

“十一五”高等院校规划教材

# 嵌入式系统 原理与设计

徐端全 编著

 本书配套多媒体教学课件



北京航空航天大学出版社

“十一五”高等院校规划教材

内容简介

# 嵌入式系统原理与设计

徐端全 编著

北京航空航天大学出版社

## 内 容 简 介

本书是作者在综合了相关课程讲义和教学大纲的基础上编写的,也是作者多年从事嵌入式系统开发经验的总结。全书并不针对某种特定体系结构的处理器或操作系统,而是力图概括嵌入式系统所涉及的最基础的知识。硬件上,以嵌入式处理器、嵌入式系统总线和嵌入式存储器为主体,辅之以嵌入式系统的常见电路,由此建立起嵌入式系统的硬件知识体系;软件上,重点分析嵌入式系统引导程序和操作系统;系统设计上,重点分析低功耗设计技术和电磁兼容设计技术。

本书结构清晰,语言简洁,采用大量的图表来说明技术问题,因而通俗易懂,适合用作高等院校嵌入式系统课程的原理性教材,也可作为嵌入式系统爱好者的入门参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理与设计/徐端全编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-81124-905-7

I. 嵌… II. 徐… III. 微型计算机-系统设计 IV. TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 156453 号

© 2009,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。

## 嵌入式系统原理与设计

徐端全 编著

责任编辑 刘 星

\*

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(100191) 发行部电话:010-82317024 传真:010-82328026

<http://www.buaapress.com.cn> E-mail:emsbook@gmail.com

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

\*

开本:787×960 1/16 印张:18 字数:403 千字

2009 年 9 月第 1 版 2009 年 9 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-81124-905-7 定价:28.00 元



# 前言

在信息化的社会里,需要能够随时随地对信息进行采集、处理、存储和传输,这样就需要使用到嵌入式系统。可以说,嵌入式系统是信息社会的技术基础之一。

嵌入式系统几乎无处不在,从日常生活中的手机、游戏机、电视机、洗衣机,到汽车电子、工业控制、飞机大炮、飞船火箭等。正是嵌入式系统的广泛应用,才使得计算机走出实验室,走向社会,走进各行各业。过去 PC 机上的应用,如文档编辑与查看、网络浏览、多媒体播放、信息处理、自动控制等,现在大多可以由嵌入式系统来实现,这正是所谓后 PC 时代的特点之一。

嵌入式系统是 IT 领域的研究热点,各院校开设了很多相关课程。作者在课程教学中,感觉到嵌入式系统的原理性教材比较缺乏,已有的教材大多针对某种特定的硬件或软件平台,不具有普遍性。为此,作者在近年嵌入式系统原理课程讲义的基础上,结合自己对嵌入式系统的理解,编写完成该教材,力图系统地概括嵌入式系统的基础知识,使读者在掌握该教材知识的基础上,能够更好地开展下一步的学习和研究工作。

本书包括三部分:硬件、软件和设计,共 9 章。其中:第 1 章为嵌入式系统综述;第 2~5 章为硬件部分;第 6 章和第 7 章为软件部分;第 8 章和第 9 章为系统设计部分。

第 1 章介绍嵌入式系统的基本概念,分析其与通用计算机的区别,目的是帮助读者建立起对嵌入式系统的基本认识。

第 2 章介绍嵌入式处理器的基本概念,如嵌入式处理器的特点、与通用处理器的比较、嵌入式处理器的类型等;并分别介绍 8051 单片机、ARM 处理器、嵌入式 x86 处理器、DSP 处理器及 SOC 处理器。通过对不同处理器实例的比较与学习,加深对嵌入式处理器特点与应用方法的理解。

第 3 章介绍嵌入式系统总线技术。首先分析了 ISA 总线、PCI 总线的原理;随后介绍这些总线的工业化版本,包括 PC/104、PC/104-Plus、PCI-104、PCI/104-Express、PCIe/104、CompactPCI 等。总线是将计算机各模块联系在一起的纽带,理解总线技术有利于读者建立起系统的概念。

第 4 章介绍在嵌入式系统中经常应用的电路,包括复位与电源管理、I<sup>2</sup>C 总线、实时时钟、RS-232 接口等。这些都是非常基础的电路,是嵌入式系统工程师必须掌握的知识。

