

国家精品课程配套教材

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微课版

单片机原理及 接口技术 (C51编程) (第3版)

Microcontroller Principle and Interface
Technology (C51 Programming)

张毅刚◎主编

刘连胜 崔秀海◎副主编

- 内容讲解注重原理与应用设计相结合
- 案例选取注重实用性、典型性
- 提供大量的C51程序设计案例



名家系列



中国工信出版集团



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

国家精品课程配套教材

21世纪高等学校计算机规划教材

21st Century University Planned Textbooks of Computer Science

微课版

单片机原理及 接口技术 (C51编程)(第3版)

Microcontroller Principle and Interface
Technology (C51 Programming)

张毅刚◎主编

刘连胜 崔秀海◎副主编



名家系列

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及接口技术：C51编程：微课版 / 张毅刚主编. -- 3版. -- 北京：人民邮电出版社，2020.1
21世纪高等学校计算机规划教材. 名家系列
ISBN 978-7-115-52380-8

I. ①单… II. ①张… III. ①单片微型计算机—基础理论—高等学校—教材②单片微型计算机—接口技术—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第248550号

内 容 提 要

本书详细介绍了美国 ATMEL 公司的 AT89S51/52 单片机片内硬件资源及工作原理，重点介绍了单片机应用的各种技术实现，如信息的显示与输入、中断、定时/计数、串行通信、模/数与数/模转换、并行与串行扩展的接口设计等，以及相应的 C51 语言编程。此外，还简要介绍了软件开发工具 Keil C51 以及虚拟仿真平台 Proteus 的基本特性。结合各种应用，书中给出较多的设计案例，可为读者在各种硬件接口设计与用 C51 语言编程时提供参考与借鉴。

本书可作为各类工科院校、职业技术学院的电气工程、电子电气信息技术、智能仪器仪表、机电一体化、计算机、工业自动化及自动控制等专业单片机技术课程的教材，还可供从事单片机应用设计的工程技术人员阅读参考。

-
- ◆ 主 编 张毅刚
 - 副 主 编 刘连胜 崔秀海
 - 责任编辑 武恩玉
 - 责任印制 周昇亮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
山东华立印务有限公司印刷
 - ◆ 开本：787×1092 1/16
印张：24.75 2020 年 1 月第 3 版
字数：652 千字 2020 年 1 月山东第 1 次印刷
-

定价：54.00 元

读者服务热线：(010)81055256 印装质量热线：(010)81055316

反盗版热线：(010)81055315

广告经营许可证：京东工商广登字 20170147 号

第3版前言

本书为《单片机原理及接口技术（C51 编程）》的第3版。自2008年第1版、2016年第2版出版以来，共印刷27次，已被全国几百所院校选作“单片机原理”课程的教材。

第3版对第2版的内容作了增补，对第2版中的疏漏之处加以修订。

由于8051内核的单片机结构简单、清晰、易学，是单片机初学者最容易掌握的机型，因此，目前8051内核单片机仍是我国多所高校讲授时首选的机型。

本书详细介绍了美国ATMEL公司8051内核的AT89S51/52单片机工作原理及应用设计，且融入了目前在教学中已经广泛使用的虚拟仿真开发工具Proteus的内容介绍，并给出较多的、经过验证的仿真案例。本书也展示了作者的“单片机原理”国家精品课程的教学模式与教学方法改革的部分成果。另外，对课程体系结构的改进也体现在本书之中。

本书在编写时重点考虑了如下问题。

(1) 将虚拟仿真工具Proteus应用在单片机课程教学中，使课程的教学模式及传统的设计开发模式发生了革命性的变化。Proteus平台为学习者提供了一个功能强大的、流动的单片机系统设计的虚拟实验室。

(2) 传统教学模式存在的弊病是，学生听完课堂讲授的内容后往往得不到软、硬件设计的训练，使得教学与实际设计脱节。本书采用Proteus与Keil C51作为工具，将软、硬件设计与案例设计有机地结合为一体，使学生真正从概念出发，设计出一个能够虚拟运行的应用系统，得到软、硬件设计与调试的完整训练，从而达到课程教学的最终目的。把Proteus融入课程教学各环节中，是课程深入改革的必然趋势。

(3) 本书的编程语言采用C51。为提高读者的编程调试能力，作者还对C51的开发调试工具Keil C51以及Proteus的使用进行了介绍，以使读者尽快地掌握这两个软件平台的使用。

