



21世纪

全国高等教育应用型精品课规划教材

MCS-51单片机原理 接口及应用

MSC-51 danpianji yuanli jiekou ji yingyong

◆ 主编 王质朴 吕运朋



 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

21 世纪全国高等教育应用型精品课规划教材

MCS-51 单片机 原理、接口及应用

主 编：王质朴 吕运朋
参 编：张 勇 王丽霞 李文方
李海霞 王二萍 乐丽琴

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书以 MCS-51 系列单片机为对象机型,介绍了 8 位单片机及其应用系统的理论和技术。全书分为原理、接口和应用三个层次,共 12 章,全面讲述了 MCS-51 的硬件结构、功能部件、指令系统、A51 汇编语言、C51 语言等基础知识,介绍了外围接口技术和典型接口部件如 ADC、DAC、键盘、显示器、IC 卡、微型打印机等,并介绍了单片机应用系统设计的一般方法和步骤。全书力求反映近年单片机及外围接口技术的最新发展,如目前迅速流行的串行总线 SPI、IIC、1-WIRE 技术及其典型 IC 芯片。每章附有习题。第 11 章选编了典型的试验单元和课程设计。

本书可作为高等学校机械设计与自动化、电子信息工程、测控技术与仪器、电气自动化等专业的单片机课程教材,也可供单片机爱好者自学和工程技术人员参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

MCS-51 单片机原理、接口及应用/王质朴,吕运朋主编. —北京:北京理工大学出版社,2009. 11

ISBN 978-7-5640-2915-9

I. M… II. ①王…②吕… III. ①单片微型计算机-基础理论②单片微型计算机-接口 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 200683 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市南阳印刷厂

开 本 / 710 毫米×1000 毫米 1/16

印 张 / 22

字 数 / 414 千字

版 次 / 2009 年 11 月第 1 版 2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数 / 1~4 000 册

定 价 / 35.00 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

21 世纪是科技全面创新和社会高速发展的时代,面临这个难得的机遇和挑战,本着“科教兴国”的基本战略,我国已着力对高等学校进行了教学改革。为顺应国家对于培养应用型人才的要求,满足社会对高校毕业生的技能需要,北京理工大学出版社特邀一批知名专家、学者进行了本系列规划教材的编写,以期能为广大读者提供良好的学习平台。

本系列规划教材贴合实践。作者在编写之际,广泛考察了各校应用型学生的学习实际,本着“实用、适用、先进”的编写原则和“通俗、精炼、可操作”的编写风格,以学生就业所需的专业知识和操作技能为着眼点,力求提高学生的实际运用能力,使学生更好地适应社会需求。

一、教材定位

- ✚ 以就业为导向,培养学生的实际运用能力,以达到学以致用目的。
- ✚ 以科学性、实用性、通用性为原则,以使教材符合课程体系设置。
- ✚ 以提高学生综合素质为基础,充分考虑对学生个人能力的提高。
- ✚ 以内容为核心,注重形式的灵活性,以便学生易于接受。

二、编写原则

- ✚ 定位明确。为培养应用型人才,本系列教材所列案例均贴合工作实际,以满足广大企业对于应用型人才实际操作能力的需求,增强学生在就业过程中的竞争力。
- ✚ 注重培养学生职业能力。根据专业实践性要求,在完成基础课的前提下,使学生掌握先进的相关操作软件,培养学生的实际动手能力,提高学生迅速适应工作岗位的能力。

三、丛书特色

- ✚ 系统性强。丛书各教材之间联系密切,符合各个学校的课程体系设置,为学生构建牢固的知识体系。

- ✚ 层次性强。各教材的编写严格按照由浅及深，循序渐进的原则，重点、难点突出，以提高学生的学习效率。
- ✚ 先进性强。吸收最新的研究成果和企业的实际案例，使学生对当前专业发展方向有明确的了解，并提高创新能力。
- ✚ 操作性强。教材重点培养学生的实际操作能力，以使理论来源于实践，并最大限度运用于实践。

