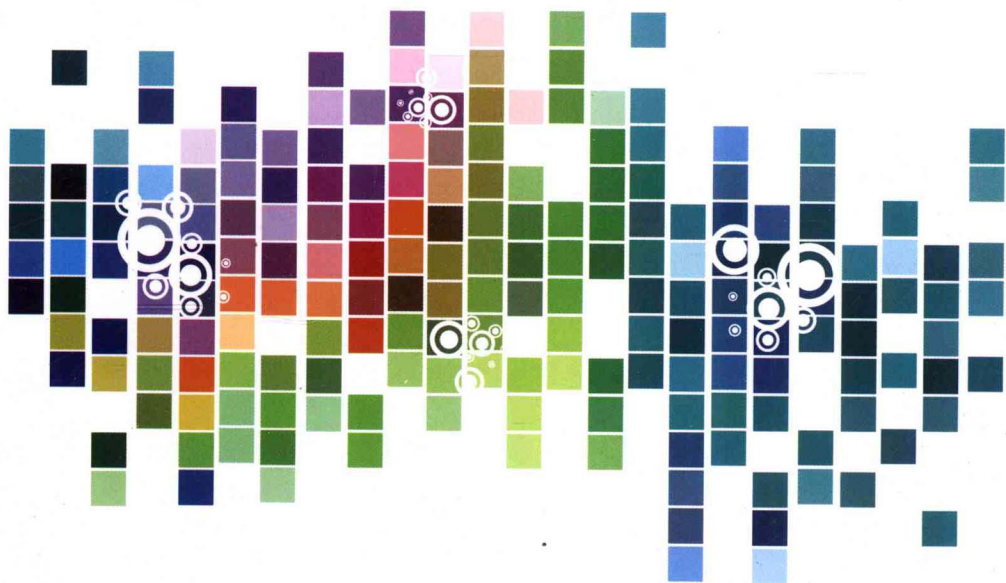


- ✓ 广东省高等学校立项项目教材
- ✓ 广东省精品资源共享课“单片机应用技术”教材
- ✓ 本书丰富教学资源下载网址 (<http://202.192.72.26:8089>)



单片机应用技术

——基于Proteus的项目设计与仿真

● 韩克 薛迎霄 编著



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

单片机应用技术

——基于 Proteus 的项目设计与仿真

韩 克 薛迎霄 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书注重单片机课程教学与应用过程,以 Proteus ISIS 现代电子系统仿真技术为平台,构建系统原型,实现硬件与软件的协同仿真,避免了传统教学中先理论后实践的脱节现象。由于选材切合实际,重点突出仿真技术在教与学中的应用,指令和项目仿真由浅入深,内容丰富、直观和生动,具有很强的可读性、时效性和可操作性,同时也体现出明显的工程项目与应用特征,使教材更加有活力与特色。全书共 11 章,系统地介绍了 MCS-51 系列单片机的硬件结构、指令系统、汇编语言程序设计、定时与中断系统、显示、键盘、转换器、串行通信等接口技术,以及 Proteus 仿真软件和基于 Proteus 的学期项目。

本书适合作为高等院校电子信息类、电气控制类和计算机应用类等专业的单片机课程教材,还可作为高职、高专及单片机应用能力培训和电子设计竞赛的教材,也可作为广大从事单片机系统开发与应用的工程技术人员的参考书。

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

单片机应用技术:基于 Proteus 的项目设计与仿真/韩克,薛迎霄编著. —北京:电子工业出版社,2013.3

ISBN 978-7-121-19387-3

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 318494 号

策划编辑:许存权

责任编辑:许存权 特约编辑:孙志明

印 刷:三河市鑫金马印装有限公司

装 订:三河市鑫金马印装有限公司

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:787×1 092 1/16 印张:21.75 字数:540 千字

印 次:2013 年 3 月第 1 次印刷

印 刷:4 000 册 定价:46.00 元

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,联系电话及邮购电话:(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

单片机（又称为微控制器）是一种面向控制的大规模集成电路芯片。目前，单片机技术的应用已经渗透到国防、工业、农业及日常生活等各个领域。在控制应用领域，51 系列单片机形成了规模庞大、功能齐全、资源丰富的产品群，目前国内众多院校也大量以 51 单片机作为单片机应用技术课程的基本内容。随着嵌入式系统、片上系统等产品的开发，51 单片机不断地以 IP 核的形式在以 FPGA 为基础的片上系统中被充分利用。由此可见，以单片机为核心设计的各种智能仪器仪表、工业检测控制、通信设备、信息处理、家用电器、汽车电子、机电一体化等方面得到了广泛应用，并取得了巨大的成果。

本书以 MCS-51 系列单片机教学为基础，以 Proteus ISIS 仿真技术为学习平台，力求系统化、项目化、仿真化和灵活应用，其特点如下：

（1）以 Proteus 软件作为单片机应用系统的设计和仿真平台，改变了传统的单片机教学与实践教学模式，克服了传统单片机系统在设计中没有系统原型就无法对系统进行测试、没有硬件系统就不能对软件进行真实调试的不足。Proteus 仿真技术在单片机系统设计中被广泛应用，是一种很好的目标产品设计方法，同时也是学习单片机技术的较好途径。

