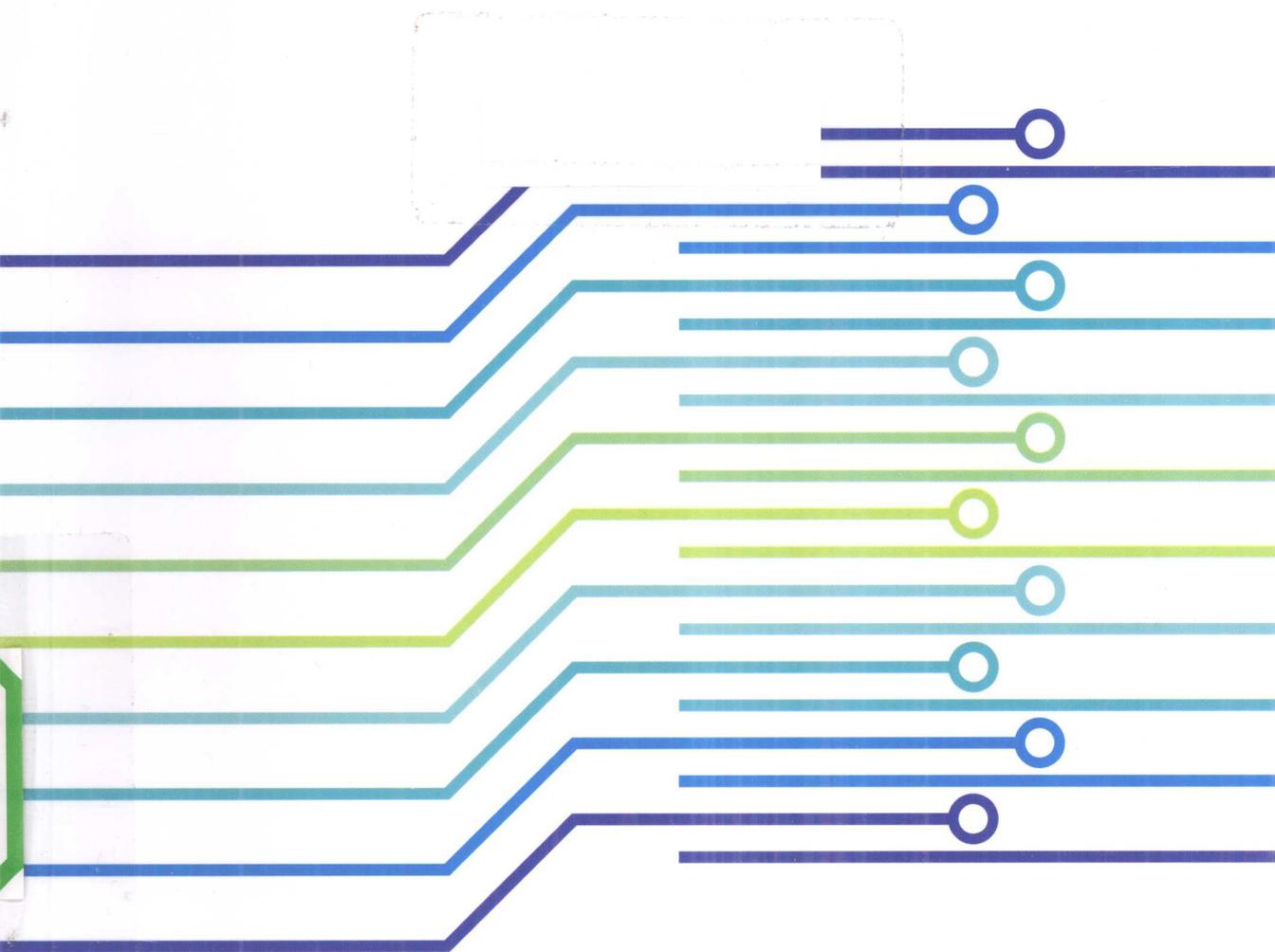


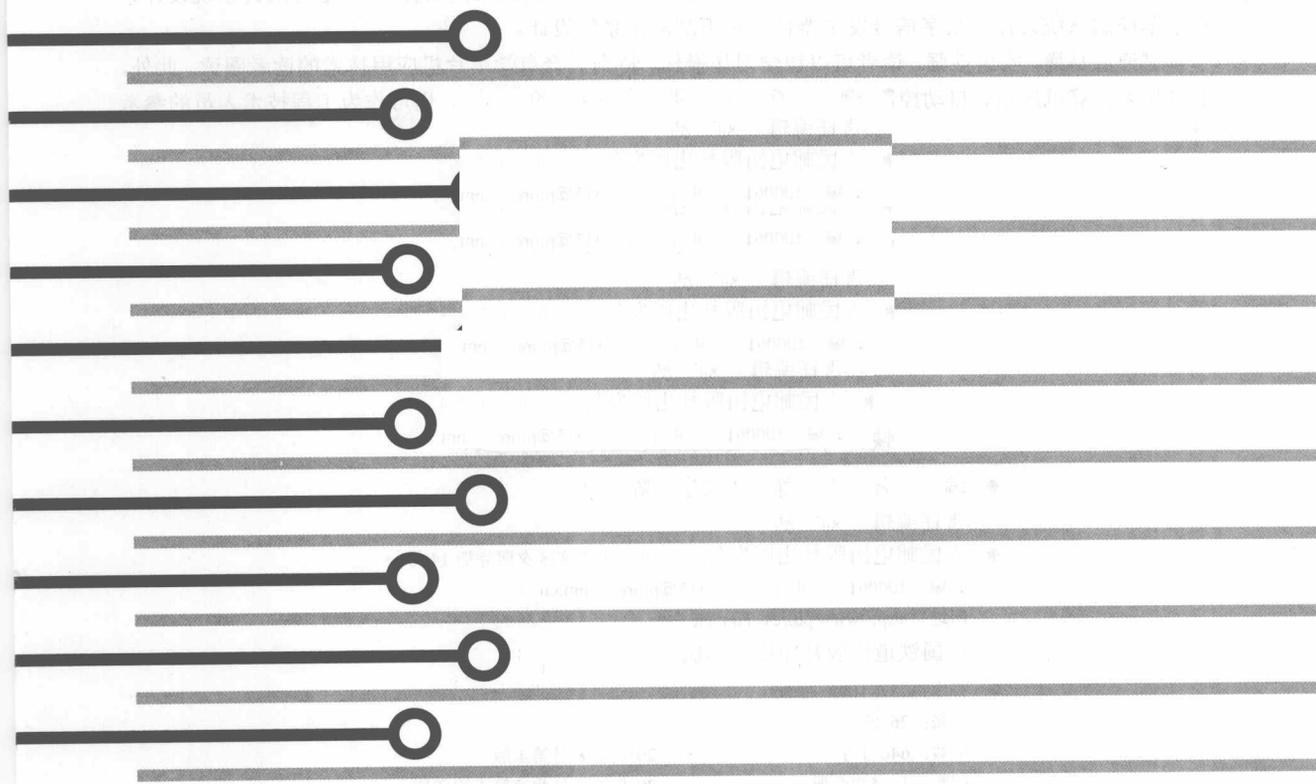
快速学通 51单片机C语言 程序设计

李静 程安宇 陈卓 编著



快速学通 51单片机C语言 程序设计

李静 程安宇 陈卓 编著



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (CIP) 数据

快速学通51单片机C语言程序设计 / 李静, 程安宇,
陈卓编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2010. 8
ISBN 978-7-115-23210-6

I. ①快… II. ①李… ②程… ③陈… III. ①单片微
型计算机—C语言—程序设计 IV. ①TP368.1②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第102772号

内 容 提 要

本书分为两篇, 共 18 章。第 1 篇是基础知识和快速提高篇(第 1 章~第 11 章), 采用“功能描述—硬件构成—软件实现及特点介绍”的形式, 将单片机应用、接口电路构造及 C51 编程等有机结合起来, 通过对各种实现方法的剖析, 读者能够在实际应用中有效地选择实现方案, 完成设计目标。具体内容包括: 单片机基本知识、单片机最小系统构成及应用、存储器扩展、显示接口、键入接口、I/O 接口扩展、数/模与模/数接口、串行通信、单片机系统开发等。每章的后面都配有一定量的习题, 以便读者巩固所学知识。

第 2 篇是应用实例篇(第 12 章~第 18 章), 结合作者多年的实际工程应用经验编写而成, 分别为输入/输出通道与功率驱动接口设计、单片机温度控制系统设计、机电控制系统设计、定时闹铃系统设计、遥控小车控制系统设计、数字信号发生器设计和雨刮测试系统设计。

本书通俗易懂, 实用性强, 读者可以边学习边操作, 特别适合自学单片机应用技术的读者阅读。此外, 本书可作为计算机应用、自动控制、机电一体化、智能仪表等专业的教材, 也可作为工程技术人员的参考资料。

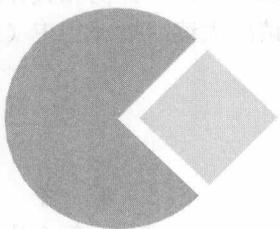
快速学通 51 单片机 C 语言程序设计

- ◆ 编 著 李 静 程安宇 陈 卓
责任编辑 刘 浩
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
中国铁道出版社印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 26.25
字数: 646 千字
印数: 1—4 000 册
- 2010 年 8 月第 1 版
