

高等院校计算机教育系列教材

0110 01 101 10 0
010 0101 010 011 01
0101100 01 01 010
011 01 01 010 0 0
010 0 010 100 0 00 1
100 0 00 101 10011010
010 0101 010 010 0101 0



嵌入式图形系统 开发与应用教程

张宝银 编著

- 知识点新，突出实践教学，强化能力培养
- 理论知识+感性认识+动手实践，完美结合
- 内容简明扼要，突出知识要点
- 以实用为宗旨，用实例引导读者模仿学习

赠送
电子课件

清华大学出版社



高等院校计算机系列教材

嵌入式图形系统开发与应用教程

张宝银 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书作者结合多年的教学和开发经验,并借鉴多本优秀教材,以理论与实践相结合的方式由浅入深地介绍了嵌入式图形的基础、理论与方法。

本书共分7章。第1章主要涉及硬件及软件的基础知识。第2章介绍嵌入式开发环境的建立。第3章介绍硬件平台的构建。第4章详细介绍嵌入式微处理器方面的知识。第5章介绍嵌入式系统开发的交叉编译开发方法。第6章介绍嵌入式图形界面工具,包括MiniGUI以及Qt图形界面设计工具,同时还介绍了相关实例。第7章以LCD控制器为例,综合讲解了Qt图形界面工具的具体使用方法。

本书适合从事嵌入式应用系统设计的广大工程技术人员使用,也可以作为高等学校和职业学校嵌入式系统软硬件设计与机电一体化专业教育培训的理想教材和参考书。

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

嵌入式图形系统开发与应用教程/张宝银编著.--北京:清华大学出版社,2013

(高等院校计算机教育系列教材)

ISBN 978-7-302-29853-3

I. ①嵌… II. ①张… III. ①软件工具—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311.56

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第197304号

责任编辑:汤涌涛 杨作梅

封面设计:刘孝琼

责任校对:李玉萍

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦A座 邮 编 100084

社总机:010-62770175

邮 政 电 话:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62791865

印 装 者:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:17.5

字 数:419千字

版 次:2013年1月第1版

印 次:2013年1月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:32.00元

前 言

为何编写本书

近年来，随着以计算机技术、通信技术为主的信息技术的快速发展和 Internet 的广泛应用，嵌入式系统得到了越来越广泛的发展。嵌入式系统是指用于执行独立功能的专用计算机系统。它由包括微处理器、定时器、微控制器、存储器、传感器等一系列微电子芯片与器件，和嵌入在存储器中的微型操作系统、控制应用软件组成，共同实现诸如实时控制、监视、管理、移动计算、数据处理等各种自动化处理任务。嵌入式系统以应用为中心，以微电子技术、控制技术、计算机技术和通信技术为基础，强调软硬件的协同性与整合性，软件与硬件可剪裁，以满足系统对功能、成本、体积和功耗等的要求。

近年来，嵌入式图形设计及应用越来越受到人们的关注，也有许多该方面的图书出版。已有的图书大多是专一地介绍硬件或软件方面的知识，很少将它们系统地结合在一起讲述。本书则从理论基础及图形设计实际应用的角度出发，不仅详细地讲述了嵌入式系统基础理论方面的知识，还结合实例讲述了嵌入式图形系统设计的详细开发方法和步骤，内容的可读性、可用性和实践性强。

全书共分 7 章。

第 1 章介绍嵌入式系统基础知识，主要涉及硬件及软件的介绍。

- 第 2 章介绍嵌入式开发环境的建立，其中包括操作系统内核、进程与中断管理、调度机制、I/O 设备等内容。
- 第 3 章介绍嵌入式系统硬件平台的构建，其中包括存储器、电源转换与管理、接口技术、总线等内容。
- 第 4 章介绍嵌入式 ARM 处理器，在第 1 章的基础上，详细介绍嵌入式微处理器方面的知识，重点介绍 ARM 微处理器的特点及应用编程方法，最后简单介绍其他一些主流嵌入式微处理器的知识。
- 第 5 章介绍嵌入式系统交叉编译，在嵌入式系统开发中，交叉编译是非常重要的—种开发方法，本章将详细介绍。
- 第 6 章介绍图形用户界面，包括 MiniGUI 以及 Qt 图形界面设计工具，同时还介绍了相关实例。
- 第 7 章是有关图形界面设计的具体实例，本章以 LCD 控制器为例，综合讲解了 Qt 图形界面工具的具体使用方法。

