

工程创新核心课程

51单片机原理 与应用案例教程 (C51编程)

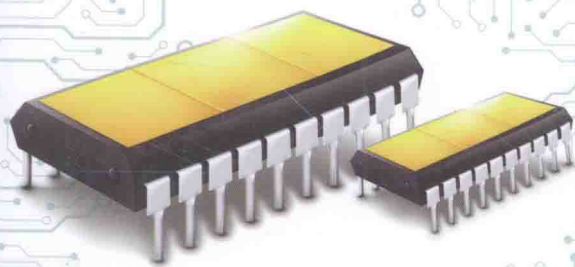
◎主 编 王 强 修建新

◎副主编 马玉志 赵 龙 张东岳

案例驱动，由浅入深

经典案例，分步骤讲解

资源丰富，提供免费下载



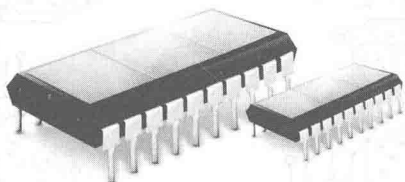
清华大学出版社



51单片机原理 与应用案例教程 (C51编程)

◎ 主 编 王 强 修建新

◎ 副主编 马玉志 赵 龙 张东岳



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 8051 单片机为主线,以工程项目和科技竞赛为实例背景,按照案例驱动教学模式,由浅入深地讲述了 51 单片机的硬件结构、C51 语言编程方法、单片机内部资源、单片机应用系统的接口设计、STC 系列最新单片机、综合应用设计以及科技竞赛研究成果,并介绍了相应的开发工具。本书打破传统以理论为主线,以简单实例为辅助的编程思想,基于学生对事物的认知规律,以案例驱动式的思路进行编写,并将案例贯穿于各个重要知识点,使学生对单片机的学习简单化、兴趣化。

本书共分 12 章,第 1 章到第 8 章介绍单片机的内部结构、单片机最小系统、C51 程序设计、数码管、矩阵按键、中断、定时器、串口等知识;第 9 章介绍单片机的扩展与接口技术,包括 LCD 液晶、A/D、D/A、单总线、I²C、SPI 总线技术,以及直流电动机、步进电动机、舵机的控制;第 10 章介绍目前市面上较为流行的增强型 8051 单片机 STC15F2K60S2;第 11 章根据作者多年的实践经验,将 7 个经典案例分成 8 个步骤进行透彻地讲解,只要按照这些步骤认真地学习、实践,即可实现相应的功能;第 12 章分享指导学生竞赛的成果,使读者体会科技竞赛的设计过程,激励大家投入科技创新和工程实践中。

本书可作为大学本科(或较高层次专科)电子信息、电气工程、物联网、计算机、机电一体化等相关工科专业的单片机课程教材以及课程设计、综合实训的参考书,也可作为参加电子科技竞赛的学生以及相关工程技术人员参考书。

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

51 单片机原理与应用案例教程: C51 编程/王强,修建新主编.--北京:清华大学出版社,2016
ISBN 978-7-302-43510-5

I. ①5… II. ①王… ②修… III. ①单片微型计算机—C 语言—程序设计—教材
IV. ①TP368.1 ②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 079539 号

责任编辑:王剑乔

封面设计:刘 键

责任校对:刘 静

责任印制:杨 艳

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>, 010-62770175-4278

印 装 者:三河市吉祥印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25.5

字 数:613 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版

印 次:2016 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:49.00 元

产品编号:065554-01

当今社会,单片机已渗透到人们日常生活的各个领域,几乎很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。单片机在工业、农业、仪器仪表、航空航天、军事、家电等领域的应用越来越广泛,同时,生产单片机的厂家也很多,产品种类也不计其数。在单片机家族的众多成员中,MCS51 系列单片机以其优越的性能、成熟的技术及高可靠性、高性能价格比,迅速占领了工业测控和自动化工程应用的主要市场,成为国内单片机应用领域中的主流。世界各大单片机厂商普遍在 MCS51 上投入了大量的资金和人力,围绕 51 内核,增强 51 单片机的各种功能,衍生出许多品种。MCS51 家族是目前在单片机领域发展最快的品种之一。市场上流行的具有 51 内核的产品很多,如 Atmel 公司的 AT89C 系列,Philips 公司的 8XC51 系列,Winbond 公司的 W77/78 系列,STC 公司的 STC 系列单片机等。又如,C8051F 系列单片机是 Cygnal 公司推出的高速单片机,它与 80C51 系列单片机指令集兼容,但比后者增加了许多资源,为嵌入式系统的开发提供了极大方便。