（2）在单片机应用系统设计中，采用 Proteus 软件仿真平台，一是实现单片机系统指令仿真，有利于理解和掌握单片机的系统指令；二是实现硬件与软件的协同仿真，验证系统电路设计原理和程序设计方法，适应不同层次人员对单片机学习的需要。

（3）在教学中应用 Proteus 仿真技术，能起到活学活用的目的，避免了传统教学中先理论后实践的脱节现象。由于采用仿真技术，项目电路的设计与仿真，仿真结果不仅具有准确性、可靠性、可读性，并且直观和形象，能够提供一个感性的认识平台，而且以任务为驱动，突出基础工程项目意识，项目资源丰富，每个项目都具有任务明确、软硬件设计思路分析、项目仿真结果验证和动手与分析的创新能力要求。

（4）本书是广东省高等学校立项项目教材，也是广东省精品资源共享课“单片机应用技术”使用教材之一。该精品资源共享课网站（<http://202.192.72.26:8089>）具有丰富的教学资源和学习平台，并且所提供的资源内容与本教材息息相关，浏览或下载所需资源能进一步帮助读者提高学习单片机技术的效率。

全书共分 11 章，内容包括：单片机技术概述、MCS-51 系列单片机的结构、Proteus ISIS 现代电子系统仿真技术、MCS-51 单片机指令系统、MCS-51 单片机汇编语言程序设计、MCS-51 单片机的定时与中断系统、单片机显示接口技术、单片机键盘接口技术、单片机转换器接口技术、单片机串行通信接口技术、单片机系统设计与学期项目。

本书注重理论与实践、教学与教辅相结合，深入浅出、层次分明、实例丰富、突出实用、可操作性强，特别适合作为普通高校电子信息工程、电子应用技术、通信工程、电气

工程、自动化生物医学工程及计算机应用等专业的教学用书，还可作为高职、高专及相关培训班的教材，也可作为从事单片机应用领域工作的工程技术人员参考书。

本书的编写得到广州市风标电子有限公司的大力支持与帮助，在此表示衷心的感谢。但由于作者的水平所限，书中难免存在缺点或不妥之处，敬请广大读者和同行批评、指正。

作者

2012年10月

Contents 目录

第1章 单片机技术概述1	2.4 时钟电路与复位电路.....22
1.1 计算机系统分类简介.....1	2.4.1 单片机的时钟电路与时序22
1.2 微型计算机的基本概念.....2	2.4.2 单片机的复位电路25
1.2.1 微型计算机系统的基本结构2	2.5 单片机的工作过程26
1.2.2 微型计算机的基本工作原理3	第3章 Proteus ISIS 现代电子系统仿真技术29
1.3 单片微型计算机.....3	3.1 Proteus ISIS 仿真软件简介.....29
1.3.1 单片机应用系统及组成4	3.1.1 Proteus 软件系统组成29
1.3.2 单片机的发展趋势4	3.1.2 电子产品设计流程30
1.3.3 MCS-51 单片机系列.....5	3.1.3 Proteus ISIS 操作界面介绍 ...31
1.3.4 MCS-51 系列单片机类型.....7	3.1.4 Proteus 软件资源34
1.4 单片机的应用.....8	3.1.5 Proteus 软件在教学与实践中的应用36
第2章 MCS-51 系列单片机的结构10	3.2 Proteus ISIS 菜单栏介绍.....37
2.1 MCS-51 系列单片机的内部结构.....10	3.2.1 文件 (File) 菜单37
2.1.1 8051 系列单片机的内部结构及其功能10	3.2.2 查看 (View) 菜单37
2.1.2 8051 的引脚定义及功能11	3.2.3 编辑 (Edit) 菜单38
2.2 MCS-51 单片机存储器结构.....14	3.2.4 工具 (Tools) 菜单39
2.2.1 MCS-51 单片机的存储地址结构14	3.2.5 设计 (Design) 菜单39
2.2.2 程序存储器14	3.2.6 绘图 (Graph) 菜单40
2.2.3 数据存储器15	3.2.7 源代码 (Source) 菜单40
2.3 并行 I/O 口电路结构19	3.2.8 调试 (Debug) 菜单40
2.3.1 P0 口结构20	3.2.9 库 (Library) 菜单40
2.3.2 P1 口结构21	3.2.10 模板 (Template) 菜单.....41
2.3.3 P2 口结构21	3.2.11 系统 (System) 菜单.....41
2.3.4 P3 口结构21	3.3 可视化助手43
	3.4 Proteus 电路设计基础44
	3.4.1 设计流程44
	3.4.2 新建设计文档44

