

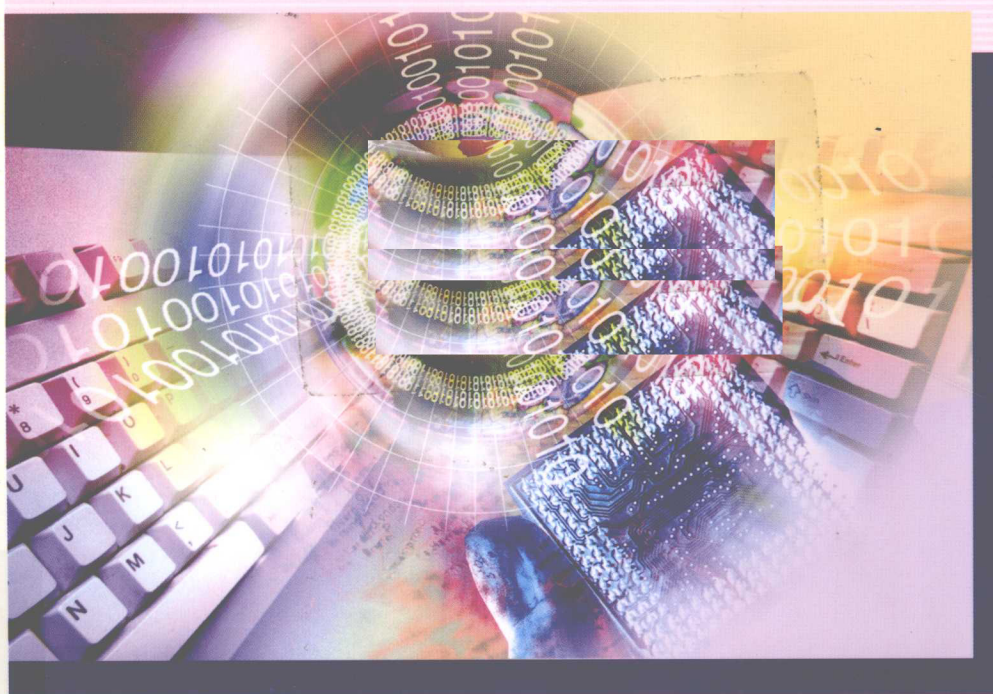


新世纪电子信息平台课程系列教材

单片机技术及工程实践

林土胜 编著

DANPIANJI JISHU JI GONGCHENG SHIJIAN



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



新世纪电子信息平台课程系列教材

单片机技术及工程实践

林土胜 编著



机械工业出版社

51 系列单片机是应用得最广泛、最适合初学者学习的单片机。本书结合工程实践系统地介绍了单片机技术原理及其应用。

全书共 9 章, 内容分为三个层次。第 1~6 章为基础部分, 介绍了单片机硬件结构、指令系统、内部功能、总线扩展、外围接口和调试方法。第 7 章为单片机技术的应用实践部分, 所提供的示例和思考方法都与基础原理紧密结合, 通过动手实验验证以加深基础知识的理解和培养实践能力。第 8、9 章对工程应用中出现的问题开展单片机技术的进阶学习和串行总线扩展技术的系统性学习, 以提高对单片机技术的实际运用能力。

本书融合了作者多年的教学和科研实践以及工程经验, 书中内容和技术资料丰富, 提供的实例全部通过验证, 并附有汇编语言和 C 语言的程序源代码供对照参考, 读者也可根据不同层次的需求来选择学习。

本书既可作为工科院校本科生单片机课程的教材, 也可供研究生学习以及从事单片机技术培训、开发和应用的工程技术人员阅读参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机技术及工程实践/林土胜编著. —北京: 机械工业出版社, 2010.2
(新世纪电子信息平台课程系列教材)

ISBN 978-7-111-28795-7

I. 单… II. 林… III. 单片微型计算机—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 217621 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: 贡克勤 责任编辑: 贡克勤 版式设计: 霍永明

封面设计: 陈 沛 责任校对: 刘怡丹 责任印制: 杨 曦

保定市市中画美凯印刷有限公司印刷

2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·22.5 印张·558 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-28795-7

定价: 38.00 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

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

新世纪电子信息平台课程系列教材

编 委 会

主任委员 徐向民

副主任委员 殷瑞祥 贡克勤

委 员 褚庆昕 冯穗力 傅予力 金连文

林土胜 陆以勤 丘水生 尹俊勋

前言

“单片机技术”是一门与工程应用实践紧密结合的课程，其涉及面广、通用性强、工程应用创新成果多，已成为电子技术和自动控制系统中最普遍的应用手段，并且在课程设计、毕业设计、研究生论文课题、学生课外科技活动以及各个级别的电子设计大赛中发挥着重要作用。用单片机系统解决各类自动控制问题已成为趋势。20 世纪，51 系列单片机的出现，确立了单片机作为微控制器的地位，今后相当长的时间内 8 位单片机的主流地位不会改变。对于初学者而言，先从入门级的 51 系列单片机学起，是公认的学习方法，很多特殊的单片机都是在 51 单片机内核基础上进行功能扩充的。

很多书籍通常都详细讲述了单片机的基础知识，但学生更希望知道如何运用学到的知识解决实际问题，如何进行工程应用的构思和设计，又能在实际运用中对单片机知识加深理解和开拓视野，从而启发思维、指导学习和创新。本书引用工程实例进行思路剖析，结合科研经历丰富内容，重运用、重器件、强调实施能力。要使单片机技术的学习从入门进阶到运用自如，必须要多思考、多看电路图、多读程序、多编程序、多查技术手册，多动手实践，也就是说，知识结合工程实现，才能达到得心应手掌握这门技术的目标，本书具有这种特色。

