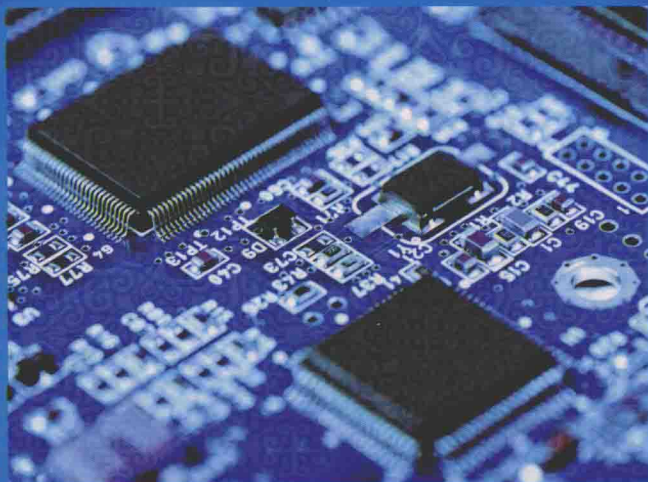


“十三五”普通高等教育规划教材

# 单片机原理、应用 与 Proteus 仿真

第②版

关 硕 主 编  
潘凤红 兰建军 副主编  
伦向敏 参 编



提供电子教案和习题解答

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



“十三五”普通高等教育规划教材

# 单片机原理、应用与 Proteus 仿真

## 第 2 版

关 硕 主 编

潘凤红 兰建军 副主编

伦向敏 参 编

机械工业出版社

本书以 Intel 8051 单片机为例,介绍了单片机的硬件结构和工作原理(定时/计数器、中断系统、串行通信)、指令系统以及单片机和外围器件的硬件扩展和接口程序设计。随着 EDA 技术和 C 语言在单片机系统设计中的广泛应用,为了增强本书的应用性和实用性,还特别介绍了 Keil C51 程序设计方法和基于 Proteus 软件的单片机虚拟仿真技术,并给出了大量的应用实例。本书内容精练、实例丰富,所有的应用实例都配有详细的硬件电路原理图和软件源程序。

本书可作为各类工科院校自动化、计算机、机电一体化等专业的单片机课程教材,也可作为从事电子技术、计算机应用与开发的工程技术人员学习和参考用书。

本书配有电子教案和源程序,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 2966938356, 电话: 010-88379739)。

### 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理、应用与 Proteus 仿真/关硕主编. —2 版. —北京: 机械工业出版社, 2016. 8

“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-54848-5

I. ①单… II. ①关… III. ①单片微型计算机-系统仿真-应用软件-高等学校-教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 218266 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: 和庆娣 责任编辑: 和庆娣

责任校对: 张艳霞 责任印制: 常天培

北京盛通印刷股份有限公司印刷

2016 年 10 月第 2 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 19.25 印张 · 468 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-54848-5

定价: 45.00 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

服务咨询热线:(010)88379833

读者购书热线:(010)88379649

封面无防伪标均为盗版

网络服务

机工官网:[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博:[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网:[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

金书网:[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

单片机作为微型计算机的一个重要发展分支，被广泛应用于各种工业过程的自动检测和控制。单片机的发展速度非常迅速，在短短几十年中，已经发展到上百系列近千个机种。MCS-51 系列单片机作为单片机的典型代表，以其功能强大，结构简单等优点，在单片机市场中占有很大的份额。本书以简单的单片机来说明复杂的单片机系统设计，以 Intel 8051 单片机为例，从单片机实际应用的角度来说明单片机的原理及应用。

