A 单元	320
9.4.9	温度测量单元	325
9.4.10	串口通信单元	326
第 10 章	电子万年历设计	328
10.1	功能要求	328
10.2	总体设计	328
10.2.1	时间的获取方法	328
10.2.2	电子万年历的设计说明	329
10.3	硬件电路设计	329
10.4	软件设计	330
10.4.1	延时程序	330
10.4.2	液晶初始化及显示程序	331
10.4.3	定时器中断初始化和工作程序	334
10.4.4	键盘设置程序	337
10.4.5	闹钟设置与启动程序	342

第 11 章 超声波测距仪设计	345
11.1 功能要求	345
11.2 总体设计	345
11.2.1 超声波简介	345
11.2.2 超声波测距原理	345
11.3 硬件电路设计	346
11.3.1 HC-SR04 超声波模块电路	346
11.3.2 电源电路	348
11.4 软件设计	349
11.4.1 超声波发送程序和超声波接收中断程序	349
11.4.2 距离计算程序	350
11.4.3 LCD1602 液晶显示程序	351
第 12 章 智能循迹小车设计	354
12.1 功能要求	354
12.2 总体设计	354
12.3 硬件电路设计	355
12.3.1 红外检测模块电路	356
12.3.2 稳压电源电路	357
12.3.3 电机驱动电路	357
12.4 软件设计	359
12.4.1 各端口及变量定义	359
12.4.2 相关子函数定义	359
12.4.3 循迹小车主函数	362
第 13 章 数据采集和无线传输系统设计	364
13.1 功能要求	364
13.2 总体设计	364
13.3 硬件电路设计	365
13.3.1 nRF24L01 无线收发模块单元	366
13.3.2 A/D 转换单元	368
13.4 软件设计	368
13.4.1 相关参数定义	368
13.4.2 相关函数设计	370
13.4.3 数据采集及无线传输系统主函数	373
附录 A ASCII 表	375
附录 B MCS-51 指令表	378
附录 C 学习板电路图	381
参考文献	382



基础篇

基础篇以课堂教学和课堂学习为主线，以汇编语言为基础。主要讲解单片机系统的工作原理和编程方法。内容合理、逻辑性强、简明扼要、深入浅出、通俗易懂。基础篇包含第1~6章，即单片机基础知识、单片机基本结构和工作原理、指令系统和汇编程序设计、单片机内部标准功能单元、单片机外部扩展技术、单片机串行总线扩展技术。

单片机基础知识

本章主要介绍单片机的基本概念，单片机的特点和单片机应用领域。重点讲述单片机应用系统和开发语言的基本知识、常用单片机系列和分类。

1.1 单片机概述

单片机是一种集成电路芯片，伴随着微电子技术的发展而产生，是微型计算机的一个重要分支。

现代电子系统的基本核心是嵌入式计算机应用系统（简称嵌入式系统，Embedded System），而单片机就是最典型、最广泛、最普及的嵌入式计算机应用系统，可以称为基本嵌入式系统。

1.1.1 单片机的组成

单片机是把中央处理器（CPU）、随机存储器（RAM，一般用于存储数据）、只读存储器（ROM，一般用于存储程序）、中断系统、定时器/计数器以及 I/O 接口电路（可能还包括显示驱动电路、脉宽调制电路、模拟多路转换器、A/D 转换器等电路）等集成在一块芯片上的微型计算机。换一种说法，单片机就是不包括输入/输出设备、不带外部设备的微型计算机。虽然单片机只是一个芯片，但从组成和功能上看，它已具有了计算机系统的属性，因此称它为单片微型计算机（SCMC，Single Chip Micro-Computer），简称单片机。如图 1-1 所示。

目前，单片机已有几十个系列，上千个品种。在众多产品中，20 世纪 80 年代 Intel 公司推出的 MCS-51 系列单片机应用最为广泛。

虽然单片机型号各异，但其基本组成部分相似。如图 1-2 所示为单片机的典型结构框图。

单片机在应用时通常处于被控系统的核心地位并融入其中，即以嵌入的方式使用。为了强调其“嵌入”的特点，也常常将单片机称为嵌入式微控制器（Embedded Micro-Controller Unit，EMCU），在单片机的电路和结构中有许多嵌入式应用的特点。

