



教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材  
高等学校电子信息类专业系列教材

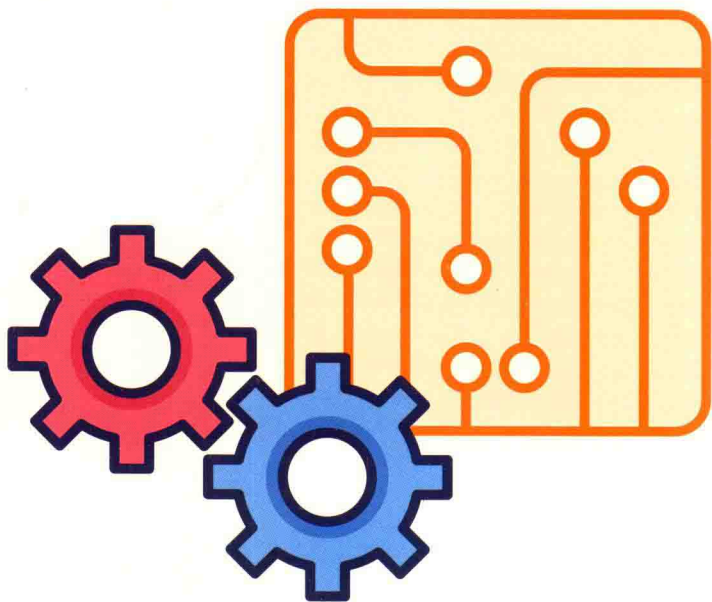
嵌入式与工业控制技术

The Principle and Application of Single Chip Microcomputer

# 单片机原理与实践

——基于STC89C52与Proteus的嵌入式开发技术

刘大铭 白娜 车进 陈潮红 蔺金元 孟一飞 编著



清华大学出版社





教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材  
高等学校电子信息类专业系列教材

The Principle and Application of  
Single Chip Microcomputer

# 单片机原理与实践

基于STC89C52与Proteus的嵌入式开发技术

刘大铭 白娜 车进 陈潮红 蔺金元 孟



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书选用 STC89C52 单片机, 全面介绍了 MCS-51 单片机的理论知识和利用软件仿真开发工具 Proteus 进行单片机应用开发的方法。全书共 7 章。第 1~4 章以单片机基本原理、体系结构、C51 语言程序设计、单片机接口技术等内容为主, 配合典型、实用的设计实例, 帮助有 C 语言基础的学生快速入门, 掌握基本的理论知识。第 5~7 章介绍单片机综合应用设计和嵌入式系统开发。第 5 章紧密结合日常实验教学 and 单片机课程设计, 给出了 LED 数码管、键盘接口、A/D 和 D/A 转换器、液晶显示器接口、温度传感器、温湿度传感器、步进电机控制 8 个典型的单片机外设设计实例; 第 6 章介绍了 MODBUS 协议与应用; 第 7 章介绍了基于 Arduino 的系统开发方法。本书着眼于培养学生应用理论知识解决基本工程问题的能力和良好的工程素养, 对 MCS-51 单片机理论知识做了精简, 从典型、实用的设计实例出发剖析难点, 注重原理和应用相结合, 有助于学生自学和迅速提高能力, 引发学生对该领域的学习兴趣。

本书可作为高等院校工科类各专业单片机原理及应用课程的教材, 也可供单片机应用开发人员自学参考。

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

单片机原理与实践: 基于 STC89C52 与 Proteus 的嵌入式开发技术/刘大铭等编著. —北京: 清华大学出版社, 2018

(高等学校电子信息类专业系列教材)

ISBN 978-7-302-50408-5

I. ①单… II. ①刘… III. ①单片微型计算机—高等学校—教材 IV. ①TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 123724 号

责任编辑: 曾 珊 战晓雷

封面设计: 李召霞

责任校对: 李建庄

责任印制: 董 瑾

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者: 北京国马印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 13.5

字 数: 330 千字

版 次: 2018 年 10 月第 1 版

印 次: 2018 年 10 月第 1 次印刷

定 价: 39.00 元

产品编号: 076736-01

# 高等学校电子信息类专业系列教材

## 一 顾问委员会

谈振辉	北京交通大学 (教指委高级顾问)	郁道银	天津大学 (教指委高级顾问)
廖延彪	清华大学 (特约高级顾问)	胡广书	清华大学 (特约高级顾问)
华成英	清华大学 (国家级教学名师)	于洪珍	中国矿业大学 (国家级教学名师)
彭启琮	电子科技大学 (国家级教学名师)	孙肖子	西安电子科技大学 (国家级教学名师)
邹逢兴	国防科技大学 (国家级教学名师)	严国萍	华中科技大学 (国家级教学名师)