本书共14章，涵盖了单片机应用技术的基本内容。第1章介绍了有关单片机的基本知识，对目前流行的各类单片机及嵌入式处理器进行了简单介绍。第2章对片内的基本硬件结构及硬件资源进行了阐述。第3章对C51语言的编程基础进行了介绍。第4章对Keil C51软件开发平台以及Proteus虚拟仿真平台的基本功能与使用进行了叙述。第5章介绍了单片机系统的显示与开关和键盘检测的实现，为后续各章的案例仿真、观察系统运行的结果打下基础。第6章~第8章分别对片内硬件资源，即中断系统、定时器和串行口的工作原理及应用案例进行了较为详细的介绍。第9章介绍了系统的并行扩展技术。第10章介绍了目前流行的串行扩展技术，如I²C总线系统、单总线、SPI串行系统以及相应的应用案例。第11章介绍了数/模与模/数转换接口的设计。第12章介绍了目前应用较多的几种扩展接口设计及应用编程。第13章介绍了单片机应用系统设计的可靠

性及抗干扰设计。第 14 章对应用系统设计以及调试的基本方法进行了介绍。

附录 A 与附录 B 给出了紧密结合课程内容用于实验教学环节和课程设计环节的基础实验题目与课程设计题目。附录 C 与附录 D 分别给出了经过验证的用于液晶显示器 LCD 1602 和时钟日历芯片 DS1302 的头文件。

全书参考学时为 40~60 学时, 教师可根据实际情况, 对讲授内容进行取舍或补充。

本书由张毅刚担任主编, 并完成了第 1 章、第 2 章、第 9 章与第 14 章的编写以及全书统稿。副主编由刘连胜(完成了第 3 章、第 5 章、第 8 章、第 10 章、第 12 章以及附录 A、附录 B 的编写)与崔秀海(完成了第 4 章、第 6 章、第 7 章、第 11 章和第 13 章的编写)担任。

在本书出版之际, 特别感谢广州风标电子有限公司总经理匡载华先生对本书编写出版给予的大力支持和帮助, 非常感谢广州风标电子有限公司提供的有关技术资料、网络版的 Proteus 仿真实验平台以及配套的 F 型模块化实验装置。

对书中存在的错误及疏漏之处敬请读者批评指正, 并与作者联系(作者邮箱: zyg@hit.edu.cn)。

作者

2019 年 6 月于哈尔滨工业大学

微课视频列表说明

下表为《单片机原理及接口技术（C51 编程）（微课版 第 3 版）（ISBN 978-7-115-52380-8）》的配套微课视频，详细说明如下。

章 节	时 长	内 容 简 介
 第 1 章 单片机概述	1 小时 4 分钟	重点介绍了单片机的基础知识、发展历史、发展趋势及应用领域，除了对 AT89S51 单片机进行简单介绍外，还对嵌入式处理器家族中其他成员，如 DSP、嵌入式微处理器也进行概括性介绍，以使读者对其有初步了解，为后续学习 DSP、嵌入式微处理器打下基础
 第 2 章 AT89S51 单片机片内硬件结构	1 小时 29 分钟	通过本章的视频学习，读者应牢记 AT89S51 单片机的片内硬件结构，以及片内硬件资源；了解片内外设的基本功能，重点掌握 AT89S51 单片机的存储器结构、常见的特殊功能寄存器的功能，以及复位电路与时钟电路的设计。此外还介绍了低功耗节电模式以及看门狗的工作原理。本章内容是单片机应用的硬件系统设计打下基础
 第 3 章 C51 编程语言基础	1 小时 23 分钟	本章介绍有关 C51 语言编程的基础知识，对 C51 语言的数据类型与存储类型，C51 语言的基本运算，分支与循环结构，数组、指针、函数等进行详细的介绍。同时通过讲解一个案例使读者了解如何运用 Keil 软件进行 C51 的程序调试
 第 4 章 开发与仿真工具	53 分钟	通过本章学习，读者应通过本章介绍的案例，掌握使用 Proteus 来进行硬件线路搭建以及单片机系统虚拟仿真的基本方法