“单片机”课程是电气、机电一体化、信息类重要的专业课程,是一门实践性、工程性很强的技术课程。它的教学效果直接影响学生就业以及将来个人专业上的发展。然而,目前相关的单片机教材普遍存在一些问题,表现如下:①现行教材的内容偏重于知识体系的完整性,忽略了人的认知规律。虽然市场上不乏“单片机”教材,但多是以单片机的结构功能为主线,让初学者难以理解,教材的内容没有充分联系工程实践;②理论内容比重偏大,实例偏少,应用部分讲解得不透彻,造成教材没有充分体现单片机技术的趣味性和实用性;③软、硬件结合不够完善,使初学者感到内容庞杂,枯燥无味,无法形成单片机应用系统的完整概念,很容易使学生丧失学习信心,当然更不谈培养能力;④教师很难挑选一本好讲好用的教科书,课前备课较为困难。因此,教师和学生都迫切希望拥有一本符合人们认知规律、通俗易懂的单片机教材。基于以上原因,我们打破现有教材以知识体系为主线的传统思路,编写了一本理论与实践相结合,实用性较强的单片机教材。

本书特点鲜明,内容丰富,通俗易懂,实用性强,采用“案例式教学”的理念,按照认知规律进行讲解。全书围绕 22 个综合案例目标、7 个综合设计实例、14 个知识点应用举例以及 7 个科技竞赛创新实例为主线,兼顾理论知识。读者开篇即可明确主题,然后围绕目标,寻求解决问题的方法,思路较为清晰。本书结合作者多年教学、科研及指导学生参加各类科技竞赛总结的经验,以实际应用为主线,将案例贯穿于各知识点中,边学边做,注重培养学生的实践能力。书中所有例子均来自创新实验室科研、竞赛的成果或项目工程实践,且调试通过。本书的学习不是针对某个特定的开发板,而是侧重学生对知识的系统掌握,同时提高动手操作,设计硬件、软件,以及解决各种问题的能力。

本书特别适合渴望学好单片机的读者!为了使广大的单片机爱好者能够较容易地学习单片机,我们毫无保留地将6年的工程实践及科技竞赛的成果展现给大家,让大家感兴趣,便于快速入门。全书按照案例与任务驱动教学法的思想,基本采用“设定任务—知识点讲解—任务思路—硬件结构—原理图—软件流程—程序编写—实物效果展示—程序分析”的思路进行阐述,目的是让读者根据鲜活的实例,激发学习兴趣,快速掌握知识点,达到学以致用的目的。本书附录部分包含了针对书中大部分实例设计开发的STC89C52单片机最小系统、STC15F2K60S2单片机最小系统以及综合开发板的PCB实物,供读者借鉴。

随着科技创新日益普及和不断发展,单片机课程成为工科类的主干专业课之一。前期课程主要为“C语言程序设计”“模拟电子技术”“数字电子技术”等。后续课程随着专业的不同有所区别,如“ARM嵌入式”“DSP技术”“FPGA”等。

本课程的实践性很强,教师可根据情况设计理论学时和实践学时。学习单片机要理论与实践同步,建议在机房授课,使教、学、做相结合。本书的宗旨是发挥学生潜能,提高设计和分析能力。教师在教学的过程中,可以让学生明确原理后自行制作相应的系统,或使用预先准备的开发板,或使用Proteus进行仿真。应注重培养学生的动手能力,尽量提供配置完备的硬件环境。通过课程设计、实训、毕业设计、科技竞赛等方面的教学环节,使本书的内容充分展现。在教学上,采用项目驱动的方式,使学生掌握设计、分析和解决问题的基本技能。本书配有PPT和课后习题答案。

本书可作为大学本科(或较高层次专科)电子信息、电气工程、物联网、计算机、机电一体化等相关工科专业单片机课程教材,也可作为电子科技竞赛以及工程技术人员的参考书。

本书为黑龙江省高等教育教学改革项目研究成果(JG2014010962)。全书由王强统稿。王强担任第一主编,修建新担任第二主编,马玉志、赵龙、张东岳担任副主编,兰文宝、宋长奇、张立坤、郭俊凤参加了编写工作。全书各章节的编写分工如下:第1、2章由宋长奇编写;第3章由修建新编写;第4章、第5章、第10.1节由马玉志编写;第6章、第7章、第8章由兰文宝编写;第9.1节、10.2节、10.3节由赵龙编写;第9.2节、9.6节、9.7节、9.8节及第9章习题由张东岳编写;第9.3节、9.4节、9.5节由张立坤编写;第11章、第12.1节、12.2节、12.3节、12.4节及前言部分由王强编写;第12.5节、12.6节、12.7节及附录由郭俊凤编写。

