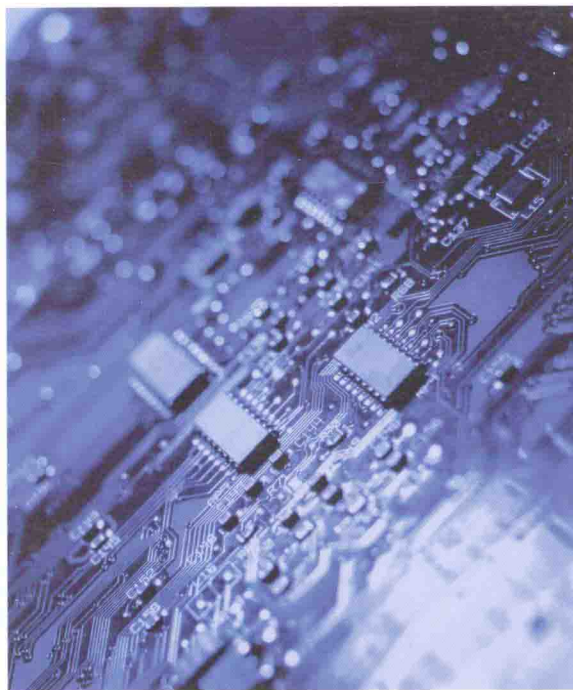


单片机原理与C51 程序设计教程 (第2版)

- ◆ 单片机基础知识
- ◆ 单片机指令系统
- ◆ Keil μ Vision4开发环境
- ◆ 单片机软件程序设计
- ◆ C51程序设计及实例
- ◆ 51单片机的内部资源
- ◆ 51单片机的系统扩展
- ◆ 串行通信接口
- ◆ A/D与D/A转换
- ◆ 输入和输出设备
- ◆ 51单片机系统开发基础
- ◆ 51单片机开发综合实例
- ◆ 51单片机实验与设计



张欣 张金君 编著

清华大学出版社

高等学校计算机应用规划教材

单片机原理与 C51 程序设计教程 (第 2 版)

张欣 张金君 编著

清华大学出版社

内 容 简 介

单片机作为微型计算机的一个重要分支,应用面很广,发展也很快。尽管目前单片机种类繁多,但其中最为典型、应用最广泛的仍当属 Intel 公司的 51 系列单片机。本书介绍了单片机技术、C 语言使用和应用系统开发等相关知识,内容包括单片机的内部结构、指令系统、C 语言及编译器 Keil μ Vision4 的使用、内部各模块的开发、接口编程和扩展技术,以及单片机应用系统的开发。

本书体系结构严谨,内容由浅入深,案例取材广泛,书中所有示例均给出了设计源程序和仿真验证结果。

本书可供高等院校电子、通信、自动化、计算机等信息工程类相关专业的本科生或研究生使用,也适用于从事单片机技术应用与研究的专业技术人员。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与 C51 程序设计教程/张欣,张金君 编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2014
(高等学校计算机应用规划教材)

ISBN 978-7-302-36414-6

I. ①单… II. ①张… ②张… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098094 号

责任编辑:刘金喜

装帧设计:牛静敏

责任校对:邱晓玉

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62794504

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:23.75 字 数:548 千字

版 次:2010 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 2 版 印 次:2014 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3500

定 价:38.00 元

前 言

随着科学技术的发展日新月异，单片机也从一开始的 8 位单片机发展到 16 位、32 位等诸多系列，其中 51 系列单片机由于其灵活方便、价格便宜等优点，在众多制造厂商的支持下已经发展成为具有上百个品种的大家族。如今 51 系列单片机是应用最广泛的单片机，是大学里电子、自动化及相关专业的必修科目。

在目前的单片机教学中，程序设计以 C 语言为主，汇编语言为辅。对汇编语言只要掌握到可以读懂程序，在时间要求比较严格的模块中进行程序的优化即可。采用 C 语言也不必对单片机和硬件接口的结构有很深入的了解，编译器可以自动完成变量存储单元的分配，编程人员只需专注于应用软件部分的设计，就可大大加快软件的开发速度。采用 C 语言可以很容易地进行单片机的程序移植工作，有利于产品中对单片机的重新选型。

Keil μ Vision4 是目前最高效、灵活的 51 单片机开发平台。本书以 Windows 集成开发环境 Keil μ Vision4 为基础，结合强大的电子电路设计软件和仿真器，介绍了单片机的基本原理、内部模块使用、C 语言开发和应用系统的设计。全书共 14 章，分为三个部分。

