

21

21 SHIJI GAOZHIGAOZHUAN DIANZI JISHU GUIHUA JIAOCAI
世纪高职高专电子技术规划教材

单片机原理与应用

——凌阳SPCE061A

黄军辉 董晓倩 李建波 主编

- 引入工程实践
- 突出基本概念
- 注重技能训练

免费提供

电子教案
习题解答



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高职高专电子技术规划教材

单片机原理与应用 ——凌阳 SPCE061A

黄军辉 董晓倩 李建波 主编

人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

单片机原理与应用: 凌阳 SPCE061A / 黄军辉, 董晓倩,
李建波主编. —北京: 人民邮电出版社, 2008.2
21 世纪高职高专电子技术规划教材
ISBN 978-7-115-16298-4

I. 单… II. ①黄…②董…③李… III. 单片微型计算
机—高等学校; 技术学校—教材 IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 196747 号

内 容 提 要

本书以凌阳 SPCE061A 为例, 系统地介绍单片机的原理及实用技术。本书共分 9 章, 内容包括单片机应用系统、开发系统、指令系统、硬件结构、中断系统、单片机片内其他部件、程序设计、凌阳音频技术及单片机应用系统设计。本书每章先给出典型应用实训, 然后从实际应用的角度介绍相关理论知识。书后附录给出了 SPCE061A 单片机编程的基本函数, 以便读者查阅。

本书可作为高职高专院校电子信息、计算机、自动化、电气技术、测控技术、机电一体化等相关专业的教材, 也可以供从事嵌入式系统设计、开发和维护的广大科技人员阅读参考。

21 世纪高职高专电子技术规划教材 单片机原理与应用——凌阳 SPCE061A

- ◆ 主 编 黄军辉 董晓倩 李建波
责任编辑 赵慧君
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京铭成印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 14.75
字数: 354 千字 2008 年 2 月第 1 版
印数: 1—3 000 册 2008 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16298-4/TN

定价: 23.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

21 世纪高职高专电子技术规划教材

编 委 会

主 任 王俊鹏

副 主 任 张惠敏 向 伟

编 委 (以姓氏笔画为序)

朱乃立 阮友德 许恒玉 苏本庆 余本海

李存永 肖 珑 邱寄帆 张新成 林训超

胡修池 胡起宙 赵慧君 曾令琴 韩 丽

程 勇 潘春燕

从书出版前言

遵照教育部提出的以就业为导向, 高职高专教育从专业本位向职业岗位和就业为本转变的指导思想, 人民邮电出版社协同一些高职高专院校和相关企业共同开发了 21 世纪高职高专电子技术规划教材。

随着职业教育在我国不断深化, 各高职高专院校越来越关注人才培养的模式与专业课程设置, 越来越关心学生将来的就业岗位, 并开始注重培养学生的职业能力。但是我们看到, 高职高专院校所培养的人才与市场上需要的应用型人才仍存在差距。那么如何在保证知识体系完整的同时, 能在教材中体现正在应用的技术和前沿的技术成了本套教材探讨的重点, 为此我们在如下几个方面做了努力和尝试。

1. 针对电子类专业基础课程内容较经典, 知识点又相对统一、固定的特点, 采取本科老师与高职高专老师合作编写的方式, 借助本科老师在理论方面深厚的功底, 在写作质量上进行把关, 高职高专老师则发挥其熟悉职业教育教学需求的优势把握教材的广度与深度, 力图达到专业基础课程理论与应用相结合的目的。

2. 高职高专教育培养的人才面向生产、管理第一线的应用型人才, 基础课程的教学应以必需、够用为原则, 以掌握概念、强化应用为教学重点, 注重岗位能力的培养。本套教材在保证基本知识点讲解的同时, 掌握“突出基本概念, 注重技能训练, 强调理论联系实际, 加强实践性教学环节”的原则, 在内容安排上避免复杂的数学推导和计算。

3. 专业课程引入工程实例, 强化培养职业能力。让学生了解在实际工作中利用单片机和 PLC 做项目的流程, 并通过一系列小的实例逐步让学生产生学习兴趣, 最后通过一个大的完整案例对学生进行综合培训, 从而达到对职业能力的培养。