3.4.3 设置工作环境	44	5.2 顺序程序设计	107
3.4.4 选取元器件及编辑	45	5.2.1 顺序程序结构	107
3.4.5 原理图连线	48	5.2.2 顺序程序设计实例	108
3.4.6 电气规则检查 ERC	48	5.3 分支程序设计	109
3.4.7 保存原理图	49	5.3.1 单分支结构程序的形式	109
3.5 基于 Proteus 的设计实例	49	5.3.2 单分支结构程序的设计 实例	110
3.5.1 Proteus 电路原理图设计	49	5.3.3 多分支程序设计与实例	111
3.5.2 软件设计	52	5.3.4 散转程序	112
3.5.3 加载源程序及编译	52	5.4 循环程序设计	113
3.5.4 电路仿真	53	5.4.1 循环结构程序段的组成	114
3.5.5 源代码仿真与调试	53	5.4.2 循环程序实例	114
3.5.6 单片机内部资源仿真与 调试	54	5.5 查表程序设计	117
第 4 章 MCS-51 单片机指令系统	56	5.6 子程序调用设计	118
4.1 指令系统概述	56	5.6.1 子程序调用及返回过程	118
4.1.1 指令概念	56	5.6.2 子程序嵌套	121
4.1.2 指令格式及说明	57	5.6.3 堆栈结构	122
4.2 寻址方式	59	5.7 基于 Proteus 的汇编语言 程序设计与仿真实例	122
4.2.1 立即寻址	59	5.7.1 广告灯电路设计与仿真	122
4.2.2 直接寻址	61	5.7.2 开关状态显示电路设计 与仿真	125
4.2.3 寄存器寻址	62	5.7.3 汽车转向与刹车控制器 设计与仿真	127
4.2.4 寄存器间接寻址	63		
4.2.5 变址寻址	64		
4.2.6 相对寻址	65		
4.2.7 位寻址	66		
4.3 指令系统	68		
4.3.1 数据传送类指令	68		
4.3.2 算术运算类指令	76		
4.3.3 逻辑运算及位移类指令	83		
4.3.4 位操作指令	87		
4.3.5 控制转移类指令	92		
4.3.6 常用伪指令	100		
第 5 章 MCS-51 单片机汇编语言 程序设计	106	第 6 章 MCS-51 单片机的定时与 中断系统	134
5.1 汇编语言程序设计的基本 步骤	106	6.1 单片机的定时/计数器	134
		6.1.1 单片机定时/计数器的结构及 工作原理	134
		6.1.2 定时/计数器的方式寄存器 和控制寄存器	136
		6.1.3 定时/计数器初始化及 步骤	137
		6.1.4 定时/计数器的工作方式	138
		6.2 基于 Proteus 的定时/计数器 设计与仿真实例	143
		6.2.1 广告灯电路设计与仿真	143

6.2.2	电子秒表设计与仿真	146	7.3.2	8051 与 LED 大屏幕 显示器的接口技术	188
6.2.3	方波发生器的设计与 仿真	148	7.4	基于 Proteus 的大屏幕显示器 电路设计与仿真	190
6.3	MCS-51 中断系统	149	7.4.1	基于 Proteus 的 LED 点阵 静态显示技术	190
6.3.1	中断系统的概念及特点	149	7.4.2	基于 Proteus 的 LED 点阵 动态显示技术	191
6.3.2	中断系统的组成及 中断源	150	7.5	LCD 液晶显示器与接口 技术	194
6.3.3	中断系统控制寄存器	151	7.5.1	LCD 显示原理及分类	194
6.3.4	中断处理过程	154	7.5.2	LCD 液晶显示模块	195
6.3.5	外部中断源的扩展	156	7.5.3	1602 LCD 的控制指令及 初始化	198
6.3.6	中断服务程序的设计	158	7.5.4	LCD 显示模块的接口 形式	199
6.4	基于 Proteus ISIS 的中断 系统仿真	160	7.6	基于 Proteus 的 LCD 显示 电路设计与仿真	200
6.4.1	周期为 20 ms 方波发生器 的设计与仿真	160	7.6.1	间接访问方式 LCD 显示 电路的设计与仿真	200
6.4.2	二路方波发生器的设计与 仿真	161	7.6.2	直接访问方式 LCD 字符 显示电路的设计与仿真	204
6.4.3	彩灯中断控制电路设计与 仿真	163			
6.4.4	电子圆模式电路设计与 仿真	166			
第 7 章	单片机显示接口技术	174	第 8 章	单片机键盘接口技术	209
7.1	LED 显示器与接口技术	174	8.1	键盘	209
7.1.1	LED 数码管结构及工作 原理	174	8.1.1	键盘工作原理	209
7.1.2	LED 数码管的控制方式	175	8.1.2	键盘结构与输入特点	209
7.2	基于 Proteus 的 LED 显示器 与接口电路设计	177	8.2	独立式键盘接口技术	210
7.2.1	基于 Proteus 的电子秒表 电路设计	177	8.2.1	独立式按键电路结构	210
7.2.2	基于 Proteus 的脉冲计数 电路设计	179	8.2.2	独立式按键的软件结构	210
7.2.3	基于 Proteus 的篮球竞赛 24 s 定时器电路设计与仿真	182	8.3	基于 Proteus 的独立式键盘 电路设计与仿真	211
7.3	点阵式 LED 显示器与接口 技术	186	8.3.1	基于 Proteus 的查询独立式 键盘电路设计	212
7.3.1	点阵 LED 结构及原理	186	8.3.2	基于 Proteus 的中断独立式 键盘电路设计	214
			8.4	矩阵式键盘接口技术	217
			8.4.1	矩阵式键盘电路结构	217