第 1 部分为基础部分，主要介绍了单片机系统、硬件部分和软件部分。其中，第 1 章简单介绍了单片机技术，第 2 章介绍了单片机基础以及 51 单片机的硬件结构，第 3 章介绍了 51 单片机的指令系统，第 4 章介绍了 51 单片机的 C 语言编译器 Keil μ Vision4 以及项目工程的建立方法，第 5 章介绍了单片机 C 语言的基本知识及基础实例，第 6 章介绍了 C 语言的进阶应用。

第 2 部分为功能模块部分，详细讲述了 51 单片机的内部模块及其应用。其中，第 7 章介绍了中断系统、定时/计数器以及工作方式，第 8 章详细介绍了单片机常用的扩展接口，第 9 章讲解了在实际应用中使用较多的串行通信接口，第 10 章介绍了 A/D、D/A 技术，第 11 章介绍了单片机的输入设备，第 12 章介绍了单片机的输出设备。

第 3 部分为高级应用部分，详细介绍了系统的设计。其中，第 13 章介绍了单片机系统的开发及注意事项，第 14 章通过设计投票系统对本书的内容进行了全面的综合应用。书的最后介绍了 10 个单片机应用系统，可作为学生课程设计之用。

本书附赠的 PPT 教学课件和案例源文件可通过 <http://www.tup.com.cn/downpage> 下载。

本书内容由浅入深，读者按顺序阅读即可，若对其中的某些章节比较熟悉则可以跳读，在学习的同时进行编程实践，遇到困难的地方再参考相关部分。

本课程总学时为 52 学时，各章学时分配见下表(供参考)：

学时分配建议表

课 程 内 容	学 时 数			
	合 计	讲 授	实 验	机 动
第 1 章 绪论	1	1		
第 2 章 单片机硬件基础	3	3		
第 3 章 单片机的指令系统	3	2	1	
第 4 章 单片机的 Keil μ Vision4 软件开发环境	3	2	1	
第 5 章 C51 程序设计基础及实例剖析	10	6	4	
第 6 章 C51 语言的进阶应用	4	2	2	
第 7 章 51 单片机的内部资源	4	3	1	
第 8 章 51 单片机的系统扩展	6	4	2	
第 9 章 51 单片机的串行通信接口	5	2	1	2
第 10 章 51 单片机的 A/D 与 D/A 转换	3	2	1	
第 11 章 输入设备	2	1	1	
第 12 章 输出设备	2	1	1	
第 13 章 51 单片机系统开发基础	1	1		
第 14 章 单片机系统综合实例——投票系统	5	2	2	1
合 计	52	32	17	3

本书由张欣、张金君(编写第 6~9 章)编著,在本书的编写过程中,参考引用了相关领域专家学者的著作和文献,在此向他们表示真诚的谢意。此外,陈建伟、许小荣、张泽、刘荣、张璐、王统、王东、周艳丽、刘波、苏静等也参与了本书的编写和修改,在此,同样致以诚挚的谢意!

由于时间仓促、作者水平有限,书中难免存在疏漏和不当之处,恳请广大读者批评指正。

作 者

2014 年 2 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 单片机概论	1
1.1.1 微处理器、微型计算机与 单片机	1
1.1.2 单片机的分类和指标	3
1.1.3 单片机的内部结构	3
1.1.4 单片机的应用领域及趋势	4
1.1.5 单片机的编程语言概述	7
1.1.6 如何学习单片机这门技术	8
1.2 常用的 51 单片机	9
1.2.1 Intel 公司系列单片机	9
1.2.2 Atmel 公司系列单片机	9
1.2.3 Philips 公司系列单片机	10
1.2.4 STC 公司系列单片机	10
1.3 本章小结	10
习题	11
第 2 章 单片机硬件基础	12
2.1 单片机内部结构	12
2.1.1 中央处理器(CPU)	12
2.1.2 存储器结构	15
2.1.3 I/O 端口结构	22
2.1.4 定时器/计数器结构	25
2.1.5 中断系统	25
2.2 单片机引脚功能	26
2.2.1 芯片封装	26
2.2.2 芯片引脚及功能	27
2.3 单片机工作时序	29
2.3.1 时钟电路	29
2.3.2 时序定时单位	30
2.3.3 指令的执行时序	30
2.4 单片机的工作方式	31

2.4.1 复位工作方式	31
2.4.2 程序执行方式	32
2.4.3 低功耗工作方式	32
2.4.4 其他方式	33
2.5 单片机的最小系统	33
2.6 本章小结	34
习题	35
第 3 章 单片机的指令系统	37
3.1 单片机的指令系统概述	37
3.1.1 指令格式	37
3.1.2 符号说明	37
3.2 单片机的寻址方式	38
3.2.1 立即寻址	38
3.2.2 直接寻址	39
3.2.3 寄存器寻址	39
3.2.4 间接寻址(寄存器间接寻址)	39
3.2.5 变址寻址	40
3.2.6 相对寻址	40
3.2.7 位寻址	40
3.2.8 寻址方式总汇	41
3.3 单片机的指令说明	42
3.3.1 数据传送类指令	42
3.3.2 算术运算类指令	46
3.3.3 逻辑运算类指令	50
3.3.4 控制转移类指令	52
3.3.5 位操作指令	55
3.3.6 单片机的伪指令	56
3.4 汇编程序设计	59
3.5 本章小结	62
习题	63

