



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

单片机原理与应用 及其实验指导书

主 编 邵发森

汇编语言与C语言共同介绍软件系统
8086/8088与C51对比讲解硬件异同
应用案例与实验指导增强实践能力



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

单片机原理与应用 及其实验指导书

主 编 邵发森



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以在国内流行的 AT89C51 单片机为实例,讲解单片机的内部原理和硬件结构,以汇编语言为主,C 语言为辅,相互对比讲解单片机的软件系统,其后介绍单片机的中断控制系统、定时器/计数器系统、以串行口为主的通信系统以及扩展接口技术等示例。本书应用浙江天煌科技实业有限公司研制的“THDPJ-2 型单片机开发综合实验箱”作为硬件平台,依据厂家提供的资料,结合教学实践编写了第 9 章实验指导书,该章详细介绍单片机实验箱的使用方法和具体实验操作步骤,以便学生理解和掌握硬件的难点,采用微处理器 8086/8088 与单片机 89C51 对比讲解它们的异同,以化解困惑;掌握软件的抽象概念,用比喻性的通俗管理道理,以分解中断原理、定时初始化等重点和难点,引导学生对比式学习,重关联、讲区别,增加学生学习兴趣。

本书可作为高等院校电子信息、计算机科学与技术、机电、自动化、仪器仪表、通信工程等相关专业学生的单片机原理及应用、单片机接口技术与工程应用等课程的教材,对工程技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用及其实验指导书/邵发森主编. —北京:北京大学出版社, 2012.8

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-21058-1

I. ①单… II. ①邵… III. ①单片微型计算机—高等学校—教学参考资料 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 176941 号

书 名: 单片机原理与应用及其实验指导书

著作责任者: 邵发森 主编

策 划 编 辑: 程志强

责 任 编 辑: 程志强

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-21058-1/TP · 1235

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 河北滦县鑫华书刊印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 22.5 印张 525 千字

2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 44.00 元

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前言

在各种各样的电子新技术中，嵌入式计算机扮演着重要的角色，单片机是嵌入式计算机之中用量大、应用面广的主力军。本书的主要目的是让读者了解单片机，掌握单片机理论与技术，熟悉单片机硬件和软件系统的实验操作，为“单片机设计与开发”的应用夯实基础。在高等院校电子信息工程、电气自动化、机电一体化、通信以及计算机等诸多理工专业的教学计划中都安排了单片机课程，以培养市场需求量持续旺盛的电子技术人员。

单片机是理论性和实践性都较强的一门课。该课程一般都在大三或大四学年开设，为单片机课程奠定基础的课程都已经学习过了，即单片机课程的前导课程学生要熟悉，在有限的授课时间内，老师才能讲授好单片机课程，学生也才能真正学好并掌握单片机应用技术。

单片机课程的前导课程为模拟电路、数字电路、高频电子电路、电子线路制图、传感器技术等，如果开设了计算机组成原理、微机原理与接口技术、汇编语言程序设计、通信原理、计算机网络等课程就更好了。这样老师讲课和学生学习就相对轻松了。

本书以在国内流行的 AT89C51 单片机为实例，讲解单片机的内部原理和硬件结构，以汇编语言为主，C 语言为辅，相互对比讲解单片机的软件系统，其后介绍单片机的中断控制系统、定时器/计数器系统、以串行口为主的通信系统以及扩展接口技术等示例。硬件的难点：采用微处理器 8086/8088 与单片机 89C51 对比讲解它们的异同，以化解困惑。软件的抽象概念：用比喻性的通俗管理道理，以分解中断原理、定时初始化等重点和难点。引导学生对比式学习，重关联，讲区别，增加学生学习兴趣。引入可操作可实现的较新应用案例，融入教学科研经验和教改成果到教材中。

本书总的参考教学学时为 72 学时，其中理论授课时间为 54 学时，动手实验时间为 18 学时。根据不同专业不同的教学要求可以对部分内容进行增删。本书各章建议学时安排见表 1。

表 1 学时安排表

章节名称	理论授课学时	实践实验学时	备注
第 1 章 绪论	2		第 9 章实验指导书提供了 35 个实验项目，授课老师可酌情选用其中的一部分，剩余的实验项目建议安排在学生课余时间实践训练
第 2 章 AT89C51 单片机硬件结构	10	2	
第 3 章 AT89C51 单片机软件	12	2	
第 4 章 中断控制系统	6	2	
第 5 章 定时器/计数器	6	2	
第 6 章 串行通信原理及应用	6	2	
第 7 章 AT89C51 系统扩展技术	6	4	
第 8 章 51 系列单片机应用系统设计	6	4	
合计	54	18	