## 一 编审委员会

主 任	吕志伟	哈尔滨工业大学		
副主任	刘 旭	浙江大学	王志军	北京大学
	隆克平	北京科技大学	葛宝臻	天津大学
	秦石乔	国防科技大学	何伟明	哈尔滨工业大学
	刘向东	浙江大学		
委 员	王志华	清华大学	宋 梅	北京邮电大学
	韩 焱	中北大学	张雪英	太原理工大学
	殷福亮	大连理工大学	赵晓晖	吉林大学
	张朝柱	哈尔滨工程大学	刘兴钊	上海交通大学
	洪 伟	东南大学	陈鹤鸣	南京邮电大学
	杨明武	合肥工业大学	袁东风	山东大学
	王忠勇	郑州大学	程文青	华中科技大学
	曾 云	湖南大学	李思敏	桂林电子科技大学
	陈前斌	重庆邮电大学	张怀武	电子科技大学
	谢 泉	贵州大学	卞树檀	火箭军工程大学
	吴 瑛	解放军信息工程大学	刘纯亮	西安交通大学
	金伟其	北京理工大学	毕卫红	燕山大学
	胡秀珍	内蒙古工业大学	付跃刚	长春理工大学
	贾宏志	上海理工大学	顾济华	苏州大学
	李振华	南京理工大学	韩正甫	中国科学技术大学
	李 晖	福建师范大学	何兴道	南昌航空大学
	何平安	武汉大学	张新亮	华中科技大学
	郭永彩	重庆大学	曹益平	四川大学
	刘缠牢	西安工业大学	李儒新	中国科学院上海光学精密机械研究所
	赵尚弘	空军工程大学	董友梅	京东方科技集团股份有限公司
	蒋晓瑜	陆军装甲兵学院	蔡 毅	中国兵器科学研究院
	仲顺安	北京理工大学	冯其波	北京交通大学
	黄翊东	清华大学	张有光	北京航空航天大学
	李勇朝	西安电子科技大学	江 毅	北京理工大学
	章毓晋	清华大学	张伟刚	南开大学
	刘铁根	天津大学	宋 峰	南开大学
	王艳芬	中国矿业大学	靳 伟	香港理工大学
	苑立波	哈尔滨工程大学		
丛书责任编辑	盛东亮	清华大学出版社		

# 序

## FOREWORD

我国电子信息产业销售收入总规模在 2013 年已经突破 12 万亿元,行业收入占工业总体比重已经超过 9%。电子信息产业在工业经济中的支撑作用凸显,更加促进了信息化和工业化的高层次深度融合。随着移动互联网、云计算、物联网、大数据和石墨烯等新兴产业的爆发式增长,电子信息产业的发展呈现了新的特点,电子信息产业的人才培养面临着新的挑战。

(1) 随着控制、通信、人机交互和网络互联等新兴电子信息技术不断发展,传统工业设备融合了大量最新的电子信息技术,它们一起构成了庞大而复杂的系统,派生出大量新兴的电子信息技术应用需求。这些“系统级”的应用需求,迫切要求具有系统级设计能力的电子信息技术人才。

(2) 电子信息系统的功能越来越复杂,系统的集成度越来越高。因此,要求未来的设计者应该具备更扎实的理论基础知识和更宽广的专业视野。未来信息系统的设计越来越要求软件和硬件的协同规划、协同设计和协同调试。

(3) 新兴电子信息技术的发展依赖于半导体产业的不断推动,半导体厂商为设计者提供了越来越丰富的生态资源,系统集成厂商的全方位配合又加速了这种生态资源的进一步完善。半导体厂商和系统集成厂商所建立的这种生态系统,为未来的设计者提供了更加便捷却又必须依赖的设计资源。

教育部 2012 年颁布了新版《高等学校本科专业目录》,将电子信息类专业进行了整合,为各高校建立系统化的人才培养体系,培养具有扎实理论基础和宽广专业技能的、兼顾“基础”和“系统”的高层次电子信息人才给出了指引。

传统的电子信息学科专业课程体系呈现“自底向上”的特点,这种课程体系偏重对底层元器件的分析与设计,较少涉及系统级的集成与设计。近年来,国内很多高校对电子信息类专业课程体系进行了大力度的改革,这些改革顺应时代潮流,从系统集成的角度,更加科学合理地构建了课程体系。

