

高等院校信息技术规划教材

工程背景下的单片机 原理及系统设计（第2版）

刘焕成 编著

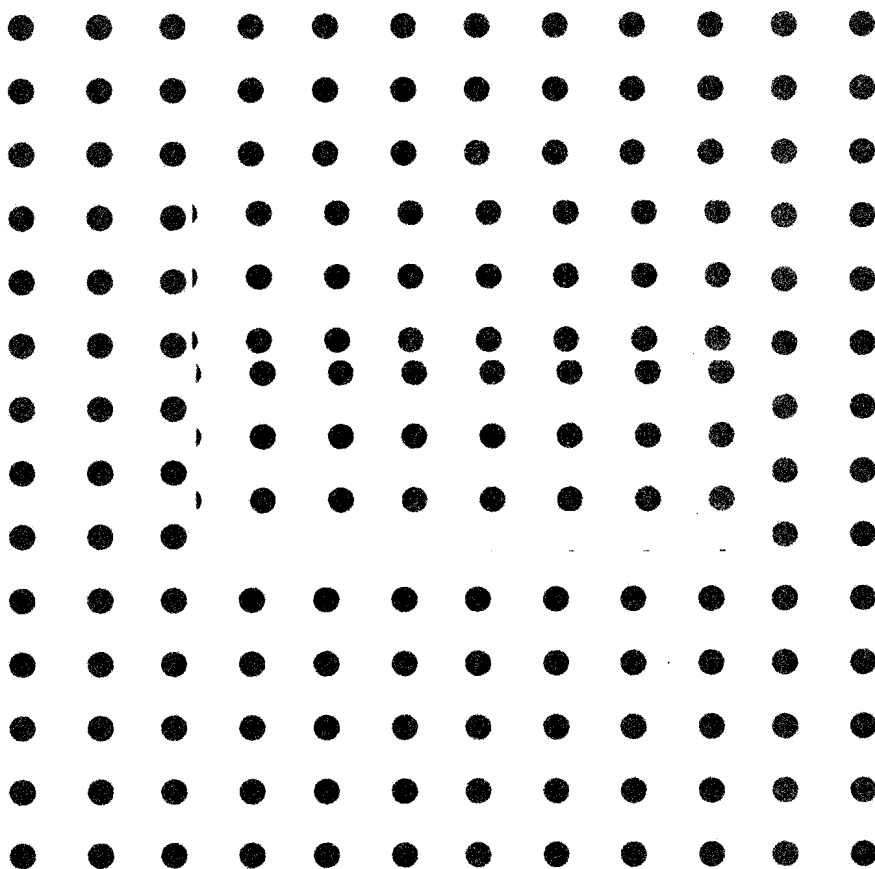


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

工程背景下的单片机 原理及系统设计 (第2版)

刘焕成 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以一个实际工程项目的分析、设计、实现的全过程为背景,系统介绍了 MCS-51 系列及与其兼容的 STC 系列单片机在检测与控制系统中的应用。本书的特点之一是内容与工程实际相融合,希望通过一个明确的单片机应用实例,达到使读者快速入门的目的。本书的另一个特点是突出基础训练和知识的实用性。书中所提供的电路、例题、习题,都是对作者多年单片机教学和系统开发经验的浓缩,具有较强客观性和实用价值。内容紧跟单片机最技术,对已经入门的单片机应用者也有较好的参考价值。

本书可作为高等院校自动化、机电工程等工科专业的单片机原理与应用的教材或参考书,也可作为从事单片机应用工作的工程技术人员的参考用书。

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

工程背景下的单片机原理及系统设计/刘焕成编著. --2 版. --北京:清华大学出版社, 2011. 10

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-26185-8

I. ①工… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—理论—高等学校—教材 ②单片微型计算机—系统设计—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 136973 号

责任编辑:袁勤勇 李 晔

责任校对:白 蕾

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:三河市君旺印装厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:23

字 数:541 千字

版 次:2011 年 10 月第 2 版

印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:35.00 元

第2版前言

Foreword

本书第1版出版已有三年时间了,感谢同行提出的宝贵意见。根据三年来的教学实践,在保留第1版主要内容的前提下,对书中内容进行了合理调整,相对第1版改动如下:

(1) 保留以一个实际工程项目的设计和实现的全过程为学习主线的特色。第2版对工程中的技术问题的描述加以提炼,尽量使其简明。将项目中应用到的具体技术问题以例题的形式分散嵌入各章节中,既保持了工程项目实现的技术的完整描述,又使所学内容与工程项目适时地融合,便于读者学用结合。新增了实验指导一章,强调对学生的C语言编程技术的训练,尽量使学生得到汇编和C语言编程的双重能力的培养。

(2) 删除了第1版中一些技术难度较大,过时的知识点,同时增加流行的、与应用联系密切的新技术,如USB转串口、高速A/D采样、DS18B20高级功能应用技术等内容。在讨论这些问题时,注意将读者可能遇到的技术问题讲细、讲透,提高教材的可读性。

将第1版的附录A、附录B在第2版中删去。但数制、编码、数据格式等计算机基础知识对单片机学习者来说较为重要,为此,将其放在五邑大学网站首页中的学习资源栏目下的单片机网页下,供需要补充这部分知识的读者下载。网页内还有与本书教学相关的资料,如STC单片机的头文件,教学课件、教学录像、参考习题答案,需要的读者可登录网站下载。

(3) 对书中的内容安排进行重新调整。将第1版的第5章分解为中断、定时、串行口三章;第1版的第7章分解为总线扩展系统和总线接口技术两章。这样既突出了各章内容的独立性,也便于教师对教材的处理。

(4) 突出基础训练和知识的实用性。第2版中对第1版中的电路设计、例题、习题和训练题都做了调整。第2版中的习题量相对第1版有大幅度的缩减,习题和训练题的设置尽量做到少而精,但均是单片机应用基础所必备知识。



全书共分13章,除第2章是关于单片机开发软件的学习引导内容外,其余各章都与书中的工程项目开发技术相关。其中,第1、3、4、5、6、7、11、12章是基础之基础,是必学的内容。对要求高的专业,可考虑增加技术性更强的其他章节内容的学习。第13章是关于课内实验的内容,教师可根据实际情况进行取舍。

在本版出版之际,对曾支持、关心和帮助过本书编写的各位专家、本书第1版的读者、本书所引用的参考文献的作者等再次表示衷心的感谢。

书中不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

2011年7月

第 1 版前言

Foreword

单片机的功能强、体积小、价格低、性能稳定特点,使其成为测控领域最有应用价值的产品。MCS-51 系列单片机以其优异的品质,在我国单片机应用领域占有很重要的地位。由于 MCS-51 系列单片机应用群体庞大、应用研究深入、可共享资源丰富,已成为大多数单片机学习和应用者首选的产品。为满足广大工程技术人员学习和高等院校有关专业课教材的需要,作者在十几年从事单片机科研和教学工作的基础上,编写了此书。

本书以一个实际工程项目的设计和实现的全过程为主线,目的是为了读者明确学习目标和方向;如果读者能将这个工程问题当做自己的项目,参与系统设计与编程工作,对书中的论述进行批判性的学习,更是作者所希望的。单片机的应用性很强,作者通过多年的科研与教学发现,绝大多数单片机的应用者的经验是靠实践锻炼出来的,理论与实践相结合是学习单片机的最有效方法。

全书共分 9 章。其中第 3~5 章、第 7 章是全书的精华,系统地讨论了 MCS-51 系列单片机组成原理、指令系统、定时器、中断、异步串行口的应用、并行总线扩展技术及检测与控制系统的设计方法,是单片机课程应重点学习的部分。第 6 章是关于 51 系列兼容机 STC 系列的内容,51 系列兼容机的发展,是 51 系列单片机能长期立足于应用的重要原因之一;第 8 章是关于同步串行总线与扩展技术在 51 系列单片机中的应用问题,可满足学者深入学习和运用。第 9 章关于单片机图形化编译系统的介绍为读者提供一些图形化编程的信息。

在本书编写与出版过程中,受到各方的鼎力支持。五邑大学甘俊英教授、董超俊教授对本书的内容提出了宝贵的意见;五邑大学冯薇、杨敏、陈阳等老师对文稿进行了详细的核对工作,在此表示衷心的感谢。同时对本书所引用参考文献的作者表示衷心的感谢。