2010 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-23210-6

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154



前 言

本书将单片机的应用同接口技术紧密地结合在一起，并通过具体实例介绍实现中的各个细节。作者结合多年从事工业控制领域中应用和开发的多款单片机应用系统实践经验，由浅入深地讨论了多个工程案例，包括系统设计思路的说明、详细的硬件电路图设计、相关参考程序，通过阅读和同步实践这些案例可让广大读者快速“上手”，帮助他们全面、深入地掌握单片机技术的难点和要点，提升实战水平。

本书分为两篇，第1篇是基础知识和快速提高篇，第2篇是实例应用篇。

第1篇包含第1章~第11章，分为4个层次。

第1层概述及单片机基础知识，是首先让读者对单片机建立一个整体的概念，然后是以51系列单片机为核心，介绍其内部结构、指令系统、编程语言、开发工具等，从而为单片机的应用建立理论基础。

第2层单片机最小系统构成及应用，是一个连接基础知识和实践能力的基础层，也是一个由单片机到接口技术的过渡层。通过AT89C2051、AT89S51、8031这3种芯片介绍了其最小系统构成，并介绍了一些简单的声光电控制方法。它是迈向单片机应用的第一步，也是掌握接口技术的先决条件。

第3层单片机接口技术，以各种接口来实现单片机的功能扩展。内容涉及存储器扩展、显示接口、键入接口、I/O接口扩展、数模/与模/数接口及串行通信等。在同一类的接口中，又以不同的实现方法来展示它们各自不同的特色，从而为自主的设计进行必要的积累和储备。在技术的实现上，力求以软硬件结合的方式来实现功能需求，在器件的使用上，突出了对并行传输器件与串行传输器件的介绍，使得设计能够各具特色。

第4层系统开发与设计，包括单片机系统的基本设计方法、单片机的开发工具及电路的设计与制作等，以期将知识转化为应用的能力。

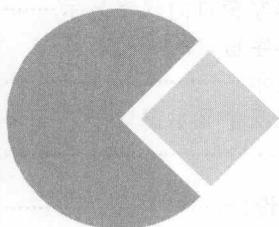
第2篇包含第12章~第18章，介绍了7个案例。

这些案例涵盖了自动控制的主要方面，包括温度类控制、机电类控制、网络通信类控制、信息管理类控制和工业产品测试流程类控制，尽可能地满足更多应用领域开发人员的需要。在讲解过程中，作者详细介绍了项目的设计分析、硬件电路图，并给出了完整的参考程序。

书中的大部分示例由 ATME189 系列芯片来实现，它可在无编程器的情况下，由下载线实现开发，达到降低投入成本的目的。所有配套实例源代码均可在 <http://www.ptpress.com.cn> 找到，这些代码均经过 μ Vision2 的编译。

本书参阅了大量的相关书籍和文献资料，从中获得了很多启发，在此一并向相关作者表示衷心的感谢。由于水平所限，书中存在的不妥、错漏之处，敬请广大读者批评指正（电子函件：book_better@sina.com）。

