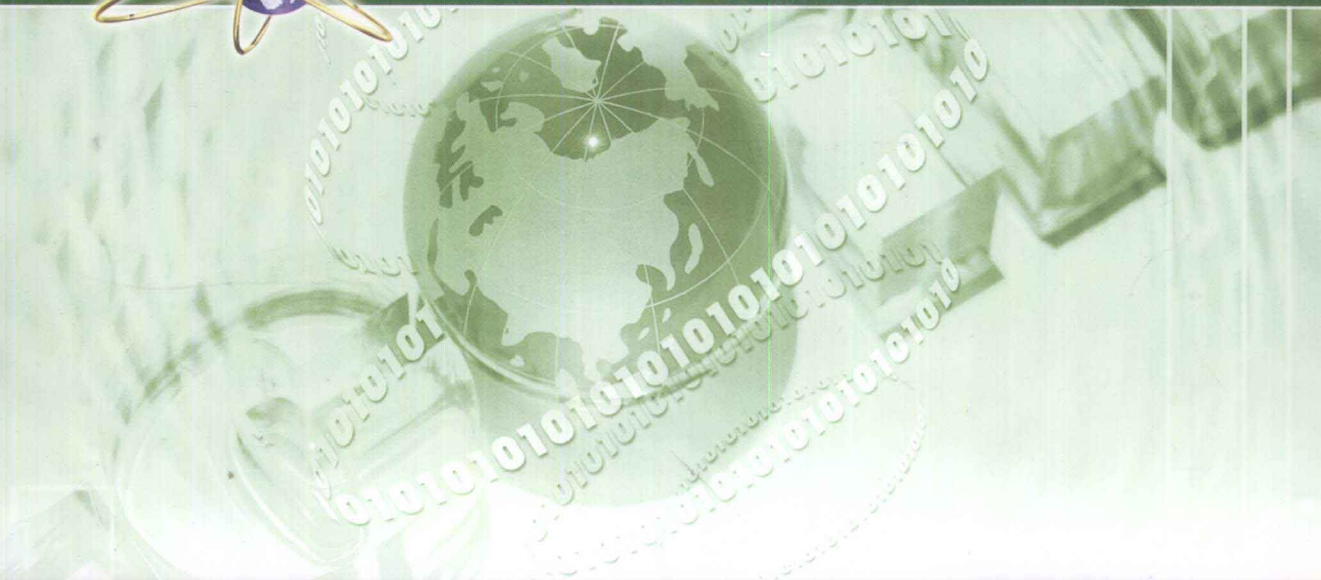




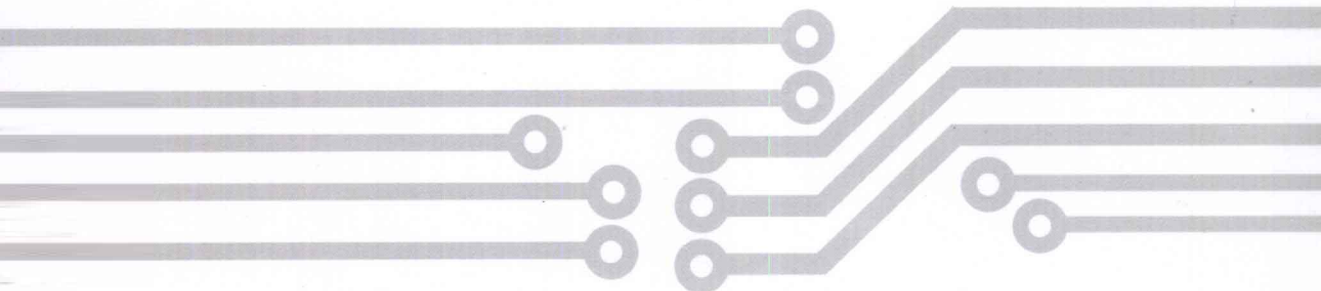
电气与信息学科精品课程系列教材



# 嵌入式系统原理与设计

QIANRUSHI XITONG YUANLI YU SHEJI

苏曙光 沈刚 / 编著 陈传波 / 主审



华中科技大学出版社  
<http://www.hustp.com>

电气与信息学科精品课程系列教材

# 嵌入式系统原理与设计

苏曙光 沈 刚 编著  
陈传波 主审

华中科技大学出版社  
中国·武汉

## 内 容 简 介

本书全面地介绍了嵌入式系统的概念、软硬件结构、开发调试过程和工具等内容,涵盖嵌入式系统设计和实现全过程所需要掌握的知识。

全书内容共分为三部分。第一部分(第1章)介绍嵌入式系统的概念,以及其软硬件结构和典型应用领域。第二部分(第2章至第5章)介绍嵌入式系统的硬件知识,包括 ARM 处理和 DSP 处理器的应用,Flash 存储技术,典型的嵌入式外设,电路原理图和印制电路板 PCB 的设计流程、设计原则及硬件设计环境与工具,典型嵌入式系统操作系统的内核结构、图形驱动、移植等应用要点。第三部分(第6章至第9章)首先介绍嵌入式系统的软件开发环境的特点、构建方法、开发和调试流程,以及嵌入式软件体系各层次的软件开发技术;然后介绍了交叉编译环境、开发过程,嵌入式设备之间的网络互联技术;最后通过典型事例介绍了嵌入式系统设计和开发的基本思路和方法。

本书适合计算机、软件工程、电子、电气、机电一体化、光电等相关专业的研究生或本科高年级学生选作教材,同时也可作为从事嵌入式系统项目管理、整体设计和硬件、软件开发技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理与设计/苏曙光 沈 刚 编著. —武汉:华中科技大学出版社,2011.7  
ISBN 978-7-5609-7190-2

I. 嵌… II. ①苏… ②沈… 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(2011)第 123649 号

嵌入式系统原理与设计

苏曙光 沈 刚 编著  
陈传波 主审

策划编辑:谢燕群

责任编辑:江 津

封面设计:刘 卉

责任校对:李 琴

责任监印:张正林

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉佳年华科技有限公司

印 刷:华中科技大学印刷厂

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:15.75

字 数:393千字

版 次:2011年7月第1版第1次印刷

定 价:29.80元