本书内容共 9 章分为三个层次，从第 1~6 章属于基础部分的学习。第 7 章为单片机技术的应用实践部分，所提供的示例和思考方法都与基础原理紧密结合，且配备汇编语言程序及 C 语言程序供对照参考，通过动手实验验证以加深基础知识的理解和培养实践能力，很适合希望借鉴书中的示例进一步掌握单片机技术、体验工程应用的学生。对于基础较好、能力较强，希望灵活运用单片机技术并有所创新的学生，可进入第 8、9 章单片机技术进阶及串行总线扩展技术内容的学习，这两章结合科研实践中有代表性的电路范例，着重于单片机技术的工程运用。全书各层次的内容既独立又相互关联，可根据不同的教学要求进行部分或全部的讲授。每章均配有练习和思考题，特别是第 7~9 章的习题，结合工程项目示例进行训练，旨在提高学生的工程意识和工程能力。

本书可作为工科院校本科生单片机课程的教材，也可供研究生学习以及从事单片机技术培训、开发和应用的工程技术人员阅读参考。

藉此对本书工作给予大力协助的研究生表示感谢。其中，林上港组建了全书的实验电路并对其功能进行了测试和验证，为第 7 章实验电路的汇编语言程序编写了对应的 C 语言程序，对全书各章节的文字内容进行了细致的润色和修校，使之通俗易懂；刘文哲、郑元华为第 9 章的实验电路编写了 C 语言程序并进行了仿真验证。另外，感谢工程师张小玲录入全书的文字以及绘制第 8 章和第 9 章部分附图所付出的辛勤劳动。本书参考或引用了所列国内外相关文献中的一些内容，在此向原作者表示感谢。最后，感谢华南理工大学电子与信息学院对本书出版的大力支持。

作者力图使本书成为与工程实践相结合的教材，由于时间仓促，书中难免有不足或差错之处，敬请读者和同行批评指正。

作者

2009 年 10 月于华南理工大学

目 录

前言

第 1 章 51 系列单片机的硬件结构 1

- 1.1 单片机概述 1
 - 1.1.1 微型计算机的基本功能
构件 1
 - 1.1.2 单片机的发展概况 2
 - 1.1.3 51 系列 8 位单片机的基本
类型 4
- 1.2 51 系列单片机芯片结构 5
 - 1.2.1 51 系列单片机基本组成
结构 5
 - 1.2.2 51 系列单片机的引脚及其
功能 7
- 1.3 51 系列单片机的中央处理器 9
 - 1.3.1 运算部件 9
 - 1.3.2 控制部件 12
 - 1.3.3 CPU 的工作时序 13
- 1.4 存储器结构及存储空间 14
 - 1.4.1 程序存储器 14
 - 1.4.2 片内数据存储器 15
 - 1.4.3 特殊功能寄存器 17
 - 1.4.4 片外数据存储器 20
- 1.5 并行 I/O 接口 20
 - 1.5.1 P0 口的结构及功能 20
 - 1.5.2 P1 口的结构及功能 22
 - 1.5.3 P2 口的结构及功能 22
 - 1.5.4 P3 口的结构及功能 23
 - 1.5.5 I/O 口的带载能力及要求 24
- 1.6 51 系列单片机的工作方式 25
 - 1.6.1 复位方式 25
 - 1.6.2 程序执行方式 26
 - 1.6.3 低功耗方式 26
 - 1.6.4 编程方式 28

- 1.6.5 加密方法 28
- 练习与思考 28

第 2 章 指令系统 30

- 2.1 指令系统概述 30
 - 2.1.1 指令格式 30
 - 2.1.2 指令分类 30
 - 2.1.3 符号说明 31
- 2.2 寻址方式 31
 - 2.2.1 立即寻址 31
 - 2.2.2 直接寻址 32
 - 2.2.3 寄存器寻址 32
 - 2.2.4 寄存器间接寻址 33
 - 2.2.5 基址加变址间接寻址 33
 - 2.2.6 相对寻址 34
 - 2.2.7 位寻址 35
- 2.3 指令系统及应用 36
 - 2.3.1 数据传输类指令 36
 - 2.3.2 算术运算类指令 40
 - 2.3.3 逻辑运算类指令 43
 - 2.3.4 控制转移类指令 45
 - 2.3.5 位操作类指令 48
- 2.4 伪指令 49
- 2.5 部分指令用法说明 51
- 练习与思考 53

第 3 章 51 系列单片机内部功能 56

- 3.1 定时器/计数器功能 56
 - 3.1.1 定时器/计数器 T0、T1 的结构
及原理 56
 - 3.1.2 定时器/计数器 T0、T1 的工作
模式 58
 - 3.1.3 定时器/计数器 T2 61
 - 3.1.4 定时器/计数器的初始化 63

