

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



嵌入式系统原理及 应用开发教程 (第2版)

黄英来 田仲富 孙晓芳 李桂英 张剑飞 编著

清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

嵌入式系统原理及 应用开发教程 (第2版)

黄英来 田仲富 孙晓芳 李桂英 张剑飞 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书着眼于嵌入式系统基础知识以及基本系统开发方法的讲解,内容包括嵌入式系统及微处理器基本原理、嵌入式微处理器指令系统、系统设计与软件开发、计算机接口技术与应用等方面的知识,并通过实例讲解嵌入式系统设计的过程和原理。书中的大部分内容是作者实际教学、科研经验的总结,适合在国内高校中推广应用。

本书既可作为高等院校电子工程、计算机、自动化、软件工程等专业高年级本科生嵌入式系统课程教材,又可作为相关专业硕士研究生的选修课教材,还可作为从事嵌入式开发的工程技术人员的参考用书。

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

嵌入式系统原理及应用开发教程/黄英来等编著.—2版.—北京:清华大学出版社,2016

21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术

ISBN 978-7-302-43801-4

I. ①嵌… II. ①黄… III. ①微型计算机—系统开发—高等学校—教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第100755号

责任编辑:郑寅堃 李 晔

封面设计:傅瑞学

责任校对:梁 毅

责任印制:宋 林

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 购: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>, 010-62795954

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:15.75 字 数:392千字

版 次:2013年3月第1版 2016年8月第2版 印 次:2016年8月第1次印刷

印 数:1~1500

定 价:35.00元

产品编号:069175-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校本科教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

目前,嵌入式系统的市场份额已经超过 PC,因此不仅各大企业对此类人才的需求量猛增,而且科研院所和高校等研究机构也纷纷将研究领域与嵌入式系统相结合,但嵌入式系统专业人才却相对缺乏。这主要是由于很多高校在本科及研究生教育阶段很少开设这类课程,并且缺少合适的教材或参考书。

嵌入式系统是电子工程、计算机、自动化、软件工程及相关专业的一门重要的专业课,是一门实践性很强的技术性课程。作者在教学和科研的过程中深深感到,嵌入式系统教学一定要从整体把握开始,尽量避免一开始过多地陷入到各种接口及应用的学习中去。掌握嵌入式系统需要学习非常多的知识:其中包括从开发者的角度了解 ARM 内核;了解电源、时钟和存储系统的原理与设计;很好地掌握 ARM 汇编语言与程序设计,了解嵌入式编译器;熟悉 BSP 开发、操作系统原理与移植、驱动开发和应用程序设计。

本书共分 10 章,各章内容介绍如下:

第 1 章主要介绍嵌入式系统开发的基础知识,内容包括嵌入式系统的基本概念、组成结构、系统分类、应用和常见的嵌入式操作系统。

第 2 章主要介绍 ARM 微处理器技术,内容包括 ARM 微处理器的体系结构、工作状态、流水线技术及异常中断等。

第 3 章主要介绍 ARM 微处理器指令的寻址方式、各种 ARM 指令格式、ARM 指令集、Thumb 指令集以及 ARM 程序设计的基本知识。

第 4 章主要介绍嵌入式系统软件开发环境的建立、嵌入式程序调试烧写工具、Linux 操作系统移植、ARM 开发工具 ADS 等知识,重点介绍 Linux 操作系统移植步骤及 ARM 开发工具 ADS 的使用,通过在 CodeWarrior IDE 集成开发环境下编写、编译一个工程的例子,向读者介绍在 ADS 软件平台下开发用户应用程序的基本流程。本章还介绍了使用 ARM 调试工具 AXD 调试工程的方法。

第 5 章介绍中断系统原理与应用,主要包括中断的基本概念、S3C2440 的中断系统以及 S3C2440 中断实例的编写。

第 6 章主要介绍 Linux 设备驱动程序的一些基本知识,主要包括 Linux 设备驱动模型、sysfs 文件系统、内核相关数据结构、设备驱动程序与硬件以及用户程序和内核之间传递数据等知识。

