



普通高等教育 **电气信息类** 应用型规划教材

单片机原理与应用

——基于实例驱动和Proteus仿真

(第二版)

李林功 编著



科学出版社



免费提供电子教案

013023649

TP368.1-43
221-2

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

单片机原理与应用

——基于实例驱动和 Proteus 仿真

(第二版)

李林功 编著



TP368.1-43
221-2

科学出版社

北京



北航

C1630567

内 容 简 介

本书以 Proteus 为仿真软件,以汇编语言和 C 语言为编程语言,结合趣味应用实例,系统介绍 MCS-51 单片机的组织结构、工作原理、指令系统、程序设计、中断、定时/计数器、串行通信、系统扩展、接口技术、应用系统设计等内容。每章的例题、习题都用 Proteus 仿真实现,每章的练习题也可以作为实践教学内容,体现“理论联系实际,学中做、做中学”的工程教育理念,使教学内容有声、有色、有滋味。

本书可作为高等学校电子信息工程、通信工程、电气工程、自动化、计算机应用、机械工程、机电一体化等专业的“单片机原理与应用”课程教学用书,也可作为工程技术人员、单片机爱好者的技术参考书。

图书在版编目(CIP)数据

单片机原理与应用:基于实例驱动和 Proteus 仿真/李林功编著. —2 版.
—北京:科学出版社,2013

(普通高等教育电气信息类应用型规划教材)

ISBN 978-7-03-036246-9

I. ①单… II. ①李… 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(2012)第 310415 号

责任编辑:陈晓萍/责任校对:耿耘

责任印制:吕春珉/封面设计:耕者设计工作室

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>

北京鑫丰华彩印有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013年2月第 二 版 开本:787×1092 1/16

2013年2月第一次印刷 印张:19

字数:429 000

定价:34.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈鑫丰华〉)

销售部电话 010-62142126 编辑部电话 010-62138978-8003

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

普通高等教育电气信息类应用型规划教材

编 委 会

主 任：刘向东

副主任：方志刚 张明君

成 员：万 旭 万林生 王泽兵 龙建忠 叶时平 代 燕

伍良富 刘加海 祁亨年 杜益虹 李联宁 张永炬

张永奎 张克军 杨起帆 周永恒 金小刚 洪 宁

秦洪军 凌惜勤 陶德元

秘书长：刘加海（兼）

秘 书：陈晓萍 周钗美

前 言

随着科学技术的飞速发展，物联网技术、智慧城市理念已经逐渐走进寻常百姓的生活，这使得信息技术的应用深度和广度不断拓展，也为单片机技术的发展和應用开拓了新的应用空间。

单片机种类繁多，性能各异，但由于 8 位单片机资源丰富、性价比高，目前应用最为广泛。单片机技术简单易学，应用广泛，掌握单片机的工作原理及应用方法是电类专业学生的基本素质。本书将以 MCS-51 单片机为例介绍单片机的工作原理及应用技术。

本书是作者们多年教学、科研经验和集体智慧的结晶，具有鲜明特色。

1. 易学易用。本书主要面向单片机初学者，内容安排遵循由简到繁、循序渐进、实用、有趣、易学、易懂、易用的原则，重点讲述单片机的基础知识，培养学生的单片机应用基本方法和基本能力。相关的扩展内容、扩展实例、扩展应用都放在单片机课程网站上，所有读者均可随时下载使用。体现强化基础、强调应用、内容开放、适合不同读者需求的教學理念。

2. Proteus 仿真。书中所有例题、习题都用 Proteus 仿真实现，教学过程中，随时可以展示仿真过程和仿真结果。既培养学生的仿真能力，加深学生对教学内容的理解和掌握程度，又提高学生的单片机应用系统分析、设计能力和工程实践能力。

3. 双语言编程。书中例题、习题都用汇编语言和 C 语言两种语言编程，方便不同需求的学生学习、应用，既培养学生的程序设计方法，提高学生对教学内容的理解、掌握程度，又方便学生实践应用。使教学内容更加接近工程实践。