在此,特别感谢哈尔滨工程大学黄凤岗教授,哈尔滨工业大学孙铁成教授、刘思久教授、王艳副教授在本书编写过程中提出了宝贵意见,还要感谢创新实验室的同学们对本书的关注。我们会不断地完善本书内容。限于编者的水平,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者批评指正。(作者邮箱:w_q_@163.com)

王 强

2016年4月

第 1 章 案例目标 1 单片机的认知	1
1.1 单片机概述	3
1.1.1 单片机组成及其特点	4
1.1.2 单片机分类	4
1.1.3 几种教学中常见单片机的区别	5
1.2 单片机的应用	7
1.3 单片机的历史与发展	8
1.4 常见单片机	10
1.5 STC 系列单片机	11
习题与思考题	12
第 2 章 51 单片机结构体系	13
2.1 案例目标 2 单片机的内核	13
2.1.1 51 单片机的引脚功能	14
2.1.2 51 单片机的硬件结构	16
2.1.3 51 单片机的存储器	17
2.1.4 51 单片机的时钟与复位	20
2.2 案例目标 3 单片机最小系统的硬件设计	21
2.2.1 单片机最小系统原理图	21
2.2.2 单片机最小系统原理图讲解	23
2.2.3 单片机最小系统元器件清单	23
2.2.4 单片机最小系统实物图	24
2.2.5 单片机最小系统注意事项	24
2.2.6 单片机最小系统电子元器件	25
2.2.7 电子元器件的焊接	28
习题与思考题	29
第 3 章 51 单片机 C51 程序设计	30
3.1 案例目标 4 Keil μ Vision4 软件的运用	30

3.1.1	Keil μ Vision4 软件简介	30
3.1.2	Keil μ Vision4 软件安装	30
3.1.3	Keil μ Vision4 案例目标的实现	34
3.2	案例目标 5 STC-ISP V6.83 程序下载软件的使用	40
3.2.1	软件安装及主要功能介绍	40
3.2.2	STC 下载软件案例目标的实现	40
3.2	案例目标 6 Proteus 仿真软件的运用	44
3.3.1	软件功能简介与安装	44
3.3.2	Proteus 仿真软件案例目标的实现	48
3.4	案例目标 7 单片机中常用 C 语言知识	51
3.4.1	C51 程序设计基础	51
3.4.2	C51 语言的函数	67
	习题与思考题	70
第 4 章	案例目标 8 51 单片机并行 I/O 端口的灵活运用	71
4.1	并行 I/O 口的结构及工作原理	71
4.1.1	P0 口(32 脚~39 脚)结构及工作原理	71
4.1.2	P1 口(1 脚~8 脚)结构及工作原理	73
4.1.3	P2 口(21 脚~28 脚)结构及工作原理	73
4.1.4	P3 口(10 脚~17 脚)结构及工作原理	74
4.2	并行 I/O 口 C51 编程	75
4.2.1	流水灯案例目标的实现	75
4.2.2	蜂鸣器案例目标的实现	78
4.2.3	继电器案例目标的实现	80
	习题与思考题	82
第 5 章	数码管显示与键盘检测	83
5.1	案例目标 9 数码管显示的具体实现	83
5.1.1	数码管显示原理	83
5.1.2	数码管静态显示应用举例	85
5.1.3	数码管动态显示应用举例	89
5.1.4	数码管案例目标的实现	92
5.2	案例目标 10 利用数码管显示按键值	96
5.2.1	独立键盘检测应用举例	97
5.2.2	矩阵键盘检测应用举例	101
5.2.3	键盘检测案例目标的实现	105
	习题与思考题	110

第 6 章 案例目标 11 带有紧急情况处理的交通灯控制系统设计	113
6.1 中断系统概述	113
6.1.1 基本概念	113
6.1.2 51 系列单片机中断源	114
6.1.3 51 系列单片机中断请求标志寄存器	115
6.1.4 中断允许与中断优先级的控制	116
6.2 外部中断案例目标的实现	118
6.3 外部中断及应用举例	122
习题与思考题	126
第 7 章 案例目标 12 基于数码管的电子时钟显示	128
7.1 定时器简介	128
7.1.1 定时器的结构	129
7.1.2 定时器/计数器控制寄存器	130
7.2 51 单片的机定时器/计数器 T0 和 T1 的控制	132
7.2.1 定时器/计数器对输入信号的要求	132
7.2.2 方式 0	132
7.2.3 方式 1	133
7.2.4 方式 2	134
7.2.5 方式 3	134
7.3 STC89C52 的定时器/计数器应用举例	135
7.3.1 应用步骤和初值设定方法	135
7.3.2 应用实例的描述	136
7.4 定时器/计数器案例目标的实现	138
习题与思考题	143
第 8 章 案例目标 13 单片机的双机通信	145
8.1 串行通信基础	145
8.1.1 串行通信线路形式	145
8.1.2 异步通信和同步通信	146
8.2 串行口结构描述	147
8.2.1 串行接口的结构	147
8.2.2 串行接口的控制寄存器	148
8.3 波特率的设定与定时器的关系	150
8.4 串行口的工作方式与典型应用举例	152
8.5 串行口案例目标的实现	158
习题与思考题	164

