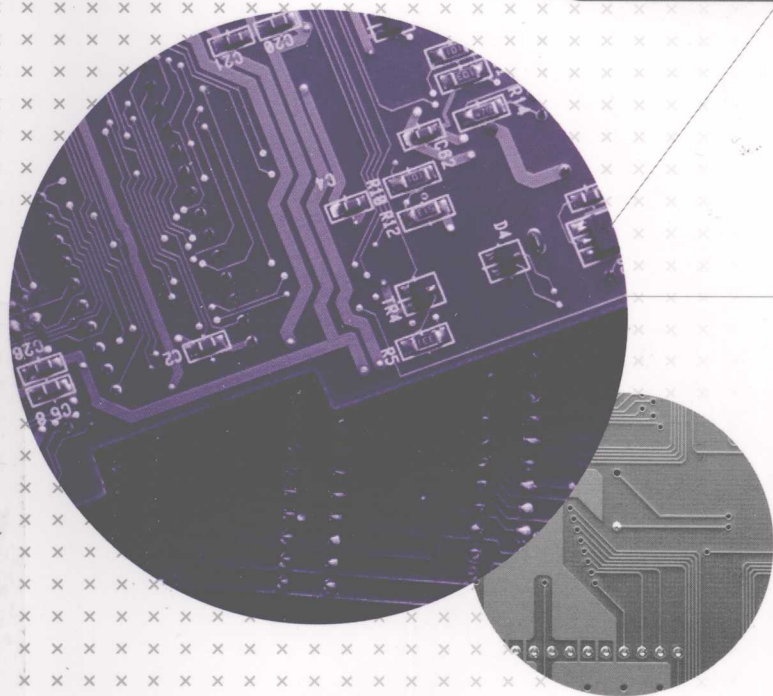


单片机

开发与典型工程项目

实例详解

边海龙 孙永奎 编著
易为科技 审校



实例丰富
即学即用



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

电子工程应用
精讲系列

单片机

开发与典型工程项目

实例详解

边海龙 孙永奎 编著
易为科技 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 15 章, 主要内容为: 第 1 章介绍了单片机开发的硬件基础, 具体讲解单片机的内部结构、引脚功能和存储器组织等必要的知识。第 2 章介绍单片机开发软环境, 其中主要介绍了 Keil C 51 和 Microchip 的单片机的软件开发环境, 讲解了单片机 C 语言开发基础, 此外还讲解单片机混合编程的重要知识, 为后期开发打基础。第 3 章介绍了单片机系统的开发步骤, 讲解开发的流程和思路, 以及单片机项目开发的芯片选型等实用知识。第 4 章介绍了单片机系统中常用的数字滤波和简单的控制算法。第 5 章到 13 章详细讲解单片机具体工程的实现, 它们是键盘接口电路、城市交通指挥系统、IC 卡读写系统的开发及其应用、阵列式 LED 显示屏、无刷直流电机控制、永磁同步电机控制、汽车行驶状态记录仪、USB-GPIB 控制器的实现、抗干扰技术和可靠性在单片机应用系统设计中的重要性。第 14 章、第 15 章从软件和硬件两个方面介绍了单片机系统的抗干扰技术。

本书配有光盘一张, 包含全书所有项目案例的硬件原理图、程序代码、相关流程图, 方便读者学习和使用。本书有助于读者采用单片机为各自所从事的学科解决实际问题, 特别适合计算机、自动化、电子及硬件相关专业的学生, 以及从事单片机项目开发的科研人员使用。

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

单片机开发与典型工程项目实例详解 / 边海龙, 孙永奎编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.10

(电子工程应用精讲系列)

ISBN 978-7-121-06714-3

I. 单… II. ①边… ②孙… III. 单片微型计算机 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 069870 号

责任编辑: 朱沐红

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 北京中新伟业印刷有限公司

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: 787×1092 1/16 印张: 22.5 字数: 484 千字

印 次: 2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 45.00 元 (含光盘 1 张)

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。

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。

服务热线: (010) 88258888。

前言

随着大规模集成电路技术的发展,单片微型计算机也随之大发展,各种新颖的单片机层出不穷。单片机具有体积小、重量轻、应用灵活且价格低廉等特点,广泛地应用于人类生活的各个领域,成为当今科学技术现代化不可缺少的重要工具。人们迫切希望学习和应用单片机解决各自工作中碰到的技术问题。为此,我们编写了本书。