3.1.5 利用门控位 GATE 测量脉冲宽度	65	练习与思考	106
3.2 中断系统功能	65	第5章 外围接口技术	108
3.2.1 中断源和中断向量	66	5.1 键盘接口	108
3.2.2 中断控制	68	5.1.1 独立式键盘接口	109
3.2.3 中断响应	70	5.1.2 拨码盘接口	109
3.2.4 中断服务程序及其初始化	72	5.1.3 矩阵键盘扫描法	112
3.2.5 运用中断功能的程序单步调试	72	5.1.4 矩阵键盘反极法	113
3.3 串行口通信功能	73	5.1.5 矩阵键盘位操作法	114
3.3.1 串行通信基本知识	73	5.1.6 矩阵键盘接口的工作方式	117
3.3.2 串行口控制器	74	5.2 LED 显示器接口	119
3.3.3 串行口的工作方式	76	5.2.1 LED 显示器结构	119
3.3.4 串行口的多机通信	80	5.2.2 LED 静态显示方式	119
3.3.5 串行通信的波特率	81	5.2.3 LED 动态显示方式	123
3.3.6 异步通信的奇偶校验	83	5.3 A/D 转换器接口	124
3.3.7 串行口的通信应用	85	5.3.1 A/D 转换器概述	124
练习与思考	88	5.3.2 8 位并行 A/D 转换器 ADC0809	125
第4章 并行总线扩展技术	90	5.3.3 8 位串行 A/D 转换器 TLC548/549	128
4.1 并行总线扩展	90	5.4 D/A 转换器接口	131
4.1.1 并行总线扩展方法	90	5.4.1 D/A 转换器概述	131
4.1.2 单片机的最小系统	90	5.4.2 8 位并行 DAC0832 转换器	132
4.1.3 并行总线的地址译码	91	5.5 隔离、执行机构与单片机接口	134
4.2 常用扩展器件	93	5.5.1 光电耦合器与单片机接口	135
4.2.1 8 位 D 锁存器	93	5.5.2 继电器与单片机接口	138
4.2.2 8 位单向总线驱动器	93	5.5.3 固态继电器与单片机接口	139
4.2.3 8 位双向总线驱动器	94	5.5.4 集电极开路门接口电路	140
4.2.4 3-8 译码器	95	5.5.5 达林顿晶体管阵列驱动电路	141
4.2.5 4-16 译码器	95	练习与思考	143
4.3 存储器的扩展	96	第6章 单片机应用系统设计与调试	144
4.3.1 程序存储器的扩展	96	6.1 单片机应用系统的设计环节	144
4.3.2 数据存储器的扩展	99	6.2 硬件功能的设计原则	146
4.3.3 混合存储器的扩展	101	6.2.1 单片机应用系统的硬件组成	146
4.4 I/O 口扩展	102	6.2.2 硬件设计的考虑	146
4.4.1 锁存器扩展输出口	102	6.3 软件功能的设计原则	147
4.4.2 锁存器扩展输入口	103		
4.4.3 三态门扩展输入口	103		
4.4.4 I/O 口的混合扩展	104		

6.4 51 系列单片机开发工具与方式	149	8.1 中断返回与抗干扰	214
6.4.1 在线仿真	149	8.1.1 硬件 Watchdog 及与单片机的 接口	214
6.4.2 软件仿真	150	8.1.2 Watchdog 脉冲设置与复位可靠 性分析	216
6.4.3 在线编程	150	8.1.3 中断返回与软件 Watchdog 机理	217
6.5 单片机应用系统的调试	151	8.1.4 中断返回与软件 Watchdog 实验 验证	219
6.5.1 硬件调试	152	8.1.5 软件 Watchdog 的热启动改进 措施	225
6.5.2 软件调试	153	8.1.6 防错位干扰的空操作措施	227
练习与思考	155	8.2 待机与键盘唤醒技术	228
第 7 章 单片机技术应用实践	156	8.2.1 待机与唤醒方法的考虑	228
7.1 定时器/计数器在音乐发生器中 的应用	156	8.2.2 待机方式的键盘唤醒电路	228
7.1.1 设计思路与依据	156	8.3 数据冗余恢复技术	233
7.1.2 硬件电路设计	158	8.3.1 冗余数据的存放区域考虑	233
7.1.3 软件设计	159	8.3.2 数据冗余恢复的表决策略	233
7.1.4 应用说明	169	8.4 交流电断电检测与信息保护 技术	234
7.2 中断技术的双向识别	169	8.4.1 交流电断电检测模块的构思与 实现	235
7.2.1 设计思路和依据	169	8.4.2 交流电断电检测的信息 保护	237
7.2.2 硬件设计	170	8.5 PC 与多单片机通信的工程问题	250
7.2.3 软件设计	171	8.5.1 PC 与单片机的逻辑电平转换 接口	251
7.2.4 应用说明	179	8.5.2 PC 与多单片机通信的问题 分析	252
7.3 串行通信的自发自收	179	8.5.3 PC 与多单片机通信的处理 措施	253
7.3.1 设计思路和依据	180	8.5.4 PC 与多单片机通信的实验 验证	254
7.3.2 硬件设计	180	8.6 点阵字符 LCM 造字与显示技术	260
7.3.3 软件设计	182	8.6.1 点阵字符 LCM 的功能结构 简介	261
7.3.4 应用说明	191	8.6.2 点阵字符 LCM 的用户造字	264
7.4 融合定时控制的键盘输入	191	8.6.3 点阵字符 LCM 的时序	265
7.4.1 设计思路和依据	191	8.6.4 点阵字符 LCM 的指令系统	267
7.4.2 硬件设计	192	8.6.5 单片机与 LCM 接口的编程	
7.4.3 软件设计	193		
7.4.4 应用说明	199		
7.5 混合控制技术的红外遥控	200		
7.5.1 设计思路和依据	200		
7.5.2 硬件设计	203		
7.5.3 软件设计	204		
7.5.4 应用说明	211		
练习与思考	212		
第 8 章 单片机工程技术进阶	214		

