



MCU-DSP型 单片机原理与应用

——基于凌阳16位单片机

刘海成 秦进平 韩喜春 编著



北京航空航天大学出版社

TP368.1
235

MCU-DSP 型单片机原理与应用

——基于凌阳 16 位单片机

刘海成 秦进平 韩喜春 编著

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

在介绍凌阳 MCU-DSP 型 μ nSPTM 核 16 位单片机原理的同时,力图通过该处理器的具体应用来讲述嵌入式计算机的相关应用技术,使读者建立起嵌入式概念,并且架起电气信息类专业学生的专业技术与计算机应用之间的桥梁。

全书以实际工程应用和应用型教育为出发点,将单片机应用作为叙述重点,按照信号处理、计算机控制系统应用和串行通信 3 个应用领域展开详实叙述。本书还详细地介绍了单片机人机接口技术、实时时钟系统以及单片机系统优化设计等内容,涉及的芯片新,实例多,将教学内容与工程应用紧密地联系起来。

本书适合作为大专院校电子、电气、通信、自动化及仪器仪表等专业单片机类课程教材使用,同时,也可作为工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MCU-DSP 型单片机原理与应用:基于凌阳 16 位单片机/
刘海成等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,
2006.1

ISBN 7-81077-717-3

I. M… II. 刘… III. 单片微型计算机, MCU-DSP

IV. TP368.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 149325 号

© 2006, 北京航空航天大学出版社, 版权所有。

未经本书出版者书面许可,任何单位和个人不得以任何形式或手段复制或传播本书内容。
侵权必究。

MCU-DSP 型单片机原理与应用——基于凌阳 16 位单片机

刘海成 秦进平 韩喜春 编著

责任编辑 芦潇静

责任校对 陈 坤

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

http://www.buaapress.com.cn E-mail: bhpress@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:403 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 1 月第 1 次印刷 印数:5 000 册

ISBN 7-81077-717-3

定价:26.00 元

前 言

嵌入式计算机作为计算机的一个重要分支,得到了越来越广泛的应用。随着信息技术发展所带来应用需求的增多,嵌入式计算机的应用范围和需求越来越广,性能不断改进,新的架构不断出现,各种单片机、数字信号处理器(DSP)等相继面世。

学以致用,才会有价值,才能有所创新。嵌入式计算机的相关技术一直作为电气信息类本科专业的重点课程,然而往往注重的是 CPU 结构本身的分析讲解,注重汇编指令的讲述,侧重汇编语言分析,却很少讲述系统的分析与综合。具体来说存在以下问题:

1. 学生学习所讲述的嵌入式计算机,侧重汇编指令的记忆,没有深入地理解数字计算机的工作原理和工作过程,尤其是对于没有学习过计算机原理的专业。而如果非计算机专业的学生学习计算机原理课程只是为了更好地学习嵌入式计算机的话,那么势必会造成混淆,所以将计算机原理渗入到嵌入式计算机的整个教学过程中或许会有更好的效果。那么面对众多的嵌入式计算机,从何下手学习并能比较自如地选型应用,就成了嵌入式计算机学习者面临的最大问题。建议先弄清楚计算机的简单工作过程,之后熟悉一款普遍应用的单片机,着重学习它的 I/O 口使用方法,然后学习按键及 LED 显示技术,这样就算是入门了。当然,若要熟练并综合应用,还须学习中断系统、定时器和串行通信等内容。

2. 实验环节多为验证性实验,且以汇编程序为主;然而目前大多为复杂的嵌入式系统设计,代码庞大,综合性强。C 程序设计早已成为主流,C 程序的简单应用系统设计实验必将成为实验环节的主要内容。在编写过程中,本书尽可能将嵌入式 C 程序设计的技巧贯穿进去,以增强学生嵌入式系统设计的软件设计能力。

3. 教学过程中对嵌入式计算机的系统资源调配及各种接口技术的应用讲述较少,学生没有嵌入式计算机系统的概念,系统设计思想淡薄,面对实际应用感到无从下手。

4. 嵌入式计算机机型种类繁多,教师很少作对比,学生不能科学地选择,系统设计无法达到最优化,学生没有形成学好一种机型是为了方便学习和应用其他机型的意识。

5. 很多教材所讲述的内容较陈旧,不切合实际应用,不但会增加学生负担,而且会使学生很少有机会接触并学习新知识和新器件,不能跟踪主流技术。

6. 缺乏工程应用背景教育,致使学生产生不知道为什么学,学了又能用来干什么的疑问,因而学习该课程的兴致不高。

MCU - DSP 混合处理器是嵌入式计算机发展的方向, Motorola 公司的 DSP56800/E 就是典型的 MCU - DSP 混合处理器。本书所讲述的 SPCE061A 是由台湾凌阳科技推出的 SOPC(System On Programmable Chip)级 16 位 MCU - DSP 混合处理器。该 CPU 具有丰富的片上系统资源。 $\mu\text{nSP}^{\text{TM}}$ 的指令系统提供具有较高运算速度的 16 位 $\times$ 16 位的乘法运算指

