

机械设计制造及其自动化专业课程群系列

# 单片机原理及应用

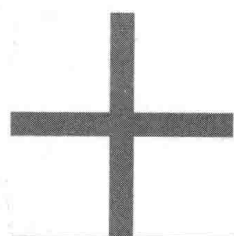
——基于汇编、C51 语言编程 + Proteus 仿真

- ◎ “互联网+”时代，让学习可以移动互联
- ◎ 扫二维码，链接海量资源，随时随地学习
- ◎ 采用从“原理→应用→设计”的编写模式
- ◎ 引入 Proteus 仿真，实现应用设计可视化

主 编 江世明  
副主编 许建明 李冬英  
主 审 赵乘麟

“互联网+”  
新形态教材

普通高等教育“十三五”精品规划教材



机械设计制造及其自动化专业课程群系列

# 单片机原理及应用

——基于汇编、C51语言编程与Proteus仿真

主 编 江世明  
副主编 许建明 李冬英  
主 审 赵乘麟

 中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书是作者多年教学实践和科学研究的结晶。在新工程背景下,以培养工程应用型人才为目标,把原理知识、应用能力和工程实践有机结合,以 STC89C51 单片机为研究对象,系统介绍了单片机的基本结构、指令系统、编程方法、内功能部件和接口技术(键盘接口技术、显示接口技术、转换接口技术及串行接口技术);采取汇编、C51 语言编程,Proteus 仿真;介绍了 Wave、Keil 两种单片机开发环境;书中例题精心设计,并且每个都有详细的解题分析、程序流程及仿真;配合本书学习,作者专门设计了“单片机学习开发板”(分 2 个主题,26 个训练项目);在网络平台提供了丰富的学习资源(多媒体课件、思考与练习参考答案、书中示例的源代码和仿真、实验指导等内容)。

本书既可作为本科院校的电子信息、电气工程、计算机、通信、自动化、智能仪器仪表、机电一体化、机械制造、物联网工程等专业的教材,也可供广大从事单片机应用开发的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用:基于汇编、C51语言编程+  
Proteus仿真 / 江世明主编. — 北京:中国水利水电出版社, 2018.8

普通高等教育“十三五”精品规划教材  
ISBN 978-7-5170-6636-1

I. ①单… II. ①江… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第154266号

策划编辑:雷顺加 责任编辑:宋俊娥

书 名	普通高等教育“十三五”精品规划教材 单片机原理及应用——基于汇编、C51语言编程+Proteus仿真
作 者	DANPIANJI YUANLI JI YINGYONG——JIYU HUIBIAN、C51 YUYAN BIANCHENG +Proteus FANGZHEN 主 编 江世明 副主编 许建明 李冬英
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址:www.waterpub.com.cn E-mail:sales@waterpub.com.cn 电话:(010)68367658(营销中心)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话:(010)88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京智博尚书文化传媒有限公司
印 刷	三河市龙大印装有限公司
规 格	185mm×260mm 16开本 17.5印张 430千字
版 次	2018年8月第1版 2018年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	45.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

## PREFACE

单片机技术作为计算机技术的一个分支,广泛地应用于工业控制、智能仪器仪表、机电一体化产品、家用电器等领域。“单片机原理及应用”课程是电气工程、电子信息、物联网工程、机器制造等专业的一门重要的专业基础课。单片机应用技术是电子信息类、电气控制类专业学生必须掌握的一门基本技术。如何在较短的时间内掌握单片机原理,具备应用单片机技术解决实际问题的能力?针对该课题,作者带领团队从2002年至今[2003年“单片机原理及应用”课程,获准为省级重点建设课程(湘教通[2003]186号),2009年“单片机原理及应用”课程获准为省级精品建设课程(湘教通[2009]252号)],历经16个年头,在教学科研中,不断对成功的经验进行总结,编写了单片机系列教材[2006年编写了《单片机原理与应用》(电子工业出版社2006年7月出版),2009年编写了《基于Proteus的单片机应用技术》(电子工业出版社2009年7月出版),2013年编写了《单片机原理及应用(基于Proteus的)》(上海交通大学出版社2013年12月出版)]。

本书在“构思→设计→实现→运行”新工科背景下,以应用型人才培养为目标,在不断总结和探索单片机原理及应用课程建设的基础上编写而成。本书具有以下特点:

(1) 建立“做中学”的单片机学习理念。配合本书学习,研制了“单片机学习开发板”(26个训练项目,配套有详细的使用教程和视频资源),学生使用本装置和本书可以自学。