第 5 章介绍嵌入式系统中常用的存储器,包括 SRAM、DPRAM、SDRAM、NOR



Flash、NAND Flash、S-EEPROM 等。存储器是嵌入式系统的基本组成部分,掌握这些存储器的特点与应用方法是嵌入式系统工程师的基本功。

第 6 章介绍嵌入式系统引导程序。介绍了引导程序的基本概念,重点分析了 U-Boot 引导程序的功能、原理、代码结构、编译与移植方法等。

第 7 章介绍嵌入式操作系统。首先介绍嵌入式操作系统的基本概念、结构特点、实时性要求等;随后介绍几种常见的嵌入式操作系统,包括嵌入式 Linux、 $\mu\text{C}/\text{OS} - \text{II}$ 、VxWorks、Windows XP Embedded、Windows CE 等。通过对实例的学习有利于加深对嵌入式操作系统的理解。

第 8 章介绍嵌入式系统的低功耗设计技术。低功耗设计对嵌入式系统有重要意义,本章分析了计算机功耗类型与功耗产生的原因;根据功耗的产生机制,分析了硬件低功耗设计方法和软件低功耗设计方法。

第 9 章介绍电磁兼容的原理与设计。首先介绍电磁兼容的一些基本概念,分析电磁干扰产生的机制及防止电磁干扰的原则性方法;随后具体分析了不同的电磁干扰传播途径,重点分析干扰信号的传导耦合,如直接传导耦合、公共阻抗传导耦合、电容耦合、电感耦合等;在理解前面电磁兼容基础知识的基础上,对计算机硬件设计中的信号完整性问题进行了分析。

本书是嵌入式系统的原理性教材,适合已完成微机原理类基础课程的大学高年级学生使用,也可用作嵌入式系统爱好者的入门参考书。在本书的编写过程中,黄瑞光教授提供了重要指导;肖看同志提供了部分参考资料,并对内容提出良好的建议;童丹同志协助完成部分图表的制作;李耀栋、徐超、程瑞、杨威同志协助整理资料;宠宝川、王欣同志参与了第 6 章的编写工作,这里一并致以谢意。

嵌入式系统是一门综合性很强的技术,涉及知识面广。由于作者才疏学浅,书中难免有疏漏之处,恳请读者批评指正。

有兴趣的读者,可以发送电子邮件到 [xudianquan@126.com](mailto:xudianquan@126.com),与作者进一步交流;也可发送电子邮件到 [buaafy@sina.com](mailto:buaafy@sina.com),与本书策划编辑进行交流。

徐端全

2009 年 7 月

华中科技大学

本教材还配有教学课件。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教材推广部

邮编:100191

电话:010-82339483

传真:010-82328026

E-mail: [bhkejian@126.com](mailto:bhkejian@126.com)



# 目 录

## 第 1 章 嵌入式系统概述

1.1 什么是嵌入式系统 .....	1
1.2 嵌入式系统与通用计算机系统 .....	2
1.3 嵌入式系统的发展与应用 .....	5
1.4 嵌入式系统的组成 .....	7
1.5 嵌入式系统的分类 .....	8
1.5.1 按处理器位宽分类 .....	8
1.5.2 按有无操作系统分类 .....	8
1.5.3 按实时性分类 .....	8
1.5.4 按应用分类 .....	9
1.6 小 结 .....	10
1.7 习 题 .....	10

## 第 2 章 嵌入式处理器

2.1 嵌入式处理器的原理 .....	11
2.1.1 嵌入式处理器的指令系统 .....	11
2.1.2 嵌入式处理器的类型 .....	12
2.1.3 嵌入式处理器的结构 .....	14
2.1.4 大端方式和小端方式 .....	15
2.1.5 影响嵌入式处理器性能的因素 .....	15
2.2 嵌入式处理器的分类 .....	16
2.3 嵌入式处理器的特点 .....	18
2.4 8051 单片机 .....	18
2.4.1 8051 单片机结构 .....	19
2.4.2 MCS-51 指令系统 .....	20
2.5 ARM 处理器及实例 .....	21
2.5.1 ARM 技术发展 .....	21
2.5.2 ARM 体系结构 .....	21
2.5.3 ARM 扩展指令集 .....	23
2.5.4 ARM/Thumb 体系结构版本的命名 .....	24



