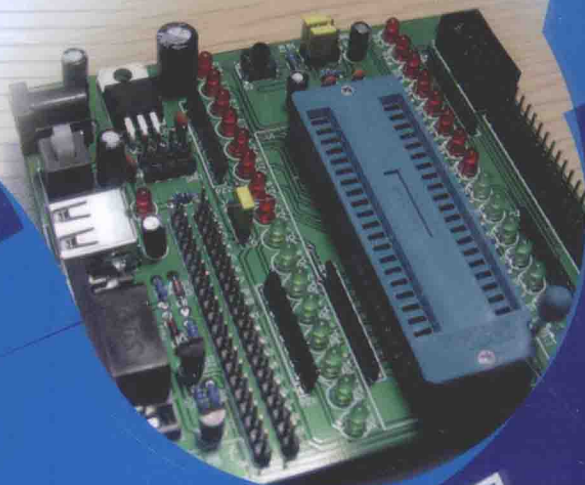


单片机

原理与接口技术： 设计与实训

王雅芳 编著

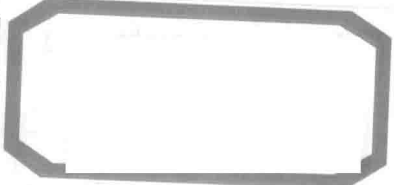


配电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

单片机技术：



王雅芳 编著

机械工业出版社

本书结合作者多年的教学与单片机实践经验,以当今市场比较典型实用的单片机应用为例进行介绍。全书共分为8章,具体包括单片机概述、MCS-51系列单片机的硬件结构和组成、单片机指令系统与汇编语言程序设计、MCS-51系列单片机的中断系统、MCS-51系列单片机的定时/计数器、I/O接口的扩展应用、MCS-51系列单片机串行通信及其应用、单片机基础知识与应用设计的仿真实例等内容。本书立足于专业、理论与实践结合,深入考虑读者的需求,简明实用、实例丰富、图文并茂。本书可作为从事电子信息类相关工作的工程技术人员参考书,也可作为应用型本科和高职院校电子信息工程、电气工程、自动化、智能仪表以及机电一体化等专业教材,还可用作自动化类技师、高级技师的技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与接口技术:设计与实训/王雅芳编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2016.7

ISBN 978-7-111-54295-7

I. ①单… II. ①王… III. ①单片微型计算机-基础理论-教材②单片微型计算机-接口-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第161035号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:张俊红 责任编辑:任鑫

责任校对:张征 封面设计:路恩中

责任印制:常天培

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2016年10月第2版第1次印刷

184mm×260mm·16印张·529千字

标准书号:ISBN 978-7-111-54295-7

定价:49.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:010-88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:010-68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

教育服务网:www.cmpedu.com



P r e f a c e

MCS-51 系列单片机在问世之后,就开始迅速发展,其由于功能强大、可靠性高、通用性好、适应性广、扩展灵活及功耗低等独特优点深受业界青睐。MCS-51 系列单片机已得到广泛应用,从工业控制到日常工作生活各个方面都能看到它的身影,MCS-51 系列单片机经典的结构得到了广大单片机使用者的推崇。单片机技术已经成为一门不可或缺的专业技术,大多数的院校电子、自动化、自动控制、机电等专业都把单片机原理及接口作为重要的基础课程来开设。

本书以国内最常用的 MCS-51 系列单片机硬件和软件的使用为背景,由浅入深地介绍了 MCS-51 系列单片机的基础知识及各种应用开发技术。按照认知与技能形成规律,循序渐进,把知识与实践紧密结合,以“必需、实用、拓展”为准则引导直观的学习。

本书以 MCS-51 系列单片机的硬件与软件应用为主要对象,详细介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构和组成,单片机指令系统与汇编语言程序设计,MCS-51 系列单片机的中断系统、定时器/计数器,单片机 I/O 口的应用和接口扩展技术,MCS-51 系列单片机串行通信及其应用等相关知识,并在基础知识与应用实验及设计的基础上提供了仿真实例。在选材上本书特别注意从实用角度出发,以大量的编程方法实践和应用实例贯穿全书,以帮助读者能更快地理解和掌握单片机技术及使用方法。在编写风格上力求由浅入深、通俗易懂,并注重实用性。整本书的内容理论与实践同时并存等特点特别适合该类图书,特别是针对单片机应用及电路综合设计内容等方面的知识图文并茂,要求读者在一定的单片机实用技能基础上拓展知识点,这样有利于使用。

为便于广大教师类读者选用本书,我们随书附赠电子课件。凡一次性选用本书 30 册(含)以上当作教材使用的各位老师,均可与我们联系索取电子课件,联系的电子信箱为 buptjzh@163.com。我们核实无误后,会尽快将电子课件发出。

本书由福建水利电力职业技术学院王雅芳编写,在编写过程中,得到了同仁的大力支持,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大读者批评指正。

前 言

第①章 单片机概述	1
1.1 单片机的基本概念	1
1.2 单片机的发展历史	1
1.3 单片机的特点与应用领域	2
★1.3.1 单片机的特点	2
★1.3.2 单片机的应用领域	3
1.4 单片机的发展使用趋势	3
1.5 MCS 系列和 STC 系列单片机	4
★1.5.1 MCS-51 系列单片机	4
★1.5.2 STC 系列单片机	6
★1.5.3 其他类型单片机	7
★1.5.4 单片机开发工具的使用	10
1.6 单片机中使用的数制与码制	19
★1.6.1 进位计数制	20
★1.6.2 进位计数制的相互转换	20
★1.6.3 单片机的原码、反码和补码	21
★1.6.4 数码和字符的代码表示	23
1.7 单片机的存储器	24
★1.7.1 RAM 存储器	24
★1.7.2 ROM 存储器	24
第②章 MCS-51 系列单片机的硬件结构和组成	26
2.1 MCS-51 系列单片机的硬件结构	26
★2.1.1 8051 单片机的硬件组成	26
★2.1.2 8051 单片机的中央处理器	26
★2.1.3 8051 单片机的引脚	30
★2.1.4 8051 单片机存储器的结构	31
★2.1.5 8051 单片机的 I/O 接口	35
★2.1.6 8051 单片机的最小系统应用	37
★2.1.7 时钟电路与时序	37
★2.1.8 复位操作和复位电路	41
★2.1.9 看门狗定时器	42