单片机技术是一门实践性很强的学科，学生在学习过程中必须加强实际动手能力的训练。本书以浙江天煌科技实业有限公司研制的“THDPJ-2 型单片机开发综合实验箱”为硬件平台，根据厂家提供的资料，结合教学实践编写了第 9 章实验指导书，该章详细介绍单片机实验箱的使用方法和具体实验操作步骤，以便学生理解和掌握。

本书由南京人口管理干部学院信息科学系邵发森担任主编和统稿；欧晓鸥副教授参与了书稿策划及编写了第 8 章；孙建隆研究员级高级工程师参与了实验指导书验证及编写了第 9 章；徐建编写了第 2 章；李娟编写了第 3 章；鹿翔宇参与编写了第 6、7 章并绘制了大量的相关图表；邵爽爽参与编写了第 5 章。本书编写过程中得到了南京人口管理干部学院领导和信息科学系领导的关心与帮助，得到了信息科学系教学同仁的热情帮助，得到了南京中锺科技有限公司领导和科技人员的鼎力相助，也得到了浙江天煌科技实业有限公司的无私支援，还得到了北京大学出版社的大力支持，在此一并表示衷心感谢！

由于作者水平有限，书中难免存在不妥之处，恳请读者批评指正。

本书为教师提供教学参考课件、各章的习题参考答案和实验指导书的源程序。选用本书作为教材的老师可向北京大学出版社(<http://www.pup6.cn>)索取授课电子课件及有关教学资源。

编者

2012 年 6 月

目 录

第 1 章 绪论.....	1	阅读材料	43
1.1 单片机的发展和应用.....	3	习题	44
1.1.1 单片机的发展	4		
1.1.2 单片机的应用	5		
1.2 MCS-51 系列单片机.....	8		
1.3 AT89C51 单片机概述.....	10		
1.4 本教程教学建议.....	11		
本章小结.....	12		
阅读材料.....	12		
习题.....	12		
第 2 章 AT89C51 单片机硬件结构.....	14		
2.1 AT89C51 单片机的内部结构.....	16		
2.1.1 AT89C51 的组成.....	17		
2.1.2 中央处理器 CPU.....	18		
2.1.3 存储器与特殊功能寄存器 (SFR).....	19		
2.1.4 I/O 口	20		
2.1.5 应用系统总线	24		
2.1.6 复位与复位电路	24		
2.1.7 AT89C51 引脚说明.....	25		
2.2 AT89C51 存储器结构和寻址空间	26		
2.2.1 片内 RAM	26		
2.2.2 特殊功能寄存器 SFR	28		
2.2.3 片外 RAM	32		
2.2.4 片内外 ROM	33		
2.2.5 AT89C51 时钟电路和 工作时序	33		
2.3 AT89C51 中断控制概述.....	37		
2.4 AT89C51 布尔处理器系统.....	38		
2.5 AT89C51 工作方式.....	38		
本章小结.....	43		
		第 3 章 AT89C51 单片机软件.....	45
		3.1 单片机软件程序概述.....	47
		3.2 汇编语言指令系统	48
		3.2.1 寻址方式及指令格式	49
		3.2.2 指令类别及执行指令过程	53
		3.2.3 数据传送类指令	54
		3.2.4 算术运算类指令	58
		3.2.5 逻辑运算及移位类指令.....	60
		3.2.6 控制程序跳转类指令	63
		3.2.7 布尔(位)操作类指令	67
		3.3 89C51 汇编语言程序设计	69
		3.3.1 汇编语言格式	70
		3.3.2 伪指令语句	70
		3.3.3 顺序结构程序设计	73
		3.3.4 分支结构程序设计	74
		3.3.5 循环结构程序设计	78
		3.3.6 子程序设计	81
		3.3.7 程序设计实例	84
		本章小结	87
		阅读材料	87
		习题	88
		第 4 章 中断控制系统.....	90
		4.1 AT89C51 中断控制系统.....	92
		4.2 AT89C51 中断控制机制.....	95
		4.3 AT89C51 中断响应.....	99
		4.4 AT89C51 中断子程序的实例.....	100
		本章小结	101
		阅读材料.....	101
		习题	101