2.5.5	ARM 处理器核	24
2.5.6	ARM 处理器片内总线	26
2.5.7	S3C2410 处理器	28
2.6	嵌入式 x86 处理器及实例	30
2.6.1	嵌入式 x86 处理器的发展	30
2.6.2	Geode x86 处理器	30
2.6.3	CS5535 原理	33
2.6.4	基于 Geode GX 处理器的嵌入式系统结构	35
2.7	DSP 处理器及实例	35
2.7.1	DSP 与普通处理器的区别	36
2.7.2	DSP 的应用形式	37
2.7.3	TMS320DM642 处理器	38
2.8	SOC 处理器及实例	40
2.8.1	SOC 处理器类型及优点	41
2.8.2	视频编码 SOC 处理器	41
2.9	嵌入式处理器的选择	44
2.10	嵌入式处理器的 JTAG 调试接口	47
2.11	小结	48
2.12	习题	49
<b>第 3 章 嵌入式系统总线</b>		
3.1	计算机总线基本概念	50
3.2	嵌入式系统总线的特点	51
3.3	ISA 总线原理	52
3.3.1	ISA 总线结构	52
3.3.2	ISA 总线信号	53
3.3.3	ISA 总线时序	58
3.4	PCI 总线原理	59
3.4.1	PCI 总线概述	60
3.4.2	PCI 总线系统结构	60
3.4.3	PCI 总线信号	62
3.4.4	PCI 设备的配置空间	67
3.4.5	PCI 总线操作命令	73
3.4.6	PCI 总线传输操作	75
3.5	PC/104 系列总线标准	76
3.5.1	PC/104 总线	77
3.5.2	PC/104-Plus 总线	79
3.5.3	PCI-104、PCI/104-Express 及 PCIe/104	81
3.6	CompactPCI 总线	82



3.6.1	CompactPCI 概述	82
3.6.2	CompactPCI 机械结构	83
3.6.3	CompactPCI 连接器	84
3.6.4	CompactPCI 热插拔技术	87
3.7	小 结	89
3.8	习 题	89
<b>第 4 章 嵌入式系统常见电路</b>		
4.1	系统复位与电源监控	90
4.1.1	RC 复位电路	91
4.1.2	复位与电源管理控制器	92
4.2	I <sup>2</sup> C 总线原理	95
4.2.1	概 述	95
4.2.2	I <sup>2</sup> C 总线拓扑结构	96
4.2.3	I <sup>2</sup> C 总线工作原理	98
4.3	实时时钟	102
4.3.1	实时时钟基本概念	102
4.3.2	S-35390A 实时时钟	103
4.4	RS-232 接口	109
4.4.1	RS-232 原理	109
4.4.2	RS-232 接口	110
4.4.3	起止式异步串行通信协议	112
4.4.4	RS-232 接口驱动器实例	113
4.5	小 结	113
4.6	习 题	114
<b>第 5 章 嵌入式系统存储器</b>		
5.1	概 述	115
5.2	静态随机存储器	116
5.2.1	SRAM 原理	116
5.2.2	IDT7164 静态 RAM 存储器	117
5.3	双端口存储器	119
5.3.1	双端口 RAM 及其应用	120
5.3.2	IDT7007 双端口 RAM	120
5.3.3	IDT7007 中断逻辑	122
5.3.4	IDT7007 信号灯逻辑	123
5.3.5	IDT7007 的扩展	123
5.4	同步动态随机存储器	124
5.4.1	动态随机存储器	124





5.4.2	SDRAM 概述	126
5.4.3	SDRAM 命令	129
5.5	NOR Flash	134
5.5.1	Flash 概述	134
5.5.2	W39L040V 简介	134
5.5.3	W39L040V 操作模式	136
5.5.4	W39L040A 模式命令	138
5.5.5	W39L040A 擦写状态查询	141
5.6	NAND Flash	141
5.6.1	K9F1208X0C 简介	141
5.6.2	K9F1208X0C 输入/输出接口	145
5.6.3	K9F1208X0C 操作命令	147
5.6.4	K9F1208X0C 备用区数据分配	155
5.7	串行 EEPROM	156
5.7.1	24C01 结构	156
5.7.2	24C01 写操作	157
5.7.3	24C01 读操作	158
5.8	小 结	159
5.9	习 题	160