单片机系统的开发融合了硬件和软件的相关技术。要完成单片机系统的开发,用户不仅需要掌握编程技术,还需要针对实际应用选择合理的单片机芯片和外围器件,以此为基础,设计硬件电路。

通过具体的项目案例来学习单片机系统的开发是一条科学而且高效的途径。在项目案例的选择上,本书着重突出“应用”和“实用”的基本原则,项目案例来源于实践,具有代表性、技术领先性,以及应用的广泛性。基于这个原则,编者从多年实际项目案例出发,细致讲解单片机项目的需求、设计原理、相关知识、单片机选型、电路设计、具体模块设计和编码实现,以使读者对单片机项目开发有系统的认识。

本书注重将多年的开发经验和技巧融合到具体项目案例的讲解中,为开发人员提供必要的知识积累,解决实际工程中的问题。在程序开发语言方面,本书尽量用简洁的语言来清晰阐述易于理解的概念和思路,并且附带程序流程图。同时,对程序代码作了细致的中文注释,有利于读者举一反三,快速应用和提高。

本书内容

本书共 15 章,主要内容为:第 1 章介绍了单片机开发的硬件基础,具体讲解单片机的内部结构、引脚功能和存储器组织等必要的知识。第 2 章介绍单片机开发软环境,其中主要介绍了 Keil C 51 和 Microchip 的单片机的软件开发环境,讲解了单片机 C 语言开发基础,此外还讲解单片机混合编程的重要知识,为后期开发打基础。第 3 章介绍了单片机系统的开发步骤,讲解开发的流程和思路,以及单片机项目开发的芯片选型等实用知识。第 4 章介绍了单片机系统中常用的数字滤波和简单的控制算法。第 5 章到 13 章详

细讲解单片机具体工程的实现，它们是键盘接口电路、城市交通指挥系统、IC 卡读写系统的开发及其应用、阵列式 LED 显示屏、无刷直流电机控制、永磁同步电机控制、汽车行驶状态记录仪、USB-GPIB 控制器的实现、抗干扰技术和可靠性在单片机应用系统设计中的重要性。第 14 章、第 15 章从软件和硬件两个方面介绍了单片机系统的抗干扰技术。书中的每个具体的工程均详细阐明了原理，具体的实现功能，并给出了相应的原理图和相关的代码以及注意事项和难点。

读者对象

本书配有光盘一张，包含全书所有项目案例的硬件原理图、程序代码、相关流程图，方便读者学习和使用，因此可作为单片机应用的初学者和广大科技人员的参考书。本书有助于读者采用单片机为各自所从事的学科解决实际问题。

本书特点

本书深入浅出、通俗易懂，并注重理论联系实际，着重实际应用。具有如下显著的特点：

- 8 大完整单片机开发项目，层层剖析单片机开发实践，快速掌握应用系统设计。
- 突出所选取内容的实用性、典型性。项目案例来自科研工作及实际工程，内容丰富、翔实。设计方案均为典型方案，有利于读者提高设计工作的效率。
- 细致讲解设计原理和思路、基本开发流程和代码注释，方便读者理解和掌握知识。对于重点难点给予提示讲解，轻松学到更多。
- 关注开发实践，对系统设计用到的新器件做了详细的介绍，结合关注度高的 USB 开发和系统可靠性技术做了详细讲解。
- 书盘结合，快速提高学习效率。光盘中附带了硬件电路的设计图、程序代码和相关流程图，读者稍加修改就可以应用于自己的工作或者完成课题设计。

光盘内容

本书光盘包含所有项目案例相关的硬件电路设计图、程序代码和相关流程图，读者稍加修改便可应用于实际的工作或者自己的课题。光盘内容主要由 3 部分组成：

- Protel 电路设计图
- 程序代码
- Visio 流程图

致谢与分工

本书由边海龙、孙永奎任主编，参与编写的有陈勇、郑国玲、罗杨、周建华、张攀峰和王莅兵。姚新军负责前期的策划和后期质量监控。参与具体工作的还包括：王斌、万雷、张强林、许志清、陈鲲、余松等。成都易为科技有限责任公司负责全书的审校。本书在编写过程中还受到电子科技大学教授的关心和指导。非常感谢电子工业出版社老师的辛勤努力，使本书在第一时间与读者见面。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足之处，恳请广大读者批评指正
jsj@phei.com.cn。