(2) 内容编排,以“单片机原理→应用→系统设计”为主线。每个示例既有解题分析,又有程序流程,入门门槛低、通俗易懂。

(3) 采用C51语言与汇编语言编程(在原理上突出汇编程序设计,在应用上突出C语言程序设计),同时介绍了Wave和Keil uVision3两种单片机开发环境。

(4) 引入Proteus单片机应用系统的设计仿真技术,使抽象问题形象化,单片机应用系统开发可视化,解决了学生课后实践的问题。

本书以STC89C51单片机为对象,共分10章,由江世明负责策划和统稿,赵乘麟教授在百忙之中对本书的编排进行了审核。本书第1~7章、9.3、10.1、10.2、10.3.1、10.3.2、10.3.3、10.3.4、10.3.7由江世明编写,第8章、9.4、9.5由许建明编写,9.1、9.2、10.3.5、10.3.6由李冬英编写。罗珍芳对本书进行了校对,江舟对本书的视频进行了制作,学生代礼等对本书的思考与练习做了解答、对示例做了仿真。在本书的编写过程中,参阅了许多文献资料,本书责任编辑为本书编排和内容的修改提出了宝贵意见。在此,谨向

为本书做过贡献的同志和提供引用资料的作者表示诚挚的感谢。

由于作者的水平有限，书中的错漏和不妥之处肯定有之，敬请读者批评指正，以便不断改进。有兴趣的读者，可以发送邮件到 [75363430@qq.com](mailto:75363430@qq.com) 与作者进一步交流；扫描书中的二维码获取源程序；从中国水利水电出版社网站（[www.waterpub.com.cn/softdown](http://www.waterpub.com.cn/softdown)）下载丰富的学习资源（多媒体课件、思考与练习参考答案、书中示例的源代码和仿真等内容）；在网上购买装置和获取视频课程（<https://shop266694693.taobao.com>）。

作者

2018年4月6日于宝庆



本书简介



免费资源下载



附录 C 开发板-付费资源

# CONTENTS 目录

## 前言

<b>第 1 章 单片机基础</b> .....	1	<b>2.1 Wave 单片机开发环境</b> .....	24
1.1 单片机 .....	1	2.1.1 Wave 软件.....	24
1.1.1 什么是单片机.....	1	2.1.2 Wave 应用.....	26
1.1.2 单片机发展过程.....	1	<b>2.2 Keil uVision3 环境下的 C51</b>	
1.1.3 单片机的特点.....	3	程序开发.....	28
1.1.4 单片机应用领域.....	3	2.2.1 Keil C51 简介 .....	28
1.1.5 单片机系列产品.....	4	2.2.2 基于 Keil 的 C 语言程序	
1.1.6 单片机课程学习方法 .....	8	设计实例 .....	28
1.2 单片机引脚及内部结构 .....	8	<b>2.3 基于 Proteus 的单片机应用</b>	
1.2.1 单片机引脚功能.....	8	系统仿真.....	31
1.2.2 单片机内部结构.....	9	2.3.1 Proteus 电子设计仿真	
1.2.3 单片机 I/O 端口 .....	10	软件 .....	31
1.3 单片机存储器.....	12	2.3.2 Proteus 资源配置 .....	33
1.3.1 单片机程序存储器 .....	13	2.3.3 Proteus ISIS 参数设置 .....	35
1.3.2 单片机数据存储器 .....	14	2.3.4 Proteus 基本操作 .....	36
1.3.3 单片机特殊功能寄存器 .....	16	2.3.5 基于 Proteus 的单片机应用	
1.4 单片机工作方式.....	18	系统设计实例 .....	37
1.4.1 复位工作方式 .....	18	思考与练习 .....	42
1.4.2 程序执行方式 .....	20	<b>第 3 章 单片机指令系统</b> .....	43
1.4.3 低功耗工作方式 .....	21	3.1 概述.....	43
思考与练习 .....	22	3.1.1 单片机指令 .....	43
<b>第 2 章 单片机应用开发环境</b> .....	24	3.1.2 汇编语言指令特点 .....	44