第 9 章 51 单片机扩展与接口技术	166
9.1 案例目标 14 可调数字时钟显示	166
9.1.1 LCD1602 液晶应用举例	166
9.1.2 LCD1602 液晶应用实例	170
9.1.3 LCD12864 液晶应用举例	174
9.1.4 LCD12864 液晶显示举例	180
9.1.5 LCD 液晶案例目标的实现	185
9.2 案例目标 15 基于光敏电阻的 LCD 电压采集显示系统	194
9.2.1 ADC0804 转换器应用举例	195
9.2.2 DAC0832 转换器应用举例	204
9.2.3 A/D 案例目标的实现	212
9.3 案例目标 16 基于 DS18B20 芯片的数字温度计设计	216
9.3.1 串行单总线扩展技术	217
9.3.2 串行总线技术案例目标的实现	223
9.4 案例目标 17 基于 I ² C 总线的 AT24C02 芯片读/写操作	229
9.4.1 I ² C 串行总线技术	229
9.4.2 I ² C 串行总线案例目标的实现	233
9.5 案例目标 18 基于 TLC549 A/D 的光敏电阻密码锁设计	240
9.5.1 SPI 串行总线技术	240
9.5.2 SPI 串行总线案例目标的实现	243
9.6 案例目标 19 直流电动机调速控制系统的设计	247
9.7 案例目标 20 步进电动机正反转角度控制的设计	250
9.8 案例目标 21 舵机方向角度控制的设计	262
习题与思考题	267
第 10 章 案例目标 22 利用 STC15F2K60S2 单片机点亮小灯并实现 在线调试功能	271
10.1 STC15F2K60S2 单片机特点	272
10.2 STC15F2K60S2 单片机最小系统设计与应用举例	276
10.3 STC15F2K60S2 单片机案例目标的实现	283
第 11 章 8 个步骤精通综合应用实例设计	299
11.1 基于 CH452 控制芯片的键盘及数码管驱动设计	299
11.1.1 CH452 简介	299
11.1.2 案例设计	307
11.2 多功能密码锁的设计	313
11.3 超声波测距的设计	321
11.3.1 超声波原理	321

11.3.2 案例设计	322
11.4 光敏电阻逐光随动系统的设计	332
11.5 SIM900 手机模块的应用设计	337
11.5.1 SIM900 简介	337
11.5.2 案例设计	340
11.6 直流电动机调速系统的设计	347
11.6.1 利用 PCA/PWM 功能实现 PWM 控制	347
11.6.2 案例设计	352
11.7 基于 NRF905 无线数据传输设计	361
第 12 章 科技竞赛获奖作品交流	373
12.1 多功能语音控制智能盲人拐杖助手设计	373
12.2 基于触摸屏的多功能水族箱设计	374
12.3 基于 GSM 手机户外点阵控制系统设计	377
12.4 智能实验室远程无线监管系统设计	380
12.5 基于红外传感器的无弦电子琴设计	383
12.6 婴儿发烧尿床呵护系统的设计	385
12.7 开展科技创新活动与科技竞赛的探析	388
附录 A 常用字符与 ASCII 代码对照表	391
附录 B 液晶标准字符库	392
附录 C 单片机最小系统及开发板实物图	393
参考文献	395

案例目标1 单片机的认知

随着科学技术的发展,单片机的应用越来越广泛,单片机控制技术不断更新。从它诞生之日起,就令广大的电子爱好者“暗恋”。单片机被广泛应用于家用电器、仪器仪表、工业自动控制、医用设备、办公自动化设备、安全监控、国防、航空航天等领域。

单片机之所以应用广泛,主要是人们通过软件编程,就能轻而易举地实现单片机的检测与控制。正因为单片机的嵌入应用,电器才会不断更新换代,控制才会越来越智能,功能才会越来越强大。单片机的出现使人们体验到电子产品的先进技术,感受到生活的便捷,提高了生产效率和安全系数。可见,人们的生活和单片机密切相关,单片机的作用越来越大。

通常所说的单片机,一般指8位的51系列、AVR系列、PIC系列等有代表性的机型;后来出现了16位单片机,如96系列;又出现了32位单片机,如ARM等。随着科技的进步,单片机技术又进一步提高和超越。