目 录

第 1 章 单片机开发的硬件基础	1
1.1 单片机的应用和特点	1
1.1.1 单片机的应用	1
1.1.2 主流单片机的种类及特点	3
1.2 MCS-51 系列单片机的内部结构	7
1.3 MCS-51 单片机的引脚功能与时序	9
1.3.1 MCS-51 系列单片机引脚说明	10
1.3.2 MCS-51 单片机的时序	16
1.4 MCS-51 单片机的存储器组织	17
1.4.1 程序存储器	18
1.4.2 数据存储器	19
1.4.3 特殊功能寄存器	21
1.5 单片机最小系统	24
1.5.1 单片机最小系统	24
1.5.2 彩灯控制器的设计	25
1.5.3 顺序控制器的设计	27
1.6 本章小结	29
第 2 章 单片机开发软环境	30
2.1 单片机 C 语言宏配置介绍	30
2.1.1 处理器的配置	30
2.1.2 ID 区域	31
2.1.3 EEPROM 数据	31
2.2 单片机数据结构	31
2.2.1 类型限定词	32
2.2.2 常数	33
2.2.3 变量	34
2.2.4 构造数据类型	38
2.2.5 函数	46
2.2.6 中断	49
2.2.7 C 语言和汇编语言的嵌套使用	53
2.2.8 伪指令	54
2.3 MPLAB IDE 编译器简介	57
2.3.1 MPLAB 工程管理器 (MPLAB Project Manager)	57
2.3.2 MPLAB 文本编辑器 (MPLAB Editor)	57
2.3.3 MPLAB 软件仿真器 (MPLAB-SIM Simulator)	58
2.3.4 MPLAB 在线仿真器 (MPLAB-ICE Simulator)	58
2.4 MPLAB IDE 的安装和使用	58
2.4.1 MPLAB IDE 的安装要求	58
2.4.2 MPLAB IDE 的使用	59
2.4.3 实例应用	59
2.4.4 MPLAB IDE 中的工程	62
2.4.5 MPLAB IDE 工程的编译	65
2.4.6 MPLAB IDE 的软件仿真	66

2.5	MCC18 基础	68	第 5 章	键盘接口电路	105
2.5.1	MCC18 的安装目录浏览	68	5.1	键盘设计的组成和分类	105
2.5.2	MCC18 的语言执行流程	70	5.1.1	键盘的物理结构	106
2.5.3	MCC18 举例	70	5.1.2	键盘的组成形式	106
2.5.4	MCC18 的编译环境	72	5.2	键盘接口的工作过程和工作方式	111
2.5.5	MCC18 和单片机的比较	73	5.2.1	键盘的抖动干扰和消除方法	111
2.6	单片机的混合开发	74	5.2.2	盘接口的工作过程	112
2.6.1	C51 和汇编语言的性能比较	74	5.2.3	键盘的工作方式	112
2.6.2	C51 和汇编语言的混合编程	74	5.3	键位置的判别方法	113
2.7	本章小结	79	5.4	键盘接口设计的储存芯片和相关协议	114
第 3 章	单片机开发工程基础	80	5.4.1	键盘接口设计的储存芯片	114
3.1	单片机应用系统设计的流程	80	5.4.2	AT24CXX 系列的芯片及 I ² C 协议	114
3.2	单片机应用系统两设计原则	82	5.4.3	A93CXX 系列的芯片及 SPI 协议	124
3.2.1	硬件系统设计原则	82	5.5	键盘接口实现的工程实例	132
3.2.2	应用软件设计原则	83	5.5.1	矩阵键盘接口的工程实例	132
3.3	单片机的选型	83	5.5.2	矩阵式中中断扫描键盘的设计	137
3.3.1	单片机选型的原则	83	5.5.3	二进制编码键盘接口的工程实例	139
3.3.2	单片机选型参考	85	5.6	重点与难点	141
3.3.3	开发工具的选择	86	第 6 章	城市交通指挥系统	143
3.4	系统常见故障与调试	87	6.1	交通灯顺序控制	143
3.5	本章小结	88	6.1.1	硬件系统的设计	143
第 4 章	数字滤波及简单的控制算法	89	6.1.2	反向器 74F06	145
4.1	数字滤波算法	89	6.1.3	控制字	145
4.1.1	算术平均值滤波	90	6.1.4	程序设计	145
4.1.2	滑动平均值滤波	92	6.2	设计一种基于模糊理论的单片机控制交通路口调度系统	148
4.1.3	防脉冲干扰平均值滤波	93	6.2.1	系统的总体设计	148
4.1.4	中值滤波	95	6.2.2	十字路口调度系统模糊控制器的设计	149
4.1.5	一阶滞后滤波	96			
4.2	数字 PID 控制算法	97			
4.2.1	位置式 PID 控制算法	98			
4.2.2	增量式 PID 控制算法	100			
4.2.3	积分分离的 PID 控制算法	102			
4.2.4	变速积分 PID 控制算法	103			
4.3	本章小结	104			