为了进一步提高普通高校电子信息类专业教育与教学质量,贯彻落实《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020 年)》和《教育部关于全面提高高等教育质量若干意见》(教高[2012]4 号)的精神,教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会开展了“高等学校电子信息类专业课程体系”的立项研究工作,并于 2014 年 5 月启动了《高等学校电子信息类专业系列教材》(教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会规划教材)的建设工作。其目的是推进高等教育内涵式发展,提高教学水平,满足高等学校对电子信息类专业人才培养、教学改革与课程改革的需要。

本系列教材定位于高等学校电子信息类专业的专业课程,适用于电子信息类的电子信

息工程、电子科学与技术、通信工程、微电子科学与工程、光电信息科学与工程、信息工程及其相近专业。经过编审委员会与众多高校多次沟通,初步拟定分批次(2014—2017年)建设约100门课程教材。本系列教材将力求在保证基础的前提下,突出技术的先进性和科学的前沿性,体现创新教学和工程实践教学;将重视系统集成思想在教学中的体现,鼓励推陈出新,采用“自顶向下”的方法编写教材;将注重反映优秀的教学改革成果,推广优秀的教学经验与理念。

为了保证本系列教材的科学性、系统性及编写质量,本系列教材设立顾问委员会及编审委员会。顾问委员会由教指委高级顾问、特约高级顾问和国家级教学名师担任,编审委员会由教育部高等学校电子信息类专业教学指导委员会委员和一线教学名师组成。同时,清华大学出版社为本系列教材配置优秀的编辑团队,力求高水准出版。本系列教材的建设,不仅有众多高校教师参与,也有大量知名的电子信息类企业支持。在此,谨向参与本系列教材策划、组织、编写与出版的广大教师、企业代表及出版人员致以诚挚的感谢,并殷切希望本系列教材在我国高等学校电子信息类专业人才培养与课程体系建设中发挥切实的作用。

吕志伟 教授

# 前言

## PREFACE

随着计算机技术以及物联网的广泛应用,单片机在各领域的应用也随之扩大,基于 51 设计理念的单片机仍然占据着很大的市场,并且不断在翻新。如今单片机的应用已渗透到工业自动化、测控、家用电器、航空航天、卫星遥感等各个领域,因而高等院校工科类各专业普遍开设了单片机原理及应用课程。

2016 年宁夏回族自治区“十三五”重点专业电气信息类重点建设专业群子项目——电气信息类工程应用型特色系列教材建设已正式启动,本书作为教材建设项目中的重点教材之一,以双一流建设为目标,加快追赶全国高等教育发展步伐,开展一流科研创新,传承和创新一流文化,转化一流成果,为加快开放、富裕、和谐、美丽宁夏建设做出贡献。

编者摒弃了以往同类单片机教材对 MCS-51 单片机理论知识的烦琐描述,对难以理解的知识点,从典型性、实用性的设计实例出发进行讲解,注重原理和应用相结合,有助于学生自学和迅速提高,激发学生对单片机这一领域的学习兴趣。

本书共 7 章。前 4 章以单片机基本原理、体系结构、C51 语言程序设计、单片机接口技术等内容为主,依托教学大纲,跳过传统的汇编语言,配合典型性、实用性的设计实例,帮助具有 C 语言基础的学生快速入门,加深对理论知识的理解。后 3 章以单片机综合应用设计、嵌入式系统开发为实践拓展。其中,第 5 章紧密结合日常实验教学和单片机课程设计,内容涉及 LED 数码管、键盘接口、A/D 和 D/A 转换器、LCD 液晶显示器接口、温度传感器、温湿度传感器、步进电机等典型的单片机外设,能够极大地激发学生的学习兴趣,帮助学生进一步提高单片机应用设计的能力;第 6、7 章涉及的嵌入式系统开发实践内容主要来自研究生课程、本科毕业设计、宁夏大学大学生创新项目以及一线教师的项目成果,内容涉及 MODBUS 协议与应用、基于 Arduino 的系统开发,着眼于学生对理论知识的应用能力和对基本工程问题的解决能力,致力于培养学生良好的工程素养。

本书第 1~4 章由白娜编写,第 5 章 5.1~5.4 节由蔺金元编写、5.1、5.7 节由车进编写,5.6、5.8 节由陈潮红编写,第 6 章由刘大铭编写,第 7 章由孟一飞编写。全书由刘大铭统稿。