## 第 6 章 嵌入式系统引导程序

6.1	PC 机中的引导程序	161
6.2	嵌入式系统中的引导程序	163
6.3	嵌入式系统引导程序的启动过程	165
6.4	Universal Boot Loader	168
6.4.1	U-Boot 简介	168
6.4.2	U-Boot 用户命令及使用	168
6.4.3	U-Boot 源代码结构	170
6.4.4	U-Boot 启动过程	172
6.4.5	U-Boot 用户命令解释代码	173
6.4.6	U-Boot 中的 Flash 烧写代码	175
6.4.7	U-Boot 编译	177
6.4.8	U-Boot 的移植	180
6.4.9	U-Boot 的烧写	182
6.5	小 结	183
6.6	习 题	183

## 第 7 章 嵌入式操作系统

7.1	概 述	184
-----	-----	-----

7.2	嵌入式操作系统硬件抽象层 .....	185
7.3	嵌入式操作系统实时性 .....	187
7.3.1	实时系统概述 .....	187
7.3.2	嵌入式系统实时性 .....	189
7.3.3	裸机中的实时软件设计 .....	190
7.3.4	嵌入式实时操作系统 .....	191
7.4	嵌入式 Linux .....	195
7.4.1	Linux 简介 .....	195
7.4.2	嵌入式 Linux 特点 .....	197
7.4.3	常见嵌入式 Linux 操作系统 .....	198
7.5	$\mu$ C/OS-II 操作系统 .....	200
7.5.1	$\mu$ C/OS-II 操作系统概述 .....	200
7.5.2	$\mu$ C/OS-II 任务管理 .....	202
7.5.3	$\mu$ C/OS-II 移植 .....	203
7.6	VxWorks 操作系统 .....	205
7.6.1	VxWorks 系统结构 .....	205
7.6.2	VxWorks 操作系统特点 .....	206
7.6.3	VxWorks 任务管理 .....	208
7.6.4	Tornado 开发环境 .....	208
7.7	Windows XP Embedded 操作系统 .....	210
7.7.1	Windows Embedded .....	210
7.7.2	Windows XP Embedded .....	211
7.7.3	Windows XP Embedded 开发工具与开发过程 .....	213
7.8	Windows CE 操作系统 .....	215
7.8.1	Windows CE 概述 .....	215
7.8.2	Windows CE 系统结构 .....	216
7.8.3	Windows CE 文件系统 .....	219
7.8.4	Windows CE 内存管理 .....	220
7.8.5	Windows CE 系统调度 .....	221
7.8.6	Platform Builder 系统定制工具 .....	223
7.8.7	Embedded Visual C++ 应用软件开发环境 .....	225
7.9	嵌入式操作系统选型 .....	226
7.10	小 结 .....	228
7.11	习 题 .....	229
<b>第 8 章 嵌入式系统低功耗设计</b> .....		
8.1	嵌入式系统低功耗设计的重要性 .....	230
8.2	功耗类型与产生的原因 .....	232
8.3	硬件功耗控制方法 .....	234



8.3.1 选择低功耗器件 .....	234
8.3.2 采用低功耗电路形式 .....	235
8.3.3 充分利用器件的低功耗工作模式 .....	237
8.3.4 选择低功耗电源电路 .....	239
8.3.5 分区分时供电 .....	242
8.3.6 动态电压与频率调节 .....	243
8.3.7 其他硬件功耗控制方法 .....	246
8.4 软件功耗控制方法 .....	247
8.5 小结 .....	250
8.6 习题 .....	250

**第9章 嵌入式系统电磁兼容设计**

9.1 电磁兼容的发展 .....	251
9.2 电磁兼容的基本概念 .....	252
9.3 常见电磁兼容问题 .....	253
9.4 电磁兼容设计的重要性 .....	256
9.5 电磁兼容测试的单位 .....	257
9.6 PCB元件的高频特性 .....	258
9.6.1 导线 .....	259
9.6.2 电阻 .....	259
9.6.3 电容 .....	260
9.6.4 电感 .....	260
9.7 电磁能量的耦合途径与抑制方法 .....	261
9.7.1 直接传导耦合 .....	261
9.7.2 公共阻抗传导耦合 .....	262
9.7.3 电容耦合 .....	264
9.7.4 电感耦合 .....	264
9.8 PCB中的信号完整性分析 .....	265
9.8.1 传输线原理 .....	266
9.8.2 信号完整性问题 .....	267
9.8.3 信号完整性问题的解决方法 .....	269
9.9 PCB中的去耦电容 .....	272
9.10 小结 .....	273
9.11 习题 .....	273