6.2.3	电路设计	151	8.2.3	IC 卡读写系统的软件系统	197
6.2.4	车流量检测电路	154	8.3	基于 SLE4442 加密卡读写系统的开发	201
6.2.5	系统主程序和模糊控制程序设计	155	8.3.1	SLE4442 卡的介绍	201
6.2.6	系统显示程序设计	157	8.3.2	SLE4442 的模式	203
6.3	重点与难点	159	8.3.3	SLE4442 的操作命令	205
第 7 章	阵列式 LED 显示屏	161	8.3.4	SLE4442 读/写系统的软硬件设计	208
7.1	显示屏显示原理及串行通信基本概念	161	8.4	重点与难点	215
7.1.1	显示屏显示原理	161	第 9 章	无刷直流电机控制	216
7.1.2	串行通信	163	9.1	无刷直流电机控制原理	216
7.1.3	阵列式 LED 显示屏的实现	166	9.1.1	无刷直流电机的组成	217
7.2	显示屏硬件电路设计	166	9.1.2	无刷直流电机的工作原理	217
7.2.1	硬件电路介绍	168	9.1.3	无刷直流电机的控制方法	219
7.2.2	外扩数据存储器电路	170	9.2	无刷直流电机的工作特性	220
7.3	阵列式 LED 显示屏显示程序的实现	171	9.3	直流无刷电机控制的应用实现	221
7.3.1	汉字点阵数据的提取	171	9.3.1	总体设计概述	221
7.3.2	显示主程序	174	9.3.2	直流无刷电机控制的硬件设计	222
7.3.3	串口中断处理程序	176	9.3.3	直流无刷电机控制的软件设计	224
7.3.4	显示驱动函数	179	9.3.4	无刷直流电机速度闭环控制系统	227
7.3.5	外部存储器读写程序	181	9.4	本章小结	230
7.3.6	串口通信程序	181	第 10 章	永磁同步电机控制实现	231
7.3.7	文字显示特效程序	182	10.1	永磁同步电机的结构与分类	231
7.4	本章小结	191	10.2	永磁同步电机的矢量控制	232
第 8 章	IC 卡读/写系统的开发及其应用	192	10.3	永磁同步电机控制	236
8.1	IC 卡基础	192	10.3.1	控制电路设计	237
8.1.1	IC 卡的分类	192	10.3.2	光电隔离电路设计	238
8.1.2	IC 卡的标准	194	10.3.3	功率电路设计	239
8.2	接触型 IC 卡读写系统的开发	194	10.4	永磁同步电机控制的软件实现	239
8.2.1	IC 卡读写系统的时序	195			
8.2.2	IC 卡读写系统的硬件连接图	196			

10.4.1	电压 SVPWM 的 DSPIC33f 软件实现	241	12.3.2	USB 协议控制芯片与 GPIB 控制器的数据交互	299
10.4.2	转子位置检测	243	12.4	USB-GPIB 控制器固件的调试 与固化	300
10.4.3	AD 转换模块	245	12.4.1	USB-GPIB 控制器固件的 调试	301
10.5	本章小结	246	12.4.2	USB-GPIB 控制器固件程序 的固化	302
第 11 章	汽车行驶状态记录仪	247	12.5	本章小结	303
11.1	汽车行驶记录仪功能介绍	247	第 13 章	单片机系统抗干扰技术	304
11.2	简易汽车行驶记录仪的设计	249	13.1	研究抗干扰技术的重要性	304
11.2.1	汽车行驶记录仪的考虑因素	250	13.2	干扰的分类	305
11.2.1	MSP430	251	13.2.1	按噪声产生的原因分类	306
11.2.2	车模拟信号的采集	254	13.2.2	按噪声传导模式分类	306
11.2.4	数字信号采集电路	255	13.2.3	按噪声波形及性质分类	307
11.2.5	SST39VF160 芯片介绍	257	13.3	干扰的耦合方式	308
11.3	记录仪的软件设计	257	13.4	单片机系统可靠性的设计 任务与方法	310
11.3.1	软件流程图	258	13.4.1	单片机系统可靠性设计的 任务	310
11.3.2	数据存储格式	259	13.4.2	可靠性设计一般方法	311
11.3.3	SST39VF160 存储器数据 读写的实现	259	13.5	本章小结	313
11.4	数据采集的程序实现	263	第 14 章	单片机系统硬件抗干扰 技术	314
11.5	本章小结	264	14.1	无源滤波器抗干扰	314
第 12 章	USB-GPIB 控制器的实现	265	14.1.1	电容滤波器	315
12.1	USB-GPIB 控制器简介	265	14.1.2	电感滤波器	316
12.1.1	认识 USB	266	14.1.3	RC 低通滤波器	316
12.1.2	GPIB	269	14.1.4	ILC 低通滤波器	318
12.2	USB-GPIB 控制器的硬件 电路设计	271	14.1.5	低通滤波器的结构选择	319
12.2.1	器件的选择	272	14.1.6	低通滤波器的平衡结构与 串联形式	319
12.2.2	USB-GPIB 控制器电路 设计	278	14.2	有源滤波器抗干扰	321
12.3	USB-GPIB 控制器的软件程序 的实现	287	14.2.1	一级低通有源滤波器	321
12.3.1	USB 单片机协议控制芯片 与主机(计算机)的数据 交互	288			