令和内积运算指令,增添了 DSP 功能,使得 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列运用在复杂的数字信号处理方面既很便利,又比专用的 DSP 芯片廉价,适用于信号处理领域,具有语音处理功能。

本书在介绍 SPCE061A 内核原理的同时,力图通过叙述该处理器的应用来讲述嵌入式计算机的相关应用技术及应用领域,使学生建立起嵌入式概念,并且架起电气信息类专业学生的专业技术与计算机应用之间的桥梁。

本书立足于嵌入式计算机原理及系统设计应用的讲解,各章节尽量独立设计编写,尽可能涉及嵌入式系统各方面的知识与应用,包括 DSP 在编码、滤波器及语音识别中的应用,嵌入式计算机在控制系统中的应用,以及串行通信技术及应用等。

第 1 章介绍计算机的构成和基本工作原理,并介绍凌阳 SPCE061A 单片机的结构及开发系统等。

第 2 章系统讲解 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的指令系统和程序设计方法等。重点讲述在没有单个位的位操作指令下实现单个位操作的方法,以及软件模拟 SPI 和 I²C 总线通信等。

第 3 章主要叙述人机接口的各种常用技术,包括按键、LED、液晶以及相关的常用器件。

第 4 章讲述定时系统,包括系统时钟、时基信号和定时器等。该章还以 2 Hz 的时基中断设计一个日历时钟程序,给出万年历算法。

第 5 章讲述信号处理与语音系统的相关知识,包括 A/D、D/A、FIR 滤波器的设计,以及语音录入播放和语音识别等。

第 6 章以串行通信技术为题材,讲述工程中经常使用的串行通信技术,包括 RS232、RS485、一线通信实例、CAN 总线和 USB 通信等。

第 7 章以控制系统设计为应用对象,讲述单片机在计算机控制系统中的应用。

第 8 章讲述单片机系统的优化设计,包括抗干扰,降低功耗等。

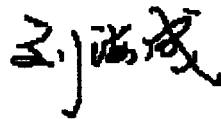
同时,本书为了方便读者学习和编程,设计了附录 C。

本书第 1、3、5、6 章由刘海成编写,第 4、8 章和附录由秦进平编写,第 2、7 章由韩喜春编写,全书由刘海成统稿。

本书由叶树江教授主审,在此表示感谢。书中参考了许多学者和专家的著作及研究成果,在此也向他们表示敬意和感谢。另外,我的学生李飞和余兵在本书编写过程中做了大量工作,表示感谢。

本书叙述简洁,涵盖内容广,知识容量大,涉及的应用实例多。本书可作为大专院校电子、电气、通信及自动化等专业单片机类课程及课程设计的教材,也可作为工程技术人员的参考书。

作者虽然力求完美,但是水平有限,书中错误之处敬请读者不吝指正和赐教。



lhch1215@sina.com

2005 年 5 月

目 录

第 1 章 数字计算机原理与系统结构导引

1.1 嵌入式计算机系统应用与发展概述	1
1.1.1 嵌入式计算机	1
1.1.2 嵌入式系统的发展趋势	2
1.1.3 如何成为嵌入式计算机的开发高手	3
1.2 数字计算机原理与系统结构概述	3
1.2.1 数字计算机的硬件结构	3
1.2.2 中央处理器 CPU	4
1.2.3 存储器	5
1.2.4 总 线	5
1.2.5 I/O 接口及 I/O 设备	5
1.3 $\mu'nSP^{TM}$ 内核架构及 SPCE061A 存储器结构	5
1.3.1 $\mu'nSP^{TM}$ 内核架构	6
1.3.2 SPCE061A 系统结构及参数简介	9
1.3.3 SPCE061A 片内存储器结构	11
1.4 SPCE061A 最小系统及开发工具	11
1.4.1 SPCE061A 的封装及引脚功能	11
1.4.2 SPCE061A 最小系统	13
1.4.3 SPCE061A 开发系统	13