北京理工大学出版社

前 言

现代计算机技术的发展出现了两大分支,即通用计算机系统和嵌入式计算机系统。单片机是嵌入式系统中的典型代表。单片机最本质的功能特性是控制。它将典型的计算机功能资源制作于一块集成电路之中,然后嵌入到各类具体设备内部,形成了可以实现人类智能的普遍意义上的控制器件,因此也称为微型控制器(MCU)。在众多的单片机中,MCS-51 系列机型的出现是 MCU 产业发展中的里程碑。它历经近 30 年发展,已经形成了一个品种多、功能全、性价比高、用户群庞大的系列产品,成了事实上 8 位单片机的技术标准,也成了国内高校最为流行的单片机教学机型之一。

单片机普遍意义上的控制功能使得它的应用范围非常广泛,因而也成为当今工科类学生必须掌握的基本专业基础知识和技能。本书致力于培养基础知识扎实且掌握实际运用技能的单片机应用型人才。

本书以 MCS-51 系列为对象机型,系统介绍了单片机应用的硬件、软件的知识 and 应用,其主要特点是:

(1) 层次分明、布局全面、系统性强。全书分为原理、接口和应用三个层次,分别讲述了 MCS-51 的硬件和软件的基本结构、特殊功能单元系统和工作原理;MCS-51 系统扩展的基本原理、方法和通用外围接口电路;在此基础上又讲述了实用中迅速发展的 C51 语言编程技术和应用系统的一般设计方法,最后介绍了几个典型的试验单元和课程设计。

(2) 力求反映单片机应用领域最新技术的发展。本书介绍了近年实用中发展很快、带来单片机应用系统技术进步的串行总线技术 SPI、IIC 和单总线及其典型的 IC 芯片,如 A/D、D/A、LCD 模块、温度测量、IC 卡等,介绍了提高编程效率 C51 编程技术,使教材内容尽可能反映实践技术的最新发展。

(3) 力求方便读者自学。本书以图文结合的形式讲述知识;每条指令后面都加以注释;对于较难理解的外围扩展技术都附以具体连接实例讲解;A51、C51 编程结合 KEIL 开发系统的编程和调试运行界面讲解等,尽力创设一种易于自学、便于理解、能够上机操作的学习环境。

(4) 力求培养读者的实际应用能力。在讲解 MCS-51 基本知识的基础上,以较多的篇幅介绍了单片机应用系统的主要组成环节、应用系统的主要组成方法及典型的应用电路和源程序,以及从教学实际中挑选的效果好的典型试验单元,从而使读者能够从实用系统的整体上来构建 MCS-51 的知识结构,掌握应用设计的基本思路、方式和技能。

本书将教学大纲要求的内容排在每章的前面，选学内容在目录中和各节标题的后面标以“（*）”符号，可根据教学实际适当选用。

本书由王质朴、吕运朋任主编，张勇、王丽霞、李文方、李海霞、乐丽琴、王二萍参与编写。全书共分 12 章。绪论、第 11 章由张勇编写，第 1 章由王丽霞编写，第 2 章由李文方编写，第 3 章由李海霞编写，第 4 章由王二萍编写，第 5 章由乐丽琴编写，第 6~第 8 章由王质朴编写，第 9、第 10 章由吕运朋编写。王质朴统审了全稿。

