

 提供电子教案  
和习题解答

高等院校规划教材  
计算机科学与技术系列

# 单片机原理、应用 与Proteus仿真

兰建军 伦向敏 关硕 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

高等院校规划教材·计算机科学与技术系列

# 单片机原理、应用与 Proteus 仿真

兰建军 伦向敏 关 硕 编著

图灵 (TIG) 目录索引封面



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。

本书以通俗的语言介绍了单片机的基本原理和应用方法,可作为各类工院校自动化、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: 2399929378, 电话: 010-88379753)。

## 图书在版编目(CIP)数据

单片机原理、应用与 Proteus 仿真/兰建军, 伦向敏, 关硕编著. —北京: 机械工业出版社, 2014. 2

高等院校规划教材·计算机科学与技术系列

ISBN 978-7-111-45222-5

I. ①单… II. ①兰… ②伦… ③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(2013)第 307208 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:和庆娣

责任印制:张楠

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2014 年 2 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·17 印张·421 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-45222-5

定价: 36.00 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

社服务中心:(010)88361066

销售一部:(010)68326294

销售二部:(010)88379649

读者购书热线:(010)88379203

网络服务

教材网:<http://www.cmpedu.com>

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

单片机作为微型计算机的一个重要发展分支,被广泛应用于工业过程的自动检测和控制等领域。单片机的发展非常迅速,在短短几十年中,已经发展到上百个系列近千个机种。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,在单片机市场中仍占有很大的份额。为了以简单的单片机来说明复杂的单片机系统设计,本书以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。

在内容编排方面,全书共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章主要介绍Proteus中进行综合应用实例的设计和仿真。

为了适应不同读者的需求,本书第5~第7章介绍了单片机内部主要功能部件的应用实例,同时给出了汇编语言和C语言源程序,因此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~第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,表示方法与国标有所不同。读者可自行查阅相关资料。

本书的第1章、第4章、第6章、第8章、第9章和第10章由兰建军编写,第2章、第3章和第11章由伦向敏编写,第5章和第7章由关硕编写,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,敬请广大读者批评和指正。

编 者

# 出版说明

计算机技术在科学研究、生产制造、文化传媒、社交网络等领域的广泛应用，极大地促进了现代科学技术的发展，加速了社会发展的进程，同时带动了社会对计算机专业应用人才的需求持续升温。高等院校为顺应这一需求变化，纷纷加大了对计算机专业应用型人才的培养力度，并深入开展了教学改革研究。

为了进一步满足高等院校计算机教学的需求，机械工业出版社聘请多所高校的计算机专家、教师及教务部门针对计算机教材建设进行了充分的研讨，达成了许多共识，并由此形成了教材的体系架构与编写原则，策划开发了“高等院校规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- 1) 涵盖面广，包括计算机教育的多个学科领域。
- 2) 融合高校先进教学理念，包含计算机领域的核心理论与最新应用技术。
- 3) 符合高等院校计算机及相关专业人才培养目标及课程体系的设置，注重理论与实践相结合。
- 4) 实现教材“立体化”建设，为主干课程配备电子教案、教材和实验实训项目等内容，并及时吸纳新兴课程和特色课程教材。
- 5) 可作为高等院校计算机及相关专业的教材，也可作为从事信息类工作人员的参考书。

对于本套教材的组织出版工作，希望计算机教育界的专家和老教师能提出宝贵的意见和建议。衷心感谢广大读者的支持与帮助！

机械工业出版社

# 目 录

出版说明

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	思考题	24
<b>第2章</b>	<b>指令系统和汇编语言</b>	<b>26</b>
2.1	概述	26
2.1.1	指令格式	26
2.1.2	指令描述符号说明	27
2.2	寻址方式	27
2.2.1	寄存器寻址	27
2.2.2	直接寻址	28
2.2.3	立即寻址	28
2.2.4	寄存器间接寻址	28
2.2.5	基址加变址寻址	28
2.2.6	相对寻址	29
2.2.7	位寻址	29
2.3	指令分类介绍	30
2.3.1	数据传送指令	30
2.3.2	算术运算指令	34
2.3.3	逻辑操作指令	39
2.3.4	控制转移指令	41
2.3.5	位操作指令	46
2.4	指令执行过程	49
2.5	常用伪指令	50
2.6	汇编语言程序基本结构	52
2.7	思考题	55
<b>第3章</b>	<b>单片机 C51 程序设计</b>	<b>57</b>
3.1	单片机 C 语言程序设计概述	57
3.1.1	C51 程序设计语言简介	57
3.1.2	Keil C51 开发环境简介	57
3.2	C51 程序设计基础	61
3.2.1	C51 中的数据类型	61
3.2.2	C51 中常量和变量	63
3.2.3	C51 中的运算符	65
3.2.4	C51 程序基本结构	66
3.3	单片机硬件资源的 C51 访问	69