第 2 章 $\mu'nSP^{TM}$ 内核指令系统与程序设计

2.1 $\mu'nSP^{TM}$ 指令系统	17
2.1.1 $\mu'nSP^{TM}$ 的寻址方式	17
2.1.2 $\mu'nSP^{TM}$ 的数据传送指令与堆栈操作	18
2.1.3 $\mu'nSP^{TM}$ 的算术运算指令	19
2.1.4 $\mu'nSP^{TM}$ 的逻辑运算指令	20
2.1.5 $\mu'nSP^{TM}$ 的程序控制指令	23
2.2 伪指令与汇编语言程序设计	25

2.2.1 $\mu'nSP^{TM}$ 内核 Xasm16 汇编伪指令	25
2.2.2 汇编语言程序设计	28
2.2.3 汇编中的子程序调用	31
2.3 $\mu'nSP^{TM}$ 内核的汇编与 GCC 混合编程	32
2.3.1 $\mu'nSP^{TM}$ 支持的数据类型及 C 语言算术逻辑操作符	32
2.3.2 汇编与 C 程序混合编程的程序调用协议	33
2.3.3 在 C 程序中调用汇编函数	34
2.3.4 在汇编程序中调用 C 函数	36
2.3.5 C 语言的嵌入式汇编	37
2.3.6 汇编及 C 语言编程的几个注意事项	39
2.4 软件布尔机及其在 SPI 接口技术中的应用	40
2.4.1 用“读—修改—写”的方法实现对单个位的位操作	40
2.4.2 通过位域的方法实现位操作	41
2.4.3 软件模拟 SPI 总线接口	43
2.5 SPCE061A 内部 Flash 的自编程技术	44
2.5.1 SPCE061A 内部闪存 Flash	44
2.5.2 SPCE061A 内部 Flash 编程操作	45

第 3 章 单片机人机接口

3.1 SPCE061A 的 I/O 口编程设置	47
3.1.1 I/O 端口结构	47
3.1.2 SPCE061A IOB 口的第二功能	49
3.1.3 P_FeedBack(写)单元与 B 口工作方式	50
3.2 人机接口——按键	52
3.2.1 机械触点按键	52
3.2.2 矩阵式键盘接口技术及编程	53
3.2.3 使用“+1”和“-1”二键控制显示数值键盘程序的设计	55
3.3 人机接口——LED 显示	59
3.3.1 静态显示与动态显示	60
3.3.2 多 LED 数码管驱动实例	60
3.3.3 LED 硬件译码和软件译码	62
3.3.4 MAX7219	63
3.4 键盘显示驱动芯片 CH451 及其应用	65
3.4.1 CH451 概述	66

3.4.2 显示驱动	67
3.4.3 键盘扫描	69
3.4.4 μ P 监控	69
3.4.5 串行接口	70
3.4.6 操作命令	71
3.4.7 典型应用电路	73
3.5 并行总线通信扩展应用与 LCD	75
3.5.1 并行接口时序	75
3.5.2 凌阳 SPLC501 驱动 128×64 点阵液晶模组	80

第 4 章 中断系统与定时控制

4.1 SPCE061A 的中断系统	84
4.1.1 中断技术概述	84
4.1.2 SPCE061A 中断系统	84
4.1.3 SPCE061A 中断源	85
4.1.4 SPCE061A 中断控制	86
4.1.5 SPCE061A 中断响应过程	89
4.1.6 中断服务子程序的编写格式	90
4.2 系统时钟与时间基准信号	91
4.2.1 SPCE061A 时钟电路	91
4.2.2 锁相环 PLL 振荡器与系统时钟	92
4.2.3 时间基准信号	94
4.3 定时器及看门狗	96
4.3.1 SPCE061A 定时器/计数器	96
4.3.2 片外时钟计数及其在心率计设计中的应用	100
4.3.3 看门狗定时器	104
4.4 日历时钟系统设计	104
4.4.1 万年历星期快速算法及阴历算法	104
4.4.2 基于 SPCE061A 的实时时钟及日历程序	107
4.4.3 时钟日历芯片 DS1302	108

