



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

Danpianji
Yingyong Jishu

单片机应用技术

■ 主 编 倪志莲

■ 副主编 张怡典 孙旭日 赵 伟 刘 研



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS



普通高等教育“十二五”创新型规划教材

Danpianji Yingyong Jishu

单片机应用技术

■ 主 编 倪志莲

■ 副主编 张怡典 孙旭日 赵 伟 刘 研

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

内 容 简 介

本书借鉴了基于工作过程导向的课程开发方法,结合多年的单片机课程教学改革经验,以“项目导向、任务驱动”的教学模式为背景,开发了本教材。

本书以 AT89S51 单片机为例,通过流水灯、秒表、密码锁、音乐播放器、单片机双机通信系统、数字电压表、低频信号发生器、数字温度计 8 个教学项目全面介绍了单片机最小系统、内部资源及外部扩展等内容。每个项目为一个完整的工作任务,按设计、制作及调试的工作过程贯穿相关知识点,充分展示了教、学、做一体化的教学理念。

本书特别适合于高等院校电子类、通信类、电气类、计算机类学生使用,也可用于从事单片机开发的工程技术人员的培训教材,还可作为电子设计爱好者初学单片机的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

单片机应用技术 / 倪志莲主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2010. 7
ISBN 978 - 7 - 5640 - 3423 - 8

I. ①单… II. ①倪… 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 (2010) 第 139573 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](http://www.bitpress.com.cn)

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市文通印刷包装有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 18

字 数 / 338 千字

版 次 / 2010 年 7 月第 1 版 2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数 / 1 ~ 2000 册

定 价 / 36.00 元

责任编辑 / 陈莉华

陈 竑

责任校对 / 张沁萍

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前言

Preface

自 20 世纪 70 年代以来,单片机在工业测控、仪器仪表、航天航空、军事武器、家用电器等领域的应用越来越广泛,功能越来越完善。由单片机及各种微处理器、DSP 所构成的嵌入式系统设计已成为电子技术产业发展的一项重要内容。单片机技术的应用能力也成为电子技术及自动化专业必须掌握的技术之一。

随着高等教育教学改革思想的更新,传统的单片机教学先理论后实践,教、学、做分离的教学模式已不能适应当前的教学要求。为此,作者打破原有的教学体系,编写了基于工作过程的活页教材,以配合本课程的教学需求。

本书按照由浅入深、由易到难的原则,将各部分知识分解成一个个知识点,采用了“项目引领,任务驱动”的教学模式,视每一章为一个教学项目,每个项目为一个完整的工作任务,按设计、制作及调试的工作过程贯穿相关知识点,并附有完整的参考程序、制作元器件清单、硬件电路图、仿真实例及练习等内容,使学生通过完成各个任务而掌握单片机的基本知识,充分体现了以人为本的指导思想。通过本书的学习可以充分调动学生积极思考,提高学生的学习兴趣,使学生在做每一个项目的过程中,领悟知识,掌握技能,理解思路,学会应用,真正体现了高等教育教、学、做一体化的教学理念。

本书内容丰富实用,分流水灯、秒表、密码锁、音乐播放器、单片机双机通信系统、数字电压表、低频信号发生器、数字温度计 8 个教学项目从简到难进行编写。每个项目对应一个知识点,流水灯介绍单片机最小系统,秒表介绍 LED 数码显示,密码锁介绍矩阵键盘,音乐播放器介绍定时器及中断系统,双机通信介绍串行口,数字电压表介绍 A/D 转换,低频信号发生器介绍 D/A 转换,数字温度计介绍单总线单片机系统。8 个项目同时又分别穿插了前一项目的知识点,逐层递进,使学生通过八个教学项目的学习可以较为全面掌握单片机的基础知识及各项技能。

本书由倪志莲副教授担任主编并统稿，张怡典副教授、孙旭日讲师、赵伟、刘研参与共同编写。

朱运利担任主审，并提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免有错误和不妥之处，恳请读者批评指正。