4. 实用有趣。教学内容，特别是例题、习题紧密结合学生生活实际和生产应用实际，既体现单片机的基本工作原理，又体现单片机应用系统的设计方法，有效提高了教学内容的实用性和趣味性，师生可以边讲、边学、边做，充分体现“学中做、做中学”的工程教育理念。书中每章的练习题，既可作为学生的练习作业，也可作为实验内容，一书两用，方便实用。

5. 例题丰富。书中习题少而精，但每一道习题，都是开放的、可以无限扩展的，追求“做一件事，做好一件事”的教学理念。学习有困难的学生可以完成例题、习题的基本要求；普通学生可以在现有例题、习题基础上，根据自己的需求实现自主扩展或扩充；优秀学生可以创新应用，实现超越。教学内容适合所有学生的所有需求。

6. 网络支持。教材为师生提供基本的教学内容；课程网站为师生提供丰富的扩展内容、应用资料；课程 QQ 群为师生提供互相学习、及时交流的平台，随时问，及时答，有问必答。及时解决学生学习过程中遇到的问题，培养好习惯，增强自信心。

7. 有声、有色、有滋味。绝大部分教学内容，特别是例题、习题，通过趣味实例呈

现，且通过 Proteus 仿真；仿真结果通过不同颜色的 LED、数码管显示，通过扬声器或蜂鸣器发声。所有教学内容都是无限开放的，学生可以根据自己的理解和爱好在基础内容上进行扩展，可以根据自己的实际需求，选择一个或几个题目进行深入研究。如从点亮一个 LED 开始，逐步到 LED 闪烁、流水灯、交通灯、彩灯等，步步升级，慢慢体会单片机应用的真实滋味，真正实现让学生喜欢学、有条件学、学得会、用得上的教学目标。使教学内容有声、有色、有滋味，使单片机教学像玩升级游戏一样趣味横生、其乐无穷。

全书共分 12 章，第 1 章介绍单片机的发展、特点和应用；第 2 章介绍 MCS-51 单片机的内部结构、引脚功能、存储器结构、端口结构等内容；第 3 章介绍 MCS-51 单片机的寻址方式和 111 条指令；第 4 章介绍常用伪指令、汇编语言程序的基本结构和设计方法；第 5~7 章分别介绍 MCS-51 单片机的中断、定时器/计数器、串行通信功能；第 8~11 章分别介绍单片机应用系统中的按键与显示技术、A-D 转换技术、D-A 转换技术、存储器扩展技术、输入/输出端口扩展技术；第 12 章介绍单片机应用系统的设计方法。书后附有 ASCII 表、MCS-51 单片机指令详解表、Proteus 使用简介、C51 简介等内容，以便读者查阅使用。

本书在参编者共同讨论、编写的基础上，由浙江大学宁波理工学院李林功统编、统写、统校完成。参加修改编写的有浙江大学宁波理工学院吴飞青、丁晓、裘君，山东建筑大学于复生，防灾科技学院马洪蕊，浙江工商职业技术学院叶香美，浙江万里学院吕昂、郑子含，浙江树人大学阮越，宁波大红鹰学院裴佳利，河南师范大学杨豪强、王长清，德州学院张福安，河南财经政法大学袁泽明，郑州华信学院宋东亚、褚新建，河南工程学院陶春鸣，广东石油化工学院张翼成、左敬龙等。

本书配有 PPT 课件、习题解答、全部例题和习题 Proteus 仿真资料。欢迎广大教师向科学出版社 (cxp666@yeah.net) 索取、使用。

在本书编写、出版过程中，参阅、借鉴了许多优秀教材和技术专家的宝贵经验、技术资料和研究成果，得到了科学出版社的大力支持，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中错误和不妥之处在所难免，敬请读者不吝指正。

