

EMBEDDED  
SYSTEM

嵌入式技术与应用丛书

# 嵌入式硬件系统设计 与开发实例详解

沈文斌 主编



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

【嵌入式技术与应用丛书】

# 嵌入式硬件系统设计与 开发实例详解

沈文斌 主编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书重点介绍了嵌入式应用系统硬件的设计与开发, 主要内容包括嵌入式应用系统硬件设计与开发的基础知识、各种典型嵌入式处理器及其典型应用、嵌入式应用系统硬件设计原理图及其分析。本书分为三篇共 9 章: 第一篇基础知识(第 1 章), 主要介绍嵌入式硬件设计的基础知识和总体设计原则; 第二篇实例分析(第 2 章至第 6 章), 主要介绍各种典型嵌入式处理器及其应用、与嵌入式硬件系统设计有关的总线技术和接口技术及其应用、嵌入式硬件系统电源器件选择及电路的设计、嵌入式硬件系统外围接口电路的设计; 第三篇提高与应用(第 7 章至第 9 章), 通过三个大型的实例介绍如何实现嵌入式 USB 接口设备的开发, 如何实现基于 ARM 的嵌入式系统硬件设计和基于 DSP 应用系统的硬件设计。

本书是一本关于嵌入式硬件系统设计的书籍。全书理论体系完整, 内容翔实, 语言通俗易懂, 实用性和针对性强, 既可作为高等院校相关专业师生学习嵌入式硬件系统的教学用书, 也可供广大嵌入式硬件系统开发爱好者使用, 同时, 也可以作为广大嵌入式硬件系统开发工作者的参考用书。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式硬件系统设计与开发实例详解/沈文斌主编. —北京: 电子工业出版社, 2005.11

(嵌入式技术与应用丛书)

ISBN 7-121-01847-0

I. 嵌… II. 沈… III. 硬件—设计 IV. TP303

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 119564 号

责任编辑: 高买花

印 刷: 北京李史山胶印厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 20.25 字数: 518 千字

印 次: 2005 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 5 000 册 定价: 32.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

# 前 言

嵌入式系统是指嵌入式计算机 (Embedded Computer) 及其应用系统, 它主要完成信号的控制功能, 其体积小、结构紧凑, 可作为一个部件埋藏于所控制的装置中。它提供用户接口, 管理有关信息的输入/输出, 监控设备工作, 使设备及应用系统有较高智能和性价比。嵌入式系统由嵌入式硬件系统与嵌入式软件系统两部分组成, 硬件系统以芯片、模板、组件、控制器等形式埋藏于设备内部, 软件系统是实时多任务操作系统和各种专用软件, 一般固化在 ROM 或闪存中。嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的, 它的功耗、体积、成本、可靠性、速度、处理能力和电磁兼容性等方面均受到应用要求的制约。和通用计算机不同, 嵌入式系统的硬件系统和软件系统都必须高效率地设计, 量体裁衣, 去除冗余, 力争在同样的硅片面积上实现更高的性能。

从消费型电子产品到各种工业设备, 嵌入式系统已渗透到我們日常生活的各个角落。Internet 的增长以及无线通信的繁荣, 为嵌入式系统提供了广阔的发展空间。可以预见, 嵌入式系统的开发将为计算机、半导体、家用电器以及其他诸多领域提供无尽的市场商机和就业机会, 越来越多的技术人员将接触嵌入式系统。然而, 面对大量的嵌入式系统开发书籍, 读者会发现, 绝大多数都是针对特定处理器的嵌入式软件系统的开发教程, 即使曾经介绍了一点点嵌入式硬件系统开发知识也都点到及止。在嵌入式硬件系统的设计过程中, 我们深感摸索的艰辛。基于此作者在总结长期从事嵌入硬件系统开发的基础上, 结合最新的嵌入式硬件系统开发成果, 编写了《嵌入式硬件系统设计与开发实例详解》一书。

在《嵌入式硬件系统设计与开发实例详解》一书中, 作者把嵌入式硬件系统设计的总体知识框架和设计过程一步一步向读者阐明, 告诉读者如何去做, 为什么要这样去做。既让读者掌握一定的理论知识, 更让读者具备一定的实际应用技能, 希望读者通过对本书的学习能够成功地开发自己的嵌入式硬件系统。

全书分为三篇共 9 章, 具体的内容安排如下:

第一篇基础知识, 包括第 1 章。主要介绍与嵌入式硬件系统设计有关的基础知识, 以及嵌入式硬件系统设计的总体原则。另外, 本章还通过一个典型的嵌入式系统实例, 让读者对嵌入式硬件系统有一个感性的认识。

第二篇实例分析, 包括第 2 章至第 6 章。第 2 章详细介绍嵌入式处理器的种类, 以及如何构建嵌入式硬件系统; 第 3 章中重点介绍目前市面上几款常见嵌入式处理器 (如 ARM 32 位处理器), 在此基础上介绍嵌入式处理器的应用; 第 4 章中重点介绍与嵌入式硬件系统设计有关的总线技术 (如 I<sup>2</sup>C 总线、SPI 总线、PCI 总线、USB 总线、CAN 总线) 和接口技术 (如通信接口 RS-232、RS-422 与 RS-485、并行接口、红外通信接口、蓝牙接口和 GPRS 接口等), 在此基础上通过实例介绍总线技术和接口技术的应用; 第 5 章中重点介绍嵌入式硬件系统电源器件及电路的设计的相关知识, 如嵌入式硬件系统常用电池的选择及相关问题、电压基准/稳压电路、DC/DC 变换器及其应用、AC/DC 变换