适用读者群

- 高校本科学生。
- 嵌入式图形系统的初学者。
- 嵌入式图形系统的设计人员。

本书由河北联合大学张宝银编写并负责全书的统稿工作，其中第 2、4、5、7 章由张

宝银编写，第 1、3、6 章由李伟编写。

由于时间仓促以及作者水平有限，书中难免存在疏漏之处，欢迎广大读者和同仁提出宝贵意见。

编 著

目 录

第 1 章 嵌入式系统基础知识	1	2.3.3 多处理器调度	46
1.1 嵌入式系统简介	2	2.3.4 实时调度	48
1.1.1 嵌入式系统的定义	2	2.4 I/O 设备	51
1.1.2 嵌入式系统的软硬件特征	2	2.4.1 I/O 设备描述参数	52
1.1.3 嵌入式操作系统	3	2.4.2 I/O 技术的演变	52
1.1.4 学习嵌入式系统的意义	3	2.4.3 I/O 设备逻辑描述	53
1.2 嵌入式系统的硬件基础	3	2.4.4 I/O 缓冲技术	54
1.2.1 嵌入式处理器	3	2.4.5 磁盘调度	56
1.2.2 嵌入式微处理器	4	2.5 文件管理	59
1.2.3 嵌入式微控制器	5	2.5.1 文件与文件系统	60
1.2.4 嵌入式 DSP 处理器	6	2.5.2 文件组织与访问	60
1.2.5 嵌入式片上系统	6	2.5.3 文件共享	63
1.2.6 嵌入式处理器的选择	7	2.5.4 记录分块	64
1.3 嵌入式系统的软件基础	8	2.5.5 外围存储设备管理	65
1.3.1 操作系统的发展史	9	2.6 用户界面	66
1.3.2 主流嵌入式操作系统介绍	10	2.6.1 图形用户界面	66
1.4 实训：编译 Bootloader	12	2.6.2 关键技术	67
1.5 习题	17	2.7 智能化用户界面	69
第 2 章 嵌入式开发环境的建立	19	2.7.1 Agent 技术	69
2.1 操作系统内核	20	2.7.2 Agent 技术与用户界面的 结合	71
2.1.1 内存管理功能	20	2.8 实训：编译 Linux 内核	73
2.1.2 内存分割	20	2.9 习题	89
2.1.3 虚拟内存	21	第 3 章 嵌入式系统硬件平台的构建	91
2.2 进程与中断管理	23	3.1 存储器	92
2.2.1 进程描述与控制	24	3.1.1 ROM	92
2.2.2 并发控制：互斥与同步	29	3.1.2 RAM	92
2.2.3 并发控制：死锁处理	36	3.2 输入/输出设备	93
2.2.4 中断及中断处理	40	3.2.1 液晶显示	93
2.3 调度机制	42	3.2.2 触摸屏	94
2.3.1 调度类型	42	3.2.3 语音输入/输出技术	96
2.3.2 单处理器调度	43	3.2.4 键盘	96