书中不妥之处,恳请读者批评指正。

编著者

2008 年 1 月

目录

contents

第 1 章 单片机概论	1
1.1 单片机是什么	1
1.2 单片机的起源与发展现状	1
1.3 单片机的基本结构	2
1.4 单片机的应用领域	2
1.4.1 单片机的特点	2
1.4.2 单片机的应用范围	3
1.4.3 单片机中几类常用的存储器	3
1.4.4 单片机的几个概念	4
1.4.5 8 位单片机简介	5
1.4.6 增强型 51 系列单片机	5
1.5 宏晶 STC 系列单片机的特点	7
1.5.1 STC90C××系列单片机简介	7
1.5.2 STC12 系列单片机	8
1.5.3 STC15 系列单片机	8
1.6 单片机系统的开发过程	9
1.6.1 单片机选型要点	9
1.6.2 单片机系统的开发过程	9
1.7 本章重点	10
习题 1	10
第 2 章 单片机开发工具	12
2.1 必备的基础知识、软硬件条件与能力	12
2.2 Keil C 集成开发环境	14
2.2.1 建立项目文件	14
2.2.2 项目设置	16
2.2.3 为项目加入源文件	17



2.2.4	编译、连接	18
2.2.5	软件仿真调试	19
2.3	ISP 工具及应用	20
2.3.1	ISP 工具的功能	20
2.3.2	ISP 工具的使用方法	22
2.3.3	ISP 工具中的串口助手	23
2.4	本章重点	26
第 3 章	工程需求下的单片机选型	27
3.1	工程及需求分析	27
3.1.1	工程项目的定义	27
3.1.2	工程项目实例	27
3.1.3	系统工作过程分析	28
3.1.4	系统工作环境分析	28
3.1.5	系统需求分析	29
3.2	系统单片机选型	29
3.2.1	MCS-51 系列单片机硬件资源	30
3.2.2	标准 51 的管脚排列及功能	32
3.3	单片机正常工作的硬件条件	35
3.4	标准 51 的特殊功能寄存器	35
3.5	系统需求下的单片机选型	36
3.6	STC89C5X 系列单片机	38
3.6.1	STC89C5X 系列单片机硬件分析	38
3.6.2	STC89C5X 系列单片机的特殊功能寄存器	40
3.7	51 系列单片机的存储器结构	40
3.7.1	程序存储器	40
3.7.2	内部数据存储器	41
3.7.3	外部数据存储器	46
3.7.4	非易失性数据存储器	46
3.8	针对项目的系统硬件设计	47
3.8.1	单片机的选择	47
3.8.2	人机交互电路的设计	47
3.8.3	检测控制模块设计	48
3.8.4	检测控制模块技术规划	50
3.9	本章重点	54
习题 3		54

第 4 章 单片机应用系统编程基础	56
4.1 从源程序到可执行代码	56
4.2 机器码—汇编语言—高级语言	56
4.2.1 汇编语言与高级语言的特点及联系	57
4.2.2 从 C 语言过渡到 C51	57
4.2.3 有关 C51 的补充说明	60
4.3 MCS-51 汇编语言指令分析	62
4.3.1 MCS-51 汇编语言格式	62
4.3.2 MCS-51 指令系统的分类及一般说明	62
4.3.3 MCS-51 的寻址方式	63
4.3.4 MCS-51 指令概述	64
4.4 汇编语言程序组成与结构	77
4.4.1 程序	77
4.4.2 汇编语言程序的组成部分	77
4.4.3 汇编语言程序结构与一般格式	79
4.5 程序设计举例	82
4.5.1 位操作与逻辑类程序设计	82
4.5.2 循环程序设计	88
4.5.3 数据移动类程序设计	91
4.5.4 算术运算类程序设计	94
4.5.5 数据拼拆与转换程序设计	107
4.6 关于指令用法的补充说明	109
4.7 本章重点	111
习题 4	111
第 5 章 中断	114
5.1 中断的基本概念	114
5.1.1 中断的定义及中断工作方式	114
5.1.2 中断类型	116
5.1.3 中断优先级	116
5.1.4 中断识别和中断返回	118
5.1.5 中断向量及其用法	119
5.1.6 中断响应的时间	119
5.1.7 事件信号的来源与作用时间	120
5.2 标准 51 的中断系统结构	121
5.3 中断控制	123