本书是宁夏回族自治区“十三五”电气信息类重点专业群建设的研究成果之一,并得到了该项目的资助;同时也是宁夏大学西部一流专业计划“电子信息工程(卓越工程师方向)”建设的成果之一,并得到了该项目的资助。

在本书的编写过程中,编者参考了大量的教材和参考文献,在此谨向有关作者致以衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中的疏漏之处在所难免,敬请读者指正。诚挚地希望得到读者使用本书的宝贵意见与建议。编者的 E-mail: nxldm@126.com。

编者

2018年8月



# 目录

## CONTENTS

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 单片机简介 .....	1
1.1.1 单片机含义 .....	1
1.1.2 单片机的发展历史 .....	1
1.1.3 单片机的特点与应用 .....	2
1.1.4 单片机的发展趋势 .....	4
1.2 数字电路逻辑基础 .....	6
1.2.1 数制 .....	6
1.2.2 码制 .....	7
本章小结 .....	9
思考题 .....	9
<b>第 2 章 MCS-51 单片机体系结构</b> .....	10
2.1 MCS-51 单片机的内部结构 .....	10
2.2 MCS-51 单片机的外部引脚及功能 .....	11
2.2.1 电源及时钟引脚 .....	11
2.2.2 控制引脚 .....	12
2.2.3 并行 I/O 引脚 .....	13
2.2.4 三总线结构 .....	15
2.3 MCS-51 单片机的中央处理器 .....	16
2.3.1 运算器 .....	16
2.3.2 控制器 .....	18
2.4 MCS-51 单片机存储器的结构 .....	18
2.4.1 MCS-51 单片机程序存储器 .....	18
2.4.2 MCS-51 单片机数据存储器 .....	19
2.4.3 MCS-51 单片机特殊功能寄存器 .....	20
2.5 MCS-51 单片机的时钟与时序 .....	22
2.5.1 MCS-51 单片机的时钟电路 .....	23
2.5.2 MCS-51 单片机的时序 .....	23
2.6 MCS-51 单片机的复位 .....	24
2.6.1 MCS-51 单片机的复位电路 .....	25
2.6.2 MCS-51 单片机的复位状态 .....	26
2.7 MCS-51 单片机的低功耗节电模式 .....	27
本章小结 .....	28
思考题 .....	28

<b>第3章 C51 程序设计基础</b> .....	29
3.1 C51 程序设计基础.....	29
3.1.1 C51 的数据类型与存储类型.....	29
3.1.2 C51 的特殊功能寄存器及位变量定义.....	33
3.1.3 C51 的绝对地址访问.....	36
3.1.4 C51 的基本运算.....	37
3.1.5 C51 的分支与循环程序结构.....	39
3.1.6 C51 的数组.....	45
3.1.7 C51 的指针.....	47
3.2 C51 的函数.....	48
3.2.1 函数的分类.....	48
3.2.2 函数的参数与返回值.....	50
3.2.3 函数的调用.....	50
3.2.4 中断服务函数.....	51
3.2.5 变量及存储方式.....	52
3.2.6 宏定义与文件包含.....	52
3.2.7 库函数.....	53
3.3 C51 的开发工具.....	54
3.3.1 集成开发环境 Keil $\mu$ Vision4 简介.....	54
3.3.2 Keil $\mu$ Vision4 软件的安装、启动和应用程序设计.....	54
3.4 软件仿真开发工具 Proteus.....	58
3.4.1 Proteus 简介.....	59
3.4.2 Proteus 与 Keil $\mu$ Vision4 的联合仿真.....	59
3.4.3 Proteus 与 Keil $\mu$ Vision4 的联合调试.....	62
本章小结.....	63
思考题.....	63
<b>第4章 MCS-51 单片机接口技术</b> .....	64
4.1 MCS-51 单片机的中断系统.....	64
4.1.1 中断系统概述.....	64
4.1.2 中断系统结构.....	65
4.1.3 中断处理过程.....	68
4.1.4 中断程序的设计.....	72
4.2 MCS-51 单片机的定时/计数器.....	77
4.2.1 定时/计数器的组成.....	78
4.2.2 定时/计数器的4种工作模式.....	80
4.2.3 定时/计数器的编程和应用.....	82
4.3 MCS-51 单片机的串行通信.....	89
4.3.1 串行通信概述.....	89
4.3.2 MCS-51 系列单片机的串行口.....	91
4.3.3 串行口的4种工作方式.....	94
4.3.4 串行口波特率的计算.....	95
4.3.5 串行通信的编程与应用.....	97
本章小结.....	108