本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换  
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务  
版权所有 侵权必究

电气与信息学科精品课程系列教材

## 编审委员会

**主任** 尹项根

**副主任** 秦实宏

**委员** (按姓氏笔画排列)

毛 哲 吴文辉 宋玉阶 李忠明 李德骏

殷小贡 容太平 唐永奇 梅秋燕 谭文群

# 前 言

嵌入式技术是一门涉及计算机、微电子、通信和电子材料等相关信息技术的综合技术，其应用范围极其广泛，涵盖航空航天电子、武器自动化、工业自动控制、智能仪器和仪表、智能测控系统、网络设备、通信设备、医疗电子及消费、娱乐电子等领域。可以这么说，从生产到生活，从军用到民用，只要涉及“电”的设备几乎都能应用嵌入式技术。嵌入式系统及其相关技术是目前信息技术中发展最快、最有活力、最有挑战性和最有成就感及创新力的领域之一，也一直吸引着众多研发人员和工程人员从事相关的理论研究和应用开发。因此，深入学习并掌握嵌入式系统的概念、原理、设计和应用，是每一位立志在该领域成就事业、成就未来的研发人员和学生的首要目标。

本书具有如下四个特点。

第一，语言通俗易懂，内容深入浅出，行文脉络清晰，特别适合课堂教学和研发人员参考。

第二，内容全面，覆盖嵌入式系统的硬件、软件、调试、开发工具等内容。目前大多数嵌入式教材只是侧重于嵌入式系统的硬件结构或软件开发，或者侧重讲解某种硬件或软件开发工具的使用。因此，这一类图书仅仅适合有嵌入式开发经验而需要在上述某一方面继续加强的部分读者。开发工具是真正实现嵌入式系统硬件和软件的最终“武器”，在本书中均有详略得当的介绍，以便引领读者去掌握。

第三，概念、理论和实践三者比例适当，适合课堂教学和自学。嵌入式系统是一门跨学科的综合课程，概念和理论繁杂，事实上还存在大量“生造且不规范”的名词术语，这些很容易挫伤初学者的兴趣。因此为了便于读者学习，本书在对概念和理论进行介绍的同时会充分结合实践和实例来介绍其应用，以帮助读者理解。

第四，内容和实例选取具有广泛的代表性，并在教材中注意提炼它们的共性和联系，以便让读者充分理解嵌入式系统的本质和基础应用。嵌入式系统从硬件到软件全部由用户来选择、设计和实现（即所谓“裁剪”），因此对于一个合格的嵌入式开发人员来讲，尤其是对于项目总体设计师来讲，必须掌握较全面的软硬件知识和广泛的应用经验。基于此考虑，本书编写时并不局限于特定的操作系统或CPU，更不局限于特定的开发板，因而能更好地符合课堂教学特点，满足高层开发人员的需求。

本书可供计算机、软件工程、电子、电气、机电一体化、光电等相关专业的研究生或本科高年级学生选作教材，还可供从事嵌入式系统的项目管理人员、整体设计人员、硬件和软件开发技术人员等作为参考书。