编者
2010 年 6 月



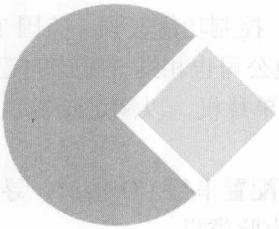
目 录

第 1 章 单片机概述	1	2.2.3 单片机的伪指令	20
1.1 单片机的发展过程	1	2.3 单片机中断系统	20
1.1.1 单片机的概念	1	2.3.1 中断系统	20
1.1.2 单片机的发展历程	2	2.3.2 中断响应	22
1.2 单片机的应用领域	2	2.4 编程语言及其对比	23
1.3 单片机的分类	3	2.4.1 硬件资源使用上的对比	23
1.3.1 按处理字长分类	3	2.4.2 运算处理的对比	25
1.3.2 按厂商与系列分类	4	2.4.3 流程控制的对比	26
1.3.3 按结构与封装形式分类	5	2.4.4 功能程序的对比	28
1.4 单片机的开发工具	7	2.4.5 汇编语言与 C1 语言的混合编程	29
1.4.1 单片机开发的基本流程	7	2.5 应用程序编写	30
1.4.2 单片机编程语言	7	2.5.1 编程基础知识	30
1.4.3 单片机编译与仿真调试软件	8	2.5.2 程序的设计	33
1.4.4 单片机编程器与下载线	8	2.6 编译软件及使用	37
1.5 练习题	9	2.6.1 μ Vision 的整体构成	37
第 2 章 单片机基础知识	10	2.6.2 μ Vision 的基本使用方法	40
2.1 单片机内部结构	10	2.6.3 μ Vision 的模拟测试	43
2.1.1 CPU	10	2.6.4 使用 μ Vision 进行混合编译	44
2.1.2 通用寄存器	12	2.7 开发工具的使用	47
2.1.3 特殊功能寄存器	12	2.7.1 编程器及其使用	47
2.1.4 内部存储器	12	2.7.2 下载线及其使用	49
2.1.5 并行 I/O 端口	13	2.8 练习题	50
2.1.6 定时/计数器	14	第 3 章 单片机最小系统构成及简单应用	51
2.1.7 串行通信口	16	3.1 AT89S51 最小系统构成	51
2.2 单片机指令系统	18	3.1.1 最小系统构成	51
2.2.1 单片机的寻址方式	18	3.1.2 程序编写	52
2.2.2 单片机的指令类别	18		

3.2	AT89C2051 最小构成	53	5.3.3	LCD12864 的使用	105
3.2.1	最小系统构成	53	5.3.4	LCD3310 的使用	109
3.2.2	程序编写	54	5.4	点阵显示器接口设计	116
3.3	8031 最小系统	54	5.4.1	图线移动效果的实现	117
3.3.1	最小系统构成	54	5.4.2	单字窗口的汉字显示	118
3.3.2	程序编写	55	5.4.3	单字窗口的滚动字幕显示	121
3.4	单片机简单应用	56	5.4.4	双汉字显示窗口	123
3.4.1	发光二极管显示控制	56	5.5	练习题	126
3.4.2	蜂鸣器控制	61	第 6 章	键盘接口设计	127
3.4.3	继电器控制	62	6.1	按键的分类	127
3.5	练习题	64	6.1.1	按键的种类划分	127
第 4 章	存储器的扩展	65	6.1.2	键入处理技术	128
4.1	存储器的分类及特点	65	6.2	独立式按键的应用设计	129
4.1.1	RAM	65	6.2.1	独立式按键的工作原理及特点	129
4.1.2	ROM	66	6.2.2	独立式按键的程序设计	129
4.1.3	串行传输存储器	67	6.3	散列式按键的应用设计	131
4.1.4	存储器的扩展知识	72	6.3.1	散列式按键的工作原理及特点	131
4.2	程序存储器的扩展	72	6.3.2	散列式按键的程序设计	131
4.2.1	EPROM2732 的使用	73	6.4	阵列式按键应用	133
4.2.2	E ² PROM2864 的使用	74	6.4.1	阵列式按键的硬件设计	133
4.3	数据存储器的扩展	75	6.4.2	阵列式按键的接口设计	134
4.3.1	RAM2114 的使用	75	6.5	标准键盘接口设计	143
4.3.2	RAM6264 的使用	76	6.5.1	标准键盘的工作原理及特点	144
4.4	串行传输存储器的使用	77	6.5.2	标准键盘程序设计	144
4.4.1	AT24C02 的使用	77	6.6	练习题	148
4.4.2	AT93C46 的使用	81	第 7 章	I/O 接口扩展	149
4.5	练习题	87	7.1	8155 的使用	149
第 5 章	显示接口设计	88	7.1.1	8155 的基础知识	149
5.1	显示器件及其分类	88	7.1.2	8155 的应用	152
5.1.1	LED 数码管	88	7.2	8255 的使用	155
5.1.2	LCD 显示器	91	7.2.1	8255 的基础知识	155
5.1.3	点阵式 LED 显示器件	93	7.2.2	8255 的应用	158
5.1.4	光柱式 LED 显示器件	93	7.3	练习题	162
5.2	LED 数码管接口设计	94	第 8 章	定时/计数器及其应用	163
5.2.1	LED 数码管并行接口设计	94	8.1	单片机内部定时/计数器的	
5.2.2	LED 数码管串行接口设计	96			
5.3	LCD 显示接口设计	100			
5.3.1	笔段式液晶显示接口	101			
5.3.2	LCD1602 的使用	103			