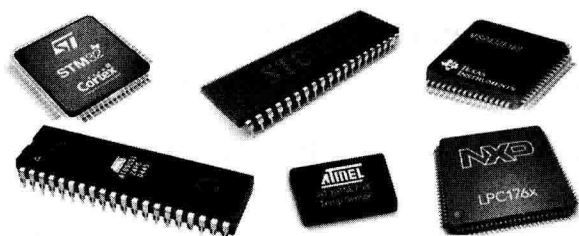


图 1-1 各种型号的单片机

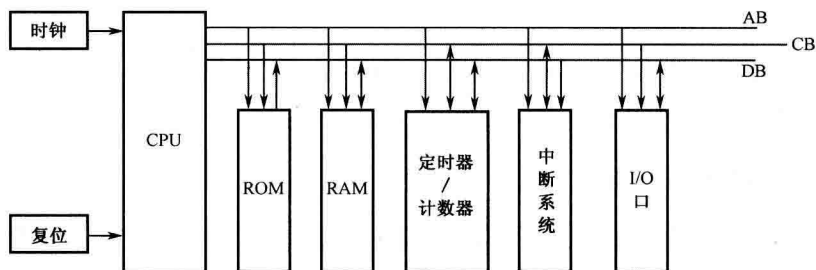


图 1-2 单片机的典型结构框图

1.1.2 单片机的特点

单片机是一种集成电路芯片，在工业控制领域得到了广泛应用。其特点一般包括：

1. 集成度高，体积小，可靠性高

单片机将各功能部件集成在一块晶体芯片上，集成度很高，体积自然也是最小的。芯片本身是按工业测控环境要求设计的，内部布线很短，数据在传送时受干扰的影响较小，其抗工业噪声性能优于一般通用的 CPU。单片机程序指令，常数及表格等固化在 ROM 中不易破坏，许多信号通道均在一个芯片内，故可靠性高。

2. 控制功能强

为了满足实际控制要求，单片机的指令系统均有极丰富的条件分支转移能力、I/O 口的逻辑操作及位处理能力，单片机的位操作能力更是其他计算机无法比拟的。实时控制功能特别强，非常适用于专门的控制系统。

3. 低电压，低功耗，便于生产便携式产品

为了满足广泛使用的便携式产品开发，许多低功耗单片机的工作电压仅为 1.8~3.6V，而工作电流仅为数百微安，能够使系统在低功耗状态下运行。

4. 易扩展

单片机芯片内具有计算机正常运行所必需的部件，芯片外部有供扩展用的三总线及并

行、串行输入/输出引脚，很容易构成各种规模的单片机应用系统。

5. 优异的性能价格比

为了提高速度和运行效率，高端单片机已开始使用 RISC 流水线和 DSP 等技术。寻址能力也已突破 64KB（B 为 Byte，字节，8 位二进制码）的限制，有的已达到 16MB，片内 RAM 容量则可达 2MB。由于单片机的广泛使用，因而销量极大，各大公司的商业竞争更使其价格十分低廉，其性能价格比极高。

1.1.3 单片机系统

初学者在学习单片机时，应注意区别单片机和单片机系统、单片机应用系统和单片机开发系统、单片机的程序设计语言和程序。

1. 单片机和单片机系统

单片机只是一个芯片，而单片机系统则是在单片机芯片的基础上扩展其他电路或芯片构成的具有一定应用功能的计算机系统。

通常所说的单片机系统都是为实现某一应用需要而由开发人员设计的。是一个围绕单片机芯片而组建的计算机应用系统。在单片机系统中，单片机处于核心地位，是构成单片机系统的硬件和软件基础。

2. 单片机应用系统和单片机开发系统

单片机应用系统（简称单片机系统）主要是为应用而设计开发的，该系统与控制对象结合在一起工作，是单片机开发应用的成果。单片机系统的设计开发包括：硬件设计和软件编程两部分工作。由于软/硬件资源所限，单片机与微型计算机不同，单片机系统本身不能实现自我开发，要进行系统设计开发，必须使用专门的单片机开发系统。

单片机开发系统是单片机应用系统开发调试的工具，也称为在线仿真器（In Circuit Emulator, ICE）。在单片机系统的设计中，仿真器应用的范围主要集中在对程序的仿真上。因为，在单片机的开发过程中，程序设计是最重要的，但也是难度最大的。一种最简单和原始的开发流程是：编写程序—烧写芯片—验证功能，这种方法对于简单系统是可以对付的，但在复杂系统中使用这种方法则是完全不可能的，所以需要使用开发系统来支持开发工作。

1.1.4 单片机的程序设计语言

程序实际上是一系列计算机指令的有序集合。我们把利用计算机指令系统来合理地编写出解决某个问题的程序的过程，称为程序设计。这也是我们学习这门课程的主要目的之一。

单片机程序设计语言，主要是指在开发系统中使用的语言。在单片机开发系统中主要使用汇编语言和高级语言，而单片机应用系统运行时使用机器语言。