



普通高等教育“十一五”国家级规划教材



ARM

嵌入式技术原理与应用

陈 贇 主编
汪成义 钟小磊 编著



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书以 ARM9 为基础,详细介绍以 S3C2410 器件为核心组成的嵌入式系统的硬件电路的原理与开发方法。主要内容包括:嵌入式系统的基本概念与开发流程,ARM 微处理器与嵌入式系统硬件电路的原理,存储映射及嵌入式软件开发技术,ARM 指令、程序设计以及开发工具的使用方法,Linux 基础知识,BootLoader 的原理,ViVi 与 U-Boot 的移植与使用,Linux 2.4 和 2.6 内核移植,Busybox 工具以及根文件系统制作的方法,设备驱动程序的结构与开发实例,Linux 网络编程基础知识与嵌入式 Web 服务器建立方法,基于 Qt/E 的嵌入式 GUI 设计方法等。

本书可作为高等院校计算机类、电类、机电类专业本科生和研究生的教材,也可作为电子系统设计工程技术人员学习嵌入式技术的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 嵌入式技术原理与应用 / 陈曠主编. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社,2011.1
ISBN 978-7-5124-0217-1

I. ①A… II. ①陈… III. ①微处理器,ARM—系统设计 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 180240 号

版权所有,侵权必究。

ARM 嵌入式技术原理与应用

陈 曠 主 编

汪成义 钟小磊 编著

责任编辑 李宗华 李开先 刘秉和

*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京宏伟双华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×960 1/16 印张:28.5 字数:638 千字

2011 年 1 月第 1 版 2011 年 1 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0217-1 定价:46.00 元

前 言

嵌入式系统作为一个热门领域,涵盖了微电子技术、电子信息技术、计算机软件和硬件等多项技术领域的应用。到目前为止,中国嵌入式系统的主要客户分布在电信、医疗、汽车、安全、工业控制和消费类等行业,而且它的应用领域还在不断拓展。随着计算机技术、网络技术和微电子技术的深入发展,嵌入式系统的应用无处不在。

嵌入式硬件成本的急剧下降,带动了嵌入式软件市场的快速成长,中国嵌入式软硬件市场发展迅速。

随着数字时代的到来,现代社会也在发生着根本的变革,从 18 世纪的工业产业时代已经逐步过渡到现在的信息产业时代(即 IT 时代)。现在一个产品的经济价值不仅仅反映在一个有形的产品当中,而更多的是反映在产品的软成本上。在一个嵌入式设备或产品中,硬件的成本所占的份额越来越少,而起关键作用的是软件的设计。

嵌入式系统的开发需要应用到多种开发技术,其中最主要的是硬件与软件设计技术。

作者 2005 年出版了《ARM 嵌入式技术实践教程》^[9]与《ARM9 嵌入式技术及 Linux 高级实践教程》^[10]两本教材,在近五年的使用过程中,其他兄弟院校的老师给我们提了许多宝贵意见,在此对他们的支持表示衷心的感谢!

为了感谢读者的支持,我们嵌入式应用研究团队一直致力于嵌入式技术应用与教学的研究工作,总希望把最新的研究成果编写成书稿奉献给读者,更重要的是考虑整个嵌入式技术教学的课程体系与编写的质量,所以,这本教材一直拖到现在才出版,深感抱歉!

这几年来,我们与中国电子学会以及其他兄弟单位多次主办了全国高校教师与学生嵌入式技术的培训,反响很好。本教材就是根据嵌入式技术培训的实际教学内容提炼而成书的。它具有很强的操作性,与该教材配套的实践指导书有《ARM 嵌入式技术实践》和《嵌入式 Linux 开发实践》两本讲义。

本教材的主要特点是,主要内容来源于实践,强调理论与实践相结合,整个实验代码与项目都在我们自主研发的开发板上完成。全书分为 13 章,主要内容如下:

第 1 章概要地介绍嵌入式系统及其基本概念、应用领域、发展趋势和开发流程。

第 2 章介绍 ARM 微处理器的工作状态、工作模式、存储器系统、寄存器组织和异常中断。

第 3~5 章介绍 ARM 指令系统、ADS 下的伪操作和宏指令、GNU 下的伪操作和宏指令、ARM ATPCS、ARM 程序设计、嵌入式系统开发的硬件与软件环境、ADS 与 AXD 开发工具的使用方法、ARM 的启动过程分析、嵌入式系统中的存储映射以及嵌入式软件开发技术。