使用.....	163	10.5 远程通信.....	251
8.1.1 定时/计数器的用法.....	163	10.5.1 使用 MT8880 通信.....	251
8.1.2 电子音乐演奏原理.....	168	10.5.2 以太网通信.....	258
8.1.3 演奏功能的实现.....	172	10.6 练习题.....	259
8.1.4 电子琴制作.....	174	第 11 章 单片机系统设计与开发	260
8.2 定时/计数器 8253 的使用.....	176	11.1 单片机系统的设计.....	260
8.2.1 8253 的内部构造.....	177	11.1.1 设计流程及原则.....	260
8.2.2 8253 的应用.....	178	11.1.2 软硬件设计.....	261
8.3 DS1302 实时时钟芯片的		11.1.3 调试与抗干扰.....	262
使用.....	180	11.2 单片机的开发工具及	
8.4 练习题.....	186	其制备.....	263
第 9 章 数/模与模/数转换接口设计	187	11.2.1 实验环境准备.....	263
9.1 数/模转换接口.....	187	11.2.2 实验装置制备.....	264
9.1.1 DAC0832 的使用.....	187	11.2.3 写入装置的制备.....	265
9.1.2 AD7521 的使用.....	191	11.3 电路设计与制作.....	266
9.2 模/数转换接口.....	192	11.3.1 原理图绘制.....	267
9.2.1 ADC0809 的使用.....	193	11.3.2 PCB 板图生成.....	268
9.2.2 ADC574 的使用.....	195	11.4 练习题.....	269
9.2.3 AD650 的使用.....	197	第 12 章 输入/输出通道与功率驱动	
9.2.4 5G14433 的使用.....	200	接口设计.....	270
9.3 串行传输数/模转换器与		12.1 光电隔离的工作原理及	
模/数转换器的使用.....	202	应用.....	270
9.3.1 PCF8591 的使用.....	202	12.1.1 光电隔离的工作原理.....	270
9.3.2 ADC0832 的使用.....	208	12.1.2 光电隔离器应用设计.....	271
9.4 练习题.....	210	12.2 功率晶体管工作原理及应用.....	272
第 10 章 串行通信设计	211	12.2.1 功率晶体管工作原理.....	272
10.1 串行通信基础知识.....	211	12.2.2 功率晶体管应用.....	273
10.1.1 串行通信基础知识.....	211	12.3 继电器工作原理及应用.....	274
10.1.2 串行口的使用.....	216	12.3.1 电磁继电器基本原理.....	274
10.2 单片机间通信.....	217	12.3.2 固态继电器基本原理.....	275
10.2.1 双机通信.....	217	12.3.3 双路继电器基本原理.....	277
10.2.2 多机通信.....	220	12.4 PWM 工作原理及应用.....	278
10.3 单片机与 PC 间的通信.....	226	12.4.1 PWM 工作原理.....	278
10.3.1 PC 通信.....	226	12.4.2 产生 PWM 的方法.....	279
10.3.2 单片机与 PC 间的		第 13 章 温度控制系统设计	282
通信.....	231	13.1 浴室锅炉温度控制系统.....	282
10.4 单片机与智能仪器设备间的		13.1.1 控制系统工作原理.....	282
通信.....	235	13.1.2 信号采样及处理.....	283
10.4.1 Modbus 协议.....	235	13.1.3 控制电路原理.....	284
10.4.2 与温控仪通信.....	238		
10.4.3 与 PLC 通信.....	245		

13.1.4	控制软件设计	287	第 17 章	数字信号发生器设计	363
13.2	智能水温监控系统	294	17.1	信号发生器的工作原理与结构	363
13.2.1	控制系统工作原理	294	17.1.1	信号发生器的 工作原理	363
13.2.2	信号采样及处理	294	17.1.2	信号发生器的结构	364
13.2.3	控制电路原理	295	17.2	硬件电路设计及原理	364
13.2.4	控制模块软件设计	296	17.2.1	MAX038 芯片介绍	364
第 14 章	电机控制系统设计	305	17.2.2	硬件电路设计	366
14.1	电机分类及其工作原理	305	17.2.3	其他电路设计	369
14.2	常用电机控制技术	306	17.3	控制软件及其流程	371
14.2.1	直流斩波技术	306	17.3.1	总体软件流程图	371
14.2.2	脉宽调制技术	308	17.3.2	MAX038 控制程序	373
14.3	直流电机控制系统设计	309	17.3.3	其他部分程序	376
14.3.1	直流电机的控制原理	309	17.4	系统运行状态分析	379
14.3.2	电机驱动电路原理图	310	17.4.1	方波的输出效果	379
14.3.3	直流电机驱动程序	314	17.4.2	三角波的输出效果	379
14.4	步进电机控制系统设计	318	17.4.3	正弦波的输出效果	380
14.4.1	步进电机的控制原理	318	17.4.4	结果分析	381
14.4.2	步进电机驱动电路	321	第 18 章	雨刮测试系统设计	382
14.4.3	步进电机控制程序 分析	322	18.1	雨刮测试系统的结构	382
第 15 章	定时闹铃系统设计	325	18.2	USB 通信技术	383
15.1	闹铃系统工作原理	325	18.2.1	USB 通信技术 基本原理	383
15.1.1	时钟芯片特点	325	18.2.2	USB 芯片	385
15.1.2	液晶显示模块设计	328	18.3	控制电路设计	386
15.2	控制电路图	330	18.3.1	USB 通信电路	386
15.3	控制软件设计	331	18.3.2	控制模块电路	388
15.4	系统操作说明	347	18.3.3	测试模块电路	389
第 16 章	遥控小车控制系统	348	18.3.4	串口通信电路	389
16.1	遥控小车系统结构	348	18.4	控制软件设计	390
16.2	遥控车工作原理	349	18.4.1	键盘子程序	391
16.2.1	发射电路设计	349	18.4.2	USB 通信子程序	395
16.2.2	接收电路设计	352	18.4.3	电机控制子程序	405
16.2.3	电机控制电路	353	18.4.4	电流检测子程序	407
16.3	控制软件设计	354	18.5	系统调试	409
16.3.1	发送部分子程序	354	18.5.1	系统测试平台结构	409
16.3.2	接收部分子程序	357	18.5.2	系统测试方案	410
			18.5.3	系统测试过程	411



第1章 单片机概述

在微型计算机中，与通用型微机并驾齐驱的是单片机。单片机的发展是建立在集成电路制造技术之上的，它面向过程控制，并采用高度集成相关功能处理单元的手段来趋向于以单个芯片实现控制处理。由于单片机具有小巧、组织灵活等特点，因此在许多领域都出现了它的身影。随着生产厂家及面向目标的不同，单片机在种类上也千差万别，在开发时应配备相应的开发工具。

在这一章中，可以了解到以下内容。

- ✓ 单片机概念。
- ✓ 单片机的应用领域。
- ✓ 单片机的分类。
- ✓ 单片机的开发工具等。

1.1 单片机的发展过程

本节讲述单片机的概念、单片机的发展过程等，以期读者对其有一个整体的认识。

1.1.1 单片机的概念

单片机的全称是单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer)，它是在微型计算机层次内与通用型微机并行发展的一个分支，并以其自身所具有的相对优势而长盛不衰。与突出通用性能的通用型微机不同，单片机的生存之道在于面向过程控制。由于它集成度高、体积小，因此其常被称为微控制器 (Microcontroller)。