以上这些仅是我们在高职高专教材出版方面的初步尝试。如何配合学校做好为国家培养人才的工作, 出版高质量的教材将是我们不断追求和奋斗的目标。

我们衷心希望, 关注高等职业教育的广大读者能对本套教材的不当之处给予批评指正, 提出修改意见, 同时也热切盼望从事高等职业教育的老师、企业专家和我们联系, 共同探讨相关专业的教学方案和教材编写等问题。来信请发至 zhaohuijun@ptpress.com.cn。

21 世纪高职高专电子技术规划教材编委会

2005 年 8 月

编者的话

SPCE061A 是台湾凌阳公司 2001 年推出的新一代单片机,具有速度快、价格低、体积小、功耗低、可靠实用、简单易学等特点。

凌阳公司为 SPCE061A 单片机配备了丰富的教学辅助资料、专门的大学计划、专职的技术支持工程师、专业和全面的信息网站。因此越来越多的高职高专院校开始以凌阳 SPCE061A 为典型样机来教授单片机原理及应用课程。本书着重介绍凌阳 16 位 SOC 单片机的音频信号处理技术、SPCE061A 精简开发板和配套模组,从学习实践的需要出发,分别给出基于凌阳 SPCE061A 设计实验平台的基础实践训练项目、专业综合设计范例和设计项目。本书在讲解过程中,技术理论与实践应用并重,通过大量实例来加深理解、强化应用,通过配套的 13 个基础实验来提高学生的综合应用能力和动手能力。

本书经广东农工商职业技术学院黄军辉副教授精心选材并组织审定,由广东农工商职业技术学院黄军辉、李法春、董晓倩、黄汉南,广东机电职业技术学院李建波及广东省电子信息技工学校杨旭方共同编写。其中第 1 章由李法春副教授执笔,第 2 章由黄军辉副教授执笔,第 3 章、第 4 章、第 5 章由董晓倩老师执笔,第 6 章由杨旭方老师执笔,第 7 章、第 8 章由李建波博士执笔,第 9 章由黄汉南老师执笔。本书在编写过程中得到了北阳电子罗亚非、赖庆强等人的大力支持,他们提供了大量的实用资料,同时得到了广东农工商职业技术学院、广东机电职业技术学院的大力支持,在此向各位给予帮助的同仁表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,加之时间仓促,书中错误和疏漏之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

编者

2007 年 8 月

目 录

第 1 章 单片机应用系统	1
1.1 什么是单片机	3
1.1.1 单片机的概念	3
1.1.2 单片机的发展概况	3
1.1.3 单片机的特点	4
1.1.4 单片机的应用	4
1.2 什么是单片机应用系统	5
1.2.1 单片机应用系统的类型	5
1.2.2 单片机应用系统的组成	6
1.2.3 单片机应用系统的设计	7
1.3 单片机的 I/O 口	10
1.3.1 通信基础	10
1.3.2 单片机输入/输出接口的功能	13
1.4 凌阳 16 位单片机	15
1.4.1 μnSP^{TM} 特点	15
1.4.2 SPCE061A 简介	16
习题	17
第 2 章 集成开发环境	18
2.1 综述	24
2.2 菜单	25
2.3 工具栏	30
2.4 窗口	32
2.5 项目	42
习题	48
第 3 章 指令系统	49
3.1 指令系统概述	49
3.2 SPCE061A 指令系统	52
3.2.1 数据传送指令	52
3.2.2 算术运算指令	56
3.2.3 逻辑运算指令	64
3.2.4 控制转移类指令	71
习题	75