3.3 电源转换与管理	98	4.3 S3C44B0 处理器结构.....	161
3.3.1 电源 IC 分类	99	4.3.1 S3C44B0 片上资源简介.....	161
3.3.2 电源 IC 的特点	99	4.3.2 内部结构及引脚信号定义	163
3.3.3 电源 IC 选用指南	100	4.4 S3C44B0 初始化汇编程序实例.....	166
3.4 接口技术	102	4.4.1 BootLoader 介绍	166
3.4.1 并行接口	102	4.4.2 初始化代码	166
3.4.2 串口	103	4.4.3 调试与运行	175
3.4.3 USB	104	4.5 实训: 制作文件系统及程序的	
3.4.4 PCMCIA 和 CF	104	烧写	180
3.4.5 红外线接口	106	4.6 习题	184
3.5 总线	107	第 5 章 嵌入式系统交叉编译.....	185
3.5.1 ISA	107	5.1 编译原理	186
3.5.2 PCI	108	5.1.1 编译的一般过程	186
3.5.3 I2C 总线	108	5.1.2 与编译器相关的程序	187
3.5.4 SPI 总线	109	5.1.3 编译器的移植	187
3.5.5 PC104 总线	110	5.2 词法分析	188
3.5.6 CAN 总线	110	5.2.1 词法的形式化描述	188
3.6 嵌入式系统开发常用的硬件调试		5.2.2 词法分析程序的设计	191
和编程技术	111	5.3 语法分析	192
3.6.1 微代码支持的串口调试	111	5.3.1 自顶向下的语法分析	193
3.6.2 常用编程技术	112	5.3.2 自底向上的语法分析	195
3.6.3 JTAG 与 IEEE 1149 协议		5.4 中间代码	197
简介	113	5.5 代码优化	199
3.6.4 3.3V 和 5V 装置的互连	114	5.6 交叉编译技术	202
3.7 实训: 烧写各部分到目标板	115	5.7 GCC 交叉编译器	203
3.8 习题	120	5.7.1 GCC 编译流程	203
第 4 章 嵌入式 ARM 处理器介绍.....	121	5.7.2 Linux 环境下的 GCC 交叉	
4.1 ARM 处理器概述	122	编译器	206
4.1.1 ARM 处理器的发展	122	5.8 一个交叉编译器的生成实例	207
4.1.2 ARM 处理器的应用领域	122	5.8.1 可执行文件格式	207
4.1.3 ARM 处理器的特点	123	5.8.2 交叉编译器	208
4.1.4 ARM 处理器的重要特性	123	5.8.3 相关问题	210
4.2 ARM 处理器指令系统	135	5.9 实训: 交叉编译并运行简单程序	210
4.2.1 ARM 处理器的寻址方式	135	5.10 习题	215
4.2.2 ARM 指令集	137	第 6 章 图形用户界面.....	217
4.2.3 Thumb 指令	160	6.1 显示驱动接口	218
		6.1.1 framebuffer 驱动接口	218

6.1.2	qvfb 虚拟驱动接口	219	第 7 章 LCD 控制器实例	253
6.2	MiniGUI 图形界面工具	221	7.1 LCD 控制器	254
6.2.1	MiniGUI 的简介与安装	221	7.1.1 LCD 介绍	254
6.2.2	MiniGUI 使用基础	225	7.1.2 LCD 控制器介绍	254
6.2.3	MiniGUI 对话框、控件、 菜单与绘图	228	7.1.3 LCD 控制器的结构	255
6.3	Qt embeded 图形界面工具	237	7.1.4 LCD 控制器操作	256
6.3.1	Qt embeded 的简介与安装	237	7.1.5 特殊寄存器	260
6.3.2	Qt embeded 使用基础	239	7.2 实例过程	266
6.3.3	Qt Designer 介绍	242	7.2.1 电路连接	266
6.4	实训：使用开发工具 Qt Designer	243	7.2.2 寄存器设置	266
6.5	习题	251	7.2.3 程序的编写	268
			7.2.4 调试与运行结果	270

第 1 章

嵌入式系统基础知识

本章主要介绍嵌入式系统的概念和特点，使读者能了解嵌入式系统和其他相关系统的区别，对嵌入式系统的开发过程有一个初步认识。同时，将详细介绍嵌入式系统的软硬件组成，因为它们是学习嵌入式系统知识的重点。

1.1 嵌入式系统简介

本节主要介绍嵌入式系统的定义，嵌入式系统的主要特点和组成嵌入式系统的各个部分，以及嵌入式系统的开发过程和开发环境。

1.1.1 嵌入式系统的定义

嵌入式系统是指用于执行独立功能的专用计算机系统。它由包括微处理器、定时器、微控制器、存储器、传感器等一系列微电子芯片与器件，和嵌入在存储器中的微型操作系统、控制应用软件组成，共同实现诸如实时控制、监视、管理、移动计算、数据处理等各种自动化处理任务。嵌入式系统以应用为中心，以微电子技术、控制技术、计算机技术和通信技术为基础，强调硬件和软件的协同性与整合性，并且软件与硬件可剪裁，以满足系统对功能、成本、体积和功耗等的要求。