李林功

2012 年 10 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 单片机基本结构	1
1.2 单片机的发展	2
1.2.1 4 位单片机	2
1.2.2 8 位单片机	2
1.2.3 16 位单片机	3
1.2.4 32 位单片机	3
1.2.5 单片机的发展方向	3
1.3 单片机的特点	4
1.4 单片机的应用	5
思考题	6
第 2 章 硬件基础	7
2.1 体系结构	7
2.2 引脚功能	9
2.3 输入/输出端口结构	10
2.3.1 P0 口	11
2.3.2 P1 口	13
2.3.3 P2 口	14
2.3.4 P3 口	16
2.4 存储器体系结构	18
2.4.1 程序存储器	18
2.4.2 数据存储器	19
2.5 时钟电路	24
2.6 指令时序	25
2.7 复位电路	25
2.8 低功耗模式	27
思考题	28
练习题	28
第 3 章 指令系统	29
3.1 指令格式	29
3.2 寻址方式	30

3.3	数据传送类指令	35
3.4	算术运算类指令	40
3.5	逻辑运算类指令	45
3.6	控制转移类指令	48
3.7	位操作类指令	50
	思考题	52
	练习题	52
第4章	汇编语言程序设计	54
4.1	汇编语言程序设计方法	54
4.2	常用伪指令	56
4.3	顺序程序设计	58
4.4	分支程序设计	58
4.5	循环程序设计	65
4.6	子程序设计	70
	思考题	73
	练习题	73
第5章	中断	74
5.1	中断源	74
5.2	中断控制	75
5.3	中断过程	78
5.3.1	中断请求	78
5.3.2	中断响应	79
5.3.3	中断处理	80
5.3.4	中断返回	81
5.4	外部中断源扩展	82
	思考题	89
	练习题	89
第6章	定时与计数	91
6.1	定时器/计数器结构	91
6.2	定时器/计数器工作方式及应用	93
6.2.1	工作方式0	93
6.2.2	工作方式1	97
6.2.3	工作方式2	99
6.2.4	工作方式3	102
	思考题	107
	练习题	107

第 7 章 串行通信	108
7.1 串行通信基础	108
7.1.1 异步通信	108
7.1.2 同步通信	109
7.1.3 串行通信模式	109
7.2 MCS-51 单片机串行通信接口	110
7.2.1 串行通信控制寄存器	110
7.2.2 电源控制寄存器	111
7.3 串行通信工作方式及应用	112
7.3.1 工作方式 0	112
7.3.2 工作方式 1	114
7.3.3 工作方式 2	120
7.3.4 工作方式 3	120
7.3.5 多机通信	121
思考题	126
练习题	127
第 8 章 按键与显示	128
8.1 按键的抖动	128
8.2 独立式按键	129
8.3 矩阵式键盘	132
8.3.1 查询扫描方式	133
8.3.2 中断扫描方式	137
8.4 发光二极管	142
8.5 LED 数码管	142
8.5.1 LED 数码管静态显示	143
8.5.2 LED 数码管动态显示	147
8.6 液晶显示	150
8.6.1 LCD1602 液晶显示模块	151
8.6.2 LCD1602 应用举例	155
思考题	159
练习题	160
第 9 章 A-D 与 D-A 转换	161
9.1 A-D 转换	161
9.1.1 ADC0809 结构与引脚	161
9.1.2 ADC0809 与单片机的接口	163
9.1.3 ADC0809 应用举例	163
9.1.4 串行 A-D 转换	167