方法	269	9.3.1 I ² C 总线概述	303
8.7 实时日历时钟	274	9.3.2 I ² C 总线时序	304
8.7.1 DS12C887 的引脚及存储器	275	9.3.3 I ² C 总线串行器件的数据传输 方法	306
8.7.2 DS12C887 寄存器 A ~ D 的 功能	276	9.3.4 51 系列单片机与 I ² C 串行 E ² PROM 的扩展应用	310
8.7.3 DS12C887 的读数方法与 复位	278	9.4 单总线扩展技术	319
8.7.4 DS12C887 的读/写时序	279	9.4.1 单总线概述	319
8.7.5 DS12C887 与单片机的接口 电路	279	9.4.2 单总线工作原理	320
练习与思考	282	9.4.3 单总线信号传输时序	321
第 9 章 串行总线扩展技术	284	9.4.4 单总线的 ROM 命令	323
9.1 SPI 总线扩展技术	284	9.4.5 单总线的功能命令	324
9.1.1 SPI 总线概述	284	9.4.6 51 系列单片机与单总线器件的 扩展应用	324
9.1.2 SPI 总线扩展电路	285	9.5 几种串行总线技术的比较	337
9.1.3 SPI 总线数据交换原理	286	练习与思考	339
9.1.4 SPI 时钟相位和极性	287	附录	341
9.1.5 SPI 总线采样的软件实现	288	附录 A 51 系列单片机按字母顺序排列 的指令表	341
9.1.6 51 系列单片机的 SPI 扩展 应用	290	附录 B 特殊功能寄存器综览表	344
9.2 Microwire 总线扩展技术	293	附录 C 内部 RAM 空间结构布局图	346
9.2.1 Microwire 总线概述	293	附录 D IC 封装含义汇总	347
9.2.2 Microwire 总线扩展电路	293	附录 E SPI 总线的 8 位 MCU	348
9.2.3 Microwire 总线串行 E ² PROM 的 数据传输	294	附录 F SPI 总线的外围器件	349
9.2.4 51 系列单片机与 Microwire 串行 E ² PROM 的应用	298	附录 G I ² C 总线的 8 位 MCU	350
9.3 I ² C 总线扩展技术	303	附录 H I ² C 总线的外围器件	350
		参考文献	352

第 1 章 51 系列单片机的硬件结构

1.1 单片机概述

1.1.1 微型计算机的基本功能构件

从基本组成结构看，微型计算机（简称通用微机）有中央微处理器（CPU，或称微处理器）、存储器、I/O 接口三大功能部分，通过三总线（地址总线、数据总线、控制总线）有机连接而成，通过 I/O 接口与各类外围设备（简称外设）连接，实现所需的扩展功能。微型计算机的基本功能构件见图 1-1。

下面以微型计算机的基本功能构件为基础，根据不同的组构形式介绍 4 种不同类型的计算机，让读者可以对它们的发展历程有基本的了解。

1. 单板机

把微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口电路以及简单的输入/输出设备组装在同一块印制电路板（PCB）上，称为单板微型计算机，简称单板机。我国 20 世纪 70 年代流行的 TP801 型单板机就是一个典型的代表。该单板机组装在一块大小为 34cm × 26cm 的 PCB

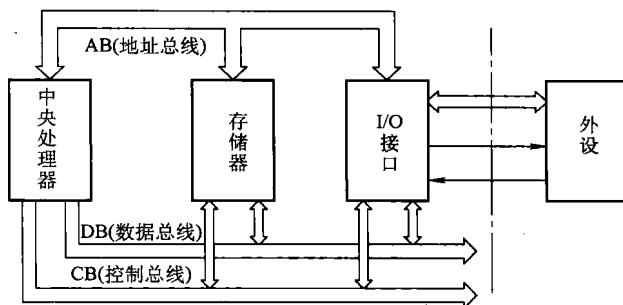


图 1-1 微型计算机的基本功能构件

上，设置有录/放音插座，可通过外部的卡式磁带录音机传输和记录数据。

2. 单片机

把微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口电路和实时控制器件等集成在一块芯片上，称为单片微型计算机，简称单片机。

3. 微型计算机

把微处理器（CPU）、存储器、I/O 接口电路通过总线有机地联系在一起的整体，称为微型计算机，如 20 世纪 80 年代流行于我国的 TRS80 型简单微型计算机。

4. 微型计算机系统

微型计算机与外围设备（如 CRT 显示器、磁盘机、打印机）、电源、系统软件一起构成的系统，称为微型计算机系统，如 20 世纪 80 年代以来我国流行的 APPLE/II 型和如今的 IBM PC 个人计算机。

从结构上讲，单片机具有微型计算机的功能，只要加入所需的输入/输出设备，就能成为一个完整的系统，实现各种的功能。但单片机又与通用微机在具体的功能特点上有许多不同之处，与通用微机属于两个不同的发展分支，两者的区别主要有如下几个方面：

1. 应用方面

通用微机：主要面向数据处理，以提高计算速率和计算精度为发展目标。支持浮点运算，以流水线作业的工作方式实施并行处理，具有高速缓存等技术，字长多达 32 位，主频在几百兆赫以上。

单片机：主要面向过程控制，属于功能很强的过程控制机，但数据处理能力较弱，大多不支持浮点运算，采用串行工作方式，CPU 多为 4~8 位字长，16 位字长的机型只在大规模应用系统中使用，较少采用 32 位字长机型，主频在百兆赫以内。

2. 存储器方面

通用微机：存储器主要是以增大存储容量和提高数据存取速度为发展目标，采取特殊的管理模式，内存容量在数百兆字节以上。

单片机：存储器的结构比较简单，能够直接与单片机总线连接并对物理地址单元进行寻址，寻址空间一般为 64KB。

3. 外设方面

通用微机：I/O 接口主要通过标准总线与标准外设配接，如 CRT 显示器、键盘、鼠标、硬盘、光盘、U 盘、打印机、扫描仪等，标准外设通常能即插即用。

单片机：因为单片机的外设种类很多，相互之间差别很大，且均属非标准外设，所以单片机的 I/O 接口只能作为一种物理界面，用户必须针对具体的外围设备设计相应的接口电路。用户对接口电路设计技术的掌握程度决定了外设功能能否实现，因此接口电路的设计成为了单片机应用技术中一项重要的内容。