第 6 章介绍 S3C2410X 的功能,以及由该芯片组成的嵌入式系统的硬件电路的原理。

第 7~8 章概要地介绍 Linux 基础知识与使用方法、嵌入式 Linux 系统的开发流程及开发环境的构建、Shell 脚本与 Makefile 的应用。

第 9~11 章介绍 BootLoader 的概念、种类及作用,ViVi 和 U-Boot 的启动过程、工作原理、移植与使用方法, Linux 2.4 和 2.6 内核配置、编译的方法,根文件系统的概念, Busybox 工具以及根文件系统制作的方法。

第 12 章介绍设备驱动程序的概念、分类,处理器与设备间数据交换方法,以及驱动程序结构、驱动开发实例。

第 13 章介绍网络通信协议、Linux 网络编程基础知识、嵌入式 Web 服务器建立方法,最后介绍基于 Qt/E 的嵌入式 GUI 设计方法,并给出一个完整的开发实例。

本书由华中科技大学工程实训中心陈贇主编。参加编写的还有湖北经济学院电子工程系汪成义老师,华中科技大学工程实训中心嵌入式应用研究团队钟小磊。另外,黄莹、陈皓宇参加了书稿的文字整理与录入工作,钟小磊、徐峰、邓广生、刘冰川、高丰、汤亮等参加了本书的部分实验代码的编写调试与验证工作,在此,对他们的工作表示衷心的感谢!

在本书出版之际,感谢华中科技大学国家电工电子教学基地与工程实训中心的老师们的支持和帮助。尤其要感谢工程实训中心汪春华主任,是他给予了作者无微不至的关怀!感谢华中科技大学工程实训中心嵌入式应用研究团队为此付出努力的全体队员,感谢中国电子学会嵌入式专家委员会的支持,也感谢北京博创兴业科技有限公司和武汉创维特信息技术有限公司对作者的帮助与支持。本书还参考了许多同行专家的专著和文章,是他们的无私奉献帮助作者完成了书稿,在此也表示深深的谢意!

本书难免有不成熟乃至错误的地方,恳请读者谅解和指正!

本教材配有教学课件。需要用于教学的教师,请与北京航空航天大学出版社联系。北京航空航天大学出版社联系方式如下:

通信地址:北京市海淀区学院路 37 号北京航空航天大学出版社市场部(邮编:100191)

电话/传真:010-82317027 E-mail: bhkejian@126.com

作者

2010 年 7 月于华工园

目 录

第 1 章 嵌入式系统简介	1
1.1 嵌入式系统	1
1.1.1 嵌入式系统概念	2
1.1.2 嵌入式系统的分类	3
1.1.3 嵌入式处理器介绍	4
1.1.4 嵌入式系统组成	6
1.1.5 嵌入式系统开发	8
1.2 嵌入式系统的应用领域	9
1.3 嵌入式操作系统.....	11
1.3.1 操作系统.....	11
1.3.2 嵌入式操作系统简介.....	12
1.4 嵌入式系统的发展趋势.....	14
练习与思考题	17
第 2 章 ARM 体系结构及编程模型	18
2.1 ARM 微处理器的特点	18
2.1.1 ARM 概述	18
2.1.2 ARM 体系结构的特点	19
2.2 ARM 微处理器系列介绍	20
2.2.1 ARM7 系列	20
2.2.2 ARM9 系列	21
2.2.3 ARM9E 系列	21
2.2.4 ARM10E 系列	21
2.2.5 ARM11 系列	21

2.2.6	SecurCore 系列	22
2.2.7	StrongARM 和 XScale 系列	22
2.2.8	ARM Cortex 系列	22
2.2.9	基于 32 位 ARM 核微处理器	23
2.2.10	ARM 系列产品命名规则	23
2.3	ARM 体系结构	23
2.3.1	体系结构概念	23
2.3.2	ARM 体系结构	25
2.3.3	ARM9 体系结构	26
2.4	ARM 流水线结构	27
2.5	ARM 总线结构	29
2.6	ARM 微处理器的工作状态与模式	29
2.6.1	工作状态	29
2.6.2	工作状态切换	30
2.6.3	ARM 微处理器的工作模式	30
2.7	ARM 体系结构的存储器格式	32
2.7.1	ARM 存储数据类型	32
2.7.2	ARM 存储器组织	32
2.7.3	ARM 存储器层次	34
2.8	寄存器组织	34
2.8.1	ARM 状态下的寄存器组织	34
2.8.2	Thumb 状态下的寄存器组织	37
2.8.3	程序状态寄存器	38
2.9	异常	40
2.9.1	ARM 体系结构所支持的异常类型	40
2.9.2	对异常的响应	41
2.9.3	从异常返回	41
2.9.4	各类异常的具体描述	41
2.9.5	异常进入/退出	43
2.9.6	异常向量	44
2.9.7	异常优先级	44
	练习与思考题	45
第 3 章	ARM 指令系统	46
3.1	ARM 指令系统版本	46