参考文献 .....	274
------------	-----



# 第 1 章

## 嵌入式系统概述

嵌入式系统是针对具体应用而定制的专用计算机系统。定制不仅是指操作系统的裁剪、软件的针对性设计,往往还包括硬件的专门设计。定制的目的是使计算机系统适应其“嵌入”对象在功能、性能、功耗、成本、可靠性、环境适应性等方面的特殊要求。

嵌入式系统与通用计算机在应用形态、开发及调试方式上有很大的差别。在嵌入式系统开发中,做硬件设计的工程师要有一定的软件基础,做软件开发的工程师也要理解硬件的工作原理。系统开发工作具有较大的挑战性。

嵌入式系统无处不在,也正是嵌入式技术的发展,才使计算机走出实验室,走向社会,走进各行各业,研究嵌入式技术对推动信息产业的发展具有重要意义。

### 1.1 什么是嵌入式系统

嵌入式系统(Embedded System)也称嵌入式计算机系统。顾名思义,嵌入式系统是计算机的一种特殊形式,因此在理解嵌入式系统概念前,必须先明确计算机的基本概念。

计算机是能按照指令对各种数据进行自动加工处理的电子设备,一套完整的计算机系统包括硬件和软件两个部分,如图 1.1 所示。软件是指令与数据的集合,而硬件则是执行指令和处理数据的环境平台,是那些看得见、摸得着的部件。计算机的硬件系统主要由中央处理器、存储器、外部设备以及连接各个部分的计算机总线组成。软件则包括系统软件和应用软件两个部分,操作系统是系统软件的组成部分。

自 1946 年第一台电子计算机问世以来,计算机技术发展迅猛,经历了电子管计算机、晶体管计算机、小规模集成电路计算机、大规模集成电路计算机 4 个阶段。

现在广为人知的台式机、便携机等通用计算机性能强大,安装不同的软件就能实现不同的功能,其应用并不局限于特定的领域。如果安装了专门的软件开发工具,它就是一台软件开发计算机;如果安装了办公软件,它就是一台办公计算机;如果安装了游戏软件,它就是一台游戏机。

随着计算机技术的发展,计算机应用越来越广泛。在大量的设备中,需要采用计算机技术实现数据采集、自动控制和信息处理的功能。在这类应用中,计算机是专用的,是整个设备或



系统的固定组成部分,这就是常说的嵌入式系统。

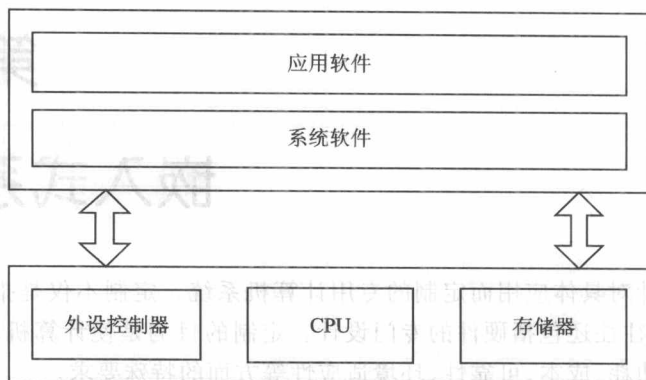


图 1.1 计算机系统的组成

嵌入式系统是以应用为中心、计算机技术为基础,软、硬件可裁剪,满足应用系统对功能、性能、可靠性、成本、体积及功耗严格要求的专用计算机系统。

上述定义较好地描述了嵌入式系统各方面的特征,不同的应用对计算机有不同的需求。嵌入式计算机在满足应用对功能和性能需求的前提下,还要适应应用对计算机的可靠性、机械结构、功耗、环境适应性等方面的要求。通常情况下,成本是嵌入式系统设计需要考虑的重要因素,尤其对于消费类的电子产品更是如此。但是,在军事、航空航天等特殊应用场合,可靠性是绝对重要的因素,对成本则没那么敏感。

简单地说,嵌入式系统是为具体应用定制的专用计算机系统,定制过程既体现在硬件方面,也体现在软件方面。硬件上,针对应用选择适当的芯片与体系结构,设计满足应用需求的接口和便于安装的机械结构;软件上则要明确是否需要操作系统,配置适当的软件开发环境并编写专门的应用软件。