章节	时长	内容简介
 第5章 单片机与开关、键盘以及显示器件的接口设计	1 小时 24 分钟	本章介绍单片机与常见显示器件：发光二极管、LED 数码管和字符型、点阵式 LCD 液晶显示器，以及常见的输入器件：开关、键盘的接口设计与软件编程，并给出较多的应用实例
 第6章 中断系统的工作原理及应用	30 分钟	应重点掌握与中断系统有关的特殊功能寄存器、如何来对中断系统进行初始化编程、中断响应的条件、如何撤销中断请求，以及如何进行中断系统应用的编程
 第7章 定时器/计数器的工作原理及应用	30 分钟	本章介绍 AT89S51 片内两个可编程的定时器/计数器 T1、T0 的结构、功能、工作原理、有关的特殊功能寄存器、工作模式和工作方式的选择、定时器/计数器的 C51 编程以及应用案例
 第8章 串行口的工作原理及应用	1 小时 3 分钟	本章介绍 AT89S51 单片机片内全双工通用异步收发 (UART) 串行口的基本结构与工作原理和相关的特殊功能寄存器，以及串行口的 4 种工作方式。还介绍了如何利用串行口实现多机通信、与 PC 的串行通信以及串行通信的各种应用编程案例。此外，并对各种常见的标准串行通信接口 RS232、RS422 以及 RS485 进行简要介绍

第 1 章 单片机概述	1	2.2.1 电源及时钟引脚	16
1.1 什么是单片机	1	2.2.2 控制引脚	16
1.2 单片机的发展历史	2	2.2.3 并行 I/O 口引脚	17
1.3 单片机的特点	2	2.3 AT89S51 的 CPU	18
1.4 单片机的应用	3	2.3.1 运算器	18
1.5 单片机的发展趋势	4	2.3.2 控制器	20
1.6 MCS-51 系列与 AT89S5x 系列 单片机	5	2.4 AT89S51 单片机存储器的结构	20
1.6.1 MCS-51 系列单片机	5	2.4.1 程序存储器空间	21
1.6.2 8051 内核单片机与 AT89S5x 系列单片机	6	2.4.2 数据存储器空间	22
1.7 各种衍生品种的 8051 单片机	7	2.4.3 特殊功能寄存器	22
1.7.1 STC 系列单片机	7	2.4.4 位地址空间	25
1.7.2 C8051F××× 系列单片机	8	2.5 AT89S51 单片机的并行 I/O 端口	27
1.7.3 AD μ C812 单片机	8	2.5.1 P0 口	27
1.7.4 华邦 W77 系列、W78 系列 单片机	9	2.5.2 P1 口	28
1.8 PIC 系列单片机与 AVR 系列单片机	9	2.5.3 P2 口	28
1.8.1 PIC 系列单片机	9	2.5.4 P3 口	29
1.8.2 AVR 系列单片机	10	2.6 时钟电路与时序	30
1.9 其他嵌入式处理器简介	11	2.6.1 时钟电路设计	30
1.9.1 数字信号处理器 (DSP)	11	2.6.2 机器周期、指令周期与 指令时序	31
1.9.2 嵌入式微处理器	11	2.7 复位操作和复位电路	32
思考题及习题	12	2.7.1 复位操作	32
第 2 章 AT89S51 单片机片内硬件结构	14	2.7.2 复位电路设计	33
2.1 AT89S51 单片机的片内硬件结构	14	2.8 AT89S51 单片机的最小应用 系统	33
2.2 AT89S51 的引脚功能	15	2.9 看门狗定时器 (WDT) 的使用	33
		2.10 低功耗节电模式	35
		2.10.1 空闲模式	35
		2.10.2 掉电模式	36