单片机在结构上的最大特点是将中央处理单元 (CPU)、程序存储器 (ROM、EPROM、EEPROM 及 Flash-ROM)、数据存储器 (RAM)、输入/输出接口、可编程定时/计数器等功能单元集成在一块芯片上，有的甚至包含 A/D 转换器和 LCD 显示接口等，因而可以构成一个相对完备的计算机系统。设计者可根据自己的实际需要进行设计和开发，所以其应用十分方便、灵活且成本也低。

1.1.2 单片机的发展历程

同任何事物的发展一样，单片机也经历了一个由弱到强的发展过程，整体上可划分为 4 个发展阶段。

第一阶段：4 位单片机阶段。此类单片机的特点是价格便宜、控制功能较强。美国 Texas 仪器公司最先开发并推出了 TMS1000 系列 4 位单片机，随后其他公司也相继开发出自己的 4 位单片机。在这一时期，一些日本厂家则推出了一些专用的 4 位单片机，以满足录音机、电视机、录像机等民用产品的需要。

第二阶段：中、低档 8 位单片机阶段。此时的单片机一般不配置串行 I/O 接口，寻址范围也较小，通常为 4 KB，如 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机即为此类机。

第三阶段：高档 8 位单片机阶段。此类单片机是在中低档 8 位机的基础上向前发展的，其在性能方面有了显著的提升。此时，已增添了串行 I/O 接口、多个 16 位定时/计数器、多级中断，并有了较大的片内 ROM 和 RAM，Intel 公司的 MCS-51 系列单片机即属于此类机。

第四阶段：高档 16、32 位单片机和超 8 位单片机。此阶段的超 8 位单片机有一个重要标志，就是增设了直接数据存取通道（DMA）和特殊串行接口等，Intel 公司的 8044 即属于此类机型。16 位单片机的代表，当属 Intel 公司推出的 MCS-96 系列单片机。

尽管 16 位单片机在 1982 年即已问世，但其发展并非人们预想的那样快。由于价格及批量的限制，其应用其实并不普及。此外，另一个影响其使用的原因是，在 8 位机能够满足实际需要的情况下，并非就一定要采用 16 位机，具体要看制造成本和开发周期等多方面的因素。在当今的一段时期内，8 位机仍将会占据统治地位。

1.2 单片机的应用领域

由于单片机具有集成度高、体积小、功能强、使用灵活、价格低、稳定可靠等优点，因而其被广泛应用于工业过程控制、智能仪表、数控车床、数据采集与处理、智能机器人及家用电器等领域。

1. 工业过程控制

由于单片机的 I/O 接口多，位操作指令丰富且逻辑操作功能强，因此其特别适用于工业过程控制。在控制中，它既可以作为主机进行独立控制，也可以作为分布式控制系统的前端机来运行。当单片机作为核心控制部件时，其可以进行模拟量和开关量的采集、控制和运算处理（包括数值计算和逻辑运算），并输出控制信号。特别是单片机的逻辑判断与位操作指令，使它在开关量控制、顺序控制、时序控制以及逻辑控制等方面使用极为广泛，如温度控制、电机变速控制、数控机床、机器人控制、交通信号灯控制等，甚至被应用于军事领域的过程控制上，如雷达与导弹的控制，鱼雷的制导系统及航天导航系统等。

2. 家用电器设备

由于单片机的价格低廉、体积小、逻辑判断及控制能力强，且具有定时/计数功能，所以

它在家电设备中也大显身手。洗衣机、电冰箱、微波炉、高级智能玩具、儿童学习机及家用防盗报警器等都有它的身影。

3. 智能化仪器

由于单片机的功耗低、体积小、成本低，并具有一定的数据处理能力，因此其也被大量用于仪器仪表中。单片机与仪表的结合，已成为仪器仪表智能化和数字化的主要方法。由此可完成数据的采集、处理（包括数字的滤波、标度的变换、非线性的补偿等）、显示、误差校正及超限报警等。

单片机与各种传感器结合，也是构造所谓“智能传感器”的主要手段。

4. 计算机网络及通信技术

由于高档单片机已开始集成串行 I/O 接口或 SDLC 通信接口，因此，它在计算机网络及通信设备中也扮演着一定的角色。由于其实现价格低已成为构造高性能分布式控制系统的基础，它比目前流行的 Ethernet 网、Ominet 网更经济、更灵活、更可靠。

此外，单片机在移动通信设备、程控电话、无线电遥控等方面也发挥着重要的作用。

1.3 单片机的分类

单片机是一个大家族，为了更好地识别与使用，应对单片机的划分有一个清晰的认识。

1.3.1 按处理字长分类

从单片机发展历程可以看出，它经历了一个由 4 位到 32 位机发展的过程。所谓的 4 位机、8 位机，其实是按单片机并行处理的字长来划分的。

4 位单片机，此类产品有 Texas 仪器公司的 TMS1000 系列单片机，NEC 公司的 μ MOS40 系列，Rockwell 公司的 PPS/1 系列，松下公司的 MN1400 系列，夏普公司的 SM 系列，NS 公司的 COPS400 系列，富士通的 MB88 系列及 EPSON 的 SMC62、SMC63 和 SMC60 系列。

8 位单片机有 Intel 的 MCS-48 和 MCS-51 系列单片机、EPSON 的 SMC88 系列、Motorola 的 M6805 和 M68HC05 系列、Microchip 的 PIC16C 系列和 PIC17C 系列、Scenix 的 SX 系列、华邦的 W77 和 W78 系列、东芝的 870 和 90 系列。

增强型 8 位单片机有 Motorola 的 M68HC11 和 M68HC12 系列等。

16 位单片机有 Intel 的 MCS-96 系列单片机和 Motorola 的 M68HC16 系列等。

32 位单片机有 Intel 的 MCS-960 系列单片机、ATMEL 的 ARM 系列和 Motorola 的 M683XX 系列单片机等。

在使用单片机时，应视具体的设计目标来选择单片机，在能够满足设计功能要求的前提下，应考虑成本、技术资料的支撑情况、元器件的获取条件及未来的发展空间等。由于 8 位机用途广、产量大，它通常被大量用于各类智能产品和集散控制系统的前端。近年来，ARM 等 32 位机也有了飞速的发展，在产值方面已能够与 8 位机相抗衡，它主要用于嵌入式操作系统中，可对复杂的人机交互界面及高精度、高速度的数据处理提供支持，它的应用多侧重于各种高端和大型设备。