5.3.1 中断允许与禁止	123
5.3.2 中断请求标志位	124
5.3.3 中断优先级控制	124
5.4 外部中断编程举例	125
5.5 外部中断源的复用技术	126
5.6 本章重点	129
习题 5	130
第 6 章 定时/计数器	131
6.1 定时/计数器	131
6.1.1 时间的表达方式及时间测量的分辨率	131
6.1.2 标准 51 定时/计数器结构	131
6.2 定时/计数器工作原理	132
6.2.1 T0、T1 的工作方式	132
6.2.2 定时/计数器的工作方式及工作原理	133
6.3 定时/计数器应用举例	135
6.3.1 定时/计数器应用——查询方式	135
6.3.2 定时/计数器应用——中断方式	136
6.4 本章重点	144
习题 6	145
第 7 章 串行口及异步串行通信	146
7.1 通信的基本概念	146
7.1.1 通信的意义	146
7.1.2 通信的定义及数据的传输	147
7.2 串行通信	149
7.2.1 串行通信协议	149
7.2.2 通信控制器	150
7.2.3 串行通信的方式	150
7.3 串行口结构及工作原理	152
7.3.1 串行口的工作方式	153
7.3.2 串行口工作方式	154
7.3.3 异步串行口通信的过程	156
7.4 串行通信编程举例	157
7.4.1 双机通信	157
7.4.2 奇偶校验	158
7.4.3 定时器 T1 溢出率的计算方法	162

7.4.4 累加和校验	165
7.5 多机通信原理及系统设计	172
7.5.1 多机通信的物理基础	172
7.5.2 多机通信方式分类	173
7.5.3 多机通信编程举例	174
7.6 RS-232-C 接口标准	176
7.7 RS-485 接口	179
7.7.1 RS-485 接口标准	179
7.7.2 RS-485 收/发器	180
7.7.3 51 单片机 RS-485 通信系统设计	181
7.8 本章重点	182
习题 7	183
第 8 章 STC89C5X 新增片内资源及应用	184
8.1 系统性能方面的改善	184
8.1.1 降低单片机对系统的电磁干扰的三大措施	184
8.1.2 STC89C5X 系列片内扩展 DATA_FLASH 的用法	185
8.1.3 STC89C5X 新增加的外部中断源的应用	189
8.1.4 STC89C5X 新增加其他功能概述	190
8.2 定时/计数器 T2 原理及应用	193
8.2.1 概述	193
8.2.2 定时/计数器 T2 的工作方式及应用	194
8.3 步进电机的运行控制	201
8.4 本章重点	203
习题 8	204
第 9 章 I/O 口结构及应用	205
9.1 I/O 口结构	205
9.1.1 P0 口内部结构及使用	205
9.1.2 P1 口内部结构及使用	206
9.1.3 P2 口内部结构及使用	206
9.1.4 P3 口内部结构及使用	206
9.2 I/O 与发光型 LED 器件的接口	207
9.2.1 I/O 与 LED 灯的接口	207
9.2.2 I/O 与 LED 数码管的接口	208
9.2.3 多位 LED 数码管的驱动	210
9.2.4 多位 LED 数码管的驱动电路设计	210



