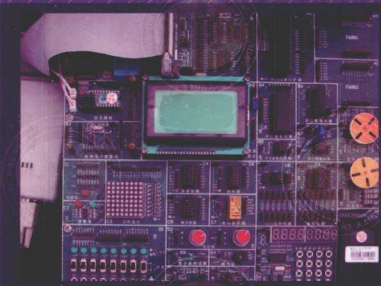


高等学校电工电子类系列教材



单片机原理及应用

MICROCONTROLLER THEORY & APPLICATIONS

主编 / 陈为 马家辰

主审 / 王培进



中国石化出版社

高等学校电工电子类系列教材

MICROCONTROLLER THEORY & APPLICATIONS 单片机原理及应用

主 编 陈 为 马家辰

副主编 朱桂新 张彩红

参 编 庄克玉 陈 静

主 审 王培进

中国石油大学出版社

内 容 提 要

本书以 MCS-51 单片机为基本内容,阐明了 8051 单片机的内核结构、工作原理、中断系统、串行通信、指令系统、程序设计以及常用的外围芯片,同时叙述了单片机存储器系统设计,输入输出接口设计,A/D、D/A 转换技术与应用。针对单片机的实际应用情况,本书用丰富的实例讲解了 MCS-51 系列单片机的原理和软硬件开发技术,并在实例中大量采用了 C 语言程序实现。本书最后还介绍了嵌入式操作系统的概念和它在 MCS-51 单片机中的应用。

本书内容丰富,深入浅出,理论联系实际,阐述清楚,通俗易懂,便于自学,可作为高等院校单片机原理课程的教材,也可作为从事单片机应用和研发的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用/陈为,马家辰主编. —东营:中国
石油大学出版社,2009. 10

ISBN 978-7-5636-2949-7

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 187434 号

单片机原理及应用

主 编:陈 为 马家辰

责任编辑:刘 静

出 版 者:中国石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: cbs2006@163.com

印 刷 者:青岛星球印刷有限公司

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0546—8391810)

开 本:185×260 印张:18.5 字数:450 千字

版 次:2009 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:30.80 元

版权专有,翻印必究。举报电话:0546—8391810

本书封面覆有带中国石油大学出版社标志的激光防伪膜。

本书封面贴有带中国石油大学出版社标志的电码防伪标签,无标签者不得销售。

出版说明

电工电子技术作为当前信息技术的基础,在国民经济和社会发展中起着越来越直接和越来越重要的作用。在高校中,由于广阔的技术应用和良好的就业前景,使电工电子类专业成为近年来发展势头最强劲的专业之一。在学生人数激增、学科应用拓展、学科发展加速的现实背景下,要使高校的专业教学跟上发展的步伐,适应社会的需求,则必须进行课程体系和课程内容的改革。这是摆在我们电工电子类专业从教者面前的一项重要而紧迫的任务。

正是在这种共同认识的驱动下,我们 20 多所高校——一些平时在教学改革方面颇多交流、在学科建设方面颇多借鉴的院校,走到了一起。我们这些院校各有所长,在一起切磋、比较、学习,搭建了一个很好的学习和交流的平台,共同推动了教育教学改革,促进了各自的发展。经验告诉我们,教改的核心是课程体系和课程内容的改革,但课程体系和课程内容改革的成果呈现在学生面前的最主要资源便是构架完备系统的教材。因此,课程改革与教材建设同步,编写出一套适合当前教学改革要求、结构体系完备、体现教学改革思路的好教材,成了我们共同的追求。

教材指导教学,教材体现教改。根据我们现实的教学需求和进一步的发展规划,我们把这套教材的建设构架为三个方面,也可以说是三个模块:

第一个方面是电工电子的基础理论与技术教材,主要针对工科类学生的通识课或者基础课,包括信号与系统、电路分析、电子线路、模拟电子技术、数字电子技术、单片机原理及应用、微机原理及应用、电气控制及 PLC 技术、计算机控制技术、电机与电气控制技术、传感器与检测技术、电机与拖动等,涵盖电气工程及其自动化、自动化、电子信息工程、通信工程、计算机科学与技术、电子科学与技术等专业的基础知识。为确保教材的权威性、科学性,各书主编及主要撰写者,均由具有多年教学经验的教授和专家担任。教材的覆盖面广、知识面宽,以高校的精品课建设为基础,着重基本概念和基本物理过程的论述,注重教学内容的内拓和精选,突出先进性、针对性和实用性。

第二个方面是实验与实训类教材。实验教学是培养学生基本工程素质、提高工程实践能力的重要手段,是高校工科教育教学改革的核心课题。为此,我们这些高校都极其重视实验教学改革与教材建设,不断更新实训教育理念,注重学生创新能力和动手能力的综合发展。国家级实验教学示范中心是高等学校实验教学研究改革的基地,引领全国高等学校实验教学改革的方向。我们的整套实训教材以山东科技大学和青岛大学“国家级电工电子实验教学示范中心”为依托,将任务驱动与项目引领相结合,融基础实验与综合技能训练、系

统设计与综合应用、工程训练和创新能力培养为一体,体系完整、内容丰富、工程实践性强,以期达到加强学生的系统综合设计能力和训练学生工程思维的目的。这一类教材主要包括电路实训教程、模拟电子技术实验教程、数字电路逻辑设计与实训教程、电子工艺与实训教程、PLC应用实训教程、电子工程实训教程、电气工程实训教程等。相信这部分教材对加强、规范和引导相关高校的实验教学会有有一定的借鉴作用。