第 4 章 单片机的 Keil μ Vision4

软件开发环境	66
4.1 Keil 开发工具	66
4.1.1 集成环境	66
4.1.2 启动程序	68
4.1.3 工作环境	69
4.2 单片机软件开发流程	74
4.2.1 建立工程	74
4.2.2 建立源代码文件	76
4.2.3 工程设置	78
4.2.4 软件编译与连接	83
4.2.5 硬件编程	84
4.2.6 程序下载	85
4.3 软件调试	85
4.3.1 调试窗口	86
4.3.2 调试命令	91
4.4 本章小结	94
习题	94

第 5 章 C51 程序设计基础及

实例剖析	96
5.1 C 程序的基本概念	96
5.1.1 主函数	97
5.1.2 标识符和关键字	97
5.1.3 数据的基本类型	99
5.1.4 常量和变量	100
5.1.5 运算符与表达式	103
5.1.6 函数	109
5.2 基本的程序设计结构	113
5.2.1 顺序结构	113
5.2.2 选择结构	115
5.2.3 循环结构	119
5.3 C51 构造数据类型	126
5.3.1 数组	126
5.3.2 指针	129
5.3.3 结构	134
5.3.4 联合	139

5.3.5 枚举	140
5.4 本章小结	141
实验与设计	142
实验 5-1 用*号输出字母 C51 的 图案	142
实验 5-2 用自增自减运算控制 P1 口流水花样	144
实验 5-3 用不同数据类型控制灯 闪烁的时间	146
实验 5-4 灯的左移右移程序	148
习题	149

第 6 章 C51 语言的进阶应用

6.1 程序设计及编程方法	152
6.1.1 单片机程序的编制过程	152
6.1.2 单片机程序设计技巧	152
6.2 Keil C51 的预处理器	155
6.2.1 宏定义	155
6.2.2 文件包含	161
6.2.3 条件编译	162
6.3 Keil C51 常用库函数	164
6.3.1 内部函数 intrins.h	165
6.3.2 输入/输出流函数 stdio.h	165
6.3.3 动态内存分配函数 stdlib.h	167
6.3.4 字符函数 ctype.h	167
6.3.5 缓冲区和字符串操作 函数 string.h	168
6.3.6 绝对地址访问 absacc.h	169
6.3.7 访问 SFR 和 SFR_bit 地址 regxx.h	169
6.4 在 Keil μ Vision 中编写用户 自己的库函数	169
6.4.1 用户库函数的建立步骤	170
6.4.2 用户库函数的引用步骤	170
6.4.3 一个用户库函数的 应用实例	170

6.5 C51 语言的编译常见报警错误 以及解决办法	172
6.5.1 变量未被使用警告 (Warning 280)	173
6.5.2 函数未被声明警告 (Warning C206)	173
6.5.3 头文件无法打开错误 (Error C318)	173
6.5.4 函数名称重复定义错误 (Error C237)	174
6.5.5 函数未被调用警告	174
6.5.6 内存空间溢出错误	174
6.5.7 函数重入警告	174
6.5.8 常见编译器错误列表	175
6.6 本章小结	179
实验与设计	180
实验 6-1 处理代码段中未被使用的 变量	180
实验 6-2 内存空间溢出错误 处理	180
习题	181
第 7 章 51 单片机的内部资源	182
7.1 输入/输出控制	182
7.2 中断系统	183
7.2.1 中断的基本概念	184
7.2.2 中断源及其中断的 入口地址	184
7.2.3 中断控制相关的寄存器	185
7.2.4 中断响应过程	187
7.2.5 C51 中断的程序设计	188
7.3 定时/计数器	192
7.3.1 定时/计数器的结构和 工作方式	192
7.3.2 定时/计数器的寄存器	194
7.3.3 定时/计数器的工作方式	196
7.3.4 定时/计数器的程序设计	199
7.4 本章小结	202
实验与设计	203
实验 7-1 设计报警器	203
实验 7-2 统计外中断 1 的中断 次数	204
实验 7-3 定时/计数器 T0 作定时 应用实验	206
习题	208
第 8 章 51 单片机的系统扩展	210
8.1 单片机外部扩展资源和扩展 编址技术概述	210
8.1.1 单片机外部扩展资源简介	210
8.1.2 单片机系统扩展原理	211
8.1.3 存储器扩展的编址技术	214
8.2 程序存储器的扩展	215
8.2.1 程序存储器的典型芯片	215
8.2.2 EEPROM 与单片机的连接	216
8.3 数据存储器的扩展	217
8.3.1 单片机 RAM 的读写时序	217
8.3.2 RAM 与单片机的连接	218
8.4 并行 I/O 口的扩展	219
8.4.1 采用 TTL 电路扩展 I/O 接口	220
8.4.2 采用 8255 芯片扩展 I/O 接口	220
8.5 可编程外围定时/计数器 8253	224
8.5.1 8253 的结构和引脚	224
8.5.2 8253 的工作方式和控制字	226
8.5.3 8253 与 C51 单片机的接口	226
8.6 外部中断的扩展	229
8.6.1 采用定时/计数器溢出中断 扩展外部中断源	229
8.6.2 采用串行通信接口扩展 外部中断源	230
8.6.3 采用中断源查询法扩展 外部中断源	230