9.3	点阵液晶显示器与 51 机的接口	217
9.3.1	128×64 点阵液晶显示器	217
9.3.2	单片机与液晶显示器接口电路设计	222
9.3.3	液晶显示器应用程序举例	223
9.4	本章重点	230
习题 9		230
第 10 章	同步串行总线及其应用	231
10.1	同步串行总线简介	231
10.2	SPI 总线及其应用	232
10.2.1	SPI 总线时序分析	232
10.2.2	具有 SPI 接口的实时时钟芯片 DS1306	232
10.3	I ² C 总线时序分析及器件应用实例	243
10.3.1	I ² C 总线时序分析	243
10.3.2	CAT1161 与 51 机的接口及应用程序	245
10.4	一总线时序分析及应用	253
10.4.1	一总线简介	253
10.4.2	DS18B20 简介	253
10.4.3	DS18B20 的应用	259
10.5	本章重点	271
习题 10		271
第 11 章	MCS-51 并行总线扩展系统	272
11.1	MCS-51 系列单片机的控制信号及三总线	272
11.1.1	单片机的最小应用系统及扩展系统	272
11.1.2	MCS-51 系列单片机并行总线扩展方法	273
11.2	总线扩展电路常用器件简介	275
11.3	27 系列 EPROM 型存储器总线扩展方法	277
11.3.1	芯片容量	277
11.3.2	芯片的时序及特性参数	278
11.3.3	程序存储器扩展举例	279
11.4	MCS-51 外部数据存储器总线扩展系统	283
11.4.1	单片机常用数据存储器	283
11.4.2	62 系列数据存储器的接口电路设计	285
11.5	外部非易失性数据存储器及总线扩展方法	286
11.5.1	并行接口 EEPROM 型非易失性 RAM 概述	286
11.5.2	28 系列并行接口 EEPROM 一般特性	286

11.5.3 28 系列存储器的数据安全措施	287
11.6 MCS-51 总线系统的地址译码技术	292
11.7 本章重点	294
习题 11	294
第 12 章 MCS-51 接口技术	295
12.1 并行接口 I/O 扩展器件 8255A	295
12.1.1 8255A 的内部结构和外部特性	295
12.1.2 8255A 的编程命令	297
12.1.3 8255A 的工作方式	299
12.1.4 8255A 方式 0 和方式 1 应用举例	305
12.2 数模转换器	308
12.2.1 研究模数、数模转换器的意义	308
12.2.2 A/D 转换的原理	309
12.3 MAX114 与 51 机接口电路设计	312
12.3.1 基于 MAX114 的 51 机采样程序设计	316
12.3.2 发挥 MAX114 高速转换优势的方法	318
12.4 数模转换器的扩展	318
12.4.1 D/A 转换器接口的技术性能指标	318
12.4.2 DAC0832 的内部结构与外部特性	319
12.4.3 DAC0832 与 51 机的接口电路与程序设计	323
12.5 本章重点	327
习题 12	327
第 13 章 课内实验指导	329
实验 1 系统开发的基本技能训练	329
实验 2 外部中断与 I/O 综合应用	331
实验 3 定时器与 I/O 综合应用	333
实验 4 异步串行通信实验	335
实验 5 并行总线系统实验	336
实验 6 串行总线系统实验(选项 1)	337
实验 7 多机异步串行通信实验(选项 2)	338
附录 A ASC II 码表	340
附录 B MCS-51 系列单片机指令及编码表	342
参考文献	349

单片机概论

导读：以 Intel 公司的 MCS-51 为代表的单片机系列，包括 Intel 公司 8031、8051 及 Atmel 公司的 89C51、89C52 等单片机，这是最早的、有代表性的 51 系列单片机型，本书称之为标准 51 或 51 机，与普通 51 或基本 51 同义，以区别新出现的增强型 51 单片机。

增强型 51 单片机是在标准 51 基本内核的基础上，通过增加存储器的容量、各种外设，提高时钟频率、减少机器周期的时钟数等方面改进后的高性能单片机，也称为 51 兼容机。

增强型 51 在体系结构、指令系统方面与标准 51 完全兼容，但在功能和运行速度上均优于标准 51。增强型 51 正在成为主流机型。

学习标准 51 与学习增强型 51 到底是什么关系？我们将标准 51 比喻为老版的“捷达”车，学习增强型 51 就如同开 09 版的新“捷达”车，会有什么困难吗？

本章将对应用普及的 8 位单片机，包括 51 机作简要的介绍。并对 STC 系列单片机中 STC89C5X、STC12C5A60S2 等增强型 51 机进行扼要讨论。

1.1 单片机是什么

单片机是计算机的一种。由于其特殊的结构——将微处理器、存储器（RAM、ROM）、某些专用外围设备（硬件）及 I/O 接口等电路集成在一块芯片上，所以称为单片微型计算机，简称单片机。世界上第一台单片机是德州仪器公司于 1975 年研制成功的。