第 5 章 基于 μ 'nSPTM 内核的信号处理技术与应用系统设计

5.1 ADC 原理及 SPCE061A 内部 ADC 控制	112
5.1.1 ADC 原理与实现	112

5.1.2 SPCE061A 内置的 ADC	114
5.1.3 11 路 SPI 串行 12 位 ADC——TLC2543	119
5.2 DAC 原理及 SPCE061A 内部 DAC 控制	121
5.2.1 DAC 原理	121
5.2.2 SPCE061A 的 DAC 方式音频输出	122
5.3 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核的 DSP 结构及 FIR 滤波器实现	124
5.3.1 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核的 DSP 结构——内积运算指令	124
5.3.2 FIR 滤波器设计	125
5.4 嵌入式音频技术与凌阳音频	128
5.4.1 音频概述	128
5.4.2 语音压缩编码基础	129
5.4.3 语音合成技术	130
5.4.4 语音辨识技术	130
5.4.5 凌阳音频简介	131
5.5 基于 SPCE061A 的数据压缩技术	132
5.5.1 SACM_A2000	132
5.5.2 SACM_S480	135
5.5.3 SACM_S240	136
5.6 基于 SPCE061A 的特定人语音识别技术及实现	136
5.6.1 基于 SPCE061A 的特定人语音识别 API 简介	137
5.6.2 特定人语音识别举例	138
5.7 基于 SPCE061A 的非特定人语音识别技术及实现	145

第 6 章 串行通信技术与应用

6.1 板级串行通信总线扩展接口与应用	150
6.1.1 板级串行通信总线扩展接口与应用简述	150
6.1.2 串行输入/输出端口 SIO	150
6.1.3 应用 SIO 的典型实例——SPCE061A 与 SPR4096 通信	152
6.1.4 I ² C 总线协议与接口实现	153
6.2 通用异步串行接口 UART 与 RS232/R485 通信	156
6.2.1 SPCE061A 的通用异步串行接口 UART	156
6.2.2 单片机与 PC 机的 RS232 串行接口	161
6.2.3 RS485 与 PC 监控的单片机 RS485 现场监控系统	164
6.3 现场总线与 CAN 总线节点设计	167

6.3.1 现场总线简介	167
6.3.2 CAN 总线简介	167
6.3.3 SJA1000/T 独立 CAN 控制器	169
6.3.4 高速 CAN 总线收发器——PCA82C250	176
6.3.5 CAN 总线系统智能节点设计	176
6.4 一线通信技术与红外遥控	184
6.4.1 一线串行通信原理	184
6.4.2 单总线通信与红外线遥控	186
6.5 基于一线通信的 DS18B20 多点温度采集系统设计	187
6.5.1 DS18B20 概貌	187
6.5.2 DS18B20 的内部构成及测温原理	188
6.5.3 DS18B20 的访问协议	189
6.5.4 DS18B20 的自动识别技术	192
6.5.5 DS18B20 的单总线读/写时序	193
6.5.6 DS18B20 使用中的注意事项	194
6.5.7 SPCE061A 读取单片 DS18B20 转换温度数据程序	195
6.6 USB 接口与 USB 系统设计	197
6.6.1 USB 接口概述	197
6.6.2 USB 主从机接口芯片 CH375 简介	199
6.6.3 CH375 内部结构	201
6.6.4 CH375 相关操作命令	202
6.6.5 由 SPCE061A 和 CH375 构建的 USB 系统设计	207

第 7 章 计算机测控技术与测控系统设计

7.1 计算机测控系统与测控技术概述	211
7.1.1 计算机测控系统组成	211
7.1.2 信号检测技术概述	212
7.1.3 当前控制技术介绍	215
7.2 基于 PID 控制的计算机控制系统设计	218
7.2.1 PID 控制综述	218
7.2.2 复合式数字 PID 算法	219
7.2.3 PID 参数的整定	221
7.2.4 以单片机为核心的 PID 水温控制系统软硬件设计	221
7.3 模糊控制技术与模糊控制系统设计	226

7.3.1 模糊控制概述	226
7.3.2 模糊逻辑控制器原理及模糊控制器设计	227
7.3.3 模糊智能 PID 控制器原理	228
7.3.4 采用增量式模糊控制器的水温控制系统	229
7.4 PWM 技术与应用	230
7.4.1 PWM 调制器原理	230
7.4.2 单片机控制的 PWM 开关电源技术	231
7.4.3 PWM 与直流电动机调速控制	232
7.5 步进电动机的单片机控制	235
7.5.1 步进电动机的工作方式	235
7.5.2 步进电动机的控制方法	236
7.5.3 步进电动机的运行控制及程序设计	237
7.5.4 步进电动机的选用	240
第 8 章 单片机系统优化设计	
8.1 单片机系统的抗干扰设计	242
8.1.1 电子线路中的屏蔽技术	243
8.1.2 PCB 布线的基本原则	244
8.1.3 单片机抗干扰技术	245
8.2 便携式设备的低功耗设计	246
8.2.1 概 述	246
8.2.2 延长单片机系统电池供电时间的几项措施	247
8.2.3 利用 SPCE061A 的睡眠与唤醒功能降低单片机系统功耗	249
8.3 嵌入式操作系统概述	251
8.3.1 前后台式嵌入式软件结构	251
8.3.2 免费的嵌入式实时操作系统	252
8.3.3 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 在 SPCE061A 上的移植	253
8.4 “单片机+CPLD/FPGA”结构体系在电子设计中的应用	253
8.4.1 概 述	253
8.4.2 应用实例——等精度频率计的设计与实现	254
附录 A SPCE061A 单片机的端口地址	259
附录 B $\mu'n\text{SP}^{\text{TM}}$ 内核单片机指令表	261
附录 C SPCE061A 单片机 C 语言头文件 SPCE061A.h	269
参考文献	276