3.1.3 指令及注释中常用符号	44	5.1 单片机中断系统	102
3.2 寻址方式	44	5.1.1 中断	102
3.2.1 立即寻址	45	5.1.2 中断系统结构	103
3.2.2 直接寻址	45	5.1.3 中断处理过程	104
3.2.3 寄存器寻址	45	5.1.4 与中断相关的特殊功能寄存器	105
3.2.4 寄存器间接寻址	45	5.1.5 中断函数	107
3.2.5 变址寻址	46	5.2 单片机外部中断	108
3.2.6 相对寻址	46	5.2.1 外部中断设置	108
3.2.7 位寻址	47	5.2.2 外部中断源扩展	108
3.3 单片机汇编指令	47	5.2.3 外部中断应用设计实例	109
3.3.1 数据传送指令	47	5.3 单片机定时/计数器	119
3.3.2 算术运算指令	50	5.3.1 定时/计数器结构	119
3.3.3 逻辑运算指令	54	5.3.2 与定时/计数器相关的特殊功能寄存器	120
3.3.4 位操作类指令	56	5.3.3 定时/计数器工作方式	121
3.3.5 控制转移类指令	58	5.3.4 定时/计数器应用设计实例	124
3.3.6 汇编伪指令	60	5.4 单片机串行通信	127
思考与练习	61	5.4.1 串行口结构	127
<b>第4章 单片机程序设计方法</b>	<b>63</b>	5.4.2 与串口控制相关的特殊功能寄存器	127
4.1 汇编程序设计方法	63	5.4.3 串行口工作方式	129
4.1.1 汇编程序设计基础	63	5.4.4 串行口波特率设置与计算	129
4.1.2 顺序结构程序设计	65	5.4.5 单片机串行口应用实例	130
4.1.3 分支结构程序设计	66	思考与练习	134
4.1.4 循环结构程序设计	70	<b>第6章 单片机显示接口技术</b>	<b>136</b>
4.1.5 查表程序设计	74	6.1 LED 显示接口技术	136
4.1.6 子程序设计	75	6.1.1 LED 显示器	136
4.2 单片机 C51 程序设计方法	76	6.1.2 数码显示接口技术	136
4.2.1 C51 程序结构	76	6.1.3 点阵显示接口技术	138
4.2.2 C51 程序设计基础	78	6.1.4 LED 显示接口电路设计实例	138
4.2.3 C51 的基本运算	84	6.2 字符型 LCD 显示接口技术	143
4.2.4 C51 的分支与循环程序	86		
4.2.5 C51 函数	90		
4.2.6 C51 语言程序设计实例	92		
思考与练习	100		
<b>第5章 单片机功能部件</b>	<b>102</b>		

6.2.1	字符型 LCD 显示器	143		
6.2.2	字符型 LCD 显示设计			
	实例	147		
6.3	图形 LCD 显示接口技术	151		
6.3.1	图形 LCD 显示器	151		
6.3.2	图形 LCD 显示设计			
	实例	159		
	思考与练习	163		
<b>第 7 章</b>	<b>单片机键盘接口技术</b>	<b>165</b>		
7.1	独立式键盘	165		
7.1.1	独立式键盘结构	165		
7.1.2	按键识别方法	165		
7.1.3	独立式键盘应用设计			
	实例	166		
7.2	行列式键盘	169		
7.2.1	行列式键盘结构	169		
7.2.2	按键识别方法	169		
7.2.3	行列式键盘应用设计			
	实例	170		
	思考与练习	175		
<b>第 8 章</b>	<b>单片机转换器接口技术</b>	<b>176</b>		
8.1	A/D 转换技术	176		
8.1.1	A/D 转换	176		
8.1.2	并行 A/D 转换技术	177		
8.1.3	串行 A/D 转换技术	179		
8.1.4	A/D 转换设计与仿真	180		
8.2	D/A 转换技术	186		
8.2.1	D/A 转换	186		
8.2.2	并行 D/A 转换技术	186		
8.2.3	串行 D/A 转换接口			
	技术	188		
8.2.4	D/A 转换设计与仿真	189		
	思考与练习	193		
	<b>第 9 章 单片机串行接口技术</b>	<b>195</b>		
9.1	RS-232 总线	195		
9.1.1	RS-232 总线与单片机串行			
	接口技术	195		
9.1.2	RS-232 应用实例	197		
9.2	RS-485 总线	204		
9.2.1	RS-485 总线与单片机串行			
	接口技术	204		
9.2.2	RS-485 应用	205		
9.3	I2C 总线	205		
9.3.1	I2C 总线简介	205		
9.3.2	I2C 总线应用实例	212		
9.4	SPI 总线	220		
9.4.1	SPI 总线简介	220		
9.4.2	SPI 总线应用实例	221		
9.5	单片机与蓝牙模块的串行接口			
	技术	223		
9.5.1	蓝牙模块 HC-05	223		
9.5.2	单片机与 HC-05 接口			
	技术	224		
9.5.3	单片机与 HC-05 应用			
	实例	225		
	思考与练习	226		
	<b>第 10 章 单片机应用系统设计</b>	<b>227</b>		
10.1	单片机应用系统开发过程	227		
10.1.1	单片机应用系统组成			
	框架	227		
10.1.2	单片机应用系统开发			
	流程	228		
10.2	单片机应用系统抗干扰			
	措施	232		
10.2.1	硬件抗干扰措施	232		
10.2.2	软件抗干扰措施	233		



10.2.3	PCB 板设计抗干扰措施 .....	234	10.3.7	基于单片机的晶闸管数字触发研究 .....	259
10.3	单片机应用系统开发实例 ...	235	附录 A	51 单片机指令 .....	264
10.3.1	直流电机 PWM 调速系统设计 .....	235	附录 B	Proteus 常用元器件 .....	268
10.3.2	步进电机控制器设计 ...	241	附录 C	单片机学习开发板简介 .....	270
10.3.3	舵机控制器设计 .....	244	参考文献 .....	272	
10.3.4	炉温控制系统设计 .....	249			
10.3.5	音符发生器设计 .....	254			
10.3.6	基于单片机的转速表设计 .....	257			