3.4	C51 和汇编语言混合编程	71
3.4.1	C51 和汇编语言编程比较和说明	71
3.4.2	C51 和汇编语言混合编程方法	71
3.5	思考题	72
<b>第4章</b>	<b>单片机与 Proteus 虚拟仿真</b>	<b>74</b>
4.1	Proteus 概述	74
4.2	Proteus ISIS 应用简介	74
4.2.1	Proteus ISIS 集成环境	75
4.2.2	Proteus ISIS 元器件库	77
4.2.3	Proteus ISIS 中的原理图绘制	78
4.2.4	虚拟仿真工具	80
4.3	Proteus 中的电子设计与仿真	82
4.3.1	直流稳压电源设计	83
4.3.2	光控 LED 小夜灯设计	85
4.3.3	数字钟设计	86
4.4	Proteus 中的单片机系统设计与仿真	89
4.4.1	单片机电路原理图绘制	89
4.4.2	程序的设计与编译	89
4.4.3	目标代码的加载	90
4.4.4	程序调试与观察	91
4.4.5	Proteus 和 Keil C 联机调试	92
4.4.6	单片机流水灯控制	94
4.5	思考题	96
<b>第5章</b>	<b>单片机中断系统</b>	<b>98</b>
5.1	中断技术概述	98
5.2	8051 中断系统结构及其控制	98
5.2.1	中断系统结构	99
5.2.2	中断源及中断标志	99
5.2.3	中断控制和中断处理	101
5.3	外部中断的实现	105
5.3.1	外部中断触发方式	105
5.3.2	多中断源系统硬件扩展	106
5.4	中断系统程序设计	106
5.4.1	中断程序基本结构	107
5.4.2	中断初始化程序设计	109
5.4.3	中断服务子程序设计	110
5.5	单片机 LED 显示模式控制设计实例	111



5.6	思考题	113
<b>第6章</b>	<b>定时/计数器</b>	<b>115</b>
6.1	定时/计数器工作原理及其控制	115
6.1.1	内部结构和工作原理	115
6.1.2	功能及其控制	116
6.2	定时/计数器工作方式及其设置	118
6.2.1	工作方式及其特点	118
6.2.2	定时/计数器配置及初始化	120
6.2.3	扩大定时时间方法	126
6.3	定时/计数器实现软件“看门狗”原理	128
6.4	单片机 LED 亮度控制系统设计实例	130
6.5	思考题	133
<b>第7章</b>	<b>单片机串行口</b>	<b>135</b>
7.1	串行通信概述	135
7.2	8051 单片机串行口结构	137
7.2.1	串行口通信接口结构	137
7.2.2	串行通信控制寄存器	137
7.3	串行口的工作方式及波特率设定	138
7.3.1	工作方式 0	139
7.3.2	工作方式 1	140
7.3.3	工作方式 2	141
7.3.4	工作方式 3	143
7.3.5	波特率计算	143
7.4	多机通信原理	145
7.5	单片机的双机通信应用实例	146
7.5.1	串行通信接口电路	146
7.5.2	双机通信系统软件设计	147
7.6	思考题	151
<b>第8章</b>	<b>单片机存储器扩展</b>	<b>153</b>
8.1	存储器扩展	153
8.1.1	半导体存储器简介	153
8.1.2	典型存储器芯片介绍	154
8.1.3	存储器的扩展和地址译码	157
8.1.4	存储器扩展实例	161
8.1.5	串行 E <sup>2</sup> PROM 扩展	164
8.2	I/O 端口的基本应用与扩展	170
8.2.1	I/O 端口基本输入/输出应用	171