★2.1.10 低功耗节电模式	42
2.2 AT89 系列单片机的结构	43
★2.2.1 AT89S51 单片机简介	44
★2.2.2 AT89 系列单片机 Flash 的编程和校验	46
第③章 单片机指令系统与汇编语言程序设计	47
3.1 单片机指令系统概述	47
★3.1.1 MCS-51 系列单片机汇编指令的格式	48
★3.1.2 指令中的符号标识和注释符	49
3.2 80C51 单片机寻址方式	49
★3.2.1 寄存器寻址方式	50
★3.2.2 直接寻址方式	50
★3.2.3 寄存器间接寻址方式	50
★3.2.4 立即寻址方式	51
★3.2.5 变址间接寻址方式	51
★3.2.6 相对寻址方式	52
★3.2.7 位寻址方式	53
3.3 80C51 单片机指令系统	54
★3.3.1 数据传送类指令	54
★3.3.2 算术运算类指令	60
★3.3.3 逻辑运算类指令	65
★3.3.4 控制转移类指令	68
★3.3.5 位操作类指令	75
★3.3.6 访问 I/O 接口指令的使用说明	78
3.4 80C51 汇编语言程序设计	79
★3.4.1 伪指令	79
★3.4.2 常见汇编程序设计应用	83
★3.4.3 汇编语言程序设计举例	91
第④章 MCS-51 系列单片机的中断系统	99
4.1 单片机中断概述	99
★4.1.1 中断的基本概念	99
★4.1.2 中断的作用与功能	99
★4.1.3 中断系统结构	100
4.2 中断源类型	100
★4.2.1 定时中断类	101
★4.2.2 串行中断类	101
★4.2.3 80C51 中断系统	101
★4.2.4 中断请求触发方式	102
4.3 中断控制	102
★4.3.1 中断允许控制寄存器	103
★4.3.2 中断优先级控制寄存器	103
★4.3.3 中断的响应	104
★4.3.4 技术中断的处理	106
★4.3.5 中断的返回	106

★4.3.6	中断请求撤除	106
★4.3.7	中断响应时间	107
4.4	中断程序设计及举例	107
★4.4.1	中断初始化程序	107
★4.4.2	中断服务程序	108
★4.4.3	中断应用举例	109
★4.4.4	80C51 外部中断源扩展	110
第⑤章	MCS-51 系列单片机的定时/计数器	112
5.1	定时/计数器的结构及工作原理	112
★5.1.1	工作方式寄存器 TMOD	113
★5.1.2	控制寄存器 TCON	114
5.2	定时器 T0、T1 的工作方式	115
★5.2.1	方式 0 (模式 0)	115
★5.2.2	方式 1 (模式 1)	116
★5.2.3	方式 2 (模式 2)	116
★5.2.4	方式 3 (模式 3)	117
5.3	定时/计数器 T0、T1 的应用举例	117
★5.3.1	定时/计数器对输入信号的要求	117
★5.3.2	定时控制、脉宽检测	119
★5.3.3	电压/频率转换	128
5.4	定时/计数器 T2	128
★5.4.1	特殊功能寄存器 T2MOD	128
★5.4.2	T2 的状态控制寄存器 T2CON	129
★5.4.3	T2 的工作方式	130
★5.4.4	定时/计数器 T2 的应用	132
第⑥章	I/O 接口的扩展应用	135
6.1	I/O 接口的使用	135
★6.1.1	I/O 接口的主要作用	135
★6.1.2	I/O 接口的编址	136
★6.1.3	I/O 接口的数据传送方式	136
6.2	并行 I/O 接口扩展	137
★6.2.1	并行接口的结构	137
★6.2.2	并行接口的操作	137
★6.2.3	单片机控制的跑马灯	138
★6.2.4	I/O 接口输入/输出应用	140
6.3	单片机系统中的键盘接口设计	141
★6.3.1	键盘接口设计	141
★6.3.2	矩阵式键盘扫描应用	142
6.4	单片机系统中的 LED 数码显示器	146
★6.4.1	LED 数码显示器的结构与原理	146
★6.4.2	单片机控制单管数码显示器	147
★6.4.3	秒钟计时数码管显示电路	149
6.5	单片机系统中的 LCD 液晶显示器	151