第 7 章主要介绍 ADC 和触摸屏接口的相关知识,主要包括 ADC 及触摸屏接口操作、ADC 及触摸屏接口特殊寄存器以及 ADC 驱动程序及测试程序。

第 8 章主要介绍嵌入式 Linux 图形用户接口,主要包括嵌入式 GUI——Qt 和 Qt/E4 与键盘鼠标接口的映射。

第 9 章主要介绍基于 ARM 嵌入式银行排队模拟系统的开发设计,包括系统的功能分析、硬件设计以及软件设计。

第10章介绍基于ARM嵌入式远程医疗监控系统设计,包括系统的需求分析、系统硬件接口描述、系统硬件设计以及系统软件设计。

本书的编写是在作者多轮教学实践的基础上完成的,部分内容来自于作者的嵌入式系统科研开发项目、指导的大学生创新创业项目以及发表的ARM应用技术论文。

本书内容充实,系统全面,重点突出,各章节循序渐进,由浅入深。

本书的第1章、第4章、第10章由田仲富编写;第2章和第3章由黄英来编写;第5~7章由孙晓芳编写;第8章由黑龙江大学的李桂英编写;第9章由黑龙江科技大学张剑飞编写;黄英来还负责全书的统稿工作。

为配合本课程的教学需要,本教材为教师配有多媒体教学课件,欢迎选用本书作为教材的教师发邮件到 nefuhyhl@nefu.edu.cn 索取。

由于编者水平和经验所限,加之时间仓促,书中难免存在不足之处,敬请读者谅解,并真诚欢迎读者提出宝贵的意见和建议。

最后,谨向每一位关心和支持本书编写工作的各方面人士表示感谢!清华大学出版社为本书的出版做出了大量的工作,在此表示衷心的感谢!

作者

2015年12月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 嵌入式系统的发展	1
1.1.1 嵌入式系统的定义及特点	1
1.1.2 嵌入式系统的结构	2
1.1.3 嵌入式系统的发展史	3
1.2 嵌入式系统的分类	5
1.3 嵌入式系统的应用	6
1.4 嵌入式操作系统	7
1.4.1 操作系统的概念及功能	7
1.4.2 操作系统的分类	8
1.4.3 实时操作系统	9
1.4.4 常见的嵌入式操作系统	11
习题	13
第 2 章 ARM 微处理器	14
2.1 ARM 概述	14
2.1.1 ARM 简介	14
2.1.2 ARM 的版本及系列	15
2.2 嵌入式处理器基础	19
2.2.1 PC 体系结构分类	19
2.2.2 CISC 和 RISC	20
2.2.3 CPU 性能的影响因素	23
2.3 嵌入式处理器分类	24
2.4 ARM 处理器的工作状态及运行模式	26
2.4.1 ARM 处理器的工作状态	26
2.4.2 ARM 处理器的运行模式	27
2.5 ARM 处理器寄存器的组织结构	28
2.5.1 ARM 状态下的寄存器组织	29
2.5.2 Thumb 状态下的寄存器组织	31
2.5.3 程序状态寄存器	32
2.6 异常中断	32
2.6.1 异常的种类	33

2.6.2	异常向量和优先级	34
2.6.3	异常的进入和返回	34
习题	37
第3章	ARM 微处理器的指令系统	38
3.1	ARM 微处理器的指令结构	38
3.1.1	ARM 微处理器的指令集分类	38
3.1.2	ARM 微处理器指令的格式	39
3.1.3	ARM 微处理器指令的条件域	40
3.2	ARM 微处理器指令集的寻址方式	41
3.2.1	立即寻址	41
3.2.2	寄存器寻址	42
3.2.3	寄存器间接寻址	42
3.2.4	寄存器移位寻址	43
3.2.5	基址变址寻址	44
3.2.6	多寄存器寻址	44
3.2.7	相对寻址	45
3.2.8	堆栈寻址	45
3.3	ARM 微处理器的指令集	46
3.3.1	跳转指令	46
3.3.2	数据处理指令	48
3.3.3	乘法指令与乘加指令	53
3.3.4	程序状态寄存器指令	55
3.3.5	加载/存储指令	56
3.3.6	批量数据加载/存储指令	58
3.3.7	数据交换指令	59
3.3.8	移位指令	59
3.3.9	协处理器指令	61
3.3.10	异常中断指令	62
3.4	Thumb 指令集	63
3.4.1	数据处理指令	63
3.4.2	跳转指令	64
3.4.3	Load/Store 指令	65
3.4.4	软件中断指令	65
3.5	ARM 程序设计基础	66
3.5.1	ARM 伪指令	66
3.5.2	ARM 汇编程序格式	76
3.5.3	汇编语言编程实例	80
3.6	汇编语言与 C 语言混合编程	81

