



高职高专电子专业系列教材

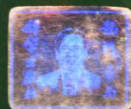
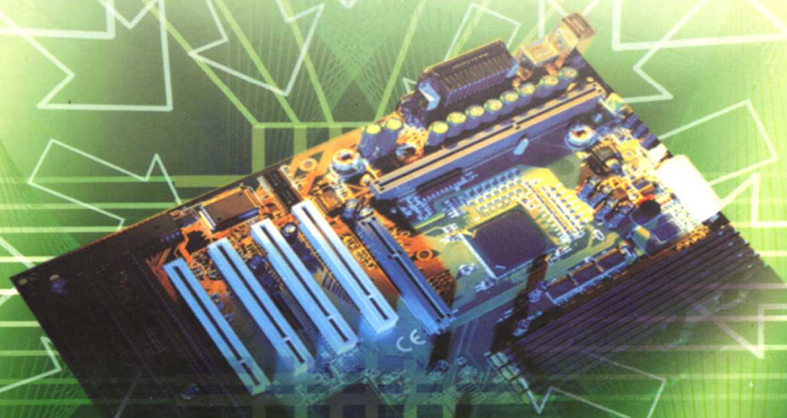


21
世
纪
高
职
高
专

单片机

原理及应用

张洪润 马平安 张亚凡 编著



科学出版社
www.sciencep.com

单片机

原理及应用

王 毅 王 毅 王 毅 王 毅



► 21 世纪高职高专电子专业系列教材

单片机原理及应用

张洪润 马平安 张亚凡 编著

内 容 提 要

本书从实用角度出发,系统、全面地介绍了单片机的原理和应用,是一本重在应用、兼顾基本理论的实用教程。

全书共分 10 章,分别介绍:单片机结构原理,单片机指令系统及程序设计,单片机中断,单片机串行接口,定时器/计数器,模/数和数/模转换接口,单片机系统的工程设计实例,计算机系统的扩展技术及单片机 C 语言程序设计等内容。全书通过 20 个上机实验进一步阐述单片机的应用技术,每章还给出了相应的练习以巩固所学知识。

本书内容新颖,结构严谨,理论与实践相结合,易教易学。可作为高等职业学校,高等专科学校相关专业的教材,也可作为相关专业上岗人员的技术培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理及应用—张洪润,马平安,张亚凡编著.—北京:科学出版社,2002.8

ISBN 7-03-010679-2

I.单… II.①张… ②马… ③张… III.单片微型计算机—教材 IV.TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 052157 号

责任编辑:科海 / 责任校对:成昊

责任印刷:科海 / 封面设计:吕龙

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京市耀华印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 12 月第一版

开本:787×1092 1/16

2002 年 12 月第一次印刷

印张:20 1/8

印数:1-5 000

字数:486 400

定价:26.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

院士推荐

随着电子技术的迅猛发展，它在各个工业领域的应用更加广泛，社会对电子技术知识的需求日益迫切。在我国加入“世界贸易组织”以后，各行各业对其专业技术人员的技术素质，将提出更高的要求，加强高等职业技术教育势在必行。然而，目前高等职业技术学院在这方面的教材还比较缺乏或者比较陈旧，不能满足社会的需要。为此，四川大学张洪润、唐昌建等教师根据自己多年的教学和科研经验，参照教育部“高职高专电子技术基础课程教学大纲”的要求，从实用角度出发，精心组织编写了这套电子技术系列教材，它包括：

《电子线路与电子技术》

《电子线路及应用》

《单片机原理及应用》

此系列教材将由科学出版社出版。这套教材内容实用，叙述清晰，深入浅出，体系完整。适宜用来培养高层次的学有专攻的技术人员，是侧重培养学生动手能力，适于业余自学的实用教材。