编写中我们参考了大量的著作和资料，其中主要的列于后面的参考文献中，在此对作者一并致以衷心的感谢和谢忱。感谢刘杨参与制作了部分插图。

限于编者知识水平，也限于编写时间，书中错误和不足在所难免，恳请读者批评、指正。

编 者

目 录

绪论 单片机概述	1
第1章 MCS-51 单片机的硬件结构	6
1.1 MCS-51 单片机的内部结构、引脚定义及外部总线	6
1.1.1 内部结构	6
1.1.2 引脚定义	6
1.1.3 外部总线构成	8
1.2 MCS-51 单片机的中央处理器	9
1.2.1 CPU 的结构组成	9
1.2.2 指令执行的基本步骤	10
1.2.3 时钟电路及时钟时序单位	11
1.3 MCS-51 单片机的内部存储器	13
1.3.1 存储器结构及地址分配	13
1.3.2 内部程序存储器	14
1.3.3 内部数据存储器	15
1.4 并行端口	21
1.4.1 端口功能	21
1.4.2 端口原理及操作	22
1.5 复位	27
1.5.1 复位状态	27
1.5.2 复位电路	28
1.6 MCS-51 单片机的工作方式	29
1.6.1 执行指令程序方式	29
1.6.2 掉电保护方式	29
1.6.3 低功耗方式	30
本章小结	32
思考题与习题	32
第2章 MCS-51 单片机指令系统	34
2.1 MCS-51 单片机指令概述	34

2.1.1	MCS-51 单片机汇编语言指令格式	34
2.1.2	指令中的常用符号	35
2.2	MCS-51 单片机的寻址方式	35
2.2.1	立即寻址	36
2.2.2	直接寻址	36
2.2.3	寄存器寻址	37
2.2.4	寄存器间接寻址	37
2.2.5	变址寻址	38
2.2.6	相对寻址	38
2.2.7	位寻址	38
2.3	MCS-51 单片机的指令系统	39
2.3.1	数据传送指令	39
2.3.2	算术运算指令	45
2.3.3	逻辑运算和移位指令	49
2.3.4	控制转移指令	51
2.3.5	位操作指令	58
	本章小结	60
	思考题与习题	60
第3章	汇编语言程序设计	63
3.1	程序设计基础	63
3.1.1	汇编语言源程序设计的步骤	64
3.1.2	汇编语言的语法结构	65
3.1.3	汇编语言的伪指令	67
3.2	单片机汇编语言程序的基本结构形式	71
3.2.1	顺序结构程序设计	71
3.2.2	分支结构程序设计	72
3.2.3	循环结构程序设计	73
3.2.4	子程序设计	77
3.3	MCS-51 单片机汇编语言程序设计举例	79
3.3.1	数据传送程序设计	79
3.3.2	算术运算程序设计	80
3.3.3	数制转换程序设计	84
3.3.4	查表程序设计	87
3.3.5	数据检索程序设计	89

本章小结	92
思考题与习题	92
第 4 章 单片机的中断系统	94
4.1 输入输出的控制方式	94
4.1.1 程序控制的查询传送方式	94
4.1.2 中断控制传送方式	95
4.2 MCS-51 的中断控制系统	97
4.2.1 MCS-51 的中断源	97
4.2.2 MCS-51 的中断控制	97
4.2.3 MCS-51 的中断响应过程	102
4.2.4 MCS-51 的中断程序设计	105
本章小结	108
思考题与习题	108
第 5 章 MCS-51 单片机的定时/计数器与串行口	109
5.1 MCS-51 单片机的定时/计数器	109
5.1.1 定时/计数器的功能概述	109
5.1.2 定时/计数器的结构、控制及工作方式	110
5.1.3 定时/计数器的编程及应用	116
5.2 MCS-51 单片机的串行通信	122
5.2.1 串行通信概述	122
5.2.2 51 单片机的串行口及工作方式	127
5.2.3 串行口的应用	137
本章小结	143
思考题与习题	144
第 6 章 MCS-51 单片机系统扩展技术	145
6.1 扩展技术的基本内容、原理和方法	145
6.1.1 MCS-51 的三总线信号接口	147
6.1.2 MCS-51 系统扩展的三总线方法	147
6.1.3 地址锁存器和地址译码器	149
6.2 存储器扩展	152
6.2.1 静态数据存储器 SRAM 的扩展	152
6.2.2 EEPROM 存储器的扩展	156
6.2.3 Flash 存储器的扩展	159
6.3 并行 I/O 端口扩展	161