第4章 硬件结构	76
4.1 单片机的基本组成和工作过程	78
4.1.1 SPCE061A 的主要性能	78
4.1.2 SPCE061A 模块结构及管脚功能	79
4.1.3 SPCE061A 的最小系统	81
4.1.4 SPCE061A 开放应用方式	82
4.2 $\mu'nSP^{TM}$ 内核结构	83
4.2.1 算术逻辑运算及内积运算	83
4.2.2 寄存器组	84
4.2.3 数据总线和地址总线	87
4.3 $\mu'nSP^{TM}$ 的存储器	87
4.3.1 RAM	87
4.3.2 堆栈	87
4.3.3 闪存存储器	88
4.4 输入/输出端口	89
4.4.1 I/O 端口结构	90
4.4.2 端口设置寄存器	91
4.4.3 工作方式设置	92
4.5 系统时钟和复位电路	92
4.5.1 时钟电路	92
4.5.2 锁相环 PLL 振荡器	93
4.5.3 系统时钟	94
4.5.4 时间基准信号	95
习题	96
第5章 中断系统	97
5.1 概述	99
5.2 SPCE061A 中断系统	101
5.2.1 中断类型	101
5.2.2 中断源	101
5.2.3 中断控制	103
5.2.4 中断向量及优先级	106
5.2.5 中断响应	107
5.3 中断系统的应用	109
习题	111
第6章 单片机片内其他部件	113
6.1 定时/计数器	114
6.1.1 TimerA 和 TimerB 的结构图	115
6.1.2 定时/计数器的工作原理	116
6.2 模/数转换器	119

6.2.1 模/数转换器的控制	119
6.2.2 MIC_IN 通道方式 ADC	123
6.3 数/模转换器	126
6.4 通用异步串行接口	128
6.5 串行外部设备接口	131
6.6 睡眠与唤醒	135
6.6.1 睡眠	135
6.6.2 唤醒	135
6.7 看门狗计数器	136
习题	137
第 7 章 程序设计	138
7.1 汇编语言伪指令	140
7.1.1 汇编语言伪指令的概念	140
7.1.2 汇编语言伪指令的写法与符号约定	140
7.1.3 汇编语言伪指令的分类	141
7.1.4 汇编语言的语法格式	142
7.2 汇编语言程序设计	144
7.2.1 顺序结构	144
7.2.2 选择结构	144
7.2.3 循环结构	145
7.2.4 子程序设计	147
7.3 C 语言程序设计	149
7.3.1 顺序结构	150
7.3.2 选择结构	151
7.3.3 循环结构	151
7.3.4 子程序设计	151
7.4 程序设计举例	153
7.4.1 数字显示	153
7.4.2 设计计数器	154
习题	157
第 8 章 凌阳音频技术	158
8.1 凌阳音频技术简介	161
8.1.1 音频的概念	161
8.1.2 凌阳常用的音频形式和压缩算法	162
8.2 常用的应用程序接口 API 的功能及应用	164
8.2.1 SACM_A2000 的应用程序接口 API 函数功能介绍	164
8.2.2 SACM_S480 的应用程序接口 API 函数功能介绍	167
8.2.3 SACM_S240 的应用程序接口 API 函数功能介绍	169
8.3 键控放音程序介绍	172

8.3.1	SACM_S480 键控方式播放	172
8.3.2	SACM_S480 键控选曲	174
8.4	凌阳语音识别	176
8.4.1	语音识别的概念	176
8.4.2	语音识别的研究范围	176
8.4.3	凌阳语音识别的 API 函数	177
8.4.4	凌阳语音识别程序	179
	习题	181
第 9 章	单片机应用系统设计实训	182
9.1	实训 6 位七段 LED 数码管显示	182
9.2	实训 4×4 键盘输入在 LED 数码管上的显示	187
9.3	实训 电子时钟	193
9.4	实训 语音识别&LCD 显示	199
附录		207
参考文献		225

第 1 章

单片机应用系统

本章主要介绍单片机的概念、特点、应用,单片应用系统的组成、设计及凌阳 16 位单片机。下面以实训“熟悉 SPCE061A 微控制器”引出本章内容。

实训 熟悉 SPCE061A 微控制器

1. 实训目的

- (1) 了解 SPCE061A 的特性,为以后的实验打好基础。
- (2) 熟悉 SPCE061A 微控制器的内部结构及性能。
- (3) 了解 SPCE061A 的应用领域。