器等，并通过实例介绍如何选择嵌入式硬件系统电源器件，以及如何实现其电路设计；第6章中重点介绍嵌入式系统外围接口电路的设计，如A/D转换电路，D/A转换电路，集成V/F、F/V变换器及定时器、集成定时器、存储器模块电路、I/O接口电路等，并通过实例介绍了如何实现其外围接口电路的设计。

第三篇提高与应用，包括第7章至第9章。通过三个大型的实例介绍如何实现嵌入式USB接口设备的开发，如何实现基于ARM的嵌入式系统硬件设计和基于DSP应用系统的硬件设计。

本书是一本关于嵌入式硬件系统设计的书籍。全书理论体系完整，内容翔实，语言通俗易懂，实用性和针对性强，既可作为高等院校相关专业师生学习嵌入式硬件系统的教学用书，也可供广大嵌入式硬件系统开发爱好者使用，同时，也可以作为广大嵌入式硬件系统开发工作者的参考用书。

本书由沈文斌担任主要编写工作，田齐刚、黄伟珍参与了部分章节的编写。在此感谢实验室同仁在本书的编写过程中提供了许多实例资料和给予了大力帮助。同时，参与本书编排的人员还有：邹素琼、郝文化、赵秋云、赵继军、彭艺、曲辉辉、周章、蒋波、徐留旺、曹振宇、张婷、温凌霜、鲁得翠、蒋泽平、魏乐、韩翔、程小英、谭小丽、卢丽娟、李小琼、周宏、罗吉、许翔燕、陈春、张忠、方小马、黄姹英、周明、宋晶、邓勇等，在此一并感谢。

为充分展现本书编写特点，帮助读者深刻理解本书编写意图与内涵，进一步提高对本书教学的使用效率，我们建立了本书使用指导联络方式，是读者与编者之间交流沟通的直通车。欢迎读者将图书使用过程中的问题与各种探讨、建议反馈给我们，本书编者会竭诚给你满意的答复。同时，本书配有相应的电子课件，可到华信教育资源网（<http://www.hxedu.com.cn>）下载使用。

如果读者愿意参加“嵌入式硬件系统设计与开发实例详解”的学习培训，或在学习过程中发现问题，或有更好的建议，欢迎来函，我们的联系方式E-mail: [bojia@bojia.net](mailto:bojia@bojia.net)，网址: <http://www.bojia.net>。我们将认真负责地对待每一位读者的来函。

编者  
2005年9月

# 目 录

## 第一篇 基础知识

<b>第 1 章 嵌入式系统设计有关知识</b> .....	(3)
1.1 计算机系统组成 .....	(3)
1.2 嵌入式计算机体系结构 .....	(7)
1.2.1 嵌入式系统的分类 .....	(8)
1.2.2 嵌入式系统的特点 .....	(11)
1.2.3 嵌入式系统的组成 .....	(11)
1.2.4 嵌入式系统的应用 .....	(12)
1.3 典型嵌入式系统 .....	(14)
1.3.1 一个嵌入式系统示例 .....	(14)
1.3.2 典型嵌入式操作系统 .....	(17)
1.3.3 嵌入式系统发展趋势 .....	(20)
1.4 嵌入式系统设计概述 .....	(21)
1.4.1 嵌入式系统总体设计原则 .....	(21)
1.4.2 构造印制电路板 .....	(23)
1.4.3 有关调试工具和调试 .....	(25)

## 第二篇 实例分析

<b>第 2 章 嵌入式处理器与系统</b> .....	(29)
2.1 8051 微控制器应用实例 .....	(29)
2.2 嵌入式处理器 .....	(32)
2.2.1 4 位嵌入式处理器及其应用 .....	(34)
2.2.2 8 位嵌入式处理器及其应用 .....	(34)
2.2.3 16 位嵌入式处理器及其应用 .....	(38)
2.2.4 32 位嵌入式处理器 .....	(43)
2.3 数字信号处理器 .....	(49)
2.3.1 DSP 的特征及其选择 .....	(49)
2.3.2 DSP 的发展趋势及挑战 .....	(53)
2.3.3 DSP 的应用实例 .....	(54)
2.4 片上系统及软/硬件协同设计 .....	(57)
2.4.1 片上系统 .....	(57)