第 5 章 定时器/计数器	103	第 7 章 AT89C51 系统扩展技术	146
5.1 定时器/计数器原理	104	7.1 AT89C51 接口扩展原理.....	148
5.2 定时器/计数器 T0 和 T1.....	105	7.2 外部存储器的扩充	152
5.2.1 T0 和 T1 有关的 SFR	106	7.3 单片机显示接口应用	155
5.2.2 T0 和 T1 的工作方式.....	108	7.3.1 LED 显示应用	155
5.3 定时器/计数器 T2.....	111	7.3.2 LCD 显示应用	158
5.3.1 T2 有关的 SFR.....	112	7.4 单片机键盘接口应用	159
5.3.2 T2 工作方式	114	7.5 单片机 I/O 接口应用及扩展.....	161
5.4 监视定时器 T3	116	7.5.1 单片机 I/O 接口直接应用....	162
5.5 定时器/计数器的应用实例	118	7.5.2 单片机 I/O 接口的 扩充应用	163
5.5.1 定时器的应用	118	7.5.3 8255 可编程并行 I/O 接口 扩展应用	163
5.5.2 计数器的应用	122	7.6 A/D、D/A 转换器接口应用.....	166
本章小结.....	123	7.7 单片机接口应用的注意事项	169
阅读材料.....	123	本章小结	169
习题.....	123	阅读材料	170
第 6 章 串行通信原理及应用	125	习题	170
6.1 串行通信原理.....	127	第 8 章 51 系列单片机应用系统 设计	171
6.2 AT89C51 单片机串行通信接口	128	8.1 单片机应用系统设计概述	172
6.2.1 串行接口的结构	128	8.1.1 单片机应用系统简介	173
6.2.2 串行通信接口控制	129	8.1.2 应用系统结构	173
6.3 串行通信接口的工作方式.....	130	8.1.3 应用系统的开发工具	174
6.3.1 串行通信接口工作方式 0	131	8.1.4 应用系统的设计方法	175
6.3.2 串行通信接口工作方式 1	132	8.1.5 应用系统的调试	179
6.3.3 串行通信接口工作方式 2 和 3	135	8.2 温度测量系统的设计	179
6.4 多个单片机通信方式.....	137	设计案例一	179
6.5 串行通信的应用实例.....	138	8.3 电子钟设计	183
6.5.1 串行通信接口工作方式 0 的 应用	138	设计案例二	183
6.5.2 串行通信接口工作 方式 1 的应用	139	8.3.1 方案规划与总体设计	183
6.5.3 串行通信接口工作方式 2 和 3 的应用	142	8.3.2 硬件设计	184
本章小结.....	143	8.3.3 软件设计	190
阅读材料.....	144	8.3.4 仿真调试	196
习题.....	144	8.4 抗干扰技术简介	197



8.4.1 电磁兼容原理	197	9.1.2 Keil 工程项目的建立	220
8.4.2 硬件设计的抗干扰措施	198	9.1.3 Keil 软件的设置	225
8.4.3 单片机应用系统的抗干扰 措施	201	9.1.4 用 Keil 软件编译、调试汇编 程序	226
本章小结	211	9.2 单片机的实验	229
阅读材料	212	9.2.1 单片机最小系统及 软件实验	230
习题	212	9.2.2 单片机硬件及接口 电路实验	241
第 9 章 实验指导书	213	阅读材料	346
9.1 Keil 软件的使用	214	参考文献	347
9.1.1 Keil 软件的安装	214		

第1章

绪论



学习目标

- (1) 了解单片机的发展过程和趋势;
- (2) 了解单片机的特点和应用领域;
- (3) 掌握单片机和嵌入式系统的基本概念;
- (4) 掌握 MCS-51 系列及 AT89C51 单片机的概况;
- (5) 了解学习单片机技术的方法;
- (6) 懂得学习单片机技术实训的重要性。



导入案例

2011年12月23、24日,“国信长天杯”第三届全国电子专业人才设计与技能大赛总决赛在北方工业大学隆重举行,来自全国的665名决赛选手参加了紧张激烈的角逐,最终来自北京航空航天大学郭梓栋、浙江大学城市学院的丁剑林和成都信息工程学院的徐彬洋同学分别获得了大赛单片机设计与开发、嵌入式设计与开发和电子设计与开发组别的特等奖。北京航空航天大学、北方工业大学、西安邮电学院、苏州大学等10所院校喜获优胜学校奖。2011年12月25日上午,大赛组委会组织了隆重的颁奖典礼,700余名参赛师生、媒体记者、企业代表、专家学者、政府领导济济一堂,隆重表彰了获得荣誉的参赛师生及院校,如图1.1所示。



图 1.1 第三届全国电子专业人才设计与技能大赛颁奖典礼

图片说明:领导嘉宾为获奖选手颁发证书,工信部人才交流中心主任石怀成先生(右四),北方工业大学校长王晓纯先生(左四)。

☺ **小贴士:** 全国电子专业人才设计与技能大赛是由工业和信息化部人才交流中心主办的全国信息技术类专业竞赛。中国电子商会、中国电子学会、中国半导体行业协会共同担任大赛的指导单位,并由国务院参事曲维枝女士等领导同志担任大赛组委会主任。本届大赛的承办单位有北方工业大学、北京国信长天科技有限公司;协办单位有意法半导体公司、ARM 公司、电子工业出版社;支持单位有宏晶科技公司、南通国芯微电子有限公司。