★6.5.1	字符型液晶显示模块的组成和基本特点	151
★6.5.2	LCD1602 模块接口引脚功能	151
★6.5.3	LCD 液晶显示器应用	154
6.6	单片机控制点阵模块信息显示	156
★6.6.1	点阵模块结构与显示原理	156
★6.6.2	单片机控制点阵模块的应用	157
6.7	并行 I/O 接口扩展应用	161
★6.7.1	8×55 可编程并行 I/O 接口扩展	161
★6.7.2	用 74HC 系列芯片扩展 I/O 接口	168
★6.7.3	数码管接口扩展	168
★6.7.4	LED 点阵显示器接口技术	172
6.8	D-A 和 A-D 转换接口技术	174
★6.8.1	DAC0832 与 MCS-51 系列单片机的接口	174
★6.8.2	ADC0809 与 MCS-51 系列单片机的接口	176
6.9	串行总线接口技术	178
★6.9.1	I ² C 串行总线扩展	178
★6.9.2	SPI 串行总线扩展	181
★6.9.3	1-Wire 单总线扩展	184
★6.9.4	Microwire 总线扩展	185
6.10	外部存储器扩展	186
★6.10.1	外部存储器扩展方式	186
★6.10.2	28SF040A 并行存储器接口设计	187
★6.10.3	扩展外部存储器测试电路设计	187
第7章	MCS-51 系列单片机串行通信及其应用	190
7.1	概述	190
★7.1.1	串行通信的数据通路形式	192
★7.1.2	串行通信的传输速率	192
7.2	MCS-51 系列单片机的串行通信接口	193
★7.2.1	通用的异步接收/发送器 UART	193
★7.2.2	串行接口的控制寄存器 SCON	193
★7.2.3	特殊功能寄存器 PCON	194
★7.2.4	串行接口的工作方式	195
★7.2.5	波特率设计	196
7.3	串行通信应用	199
★7.3.1	RS-232 标准串行总线接口及应用	200
★7.3.2	RS-422、RS-485 标准串行总线接口及应用	202
★7.3.3	移位寄存器方式	203
★7.3.4	双机、多机通信应用	206
★7.3.5	单片机与微机的串行通信	208
第8章	单片机基础知识与应用设计的仿真实例	213
8.1	基础应用知识	213
★8.1.1	门铃声	213
★8.1.2	电动机控制	215

★8.1.3	花样流水灯	217
★8.1.4	串行接口通信测试	220
8.2	接口设计应用实训	224
★8.2.1	电子琴	224
★8.2.2	温度测试	227
★8.2.3	交通灯设计	233
★8.2.4	数据采集	236
★8.2.5	作息实时控制	241
参考文献		248

单片机概述

根据美籍匈牙利科学家冯·诺依曼提出的存储原理，一个完整的计算机包括运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五大部件。如果把运算器和控制器集成在一块芯片上，将中央处理器（CPU），与随机存储器（RAM）、程序存储器（ROM）、输入和输出（I/O）接口用总线结构相连，就构成了微型计算机。基于高速数值计算能力的微型机所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。单片机是单片微型计算机，它是微型计算机的一个分支，它与计算机系统的主要区别在于其结构、组成以及应用领域不同。1976年 Intel 公司研制出了 MCS-48 系列 8 位的单片机，这也是单片机的问世，它的出现是技术发展史上的一个里程碑。从此，单片机技术不仅在数值处理方面得到了进一步的发展，而且在智能化控制领域里也得到了迅猛的发展，并占有越来越重要的地位。

1.1 单片机的基本概念

单片机就是在一片半导体硅片上，集成了中央处理器（CPU）、存储器（RAM、ROM）、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、定时器/计数器、中断系统、系统时钟电路、串行通信接口及系统总线的用于测控领域的单片微型计算机，这样一块集成电路芯片具有一台微型计算机的属性，但在单片机中，这些部件全部被做到一块集成电路芯片中了，所以才能被称为单片机（Single Chip Microcomputer）。单片机有着微处理器所不具备的功能，这是单片机最大的特征。单片机又不同于单板机，在芯片没有被开发前，它只是具备极强功能的超大规模集成电路，如果赋予它特定的程序，它便是一个最小的、完整的微型计算机控制系统。它与单板机或个人计算机（PC）有着本质的区别，单片机的应用属于芯片级应用，需要用户了解单片机芯片的结构和指令系统，以及其他集成电路应用技术和系统设计所需的理论和技术，再用特定的芯片设计应用程序，使芯片具备特定的功能。和计算机相比，单片机只缺少了 I/O 设备。

单片机的形态只是一块芯片，单片机的中央处理器（CPU）和通用微处理器基本相同，只是增设了“面向控制”的处理功能。例如，具有位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测和中断处理功能等，增强了控制的实用性和灵活性。51 系列单片机简单易学，具有丰富的指令系统和高级语言编译系统，是目前应用最广泛的单片机型号。

不同的单片机有着不同的硬件特征和软件特征，即它们的技术特征均不相同。硬件特征取决于单片机芯片的内部结构，用户要使用某种单片机，必须了解该型产品是否有满足需要的功能和应用系统所要求的特性指标。这里的硬件技术特征包括功能特性、控制特性和电气特性等，这些信息需要从生产厂商的技术手册中得到。软件特征是指指令系统特性和开发支持环境；指令特性即我们熟悉的单片机的寻址方式、数据处理和逻辑处理方式、输入/输出特性及对电源的要求等；开发支持的环境包括指令的兼容性、可移植性，以及支持的软件（包含可支持开发应用程序的软件资源）和硬件资源。要利用某型号单片机开发自己的应用系统，掌握其结构特征和技术特征是必需的。

单片机控制系统能够取代以前利用复杂电子电路或数字电路构成的控制系统，可以用软件控制来实现，并能够实现智能化。

1.2 单片机的发展历史

1970 年微型计算机研制成功后，随后就出现了单片机。尽管单片机出现的历史并不长，根据其基

本操作处理的二进制位数，以8位单片机的推出为起点，随着单片机在各个领域全面深入的发展和应
用，出现了高速、大寻址范围、强运算能力的8位、16位、32位通用型单片机，以及小型廉价的专用
型单片机。