## 1.2 嵌入式系统与通用计算机系统

根据用途不同,可把计算机分成两大类:通用计算机系统和嵌入式系统。嵌入式系统是针对特定应用进行专门设计的计算机,其发展方向是提高嵌入性能、控制能力和控制的可靠性。通用计算机系统则不同,其硬件功能全面,具有较强的扩展能力;软件上配置标准操作系统及其他常用系统软件和应用软件;发展方向是计算速度的无限提升、总线带宽的无限扩展及存储容量的无限扩大。

同样都是计算机,嵌入式系统与通用计算机系统在基本原理上没有什么根本的不同,但因為应用目标不一样,嵌入式系统有着自身的特点。

### (1) 嵌入式系统具有应用针对性

这是嵌入式系统的基本特征。体现这种应用针对性的首先是软件,软件实现特定应用所需要的功能,因此嵌入式系统在应用时必定配置了专用的应用程序;其次是硬件,大多数嵌入式系统的硬件需要针对应用专门设计,而不像 PC 机那样有完全标准化的硬件平台。市场上也有一些标准化的嵌入式硬件模块,采用标准模块可以降低系统开发的技术难度和风险,缩短开发时间,但成本较高,灵活性不足。

### (2) 嵌入式系统硬件一般对扩展能力要求不高

在硬件上,嵌入式系统作为一类专用的计算机系统,其功能、机械结构、安装要求比较固定,一般没有或仅有局部的扩展能力。在软件上,嵌入式系统往往是一个设备的固定组成部分,其软件功能由设备的需求决定,在较长的生命周期里,一般不需要对软件进行改动。但也有些特例,例如现在的手机,尤其是安装有嵌入式操作系统的智能手机,软件安装、升级比较灵活;但相对桌面计算机来说,其软件扩展能力还是相当薄弱的。

### (3) 嵌入式系统一般采用专门针对嵌入式应用设计的处理器

通用计算机中采用的主流处理器类型屈指可数;而嵌入式系统采用的处理器种类繁多,数不胜数,这与嵌入式系统应用针对性有关。不同的嵌入式处理器功能、性能差异非常大,主频从几兆赫兹到千兆赫兹、引脚数量从几个到几百个。嵌入式系统设计中,要根据具体的功能、性能、功耗、机械结构等应用需求,在众多的处理器中选择适当的类型。

### (4) 嵌入式系统中不一定有操作系统

在现代的通用计算机中,没有操作系统是无法想象的,而在嵌入式计算机中情况则不一样。对于一个功能简单的嵌入式系统,可能根本不需要操作系统,而直接在硬件平台上运行应用程序。在一些功能复杂的嵌入式系统中,可能需要支持有线/无线网络、文件系统,实现灵活的多媒体功能,支持实时多任务处理,此时,在硬件平台和应用软件之间增加一个操作系统层,可使应用软件的设计变得简单,而且便于实现更高的可靠性,缩短系统开发时间,使系统的研发工作变得可控。

目前存在多种嵌入式操作系统,如 VxWorks、pSOS、嵌入式 Linux、Windows CE 等。这些操作系统功能日益完善,以前只在桌面通用操作系统中具备的功能,如网络浏览器、HTTP 服务器、Word 文档阅读与编辑等,现在也可以在嵌入式系统中实现。但为适应嵌入式系统的需要,嵌入式操作系统相对通用操作系统来说,具有模块化、结构精炼、定制能力强、可靠性高、实时性好、便于写入非易失性存储器(固化)等特点。

### (5) 嵌入式系统一般有实时性要求

“嵌入”在设备中的嵌入式系统常用于实现数据采集、信息处理、实时控制等功能,而采集、处理和控制在往往是一个连续的过程。完成一个这样的过程有时间上的要求,这就是系统实时性的体现。

在图 1.2 所示的语音处理系统中,对输入的模拟语音进行 A/D 转换,微处理器采集到数

字化的语音数据后,进行压缩编码,并通过网络实现压缩语音数据的传输。如果系统按照 8 kHz 采样率、每采样点 8 位量化精度的工作模式进行语音采样,这时每个语音通道会以 64 kb/s 的速率源源不断地产生数据,计算机需要及时地进行语音数据采集、数据压缩编码并通过网络把数据发送出去,任何一个环节处理不及时,都会导致语音数据丢失。