“在物联网、智能化、信息化等产业背景下,现阶段我国对电子信息人才需求非常旺盛。而企业的人才需求与院校的人才培养,还存在不小的鸿沟,这个鸿沟就是实践动



手能力与职业素质的缺乏。不能将这个鸿沟简单地归结为教育部门的责任,也不能简单地推向就业企业来消化解决,这需要社会各界一起努力。”这是大赛组委会秘书长李建伟处长的讲话,李处长进一步阐述:目前电子信息类竞赛有很多种类,既有教育部、工信部这样的政府部门出面举办的全国性竞赛,也有企业和高校主办的各类专业性、区域性的竞赛,这些竞赛对于在校大学生的实践教学起到了很好的作用,是正常教学计划的有益补充。

以赛促学,大赛进行了三届,已经成为了众多参赛高校实践教学的重要环节,对相关专业学生的成长起到了非常积极的引导作用。

以赛促教,大赛的“单片机设计与开发”组别项目促进高校有关单片机课程的改造,也促进有关单片机教材的改进,在论述清楚单片机原理的基础上,以扎实的验证性为主的实验课,逐步过渡到开发性为主的课程设计和毕业设计。本书的目的之一就是让读者了解单片机,掌握单片机理论与技术,熟悉单片机硬件和软件系统的实验操作,为“单片机设计与开发”夯实基础。

大赛“单片机设计与开发”项目指定的单片机型号是 STC89C52RC,它是我国宏晶科技公司的产品。STC89C52RC 是性能价格比很高的 8 位单片机,它和我国大部分高校流行使用的教学实验装置中的 AT89C51(Atmel 公司产品)是兼容的,为此,本教材以 AT89C51 单片机为主线,详细地讲述了 AT89C51 硬件结构、指令系统和程序设计、中断系统、定时器/计数器、串行通信、系统扩展等原理及应用。为了培养学生的动手和实践能力,强化实践教学环节,结合浙江天煌科技实业有限公司的 THDP-2 型单片机开发综合实验装置,第 9 章给出了循序渐进和可操作性强的实验指导书。

1.1 单片机的发展和应用

1. 单片机名称的来源

根据单片机的物理形态和内容,早期的单片机称为 Single-Chip Microcomputer,即单片微机的简称。从 Fairchild 公司(仙童公司)的第一款单片机 F-8 开始,到 MCS-51 时期,这些单片机确实准确地体现了 Single-Chip Microcomputer 的形态和内容。但是,随着单片机发展到 MCS-96、新一代 80C51、M68HC05、AT89C51 等系列时,现代单片机面向工程应用,突出测量控制功能,在片内集成了许多外围电路及外设接口,如 A/D、D/A、WDT 等,突破了传统意义的单片机结构,发展成 Micro controller 的体系结构,目前国内外学术上逐步统一称单片机为 MCU(Micro Controller Unit)。由于它实行嵌入式应用,所以也称为嵌入式微控制器。但是人们习惯上仍称其为单片机。

2. 嵌入式系统和单片机

实现嵌入式应用的计算机称为嵌入式计算机系统,简称嵌入式系统。单片机从体系结构到指令系统都是按照嵌入式应用特点专门设计的,面对测量控制领域的对象,嵌入到测控应用系统中,能最好地满足对测控对象、应用系统的嵌入、现场的可靠运行以及优良控制品质的要求。所以,单片机是嵌入式系统中的重要成员。



1.1.1 单片机的发展

单片机的发展从嵌入式系统的角度可分为 SCM(单片微机)、MCU(微控制器)、SoC(片上系统)三部曲。

延伸阅读

SOC 的定义多种多样,由于其内涵丰富、应用范围广,很难给出准确定义。一般说来, SOC 称为片上系统,有的也称为系统级芯片,意指它是一个产品,是一个专用的集成电路。它包含完整硬件系统及嵌入软件的全部内容。同时, SOC 又是一种技术,用以实现从确定系统功能开始,到软件和硬件的划分,并完成设计的整个过程。从狭义角度讲,它是信息系统核心的芯片集成,将系统关键部件集成在一块芯片上;从广义角度讲, SOC 是一个微小型系统。学术界一般倾向于将 SOC 定义为:将微处理器、模拟 IP 核、数字 IP 核和存储器(或片外存储控制接口)集成在单一芯片上的片上系统。

单片机的发展从时间历程的角度可分为 4 个阶段。

(1) 1974—1976 年: 4 位单片机 Fairchild 的 F8 系列。

(2) 1977—1978 年: 8 位单片机 Intel MCS-48 系列。

(3) 1979—1982 年: 中档 8 位单片机 Intel MCS-51 系列。

(4) 1983 年至今: 高档 8 位单片机 Intel MCS-51 系列新一代产品、16 位单片机 Intel MCS-96 系列、32 位单片机 ARM 系列。