编 者

目录

Contents

绪论	(1)
0.1 单片机概述	(1)
0.1.1 嵌入式系统与单片机	(1)
0.1.2 单片机的发展趋势	(3)
0.1.3 单片机主要产品及应用	(4)
0.2 单片机系统设计与制作的工作过程	(11)
0.2.1 典型的单片机系统设计与制作工作流程	(11)
0.2.2 单片机应用系统硬件的设计方法	(13)
0.2.3 单片机应用系统软件的设计方法	(16)
0.2.4 单片机应用系统的调试方法	(18)
0.3 技术文档编写	(21)
0.3.1 技术文档分类	(21)
0.3.2 常用技术文档写作	(22)
项目一 流水灯的设计与制作	(26)
1.1 本项目的工作任务	(26)
1.2 AT89S51 单片机的结构	(27)
1.2.1 AT89S51 单片机的封装及引脚	(27)
1.2.2 单片机的内部结构及主要功能	(29)
1.2.3 单片机的工作原理	(31)
1.2.4 单片机的最小系统	(32)
1.2.5 AT89S51 的存储结构	(35)
1.3 流水灯的硬件设计与制作	(41)
1.3.1 硬件电路设计与焊接	(41)
1.3.2 测试硬件电路	(43)

1.4	流水灯的软件设计	(44)
1.4.1	I/O 端口的输出驱动	(45)
1.4.2	延时程序设计	(48)
1.4.3	移位操作	(50)
1.5	流水灯系统调试	(58)
1.5.1	流水灯程序编译与调试	(58)
1.5.2	流水灯程序 Proteus 仿真与调试	(62)
1.5.3	流水灯系统调试	(66)
1.6	训练与提高	(67)
项目二 秒表的设计与制作		(71)
2.1	本项目的工作任务	(71)
2.2	数码管及显示程序设计	(72)
2.2.1	数码管外形及分类	(72)
2.2.2	数码管的显示方式	(73)
2.3	秒表的硬件设计与制作	(76)
2.3.1	硬件电路设计与焊接	(76)
2.3.2	测试硬件电路	(77)
2.4	秒表的软件设计	(77)
2.4.1	秒表设计思路及参考程序	(77)
2.4.2	加 1 及 BCD 码转换子程序	(81)
2.4.3	查字形码表子程序	(92)
2.5	秒表的系统调试	(96)
2.5.1	秒表程序编译与调试	(96)
2.5.2	联机调试	(97)
2.6	训练与提高	(97)
项目三 密码锁设计与制作		(98)
3.1	本项目的工作任务	(98)
3.2	键盘及其程序设计	(99)
3.2.1	独立式键盘	(99)
3.2.2	矩阵式键盘	(100)
3.2.3	键盘的接口及程序设计	(101)
3.3	密码锁的硬件设计与制作	(102)

3.3.1	硬件电路设计与焊接	(102)
3.3.2	蜂鸣器及控制程序	(104)
3.3.3	测试硬件电路	(105)
3.4	密码锁的软件设计	(105)
3.4.1	密码锁设计思路及参考程序	(105)
3.4.2	堆栈指令及其应用	(112)
3.5	密码锁的系统调试	(114)
3.5.1	Keil uVision2 仿真调试软件	(114)
3.5.2	Keil uVision2 与 Proteus 联合调试密码锁	(119)
3.6	训练与提高	(121)
项目四	音乐播放器设计与制作	(127)
4.1	本项目的工作任务	(127)
4.2	单片机中的定时器与中断系统	(128)
4.2.1	定时/计数器	(128)
4.2.2	中断系统	(132)
4.3	音乐播放器设计与制作	(139)
4.3.1	音乐播放器硬件制作	(139)
4.3.2	测试硬件电路	(141)
4.4	音乐播放器的软件设计	(141)
4.4.1	音乐播放器的设计思路及参考程序	(141)
4.4.2	中断程序设计	(144)
4.4.3	定时/计数器的程序设计	(146)
4.5	音乐播放器的系统调试	(149)
4.5.1	音乐播放器的编译与调试	(149)
4.5.2	联机调试	(150)
4.6	训练与提高	(151)
项目五	单片机双机通信系统设计与制作	(156)
5.1	本项目的工作任务	(156)
5.2	串行通信基础	(157)
5.2.1	串行通信基本概念	(157)
5.2.2	串行口的结构及工作方式	(161)
5.2.3	串行通信的常用标准接口	(167)