单片机和嵌入式控制系统有着千丝万缕的联系。嵌入式控制系统从定义出发,是指嵌入对象体系中的专用计算机系统。由于嵌入式系统有过很长的一段单片机独立发展的道路,大多基于8位单片机,实现最底层的嵌入式系统应用。大多数从事单片机应用开发的人员,都是对象系统领域中的电子系统工程师,以研究“智能化”器件的身份进入电子系统领域,没有带入“嵌入式系统”的概念,脱离了计算机专业领域。因此,不少从事单片机应用的人不了解单片机与嵌入式系统的关系,在谈到“嵌入式系统”时,往往理解成计算机专业领域的,基于32位嵌入式处理器,从事网络、通信、多媒体等的应用。这样,“单片机”与“嵌入式系统”形成了嵌入式系统中常见的两个独立的名词。但由于单片机是典型的、独立发展起来的嵌入式系统,从学科建设的角度出发,应该把它统一成“嵌入式系统”。

“单片机”一词源于Single Chip Microcomputer,简称SCM。随着SCM技术及其体系结构的不断扩展,其控制功能不断完善,单片机已不能用“单片微型计算机”准确表达其含义了,所以国际上逐渐采用MCU(Micro Controller Unit)代替,形成了单片机界公认的、最终统一的名词。在我国,因为“单片机”一词沿用至今,所以仍在继续使用。

可以将单片机简单地理解成一块具有特殊功能的集成芯片,这种芯片不像一般的芯片功能固定。通过编写程序控制这块芯片的某些引脚输出高、低电平。如果是5V单片机,高电平表示5V,即电源的正极,也就是电流的流出方向;低电平是0V,即电源的负极,也就是电流的流入方向。这样,就能控制与单片机引脚相连的外围设备,还能通过程序识别和单片机相连的外围设备的电信号。利用单片机的实例如下。

(1) 单片机智能交通灯实例。城市智能交通系统中,路口信号灯控制子系统是现代城市交通监控指挥系统中重要的组成部分,在各种交通监控体系中是一个必不可少的单元。如果能研制一种稳定、高效的灯控系统模块,挂接于各种智能交通控制系统下作为下位机,根据上位机的控制要求或命令,方便、灵活地控制交通灯,无疑是有意义的。传统的交通信号灯控制系统电路复杂、体积大、成本高,然而采用模块化的单片机系统控制交通信号,不仅可以简化电路结构、降低成本、减小体积,而且控制能力强,配置灵活,易于扩展;能够根据上位机对交通流量进行监测而得出控制命令,方便、高效地设定路口交通灯运行模式。新型交通灯单片机控制系统通过程序编程,可实现很强的控制能力,并且安装灵活,设置方便,其模块化、结构化的设计使其具有良好的可扩展性。交通灯控制子系统是智能交通系统中的重要组成部分。可以选择一种微处理器作为核心芯片,设计一种通用化、可独立挂接的交通灯控制模块。图1.1所示是单片机智能交通灯系统的一个实例图。可以看到,该系统的硬件电路围绕STC89C52RC搭建,由单片机的I/O口给出控制信号,驱动交通灯运行。

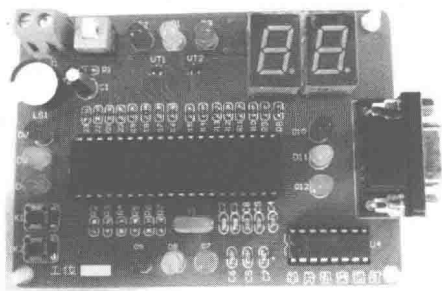


图 1.1 单片机智能交通灯系统实例

(2) 单片机智能风扇实例。电风扇并未随着空调的普及而淡出市场,相反,家用电风扇因其风力温和、价格低廉、相对省电、安装和使用简单等特点受到中老年人、儿童和体质较弱的人群欢迎。以单片机为核心控制器,设计出无线遥控智能可调风扇,通过无线遥控和单片机通信,控制电风扇的风速,使其工作在高、中、低三挡。此外,通过温度传感器检测环境温度,建立控制系统,使电风扇随室内温度的变化而自动变换挡位,实现“温度高,风力大;温度低,风力弱”的功能,既节能环保,又安全可靠,具有广泛的应用前景。图1.2所示是基于STC89C52单片机的智能风扇控制实例。

(3) 单片机智能循迹小车实例。随着汽车科技的进步,智能小车的实验与设计越发重要。智能小车一般具有自动寻迹、躲避障碍物、报警等功能,所运用的知识较广泛,主要涉及汽车、机械和计算机等专业。智能小车不但代表汽车技术的发展,也是学校培养学生的学习能力与动手能力的一种主要手段。智能小车硬件部分主要由驱动转向模块、霍尔元件、采集模块和供电模块等组成。路面黑色引导线由红外线传感器检测与采集,然后输送给单片机,