8.6.4 用优先权编码器扩展 中断源.....	231	9.5 串行通信接口标准 RS-422 和 RS-485.....	266
8.7 I ² C 接口芯片 AT24CXX.....	233	9.5.1 RS-422 通信协议.....	267
8.7.1 I ² C 总线的特点.....	233	9.5.2 RS-485 通信协议.....	269
8.7.2 I ² C 总线通信技术.....	234	9.6 本章小结.....	271
8.7.3 AT24C 系列与 C51 的 接口.....	235	实验与设计.....	271
8.8 SPI 接口芯片 X5045.....	240	习题.....	273
8.8.1 SPI 总线的组成.....	241	第 10 章 51 单片机的 A/D 与 D/A 转换.....	276
8.8.2 X5045 简介.....	241	10.1 数/模转换.....	276
8.8.3 X5045 芯片与 C51 单片机的 连接.....	243	10.1.1 D/A 转换器.....	276
8.9 本章小结.....	247	10.1.2 D/A 转换芯片 DAC0832.....	278
实验与设计.....	248	10.1.3 DAC0832 应用实例.....	280
实验 8-1 8255 并口扩展实验.....	248	10.2 模/数转换.....	282
实验 8-2 I ² C 总线实验.....	249	10.2.1 A/D 转换器.....	282
习题.....	253	10.2.2 A/D 转换芯片 ADC0809.....	284
第 9 章 51 单片机的串行通信接口.....	256	10.2.3 MCS-51 单片机与 ADC0809 接口.....	286
9.1 串行通信方式.....	256	10.3 本章小结.....	289
9.1.1 串行通信分类.....	256	实验与设计.....	289
9.1.2 数据的传输模式.....	257	实验 10-1 简易直流电源的 设计.....	289
9.1.3 波特率.....	257	实验 10-2 简单数字电压表的 设计.....	290
9.2 串口结构.....	258	习题.....	293
9.2.1 51 单片机串行口的 硬件结构.....	258	第 11 章 输入设备.....	296
9.2.2 数据缓冲寄存器 SBUF.....	260	11.1 输入设备的分类及结构.....	296
9.2.3 串行口控制寄存器 SCON.....	260	11.1.1 开关和按键.....	296
9.2.4 特殊功能寄存器 PCON.....	261	11.1.2 按键去抖动.....	296
9.3 MCS-51 串口工作方式.....	261	11.1.3 非编码独立式键盘.....	297
9.3.1 方式 0.....	262	11.1.4 非编码矩阵式键盘.....	298
9.3.2 方式 1.....	262	11.1.5 编码键盘.....	298
9.3.3 方式 2 和方式 3.....	262	11.2 键盘与单片机的接口.....	298
9.3.4 各方式下波特率的计算.....	263	11.2.1 独立式键盘与单片机的 接口.....	299
9.4 串行通信接口标准 RS-232.....	263	11.2.2 矩阵式键盘与单片机的 接口.....	300
9.4.1 RS-232C 标准.....	264		
9.4.2 单片机串行通信的连接.....	266		

11.3 本章小结	304
实验与设计	304
习题	306
第 12 章 输出设备	310
12.1 输出设备的种类及结构	310
12.1.1 发光二极管	310
12.1.2 数码管	310
12.1.3 液晶显示模块	312
12.2 输出设备的接口及其编程	312
12.2.1 LED 指示灯功能的 程序实现	313
12.2.2 数码管与单片机接口的 程序实现	314
12.3 本章小结	317
实验与设计	318
习题	320
第 13 章 51 单片机系统开发基础	322
13.1 单片机系统的基本开发 过程	322
13.1.1 系统开发概述	322
13.1.2 总体方案设计	323
13.1.3 硬件设计	325
13.1.4 软件设计	326
13.1.5 系统调试	327
13.2 系统的优化设计	329
13.2.1 系统的可靠性设计	329
13.2.2 系统自诊断	332
13.3 本章小结	334
习题	334