本书在编写过程中，得到了华中科技大学软件学院各级领导的大力支持，得到了陈传波教授、肖来元教授等专家、学者的诸多指导；另外，研究生焦立彬、党会波、蒋小龙等同学参与了第4章内容的资料收集和整理，在此一并表示诚挚的谢意。

本书作者长期从事操作系统、电子设计、软件开发、流媒体通信、自动化控制等相关领域

的教学、科研和产业化等方面的工作,积累了丰富的嵌入式系统理论知识和实践经验。尽管作者力求将本书写好,符合一般读者的学习规律和教师教学规律,满足读者对知识的渴求,但是由于自身学术水平有限,再加上嵌入式系统所涉及的技术发展日新月异,因此书中难免存在疏漏,甚至错误,欢迎广大读者批评指正,以便再版更正。同时,为了方便教师上课,请需要教学课件(PowerPoint 幻灯片)的老师与我们联系:sueagle@163.com,邮件主题注明“索取嵌入式教学课件”即可,作者可免费提供教学课件和书中插图。

作者于华中科技大学

2011年6月

# 目 录

<b>第 1 章 嵌入式系统概述</b> .....	(1)
1.1 计算机的分类 .....	(1)
1.2 嵌入式系统的概念 .....	(1)
1.3 嵌入式系统的特点 .....	(2)
1.4 嵌入式系统的应用 .....	(3)
1.5 嵌入式系统的硬件结构 .....	(4)
1.6 嵌入式系统的软件体系 .....	(6)
1.7 嵌入式系统的嵌入形式 .....	(7)
1.8 嵌入式系统的发展方向 .....	(8)
习题 .....	(9)
<b>第 2 章 嵌入式处理器</b> .....	(10)
2.1 嵌入式处理器的概念 .....	(10)
2.1.1 处理器的基本组成 .....	(10)
2.1.2 嵌入式处理器的特点 .....	(10)
2.1.3 两类处理器架构 .....	(11)
2.1.4 CISC 指令体系和 RISC 指令体系 .....	(12)
2.1.5 指令流水线 .....	(12)
2.2 嵌入式处理器的分类 .....	(13)
2.2.1 嵌入式微控制器 .....	(13)
2.2.2 嵌入式微处理器 .....	(14)
2.2.3 数字信号处理器 .....	(14)
2.2.4 CPLD/FPGA .....	(14)
2.2.5 片上系统 .....	(15)
2.3 嵌入式处理器的选型 .....	(15)
2.3.1 嵌入式处理器的技术指标 .....	(15)
2.3.2 嵌入式处理器的选择 .....	(16)
2.3.3 嵌入式处理器的发展方向 .....	(17)
2.3.4 主流的 32 位微处理器 .....	(18)
2.4 ARM 处理器 .....	(19)
2.4.1 ARM 的概念 .....	(19)

2.4.2	ARM 开发模型 .....	(20)
2.4.3	ARM 基本指令 .....	(21)
2.4.4	ARM 程序设计 .....	(24)
2.4.5	典型 ARM 处理器 .....	(25)
2.5	DSP 处理器 .....	(26)
2.5.1	DSP 概述 .....	(26)
2.5.2	DSP 开发环境 .....	(27)
2.5.3	简单的 DSP 程序 .....	(28)
2.5.4	TMS320DM642 .....	(29)
	习题 .....	(30)
<b>第 3 章</b>	<b>嵌入式存储器 .....</b>	<b>(31)</b>
3.1	存储器概述 .....	(31)
3.1.1	存储器的结构 .....	(31)
3.1.2	存储器的分类 .....	(31)
3.1.3	存储器技术指标 .....	(32)
3.1.4	存储空间的组织 .....	(33)
3.2	RAM 和 ROM .....	(34)
3.2.1	RAM .....	(34)
3.2.2	ROM .....	(36)
3.3	Flash 存储器 .....	(36)
3.3.1	Flash 存储器概述 .....	(36)
3.3.2	Flash 存储器分类 .....	(36)
3.4	典型的 DRAM 芯片及其应用 .....	(38)
3.4.1	DRAM 芯片的一般结构和操作 .....	(38)
3.4.2	HY57V561620 芯片的特点 .....	(40)
3.4.3	HY57V561620 芯片的应用 .....	(40)
3.5	典型的 SRAM 芯片及其应用 .....	(41)
3.5.1	SRAM 芯片的一般结构和操作 .....	(41)
3.5.2	IS61LV25616AL 芯片的特点 .....	(42)
3.5.3	IS61LV25616AL 芯片的应用 .....	(42)
3.6	典型的 NAND Flash 芯片及其应用 .....	(43)
3.6.1	K9F1208 芯片概述 .....	(43)
3.6.2	K9F1208 芯片的应用 .....	(45)
3.7	典型的 NOR Flash 芯片及其应用 .....	(46)
3.7.1	AM29LV160DB 芯片概述 .....	(46)
3.7.2	AM29LV160DB 芯片的应用 .....	(47)
	习题 .....	(48)