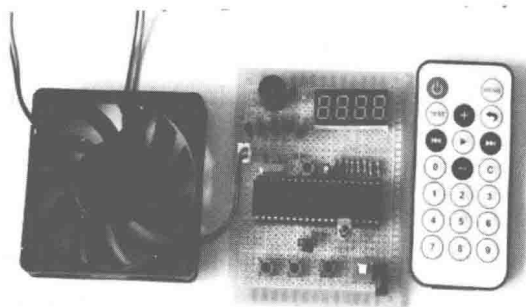


图 1.2 单片机智能风扇控制实例

由单片机控制驱动器使电动机转动。软件部分利用 C 语言实现,并对小车的转向与速度控制方式进行多次改进,通过多次测试完成智能小车避障与循迹任务。单片机智能循迹小车实例如图 1.3 所示。

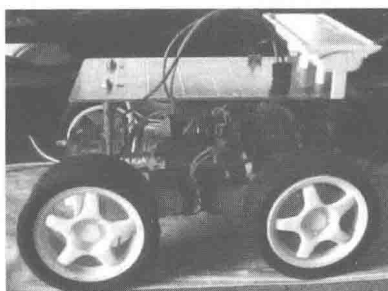


图 1.3 单片机智能循迹小车实例

1.1 单片机概述

自 20 世纪 70 年代单片机问世以来,其功能和技术不断扩展,单片机得到广泛的应用。随着单片机集成度越来越高以及单片机系统的广泛应用,需要软件编程的能力越来越高,所以本书在介绍和讲解单片机的同时,注重培养学生软件编程能力。C51 语言是近年来国内外在 51 单片机开发中普遍使用的一种程序设计语言。由于 C51 语言功能强大,可读性好,便于模块开发,库函数非常丰富,编写程序可移植性好等优点,使之成为单片机应用系统开发最快速、最高效、最普遍的程序设计语言。本书力求把 51 单片机的片内硬件结构以及外围电路的接口设计与 C51 单片机编程紧密地结合在一起,避免利用较难掌握的汇编语言进行程序设计。

目前大多数单片机都支持程序的在系统(在线)编程(In System Program, ISP),只需一条 ISP 并口下载线,就可以把仿真调试通过的程序从 PC 写入单片机的 Flash 存储器,省去编程器。高级单片机还支持在线应用编程(IAP),可在线分布调试,省去了仿真器。

在应用上,单片机称为嵌入式控制器。第一款单片机由 Intel 公司发明,叫作 4004 单片机,后来慢慢发展出 MCS-51 系列和 MCS-96 系列单片机。MCS-51 系列单片机的代表性产品为 8051,其内部包括 1 个 8 位 CPU、128B RAM 数据存储器和 21 个特殊功能寄存器

(SFR)、4 个 8 位并行 I/O 口、1 个全双工串行口、2 个 16 位定时器/计数器、5 个中断源和 4KB ROM 程序存储器。由于 MCS-51 系列单片机优势明显,市场占有率高,许多厂家、科技公司以 MCS-51 单片机为基核进行二次开发。Intel 公司以专利转让的形式把 8051 的内核技术转让给许多半导体芯片生产厂家,如 Atmel、Philips、CygnaI、Analog、LG、ADI、Maxim、Dallas 等公司。这些公司生产的兼容机均采用 8051 的内核结构,指令系统相同,采用 CMOS 工艺。人们常用 80C51 来称呼所有具有 8051 内核并兼容 8051 指令系统的单片机,统称其为 51 单片机。在这些公司中,美国 Atmel 公司推出的 AT89C5x/AT89S5x 系列单片机在我国目前的 8 位单片机市场表现得比较活跃。这两种系列单片机与 MCS-51 系列单片机在原有功能、引脚以及指令系统方面完全兼容,并且增加了一些新的功能,如“看门狗”定时器 WDT、ISP 及 SPI 串行接口技术等。

1.1.1 单片机组成及其特点

单片机是指在一块芯片上集成了 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器和多种 I/O 接口电路等,具有一定规模的微型计算机。单片机与通用微型计算机相比,在硬件结构、指令设置上有其独到之处,其主要特点如下所述。