习题	88
第 4 章 嵌入式系统开发环境	89
4.1 建立嵌入式系统的软件开发环境	89
4.1.1 在虚拟机上运行 Linux 操作系统	89
4.1.2 常用辅助工具	89
4.2 程序调试烧写工具	90
4.2.1 JTAG 烧写线的制作	90
4.2.2 烧写程序 Jflash 简介	91
4.3 Linux 操作系统移植	91
4.3.1 Bootloader 概述	91
4.3.2 Linux 操作系统的目录结构	94
4.3.3 Bootloader 与 Linux 操作系统	96
4.3.4 编译及配置内核	97
4.3.5 制作根文件系统	100
4.4 ARM 开发工具 ADS	102
4.4.1 ADS 基础	102
4.4.2 ADS 中的工程管理工具 CodeWarrior IDE	104
4.4.3 ADS 中的调试工具 AXD	110
4.4.4 调试工具条	110
4.4.5 AXD 调试器中常用的调试窗口	111
习题	114
第 5 章 中断系统原理与应用	115
5.1 中断的基本概念	115
5.1.1 中断的基本概念和处理过程	115
5.1.2 中断源、中断信号和中断向量	117
5.1.3 接口和端口	118
5.1.4 中断优先级与中断嵌套	119
5.1.5 中断响应条件与中断控制	120
5.2 S3C2440 的中断系统	120
5.2.1 S3C2440 的中断源	121
5.2.2 S3C2440 的中断控制	122
5.3 S3C2440 中断编写实例	125
5.3.1 中断控制程序编写的步骤	125
5.3.2 中断实例	128
习题	136

第 6 章 Linux 设备驱动程序	137
6.1 概述	137
6.2 Linux 设备驱动模型	138
6.2.1 sysfs 文件系统	138
6.2.2 内核相关数据结构	139
6.3 一个简单的设备驱动程序	142
6.4 设备驱动程序与硬件	146
6.5 用户程序和内核之间传递数据	148
6.6 中断技术	150
6.7 软中断和 tasklets	152
6.8 /proc 文件系统	156
习题	158
第 7 章 ADC 和触摸屏接口	159
7.1 概述	159
7.2 特点	159
7.3 ADC 及触摸屏接口操作	160
7.4 功能描述	160
7.4.1 AD 转换时间	160
7.4.2 触摸屏接口模式	161
7.5 ADC 及触摸屏接口特殊寄存器	162
7.5.1 ADC 控制寄存器	162
7.5.2 ADC 触摸屏控制寄存器	163
7.5.3 ADC 开始延时寄存器	164
7.5.4 ADC 转换数据寄存器 0	164
7.5.5 ADC 转换数据寄存器 1	165
7.5.6 ADC 触摸屏指针上下中断检测寄存器	165
7.6 ADC 驱动程序及测试程序	166
7.6.1 三通道 ADC 驱动程序	166
7.6.2 三通道 ADC 采样测试程序	170
习题	171
第 8 章 嵌入式 Linux 图形用户接口	172
8.1 嵌入式 GUI 简介	172
8.1.1 嵌入式 GUI 的特点	172
8.1.2 嵌入式 GUI 的种类	172
8.2 嵌入式 GUI——Qt	173
8.2.1 Qt 与 Qt/Embedded 简介	173