<b>第 4 章 接口、总线和典型外设</b> .....	(49)
4.1 接口 .....	(49)
4.1.1 接口的功能 .....	(49)
4.1.2 接口的结构 .....	(49)
4.1.3 接口数据传输的方式 .....	(50)
4.1.4 接口设计的一般方法 .....	(50)
4.2 总线概述 .....	(51)
4.3 SPI 总线 .....	(52)
4.3.1 SPI 总线结构 .....	(52)
4.3.2 SPI 总线的应用 .....	(53)
4.4 RS-232C 及 RS-485 总线 .....	(55)
4.4.1 RS-232C 总线 .....	(55)
4.4.2 RS-485 总线 .....	(56)
4.5 USB 总线 .....	(57)
4.5.1 USB 总线概述 .....	(57)
4.5.2 USB 工作原理 .....	(57)
4.5.3 典型 USB 接口芯片 .....	(59)
4.6 I <sup>2</sup> C 总线 .....	(61)
4.6.1 I <sup>2</sup> C 总线概念 .....	(61)
4.6.2 I <sup>2</sup> C 总线操作时序 .....	(61)
4.6.3 I <sup>2</sup> C 总线的应用 .....	(62)
4.7 其他常用总线 .....	(63)
4.7.1 I <sup>2</sup> S 总线 .....	(63)
4.7.2 IEEE1394 .....	(64)
4.8 发光二极管和 LED .....	(64)
4.9 ADC 和 DAC .....	(66)
4.9.1 ADC 的主要技术指标 .....	(67)
4.9.2 典型 ADC 及其应用 .....	(67)
4.9.3 DAC 的主要技术指标 .....	(68)
4.9.4 典型 DAC 及其应用 .....	(69)
4.10 WatchDog .....	(71)
习题 .....	(72)
<b>第 5 章 嵌入式硬件设计及其方法</b> .....	(73)
5.1 硬件设计概述 .....	(73)
5.2 电路原理图设计 .....	(75)
5.2.1 原理图设计流程 .....	(76)
5.2.2 电路原理图的设计原则 .....	(76)

5.3	PCB 设计	(77)
5.3.1	设计过程	(77)
5.3.2	PCB 设计的一般原则	(78)
5.3.3	高速电路设计	(79)
5.4	CPLD/FPGA 芯片设计	(81)
5.4.1	CPLD/FPGA 芯片分类	(81)
5.4.2	CPLD/FPGA 硬件设计流程	(81)
5.4.3	Quartus II 软件	(82)
5.5	典型电路设计工具	(83)
5.5.1	Protel	(83)
5.5.2	PADS 软件	(83)
5.5.3	Cadence	(84)
	习题	(86)
<b>第 6 章</b>	<b>嵌入式操作系统</b>	<b>(87)</b>
6.1	嵌入式操作系统的概念	(87)
6.1.1	采用嵌入式操作系统的必要性	(87)
6.1.2	嵌入式操作系统的特点	(88)
6.1.3	嵌入式操作系统的结构	(88)
6.1.4	对存储器的需求	(89)
6.2	嵌入式操作系统的实时性	(90)
6.2.1	实时性相关的概念	(90)
6.2.2	两种类型的实时内核	(92)
6.2.3	实时性指标	(94)
6.2.4	影响实时性的因素	(94)
6.3	嵌入式 Linux	(95)
6.3.1	嵌入式 Linux 概述	(95)
6.3.2	Linux 内核结构	(96)
6.3.3	嵌入式 Linux 内核裁剪和移植	(97)
6.3.4	Linux 启动脚本裁剪	(98)
6.3.5	嵌入式 Linux 图形驱动接口	(99)
6.3.6	嵌入式 Linux 实时性设计	(100)
6.4	$\mu\text{C}/\text{OS}$	(103)
6.4.1	$\mu\text{C}/\text{OS}$ 的特点	(103)
6.4.2	任务管理	(103)
6.4.3	内存管理	(105)
6.4.4	$\mu\text{C}/\text{OS}$ 移植	(106)
6.4.5	$\mu\text{C}/\text{OS}$ 应用	(107)

