

高等院校信息技术规划教材

嵌入式系统原理 及接口技术

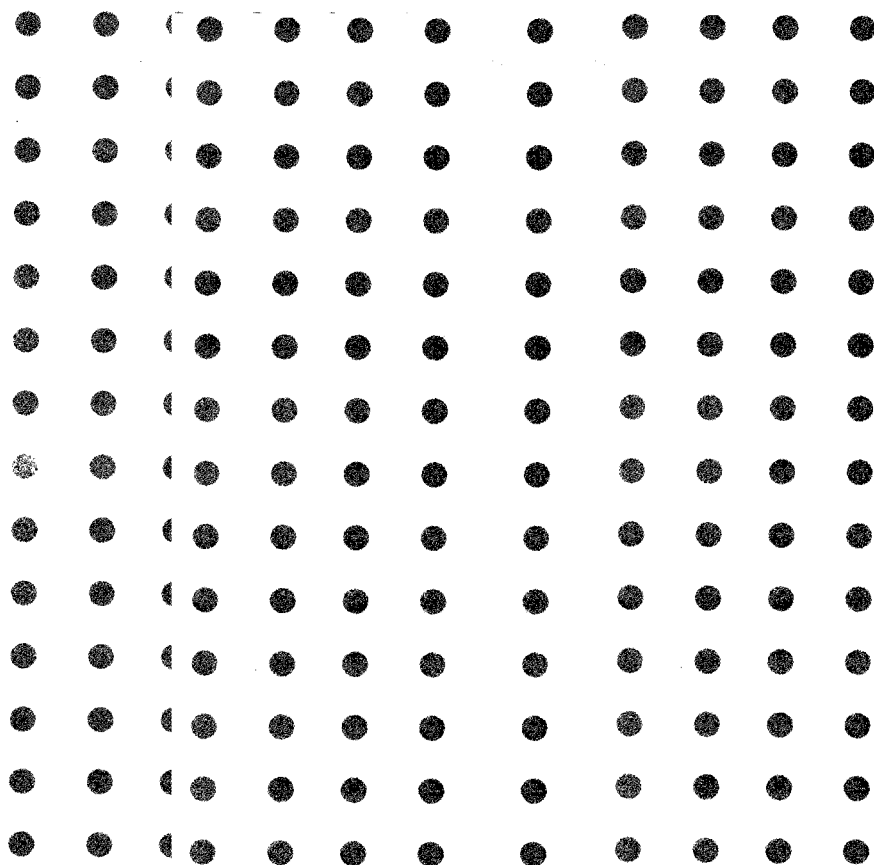
刘彦文 编著

清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

嵌入式系统原理 及接口技术

刘彦文 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

近年来,国内教学科研单位使用的教学实验开发平台,基于 S3C2410A 微处理器的较为广泛,在产品开发中也较为常用。本书系统地讲述了采用 ARM 公司 ARM920T 处理器核的 S3C2410A 嵌入式微处理器的指令系统、汇编语言、芯片内部主要功能模块的组成和原理以及与开发应用相关的知识,例如与功能模块连接的处理器芯片引脚的信号含义及使用方法,特殊功能寄存器的含义及编程使用等。另外通过举例,讲述了 S3C2410A 微处理器与其他芯片或设备的接口方法,并给出了相应的程序,便于读者加深理解。

本书主要内容可分为五部分:第 1 章对嵌入式系统做了一般性介绍,并对 ARM 系列处理器核做了简单介绍;第 2 章介绍 S3C2410A 微处理器组成及程序员模型;第 3 章和第 4 章讲述指令系统和汇编语言;第 5 章介绍存储器控制器、Nand Flash 控制器以及存储器和 Nand Flash 存储器组成实例;第 6 章到第 12 章介绍 S3C2410A 芯片内部主要功能模块原理及接口技术。

本书内容新颖,实用性强,书中有大量的图、表、例和程序,每章都附有习题,便于读者学习。

本书适用于高等院校计算机、软件、电子、自动化、通信等专业的本科生作为《嵌入式系统原理及接口技术》课程教材使用,也可作为研究生的参考教材;同时可供从事嵌入式系统设计、开发的工程技术人员参考或作为培训教材使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理及接口技术/刘彦文编著. —北京:清华大学出版社,2011.3

(高等院校信息技术规划教材)