8.4.2	矩阵式键盘按键的识别	218
8.4.3	矩阵式键盘工作方式	218
8.5	基于 Proteus 的矩阵式键盘 电路设计与仿真	219
8.5.1	基于 Proteus 的查询矩阵式 键盘电路设计	220
8.5.2	基于 Proteus 的中断矩阵式 键盘电路设计	223
第 9 章	单片机转换器接口技术	228
9.1	A/D 转换器接口技术	228
9.1.1	A/D 转换器原理	228
9.1.2	典型 A/D 转换器芯片 ADC0809	229
9.1.3	ADC0809 与 MCS-51 单片机的接口技术	230
9.1.4	ADC0809 转换程序设计	232
9.2	基于 Proteus 的 ADC0809 数据采集系统设计与仿真	234
9.2.1	基于 Proteus 的 ADC0809 单路数据采集系统设计	235
9.2.2	基于 Proteus 的 ADC0809 多路数据采集系统设计	237
9.3	D/A 转换器接口技术	241
9.3.1	D/A 转换原理及主要 技术指标	241
9.3.2	并行 D/A 转换器芯片 DAC0832	242
9.3.3	DAC0832 与单片机接口 技术	244
9.4	基于 Proteus 的 DAC0832 应用电路设计	245
9.4.1	基于 Proteus 的 DAC0832 D/A 转换电路设计	245
9.4.2	基于 Proteus 的 DAC0832 扫描式电压输出 电路设计	247
9.4.3	基于 Proteus 的 DAC0832 三角波发生器	249

9.4.4	基于 Proteus 的 DAC0832 正弦波发生器	251
-------	--------------------------------	-----

第 10 章 单片机串行通信接口技术 256

10.1	通信的一般概念	256
10.1.1	并行通信与串行通信	256
10.1.2	串行通信的制式	257
10.1.3	串行通信的两种基本 方式	257
10.1.4	串行通信的波特率	258
10.1.5	串行通信接口	259
10.2	MCS-51 单片机串行通信 接口	259
10.2.1	MCS-51 串行口的结构	259
10.2.2	MCS-51 串行口的工作 方式	261
10.2.3	MCS-51 串行口的 波特率	263
10.2.4	MCS-51 串行通信的编程 方法	264
10.3	MCS-51 单片机串行口的 扩展应用	266
10.3.1	单片机 I/O 口的扩展	266
10.3.2	基于 Proteus 的串入 并出扩展口电路设计	267
10.3.3	基于 Proteus 的并入 串出扩展口电路设计	268
10.4	MCS-51 单片机双机串行 通信的应用	270
10.4.1	双机通信接口	270
10.4.2	单片机双机通信原理与 设置	270
10.4.3	基于 Proteus 的单片机 双机串行通信设计	271
10.5	MCS-51 单片机多机串行 通信的应用	274
10.5.1	多机通信硬件基本 电路	274
10.5.2	多机通信原理与设置	274

10.5.3 基于 Proteus 的单片机 多机串行通信设计	275	11.2 基于 Proteus 的学期项目	292
10.6 MCS-51 单片机与 PC 串行 通信的应用	279	11.2.1 交通信号灯模拟控制 系统的设计与仿真	292
10.6.1 单片机和 PC 串行通信 硬件基本电路	279	11.2.2 16×16 LED 图形广告屏 (会飞的小鸟) 设计与 仿真	306
10.6.2 单片机和 PC 串行 通信的设置	280	11.2.3 直流电动机 PWM 控制 模块设计与仿真	311
10.6.3 基于 Proteus 的单片机 与 PC 串行通信技术	280	11.2.4 子项目 1——直流 电动机的正转、反转 控制电路设计与仿真	316
第 11 章 单片机系统设计和基于 Proteus 的学期项目	286	11.2.5 子项目 2——直流电动机 固定 PWM 转速的电路 设计与仿真	319
11.1 单片机应用系统设计 方法	286	11.2.6 系统项目——直流电动机 PWM 调速电路设计与 仿真	322
11.1.1 确定任务	286	附录 A MSC-51 指令速查表	327
11.1.2 总体设计	287	附录 B Proteus 常用元器件	331
11.1.3 硬件设计	287	附录 C 基本逻辑符号对照表	333
11.1.4 抗干扰措施	289	参考文献	335
11.1.5 软件设计	290		
11.1.6 系统调试	291		
11.1.7 系统仿真	291		