思考题 .....	108
<b>第 5 章 MCS-51 单片机综合应用设计</b> .....	109
5.1 LED 数码管显示 .....	109
5.1.1 LED 数码管的工作原理 .....	109
5.1.2 LED 数码管显示设计举例 .....	112
5.2 单片机键盘接口技术 .....	118
5.2.1 独立键盘和矩阵键盘 .....	118
5.2.2 键盘接口设计举例 .....	120
5.3 D/A 转换接口技术 .....	125
5.3.1 D/A 转换器简介 .....	125
5.3.2 单片机与 8 位 D/A 转换器 DAC0832 的接口设计举例 .....	126
5.4 A/D 转换接口技术 .....	129
5.4.1 A/D 转换器简介 .....	129
5.4.2 单片机与并行 8 位 A/D 转换器 ADC0809 的接口设计举例 .....	131
5.5 单片机与液晶显示器的接口 .....	136
5.5.1 液晶显示器介绍 .....	136
5.5.2 单片机与液晶显示器的设计举例 .....	144
5.6 温度传感器 DS18B20 .....	151
5.6.1 DS18B20 简介 .....	151
5.6.2 DS18B20 温度测量程序设计举例 .....	153
5.7 温湿度传感器 DHT11 .....	158
5.7.1 DHT11 简介 .....	158
5.7.2 DHT11 室内温湿度测量程序设计举例 .....	160
5.8 步进电机的控制 .....	163
5.8.1 步进电机的基本概念及工作原理 .....	164
5.8.2 用单片机实现四相步进电机的控制程序设计举例 .....	165
本章小结 .....	167
思考题 .....	167
<b>第 6 章 MODBUS 协议与应用</b> .....	168
6.1 MODBUS 协议简介 .....	168
6.1.1 MODBUS OSI 网络体系结构 .....	168
6.1.2 MODBUS 协议描述 .....	169
6.1.3 服务器设备数据块 .....	170
6.1.4 功能码分类 .....	171
6.2 MODBUS RTU/ASCII 协议 .....	173
6.2.1 主站节点状态图 .....	173
6.2.2 从站节点状态图 .....	174
6.2.3 主站/从站通信时序图 .....	174
6.2.4 MODBUS RTU 协议 .....	175
6.2.5 MODBUS ASCII 协议 .....	179
6.3 MODBUS 应用 .....	181
6.3.1 MODBUS 相关功能码描述 .....	181
6.3.2 MODBUS 通信调试 .....	189

本章小结 .....	194
思考题 .....	195
<b>第7章 基于 Arduino 的系统开发</b> .....	<b>196</b>
7.1 Arduino 介绍 .....	196
7.1.1 简介 .....	196
7.1.2 硬件资源 .....	196
7.2 Arduino 开发环境 .....	197
7.2.1 Arduino IDE 下载及安装 .....	197
7.2.2 Arduino IDE 操作基础 .....	198
7.3 Arduino 程序基础知识 .....	199
7.3.1 Arduino 程序的基本架构 .....	199
7.3.2 Arduino 程序的基本函数 .....	199
7.4 应用实例 .....	200
7.4.1 LED 闪烁实验 .....	200
7.4.2 模拟量读取实验 .....	201
本章小结 .....	202
思考题 .....	203
<b>参考文献</b> .....	<b>204</b>

单片微型计算机简称单片机,是微型计算机发展的一个重要分支,是计算机发展史上的一个重要里程碑,它开辟了嵌入式计算机这一新领域。20 世纪 70 年代,随着第四代计算机的发展,单片机诞生了。单片机芯片体积小,价格低,可靠性高,容易开发,抗干扰能力强,发展迅速,以独特的结构和性能,广泛应用于国民经济建设的各个领域。

## 1.1 单片机简介

### 1.1.1 单片机含义

单片机是采用超大规模集成电路技术集成了 CPU(Central Processing Unit,中央处理单元)、RAM(Random Access Memory,随机存取存储器)、ROM(Read-Only Memory,只读存储器)、并行 I/O、串行 I/O、定时器/计数器、中断系统、系统时钟电路及系统总线的小而完善的微型计算机。单片机的英文名称为 Single Chip Microcomputer(SCM),直译为单片微型计算机。