3.2 ARM 微处理器指令格式	48
3.2.1 ARM 指令特点	48
3.2.2 ARM 指令格式	48
3.2.3 ARM 指令条件码	50
3.3 ARM 微处理器指令的寻址方式	51
3.3.1 寄存器寻址	51
3.3.2 立即寻址	51
3.3.3 寄存器偏移寻址	52
3.3.4 寄存器间接寻址	53
3.3.5 基址寻址	53
3.3.6 多寄存器寻址	54
3.3.7 堆栈寻址	54
3.3.8 块复制寻址	55
3.3.9 相对寻址	55
3.4 ARM 指令分类	56
3.4.1 ARM 跳转指令	56
3.4.2 ARM 数据处理指令	58
3.4.3 ARM 存储器访问指令	64
3.4.4 杂项指令	67
3.4.5 协处理器指令和异常中断指令	70
3.5 Thumb 指令与等价的 ARM 指令	70
练习与思考题	71
第 4 章 ARM 汇编程序设计	73
4.1 ARM 汇编伪操作和宏指令	73
4.1.1 ADS 下的伪操作和宏指令	74
4.1.2 GNU 下的伪操作和宏指令	83
4.1.3 ADS 与 GNU 编译环境下的比较	85
4.2 ARM APCS	86
4.2.1 基本 APCS	86
4.2.2 ARM 和 Thumb 程序混合使用	88
4.3 ARM 程序设计	89
4.3.1 ARM 汇编语言程序设计	89
4.3.2 ARM 汇编语言程序实例	91
练习与思考题	92

第 5 章 ARM 嵌入式系统软件设计	93
5.1 开发平台	93
5.1.1 概述	93
5.1.2 硬件开发环境	94
5.1.3 软件开发环境	97
5.2 ADS 的使用简介	108
5.2.1 ADS 的应用	108
5.2.2 AXD 调试	113
5.3 ARM 的启动过程分析	118
5.3.1 系统的初始化	118
5.3.2 初始化程序分析	120
5.4 嵌入式系统中的存储映射	132
5.4.1 ARM 映像文件	132
5.4.2 分散装载技术	135
5.5 嵌入式系统中软件设计	139
5.5.1 嵌入式 C 编程规范	139
5.5.2 ARM 汇编语言与 C 混合编程	140
5.5.3 中 断	145
练习与思考题	154
第 6 章 ARM 应用系统硬件设计	155
6.1 S3C2410X 介绍	155
6.1.1 S3C2410X 功能简介	155
6.1.2 引脚说明	161
6.2 开发板外围电路设计	169
6.2.1 电源电路	169
6.2.2 时钟和电源管理	171
6.2.3 复位电路	174
6.2.4 S3C2410X 与外围电路的连接	175
6.2.5 存储器系统设计	177
6.3 开发板接口电路设计	183
6.3.1 I/O 端口	183
6.3.2 DMA 控制器	189
6.3.3 UART 通用异步串行接口	196
6.3.4 USB 接口	207