第1章 单片机技术概述

单片机 MCU (Micro Controller Unit) 是面对测控对象的嵌入式应用计算机系统。它的出现使计算机技术从通用型计算领域进入到了智能化的控制领域, 并且在嵌入式计算机领域得到极其重要的发展与应用。本章首先介绍微型计算机的基本概念、组成及分类, 然后介绍单片机技术特点及常用 MCS-51 系列单片机类型, 最后介绍单片机应用系统的设计方法和步骤。

➔ 1.1 计算机系统分类简介

世界上第一台计算机于 1946 年问世。半个世纪以来, 计算机技术取得了突飞猛进的发展。计算机按照体系结构、性能、体积、应用领域等, 分为大型计算机、中型计算机、小型计算机和微型计算机。计算机在数值计算、逻辑运算与推理、信息处理及实际控制方面朝着高速海量运算的通用计算机系统发展, 表现出非凡的能力, 其典型产品为 PC 机; 而广泛渗透到制造工业、过程控制、通信、仪器仪表、交通、航空航天、军事装备、家电产品等领域的正是嵌入式计算机系统。嵌入式系统是以应用为中心, 以计算机技术为基础, 主要表现在直接面向控制对象; 嵌入到具体的应用系统中; 现场可靠地运行; 体积小, 应用灵活; 突出时序控制功能; 以隐藏的形式嵌入在各种装置、产品和系统中。因此, 将计算机技术分为通用计算机系统和嵌入式计算机系统。

嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术和电子技术及各个行业的具体应用相结合的产物, 也是不断创新的知识集成系统。嵌入式系统的核心部件有嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor Unit, EMPU); 嵌入式 DSP 处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP); 微控制器 (Microcontroller Unit, MCU, 又称单片机)。顾名思义, 单片机就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。它以某一种微处理器为核心, 芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、脉宽调制输出、A/D、D/A。微控制器的最大特点是单片化, 体积大幅减小, 从而使功耗和成本降低、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流, 以 MCU 为核心的嵌入式系统约占市场份额的 70%。

本教材以市场占有率最高的 MCS-51 单片机 (或称 8051、51 系列、8XX51 单片机) 为核心, 介绍嵌入式系统设计的基本技术。

➔ 1.2 微型计算机的基本概念

微型计算机（Microcomputer）简称微机，是计算机的一个重要分类。微型计算机不但具有计算快速、精确、程序控制等特点，而且还具有体积小、质量轻、功耗低、价格便宜等优点。个人计算机简称 PC（Personal Computer），是微型计算机中应用最为广泛的一种，也是近年来计算机领域中发展最快的一个分支。PC 机在性能和价格方面适合个人用户购买和使用，目前，它已经像普通家电一样深入到了家庭和社会生活的各个方面。

1.2.1 微型计算机系统的基本结构

微型计算机系统由硬件系统和软件系统两大部分组成。硬件系统是指构成微机系统的实体和装置，通常由运算器、控制器、存储器、输入接口电路和输入设备、输出接口电路和输出设备等组成。如果将运算器与控制器集成在一个芯片上，则该芯片称为中央处理器（Central Processing Unit, CPU），是微机的核心部件。CPU 配上存放程序和数据的存储器、输入/输出（Input/Output, I/O）接口电路及外部设备即构成微机的硬件系统。

软件系统是微机系统所使用的各种程序的总称。软件部分包括系统软件（如操作系统）和应用软件（如字处理软件），人们通过它对微机进行控制并与微机系统进行信息交换，使微机按照人的意图完成预定的任务。软件系统与硬件系统共同构成完整的微机系统，典型微型计算机系统的组成如图 1-1 所示。

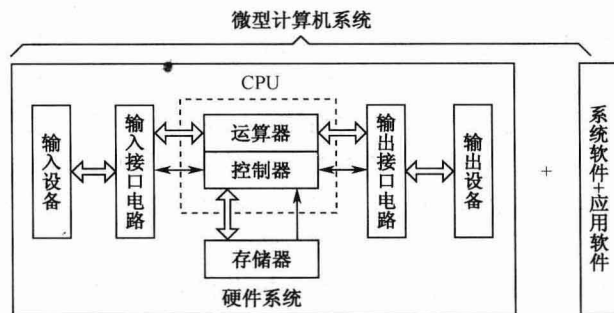


图 1-1 微型计算机系统组成示意图

微型计算机硬件系统简要说明。

① 微处理器（CPU）：CPU 是计算机的控制核心，它由运算器和控制器组成，其功能是执行指令，并对整机进行控制。其中，运算器用于实现算术和逻辑运算；控制器是计算机的指挥控制部件，它使计算机各部分自动、协调地工作。