第三个方面则是我们独具特色的电工电子类专业的双语教学教材。我们本着自编和引进并重的原则,打造适合我国高等教育发展的电工电子类双语教材体系。我们拥有具有东西方不同教学体系下丰富教学经验的外国专家和教授,他们以纯正的英语语言直接面向我们的大学生编写教材,这在国内恐属首创。比如这套教材中的双语教材之一《Introductory Microcontroller Theory and Applications》就是由英籍专家 Michael Collier 主编完成的英文版双语教材。该教材已在试用中得到了教师和学生的很高评价。在编写原创双语教材的同时,为了提供更丰富的双语教材资源,弥补原创双语教材在数量上的不足,各校将在共同讨论的基础上,引进相对适应性广泛的原版教材。另外,电工电子类双语教学网站也在同步建设中,为师生提供双语教学资源,打造师生互动平台。

诸事万物,见仁见智。对一套好教材的追求是我们的愿望。但当我们倾力追求教材对于我们学校现实的适用性时,我们真的惧怕它们或许已离另一些学校更远。站在不同的起点或角度进行教材构架时,这种差异有时会影响人们对教材的评判。这就时刻提醒我们参与教材编写的院校,在追求教材对于自身的适用性的同时,需要努力与其他院校做更多的沟通和了解,以使自身更好地融入全国教改的主流,同时使这套教材具有更好的普适性,有更广泛的代表意义和借鉴作用。

教材是教学之本。我们希望这套教材:不仅能符合专业培养要求,而且能顺应专业培养方向;不仅能符合教育教学规律,而且能符合学生的接受能力和知识水平;不仅能蕴含和体现丰富的教学经验和思想,而且能为学生呈现良好的学习方法,能指导学生学会自主学习,能调动学生的创造力和学习热情……我们将为此继续努力!

编委会

2008年8月

目前,单片机技术各个领域中正得到越来越广泛的应用,世界上许多集成电路生产厂家相继推出了各种类型的单片机。在单片机家族的众多成员中,MCS-51 系列单片机以其优越的性能、成熟的技术、高可靠性和高性价比,成为国内单片机应用领域中的主流。与其配套的 MCS-51 系列单片机的各类开发系统、各类软件也越来越完善,可以极方便地利用现有资源,开发出用于不同目的的各类应用系统。尤其是当 Keil C51 出现后,使得开发 MCS-51 系列单片机变得更加容易。

本书重点讲述基于 C51 语言开发的 MCS-51 系列单片机系统,包括 MCS-51 系列单片机的结构和指令系统、中断系统、定时器、串行口,以及单片机系统设计中必不可少的输入输出接口、A/D 转换技术和 D/A 转换技术,同时还以 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 为例介绍了嵌入式操作系统的概念以及在单片机系统中的应用。本书在讲述原理的同时,注意理论与实际相结合,力求做到让读者在掌握一定理论知识的同时能够运用所学的知识解决实际问题。

为了便于组织教学,在本教材的编排顺序上采用了循序渐进的策略。本书共 12 章,第 1 章简要介绍了单片机的特点、发展概况、应用领域和型号。第 2 章介绍了 MCS-51 单片机的内部结构、资源及特性。第 3 章介绍了 MCS-51 的指令系统以及 C51 的基本语法结构。第 4 章介绍了单片机程序设计方法,包括汇编语言和 C51 的程序设计。第 5 章介绍了 MCS-51 中断系统及中断服务程序的设计方法。第 6 章介绍了 MCS-51 定时器/计数器的原理及其应用。第 7 章介绍了串行通信的基本概念,通过实例介绍了 MCS-51 串行通信接口应用及编程方法。第 8 章从单片机并行和串行总线两个方面,介绍了常用存储器、并行接口芯片 8255 和串行接口的扩展方法,特别介绍了 I²C、SPI、1-Wire 串行总线的特性及编程方法。第 9 章介绍了键盘、LED 段码点阵显示、液晶显示、微型打印机等与单片机系统的接口及编程方法。第 10 章介绍了 D/A 和 A/D 转换的原理以及常用 A/D、D/A 芯片的扩展。第 11 章介绍了嵌入式操作系统 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的结构及在 MCS-51 单片机中的应用。第 12 章介绍了单片机应用系统设计流程和步骤,常用的软硬件抗干扰技术。

本书第 1、2、3 章由张彩红编写,第 4、5、6、7 章由朱桂新编写,第 8、9、10、11 章由陈为编写,第 12 章由庄克玉编写,陈静做了部分整理工作。全书由陈为、马家辰统稿,由烟台大学的王培进教授主审。在编写过程中,参考了有关的书籍和资料,在此对相关作者表示感谢。