在该套教材出版之际，谨向编者付出的辛勤劳动表示感谢，并祝我国职业技术教育事业有更多的丰硕成果。

中国工程院院士：高洁

2002年12月于四川大学

前 言

单片机,更确切地应称作微控制器,是20世纪70年代中期发展起来的一种面向控制的大规模集成电路模块,其特点是功能强、体积小、可靠性高、价格低廉。它一面世便在工业控制、数据采集、智能化仪表、机电一体化、家用电器等领域得到了广泛应用,极大地提高了这些领域的技术水平和自动化程度。因此,单片机的开发应用已成为高科技和工程领域的一项重大课题。各大专院校相关专业也都将单片机课程列为其教学计划的重要组成部分。单片机技术的研发和推广正方兴未艾。

现在,虽然有一些有关单片机技术的教材,但是内容大多陈旧,已跟不上单片机技术的发展。基于以上原因,我们组织多年从事单片机应用技术教学和科研的专家、教师和技术人员共同编写了这本教材。它以目前最通用的MCS-51系列单片机为主,介绍了当今世界上单片机技术应用的现状及发展趋势,并且从实用角度介绍了单片机应用的最新技术。本书内容新颖,结构严谨,由浅入深地讲述了单片机结构、原理、汇编语言程序设计以及中断、定时器/计数器、串行接口、转换接口、系统扩展接口等技术。最后还介绍了MCS-51单片机的C语言程序设计,供作学生选读。

本教材理论联系实际,易教易学。除了列举大量实例阐释基本理论知识外,还单独设立各项上机实验。全书共有20个实验。这些实验不仅有利于学生理解和掌握理论知识,也有利于提高他们动手解决实际问题的能力。另外,每章都有学习目的与要求、小结、习题。

本书适宜作为高等职业学校、高等专科学校相关专业的教材,也可作为相关专业上岗人员的技术培训教材。

由于编者知识水平有限,书中难免出现疏误和不妥之处,恳请广大读者和同仁指正。

作 者

2002年10月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机发展概况	1
1.2 单片机硬软件系统及种类	2
1.2.1 单片机的硬件系统	2
1.2.2 单片机的软件系统	3
1.2.3 单片机的种类	3
1.3 单片机应用领域与开发工具	4
1.3.1 应用领域	4
1.3.2 开发工具	5
1.4 小结	6
1.5 习题	6
第 2 章 单片机的结构原理	7
2.1 常用术语及内部结构	7
2.1.1 常用术语	7
2.1.2 内部结构	9
2.2 CPU 及存储器	10
2.2.1 运算器	10
2.2.2 控制器	12
2.2.3 程序存储器	12
2.2.4 数据存储器	13
2.3 引脚功能及 CPU 的时序	17
2.3.1 引脚功能	17
2.3.2 振荡电路和时钟电路	19
2.3.3 CPU 的时序	20
2.4 输入、输出接口	22
2.4.1 P0 口	22
2.4.2 P1 口	23
2.4.3 P2 口	23
2.4.4 P3 口	23
2.5 小结	24
2.6 习题	25
第 3 章 单片机的指令系统及程序设计	27
3.1 指令系统	27

3.1.1 指令格式	27
3.1.2 助记符语言	28
3.1.3 寻址方式及常用符号注释	28
3.1.4 数据传送指令功能及应用举例	33
3.1.5 算术运算指令功能及应用举例	35
3.1.6 逻辑运算指令功能及应用举例	39
3.1.7 控制转移指令功能及应用举例	40
3.1.8 位操作指令功能及应用举例	44
上机实验 1 数据传送指令的使用及编程方法	46
上机实验 2 算术运算指令的使用及编程方法	52
上机实验 3 逻辑运算指令的使用及编程方法	56
上机实验 4 位操作指令的使用及编程方法	58
上机实验 5 控制转移指令的使用及编程方法	60
3.2 汇编语言程序设计举例	64
3.2.1 汇编语言程序的格式	65
3.2.2 汇编语言程序设计方法	68
3.2.3 汇编语言程序设计的几个实例	73
上机实验 6 多字节算术运算	82
上机实验 7 数据的拼拆及转换	88
3.3 小结	92
3.4 习题	94
第 4 章 单片机中断的使用技巧	98
4.1 中断的功能、控制及响应	98
4.1.1 中断的功能	98
4.1.2 中断的控制及响应	99
4.2 中断应用的 4 个实例	103
上机实验 8 中断的使用及编程方法	106
4.3 小结	111
4.4 习题	112
第 5 章 单片机定时器/计数器的使用技巧	113
5.1 定时器/计数器结构与原理	113
5.2 定时器/计数器的工作方式及控制	114
5.2.1 工作方式寄存器 TMOD	114
5.2.2 控制寄存器 TCON	115
5.2.3 工作方式	115
5.3 定时器/计数器的应用举例	117