1.1.2 单片机的发展概况

在学习和研究单片机之前，有必要了解一下单片机的发展概况。计算机硬件技术经历的三个发展阶段是巨型化、微型化和单片化，而单片机也经历了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机几个典型的发展阶段，简介如下：

1. 单片机硬件技术的发展过程

单片微型计算机 (Single Chip Micro Computer)，直译为单片机，但考虑到它的实质是用作控制，现已普遍改用微控制器 (Micro Controller) 一词，缩写为 MCU (Micro Controller Unit)；此外，从单片机的结构以及微电子的设计特点来考虑，也有人把单片机称为嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor) 或嵌入式微控制器 (Embedded Microcontroller)。这里统一沿用“单片机”一词作为称谓。

(1) 4 位单片机 1971 年由美国 Intel 公司推出了 4 位单片机 4004，随后是美国和日本的多家公司推出各自的 4 位系列单片机，主要用于家用电器、电子玩具等。

(2) 8 位单片机 1976 年美国 Intel 公司首先推出了 MCS-48 系列 8 位单片机，它包括了计算机的三个基本单元，性能较低，随后其他公司的 8 位单片机陆续诞生，单片机的发展进入了一个新的阶段。1986 年 Intel 公司推出的 MCS-51 系列 8 位单片机，具有 16 位的地址总线和 64KB 的寻址能力，片内程序存储器容量为 4~8KB，还具有特殊功能的 I/O 接口，功能较强，被称为高档 8 位单片机，广泛地应用于工业控制、智能接口、仪器仪表、消费电子、办公自动化等众多领域。

(3) 16 位单片机 1983 年美国 Intel 公司推出了 MCS-96 系列 16 位单片机，随后其他

公司也逐渐推出了 16 位单片机系列。

(4) 32 位单片机 近年来各个芯片生产厂商着力于研制性能更高的 32 位单片机,但由于控制领域的需求不迫切,因此 32 位单片机的应用并不广泛。

单片机的发展过程中出现的 4 位、8 位、16 位单片机,由于各自的特点对应于各自的应用领域和场合,因此不存在高端产品淘汰或替代低端产品的情况。这是因为工程应用中要考虑成本因素,在低端单片机能完成所需功能的情况下,就没有必要采用高端单片机,例如在 8 位机的发展时期,考虑到 4 位单片机工艺成熟、价格低廉,仍有不少进口仪器仪表采用 4 位单片机来实现。总的说来,单片机各种机种均有不同程度的应用,尤其 8 位单片机的性能在不断地增强和提高,所以在未来相当长的时期内 8 位单片机在中小规模的应用场合仍占据主流位置。

2. 单片机的特点

以 MCS-51 系列单片机为例,其结构有别于通用微机,主要特点如下:

1) 单片机的 ROM (程序存储器) 和 RAM (数据存储器) 分开成为两个严格独立的地址空间,各自采用不同的寻址方式。对于面向工业控制的应用,存放程序的 ROM 空间要求较大而存放数据的 RAM 空间则相对要求较小。

2) 单片机的指令系统主要面向控制,在逻辑控制和位控制方面显得更强,可由相应的指令来实现功能的选择和控制的切换而不必依靠硬件跳线。

3) 单片机的 I/O 口线可通过程序的控制实现双功能复用,能够有效解决有限引脚数目与更多功能设置之间的矛盾。

4) 单片机的外部扩展功能很强,接口与许多通用的微机芯片兼容,能对 ROM、RAM、I/O 口等进行扩展。

3. 常用单片机系列

单片机发展至今已达几十个系列、几百种型号。其中, MCS 是 Intel 公司的注册商标, MCS-51 系列中的第一位成员是 8051 单片机, Intel 公司把基于 8051 内核的单片机统称为 MCS-51 系列。人们现在泛指的 8051 系列单片机,是包括了 Intel 公司在内的所有公司如 Philips、Atmel、Winbond、Siemens、AMD、OKI、NEC 等生产的基于 8051 内核的单片机。此外还有 80C51 系列单片机,采用了与 8051 系列 HMOS 工艺不同的低功耗型 CHMOS 工艺,它的增强型版本是 80C52 系列单片机。本书把上述所有单片机统称为 51 系列单片机。

除了基于 8051 内核的 51 系列单片机外,还有另外一些常见的系列,如 68H 系列、PIC16 系列等,但它们的指令系统与 51 系列的均不兼容。鉴于 51 系列单片机程序设计简单、性能可靠、实用性强、便于初学者学习入门,本书把它作为学习讨论的重点。

在 51 系列单片机中, Intel 公司的 MCS-51 系列单片机和 Atmel 公司的 AT89 系列单片机是相互兼容的,它们均属于 8051 内核。不同的是前者的片内程序存储器为掩膜 ROM 或 EPROM (紫外光擦写) 存储器,而后者则是 Flash (闪速) 存储器,使用起来后者更为方便,因此目前被广泛采用。本书所述内容所指的主要是这两种系列,不加区分。