6.3.5	A/D 转换与触摸屏	211
6.3.6	LCD 控制器	218
6.3.7	I ² C 串行总线接口	227
6.3.8	I ² S 串行总线接口	235
6.3.9	网络接口	237
6.4	其他伺服电路	239
6.4.1	JTAG 接口	239
6.4.2	看门狗	240
6.4.3	定时器	243
	练习与思考题	253
第 7 章	Linux 系统简介	254
7.1	Linux 基础知识	254
7.1.1	什么是 Linux	254
7.1.2	Linux 应用开发	255
7.1.3	Linux 特点	256
7.1.4	GNU 与 POSIX 标准	256
7.2	Linux 入门	257
7.2.1	Linux 介绍	257
7.2.2	Linux 的启动运行	261
7.2.3	Linux 的文件系统	263
7.2.4	Linux 常用命令	264
7.2.5	Linux 文本编辑	269
7.2.6	Linux 下的文件名与扩展名	270
	练习与思考题	271
第 8 章	Linux 编程基础	272
8.1	交叉开发环境的建立	272
8.1.1	嵌入式 Linux 系统开发流程	272
8.1.2	交叉编译概述	272
8.1.3	构建交叉工具链	279
8.1.4	嵌入式 Linux 开发环境组建方案	288
8.1.5	VMWare 的安装与使用	290
8.1.6	安装 RedHat9.0	290
8.1.7	配置宿主机	292
8.2	Shell 脚本	295

8.2.1	什么是 Shell	295
8.2.2	Shell 脚本编程	297
8.2.3	Shell 命令的集成	301
8.3	Makefile	303
8.3.1	GNU make	303
8.3.2	Makefile 规则	305
	练习与思考题	307
第 9 章	BootLoader	308
9.1	BootLoader 基础	308
9.1.1	BootLoader 简介	308
9.1.2	BootLoader 的种类	311
9.1.3	BootLoader 的基本原理	312
9.2	ViVi	313
9.2.1	ViVi 命令	313
9.2.2	ViVi 的配置与编译	315
9.2.3	ViVi 代码分析	317
9.3	U-Boot	317
9.3.1	U-Boot 介绍	317
9.3.2	U-Boot 的启动过程及工作原理	318
9.3.3	U-Boot 的移植	323
9.3.4	U-Boot 的使用	329
	练习与思考题	330
第 10 章	Linux 内核的移植	331
10.1	Linux 移植概述	331
10.1.1	Linux 移植的概念	331
10.1.2	Linux 移植的准备	332
10.1.3	移植过程的基本内容	332
10.2	Linux 内核和结构	332
10.2.1	Linux 内核概念	332
10.2.2	Linux 内核的结构	333
10.2.3	嵌入式 Linux 的代码结构	334
10.3	Linux 2.4 内核的移植	335
10.3.1	Linux 2.4 内核配置、编译概述	335
10.3.2	Linux 2.4 移植实例	337

10.3.3	Linux 操作系统的启动	340
10.4	Linux 2.6 内核移植	342
10.4.1	嵌入式 Linux 2.6 概述	342
10.4.2	Linux 内核源代码目录	343
10.4.3	Linux 2.6 移植实例	344
	练习与思考题	349
第 11 章	Linux 根文件系统制作	350
11.1	根文件系统概述	350
11.1.1	根文件系统的概念	350
11.1.2	文件系统的分类	351
11.1.3	Linux 根文件系统目录结构	355
11.2	根文件系统的制作	356
	练习与思考题	360
第 12 章	嵌入式 Linux 驱动开发	361
12.1	设备驱动程序基础	361
12.1.1	设备驱动程序概述	361
12.1.2	设备驱动程序的分类	364
12.1.3	处理器与设备间数据交换	364
12.1.4	驱动程序结构	365
12.2	驱动程序开发实例	368
12.2.1	编写驱动程序的基本要点	368
12.2.2	驱动程序实例开发	373
	练习与思考题	381
第 13 章	嵌入式 Linux 应用开发	382
13.1	网络通信协议	382
13.1.1	TCP/IP	382
13.1.2	协议的选择	386
13.2	Linux 网络编程基础	386
13.2.1	网络程序结构	386
13.2.2	Socket 概念	387
13.2.3	Socket 编程的基本函数	387
13.3	嵌入式 Web 服务器	397
13.3.1	嵌入式 Web 服务器概述	397
13.3.2	Boa 的移植实例	398

13.4 嵌入式图形系统简介	407
13.4.1 Qt/Embedded	407
13.4.2 Microwindows	409
13.4.3 MiniGUI	409
13.5 基于 Qt/E 的嵌入式 GUI 设计	410
13.5.1 Qt/E 和 Qtopia 开发模型	410
13.5.2 Qt/E 开发环境的建立	411
13.5.3 Qt Creator 的安装	420
13.6 Qt 开发基础	422
13.7 Qt4 开发实例	430
练习与思考题	441
参考文献	443

