



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

微控制器原理及应用

主编 丁筱玲
王成义



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

微控制器原理及应用

主 编 丁筱玲 王成义
副主编 李天华 施国英 赵立新



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以汇编语言和 C 语言为编程语言,系统地介绍了 80C51 系列微控制器的组织结构、工作原理、指令系统、程序设计、各功能单元、外部串行扩展技术、典型外围接口技术和编程仿真工具 Proteus 及 Keil μ Vision4。本书原理与应用紧密结合;突出微控制器的基本原理、体系结构;重点介绍微控制器各个功能单元的工作原理和应用、串行扩展技术和外围接口技术。为适应传统与现代交互的教学方式,编程仿真工具及 C 语言在附录中介绍。

本书可作为高等院校电子信息科学与技术、电子信息工程、通信工程、自动化、电气工程、机电工程、计算机应用等专业的“微控制器原理及应用”“单片机原理及应用”等课程的教学用书,也可作为工程技术人员、微控制器爱好者的技术参考书。

用 户 必 须 知 道 的 事 情

图书在版编目(CIP)数据

微控制器原理及应用/丁筱玲,王成义主编.—北京:北京大学出版社,2014.5

(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 978-7-301-24812-6

I. ①微… II. ①丁…②王… III. ①微控制器—高等学校—教材 IV. ①TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 212650 号

书 名:微控制器原理及应用

著作责任者:丁筱玲 王成义 主编

策 划 编 辑:童君鑫

责 任 编 辑:宋亚玲

标 准 书 号:ISBN 978-7-301-24812-6/TH · 0408

出 版 发 行: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> 新浪官方微博:@北京大学出版社

电 子 信 箱:pup_6@163.com

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

印 刷 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者:新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.25 印张 450 千字

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

定 价:42.00 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 电子信箱:fd@pup.pku.edu.cn

前 言

人类社会进入 21 世纪以来,科学技术飞速发展,信息技术更是一日千里。这其中,物联网、智能家居、无线传感网络、智慧城市等概念已经逐渐进入普通百姓的生活。在这些技术和应用中,微控制器(Microcontroller)占据着举足轻重的地位,可以这样说,没有微控制器,就没有这些技术和应用,微控制器是基石。

微控制器种类繁多,从数据总线上划分,有 8 位、16 位、32 位;从指令架构上划分,有 CISC 架构、RISC 架构;从存储器结构上划分,有哈佛结构、冯·诺依曼结构。考虑到初学者的因素,本书选择 80C51 系列微控制器来讲授。80C51 系列微控制器是 8 位、CISC 架构、哈佛结构的微控制器,它的资源非常丰富,性价比高,简单易学,在我国应用最为广泛。

本书作者有多年讲授 80C51 系列微控制器的经验,理论知识和实践经验丰富。本书具有如下特色。

1. 适合多种学时教学。由于学科、专业的不同,各个学校不同专业的教学学时不同。本书基本架构按照传统方式编写,先讲微控制器的基本结构,接着介绍指令系统及汇编编程,再介绍标准 80C51 的片内功能单元,最后介绍 80C51 的扩展和接口电路。授课教师可用较少的学时完成教学任务。附录 A Keil μ Vision4 集成开发环境与 C 语言程序设计及附录 B Proteus 仿真设计可让学生自己学习。如果学时较多,可根据实际需要 will 附录 A、附录 B 插入到课程体系中一并讲解。

2. 既适合教学,也适合读者自学。对于微控制器的爱好者来说,大部分人已经掌握了标准的 C 语言编程,此时,可用较短时间学习微控制器的基本结构、指令系统、80C51 的片内功能单元、80C51 的扩展和接口电路;而片内功能单元及扩展和接口的汇编编程方法可暂不学习。当学习并熟知基本内容后,再重点研习附录 A Keil μ Vision4 集成开发环境与 C 语言程序设计及附录 B Proteus 仿真设计,以达到迅速掌握微控制器开发编程工具、提高自己动手实践能力的目的。

3. 汇编语言与 C 语言结合。书中基本原理部分采用汇编语言讲解,培养学生使用汇编语言思考问题的能力,而片内功能单元部分既讲解汇编语言编程方法,又讲解 C 语言编程方法,让学生清楚汇编语言编程和 C 语言编程两种方式的共同点和不同点,以加深理解。在微控制器的扩展和外围接口方面,只提供汇编语言的编程方式,不提供 C 语言编程方式,培养学生自己使用 C 语言编程的能力,同时培养学生使用互联网查找资料,解决 C 语言编程中遇到的问题的能力。

4. Keil μ Vision4 与 Proteus 相结合。Keil μ Vision4 集成开发环境是 ARM 公司下属公司 Keil 公司推出的 80C51 系列微控制器开发工具,是当前开发 80C51 系列微控制器的主要工具。它功能强大,汇编语言开发和 C 语言开发都支持。Proteus 软件是英国 Labcenter Electronics 公司出版的 EDA 工具软件,它元器件库丰富且简单易用,不但具有其他 EDA