2.4.2	软/硬件协同设计 .....	(59)
<b>第 3 章</b>	<b>典型的嵌入式系统处理器 .....</b>	<b>(60)</b>
3.1	ARM 系列处理器 .....	(60)
3.1.1	ARM 微处理器 .....	(60)
3.1.2	ATMEL ARM 芯片 .....	(70)
3.1.3	Cirrus Logic ARM 系列芯片 .....	(75)
3.1.4	Samsung ARM 系列芯片 .....	(79)
3.1.5	OKI ARM 系列芯片 .....	(91)
3.2	Motorola 系列处理器 .....	(92)
3.2.1	68K/ColdFire 系列 .....	(92)
3.2.2	PowerPC 系列 .....	(97)
3.2.3	M.CORE 系列 .....	(99)
3.3	X86 系列嵌入式处理器 .....	(101)
3.3.1	性能价格比 .....	(101)
3.3.2	开发的容易性和开发周期 .....	(101)
3.3.3	E86 家族 .....	(102)
3.4	MIPS 系列嵌入式处理器 .....	(105)
3.5	其他系列处理器 .....	(107)
3.5.1	SPARC 处理器 .....	(107)
3.5.2	PA-RISC 处理器 .....	(107)
3.5.3	Alpha 处理器 .....	(108)
<b>第 4 章</b>	<b>总线和接口技术 .....</b>	<b>(109)</b>
4.1	I <sup>2</sup> C 总线接口实例 .....	(109)
4.1.1	实例分析 .....	(109)
4.1.2	总线和接口概述 .....	(111)
4.2	总线标准 .....	(115)
4.2.1	内部集成 (I <sup>2</sup> C) 总线 .....	(115)
4.2.2	串行外围设备接口 (SPI) 总线 .....	(117)
4.2.3	PCI 总线 .....	(120)
4.2.4	USB 总线 .....	(122)
4.2.5	CAN 总线 .....	(125)
4.3	接口 .....	(126)
4.3.1	串行通信接口 RS-232、RS-422 和 RS-485 .....	(126)
4.3.2	并行接口 .....	(134)
4.3.3	红外通信接口 .....	(137)
4.3.4	蓝牙接口 .....	(139)
4.3.5	GPRS 接口 .....	(143)

<b>第 5 章 嵌入式系统电源器件及电路设计</b> .....	(147)
5.1 电源管理及设计技术 .....	(147)
5.1.1 电源管理技术 .....	(147)
5.1.2 设计技术 .....	(149)
5.2 常用电池的选择及相关问题 .....	(150)
5.2.1 电池的选择 .....	(151)
5.2.2 其他相关考虑因素 .....	(153)
5.3 常用电压基准/稳压电路的典型应用 .....	(155)
5.3.1 电压基准/稳压电路 .....	(155)
5.3.2 常用电压基准/稳压的典型应用电路 .....	(158)
5.4 DC/DC 变换器及其应用 .....	(162)
5.4.1 DC/DC 电源变换器 .....	(162)
5.4.2 DC/DC 变换器的应用举例 .....	(165)
5.5 AC/DC 变换器及其典型应用 .....	(167)
5.5.1 5V 稳压电源电路 .....	(168)
5.5.2 输出电压可调电路 .....	(169)
5.5.3 5V 直流输入的稳压电源 .....	(169)
5.5.4 不间断 5V 稳压电源 .....	(170)
5.6 其他电源技术 .....	(170)
<b>第 6 章 嵌入式系统外围接口电路</b> .....	(172)
6.1 A/D 转换电路及典型应用 .....	(173)
6.1.1 A/D 转换器 .....	(173)
6.1.2 A/D 转换器技术指标 .....	(174)
6.1.3 A/D 转换器件的典型应用 .....	(177)
6.2 D/A 转换电路及其应用 .....	(180)
6.2.1 D/A 转换电路 .....	(180)
6.2.2 D/A 转换器件及其典型应用 .....	(182)
6.3 集成 V/F、F/V 变换器及定时器 .....	(188)
6.3.1 集成 V/F、F/V 变换器 .....	(188)
6.3.2 集成定时器 .....	(190)
6.4 存储器模块电路 .....	(193)
6.4.1 存储器扩展 .....	(193)
6.4.2 存储器扩展实例 .....	(194)
6.5 I/O 接口电路及其扩展 .....	(196)
6.5.1 接口组成、功能和类型 .....	(196)
6.5.2 I/O 扩展示例 .....	(199)