6.3.1 并行 I/O 端口的简单扩展	161
6.3.2 可编程并行 I/O 端口芯片扩展	163
6.4 中断源扩展(*)	169
本章小结	171
思考题与习题	172
第 7 章 MCS-51 单片机串行 I/O 总线扩展技术	173
7.1 SPI 串行接口总线技术	173
7.1.1 SPI 串行总线协议	174
7.1.2 SPI 总线应用实例——EEPROM AT93C46 的连接	175
7.2 串行 I ² C 总线接口技术	180
7.2.1 I ² C 串行总线接口技术简述	180
7.2.2 MCS-51 模拟 I ² C 总线时序	185
7.2.3 I ² C 应用实例——AT24C0XX 芯片连接(*)	187
7.3 串行单总线技术(*)	194
7.3.1 单总线的工作原理	194
7.3.2 单总线应用实例——数字温度测量与控制	196
本章小结	202
思考题与习题	202
第 8 章 MCS-51 单片机典型外围接口技术	203
8.1 模拟信号输入	203
8.1.1 模拟/数字转换器件概述	203
8.1.2 并行 A/D 转换器 ADC0809 及和单片机的连接	205
8.1.3 串行 A/D 转换器 TLC549 及其和单片机的连接	208
8.1.4 电压/频率(V/F)转换器 AD654 及其应用(*)	209
8.2 模拟信号输出	212
8.2.1 数字/模拟转换概述	212
8.2.2 并行 D/A 转换器 DAC0832	213
8.2.3 14 位串行 D/A 转换器 MAX544(*)	217
8.3 键盘接口	221
8.4 显示器接口	226
8.4.1 LED 7 段数码显示器	226
8.4.2 LCD 显示器(*)	231
8.5 IC 卡接口(*)	233
8.5.1 接触式逻辑加密 IC 卡 SLE5542	234

8.5.2 SLE5542 的数据传送协议	235
8.5.3 SLE5542 的操作命令	237
8.5.4 SLE5542 和 MCS-51 的连接应用	238
8.6 微型打印机接口(*)	239
8.6.1 RD-M 系列微打的主要性能介绍	239
8.6.2 MCS-51 和 RD-M 的连接	241
本章小结	243
思考题与习题	243
第 9 章 MCS-51 单片机的 C 语言编程(*)	245
9.1 C51 简介	245
9.1.1 MCS-51 单片机 C51 语言简介	245
9.1.2 C51 的基本语法	246
9.1.3 C51 编译器	247
9.2 MCS-51C 语言程序运行基本过程及程序基本结构	248
9.2.1 C51 开发系统简介	248
9.2.2 C51 程序开发过程及运行环境	250
9.3 MCS-51 C 语言数据类型及定义	254
9.3.1 数据类型	254
9.3.2 常量	258
9.3.3 变量	262
9.3.4 运算符和表达式	264
9.4 MCS-51C 语言程序应用示例	266
9.4.1 MCS-51C 生成 HEX 文件和最小化系统	266
9.4.2 C51 语言在单片机开发中的应用	269
思考题与习题	273
第 10 章 MCS-51 单片机应用系统设计	274
10.1 MCS-51 单片机应用系统的结构	274
10.2 MCS-51 单片机应用系统设计	275
10.2.1 总体方案设计	275
10.2.2 硬件设计	276
10.2.3 软件设计	277
10.2.4 可靠性设计	278
10.3 单片机应用系统的调试、测试	284
10.3.1 硬件调试	284