2. 实训设备和器件

装有 Windows 系统和 $\mu'nSP^TM$ IDE 仿真环境的 PC 一台及 SPCE061A 微控制器一只。

3. 实训内容

熟悉 SPCE061A 微控制器的内部结构及性能。

4. 实训步骤

(1) 了解 SPCE061A 的特性

SPCE061A 是凌阳科技继 $\mu'nSP^TM$ 系列产品 SPCE500A 等之后推出的又一个 16 位结构的微控制器。与 SPCE500A 不同的是,在存储器资源方面考虑到用户的较少资源需求以及便于程序调试等功能,SPCE061A 只内嵌 32KB 的闪存 FLASH ROM。较高的处理速度使 $\mu'nSP^TM$ 能够非常容易、快速地处理复杂的数字信号。因此,与 SPCE500A 相同,以 $\mu'nSP^TM$ 为核心的 SPCE061A 微控制器也适用于数字语音识别应用领域。

SPCE061A 在 2.6V~3.6V 工作电压范围内的工作速度范围为 0.32MHz~49.152MHz,较高的工作速度使其应用领域更加宽。它有 2KB SRAM 和 32KB 闪存 ROM 仅占一页存储空间;32 位可编程的多功能 I/O 端口;两个 16 位定时器/计数器;32768Hz 实时时钟;低电压复位/监测功能;8 通道 10 位模数转换输入功能并具有内置自动增益控制功能的麦克风输入方式;双通道 10 位 DAC 方式的音频输出功能……SPCE061A 是数字声音和语音识别产品的一种最经济的应用。

(2) 熟悉性能

- ① 16 位 $\mu'nSP^TM$ 微处理器;
- ② 工作电压: V_{DD} 为 2.6V~3.6V (CPU), V_{DDH} 为 V_{DD} ~5.5V (I/O);
- ③ CPU 时钟: 0.32MHz~49.152MHz;
- ④ 内置 2KB SRAM;
- ⑤ 内置 32KB 闪存 ROM;

- ⑥ 可编程音频处理;
- ⑦ 晶体振荡器;
- ⑧ 系统处于备用状态下(时钟处于停止状态)时,耗电小于 $2\mu\text{A}/3.6\text{V}$;
- ⑨ 两个 16 位可编程定时器/计数器(可自动预置初始计数值);
- ⑩ 两个 10 位 DAC(数/模转换)输出通道;
- ⑪ 32 位通用可编程输入/输出端口;
- ⑫ 14 个中断源可来自定时器 A/B、时基、两个外部时钟源输入、键唤醒;
- ⑬ 具备触键唤醒的功能;
- ⑭ 使用凌阳音频编码 SACM_S240 方式 (2.4kbit/s), 能容纳 210s 的语音数据;
- ⑮ 锁相环 PLL 振荡器提供系统时钟信号;
- ⑯ 32768Hz 实时时钟;
- ⑰ 7 通道 10 位电压模/数转换器 (ADC) 和单通道声音模/数转换器;
- ⑱ 声音模/数转换器输入通道, 内置麦克风放大器和自动增益控制 (AGC) 功能;
- ⑲ 具备串行设备接口;
- ⑳ 低电压复位 (LVR) 功能和低电压监测 (LVD) 功能;
- ㉑ 内置在线仿真板 (In-Circuit Emulator, ICE,) 接口。