也有学者认为分为 3 个阶段, Fairchild 公司(仙童公司)的第一款单片机 F-8 不能算在内,因为工程应用中需要外加芯片。从嵌入式系统应用起源和发展的角度来看,本书倾向于分为 4 个阶段。

单片机发展 4 个阶段的特点如下。

(1) 第一阶段(1974—1976 年): 典型的产品是 Fairchild 公司的 F8 系列。制造工艺落后,集成度低,而且采用了双片形式。其特点是:片内只包括了 CPU, 64B 的 RAM 和两个并行口,需要外加一块 3851 芯片(内部具有 1KB 的 ROM、定时器/计数器和两个并行口)才能组成一台完整的单片机。但是它首次将微处理器嵌入式用于民用电器和仪器仪表之中。

(2) 第二阶段(1977—1978 年): 典型的产品是 Intel 公司的 MCS-48 系列。在单片机芯片内集成 CPU、并行口、定时器/计数器、RAM 和 ROM 等功能部件,但性能低,品种少,应用范围也不是很广。其特点是:片内集成有 8 位的 CPU, 1KB 或 2KB 的 ROM, 64B 或 128B 的 RAM, 只有并行接口,无串行接口,有一个 8 位的定时器/计数器,有两个中断源。片外寻址范围为 4KB, 芯片引脚为 40 个。

(3) 第三阶段(1979—1982 年): 典型的产品是 Intel 公司的 MCS-51 系列, 8 位单片机成熟的阶段。其存储容量和寻址范围增大,而且中断源、并行 I/O 口和定时器/计数器个数都有了不同程度的增加,并且集成有全双工串行通信接口。在指令系统方面增设了乘除法、位操作和比较指令。其特点是:片内包括了 8 位的 CPU, 4KB 或 8KB 的 ROM, 128B 或 256B 的 RAM, 具有串/并行接口, 2 个或 3 个 16 位的定时器/计数器, 有 5~7 个中断源。



片外寻址范围可达 64KB, 芯片引脚为 40 个。代表产品有 Motorola 公司的 MC6805 系列、TI 公司的 TMS7000 系列、Zilog 公司的 Z8 系列等。

(4) 第四阶段(1983 年至今): 8 位高性能单片机和 16 位、32 位单片机并行发展的时代。16 位机的工艺先进, 集成度高, 内部功能强, 运算速度快, 而且允许用户采用面向工程控制的专用语言, 其特点是: 片内包括了 16 位的 CPU, 8KB 的 ROM, 232B 的 RAM, 具有串/并行接口, 4 个 16 位的定时器/计数器, 有 8 个中断源, 具有看门狗(Watchdog), 总线控制部件, 增加了 D/A 和 A/D 转换电路, 片外寻址范围可达 64KB。代表产品有 Intel 公司的 MCS-96 系列、Motorola 公司的 MC68HC16 系列、TI 公司的 TMS9900 系列、NEC 公司的 783××系列和 NS 公司的 HPC16040 等。由于 16 位单片机价格比较贵, 销售量不大, 以至于大量工程应用领域中需要的仍然是高性能、大容量和多功能的新型高性价比 8 位单片机。

近年来出现的 32 位单片机是单片机的顶级产品, 具有较高的运算速度, 其代表产品有 Motorola 公司的 M68300 系列和 Hitachi(日立)公司的 SH 系列、ARM 系列等。

2011 年第三届全国电子专业人才设计与技能大赛组委会为“嵌入式设计与开发”项目指定的嵌入式 MCU 是意法半导体公司(ST Microelectronics)生产的 Cortex M3 系列 MCU, 型号为 STM32F103RBT6。该 MCU 主要性能指标为:

- (1) 2~3.6V 供电;
- (2) 128K bytes FLASH;
- (3) 20K bytes SRAM;
- (4) IO 引脚容忍 5V;
- (5) 内嵌复位电路;
- (6) 带唤醒功能的低功耗工作模式。

1.1.2 单片机的应用

应用来自于有市场。中国改革开放之后, 各种新技术、新产品、新设备装置展现在国人眼前。20 世纪 80 年代开始, 各种新型的电子产品进入人们的生活、工作之中。从计算机到平板电脑 iPad, 从电子手表到智能手机 iPhone, 从数控机床到自动生产流水线, 从会计电算化到企业的 ERP 管理的发展, 都体现社会信息化浪潮汹涌澎湃, 势不可挡。5 年前购置的电脑可能要淘汰了, 3 年前买的手机也许要过时了, 五花八门的电子新产品让人们目不暇接。