上机实验 9 定时器/计数器使用及编程方法	118
5.4 小结	122
5.5 习题	123
第 6 章 单片机串行接口使用技巧	125
6.1 串行通信中的几个概念	125
6.1.1 通信方向	125
6.1.2 异步通信和同步通信	125
6.1.3 波特率	126
6.1.4 传送编码	127
6.1.5 信号的调制与解调	127
6.2 串行口的工作原理及波特率设计	127
6.2.1 串行口的工作原理	127
6.2.2 波特率设计	128
6.3 串行口的四种工作方式	130
6.3.1 工作方式 0	130
6.3.2 工作方式 1	130
6.3.3 工作方式 2	131
6.3.4 工作方式 3	131
6.4 串行口应用举例	131
6.4.1 利用串行口扩展并行输入、输出	131
6.4.2 利用串行口进行异步单工通信	133
6.4.3 利用串行口进行异步双工通信	134
6.4.4 主-从式多机通信	135
上机实验 10 双机通信	136
上机实验 11 主-从式多机通信	140
6.5 小结	142
6.6 习题	143
第 7 章 单片机系统的扩展技巧	144
7.1 程序存储器的扩展	144
7.1.1 地址线	144
7.1.2 数据线	144
7.1.3 控制线	144
7.2 数据存储器的扩展	145
7.3 I/O 接口的扩展	146
7.3.1 概述	146
7.3.2 常用的选址方法	147

7.3.3	用 TTL 芯片扩展 I/O 接口	148
7.3.4	8255A 可编程并行 I/O 口的扩展	149
7.3.5	8155 可编程 I/O 接口的扩展	154
7.3.6	8279 可编程键盘显示器接口的扩展	159
7.3.7	8243 并行 I/O 接口的扩展	172
上机实验 12	程序存储器和外部数据存储器的扩展	174
上机实验 13	74LS244、74LS273 等芯片简单接口的扩展	178
上机实验 14	8255A 可编程控制芯片的应用	180
上机实验 15	8155 可编程控制芯片的应用	181
上机实验 16	8279 可编程键盘/显示器与 8031 接口	182
7.4	小结	190
7.5	习题	191
第 8 章	单片机系统的接口技巧	192
8.1	A/D (模 - 数) 转换接口的扩展技巧	192
8.1.1	逐次逼近式 A/D 转换器	192
8.1.2	双积分式 A/D 转换器	193
8.1.3	A/D 转换器的主要技术指标	194
8.1.4	单片机与 ADC0809 的接口技巧	194
8.1.5	单片机与 MC14433 ($3\frac{1}{2}$ 位) 的接口技巧	197
8.2	D/A (数 - 模) 转换接口的扩展技巧	201
8.2.1	D/A 转换器的原理及性能	201
8.2.2	8031 单片机与 DAC0832 接口技巧及产生任意波形的方法	204
8.2.3	8031 单片机与 AD7520 接口技巧	209
上机实验 17	8 路 8 位逐次比较 A/D0809 接口	210
上机实验 18	$3\frac{1}{2}$ MC14433A/D 接口	212
上机实验 19	8 位 D/A0832 接口	214
上机实验 20	A/D 与 D/A 输出综合实验	222
8.3	小结	222
8.4	习题	223
第 9 章	单片机系统的工程设计	224
9.1	设计要求	224
9.1.1	可靠性	224
9.1.2	系统自诊断功能	229
9.1.3	操作维修方便	229
9.1.4	性能/价格比	229