(3) 熟悉结构

如图 1-1 所示为凌阳科技公司推出的 SPCE061A 单片机结构框图。

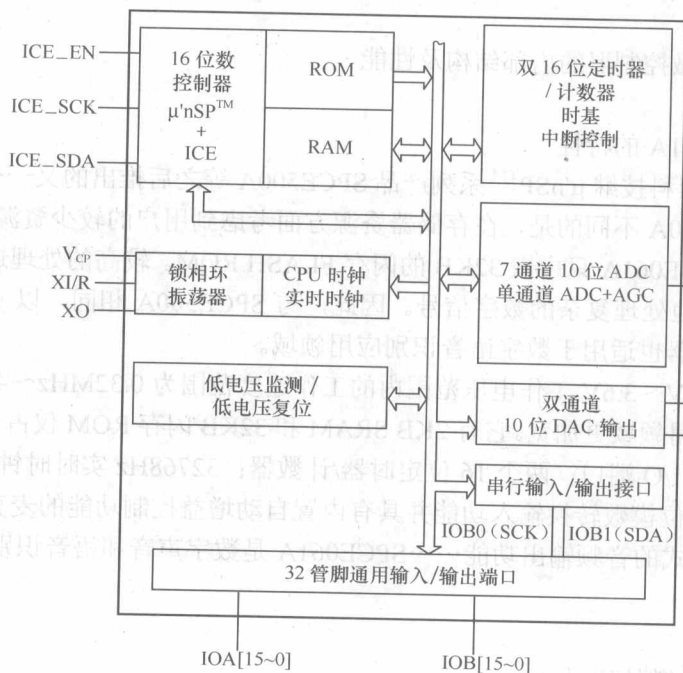


图 1-1 SPCE061A 结构框图

SPCE061A 配备了凌阳科技开发的最新 16 位微处理器 $\mu'n\text{SP}^{\text{TM}}$, 它内含 8 个寄存器: 4 个通用寄存器 R1~R4、1 个程序计数器 PC、1 个堆栈指针 SP、1 个基址指针 BP 和 1 个段寄存器 SR。通用寄存器 R3 和 R4 结合形成一个 32 位寄存器 MR, MR 可被用做乘法运算和内

积运算的目标寄存器。此外, SPCE061A 有 3 个 FIQ 中断和 14 个 IRQ 中断, 并且带有一个由指令 BREAK 控制的软中断。

μnSP^{TM} 不仅可以进行加、减等基本算术运算和逻辑运算, 还可以完成用于数字信号处理的乘法运算和内积运算。

(4) 了解应用领域

- 语音识别类产品;
- 智能语音交互式玩具;
- 高级亦教亦乐类玩具;
- 儿童电子故事书类产品;
- 通用语音合成器类产品;
- 需较长语音持续时间类产品。

1.1 什么是单片机

1.1.1 单片机的概念

自 1946 年第一台数字式电子计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学诞生以来, 计算机的发展已经历了 4 代, 微型计算机属于第四代计算机。对微型计算机而言, 如果将 CPU、存储器、I/O 接口以及定时器/计数器集成在一块芯片上, 就称为单片微型计算机 (Single Chip Microcomputer, SCM), 简称单片机, 也叫做“微控制器”或者“嵌入式微控制器”。它不是完成某一个逻辑功能的芯片(芯片也称为集成电路块, 它是 1958 年 9 月 12 日在 Robert Noyce 的领导下, 发明集成电路后开始出现的一个名称), 而是把一个微型计算机系统集成到一个芯片上。它具有体积小、功耗低、可靠性高、抗干扰能力强、价格低等优点, 被广泛应用于监测和控制领域。此外, 单片机在家用电器、电子玩具、语言设备、机器人等领域的应用也迅速发展起来。

随着单片机在技术、体系结构上的不断发展, 国际上逐渐采用“微控制器 (Micro Controller Unit, MCU)”来代替“单片微型计算机”这一名称, 但在国内, 由于习惯我们仍沿用“单片机”这一名称。

1.1.2 单片机的发展概况

单片机作为微型计算机的一个重要分支, 自 1971 年微处理器推出后不久, Intel 公司就生产出了 4 位单片机 4004, 至今单片机已经大致经历了以下几个阶段。

第一阶段为 8 位单片机的初级发展阶段 (1976 年~1980 年)。应工业控制领域的要求, 1976 年, Intel 公司推出了真正意义上的 8 位单片机——MCS-48 单片机, 它使计算机实现了单芯片化。但此系列的单片机无串行 I/O 口, 存储器容量较少, 中断处理功能也较简单。MCS-48 系列单片机的出现为单片机的发展奠定了基础, 其他公司也争相推出自己的产品, 如 Motorola 公司的 6801 系列、Rokwell 公司的 6502/RG500 系列、GI 公司的 PIC1650 系列等。