14.2.2	二级低通有源滤波器	322	15.2.2	重要指令冗余	337
14.3	去耦电路	324	15.3	软件陷阱技术	337
14.3.1	尖峰电流的形成原理	324	15.3.1	未使用的中断向量区设置 陷阱	338
14.3.2	去耦电容的配置	325	15.3.2	RAM 数据区中设置陷阱	338
14.3.3	光电隔离	326	15.3.3	未使用的 EPROM 数据区 设置陷阱	339
14.3.4	继电器隔离	328	15.3.4	非 EPROM 单片机空间设置 陷阱	339
14.3.5	变压器隔离	328	15.3.5	运行程序区设置陷阱	339
14.3.6	布线隔离	329	15.4	看门狗技术	339
14.4	接地技术	330	15.4.1	硬件看门狗技术	340
14.5	本章小结	334	15.4.2	软件看门狗技术	342
第 15 章	单片机开发的软件可靠性	335	15.5	本章小结	345
15.1	概述	335			
15.2	指令冗余技术	336			
15.2.1	单字节指令冗余	337			

第 1 章

单片机开发的硬件基础

本章主要介绍 MCS-51 单片机的硬件结构。通过学习本章，读者会了解 MCS-51 单片机的硬件结构，掌握 MCS-51 单片机的工作原理，为后续章节的学习打下基础。在学习本章的时候注意不要急于求成，一时理解不透的地方可以在后面的学习中回过头来理解，有的概念需要结合软件编程才能深入领会。

本章内容包括：

- 单片机的应用和特点
- MCS-51 系列单片机的内部结构
- MCS-51 单片机的引脚功能与时序
- MCS-51 单片机的存储器组织
- 单片机最小系统

1.1 单片机的应用和特点

单片机是一种广泛应用于各种产品的半导体器件。例如，大多数的厨房电器中都有单片机，最常见的是一些配备发光二极管（LED）或液晶显示屏（LCD）和小键盘的产品（如微波炉）。即使像烤面包炉和搅拌机这种没有屏幕显示的新型家电，往往也用到了单片机。单片机的应用已经与我们的生活越来越紧密，现在，我们要来学习单片机了，那就有必要对单片机的应用领域和特点有一个初步的了解。

1.1.1 单片机的应用

单片机的应用十分广泛，国际上从 20 世纪 70 年代开始，国内自 80 年代开始，单片

机已经广泛应用于国民经济的各个领域,对各个行业的技术改造和产品智能化的更新换代起着重要的推动作用。

1. 单片机在智能仪表中的应用

单片机广泛用于各种仪器仪表,使仪器仪表智能化,提高它们的测量速度和测量精度,加强其控制功能,简化仪器仪表的硬件结构,使它们更便于使用、维修和改进,如图 1-1 所示。

2. 单片机在机电一体化中的应用

机电一体化是机械工业发展的方向。机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。例如,微机控制的铣床、车床、钻床、磨床等,使得机械零件的超精密加工成为现实;自动点钞机、验钞机等机电产品,使得金融业劳动强度降低;IC 卡的应用使得消费方式发生了巨大的变化。单片微机的出现促进了机电一体化,它作为机电产品的控制器,充分地发挥了体积小、可靠性高、功能强、现场安装灵活方便等优点,大大强化了机器的精度、自动化和智能化水平,如图 1-2 所示。