9.2 设计方法	229
9.2.1 总体设计	229
9.2.2 硬件设计	230
9.2.3 软件设计	232
9.3 设计实例	234
9.3.1 交通信号灯模拟控制	234
9.3.2 水塔水位控制	240
9.3.3 作息时间控制	243
9.3.4 玩“乒乓球”	245
9.4 小结	250
9.5 习题	251
第 10 章 单片机 C 语言程序设计	252
10.1 C51 程序的结构特点	252
10.2 C51 程序的运算符、表达式及其语法规则	253
10.2.1 C51 算术运算符及其表达式	253
10.2.2 C51 关系运算符、表达式及优先级	255
10.2.3 C51 逻辑运算符、表达式及优先级	256
10.2.4 C51 位操作及其表达式	257
10.2.5 自增减运算符、复合运算符及其表达式	263
10.3 C51 程序设计技巧	264
10.3.1 存取 8051 单片机特殊功能寄存器	264
10.3.2 位的控制	265
10.3.3 中断子程序的设计	265
10.3.4 内存应对式 I/O	266
10.3.5 程序中加入汇编语言语句	267
10.4 C51 程序设计举例	268
10.4.1 “求和”的 C51 程序设计	268
10.4.2 求最大值的 C51 程序设计	269
10.4.3 多机通信	270
10.5 小结	272
10.6 习题	273
附录 A 通用单片机仿真器	274
A.1 系统结构	274
A.2 仿真功能	274
A.3 外部设备	274
A.4 软件功能	275

A.5	SICE 硬件结构和工作方式	275
附录 B	通用单片机仿真器连接键盘使用方法	278
B.1	各键功能	278
B.2	操作说明	279
附录 C	通用单片机仿真器连接 IBM-PC 机使用方法	288
C.1	连接使用方法	288
C.2	基本操作命令	288
附录 D	单片机与 IBM-PC 机通信方法	291
D.1	使用的设备	291
D.2	通信原理	291
D.3	通信电路	295
D.4	通信操作步骤	295
D.5	参考程序	296
附录 E	脱机实验（程序固化）方法	301
E.1	使用的设备	301
E.2	方法与步骤	301
附录 F	MCS-51 指令速查表与指令编码表	302
F.1	指令速查表	302
F.2	指令编码表	304
附录 G	常用芯片引脚图	309

第1章 概述

【学习目的和要求】

学习本章的目的是：建立关于单片机系统的概念，了解单片机与一般微机的区别。要求掌握MCS系列单片机的结构特点，熟悉单片机的应用领域，了解单片机的开发过程及开发工具。

单片微型计算机简称单片机，它是大规模集成电路技术发展的产物，属第四代电子计算机。它是把中央处理器 CPU (Central Processing Unit)、随机存取存储器 RAM (Random Access Memory)、只读存储器 ROM (Read Only Memory)、定时器/计数器以及 I/O (Input/Output) 接口电路等主要计算机部件集成在一块集成电路芯片上的微型计算机。

单片机具有高性能、高速度、体积小、价格低廉、稳定可靠、应用广泛的特点。

随着微控制技术（以软件代硬件的高性能控制技术）的日益完善和发展，单片机的应用正在不断走向深入。它的应用必定导致传统的控制技术从根本上发生变革。也就是说，单片机应用的出现是对传统控制技术的革命。因此，了解单片机知识，掌握单片机的应用技术，具有重要的意义。

1.1 单片机发展概况

单片机作为微型计算机的一个分支，它的产生与发展和微处理器的产生与发展大体同步，主要分为以下三个阶段：

第一阶段（1974~1978年）为初级单片机阶段。其典型产品是 Intel 公司的 MCS-48，这个系列的单片机在片内集成了 8 位 CPU、并行 I/O 接口、8 位定时器/计数器以及 RAM 等。该系列产品无串行 I/O 接口，寻址范围不大于 4KB。

第二阶段（1978~1983年）为高性能单片机阶段。其典型产品是 MCS-51 系列。这个阶段的单片机均带有串行 I/O 接口，具有多级中断处理系统，定时器/计数器为 16 位，片内 RAM 和 ROM 容量相对增大，且寻址范围可达 64KB。这类单片机的应用领域极其广泛，由于其优良的性价比，特别适合我国的国情，故在我国得到广泛应用。