1.3.2 按厂商与系列分类

单片机应用环境和应用目标具有广泛性和多样性,并且行业门槛较低,全球拥有众多的单片机生产厂商,产品种类也非常繁多,且各具特色。其中,较为著名的器件生产厂家有 Intel、DALLAS、Motorola、MAXIN、Philips 等,它们所生产的单片机也形成了不同的系列,其中,较为常见的有 51 系列、AVR 系列、PIC 系列等。由于指令系统不同或封装引脚不同,因此它们的互换性也会受到很大的限制。

在国内的 8 位单片机市场上,占据主流地位的要属 51 系列单片机。此外,目前的许多院校也多以它作为经典机型来组织教学。

51 系列单片机源于 Intel 公司推出的 MCS-51 单片机,由于其应用早,影响大,所以已成为事实上的工业标准。后来 Intel 公司以专利互换和专利出售的方式,将 8051 的内核授权给其他多家集成电路制造商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦公司等。这些厂商在获得授权后,又在此基础上开发出了一批独具特色的兼容产品,如 Philips 的 87LPC 系列、华邦的 W78 系列、DALLAS 的 DS87 系列等,故人们将这类产品统称为“51 系列单片机”。在这样的情况下,掌握好 51 系列单片机的使用就可以有较为广阔的选择与应用空间。

GMS90 系列单片机是 LG 公司的产品,它与 51 系列单片机兼容,时钟频率高达 40MHz,多应用于多功能电话、智能传感器、电度表、工业控制、防盗报警装置、各类计费器、IC 卡装置及 DVD、VCD 和 CD-ROM 中。

AVR 系列单片机是 Atmel 公司生产的内载 Flash-ROM 的单片机,可随时编程和再编程,使用户的产品易于设计,更新换代方便。AVR 系列单片机采用增强的精简指令集(RISC)结构,所以它的技术和 51 系列有所不同,开发设备也与 51 系列是不通用的。它在一个时钟周期内可执行复杂的指令,其每兆赫可达到 1MIPS 的处理能力,属单片机中的高端产品。AVR 系列单片机的工作电压为 2.7~6.0V,可以实现耗电最优化,它广泛用于计算机外部设备,如工业实时控制、仪器仪表、通信设备和家用电器等领域。

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司生产的单片机,它采用哈佛双总线结构,也是使用 RISC 指令集,它的指令系统和开发工具与 51 系列更是不同,但它运行速度快、工作电压低、功耗低、有较大的输入输出驱动能力、价格低,适用于用量大、档次低、对价格敏感的产品。它在办公自动化设备、消费类电子产品、智能仪表、汽车电子、金融电子及工业控制等不同领域的使用都很普遍。

MDT20XX 系列单片机是 Micon 公司生产的工业级 OTP 单片机,它与 PIC 系列单片机的引脚完全一致,海尔集团的电冰箱控制器、TCL 通信产品、长安奥拓铃木轿车功率分配器均采用此类单片机。

SMC 系列单片机是 EPSON 公司的产品,它以低电压、低功耗和内置 LCD 驱动器而著称于世。其广泛用于工业控制、医疗设备、家用电器、仪器仪表、通信设备和手持式消费类产品领域。

M68HC 系列单片机是 Motorola 推出的单片机,其特点是在同样的速度下所用的时钟频率较之 Intel 的单片机低很多,因此使得高频噪声低,抗干扰能力强,极适合于工控领域及恶劣环境。

此外, TI 的极低功耗单片机 MSP430C 系列,以及德国 SIEMENS 公司的单片机都有着

各自的体系结构，且与 51 系列不兼容。

1.3.3 按结构与封装形式分类

对于同一系列的单片机，其在结构与封装形式上也会有较大的差异。以 51 系列单片机为例，按照制作工艺和结构的不同，可以进行如下划分。

(1) MCS-51 单片机，其起初是采用高性能的 NMOS 工艺，最为典型的产品便是 8051。由于 8051/52 的片内 ROM 为掩膜式 ROM，因此限制了人们对片内 ROM 的使用，一般只能采用外扩 ROM 的方式来使用。

(2) 后来为了改进节电性能，又采用了 CHMOS 工艺，为此在产品的型号中插入了字符“C”，如 80C51。而对于 Atmel 公司的 80C51 产品，即 AT89C51，则采用了 Flash-ROM 技术，使其编程寿命可达到 1000 次。

(3) 在 AT89C51 的基础上，通过增添片内在线编程（In-System Program 即 ISP）能力，Atmel 公司又推出了 AT89S51。它使单片机的开发由编程器写入时代进入程序下载的时代。

此外，即使是同一系列同一内核的单片机产品，也会因内部的配置差异而形成不同型号的产品，如 MCS-51 系列单片机的基本型产品就有 8051、8031 和 8731 等，这 3 种产品的主要区别就在于片内程序存储器方面。其中，8051 的片内程序存储器是掩膜型的，即在制造芯片时就需将应用程序固化到 ROM 中；而 8031 没有片内程序存储器；8751 则在片内含有 4KB 的 EPROM 程序存储器，但价格较昂贵。而对于 8051 和 8052，其在片内 RAM 存储器的容量、定时器及中断源数量上，也存在着差异。8051 的 RAM 存储器为 128B，有 2 个 16 位定时器，5 个中断源；而 8052 的 RAM 存储器为 256B，有 3 个 16 位定时器，65 个中断源。

对于同一型号的芯片，其在封装形式上也存在着较大的不同，以 STC89 系列芯片为例，它的封装形式就分为 PDIP40、PLCC44、PQFP44 和 LQFP44 共 4 种，如图 1.1 所示。