图 1-1 基于单片机设计的智能仪表



图 1-2 基于单片机设计的点钞机

3. 单片机在实时控制中的应用

单片机也广泛用于各种实时测控系统中,对于过程控制中的各种物理参数(如转速、位移、压力、流量、液位、温度、酸碱度等)进行测量和控制。将测量技术、自动控制技术和计算机技术相结合,充分发挥数据处理和实时控制功能,使系统工作在最佳状态,提高系统的生产效率和产品的质量。在航空航天、通信、遥控、遥测等各种实时控制系统中都可以使用单片机作为控制器。

4. 单片机在分布式多机系统中的应用

分布式多机系统具有功能强、可靠性高的特点。在比较复杂的系统中,都采用分布式多机系统。系统中有若干台功能各异的计算机,各自完成特定的任务,它们又通过通信相互联系、协调工作。单片机在这种多机系统中,往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时测量和控制。高档单片机通信(并行或串行)功能很强,它们在分布式多机系统中发挥很大的作用。

5. 单片机在家用电器中的应用

家用电器涉及千家万户，生产规模大。如，全自动洗衣机、热水器、高级音响设备、高级玩具和电子游戏机等，配上微电脑后其身价更是提高百倍，深得用户的欢迎。廉价的单片机微机在家用电器中的应用前途十分广阔。

综上所述，单片机已成为计算机发展和应用的一个重要方面。另一方面，单片机应用的重要意义还在于：它从根本上改变了传统的控制系统设计思想和设计方法。从前必须由模拟电路或数字电路实现的大部分功能，现在已能用单片机通过软件方法实现了。这种软件代替硬件的控制技术也称为微控制技术，是传统控制技术的一次革命。

1.1.2 主流单片机的种类及特点

现在有许多半导体公司生产多种单片机，下面介绍几种主流的单片机产品。

1. MCS-51 系列单片机

MCS-51 单片机是美国 INTEL 公司于 1980 年推出的产品。与 MCS-48 单片机相比，它的结构更先进，功能更强，在原来的基础上增加了更多的电路单元和指令，指令数达 111 条。MCS-51 单片机可以算是相当成功的产品，一直到现在，MCS-51 系列或其兼容的单片机仍是应用的主流产品，各高校及专业学校的培训教材仍以 MCS-51 单片机作为代表进行理论基础学习。MCS-51 系列单片机主要包括 8031、8051 和 8751 等通用产品，其主要功能如下：

- 8 位 CPU；
- 4 千字节程序存储器（ROM）；
- 128 字节的数据存储器（RAM）；
- 32 条 I/O 口线；
- 111 条指令，大部分为单字节指令；
- 21 个专用寄存器；
- 2 个可编程定时/计数器；
- 5 个中断源，2 个优先级；
- 一个全双工串行通信口；
- 数据存储器寻址空间为 64KB；
- 程序存储器寻址空间为 64KB；
- 作位寻址功能；
- 封装为双列直插（DIP）；
- 5V 电源供电。

MCS-51 以其典型的结构、完善的总线专用寄存器的集中管理、众多的逻辑位操作功能及面向控制的丰富的指令系统，为以后的其他单片机的发展奠定了基础。正因为其优越

的性能和完善的结构,后来的许多厂商多沿用或参考了其体系结构。有许多世界大的电气商,丰富和发展了 MCS-51 单片机。像 PHILIPS、DALLAS 和 ATMEL 等著名的半导体公司都推出了兼容 MCS-51 的单片机产品,就连我国台湾的 WINBOND 公司也发展了兼容 C51 (人们习惯将 MCS-51 简称 C51,如果没有特别声明,二者同指 MCS-51 系列单片机)的单片机品种。

8051 是 MCS-51 系列单片机中的代表产品,内部集成了功能强大的中央处理器,包含了硬件乘除法器、21 个专用控制寄存器、4KB 的程序存储器、128 字节的数据存储器、4 组 8 位的并行口、2 个 16 位的可编程定时/计数器和 1 个全双工的串行口以及布尔处理器。MCS-51 具有比较大的寻址空间,地址线宽达 16 条,即外部数据存储器 and 程序存储器的寻址范围达 $2^{16}=64\text{KB}$ 。这作为单片机控制来说已是比较大的,这同时具备对 I/O 口的访问能力。此外, MCS-51 采用模块化结构,增删一个模块就可以产生相互兼容的新产品,从而容易使产品形成系列化。由于 MCS-51 集成了几乎完善的 8 位中央处理单元,处理功能强,中央处理单元中集成了方便灵活的专用寄存器,以及硬件的加、减、乘、除法和布尔处理机和各种逻辑运算和转移指令,给应用提供了极大的便利。MCS-51 的指令系统近乎完善,指令系统中包含了全面的数据传送指令、完善的算术和逻辑运算指令、方便的逻辑操作和控制指令。这对于编程来说,是相当灵活和方便的。MCS-51 单片机的工作频率为 $1\sim 12\text{MHz}$,当振荡频率为 12MHz 时,一个机器周期为 $1\mu\text{s}$,这个速度应该说是比较快的。8051 中集成了完善的各种中断控制功能,用户可十分方便地控制和使用这些功能,使得 8051 的应用范围加大,满足绝大部分的应用场合。