第三阶段（1983年以后）为 8 位单片机巩固、完善及 16 位单片机 MCS-96 推出阶段。16 位单片机除了 CPU 为 16 位以外，片内 RAM 和 ROM 的容量进一步增大，片内 RAM 增加为 232 字节，ROM 为 8KB，且片内带有高速输入/输出部件、多通道 10 位 A/D 转换器，具有 8 级中断等。近年来，32 位单片机也已进入实用阶段。

尽管微型计算机得到了最充分的发展，但微型机在原理和结构上仍和前三代计算机一样，还是属于经典的计算机结构，即一台计算机是由运算器、控制器、存储器、输入设备

以及输出设备五个部分组成。

这种计算机结构是由计算机的开拓者、数学家约翰·冯·诺依曼最先提出来的，所以就称之为冯·诺依曼计算机体系结构。时至今日，尽管计算机的发展已经历了四代，但仍然没有能够突破冯·诺依曼体系的框架。大肆宣扬的第五代非冯·诺依曼体系计算机的研制工作虽已进行了多年，但在无数挫折面前，尚无法预料其前景。

1.2 单片机软硬件系统及种类

单片机是微型计算机的一个种类。从原理和结构上看，它与微型计算机没有很大的差别，都是由硬件系统和软件系统构成。而且，早期微型计算机的许多技术与特点都被单片机继承下来。

1.2.1 单片机的硬件系统

图 1-1 示出了单片机的硬件系统的两个实例。表面上看，它很简单，但“麻雀虽小，五脏俱全”，它仍由运算器、控制器、存储器、输入设备和输出设备五部分组成。

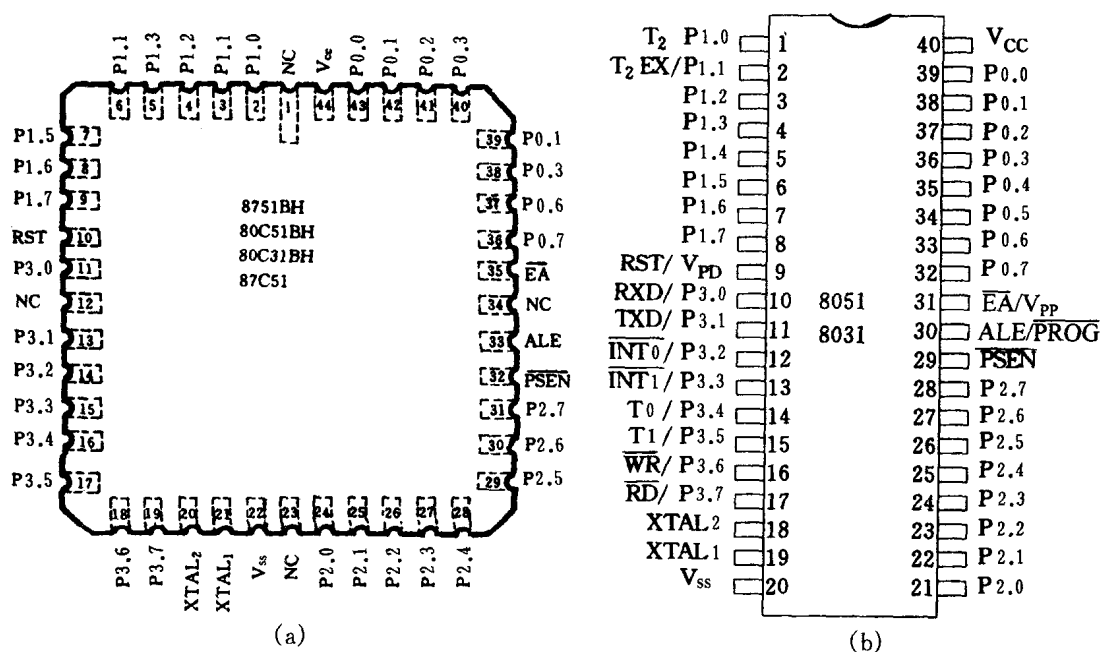


图 1-1 单片机集成块图

实质上，单片机是在一个尺寸有限的芯片上把运算器电路、控制器电路、一定容量的存储器，以及输入输出的接口电路集成为一体的微型计算机。它在制作上既要求高性能、结构简单灵活，又要求工作稳定可靠。因此，其设计必须精巧，考虑必须周全，以克服因芯片尺寸有限所带来的许多制约。