5.3	串行通信的程序设计	(170)
5.4	双机通信系统设计与制作	(177)
5.4.1	双机通信系统硬件制作	(177)
5.4.2	双机通信系统软件设计	(179)
5.5	双机通信的系统调试	(180)
5.5.1	双机通信程序的编译与调试	(180)
5.5.2	联机调试并下载程序	(182)
5.6	训练与提高	(182)
 项目六 数字电压表设计与制作		(183)
6.1	本项目的工作任务	(183)
6.2	单片机与 A/D 转换器接口电路	(184)
6.2.1	单片机的总线结构	(184)
6.2.2	单片机与 A/D 转换器的接口	(188)
6.3	数字电压表设计与制作	(194)
6.3.1	数字电压表硬件制作	(194)
6.3.2	测试硬件电路	(195)
6.4	数字电压表的软件设计	(196)
6.5	数字电压表的系统调试	(199)
6.5.1	数字电压表的编译与调试	(199)
6.5.2	联机调试并下载程序	(201)
6.6	训练与提高	(201)
 项目七 低频信号发生器设计与制作		(204)
7.1	本项目的工作任务	(204)
7.2	单片机与 D/A 转换器接口电路	(205)
7.2.1	D/A 转换的基本知识	(205)
7.2.2	8 位 D/A 转换器 DAC0832	(206)
7.3	低频信号发生器设计与制作	(210)
7.3.1	低频信号发生器硬件制作	(210)
7.3.2	测试硬件电路	(211)
7.4	低频信号发生器的软件设计	(211)
7.5	低频信号发生器的系统调试	(216)
7.5.1	低频信号发生器的编译与调试	(216)

7.5.2 联机调试并下载程序	(218)
7.6 训练与提高	(218)
项目八 数字温度计设计与制作	(223)
8.1 本项目的工作任务	(223)
8.2 温度传感器及接口电路	(224)
8.3 DS18B20 的使用	(228)
8.3.1 DS18B20 的工作原理	(228)
8.3.2 DS18B20 的控制指令	(231)
8.3.3 DS18B20 的工作时序	(232)
8.4 数字温度计的设计与制作	(233)
8.4.1 数字温度计硬件制作	(234)
8.4.2 测试硬件电路	(235)
8.5 数字温度计的软件设计	(235)
8.5.1 数字温度计的程序设计	(235)
8.5.2 单片机的抗干扰技术	(245)
8.6 数字温度计的系统调试	(252)
8.6.1 数字温度计的编译与调试	(252)
8.6.2 联机调试并下载程序	(253)
8.7 训练与提高	(253)
附录一 ASCII 码表	(258)
附录二 MCS-51 指令表	(260)
附录三 常用芯片引脚	(265)
附录四 Protel 99 软件包	(268)
附录五 指令索引	(275)
参考文献	(277)

绪 论

0.1 单片机概述

0.1.1 嵌入式系统与单片机

自 1946 年计算机诞生以来,它始终是用于实现数值计算的大型设备。直到 20 世纪 70 年代,微处理器的出现才使得计算机技术的发展有了历史性的变化。人们以应用为中心,将微型机嵌入到一个应用对象体系中,以实现对象智能化控制的要求。这样的计算机就有别于通用的计算机系统,它失去了通用计算机的标准形态和功能。这种以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,针对具体应用系统,对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统被称为嵌入式系统。

由于嵌入式计算机系统要嵌入到对象体系中,实现的是对象的智能化控制,因此它有着与通用计算机系统完全不同的技术要求与技术发展方向。通用计算机的微处理器迅速从 286, 386, 486 到奔腾系列,操作系统则迅速扩张计算机基于高速海量的数据文件处理能力,使通用计算机系统进入到尽善尽美阶段。而嵌入式计算机则走上了芯片化道路,它完全按照嵌入式应用要求设计全新的体系结构、微处理器、指令系统、总线方式、管理模式,将计算机做在一个芯片上,这就是嵌入式系统独立发展的单片机时代。随着微电子工艺水平的提高,其后发展的产品——DSP 迅速提升了嵌入式系统的技术水平,使嵌入式系统无处不在。