第二阶段为 8 位高档单片机的发展阶段 (1980 年~1983 年)。经过初级阶段的探索, 1980

年 Intel 公司又推出了高性能的 MCS-51 系列单片机。这一系列单片机在 MCS-48 的基础上,增加了 I/O 串行口, 定时器/计数器为 16 位, 存储容量相应增大, 中断系统得到完善, 形成了事实上的单片机结构标准。该阶段的产品还有 Motorola 公司的 M6800 系列、Zilog 公司的 Z8 系列等。

第三阶段为 16 位单片机发展及微控制器形成阶段。在 8 位单片机发展的基础上, 各公司推出了性能更高的 16 位单片机。同时, 为了满足测控对象的要求, 单片机增强了外围电路的功能, 并尽量将外围电路集成到芯片中, 体现了单片机的微控制器特征。该阶段的单片机以 Intel 公司的 MCS-96 为代表, 其他产品有 NS 公司的 HPC16040、NEC 公司的 MPD783XX 系列等, 目前凌阳公司推出的 SPCE061A 是一个标准的 16 位机。

第四阶段的单片机在集成度、速率、功能、可靠性、应用领域等全方位向更高水平发展。该阶段 CPU 数据线有 8 位、16 位、32 位, 采用双 CPU 结构或内部流水线结构, 以提高数据处理能力和运算速度; 采用内部锁相环技术, 时钟频率已高达 50MHz, 指令执行加快; 提供了运算能力较强的乘法指令和内积运算指令, 具有较强的数据处理能力; 设置了新型的串行总线结构, 为系统扩展提供了方便; 增加了常用的特殊功能部件 (如系统看门狗 WDT、通信控制器、调制解调器、脉宽调制输出 PWM 等)。随着微电子技术和半导体工艺的不断改进, 芯片正在向着高集成化、低功耗的方向发展。随着应用范围的不断扩大, 一些专用单片机也迅速发展壮大。

1.1.3 单片机的特点

单片机是集成在一块芯片上的微型计算机, 但由于它主要应用于工业控制、智能仪器仪表、家用电器等领域, 因此要求单片机具有体积小、指令简单、性能价格比高等优点, 这使得单片机在硬件结构、指令系统与通用微型计算机有一些不同之处。单片机的主要特点如下。

- (1) 单片机具有独立的指令系统, 可以将我们的设计思想充分体现出来。
- (2) 系统配置以满足控制对象的要求为出发点, 使得系统具有较高的性能价格比。
- (3) 应用系统通常将程序驻留在单片机 (外) ROM 中, 抗干扰能力强, 可靠性高, 使用方便。
- (4) 由于系统规模较小, 使其本身不具有自主开发能力, 一般需借助专用的开发工具进行系统开发和调试, 而实际应用系统简单实用、成本低、效益好。
- (5) 应用系统所用存储器芯片可选用 EPROM、E²PROM、OTP 芯片或利用掩膜形式生产, 便于批量开发和应用。许多单片机 (如 80C51 系列) 的开发芯片和扩展应用芯片相互配套, 降低了系统成本。
- (6) 由于系统体积小、控制功能强、功耗低, 便于嵌入被控设备之内, 大大推动了产品的智能化, 如数控机床、机器人、智能仪器仪表、洗衣机、电冰箱、电视机等。

1.1.4 单片机的应用

单片机经过 30 多年的发展, 渗透到了我们生活的各个领域, 很难找到哪个领域没有单片机的踪迹。

1. 家用电器

在空调、电冰箱、电视机、微波炉、电子玩具、电风扇、录像机、摄像机、全自动洗衣机等控制系统及设备中使用了各种各样的单片机, 使其性能大大提高, 实现了智能化和最优

化控制。

2. 实时工业控制

单片机可以用于各种物理量的采集与控制。电流、电压、温度、液位、流量等物理参数的采集和控制均可以采用单片机方便地实现。在这类系统中,利用单片机作为系统控制器,可以根据被控对象的不同特征采用不同的智能算法,实现期望的控制指标,从而提高生产效率和产品质量,如过程监测、航天导航、机器人、工业自动化等。