(1) 单片机中的存储器以 ROM、RAM 严格分工。ROM 为程序存储器,只存放程序、常数及数据表格;RAM 为数据存储器,用作工作区,存放变量。

(2) 采用面向控制的指令系统。为满足控制的需要,单片机的逻辑控制能力优于同等级的 CPU,特别是单片机具有很强的位处理能力,运行速度较高。

(3) 单片机的 I/O 口引脚通常是多功能的。例如,通用 I/O 引脚可以复用,作为外部中断或 A/D 输入的模拟输入口等。

(4) 系统齐全,功能扩展性强,与许多通用微机芯片接口兼容,给应用系统的设计和生产带来极大的方便。

(5) 单片机应用是通用的。单片机主要作为控制器使用,但功能上是通用的,可以像微处理器那样广泛地应用在各个领域。

(6) 体积尺寸小,如各种贴片单片机。

(7) 功能丰富,实时响应速度快,可对 I/O 直接操作。

(8) 使用便捷,硬件结构简单,提供了便捷的开发工具。

(9) 性价比高,电路板小,接插件少。

1.1.2 单片机分类

单片机的分类不是统一的和严格的。从不同角度,单片机大致分为通用型/专用型、总线型/非总线型、工控型/家电型以及 8 位、16 位、32 位等类型。

1. 通用型/专用型

这是按单片机适用范围、使用场合来区分的。例如,80C51 是通用型单片机,它不是为某种专业用途设计的。专用型单片机是针对一类产品设计生产的,例如为了满足电子万能表性能要求设计的单片机。

2. 总线型/非总线型

这是按单片机是否提供并行总线来区分的。总线型单片机普遍设置有并行地址总线、

数据总线、控制总线。另外,许多单片机把所需要的外围器件及外设接口集成在片内,可以不要并行扩展总线,降低了成本。这类单片机称为非总线型单片机。

3. 工控型/家电型

这是按照单片机的应用领域区分的。工控型单片机运算能力强,适合在环境条件恶劣的情况下使用。用于家电的单片机通常是小封装、低价格,其外围器件和外设接口集成度高。

4. 8位、16位、32位

目前8位单片机的品种最丰富,应用最广泛,主要分为51系列及非51系列单片机。51系列单片机生产厂商如Atmel(爱特梅尔)、Philips(飞利浦)、Winbond(华邦)等。非51系列有Microchip(微芯)的PIC单片机、Atmel的AVR单片机、义隆EM78系列,以及Motorola(摩托罗拉)的68HC05/11/12系列单片机等。16位单片机的操作速度及数据吞吐能力在性能上比8位机有较大提高。目前,应用较多的有TI的MSP430系列、凌阳SPCE061A系列、Motorola的68HC16系列、Intel的MCS-96/196系列等。32位单片机主要指以ARM公司研制的一种32位处理器为内核(主要有ARM7、ARM9、ARM10等)的ARM芯片,运行速度和功能大幅提高。随着技术发展以及价格下降,将会与8位单片机并驾齐驱,如ST公司的STM32系列、飞利浦的LPC2000系列、三星的S3C/S3F/S3P系列等。

1.1.3 几种教学中常见单片机的区别

在教学中经常看到AT89C51、AT89C52、AT89S51、AT89S51、AT89S52、STC89C51、STC89C52、STC89C51RC、STC89C52RC等型号单片机。下面以表格的形式帮助大家理解它们的相同点和区别。AT系列单片机是Atmel公司生产的以8051为内核的单片机,部分选型列表如表1.1所示。STC系列单片机是宏晶科技生产的以8051为内核的单片机,部分选型列表如表1.2和表1.3所示。

表 1.1 Atmel 51 单片机选型列表

型 号	Flash 程序存 储器 (KB)	IAP	ISP	E ² PROM (KB)	RAM (B)	f_{max} /MHz	V_{CC}/V	I/O 数量	UART	16位定 时器	WDT	SPI
AT89C51	4	—	—	—	128	24	5±20%	32	1	2	—	—
AT89C52	8	—	—	—	256	24	5±20%	32	1	3	—	—
AT89C2051	2	—	—	—	128	24	2.7~6.0	15	1	2	—	—
AT89C4051	4	—	—	—	128	24	2.7~6.0	15	1	2	—	—
AT89S51	4	—	YES	—	128	33	4.0~5.5	32	1	2	Yes	—
AT89S52	8	—	YES	—	256	33	4.0~5.5	32	1	3	Yes	—
AT89S2051	2	—	YES	—	256	24	2.7~5.5	15	1	2	—	—
AT89S4051	4	—	YES	—	256	24	2.7~5.5	15	1	2	—	—
AT89S8253	12	—	YES	2	256	24	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51ED2	64	UART	API	2	2048	60	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes
AT89C51RD2	64	UART	API	—	2048	60	2.7~5.5	32	1	3	Yes	Yes

表 1.2 STC89C51/52 单片机选型列表

型号	工作电压(V)	Flash 程序存储器(KB)	SRAM 字节	定时器	UART 串口(个)	DPTR	E ² PROM (KB)	看门狗	最多 I/O 数量	支持掉电唤醒外部中断(个)	支持掉电唤醒专用定时器	内置简单复位	所有封装 (强烈推荐 LQFP44)			
													封装价格(RMB ¥)	PLCC44	PQFP44	
STC89C/LE52 系列单片机选型一览																
STC89C51	5.5~3.8	4	512	3	1	2	9	有	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC89LE51	3.6~2.4	4	512	3	1	2	9	有	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC15W404S 不需要外部时钟 不需要外部复位	5.5~2.4	4	512	3	1	2	9	强	42	5	有	强	2.5	3.0		
STC89C52	5.5~3.8	8	512	3	1	2	5	有	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65
STC89LE52	3.6~2.4	8	512	3	1	2	5	有	39	4	无	有	2.55	2.75	2.8	2.65