工具软件的仿真功能,而且能仿真 MCU 及外围器件,是目前最好的仿真 MCU 及外围器件的工具。以上两者的结合,可搭建一个虚拟的微控制器实验室,完成绝大部分的实验内容。

全书主体内容共分 6 章。第 1 章为绪论,介绍微控制器的基础知识;第 2 章为 80C51 系列微控制器的片内基本结构,介绍 80C51 系列微控制器的内部结构、引脚功能、存储器结构及工作方式等;第 3 章为 80C51 系列微控制器的指令系统及程序设计;第 4 章为 80C51 系列微控制器的功能单元,介绍端口结构、定时器/计数器、中断系统、串行通信功能;第 5 章为微控制器的外部串行扩展技术,介绍 I²C 扩展技术和 SPI 扩展技术;第 6 章为微控制器的典型外围接口技术,介绍按键和显示技术,ADC 和 DAC 技术。书后附有 Keil μ Vision4 集成开发环境与 C 语言程序设计、Proteus 仿真设计、ASCII 码表、80C51 系列微控制器指令系统表,便于读者学习查阅。

本书第 1、2 章由丁筱玲负责编写,第 3、4 章由王成义负责编写,第 5、6 章由李天华负责编写,附录 A 由赵立新负责编写,附录 B、C、D 由施国英负责编写。全书由丁筱玲、王成义统编及统校,书中图表由李天华、施国英、赵立新分工制作,研究生吴玉红、杨翠翠、朱瞳、张昆等参与整理部分材料。

感谢深圳风标科技公司(Proteus 中国大陆总代理)的支持。

在本书编写、出版过程中,作者借鉴了许多优秀教材和技术专家的宝贵经验和技术资料,在此一并表示诚挚的谢意。

由于作者水平有限,书中不妥之处难以避免,敬请读者批评指正。

丁筱玲

2014 年 3 月

目 录

第 1 章 绪论1	第 3 章 80C51 系列微控制器的指令系统及程序设计41
1.1 什么是微控制器(单片机).....3	3.1 概述.....43
1.2 微控制器的发展历史.....4	3.1.1 指令分类.....44
1.3 微控制器的发展趋势.....4	3.1.2 指令格式.....44
1.4 微控制器的特点及应用.....6	3.1.3 指令中的符号.....44
1.4.1 微控制器的特点.....6	3.2 寻址方式.....45
1.4.2 微控制器的应用.....7	3.2.1 立即寻址.....46
1.5 80C51 系列微控制器简介.....8	3.2.2 直接寻址.....46
本章小结.....13	3.2.3 寄存器寻址.....46
思考题与习题.....13	3.2.4 寄存器间接寻址.....46
第 2 章 80C51 系列微控制器的片内基本结构14	3.2.5 变址寻址(基址寄存器+变址寄存器间接寻址).....47
2.1 80C51 系列微控制器的硬件组成.....16	3.2.6 相对寻址.....48
2.2 89C51 系列微控制器的引脚介绍.....18	3.2.7 位寻址.....49
2.2.1 电源及时钟引脚.....19	3.3 指令系统.....50
2.2.2 并行 I/O 口.....19	3.3.1 数据传输类指令.....50
2.2.3 控制引脚.....20	3.3.2 算术运算类指令.....56
2.3 80C51 系列微控制器的 CPU 结构.....21	3.3.3 逻辑运算类指令.....59
2.3.1 运算器.....21	3.3.4 控制转移类指令.....62
2.3.2 控制器.....22	3.3.5 位操作类指令.....65
2.4 80C51 系列微控制器的存储器结构.....23	3.4 汇编语言.....67
2.4.1 程序存储器.....25	3.4.1 程序设计语言概述.....67
2.4.2 数据存储器.....26	3.4.2 汇编语言语句和格式.....68
2.5 时钟电路与 CPU 的工作时序.....32	3.4.3 伪指令.....70
2.5.1 时钟电路.....32	3.4.4 汇编方式.....73
2.5.2 时序定时单位.....33	3.5 汇编语言程序设计.....73
2.6 80C51 系列微控制器的工作方式.....34	3.5.1 汇编语言程序设计步骤.....73
2.6.1 复位方式.....34	3.5.2 顺序结构程序设计.....74
2.6.2 程序执行方式.....36	3.5.3 分支结构程序的设计.....77
2.6.3 低功耗方式.....36	3.5.4 循环结构程序的设计.....78
2.6.4 编程方式.....37	3.5.5 子程序设计.....81
本章小结.....39	3.5.6 程序设计综合举例.....85
思考题与习题.....40	本章小结.....88
	思考题与习题.....89