最简单的嵌入式系统仅有执行单一功能的控制能力，在唯一的 ROM 中仅有实现单一功能的控制程序，无微型操作系统。复杂的嵌入式系统，例如个人数字助理(PDA)、手持电脑(HPC)等，几乎具有与 PC 机一样的功能，实质上与 PC 机的区别仅仅是将微型操作系统与应用软件嵌入在 ROM、RAM 和(或)Flash 存储器中，而不是存储于磁盘等载体中。很多复杂的嵌入式系统又是由若干个小型嵌入式系统组成的。

1.1.2 嵌入式系统的软硬件特征

嵌入式系统的硬件必须根据具体的应用任务，以功耗、成本、体积、可靠性和处理能力等为指标来选择。嵌入式系统软件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，并且大多对实时性有严格要求。早期的嵌入式系统设计方法，通常是采用“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，再进行软件设计。因而很难达到充分利用硬件和软件资源，取得最佳性能的效果。同时，一旦在测试时发现问题，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。这种传统的设计方法只能改善硬件/软件各自的性能，在有限的设计空间不可能对系统做出较好的性能综合优化，在很大程度上依赖于设计者的经验和反复实训。

20 世纪 90 年代以来随着电子系统功能的日益强大和微型化，系统设计所涉及的问题越来越多，难度也越来越大。同时硬件和软件也不再是截然分开的两个概念，而是紧密结合、相互影响的。因而出现了软硬件协同设计方法，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，从而得到高性能、低代价的优化设计方案。

1.1.3 嵌入式操作系统

目前流行的嵌入式操作系统可以分为两类：一类是从运行在个人电脑上的操作系统向下移植到嵌入式系统中，形成的嵌入式操作系统，如微软公司的 Windows CE 及其新版本，朗讯科技公司的 Inferno，嵌入式 Linux 等。这类系统经过个人电脑或高性能计算机等产品的长期运行考验，技术日趋成熟，其相关的标准和软件开发方式已被用户普遍接受，同时积累了丰富的开发工具和应用软件资源。另一类是实时操作系统，如 WindRiver 公司的 VxWorks、ISI 的 pSOS、QNX 系统软件公司的 QNX、ATI 的 Nucleus、中国科学院凯思集团的 Hopen 嵌入式操作系统等，这类产品在操作系统的结构和实现上都针对所面向的应用领域，对实时性、高可靠性等进行了精巧的设计，而且提供了独立而完备的系统开发和测试工具，较多地应用在军用产品和工业控制等领域。

Linux 是 20 世纪 90 年代以来逐渐成熟的一个开放源代码的操作系统。PC 机上的 Linux 版本在全球数以百万计爱好者的合力开发下，得到了非常迅速的发展。20 世纪 90 年代末，uClinux、RTLinux 等相继推出，在嵌入式领域得到了广泛的关注，它拥有大批的程序员和现成的应用程序，是我们研究开发工作的宝贵资源。

1.1.4 学习嵌入式系统的意义

从控制意义上说，嵌入式系统涉及系统最底层的、芯片级的信息处理与控制。在某种意义上，对这些“微观”世界的了解与驾驭正是控制的真正目的。嵌入式系统与通常意义上的控制系统在设计思路和总体架构方面有许多不同之处，而这些不同之处恰恰是传统控制学科教学中较少教给学生的。在当今信息化社会中，嵌入式系统在人们的日常工作和生活中所占的份额，可能已超过传统意义的控制系统，这就是为什么我们的学生感到学的没有用，而有用的又没有学的原因。在嵌入式系统及开发环境方面，目前仍有许多问题尚在研究发展之中，例如，嵌入式系统的软硬件协同设计方法；面向多目标、多任务的微内核嵌入式操作系统；分布嵌入式系统的实时性问题，分布式计算，分布式信息交互与综合处理；以及嵌入式系统的多目标交叉编译和交叉调试工具的研究等。