第 14 章 单片机系统综合实例—— 投票系统	336
14.1 实例需求说明	336
14.2 实例设计	336
14.2.1 总体设计	336
14.2.2 投票系统中心端 硬件设计	337
14.2.3 投票系统终端硬件设计	338
14.2.4 通信协议设计	340
14.3 应用代码设计	340
14.3.1 投票系统中心端应用 代码设计	340
14.3.2 中心端应用代码综合	348
14.3.3 投票系统终端应用 代码设计	351
14.3.4 终端应用代码综合	357
实验与设计	359
实验 14-1 呼吸灯	359
实验 14-2 跑步机启停/速度 控制模块	360
实验 14-3 简易电子琴	361
实验 14-4 手机拨号模块	362
实验 14-5 简易频率计	364
实验 14-6 天车控制系统	365
实验 14-7 PC 中控系统	366
实验 14-8 负载平衡监控系统	366
实验 14-9 电子抽奖系统	368
实验 14-10 简易波形发生器	369

第1章 绪 论

单片机又称微控制器，在工业控制中占据了很重要的地位。那么到底什么是单片机，它与我们日常生活所接触的计算机又有什么联系和区别，单片机以后的发展趋势如何，这些都在本章进行讲解。本章的最后就单片机的厂家和型号做了介绍，以便读者在以后的设计中有所参考。

1.1 单片机概论

目前广泛应用的微型计算机属于第4代计算机，而本书所要讲述的单片机也属于微型计算机的范畴。它们两者在原理和技术上是紧密联系的。

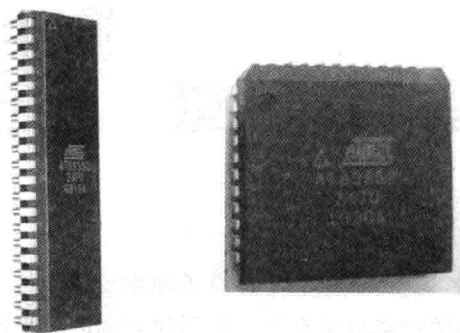
1.1.1 微处理器、微型计算机与单片机

一般而言，微型计算机包括运算器、控制器、存储器、输入/输出接口四个基本组成部分。如果把运算器和控制器封装在一块芯片上，则称该芯片为微处理器(MPU, Micro Processing Unit)或者中央处理器(CPU, Central Processing Unit)。如果将它与大规模集成电路制成的存储器、输入/输出接口电路在印制电路板上用总线连接起来，就构成了微型计算机。一个只集成了中央处理器的集成电路封装，只是微型计算机的一个组成部分。

如果在一块芯片上集成了一台微型计算机的四个组成部分，则称其为单片微型计算机，简称单片机。换句话说而言，单片机是一块芯片上的微型计算机。以单片机为核心的硬件电路称为单片机系统，它属于嵌入式系统的应用范畴。

为了进一步突出单片机在嵌入式系统中的主导地位，许多半导体公司在单片机内部还集成了许多外围功能电路和外设接口，如定时/计数、串行通信、模拟/数字转换、PWM(Pulse Width Modulation, 脉冲宽度调制)等单元。所有这些单元都突出了单片机的控制特性。尽管单片机主要是为了控制目的而设计的，但它仍然具备微型计算机的全部特征，因此，单片机的功能部件和工作原理与微型计算机也基本相同，可以通过参照微型计算机的基本组成和工作原理逐步接近并了解单片机。

单片机通常有多种不同的封装形式，图1.1所示是DIP-40(Dual In-line Package, 双列直插)封装和PLCC-44(Plastic Leaded Chip Carrier, 带引线的塑料芯片载体)封装的AT89S52实物示意。



(a) DIP-40封装的
AT89S52

(b) PLCC-44封装的
AT89S52

图 1.1 单片机外形

单片机的体积小、质量轻、价格便宜，为学习、应用和开发提供了便利条件。同时，学习使用单片机是了解计算机原理与结构的最佳选择。因此单片机作为微机的一种，它具有如下特点：

- 优异的性价比。
- 集成度高，体积小，可靠性高。
- 控制功能强，开发应用方便。
- 低电压、低功耗。

单片机应用系统是以单片机为核心，配以输入、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调配和使用，从而完成应用系统所要求的任务，两者相互依赖，缺一不可。单片机应用系统的组成如图 1.2 所示。