全书共分为 11 章。第 1 章介绍单片机基础知识，包括单片机发展概述，单片机内部结构和功能引脚，并行口工作原理和单片机开发与调试等基本知识。第 2 章介绍单片机指令系统和汇编语言，包括寻址方式，指令介绍，指令执行过程和汇编语言程序结构等。第 3 章介绍 Keil C51 程序设计，包括单片机 C 语言程序设计概述，C51 程序设计基础，以及单片机资源 C51 访问。第 4 章介绍 Proteus 虚拟仿真技术，包括 Proteus 中的原理图设计、电子设计与仿真以及单片机系统的设计与仿真。第 5 章介绍中断系统，包括中断的处理和中断程序设计，Proteus 中的外部中断设计与仿真。第 6 章介绍定时/计数器，包括定时/计数器的基本工作原理，定时/计数器的工作方式及其设置，最后在 Proteus 中进行了实例设计与仿真。第 7 章介绍串行通信技术，包括串行通信的基本概念，串行口的结构、控制和工作方式，并给出了双机通信应用实例。第 8 章介绍单片机的存储器扩展，包括存储器扩展和 I/O 端口的基本应用与扩展。第 9 章介绍单片机系统接口扩展及应用，包括人机接口的键盘和显示接口扩展，以及模拟量输入/输出接口扩展。第 10 章介绍单片机串行扩展和功率接口技术，主要包括单总线、SPI 总线接口技术以及常用的功率接口技术等，给出了具体的应用实例。第 11 章介绍在 Proteus 中进行综合应用实例的设计和仿真。

为了适应不同层次读者的需求，本书第 1~7 章介绍单片机内部基本组成，设置了“知识与拓展”小节，方便读者了解相关基础知识，并进行简单的拓展学习。第 5~7 章中介绍的单片机内部主要功能部件的应用实例，分别给出了汇编语言和 C 语言源程序，可满足不同的教学需求。同时为了兼顾篇幅和实际应用需求，第 8~11 章的应用实例只给出了 C 语言源程序。本书中给出的所有源程序都在 Proteus 和实际硬件电路中仿真和运行通过，读者可以直接参考和借鉴。

本书部分图中的元器件符号为 Proteus 自带符号，表示方法可能与国家标准有所不同。读者可自行查阅相关资料。

本书第 1 章、第 4 章、第 8 章由潘凤红编写，第 2 章、第 3 章和第 11 章由伦向敏编写，第 5 章、第 6 章和第 7 章由关硕编写，第 9 章、第 10 章由兰建军编写，全书由兰建军统稿。

本书在编写过程中，参考了兄弟院校部分教材的内容，得到了相关院校老师的支持和帮助，在此谨向有关单位和个人表示衷心的感谢！

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不妥和疏漏之处，敬请广大读者提出批评和指正。

编 者

# 目 录

## 目 录

### 前言

第1章 单片机技术基础	1
1.1 单片机概述	1
1.1.1 单片机定义	1
1.1.2 单片机特点和应用	1
1.1.3 单片机技术的发展	2
1.1.4 MCS-51 单片机系列	3
1.1.5 单片机选型	4
1.2 单片机内部结构	5
1.2.1 CPU	6
1.2.2 存储器结构	7
1.2.3 I/O 接口	12
1.3 8051 引脚及其功能	12
1.3.1 电源与时钟引脚	12
1.3.2 控制引脚	13
1.3.3 I/O 接口引脚	13
1.4 并行口内部结构和工作原理	14
1.4.1 P0 口	14
1.4.2 P1 口	15
1.4.3 P2 口	15
1.4.4 P3 口	16
1.4.5 并行端口负载能力	17
1.5 时钟电路与时序	17
1.5.1 时钟电路	18
1.5.2 周期与指令时序	18
1.6 单片机工作方式	20
1.6.1 单片机复位方式	20
1.6.2 程序运行方式	21
1.6.3 掉电保护方式	21
1.6.4 低功耗方式	21

1.7	单片机应用系统开发简介	22
1.7.1	单片机应用系统设计步骤	22
1.7.2	单片机开发工具简介	23
1.8	知识与拓展	24
1.8.1	计算机数制及其转换	24
1.8.2	有符号数的表示方法	25
1.8.3	BCD 码与 ASCII 码	27
1.9	思考题	28
<b>第 2 章 指令系统和汇编语言</b>		<b>31</b>
2.1	概述	31
2.1.1	指令格式	31
2.1.2	指令描述符号说明	32
2.2	寻址方式	32
2.2.1	寄存器寻址	32
2.2.2	直接寻址	33
2.2.3	立即寻址	33
2.2.4	寄存器间接寻址	33
2.2.5	基址加变址寻址	33
2.2.6	相对寻址	34
2.2.7	位寻址	34
2.3	指令分类介绍	35
2.3.1	数据传送指令	35
2.3.2	算术运算指令	39
2.3.3	逻辑操作指令	44
2.3.4	控制转移指令	46
2.3.5	位操作指令	51
2.4	指令执行过程	54
2.5	常用伪指令	55
2.6	汇编语言程序基本结构	57
2.7	知识与拓展	60
2.7.1	单片机的简单控制应用	60
2.7.2	汇编语言实用子程序	62
2.8	思考题	65
<b>第 3 章 单片机 C51 程序设计</b>		<b>68</b>
3.1	单片机 C 语言程序设计概述	68
3.1.1	C51 程序设计语言简介	68