“嵌入式系统”作为自动化学科中一门理论与实际密切结合的、知识与技术含量较高的综合性专业课程，必将随着信息产业的发展而逐渐趋于成熟。

1.2 嵌入式系统的硬件基础

嵌入式系统的硬件一般包括处理器、存储器、外设器件和电源等。本节首先对嵌入式处理器进行介绍，并重点介绍 ARM 处理器的优点。

1.2.1 嵌入式处理器

嵌入式系统的核心部件是各种类型的嵌入式处理器，据不完全统计，到 2000 年，全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 多种，流行体系结构有 30 多个系列，其中

8051 体系占半数以上。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个, 共 350 多种衍生产品, 仅 Philips 公司就有近 100 种。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器, 越来越多的公司有自己的处理器设计部门。嵌入式处理器的寻址空间一般从 64KB~16MB, 处理速度从 0.1~2000MIPS, 常用封装从 8~144 个引脚。根据其现状, 嵌入式处理器可以分成下面几类。

1.2.2 嵌入式微处理器

嵌入式微处理器(Embedded Microprocessor Unit, EMPU)的基础是通用计算机中的 CPU。在应用中, 将微处理器装配在专门设计的电路板上, 只保留和嵌入式应用有关的功能, 这样可以大幅度减小系统体积和功耗。为了满足嵌入式应用的特殊要求, 嵌入式微处理器虽然在功能上和标准微处理器基本一样, 但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面一般都做了增强。和工业控制计算机相比, 嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低和可靠性高的优点, 但是在电路板上必须包括 ROM、RAM、总线接口和各种外设等器件。嵌入式微处理器及其存储器、总线和外设等安装在一块电路板上, 称为单板计算机, 如 STD-BUS、PC104 等。近年来, 德国、日本的一些公司又开发出了“火柴盒”式名片大小的嵌入式计算机系列 OEM 产品, 台湾研华公司也推出了类似的模块化系统(System On Module, SOM)。

嵌入式处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS 和 ARM 系列等。

嵌入式微处理器又可分为 CISC(复杂指令系统计算机)和 RISC(精简指令系统计算机)两类。大家熟悉的大多数台式 PC 机都是使用 CISC 微处理器, 如 Intel 的 x86。RISC 结构体系有两大主流: Silicon Graphics 公司(硅谷图形公司)的 MIPS 技术, ARM 公司的 Advanced RISC Machines 技术。此外 Hitachi(日立公司)也有自己的一套 RISC 技术 SuperH。

RISC 和 CISC 是目前设计制造微处理器的两种典型技术, 虽然它们都是试图在体系结构、操作运行、软件硬件、编译时间和运行时间等诸多因素中做出某种平衡, 以求达到高效的目的, 但采用的方法不同, 因此, 在很多方面差异很大, 主要表现如下。

1. 指令系统

RISC 的设计者把主要精力放在那些经常使用的指令上, 尽量使它们具有简单高效的特色。对不常用的功能, 则通过组合指令来完成。因此, 在 RISC 机器上实现特殊功能时, 效率可能较低。但可以利用流水技术和超标量技术加以改进和弥补。而 CISC 计算机的指令系统比较丰富, 有专用指令来完成特定的功能。因此, 处理特殊任务效率较高。

2. 存储器操作

RISC 技术对存储器的操作有限制, 使控制简单化; 而 CISC 机器的存储器操作指令多, 操作直接。

3. 程序

RISC 的汇编语言程序一般需要较大的内存空间, 实现特殊功能时程序复杂, 不易设计; 而 CISC 的汇编语言程序编程相对简单, 科学计算及复杂操作的程序设计相对容易, 效率较高。