第4章 80C51 系列微控制器的

功能单元.....92

4.1 并行 I/O 接口95

4.1.1 I/O 接口概述95

4.1.2 P0 口96

4.1.3 P1 口98

4.1.4 P2 口100

4.1.5 P3 口101

4.1.6 并行 I/O 接口的编程和
使用102

4.2 定时器/计数器103

4.2.1 定时器/计数器概述103

4.2.2 定时器/计数 T0、T1104

4.2.3 定时器/计数器 T2110

4.2.4 定时器/计数器的编程和
使用115

4.3 中断系统119

4.3.1 中断系统概述119

4.3.2 中断的控制和操作120

4.3.3 中断过程123

4.3.4 外部中断源扩展127

4.3.5 中断的编程和使用129

4.4 串行接口130

4.4.1 串行口的结构130

4.4.2 串行口的特殊功能寄存器131

4.4.3 串行口的工作方式和
多机通信方式1334.4.4 串行口的波特率发生器和
波特率136

4.4.5 串行口的编程和应用137

本章小结143

思考题与习题146

第5章 微控制器的外部串行扩展

技术147

5.1 单总线接口149

5.2 I²C 总线接口1505.2.1 I²C 总线概述1505.2.2 I²C 总线工作原理1515.2.3 I²C 总线器件介绍及

工作模拟157

5.3 SPI 总线接口160

5.3.1 SPI 总线概述160

5.3.2 SPI 总线工作原理161

5.3.3 SPI 总线器件介绍及
工作模拟168

本章小结172

思考题与习题172

第6章 微控制器的典型外围接口

技术173

6.1 键盘接口176

6.1.1 键盘的工作原理176

6.1.2 键盘的工作方式177

6.1.3 键盘的接口电路181

6.2 显示接口186

6.2.1 LED 显示器187

6.2.2 LCD 显示器190

6.3 DAC 接口197

6.3.1 D/A 转换器概述197

6.3.2 微控制器与 DAC0832 的
接口设计199

6.4 ADC 接口204

6.4.1 A/D 转换器概述204

6.4.2 微控制器与 ADC0809 的
接口设计2066.4.3 微控制器与 MAX187 的
接口设计209

本章小结211

思考题与习题212

附录 A Keil μ Vision4 集成开发环境与

C 语言程序设计214

附录 B Proteus 仿真设计255

附录 C ASCII 码表(常用)292

附录 D 80C51 系列微控制器
指令系统表293

参考文献298

第1章

绪论

本章教学要点

知识要点	掌握程度	相关知识
关于微控制器	掌握微控制器的概念; 了解微控制器的历史; 了解微控制器的发展趋势	单片微型计算机、MCU 分类; MCU 的四个发展阶段; 多功能、高速低耗、结构兼容
微控制器的特点及应用	熟悉微控制器的特点; 掌握微控制器的应用	体小、价低、方便、稳定可靠; 家电、智能仪表、武器装备
80C51 系列微控制器	掌握 80C51 系列微控制器的概念; 熟悉 80C51 系列芯片种类、特点; 熟悉近年流行的几个系列的 MCU	8 位 MCU 的典型代表; 以 80C51 为核心、与 MCS-51 兼容芯片 系列: AT89C5X、STC89C、STC12C 及 C8051F 等



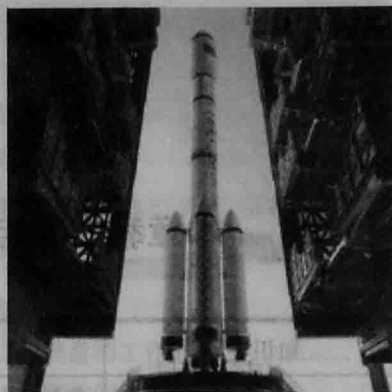


导入案例

“神九”“神八”归来，带给我们什么

2012年6月16日傍晚，“神九”载人飞船于酒泉卫星发射中心中国载人航天发射场成功发射升空，执行与天宫一号首次载人交会对接任务。中国首位女航天员刘洋和“神九”飞行乘组指令长景海鹏、手动控制交会对接“驾驶员”刘旺一道飞天，并于北京时间6月29日10时03分，在内蒙古中部草原主着陆场预定区域顺利返回。在13天的太空飞行中，3名航天员圆满开展进驻天宫一号、首次手控交会对接、航天医学和空间实验等一系列太空工作与生活。

伴随“神九”“神八”的归来，关于交会对接、载人航天的话题远未尘埃落定，与之前的“神五”“神六”“神七”工



程相比，“太空之吻”虽同样万众瞩目，但任务成功后类似“举国欢庆”的场面已经不再复现。归来的“神九”“神八”，面对的是人们更加习以为常的目光，甚至还有一些质疑。

种种疑虑，其来有自。老百姓的眼界日益开阔，不再只满足于围观天上的热闹，更要追问一声门道。遥远太空中的“太空之吻”无论加上怎样浪漫的想象，似乎也与当下纷扰杂沓的日常生活相距甚远。那么，载人航天真的无法与我们的现实生活有任何关系吗？



载人航天工程总设计师周建平说，中国载人航天20年的花费“不及美国一年的投入”，从横向比较上来看，中国载人航天不算“烧钱”。但即便如此，仍然有很多人在疑惑，这钱到底花得有什么意义呢？归根到底，不是“烧钱”“不烧钱”的问题，而是“花在哪儿”“值不值”？