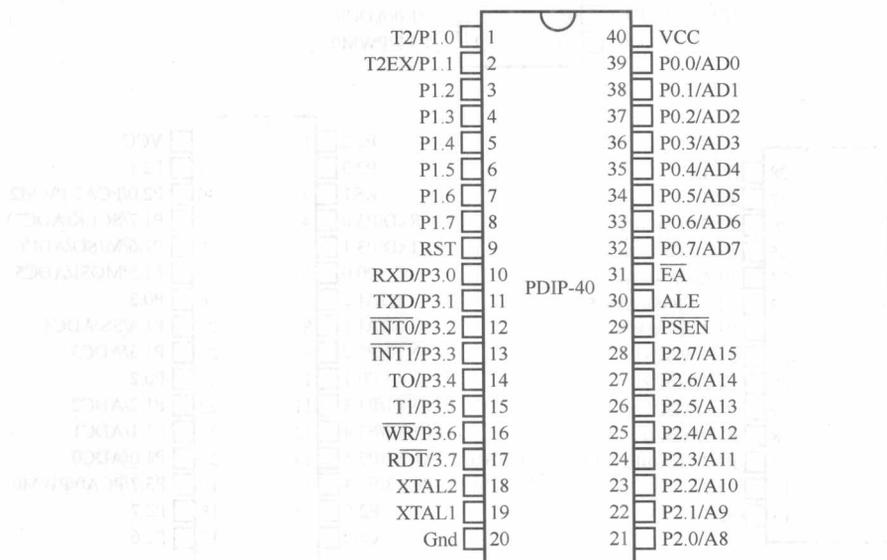


图 1.1 STC89 系列芯片封装形式及引脚排列

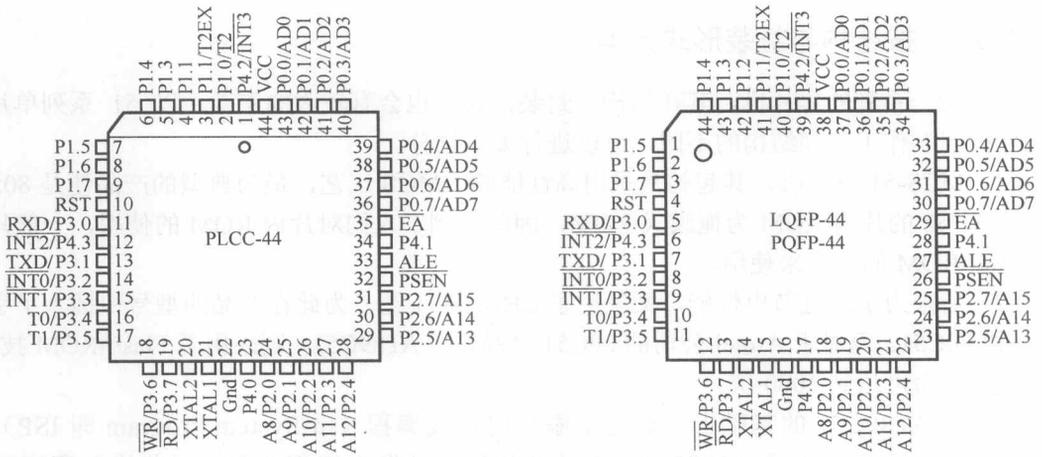


图 1.1 STC89 系列芯片封装形式及引脚排列 (续)

另外, 为了满足特殊需要, 一些公司还推出了不同版的兼容芯片, 如 STC 公司就推出了精简版的 51 兼容芯片 STC12C2052 系列芯片, 它们有 DIP20、SOP20/28/32 等封装形式, 以适应小型化的要求, 如图 1.2 所示。

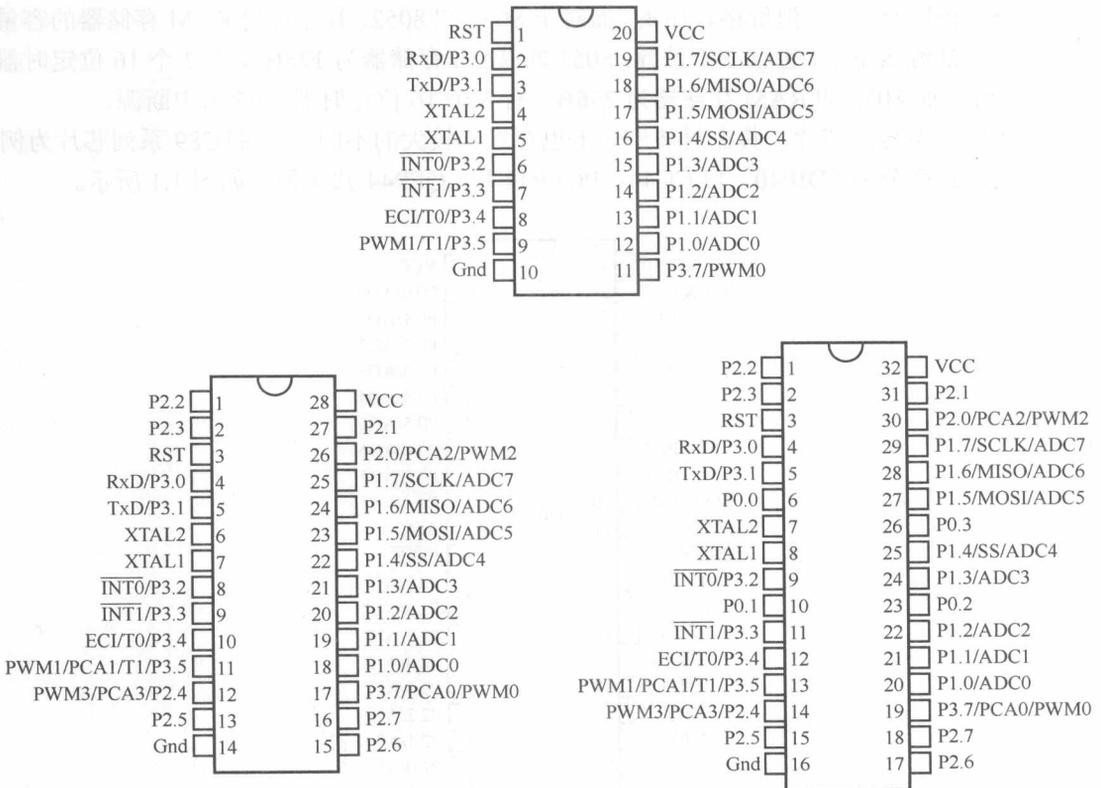


图 1.2 STC89 系列芯片封装形式及引脚排列

1.4 单片机的开发工具

本节主要介绍单片机的开发流程及开发工具，由于单片机的开发是一个集硬件设计和软件编程于一体的工程，因此单片机的开发离不开相应工具的配合，其主要涉及的工具具有编译软件、仿真调试软件、编程器或下载线、电路 CAD 软件等。