8.2.2	Qt 的特点	174
8.2.3	Qt 的执行过程	174
8.2.4	Qt 的插槽机制	175
8.2.5	一个完整的 Qt 程序	176
8.2.6	Qt Designer 介绍	176
8.3	Qt/E4 与键盘鼠标接口的映射	176
8.3.1	Qt/E4 的移植过程	176
8.3.2	Qt/E4 键盘鼠标接口的工作原理	180
8.3.3	Qt/E4 与 Linux PS/2 键盘鼠标驱动的衔接	181
8.3.4	Qt/E4 键盘驱动映射的实现	182
	习题	184
第 9 章	基于 ARM 嵌入式银行排队模拟系统	185
9.1	功能分析	185
9.2	硬件设计	186
9.2.1	硬件总体设计	186
9.2.2	功能模板接口与连接	188
9.3	软件设计	189
9.3.1	软件总体结构设计	189
9.3.2	服务器软件设计	190
9.3.3	客户端软件设计	191
9.3.4	应用程序开发	192
	习题	205
第 10 章	远程医疗监控系统设计	206
10.1	远程医疗监护系统概述	206
10.1.1	远程医疗监护系统发展背景	206
10.1.2	GPRS 远程医疗监护系统组成	207
10.2	系统硬件接口描述	207
10.2.1	串口操作介绍	207
10.2.2	串口相关寄存器描述	208
10.3	硬件系统设计	209
10.3.1	数字加速度计 ADXL345	210
10.3.2	GPRS 模块介绍	213
10.3.3	GPS 模块介绍	214
10.4	软件系统设计	218
10.4.1	程序流程图	218
10.4.2	程序代码及注释	219
	习题	237
	参考文献	238

本章介绍嵌入式系统的一些基本概念,主要包括嵌入式系统的定义、发展、特点、组成、分类以及嵌入式系统的应用等。通过本章的学习,读者将建立起对嵌入式系统的初步认识,并为后续课程的深入学习和研究打下良好的基础。

1.1 嵌入式系统的发展

1.1.1 嵌入式系统的定义及特点

1. 嵌入式系统的定义

英国电气工程师协会(IEE)对嵌入式系统的定义是:以应用为中心,以计算机技术为基础,软硬件可裁剪,从而可适应实际应用中对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。

一般情况下,所谓嵌入式系统(Embedded System),是相对于通用计算机系统而言的,实际上是“嵌入式计算机系统”的简称。在日常生活中,早已存在许多嵌入式系统的应用,如常用的电子表、电饭煲、微波炉、打印机,以及个人数字助理(PDA)、数码相机、数码摄像机、iPad等,其内部都有一个中央处理器(CPU)。在某些嵌入式系统里也有通用的计算机,但是计算机只是作为某个专用系统中的一个部件而存在的,将“嵌入”到更大、专用的系统中的计算机系统称为“嵌入式计算机”、“嵌入式计算机系统”或“嵌入式系统”。根据嵌入式系统的定义,可以从以下几个方面来理解嵌入式系统。

首先,嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的,它必须与具体的应用相结合才会具有生命力,才更具有优势。想要正确理解上述“三个面向”的含义,就必须明确嵌入式系统是与应用密切结合的,它具有很强的专用性,必须结合实际系统需求进行合理的裁剪利用,要和一般通用型计算机区分开。“三个面向”有助于对嵌入式系统的应用环境和背景的理解。

其次,嵌入式系统是先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各个行业的具体应用相结合的产物,这一点就决定了它必然是一个技术密集、难度大、资金密集、高度分散、不断创新的集成系统。所以涉足嵌入式系统的行业必须有一个正确的定位。例如苹果公司的iPhone之所以占有大部分的手机市场,是因为其立足于个人电子消费品,着重发展图形界面和多任务管理;风河公司的VxWorks系统之所以在火星车上得以应用,则是因为其高实

时性和高可靠性。

最后,嵌入式系统必须可以根据应用需求对软硬件进行裁剪,满足应用系统的功能、可靠性、成本、体积等要求。根据具体应用需求合理裁剪嵌入式系统,不仅可以降低成本,而且还能提高开发效率,这是嵌入式开发的关键点。因此,如果能建立相对通用的软硬件基础,然后在其上开发出适应各种需求的系统,这是一个比较好的发展模式。目前的嵌入式系统的核心往往是一个容量只有几兆字节到几百兆字节的微内核,需要根据实际的使用进行功能扩展或者裁减,正是由于微内核的存在,使得这种扩展能够非常顺利地进行。

2. 嵌入式系统的特点

与通用计算机系统相比,嵌入式系统具有以下特点。

(1) 嵌入式系统通常是面向特定应用的。嵌入式 CPU 与通用型的最大不同之处就是嵌入式 CPU 大多工作在为特定用户群设计的系统中,它通常都具有低功耗、体积小、集成度高等特点,能够把通用 CPU 中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部,从而有利于嵌入式系统设计趋于小型化,移动能力大大增强,与网络的耦合也越来越紧密。