② 存储器：存储器有 ROM 和 RAM 之分，用于存储程序和数据，它由成千上万个单元组成，每个单元都有一个编号（称为地址），每个单元存放一个 8 位二进制数，这个二进制数可以是程序的代码，也可以是数据。

③ 输入/输出接口：又称 I/O 接口，是 CPU 和外设（外部设备）之间相连的逻辑电路，外设必须通过接口才能和 CPU 相连。每个 I/O 接口也有一个地址，CPU 通过对不同地址的

I/O 接口进行操作来完成对外设的操作。

④ 输入/输出设备：输入设备用于将程序和数据输入到计算机中。键盘就是一种输入设备；输出设备用于将计算机数据计算或加工的结果，以用户需要的形式显示或打印出来。通常将外存储器、输入设备和输出设备合在一起称为计算机的外部设备，简称外设。

⑤ 总线：用于传送程序或数据的总线称为数据总线；地址总线用于传送地址，以识别不同的存储单元或 I/O 接口；控制总线用于控制数据总线上数据流传送的方向、对象等。在程序指令的控制下，存储器或 I/O 接口通过控制总线和地址总线的联合作用，分时地占用数据总线和 CPU 交流信息。

1.2.2 微型计算机的基本工作原理

自动高速地完成指令规定的操作是计算机最基本的工作原理。首先，将表示计算步骤的程序和计算中需要的原始数据，在控制器输入命令的控制下，通过输入设备送入计算机的存储器存储。其次当计算开始时，在取指令作用下将程序指令逐条送入控制器。控制器对指令进行译码，并根据指令的操作要求向存储器和运算器发出存储、取数命令和运算命令，经过运算器计算并将结果存放在存储器内。在控制器的取数和输出命令作用下，通过输出设备输出计算结果。简而言之，存储程序、执行程序是微机的基本工作原理，取址、译码、执行是微机的基本工作过程。

单片机是微型计算机的一种。是将计算机主机（CPU、存储器和 I/O 接口）集成在一小块硅片上的微机，它的特点是具有集成度高、可靠性高、性价比高、体积小、功能全等优势。单片机主要应用于工业检测与控制计算机外设、智能仪器/仪表、通信设备、家用电器等，特别适合嵌入式微型机应用系统。

1.3 单片微型计算机

单片微型计算机（Single Chip Microcomputer，简称单片机），又称 MCU（Microcontroller Unit），也称微控制器。是将计算机的基本部分微型化，集成在一个晶体芯片上，构成一台功能独特、完整的微型计算机，可以实现微型计算机的基本功能。单片机片内含有如中央处理器 CPU（Central Processing Unit）、随机存取存储器 RAM（Random Access Memory）、只读存储器 ROM（Read Only Memory）、并行 I/O 接口、串行 I/O 接口、定时/计数器、中断控制、系统时钟及系统总线等。内部结构示意图如图 1-2 所示。

单片机实质上是一个芯片，在实际应用中，通常很少将单片机和被控对象直接进行电气连接，而必须外加各种扩展接口电路、外部设备、被控对象等硬件和软件，才能构成一个单片机应用系统。为适应不同的应用需求，一般一个系列的单片机具有多种衍生产品，每种衍生产品的处理器内核都是一样的，只是存储器和外设的配置及封装不同，这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配。因此，单片机发展成了一个庞大的家族，有上千种产品可供用户选择。

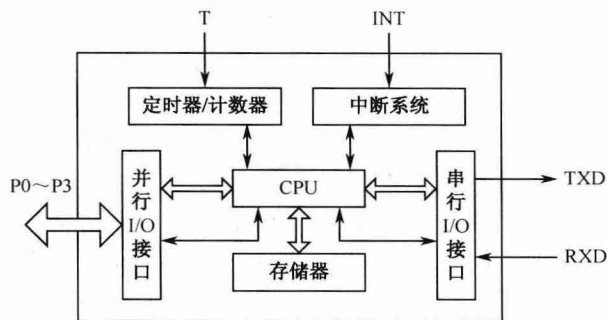


图 1-2 单片机内部结构示意图

1.3.1 单片机应用系统及组成

单片机应用系统是以单片机为核心，配合输入、输出、显示、控制等外围电路和软件，能实现一种或多种功能的实用系统。所以说，单片机应用系统是由硬件和软件组成的，硬件是应用系统的基础，软件则在硬件的基础上对其资源进行合理配置和使用，从而完成应用系统所要求的任务，二者相互依赖，缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1-3 所示。

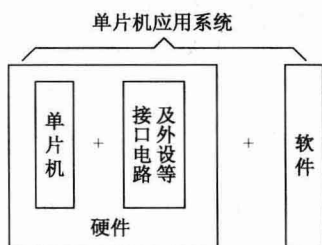


图 1-3 单片机应用系统的组成

单片机应用系统的开发人员必须从硬件和软件两个方面来深入了解单片机，只有将二者有机结合起来，才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