# 第1章

## 单片机基础

### 教学目标

- 了解单片机的发展过程、发展趋势、应用领域、产品型号及选型方法，单片机特殊功能寄存器，单片机工作方式。
- 掌握单片机基本概念、I/O 端口结构、存储器结构。

### 本章内容

本章从什么是单片机入手，简要介绍了单片机发展过程、发展趋势、应用领域、主流产品及工作方式。详细介绍了单片机片内结构、I/O 端口、单片机存储器、单片机特殊功能寄存器。

## 1.1 单片机

### 1.1.1 什么是单片机

计算机已进入千家万户，并且正在改变人类的生产和生活方式。计算机的发展和应用首先是为了满足科学计算的需要，随着科学技术的发展，人们一方面要求计算机在科学计算和数据处理方面的能力不断加强；另一方面希望将计算机嵌入到产品之中，实现智能控制。

单片机是计算机的一个分支，又称嵌入式系统，适用于控制领域。它的结构特点是把构成计算机的主要部件（中央处理器 CPU、数据存储器 RAM、程序存储器 ROM、I/O 接口电路、定时/计数器及串行通信接口等）集成在一块芯片上，这块芯片就叫单片机。单片机一词最早源于“Single Chip Microcomputer”（简称 SCM），随着单片机在技术和体系结构上的不断更新，功能不断完善，现在国际上用“Micro Controller Unit”（简称 MCU）来代替 SCM。

### 1.1.2 单片机发展过程

#### 1. 单片机发展历史

从 1970 年 Intel 公司研制出 4 位单片机（4004）到现在，如果将 8 位单片机的推出作为起点，那么单片机的发展历史大致可分为以下 4 个阶段：

#### (1) 单片机探索阶段（1976—1978）

单片机探索阶段始于 1976 年，以 Intel 公司的 MCS-48 为代表，参与这一探索的公司还有 Motorola、Zilog 等，都取得了满意的结果。

## (2) 单片机完善阶段 (1978—1982)

Intel 公司在 MCS-48 基础上推出了 MCS-51 单片机。51 系统单片机的出现, 奠定了单片机的基本结构, 其主要特征如下:

1) MCS-51 单片机设置了经典的 8 位单片机数据总线、16 位地址总线、控制总路线及具有多机通信功能的串行通信接口。

2) 系统在 CPU 管理下实现了集中控制。

3) 具有位操作功能。

4) 具有较丰富的指令系统, 增加了位控制功能指令。

## (3) 微控制器发展阶段 (1982—1990)

8 位单片机一方面不断完善结构; 另一方面将测控对象的接口电路, 如 ADC、DAC、I2C 总线等集成到单片机内部, 成为微控制器。8 位单片机完善的特点是外围电路、串行总线、CAN、BUS 总线等向内部集成, 程序存储器迅速引进 OTP (动态口令) 供应状态, 为单片机开发创造了良好的条件, 随着 FlashROM 的推广, 最终取消外部程序存储器扩展。与此同时, 16 位单片机诞生, 并走向应用。

## (4) 单片机全面发展阶段 (1990—)

单片机在 20 世纪 90 年代末期, 发展异常迅速, 技术日新月异, 满足了日益增长的广泛需求。从 8 位、16 位、32 位通用单片机到小型的专用单片机, 品种齐全。目前全世界找不到不介入单片机产业的半导体公司, 单片机的应用小到最底层的玩具市场, 大到各种智能控制和过程控制。

## 2. 单片机发展趋势

### (1) 主流机型发展趋势

未来, 在单片机大家族中, 8 位单片机在结构上将不断完善, 使其保持活力, 成为市场的低端主流机型。4 位机主要用于玩具市场。16 位单片机的空间被 8 位和 32 位单片机挤占。32 位单片机迅速取代 16 位单片机的高端地位, 并且成为高端的主流市场。

### (2) 内部结构发展趋势

在结构体系上: 从 CISC (Complex Instruction Set Computer) 结构体系朝 RISC (Reduced Instruction Set Computer) 体系发展。

在存储器的容量上: 内部程序存储器 (FlashROM) 的容量不断增大, 用户只要选用, 不需要扩展。程序下载采用 ISP (在线可编程) 技术, 程序在线修改采用 IAP (应用可编程 In Applying Programing) 技术。