3. 智能仪器仪表

单片机的应用使自动化仪器仪表的智能化程度越来越高,如自动计费电度表、燃气表,许多工业仪表中的智能流量计、气体分析仪、成分分析仪等,各种检测仪器仪表中的多媒体信号发生器、智能电压电流测试仪、医疗器械、检测仪器等,飞机上各种仪表的控制、交通控制、计费器、数字示波器等都使用了单片机。

4. 终端及外部设备控制

在计算机外部设备(如打印机、传真机、绘图仪等)和计算机网络设备(如银行终端、商业自动收款机 POS、GPS 电子地图、复印机等)中都使用了单片机。单片机的使用使这些设备既具有计算、存储、显示和数据处理等功能,又具有和计算机连接的端口,使计算机的应用能力和范围大大提高,更好地发挥了计算机的性能。

5. 机电一体化

机电一体化是机械设备发展的方向,用单片机代替常规的逻辑顺序控制,简化了结构设计,提高了控制性能。当前的许多产品,如数控车床等都是采用这种方式。最典型的机电产品是机器人,每个关节或动作部位都是由一个单片机系统控制的。

另外,在交通领域中,汽车、火车、飞机、航天器等均有单片机的广泛应用,如汽车电子系统、航天测控系统、黑匣子等。

1.2 什么是单片机应用系统

在实际应用中,需要以单片机为核心扩展外围电路和外围芯片,构成具有应用功能的计算机系统,该系统称为单片机应用系统。

1.2.1 单片机应用系统的类型

由于单片机的应用场合及系统要求不同,单片机应用系统在规模和结构上区别很大,大致可分为基本系统和扩展系统两种类型。

1. 基本系统

这种应用系统的单片机外部没有程序存储器、数据存储器、I/O 接口等扩展部件,它是由 ROM 型或 EPROM 型单片机构成的应用系统。换言之,它是由一块片内含有程序存储器和数据存储器的单片机构成的,仅在外围配置电源、输入/输出设备,因而也称为最小应用系统。批量生产的单片机应用系统为降低成本、提高可靠性往往采用这种结构。单片机基本系统结构如图 1-2 所示。



图 1-2 单片机基本系统结构图

2. 扩展系统

为了满足应用系统的特殊需要，有时要进行系统的扩展设计以弥补单片机内部资源的不足。单片机的扩展系统通过并行 I/O 口或串行口作总线，在外部扩展了程序存储器、数据存储器或 I/O 口及其他部件，如图 1-3 所示。

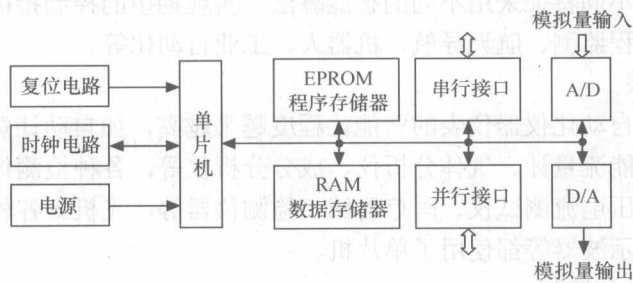


图 1-3 单片机扩展系统结构图

1.2.2 单片机应用系统的组成

下面以一个汽车追踪行驶控制系统作为单片机系统的应用实例，研究单片机应用系统的组成。汽车追踪行驶控制系统的工作原理及过程如图 1-4 所示。

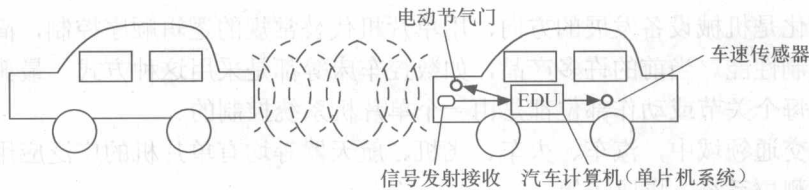


图 1-4 汽车追踪行驶控制系统

- (1) 单片机控制超声波信号发射器定时向前发射超声波并开始计时。
- (2) 超声波信号接收器接收到前方车辆反射回来的超声波后向单片机发送信号。
- (3) 单片机根据超声波的发射、返回时间计算出与前方车辆的距离。
- (4) 单片机同时根据车速传感器的信号计算出汽车行驶速度。
- (5) 单片机根据 (3)、(4) 的数据判断汽车应该加速、减速还是原速前进。
- (6) 单片机向汽车电动节气门（俗称油门）发出控制信号，控制节气门开度增大、减少或者保持不变。