下面是一些常见的单片机,其中前 4 种同属 51 系列,指令系统相互兼容。

Intel 的 MCS 系列,如 8051、8751。

Atmel 的 AT89 系列,如 89C51、89C52。

Philips 的 80C51 系列,如 80C51、87C51。

Winbond 的 W78 系列, 如 W78E51B, W78E52B。

Motorola 的 68H 系列, 如 MC6801, MCHC6801。

Microchip 的 PIC 系列, 如 PIC12C508, PIC16C61。

1.1.3 51 系列 8 位单片机的基本类型

学习单片机技术之前若能对各种单片机芯片有概括性的了解, 具体应用时就能够根据不同的设计需要选择不同的芯片。如果以片内程序存储器的特征对单片机进行分类, 则 Intel 公司最早推出的 MCS-48 系列 8 位单片机可分为三种基本类型: 8039 (内部无 ROM), 8049 (内含工厂掩膜的 2KB ROM), 8749 (内含紫外光可擦写的 2KB EPROM)。同样地, 51 系列 8 位单片机也可分为这三种基本类型, 其中包含了 51 子系列和 52 子系列。

1) MCS-51/52 系列 8 位单片机 (HMOS 工艺) 如:

8031/8032 (内部无 ROM)

8051/8052 (内含工厂掩膜的 4KB/8KB ROM)

8751/8752 (内含紫外光可擦写的 4KB/8KB EPROM)

2) MCS-51/52 系列 8 位单片机 (CHMOS 工艺) 如:

80C31/80C32 (内部无 ROM)

80C51/80C52 (内含工厂掩膜的 4KB/8KB ROM)

87C51/87C52 (内含紫外光可擦写的 4KB/8KB EPROM)

3) AT89 系列 8 位单片机 (CHMOS 工艺) 如:

89C1051 (属于精简型, 内含电可写可擦 1KB Flash ROM)

89C2051 (属于精简型, 内含电可写可擦 2KB Flash ROM)

89C4051 (属于精简型, 内含电可写可擦 4KB Flash ROM)

89C51/89C52 (内含电可写可擦 4KB/8KB Flash ROM)

89LV51/89LV52 (89C51/89C52 的低电压型)

89S51/89S52 (内含在线下载电可写可擦 4KB/8KB Flash ROM)

另外, 还有与 MCS 系列兼容的 GMS97 系列 8 位单片机, 如 97C51/97C52 (内含 4KB/8KB OTP ROM, 一次性可编程存储器)。

说明:

1) MCS-48 系列是 MCS-51 系列之前的 8 位单片机类型, MCS-51 系列在其基础上作了许多功能的改进, 最后发展成为主流的 MCS-51 系列。提及一下早期的 MCS-48 系列单片机是为了让读者更好地了解单片机的发展历程。

2) 内部无 ROM 的单片机, 其程序存储器必须通过外部方式扩展, 组成“最小系统”(将在后续章节介绍)才能正常运行。这种最小系统方式需要较多的电路板空间和电路引线, 使用不方便; 但在单片机发展的初期, 由于其价格比其他内部自带 EPROM 型号的几分之一甚至十几分之一, 因而曾被广泛使用, 尤其是当时一般性的电路实验。

3) 芯片内建掩膜 ROM 的单片机, 用户使用前必须先向生产厂商提供定制的源程序代码, 由厂商在芯片中制作掩膜, 把程序固化在内。此类单片机适用于程序已定型的批量生产, 成本相对较低, 缺点是需要有相当的投产数量且一经出厂程序就不能再改变。作废或过时、过剩的掩膜 ROM 单片机可当作内部无 ROM 的 8031/8032 单片机使用。

4) 芯片内含紫外光可擦写 EPROM 的单片机, 封装体正面设置有一个石英窗口 (见图 1-2a)。用紫外光管照射十几分钟即可把芯片内的程序擦除, 用户可通过这种方法进行程序的写入/擦除或设置加密位等操作。

5) 芯片内含电可写可擦 Flash (闪速) 存储器的单片机 (见图 1-2b), 不必再用紫外光的方法进行操作, 只需通过编程器就能用电擦除或写入芯片中的程序, 使用起来很方便, 价格比紫外光可擦写的 EPROM 单片机更为便宜, 目前已被广泛使用。

6) 芯片内含在线下载电可写可擦 Flash 存储器的单片机, 只要通过 ISP 下载线就能对芯片编程, 使用更为方便, 其价格已迅速下降, 已是当今使用最广泛的类型。

7) 内含低电压型 Flash 存储器的单片机, 可在电源电压为 2.7V 甚至更低的情况下工作, 尤其适合使用在通过电池供电的便携式应用场合。

8) 芯片内含 OTP ROM (一次性可编程存储器) 的单片机, 与 Flash ROM 单片机的唯一区别是仅允许用户写入程序一次。相当于芯片厂商把制作掩膜 ROM 的步骤交由用户来完成。OTP 芯片的成本较低, 有利于程序定型后的芯片生产, 且生产多少均可由用户自定, 灵活性很大。

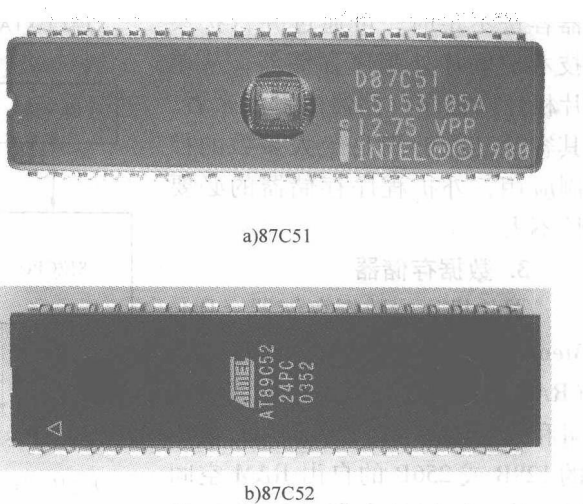


图 1-2 内带程序存储器的单片机外形

1.2 51 系列单片机芯片结构

1.2.1 51 系列单片机基本组成结构

图 1-3 所示为 51 系列单片机的基本组成结构, 主要包括: 中央处理器 CPU、程序存储器 ROM、数据存储器 RAM、定时器/计数器、并行 I/O 口、串行接口、中断系统、时钟源电路等, 通过内部总线连接在一起。下面将分别对各个功能部件进行介绍, 读者如有需要, 可根据部件中的英文关键词检索相关英文资料。