在电路结构上: 适应测控要求, 将 A/D、D/A、PWM、I2C 总线等外围电路, 集成到单片机内部, 构成单片机应用系统越来越简单。

在应用上: 针对某一类产品的要求, 为节约资源, 降低成本, 大力发展专用单片机。

### (3) 制造工艺发展趋势

由于 CHMOS (混合互补金属氧化物半导体) 技术的进步, 推进了单片机的 CMOS (互补金属氧化物半导体) 化, 从而降低了功耗。目前单片机的功耗已从 mA 级降到  $\mu$ A 级。此外, 现在单片机有 Wait、Stop 等省电运行方式, 允许使用的电压范围在 3~6 V, 个别品种采用 1~2 V 供电。

#### (4) 开发环境发展趋势

单片机常用的开发软件有 Wave、Keil 等，单片机应用系统的仿真采用 Proteus。开发人员只要在 Wave 或 Keil 中利用汇编或 C 进行程序设计，然后对程序进行编译，生成 xxx.hex 文件，再在 Proteus 电子设计平台，进行电路设计，将 xxx.hex 文件加载到 CPU，对系统进行仿真分析，通过修改和完善，直到满足要求，这样大大降低了单片机的开发门槛。通过仿真的单片机应用系统，在 Proteus 直接可以生成 PCB（印制电路板）。单片机程序采用在线可编程（ISP）技术下载到单片机的 FlashROM 程序存储器中，运行参数采用 IAP 技术进行修改。

### 1.1.3 单片机的特点

#### 1. 集成度高、抗干扰能力强

单片机把各功能部件集成在一个芯片上，内部采用总线结构，减少了各芯片之间的连线，大大提高了单片机的可靠性与抗干扰能力。

#### 2. 体积小、控制功能强

单片机本身是一个用于测控目的的微型计算机，在外围适当扩展一些必要电路就构成了各种应用系统。单片机具有丰富的指令，可用汇编和 C 语言进行程序设计，实现系统控制。

#### 3. 电压低、功耗小

单片机可以在 2.2 V 的电压下运行，有的已能在 1.2 V 或 0.9 V 下工作；功耗降至为  $\mu\text{A}$  级，一颗纽扣电池就可长期使用，适用于便携式产品。

#### 4. 发展迅速、前景广阔

在短短的几十年里，单片机经历了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几个大发展阶段，片内不仅具有计算机正常运行所必需的部件，而且还有许多供扩展用的总线及并行、串行输入/输出管脚，很容易构成各种规模的计算机应用系统，应用前景广阔。

#### 5. 性价比高、开发周期短

单片机构成的硬件结构简单、开发周期短、控制功能强、可靠性高，因此，在达到同样功能的条件下，用单片机开发的控制系统比用分立元件构成的控制系统价格更便宜。

### 1.1.4 单片机应用领域

由于单片机具有软硬件结合、体积小、功能强、性价比高等特点，很容易嵌入到各种应用系统中，因此，以单片机为核心的嵌入式控制系统得到了广泛的应用。

#### 1. 智能仪器仪表

单片机广泛应用于仪器仪表中，结合不同类型的传感器，实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、角度、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化，且功能比采用模拟或数字电路更加强大。

#### 2. 工业控制与检测

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如，工业现场数据采集、生产流水线控制和产品质量检测等。

#### 3. 家用电器

单片机在家用电器方面的应用也非常普及。例如，电饭煲、洗衣机、冰箱、空调、电视

机、消毒柜等。家用电器产品发展趋势是不断提高其智能化程度,实现物联网功能,有了单片机就能实现家电控制的目标。

#### 4. 网络和通信

单片机具有串行接口,可以与计算机进行数据通信,通过物联网与其他通信设备相连。另外,单片机在调制解调器、传真机、程控电话交换机、路由器等通信设备中也得到广泛应用。

#### 5. 医疗设备

单片机在智能呼吸机、医疗分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等医疗设备中也得到广泛应用。

#### 6. 汽车电子设备

单片机在汽车电子设备中的应用非常广泛。例如,汽车点火系统、汽车倒车雷达、汽车导航系统、汽车控制系统等。每台家用汽车至少有十多片单片机担负着对各部分的测量和控制。

### 1.1.5 单片机系列产品

#### 1. 单片机产品

在我国主要使用的单片机有以下几种:

##### (1) MCS-51 系列单片机

MCS 是 Intel 公司生产的单片机的系列符号, MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 MCS-48 系列的基础上于 20 世纪 80 年代发展起来的,是最早进入我国,并应用最为广泛的单片机机型。MCS-51 系列单片机包括基本型产品和增强型产品,其片内硬件资源如表 1.1 所示。

表 1.1 MCS-51 系列单片机片内硬件资源

类型	型号	片内程序存储器	片内数据存储器/B	I/O 口线/位	定时/计数器/个	中断源个数/个
基本型	8031	无	128	32	2	5
	8051	4KB ROM	128	32	2	5
	8751	4KB ROM	128	32	2	5
增强型	8032	无	256	32	3	6
	8052	8KB ROM	256	32	3	6
	8752	8KB ROM	256	32	3	6