6.5 其他典型嵌入式操作系统 .....	(108)
6.5.1 RT Linux .....	(108)
6.5.2 VxWorks .....	(108)
6.5.3 Windows CE .....	(109)
习题 .....	(110)
<b>第7章 嵌入式软件开发</b> .....	<b>(111)</b>
7.1 交叉编译环境 .....	(111)
7.1.1 交叉编译环境的概念 .....	(111)
7.1.2 交叉编译环境的配置 .....	(112)
7.2 嵌入式软件开发过程 .....	(116)
7.2.1 嵌入式软件的编译和调试 .....	(116)
7.2.2 嵌入式软件的固化 .....	(118)
7.3 嵌入式 Linux 软件开发 .....	(118)
7.3.1 开发流程和内容 .....	(119)
7.3.2 应用软件开发方式 .....	(120)
7.4 Linux 内核配置 .....	(121)
7.4.1 Linux 内核配置方式 .....	(121)
7.4.2 内核配置文件 config.in .....	(122)
7.4.3 内核配置文件 Kconfig .....	(123)
7.4.4 Kconfig 配置实例 .....	(125)
7.5 BSP 开发 .....	(126)
7.6 驱动开发 .....	(127)
7.6.1 驱动的概念 .....	(127)
7.6.2 直接硬件驱动 .....	(127)
7.6.3 Linux 驱动概念 .....	(127)
7.6.4 Linux 驱动的编写 .....	(129)
7.6.5 驱动程序编译 .....	(133)
7.7 Linux 中断技术 .....	(134)
7.7.1 Linux 中断的概念 .....	(134)
7.7.2 安装中断处理程序 .....	(134)
7.7.3 中断处理过程上下半部 .....	(135)
7.7.4 实现中断处理程序 .....	(138)
7.8 BootLoader 开发 .....	(138)
7.8.1 BootLoader 概念 .....	(138)
7.8.2 BootLoader 结构 .....	(139)
7.8.3 BootLoader 实例 .....	(140)
7.9 文件系统 .....	(142)

7.9.1	文件系统的概念 .....	(142)
7.9.2	典型文件系统 .....	(142)
7.9.3	Busybox 工具 .....	(144)
7.9.4	MTD 技术 .....	(145)
7.9.5	Linux 文件系统的设计 .....	(149)
7.10	图形用户界面 GUI .....	(152)
7.10.1	图形用户界面简介 .....	(152)
7.10.2	MiniGUI 概述 .....	(153)
7.10.3	MiniGUI 应用 .....	(155)
7.11	典型软件开发环境 .....	(158)
7.11.1	Keil C .....	(158)
7.11.2	SDT/ADS .....	(159)
7.11.3	Linux GCC .....	(163)
7.12	嵌入式软件的调试和仿真 .....	(165)
7.12.1	软件的调试和仿真 .....	(165)
7.12.2	GDB 交叉软件调试 .....	(169)
7.12.3	JTAG 调试技术 .....	(170)
	习题 .....	(171)
<b>第 8 章</b>	<b>嵌入式网络 .....</b>	<b>(173)</b>
8.1	嵌入式设备的网络化 .....	(173)
8.2	TCP/IP 网络 .....	(173)
8.2.1	TCP/IP .....	(173)
8.2.2	TCP/IP 的裁剪 .....	(175)
8.2.3	开源 TCP/IP .....	(176)
8.2.4	接入 TCP/IP 网络 .....	(177)
8.2.5	典型网络接口芯片 .....	(179)
8.2.6	RTL8019AS 网络接入实例 .....	(180)
8.3	无线通信 .....	(182)
8.3.1	2.4G 无线通信 .....	(182)
8.3.2	蓝牙通信 .....	(185)
8.3.3	IrDA 红外通信 .....	(188)
8.4	无线传感网络 .....	(192)
8.4.1	无线传感器网络的概念 .....	(192)
8.4.2	网络节点 .....	(193)
8.4.3	节点设计实例 .....	(194)
8.5	移动网络 .....	(195)
8.5.1	GSM 通信 .....	(195)