1. 中央处理器

单片机中的中央处理器 (Central Processor Unit, CPU) 是单片机的核心 (Core), 与通用微机的 CPU 作用基本相同。它与控制信号线结合, 主要实现算术逻辑运算和控制功能。CPU 内部专门设置了一个结构完整和功能极强的布尔 (位) 处理器, 使单片机能实现字节的按位操作, 在实际应用中带来极大的便利, 是单片机一个突出的优点。

2. 程序存储器

单片机的片内程序存储器 (Program Memory) 有三种基本形态: 内部无自带 ROM、内部带有掩膜 ROM 和内部带有 EPROM 或 Flash ROM (容量一般为 4KB 或 8KB)。当片内存储

器容量不足时,可通过并行扩展技术扩展片外程序存储器,从单片机片内程序存储器的发展来看,其容量已能够满足绝大多数的控制应用,外扩程序存储器的必要性不大。

3. 数据存储器

单片机片内数据存储器(Data Memory)采用了随机存取存储器(RAM)来储存程序运行期间的变量和数据。除了划分有供用户使用的128B或256B的自由RAM空间外,片内数据存储器还设置有21个特殊功能寄存器SFR(Special Function Register)。当片内RAM容量不够时,可以通过并行或串行总线扩展技术扩展片外数据存储器。这在单片机系统中是经常用到的。

4. 并行 I/O 接口

单片机提供了4组功能强大、使用灵活的并行输入/输出接口(Parallel I/O Port),分别是P0~P3口,每组8个引脚,且P3口线还有复用的第二功能。此外,在应用并行或串行外扩技术时I/O口线还可作数据线、地址线和控制线复用。早期生产的芯片,I/O口线的负载驱动能力不强,往往要通过晶体管或其他IC芯片来增强驱动能力,经过改良的芯片,I/O口线驱动能力逐渐增强,如AT89系列中的每条口线的负载驱动能力已达20mA,可直接驱动LED等负载。

5. 串行接口

单片机中的串行接口(Serial Port)属于全双工I/O口,用来实现设备间的串行通信,用户可通过软件的设置来激活P3口引脚的第二功能,实现串行收/发通信。

6. 定时器/计数器

51子系列单片机中设置了两个16位定时器/计数器(Timer/Counter)(52子系列设置有三个),用来进行精确的定时操作或者对外部脉冲进行计数,是单片机的重要组成部分。

7. 中断系统

51系列单片机设置有内部/外部共5个中断源,两级中断优先级嵌套,每个中断源都有独立的中断向量。单片机技术中离不开中断系统(Interrupt System)与定时器/计数器两者有机地结合运用。

8. 时钟源

单片机的时钟源(振荡及时序单元)(Oscillator),CPU在时钟信号的驱动下按严格的时序节拍执行程序。由于单片机内部设置有振荡电路,通过外接的石英晶体振荡器(简称晶振)就能进行工作,也可直接从外部送入时钟信号。

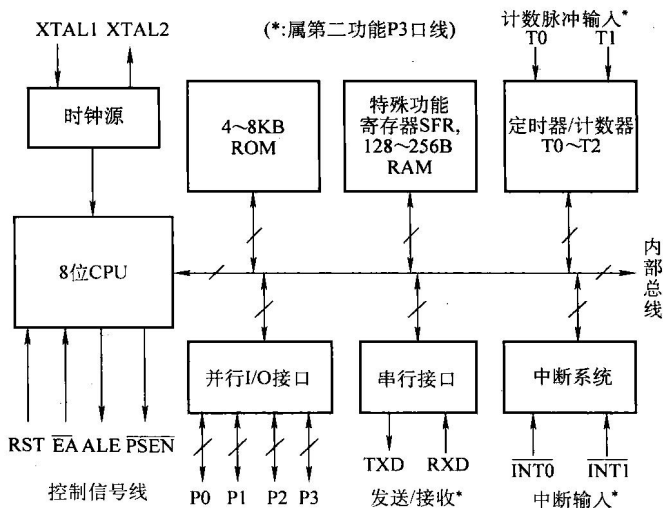
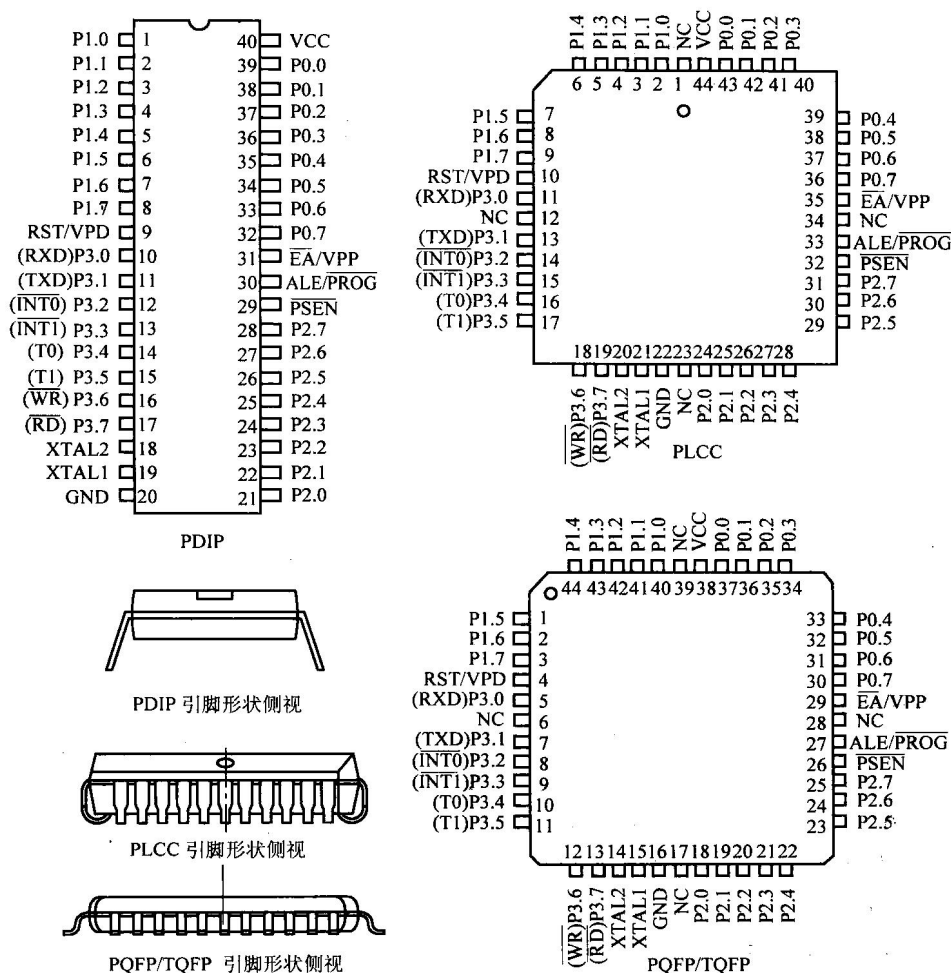