单片机的设计理念被称为“嵌入式”,因为其体积小,被嵌入在系统中。在使用单片机时,它类似于人类大脑一样处于整个系统的核心地位,控制整个系统的运作,所以通常把单片机称为微控制器(Micro Control Unit,MCU)或者嵌入式微控制器(Embedded Micro Controller Unit,EMCU)。

单片机的诞生标志着计算机正式形成了通用计算机系统和微型计算机系统两大分支。单片机已广泛应用于工业自动化控制、智能仪器仪表、智慧家电、汽车电子、儿童玩具、医疗仪器、航空航天等各个领域,成为现代生产生活不可或缺的组成元素。

### 1.1.2 单片机的发展历史

单片机的发展历史大致分为 4 个阶段。

#### 1. 第一阶段(1974—1976 年)

1976 年美国 Zilog 公司为了满足工业需要,设计了体积小、价格低的 Z80 处理器,但是由于当时的工艺限制,Z80 只能与 RAM、ROM、I/O 接口做在一块 PCB 板卡上,这并非集成芯片技术,只能称为单板机。具有代表性的单板机还有 1974 年 12 月仙童公司推出的 8 位 F8 系列单板机,实际上只包括了 8 位 CPU、64B RAM 和两个并行口。20 世纪 80 年代,北

京大学研发生产了基于 Z80 的 TP801 单板机。

## 2. 第二阶段(1976—1978 年)

1976 年美国 Intel 公司推出了 MCS-48 系列单片机(8 位单片机),现在它早已退出历史舞台。1977 年 GI 公司推出了 PIC1650。这个阶段的单片机仍然处于低性能阶段。

**注意:** 单片机根据其基本操作处理的二进制位数分为 4 位单片机、8 位单片机、16 位单片机以及 32 位单片机。

## 3. 第三阶段(1978—1983 年)

这一阶段,Intel 公司的 8031 单片机因其结构简单可靠、性能良好而广受好评。随后 Intel 公司推出了 MCS-51 系列单片机,其中的基本型产品是 8031、8051、8751 和增强型 8032、8052、8752 单片机。MCS-51 系列单片机的典型产品是 8051 单片机,其他单片机都是在 8051 功能的基础上增减而成的。20 世纪 80 年代中后期,由于 Intel 公司把精力放在高档 CPU 芯片的开发研制上,逐渐退出单片机芯片的开发和生产。由于 MCS-51 系列单片机设计上的成功和较高的市场份额,Intel 公司以专利转让或技术交换的形式把 8051 的内核技术转让给了世界许多半导体芯片厂家,如 ATMEL、PHILIPS、LG、ADI 等。这些厂家生产的兼容机均采用 8051 的内核结构,指令系统相同,功能模块不断完善,使得 8051 系列单片机迅速发展起来,新机型不断涌现,形成了 8051 系列单片机的庞大系统,这也是目前应用数量最多的单片机。

## 4. 第四阶段(1983 年至今)

从 1983 年至今,8 位 51 系列单片机不断发展,形成了长盛不衰的局面。20 世纪 90 年代是单片机制造业大发展时期,这个时期的 ATMEL、德州仪器(TI)、飞利浦、LG、中国深圳宏晶科技等公司也开发了一大批性能优良的单片机,极大地推动了 51 单片机的应用。目前,除了 8 位单片机得到广泛应用以外,16 位、32 位单片机也得到了用户的青睐。近年来,世界上单片机芯片生产厂家推出的与 8051 兼容的主要产品如表 1-1 所示。

表 1-1 与 8051 兼容的单片机型号

生产厂家	单片机型号
ATMEL 公司	AT89C5x 系列,AVR 系列
宏晶科技公司	STC89 系列
德州仪器(TI)	MSP430 系列
飞利浦公司	80C51、8xC552 系列
LG 公司	GMS90/97 系列
微芯公司	PIC 系列
西门子公司	ESAB80512 系列
华邦公司	W78C51、W77C51 系列

### 1.1.3 单片机的特点与应用

#### 1. 单片机的特点

单片机作为计算机的一个分支,是将组成计算机的基本部件集成在一块晶体芯片

上,通过合理的硬件设计及软件程序设计使其具有体积小、功能强等特点。因此,单片机的发展和普及给工业自动化等领域带来了一场重大革命和技术进步。其主要特点可以归纳如下。