3.1.2	Keil C51 开发环境简介	68
3.2	C51 程序设计基础	72
3.2.1	C51 中的数据类型	72
3.2.2	C51 中的常量和变量	74
3.2.3	C51 中的运算符	76
3.2.4	C51 程序基本结构	77
3.3	单片机硬件资源的 C51 访问	80
3.4	C51 和汇编语言混合编程	82
3.4.1	C51 和汇编语言编程比较和说明	82
3.4.2	C51 和汇编语言混合编程方法	82
3.5	知识与拓展	83
3.5.1	C51 延时时间计算方法	83
3.5.2	C51 访问连续外部 RAM 区域的方法	85
3.6	思考题	86
<b>第 4 章</b>	<b>单片机与 Proteus 虚拟仿真</b>	<b>88</b>
4.1	Proteus 概述与工程创建	88
4.1.1	Proteus 介绍	88
4.1.2	创建新工程	89
4.2	ISIS 编辑环境	90
4.2.1	ISIS 集成环境	91
4.2.2	ISIS 元器件库	93
4.2.3	ISIS 中的原理图绘制	94
4.2.4	虚拟仿真工具	96
4.3	代码编辑环境	99
4.3.1	代码编辑环境应用简介	99
4.3.2	代码工程创建与删除	100
4.3.3	代码工程构建与设置	101
4.3.4	代码调试与观察	102
4.4	Proteus 中的电子设计与仿真	103
4.4.1	直流稳压电源设计	104
4.4.2	光控 LED 小夜灯设计	106
4.4.3	数字钟设计	108
4.5	Proteus 中的单片机系统设计与仿真	110
4.5.1	硬件设计及说明	110
4.5.2	程序设计及仿真	112
4.6	知识与拓展	114

4.6.1	ISIS 中元器件的创建	114
4.6.2	ARES 中元器件封装的创建	118
4.7	思考题	120
<b>第 5 章 单片机中断系统</b>		<b>121</b>
5.1	中断技术概述	121
5.2	8051 中断系统结构及其控制	121
5.2.1	中断系统结构	122
5.2.2	中断源及中断标志	122
5.2.3	中断控制和中断处理	124
5.3	外部中断的实现	128
5.3.1	外部中断触发方式	128
5.3.2	多中断源系统硬件扩展	129
5.4	中断系统程序设计	129
5.4.1	中断程序基本结构	130
5.4.2	中断初始化程序设计	132
5.4.3	中断服务子程序设计	133
5.5	单片机 LED 显示模式控制设计实例	134
5.6	知识与拓展	136
5.6.1	利用外部中断实现脉冲计数	136
5.6.2	多中断源时中断优先级配置	138
5.7	思考题	139
<b>第 6 章 定时/计数器</b>		<b>141</b>
6.1	定时/计数器工作原理及其控制	141
6.1.1	内部结构和工作原理	141
6.1.2	功能及其控制	142
6.2	定时/计数器工作方式及其设置	144
6.2.1	工作方式及其特点	144
6.2.2	定时/计数器配置及初始化	146
6.2.3	扩大定时时间方法	152
6.3	单片机 LED 亮度控制系统设计实例	154
6.4	知识与拓展	158
6.4.1	简易方波频率测量原理	158
6.4.2	定时/计数器实现软件“看门狗”原理	160
6.5	思考题	162
<b>第 7 章 单片机串行口</b>		<b>164</b>
7.1	串行通信概述	164