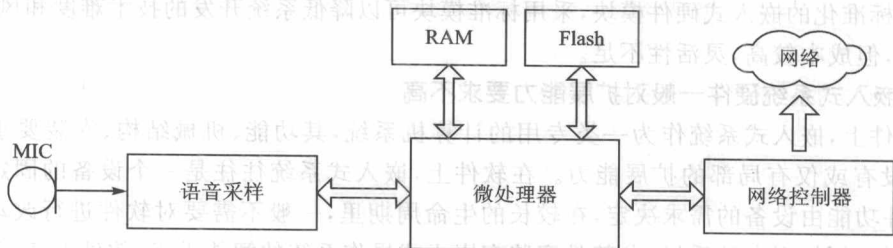


图 1.2 语音处理系统结构图

实时性和处理器速度不是一回事,速度快的系统不一定实时性好,速度慢的系统实时性未必不能满足要求。计算机运行速度高,当然更有条件实现实时性,但不是实时性的充要条件。嵌入式系统的设计要求精炼,因此在运算速度上不会留太多余量。为了保证实时性要求,更需要对硬件和软件做精心设计。

#### (6) 嵌入式系统一般有较强的成本控制要求

在满足需求的前提下,对于嵌入式系统开发,要求高效率的设计,减少硬件和软件冗余。恰到好处的设计可以最大限度地降低系统成本,并有利于提高系统的可靠性。

通用计算机则追求更快的计算速度、更大的存储容量、更丰富的配置及更大的显示器。强大的硬件平台才能满足日益复杂的桌面操作系统及各种类型软件的需要,这样的计算机“通用性”才最强。

#### (7) 嵌入式系统软件一般有固化的要求

在现代的通用计算机中,硬盘是操作系统和应用软件的载体。对于这些几 GB,甚至几十 GB、几百 GB 的软件及数据,硬盘是最好的记录载体。

嵌入式系统软件一般把操作系统和应用软件直接固化在非易失性存储器(如 Flash 存储器)中。首先,嵌入式系统一般没有硬盘,就算有硬盘或存储卡之类的外部存储器,也很少用于存储系统软件,多是用于存储数据或用户扩展的软件;其次,无论是操作系统还是应用软件都很精炼,所占容量相对通用计算机要小得多,因此有固化的条件;再次,嵌入式系统不像通用计算机那么容易安装和升级软件,而且也很少需要改动,因此要求软件存储可靠性高,有必要把软件固化;最后,软件固化有利于提高嵌入式系统的启动速度。

#### (8) 嵌入式系统软件一般采用交叉开发的模式

嵌入式系统针对具体的应用进行设计,其硬件和软件的配置往往不便于或不可能支持应用软件开发。实际开发中,一般用通用计算机(主要是 PC 机)作为开发机,进行嵌入式软件的



编辑、编译和链接；在开发机上进行仿真，或下载到嵌入式目标系统中运行测试；最终的目标代码固化到目标系统的存储器中运行，这就是所谓交叉开发的软件设计模式。

目前软件开发工作大多采用集成开发环境，将代码编辑、编译、链接、仿真、调试等软件开发工具集成在一起。

### (9) 嵌入式系统在体积、功耗、可靠性和环境适应性上一般有特殊要求

嵌入式系统作为一个固定的组成部分“嵌入”在设备中，因受装配、供电、散热等条件的约束，其体积、功耗必然有一定的限制。例如，现在的手机功能日益强大，但体积越来越小，集成度和装配密度非常高，在这种应用环境里，嵌入式计算机的芯片封装、电路板设计、系统装配等都要求紧凑、小巧。在功耗方面也有严格的要求，一方面密封在手机里，没有良好的散热条件，功耗控制不好会导致手机温度过高；另一方面，电路的功耗直接决定了手机一次充电后持续工作的时间。

嵌入式系统作为设备的核心，其可靠性决定了设备的可靠性，因此在这方面有严格的要求。尤其在航空航天、武器装备等应用中，嵌入式系统的可靠性更是生死攸关的事情。

### (10) 嵌入式系统技术标准化程度不高

PC 机是最普及的通用计算机，其主板结构、计算机扩展总线、扩展板结构、内存扩展、电源、机箱、外部设备接口甚至安装螺钉等都完全标准化，因此 PC 机完全以社会化分工的形式进行批量大规模生产。PC 机的标准化不仅体现在硬件上，在软件上也有很高的标准化趋势，如数据库标准、操作系统标准、文本标准等。