在这些新技术中, 嵌入式计算机扮演着重要的角色, 嵌入式计算机之中的单片机是用量大、应用面广的主力军。这是社会需求性和技术可能性紧密结合的体现。人们需要不断提高工作效率和生活质量, 性能优良而价格合适的新电子产品自然而然地淘汰了老产品, 旺盛的需求市场刺激了科技领域及相关产业。随着新材料、新工艺、新管理、新技术等不断涌现, 电子技术的发展日新月异。自动化、智能化、小型可移动化、网络化程度是衡量产品的重要定性指标, 而这样的产品核心技术之一是测量控制技术, 单片机测控技术是优秀而领先的。

单片机的应用正从根本上改变着传统的测量控制系统设计思想和设计方法。从前必须





由模拟电路或数字电路实现的绝大部分测量控制功能,现在已能使用单片机通过软件方法实现了。单片机称为嵌入式微控制器,应用单片机实现的测控技术提高了系统性能的测量控制品质,所以称为微控制测控技术。

作为微测控技术代表的单片机具有以下特点。

(1) 环境适应性好,抗干扰性强。如工作温度范围宽(按工作温度分类,有民用级、工业级、汽车级及军用级)。

(2) 可靠性高。在工业、军事等控制应用中,任何差错都可能造成极其严重的后果,因此在单片机系统中普遍采用监视定时器技术(WDT,俗称“看门狗”),可以通过内部自动产生复位操作,以恢复非正常状态下的单片机系统。

(3) 环境污染小。能耗低,电磁辐射量较小。

(4) 虽然数值计算能力与微机相比较差,但控制功能强。可以对模拟信号和数字信号进行精确控制。

(5) 设计、制造周期短。指令系统及编程比通用微机系统简单易用。

(6) 体积小集成度高。单片机芯片不仅集成了MCU 数字电路,还集成了A/D、D/A、PWM、RTC 等接口功能电路。

(7) 维护方便,修改容易。采用嵌入式结构,软件更新可用ISP、IAP 编程新技术,方便可靠。

由于单片机的特点比较突出,因此,几乎在各个领域都可以见到它的应用身影,主要的应用领域如下。

(1) 工业自动化控制。这是最早采用单片机微测控技术的领域之一,如各种生产过程测控系统、PLC 控制、自动化流水生产线等。

(2) 智能化家用电器。用单片机控制来替代传统的机械、电子线路控制是当前家用电器的发展趋势,如空调、洗衣机、电视机等。

(3) 智能化仪表。采用单片机的智能化仪表,加强了数据处理能力和网络数据传送能力,提高了仪表的档次,如各种探测仪表、自动抄表系统等。

(4) 办公自动化设备。目前的办公电脑中外部设备几乎都嵌入了单片机系统,如键盘、鼠标器、打印机、复印机、扫描仪等。

(5) 军用航空等尖端领域的应用更加突出。如导弹、卫星、雷达、信息战设备等。

(6) 现代交通工具。如飞机、高铁、动车、轮船等,甚至一辆普通小汽车都有数十个单片机在运行,这使得汽车电子产业十分热门。



案例:微测控技术应用——电子标签RFID

高速公路收费站使用RFID 的车辆电子收费系统,不仅实现自动化收取过路费,还节约了车辆停等时间,提高了道路通过流量,减少车辆尾气排放,优化了环境。图1.2 为使用RFID 的车辆电子收费系统。