第 1 章 数字计算机原理与系统结构导引

1.1 嵌入式计算机系统应用与发展概述

一说到“微处理器”,很多人就会想到“奔腾”;然而所有微处理器中只有 2% 左右用于制造 PC,另外的 98% 则构成嵌入式系统(Embedded System)。

嵌入式系统即嵌入式计算机的系统电路及其软件的总体。今日的移动电话、电子表、电子游戏机、PDA、家电、汽车、数码相机、电动机车、先进的医疗仪器,乃至即将到来的智能型房屋、智能型办公室等,无不与嵌入式系统这个核心技术息息相关。

1.1.1 嵌入式计算机

嵌入式计算机作为计算机的一个重要分支,得到了越来越广泛的应用。随着信息技术发展所带来应用需求的增多,嵌入式计算机的应用范围和需求越来越广,性能不断改进,新的架构不断出现,各种单片机和数字信号处理器(DSP, Digital Signal Processor)相继面世。嵌入式计算机主要分为微处理器(MPU, Micro-Processor Unit)和微控制器(MCU, Micro-Controller Unit),微控制器就是我们常说的单片机。

当今单片机产品琳琅满目,性能各异,但是 8 位内核单片机仍占主导地位。比较流行的 8 位内核单片机有基于 MCS51 及改进系列的单片机、Atmel 公司的 AVR 单片机、Microchip 公司的 PIC 单片机和 Motorola 公司的 68HC 系列等。

MCS51 是指由美国 Intel 公司生产的一系列单片机的总称。这一系列单片机包括众多品种,其中 8051 是最早、最典型的产品。该系列中其他单片机都是在 8051 基础上由其功能的增、减、改变而来的,所以人们习惯于用 8051 来称呼 MCS51 系列单片机;而 8031 则是前些年在我国最流行的无片内 RAM 和 ROM 的单片机,所以很多场合会看到 8031 的名称。Intel 公司将 MCS51 的核心技术授权给了很多其他公司,其中常用机型 AT89C、AT89S 系列是美国 Atmel 公司开发生产的片上 Flash 单片机。

PIC 是 RISC(Reduced Instruction Set CPU)单片机,具有强抗干扰能力,其引脚具有防瞬态能力,通过限流电阻可以接至 220 V 交流电源,也可直接与继电器控制电路相连,无需光电

耦合器隔离,给应用带来极大方便。内部有上电复位电路,内建 RC 振荡器、看门狗、定时器和 A/D 转换电路等(但 PIC 不能外扩程序存储器和数据存储器)。

AVR 是 Atmel 公司于 1997 年由 A 及 V 先生共同研发的 RISC 单片机。AVR 单片机吸取了 PIC 及 MCS51 系列单片机的优点,采用 Harward 结构,工作于 1 MHz 时性能高达 1 MIPS。ATmega 系列片上集成可校准 RC 时钟和复位电路等,片上系统丰富,具有较高的性价比。

具有较高性能的 16 位嵌入式计算机有 Motorola 公司的 DSP5600/E 系列 MCU-DSP、TI 公司的 TMS320 系列 DSP 和 MSP430 系列单片机等。本书讲述的 SPCE061A 是由台湾凌阳科技推出的 SOPC(System On Programmable Chip)级 16 位处理器,具有较高的性价比。

ARM(Advanced RISC Machines)是微处理器行业的一家知名公司,设计了大量高性能、廉价、低功耗的 RISC 处理器,以及相关技术和软件。32 位 ARM 处理器适用于多种领域,如嵌入控制、消费/教育类多媒体、DSP 和移动式应用等。ARM 公司提供一系列内核、体系扩展、微处理器和系统芯片方案,将其技术授权给世界上许多著名的半导体、软件和 OEM 厂商,其中包括 Intel、IBM、LG 半导体、NEC、SONY、Philips、国民半导体,还有 Microsoft、盛阳和 MRI 等一系列知名公司。由于所有产品均采用通用的软件体系,所以相同的软件可在所有产品中运行(理论上如此)。