图 1-3 51 系列单片机的基本组成结构

1.2.2 51 系列单片机的引脚及其功能

51 系列单片机芯片的封装引脚见图 1-4。



(TO) 和双列直接式封装 (DIP) 发展到现在某些集成电路已采用了先进芯片级尺寸封装 (CSP), 其间经历了 TO→DIP→PLCC→QFP→BGA→CSP 的转变, 适应了不同时期的应用需要。学习和研究单片机的同时, 也自然要使用其他不同种类和功能的集成电路, 在阅读技术手册或进行电路试验时, 常常能接触到不同形式的芯片封装。为了便于读者了解这些封装的中英文含义, 把常见的封装缩写字符汇集到附录 D。

下面介绍 51 系列单片机芯片引脚的定义和功能。

1. 电源引脚

VCC: 接供电电源正端

GND: 接供电电源地端

2. 外接晶体引脚

XTAL1: 片内振荡器的反相放大器的输入端。当采用外部时钟时, 对 HMOS 工艺的单片机 (如 8031, 8751 等) 该引脚接地, 对 CHMOS 工艺的单片机 (如 87C51, 89C51, 89C2051 等) 该引脚作外部振荡信号输入。

XTAL2: 片内振荡器的反相放大器输出端。当采用外部时钟时, 对 HMOS 工艺的单片机该引脚作外部振荡信号输入, 对 CHMOS 工艺的单片机该引脚悬浮不接。

3. I/O 引脚

51 系列单片机芯片有 4 组 8 位 I/O 口线, 共 32 根引脚 (精简型芯片除外, 仅 20 根引脚), 分别说明如下:

(1) P0 口 (P0.0 ~ P0.7) 8 位漏极开路准双向 I/O 口。不接片外存储器或不扩展 I/O 口时, 该 8 条口线可全部用做通用 I/O 口, 但要求外接上拉电阻; 在接有片外存储器或扩展 I/O 口时, P0 口作低 8 位地址和 8 位双向数据总线分时复用, 此时属于真正的双向 I/O 口。P0 口能以吸收电流的方式驱动 8 个 LS TTL 负载。

(2) P1 口 (P1.0 ~ P1.7) 8 位带内部上拉电阻的准反向 I/O 口。对于 52 子系列单片机, P1.0 和 P1.1 还具有第二功能, 其中 P1.0 作为定时器 2 的计数输入端, P1.1 作定时器 2 的外部控制端。P1 口能以吸收或输出电流的方式驱动 4 个 LS TTL 负载。

(3) P2 口 (P2.0 ~ P2.7) 8 位带内部上拉电阻的准双向 I/O 口。在接有片外存储器或扩展 I/O 时, P2 口作为高 8 位地址总线使用。P2 口能以吸收或输出电流的方式驱动 4 个 LS TTL 负载。

(4) P3 口 (P3.0 ~ P3.7) 8 位带内部上拉电阻的准双向 I/O 口。除了用做通用的 I/O 口外, P3 口每个引脚还具有第二功能, 用户可通过软件设置的方法使用这些功能。P3 口能以吸收或输出电流的方式驱动 4 个 LS TTL 负载。P3 口的第二功能如下:

P3.0——RXD, 串行输入口

P3.1——TXD, 串行输出口

P3.2—— $\overline{\text{INT0}}$, 外部中断 0 输入, 低电平或下降沿有效

P3.3—— $\overline{\text{INT1}}$, 外部中断 1 输入, 低电平或下降沿有效

P3.4——T0, 定时器/计数器 0 外部输入

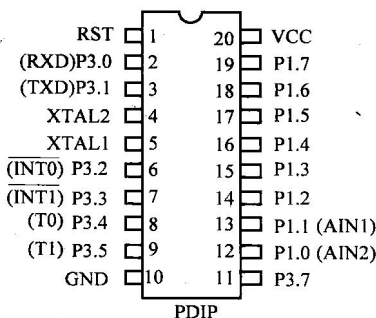


图 1-5 51 系列单片机精简型芯片封装引脚