8.5.2	GPRS 通信 .....	(199)
8.5.3	CDMA 通信 .....	(202)
	习题 .....	(204)
<b>第 9 章</b>	<b>项目实例分析 .....</b>	<b>(205)</b>
9.1	ARM 嵌入式 LED 驱动 .....	(205)
9.1.1	LED 的硬件背景 .....	(205)
9.1.2	驱动实现过程 .....	(205)
9.2	单片机温度控制系统 .....	(207)
9.2.1	项目要求 .....	(207)
9.2.2	系统总体设计 .....	(208)
9.2.3	硬件设计 .....	(208)
9.2.4	软件设计 .....	(210)
9.3	多路视频服务器 .....	(211)
9.3.1	项目概述 .....	(211)
9.3.2	硬件整体设计 .....	(212)
9.3.3	音、视频电路设计 .....	(212)
9.3.4	重要外围电路设计 .....	(214)
9.3.5	软件设计和测试 .....	(215)
9.4	智能家居系统 .....	(216)
9.4.1	项目概述 .....	(216)
9.4.2	系统主要模块的设计 .....	(216)
9.4.3	系统硬件的设计 .....	(217)
9.4.4	系统软件设计 .....	(224)
9.5	DSP 指纹识别系统 .....	(225)
9.5.1	身份识别技术 .....	(225)
9.5.2	指纹识别原理 .....	(227)
9.5.3	需求分析和设计原则 .....	(230)
9.5.4	整体设计 .....	(231)
9.5.5	外部存储器接口设计 .....	(232)
9.5.6	指纹采集模块接口设计 .....	(233)
9.5.7	串口通信单元 .....	(235)
9.5.8	指纹识别软件设计 .....	(236)
	参考文献 .....	(238)

# 第 1 章 嵌入式系统概述

**内容提要:**本章主要从整体上介绍什么是嵌入式系统, 以及其软硬件结构和典型应用领域。具体内容包括嵌入式系统的概念、特点、应用、硬件结构和软件体系, 嵌入式系统的形式和发展方向等内容。

## 1.1 计算机的分类

计算机是指能够分析和执行指令/程序的电子设备, 这类电子设备装有 CPU, 能够完成用户预先指定的任务(用程序表达)。随着电子技术的迅猛发展, 计算机(俗称电脑)已经在生活中广泛应用。家庭娱乐或上网需要使用计算机, 办公室中处理文档和管理财务数据需要使用计算机, 企业的各类服务器也都离不开计算机。前述提及的计算机都是通用意义上的计算机, 它们的外形、功能、结构及使用方法都是大同小异的。但是本书所要介绍的“计算机”却不是这些普通的计算机, 而是一类特殊的计算机。在讲述这类特殊计算机的概念和特点之前, 先来讨论计算机的分类。

从应用目的、工作原理和组成结构等方面来考察, 计算机可以简单地分为图 1-1 所示类型。使用最普遍的微型机(包括 PC 机、便携式计算机及大多数 Web 服务器、数据库服务器), 以及在科研院所或大型企业中使用的小型机、大型机、巨型机等都属于通用计算机类别。和通用计算机对应的类别是专用计算机, 也即所谓的嵌入式计算机, 有时也将附带外围设备的嵌入式计算机称为嵌入式计算机系统(简称嵌入式系统)。

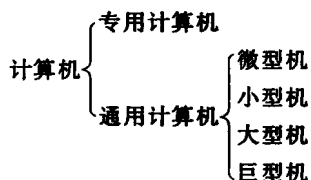


图 1-1 计算机的分类

## 1.2 嵌入式系统的概念

嵌入式计算机的真正发展是在微处理器问世之后。1971 年 11 月, Intel 公司成功地把算术运算器和控制器电路集成在一起, 推出了第一款微处理器 Intel 4004, 其后各厂家陆续推出了 8 位、16 位微处理器, 包括 Intel 的 8080、8085、8086, Motorola 的 6800、68000, 以及 Zilog 的 Z80、Z8000 等。以这些微处理器为核心所构成的系统广泛地应用于仪器仪表、医疗设备、机器人、家用电器等领域。微处理器的广泛应用形成了一个广阔的嵌入式应用市场, 计算机厂家开始大量地以插件方式向用户提供 OEM 产品, 再由用户根据自己的需要选择

一套适合的 CPU 板、存储器板及各式 I/O 插件板,从而构成专用的嵌入式计算机系统,并将其嵌入自己的系统设备中。

嵌入式计算机在生活中比通用计算机使用得更加广泛,电视机、冰箱、洗衣机、微波炉等家用电器都是这一类“计算机”,因为它们内部都具有某种 CPU,能够接收用户的指令,完成用户指定的任务。在家用电器领域,嵌入式计算机更多的是侧重于对它们进行智能控制或自动控制。在工业控制领域,嵌入式计算机是医疗仪器、消费电子、网络通信、机器人等的内部组成部分。在航空航天等领域,嵌入式计算机更是应用广泛。工厂的产品传送系统,医院的彩色 B 超仪、核磁共振 MRI,娱乐用的 MP4、PDA,用于网络的路由器,用于通信的手机,各类机器人和智能机械手,战场上的自动火炮、导弹、反导系统、GPS 定位仪,飞机和卫星上的复杂电子系统、图形图像处理系统等都是嵌入式计算机的应用。显然,这些“计算机”的功能、外形和使用方式完全不同,它们是专用的。