2.11 AT89S52 单片机与 AT89S51 单片机的 差异.....	36	4.1.5 项目的设置.....	77
2.11.1 AT89S52 单片机与 AT89S51 单片机片内硬件资源的差别.....	37	4.2 Proteus 虚拟仿真工具介绍.....	79
2.11.2 AT89S52 的引脚.....	37	4.2.1 Proteus 功能简介.....	79
2.11.3 AT89S52 单片机的存储器结构.....	37	4.2.2 Proteus ISIS 的虚拟仿真.....	80
思考题及习题.....	40	4.2.3 Proteus 的各种虚拟仿真 调试工具.....	85
第 3 章 C51 编程语言基础	43	4.2.4 虚拟设计仿真举例.....	89
3.1 C51 编程语言简介.....	43	思考题及习题.....	95
3.1.1 C51 语言与 8051 汇编语言的 比较.....	43	第 5 章 单片机与开关、键盘以及显示 器件的接口设计	96
3.1.2 C51 语言与标准 C 语言的 比较.....	44	5.1 单片机控制发光二极管显示.....	96
3.2 C51 语言程序设计基础.....	44	5.1.1 单片机与发光二极管的连接.....	96
3.2.1 C51 语言中的数据类型与 存储类型.....	44	5.1.2 I/O 端口的编程控制.....	97
3.2.2 C51 语言的特殊功能寄存器及位 变量定义.....	49	5.2 开关状态检测.....	100
3.2.3 C51 语言的绝对地址访问.....	51	5.2.1 开关检测案例 1.....	100
3.2.4 C51 语言的基本运算.....	53	5.2.2 开关检测案例 2.....	102
3.2.5 C51 语言的分支结构与 循环结构.....	55	5.3 单片机控制 LED 数码管的显示.....	103
3.2.6 C51 语言的数组.....	62	5.3.1 LED 数码管的显示原理.....	103
3.2.7 C51 语言的指针.....	64	5.3.2 LED 数码管的静态显示与 动态显示.....	105
3.3 C51 语言的函数.....	65	5.4 单片机控制 LED 点阵显 示器显示.....	108
3.3.1 函数的分类.....	65	5.4.1 LED 点阵显示器的结构与 显示原理.....	108
3.3.2 函数的参数与返回值.....	66	5.4.2 控制 16×16 LED 点阵显 示器的案例.....	110
3.3.3 函数的调用.....	67	5.5 字符型液晶显示器 LCD 1602 的 显示控制.....	112
3.3.4 中断服务函数.....	68	5.5.1 LCD 1602 液晶显示模块简介.....	112
3.3.5 变量及存储方式.....	68	5.5.2 单片机控制字符型 LCD 1602 显示案例.....	118
3.3.6 宏定义.....	69	5.6 点阵式液晶显示器 LCD 12864 的 显示控制.....	122
思考题及习题.....	69	5.6.1 LCD 12864 液晶显示器引脚及 显示原理.....	122
第 4 章 开发与仿真工具	71	5.6.2 控制命令.....	124
4.1 Keil C51 的使用.....	71	5.6.3 单片机控制点阵式 LCD 12864 显示案例.....	126
4.1.1 Keil C51 简介.....	71	5.7 按键式键盘接口设计.....	130
4.1.2 基本操作.....	71		
4.1.3 添加用户源程序文件.....	73		
4.1.4 程序的编译与调试.....	75		

5.7.1 按键式键盘接口设计应解决的问题.....	130	7.1.2 定时器/计数器控制寄存器 TCON.....	172
5.7.2 独立式键盘的接口设计案例.....	131	7.2 定时器/计数器的 4 种工作方式.....	173
5.7.3 矩阵式键盘的接口设计案例.....	138	7.2.1 方式 0.....	173
5.7.4 非编码键盘扫描方式的选择.....	140	7.2.2 方式 1.....	174
5.7.5 单片机与专用键盘/显示器芯片 HD7279 的接口设计.....	141	7.2.3 方式 2.....	174
思考题及习题.....	151	7.2.4 方式 3.....	175
第 6 章 中断系统的工作原理及应用.....	153	7.3 计数器对外部输入的计数信号的要求.....	176
6.1 AT89S51 中断技术概述.....	153	7.4 定时器/计数器 T0、T1 的编程应用.....	176
6.2 AT89S51 中断系统结构.....	153	7.4.1 P1 口控制 8 只 LED.....	177
6.2.1 中断请求源.....	154	7.4.2 计数器的应用.....	178
6.2.2 中断请求标志寄存器.....	154	7.4.3 控制 P1.0 产生周期为 2ms 的方波.....	179
6.3 中断允许与中断优先级的控制.....	155	7.4.4 利用 T1 控制发出 1kHz 的音频信号.....	181
6.3.1 中断允许寄存器 IE.....	156	7.4.5 LED 数码管秒表的制作.....	182
6.3.2 中断优先级寄存器 IP.....	156	7.4.6 测量脉冲宽度——门控位 GATEx 的应用.....	185
6.4 响应中断请求的条件.....	157	7.4.7 LCD 时钟的设计.....	187
6.5 外部中断的响应时间.....	158	7.5 AT89S52 新增定时器/计数器 T2 简介.....	189
6.6 外部中断的触发方式选择.....	159	7.5.1 T2 的特殊功能寄存器 T2CON 和 T2MOD.....	189
6.7 中断请求的撤销.....	159	7.5.2 T2 的 16 位自动重装载方式.....	191
6.8 中断函数.....	160	7.5.3 T2 的捕捉方式.....	193
6.9 中断系统应用举例.....	161	7.5.4 T2 的波特率发生器方式及可编程时钟输出.....	194
6.9.1 单一外中断的应用.....	162	思考题及习题.....	196
6.9.2 两个外中断的应用.....	163	第 8 章 串行口的工作原理及应用.....	198
6.9.3 中断嵌套的应用.....	164	8.1 串行通信基础.....	198
6.10 AT89S52 与 AT89S51 中断系统的差别.....	166	8.1.1 并行通信与串行通信.....	198
6.10.1 中断请求源的差别.....	166	8.1.2 同步通信与异步通信.....	199
6.10.2 中断请求标志寄存器的差别.....	167	8.1.3 串行通信的传输模式.....	200
6.10.3 中断允许寄存器与中断优先级寄存器的差别.....	167	8.1.4 串行通信的错误校验.....	200
思考题及习题.....	169	8.2 串行口的结构.....	201
第 7 章 定时器/计数器的工作原理及应用.....	171	8.2.1 串行口控制寄存器 SCON.....	201
7.1 定时器/计数器的结构.....	171	8.2.2 特殊功能寄存器 PCON.....	202
7.1.1 定时器/计数器工作方式寄存器 TMOD.....	172		