7.2	8051 单片机串行口结构	166
7.2.1	串行口通信接口结构	166
7.2.2	串行通信控制寄存器	166
7.3	串行口的工作方式及波特率设定	167
7.3.1	工作方式 0	168
7.3.2	工作方式 1	169
7.3.3	工作方式 2	170
7.3.4	工作方式 3	172
7.3.5	波特率计算	172
7.4	多机通信原理	174
7.5	单片机的双机通信应用实例	175
7.5.1	串行通信接口电路	175
7.5.2	双机通信系统软件设计	176
7.6	知识与拓展	180
7.6.1	串、并转换扩展与实现	180
7.6.2	基于串口蓝牙模块的无线通信实例	184
7.7	思考题	188
<b>第 8 章 单片机存储器扩展</b>		<b>190</b>
8.1	存储器概述	190
8.1.1	半导体存储器简介	190
8.1.2	典型存储器芯片介绍	191
8.2	并行存储器扩展	194
8.2.1	存储器的扩展和地址译码	194
8.2.2	并行存储器扩展实例	198
8.3	串行存储器扩展	200
8.3.1	I <sup>2</sup> C 接口存储器扩展	200
8.3.2	SPI 接口存储器扩展	207
8.4	思考题	212
<b>第 9 章 单片机系统接口扩展及应用</b>		<b>214</b>
9.1	键盘接口扩展	214
9.1.1	按键识别与处理	214
9.1.2	独立式键盘原理与接口	215
9.1.3	行列式键盘原理与接口	216
9.1.4	利用独立式按键实现 4 路抢答器	220
9.2	显示接口扩展	222
9.2.1	LED 数码管工作原理	222

9.2.2	LED 数码管显示接口	223
9.2.3	利用 74LS164 实现 2 位静态显示电路	224
9.2.4	利用 MAX7219 实现 4 位动态显示电路	226
9.2.5	LCD 模块概述	230
9.2.6	利用 LCD1602 实现字符显示	233
9.2.7	利用 LCM1264ZK 实现汉字显示	236
9.3	模拟量输入/输出接口扩展	240
9.3.1	模拟量输入/输出接口概述	240
9.3.2	D - A 转换器概述	240
9.3.3	利用 DAC0832 实现锯齿波信号发生器	242
9.3.4	A - D 转换器概述	244
9.3.5	利用 ADC0808 实现模拟量采集	244
9.4	思考题	247
<b>第 10 章</b>	<b>串行扩展和功率接口技术</b>	<b>249</b>
10.1	单片机串行扩展技术	249
10.1.1	单总线技术概述	249
10.1.2	DS18B20 单总线测温应用实例	250
10.1.3	三线 SPI 总线概述	256
10.1.4	DS1302 实时时钟应用实例	257
10.2	单片机功率接口技术	261
10.2.1	开关型功率接口概述	261
10.2.2	单片机功率晶体管接口应用实例	263
10.2.3	单片机继电器接口应用实例	264
10.2.4	单片机晶闸管接口应用实例	266
10.3	思考题	267
<b>第 11 章</b>	<b>虚拟仿真综合设计实例</b>	<b>268</b>
11.1	单片机多功能秒表设计与仿真	268
11.1.1	多功能秒表电路设计	268
11.1.2	多功能秒表程序设计	269
11.1.3	多功能秒表调试与仿真	273
11.2	单片机直流电动机调速系统设计与仿真	274
11.2.1	直流电动机调速系统电路设计	274
11.2.2	直流电动机调速系统程序设计	275
11.2.3	直流电动机调速系统调试与仿真	279
11.3	单片机多功能电子日历设计与仿真	279
11.3.1	多功能电子日历电路设计	279

11.3.2	多功能电子日历程序设计	280
11.3.3	多功能电子日历调试与仿真	284
11.4	单片机自动抽油烟机设计与仿真	285
11.4.1	自动抽油烟机电路设计	285
11.4.2	自动抽油烟机程序设计	286
11.4.3	自动抽油烟机调试与仿真	291
	附录	293
	附录 A 常用字符与 ASCII 码对照表	293
	附录 B MCS-51 系列单片机指令表	294
	参考文献	298

# 第1章 单片机技术基础

随着大规模集成技术的不断发展，微型计算机主要朝着两个方向发展：一是向高速度、高性能的微机方向发展；另一个方向是朝着稳定可靠、小而廉价的单片机方向发展。单片机以其体积小、抗干扰能力强、可靠性高、灵活性好、价格低廉等优点，被广泛应用于工业过程的自动检测和控制、智能仪器、家用电器等各个领域。