1.4.1 单片机开发的基本流程

单片机的开发是一个项目工程，必须依照相应的开发流程来按部就班地加以实施，其大体需要经过以下几个阶段。

(1) 根据需要设计整体的硬件构造，搭建验证性的硬件线路。

(2) 配合硬件设计的工作原理，选择合适的编程语言（汇编语言、C 语言）编写相应功能模块的测试性程序。

(3) 借助编译软件输入所编写的程序，通过编译发现语法错误，并通过修改加以排除，最终将源程序转换为机器代码。在具备仿真调试软件的条件，可以借助仿真软件的运行来发现和排除一些显而易见的逻辑性错误。

(4) 编译后的机器代码，需写入程序存储器中予以固化，然后在硬件的实验环境下加以测试。通常进行程序固化的工作是借助编程器来完成的，是一种所谓离线式的固化；随着技术的进步，对于 AT89S51 类的单片机已经具备了由下载线实现在线固化的能力，可以实现再线开发。

在具备仿真开发装置的条件下进行调试，可以有效地排除因硬件的不稳定所导致的问题，有利于提高软件测试的效率。

(5) 在完成软硬件的整体测试后，即可进入样机的试制。此时可以使用电路 CAD 软件（如 Protel 99 或 Protel DXP）来绘制硬件设计的原理图及印制电路板（PCB）图。通过腐蚀制版、钻孔及焊接等处理，最终得到较为规范的印制电路板并完成样机的制作。

1.4.2 单片机编程语言

就单片机开发的语言来讲，常用的有两种：一种是汇编语言，另一种是 C 语言。目前，大部分院校多采用汇编语言作为单片机开发的教学语言，它具有与硬件结构对应紧密、便于进行知识讲解和认识的特点，代码的时效性强。而在大中型的软件设计中，则多采用 C 语言，以缩短软件的开发周期。

汇编语言的特点是在对源程序进行编译后，其机器代码的效率相对较高。但使用汇编语言的麻烦在于，其可读性和可维护性较差，特别是当程序没有进行很好的注解时，其代码的可重用性也较低。如果使用 C 语言的话，则可以很好地解决这些问题。

C 语言的特点在于，由其编写的程序结构性强、模块化程度高，且易于阅读和维护。由于程序的模块化，用 C 语言编写的程序具有很好的移植性，功能化的代码能够很方便地从一个工程移植到另一个工程，从而减少了开发的时间。

用 C 语言编写的程序比用汇编语言编写的程序更符合人们的思考习惯，开发者可以更专

心地考虑算法而不是考虑一些细节问题，这样就减少了开发和调试的时间。那能否就说汇编语言已无立足之地了呢？也并非完全如此，因为对于一些系统，特别是实时性系统，都要用 C 语言和汇编语言联合编程，以面对严格的时钟要求。此时，使用汇编语言成了解决问题唯一的方法。

1.4.3 单片机编译与仿真调试软件

进行程序编译的软件比较多，其中一部分只支持对汇编语言的编译，其软件的规模较小，如伟福等；另一类则既支持汇编语言又支持 C 语言，其典型的代表有 KEIL μ vision。

KEIL μ vision 在众多的单片机开发软件中是一款优秀的软件，它由德国的 KEIL 公司推出，是面向 51 系列单片机开发的一个综合平台。该软件在 Windows 环境下工作，其自带一个单片机芯片的设备库，内含众多的 51 系列芯片，并允许用户对该库进行维护操作。

该综合开发平台可对库内设备的整个开发过程提供编辑、汇编/编译、连接定位、软件模拟调试、硬件仿真调试、函数库维护和项目管理等支持。人们将此种工作平台称为“集成开发环境”，即 IDE (Integrated Development Environment)。

KEIL μ vision 配备 5 种软件包方案，即 PK51、DK51、CA51、A51 和 FR51。

其中，PK51 较为常用，它包括项目管理器、文本编辑器、宏汇编器、C51 编辑器、连接定位器、库管理器、模拟/仿真调试器和 RTX51-Tiny 精简版多任务实时操作系统。其他配置均不如 PK51 全。FR51 比较特殊，它属于追加的方案，其只含有 TRX51-Full 完整版的多任务实时操作系统。在使用过程中应注意软件包方案的选择，否则会影响功能的使用。

1.4.4 单片机编程器与下载线

编程器是一种把 HEX 或 BIN 文件写入单片机芯片的设备，这种设备的品种很多，操作也十分简单。在市场上可以买到相应型号的编程器，其成品价格在 200~2000 元之间。在众多的编程器中，TOP 系列编程器是一款技术较为成熟的产品。其由硬件和软件相配合来实现写入操作，TopWin 就是为 TOP 系列编程器开发的配套软件。它改变了以往 TOP 产品一个型号对应一个软件的做法，统一由 TopWin 操作不同型号的硬件设备。TopWin 能够自动识别硬件的型号，并确定其功能。TopWin 一旦与设备连接成功，会在窗口的下方显示出硬件设备的名称。TopWin 目前支持的基本型号有 TOP853、TOP2004、TOP2005、TOP2048。TopWin 支持多窗口操作，也就是说，它可以在同一台电脑上连接多个编程器且并不相互干扰，编程器的型号可以是相同的，也可以是不同的。TopWin 按队列顺序打开所有的设备，从理论上讲，它连接的数目是没有限制的。

下载线是一种支持单片机在线下载开发的新技术，在满足一定外部条件的情况下，它能够直接把编译好的程序下载到目标单片机中。当使用下载线方式开发时，必须使用具有在线下载功能的 FLASH ROM 单片机，如 AT89S51 等。使用下载线技术并选择恰当的芯片，不仅可以免去添置编程器及仿真器等设备的昂贵费用，而且可以快速进行修改与调试。

通常为了观察程序执行结果，还应配置相应的仿真开发板或实验板。在缺少程序写入装置和实验开发板的情况下，可以采用 DIY 的方式来制作。还能够形成一种边学习、边制作、边完善、边拓展的学习环境，达到一举多得的作用。