由于编者的实际工作经验及水平的限制,书中难免存在错误和不当之处,恳请读者批评指正。

编 者

2009 年 7 月

目 录 CONTENTS

第 1 章 单片机概述 1	3.2.3 逻辑运算类指令 38
1.1 单片机的概念 1	3.2.4 控制转移类指令 39
1.2 单片机的历史与发展趋势 3	3.2.5 布尔处理类指令 41
1.3 单片机的应用 6	3.3 伪指令 42
1.4 单片机应用系统 7	3.4 C51 程序设计基础 43
1.5 常用单片机简介 8	3.4.1 C51 数据类型 43
1.6 单片机的选用 11	3.4.2 变量存储类型 44
习题 1 12	3.4.3 特殊功能寄存器及其 C51 定 义 45
第 2 章 MCS-51 单片机的内部结构 ... 13	3.4.4 运算符与表达式 46
2.1 MCS-51 单片机的基本结构..... 13	3.4.5 C51 语句 50
2.2 MCS-51 单片机的引脚功能..... 14	3.4.6 函 数 55
2.3 MCS-51 单片机的存储器组织 ... 21	3.4.7 C51 构造数据类型 58
2.3.1 程序存储器 21	习题 3 62
2.3.2 数据存储器 22	第 4 章 MCS-51 汇编语言程序设计 ... 63
2.4 MCS-51 单片机的工作时序..... 27	4.1 汇编语言程序设计概述 63
2.4.1 节拍、状态、机器周期和指令 周期 28	4.1.1 汇编语言的特点 63
2.4.2 CPU 取指令、执行指令周期 时序 28	4.1.2 汇编语言程序设计的步骤 63
习题 2 30	4.2 单片机汇编语言程序的基本结构 形式 63
第 3 章 MCS-51 单片机的指令系统 ... 31	4.2.1 顺序程序 63
3.1 MCS-51 指令的寻址方式..... 31	4.2.2 分支程序 64
3.1.1 MCS-51 汇编语言指令格式 31	4.2.3 循环程序 66
3.1.2 MCS-51 的寻址方式..... 31	4.3 MCS-51 单片机汇编语言程序设 计举例 67
3.2 MCS-51 的指令说明..... 33	4.3.1 算术运算程序 67
3.2.1 数据传送类指令 33	4.3.2 数制转换程序 68
3.2.2 算术运算类指令 36	

4.3.3 定时程序	69	第7章 MCS-51 单片机串行接口	115
4.3.4 查表程序	69	7.1 串行通信的基本概念	115
4.3.5 数据极值查找程序	70	7.1.1 基本概念及分类	115
4.3.6 数据排序程序	71	7.1.2 串行口的功能	116
4.4 C51 程序设计	72	7.2 MCS-51 串行口的组成	117
4.4.1 C51 编程方法	72	7.2.1 串行口的结构	117
4.4.2 C51 编程的一些特点	76	7.2.2 串行口控制与状态寄存器	117
习题4	77	7.3 串行口的工作方式	118
第5章 中断系统	78	7.3.1 串行口工作方式0	118
5.1 中断系统概述	78	7.3.2 串行口工作方式1	119
5.2 MCS-51 单片机中断系统	78	7.3.3 串行口工作方式2与方式3	120
5.2.1 中断请求源和中断请求标志	78	7.3.4 波特率的设计	121
5.2.2 中断控制	80	7.3.5 异步通信程序举例	122
5.2.3 中断响应	82	7.3.6 C51 串行口编程	123
5.2.4 外部中断触发方式	83	习题7	125
5.2.5 多个外部中断源系统设计	84	第8章 单片机系统的扩展	126
5.2.6 MCS-51 对中断请求的撤除	85	8.1 MCS-51 单片机系统扩展编址技	126
5.2.7 MCS-51 中断系统的初始化	87	8.1.1 MCS-51 单片机的片外总线	126
5.3 应用举例	88	8.1.2 片选方式和地址分配	127
5.4 C51 中断编程	95	8.2 外部程序存储器的扩展	129
习题5	96	8.2.1 扩展外部程序存储器的总线	129
第6章 MCS-51 单片机的定时器/计数器	97	8.2.2 EPROM 程序存储器扩展	130
6.1 定时器/计数器概述	97	8.2.3 E ² PROM 的扩展	132
6.1.1 定时器/计数器结构	97	8.3 外部数据存储器的扩展	134
6.1.2 工作方式	98	8.3.1 扩展数据存储器时的总线功	134
6.1.3 定时器/计数器的初始化	100	8.3.2 SRAM 的扩展	136
6.2 应用举例	103	8.3.3 新型存储器简介	138
6.3 C51 定时器编程	113	8.4 并行 I/O 接口的扩展	139
习题6	114		