MCS-51 把微型计算机的主要部件都集成在一块芯片上,使得数据传送距离大大缩短,可靠性更高,运行速度更快。由于 MCS-51 属于芯片化的微型计算机,各功能部件在芯片中的布局 and 结构达最优化,抗干扰能力加强,工作也相对稳定。因此,在工业测控系统中,使用单片机是最理想的选择。单片机属于典型的嵌入式系统,所以它是应用于低端控制系统的最佳器件。MCS-51 的开发环境要求较低,软件资源十分丰富,介绍其功能特性的书籍和开发软件随处可见。只需配备一台 PC (个人电脑——对电脑的配置基本上特殊无要求),一台仿真编程器即可实现产品开发。在众多的单片机品种中, C51 的环境资源是最丰富的,这给 C51 用户带来极大的便利。

近年来 C51 获得了飞速的发展。C51 的发源公司 INTEL 由于忙于开发 PC 及高端微处理器,无精力继续发展自己的单片机,而由其他厂商继续 C51 的发展,最典型的是 PHILIPS 和 ATMEL 公司。PHILIPS 公司主要是改善其性能,在原来的基础上发展了高速 I/O 口、A/D 转换器、PWM (脉宽调制) 和 WDT 看门狗定时器等增强功能,并在低电压、低功耗、扩展串行总线 (I^2C) 和控制网络总线 (CAN) 等功能加以完善。当初主要由 PHILIPS 公司来发展 C51 单片机。PHILIPS 公司在发展 C51 的低功耗、高速度和增强型功能上作了不少贡献。他们的 83Cxx 和 87Cxx 系列省去了并行扩展总线,特别适用于家电等生活电器的智能控制。ATMEL 公司推出的 AT89Cxx 系列兼容 C51 的单片机,完美地将 Flash (非易失闪存技术)、EEPROM 与 80C51 内核结合起来。其单片机仍采用 C51 的总体结构和指令

系统,但 Flash 的可反擦写程序存储器能有效地降低开发费用,并能使单片机作多次重复使用。SIEMENS 公司也沿用 C51 的内核,相继推出了 C500 系列单片机,在保持了与 C51 指令兼容的前提下,其产品的性能得到了进一步的提升,特别是在抗干扰性、电磁兼容和通信控制总线功能上独树一帜,其产品常用于工作环境恶劣的场合,也适用于通信和家用电器控制领域。还有台湾的 WINBOND 公司也开发了一系列兼容 C51 的单片机,其产品通常具备丰富的功能特性,而且以其质优价廉在市场也占有一定的份额。

表 1-1 是 80C51 系列单片机的主要分类及功能特性,表 1-2 是 52 系列单片机的主要分类及功能特性。

表 1-1 80C51 系列

典型芯片	I/O 口	定时/计数器	中断源	串行通信口	片内 RAM	片内 ROM 说明
80C31	4×8 位	2×16 位	5	1	128 字节	无
80C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128 字节	4KB 掩膜 ROM
87C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128 字节	4KB EPROM
89C51	4×8 位	2×16 位	5	1	128 字节	4KB EEPROM

表 1-2 52 系列

典型芯片	I/O 口	定时/计数器	中断源	串行通信口	片内 RAM	片内 ROM 说明
80C32	4×8 位	2×16 位	6	1	256 字节	无
80C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256 字节	8KB 掩膜 ROM
87C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256 字节	4KB EPROM
89C52	4×8 位	2×16 位	6	1	256 字节	4KB EEPROM