10.3.2 软件调试	285
10.3.3 系统联合调试	286
10.3.4 现场调试及性能测试	287
10.4 单片机应用系统举例	287
10.4.1 单片机在控制系统中的应用	287
10.4.2 单片机在里程、速度计量中的应用	290
10.4.3 单片机简单应用示例	295
本章小结	303
思考题与习题	303
第 11 章 实验及课程设计	304
11.1 P1 口实验	304
11.2 独立式按键实验	307
11.3 7 段 LED 数码管实验	309
11.4 8051 内部定时器实验	312
11.5 4×4 矩阵式键盘实验	316
11.6 课程设计:带闹钟功能的电子时钟	321
附录	332
附录 1 MCS-51 单片机指令表	332
附录 2 国内单片机网站简介	335
参考文献	338

绪论 单片机概述

一、单片机的定义及应用领域简介

1) 单片机的定义

单片机的全称是单芯片微型计算机(Single Chip Microcomputer),也称作微控制器(microcontroller unit),它是将中央处理单元(Center Processing Unit, CPU,也称作微处理器)、数据存储器 RAM(Random Access Memory,随机读/写存储器)、程序存储器 ROM(Read Only Memory,只读存储器)以及 I/O(Input/Output,输入/输出)接口集成在一块芯片上,构成的一个计算机系统。

2) 单片机的诞生

单片机诞生于 20 世纪 70 年代末,具有代表性的事件是 1976 年 Intel 公司推出了 MCS-48 单片机系列的第一款产品——8048。这款单片机在一个芯片内集成了超过 17 000 个晶体管,包含一个 CPU,1KB 的 EPROM(Erasable Programmable Read Only Memory,可擦可编程只读存储器),64 字节的 RAM,27 个 I/O 端口和一个 8 位的定时器。8048 很快就成为了控制领域的工业标准,它们起初被广泛用来替代诸如洗衣机和交通灯等产品中的控制部分。

1980 年,Intel 公司在 MCS-48 的基础上推出了 MCS-51 系列的第一款单片机 8051,单片机的功耗、大小和复杂程度都提高了一个数量级。与 8048 相比,8051 集成了超过 60 000 个晶体管,拥有 4KB 的 ROM,128B 的 RAM,32 个 I/O 接口,一个串行通信接口和 2 个 16 位的定时器。经过二十多年的发展,MCS-51 系列单片机已经形成了一个规模庞大、功能齐全、资源丰富的产品群。

3) 单片机的应用领域

单片机在日常生活和工作中无处不在、无处不有:家用电器中的电子表、洗衣机、电饭煲、豆浆机、电子秤;住宅小区的监控系统、电梯智能化控制系统;汽车电子设备中的 ABS、GPS、ESP、TPMS;医用设备中的呼吸机,各种分析仪、监护仪、病床呼叫系统;公交汽车、地铁站的 IC 卡读卡机、滚动显示车次和时间的 LED 点阵显示屏;计算机的外围设备,如键盘、鼠标、光驱、打印机、复印件、传真机、调制解调器;计算机网络的通信设备;智能化仪表中的万用表、示波器、逻辑分析仪;工厂流水线的智能化管理系统,成套设备中关键工作点的分布式监控系统;导弹的导航装置,飞机上的各种仪表等。有资料表明,2007 年全球单片机的产值达到 151 亿美元,我国单片机的销售额达到 400 亿元人民币,我国每年单片机的需求量达 50 亿~60 亿片,是全球单片机的最大市场。可以说单片机已经渗透我们生活的各个

领域。

4) 单片机与嵌入式系统

所谓嵌入式系统,就是嵌入到对象体系中的专用计算机系统。“嵌入性”、“专用性”与“计算机系统”是嵌入式系统的三个基本要素。对象体系则是指嵌入式系统所嵌入的宿主系统。按照上述嵌入式系统的定义,只要满足定义中三要素的计算机系统,都可称为嵌入式系统。嵌入式系统按形态可分为设备级(工控机)、板级(单板、模块)、芯片级(MCU、SoC)。单片机是嵌入式系统使用的一种核心元件。