8.4.1 概 述	139	9.5.3 PP40 的接口方法	216
8.4.2 简单的 I/O 口扩展	139	习题 9	220
8.4.3 采用 8255 扩展 I/O 口 ...	142	第 10 章 模拟量接口的扩展	221
8.4.4 采用 8155 扩展 I/O 口 ...	147	10.1 D/A 转换器概述	221
8.5 外部串行总线扩展	152	10.1.1 T 形电阻式 D/A 转换器	
8.5.1 I ² C 总线器件概述	153	原理	221
8.5.2 I ² C 总线应用举例	154	10.1.2 描述 D/A 转换器的性能	
8.5.3 其他串行总线扩展简介 ...	162	参数	222
习题 8	165	10.2 MCS-51 单片机与 8 位 D/A 转	
第 9 章 常用外围设备接口电路	166	换器接口技术	222
9.1 单片机与键盘接口	166	10.2.1 DAC0832 的内部结构和	
9.1.1 键盘的工作原理	166	引脚功能	223
9.1.2 独立式按键	167	10.2.2 8 位 D/A 转换器接口方法	
9.1.3 矩阵式按键	169		224
9.2 LED 显示器接口	175	10.3 MCS-51 单片机与 8 位 A/D 转	
9.2.1 数码管简介	175	换器接口技术	226
9.2.2 静态显示接口	178	10.3.1 A/D 转换器概述	226
9.2.3 动态显示接口	179	10.3.2 A/D 转换器的主要技术指	
9.2.4 典型的键盘、显示接口电路		标	227
.....	183	10.3.3 典型 A/D 转换器芯片	
9.3 键盘/显示器专用接口 Intel 8279		ADC0809	228
.....	184	10.3.4 MCS-51 单片机与	
9.3.1 8279 的内部结构和工作原理		ADC0809 接口	230
.....	184	10.3.5 应用举例	231
9.3.2 8279 的引脚和功能	186	10.4 MCS-51 单片机与 12 位 A/D 转	
9.3.3 8279 与单片机、键盘/显示器		换器接口技术	233
的接口	192	10.4.1 AD574A 引脚功能	233
9.4 LCD 液晶显示和接口	194	10.4.2 AD574A 的单极性和双极	
9.4.1 LCD 显示器简介	194	性输入	234
9.4.2 笔段型液晶显示的接口 ...	196	10.4.3 AD574A 与单片机的接口	
9.4.3 字符型液晶显示的接口 ...	198		235
9.4.4 图形液晶显示接口	200	10.5 MCS-51 单片机与串行 A/D 接	
9.5 微型打印机接口	213	口技术	236
9.5.1 PP40 的接口信号	213	10.5.1 TLC2543 A/D 转换器的	
9.5.2 PP40 的操作方法	214	功能特性	237

10.5.2 TLC2543 A/D 转换器的应用实例	243	习题 11	266
习题 10	245	第 12 章 单片机应用系统的设计	267
第 11 章 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 嵌入式操作系统	247	12.1 单片机应用系统的设计过程	267
11.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统的特点及结构	247	12.1.1 应用系统的总体设计	267
11.1.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统的特点	248	12.1.2 应用系统的硬件设计	268
11.1.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 系统的内核结构	249	12.1.3 应用系统的软件设计	269
11.1.3 主要模块介绍	250	12.2 单片机开发工具及选择	273
11.1.4 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 操作系统的初始化	257	12.2.1 仿真器	273
11.2 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的移植	258	12.2.2 其他硬件工具	276
11.2.1 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 工作核心原理分析	258	12.2.3 单片机仿真软件	276
11.2.2 在移植过程中的一般性问题	259	12.3 系统可靠性设计	276
11.2.3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 在 MCS-51 单片机上的移植过程	260	12.3.1 硬件的可靠性设计	277
11.3 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 应用举例	262	12.3.2 软件的可靠性设计	279
		12.4 单片机应用系统的调试和维护	280
		12.4.1 硬件调试方法	280
		12.4.2 软件调试方法	281
		习题 12	282
		参考文献	283

单片机自 20 世纪 70 年代问世以来,以其极高的性价比而备受关注。MCS-51 系列单片机是目前应用最广泛的单片机,该系列单片机简单易学,具有丰富的指令系统和高级语言编译系统。本章主要介绍 MCS-51 单片机的基本概念、特点、发展概况及应用领域等内容。

1.1 单片机的概念

所谓单片机,是指把组成微型计算机的各个功能部件:中央处理器 CPU、随机存储器 RAM、只读存储器 ROM、输入/输出接口电路、定时器/计数器以及串行通信接口等,集成在一块芯片上,构成一个完整的微型计算机。因此单片机的全称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)。图 1-1 所示为单片机的典型结构框图。

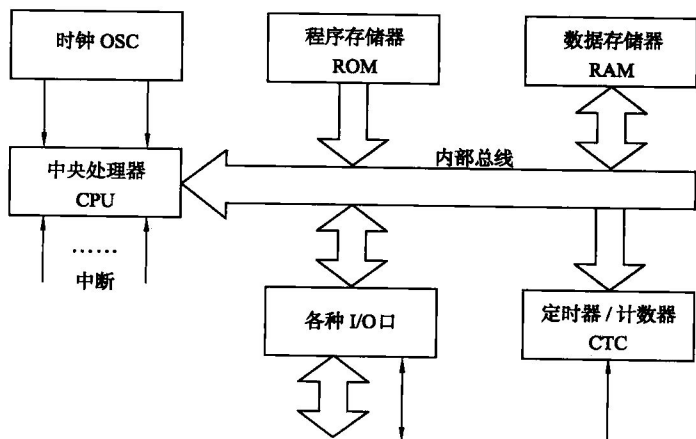


图 1-1 单片机的典型结构框图

1. 中央处理器 CPU

单片机中的中央处理器 CPU 和通用微处理器基本相同,由运算器和控制器组成,另外还增设了“面向控制”的处理功能。例如,位处理、查表、多种跳转、乘除法运算、状态检测、中断处理等。