ISBN 978-7-302-24030-3

I. ①嵌… II. ①刘… III. ①微型计算机—系统设计—高等学校—教材 ②微型计算机—接口—高等学校—教材 IV. ①TP36

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 214318 号

责任编辑:袁勤勇 徐跃进

责任校对:梁 毅

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260

印 张:28.5

字 数:676 千字

版 次:2011 年 3 月第 1 版

印 次:2011 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.50 元

前言

foreword

在嵌入式系统教学过程中,目前使用较多的教学实验开发平台是基于 S3C2410A 嵌入式微处理器的。由于不同的应用产品使用的微处理器不同,硬件连接电路也不相同,因此只能选择一款具体的微处理器,通过讲述芯片内部各功能模块的组成和原理,芯片引脚信号的含义以及芯片与片外设备、接口、驱动电路的连接方法,讲述嵌入式系统原理和接口技术。

本书选择了内核为 ARM920T 的 S3C2410A 嵌入式微处理器,系统地介绍 S3C2410A 芯片内部主要功能模块的组成和原理,介绍该芯片片外接口技术和一些常用电路的连接实例。

本书主要内容分为以下五部分:

- 第 1 章对嵌入式系统做了一般性介绍,并对 ARM 系列处理器核做了简单介绍;
- 第 2 章介绍 S3C2410A 微处理器组成及程序员模型;
- 第 3 章和第 4 章讲述指令系统和汇编语言;
- 第 5 章介绍存储器控制器、Nand Flash 控制器以及存储器和 Nand Flash 存储器组成实例;
- 第 6 章到第 12 章分别介绍 S3C2410A 芯片内部主要功能模块组成、原理及片外接口技术,包括时钟与电源管理,DMA 与总线优先权,I/O 端口及中断控制器,PWM 定时器、RTC 及看门狗定时器,UART 及 IIC、IIS、SPI 总线接口,ADC 与触摸屏接口,LCD 控制器,MMC/SD/SDIO 主控制器。

本书在内容的选择上,偏重于开发应用,实现一个具体的嵌入式系统的硬件技术。书中给出了大量的图、表、例和程序,以便于读者学习和理解。

建议在讲授计算机组成原理或微机原理后开设本课程,本课程的实验可以根据各学校具体嵌入式硬件平台的配备情况自行安排。

感谢我所在的计算机学院领导,2002 年决定在本科生和研究生中开设嵌入式系统方面的课程,并想方设法先后引进了多台教学实



验设备;感谢他们在本书编写过程中给予的支持。

特别要感谢李惠林女士,在稿件交付出版社前,对全部内容进行了录入、排版和核对;在统稿过程中提出了许多建议和修改意见。

由于编者水平有限,书中的错误和不当之处在所难免,敬请专家和读者批评指正。

刘彦文 E-mail:cslyw@imu.edu.cn

2010年8月

目录

Contents

第 1 章 嵌入式系统概述及 ARM 系列微处理器简介	1
1.1 嵌入式系统简介	1
1.1.1 嵌入式系统定义	1
1.1.2 嵌入式系统发展历程	2
1.1.3 嵌入式系统应用举例	3
1.1.4 嵌入式系统特点	3
1.2 嵌入式系统组成	5
1.2.1 嵌入式系统硬件组成举例	5
1.2.2 嵌入式系统软件组成简介	5
1.3 嵌入式微处理器	6
1.3.1 嵌入式微处理器分类	6
1.3.2 主流嵌入式微处理器介绍	8
1.4 嵌入式操作系统简介	10
1.4.1 嵌入式操作系统主要特点	11
1.4.2 主流嵌入式操作系统简介	12
1.5 ARM 系列嵌入式微处理器简介	14
1.5.1 ARM 系列处理器核的命名规则与性能	14
1.5.2 ARM 指令集结构版本和变异	17
1.6 本章小结	20
1.7 习题	20
第 2 章 S3C2410A 微处理器组成及程序员模型	21
2.1 S3C2410A 微处理器概述	21
2.2 S3C2410A 微处理器组成与引脚信号	22
2.2.1 S3C2410A 微处理器组成	22
2.2.2 S3C2410A 芯片封装、引脚编号与引脚信号名	26
2.2.3 S3C2410A 特殊功能寄存器简介	30