当带有电子标签的汽车进入车辆电子收费系统阅读器的天线磁场后,它接收阅读器发出的射频信号,凭借感应电流所获得的能量,发送出存储在芯片中的信息,由阅读器读取,



然后由收费系统 CPU 进行收费数据处理。

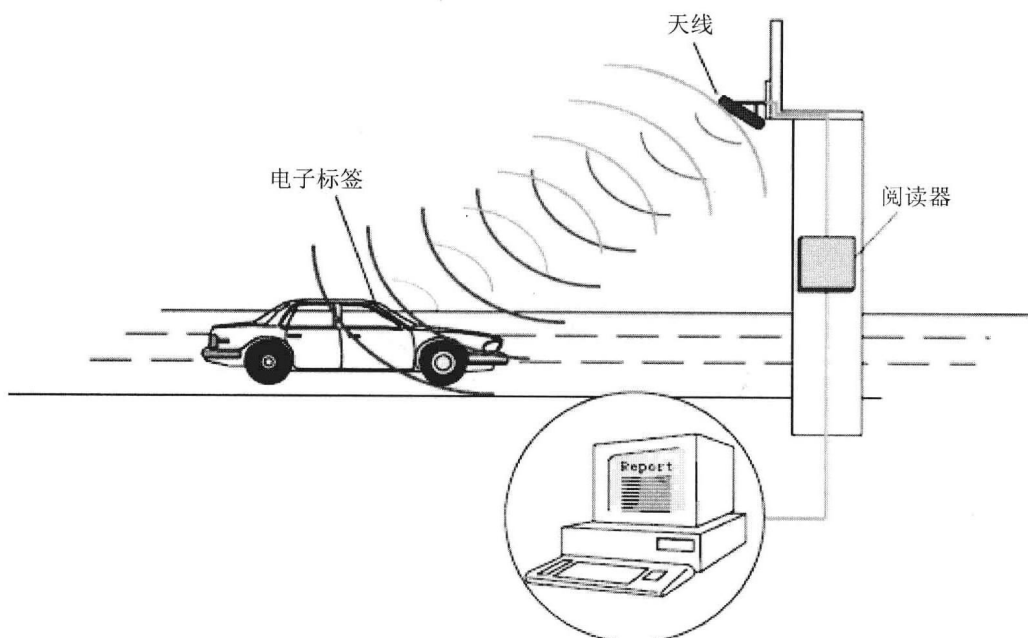


图 1.2 使用 RFID 的车辆电子收费系统

电子标签 RFID(Radio Frequency Identification), 即射频标识技术, 如图 1.3 和图 1.4 所示, 用于控制、检测和跟踪物体。标签进入阅读器磁场的有效范围后, 发送出存储在芯片中的产品信息(无源标签), 或者主动发送某一频率的信号(有源标签); 阅读器读取信息并解码后, 送至中央信息系统进行有关数据处理。电子标签这种嵌入式系统技术的应用越来越多, 是热门的“物联网”推广成员之一。

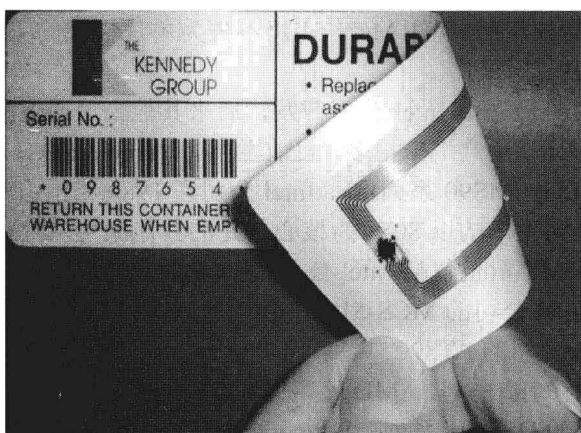


图 1.3 电子标签图 A

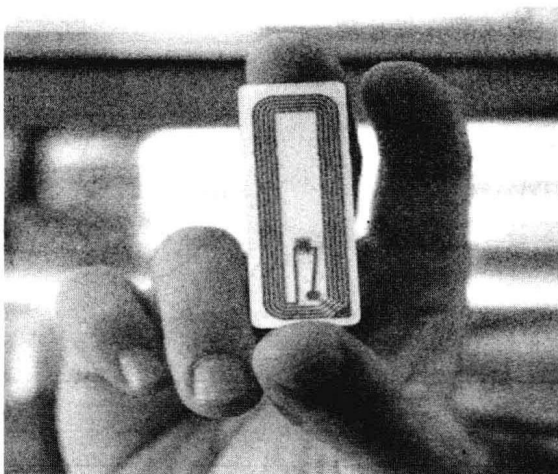


图 1.4 电子标签图 B

目前,单片机的应用面广量大,一段时间内的市场主流产品仍然是 8 位高性价比的单片机。其发展体现在 CPU 功能增强、集成度提高、可靠性提高、内部资源增多、引脚的多功能化、外围电路的内装化、低电压、低功耗、与互联网连接等,并且逐步向 SOC 嵌入式系统过渡,这是单片机发展的趋势。

1.2 MCS-51 系列单片机

尽管目前单片机的品种很多,但其中最典型的代表是 Intel 公司的 MCS-51 系列单片机。MCS 是 Intel 公司的注册商标。MCS-51 是在 MCS-48 的基础上于 20 世纪 80 年代初发展起来的,尽管它也是 8 位单片机,但其功能有很大的增强。此外,它还具有品种全、兼容性强、软硬件资源丰富等特点。因此, MCS-51 系列单片机应用非常广泛,成为继 MCS-48 之后最重要的单片机品种。直到现在 MCS-51 仍不失为单片机中的主流机型。国内尤以 Intel 的 MCS-51 系列单片机应用最广。

MCS-51 系列单片机最先由 Intel 公司开发,后来其他公司通过技术转让、交换等方式取得了 MCS-51 内核技术。生产厂家很多,目前主要有 Atmel、STC、Philips、Winbond(W78 及 W77 系列)、SST、LG(GMS90 系列)等。Intel 公司在 1980 年推出的 MCS-51 系列的第一个成员是 8051,其他公司生产的以 8051 为核心单元的其他派生单片机只能称为 8051 系列。