## 第三篇 提高应用

<b>第 7 章 嵌入式 USB 接口设备开发实例</b> .....	(209)
7.1 USB 功能介绍和总体设计 .....	(209)
7.1.1 设计概述 .....	(209)
7.1.2 部分 USB 单片机 .....	(214)
7.2 USB 手写板的设计 .....	(216)
7.2.1 硬件设计 .....	(216)
7.2.2 系统软件设计 .....	(217)
7.2.3 U 盘的硬件设计 .....	(220)
7.2.4 基于 USB 的无线串行接口设计 .....	(224)
7.2.5 硬件设计 .....	(224)
7.2.6 软件设计 .....	(226)
<b>第 8 章 基于 ARM 的嵌入式系统硬件设计实例</b> .....	(228)
8.1 系统的功能介绍和总体设计 .....	(228)
8.1.1 系统设计步骤 .....	(228)
8.1.2 系统功能规划、设计原则 .....	(229)
8.1.3 注意事项 .....	(231)
8.1.4 功能及其芯片介绍 .....	(232)
8.2 硬件电路设计 .....	(254)
8.2.1 Boot ROM 设计 .....	(254)
8.2.2 存储器设计 .....	(257)
8.2.3 S3C44B0X 的 SIO 的 MMC 卡接口 .....	(259)
8.2.4 音频编码器 (UDA1341TS) 与 S3C44B0X 的连接 .....	(259)
8.2.5 LCD 与 S3C44B0X 的连接 .....	(260)
8.2.6 TSP (触摸屏) 与 S3C44B0X 接口电路 .....	(261)
8.2.7 JTAG 调试接口设计 .....	(261)
<b>第 9 章 基于 DSP 应用系统硬件设计实例</b> .....	(265)
9.1 DSP 概述及其应用 .....	(265)
9.1.1 DSP 概述 .....	(265)
9.1.2 DSP 的应用 .....	(269)
9.2 DSP 系统的总体设计 .....	(273)
9.2.1 总体设计原则 .....	(273)
9.2.2 DSP 应用系统的低功耗设计 .....	(276)
9.3 DSP 芯片的选择及其介绍 .....	(278)
9.3.1 分类 .....	(278)
9.3.2 DSP 芯片的选择 .....	(279)

9.3.3 DSP 产品介绍 ..... (283)

9.4 DSP 应用系统硬件电路设计 ..... (295)

9.4.1 DSP 控制电路 ..... (296)

9.4.2 FPGA 电路 ..... (296)

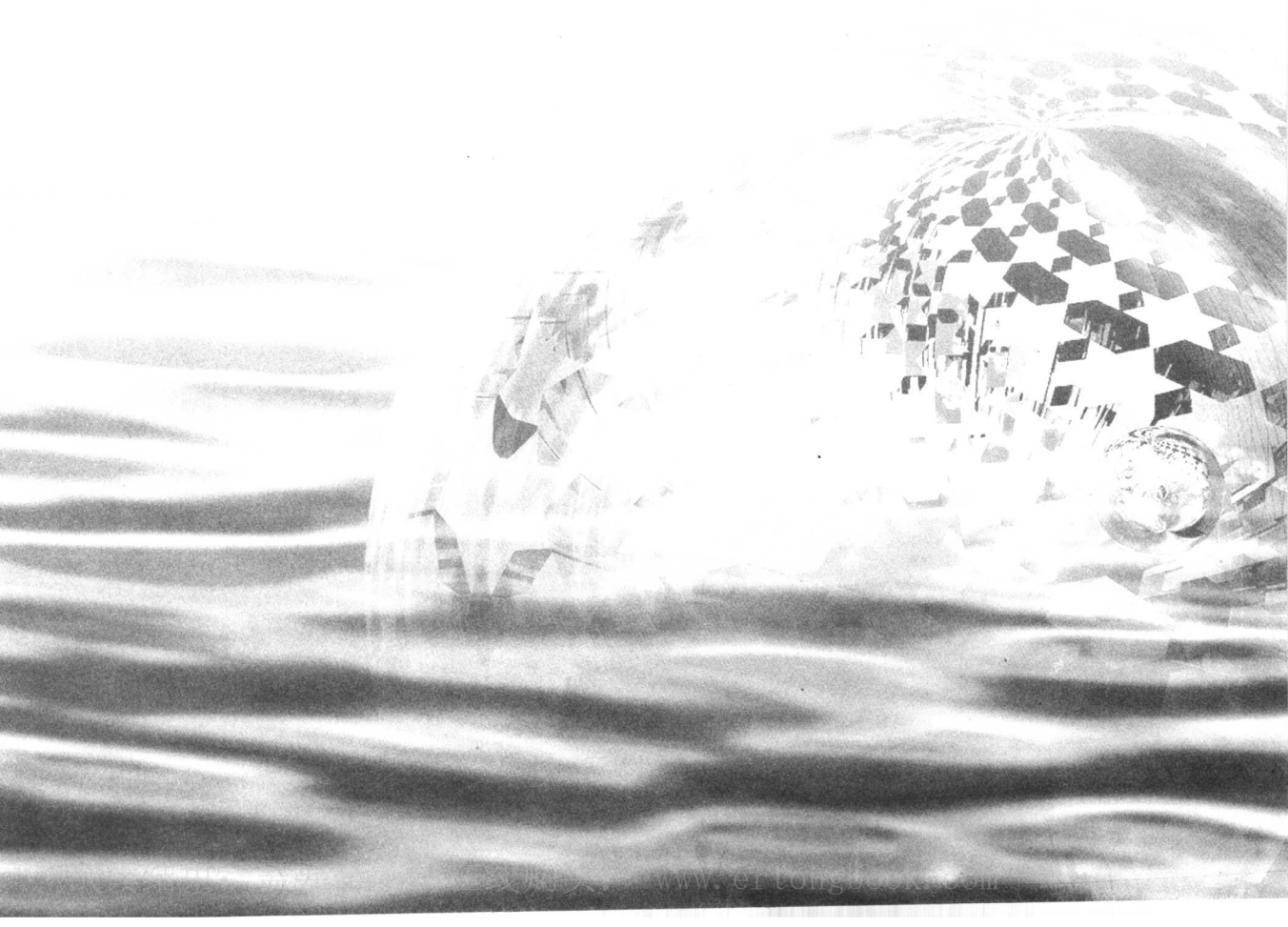
9.4.3 信号调理及模/数转换电路 ..... (296)