今天,嵌入式系统几乎包括了生活中的所有电器设备,如掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、手机、数字电视、多媒体、汽车、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、工业自动化仪表与医疗仪器等。



简单地说,一个嵌入式系统就是一个硬件和软件的集合体。硬件包括嵌入式处理器、存储器及外设器件、输入/输出端口、图形控制器等,软件部件包括操作系统软件 and 应用程序。

嵌入式系统的核心就是嵌入式处理器。嵌入式处理器具有对实时和多任务有很强的支持能力,对存储区保护功能强,具有可扩展的处理器结构及低功耗等特点。据不完全统计,目前全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1 000 种,流行的体系结构有 30 多个系列。其中 8051 体系占多半,生产这种单片机的半导体厂家有 20 多个,共 350 多种衍生产品,仅 Philips 就有近 100 种。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器。

嵌入式处理器可分成下面几类。

1. 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器 (Embedded Micro Processor Unit, EMPU) 采用“增强型”通用微处理器。在工作温度、电磁兼容性以及可靠性方面的要求较高,在功能方面与标准的微处理器基本上是一样的。嵌入式微处理器组成的系统将嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等安装在一块电路主板上,具有体积小、质量轻、成本低、可靠性高的优点,但系统的技术保密性较差。嵌入式处理器目前主要有 80X86 系列、Power PC 系列及 68000 系列等。

2. 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器 (Micro Controller Unit, MCU) 又称单片机,它将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某种微处理器内核为核心,根据某些典型的应用,在芯片内部集成了 ROM/EPROM, RAM, 总线, 总线逻辑, 定时/计数器, 看门狗, I/O 口, 串行口, 脉宽调制输出, A/D, D/A, Flash RAM, E²PROM 等各种必要的功能部件和外设。为适应不同的应用需求,对功能的设置和外设的配置进行必要的修改和裁减定制。和嵌入式微处理器相比,微控制器使应用系统的体积大大减小,功耗和成本大幅下降,可靠性提高。这使得微控制器成为嵌入式系统应用的主流。目前 MCU 约占嵌入式系统市场份额的 70%。最典型的的就是 MCS-51 系列产品。

3. 嵌入式 DSP 处理器

由于实际应用中数字信号进行处理的要求,使 DSP 算法被大量应用于嵌入式系统。DSP 应用从在通用单片机中以普通指令实现 DSP 功能,过渡到采用嵌入式 DSP 处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP)。DSP 处理器在系统结构和指令等方面进行了特殊设计,使之更适合用于运算量较大,特别是向量运算、指针线性寻址等较多的场合。嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 公司的 TMS320 系列和 Motorola 的 DSP56000 系列。

4. 嵌入式片上系统

随着 EDA 的推广和 VLSI 设计的普及化, 以及半导体工艺的迅速发展, 可以在一块硅片上实现一个更为复杂的系统, 这就产生了 SoC (System on Chip, SoC) 技术。这样除了某些无法集成的器件以外, 整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中去, 应用系统电路板将变得很简单, 对于减小整个应用系统体积和功耗、提高可靠性非常有利。流行的 SoC 有 Cirrus Logic 公司的 Maverick 系列——EP7312 和 EP9312、Motorola 公司的 MC9328MX1、Intel 公司的 Strong ARM 及 TI 的 OMAP 等。

0.1.2 单片机的发展趋势

单片机的应用面极广, 发展速度很快, 其发展大致经历了 3 个历史阶段。

1974—1978 年, 为单片机芯片化阶段。第一代单片机始于 1974 年, 以 Intel 公司的 MCS-48 系列为代表, 其特点是专门的结构设计。单片机在片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 端口, 8 位定时器/计数器、RAM、ROM 等, 资源少、无软件, 只能保证基本的控制功能。这一代的单片机产品还有 Motorola 公司的 6801 系列和 Zilog 公司的 Z8 系列。