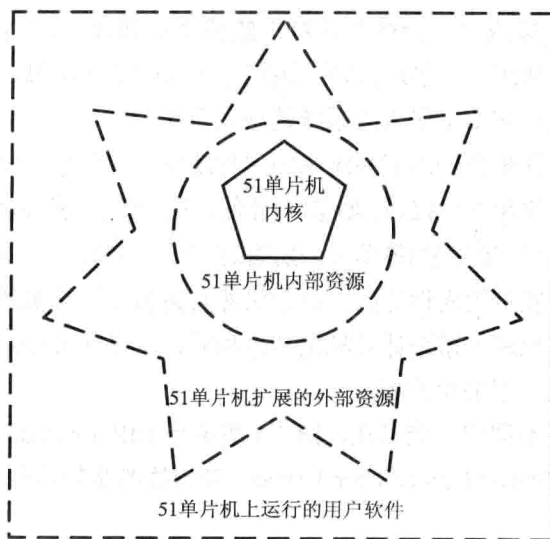


图 1.2 单片机应用系统的组成

由此可见,单片机应用系统的设计人员必须从硬件和软件两个角度来深入了解单片机,并将两者有机结合起来,才能形成具有特定功能的应用系统或整机产品。

1.1.2 单片机的分类和指标

单片机从用途上可分为专用型单片机和通用型单片机两大类。专用型单片机是为某种专门用途而设计的,如 DVD 控制器和数码摄像机控制器芯片等。在用量不大的情况下,设计和制造这样的专用芯片成本很高,而且设计和制造的周期也很长。通常所用的都是通用型单片机,通用型单片机把所有资源(如 ROM、I/O 等)全部提供给用户使用。当今通用型单片机的生产厂家已不下几十家,种类有几百种之多。下面就从单片机的几个重要指标进行介绍。

- 位数:即单片机能够一次处理的数据的宽度,有 1 位机(如 PD7502)、4 位机(如 MSM64155A)、8 位机(如 MCS-51)、16 位机(如 MCS-96)、32 位机(如 IMST414)。
- 存储器:包括程序存储器和数据存储器,程序存储器空间较大,字节数一般从几 KB 到几十 KB($1\text{KB}=2^{10}\text{B}=1024\text{B}$)。另外,还有不同的类型,如 ROM、EPROM、EEPROM、Flash ROM 和 OTP ROM 等。数据存储器的字节数通常为几十字节到几百字节之间。
- I/O 口:即输入/输出口,一般有几个到几十个,用户可以根据自己的需要进行选择。
- 速度:指的是 CPU 的处理速度,以每秒执行多少条指令衡量,常用单位是 MIPS(百万条指令每秒),如目前最快的单片机可达到 100MIPS。单片机的速度通常是和系统时钟(相当于 PC 的主频)相联系的,但并不是频率高的处理速度就一定快;对于同一种型号的单片机来说,采用频率高的时钟一般比频率低的速度要快。
- 工作电压:通常工作电压是 5V,范围是 $\pm 5\%$ 或 $\pm 10\%$,也有 3V/3.3V 电压的产品,更低的可在 1.5V 工作。现代单片机又出现了宽电压范围型,即在 2.5~6.5V 内都可正常工作。
- 功耗:低功耗是现代单片机追求的一个目标,目前低功耗单片机的静态电流可以低至 μA (微安, 10^{-6}A)或 nA(纳安, 10^{-9}A)级。有的单片机还具有等待、关断、睡眠等多种工作模式,以此来降低功耗。
- 温度:单片机根据工作温度可分为民用级(商业级)、工业级和军用级三种。民用级的温度范围是 $0\sim 70^{\circ}\text{C}$,工业级的是 $-40\sim 85^{\circ}\text{C}$,军用级的是 $-55\sim 125^{\circ}\text{C}$ (不同厂家的划分标准可能不同)。
- 附加功能:有的单片机有更多的功能,用户可根据自己的需要选择最适合自己的产品。例如,有的单片机内部有 A/D、D/A、串口、LCD 驱动等,使用这种单片机可减少外部器件,提高系统的可靠性。