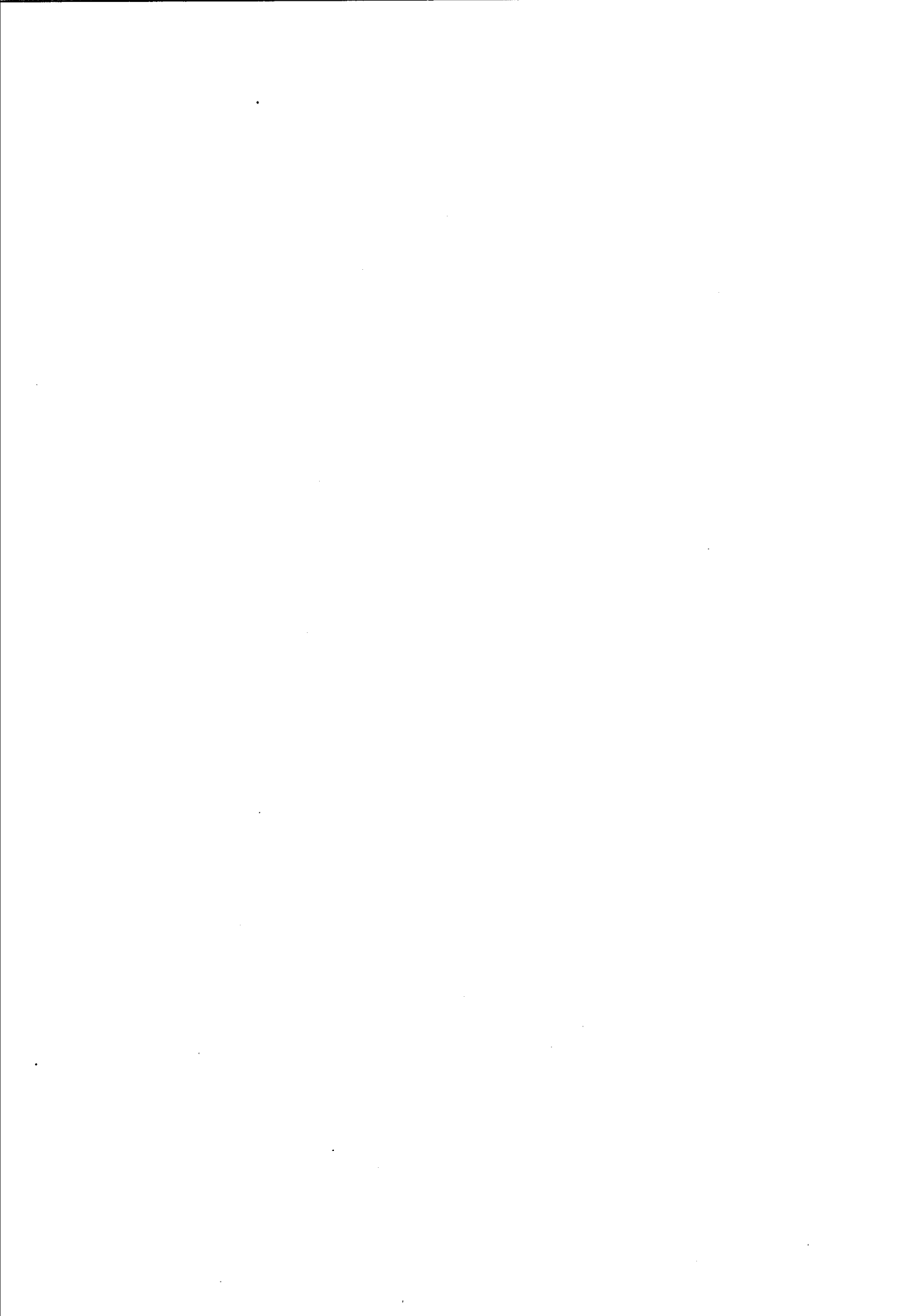
9.4.4 软件结构 ..... (298)

附录 ARM 开发软件 ARMSDT 使用教程 ..... (299)

参考文献 ..... (311)

# 第一篇 基础知识





# 第 1 章 嵌入式系统设计有关知识

近年来嵌入式系统的应用掀起了热潮。芯片技术的发展,使得单个芯片具有更强的处理能力,而且也使得芯片内集成多种接口已经成为可能。由于应用的需要,对产品的可靠性、成本、更新换代要求的提高,使得嵌入式系统逐渐从纯硬件实现和使用通用计算机实现的应用中脱颖而出。