1974年12月，仙童公司推出了8位的F8单片机，实际上只包括了8位CPU、64B RAM和2
个并行口。而以1976年Intel公司推出的MCS-48为代表，这个系列的单片机内集成有8位CPU、
I/O接口、8位定时/计数器，寻址范围不大于4KB，具有简单的中断功能，无串行接口，指令系
统功能不强。1977年GI公司推出了PIC1650，但这个阶段的单片机仍然处于初级阶段。单片机的
典型代表有Intel公司的MCS-51，在这一阶段推出的单片机其功能有较大的加强，能够应用于
更多的场合。这个阶段的单片机普遍带有串行I/O接口、有多级中断处理系统、16位定时器/计
数器，配置了完善的外部并行总线（AB、DB、CB）和具有多机识别功能的串行通信接口
（UART）；规范了功能单元的特殊功能寄存器（SFR）的控制模式；片内集成的RAM、ROM容量
加大，寻址范围可达64KB，一些单片机片内还集成了A-D转换接口，并有控制功能较强的布尔
处理器。在这个阶段单片机的结构体系完善，性能已大大提高，面向控制的特点进一步突出，现
在MCS-51已发展成为公认的单片机经典机种。8位、16位高级单片机发展阶段，也是单片机向
微控制器发展的阶段。单片机集成的外围接口电路有了更大的扩充。这个阶段单片机的代表为
8051系列。Intel公司推出的MCS-96系列单片机，将一些用于测控系统的模-数转换器、程序
运行监视器、脉宽调制器等纳入了片中，体现了单片机的微控制器特征。

1.3 单片机的特点与应用领域

★1.3.1 单片机的特点

单片机是集成电路技术与微型计算机技术高速发展的产物。单片机体积小、价格低、应用方便、
稳定可靠，同时单片机很容易嵌入到系统之中，便于实现各种方式的检测或控制，这是一般微型计
算机根本做不到的。单片机只要在其外部适当增加一些必要的外围扩展电路，就可以灵活地构成各种
应用系统，如工业自动控制系统、自动检测监视系统、数据采集系统、智能仪器仪表等。为什么单片机
应用如此广泛？主要是单片机系统具有以下优点：

1) 简单易学使用方便，易于掌握和普及。由于单片机技术是较为容易掌握的普及技术，单片机应
用系统设计、组装、调试已经是一件容易的事情，广大工程技术人员通过学习可很快地掌握其应用设
计与调试技术。

2) 功能较齐全，抗干扰能力很强，应用可靠。低功耗、低电压，便于生产便携式产品。外部总线
增加了I²C及SPI等串行总线方式，进一步缩小了体积，简化了结构。

3) 发展迅速，前景广阔。在短短几十年的时间里，单片机就经过了4位机、8位机、16位机、32
位机等几大发展阶段。尤其是形式多样、集成度高、功能日臻完善的单片机不断问世，单片机内部结
构更加完美，配套的片内外围功能部件越来越完善。

4) 嵌入容易，用途广泛。在单片机出现以后，电路的组成和控制方式都发生了很大变化，
因为单片机体积小、性价比高、应用灵活性强等特点，在嵌入式微控制系统中具有十分重要的地
位。在单片机问世前，人们要想制作一套测控系统，往往采用大量的模拟电路、数字电路、分立
元器件来完成，系统体积庞大，且因为电路复杂，连接点太多，极易出现故障。单片机使得制作
一套测控系统不再需要大量的分立元器件，简化线路的复杂性，提高了电路的可靠性，并且测控
功能的绝大部分都已经由单片机的软件程序实现，因此在嵌入式微控制系统中单片机具有十分重
要的地位。

与通用微机相比较，单片机在结构、指令设置上均有其独特之处。单片机的I/O引脚通常是多功
能的。为解决实际引脚数和需要的信号线的矛盾，采用了引脚功能复用的方法，引脚处于何种功能，
可由指令来设置或由机器状态来区分。

单片机的应用具有软件和硬件相结合的特点，因而设计者不但要熟练掌握单片机的编程技术，还
要有较强的单片机硬件方面的知识。

★1.3.2 单片机的应用领域

单片机芯片体积小、成本低,可广泛地嵌入到如工业控制单元、机器人、智能仪器仪表、武器系统、家用电器、办公自动化设备、金融电子系统、汽车电子系统、玩具、个人信息终端以及通信产品中。目前单片机已渗透到我们生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。

单片机按照其用途通常可分为通用型和专用型两大类。

1) 通用型单片机就是其内部可开发的资源(如存储器、I/O等各种外围功能部件等)可以全部提供给用户。用户根据需要,设计一个以通用单片机芯片为核心,再配以外围接口电路及其他外围设备,并编写相应的软件来满足各种不同需要的测控系统。通常所说的都是指通用型单片机。

2) 专用型单片机是专门针对某些产品的特定用途而制作的单片机。例如,各种家用电器中的控制器等。由于用于特定用途,单片机芯片制造商常与产品厂家合作,设计和生产“专用”的单片机芯片。由于在设计中,已经对“专用”单片机的系统结构最简化、可靠性和成本的最优化等方面都做了全面的综合考虑,所以“专用”单片机具有十分明显的综合优势。例如为了满足电子体温计的要求,在片内集成ADC接口等功能的温度测量控制电路。无论专用单片机在用途上有多么“专”,其基本结构和工作原理都是以通用单片机为基础的。

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分为以下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用

单片机结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素和压力等物理量的测量。例如,精密的测量设备(功率计、示波器和各种分析仪等)。

(2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统和数据采集系统。例如,工厂流水线的智能化管理、电梯的智能化管理、各种报警系统、与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用

可以这样说,现在的家用电器基本上都可采用单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调器、彩电、其他音响视频器材,到电子称量设备,五花八门,无所不在。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片机普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,如日常工作中随处可见的集群移动通信,再到楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信系统等。

(5) 单片机在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途也相当广泛,如医用呼吸机、分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育和国防航空航天等领域都有着十分广泛的用途。