4. 中断

RISC 机器在一条指令执行的适当地方可以响应中断; 而 CISC 机器是在一条指令执行结束后才响应中断。

5. CPU

RISC 的 CPU 包含的单元电路较少, 因而面积小、功耗低; 而 CISC 的 CPU 包含丰富的电路单元, 因而功能强、面积大、功耗大。

6. 设计周期

RISC 的微处理器的结构简单, 布局紧凑, 设计周期短, 且易于采用最新技术; CISC 的微处理器的结构复杂, 设计周期长。

7. 用户使用

RISC 的微处理器的结构简单, 指令规整, 性能容易把握, 易学易用; CISC 的微处理器的结构复杂, 功能强大, 实现特殊功能容易。

8. 应用范围

由于 RISC 的指令系统的确定与特定的应用领域有关, 故 RISC 机器更适合于专用机; 而 CISC 机器则更适合于通用机。

1.2.3 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)又称单片机, 顾名思义, 就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心, 芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、WatchDog、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash、RAM 和 EEPROM 等各种必要的功能模块。为适应不同的应用需求, 一般一个系列的单片机具有多种衍生产品, 每种衍生产品的处理器内核都是一样的, 不同的是存储器和外设的配置及封装。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配, 从而减少功耗和成本。

和嵌入式微处理器相比, 微控制器的最大特点是单片化, 体积大大减小, 从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流。微控制器的片上资源一般比较丰富, 适合于控制, 因此称为微控制器。

目前嵌入式微控制器的品种和数量最多, 比较有代表性的通用系列包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16 和 68300 等。另外还有许多半通用系列, 如支持 USB 接口的 MCU 8XC930/931、C540 和 C541。目前 MCU 占嵌入式系统约 70% 的市场份额。

特别值得注意的是,近年来提供 x86 微处理器的著名厂商 AMD 公司,将 Am186CC/CH/CU 等嵌入式处理器称为微控制器, Motorola 公司把以 Power PC 为基础的 PPC505 和 PPC555 亦列入单片机行列。TI 公司亦将其 TMS320C2XXX 系列 DSP 作为 MCU 进行推广。

1.2.4 嵌入式 DSP 处理器

DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合于执行 DSP(数字信号处理)算法,编译效率较高,指令执行速度也较高。在数字滤波、FFT 和谱分析等方面, DSP 算法正在大量进入嵌入式领域, DSP 应用正在从通用单片机中以普通指令实现 DSP 功能,过渡到采用嵌入式 DSP 处理器。嵌入式 DSP 处理器有两个发展来源,一是 DSP 处理器经过单片化、EMC 改造和增加片上外设成为嵌入式 DSP 处理器, TI 的 TMS320C2000/C5000 等属于此范畴;二是在通用单片机或片上系统(SOC)中增加 DSP 协处理器,例如 Intel 的 MCS-296。

推动嵌入式 DSP 处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)发展的一个重要因素是嵌入式系统的智能化,例如各种带有智能逻辑的消费类产品,生物信息识别终端,带有加解密算法的键盘, ADSL 接入、实时语音解压系统,虚拟现实显示等。这类智能化算法一般运算量都较大,特别是向量运算、指针线性寻址等较多,而这些正是 DSP 处理器的优势所在。

嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 Texas Instruments 的 TMS320 系列和 Motorola 的 DSP56000 系列。TMS320 系列处理器包括用于控制的 C2000 系列,移动通信的 C5000 系列,以及性能更高的 C6000 和 C8000 系列。DSP56000 目前已经发展成为 DSP56000、DSP56100、DSP56200 和 DSP56300 等几个不同系列的处理器。

DSP 的设计者们把重点放在了处理连续的数据流上。在嵌入式应用中,如果强调对连续的数据流的处理及高精度复杂运算,则应该选用 DSP 器件。

1.2.5 嵌入式片上系统

随着 VLSI(超大规模集成电路)设计的普及化及半导体工艺的迅速发展,可以在一块硅片上实现一个更为复杂的系统,这就是片上系统(System On Chip, SOC)。各种通用处理器内核将作为 SOC 设计公司的标准库,和许多其他嵌入式系统外设一样,成为 VLSI 设计中一种标准的器件,用标准的 VHDL 等语言描述,存储在器件库中。用户只需定义出整个应用系统,仿真通过后就可以将设计图交给半导体工厂制作样品。这样除个别无法集成的器件以外,整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中,应用系统电路板将变得很简洁,对于减小体积和功耗、提高可靠性非常有利。

SOC 可以分为通用和专用两类。通用系列包括 Motorola 的 M-Core,某些 ARM 系列器件, Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 芯片等。专用 SOC 一般专用于某个或某类系统中,不为一般用户所知。一个有代表性的产品是 Philips 的 SmartXA,它将 XA 单片机内核和支持超过 2048 位复杂 RSA 算法的 CCU 单元制作在一块硅片上,形成一个可加载 Java 或 C 语言的专用的 SOC,可用于公众互联网(如 Internet)安全方面。