嵌入式系统的核心是微处理器和微控制器。微控制器和微处理器几乎无所不在,掌握并在实际工作中应用它们已经成为了一个技术人员的基本要求。计算机基本上分为两类:一是人们常说的“计算机”,即台式计算机;另一类是嵌入式计算机,这种计算机专用性强,系统内核小,系统精简,软件具有高实时性。由于微控制器和微处理器嵌入在产品中,而人们把注意力过多放在个人计算机上,所以人们很难意识到嵌入式计算机的数量已经超过了台式计算机。嵌入式系统可用于工业控制、交通管理、信息家电、家庭智能管理系统、POS 网络及电子商务、环境工程与自然监测、机器人等领域。嵌入式计算机在数量上远远超过了台式计算机。

从基本架构上看,台式计算机和嵌入式计算机是一样的,两者都有处理器、存储器和输入/输出设备等。两者也有不同之处:台式计算机可以使用各种应用程序,其各种功能可以通过加载和运行相应的软件来实现;而嵌入式计算机通常是专用的,在专用电子设备上嵌入一个微处理器。

为能成功完成嵌入式系统的硬件设计需要具备一定的技能,在读完本书后,就会知道:

- 如何确定嵌入式系统设计要求;
- 如何读懂产品说明书;
- 如何为系统设计选择合适的器件;
- 如何布置电路板和器件的连接;
- 如何调试所设计的硬件。

以上是进行嵌入式系统设计所需的基本技能,本书还涉及一些其他需要注意的地方。

本章介绍了计算机体系的一些基本概念、嵌入式系统的基础知识,讨论了嵌入式系统的设计原则和其他注意事项,重点放在介绍与嵌入式系统有关的内容。

## 1.1 计算机系统组成

非嵌入式计算机可分为超级计算机、大型计算机、小型计算机和微型计算机。微型计算机也称为个人计算机,可分为台式机和便携机(笔记本计算机)。下面以微型计算机为例来说明计算机系统的组成。

微型计算机系统可由计算机硬件和计算机软件组成。计算机硬件由微处理器 CPU、存储器、总线、输入/输出设备组成，还有一些外设，如键盘、鼠标、显示器、软驱、硬盘、光驱、打印机、扫描仪等。计算机软件控制着计算机的操作和功能，可分为系统软件和应用软件。微型计算机的基本硬件结构如图 1-1 所示。

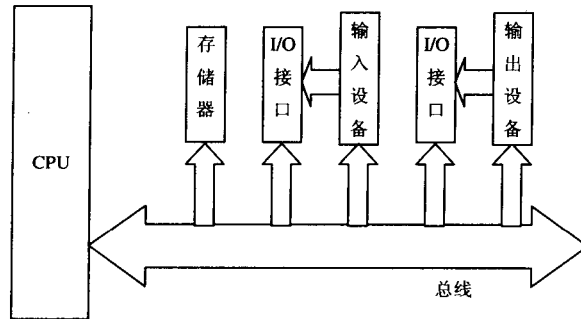


图 1-1 微型计算机基本硬件结构

处理器用来执行计算机程序，存储器用来对执行的程序和数据进行保存，存储数据和外部数据通过 I/O 设备进行交换。在软件中，引导程序是一个由处理器运行的特殊程序，它将硬件系统初始化到一个已知的状态，配置计算机的正常运行，如台式机 BIOS。在一些嵌入式计算机中也有这种程序。操作系统是管理计算机系统资源，对程序的执行进行控制，能使用户方便地、更好地使用计算机硬件功能的系统软件。操作系统进行处理器管理、存储管理、文件管理、设备管理和作业管理。

处理器是计算机中最为重要的部件，所有其他部件都以此为中心，用来实现指令的自动装入和自动执行，从而实现计算机本身的自动化。处理器由控制器和运算器组成，实现向系统的存储器写入或读出数据，向 I/O 设备写入或读出数据，从系统存储器中读出指令、处理数据及执行指令。现代几乎所有的处理器都是微处理器，普遍使用的微处理器有 Intel Pentium 系列、Motorola/IBM PowerPC、MIPS、ARM 及 Sun SPARC 等。微控制器是将处理器、存储器以及一些 I/O 设备集成在单一的集成电路中，从电路的集成上看和片上系统（SoC）相似，常用于嵌入式系统。

从微处理器的指令系统来看，有两大分支：CISC 和 RISC。CISC 即复杂指令系统计算机，从 PC 诞生以来，人们一直沿用 CISC 指令集方式，它的指令不等长，指令的条数比较多，编程和设计处理器时都较为麻烦。在 CISC 之后，人们发明了 RISC；即精简指令系统计算机，它的指令等长，且指令数较少，通过简化指令让计算机的结构更为简单，进而提高运算速度。从理论上讲 RISC 应较为流行，现在，在服务器上有一些 RISC 的应用，但是在普通的桌面机上还没流行起来，因为早期的桌面软件是按 CISC 设计的，并一直延续到现在，如果用 RISC 将无法兼容。所以，微处理器厂商一直在走 CISC 的发展之路，包括 Intel、AMD，还有其他一些现已更名的厂商，如 TI、Cyrix 以及现在的 VIA 等。不过，由于 RISC 确实在设计和指令结构等方面具有先进的特性，现在的 CISC 结构微处理器基本上经过 RISC 改良，即已过渡成以 RISC 为内核、外围是 CISC 界面的微处理器。