1.1.3 单片机的内部结构

单片机经过几十年的发展,功能和组成结构基本固定,其内部结构示意图如图 1.3 所示。

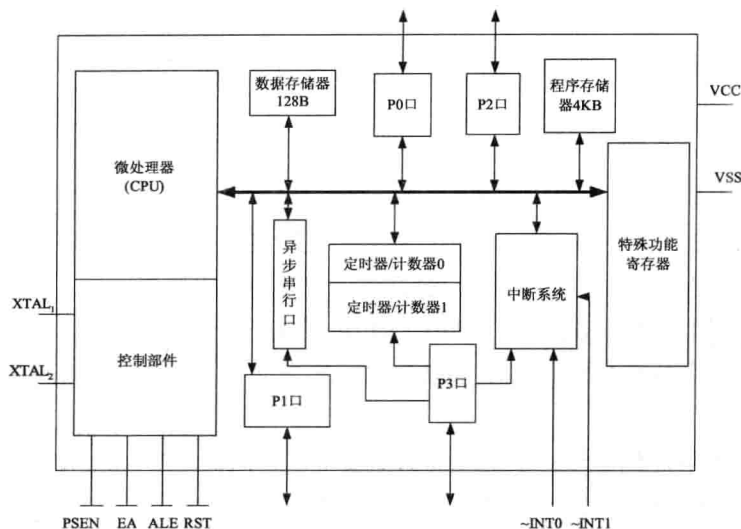


图 1.3 单片机内部结构图

一般兼容 51 内核的单片机都具有以下的内部资源：

- 8 位 CPU；
- 4KB 乃至更多的 ROM 程序存储器；
- 128B 乃至更多的内部 RAM 数据存储器；
- 2~3 个 16 位的定时器/计数器；
- 1 个以上全双工的异步串行口；
- 特殊功能寄存器；
- 4 个或更多个 8 位并行 I/O 口(如图 1.3 中的 P0、P1、P2 和 P3 口)；
- 5 个以上中断源、2 级中断优先级的中断系统。

如图 1.3 所示的内部结构按功能分成了以下 8 个组成部分，它是通过片内单一总线连接起来的。

- 控制部件；
- 微处理器(CPU)；
- 数据存储器(RAM)；
- 程序存储器(ROM/EPROM)；
- 特殊功能寄存器(SFR)；
- I/O 口；
- 定时器/计数器及中断系统；
- 串行口。

对本部分的详细介绍请参阅第 2 章的内容。

1.1.4 单片机的应用领域及趋势

目前单片机已渗透到我们生活的各个领域，几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。

导弹的导航装置,飞机上各种仪表的控制,计算机的网络通信与数据传输,工业自动化过程的实时控制和数据处理,广泛使用的各种智能 IC 卡,民用豪华轿车的安全保障系统,录像机、摄像机、全自动洗衣机的控制,以及程控玩具、电子宠物等,这些都离不开单片机。更不用说自动控制领域的机器人、智能仪表、医疗器械了。

1. 应用领域

单片机广泛应用于仪器仪表、家用电器、医用设备、航空航天、专用设备的智能化管理及过程控制等领域,大致可分为如下几个范畴。

(1) 在智能仪器仪表上的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、微型化和使用方便等优点,广泛应用于仪器仪表中。结合不同类型的传感器,可实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。采用单片机控制使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能比起采用电子器件或数字电路更加强大,如精密的测量设备(功率计、示波器、各种分析仪)。

(2) 在工业控制中的应用

用单片机可以构成形式多样的控制系统、数据采集系统。例如,工厂流水线的智能化管理,电梯智能化控制、各种报警系统,与计算机联网构成二级控制系统等。

(3) 在家用电器中的应用

可以这样说,现在的家用电器基本上都采用了单片机控制,从电饭煲、洗衣机、电冰箱、空调机、彩电、其他音响视频器材,再到电子称量设备等,无所不在。

(4) 在计算机网络和通信领域中的应用

现代的单片普遍具备通信接口,可以很方便地与计算机进行数据通信,为在计算机网络和通信设备间的应用提供了极好的物质条件,现在的通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从手机、电话机、小型程控交换机、楼宇自动通信呼叫系统、列车无线通信,再到日常工作中随处可见的移动电话、集群移动通信、无线电对讲机等。

(5) 在医用设备领域中的应用

单片机在医用设备中的用途亦相当广泛,如医用呼吸机、各种分析仪、监护仪、超声诊断设备及病床呼叫系统等。

此外,单片机在工商、金融、科研、教育、国防航空航天等领域也有着十分广泛的用途。

2. 发展趋势

随着科学技术的发展,单片机正朝着高性能和多品种方向发展,具体来说,就是进一步向着 CMOS 化、低功耗、小体积、大容量、高性能、低价格和外围电路内装化等几个方面发展。下面是单片机的主要发展趋势。

(1) CMOS 技术

近年,CHMOS 技术的进步,大大加快了单片机芯片采用 CMOS 技术进行设计和生产

的过程。CMOS 芯片除了低功耗特性之外,还具有功耗的可控性,使单片机可以工作在功耗精细管理状态。单片机芯片多数采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产。

CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用 CMOS 半导体工艺的 TTL 电路速度快,但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高,又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)和 CHMOS 工艺,以及 CHMOS 和 HMOS 结合的工艺。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度,传输延迟时间小于 2ns,它的综合优势已优于 TTL 电路。因而,在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。