##### (2) AT89 系列单片机

20 世纪 80 年代中期以后, Intel 公司已把精力集中在高档的 CPU 芯片的研发上,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半导体芯片生产厂家。Atmel 公司 1994 年以 E<sup>2</sup>PROM 技术与 Intel 公司的 80C51 内核的使用权进行交换,将 Flash 技术与 80C51 内核结合,开发了片内带 Flash 存储器的 AT89C5X/AT89S5X 系列单片机。AT89C5X/AT89S5X 系列单片机完全兼容 MCS-51 系列单片机,在我国单片机市场中占有较大的份额。

##### (3) TI 公司单片机

美国 TI 公司的 16 位 MSP430 系列单片机,由于本身带有 A/D 转换器,一块芯片就构成

了一个数据采集系统，使用非常方便。同时，国内有丰富的产品开发资料，在国内 16 位市场被广泛采用。

#### (4) STC 系列单片机

本书以 STC89C51 单片机为例进行介绍，表 1.2 是 STC89C5X 系列单片机硬件资源。

表 1.2 STC89C5X 系列单片机片内硬件资源

产品型号	片内 Flash ROM	片内 RAM/B	L/O 口线/位	定时/计数器/个	中断源个数/个	特殊功能寄存器
STC89C51	4KB ROM	128	32	2	5	26
AT89C52	8KB ROM	256	32	2+1WDT	6	26

STC 系列单片机是国产品牌，是功能与抗干扰性强的增强型 8051 单片机，具有自主知识产权。STC 系列单片机中有多种子系列，以满足不同应用的需求，其中的 STC12C5410/STC12C2052 系列单片机的主要性能及特点如下：

1) 高速：传统的 51 单片机为每个机器周期 12 个时钟，而 STC 单片机可以为每个机器周期 1 个时钟，指令执行速度大大提高，速度比普通的 8051 快 8~12 倍。

2) 电压范围宽：5.5~3.8 V，2.4~3.8 V (STC12LE5410AD 系列)。

3) 有 12KB/10KB/8KB/6KB/4KB 片内 Flash 程序存储器，可供选择，擦写 10 万次以上。

4) 512B 片内的 RAM 数据存储器。

5) 在线可编程 (ISP)，在应用可编程 (IAP)，无须编程器/仿真器，可远程升级。

6) 具有 8 通道的 10 位 ADC，4 路 PWM 输出。

7) 有 4 通道捕捉/比较单元，也可用来再实现 4 个定时器或 4 个外部中断 (支持上升沿/下降沿中断)。

8) 两个硬件 16 位定时器，兼容普通 8051 的定时器。4 路 PCA 还可再实现 4 个定时器。

9) 硬件看门狗 (WDT)，高速 SPI 串口，全双工异步串行口 (UART)，兼容普通 8051 的串口。

10) 通用 L/O 口复位后为准双向口/弱上拉 (与 8051 的 L/O 接口相似)，可设置成 4 种模式：准双向口/弱上拉，推挽/强上拉，仅为输入/高阻，开漏。每个 L/O 口驱动能力均可达到 20 mA，但整个芯片最大不可超过 55 mA。

#### (5) 华邦 W77、W78 系列单片机

台湾华邦公司 (Winbond) 的 W77、W78 系列单片机与 8051 单片机完全兼容。华邦单片机对 8051 的时序做了改进，每个指令周期只需要 4 个时钟周期，速度提高了 3 倍，最高工作频率可达 40 MHz。

W77 系列为增强型，片内增加了看门狗 (WDT)、两组 UART 串口、两组 DPTR 数据指针 (编写应用程序非常便利)、ISP (在线可编程) 等功能。片内集成了 USB 接口、语言处理等功能，具有 6 组外部中断源。

华邦公司的 W741 系列的 4 位单片机具有液晶驱动、在线烧录、保密性高、低工作电压 (1.2~1.8 V) 等优点。

#### (6) PIC 系列单片机

PIC 系列单片机是美国 Microchip 公司的产品，主要特性如下：

1) PIC 系列单片机最大特点是从实际出发,重视产品的性价比。如一辆摩托车的点火器需要 I/O 较少、RAM 及程序储存空间不大、可靠性较高的小型单片机。采用仅有 8 个引脚 PIC12C508 单片机,改型号有 512B ROM、25B RAM。1 个 8 位定时器、1 根输入线、5 根 I/O 线,价格非常便宜,应用在摩托车点火这样的场合非常适合。

2) PIC 单片机采用精简指令集 (RISC),指令执行效率大为提高。采用数据总线和指令总线分离的哈佛总线 (Harvard) 结构,使指令具有单字长的特性,且允许指令代码的位数可多于 8 位的数据位数,这与传统的采用复杂指令结构 (CISC) 的 8 位单片机相比,可以达到 2:1 的代码压缩,速度提高 4 倍。