直观上说，载人航天“看得见”的成果，就是正在运行的天宫一号空间实验室和实验室里搭载的各种科学实验。而透过这些直观的成果，一次载人航天实验，背后是成百上千项科技创新，是技术更新引领的产业升级，是各种相关产业的直接、间接受益，是一批又一批人才的崛起。

小至婴儿纸尿裤、纯净水净化技术，大至卫星导航系统、数控系统，都是缘起于航天科技，随着时间的推移，技术进步、成本下降慢慢“走下神坛”，成为人们日常生活中不可或缺的东西。现今尖端的航天技术，未来将对人们的生活产生哪些影响仍未可尽知，正如20世纪60年代应美国军方计划而诞生的互联网，在进入民用领域后对人类社会产生的深远影响，在当时又有几个人曾



料想到呢?除了这些眼前和长远的物质成果之外,每一次载人航天的成功,无形中又是一次全民科普,一次对追求科学精神的唤醒。

康德有云:“有两样东西,我们愈经常愈持久地加以思索,它们就愈使心灵充满日新又新、有加无已的景仰和敬畏:在我之上的星空和居我心中的道德法则”。哲人追索星空,是欲寻觅心灵栖居之所。而人类目前进行的太空探索,则有着更加现实的目标。地球资源的日渐匮乏,催促着人们探索新的家园。然而探索新家园的“门票”就如诺亚方舟一样,并不是谁都可以挤得上。曾经在过去百余年间错过太多的我们,此刻是要紧紧追上,还是要再次被落下?

1.1 什么是微控制器(单片机)

微控制器(单片机)就是在一片半导体硅片上集成了微处理器(CPU)、存储器(RAM、ROM)和各种功能单元(定时器/计数器、并行 I/O 口、串行口、ADC 等)的集成电路芯片。这样一块集成电路芯片具有一台计算机的属性,因而被称为单片微型计算机(Single Chip Microcomputer),简称单片机。为了更好地体现其控制应用,在国际上,一般把单片机称为微控制器(Micro Controller Unit, MCU)。图 1-1 所示为较常用的 STC12C5A60S2 微控制器芯片。

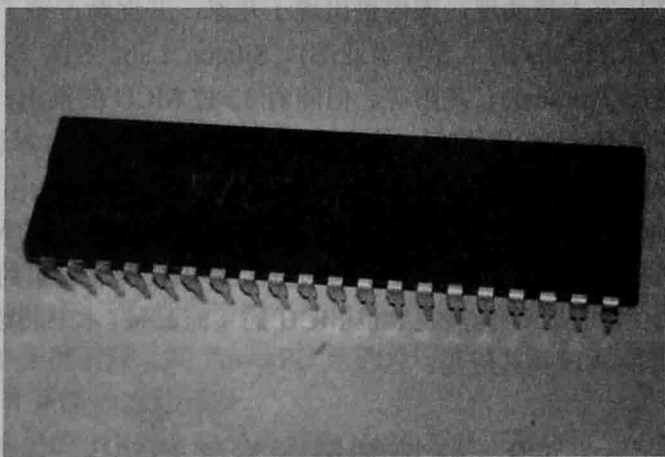


图 1-1 微控制器芯片

MCU 按照其用途可以分为通用型和专用型两大类。

通用型 MCU 具有比较丰富的内部资源,性能全面且适应性强,可满足多种应用需求。通用型 MCU 把可开发的内部资源,如 RAM、ROM、I/O 等功能部件全部提供给用户。用户可以根据具体需求,充分利用 MCU 内部资源,设计一个以通用 MCU 芯片为核心,再配以外接口电路及其他外围设备来满足不同需要的测量控制系统。

专用型 MCU 是专门针对某些产品的特定用途而制作的 MCU,如打印机、家用电器、健身器材以及各种通信设备中的专用 MCU。这种应用的最大特点是针对性强且数量巨大。因此,MCU 芯片制造商常与产品厂家合作,设计专用 MCU 芯片,以最大限度地降低成本。但是无论多么“专用”,MCU 的核心地位是不变的。



1.2 微控制器的发展历史

MCU 的发展历史大致可分为四个阶段。

第一阶段(1974—1976 年): MCU 初级阶段。因工艺限制, MCU 采用双片的形式, 而且功能比较简单。

第二阶段(1976—1978 年): 低性能 MCU 阶段。以 Intel 公司制造的 MCS-48 系列 MCU 为代表, 它集成了 8 位 CPU、并行 I/O 口、8 位定时器/计数器、RAM、ROM, 但没有串行接口, 中断处理也比较简单, 片内 RAM 和 ROM 容量都较小。

第三阶段(1978—1982 年): 高性能 MCU 阶段。典型代表有 Intel 公司制造的 MCS-51 系列 MCU、Freescall 公司(原 Motorola 公司的半导体事业部)的 6801 和 Zilog 公司的 Z8 等。这个阶段的 MCU 普遍带有串行接口、多级中断系统、16 位定时器/计数器, 片内 RAM 和 ROM 容量加大, 寻址范围可达 64KB。