表 1.3 STC89C51/52RC 单片机选型列表

型号	工作电压(V)	最高时钟频率(Hz)		Flash 程序存储器(KB)	SRAM 字节	定时器	UART 串口(个)	DPTR	E ² PROM (KB)	看门狗	中断源	中断优先级	最多 I/O 数量	支持掉电唤醒外部中断(个)	所有封装			
		5V	3V												封装价格(RMB ¥)	PLCC44	PQFP44	
STC89C/LE51RC 系列单片机选型一览																		
STC89C51RC	5.5~3.5	0~80M		4	512	3	1	2	9	有	—	4	4	4	有	2.8	3.3	3.4
STC89LE51RC	3.6~2.2	0~80M		4	512	3	1	2	9	有	—	4	4	4	有	2.8		3.4
STC15W404S 不需要外部时钟 不需要外部复位	5.5~2.4	5~35M		4	512	3	1	2	9	强	—	2	2	5	强	2.5	3.0	
STC89C52RC	5.5~3.5	0~80M		8	512	3	1	2	5	有	—	4	4	4	有	2.8	3.1	3.4
STC89LE52RC	3.6~2.2	0~80M		8	512	3	1	2	5	有	—	4	4	4	有	2.8	3.4	3.4

1.2 单片机的应用

因为单片机的特点和优势凸显,所以其应用领域广泛。以下概括了单片机应用的主要领域。

(1) 智能化家用电器:各种家用电器普遍采用单片机智能化控制代替传统的电子线路控制,升级换代,提高档次,如家用全自动洗衣机、变频空调、电视机、录像机、微波炉、电冰箱、电饭煲等。再比如,现代办公室使用的大量通信电子办公设备都嵌入了单片机,如打印机、复印机、传真机、绘图机、考勤机、电话以及通用计算机中的键盘译码、磁盘驱动等。

(2) 智能化仪表:单片机智能化功能大大提高了仪表的功能,强化了其数据处理和采集功能,数据处理效率和速度不断提高,增添了许多实际应用功能,如数据存储、故障检测。同时,结合互联网技术,实现了联网集控等功能。

(3) 商业营销设备:在商业营销系统中广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、IC卡刷卡机、出租车计价器以及仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保险系统等,都采用单片机控制。

(4) 工业自动化控制:工业自动化控制是最早采用单片机控制的领域之一,如各种测控系统、过程控制、机电一体化、PLC等。在化工、建筑、冶金等工业领域中都要用到单片机控制。

(5) 智能化通信产品:最突出的是手机。当然,手机内的芯片属专用型单片机。

(6) 汽车电子产品:现代汽车的集中显示系统、动力监测控制系统、自动驾驶系统、通信系统和运行监视器(黑匣子)等都离不开单片机。

(7) 航空航天系统和国防军事、尖端武器等领域:单片机的应用更是不言而喻。

单片机应用不仅在于它的广阔范围及带来的经济效益,更重要的是,它从根本上改变了控制系统的传统设计思想和方法。以前采用硬件电路实现的大部分控制功能,正在用单片机通过软件方法来实现。以前自动控制中的PID调节,现在可以用单片机实现具有智能化的数字控制、模拟控制和自适应控制。这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术称为微控技术。随着单片机的应用和推广,微控制技术将不断发展和完善。

硬件设计是单片机应用开发的基础,软件编程建立在硬件开发的基础之上,软、硬件设计巧妙结合是保证项目开发质量的关键。单片机生产商在将功能落实到实际应用的同时,不断在单片机开发环境上下功夫,国内外单片机生产厂商都有自己独特的软件和硬件开发平台。单片机学习的主要内容是软件和硬件环境。

1. 软件开发环境

软件开发涉及四部分内容:C语言编译器、汇编器、调试器、烧录软件。软件开发环境涉及的部件及其相互关系如图1.4所示。

2. 硬件开发环境

单片机的应用开发不单是指软件开发,它与开发语言和硬件密切相关。掌握单片机应用的软硬件开发需要一个过程。首先必须掌握数字电路和模拟电路方面的知识,还必须学习单片机原理、硬件结构、扩展接口和编程语言。初次开发时因没有经验,可能要经过多次反复才能完成项目,会有较大的收获和积累,表现在硬件设计方面的积累、软件编程方面的