1.2.2 单片机的软件系统

硬件系统作为实体,为计算机工作提供了基础和条件,但要想使计算机有效地工作,还必须有软件配合。

概括地说,计算机的软件系统包括系统软件、应用软件和程序设计语言三个部分。但单片机由于硬件支持和需要所限,其软件系统也比较简单。首先,单片机的系统管理不需要像微型机那样复杂的操作系统,而只使用简单的操作系统程序(通常称之为监控程序)。因此,监控程序就成为单片机中最重要的系统软件。

大多数单片机不使用高级语言,因此,也就没有必要配置程序设计语言。单片机中通常使用的是汇编语言,但单片机并没有自己专用的汇编程序,用户的应用程序是在其他微型计算机上通过交叉汇编方法得到的二进制目标码。因此,在单片机软件系统中,只有监控程序和目标码的应用程序。这样,指令系统及汇编语言设计(见本书第3章)就成为学习单片机应用技术的重要内容。

1.2.3 单片机的种类

尽管单片机种类繁多,但无论是从世界范围还是从国内范围来看,使用最为广泛的应该数 MCS-51 单片机。基于这一事实,本书将主要讲述 MCS-51 单片机,包括它的硬件、软件及其应用。

MCS-51 单片机系列共有十几种芯片,如表 1-1 所列。表中列出了 MCS-51 单片机系列的芯片型号以及其技术性能指标,由此可对单片机的基本情况有一个概括的了解。下面,我们就在这个表的基础上,对 MCS-51 系列单片机作进一步的说明。

表 1-1 MCS-51 系列单片机芯片型号及性能指标

子系列	片内 ROM 形式			片内 ROM 容量	片内 RAM 容量	寻址范围	I/O 特性			中断源
	无	ROM	EPROM				定时器/计数器	并行口	串行口	
51 子系列	8031	8051	8751	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
	80C31	80C51	87C51	4KB	128B	2×64KB	2×16	4×8	1	5
52 子系列	8032	8052	8752	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6
	80C32	80C52	87C52	8KB	256B	2×64KB	3×16	4×8	1	6

1. 51 子系列和 52 子系列

MCS-51 系列又分成 51 和 52 两个子系列,并以芯片型号的最末位数字作为标志。其中,51 子系列是基本型,而 52 子系列则属增强型。52 子系列功能增强的具体方面,从表 1-1 可以看出:

- 片内 ROM 容量从 4KB 增加到 8KB;
- 片内 RAM 容量从 128 字节增加到 256 字节;
- 定时器/计数器从 2 个增加到 3 个;
- 中断源从 5 个增加到 6 个。

在 52 子系列的内部 ROM 中, 以膜方式集成有 8KB BASIC 解释程序, 这就是通常所说的 8052-BASIC。这意味着单片机已可以使用高级语言。该 BASIC 与基本 BASIC 相比, 增加了一些控制语句, 以满足单片机作为控制机的需要。

2. 单片机芯片的半导体工艺及标识

MCS-51 系列单片机采用两种半导体工艺生产: 一种是 HMOS 工艺, 即高密度短沟道 MOS 工艺; 另外一种为 CHMOS 工艺, 即互补金属氧化物的 HMOS 工艺。表 1-1 中芯片型号凡带有字母“C”的, 为 CHMOS 芯片, 其余均为一般的 HMOS 芯片。