8.3 串行口的 4 种工作方式	203	9.4.2 AT89S51 单片机扩展 E ² PROM 2864A 的设计	250
8.3.1 方式 0	203	9.5 AT89S51 扩展并行 I/O 芯片 82C55 的 设计	251
8.3.2 方式 1	207	9.5.1 I/O 接口扩展概述	251
8.3.3 方式 2	208	9.5.2 并行 I/O 芯片 82C55 简介	252
8.3.4 方式 3	209	9.5.3 82C55 的 3 种工作方式	255
8.4 多机通信	210	9.5.4 AT89S51 单片机与 82C55 的接口 设计	259
8.5 波特率的制定方法	211	9.6 利用 74LSTTL 电路扩展并行 I/O 口	261
8.5.1 波特率的定义	211	9.7 用 AT89S51 单片机的串行口扩展 并行输入/输出口	262
8.5.2 定时器 T1 产生波特率的 计算	211	9.7.1 用 74LS165 扩展并行输入口	262
8.6 串行口应用设计案例	213	9.7.2 用 74LS164 扩展并行输出口	263
8.6.1 串行通信标准接口 RS232、 RS422 与 RS485 简介	213	思考题及习题	264
8.6.2 方式 1 的应用设计	216	第 10 章 AT89S51 单片机系统的 串行扩展	266
8.6.3 方式 2 和方式 3 的应用 设计	222	10.1 单总线串行扩展	266
8.6.4 多机通信的应用设计	224	10.1.1 单总线扩展的典型应用—— DS18B20 的温度测量系统	266
8.6.5 单片机与 PC 串行通信的 设计	230	10.1.2 设计案例: 单总线 DS18B20 温度测量系统	269
8.6.6 PC 与单片机或与多个单片机的 串行通信	234	10.2 SPI 总线串行扩展	272
思考题及习题	235	10.3 I ² C 总线的串行扩展	273
第 9 章 单片机系统的并行扩展	237	10.3.1 I ² C 总线系统的基本结构	273
9.1 系统并行扩展技术	237	10.3.2 I ² C 总线的数据传送规定	274
9.1.1 系统并行扩展结构	237	10.3.3 AT89S51 的 I ² C 总线扩展系统	277
9.1.2 地址空间分配	239	10.3.4 I ² C 总线数据传送的模拟	278
9.1.3 外部地址锁存器	241	10.3.5 利用 I ² C 总线扩展 E ² PROM AT24C02 的 IC 卡设计	281
9.2 外部数据存储器的并行扩展	242	思考题及习题	288
9.2.1 常用的静态 RAM (SRAM) 芯片	242	第 11 章 AT89S51 单片机与 DAC、 ADC 的接口	289
9.2.2 读写片外 RAM 的操作时序	243	11.1 单片机扩展 DAC 概述	289
9.2.3 并行扩展数据存储器的设计	244	11.2 单片机扩展并行 8 位 DAC0832 的 设计	290
9.2.4 单片机外扩数据存储器 RAM6264 的案例设计	246	11.2.1 DAC0832 简介	290
9.3 片内 Flash 存储器的编程	247		
9.3.1 使用通用编程器的程序写入	248		
9.3.2 使用下载线的 ISP 编程	248		
9.4 E ² PROM 的并行扩展	249		
9.4.1 并行 E ² PROM 芯片简介	249		