第四阶段(1982 年至现在): 8 位 MCU 巩固发展, 大量应用; 16 位 MCU 逐渐占有一席之地; 32 位 MCU 推出阶段。此阶段的主要特征是一方面开始发展 16 位 MCU、32 位 MCU 及专用型 MCU; 另一方面不断完善高档 8 位 MCU, 以满足不同的用户需求。对于 8 位 MCU 来说, 生产厂家大量涌现, 国内也出现了几家, 并逐渐占领了低端市场。代表厂家为 ATMEL、NXP(原 Philips 的半导体事业部)、Silicon Lab、STC 等。对于 16 位 MCU 来说, 代表厂家为 TI、Freescall、凌阳等。但随着 32 位 MCU 的推出, 尤其是 ARM 公司 Cortex 系列 MCU 的推出, 16 位 MCU 处于比较尴尬的境地。有专家认为, 在 8 位和 32 位 MCU 的夹击下, 16 位 MCU 将走向消亡。

尽管目前 8 位 MCU 种类繁多, 但其中最具代表性的是 Intel 公司的 MCS-51 系列 MCU。80C51 系列 MCU 是在 MCS-51 的基础上于 20 世纪 80 年代发展起来的, 其功能有很大增强。直到现在, 80C51 系列 MCU 仍然是 8 位 MCU 的主流品种。本书将以 80C51 系列 MCU 为主, 介绍微控制器的原理及其应用。

1.3 微控制器的发展趋势

从近 40 年 MCU 的发展历程可以看出, 它正朝多功能、多选择、高速度、低功耗、低价格、扩大存储容量和加强 I/O 功能及结构兼容方向发展, 图 1-2 所示为微控制器最小系统。微控制器今后的发展趋势为以下几个方面。

1. 多功能化

MCU 可集成越来越多的内置部件, 常用的部件有:

(1) 存储器类, 包括程序存储器 MROM/OTP ROM/EPROM/EEPROM/Flash ROM 和数据存储器 SRAM/SDRAM/SSRAM。

(2) 串行接口类, 包括 UART、SPI、I2C、CAN、IR、Ethernet、HDLC。

(3) 并行接口类, 包括 Centronics、PCI、IDE、GPIO 等。

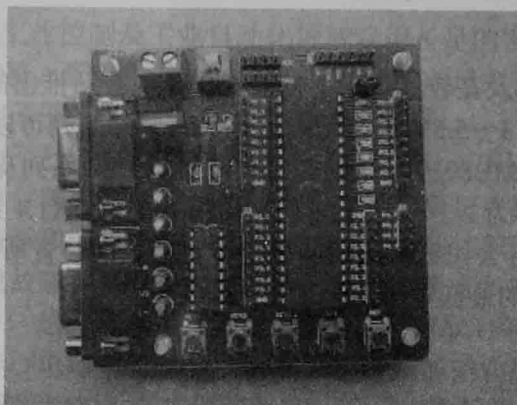


图 1-2 微控制器最小系统

(4) 定时和时钟类, 包括定时器/计数器、实时时钟(RTC)、Watchdog、Clock out。

(5) 专用和外围接口类, 包括 Comparer(比较器)、ADC、DAC、LCD 控制器、DMA、PWM、PLL、温度传感器等。

甚至有的 MCU, 如 NS(National Semiconductor)公司的 MCU, 已把语音、图像部件也集成到 MCU 中, 目的就是在单个器件中集成所有需要用到的部件, 构成片上系统(SoC, System on Chip)。Silicon Labs 公司推出的 C8051F 系列的 MCU 在一个芯片中集成了构成数据采集系统或控制系统所需要的几乎所有的数字和模拟外围接口和功能部件, 这种混合信号芯片实质上已构成了混合信号片上系统(Mixed-Signal SoC)。

2. 多核化

随着嵌入式应用的深入, 特别是在数字通信和网络中的应用, 对处理器提出了更高的要求。为满足这种要求, 现在已出现多核结构的处理器。

Freemscale 公司研发的 MPC8260 PowerQIiCC II 就是一种先进的为电信和网络市场而设计的集成通信微处理器。它融合了两个 CPU——嵌入式 PowerPC 内核和通信处理模块(CPM)。由于 CPM 分担了嵌入式 PowerPC 核的外围工作任务, 这种双处理器体系结构功耗反而要低于传统体系结构的处理器。

Infineon 公司推出的 TC10GP 和增强型 TC1130 都是三核(TriCore)结构的微处理器。它同时具备 RISC、CISC 和 DSP 功能, 是一种建立在 SoC 概念上的结构。这种 MCU 由三个核组成: MCU 和 DSP 核、数据和程序存储器核、外围专用集成电路(ASIC)。这种 MCU 的最大特点是把 DSP 和 MCU 融合成一个单内核, 大大提高了 MCU 的功能。具有类似结构的还有 Hitachi 公司的 SH7410、SH7612 等; 它们用于既需要 MCU 又需要 DSP 功能的场合, 比单独使用 MCU 和 DSP 的组合拥有更优越的性能。