现在的微处理器采用 RISC 技术为内核,通过译码器将它转换成对外的 CISC 结构,像 Intel Pentium 系列、AMD K6 系列就是这种结构的微处理器。Intel 的 X86 系列、Motorola 的 68xxx 系列以及 National Semiconductor 的 32xxx 系列处理器是标准的 CISC 处理器。普通 RISC 体系的处理器有 Motorola/IBM 的 PowerPC、MIPS 体系结构、Sun 的 SPARC、ARM 和 ATMEL 的 AVR 以及 Microchip 的 PIC 等。

计算机系统中的存储器包含了处理器将要执行的指令及将要操作的数据,是存储数据和程序的部件,由地址译码器和存储单元构成。可以从存储器中读出指令,从存储器读出和写入数据。存储器有 RAM、ROM、EPROM、EEROM 和闪存。

RAM 即随机访问存储器 (Random Access Memory),处理器将数据写入 RAM 作为临时存储。RAM 一般容易丢失,当系统断电时,里面的内容就会丢失。任何必须保留在 RAM 的信息,在系统断电之前必须写到某些永久性的存储部件中。RAM 通常分为两类:静态 RAM (SRAM) 和动态 RAM (DRAM)。SRAM 是 RAM 中最快的一种存储器,使用一对逻辑门来保存数据的每一位的。SRAM 只需要很少的外围支撑电路,具有相对较低的功耗。SRAM 的缺点是容量比 DRAM 小,完成同样的存储容量就需要较多的存储芯片。DRAM 用电容器的阵列来保存数据的每一位。在电荷消失之前,电容器仅能将其保存很短的一段时间,所以 DRAM 需要不断地每隔几毫秒就刷新一次。不断刷新就要求额外的电路支持,同时也会延迟处理器的访问时间。

许多处理器都有高速缓存,用于存放存储器最近访问的数据。这些高速缓存常位于处理器内部,通常用高速存储单元和高速数据通道来实现。高速缓存是用 SRAM 来实现的,在一个大系统里通常用来弥补 DRAM 的缓慢的存取速度。

ROM 即只读存储器 (Read Only Memory),是非易失性存储器。系统里 ROM 的首要用途就是保存系统启动时需要用到的代码,这种软件包含了通过把 I/O 设备置于已知状态来初始化计算机的软件,可以包含一个引导装入程序加载一个操作系统。在嵌入式系统里,可以包含应用程序本身。ROM 中未写入的状态是 1,把软件加载到 ROM 中的过程叫烧录 ROM,是通过向适当的二极管注入一个足够大的电流来将其“烧断”或者“烧录”,从而在存储单元中创建一个零状态。一次性可编程 ROM 是一次性烧录的,所以一次性可编程 ROM 对开发来说成本比较高。

EPROM 是可擦写 ROM,通过对芯片上部的一个窗口照射紫外线就可以实现擦除数据,以实现 EPROM 的再编程。其缺点是如果对其重写,就必须把芯片从电路中取下来,擦除完毕后还要将其放到烧录器上加载程序,然后再放回电路中。

E<sup>2</sup>PROM 是电可擦除只读存储器,可以在电路上进行擦除和再编程,但它的容量比 ROM 小得多,一般用于断电期间保存系统参数和模式信息。在嵌入式系统中,E<sup>2</sup>PROM 非常有用,用来存储网络地址、配置信息、序列号、服务记录等。

闪存是最新的 ROM 技术,既具有 E<sup>2</sup>PROM 可再编程的特点,也具有标准 ROM 大容量的优势。闪存通常按照扇区来组织,优点在于可以擦除重写单个扇区而不影响设备其他部分的内容。其特点是写入一个扇区之前,必须先将其擦除,而不像 RAM 那样写覆盖。

计算机通过 I/O 接口进行读/写操作,实现对外设的控制。I/O 接口内部通常有一个

或多个寄存器，用以存放各种信息，这些寄存器称做 I/O 端口。I/O 接口示意图如图 1-2 所示。

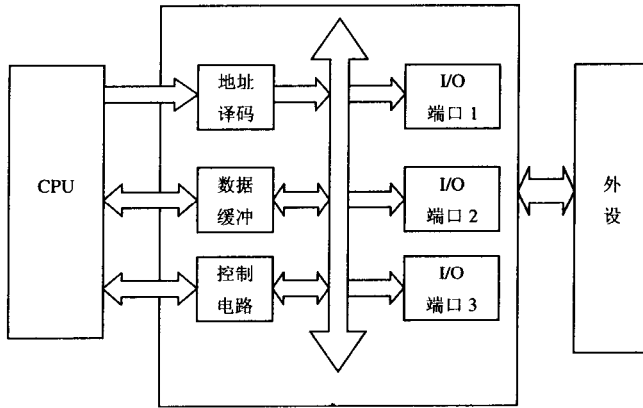


图 1-2 I/O 接口示意图

为了区分各 I/O 端口，每个端口对应一个端口地址，称为 I/O 端口地址。I/O 端口存放的是二进制数据。根据存放内容的不同可分为：状态端口、数据端口、控制端口。I/O 接口的读/写过程是：CPU 发出地址信号，选中相应的 I/O 端口，若是读操作，CPU 发出 I/O 端口读控制信号，被选中的 I/O 端口将其内容经数据总线送入 CPU；若是写操作，CPU 发出 I/O 端口写控制信号，CPU 将欲写的内容经数据总线，写入被选中的 I/O 端口中。