Intel 公司的 8051 单片机是 MCS-51 系列单片机的典型代表，除了具有一般单片机的优点外，以其独特的布尔控制功能深受用户青睐，本书主要以 Intel 8051 单片机为例来介绍单片机的基本原理和应用。

## 1.1 单片机概述

单片机是微型计算机发展的一个重要分支，其主要目的是面向各种场合的嵌入式应用。自 1971 年 Intel 公司推出第一款单片机以来，单片机就以其独特的优势在各种场合得到广泛的应用，经过近 50 年的发展，目前已经具有上百系列近千个机种。

### 1.1.1 单片机定义

所谓的单片机就是在一个半导体芯片上集成了中央处理器（Central Processing Unit, CPU）、存储器、输入/输出（Input/Output, I/O）接口、时钟振荡电路、定时/计数器和中断系统等计算机的主要功能部件，所以单个芯片就相当于一台微型计算机，因此称之为单片微型计算机（Single Chip Microcomputer, SCM），简称单片机。

目前，许多新型的单片机内部还集成有模拟-数字及数字-模拟转换器，高速输入/输出接口，浮点运算等特殊功能部件，由于其硬件结构和指令功能都是按工业控制要求设计的，特别适用于各种测量控制和数据处理的场合。为了突出单片机的控制特性，通常也把单片机称为微控制器（Micro Controller Unit, MCU）；由于其嵌入式应用的特点，也习惯把其称之为嵌入式微控制器（Embedded Micro Controller Unit, EMCU）。

### 1.1.2 单片机特点和应用

单片机把微型计算机的主要部件集成在一个芯片中，和传统的微机型计算机相比，主要具备如下特点。

#### 1. 性价比高

现有的单片机种类很多，在满足相应的控制功能前提下，有很多单片机可供选择。目前国内市场上有些单片机只需要几元人民币，配上少量的外围器件就可以构建一套功能比较完整的自动控制装置。

#### 2. 集成度高

单片机把各大功能部件都集成在一个芯片上，而且体积小，适合构建小体积装置的嵌入

式应用系统，降低了设计成本。同时严密的外部封装降低了各大部件受干扰的几率，大大提高了单片机的可靠性和抗干扰能力。

### 3. 控制能力强

单片机均配有丰富的指令系统，可根据实际情况实现各种复杂的控制要求，特别近年来随着单片机技术的不断发展，单片机的控制能力也在不断增强。

### 4. 低功耗

随着单片机嵌入式应用的不断普及，单片机在手持设备中的应用也日益广泛。因为采用电池供电，所以要求单片机的功耗和供电电压朝着更低的方向发展，目前部分单片机的供电电压已经降到 0.9 V 以下，休眠模式下的电流消耗低于 50 nA，大大降低了电能的消耗，延长了电池的寿命或充电周期。

由于单片机具有上述的诸多特点，使其在家用电器、自动测控系统、智能仪器、机器人等领域得到了广泛的应用。单片机应用的几个主要领域如下。

#### 1. 工业自动化领域

单片机因 I/O 口多、指令丰富、逻辑操作能力强等优点，在工业自动化行业，无论是检测还是控制方面都发挥了重要的作用。其既可进行单机控制，又可作多级控制的前端处理机，应用领域相当广泛。

#### 2. 智能仪器仪表领域

智能仪器仪表领域是国内目前应用单片机最多、最活跃的领域。在各类仪器仪表中（包括温度、湿度、流量、流速、电压、频率、功率、厚度、角度和长度测定等），引入单片机，使仪器仪表数字化、智能化、微型化，功能得到大大提高。

#### 3. 消费类电子产品领域

消费类电子产品领域主要以家电方向应用最为普遍，因为家电产品智能化是必然的趋势，以单片机为核心的电子秤、便携式心率监护仪、电视机、洗衣机、电冰箱、电磁炉、微波炉、空调、家用防盗报警器等产品层出不穷。