3) 具有优越的开发环境。PIC 推出一款新型号单片机的同时也推出了相应的仿真芯片,所有的开发系统由专用的仿真芯片支持,实时性非常好。

4) 引脚通过限流电阻可以接至 220 V 交流电源。可直接与继电器控制电路相连,无须光电耦合器隔离,给使用带来极大的方便。

5) 保密性好。PIC 以保密熔丝来保护代码,用户在烧入代码后熔断熔丝,别人再也无法读出,除非恢复熔丝。目前,PIC 采用熔丝深埋工艺,恢复熔丝的可能性极小。

由于 PIC 单片机具有上述特点,在我国也得到广泛应用。表 1.3 是 Philips 公司 PIC 系列单片机主要机型及其性能。

表 1.3 Philips 公司 PIC 系列单片机主要机型及其性能

子系列	型号	片内存储器/B		I/O 口线/位	UART/个	中断源 /个	定时/计数器 /个	工作频率 /MHz
		程序存储器	RAM					
通用型系列	P80C31	ROMless	128	32	1	5	2	33
	P51	4KB ROM	128	32	1	5	2	33
	P80C52	8KB ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C54	16KB ROM	256	32	1	6	3	33
	P80C58	32KB ROM	256	32	1	6	3	33
Flash 型系列	P89C51	4KB Flash	128	32	1	6	3	33
	P89C52	8KB Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C54	16KB Flash	256	32	1	6	3	33
	P89C58	32KB Flash	256	32	1	6	3	33

### (7) AVR 系列单片机

AVR 系列单片机是 1997 年由 Atmel 公司利用 Flash 新技术,研发出的精简指令集 (Reduced Instruction Set Computer, RISC) 的高速 8 位单片机。AVR 单片机的特点如下:

1) 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,指令长度固定、指令格式与种类相对较少、寻址方式也相对较少,绝大部分指令都为单周期指令。

2) AVR 器件存储器。片内 Flash 程序存储器擦写可达 10 000 次以上,较大容量的 RAM,不仅能满足一般场合的使用,同时也更能有效地支持使用高级语言开发系统程序,像 MCS-51 单片机那样很容易地扩展外部 RAM。

3) 具有丰富的外设。AVR 单片机有定时器/计数器、看门狗电路、低电压检测电路

BOD, 多个复位源 (自动上下电复位、外部复位、看门狗复位和 BOD 复位), 可设置的启动后延时运行程序, 增强了单片机应用系统的可靠性。片内有通用的异步串行口 (UART), 面向字节的高速硬件串行口 TWI (与 I2C 兼容)、SPI 串口。此外还有 ADC、PWM 等片内外设。

4) I/O 口驱动能力强。工业级产品具有大电流 (最大可达 40 mA), 可省去功率驱动器件, 直接驱动可控硅 SSR 或继电器。AVR 单片机的 I/O 口是真正的 I/O 口, 能正确反映 I/O 口输入/输出的真实情况。I/O 口的输入可设定为三态高阻抗输入或带上拉电阻输入, 便于满足各种多功能 I/O 口应用的需要, 具备 10~20 mA 灌电流的能力。

5) 具有省电功能 (power down) 及休眠功能 (idle) 的低功耗的工作方式。一般耗电在 1~2.5 mA。对于典型功耗情况, WDT 关闭时为 100 nA, 更适用于电池供电的应用设备。有的器件最低 1.8 V。

6) AVR 单片机支持程序的在线编程。只需一条 ISP 并口下载线, 就可以把程序写入 AVR 单片机, 无须使用编程器, 其中 MEGA 系列还支持在线应用编程 IAP。