11.2.2 案例设计: 单片机扩展 DAC0832 的程控电压源	291	13.2 供电系统干扰及其抗干扰措施	343
11.2.3 案例设计: 波形发生器的制作	293	13.2.1 电源干扰来源、种类和危害	343
11.3 单片机扩展串行 10 位 DAC——TLC5615	297	13.2.2 供电系统的抗干扰设计	343
11.3.1 串行 DAC——TLC5615 简介	297	13.3 过程通道干扰的抑制措施—— 隔离	344
11.3.2 案例设计: 单片机扩展串行 DAC——TLC5615 的设计	299	13.3.1 光电耦合隔离的基本配置	344
11.4 单片机扩展 ADC 概述	301	13.3.2 光电隔离的实现	345
11.5 单片机并行扩展 8 位 A/D 转换器 ADC0809	302	13.4 空间干扰及抗干扰措施	346
11.5.1 案例设计: 单片机控制 ADC0809 进行 A/D 转换	303	13.4.1 接地技术	346
11.5.2 案例设计: 两路输入的数字 电压表的设计	305	13.4.2 屏蔽技术	348
11.6 单片机扩展串行 8 位 A/D 转换器 TLC549	308	13.5 反电势干扰的抑制	349
11.6.1 TLC549 的特性及工作原理	308	13.6 印制电路板的抗干扰设计	349
11.6.2 案例设计: 单片机扩展 TLC549 的设计	309	13.6.1 地线与电源线设计	350
11.7 单片机扩展 12 位串行 ADC——TLC2543 的设计	311	13.6.2 去耦电容的配置	350
11.7.1 TLC2543 的特性及工作原理	311	13.6.3 印制电路板的布线的抗 干扰设计	351
11.7.2 案例设计: 单片机扩展 TLC2543 的设计	313	13.7 软件抗干扰措施	351
思考题及习题	316	13.7.1 软件抗干扰的一般方法	351
第 12 章 单片机的各种应用设计	318	13.7.2 软件滤波	352
12.1 单片机控制步进电机的设计	318	13.7.3 开关量输入/输出软件抗 干扰设计	353
12.2 单片机控制直流电机的设计	320	思考题及习题	354
12.3 频率计的制作	322	第 14 章 单片机应用系统的设计与调试	355
12.4 电话机拨号的模拟	325	14.1 单片机应用系统的设计步骤	355
12.5 8 位竞赛抢答器的设计	330	14.2 单片机应用系统设计	356
12.6 基于时钟/日历芯片 DS1302 的 电子钟的设计	335	14.2.1 硬件设计应考虑的问题	356
思考题及习题	341	14.2.2 典型的单片机应用系统	357
第 13 章 单片机应用系统抗干扰与可靠性 设计	342	14.2.3 系统设计中的总线驱动	358
13.1 干扰的来源	342	14.2.4 软件设计考虑的问题	359
		14.3 单片机应用系统的仿真开发与 调试	360
		思考题及习题	363
		附录 A 基础实验题目	364
		附录 B 课程设计题目	370
		附录 C 头文件"LCD1602.h"清单	377
		附录 D 头文件"DS1302.h"清单	379
		参考文献	384

【内容概要】 Intel 的 8051 单片机已成为国内外公认的 8 位单片机标准体系结构，美国 ATMEL 公司的 AT89S51/AT89S52 是 8051 单片机目前应用较为广泛的机型，也是单片机初学者首选的入门机型。本章介绍单片机的基础知识、发展历史、发展趋势及应用领域，除了对 AT89S51 单片机进行简单介绍外，还对嵌入式处理器家族中其他成员，如 DSP、嵌入式微处理器做了概括性介绍，使读者对其有初步了解，为后续学习 DSP、嵌入式微处理器打下基础。

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来，已广泛应用在工业自动化、自动控制与检测、智能仪器仪表、机电一体化设备、汽车电子、家用电器等各个方面。那么，什么是单片机呢？

1.1 什么是单片机

单片机就是在一片半导体硅片上，集成了中央处理单元（CPU）、存储器（RAM、ROM）、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断系统、系统时钟电路及系统总线的，用于测控领域的单片微型计算机。

由于单片机在使用时，通常处于测控系统的核心地位并嵌入其中，因而，国际上通常把单片机称为嵌入式控制器（Embedded MicroController Unit, EMCU）或微控制器（MicroController Unit, MCU）。而在我国，大部分工程技术人员则习惯使用“单片机”这一名称。

单片机的问世，是计算机技术发展史上的一个重要里程碑，它标志着计算机正式形成了通用计算机和嵌入式计算机两大分支。单片机芯片体积小、成本低，可广泛地嵌入工业控制单元、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。

单片机按照其用途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 等各种片内外围功能部件等）全部提供给用户。用户可根据实际需要，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（简称外设），并编写相应的程序来控制功能，以满足各种不同测控系统的功能需求。我们通常所说的和本书所介绍的单片机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制作的，如各种家用电器中的控制器等。由于是用于特定用途，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。

在设计中,已经对专用型单片机的系统结构最简化、可靠性和成本的最佳化等方面都做了全面综合考虑,所以专用型单片机具有十分明显的综合优势。但是,无论专用型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型单片机为基础的。