总线是具有相关功能的信号线的物理集合，允许在计算机系统的不同部件之间传输信号，可把信号从一个设备传输到另外一个设备上。按信号的作用，总线可分三种：地址总线（AB）、数据总线（DB）和控制总线（CB）。

地址总线（Address Bus, AB）是单向的，用来传送 CPU 输出的地址信号，确定被访问的存储单元、I/O 端口。地址总线的条数决定 CPU 的寻址能力，10 条为 1KB，20 条为 1MB。数据总线（Data Bus, DB）是双向的，用来在 CPU 与存储器、I/O 接口之间进行数据传送。数据总线的条数决定一次可最多传送数据的宽度，8 条为 8 位、16 条为 16 位、32 条为 32 位、64 条为 64 位。控制总线（Control Bus, CB）用于传送各种控制信号，有的从 CPU 发出，如读控制信号、写控制信号；有的向 CPU 发出，如外设向 CPU 发出的中断申请信号。

现在多数的微处理器都是冯·诺依曼体系结构（如图 1-3 所示），在这种结构中，以二进制格式表示数据和指令（程序），数据和程序都存储在同一个内存中。这意味一个程序的指令序列可以被另外一个程序当做数据来处理。计算机的编译器通过在存储器中生成指令数字序列来建立一个二进制程序，编译器把所编译的程序都按照数据进行处理。在哈佛体系结构（如图 1-4 所示）中指令和数据具有不同的内存空间，程序存储器与数据存储器分开，每一个内存空间都有各自的地址、数据和控制总线。哈佛结构提供了较大的数据存储器带宽，适合数字信号处理。哈佛结构的优点是允许指令和数据传输同时进行，提高了信息传输速率。不过，在大多数哈佛结构体系中存储器使用一个总线连接在 CPU 上，限制了总线的并行性。



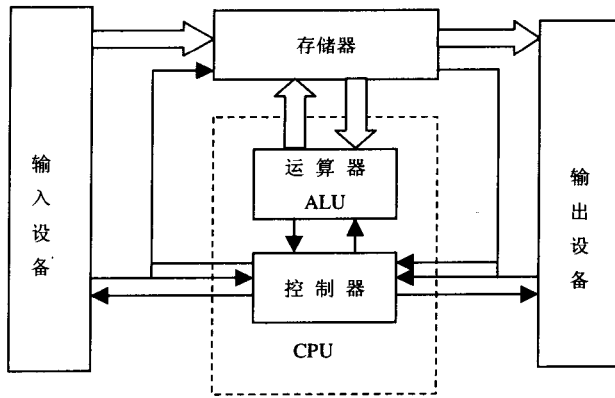


图 1-3 冯·诺依曼体系结构

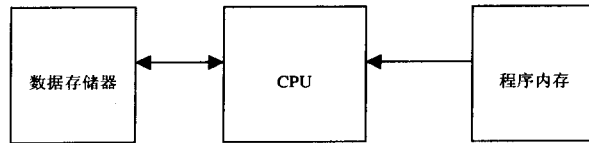


图 1-4 哈佛体系结构

最后提一下 DMA。所谓 DMA 方式就是在进行数据传送时，CPU 让出总线的控制权，由硬件中的 DMA 控制器直接控制总线。在 DMA 控制器的控制下，数据不经 CPU 而直接在内存和外设之间传送，提高大批量数据交换的速度，从而提高计算机系统的数据传输效率。DMA 数据传送分三个阶段进行：数据传送前预处理、数据输入/输出操作和数据传送后的处理。DMA 最常用的一种实现方式被称为周期窃取（Cycle Stealing）方式，即首先通过总线仲裁协议与 CPU 竞争总线控制权，在获得控制权后再根据用户预设的操作指令进行数据交换。由于这种周期窃取方式会给用户任务带来不可预测的额外阻塞开销，所以实时操作系统往往要求系统设计时不采用 DMA 或采取一些可预测性更好的 DMA 实现方式，如 Time-slice method（时间片方式）等。

## 1.2 嵌入式计算机体系结构

嵌入式系统指深藏于工业系统、武器系统或一些机电仪表设备、消费电子类产品内部，完成一种或多种特定功能的计算机软件与硬件的综合体，可涵盖机械或其他的附属装置。IEE 定义为：“嵌入式系统是用来控制或监视机器、装置或工厂等大规模系统的设备”（<http://www.iee.org/>）。嵌入式系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软/硬件可以裁剪，能满足应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等指标的严格要求的专用计算机系统。

虽然嵌入式系统是近几年才风靡起来的，从 20 世纪 70 年代单片机的出现到今天各式各样嵌入式微处理器、微控制器的大规模应用，嵌入式系统已经有了近 30 年的发展历史。作为一个系统，往往在硬件和软件交替发展的双螺旋的支撑下逐渐趋于稳定和成熟，