8051 系列泛指所有公司(也包括 Intel 公司)生产的以 8051 为核心单元的所有单片机。

80C51 系列包括 Intel 公司的 MCS-51,又包括了以 8051 为核心单元的世界许多公司生产的单片机,如 Atmel 公司的 AT89C51 系列、Philips 公司的 83C552 系列及 51LPC 系列、SIEMENS 公司的 SAB80512 系列、AMD 公司的 8053 系列、OKI 公司的 MSM80C154 系列、DALLAS 公司的 DS5000/DS5001 系列、Winbond 华邦公司的 W78C51/W77C51 系列等。

80C52 系列单片机是 80C51 系列的加强型,主要加强了如下几方面:片内 ROM 从 4KB 增加到 8KB;片内 RAM 从 128 字节增加到 256 字节;定时器/计数器从 2 个增加到 3 个;中断源从 5 个增加到 6 个。



80C51 系列单片机的特点是通用性较强,采用 CISC(复杂指令)结构,指令格式与 Intel 公司 8 位微处理相同或相近。由于 MCS-51 进入市场时间早,总线开放,仿真开发设备多,芯片及其开发设备价格低廉,速度较快,电磁兼容性较好,是国内 8 位单片机的主流品种。增强 MCS-51 内核芯片的单片机,有希望成为主流应用产品。根据它们的技术现状及应用特征,简单介绍下列产品。

Philips 公司的 P87LPC76X 系列包括 P87LPC759、P87LPC760、P87LPC761、P87LPC762、P87LPC764、P87LPC767、P87LPC768、P87LPC769 等型号。P89LPC900 系列除了具有 LPC76X 系列的功能、优点外,还增加了 SPI 接口、实时时钟 RTC 计数器、比较捕获单元 CCU、A/D、D/A 转换器等外设电路;采用 2 时钟机器周期内核,速度快,功耗小,指令系统与标准 MCS-51 内核兼容;绝大部分输入引脚均内置了噪声滤波器,抗干扰性能优于 LPC76X 系列;提供了单字节擦写功能,使未用的程序存储单元均可作 EEPROM 使用。

Atmel 公司的 AT89S51/52/53 的最大特点是内置了 256~768B 扩展 RAM,具有 ISP 编程功能,电磁辐射量小。

Winbond 公司的 W78(如 W78E58)、W77(如 W77E58)系列芯片的软硬件与标准 MCS-51 保持 100% 的兼容,彼此之间差别也不大,价格低,仿真开发设备多,通用性强,能满足一般应用要求。

89C51RX 系列,包括 Philips 公司的 P89C51RC+、P89C51RC2、P89C51RD+、P89C51RD2;Atmel 公司的 T89C51RX 系列;Temic Semiconductor 公司的 TS89C51RX 系列;SST 公司的 SST89E554RD、SST89V554RD、SST89E564RD、SST89V564RD 以及 SST89C5XRD2 系列等。它们的特点是功能较齐全,片内数据存储器容量大,带有可编程计数器阵列,使用灵活,电磁兼容性好,能满足大部分工程应用。

市场上其他系列的单片机还有 TI 公司的 MSP430 系列为低功耗产品,功能较强。Microchip 公司的 PIC 系列为低电压、低功耗、大电流 LCD 驱动、低价格产品。Atmel 公司的 AVR 系列为高速、低功耗产品,支持 ISP、IAP, I/O 口驱动能力较强。值得一提的是, Motorola 公司是世界上较大的单片机生产厂家之一,它的产品特点为噪声低,抗干扰能力强,比较适合于工控领域及恶劣的环境,如汽车使用的单片机。2004 年 Motorola 公司把原半导体部门成立为飞思卡尔半导体公司(Freescale™ Semiconductor),继续为市场提供嵌入式处理产品和连接产品,还为客户提供广泛多样的辅助设备,连接各种产品、网络和真实世界的信号(如声音、振动和压力等)。这些产品包括传感器、射频半导体、功率的管理及其他模拟和混合信号集成电路。

☺ **小资料:** 飞思卡尔半导体(Freescale Semiconductor, 原摩托罗拉半导体部。2004 年,摩托罗拉半导体部独立成为飞思卡尔半导体)是全球最大的半导体公司之一,2006 年的总销售额达 64 亿美元。飞思卡尔半导体是全球领先的半导体公司,为汽车、消费、工业、网络和无线市场设计并制造嵌入式半导体产品。这家私营企业总部位于德州奥斯汀,在全球 30 多个国家和地区拥有设计、研发、制造和销售机构。