1.2 单片机的起源与发展现状

单片机是从早期计算机系统中分化出来的。随着操作系统的出现和完善，计算机在办公自动化和工业控制、家用电器两个方向进行了分离，形成了 PC 和单片机。

单片机又是嵌入式微型计算机的一个大类。嵌入式计算机系统的定义是：一种内部包含微计算机，用于完成特定任务的电子系统，简称嵌入式系统。单片机的功能与命令完全与之吻合。有些资料上也将 ARM 称为大单片机，因为它满足单片机的定义。

单片机按一次并行处理数据位的个数分 4 位、8 位、16 位、32 位单片机等。

单片机的位数是由其片内数据总线的条数决定的。8 位单片机片内数据总线为 8, 它的 CPU 并行处理数据的能力为 8 位。一般说来, 单片机的位数越高, 它处理数据的速度就相对越高, 这要求它内部的集成度也越高, 造价相对也越高。

从长远来看, 8 位机将占据嵌入式芯片的主要份额, 与 32 位机共存。

1.3 单片机的基本结构

单片机是将微处理器、存储器(RAM、ROM)、定时/计数器、中断控制器、DMA 控制器、串行通信控制器、并行 I/O 接口控制器及 I/O 等功能电路模块集成在一块芯片上, 构成的单微型计算机系统。典型的单片机其基本构成应包括以下几个部分:

- (1) 中央处理器(CPU): 包括运算器、控制器和内部寄存器组。
- (2) 存储器: 包括 ROM 和 RAM。
- (3) 嵌入外设是单片机实现检测与控制任务所必需的模块, 如定时/计数器、中断控制器、串行通信接口、A/D、D/A、USB 等。
- (4) 输入、输出(I/O)接口, 用于连接外部输入输出设备和接口芯片。

单片机的基本结构如图 1-1 所示。

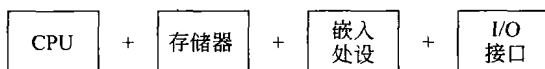


图 1-1 单片机构成示意

最简单的单片机由 CPU+I/O 构成。复杂的单片机还包含更多的外设, 加上大容量存储器, 构成高档单片机, 如 STC12C 系列等。这类单片机的资源充分, 一般情况下不需外扩(资源)就能满足工程需要, 可独立构成系统, 故称为片上系统。片上系统是单片机发展的方向。使用片上系统型单片机, 系统元件少、功耗低、性价比高、体积小、可靠性强。

1.4 单片机的应用领域

1.4.1 单片机的特点

根据应用定位要求, 单片机具有以下特点:

- (1) 集成度高, 体积小, 重量轻。
- (2) 面向控制, 功能强, 具有良好的实时性。
- (3) 抗干扰能力强、工作温度范围宽、电磁兼容性强、可靠性高, 能在较恶劣环境下可靠地工作。
- (4) 设计简单、系统扩展方便、开发周期短、容易产品化。
- (5) 性/价比高, 成本甚至低于某些专用接口芯片。

1.4.2 单片机的应用范围

单片机特性决定了其应用范围,其主要领域如下:

(1) 工业过程控制。I/O 接口多、位操作指令丰富、逻辑功能强的优势,使单片机特别适用于工业过程控制。

(2) 智能化仪表。体积小、功耗低、抗干扰能力强,加之足够高的运算能力和运算速度,令其特别适用于作为数字化智能化仪器、仪表的核心部件。

(3) 机电一体化产品。集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,开发具有智能特征的产品。机电一体化是机械产品发展的方向。单片机促进了机电一体化的发展,单片机与传统的机械产品相结合,取代传统机械产品中机械部件的同时,赋予了传统机械更多功能。例如,将其用于数控机床,可提高系统加工精度与效率、减轻工人的劳动强度,降低产品成本等。

(4) 道路交通行业。单片机在众多交通设施中起核心作用。如智能交通信号控制器、倒计时器、交通流量检测器等。在制造业中,现代汽车中采用单片机的智能模块越来越多,如 ABS、EBD 等。