单片机按照大致应用的领域可进行区分。一般而言,工控型寻址范围大,运算能力强;用于家电的单片机多为小封装、价格低、外围元器件和外设接口集成度高。显然,上述分类并不是唯一的和严格的。例如,80C51类单片机既是通用型又是总线型,还可以作为工控用。

1.4 单片机的发展使用趋势

单片机的发展使用趋势将是向大容量、高性能、外设部件内装化等方面发展。纵观单片机四十多年的发展过程,预计其今后的发展趋势主要体现在以下几方面:增加数据总线的宽度;片内程序存储器普遍采用闪烁(Flash)存储器,加大片内数据存储器存储容量,闪烁存储器能在+5V电压下读写,既有静态RAM的读写操作简便,又有在掉电时数据不会丢失的优点,单片机可不用扩展外部程序存储器,大大简化了系统的硬件结构;片内I/O增加并行接口的驱动能力,以减少外部驱动芯片。有的单片机可以直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动LED和VFD

(荧光显示器),有些单片机设置了一些特殊的串行 I/O 功能,为构成分布式、网络化系统提供了方便条件,引入了数字交叉开关,改变了以往片内外设与外部 I/O 引脚的固定对应关系(交叉开关是一个大的数字开关网络,可通过编程设置交叉开关控制寄存器,将片内的计数器/定时器、串行接口、中断系统、A-D 转换器等片内外设灵活配置出现在端口 I/O 引脚,允许用户根据自己的特定应用,将内部外设资源分配给端口 I/O 引脚);外围电路内装化,把所需的众多外围电路全部装入单片机内,如 I²C 总线、PWM 波形发生器、A-D 和 D-A 转换电路等外围电路内部化,从而减少设计人员的压力,提高应用系统的可靠性。

单片机编程及仿真的简单化。单片机在线编程目前有两种不同方式。

1) ISP (In System Programming),即在线系统编程。具备 ISP 的单片机内部集成了 Flash 存储器,用户可以通过下载线以特定的硬件时序在线编程,但用户程序自身不可以对内部存储器做修改,这类产品如 Atmel8990 系列。

2) IAP (In Application Programming),即在线应用编程。具备 IAP 的单片机厂家在出厂时向其内部写入了单片机引导程序,用户可以通过下载线对它在在线编程,用户程序也可以自己对内存重新修改。这对于工业实时控制和数据的保存提供了方便,这类产品如 SST 的 89 系列。

一些新型的 SoC 单片机都具有在线仿真功能,使用 Proteus 仿真软件,能实现单片机在线仿真和调试,单片机的系统应用周期缩短。

目前大多数的单片机都支持程序的在线编程,只需一条与 PC 相连的 ISP 下载线(多为 USB 接口或串行接口),就可以把仿真调试通过的程序代码从 PC 在线写入单片机的 Flash 存储器内,省去编程器。某些机型还支持在线应用编程,可在线升级或销毁单片机的应用程序,省去了仿真器。

几乎所有的单片机都有 Wait、Stop 等省电运行方式,允许使用的电源电压范围也越来越宽。一般单片机都能在 3~6V 的电压范围内工作,对电池供电的单片机不再需要对电源采取稳压措施。低电压供电的单片机电源下限已由 2.7V 降至 2.2V、1.8V、0.9V。

采用了低噪声与高可靠性技术,例如 ST 公司的 μ PSD 系列单片机片内增加了看门狗定时器。过去认为,一个单片机产品的成熟是以投产掩膜型单片机为标志的。目前典型单片机有 MCS-51、MSP430、EM78、PIC、AVR 等。MCS-51 系列单片机为主流产品。MSP430 为低功耗产品,功能较强。EM78 为低功耗产品,价格较低。PIC 为低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动、低价格产品。AVR 为高速、低功耗产品,支持 ISP、IAP, I/O 口驱动能力较强。

1.5 MCS 系列和 STC 系列单片机

目前,在国内市场上流行的单片机不下十几种,占据主导地位的仍是 51 内核及其兼容单片机。这些单片机和 MCS-51 系列单片机的指令完全兼容,资料 and 开发设备比较齐全,价格也比较便宜。另外,从学习的角度来看,有了 51 单片机的基础后,再学习其他单片机时则非常容易。

★1.5.1 MCS-51 系列单片机

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司生产的功能比较强,价格比较低,较早应用的单片机。MCS 是 Intel 公司单片机的系列符号,如 MCS-48、MCS-51、MCS-96 系列单片机。MCS-51 是在我国得到广泛应用的单片机主流品种。其中 MCS-51 系列单片机典型机型包括 51 和 52 两个子系列。

在图 1-1 中,引脚 1 和引脚 2 的第二功能(方形封装为引脚 2 和引脚 3)仅用于 52 子系列,NIC 为空引脚。44 脚方形封装有 4 个空引脚,有效引脚个数为 40 个。51 系列的 40 条引脚,可分为端口线、电源线和控制线三类。但有的公司生产的 44 脚方形封装的单片机把 4 个空引脚用作 P4 口。在绘制电路原理图时,经常采用元器件的逻辑符号,51 和 52 系列单片机的封装图和逻辑符号如图 1-1 所示。

MCS-51 系列单片机生产工艺有两种:一是 HMOS 工艺(高密度短沟道 MOS 工艺);二是 CHMOS 工艺(互补金属氧化物的 HMOS 工艺)。CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合,既保持了 HMOS 高速度和