#### (1) 集成度高,体积小,可靠性高。

单片机把各功能部件集成在一个芯片上,很容易嵌入到系统当中,便于实现各种方式的检测和控制,在这一点上,一般的微型计算机根本做不到。其外部总线增加了 I<sup>2</sup>C 及 SPI 等串行总线方式,体积缩小,结构简化;内部采用总线式结构,易采取电磁屏蔽的方法,大大提高了抗干扰能力,在各种恶劣环境下都能可靠地工作。

#### (2) 性价比高,易产品化。

由于单片机的价格是一般计算机的数百、数千分之一,技术门槛低,单片机系统设计、组装及调试都很容易,所以产品研发周期短,技术人员能快速研制出各种智能化的控制设备和仪器。

#### (3) 控制功能强大。

在短短几十年里,单片机就经历了 4 位机、8 位机、16 位机及 32 位机等几大发展阶段,其指令系统含有丰富的转移指令、I/O 端口指令以及位处理功能,其逻辑控制功能及运行速度均高于同一档次的微机,能有针对性地解决从简单到复杂的各类控制任务。

#### (4) 目前大多数单片机采用哈佛结构体系。

这种结构采用数据存储器 RAM 与程序存储器 ROM 分开的方式,各自有自己的数据总线和地址总线。单片机主要用于控制系统,通常有较多的控制程序和较少的用户数据,小容量的数据存储器以高速 RAM 形式集成在单片机内部,可以加速单片机的执行速度。程序一旦烧写到程序存储器 ROM 中,在运行中就不会更改,可靠性高。

## 2. 单片机的应用

单片机具有软硬件结合、体积小、易于嵌入到各种应用系统中的优点。因此,单片机广泛应用各个领域。

### 1) 工业控制

在工业领域,单片机可构成形式多样的控制系统、数据采集系统、通信系统、信号检测系统、测控系统等应用控制系统,例如锅炉燃烧的自动控制、工厂流水线的智能化管理以及当今非常流行的物联网系统等。

### 2) 机电一体化

在工业自动化的领域中,单片机的出现促进了机电一体化的发展。机电一体化产品指集机械技术、微电子技术、计算机技术于一体,具有智能化特征的机电产品。单片机作为机电产品的控制器,使传统的机械产品结构简单化、控制智能化。例如,在电传打字机中,单片机取代了近千个机械部件。

### 3) 智能仪器仪表

单片机广泛应用于仪器仪表中,结合不同类型的传感器,可实现对温度、湿度、流量、长度、压力等物理量的测量。单片机控制可使仪表数字化、智能化、微型化,集测量、处理、控制于一身,赋予仪器仪表崭新的面貌,例如精密的测量设备(电压表、功率计、示波器等)。

### 4) 家用电器

单片机由于价格低廉、体积小、控制功能强大,广泛应用于家用电器中,单片机使得电冰

箱、电饭煲、微波炉、电视机、洗衣机、空调等家用电器越来越人性化、智能化。

#### 5) 汽车电子设备

单片机在汽车电子设备中应用广泛,例如汽车 ABS(Antilock Brake System,防抱死系统)、汽车 GPS(Global Positioning System,全球定位系统)、汽车胎压监测系统、汽车防撞检测系统、汽车智能自动驾驶系统等。

#### 6) 通信

单片机集成了通信接口,通信设备基本上都实现了单片机智能控制,从手机、电话机、传真机到列车无线通信系统、无线遥控系统等各种通信设备及系统中,单片机都得到了广泛的应用。

#### 7) 军事装备

现代化的军事装备,如飞机、军舰、坦克、导弹、鱼雷制导、智能武器装备、航天飞机导航系统,都有单片机的嵌入。

综上所述,从工业控制、机电一体化、智能仪器仪表、家用电器、汽车电子和通信直到国防尖端技术领域,单片机都发挥着十分重要的作用。

### 1.1.4 单片机的发展趋势

单片机的发展趋势是向大容量、高性能及外围电路内装化等方面发展。为满足不同的用户要求,各公司竞相推出能满足不同需要的产品。

#### 1. CPU 高性能化

CPU 高性能化主要通过以下两个途径实现:

- (1) 采用双 CPU 结构,加快指令运算的速度和提高系统控制的可靠性。
- (2) 增加数据总线宽度,单片机内部采用 16 位数据总线,其数据处理能力明显优于一般 8 位单片机。

#### 2. 存储器的优化

主要从以下几个方面对存储器进行优化:

(1) 加大存储容量。以往单片机内的 ROM 为 1~4KB, RAM 为 64~128B。但在需要复杂控制的场合,这样的存储容量是不够的,必须进行外界扩充。为此,必须运用新的工艺,使片内存储器大容量化。目前,单片机内 ROM 最大可达 128KB, RAM 最大为 2KB。