#### 4. 通信领域

现有许多的单片机都具有相应的通信接口（如串行通信接口、CAN 总线接口和以太网接口等），为单片机在计算机网络与通信设备中的应用创造了很好的条件，如通信过程的调制解调器、程控交换技术、电话自动分路器等方面。

## 1.1.3 单片机技术的发展

自 20 世纪 70 年代单片机诞生以来，以 8 位单片机作为起点，单片机的发展大致经历了以下几个阶段。

### 1. 第一阶段（1976—1978 年）

该阶段是低性能 8 位单片机的发展阶段，以 Intel 公司的 MCS-48 系列单片机为典型代表，这一阶段的单片机主要以 8 位单片机为主。

### 2. 第二阶段（1978—1982 年）

该阶段是高性能 8 位单片机的发展阶段，以 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机为典型代表，在 48 系列单片机基础上，完善了外部总线，改善了内部结构，以满足不同的应用需求。

### 3. 第三阶段 (1982—1990 年)

该阶段是 16 位单片机的发展阶段, 以 Intel 公司的 MCS-96 系列单片机为典型代表, 其在 51 系列单片机基础上, 内部集成了模拟-数字 (A-D) 转换器和高速输入/高速输出 (HIS/HSO) 接口。

### 4. 第四阶段 (1990 年—现在)

该阶段是单片机全面发展阶段, 可谓百花齐放。无论是 8 位单片机还是 16 位单片机都得到了长足的发展。随着单片机在各个领域应用的不断深入, 16 位单片机已经发展到 32 位单片机, 特别是近年来已经出现了多核的单片机。

无法预知今后的单片机会发展成何种具体形式, 但从现有单片机技术的发展情况来看, 目前的基本发展趋势是朝着 CMOS 化、低功耗化、低电压化、大容量化、高性能化、各种外围功能的内装化等方向发展。

## 1.1.4 MCS-51 单片机系列

MCS-51 系列单片机是 Intel 公司在 1980 年推出的高性能 8 位单片机, 在目前单片机市场中, 8 位单片机仍占有重要的地位。MCS-51 系列单片机及其兼容机以其良好的性能价格比, 仍是目前单片机开发和应用的的主流机型之一。表 1-1 所示为 MCS-51 系列单片机的分类表, 按资源的配置情况划分, 可分为 51 和 52 子系列, 其中 51 子系列是基本型, 而 52 子系列属于增强型。

表 1-1 MCS-51 系列单片机的分类表

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量/KB	片内 RAM 容量/B	寻址范围 /KB	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				计数器	并口	串口	
51 子 系列	8031	8051	8751	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4	128	2×64	2×16	4×8	1	5
52 子 系列	8032	8052	8752	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8	256	2×64	3×16	4×8	1	6

80C51 单片机系列是在 MCS-51 系列的基础上发展起来的, 早期的 80C51 只是 MCS-51 系列众多芯片中的一类, 但是随着芯片的发展, 80C51 已经形成独立的系列, 并且成为当前 8 位单片机的典型代表。80C51 与 MCS-51 相比, 主要具有以下几个方面特点。

在制造工艺方面, MCS-51 系列芯片采用 HMOS 工艺, 而 80C51 芯片则采用 CHMOS 工艺, CHMOS 工艺是 COMS 和 HMOS 的结合。

在功耗方面, 80C51 芯片具有 COMS 低功耗的特点, MCS-51 芯片的功耗为 630 mW, 而 80C51 的功耗只有 120 mW, 较低的功耗对单片机在便携式或户外作业的仪器仪表设备上应用十分有利。

在功能增强方面, 80C51 芯片增加了待机和掉电保护两种工作方式, 以保证单片机在待机和掉电情况下能以最低的电流消耗来维持单片机工作。

除此之外, 80C51 系列芯片内部集成的程序存储器类型也有所改变, 除了基本的 ROM 型和 EPROM 型外, 还有 E<sup>2</sup>PROM 型, 并且片内程序存储器的容量也越来越大。同时内部集成的程序存储器还具有保密机制, 防止应用程序泄密或被复制。