类似上例，单片机应用系统的基本组成如图 1-5 所示。单片机应用系统包括以下 3 个组成部分。

- (1) 信号传感装置：相当于人的感知器官，感受外界的相关信息。
- (2) 执行装置：相当于人的手足，做出具体动作。
- (3) 单片机系统：相当于人的大脑，接收信号传感装置收集到的各种信息，进行计算、比较、判断等处理，并向执行装置发出动作命令。

显然，单片机是整个系统的核心，具有一定的智力功能，是系统工作、实现系统功能的关键。在控制系统中，常将应用系统中的单片机系统称为电子控制单元（Electronic Control Unit, ECU）。

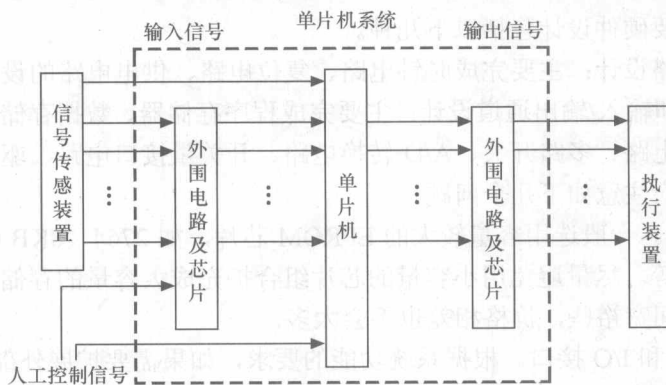


图 1-5 单片机应用系统组成示意图

1.2.3 单片机应用系统的设计

单片机应用系统是为完成某项具体任务而研制开发的用户系统，可以分为智能仪器仪表和工业测控系统两大类。虽然每个系统都有很强的针对性，结构和功能也不相同，但它们的开发过程和方法大致相同，本节主要介绍单片机应用系统开发的一般方法和步骤。

1. 确定任务

开发任何一个应用系统都必须以市场需求为前提。因此，在系统设计前，首先要进行广泛的市场调查，了解该系统的市场应用概况，分析系统当前存在的问题，研究系统的市场前景，确定系统开发设计的目的和目标。在此基础上，再对系统的具体实现进行规划，包括应该采集的信号的种类、数量、范围，输出信号的匹配和转换，控制算法的选择，技术指标的确定等。

2. 总体设计

在对应用系统进行总体设计时，应根据应用系统提出的各项技术性能指标，拟订出性能价格比最高的一套方案。首先，应根据任务的繁杂程度和技术指标要求选择机型。选定机型后，再选择系统中要用到的其他外围元器件，如传感器、执行器件等。在选取单片机机型和器件时，应注意以下几点。

(1) 性能特点要适合所要完成的任务，避免过多的功能闲置。

(2) 性能价格比要高，以提高整个系统的性能价格比。

(3) 结构原理要熟悉，以缩短开发周期。

(4) 货源要稳定，有利于批量的增加和系统的维护。

在总体方案设计过程中，对软件和硬件进行分工是一个重要的环节。用硬件实现速度比较快，节省 CPU 的时间，但系统的硬件接线复杂、系统成本较高。用软件实现则较为经济，但要更多地占用 CPU 的时间，原则上，能够由软件实现的任务就尽量用软件来实现，以降低成本，简化硬件结构。如果系统回路多、实时性要求强，则要考虑用硬件完成。同时，还要求大致规定各接口电路的地址、软件的结构和功能、上下位机的通信协议、程序的驻留区域及工作缓冲区等。总体方案一旦确定，系统的大致规模及软件的基本框架就确定了。

3. 硬件设计

硬件的设计是根据总体设计要求，在选择完单片机机型的基础上，具体确定系统中所要使用的元件，并设计出系统的电路原理图，经过必要的实验后完成工艺结构设计、电路板制