9.2	D-A 转换	171
9.2.1	DAC0832 引脚	171
9.2.2	DAC0832 逻辑结构及工作方式	172
9.3	直流电动机控制	178
	思考题	181
	练习题	181
第 10 章	存储器扩展	182
10.1	存储器扩展方法	182
10.2	程序存储器扩展	186
10.2.1	程序存储器的扩展方法	186
10.2.2	程序存储器扩展举例	187
10.3	数据存储器扩展	192
10.3.1	数据存储器扩展方法	192
10.3.2	数据存储器扩展举例	194
	思考题	196
	练习题	196
第 11 章	输入/输出接口扩展	197
11.1	输入/输出接口的功能	197
11.2	简单 I/O 接口扩展	197
11.3	用串行口扩展并行口	200
11.3.1	用串行口扩展并行输入口	202
11.3.2	用串行口扩展并行输出口	204
11.4	用可编程接口芯片扩展接口	206
	思考题	206
	练习题	206
第 12 章	应用系统设计	207
12.1	单片机应用系统的构成	207
12.2	单片机应用系统设计方法	209
12.2.1	需求分析	209
12.2.2	可行性分析	209
12.2.3	系统体系结构设计	210
12.2.4	硬件设计	211
12.2.5	软件设计	214
12.2.6	综合调试	215
12.3	温度监控系统设计	215
12.3.1	需求分析	215
12.3.2	可行性分析	216
12.3.3	系统体系结构	216

12.3.4 硬件设计	217
12.3.5 软件设计	223
12.3.6 综合调试	243
思考题	244
练习题	244
附录	245
附录 A ASCII 表	245
附录 B MCS-51 单片机指令系统表	246
附录 C Proteus 使用简介	251
C.1 电路原理图设计	252
C.2 C 语言程序设计	257
C.3 Proteus 和 Keil 联调	262
C.4 “流水灯” C 语言参考程序	265
C.5 汇编语言程序调试	265
C.6 “流水灯” 汇编语言参考程序	268
附录 D 单片机 C 语言程序设计	268
D.1 汇编语言与 C 语言	268
D.2 C51 基本元素	270
D.3 C51 运算符和表达式	275
D.4 C51 语句和控制结构	280
D.5 C51 函数	286
参考文献	289

第1章 概述

随着科学技术的迅速发展，单片机的功能越来越强大、体积越来越小、功耗越来越小、价格越来越便宜、学习越来越简单、使用越来越方便、应用越来越广泛。从手机、电视到火箭、飞船，从精细农业、现代化工业到医疗卫生、军事、航空，无处没有单片机的踪迹，可以说，单片机的应用无处不在。学习、掌握单片机技术是对电类专业学生的基本要求。

1.1 单片机基本结构

单片机是单片微型计算机(Single Chip Microcomputer)的简称,又称微控制器(Microcontroller),它是将中央处理器(Central Processing Unit, CPU)、存储器、中断系统、定时器/计数器、输入/输出(Input/Output, I/O)端口、总线等部件做一个芯片上的集成电路芯片,如图 1.1 所示。在现代应用系统中,单片机常被作为控制器件嵌入其中,所以也被称为嵌入式微控制器或嵌入式单片微机。