1978—1983 年, 为单片机完善阶段。以 Intel 公司的 MCS-51 系列为代表, 其技术特点是具有完善的总线结构, 包括 8 位数据总线、16 位地址总线及相应的控制总线组成的三总线结构及串行总线; 具有强大的指令系统, 其中大量的位操作指令与片内位地址空间构成了单片机所独有的布尔操作系统, 建立了计算机外围功能电路的 SFR 集中管理模式; 具有多级中断处理、16 位定时/计数器, 较大的片内 RAM 和 ROM 容量, 有的单片机内部还带有 A/D 转换接口。这一代单片机真正开创了单片机作为微控制器的发展道路。

1983 年至今, 为单片机向微控制器过渡阶段。在这一时期, 一方面不断完善高速 8 位单片机; 另一方面发展 16 位单片机及专用单片机。将许多测控系统中所使用的电路技术、接口技术及可靠性技术应用于单片机中, 如程序运行监视器 (WDT)、脉冲宽度调制器 (PWM)、高速 I/O 口、数模/模数转换器等, 将这些满足嵌入式应用要求的外围扩展加入到芯片内部, 使单片机内部的外围功能电路得到增强, 使其更符合智能控制器的特征。同时加强了各种总线扩展技术, 如 SPI, I²C, CAN 等总线接口, 以及电源管理功能等。

单片机在目前的发展形势下, 表现出以下几大趋势。

①采用多核 CPU 提高处理能力。

②加大存储容量, 采用新型存储器方便用户擦写程序及数据, 加强程序的保密措施。



③单片机内部所集成的部件越来越多,和模拟电路结合越来越紧密,使其应用水平不断提高。如 NS (美国国家半导体) 公司的单片机已把语音、图像部件也集成到单片机中。

④通信和联网功能不断加强。

⑤集成度不断提高,功耗越来越低,电源电压范围加宽。

随着半导体工艺技术的发展及系统设计水平的提高,单片机还会不断产生新的变化和进步,最终人们可能发现,单片机与微机系统之间的距离越来越小,甚至难以辨认。

0.1.3 单片机主要产品及应用

随着集成电路的飞速发展,单片机从问世到现在发展迅猛,拥有繁多的系列、五花八门的机种。根据控制单元设计方式与采用技术的不同,可将目前市场上的单片机分为两大类型:复杂指令集 (CISC) 和精简指令集 (RISC)。采用 CISC 结构的单片机数据线和指令线分时复用,指令丰富、功能较强,但取指令和取数据不能同时进行,速度受限、价格亦高。采用 RISC 结构的单片机数据线和指令线分离,即所谓的哈佛结构。这使得取指令和取数据可同时进行,执行效率更高,速度亦更快。

属于 CISC 结构的单片机有 Intel 的 MCS-51/96 系列、Motorola 的 M68HC 系列、Atmel 的 AT89 系列、中国台湾 Winbond (华邦) W78 系列、荷兰 Philips 的 PCF80C51 系列等;属于 RISC 结构的有 Microchip 公司的 PIC16C5X/6X/7X/8X 系列、Zilog 的 Z86 系列、Atmel 的 AT90S 系列等。一般来说,控制关系较简单的小家电,可以采用 RISC 型单片机;控制关系较复杂的场合,如通信产品、工业控制系统应采用 CISC 单片机。

各类单片机的指令系统各不相同,功能也各有所长,其中最具代表性的当属 Intel 的 8051 系列单片机。世界上的许多知名厂商都生产与 8051 兼容的芯片,如 Philips, Siemens, Dallas, Atmel 等公司,把这些公司生产的与 8051 兼容的单片机统称为 MCS-51 系列。特别是在近年来, MCS-51 系列又推出了一些新产品,主要是改善单片机的控制功能,如内部集成了高速 I/O 口, ADC, PWM, WDT 等,以及低电压、低功耗、电磁兼容、串行扩展总线、控制网络总线性能等。由于它应用广泛且功能不断完善,因此成为单片机初学者的首选机型。