1.2.6 嵌入式处理器的选择

针对各种嵌入式设备的需求,各个半导体芯片厂商都投入了很大的精力研发和生产适用于这些设备的 CPU 及协处理器芯片。用于嵌入式设备的处理器必须高度紧凑、低功耗和低成本。针对每一类应用来说,开发者对处理器选择都是多种多样的,掌上电脑就是一例,如表 1-1 所示。

表 1-1 部分掌上电脑处理器一览

厂家/型号	处理器	主频/MHz
卡西欧 Cassiopeia E-100 系列	MIPS-based NEC VR4121	131
康柏 Aero 2100 系列	MIPS-based NEC VR4111	70
飞利浦 Nino 500 系列	MIPS-based Toshiba PR31700	75
惠普 Jornada 400 系列	Hitachi SH-3 7709a	100/133
3Com PalmPilot™ 系列	Motorola DragonBall 68VZ328	33
苹果 MessagePad 2000/2100 Intel	Intel StrongARM SA-110	160
康柏 iPAQ H3650 Intel	Intel StrongARM SA-1110	206

与全球 PC 市场不同的是,没有一种微处理器和微处理器公司可以主导嵌入式系统,仅以 32 位的 CPU 而言,就有 100 种以上的嵌入式微处理器。由于嵌入式系统设计的差异性极大,因此选择是多样化的。设计者在选择处理器时要考虑的主要因素如下。

1. 调查市场上已有的 CPU 供应商

有些公司如 Motorola、Intel、AMD 很有名气,而有一些小的公司如 QED 虽然名气很小,但也能生产很优秀的微处理器。另外,有一些公司,如 ARM、MIPS 等,只设计但并不生产 CPU,他们把生产权授予世界各地的半导体制造商。ARM 是另外一种近年来在嵌入式系统有影响力的微处理器的设计者与制造商,ARM 的设计非常适合于小的电源供电系统。Apple 在 Newton 手持计算机中使用 ARM,另外有几款数字无线电话也在使用 ARM。

2. 处理器的处理速度

一个处理器的性能取决于多个方面的因素:时钟频率,内部寄存器的大小,指令是否对等处理所有的寄存器等。对于许多需用处理器的嵌入式系统设计来说,目标不是在于挑选速度最快的处理器,而是在于选取能够完成作业的处理器和 I/O 子系统。如果你的设计是面向高性能的应用,那么建议你考虑某些新的处理器,其价格相当低廉,如 IBM 和 Motorola 的 Power PC。以前 Intel 的 i960 是销售极好的 RISC 高性能芯片,但是最近几年却遇到强劲的对手,让位于 MIPS、SH 以及后起之星 ARM。

3. 技术指标

当前,许多嵌入式处理器都集成了外围设备的功能,减少了芯片的数量,进而降低了

整个系统的开发费用。开发人员首先要考虑的是，系统所要求的一些硬件能否无须过多的胶合逻辑(Glue Logic)就可以连接到处理器上；其次是考虑该处理器的一些支持芯片，如 DMA 控制器、内存管理器、中断控制器、串行设备、时钟等的配套。

4. 处理器的低功耗

嵌入式微处理器最大并且增长最快的市场是手持设备、电子记事本、PDA、手机、GPS 导航器、智能家电等消费类电子产品，这些产品中选购的微处理器典型的特点是要求高性能、低功耗。许多 CPU 生产厂家已经进入了这个领域。

5. 处理器的软件支持工具

仅有一个处理器，没有较好的软件开发工具的支持，也是不行的，因此选择合适的软件开发工具对系统的实现会起到很好的作用。

6. 处理器是否内置调试工具

处理器如果内置调试工具可以大大地缩短调试周期，降低调试的难度。

7. 处理器供应商是否提供评估板

许多处理器供应商可以提供评估板来验证所用的理论是否正确，验证采用的决策是否得当。

1.3 嵌入式系统的软件基础

本节介绍嵌入式操作系统的发展和不同的嵌入式操作系统的基本情况，并重点介绍嵌入式 Linux 操作系统的优点、工作机制及主要应用。操作系统是充当计算机用户和计算机硬件之间的中介，并用于管理计算机资源和控制应用程序运行的计算机程序。