2. 存储器

单片机的存储空间有两种基本结构:一种是普林斯顿结构(Princeton),将程序和数据合用一个存储器空间,即 ROM 和 RAM 的地址同在一个空间里分配不同的地址。CPU 访问存储器时,一个地址对应唯一的一个存储单元,可以是 ROM,也可以是 RAM,用同类的访问指令。另一种是将程序存储器和数据存储器截然分开,采用分别寻址的结构,称为哈佛

(Harvard)结构。CPU 用不同的指令访问不同的存储器空间。由于实际应用中单片机“面向控制”的特点,一般需要较大的程序存储器。目前,MCS-51 和 80C51 系列的单片机均采用程序存储器和数据存储器截然分开的哈佛结构。

1) 数据存储器(RAM)

在单片机中,用随机存取的存储器(RAM)来存储数据,暂存运行期间的数据、中间结果、缓冲和标志位等,所以称之为数据存储器。一般在单片机内部设置一定容量(64 B 至 256 B)的 RAM,并以高速 RAM 的形式集成在单片机内,以加快单片机的运行速度。同时,单片机内还把专用的寄存器和通用的寄存器在同一片 RAM 内统一编址,以利于运行速度的提高。对于某些应用系统,还可以扩展外部数据存储器。

2) 程序存储器(ROM)

单片机的应用中常将开发调试成功后的应用程序存储在程序存储器中,因为不再改变,所以这种存储器都采用只读存储器 ROM 的形式。

单片机内部的程序存储器常有以下几种形式:

① 掩膜 ROM(Mask ROM)。它是由半导体厂家在芯片生产封装时,将用户的应用程序代码通过掩膜工艺制作到单片机的 ROM 区中,一旦写入后用户就不能修改,所以它适合于程序已定型,并大批量使用的场合。8051 就是采用掩膜 ROM(Mask ROM)的单片机型号。

② EPROM。此种芯片带有透明窗口,可通过紫外线擦除程序擦除存储器的内容。应用程序可通过专门的写入器脱机写入到单片机中,需要更改时可通过紫外线擦除后重新写入。8751 就是采用 EPROM 的单片机型号。

③ ROMless。这种单片机内部没有程序存储器,使用时必须在外部并行扩展一片 EPROM 作为程序存储器。8031 就是采用 ROMless 的单片机。

④ OTP(One Time Programmable)ROM。这是用户一次性编程写入的程序存储器。用户可通过专用的写入器将应用程序写入 OTP ROM 中,但只允许写入一次。

⑤ Flash ROM(MTP ROM)闪速存储器。这是一种可由用户多次编程写入的程序存储器。它不需紫外线擦除,编程与擦除完全用电实现,数据不易挥发,可保存十年。编程/擦除速度快,4 KB 编程只需数秒,擦除时只需 10 ms。例如,AT89 系列单片机可实现在线编程,也可下载。这是目前大力发展的一种 ROM,大有取代 EPROM 型产品之势。

3. 并行 I/O 口

单片机为了突出控制的功能,提供了数量多,功能强,使用灵活的并行 I/O 口,使用上不仅可灵活地选作输入或输出,又可作为系统总线或控制信号线,从而为扩展外部存储器和 I/O 接口提供了方便。

4. 串行 I/O 口

高速的 8 位单片机都可提供全双工串行 I/O 口,因而能和某些终端设备进行串行通信,或者和一些特殊功能的器件相连接。

5. 定时器/计数器

在实际的应用中,单片机往往需要精确的定时,或者需对外部事件进行计数,因而在单片机内部设置了定时器/计数器电路,通过中断实现定时/计数的自动处理。

由于单片机面对的是测控对象,突出的是控制功能,所以它从功能和形态上来说都是应

控制领域应用的要求而诞生的。单片机独特的结构决定了它的如下特点:

① 小巧灵活,易于产品化。单片机将各功能部件集成在一块芯片上,集成度很高,小巧灵活,能方便地组装成各种智能式测控设备及各种智能仪器仪表,很容易满足仪器设备智能化又微型化的要求。

② 可靠性高。芯片本身是按工业测控环境要求设计的,内部布线很短,其抗工业噪声优于一般通用的 CPU。单片机程序指令、常数及表格等固化在 ROM 中不易破坏,许多信号通道均在一个芯片内,故可靠性高。

③ 易扩展,控制功能强。为了满足对对象的控制要求,单片机的指令系统均有极丰富的条件:分支转移能力、I/O 口的逻辑操作及位处理能力,非常适用于专门的控制功能。通过单片机本身或扩展,可以方便地构成各种规模的应用系统及多机和分布式计算机控制系统。

④ 低电压,低功耗。为了广泛适用于便携式系统,许多单片机内的工作电压仅为 1.8 V ~ 3.6 V,而工作电流仅为数百微安。

▶ 1.2 单片机的历史与发展趋势

单片机出现的历史并不长,它的产生与发展 and 微处理器的产生与发展大体上同步。1970 年微型计算机研制成功后,随即在 1971 年美国 Intel 公司生产出了 4 位单片机 4004。4004 的特点是结构简单,功能单一,控制能力较弱,但价格低廉。1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机,它以体积小、功能全、价格低等特点赢得了广泛的应用,成为单片机发展进程中的一个重要阶段,此可算是第一代单片机。