现将国际上较大的单片机公司以及产品销量大、发展前景看好的各系列 8 位单片机简介如下。

1. Intel 公司 MCS-51 系列单片机

Intel 公司的 MCS-51 系列单片机的型号及性能指标如表 0-1 所示。

表 0-1 MCS-51 系列单片机型号及性能指标

公司	型号	片内存储器/B		I/O 口线	串行口	中断 源	定时 器	看门 狗	工作 频率	A/D 通道/ 位数	引脚 与 封装
		ROM EPROM FLASH	RAM								
Intel	80(C)31	—	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	80(C)51	4K ROM	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	87(C)51	4K EPROM	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	80(C)32	—	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	80(C)52	8K ROM	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	87(C)52	8K EPROM	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
Atmel	AT89C51	4K Flash	128	32	UART	5	2	N	24	—	40
	AT89C52	8K Flash	256	32	UART	6	3	N	24	—	40
	AT89C1051	1K Flash	64	15	—	2	1	N	24	—	20
	AT89C2051	2K Flash	128	15	UART	5	2	N	25	—	20
	AT89C4051	4K Flash	128	15	UART	5	2	N	26	—	20
	AT89S51	4K Flash	128	32	UART	5	2	Y	33	—	40
	AT89S52	8K Flash	256	32	UART	6	3	Y	33	—	40
	AT89S53	12K Flash	256	32	UART	6	3	Y	24	—	40
	AT89LV51	4K Flash	128	32	UART	6	2	N	16	—	40
	AT89LV52	8K Flash	256	32	UART	8	3	N	16	—	40
Philips	P87LPC762	2K EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	—	20
	P87LPC764	4K EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	—	20
	P87LPC768	4K EPROM	128	18	I ² C, UART	12	2	Y	20	4/8	20
	P8XC591	16K ROM/EPROM	512	32	I ² C, UART	15	3	Y	12	6/10	44
	P89C51RX2	16 ~ 64K Flash	1K	32	UART	7	4	Y	33	—	44
	P89C66X	16 ~ 64K Flash	2K	32	I ² C, UART	8	4	Y	33	—	44
	P8XC554	16K ROM/EPROM	512	48	I ² C, UART	15	3	Y	16	8/10	64

其中：带有“C”字的型号为 CHMOS 工艺的低功耗芯片，否则为 HMOS 工艺芯片；MCS-51 系列单片机大多采用 DIP，PLCC 封装形式。

2. 89 系列单片机

89 系列单片机与 MCS-51 系列单片机完全兼容，已成为使用者的首选主流机型，其特征为片内 Flash 是一种高速 E²PROM，可在内部存放程序，能方便地实现单片系统、扩展系统、多机系统。

(1) Atmel 公司的 AT89 系列单片机

美国 Atmel 公司推出的 AT89 系列单片机是一种 8 位 Flash 单片机，采用



8031CPU 的内核设计，产品性能指标如表 0-1 所示，其型号含义如图 0-1 所示。

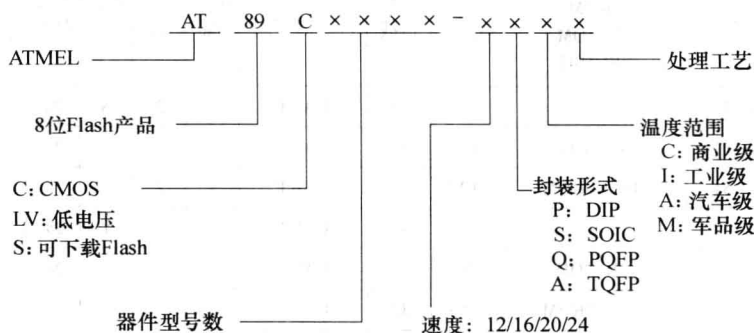


图 0-1 AT89 系列单片机型号含义

ATMEL 单片机型号由前缀、型号和后缀 3 个部分组成。例如，AT89C××××-××××，其中，“AT”是前缀，“89C××××”是型号，型号之后的“××××”是后缀。

其中“AT”表示公司代码，“C”为 CMOS 工艺产品，“LV”表示低电压，“S”表示该器件含在系统可编程功能（ISP）。芯片采用 DIP，SOIC，TQFP 等封装形式。