1.1.2 嵌入式系统的发展趋势

未来的嵌入式系统将朝嵌入式操作系统(RTOS)、SOC 设计、便携式和与网络结合这几方面发展。

① 嵌入式操作系统(RTOS):与 PC 操作系统相比,嵌入式操作系统不要求全能,但必须能够依据系统设计规格,高效率地发挥硬件的运算能力,使产品达到效率价格比的优化。大多数系统(如工厂或银行系统)会要求全自动完成所设置的工作。除了嵌入式操作系统 VxWorks、QNX 和 NuCleos 等之外,新兴的主要竞争产品包括 Palm OS、Windows CE 和 Linux 等,其中 Embedded Linux 操作系统有免费获权特性,已被广泛运用。

② SOC 设计:嵌入式产品所需的处理器及芯片组与 PC 相比,要求体积小、散热少、省电,因此多采用高整合度的 SOC(System On Chip)处理器为其核心。

③ 便携式和与网络结合:由于嵌入式产品必须能随身携带或走入家居生活,故要求其轻薄短小,造型及颜色必须个人化,输入必须自然化,输出必须多媒体化,这样才能吸引消费者;要求与网络结合,方便进入网络服务应用领域。便携式和与网络结合,从技术方面来讲,此类技术已经成熟,但入门的专业门槛颇高。例如:基本上需要有微机架构、实时操作系统和 DSP 等背景知识,而高级设计则需要有传感器与人工智能的专业知识。

1.1.3 如何成为嵌入式计算机的开发高手

嵌入式计算机适用于电子玩具、工业控制、民用电器、机电一体化和航天航海等众多领域,其应用开发不单是软件开发,其开发语言与硬件密切相关。所以只有开发者对单片机的内部结构非常了解,才能编好软件。而单片机的开发应用还涉及硬件扩展接口和各类传感器,更重要的是,必须尽可能地了解各学科中适应单片机完成的控制项目及控制过程。掌握嵌入式计算机的应用开发需要一个过程。入门并不难,难的是长期坚持和不遗余力地学习与实践。首先必须掌握数字电路和模拟电路方面的知识,还必须学习嵌入式计算机原理、硬件结构、扩展接口和编程语言。

C语言既有高级语言的各种特点,又可对硬件进行操作,并可进行结构化程序设计。用C语言编写的程序较容易移植,可生成简洁、可靠的目标代码,在代码效率和代码执行速度上完全可以与汇编语言媲美。用C语言进行嵌入式计算机开发是发展趋势。

软件的开发是建立在硬件之上的,软硬件设计的巧妙结合是项目开发质量保证的关键。单片机硬件开发设计者应学习应用最新机型。新机型的优势表现在时钟频率的进一步提高、指令执行速度的提高、内部程序存储器和数据存储器容量的进一步扩大、A/D和D/A转换器的内部集成、LCD显示等功能模块的内部集成、外部扩展功能的增强,以及在系统编程(ISP)和仿真等。扩展接口的开发尽可能采用PSD(现场可编程外围芯片)、FPGA(或CPLD)等器件开发。这类器件都有开发平台支持,开发难度较小,开发出的硬件性能可靠,结构紧凑,利于修改,保密性好。这种方法也是硬件接口开发的趋势。

请不要作浮躁的嵌入式计算机系统工程帅。把时髦的技术挂在嘴边,还不如把基本的技术记在心里;不要被一些专用词汇所迷惑,最根本的是先了解最基础的知识。

1.2 数字计算机原理与系统结构概述

1.2.1 数字计算机的硬件结构

数字计算机所采用的指令集有复杂指令集(CISC)和精简指令集(RISC)。采用CISC指令集的计算机,其数据线和指令线分时复用,即所谓的“冯·诺伊曼结构”,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,其数据线和指令线分离,即所谓的“哈佛结构”,其取指令和取数据可同时进行,且由于一般指令线宽于数据线,使其指令较同类CISC单片机指令包含更多的处理信息,执行效率更高,速度亦更快。同时,这种计算机指令多为单字节,程序存储器的空间利用率大大提高,有利于实现超小型化。CISC结构单片机有Motorola公司的M68HC系列、Atmel公司的AT89系列、台湾Winbond(华邦)的W78系列和荷兰Philips公司的PCF80C51系列等;RISC结构单片机有