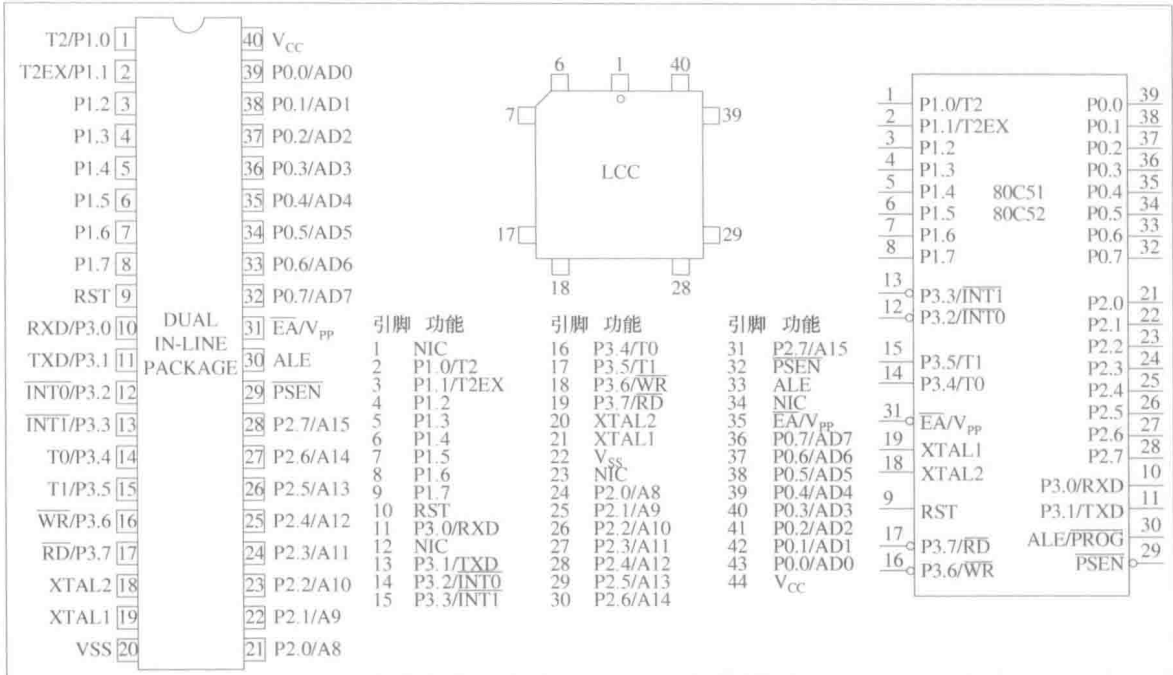


图 1-1 51 和 52 系列单片机的封装图和逻辑符号

高密度的特点，还具有 CMOS 的低功耗的特点。MCS-51 系列单片机主要包括基本型 8031/8051/8751（对应的低功耗型为 80C31/80C51/87C51）和增强型 8032/8052/8752。它们都是 8 位单片机，兼容性强、性价比高，且软硬件应用设计资料丰富，已为我国广大技术人员所熟悉和掌握，见表 1-1。

表 1-1 基本型和增强型的 MCS-51 系列单片机片内的基本硬件资源

系列	型号	片内存储器		片外存储器寻址范围		I/O 接口		中断源 / 个	定时/计数器 (个 × 位)
		ROM	RAM	RAM	EPROM	并行	串行		
51 子系列	8031、80C31	无	128B	64KB	64KB	32	UART	5	2 × 16
	8051、80C51	4KB ROM							
	8751、87C51	4KB EPROM							
	8951、89C51	4KB Flash							
52 子系列	8032、80C32	无	256B	64KB	64KB	32	UART	6	3 × 16
	8052、80C52	8KB ROM							
	8752、87C52	8KB EPROM							
	8952、89C52	8KB Flash							

在产品型号中凡带有字母“C”的即为 CHMOS 芯片，CHMOS 芯片的电平既与 TTL 电平兼容，又与 CMOS 电平兼容。

1 基本型的典型产品：8031/8051/8751

在 51 子系列中，主要有 8031、8051、8751 三种机型，基于 HMOS 工艺，它们的指令系统与芯片引脚完全兼容，只是片内程序存储器（ROM）有所不同。在片内程序存储器的配置上，51 子系列单片机有三种形式，即掩膜 ROM、EPROM 和 ROMLess（无片内程序存储器）。例如，8051 有 4KB 的掩膜 ROM；87C51 有 4KB 的 EPROM；80C31 在芯片内无程序存储器。

51 子系列的主要特点有：2 个 16 位定时/计数器；中断系统有 5 个中断源；可编程为两个优先级；

111 条指令，含有乘法指令和除法指令；布尔处理器；使用单 +5V 电源。

2 增强型的典型产品：8032/8052/8752

52 子系列的产品主要有 8032、8052、8752 三种机型。它们是 Intel 公司在 3 种基本型产品的基础上推出的 52 子系列，与 51 子系列的不同之处在于：片内数据存储器增至 256B，8052、8752 的片内程序存储器增至 8KB（8032/80C32 无），有 26B 的特殊功能寄存器，增强型产品有 3 个 16 位定时器/计数器，有 6 个中断源，串行接口通信速率提高了 5 倍。其他性能均与 51 子系列相同。

低功耗 CHMOS 产品 80C51 系列单片机源于 MCS-51 系列，其他公司 80C51 系列单片机命名基本上是以 Intel 公司的 80C51 为参考，增加了公司标记。

★1.5.2 STC 系列单片机

STC 系列单片机是深圳宏晶科技公司研发的基于 8051 内核的新一代增强型单片机，指令代码完全兼容传统 8051，但与传统 8051 相比速度快了 8~12 倍，且带有 ADC、4 路 PWM、双串口，以单周期多功能为特色。采用了基于 Flash 的在线系统编程（ISP）技术，使得单片机应用系统的开发变得简单，无须仿真器或专用编程器就可进行单片机应用系统的开发，同样也方便了单片机的学习。