3. 低功耗化

现在新推出的 MCU 的功耗越来越低, 很多 MCU 都有多种工作方式, 包括等待、暂停、休眠、空闲、节电等工作方式。例如 NXP 的 P87LPC762, 空闲状态下的电流为 1.5mA, 而在节电方式下电流只有 0.5mA。很多 MCU 还允许在低振荡频率下以极低的功耗工作。例如, P87LPC764 在 32768Hz 低频下, 正常工作电流仅为 $I_{dd}=16\mu A(V_{dd}=3.6V)$, 空闲模式下 $I_{dd}=7\mu A(V_{dd}=3.6V)$ 。



4. 宽工作电压

扩大电源电压范围以及在较低电压下仍能工作是现在新推出的 MCU 的一个特点。目前一般 MCU 都可以在 3.3~5.5V 的范围内工作,有些产品则可以在 2.2~6V 的范围内工作。例如, Fujitsu 公司的 MB8919X、MB8912X 和 MB89130 系列及 F2MC-8L 系列的 MCU,绝大多数工作电压范围都为 2.2~6V;而 TI 公司的 MSP430X11X 系列的 MCU 的工作电压可以低至 2.2V。Freescall 公司针对长时间处于待机模式的装置所设计的超省电 HCS08 系列 MCU,已经把可工作的最低电压降到了 1.8V。

5. 封装小型化

现在 MCU 的封装水平已大大提高,有越来越多的 MCU 采用了各种贴片封装形式,以满足便携式手持设备的需要。Microchip 公司推出了目前世界上体积最小的 6 引脚 PIC10F2XX 系列 MCU。为了适应各种应用的需要,减少驱动电路,很多 MCU 的输出能力都有了很大提高, Freescall 公司的 MCU 的 I/O 口灌电流可达 8mA 以上,而 Microchip 公司的 MCU 可达 20~25mA,其他如 AMD、Fujitsu、NEC、Infineon、Hitachi、Atmel、Toshiba 等公司的都在 8~20mA 之间。

6. 低噪声布线技术

在过去一般 MCU 中,电源与地引脚是安排在芯片封装的对角上,即左上、右下或右上、左下位置上。这种安排会使电源噪声对 MCU 的内部电路造成的干扰相对较大。现在很多 MCU 都把电源和地引脚安排在两个相邻的引脚上。这样既降低了干扰,又便于在印制电路板上对去耦电容器进行布线,降低系统的噪声,如 STC15F2K60S2。

1.4 微控制器的特点及应用

1.4.1 微控制器的特点

MCU 的出现是微型计算机技术高速发展的产物。MCU 体积小、价格低、应用方便、稳定可靠,所以, MCU 的发展和普及给工业自动化等领域带来了一场重大革命。仅从体积小方面来说, MCU 几乎可以在任何设备或任意装置上做成非常小的、功能比较完善的 MCU 嵌入式系统而置于其中,以实现各种方式的检测、计算或控制。在这一点上,一般的微型计算机根本做不到。由于 MCU 本身就是一个计算机系统,因此只要在 MCU 的外部适当增加一些必要的外围扩展接口电路,就可以灵活地构成各种应用系统,如工业自动检测监视系统、数据采集系统、自动控制系统、智能仪器仪表等。

MCU 之所以应用如此广泛,主要原因是以 MCU 为核心构成的应用系统具有以下优点。

(1) 功能齐全,应用可靠,抗干扰能力强。

(2) 简单方便,易于普及。由于 MCU 技术是一门较为容易掌握的技术,故 MCU 应用系统设计、组装、调试已经是十分简单,广大工程技术人员通过学习可以很快地掌握其应用技术。

(3) 发展迅速,前景广阔。在短短几十年的时间里, MCU 就经过了 4 位机、8 位机、16 位机、32 位机等几大发展阶段。尤其是形式多样、集成度高、功能日臻完善的 MCU 不



断问世,更使得 MCU 在工业控制及工业自动化领域获得长足的发展和广泛应用。近几年,MCU 的内部结构愈加完美,配套的片内外围功能器件越来越完善,为应用系统向更高层次和更大规模的发展奠定了坚实的基础。

(4) 嵌入容易,用途广泛。MCU 的体积小、性价比高、应用灵活性强。在 MCU 出现以前,人们要想制作一套自动控制系统,往往采用大量的模拟电路、数字电路、分立元件来完成,以实现计算、判断和控制功能。这样,不仅系统的体积庞大,而且因为线路复杂及连接点太多,极易出现故障。MCU 出现以后,电路的组成和控制方式都发生很大的变化。在 MCU 应用系统中,这些控制功能的部分都已经由 MCU 的软件程序实现,其他电子线路则由片内的外围接口电路来替代。原来必须由电子线路实现的计算、比较、判断等功能现在已经由 MCU 和软件及片内的外围接口电路来取代。