AVR 单片机系列齐全, 有 3 个档次, 可适用于各种不同场合的要求。

1) 低档 Tiny 系列 AVR 单片机: 主要有 Tiny11/12/13/15/26/28 等。

2) 中档 AT90S 系列单片机: 主要有 AT90S1200/2313/8515/8535 等。

3) 高档 Atmega 系列 AVR 单片机: 主要有 Atmega8/16/32/64/128、Atmega8515 等。

## 2. 单片机选型

### (1) 从结构上选择

单片机在结构上有 CISC (复杂指令系统计算机) 结构和 RISC (精简指令集计算机) 结构两种。采用 CISC 结构的单片机数据线和指令线分时复用, 即所谓冯·诺伊曼结构。它的指令丰富, 功能较强, 但取指令和取数据不能同时进行, 速度受限, 价格亦高。属于 CISC 结构的单片机有 Intel 的 8051 系列、Motorola 和 M68HC 系列、Atmel 的 AT89 系列、中国台湾 Winbond (华邦) W78 系列、荷兰 Philips 的 PCF51 系列等。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离, 即所谓哈佛结构。这使得取指令和取数据可同时进行。由于一般指令线宽于数据线, 使其指令较同类 CISC 单片机指令包含更多的处理信息, 执行效率更高, 速度亦更快。同时, 这种单片机指令多为单字节, 程序存储器的空间利用率大大提高, 有利于实现超小型化。属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC 系列、Zilog 的 Z86 系列、Atmel 的 AT90S 系列、韩国三星公司的 KS57C 系列 4 位单片机、中国台湾义隆的 EM-78 系列等。一般来说, 控制关系较简单的小家电, 可以采用 CISC 型单片机; 控制关系较复杂的场合, 如通信产品、工业控制系统应采用 RISC 单片机。

### (2) 从资源上选择

从资源上主要考虑以下两个方面: 一是程序器容量 (除了满足当前的要求外还要考虑以后的升级和扩展); 二是单片机内部资源 (系统是否要 A/D、D/A、PWM 等), 从资源上选单片机的基本原则是能用内部资源不扩展外部资源, 能用软件完成的功能不用硬件实现。

### (3) 不同类型单片机比较

#### 1) PIC 单片机与 MCS-51 单片机比较。

总线结构: MCS-51 单片机的总线结构是冯·诺依曼型, 而 PIC 单片机的总线结构是哈佛结构, 因此 PIC 单片机的运行速度更快。



寄存器组：PIC 单片机的 I/O 口、定时器和程序计数器等都采用 RAM 结构形式，只需要一个指令周期就可以完成操作；而 MCS-51 单片机需要两个或两个以上的周期才能改变寄存器的内容。

## 2) MCS-51 单片机与 AVR 单片机比较。

MCS-51 单片机与 AVR 单片机的 CPU 构架不同，AVR 单片机是基于 RISC 的哈佛结构的总线；51 单片机是基于 CISC 结构的冯·诺依曼结构总线。跟 AVR 相比，51 单片机显得陈旧，内部资源少，速度慢，但学习简单，是市场使用最多的单片机。AVR 单片机在工艺上远超过 51 单片机，内部资源丰富，速度快。

### 1.1.6 单片机课程学习方法

单片机原理及应用的前端课程是电路原理、模拟电子技术、数字电子技术、C 语言程序设计。因此建议本课程应在开设完上述课程后开展学习。不提倡学生在未学或在学上述几门课的同时，自学单片机。

单片机原理及应用课程是一门实践性很强的课程，要树立在“做中学”的理念，遵循从基本原理（单片机 I/O 端口、中断、定时/计数器、串行口、显示接口技术、转换接口技术、键盘接口技术）→基本应用（综合原理知识开发设计应用项目）→应用系统开发（承担单片机应用工程实践项目），循序渐进的原则，配置单片机学习开发环境（装上 Wave、Keil、Proteus 单片机设计仿真软件，购置单片机学习开发装置），在较短的时间内就能学好单片机。只学不做，只学少做都学不好单片机，下面是单片机学习网。

<http://www.51hei.com/mcuteach/>（单片机教程网）。

<http://www.51hei.com/bbs/mcu-2-1.html>（51 单片机论坛）。

<http://www.zsgbailin.com/>（学习单片机）。

<http://www.stcmcu.com/>（STC 系列单片机官网）。

## 1.2 单片机引脚及内部结构

### 1.2.1 单片机引脚功能

STC89C51 单片机引脚功能如图 1-1 所示，引脚功能如下：

#### 1. 电源引脚

Vcc：电源正（一般接 +5 V 电源）。

Vss：电源接地端。

#### 2. 复位引脚

RST：复位引脚，高电平复位。

#### 3. 端口引脚

P0 口：漏极开路的双向 8 位 I/O 口。

P1 口：准双向 I/O 口。采用 ISP 下载时，P1.5/MOSI、

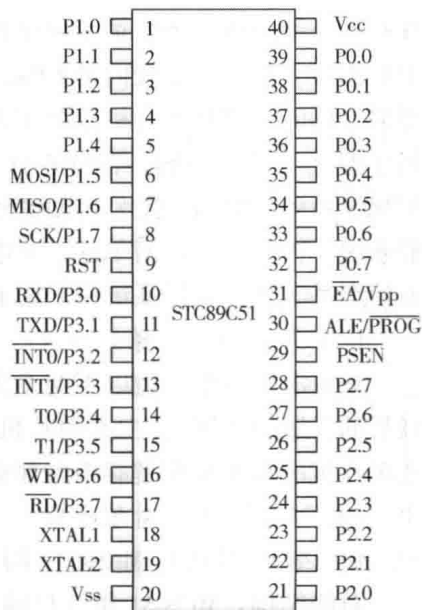


图 1-1 STC89C51 单片机引脚功能图