## 1.1.5 单片机选型

进行单片机系统设计和开发时，需要根据设计要求和功能，进行单片机选型。目前市场上可供选择的单片机种类繁多，各种型号的单片机都有各自的特点和应用环境，在选用时要多加比较，合理选择，以获得最佳的性价比。在单片机选型上，首要的一点就是满足功能要求，即在明确设计对象和设计任务的基础上，根据任务的具体情况和复杂程度来选择单片机。具体可以从以下几个方面进行考虑。

### 1. 存储器方面

单片机的存储器根据用途主要可以分为程序存储器和数据存储器两种。常见的程序存储器有掩模式 ROM、OTPROM、EPROM 和 Flash ROM 等几种类型。不同类型的程序存储器的擦写方式和时间不同，在试验或样机的研发阶段，需要经常地写入和擦除程序，推荐使用 Flash ROM 的单片机，因为 Flash ROM 采用电写入和电擦除形式，擦除和写入时间短，可有效提高调试和开发速度。在数据存储器方面，因其掉电后数据丢失的特点，因此可选择内部带有 E<sup>2</sup>PROM 的单片机，用于存储掉电后需要保护的关键数据（如系统的各种参数）。

### 2. 串行接口方面

目前许多单片机外围功能器件通常采用 UART（Universal Asynchronous Receiver/Transmitter）、I<sup>2</sup>C（Inter-Integrated Circuit）、CAN（Controller Area Network）、SPI（Serial Peripheral Interface）、USB（Universal Serial Bus）等串行接口方式。为了使单片机非常方便地和这些器件进行连接，节省接口协议程序的开发。因此在进行单片机选型时，还需要结合外围器件的接口方式，来选择内部集成有相应串行接口的单片机，以简化程序设计，缩短开发周期。

### 3. 模拟量输入/输出功能方面

单片机系统中通常需要实现模拟量的输入和输出，如果采用外部扩展相应的模拟-数字（A-D）和数字-模拟（D-A）转换接口方式，会使得系统的体积增加，同时提高了设计成本。因此可以选用内部集成有采样/保持电路、A-D 接口和 D-A 接口单片机，这样既可方便用户构建精密的数据采集系统，又可以降低系统成本。此外，不少单片机内部还集成有 PWM（Pulse-Width Modulation）接口，可方便地应用于变频调速等场合。

### 4. 工作电压和功耗方面

为了使单片机适应各种工作应用场合，现在的单片机的工作电压可选择的范围非常宽，常用的工作电压范围为 4.5~5.5 V，低电压范围为 2.4~3.6 V，部分单片机的工作电压甚至低至 0.9 V。如 Silicon Lab 公司推出的 8051F9xx 低电压低功耗系单片机，其工作电压范围为 0.9~3.6 V。

单片机选型时，还需要根据电源供应的具体情况来选择单片机，重点考虑单片机的工作电压和功耗的参数，如单片机在正常工作模式下的电流消耗。尤其是单片机采用电池供电方式时，要选用电流消耗小的单片机产品。同时还需要考虑单片机是否具有待机模式，当单片机进入空闲状态时，切入待机模式，从而进一步降低单片机的功率消耗，这些都是单片机选型时应当考虑的问题。

## 5. 抗干扰性能、保密性方面

如果单片机系统需要长期工作在工业现场，在选用单片机的时候，要选择抗干扰性能好的，特别是用在干扰比较大的工业环境中时更应如此，以保证单片机能够长期可靠地工作。同时还需要考虑单片机的保密性能，这样可保证知识产权不容易被侵犯。

## 6. 其他方面

在考虑上述几个方面的基础上，还有诸如中断源的数量和优先级、工作温度范围、工作电源电压低检测功能等因素需要考虑。

# 1.2 单片机内部结构

图 1-1 所示为 8051 单片机的内部结构框图，包含了 CPU、存储器、定时/计数器、I/O 接口、中断系统、时钟振荡电路等计算机的基本功能部件，各功能部件通过总线相连，集成于同一个芯片中。

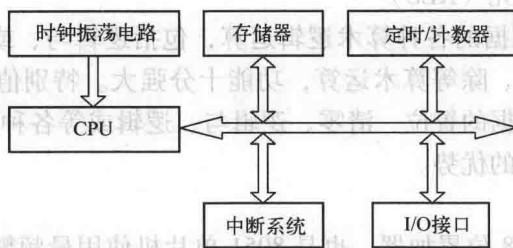


图 1-1 8051 单片机内部结构框图

### 1. 中央处理器 (CPU)

8051 单片机中设置有一个 8 位字长的 CPU，和其他计算机 CPU 一样，内部包含运算器和控制器。同时为了面向控制功能，其内部还增加了布尔处理器，使得 8051 CPU 同时具有字节数据和位数据处理两个功能。