1.4.2 微控制器的应用

MCU 主要应用在检测、控制领域,它具有小巧灵活、成本低、可靠性好、适应温度范围宽、易扩展等特点。以下是 MCU 应用领域的举例。

1. 家用电器领域

目前国内家用电器已普遍采用 MCU 控制取代传统的控制电路,如洗衣机、电冰箱、空调、微波炉、电饭煲、电视机、录像机及其他视频音像设备的控制器。

2. 办公自动化领域

现代办公室中所使用的大量通信、信息产品多数都采用了 MCU,如通用计算机系统键盘译码、磁盘驱动、打印机、绘图仪、复印机、电话、传真机、考勤机等。

3. 商业营销领域

在商业营销领域已广泛使用的电子秤、收款机、条形码阅读器、仓储安全监测系统、商场保安系统、空气调节系统、冷冻保鲜系统中,已纷纷采用 MCU 构成专用系统,这主要是由于这种系统有明显的抗病菌侵害、抗电磁干扰等高可靠性的保证。

4. 工业自动化

工业过程控制、过程监测、工业控制器及机电一体化控制系统等这些系统除一些小型工控机之外,许多都是由 MCU 为核心的单机或多机网络系统。例如,工业机器人的控制系统是由中央控制器、感觉系统、行走系统、擒拿系统等节点构成的多机网络系统。

5. 智能仪表与传感器网络

目前各种变送器、电气测量仪表普遍采用 MCU 应用系统替代传统的测量系统,使测量系统具有各种智能化功能,如存储、数据处理、查找、判断、联网和语音功能等。

将 MCU 与传感器相结合可以构成新一代的智能传感器,它将传感器初级变换后的电量作进一步的变换、处理,输出能满足远距离传送、能与微机接口的数字信号。

6. 汽车电子设备

MCU 已经广泛地应用于各种汽车电子设备中,如汽车安全系统、智能自动驾驶系统、汽车集中显示系统、卫星汽车导航系统、汽车防撞监控系统、汽车自动诊断系统及汽车黑匣子等。

7. 武器装备

在现代化的武器装备中,如飞机、军舰、大炮、坦克、导弹、鱼类制导、智能武器装备、航天飞机导航系统,都有 MCU 作为主控芯片嵌入其中,发挥着重要作用。

综上所述,MCU 应用的意义绝不限于它的功能及所带来的经济效益,更重要的意义在于,MCU 的应用正从根本上改变着传统的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大部分控制功能,现在已能使用 MCU 通过软件方法实现了,这种以软件取代硬件并能提高系统性能的控制技术,称之为微控制技术。这标志着一种全新概念的建立。随者 MCU 应用技术的推广普及,微控制技术必将不断发展,日益完善。

1.5 80C51 系列微控制器简介

80C51 系列 MCU 是在 MCS-51 系列的基础上发展起来的。早期的 80C31 只是 MCS-51 系列众多芯片中的一类,但是随着后来的发展,80C51 MCU 已经形成独立的系列,并且成为当前 8 位 MCU 的典型代表。

MCS-51 的原生产厂是 Intel 公司,最早推出 80C51 芯片的也是 Intel 公司,并且作为 MCS-51 的一部分,按原 MCS-51 芯片的规则命名,如 80C31、80C51、87C51 和 89C51,这样我们就能很容易地认识 80C51 的系列芯片。但是后来有越来越多的厂商生产 80C51 系列芯片,如 NXP、Atmel、Silicon Labs、SST、STC 及华邦等公司。这些芯片都是以 80C51 为核心并且与 MCS-51 芯片兼容,但它们又各具特点。然而由于生产厂家众多,芯片的类型也很多,为了体现各公司的特色,芯片的命名便不再遵循统一的命名规则,这也给我们对 MCU 型号的认知带来了麻烦。例如,STC 公司生产的 STC12C 系列的 STC12C5410AD MCU,我们无法使用 Intel 的命名规则来判断其所含有的资源(如 ROM、RAM 的数量),当然,此命名也有规律可循;再比如 Silicon Labs 公司生产的 MCU C8051F410,其命名规律更难以琢磨,我们几乎无法从型号上发现其所含有的资源。

新一代 80C51 的兼容芯片,还在芯片中增加了一些外部接口功能单元,如 ADC、DAC、可编程计数器阵列(PCA)、监视定时器(WDT)、高速 I/O 口、计数器的捕获/比较逻辑等。有些公司(如 Silicon Labs)还增加了片上调试功能,在调试时所有的数字和模拟外设都能正常工作,实时反映了 MCU 真实的运行情况。所有这些新一代的兼容芯片已开始在我国使用,其中尤以我国的 STC 公司的芯片及国外的 Atmel、Silicon Labs、NXP 等公司同名芯片及其衍生产品最受欢迎。

下面介绍最近十几年在我国比较流行的几个系列的 MCU。

1. Atmel 公司生产的 AT89C5X 系列 MCU

Atmel 是成立于 1984 年的一家美国半导体公司,是世界上高级半导体产品设计、制造和行销的领先者,产品包括了微处理器、可编程逻辑器件、非易失性存储器、安全芯片、混合信号及 RF 射频集成电路。该公司于 1994 年以 E²PROM 技术与 Intel 公司的 80C51 内核的使用权进行交换,获得了制造基于 80C51 内核 MCU 的技术。Atmel 公司将 Flash 技术