Microchip 公司的 PIC 系列、Atmel 公司的 AVR 和台湾义隆的 EM-78 系列等。PC 机是基于冯·诺依曼结构设计的。

图 1.1 所示为冯·诺依曼结构计算机硬件基本组成,它由 6 大部分组成:运算器、控制器、存储器、总线(BUS)以及输入/输出设备。其中,运算器即算术逻辑单元(ALU, Arithmetic Logical Unit),功能为进行算术和逻辑运算;存储器由记忆单元组成,用于存放数据、中间结果以及一系列运算命令;控制器根据事先给定的命令(存储在存储器中)发出各种控制信号,使整个运行过程自

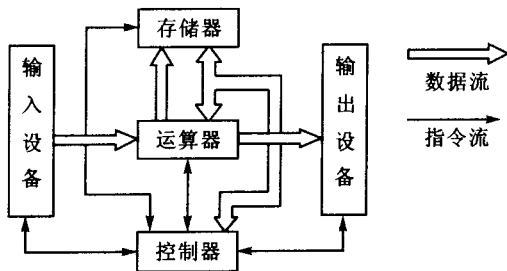


图 1.1 冯·诺依曼结构计算机硬件基本组成

动按步骤进行,运算器和控制器的整体称为 CPU(Central Processing Unit);总线则有数据总线(DBUS)、地址总线(ABUS)和控制总线(CBUS),用于完成信号或数据的传送等。

1.2.2 中央处理器 CPU

CPU 作为计算机系统的“大脑”,管理系统中的所有行为,并完成所有的数据处理。CPU 的神秘之处在于它只不过是一些逻辑电路的集合,不断重复两个操作:取指令和执行指令。CPU 能够理解并执行二进制指令,每条指令代表一次简单操作。这些指令一般为算术运算、逻辑运算、数据传送和分支操作,用一些二进制代码来表示,称为指令集(Instruction Set)(分为 CISC 和 RISC)。

CPU 内部有一组寄存器(Registers),用来暂时保存运算过程中的数据。算术逻辑单元(ALU)用作数据运算,指令译码器和控制逻辑(Instruction Decode and Control Unit)具体完成指令动作。另外有两个重要的寄存器:一个是指令寄存器 IR(Instruction Register),存放当前正在执行指令的二进制代码;另一个是程序计数器 PC(Program Counter),存放下一条指令的地址,灵活控制 PC 即可实现对程序的控制。

从系统的 ROM 中取一条指令是 CPU 最基本的操作之一,它包括以下步骤:

- ① 将程序计数器 PC 的内容放到地址总线上;
- ② 发出读指令脉冲信号;
- ③ 将数据(或指令)从 ROM 中读出并放在数据总线上;
- ④ 将指令码锁进 CPU 的指令寄存器 IR 中;
- ⑤ 程序计数器自动增加 1,准备下一次取数据(或指令)。

用一系列指令来完成一种有意义的任务称为“程序”或“软件”。

1.2.3 存储器

数据和程序存放在存储器中。CPU 直接访问的半导体存储器包括 RAM(随机存储器)和 ROM(只读存储器)。二者的区别在于:RAM 中的数据在掉电后会丢失;而 ROM 中的则不会丢失。

RAM 有静态 RAM(SRAM)和动态 RAM(DRAM)两种。静态 RAM 只要不掉电就会一直保持数据(写操作会更新数据);而动态 RAM 中的内容则须按高于某一频率进行刷新,否则数据将会丢失。

ROM 的发展经历了几个阶段:从 ROM(出厂已经写入,不能再擦除并写入用户数据)到 PROM(出厂后可以且只可以写入 1 次的 ROM),再到 EPROM(紫外线擦除 ROM),现在的 E²PROM(电可擦除 ROM)发展得很快,擦写次数可达 10 万次以上,足以当作 RAM 使用而又如 ROM 一样不丢数据。现在单片机编程时都将重要数据存放在 E²PROM 中,既增强了程序的可靠性,又简化了设定参数的电路,并可保证数据可靠。Flash 称为“闪存”,是特殊的 E²PROM,按页的概念擦除。目前,大多数嵌入式计算机都是内嵌 Flash 作为程序存储器,而且有些嵌入式计算机支持在线自编程,作为用户能掉电保护的数据存储器。

1.2.4 总线

总线(BUS)是一组按同一目的传递信息的导线。围绕 CPU 有 3 类总线:数据总线(DBUS)、地址总线(ABUS)和控制总线(CBUS)。对于每一次读/写操作,CPU 将指定数据(或指令)的地址放在地址总线上,然后由控制总线上的一个信号作用,说明是读操作还是写操作。读操作,从存储器指定的地址中读一个字节的数放在数据总线上,CPU 读取数据放到它的一个内部寄存器中;写操作,CPU 输出数据到数据总线上,存储器将数据存储到指定地址中。数据总线是双向的,地址总线是单向的(由 CPU 输出)。