(2) 采用 E<sup>2</sup>PROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory,电可擦写可编程只读存储器)或 Flash(闪存)简化了应用系统结构。片内 EPROM(Erasable Programmable Read-Only Memory,可擦写可编程只读存储器)由于需要高压编程写入,紫外线擦抹,给用户带来不便。采用 E<sup>2</sup>PROM 或 Flash 后,能在 +5V 下读写,不需紫外线擦抹,既有静态 RAM 读写操作简单的优点,又有在掉电时数据不会丢失的优点。

(3) 单片机编程保密化。一般写入片内程序存储器中的程序很容易被复制,为了保证程序的保密性,生产厂家对片内 E<sup>2</sup>PROM 或 Flash 采用加锁方式。加锁后,就无法读取其中的程序。若要读取,必须抹去 E<sup>2</sup>PROM 中的信息,这就达到了程序保密的目的。

#### 3. 片内 I/O 的改进

一般单片机都有较多的并行口,以满足外围设备、芯片扩展的需要,并配有串行口,以满足多机通信功能的要求。



(1) 增强并行口的驱动能力。这样可减少外部驱动芯片。有的单片机能直接输出大电流和高电压,以便能直接驱动 LED(Light Emitting Diode,发光二极管)和 VFD(Vacuum Fluorescent Display,真空荧光显示器)。

(2) 增加 I/O 的逻辑控制功能。大部分单片机的 I/O 都能进行逻辑操作。中高档单片机的位处理系统能够对 I/O 进行位寻址及位操作,大大地加强了 I/O 口线控制的灵活性。

(3) 有些单片机设置了一些特殊的串行接口功能,为构成分布式和网络化的系统提供了方便条件。

#### 4. 外围电路内装化

随着集成度的不断提高,有可能把众多的外围功能器件集成在片内。这也是单片机发展的重要趋势。除了一般必须具有的 ROM、RAM、定时器/计数器、中断系统外,随着单片机档次的提高,为了适应检测、控制功能更高的要求,片内集成的部件还有 A/D 转换器、D/A 转换器、DMA 控制器、锁相环、频率合成器、字符发生器、声音发生器、液晶显示驱动器和录像机用的锁相电路等。

#### 5. 低功耗化

单片机低功耗化的显著特征就是 CMOS 化(Complementary Metal Oxide Semiconductor,互补金属氧化物半导体,是一种芯片制造技术),CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。单片机的功耗已从毫安级降到微安级,使用电压为 3~6V,完全适应电池工作。低功耗化还带来了产品的高可靠性、高抗干扰能力以及产品便携化。低功耗是一切电子系统追求的目标,是绿色电子的发展方向。

#### 6. 串行扩展技术

在很长一段时间里,通用型单片机通过三总线结构扩展外围器件成为单片机应用的主流结构。随着低价位 OTP(One Time Programmable,一次可编程)及各种类型片内程序存储器的的发展,加上外围电路接口不断进入片内,推动了单片机“单片”应用结构的发展。特别是 I<sup>2</sup>C(Inter Integrated Circuit,两线式串行总线)、SPI(Serial Peripheral Interface,串行外设接口)等串行总线的引入,可以使单片机的引脚更少,单片机系统结构更加简化及规范化。

#### 7. ISP

ISP 即在线编程(In System Programming)。具有 ISP 功能的单片机芯片,只需要一根 ISP 串口下载线,就可以将调试好的程序从 PC 烧写入单片机的 Flash 中,并且支持在线调试,ISP 技术的优势就是省去了编程器,可以直接对单片机产品进行实验和开发。

#### 8. 单片机中的软件嵌入

随着单片机程序空间的扩大,会有许多多余空间,在这些空间可嵌入一些工具软件,这些软件大大提高了产品开发效率,增强了单片机性能。单片机嵌入软件的类型主要如下:

(1) 实时多任务操作系统(Real Time Operating System,RTOS)。在 RTOS 支持下,可实现按任务分配的规范化应用程序设计。

(2) 平台软件。可将通用子程序及函数库嵌入,以供应用程序调用。

(3) 虚拟外设软件包。

(4) 其他用于系统诊断、管理的软件等。

综上所述,今后单片机会朝着多功能、高性能、高速度、低电压、低功耗、低价格、单片化、大容量、编程在线化等方向发展。可以预见,今后单片机将会功能更强,集成度更高,可靠性