2.3	ARM920T 核	30
2.3.1	ARM920T 简介	30
2.3.2	ARM920T 指令系统特点	31
2.3.3	ARM920T 功能模块	32
2.4	ARM920T 的程序员模型	33
2.4.1	处理器操作状态	34
2.4.2	存储器格式和数据类型	34
2.4.3	处理器操作方式	36
2.4.4	寄存器	36
2.4.5	程序状态寄存器	39
2.4.6	异常	41
2.4.7	中断延迟	45
2.4.8	Reset	46
2.5	本章小结	46
2.6	习题	46
第3章	ARM920T 指令系统	48
3.1	ARM 指令集概述	48
3.1.1	ARM 指令集概述	48
3.1.2	ARM 指令集全部指令编码及条件域简介	50
3.2	ARM 指令	52
3.2.1	分支并且转换状态指令(BX)	52
3.2.2	分支、分支并且连接指令(B、BL)	53
3.2.3	数据处理指令	54
3.2.4	程序状态寄存器传送指令(MRS、MSR)	65
3.2.5	乘、乘累加指令(MUL、MLA)	68
3.2.6	长乘、长乘累加指令(MULL、MLAL)	69
3.2.7	单个数据传送指令(LDR、STR)	71
3.2.8	半字、带符号字节/半字传送指令(LDRH、STRH、 LDRSB、LDRSH)	74
3.2.9	块数据传送指令(LDM、STM)	78
3.2.10	单个数据交换指令(SWP)	83
3.2.11	软件中断指令(SWI)	84
3.2.12	协处理器介绍	86
3.2.13	协处理器数据操作指令(CDP)	87
3.2.14	协处理器数据传送指令(LDC、STC)	87
3.2.15	协处理器寄存器传送指令(MRC、MCR)	90
3.2.16	未定义指令	91

3.3	本章小结	91
3.4	习题	91
第4章	ARM 汇编语言特性与编程基础	96
4.1	ARM 汇编语言特性	96
4.1.1	行格式、预定义名和内建变量	96
4.1.2	ARM 伪指令与 Thumb 伪指令	98
4.1.3	符号(symbols)与指示符(directives)	102
4.1.4	与代码有关的指示符	106
4.1.5	与数据定义有关的指示符	109
4.1.6	符号定义指示符	116
4.1.7	汇编控制指示符	123
4.1.8	报告指示符	127
4.1.9	表达式和操作符	128
4.2	ARM 汇编语言编程基础	131
4.2.1	汇编语言和汇编器	131
4.2.2	调用子程序	132
4.2.3	条件执行	132
4.2.4	装入常数到寄存器	133
4.2.5	装入地址到寄存器	137
4.2.6	装入和存储多个寄存器指令	141
4.2.7	多路分支	143
4.3	本章小结	143
4.4	习题	143
第5章	存储器控制器及 Nand Flash 控制器	147
5.1	存储器控制器	147
5.1.1	S3C2410A 与存储器相关的特性	147
5.1.2	与存储器芯片连接的 S3C2410A 引脚信号及使用	149
5.1.3	存储器总线周期举例	155
5.1.4	存储器控制器特殊功能寄存器	159
5.2	存储器组成举例	164
5.2.1	使用 Nor Flash 芯片作为引导 ROM	165
5.2.2	使用 SDRAM 芯片举例	169
5.3	Nand Flash 芯片工作原理	179
5.3.1	两种引导模式	179
5.3.2	Nand Flash 概述	179



5.3.3	K9F2808U0C Nand Flash 芯片工作原理	180
5.4	Nand Flash 控制器	185
5.4.1	Nand Flash 控制器	185
5.4.2	Nand Flash 控制器特殊功能寄存器	188
5.4.3	Nand Flash 控制器与 Nand Flash 芯片连接举例	189
5.5	本章小结	189
5.6	习题	189
第 6 章	时钟与电源管理、DMA 与总线优先权	192
6.1	时钟与电源管理	192
6.1.1	时钟与电源管理概述	192
6.1.2	功耗管理概述	193
6.1.3	时钟与电源管理用到的 S3C2410A 引脚信号	193
6.2	时钟发生器	194
6.2.1	时钟与电源管理结构框图	194
6.2.2	时钟源的选择	195
6.2.3	锁相环	196
6.2.4	时钟控制逻辑	197
6.3	电源管理	199
6.3.1	电源管理模式的转换	199
6.3.2	4 种电源管理模式	200
6.3.3	S3C2410A 电源引脚	204
6.4	时钟与电源管理特殊功能寄存器	204
6.5	DMA	207
6.5.1	DMA 概述	207
6.5.2	存储器到外设 DMA 传输举例	207
6.5.3	DMA 用到的 S3C2410A 引脚信号	210
6.6	DMA 操作	210
6.6.1	硬件 DMA 请求与软件 DMA 请求	210
6.6.2	用于 DMA 操作的有限状态机	210
6.6.3	外部 DMA 请求/响应协议	211
6.6.4	Unit/Burst 传输、数据尺寸与自动重装	213
6.6.5	外部 DMA 请求/响应协议传输举例	214
6.7	DMA 特殊功能寄存器	215
6.8	总线优先权	220
6.9	本章小结	221
6.10	习题	221