1.3.2 单片机的发展趋势

自从 1974 年美国 Fairchild 公司研制出第一台单片机 F8 之后，单片机技术的发展已经逐步走向成熟。单片机经历了由 4 位、8 位、16 位再到 32 位机，正朝着高性能、多品种方向发展。目前，在实际应用中，8 位单片机也在不断地采用新技术，而且 8 位增强型单片机在速度和功能上并不逊色于 16 位单片机，因此在未来相当长的时期内，8 位单片机仍是单片机的主流机型。单片机技术的发展有以下几个方面的特点：

(1) 微型单片化、功能更强

目前已经有许多单片机不仅具有通用的单片机功能外，而且增强型的单片机还集成有 A/D、D/A、LED/LCD 显示驱动、DMA 控制器、PWM（脉宽调制器）、PLC（锁相环控制）、PCA（可编程计数阵列）、WDT（看门狗），并支持多种通信方式等。而且存储器的编程（烧录）方式也越来越方便，有脱机编程、在系统可编程（ISP）。单片机技术正朝着片上系统（System On Chip, SOC）的方向发展。另外，结合专用集成电路 ASIC、精简指令集 RISC 技术，使单片机发展成为嵌入式的微处理器，深入到数字信号处理、图像处理、人工智能、机器人等领域，使得由单片机构成的系统正朝微型化方向发展。

(2) 低电压、低功耗

现在单片机功耗越来越低，普遍都在 100 mW 左右。采用 CHMOS 制作工艺使单片机集 HMOS 的高速、高集成度和 CMOS 的低功耗技术为一体，使单片机的功耗进一步降低，

适应的电压范围更宽(2.6~6 V)。所以这种工艺将是今后一段时期单片机发展的主要途径。低电压、低功耗的单片机的特性尤为重要,使之大量应用于便携式的供电仪器仪表和家用电器产品。

(3) 价格更低

随着微电子技术的不断进步,许多公司陆续推出了价格更低的单片机。可以说,单片机一个显著的特点是成本低,易于产品化。在相当一部分以单片机为核心的嵌入式产品中,单片机的硬件投入成本仅占整个产品的一小部分,更多的成本是来自系统设计、软件开发与市场营销。

(4) 主流与多品种共存

现在虽然单片机的品种繁多、各具特色,而应用最广的则当属 Intel 公司的 MCS-51 系列 8 位机。在 Philips 等公司推出新一代 80C51 系列单片机后,各种型号的 80C51 单片机层出不穷,ATMEL 公司的闪存存储器单片机 AT89C51 等更有后来者居上之势。

目前,中国台湾的 Holtek 公司近年生产的单片机产量与日俱增, Motorola 公司的产品、日本几大公司的专用单片机等也占据了一定的市场份额。由于单片机技术不断地发展,各种品种的功能具有独特的优势,在一定的时期内,不会出现某个单片机一统天下的垄断局面,而是多个品种依存互补、相辅相成、共同发展。

1.3.3 MCS-51 单片机系列

尽管各类单片机很多,各类单片机的指令系统各不相同,功能各有所长,但无论是从世界范围还是从全国范围来看,使用最为广泛、市场占有率最高的是 MCS-51 系列单片机,因为世界上很多知名的 IC 生产厂家都生产兼容 MCS-51 的芯片。生产 MCS-51 系列单片机的厂家有 Intel 公司、ATMEL 公司、Philips 公司、AMD 公司、WINBOND 公司、LG 公司、NEC 公司等。到目前为止, MCS-51 单片机已有数百个品种,并且还在不断推出功能更强的新产品。近年来, Philips 公司又推出了指令和 MCS-51 兼容的 16 位单片机,这样保证了 MCS-51 单片机的先进性,因此 MCS-51 单片机成为教学的首选机型。

1. Intel 公司的 MCS-51 系列单片机

Intel 公司可以说是 MCS-51 系列单片机的“开山鼻祖”,正是 Intel 公司的 8031 单片机开创了 MCS-51 单片机时代。Intel 公司的 8051 系列单片机,构成了 8051 单片机的基本标准。许多参考书上将这种单片机称为 MCS-51 系列单片机。MCS-51 系列单片机的典型产品资源见表 1-1 所示。

表 1-1 MCS-51 系列单片机的资源

型 号	程序存储器	片内 RAM	定时/计数器	并行 I/O	串 行 口	中 断 源
8031 80C31	无(需要外部扩展)	128 B	2×16 bit	32	1	5
8051 80C51	4KB ROM	128 B	2×16 bit	32	1	5
8052	8KB ROM	256 B	3×16 bit	32	1	6
8751 87C51	4KB EPROM	128 B	2×16 bit	32	1	5