每个嵌入式系统都是针对具体应用设计的，千差万别，不可能像 PC 机一样制定高度一致的标准。也正是因为这个原因，在嵌入式领域才不会形成个别企业垄断市场的现象。

嵌入式系统与通用计算机系统在技术上是相通的。通用计算机发展快、性能强，很多技术可以应用到嵌入式系统中。如 PC 中的 ISA 总线经过改造成为嵌入式系统中的 PC/104 总线，PCI 总线经过改造成为嵌入式系统中的 CompactPCI 总线；桌面 Windows XP 操作系统有对应的嵌入式版本——Windows XP Embedded，而桌面 Linux 也有对应的嵌入式 Linux 版本。在应用中，还经常可见经过机械结构、环境适应性改造的通用计算机应用在嵌入式领域中。

标准化有利于社会化的分工合作。嵌入式领域也存在一定程度的标准化，如 PC/104 总线标准、Compact PCI 总线标准等，只是这些标准化的应用相对于整个嵌入式领域还是很小的一部分。

## 1.3 嵌入式系统的发展与应用

如果问哪种计算机最普及，有人会说是 PC 机，可实际上嵌入式系统在数量上远远超过了以 PC 机为代表的通用计算机。只是嵌入式系统一般集成在设备内部，不像 PC 那样本身是一



个配备了显示器、键盘、鼠标的独立系统。

人们在使用设备时,往往在意的是设备提供的功能,而忽略了在设备内部高速运转,起着核心作用的嵌入式系统。例如在用 MP3 欣赏音乐的时候,人们只关心音乐的音质、操控方式、系统容量、支持的音乐格式等,有多少人会关心在 MP3 内部发挥作用的嵌入式计算机呢?可实际上所有的功能都是由内部的计算机完成的。

早期计算机由电子管组成,体积庞大,主要用于完成复杂的计算任务。随着晶体管计算机的出现,尤其是集成电路在计算机中的应用,计算机体积越来越小、性能越来越强,除了数值计算外,计算机还可以实现数据采集、信息处理、自动控制等功能。将专门设计的计算机集成到传统设备中,可显著提高设备的性能。此时,嵌入式系统应运而生。

嵌入式系统发展之初,因为计算机还是个昂贵的电子设备,所以应用仅限于军事、工业控制等成本不敏感的领域。随着微处理器技术的飞速发展,计算机集成度越来越高,在性能提高的同时,计算机也变得越来越小、越来越廉价,嵌入式系统也进入蓬勃发展时期。

现代社会生活中,嵌入式系统无处不在,广泛应用在国防电子、数字家庭、工业自动化、汽车电子、医学科技、消费电子、无线通信、电力系统等领域,嵌入式系统已经成为数字化生活的技术基础。

图 1.3 给出的是数字手机电路的原理框图。嵌入式系统在手机里完成人机接口、信息管理、设备控制等功能;在多媒体手机中,嵌入式系统还要实现语音记录、视频记录、数码相片拍摄、音/视频文件播放等多媒体功能。嵌入式系统是数字手机的核心。

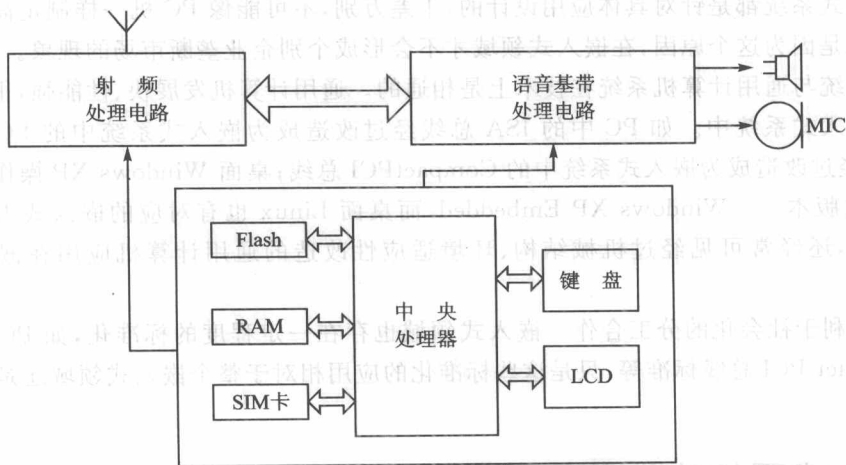


图 1.3 手机电路原理框图

现代社会日益数字化和信息化,嵌入式系统在这样的社会中必将扮演重要的角色。在未来的日常生活中,嵌入式系统不仅存在于电视机、洗衣机、冰箱、手机里,甚至连人们穿的鞋子、