(2) 低功耗

单片机的功耗已下降了许多,静态电流甚至降到 1 μ A 以下;使用电压在 3~6V 之间,完全能够适应于电池工作。低功耗化的效应不仅是功耗低,而且带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品的便携化。

(3) 低电压

几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽,一般在 3~6V 范围内工作,低电压供电的单片机电源下限已可达 1~2V。目前 0.8V 供电的单片机已经问世。

(4) 低噪声与高可靠性

为提高单片机的抗电磁干扰能力,使产品能适应恶劣的工作环境,满足电磁兼容性方面更高标准的要求,各单片机厂家在单片机内部电路中都采用了新的技术措施。

(5) 大容量

以往单片机内的 ROM 为 1~4KB、RAM 为 64~128B。但在需要复杂控制的场合,该存储容量是不够的,必须进行外接扩充。为了适应这种领域的要求,需运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前大部分型号 51 单片机都采用了 Flash 作为内部 ROM(程序存储器),并且将许多原本独立扩展于外部的 RAM(数据存储器)也集成到了芯片上,这些单片机的程序存储器高达 64KB(乃至更高),数据存储器高达 2KB(乃至更高)。

(6) 高性能

高性能主要是指进一步改变 CPU 的性能,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。采用精简指令集(RISC)结构和流水线技术,可以大幅度提高运行速度。现指令速度最高者已达 100MIPS(Million Instruction Per Seconds, 兆指令每秒),并加强了位处理、中断和定时控制功能。这类单片机的运算速度比标准的单片机高出 10 倍以上。由于这类单片机有极高的指令速度,可以使用软件模拟其 I/O 功能,由此引入了虚拟外设的新概念。

(7) 小容量、低价格

与上述相反,以 4 位、8 位机为中心的小容量、低价格化也是目前的发展动向之一。这类单片机的用途是把以往用数字逻辑集成电路组成的控制电路单片化,可广泛用于家电产品。

(8) 外围电路内装

这也是单片机发展的主要方向。随着集成度的不断提高,有可能把众多的各种外围功能器件集成在片内。除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外,片

内集成的部件还有模/数转换器、DMA 控制器、声音发生器、监视定时器、液晶显示驱动器、彩色电视机和录像机用的锁相电路等。

(9) 串行扩展技术

在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位一次性可编程 ROM 及各种特殊类型片内程序存储器的发展,加之外围接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I²C、SPI 等串行总线的引入,可以使单片机的引脚设计得更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

随着半导体集成工艺的不断发展,单片机的集成度将更高、体积将更小、功能将更强。在单片机家族中,80C51 系列是其中的佼佼者,加之 Intel 公司将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售形式转让给全世界许多著名 IC 设计厂商,如 Philips、NEC、Atmel、AMD、华邦等,这些公司都在保持与 80C51 单片机兼容的基础上改善了 80C51 的许多特性。这样,80C51 就变成有众多制造厂商支持的、发展出上百品种的大家族,现在统称为 80C51 系列,且成为单片机发展的主流。专家认为,虽然世界上的微控制器品种繁多,功能各异,开发装置也互不兼容,但是客观发展表明,80C51 可能最终形成事实上的标准微控制器芯片。

1.1.5 单片机的编程语言概述

对于 51 系列单片机,现有四种语言支持,即汇编、PL/M、C51 和 Basic。

1. Basic

Basic 语言通常附在 PC 上,是初学编程的第一种语言。一个新变量名定义之后可在程序中作变量使用,非常易学,根据解释的行可以找到错误而不是当程序执行完才能显现出来。Basic 的逐行解释使程序运行较慢,每一行必须在执行时转换成机器代码,需要花费许多时间,不能做到实时性。Basic 为简化使用变量,所有变量都用浮点值。Basic 适用于要求编程简单而对编程效率和运行速度要求不高的场合。

2. PL/M

PL/M 语言是 Intel 从 8080 微处理器开始为其系列产品开发的编程语言。它很像 Pascal,是一种结构化语言,但它使用关键字定义结构。PL/M 编译器好像汇编器一样可产生紧凑代码。PL/M 总的来说是“高级汇编语言”,可详细控制代码的生成。但对 51 单片机系列,PL/M 不支持复杂的算术运算、浮点变量,且无丰富的库函数支持。学习 PL/M 无异于学习种新语言。

3. 汇编语言

汇编语言是一种用助记符来表示机器指令的符号语言,是最接近于机器码的一种语言。其主要优点是占用资源少,程序执行效率高。它一条指令就对应一条机器码,每一步执行动作都很清楚,并且程序大小和堆栈调用情况都容易控制,调试起来也比较方便,是不同类型的单片机,其汇编语言可能有点差异,所以不易移植。