根据数据总线的宽度(根数)可命名 CPU 为 8 位、16 位或 32 位等。16 根地址线的寻址范围为 $2^{16} = 2^6 \times 2^{10} = 64\text{K}$ 。本书讲述的 SPCE061A 就是 16 位计算机。

控制总线不太像总线,根数少,而且每根线都有专门用途,都是由 CPU 向外发出信号,与数据总线和地址总线有一定的时序关系。

1.2.5 I/O 接口及 I/O 设备

输入/输出(I/O)接口提供计算机系统与外界的通信通道。没有 I/O,计算机就无法与人交流。常用的 I/O 接口设备有键盘、显示器和打印机等。

1.3 $\mu\text{nSP}^{\text{TM}}$ 内核架构及 SPCE061A 存储器结构

随着单片机功能集成化的发展,其应用领域也逐渐由传统的控制扩展为控制处理、数据处

理以及数字信号处理(DSP)等领域。凌阳 16 位单片机就是为适应这种发展而设计的, CPU 内核采用凌阳公司推出的 Microcontroller and Signal Processor 16 位微处理器(以下简称 $\mu'nSP^{\text{TM}}$)通用核结构。 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的指令系统提供具有较高运算速度的 16 位 $\times$ 16 位乘法运算指令和内积运算指令,为其应用增添了 DSP 功能,使得 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 系列运用在复杂的数字信号处理方面既很便利,又比专用 DSP 芯片廉价。此外,其汇编指令近似 C 语言,具有较高的 C 语言编程效率。因此,以 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 为核心,内嵌 32K 字 Flash 的 SPCE061A 是适用于数字语音识别应用领域的一种最经济的选择。

1.3.1 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核架构

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的内核如图 1.2 所示。它由总线、算术逻辑运算单元、寄存器组、中断系统及堆栈等部分组成,右边文字为各部分的简要说明。

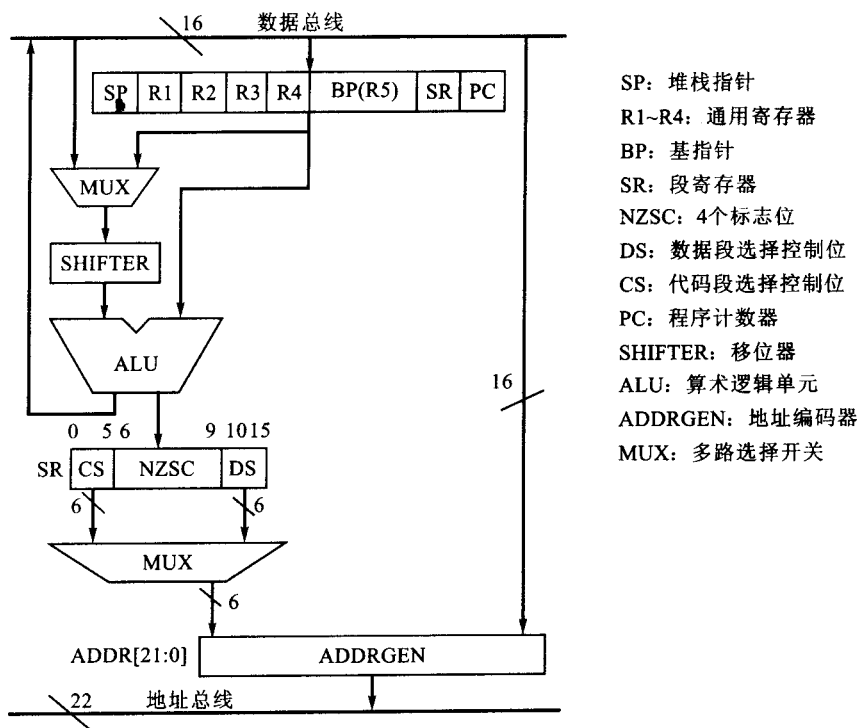


图 1.2 $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 内核架构

1. $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的算术逻辑运算单元 ALU

$\mu'nSP^{\text{TM}}$ 的 ALU 在运算能力上很有特色,且不失一般性。与大多数 CPU 类似, $\mu'nSP^{\text{TM}}$ 提供了基本的 16 位算术运算与逻辑操作指令,如加、减、比较、取补、“异或”、“或”、“与”、测试、