2. MICROCHIP 单片机

MICROCHIP 单片机的主要产品是 PIC 12 系列、16 系列、17 系列和 18 系列 8 位单片机,24C 系列 16 位单片机。它们的 CPU 采用 RISC 结构,分别有 33、35、58 条指令。它们采用 Harvard 双总线结构,具有运行速度快、低工作电压、低功耗、较大的输入输出直接驱动能力、价格低、一次性编程和体积小等优点,适用于用量大、档次低、价格敏感的产品。在办公自动化设备、消费电子产品、电讯通信、智能仪器仪表、汽车电子、金融电子和工业控制等不同领域都有广泛的应用。PIC 系列单片机在世界单片机市场份额排名中逐年提高,发展非常迅速。

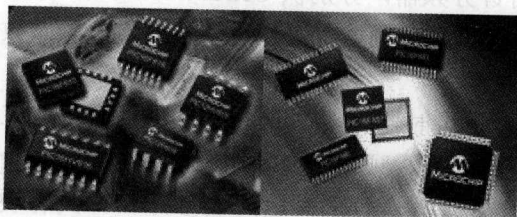


图 1-3 MICROCHIP 公司部分产品封装

PIC 单片机是 MICROCHIP 公司的产品，其突出的特点是体积小、功耗低、精简指令集、抗干扰性好、可靠性高、有较强的模拟接口和代码保密性好，如图 1-3 所示。在一些小型的应用中，比传统的 51 单片机更加灵活、外围电路更少。因而得到了广泛的应用，更有不少的客户指定厂商用其产品。另外，因为其较少的指令及较强的实用功能，更成为许多单片机初学者的首选品牌。PIC 中低档系列单片机共有 35 条指令，非常有利于记忆和掌握。这些指令为单字节，占用程序存储器的空间小，而且中档系列单片机每一条指令为 14 位，前 6 位存操作指令，后 8 位存操作数。大部分芯片有兼容的 Flash 程序存储器芯片，支持低电压擦写。擦写速度快，允许多次擦写，程序修改方便。

3. AVR 单片机

AVR 单片机是 1997 年由 ATMEL 公司研发出的增强型内置 Flash 的 RISC (Reduced Instruction Set CPU) 精简指令集高速 8 位单片机。AVR 的单片机可以广泛应用于计算机外部设备、工业实时控制、仪器仪表、通讯设备和家用电器等各个领域。

AVR 单片机的推出，彻底打破了旧设计格局，废除了机器周期，抛弃复杂指令计算机 (CISC) 追求指令完备的做法。采用精简指令集，以字作为指令长度单位，将内容丰富的操作数与操作码安排在一字之中（指令集中占大多数的单周期指令都是如此）。取指令周期短，又可预取指令，实现流水作业，故可高速执行指令。当然，这种速度上的升跃，是以高可靠性为其后盾的。AVR 单片机的硬件结构，采取 8 位机与 16 位机的折中策略，即采用局部寄存器存堆（32 个寄存器文件）和单体高速输入/输出的方案（即输入捕获寄存器、输出比较匹配寄存器及相应控制逻辑）。提高了指令执行速度（1Mbit/s），克服了瓶颈现象，增强了功能。同时又减少了对外设管理的开销，相对简化了硬件结构，降低了成本。故 AVR 单片机在软/硬件开销、速度、性能和成本诸多方面取得了优化平衡，是性价比的单片机。

AVR 单片机内嵌高质量的 Flash 程序存储器，擦写方便，支持 ISP 和 IAP，便于产品的调试、开发、生产和更新。内嵌有长寿命的 EPROM，可长期保存关键数据，避免断电丢失。片内大容量的 RAM 不仅能满足一般场合的使用，同时也更有效地支持使用高级语言开发系统程序，并可像 MCS-51 单片机那样扩展外部 RAM。AVR 单片机的 I/O 线全部带可设置的上拉电阻、可单独设定为输入/输出、可设定（初始）高阻输入，驱动能力强（可省去功率驱动器件），这些特性使得 I/O 口资源灵活、功能强大并可充分利用。AVR 单片机片内具备多种独立的时钟分频器，分别供 URAT、I²C 和 SPI 使用。其中与 8/16 位定时器配合的，具有多达 10 位的预分频器，可通过软件设定分频系数，提供多种档次的定时时间。

AVR 单片机独有的“以定时器/计数器（单）双向计数形成三角波，再与输出比较匹配寄存器配合，生成占空比可变、频率可变和相位可变方波的设计方法（即脉宽调制输出 PWM）”，更是令人耳目一新。增强性的高速同/异步串口，具有硬件产生校验码、硬件检测、两级接收缓冲、波特率自动调整定位（接收时）和屏蔽数据帧等功能，提高了通信的