操作系统一般会提供以下服务。

(1) 程序运行。一个程序的运行离不开操作系统的配合，其中包括指令和数据载入内存，I/O 设备和文件系统的初始化等。

(2) I/O 设备访问。每种 I/O 设备的管理和使用都有自己的特点。而操作系统接管了这些工作，从而使得用户在使用这些 I/O 设备的过程中会感觉更方便。

(3) 文件访问。文件访问不仅需要熟悉相关 I/O 设备(磁盘驱动器等)的特点，而且还要熟悉相关的文件格式。另外，对于多用户操作系统或者网络操作系统，从计算机安全角度考虑，需要对文件的访问权限做出相应的规定和处理。这些都是操作系统所要完成的工作。

(4) 系统访问。对于一个多用户或者网络操作系统而言，操作系统需要对用户系统访问权限做出相应的规定和处理。

(5) 错误检测和反馈。当操作系统运行时，会出现这样那样的问题。操作系统应当提供相应的机制来检测这些信息，并且能对某些问题给出合理的处理方法，或者给出相应的报告信息。

(6) 系统使用记录。在一些现代操作系统中，出于系统性能优化或者系统安全角度考

虑，操作系统会对用户使用过程记录相关信息。

(7) 程序开发。一般操作系统都会提供丰富的 API 供程序员开发应用程序，并且很多程序编辑工具，集成开发环境等也都是通过操作系统提供的。而计算机有很多资源，它们分别用于数据的传输、处理或存储，以及对这些操作的控制。这些资源的管理工作就交给了操作系统。

1.3.1 操作系统的发展史

操作系统发展的历史依次为串行处理系统、简单批处理系统、多道程序设计批处理系统、分时系统和现代操作系统。下面分别简要介绍。

1. 串行处理系统

在 20 世纪四五十年代，电子计算机发展初期，没有操作系统的概念，人们通过显示灯、跳线和某些输入/输出设备同计算机打交道。当需要执行某个计算机程序时，人们通过输入设备将程序输入计算机中，然后等待运行结果。如果中间出现错误，程序员就得检查计算机寄存器、内存甚至是一些元器件以找出原因所在；如果顺利完成，结果就从打印机上打印出来。人们称这种工作方式为串行处理方式。随着计算机技术的发展，一些较为成型的软件开始出现，如调试器、I/O 驱动等。

2. 简单批处理系统

由于早期的计算机系统十分昂贵，人们希望通过某种方式来提高计算机的利用率，于是批处理的概念就被引入了。

在早期的批处理系统中，功能相对比较简单，其核心思想就是借助某个称为监视器的软件，用户不需要直接和计算机硬件打交道，而只需要将自己所要完成的计算任务提交给计算机操作员。在操作员那里，所有计算任务按照一定的顺序被成批输入计算机中。当某个计算任务结束之后，监视器会自动开始执行下一个计算任务。

3. 多道程序设计批处理系统

即便采用了批处理技术，也不能对计算机资源进行有效利用。一个很头疼的问题就是 I/O 设备的操作速度往往比处理器慢很多。当某个批处理任务需要访问 I/O 设备的时候，处理器往往处于空闲状态。基于这方面的考虑，多道程序设计思想被引入批处理系统中。通常，多道程序设计也可称为多任务，即多道程序设计批处理系统也可称为多任务批处理系统。多道程序设计思想的引入允许某个计算任务在等待 I/O 操作的时候，计算机可以转而执行其他计算任务，从而提高处理器的利用率。

4. 分时系统

在多任务批处理系统中，计算机资源的利用率得到了很大提高。问题是如果用户希望能够干预计算任务的执行该怎么办？这时需要引入一种交互模式来实现这一功能，因而引入了分时的概念。在分时系统中，处理器时间按照一定的分配策略在多个用户中间共享。在实际的单处理器系统中，是多个任务交替获取处理器控制权，交替执行，从而提供更好