第 7 章 I/O 端口及中断控制器	223
7.1 I/O 端口	223
7.1.1 I/O 端口概述	223
7.1.2 与 I/O 端口及其他寄存器相关的 S3C2410A 引脚信号	224
7.2 I/O 端口控制	225
7.3 I/O 端口特殊功能寄存器	226
7.3.1 端口 A~端口 H 寄存器组	226
7.3.2 其他寄存器	234
7.4 I/O 端口程序举例	241
7.5 中断控制器概述	244
7.6 中断控制器操作、中断源及中断优先权	245
7.6.1 中断控制器操作	245
7.6.2 中断源	246
7.6.3 中断优先权产生模块	247
7.7 中断控制器特殊功能寄存器	248
7.8 中断程序举例	255
7.9 本章小结	262
7.10 习题	262
第 8 章 PWM 定时器、实时时钟及看门狗定时器	265
8.1 PWM 定时器	265
8.1.1 PWM 定时器概述	265
8.1.2 PWM 定时器操作	267
8.1.3 PWM 定时器特殊功能寄存器	273
8.1.4 PWM 定时器应用举例	275
8.2 实时时钟	277
8.2.1 RTC 概述	277
8.2.2 RTC 组成与操作	277
8.2.3 RTC 特殊功能寄存器	279
8.2.4 RTC 程序举例	283
8.3 看门狗定时器	284
8.3.1 看门狗定时器概述	284
8.3.2 看门狗定时器操作	285
8.3.3 看门狗定时器特殊功能寄存器	286
8.3.4 看门狗定时器程序举例	288
8.4 本章小结	291



8.5 习题	291
第9章 UART 及 IIC、IIS、SPI 总线接口	293
9.1 UART	293
9.1.1 UART 概述	293
9.1.2 UART 操作	295
9.1.3 UART 特殊功能寄存器	300
9.1.4 UART 与 RS-232C 接口连接举例	306
9.1.5 UART 与红外收发器连接举例	310
9.2 IIC 总线接口	313
9.2.1 IIC 总线接口概述	313
9.2.2 IIC 总线接口组成与操作方式中的功能关系	315
9.2.3 IIC 总线接口 4 种操作方式	318
9.2.4 IIC 总线接口特殊功能寄存器	321
9.2.5 IIC 总线接口程序举例	323
9.3 IIS 总线接口	327
9.3.1 IIS 总线接口概述	327
9.3.2 IIS 总线接口组成和发送/接收方式	329
9.3.3 音频串行接口数据格式	330
9.3.4 IIS 总线接口特殊功能寄存器	332
9.3.5 IIS 总线接口程序举例	335
9.4 SPI 总线接口	337
9.4.1 SPI 总线接口概述	337
9.4.2 SPI 总线接口组成和操作	339
9.4.3 SPI 传输格式与 DMA 方式发送/接收步骤	341
9.4.4 SPI 总线接口特殊功能寄存器	343
9.4.5 SPI 总线接口程序举例	346
9.5 本章小结	347
9.6 习题	348
第10章 LCD 控制器	350
10.1 LCD 控制器概述	350
10.1.1 液晶显示基础知识	350
10.1.2 S3C2410A LCD 控制器概述	355
10.1.3 S3C2410A LCD 控制器特点	355
10.1.4 S3C2410A LCD 控制器外部接口信号	356