### 2. 存储器

8051 单片机内部集成有 4 KB 的程序存储器和 256B 的数据存储器（实际可用的只有 128B）。对于简单的应用，内部集成的存储器容量完全可以满足应用要求，如果片内的存储器容量不够，可以扩展外部数据存储器 and 程序存储器。

### 3. 定时/计数器

8051 单片机内部具有两个 16 位的定时/计数器，均为加法计数器。可分别配置成定时器或者计数器用。用作定时器用时可实现内部精确的定时；用作计数器式可完成外部事件的脉冲计数，并且具有 4 种工作方式可供选择。

### 4. I/O 接口

8051 单片机配置有 4 个独立的 8 位并行 I/O 接口，分别为 P0 口、P1 口、P2 口和 P3 口，主要用于并行数据的输入和输出。其中 P3 口的 P3.0 和 P3.1 还可配置成一个全双工的串行接口，用于和其他单片机或者设备构成相应的通信系统。

### 5. 中断系统

8051 单片机内部集成功能强大的中断系统，系统支持 5 个中断源和 2 级中断优先级，



配置和使用灵活。

## 6. 时钟振荡电路

内部集成有一个用于构成振荡器的高增益反相放大器，外部只需连接一个石英晶体振荡器和两个电容就能为系统提供准确可靠的时钟信号。

### 1.2.1 CPU

8051 单片机的 CPU 主要包含运算器和控制器，用于实现数据的运算和产生各种控制信号，是单片机的核心部分。

#### 1. 运算器

运算器主要由算术逻辑运算单元 (Arithmetic Logical Unit, ALU)、累加器 (A)、位处理器和程序状态字 (Program Status Word, PSW) 等部分构成，用于实现各种算术和逻辑运算。

##### (1) 算术逻辑运算单元 (ALU)

ALU 主要完成字节数据的各种算术逻辑运算，包括逻辑与、或、异或、求补和清零等逻辑运算以及加、减、乘、除等算术运算，功能十分强大。特别值得一提的是，8051 的布尔处理功能还可实现位数据的置位、清零、逻辑与、逻辑或等各种运算，使得 8051 单片机在各种控制中显示出独特的优势。

##### (2) 累加器 (A)

累加器 (A) 是一个 8 位累加器，也是 8051 单片机使用最频繁的一个寄存器，几乎所有的算术运算和绝大多数的逻辑运算都是在累加器 A 中完成的，因此也给 8051 单片机带来一个“瓶颈”现象。

##### (3) 程序状态字 (PSW)

程序状态字 (PSW) 是一个 8 位的寄存器，其主要有两个作用，一是通过该寄存器反映当前 CPU 的运行状态，二是通过该寄存器控制 CPU 的运行。PSW 寄存器数据格式如下所示，并具体描述 PSW 中各位的主要含义。

位顺序	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
位名称	Cy	Ac	F0	RS1	RS0	OV	-	P

1) Cy (PSW.7) 称为进位标志位，在程序设计中通常用 C 来表示，当 CPU 在执行算术和逻辑运算时，如果有进位或者借位，该位可被硬件自动置“1”，否则被清“0”。

2) Ac (PSW.6) 称为辅助进位标志位，在运算过程中如果低 4 位有向高 4 位进位或者借位时，该位同样可被硬件自动置“1”，否则被清“0”。

3) F0 (PSW.5) 称为用户标志位，是专门留给用户使用的标志位，可通过程序置“1”或者清“0”，用于存放相应判断的标志位。

4) RS1 (PSW.4)、RS0 (PSW.3) 是工作寄存器区选择控制位 1 和位 0。8051 单片机为 R0 ~ R7 共 8 个通用寄存器提供了 4 组存储区域，具体存放于哪个地址区域，由 RS1 和 RS0 这两位的组合情况来选择。详细的工作寄存器地址区域分配表如表 1-2 所示。