单片机自诞生以来,发展迅速,其发展过程通常可分为以下几个阶段。

第一阶段(1974~1976 年):单片机发展的起步阶段。在这个阶段,因工艺限制,集成度低,单片机采用双片的形式而且功能比较简单。典型的代表产品有 Fairchild 公司的 F8、Mostek 公司的 3870、Texas 公司的 TMS-1000 等。

第二阶段(1976~1978 年):低性能单片机阶段。在这个时期生产的单片机虽然已在片内集成有 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM、ROM 等功能部件,但片内存储器容量较小,且寻址范围不大于 4 KB,无串行 I/O 口,中断处理比较简单,其性能低,品种少,应用范围也不广。最典型的代表产品是 Intel 公司的 MCS-48 系列。

第三阶段(1979~1982 年):8 位高性能单片机阶段。这个时期推出的单片机普遍带有串行 I/O 口,有多级中断处理系统,有多个 16 位定时器/计数器,片内 RAM、ROM 容量加大,且寻址范围可达 64 KB,有的片内还带有 A/D 转换器。在指令系统方面,普遍增设了乘除指令和比较指令。典型的代表产品有 Intel 公司的 MCS-51 系列、Motorola 公司的 MC6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 等。由于这类单片机的性价比高,目前仍在被广泛应用。

第四阶段(1982 年至今):8 位高性能单片机和 16 位单片机并行发展的阶段。此阶段的主要特征是:一方面不断完善高档 8 位单片机,改善其结构,提高其性能,以满足不同的应用需要;另一方面发展 16 位、32 位单片机及各种专用单片机。

16 位单片机的特点是工艺先进、集成度高、内部功能强、运行速度快,并且允许采用面向工业控制的专用语言等。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列,其集成度已达 120 000 晶体管/片,主振频率为 12 MHz,片内 RAM 为 232 字节,ROM 为 8 K 字节,中断处理为 8

级,而且片内带有多通道 10 位 A/D 转换器和高速输入/输出部件,实时处理能力很强。而 32 位单片机除了具有更高的集成度外,其主振频率已达 20 MHz,这使 32 位单片机的数据处理速度比 16 位单片机增快许多,性能比 8 位、16 位单片机更加优越。

单片机技术正以惊人的速度向前发展,就市场上已出现的单片机而言,其技术革新与进步主要表现在以下几个方面。

1) CPU 的发展

增加 CPU 的字长或提高时钟频率均可提高 CPU 的数据处理能力和运算速度。目前 CPU 的字长有 8 位、16 位和 32 位,时钟频率高达 20 MHz 的单片机也已出现。有的 8 位单片机的算术逻辑运算部件(ALU)却是 16 位,内部采用 16 位数据总线,它们的数据处理能力和速度比一般的 8 位单片机强,如 μ PD7800 系列单片机做一次 16 位乘以 16 位的乘法用 $3.2\ \mu\text{s}$ 。另外,单片机内部采用双 CPU 结构能大大提高处理能力,如 Rockwell 公司的 R6500/21 和 R65C29 单片机,由于片内有两个 CPU 同时工作,能更好地处理外围设备的中断请求,克服了单 CPU 在多重高速中断响应时的失效问题。同时,由于双 CPU 可以共享存储器和 I/O 接口的资源,因此,还可更好地解决信息通信问题。如 Intel 公司的 8044,它的内部实际上是由 8051 和 SIU 通信处理机组成,由 SIU 来管理 SDLC 的通信。这样既加快了通信处理的速度,同时还减轻了 8051 的处理负担。

2) 片内存储器的的发展

(1) 扩大存储容量

早期单片机的片内存储器,一般 RAM 为 64~128 字节,ROM 为 1 K~2 K 字节,寻址范围为 4 K 字节。新型单片机片内 RAM 为 256 字节,ROM 多达 16 K 字节。如 Intel 公司的 8052 片内 ROM 为 8 K 字节,通用仪器公司的 70120 片内 ROM 容量为 12 K 字节。片内 ROM 容量最大的是日立公司的 MC6301Y,为 16 K 字节。新型单片机的寻址范围可扩大到 64 K 字节,甚至 128 K 字节(其中,随机存储器 RAM 的容量为 64 K 字节,只读存储器 ROM 的容量为 64 K 字节)。这类单片机有 Intel 公司的 MCS-51 系列和 Zilog 公司的 Z8601、Z8603、Z8611、Z8681 等。内部 ROM 分可擦除和一次性可编程(OTP)两种,前者价高,技术开发时使用;后者价低,开发成功后,一次性固化在产品上使用。须注意的是,一次性固化在产品上使用的必须是成熟产品,否则会造成经济损失。

(2) 片内 EPROM 开始 E²PROM 化

早期单片机内 ROM 有的采用可擦除式的只读存储器 EPROM,然而 EPROM 必须要高压编程,紫外线擦除,给使用带来不便。近年来,推出的电擦除可编程只读存储器 E²PROM 可在正常工作电压下进行读写,并能在断电的情况下保持信息不丢失。因此,有些厂家已开始用 E²PROM 替代原来的片内 EPROM。如 Motorola 公司的 68HC11A2(2 K 字节 E²PROM)和 68HC805C4(4 K 字节的 E²PROM),Texas 仪器公司的 77C82(8 K 字节 E²PROM)。