1.2 单片机的发展历史

单片机根据其基本操作处理的二进制位数主要分为 8 位单片机、16 位单片机以及 32 位单片机。单片机的发展历史可大致分为 4 个阶段。

第一阶段 (1974 年—1976 年): 单片机初级阶段。因工艺限制,单片机采用双片的形式,而且功能比较简单。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。

第二阶段 (1976 年—1978 年): 低性能单片机阶段。1976 年英特尔公司推出的 MCS-48 单片机 (8 位),极大地促进了单片机的变革和发展。1977 年 GI 公司推出了 PIC1650,但这个阶段的单片机仍然处于低性能阶段。

第三阶段 (1978 年—1983 年): 高性能单片机阶段。高性能单片机使应用跃上了一个新的台阶。这个阶段推出的单片机普遍带有串行 I/O 口、多级中断系统、16 位定时器/计数器,片内 ROM、RAM 容量加大,且寻址范围可达 64KB,有的片内还带有 A/D 转换器。由于这类单片机性价比高,因而得到了广泛应用。其典型代表产品为英特尔公司的 MCS-51 系列、摩托罗拉公司的 6801 单片机。此后,各公司的与 MCS-51 系列兼容的 8 位单片机得到迅速发展,新机型不断涌现。

第四阶段 (1983 年至今): 8 位单片机巩固发展及 16 位、32 位单片机推出阶段。20 世纪 90 年代是单片机制造业大发展时期,这个时期的摩托罗拉、英特尔、微芯科技公司、ATMEL、德州仪器 (TI)、三菱、日立、飞利浦、LG 等公司也开发了一大批性能优越的单片机,它们极大地推动了单片机的推广与应用。近年来,新型的高集成度的单片机不断涌现,出现了单片机产品百花齐放、丰富多彩的局面。目前,不仅 8 位单片机得到广泛应用,16 位、32 位单片机也得到了广大用户的青睐。

1.3 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,因此,单片机的发展与普及给工业自动化等领域带来了一场重大革命和技术进步。由于单片机很容易嵌入系统之中,因而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?其主要原因如下。

(1) 简单方便,易于掌握和普及。由于单片机技术是较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) 功能齐全,应用可靠,抗干扰能力强。

(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,更

使得单片机在工业控制及自动化领域获得了长足发展和大量应用。近几年，单片机内部结构越来越完美，配套的片内外围功能部件越来越完善，一片芯片就是一个应用系统，为应用系统向更高层次和更大规模的发展奠定了坚实基础。

(4) 嵌入容易，用途广泛。单片机体积小、性价比高、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、分立器件来完成，它不但系统体积庞大，且因为线路复杂，连接点太多，极易出现故障。单片机问世后，电路组成和控制方式都发生了很大变化。在单片机应用系统中，各种测控功能的实现绝大部分都已经由单片机的程序来完成，其他电子线路则由片内的外围功能部件来替代。

1.4 单片机的应用

单片机具有软硬件结合、体积小，很容易嵌入到各种应用系统中的优点。因此，以单片机为核心的嵌入式控制系统在下述各个领域得到了广泛的应用。

1. 工业控制与检测

在工业领域，单片机的主要应用有：工业过程控制、智能控制、设备控制、数据采集和传输、测试、测量、监控等。在工业自动化的领域中，机电一体化技术将发挥越来越重要的作用。在这种集机械、微电子和计算机技术于一体的综合技术（如机器人技术）中，单片机扮演着非常重要的角色。

2. 智能仪器仪表

目前用户对仪器仪表的自动化和智能化要求越来越高。在智能仪器仪表中使用单片机不但有助于提高仪器仪表的精度和准确度、简化结构、减小体积且易于携带和使用，而且能够加速仪器仪表向数字化、智能化、多功能化方向发展。

3. 消费类电子产品

单片机在家用电器中的应用已经非常普及，例如，洗衣机、电冰箱、微波炉、空调、电风扇、电视机、加湿机、消毒柜等。在这些消费类电子产品中嵌入了单片机后，其功能与性能都大大提高，并实现了智能化、最优化控制。

4. 通信设备

在调制解调器、各类手机、传真机、程控电话交换机、信息网络以及各种通信设备中，单片机也已经得到了广泛应用。

5. 武器装备

在现代化的武器装备中，如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统等，都有单片机的嵌入。

6. 各种终端及计算机外部设备

计算机网络终端设备（如银行终端）以及计算机外部设备（如打印机、硬盘驱动器、绘图机、

传真机、复印机等)中都使用了单片机作为控制器。

7. 汽车电子设备

单片机已经广泛地应用在各种汽车电子设备中,如汽车安全系统、汽车信息系统、智能自动驾驶系统、汽车卫星导航系统、汽车紧急请求服务系统、汽车防撞监控系统、汽车自动诊断系统以及汽车黑匣子等。