20 世纪 80 年代,随着微电子工艺水平的提高,集成电路制造商开始把嵌入式计算机应用中所需要的微处理器、I/O 接口、A/D 转换器、D/A 转换器、串行接口,以及 RAM、ROM 等部件全部集成到一个 VLSI 中,从而制造出面向 I/O 设计的微控制器,即俗称的单片机。单片机成为嵌入式计算机中异军突起的一支新秀。20 世纪 90 年代,在分布控制、柔性制造、数字化通信和信息家电等巨大需求的牵引下,嵌入式系统进一步快速发展。面向实时信号处理算法的 DSP 产品向着高速、高精度、低功耗的方向发展。21 世纪是一个网络盛行的时代,将嵌入式系统应用到各类网络中是其发展的重要方向。

嵌入式系统被定义为以应用为中心,以计算机技术为基础,软件、硬件可裁剪,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。嵌入式计算机在应用数量上远远超过了各种通用计算机,而且一台通用计算机的外部设备中往往也包含多个嵌入式系统,如键盘、硬盘、显卡、网卡、声卡、打印机、集线器等均是由嵌入式处理器控制的智能部件。嵌入式系统具有面向用户、面向产品、面向应用的特性。如果脱离应用需要,嵌入式系统就毫无价值。嵌入式处理器的功耗、体积、成本、可靠性、速度、处理能力、电磁兼容性等方面均受到特定应用需求的制约,也是各个半导体厂商之间竞争的因素。与通用计算机不同,设计嵌入式系统的硬件和软件时必须考虑其高效性,要量体裁衣,去除冗余,力争以尽可能廉价的成本和较小的体积/面积来实现最佳的性能。

### 1.3 嵌入式系统的特点

嵌入式系统的硬件和软件必须根据具体的应用任务,以功耗、成本、体积、可靠性、处理能力等为指标来进行选择。嵌入式系统的核心是系统软件和应用软件,由于存储空间有限,因而要求软件代码紧凑、可靠,且对实时性有严格要求。

从构成上看,嵌入式系统是集软硬件于一体的、可独立工作的计算机系统;从外观上看,嵌入式系统像是一个“可编程”的电子“器件”;从功能上看,它是对目标系统(宿主对象)进行控制,使其智能化的控制器。从用户和开发人员的不同角度来看,与普通计算机相比较,嵌入式系统具有如下特点。

(1) 专用性强。由于嵌入式系统通常是面向某个特定应用的,所以嵌入式系统的硬件

和软件,尤其是软件,都是为特定用户群设计的,通常具有某种专用性的特点。

(2) 体积小。嵌入式计算机把通用计算机系统中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部,从而有利于实现小型化,方便将嵌入式系统嵌入目标系统中。

(3) 实时性好。嵌入式系统广泛应用于生产过程控制、数据采集、传输通信等场合,主要用来对宿主对象进行控制,所以对嵌入式系统有或多或少的实时性要求。例如,对武器中的嵌入式系统,某些工业控制装置中的控制系统等的实时性要求就极高。有些系统对实时性要求也并不是很高,例如,近年来发展速度比较快的掌上电脑等。但总体来说,实时性是对嵌入式系统的普遍要求,是设计者和用户应重点考虑的一个重要指标。

(4) 可裁剪性好。从嵌入式系统专用性的特点来看,嵌入式系统的供应者理应提供各式各样的硬件和软件以备选用,力争在同样的硅片面积上实现更高的性能,这样才能在具体应用中更具竞争力。

(5) 可靠性高。由于有些嵌入式系统所承担的计算任务涉及被控产品的关键质量、人身设备安全,甚至国家机密等重大事务,且有些嵌入式系统的宿主对象工作在无人值守的场合,如在危险性高的工业环境和恶劣的野外环境中的监控装置。所以,与普通系统相比较,嵌入式系统对可靠性的要求极高。

(6) 功耗低。有许多嵌入式系统的宿主对象是一些小型应用系统,如移动电话、MP3、数码相机等,这些设备不可能配置交流电源或容量较大的电源,因此低功耗一直是嵌入式系统追求的目标。

(7) 嵌入式系统本身不具备自我开发能力,必须借助通用计算机平台来开发。嵌入式系统设计完成以后,普通用户通常没有办法对其中的程序或硬件结构进行修改,必须有一套开发工具和环境才能进行。