普通的 8051 单片机每个机器周期为 12 个时钟，STC 系列单片机如按照工作速度可分为 12T/6T 和 1T 系列，其中 12T/6T 系列产品指一个机器周期可设置 12 个时钟或 6 个时钟，包括 STC89 和 STC90 两个系列；而 1T 系列产品是指一个机器周期仅为 1 个时钟，指令执行速度大大提高，包括 STC11/10 系列和 STC12/15 等系列。STC89、STC90 和 STC11/10 系列属于基本配置，而 STC12/15 系列产品则相应地增加了 PWM、A-D 和 SPI 等接口模块。在每个系列中包含若干个产品，其差异主要是片内资源数量上的差异，见表 1-2。

表 1-2 常用 STC 单片机选型一览表

型号	Flash 程序存储器/KB	SRAM/B	E ² PROM/KB	UART/个	WDT	A-D
STC11F60XE	60	1280	1	1~2	√	—
STC11F08XE	8	1280	32	1~2	√	—
STC10F04	4	256	—	1~2	√	—
STC10F12	12	256	—	1~2	√	—
STC10F12XE	12	512	1	1~2	√	—
STC12C5A60S2	60	1280	1	2	√	16 位
STC89C51RC	4	512	2	1	√	—
STC89C52RC	8	512	2	1	√	—
STC89LE516AD	64	512	—	1	—	16 位
STC90C51RC	4	512	5	1	√	—
STC90C516RD+	61	1280	5	1	√	—

在内部资源上，STC 系列芯片的不同型号有着不同的特点，比普通 51 系列芯片空间更大，其 Flash 程序存储器最大可达 64KB，数据存储器 SRAM 最大有 1280B。丰富的功能模块极大地增强了 STC 芯片的应用适应性，方便了产品的设计。

STC 单片机可以为每机器周期 1 个时钟（1T），速度比普通的 8051 快 8~12 倍；可在线编程（ISP）/在应用可编程（IAP），无须编程器/仿真器，无须专用仿真器，可通过串行接口（P3.0/P3.1）直接下载用户程序，可远程升级；兼容普通 8051 的串行接口，由于 STC12 系列是高速的 8051，也可再用定时器软件实现多串口；通用 I/O 接口（27/23/15 个）中的每个 I/O 接口驱动能力均可达到 20mA，但整个芯片最大不可超过 55mA，I/O 接口不够时，可用 74HC595/74HC165 串行扩展，或用双 CPU、三线通信。掉电模式可由外部中断唤醒，适用于电池供电系统，如水表、气表、便携设备等。

STC89C52RC 型号单片机 HD 版本和 90C 版本内部集成 MAX810 专用复位电路。HD 版本有 ALE 引脚, 无 P4.6/P4.5/P4.4 口。而 90C 版本无 PSEN、EA 引脚, 有 P4.4 和 P4.6 引脚; 90C 版本的 ALE/P4.5 引脚既可作 I/O 接口 P4.5 使用, 也可被复用作 ALE 引脚使用, 默认是作为 ALE 引脚。如需作为 P4.5 口使用时, 只能选择 90C 版本的单片机, 且需在烧录用户程序时在 STC-ISP 编程器中将 ALE pin 选择为用作 P4.5, 在烧录用户程序时在 STC-ISP 编程器中该引脚默认作 ALE pin。STC89C52RC 的通用 I/O 接口 (32/36 个), P1、P2、P3、P4 是准双向口/弱上拉 (与普通 MCS-51 传统 I/O 接口功能一样); P0 口是开漏输出口, 作为总线扩展时用, 不用加上拉电阻, P0 口作为 I/O 接口用时, 需加上拉电阻。ISP 在系统可编程/IAP 在应用可编程, 无须专用编程器/仿真器, 可通过串口 (RxD/P3.0, TxD/P3.1) 直接下载用户程序, 8KB 程序 3s 即可完成一片。内部集成 MAX810 专用复位电路 (HD 版本和 90C 版本才有), 外部晶体 20MHz 以下时, 可不需要外部复位电路。

STC89C52RC 单片机的工作模式有如下几种:

1) 掉电模式: RAM 内容被保存, 振荡器被冻结, 单片机一切工作停止, 直到下一个中断或硬件复位为止, 中断返回后, 继续执行原程序, 典型功耗小于 0.1 μ A。

2) 空闲模式: CPU 停止工作, 允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工作, 典型功耗 2mA。

3) 正常工作模式: 单片机正常执行程序的工作模式, 典型功耗为 4~7mA。

选用 STC89C52 系列单片机的一个主要原因是由于这种单片机可以利用全双工异步串行口 (P3.0/P3.1) 进行在系统编程 (ISP), 即无须专用编程器/仿真器, 就可通过串口直接下载用户程序, 无须将单片机从已生产好的产品上拆下, 因此省去了每次编程必须插拔单片机到专用编程器上的麻烦。典型线路如图 1-2 所示。

大部分 STC89 系列单片机在销售给用户之前已在单片机内部固化有 ISP 系统引导程序, 配合 PC 端的控制程序即可将用户的程序代码下载进单片机内部, 故无须编程器 (速度比通用编程器快)。