MCS-51 系列单片机是单片机发展历史上的一个“里程碑”，其意义是重大的，可以说后来的系列单片机都是在它的基础上发展起来的。

2. Philips 公司系列单片机

Philips 公司生产与 MCS-51 兼容的 80C51 系列单片机，片内具有 I²C 总线、A/D 转换器、定时监视器、CRT 控制器 (OSD)、“看门狗”(WTD) 电路、电源监测和时钟监测等。丰富的外围部件，其某些产品工作电压甚至可低至 1.8 V，并且扩大了接口功能，如设置高速口，扩展 I/O 数量，增加外部中断源及将 ADC、PWM 做入片内。为提高运行速度，时钟频率已达 16/24 MHz。主要产品有 80C51、80C52、80C31、80C32、80C528、80C552、80C5132、80C751 等。

3. Atmel 公司的 MCS-51 系列单片机

Atmel 公司可以说是现在 MCS-51 系列单片机的行业老大，它生产的系列单片机提供了丰富的外围接口和专用的控制器，可用于特殊用途，例如电压比较、USB 控制、MP3 解码及 CAN 控制等。另外，Atmel 公司还将 ISP 技术集成在 MCS-51 系列单片机中，使用户能够方便地改变程序代码，从而方便地进行系统调试。Atmel 公司还提供了各种产品的不同封装，以方便用户进行选择。如目前市场上常用的 AT89S51、AT89S52、AT89S2051 等系列单片机，其特点如下。

(1) AT89S51 单片机

AT89S51 单片机是 Atmel 公司推出的一款在系统可编程 (ISP) 单片机。通过相应的 ISP 软件，用户可方便地对该单片机 Flash 程序存储器中的代码进行修改。AT89S51 和 AT89C51 (早期产品) 的引脚完全兼容，其技术参数如下：

- 4 KB 在系统可编程 Flash 程序存储器，3 级安全保护；
- 128 字节的内部数据存储器；
- 32 个可编程 I/O 引脚；
- 2 个 16 位计数/定时器；
- 5 个中断源，可以在断电模式下响应中断；
- 1 个全双工的串行通信口；
- 最高工作频率为 33 MHz；
- 工作电压为 4.0~5.5 V；
- 双数据指针使得程序运行得更快。

(2) AT89S2051 单片机

AT89S2051 单片机是另外一种使用非常多的单片机，因其功耗低、体积小等特点而被广大用户所选用。此外，AT89C2051 单片机还有很多独特的结构和功能，例如具有 LED 驱动电路、电压比较器等。AT89C2051 有两种可编程的电源管理模式：空闲模式，该模式下 CPU 停止工作，但是 RAM、计数器/定时器、串行口和中断系统仍然工作；断电模式，该模式下保存了 RAM 的内容，但是冻结了其他部分的内容，直至被再次重启。AT89C2051 有 DIP20 和 SOIC20 两种封装形式，其技术参数如下：

- ① 2 KB 的程序存储器，2 个级别的程序存储器保护功能。
- ② 128 字节的内部数据存储器。

- ③ 15 个可编程 I/O 引脚，可以作为直接的 LED 驱动。
- ④ 2 个 16 位计数/定时器。
- ⑤ 6 个中断源，2 个优先级别。
- ⑥ 1 个全双工的串行口。
- ⑦ 片上电压比较控制器。
- ⑧ 工作电压为 2.7~6 V。

(3) AT89S52 单片机

AT89S52 是一种低功耗、高性能 CMOS 的 8 位微控制器，使用 Atmel 公司高密度非易失性存储技术制造，与工业 80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程，也适于常规编程器，使得 AT89S52 为众多嵌入式控制应用系统提高灵活、超有效的解决方案。AT89S52 具有以下主要性能：

- 8 KB 在系统可编程 Flash 存储器；
- 256 B 的内部数据存储器；
- 全静态操作：0 Hz~33 MHz；
- 32 个可编程 I/O 口线；
- 三个 16 位定时/计数器；
- 八个中断源；
- 全双工 UART 串行通道；
- 三级加密程序存储器；
- 低功耗空闲和掉电模式；
- 掉电后中断可唤醒；
- 看门狗定时器；
- 双数据指针。

对一般用户来说，Atmel89 系列单片机具有以下明显的优点：

① 内部含 Flash 存储器，因此在系统的开发过程中可以十分容易地修改程序，大大缩短系统的开发周期。同时，在系统工作过程中，能有效地保存一些数据信息，即使外界电源损坏也不会影响信息的保存。

② Atmel 89 系列单片机是以 8031 为核心构成的，引脚是和 80C51 一样的，对于以 8051 为基础的系统来说，用 Atmel 公司的 89 系列单片机取代 8051 的系统设计是十分容易进行替换和构造的。

③ 可进行反复系统试验。用 89 系列单片机设计的系统，可以反复进行系统试验。每次试验可以编入不同的程序，这样可以保证用户的系统设计达到最优。而且随用户的需要和发展，还可以进行修改，使系统不断追随用户的最新要求。

④ 静态时钟方式。89 系列单片机采用静态时钟方式，所以可以节省电能，这对于降低便携式产品的功耗十分有用。

1.3.4 MCS-51 系列单片机类型

MCS-51 系列单片机品种很多，如果按照存储器配置状态可划分为：片内 ROM 型，如