由于写入 E²PROM 的数据能永久保存,因此,有些厂家已开始将 E²PROM 用作片内 ROM,甚至用作片内通用寄存器。这样就可省去备用电池。

(3) 闪速存储器

随着 CMOS 工艺的改进和提高,闪速存储器在不断发展和完善,应用越来越广,容量越来越大,价格越来越低,闪存技术在各个领域得到应用。如 ATMEL 公司将闪存技术应用到

单片机中,生产出了带闪速存储器的 AT89 系列。对一些小系统,外部可以不用扩展存储芯片,从而使得只用单片机就能构成一个完整的控制系统。PIC 系列也有带闪速的存储芯片。

(4) 串行存储器

I²C 总线的快速发展,使得串行数据存储器在容量和存储速度上有了很大的提高,由于它体积小,口线少,价格低,从而也得到了广泛的应用。

(5) 片内程序的保密措施

为了使片内 EPROM(或 E²PROM)内容不被复制,一些厂家对片内 EPROM(或 E²PROM)采用加锁技术。例如,Intel 公司的 8X252,加锁后的 EPROM(或 E²PROM)中的程序只能供片内 CPU 读取,不能从片外读取,否则必须先开锁。开锁时,CPU 先自动擦除 EPROM(或 E²PROM)中的信息,从而达到程序保密的目的。

3) 片内输入输出接口功能

最初的单片机,片内只有并行输入/输出接口、定时器/计数器,它们的功能较弱,实际应用中往往需要通过特殊的接口扩展功能,从而也增加了应用系统结构的复杂性。

近年来,新型单片机内的接口,无论从类型和数量上都有了很大的发展。这不仅大大提高了单片机的功能,而且使系统的总体结构也大大简化。例如,有些单片机的并行 I/O 口能直接输出大电流和高电压,可直接用于驱动荧光显示管(VFD)、液晶显示器(LCD)和数码显示管(LED)等,应用系统中就不再需要外部驱动电路。再如,有些单片机的片内含有 A/D 转换器,在一些实时控制系统中可省掉外部 A/D 转换器。

目前,在单片机中已出现的各类新型接口有数十种,例如 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、CRT 控制器、LCD 驱动器、LED 驱动器、VFD 驱动器、正弦波发生器、声音发生器、字符发生器、波特率发生器、锁相环、频率合成器、脉宽调制器等。虽然一个单片机内只含若干种接口,但其功能却比初期的单片机强得多,因此,用它可作为高速主机(80286/80386)的通用外设接口。例如以 UPI-452 中的 128 字节的 FIFO 作为高速主机与慢速外设传送数据的缓冲器,然后通过 UPI-452 的 DMA 控制器进行快速数据传送。

目前,单片机种类繁多,功能多样,将外围电路尽量集中在芯片内,使其成为名符其实的单片机,这也成为一种发展趋势。

4) 单片机在工艺上的提高

单片机的制造工艺直接影响其性能。早期的单片机采用 PMOS 工艺,随后逐渐采用 NMOS、HMOS 和 CMOS 工艺。目前,8 位单片机中有二分之一的产品已 CMOS 化,16 位单片机也已开始推出 CMOS 型产品,如 68HC200,80C196 等。为了进一步降低功耗,日立公司的 HD63705 和 RCA 公司的 CDP6805E2 还设有等待(Wait)和停止(Stop)两种工作方式。等待方式时,振荡器工作,CPU 停止工作,存储器和寄存器的内容则不变,单片机的总功耗大为下降;停止方式时,振荡器和 CPU 都停止工作,存储器和寄存器的内容也保持不变,单片机的功耗为最小。例如 RCA 公司的 CDP6805E2,在 5 V 工作电压下,正常功耗为 35 mW,等待方式和停止方式时的功耗分别仅为 5 mW 和 25 μ W。

此外,采用 CMOS 工艺的单片机,其工作电压范围较宽,如采用 NMOS 工艺的单片机,工作电压一般为 4.5 V~5.5 V;采用 CMOS 工艺的单片机,如 RCA 公司的 CDP1804AC,工作电压为 4 V~6.5 V。功耗大小与电源电压成正比,所以降低电源电压即可降低功耗,但是降低电压会减慢指令的执行速度,即降低单片机的运算速度。故一般希望在一定速度

的前提下,尽量降低工作电压,减小功耗。

随着新型单片机片内接口电路的增多,外引脚也增多。为了减少外引脚线,目前主要采用两种方式:一是采用新颖的通信总线以减少外引线;二是改进外封装,例如,采用扁平引脚封装 FP (Flat Package)、方形引脚封装 QIP (Quad In line Package) 等。它的引脚都比双列插式 DIP (Dual In line Package) 封装要多得多。

5) 片内固化应用软件和系统软件

将一些应用软件和系统软件固化于片内 ROM 中,以便简化用户应用程序的编制工作,为用户开发和应用提供方便。如 RUPI-44 系列单片机,把通信控制软件固化在片内,使用户的通信程序大大简化。又如 Intel 公司在有的 MCS-51 单片机内固化了 PL/M-51 语言,在 8052BH 中固化了 BASIC 解释程序,用户不仅可用汇编语言编程,还可用 BASIC 语言编程。其 BASIC 语言系统比基本 BASIC 有所扩充,增加了很多适合控制用的语句、命令、运算符等,而且还允许 BASIC 语言和汇编语言互相调用。需要快速控制时,可用汇编语言,如采样、A/D 转换等;在进行复杂的数据运算时,可用汇编语言来调用 BASIC 中已有的运算子程序。可见它既能满足速度方面的要求,又能简化用户编程。