第 1 章

嵌入式系统简介

本章概要地介绍了嵌入式系统基本概念和开发流程、嵌入式系统的应用领域、嵌入式操作系统的基本概念以及未来嵌入式系统的发展趋势。

教学目标

本课程是“微机原理”、“微机接口技术”、“C 语言设计”等课程的后续课程，它是一门面向应用的、具有很强的实践性与综合性的课程。分理论与实验两部分，共 140 学时。第 1 部分 ARM 体系结构与编程理论教学，建议 30 学时左右，实验使用《ARM 嵌入式技术实践》教材相配合，课内实验 40 学时。第 2 部分为 Linux 部分，理论 30 学时，实验使用《嵌入式 Linux 开发实践》相配合，课内实验 40 学时。通过本课程的学习，使学生掌握 ARM 的系统结构、指令系统、程序设计方法、系统扩展方法、应用及开发技术、嵌入式操作系统基础、嵌入式操作系统管理、调度、交叉编译技术以及嵌入式系统应用设计等知识。本课程的知识可为学生今后学习计算机控制技术课程以及从事嵌入式系统研究与开发打下坚实的基础。

教学建议

本章教学学时建议：2 学时。

嵌入式系统基本概念：1 学时；

嵌入式系统的应用领域：0.5 学时；

未来嵌入式系统的发展趋势：0.5 学时。

要求深刻理解嵌入式系统的基本概念：嵌入式系统、嵌入式系统的特点、嵌入式系统的分类，了解嵌入式系统的应用领域、嵌入式系统的现状和发展趋势以及目前常用的几种嵌入式操作系统。

1.1 嵌入式系统

嵌入式技术的快速发展不仅使之成为当前微电子技术与计算机技术中的一个重要分支，同时也使计算机的分类从以前的巨型机、大型机、小型机、微机之分变为了通用计算机和嵌入

式系统之分。嵌入式的应用更是涉及金融、航天、电信、网络、信息家电、医疗、工业控制、军事等各个领域,以致一些学者断言嵌入式技术将成为后 PC 时代的主宰。

1.1.1 嵌入式系统概念

如果以公元 2000 年作为科学技术史上的一个分水岭,那么公元 2000 年之前可以称之为 PC(Personal Computer)时代;而公元 2000 年之后则被称为后 PC(Post - Personal Computer)时代。在 PC 时代,人类从最早的电子计算机、大型计算机等原始科技开始发展,直到今日的 WinTel(Windows&Intel)世界,世界范围内的各电子厂商以微软(Microsoft)和英特尔(Intel)公司的系统标准为设计制造的平台,投入大量人力、财力资源,致力于对 PC 系统的升级改进。但在后 PC 时代,这一格局都将发生改变。

嵌入式技术将是后 PC 时代的技术主力,伴随着 20 世纪 90 年代末计算机网络技术的成熟发展,到 21 世纪,人类已经进入到所谓的后 PC 时代。在这一阶段,人们开始考虑如何将客户终端设备变得更加智能化、数字化,从而使得改进后的客户终端设备更轻巧便利、易于控制或具有某些特定的功能。为了实现人们在后 PC 时代对客户终端设备提出的新要求,嵌入式技术提供了一种灵活、高效和高性价比的解决方案。嵌入式技术成为当前微电子技术与计算机技术中的一个重要分支。

随着信息技术与网络技术的高速发展,嵌入式技术的应用越来越广,正在逐渐改变着传统的工业生产和服务方式。

根据 IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义:嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”(原文为 Devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。

简单地讲,嵌入式系统就是嵌入到对象体中的专用计算机系统。它的三要素是嵌入、专用、计算机。嵌入性是指嵌入到对象体系中,有对象环境要求;专用性是指软、硬件按对象要求进行裁剪;计算机是指实现对象的智能化功能且以微处理器为核心的系统。

广义地讲,一个嵌入式系统就是一个具有特定功能或用途的计算机软硬件集合体。即以应用为中心,以计算机技术为基础,软件硬件可裁剪,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统。

由上面的定义可知,嵌入式系统是一种用于控制、监测或协助特定机器和设备正常运转的计算机。它通常由 3 部分组成:嵌入式微处理器、相关的硬件支持设备以及嵌入式软件系统。嵌入式系统发展的最高形式——片上系统(SoC 即 System on Chip)。

嵌入式系统的特性:

- (1) 只执行特定功能;
- (2) 以微控制器、外围器件为中心,系统构成可大可小;
- (3) 有严格的时序性和稳定性要求;

- (4) 自动操作循环,等待中断控制;
- (5) 程序被烧写在存储芯片中。

嵌入式系统这一概念实际上很久以前就已经存在了。早在 20 世纪 60 年代,它就被用于对电话交换进行控制,当时被称为“存储式过程控制系统”(Stored Program Control System)。真正意义上的嵌入式系统是在 70 年代出现的,发展至今已经有 30 多年的历史,它大致经历了以下 4 个发展阶段:

第一阶段:以单芯片为核心的可编程控制器系统,同时具有检测、伺服、指示设备相配合的功能。1971 年 Intel 公司首先开发出了第 1 片 4 位微处理器 4004,主要用于家用电器、计算机、高级玩具中。4004 的问世标志着嵌入式系统的诞生。

这一类型的系统大部分用于专业性极强的工业控制系统中,一般没有操作系统支持,通过汇编语言对系统进行直接控制。

系统的主要特点是:结构和功能相对单一、效率较低、存储容量较小、几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简单、价格低,所以,过去在工业领域中应用较为普遍;但是,它们已经远远不能适应高效的、需要大容量存储介质的现代化工业控制和后 PC 时代新兴的信息家电等领域的应用要求。

第二阶段:以嵌入式中央处理器为基础,以简单操作系统为核心的嵌入式系统。

系统的主要特点是:CPU 种类繁多、通用性较弱、系统开销小、操作系统只具有低度的兼容性和扩展性、应用软件较为专业、用户界面不够友好。这种嵌入式系统的主要任务是用来控制系统负载,以及监控应用程序的运行。

第三阶段:以嵌入式操作系统为标志的嵌入式系统。

系统的主要特点是:嵌入式操作系统能够运行于各种不同类型的处理器之上、操作系统内核精小、效率高、模块化程度高、具有文件和目录管理、支持多任务处理、支持网络操作、具有图形窗口和用户界面等功能、具有大量的应用程序接口、开发程序简单、并且嵌入式应用软件丰富。然而,在通用性、兼容性和扩展性方面仍不理想。

第四阶段:以基于网络操作为标志的嵌入式系统,这是一个正在迅速发展的阶段。随着网络在人们生活中的地位日益重要,越来越多的应用需要采用支持网络功能的嵌入式系统,所以在嵌入式系统中使用网络操作系统将成为今后的发展趋势。

随着现代社会与经济的快速发展,嵌入式技术在当今的应用也越来越广泛,其主要原因是由现代社会与经济发展的大环境决定的,第一是 Internet 网的普及,第二是 GPS 广泛应用,第三是电信网的普及,第四是无线网络的应用如 ZigBee 技术等,这些都为嵌入式设备在智能化、数字化、信息网络上提供了强力保证。

1.1.2 嵌入式系统的分类

根据嵌入式系统的发展阶段以及嵌入式系统的特点,其分类可以从硬件范畴和软件范畴

两个方面进行分类。

1. 按表现形式即硬件范畴分类

芯片级嵌入式系统：在处理器芯片中含有程序或算法。

模块级嵌入式系统：在系统中含有某个核心模块。

系统级嵌入式系统：它包含完整系统并有嵌入软件的全部内容。

2. 按实时性即软件范畴的要求分类

按照实时性,可分为实时系统和非实时系统。

一般来说,实时系统是指能及时响应外部发生的随机事件,并以足够快的速度完成对事件处理的计算机应用系统。实时系统的特点是,如果逻辑和时序出现偏差,将会引起严重后果的系统。实时系统又分为两种类型:软实时系统和硬实时系统。软实时系统主要用于消费类产品,而硬实时系统主要用于工业和军工系统。

非实时系统用于对外部响应要求不太严格的产品中,如 PDA 等。

1.1.3 嵌入式处理器介绍

长期以来,微处理器沿着两条路线在发展:一条是通用微处理器的发展,另一条是嵌入式微处理器的发展。嵌入式微处理器是嵌入式系统中的核心部件。

通用微处理器功能强大,主频最高达 3 GHz,应用程序完全在操作系统上运行,相应的设备也多,要求海量存储设备,如硬盘等。通用微处理器发展的主要历程是:

(1) 4 位: Intel 公司的 4004、4040 等;