与 80C51 内核相结合, 形成了独具特色的以 Flash ROM 为程序存储器的 AT89C5X 系列 MCU。

AT89C5X 系列 MCU 继承了 80C51 的全部功能, 在引脚以及指令系统方面完全兼容。此外, AT89C5X 系列 MCU 中的某些型号又增加了一些新的功能, 如 WDT、ISP 及 SPI 串行总线技术等。其中 AT89S51 增加了 ISP 及 SPI, 其时钟频率最高达 33MHz, Flash 存储器不但允许并行重复编程, 还支持在线可编程写入技术, 串行写入、速度更快、稳定性更好, 烧写电压也仅需要 4~5V。另外, AT89S51 也支持由软件选择的两种低功耗方式, 非常适合于电池供电或其他要求低功耗的场合。

表 1-1 为 AT89C5X 系列 MCU 的主要产品片内硬件资源。

表 1-1 Atmel 公司生产的 AT89C5X 系列 MCU 主要产品的片内硬件资源

型号	Flash ROM (KB)	RAM (B)	I/O(位)	T/C (个)	中断源 (个)	管脚数目 (个)
89C1051	1	128	15	1	3	20
89C2051	2	128	15	2	5	20
89C51	4	128	32	2	6	40
89C52	8	256	32	3	8	40
89C55	20	256	32	3	8	40
89C51RD	64	2048	32	4	9	44
89S2051	2	256	15	2	6	20
89S4051	4	256	15	2	6	20
89S51	4	128	32	2	6	40
89S52	8	256	32	3	8	40

2. STC 公司生产的 STC89C 系列及 STC12C 系列 MCU

STC(深圳宏晶科技有限公司)是深圳的一家 8051 系列 MCU 设计生产公司, STC 系列的 MCU 在中国的 80C51 系列 MCU 市场上占有较大比例。STC 现已成长为全球最大的 8051 系列 MCU 设计公司, 现提供专用 MCU 设计服务, 并致力于提供处于业内领先地位的、高性能 STC 系列 MCU 和 SRAM。其产品已通过国际权威认证机构 SGS(瑞士通用公证行)的多项认证(①EFT 测试认证: 过 4kV 快速脉冲干扰; ②绿色环保认证: 无铅认证)。

(1) STC89C 系列 MCU 性能特点: 最高工作频率为 80MHz, Flash 程序存储器容量为 4~64KB, RAM 数据存储器容量 512~1280B, 内部集成 E²PROM 2~16KB 及看门狗和专用复位电路, 部分集成 ADC。

表 1-2 为 STC89C 系列 MCU 的主要产品片内硬件资源。



表 1-2 STC 公司生产的 STC89C 系列 MCU 主要产品的片内硬件资源

型 号	Flash ROM (KB)	RAM (B)	E ² PROM(KB)	I/O (位)	T/C (个)	中断源 (个)	管脚数目 (个)
STC89C51RC	4	512	2	32/36	3	8	40
STC89C52RC	8	512	2	32/36	3	8	40
STC89C53RC	15	512	—	32/36	3	8	40
STC89C54RD+	16	1280	16	32/36	3	8	40
STC89C55RD+	20	1280	16	32/36	3	8	40
STC89C58RD+	32	1280	16	32/36	3	8	40
STC89C516RD+	64	1280	—	32/36	3	8	40

(2) STC12C 系列 MCU 性能特点: 单时钟/机器周期, 超小封装, 2~4 路 PWM, 8~10 位高速 ADC, Flash 程序存储器 512B~12KB, RAM 数据存储器 256~512B, 集成 1KB 的 E²PROM 及硬件 WDT。产品都有低功耗功能, 都有 ISP 和 IAP 功能, 以及强抗干扰和降低 EMI 性能。

表 1-3 为 STC12C 系列 MCU 的主要产品片内硬件资源。

表 1-3 STC 公司生产的 STC12C 系列 MCU 主要产品的片内硬件资源

型号	Flash ROM (KB)	RAM (B)	E ² PROM(KB)	I/O (位)	SPI (个)	A/D (位)	PCA/PWM (个)	管脚 数目 (个)
STC12C2052	2	256	1	15	1	—	4	20
STC12C2052AD	2	256	1	15	1	8	4	20
STC12C4052	4	256	1	15	1	—	4	20
STC12C4052AD	4	256	1	15	1	8	4	20
STC12C5404	4	512	2	27/23	1	—	8	20/28/32
STC12C5404AD	4	512	2	27/23	1	10	8	20/28/32
STC12C5408	8	512	2	27/23	1	—	8	20/28/32
STC12C5408AD	8	512	2	27/23	1	10	8	20/28/32
STC12C5412	12	512	2	27/23	1	—	8	20/28/32
STC12C5412AD	12	512	2	27/23	1	10	8	20/28/32

STC 还生产有其他系列 MCU, 如 STC90C 系列、STC11F 系列、STC15F 系列等。