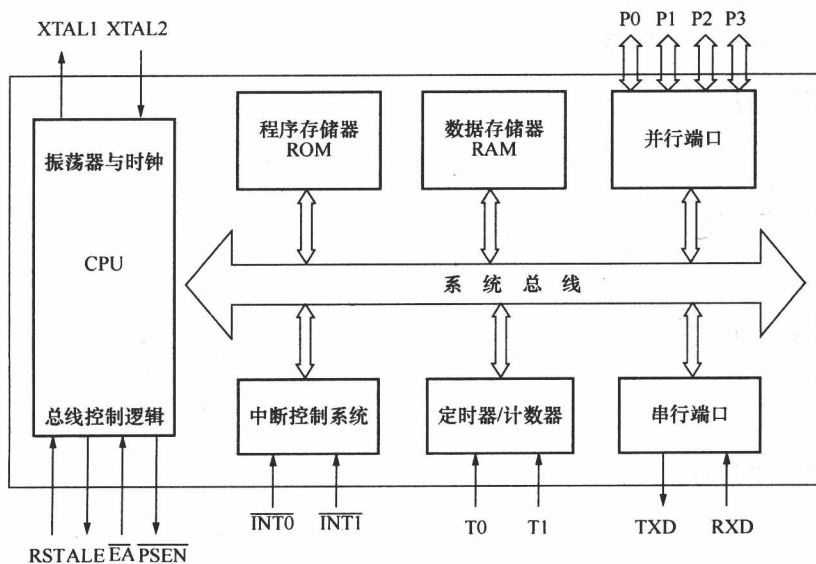


图 1.1 单片机的逻辑结构

中央处理器是单片机的核心部件,它由运算器和控制器组成,主要完成算术运算、逻辑运算和逻辑控制等功能。

存储器是具有记忆功能的电子部件，分为只读存储器（Read Only Memory, ROM）和随机存储器（Random Access Memory, RAM）两类。只读存储器用于存储程序、表格等相对固定的信息；随机存储器用于存储程序运行期间所需要的数据和产生的结果。

输入/输出端口是单片机与外界进行信息交换的通道，其主要功能是协调、匹配单片机与外部设备的工作。并行口传输并行信息，速度快，但需要的引脚数目多，适合近距离快速传送。串行口传送串行信息，速度慢，但需要的引脚数目少，适合远距离传送。

定时器/计数器用于实现系统定时或事件计数，并以定时或计数结果对操作对象进行控制。

中断控制系统是单片机为满足各种实时控制而设置的功能部件，是重要的输入/输出机制。

输入/输出端口、中断控制系统、定时器/计数器是单片机重要的内部资源，为单片机控制外部设备，实现信息交流提供了强有力的支持。

时钟电路主要由振荡器和分频器组成，为系统各工作部件提供时钟。

总线（Bus）是各工作部件之间传送信息的公共通道。总线按照其功能可分为数据总线（Data Bus, DB）、地址总线（Address Bus, AB）和控制总线（Control Bus, CB）三类，分别传送数据信息、地址信息和控制信息。

1.2 单片机的发展

1971年英特尔（Intel）公司的霍夫（Hoff）博士研制成功了世界上第一块4位微处理器芯片 Intel 4004，这标志着微型计算机时代从此开始。

1.2.1 4位单片机

4位单片机主要是在1974~1976年期间发展起来的。典型产品有美国国家半导体（National Semiconductor, NS）公司的COP402系列，日本松下（Panasonic）公司的MN1400系列等。4位单片机有一个4位CPU，一次可以直接处理4位二进制信息。内部设有多个通用功能模块（如并行口、定时器/计数器、中断控制系统等），还可配备专用接口（如打印机、键盘、显示器、音箱等）。4位单片机的特点是体积小，功能简单，片内程序存储器一般为2~8KB，数据存储器一般为128×4~512×4位。4位单片机广泛应用于家用电器、计算器、电子玩具等产品中。

1.2.2 8位单片机

1976年9月，美国Intel公司首先推出了MCS-48系列8位单片机。从此，单片机发展进入了一个崭新的阶段。但在1978年以前，各厂家生产的8位单片机，由于受集成电路技术的限制，一般没有串行接口，并且寻址范围也比较小（小于8KB），从性能上看属于低档8位单片机。随着集成电路工艺水平的提高，在1978~1983年期间集成电路的集成度提高到几万只管/片，因而一些高性能的8位单片机相继问世。例如，1978年摩托

罗拉 (Motorola) 公司推出的 MC6801 系列, Zilog 公司推出的 Z8 系列, 1979 年 NEC 公司推出的 uPD78XX 系列, 1980 年 Intel 公司推出的 MCS-51 系列等, 寻址能力都能达到 64KB, 片内 ROM 容量为 4~8KB, 片内除带有并行 I/O 口外, 还有串行 I/O 口, 某些还有 A-D 转换器。通常把这类单片机称为高档 8 位单片机。

随着应用需求的不断增长, 各生产厂家在高档 8 位单片机的基础上, 又相继推出了超 8 位单片机。如 Intel 公司的 8X252, Zilog 公司的 SUPER8, Motorola 公司的 MC68HC 等。它们不但进一步扩大了片内 ROM 和 RAM 的容量, 同时还增加了通信功能、DMA 传输功能以及高速 I/O 功能等。自 1985 年以后, 各种高性能、大存储容量、多附加功能的超 8 位单片机不断涌现, 它们代表了单片机的发展方向之一, 在单片机应用领域中发挥着越来越重要的作用。