10.1.5	S3C2410A LCD 控制器组成	356
10.2	LCD 控制器操作(STN)	357
10.2.1	定时产生器(STN)	357
10.2.2	视频操作(STN)	359
10.2.3	抖动和 FRC(STN)	360
10.2.4	显示类型(STN)	361
10.2.5	存储器数据格式(STN,BSWP=0)	363
10.2.6	定时请求(STN)	364
10.3	LCD 控制器操作(TFT)	365
10.3.1	定时产生器(TFT)	365
10.3.2	视频操作与存储器数据格式(TFT)	366
10.3.3	256 色调色板使用(TFT)	369
10.3.4	16BPP 显示类型不使用调色板数据格式(TFT)	370
10.3.5	TFT LCD 时序举例	371
10.4	虚拟显示与 LCD 电源允许(STN/TFT)	372
10.4.1	虚拟显示(STN/TFT)	372
10.4.2	LCD 电源允许(STN/TFT)	373
10.5	LCD 控制器特殊功能寄存器	374
10.5.1	LCD 控制器特殊功能寄存器	374
10.5.2	特殊功能寄存器设置举例(STN)	381
10.6	LCD 控制器初始化程序举例(STN)	382
10.7	本章小结	385
10.8	习题	386
第 11 章	ADC 与触摸屏接口	387
11.1	ADC 与触摸屏接口基础知识	387
11.1.1	ADC 基础知识	387
11.1.2	四线电阻式触摸屏接口基础知识	388
11.2	S3C2410A ADC 与触摸屏接口概述	390
11.2.1	概述	390
11.2.2	主要特点	390
11.2.3	ADC 与触摸屏接口用到的 S3C2410A 引脚信号	390
11.3	ADC 与触摸屏接口操作	391
11.3.1	功能框图	391
11.3.2	触摸屏应用举例	391
11.3.3	功能描述	392
11.4	ADC 与触摸屏接口特殊功能寄存器	394



11.5	ADC 与触摸屏接口程序举例	396
11.5.1	ADC 程序举例	396
11.5.2	ADC 与触摸屏接口程序举例	398
11.6	本章小结	400
11.7	习题	400
第 12 章	MMC/SD/SDIO 主控制器	402
12.1	MMC/SD/SDIO 基础知识	402
12.1.1	MMC/SD/SDIO 卡介绍	402
12.1.2	MMC/SD/SDIO 主控制器组成	405
12.1.3	MMC/SD 总线协议	406
12.1.4	MMC/SD 卡初始化及数据传输	410
12.2	S3C2410A MMC/SD/SDIO 主控制器	411
12.2.1	MMC/SD/SDIO 主控制器概述	411
12.2.2	主控制器组成与 SDI 操作	412
12.2.3	SDI 特殊功能寄存器	413
12.3	MMC/SD/SDIO 主控制器程序举例	420
12.3.1	命令填充与命令发送程序举例	420
12.3.2	MMC/SD 主控制器及卡初始化程序举例	421
12.3.3	MMC/SD 卡写入数据程序举例	423
12.4	本章小结	426
12.5	习题	426
附录 A	S3C2410A 引脚信号名与对应功能描述汇总表	427
附录 B	英汉名词术语对照汇总表	432
参考文献		438

嵌入式系统概述及 ARM 系列微处理器简介

本章主要内容如下：

- (1) 嵌入式系统定义、发展历程、应用举例和主要特点；
- (2) 嵌入式系统硬件组成举例和软件组成简介；
- (3) 嵌入式微处理器分类、主流嵌入式微处理器介绍；
- (4) 嵌入式操作系统主要特点、主流嵌入式操作系统简介；
- (5) ARM 系列处理器核的命名规则与性能、ARM 指令集结构版本和变异。

1.1 嵌入式系统简介

1.1.1 嵌入式系统定义

被称为“嵌入式系统设计的第一本教科书”，美国普林斯顿大学电子工程系教授 Wayne Wolf 在“Computers as Components: Principles of Embedded Computing System Design”一书中指出：“不严格地说，它是任意包含一个可编程计算机的设备，但这个设备不是作为通用计算机而设计的。因此，一台个人计算机并不能称为嵌入式计算系统，……但是，一台包含了微处理器的传真机或时钟就可以算是一种嵌入式计算系统。”