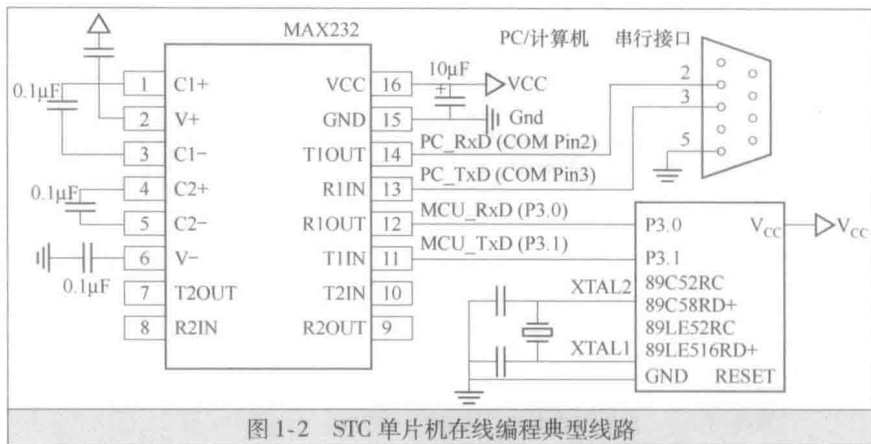


图 1-2 STC 单片机在线编程典型线路

注意: 不要用通用编程器编程, 否则有可能将单片机内部已固化的 ISP 系统引导程序擦除, 造成无法使用 STC 提供的 ISP 软件下载用户的程序代码。

★1.5.3 其他类型单片机

MCS-51 系列单片机的代表性产品为 8051, 目前世界其他公司推出的兼容扩展型单片机都是在 8051 内核的基础上进行了功能的增减。20 世纪 80 年代中期以后, Intel 公司已把精力集中在高档 CPU 芯片的研发上, 逐渐淡出单片机的开发和生产。由于 MCS-51 系列单片机设计上的成功以及较高的市场占有率, 得到世界众多公司的青睐。Intel 公司以专利转让或技术交换的形式把 8051 的内核技术转让给了许多芯片生产厂家, 如 Atmel、Philips、Cygnal、ANALOG、LG、ADI、Maxim、DEVICES 和 DALLAS 等公司。这些厂家生产的兼容机型均采用 8051 的内核结构、指令系统相同, 采用 CMOS 工艺; 有的公司还在 8051 内核的基础上又增加了一些片内外设模块, 其集成度更高, 功能和市场竞争力更强。人们常用 8051 (80C51) 来称呼所有这些具有 8051 内核, 且使用 8051 指令系统的单片机。这些兼容机的各种衍生品种统称为 51 系列单片机或简称为 51 单片机, 是在 8051 的基础上又增加一些功能模块, 被称为增强型或扩展型子系列单片机。

1 Atmel AT89 系列单片机

在众多的兼容扩展型等衍生机型中，美国 Atmel 公司的 AT89 系列，尤其是该系列中的 AT89C5 ×/AT89S5 × 单片机在世界 8 位单片机市场中占有较大的份额。Atmel 公司的技术优势是其 Flash 存储器技术，将 Flash 技术与 80C51 内核相结合，形成了片内带有 Flash 存储器的 AT89C5 ×/AT89S5 × 系列单片机。AT89C5 ×/AT89S5 × 系列单片机与 MCS - 51 系列单片机在原有功能、引脚以及指令系统方面完全兼容，系列中的某些品种又增加了一些新的功能，如看门狗定时器 WDT、ISP（在线编程）及 SPI 串行接口等，片内 Flash 存储器可直接在线重复编程。此外，还支持两种节电工作方式，非常适于电池供电或其他低功耗场合。Atmel 公司的 8 位单片机有 AT89、AT90 两个系列，见表 1-3 和表 1-4。所以，在产品开发及生产便携式商品、手提式仪器等方面有着十分广泛的应用，也是目前取代传统的 MCS - 51 系列单片机的主流单片机之一。

表 1-3 Atmel AT89 系列单片机主要性能

型号	Flash 程序 存储器/KB	ROM/KB	RAM/B	时钟频率 /MHz	16 位定时器	WDT	多功能 定时器	A - D	串行接口
AT89C51	4	4	128	0 ~ 33	2				√
AT89C52	8	8	256	0 ~ 33	3		1		√
AT89S51	4	4	128	0 ~ 24	2	√			√
AT89S52	8	8	256	0 ~ 24	3	√	1		√
AT89C51ED2	64	64	256	0 ~ 40	3	√			√
T89C51AC2	32	32	256	0 ~ 40	3	√		√	√

表 1-4 Atmel AT89 系列型号对比列表

型号	AT89C51	AT89C52	AT89C1051	AT89C2051	AT89S8252
档次	标准型		低档型		高档型
Flash/KB	4	8	1	2	8
片内 RAM/B	128	256	64	128	256
I/O/条	32	32	15	15	32
定时器/个	2	3	1	2	3
中断源/个	6	8	3	6	9
串行接口/个	1	1	1	1	1
M 加密/级	3	3	2	2	3
片内振荡器	有	有	有	有	有
E ² PROM/KB	无	无	无	无	2

AT89 系列单片机在结构上基本相同，只是在个别模块和功能上有些区别。

AT89S5X 的 S 系列是 Atmel 公司继 AT89C5X 系列之后推出的新机型，S 表示含有串行下载的 Flash 存储器，代表性产品为 AT89S51 和 AT89S52。AT89C51 单片机已不再生产，可用 AT89S51 直接代换。与 AT89C5X 系列相比，AT89S5X 系列的时钟频率以及运算速度有了较大的提高。例如，AT89C51 工作频率的上限为 24MHz，而 AT89S51 则为 33MHz。AT89S51 片内集成有双数据指针 DPTR，并具有看门狗定时器、低功耗空闲工作方式和掉电工作方式，还增加了 5 个特殊功能寄存器。

“89C (S) × × × ×”中，8 表示单片，9 表示内部含有 Flash 存储器，C 表示 CMOS 产品，S 表示含有串行下载的 Flash 存储器，后缀中第 1 个“×”表示时钟频率，后缀中第 2 个“×”表示封装，后缀中第 3 个“×”表示芯片的使用温度范围。

例如，某一单片机型号为“AT89C51 - 12PI”，则表示该单片机是 Atmel 公司的 Flash 单片机，