8 位单片机由于功能强, 价格适中, 软硬件资源丰富, 被广泛应用于工业控制、智能仪器仪表等领域, 是目前单片机应用的主要机型。

1.2.3 16 位单片机

1983 年以后, 集成电路的集成度可达十几万只管/片, 16 位单片机逐渐问世。这一阶段的代表产品有 Intel 公司推出的 MCS-96/98 系列, 美国国家半导体公司推出的 HPC 系列, Motorola 公司推出的 M68HC16 系列, NEC 公司推出的 783XX 系列等。16 位单片机在功能上又上了一个新的台阶, 如 MCS-96 系列单片机的集成度为 12 万只管/片, 片内含有 16 位 CPU、五个 8 位并行 I/O 口、四个全双工串行口、四个 16 位定时器/计数器、八级中断处理系统、高速输入/输出 HSIO、脉冲宽度调制 (Pulse Width Modulation, PWM) 输出、特殊用途的监视定时器等。16 位单片机功能强大, 常用于高速复杂的控制系统。

1.2.4 32 位单片机

随着集成电路技术的不断发展和实际应用需要的快速增长, 许多生产厂家相继推出高性能 32 位单片机。如 Motorola 公司推出的 M68300 系列, 日立公司推出的 SH 系列等。这些单片机中不仅包含有存储器和 I/O 端口, 而且还包含有专门的通信链路接口, 能按计算方法的特点直接连成各种阵列, 满足快速响应的要求。32 位单片机常用于信号处理、图像处理、高速控制、通信等领域。

1.2.5 单片机的发展方向

随着单片机功能的不断提高和应用需求的迅速增加, 单片机正朝着多功能、高速度、低功耗、低价格、大存储容量等方向发展。

1) 多功能。把应用系统中经常需要的存储器、液晶显示 (Liquid Crystal Display, LCD) 驱动器、模拟-数字 (Analog-Digital, A-D) 转换、数字-模拟 (Digital-Analog, D-A) 转换、多路模拟开关、采样/保持器等都集成到单片机芯片中, 从而成为名副其实的单片微机。

2) 高性能。为了提高速度和执行效率, 在单片机中使用精简指令集计算机 (Reduced

Instruction Set Computer, RISC) 体系结构、并行流水线操作等设计技术, 使单片机的指令运行速度得到大大提高, 电磁兼容性得到明显改善。

3) CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 工艺。单片机采用两种半导体工艺生产。一种是 HMOS (High Performance Metal Oxide Semiconductor) 工艺, 即高密度短沟道 MOS 工艺, 它具有高速度和高密度等特点。另一种是互补金属氧化物 (Complementary HMOS, CHMOS) 工艺, 这种工艺除具有 HMOS 的优点外, 还具有 CMOS 工艺的低功耗特点。如 8051 (HMOS) 的功耗为 630mW, 而 80C51 (CHMOS) 的功耗仅为 120mW。从第三代单片机开始淘汰非 CMOS 工艺。目前, 数字逻辑器件也已普遍采用 CMOS 工艺了。

4) 串行总线。串行总线可以显著减少引脚数量, 简化系统结构。随着串行外围器件的迅速发展, 单片机的串行接口的普遍化、高速化趋势越来越明显, 许多公司都推出了串行总线单片机, 极大地丰富了单片机的应用领域。

5) 大存储容量。由于集成电路集成度的不断提高, 有的单片机的寻址能力已突破 64KB 的限制, 8 位、16 位单片机的寻址能力已达到 1MB、16MB。这给单片机用户带来很大方便。