(2) 8 位: Intel 公司的 8008、8080, Motorola 公司的 6800 系列, Zilog 公司 Z80 系列, NS 公司的 NSC800 系列等;

(3) 16 位: Intel 公司的 8086、80286, Thompson 公司 68200 等;

(4) 32 位: NS 公司的 32000, Intel 公司的 80386、80486 等;

(5) 64 位: Intel 公司 Pentium II、III、IV, Apple 公司的 PowerPC G5 等。

嵌入式微处理器根据不同的应用场合和要求,种类较多,主要经历了以下的发展历程:

(1) 4 位: TI 公司的 TMS1000, NS 公司的 COP 系列等;

(2) 8 位: Intel 公司的 8048/49/50、8051/52, Motorola 公司的 6800 系列, Zilog 公司 Z8 系列, Atmel 公司的 89C51/52、89C1051/2051, Microchip 公司的 PIC 系列等;

(3) 16 位: Intel 公司的 8096/97, Thompson 公司的 68200 等;

(4) 32 位: ARM 公司的 ARM7、ARM9、ARM10 等;

(5) 64 位: ARM 公司的 ARM11, MIPS 公司的 R2000、R3000 等。

按照功能和用途划分,嵌入式微处理器可以进一步细分为:嵌入式微控制器、嵌入式微处理器、嵌入式数字信号处理器、片上系统 SoC 和片上可编程系统 SoPC 等几种类型。

1. 微控制器 MCU

MCU(Micro Control Unit)典型的代表是 8 位单片机,目前它在嵌入式设备中仍然有着极其广泛的应用。

单片机芯片内部集成了 ROM/EPROM、RAM、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash、EEPROM 等各种必要功能和外设。

由于 MCU 具有低廉的价格、优良的功能,所以拥有的品种和数量最多,比较有代表性的 MCU 包括 8051、MCS - 251、MCS - 96/196/296、P51XA、C166/167、68K 系列以及有支持 I²C、CAN 总线、LCD 及众多专用 MCU 和兼容系列。

近年来 Atmel 公司推出的 AVR 单片机,由于其集成了 FPGA 等器件,所以具有很高的性价比,势必将推动单片机获得更快的发展。

MCU 处理能力非常有限,微控制器 MCU 的总线宽度一般为 4 位、8 位或 16 位,处理速度有限,一般在几个 MIPS(百万条指令数每秒),进行一些复杂的应用很困难,运行操作系统就更难。但它仍然是目前嵌入式工业的主流产品。

2. 嵌入式微处理器 MPU

MPU(Micro Processor Unit)是由通用计算机中的 CPU 演变而来的,如 80386~80387。它们与通用计算机处理器不同的是,在实际嵌入式应用中,只保留和嵌入式应用紧密相关的功能硬件,去除其他的冗余功能部分,这样就以最低的功耗和资源实现嵌入式应用的特殊要求。

嵌入式微处理器和工业控制计算机相比,具有体积小、质量轻、成本低、可靠性高的优点。目前主要的嵌入式处理器类型有 Aml86/88、386EX、SC - 400、PowerPC、68000(Motorola 公司)、MIPS(MIPS 公司)、ARM(ARM 公司)、StrongARM(Intel 公司)等。

典型的嵌入式微处理器是 ARM/StrongARM。

ARM 32 位处理器是可精简的计算机系统,价格很低,逐渐转入单芯片应用解决方案。上可跑操作系统,下可做实时控制使用。

3. 数字信号处理 DSP

DSP(Digital Signal Processor)是专门用于信号处理方面的处理器,其在系统结构和指令算法方面进行了特殊设计,在数字滤波、FFT、频谱分析等各种仪器上 DSP 获得了大规模的应用。

DSP 的理论算法在 20 世纪 70 年代就已经出现,但是由于专门的 DSP 处理器还未出现,所以这种理论算法只能通过 MPU 等由分立元件实现。1982 年世界上诞生了首枚 DSP 芯片,在语音合成和编码解码器中得到了广泛应用。DSP 的运算速度进一步提高,应用领域也从上述范围扩大到了通信和计算机方面。

目前获得最为广泛应用的嵌入式 DSP 处理器是 TI 公司的 TMS320C2000/C5000/C6000 系列,另外其他公司的 DSP 也有各自的应用范围。

DSP 是运算密集处理器,一般用在快速执行算法,做控制不是它的应用优势。为了追求