(5) 计算机网络及通信技术。单片机、PLC 或其他嵌入式芯片,可作为网络的节点,作为功能单一的低端产品,单片机的性价比最高,应用广泛。

(6) 家用电器。还可将单片机应用于洗衣机、电冰箱、电子门锁、高级智能玩具等,家用电器生产规模大,单片机应用前景广阔。

1.4.3 单片机中几类常用的存储器

存储器是单片机的重要资源,单片机中有多种存储器。

1. 程序存储器

程序存储器的一个特点是“只读不写”。其另一个特点是掉电后数据不丢失,数据一般可保存 10 年以上。根据程序存储器的写入条件,将只读存储器分类如下:

(1) ROM: 程序由厂家在出厂时固化,用户不能再改写,如 8051 单片机自带 4KB 的 ROM。

(2) OTP: 只能写入一次的程序存储器,仅写一次,之后不能再改写。

(3) EPROM: 可通过紫外线擦除后反复改写的程序存储器。改写次数一般在几千次以上(与编程器的质量有关),如 8751 自带 4KB 的 EPROM。

(4) Flash: 可通过编程电压带电擦除进行再改写的程序存储器。擦写次数在 5 万次以上,使用方便,正在取代 EPROM。

2. 随机数据存储器

单片机在工作时,需要一定的存储器空间来存放临时数据。这类存储器被称为随机存储器,简称 RAM。根据 RAM 的用途,将它称为“草稿纸”比较形象。RAM 的一个特

点就是掉电后数据自然丢失。

3. 非易失性数据存储器

具有 RAM 的可读/写功能,同时又具有程序存储器“掉电不丢失性”特性的存储器,称为非易失性数据存储器。这类存储器用于存放单片机系统参数,或工作信息等经常需要在单片机系统运行中改变的数据。

非易失性数据存储器采用先“擦除”后改写的方式。Flash 和 EEPROM 都可作为程序存储器和非易失性数据存储器。它们的区别是,EEPROM 可按字节擦除,而 Flash 只能按页擦除。因此 EEPROM 更方便,但价格比 Flash 高。

1.4.4 单片机的几个概念

单片机内部的 CPU 是在时钟作用下有节律地工作的,而时钟是 CPU 的心脏。

(1) 时钟(振荡)周期。

时钟周期指单片机内部振荡源信号的周期,或外部时钟管脚上输入的时钟信号的周期。

(2) 状态周期。

状态周期又称 S 周期,是 CPU 工作的节拍,其值固定为振荡周期的 2 倍。状态周期分两个节拍,即 P_1 和 P_2 节拍,每个节拍的周期即为振荡周期。

(3) 机器周期。

机器周期是标准 51 指令执行时间的基本单位。一个机器周期由 6 个状态周期或 12 个振荡周期组成。一个机器周期可依次表示为 S_1P_1 、 S_1P_2 、 S_2P_1 、 $\cdots$ 、 S_6P_1 、 S_6P_2 。增强型 51 的机器周期各不相同,有些型号的机器周期为标准 51 的一半,其运行速度比标准 51 提高了一倍,如 STC89C5X 系列;有的型号单片机如 STC12 和 15 系列,它们绝大部分指令的执行时间只为 1~4 个振荡周期,指令执行的时间进一步缩短。

(4) 指令周期。

指令周期是指 CPU 执行一条指令所占用的全部时间,标准 51 以机器周期作为指令周期的单位。51 机指令系统共有 111 条指令,按执行的时间划分:单周期指令有 64 条,双周期指令有 45 条,只有乘、除 2 条指令为 4 周期指令。

在使用 51 机时,经常要计算机器周期或指令周期。可以从定义出发来计算这两种周期,也可以用简单的方法来计算它们。设标准 51 以最高时钟频率(f_{osc})12MHz 工作,根据机器周期的定义,容易得知此时的机器周期为 $1\mu s$ 。以此机器周期值为参比量,当 f_{osc} 改变时,可利用下式来计算机器周期 T_m 。

$$T_m(\mu s) = \frac{12}{f_{osc}(\text{MHz})} \quad (1-1)$$

例如,将 $f_{osc} = 11.0592\text{MHz}$ 时,代入式(1-1),可得

$$T_m(\mu s) = \frac{12}{f_{osc}(\text{MHz})} = \frac{12}{11.0592} \approx 1.085\mu s$$

51 机的 111 条指令,按其占用程序存储器空间量可分为如下几种:单字节指令(指