8. 分布式多机系统

在比较复杂的多节点测控系统中,常采用分布式多机系统。多机系统一般由若干台功能各异的单片机组成,各自完成特定的任务,它们通过串行通信相互联系,协调工作。在这种系统中,单片机往往作为一个终端机,安装在系统的某些节点上,对现场信息进行实时的测量和控制。

综上所述,从工业自动化、自动控制、智能仪器仪表、消费类电子产品等方面,到国防尖端技术领域,单片机都发挥着十分重要的作用。

1.5 单片机的发展趋势

单片机将向大容量、高性能、外围电路内装化等方面发展。

1. CPU 的改进

(1) 增加数据总线的宽度。例如,各种 16 位单片机和 32 位单片机,其数据处理能力要优于 8 位单片机。另外,8 位单片机内部采用 16 位数据总线,其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机。

(2) 采用双 CPU 结构,以提高数据处理能力。

2. 存储器的发展

(1) 片内程序存储器普遍采用闪烁 (Flash) 存储器。闪烁存储器能在 +5V 下读写,既可以实现静态 RAM 的读写操作,又可以保证在掉电时数据不会丢失。单片机可不用扩展外部程序存储器,这大大简化了系统的硬件结构,有的单片机片内程序存储器容量可达 128KB,甚至更多。

(2) 加大片内数据存储器存储容量,如 8 位单片机 PIC18F452 片内集成了 4KB 的 RAM,以满足动态数据存储的需要。

3. 片内 I/O 的改进

(1) 增加并行口的驱动能力,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)。

(2) 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、网络化系统提供了条件。

(3) 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、串行口、中断系统、A/D 转换器等片内外设灵活配置在端口 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。

4. 低功耗

目前单片机产品均为 CMOS 化芯片，具有功耗小的优点。这类单片机普遍配置有等待状态、睡眠状态、关闭状态等工作方式。在这些状态下，低电压工作的单片机消耗的电流仅在 μA 或 nA 量级，非常适合于电池供电的便携式、手持式的仪器仪表以及其他消费类电子产品。

5. 外围电路内装化

随着集成电路技术及工艺不断发展，把所需的众多外围电路全部装入单片机内，即系统的单片化是目前单片机发展趋势之一，一片芯片就是一个“测控”系统。

6. 编程及仿真的简单化

目前大多数的单片机都支持程序的在线编程，也称在系统可编程（In System Programming, ISP），编程时只需一条与 PC 相连的 ISP 下载线（多为 USB 口或串口），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，省去了编程器。某些机型还支持在应用可编程（In Application Programming, IAP），可在线升级或销毁单片机的应用程序，省去了仿真器。

综上所述，单片机正在向多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格（几元钱）、外围电路内装化以及片内程序存储器、数据存储器容量不断增大的方向发展。

1.6 MCS-51 系列与 AT89S5x 系列单片机

20 世纪 80 年代以来，单片机的发展非常迅速，其中 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机是一款设计成功、易于掌握并在世界范围得到广泛应用的机型。

1.6.1 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 系列单片机的基础上，于 20 世纪 80 年代初发展起来的，是最早进入我国并在我国得到广泛应用的机型。

MCS-51 的基本型产品主要包括 8031、8051、8751（对应的低功耗型 80C31、80C51、87C51）和增强型产品 8032、8052、8752。

1. 基本型

基本型的典型产品有 8031、8051、8751。8031 内部包括 1 个 8 位 CPU、128B RAM、21 个特殊功能寄存器（SFR）、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源，但片内无程序存储器，因此需外部扩展程序存储器芯片。

8051 是在 8031 的基础上，片内又集成有 4KB ROM 作为程序存储器。所以，8051 是一个程序不超过 4KB 的小系统。ROM 内的程序是芯片厂商制作芯片时代为用户烧制的，主要用在程序已定且批量大的单片机产品中。

8751 与 8051 相比，片内集成的 4KB 的 EPROM 取代了 8051 的 4KB ROM，从而构成了一个程序不大于 4KB 的小系统。用户可以将程序固化在 EPROM 中，EPROM 中的内容可反复擦写、修改。一片 8031 外部扩展一片 4KB 的 EPROM 就相当于一片 8751。