1.3 单片机的应用

由于单片机功能的飞速发展,其良好的控制性能和灵活的嵌入品质,使得它的应用范围日益广泛,已远远超出了计算机科学的领域,小到玩具、信用卡,大到航天器、机器人,从实现数据采集、过程控制、模糊控制等智能系统到人类的日常生活。其主要的应用领域如下。

1. 在智能化仪器仪表中的应用

这是目前单片机应用最多、最活跃的领域。单片机用于各种仪器仪表设备中,促使仪器仪表向数字化、智能化、多功能化、综合化等方向发展。这一方面提高了仪器仪表的使用功能和精度,使仪器仪表智能化;另一方面还简化了仪器仪表的硬件结构,从而可以方便地完成仪器仪表产品的升级换代,如各种智能电气测量仪表、智能传感器等。单片机的软件编程技术使长期以来测量仪表中的误差修正和线性化的处理等难题迎刃而解。

2. 在机电一体化中的应用

机电一体化产品是集机械技术、微电子技术、自动化技术和计算机技术于一体,具有智能化特征的各种机电产品。单片机与传统机械产品的结合,使传统的机械产品结构简化,控制走向智能化,构成了新一代的机电一体化产品。这也是机械工业发展的方向。单片机在机电一体化产品的开发中可以发挥巨大的作用,典型产品如机器人、数控机床、自动包装机、点钞机、医疗设备、打印机、传真机、复印机等。

3. 在实时工业控制中的应用

单片机还可以用于各种物理量的采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可利用单片机方便地实现。在这类系统中,利用单片机作为系统控制器,可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法,实现期望的控制指标,从而提高生产效率和产品质量。典型应用如电动机转速控制、温度控制、自动生产线等。

4. 在计算机网络及通信系统中的应用

在较复杂的工业系统中,经常要采用分布式测控系统完成大量分布参数的采集。在这

类系统中,一般有若干台单片机,各自完成特定的任务,它们通过串行接口相互联系、协调工作。单片机往往作为分布式系统的前端采集模块,对现场信息进行实时测量和控制。单片机的高可靠性和强抗干扰能力,使得系统具有运行可靠,数据采集方便灵活,成本低廉等一系列优点。

5. 在人类生活中的应用

单片机由于价格低廉、体积小,被广泛应用在人类生活的诸多场合,如洗衣机、电冰箱、空调器、电饭煲、视听音响设备、大屏幕显示系统、电子玩具、信用卡、楼宇防盗系统等。另外在交通领域中,汽车、火车、飞机、航天器等均有单片机的广泛应用,如汽车自动驾驶系统、航天测控系统、黑匣子等。单片机将使人类的生活更加方便、舒适,丰富多彩。

6. 在测控系统中的应用

单片机可以用于构成各种工业控制系统、自适应控制系统、数据采集系统等。例如工业上的锅炉控制、电机控制、车辆检测系统、水闸自动控制、数控机床及军事上的雷达、导弹系统等。

1.4 单片机应用系统

由于单片机的应用场合及系统的功能要求不同,用单片机构成的应用系统在规模及结构上都有较大区别,大致可分为基本系统和扩展系统两种类型。

1. 基本系统

单片机的基本系统也称为最小系统,这种系统所选择的单片机内部资源已能满足系统的硬件需求,不需外接存储器或 I/O 接口。这种单片机内含有用户的程序存储器(用户程序写入到内部只读程序存储器)。例如 EPROM 型单片机、E²PROM 型单片机、Flash Memory 型单片机、定制的 ROM 型单片机。单片机基本系统的结构如图 1-2 所示。

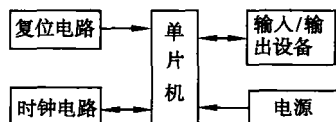


图 1-2 单片机基本系统的结构

2. 扩展系统

单片机的扩展系统通过单片机的并行扩展总线(地址总线 AB、数据总线 DB、控制总线 CB)或串行扩展总线(如 SPI 或 I²C 总线)在外部扩展程序存储器、数据存储器、I/O 接口等,以弥补单片机内部资源的不足,满足特定的应用系统的软硬件要求。单片机扩展系统的结构如图 1-3 所示。

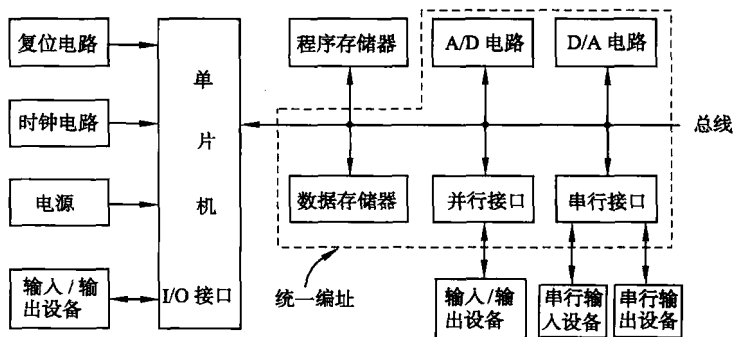


图 1-3 单片机扩展系统的结构