(8) 嵌入式系统通常采用“软硬件协同设计”的方法实现。早期的嵌入式系统设计方法经常采用的是“硬件优先”原则,即在只粗略估计软件任务需求的情况下,首先进行硬件设计与实现,然后在此硬件平台之上进行软件设计。如果采用传统的设计方法,则一旦在测试中发现问题,需要对设计进行修改时,整个设计流程将重新进行,对成本和设计周期的影响很大。系统的设计在很大程度上依赖于设计者的经验。20世纪90年代以来,随着电子和芯片等相关技术的发展,嵌入式系统的设计和实现出现了软硬件协同(co-design)设计方法,即使用统一的方法和工具对软件和硬件进行描述、综合和验证。在系统目标要求的指导下,通过综合分析系统软硬件功能及现有资源,协同设计软硬件体系结构,以最大限度地挖掘系统软硬件能力,避免由于独立设计软硬件体系结构而带来的种种弊病,得到高性能、低代价的优化设计方案。

## 1.4 嵌入式系统的应用

嵌入式系统的应用十分广泛,涉及工业生产、日常生活、工业控制、航空航天等多个领域,而且随着电子技术和计算机软件技术的发展,不仅在这些领域中的应用越来越深入,而且在其他传统的非信息类设备中也逐渐显现出其用武之地。

### 1. 工业控制

基于嵌入式芯片的工业自动化设备将获得长足的发展,目前已经有大量的8位、16位、



32 位嵌入式微控制器在应用中。网络化是提高生产效率和产品质量、减少人力资源的主要途径,如工业过程控制、数字机床、电力系统、电网安全、电网设备监测、石油化工系统。就传统的工业控制产品而言,低端产品往往采用的是 8 位单片机。随着计算机技术的发展,32 位、64 位的处理器已逐渐成为工业控制设备的核心。

## 2. 交通管理

在车辆导航、流量控制、信息监测与汽车服务方面,嵌入式技术已经获得了广泛的应用,内嵌 GPS 模块、GSM 模块的移动定位终端已经在各种运输行业获得了成功。目前,GPS 设备已经从尖端的科技产品进入了普通百姓的家庭。

## 3. 信息家电

家电将成为嵌入式系统最大的应用领域,冰箱、空调等的网络化、智能化将引领人们的生活步入一个崭新的空间。即使不在家,也可以通过电话、网络对家电进行远程控制。在这些设备中,嵌入式系统将大有用武之地。

## 4. 家庭智能管理系统

水表、电表、煤气表的远程自动抄表系统,安全防火、防盗系统,嵌有专用控制芯片,这种专用控制芯片将代替传统的人工操作,完成检查功能,并实现更高、更准确和更安全的性能。目前在服务领域,如远程点菜器等已经体现了嵌入式系统的优势。

## 5. POS 网络及电子商务

公共交通无接触智能卡(Contactless Smart Card, CSC)发行系统、公共电话卡发行系统、自动售货机等智能 ATM 终端已全面走进人们的生活,在不远的将来手持一张卡就可以行遍天下。

## 6. 环境工程与自然

在很多环境恶劣、地况复杂的地区需要进行水文资料实时监测、防洪体系及水土质量监测、堤坝安全与地震监测、实时气象信息和空气污染监测等时,嵌入式系统将实现无人监测。

## 7. 机器人

嵌入式芯片的发展将使机器人在微型化、高智能方面的优势更加明显,同时,会大幅度降低机器人的价格,使其在工业领域和服务领域获得更广泛的应用。

# 1.5 嵌入式系统的硬件结构

图 1-2 所示的是一个非接触式 IC 卡读/写装置的电路板实物,其基本功能是识别 IC 卡、分析卡中已存储的数据,以及向卡中指定位置写入数据。该系统通过扩展可以用于各种智能门禁系统,如楼宇门禁系统、停车场收费系统、校园一卡通系统等。

图 1-2 中有一个 CPU,其型号是 SST89C52,它是整个系统的核心部分;存储器部分采用的是 Flash 芯片,型号是 AT4503C,容量为 4 MB,用来存储 IC 卡的刷卡记录;IC 卡处理模块采用飞利浦 5100 芯片,其功能是感应近距离的 IC 卡并与其建立通信;串口通信模块主要用来和 PC 主机通信;电源模块为整个系统的正常工作提供电源;复位模块的功能是当系统死机或需要重启的时候通过按钮 S 让整个系统重新开始运行。

图 1-3 所示的是一个视频服务器的电路板。该电路板的基本功能有:① 支持 2 路 PAL 制