嵌入式系统是现代计算机的两大分支之一,另一大分支是通用计算机,通用计算机的代表性产品是台式计算机。这两大计算机分支的发展方向不同:通用计算机的发展方向是总线速度的无限提升,存储容量的无限扩大,嵌入式系统的发展方向是体积更小、控制能力与控制的可靠性更高。

二、MCS-51 系列单片机及其主要类型

MCS-51 系列单片机指的是 Intel 公司生产的一个系列的单片机的总称。20 世纪 80 年代中期以后,由于 Intel 公司将重点放在高档微处理器芯片的开发上,所以将其 MCS-51 系列中的 80C51 内核使用权以专利互换或出售的形式转让给了全世界许多著名 IC 设计厂商,如 AMTEL、PHILIPS、ANALOG DEVICES、DAL-LAS 等。这些厂家生产的单片机是 MCS-51 系列单片机的兼容产品,或者说是与 MCS-51 指令系统兼容的单片机。MCS-51 系列单片机是商业化的单片机的鼻祖,多年来积累的技术资料和开发经验是其他系列单片机所不能比拟的,MCS-51 系列单片机事实上已经成为 8 位单片机的行业标准。所以,本书以 MCS-51 系列单片机为对象进行讲授。

MCS-51 系列单片机按照功能可以划分为以下主要类型。

1) 基本型

基本型主要包括 8031、8051 和 8751 等通用产品,其基本特性如下:

- 8 位 CPU
- 4KB 片内程序存储器(ROM)
- 128B 的片内数据存储器(RAM)
- 32 条并行 I/O 口线
- 21 个专用寄存器
- 2 个可编程定时/计数器
- 5 个中断源,2 个优先级
- 一个全双工串行通信口
- 外部数据存储器寻址空间为 64KB
- 外部程序存储器寻址空间为 64KB
- 逻辑操作位寻址功能

- 一个片内时钟振荡器和时钟电路
- 单一+5V 电源供电

2) 增强型

增强型有 8052、8032、8752、89C52、89S52 等。这些单片机内部的 ROM、RAM 容量比基本型增大了一倍,同时定时器增为 3 个。87C54 内部 ROM 为 16KB,87C58 增加到 32KB。另外,诸如中断源、A/D、SPI、IIC 接口等也越来越多地集成到了 MCS-51 单片机中。

3) 低功耗型

低功耗型有 80C5X、80C3X、87C5X、89C5X 等。型号中的“C”字样的单片机采用 CHMOS 工艺,特点是低功耗。

4) ISP 型

ISP(in system programming),在线编程,是 Lattice 半导体公司首先提出来的。一种让我们能在产品设计、制造过程中的每个环节,甚至在产品卖给最终用户以后,具有对其器件、电路板或整个电子系统的逻辑和功能随时进行重组或重新编程的技术。具有代表性的产品有 ATMEL 公司的 AT89S51、AT89S52 等 S 系列的产品。

5) IAP 型

IAP(In Application Program),即在应用中可编程。就是在系统运行的过程中动态编程,这种编程是对程序执行代码的动态修改,而且无须借助于任何外部力量,也无须进行任何机械操作。这一点有别于 isp。一般来说,isp 在进行加载程序以前,需要设置某些功能引脚,迫使 IC 转入自举状态。而 IAP 则不需要作硬件上的任何动作,只要有合法的数据来源。数据源既可以是内部程序运行的结果,也可以来自 UART、I/O 口或者总线。IAP 不仅提供现场或者远程软件修改升级,也可以把它理解成 idate、pdate 或者 xdate,替代 I2C 之类的外部 E2PROM,存储并加密数据。典型芯片如 SST 公司开发的 C51 系列单片机:SST89C54/58。

单片机的主要类型有:

1) Motorola 单片机

Motorola 是世界上最大的单片机厂商,品种全、选择余地大、新产品多是其特点。在 8 位机方面有 68HC05 和升级产品 68HC08。68HC05 有 30 多个系列,200 多个品种,产量已超过 20 亿片。16 位机 68HC16 也有十多个品种。32 位单片机的 683××系列也有几十个品种。Motorola 单片机特点之一是在同样速度下所用的时钟频率较 Intel 类单片机低得多,因而使得高频噪声低、抗干扰能力强,更适合于工业控制领域及恶劣的环境。

2) Microchip 单片机

由美国 Microchip 公司推出的 PIC 单片机系列产品,已有三种系列多种型号的产品问世,从计算机的外围设备、家电控制、电讯通信、智能仪器、汽车电子到金

融电子的各个领域都得到广泛的应用。它的主要产品是 16C 系列 8 位单片机, CPU 采用 RISC 结构, 仅 33 条指令, 其高速度, 低电压, 低功耗, 大电流 LCD 驱动能力和低价位 OTP 技术等都体现出单片机产业的发展新趋势。且以低价位著称, 一般单片机价格都在一美元以下。Microchip 单片机没有掩膜产品, 大都是 OTP(一次性可编程)器件, 近年已推出 Flash 型单片机。Microchip 强调节约成本的最优化设计、使用量大、档次低、价格敏感的产品。

3) Atmel 单片机

AVR 单片机是 1997 年由 Atmel 公司研发出的增强型内置 Flash 的精简指令集高速 8 位单片机。AVR 单片机具有这样一些特点, 例如, 运行速度快; 芯片内部的 Flash、EEPROM、SRAM 容量较大并且全部支持在线编程烧写(ISP); 上电自动复位; 每个 I/O 口都可以以推挽驱动的方式输出高、低电平, 驱动能力强; 内部资源丰富等。目前支持 AVR 单片机编译器的语言主要有汇编语言、C 语言、BASIC 语言等。

三、单片机的发展趋势

目前单片机的发展有以下几个主要的趋势。

(1) 低功耗。单片机多数是采用 CMOS(金属栅氧化物)半导体工艺生产。CMOS 芯片除了低功耗特性之外, 还具有功耗的可控性。CMOS 电路的特点是低功耗、高密度、低速度、低价格。采用双极型半导体工艺的 TTL 电路速度快, 但功耗和芯片面积较大。随着技术和工艺水平的提高, 又出现了 HMOS(高密度、高速度 MOS)和 CHMOS 工艺。目前生产的 CHMOS 电路已达到 LSTTL 的速度, 传输延迟时间小于 2ns, 它的综合优势已优于 TTL 电路。因而, 在单片机领域 CMOS 正在逐渐取代 TTL 电路。几乎所有的单片机都有 WAIT、STOP 等省电运行方式。允许使用的电压范围越来越宽, 一般在 3~6V 范围内工作。8051F9××单片机的最低电压可到 0.9V, Atmel 公司最新发布的 0.7V TinyAVR 甚至可以使用一个纽扣电池供电。

(2) 外围电路内装。目前单片机的集成度不断提高, 除了一般必须具有的 CPU、ROM、RAM、定时器/计数器等以外, 片内集成的部件还有模/数转换器、人机界面、通信接口、 Γ^2 C、SPI、CAN、USB 总线等。人机界面技术开始只在高端单片机产品中, 现在已经延伸到中低端单片机上了, 这就是工业产品的消费化趋势。AVR、PIC 单片机都支持 LCD、触摸传感功能。Atmel 的 Qtouch 技术与 Pico-PowerMCU 和触摸软件库形成低成本方案。伴随着互联网的广泛应用, 各种有线和无线的通信方式与单片机结合的越发紧密。CAN、USB、Ethernet 已经成为 32 位单片机的基本组成部分。无线技术在工业和消费电子产品中的应用越来越多。如 TI 公司的 CC2430, 称为无线单片机, 它是一种集成了单片机和无线收发模块的 SoC。