1.3 单片机的特点

单片机种类多、型号多、生产厂家多, 每个厂家生产的不同型号的单片机都有自己独特的优势和特色, 它们普遍具有以下特点。

1. 种类多, 型号全

单片机生产厂家为了适应市场需求, 都推出丰富的系列产品, 使系统开发工程师有广泛的选择余地, 并且大部分产品具有较好的兼容性, 使产品容易进行升级换代。

2. 体积小, 价格低

单片机集成度高, 功能丰富, 能方便地构成各种智能化的设备和仪器, 这也使得单片机的销售量不断增加, 价格不断降低, 应用的领域不断扩大。

3. 面向控制

单片机的硬件结构和指令系统都带有强烈的控制色彩, 这使得用单片机完成各类控制任务变得简单方便。

4. C 语言开发环境, 易于开发

大多数单片机提供基于 C 语言的开发平台, 并提供大量的实用函数库, 这使产品的开发周期、代码可读性、可移植性都大大提高。

5. 网络功能

使用单片机可以方便地构成多机或分布式控制系统,使应用系统的效率和可靠性大为提高,也可以将单片机作为互联网的网络终端。

6. 扩展能力强

在单片机内部的各种功能部件不能满足应用需要时,均可在外部进行扩展(如扩展ROM、RAM、I/O接口、定时器/计数器、中断控制系统等),由于单片机与许多通用的接口芯片兼容,给应用系统设计带来极大的方便。

7. 抗干扰能力强

为了满足各种复杂应用需求,单片机芯片是按工业测试环境要求设计的。产品在120℃温度条件下经44h老化处理,又通过电气测试及质量检验,以适应各种恶劣的工作环境。

1.4 单片机的应用

由于单片机具有功能强、价格低、体积小、使用方便等特点,在工农业生产、航空航天、日常生活等各个领域,都得到了广泛应用。

1. 工业、农业、军事、航空

单片机作为控制器广泛用于工业测控、航空航天、尖端武器、机器人、船舶、精细农业等实时控制系统中。单片机的实时数据处理能力和控制功能,可使系统保持在最佳状态,有效提高系统的工作效率和产品质量。

2. 仪器仪表

目前单片机应用最多、最活跃的是在仪器仪表领域。由于单片机具有体积小、功耗低、控制功能强、扩展灵活、使用方便等优点,结合不同类型的传感器,可方便实现诸如电压、功率、频率、湿度、温度、流量、速度、厚度、角度、长度、硬度、元素、压力等物理量的测量。使用单片机,可以使仪器仪表数字化、智能化、微型化,可以提高测量的自动化程度和精度,简化仪器仪表的硬件结构,提高性价比。

3. 计算机外部设备与智能接口

目前,大部分计算机的外部设备包含有单片机。如微型打印机内部采用8031单片机控制,带有小型汉字库,能打印汉字,可与一般的4位或8位微机配接,通信方式简单,使用方便。软盘驱动器采用8048单片机,存储多种速度值,片内RAM中有磁道寄存器、制动计数器,能控制寻道和定位。

4. 电子商务设备

在电子商务设备中，如自动售货机、电子收款机等设备中都有单片机的踪迹。

5. 家用电器

在家用电器中，如洗衣机、电冰箱、电视机、收录机、照相机、摄像机等家用电器配上单片机后，增加了功能，提高了性能，简化了操作，备受人们的喜爱。

6. 医疗器械

为了有效提高医疗器械的智能化、自动化水平，普遍采用单片机。如医用呼吸机、血液分析仪、生理体征监护仪、超声诊断设备、病床呼叫系统等，都是单片机的典型应用。

7. 汽车电子

单片机在汽车电子中的应用越来越广泛，例如，汽车中的发动机控制器、GPS 导航系统、ABS 防抱死系统、制动系统等都由单片机控制。

8. 网络及通信

在比较复杂的系统中，常采用分布式结构，单片机在这种系统中往往作为一个终端，安装在系统的某些节点上，对现场信息进行实时测量和控制，大大提高了系统的工作效率和灵活性。

思考题

1. 单片机主要由哪些功能模块构成？各模块的主要功能是什么？
2. 举例说明你身边的单片机应用。