8.2.2	串、并口简单扩展电路	172
8.3	思考题	176
<b>第9章 单片机系统接口扩展及应用</b>		<b>178</b>
9.1	键盘接口扩展	178
9.1.1	按键识别与处理	178
9.1.2	独立式键盘原理与接口	179
9.1.3	行列式键盘原理与接口	180
9.1.4	利用独立式按键实现4路抢答器	184
9.2	显示接口扩展	186
9.2.1	LED数码管工作原理	186
9.2.2	LED数码管显示接口	187
9.2.3	利用74LS164实现2位静态显示电路	188
9.2.4	利用MAX7219实现4位动态显示电路	190
9.2.5	LCD模块概述	194
9.2.6	利用LCD1602实现字符显示	197
9.2.7	利用LCM1264ZK实现汉字显示	200
9.3	模拟量输入/输出接口扩展	204
9.3.1	模拟量输入/输出接口概述	204
9.3.2	D-A转换器概述	204
9.3.3	利用DAC0832实现锯齿波信号发生器	206
9.3.4	A-D转换器概述	208
9.3.5	利用ADC0808实现模拟量采集	208
9.4	思考题	211
<b>第10章 串行扩展和功率接口技术</b>		<b>213</b>
10.1	单片机串行扩展技术	213
10.1.1	单总线技术概述	213
10.1.2	DS18B20单总线测温应用实例	214
10.1.3	SPI总线概述	220
10.1.4	SPI总线E <sup>2</sup> PROM扩展应用实例	221
10.2	单片机功率接口技术	225
10.2.1	开关型功率接口概述	225
10.2.2	单片机功率晶体管接口应用实例	227
10.2.3	单片机继电器接口应用实例	228
10.2.4	单片机晶闸管接口应用实例	230
10.3	思考题	231
<b>第11章 虚拟仿真综合设计实例</b>		<b>232</b>
11.1	单片机多功能秒表设计与仿真	232

11.1.1	多功能秒表电路设计	232
11.1.2	多功能秒表程序设计	233
11.1.3	多功能秒表调试与仿真	237
11.2	单片机直流电动机调速系统设计与仿真	238
11.2.1	直流电动机调速系统电路设计	238
11.2.2	直流电动机调速系统程序设计	239
11.2.3	直流电动机调速系统调试与仿真	243
11.3	单片机多功能电子日历设计与仿真	243
11.3.1	多功能电子日历电路设计	243
11.3.2	多功能电子日历程序设计	244
11.3.3	多功能电子日历调试与仿真	248
11.4	单片机自动抽油烟机设计与仿真	249
11.4.1	自动抽油烟机电路设计	249
11.4.2	自动抽油烟机程序设计	250
11.4.3	自动抽油烟机调试与仿真	255
	<b>附录</b>	<b>257</b>
	附录 A 常用字符与 ASCII 代码对照表	257
	附录 B MCS-51 系列单片机指令表	258
	<b>参考文献</b>	<b>262</b>

# 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、I/O（Input/Output）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，也习惯将其称之为嵌入式控制器（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的价格只需要几元人民币，配上少量的外围器件就可以构建一套功能比较完善的自动控制装置。

#### 2. 集成度高

单片机把各大功能部件都集成于一个芯片上，而且体积小，适合于构建小体积装置的嵌

入式应用系统，以降低设计成本。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，在手持设备场合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，延长了电池的更换或充电周期。

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 线多、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，还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

这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，功能大大提高。

#### 3. 消费类电子产品领域

该领域主要以家电方向应用最为普遍，因为家电产品的智能化是必然的趋势，因此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也是层出不穷。

#### 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）

该阶段是低性能的 8 位单片机发展阶段，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/HISO) 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, 百家争鸣。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, 特别是近年来已经有多核的单片机被推出。

无法具体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	80C31	87C31	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的特点。

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 630mW, 而 80C51 的功耗只有 120mW, 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，需要是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，需要经常的写入和擦除程序，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，同时还可以降低系统成本。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的情况更应如此，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

在考虑上述的几个方面的基础上，还有一些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，其包含了 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。

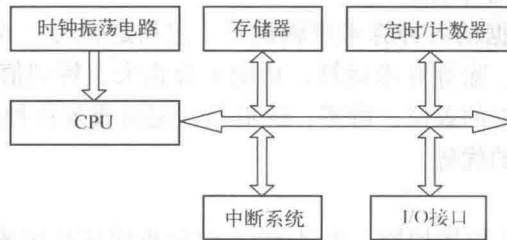


图 1-1 8051 单片机内部结构框图

### 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，内部包含有运算器和控制器。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 4KB 的程序存储器和 256B 的数据存储器（实际可用的只有低 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，可以进行外部扩展数据存储器 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一个标志位，可通过程序置“1”或者清“0”，可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。