AT89 系列单片机还有 AT89C1051，AT89C2051 和 AT89C4051 等产品，这些芯片是在 AT89C51 的基础上将一些功能精简后形成的精简版，它们兼容 MCS-51 指令系统，但只有 20 条引脚。例如：AT89C4051 去掉了 P0 口和 P2 口，内部的 Flash 存储器为 4 KB，封装形式也由 40 脚改为 20 脚的 DIP 或 SOIC 封装。这几种产品还在芯片内集成了一个精密比较器，为测量一些模拟信号提供了极大的方便，在外加几个电阻和电容的情况下，就可以测量电压、温度等常见的模拟量信号，特别适合在一些智能玩具、手持仪器、家用电器等程序量不大的环境下使用。

目前，市场占有率最高的 Atmel 公司已经宣布停产 AT89C51/52 等 C 系列产品，全面生产 AT89S51/52 等 S 系列产品。S 系列的最大特点就是具有在系统可编程（In System Programming, ISP）功能。用户只需要连接好下载电路，就可以在不拔下 51 芯片的情况下，直接对芯片进行编程操作。这一系列产品还具有工作频率更高、电源范围更宽、编程次数更多、加密功能更强等优点，而且自带了看门狗电路。

(2) Philips 公司的 P89 系列单片机

荷兰 Philips 公司推出的 89 系列单片机也是一种 8 位的 Flash 单片机，与 Atmel 的 89 系列产品类似，各档次单片机性能指标如表 0-1 所示。

3. Motorola 公司 MC68HC 系列单片机

MC68HC 系列单片机是 Motorola 公司推出的 8 位单片机，其型号庞大，但是同一系列单片机的 CPU 均相同，指令系统相同。它与 51 系列单片机不兼容，程序指令也不相同。其单片机的型号含义如图 0-2 所示。

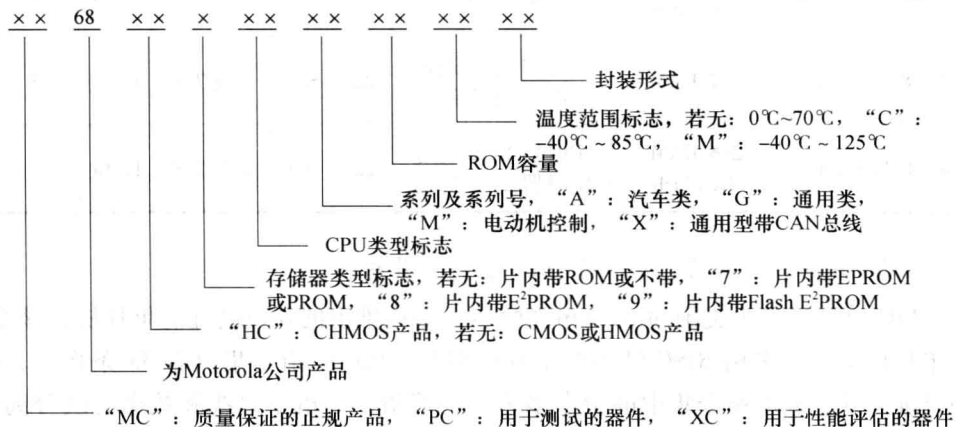


图 0-2 MC68HC 系列单片机型号含义

MC68HC 系列单片机的性能指标如表 0-2 所示。其中 PWM 为脉冲宽度调制功能。

表 0-2 MC68HC08 系列单片机的性能指标

型号	片内存储器/B	定时器	I/O口	串口	A/D通道/位数	PWM	总线频率/MHz
MC68HC08AZ0	1K RAM 512 E²PROM	定时器 1: 4 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI SPI	8/8	16 位	8
MC68HC08AZ32	32K ROM 1K RAM 512 E²PROM	定时器 1: 4 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908AZ60	2K RAM 60K Flash	定时器 1: 6 通道 定时器 2: 2 通道	48	SCI SPI	15/8	16 位	8
MC68HC908GP20	512 RAM 20K Flash	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	33	SCI SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908GP32	512 RAM 32K Flash	定时器 1: 2 通道 定时器 2: 2 通道	33	SCI SPI	8/8	16 位	8
MC68HC908JK1	128 RAM 15K Flash	定时器 1: 2 通道	15	—	10/8	16 位	8