一般认为该书中所说的嵌入式计算系统，就是人们通常所说的嵌入式系统，也称为嵌入式计算机系统。

也有把嵌入式系统称为一种用于控制、监视或协助特定机器和设备正常运行的计算机。

嵌入式系统目前被国内计算机界普遍认同的定义是：以应用为中心、以计算机技术为基础，软硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等有严格要求的专用计算机系统。

由嵌入式系统的定义可以看出，嵌入式系统明显的特点有：

- 嵌入式系统是一个专用计算机系统，有微处理器，可编程；
- 嵌入式系统有明确的应用目的；
- 嵌入式系统作为机器或设备的组成部分被使用。

1.1.2 嵌入式系统发展历程

嵌入式系统发展历程与微处理器发展历程密切相关。

虽然在 1971 年 Intel 公司生产出世界上第一片 4 位集成电路微处理器 Intel 4004 之前,也有许多计算机系统是作为某种专门的用途与具体产品结合在一起被使用,也被称为嵌入式系统,但是由于体积较大,使用不方便等原因并没有得到广泛的应用。

Intel 4004 微处理器当时是为嵌入到计算器而设计的。设计微处理器的目的,就是为了嵌入式应用。因此通常可以将 Intel 4004 微处理器的出现看作是嵌入式系统发展的初始阶段。

20 世纪 70 年代之后,大规模和超大规模集成电路技术迅速发展,单片微处理器面积不断缩小;主频提高;处理器的位数从 8 位、16 位、32 位发展到 64 位;处理器内部功能增强以及处理器内部集成了更多的功能模块,极大地提高了微处理器计算能力、处理能力和实时控制能力,促进了嵌入式系统的发展。

可以将微处理器分为通用微处理器和专门用于嵌入式系统的专用微处理器。典型的通用微处理器如 Intel 公司的 8080(8 位,1974 年)、8086(16 位,1978 年)、8088(准 16 位,1979 年)、80386(32 位,1986 年)、80486(32 位,1989 年)以及奔腾系列(32 位,1993 年)、Merced(64 位,2000 年)等。虽然通用微处理器主要用来生产通用的微型机,但是也可以与一些配套芯片及外设设计成一个专用计算机系统,作为嵌入式系统使用。

嵌入式系统专用微处理器可以分为单片机、嵌入式微处理器、数字信号处理器和片上系统。这些处理器是专门为嵌入式应用而设计的,其中单片机典型产品有 Intel 公司的 MCS-48(8 位,1976 年)、MCS-51(8 位,1980 年)、MCS-96(16 位,1982 年)等,其他专用微处理器在 1.3 节中介绍。

表 1-1 给出了 8086 与 MCS-51、MCS-96 处理器芯片内部集成功能模块的一个对比。

表 1-1 8086、MCS-51、MCS-96 处理器芯片内部集成功能模块对比

处理器/位数	片内 ROM	片内 RAM	并行 I/O	串行 I/O	中断控制器	定时器/计数器	A/D
8086/16 位	无	无	无 另接 8255A	无 另接 8250	无 另接 8259A	无 另接 8253	无
MCS-51/8 位	4KB	128B	4×8 位	1	5 中断源	2×16 位	无
MCS-96/16 位	8KB	232B	5×8 位	1	8 中断源	2×16 位	8×10 位

从表 1-1 可以看出,在微处理器早期发展阶段,通用微处理器与单片机的区别是:单片机内部集成了更多的功能模块,为的是提高处理和 control 能力;而通用处理器则把这些功能模块设计成另外单独的芯片,专注于计算速度的提高。

嵌入式系统发展历程中,专用微处理器芯片在嵌入式应用中的使用数量,较通用微处理器芯片使用数量大很多。

嵌入式系统发展历程中,出现过无操作系统控制的嵌入式系统,如 8 位单片机直接使用汇编语言或 C 语言编程;小型操作系统控制的嵌入式系统,如使用 $\mu\text{C}/\text{OS-II}$ 的系

统;大型操作系统控制的嵌入式系统,如使用 Windows CE 的系统。使用或不使用操作系统、使用小型或大型操作系统,往往取决于具体嵌入式产品功能的复杂程度。

1.1.3 嵌入式系统应用举例

嵌入式系统的应用非常广泛,以下一些设备或产品中就含有嵌入式系统:

- 家庭中的全自动洗衣机、空调机、微波炉、电饭煲、数字电视、机顶盒(Set_Top Box,STB)、DVD、超级 VCD、含有微处理器的钟表、视频游戏设备、屏幕电话(screen phone)、智能手机(smart phone)、上网终端(web terminal)、数字音响、数字门锁、智能防盗系统等。
- 办公室中的传真机、复印机、打印机、扫描仪、数字化仪、绘图机、键盘等。
- 手持设备 MP3、GPS 手持机、数码相机、数码摄像机、数码伴侣、个人数字助理(Personal Digital Assistant,PDA)等。
- 安全及金融领域中用到的身份证件识别、指纹识别、声音识别等设备。
- 通信和网络中使用的设备,如刀片服务器、交换机、路由器、无线通信基站、2.5G 和 3G 移动电话、宽带调制解调器、移动游戏设备、下一代高性能手持式因特网设备等。
- 医用电子设备,如电子血压计、心电图仪、脑电图仪等。
- 汽车电子产品中的时速、发动机转速和油量的信号采集与数字显示设备,行驶状态和故障记录的数字设备,电子地图、导航、车载 GPS、无线上网设备,刹车和安全气囊自动控制设备,汽车黑匣子、车载 MP3、车载 DVD、车载数字电视;车载信息系统,含有如途经城市的旅店、停车场、加油站、旅游点等信息。
- 军事、航空、航天领域中的设备,如我国的神舟飞船、长征运载火箭,美国的 F16 战斗机、FA-18 战斗机、B-2 隐形轰炸机、爱国者导弹,以及 1997 年火星表面登陆的火星探测器等,内部都装有嵌入式系统。
- 其他领域,如工业控制和仪器仪表、机器人、智能玩具等。

总之,在人们能够想到的许多领域和设备中,都大量使用了嵌入式系统。

1.1.4 嵌入式系统特点

嵌入式系统作为一个专用计算机系统,与通用计算机相比,有以下主要特点,在设计阶段需要给予更多的考虑。

1. 与应用密切相关

嵌入式系统作为机器或设备的组成部分,与具体的应用密切相关。嵌入式系统中计算机的硬件与软件在满足具体应用的前提下,应该使系统最为精简,成本控制在一个适当的范围内。这就要求软硬件可裁剪。

2. 实时性

许多嵌入式系统不得不在实时方式下工作,如果在规定的时间内某一请求得不到处



理或者处理没有结束,可能会带来严重的后果。实时性要求嵌入式系统必须在规定的时间内正确地完成规定的操作,例如在嵌入式系统应用较为广泛的工业控制中,化工车间的控制对系统的实时性要求非常严格。虽然在某些嵌入式系统中对实时性要求并不严格,但超时也会引起使用者的不满。

3. 复杂的算法

对不同的应用,嵌入式系统有不同的算法。例如控制汽车发动机的嵌入式系统,必须执行复杂的控制算法,以达到降低污染、减少油耗并且不降低发动机工作效率的目的。算法的复杂性还体现在,程序在解决某一问题时必须考虑运行时间的限制、运行环境以及干扰信号带来的影响等问题。

4. 制造成本

制造成本在某些情况下,决定了含有嵌入式系统的设备或产品能否在市场上成功地销售。微处理器、存储器、I/O 设备和嵌入式操作系统的价格,对制造成本有比较大的影响。因此在设计阶段,对制造成本的控制应该引起充分的重视。

5. 功耗

许多嵌入式系统采用电池供电,因此对功耗有着严格的要求。在选择微处理器、存储器和接口芯片时,要充分考虑功耗;另外,还要考虑微处理器和操作系统是否支持多种节电模式。

6. 开发和调试

必须有相应的开发环境、开发工具和调试工具,才能进行开发和调试。通常在 PC 上,运行嵌入式系统开发工具包,输入、编译并且连接需要在嵌入式系统中运行的代码,将可执行文件下载到嵌入式开发实验台(板)上,使其运行并调试。代码调试通过后,根据需要,设计并生产相应的电路板,焊接元器件,将程序固化或装入闪存。这期间要用到一些软件开发工具和调试工具,还要用到一些设备,如 PC、示波器和实验台等。

7. 可靠性

嵌入式系统应该能够可靠地运行,比如能长时间正确运行而不死机,或者死机后能由看门狗电路自动重新启动;能在规定的温度、湿度环境下连续运行;有一定的抗干扰能力等。

8. 体积

嵌入式系统一般都要求体积尽可能小。