CHMOS 是 CMOS 和 HMOS 的结合, 除保持了 HMOS 高速度和高密度的特点之外, 还具有 CMOS 低功耗的特点。例如, 8051 的功耗为 630mW, 而 80C51 的功耗只有 120mW。在便携式、手提式或野外作业仪器设备上, 低功耗是非常有意义的。在这些仪器中, 必须使用 CHMOS 的单片机芯片。

3. 片内 ROM 程序存储器配置形式

MCS-51 单片机片内程序存储器有三种配置形式, 即: 掩膜 ROM、EPROM 和没有。这三种配置形式对应着三种不同的单片机芯片, 它们各有特点, 也各有其适用场合, 在使用时, 应根据需要进行选择。

此外, 再顺便说明一下单片机应用中的环境适应问题, 其中主要是指抗干扰特性和温度特性。由于单片机的应用是面向现场的, 因此, 它具有很强的抗干扰能力, 这是任何其他计算机所不及的。至于单片机的温度特性, 与其他集成电路芯片一样, 按所能适应的环境温度范围划分为三个等级, 即:

- 民用级: $0^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$
- 工业级: $-40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$
- 军用级: $-65^{\circ}\text{C} \sim +125^{\circ}\text{C}$

因此, 在使用中应该根据现场温度选择芯片。

1.3 单片机应用领域与开发工具

1.3.1 应用领域

MCS 系列单片机的应用范围很广, 根据使用情况大致可分为四大类。

1. 单片机在智能仪器仪表中的应用

单片机具有体积小、功耗低、控制功能强等优点, 故可广泛应用于各类仪器仪表中

(包括温度、湿度、流量、流速、电压、频率、功率、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等的测定)。引入单片机使得仪器仪表数字化、智能化、微型化,且功能大大提高,例如,精密数字温度计、智能电表、智能流速仪、微机多功能 pH 测试仪等等。

2. 单片机在工业测控中的应用

用单片机可以构成各种工业测控系统、自适应控制系统、数据采集系统等。例如, MCS-51 单片机控制电镀生产线、温室人工气候控制、报警系统控制、PC 微机和单片机组成的二级计算机控制系统等。

3. 单片机在计算机网络与通信设备中的应用

MCS 系列单片机具有通信接口,为单片机在计算机网络与通信设备中的应用提供了良好的条件。例如, MCS 系列单片机控制的串行自动呼叫应答系统、列车无线通信系统、 MCS-51 单片机控制无线遥控系统等。

4. 单片机在日常生活及家电中的应用

单片机愈来愈广泛地应用于日常生活的智能电气产品以及家电中。例如电子秤、银行计息电脑、电脑缝纫机、心率监护仪、电冰箱控制、彩色电视机控制、洗衣机控制等等。

1.3.2 开发工具

在单片机的实际应用中,人们最关心的是单片机产品的研制和开发有什么特点,采用什么开发手段和什么开发工具。

单片机的开发包括硬件和软件两部分,只有当单片机和其他电子器件及设备组成一个硬件系统并配置适当的工作程序后,才能构成一个单片机应用系统。单片机本身没有自我开发功能,必须借助于开发工具来生成目标程序,排除目标系统中的软硬件故障,并需借助于开发工具把目标程序固化到单片机内部或外部 EPROM 芯片中。

单片机应用系统的软硬件调试需要专门的开发工具(通常为一个特殊的计算机系统),称为单片机开发系统或称为仿真机。常常采用的开发方法是把开发系统中的 CPU 和 RAM 暂时出借给用户系统,利用开发系统对用户系统的软硬件进行调试(又称为仿真),然后把调好的程序固化到 EPROM 中,恢复用户系统中的 CPU 和 RAM,对独立的用户系统进行试运行,若满足设计要求,则开发工作完成。

单片机开发系统一般应具备以下四方面的基本功能:

- (1) 系统硬件电路的诊断与检查;
- (2) 用户程序的输入修改;
- (3) 程序的运行调试;
- (4) 程序的固化。

对于较完善的开发系统,还配备有程序的汇编、反汇编、程序文本打印及转储,具有全速跟踪、调试、运行的能力。

功能强、操作方便的单片机开发系统可以加快单片机应用系统的研制工作,国内很多