(2) 嵌入式系统是将计算机技术、半导体技术和电子技术与各个行业的具体应用相结合后的产物,是一门综合技术学科。由于空间等各种资源相对不足,嵌入式系统的硬件和软件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,这样才能在具体应用中对处理器的选择更具有竞争力。

(3) 嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起,它的升级换代也是和具体产品同步进行的,因此嵌入式系统产品一旦进入市场,就具有较长的生命周期。

(4) 为了提高执行速度和系统可靠性,嵌入式系统中的软件一般都固化在存储芯片或单片机本身中,而不是存储于磁盘等载体中。

(5) 嵌入式系统本身不具备自主开发能力,即使设计完成以后,用户通常也不能对其中的程序功能进行修改,必须有一套开发工具和环境才能进行开发。

1.1.2 嵌入式系统的结构

嵌入式系统作为一种特殊的计算机系统,一般包括 3 个组成部分:硬件设备、嵌入式操作系统和应用软件。它们之间的关系如图 1-1 所示。

1. 硬件设备

硬件设备包括嵌入式处理器和外围设备,其中,嵌入式处理器(CPU)是嵌入式系统的核心部分。如今,大多数半导体制造商都生产嵌入式处理器,并且越来越多的公司开始拥有具有自主开发能力的处理器设计部门,据不完全统计,全世界嵌入式处理器已经超过一千种,流行的体系结构有三十多个系列,其中以 ARM、PowerPC、MIPS 等使用最为广泛。

外围设备是嵌入式系统中用于完成存储、通信、调试、显示等辅助功能的其他部件。目前常用的嵌入式外围设备按功能可以分为存储设备、通信设备和显示设备 3 类。

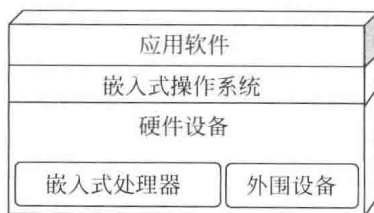


图 1-1 嵌入式系统的体系结构

存储设备主要用于各类数据的存储。常用的有静态易失性存储器(RAM、SRAM)、动态存储器(DRAM)和非易失性存储器(ROM、EPROM、EEPROM、Flash)3种,其中Flash存储器凭借其可擦写次数多、存储速度快、存储容量大、价格便宜等优点,在嵌入式领域内得到了广泛的应用。

应用于嵌入式系统中的通信设备包括RS-232接口、SPF(串行外围设备接口)、IrDA(红外线接口)、I²C(现场总线)、USB(通用串行总线接口)、Ethernet(以太网接口)等。

应用于嵌入式系统中的外围显示设备通常是阴极射线管(CRT)、液晶显示器(LCD)和触摸屏板(Touch Panel)等。

2. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统从嵌入式发展的第3阶段起开始引入。嵌入式操作系统具有通用操作系统的一般功能,如向上提供对用户的接口(如图形界面、库函数API等),向下提供与硬件设备交互的接口(如硬件驱动程序等),管理复杂的系统资源,同时,它还在系统实时性、硬件依赖性、软件固化性以及应用专用性等方面具有更加鲜明的特点。

3. 应用软件

应用软件是针对特定的应用领域,基于某一固定的硬件平台,用来达到预期目标的计算机软件。嵌入式系统自身的特点决定了嵌入式系统的应用软件不仅要达到准确、安全和稳定的标准,而且还要进行代码精简,以减少对系统资源的消耗,从而降低硬件成本。

1.1.3 嵌入式系统的发展史

虽然嵌入式系统是近几年才开始真正风靡起来的,但嵌入式这个概念却很早就已经存在了,从20世纪70年代单片机的出现到今天各种嵌入式微处理器、微控制器的广泛应用,嵌入式系统少说也有近40年的历史。纵观嵌入式系统的发展历史,其大致经历了以下4个阶段。

1. 无操作系统阶段

嵌入式系统最初的应用是基于单片机的,大多以可编程控制器的形式出现,具有监控伺服、设备指示等功能,通常应用于各类工业控制和武器装备中,一般没有操作系统的支持,只能通过汇编语言对系统进行直接控制,运行结束后再清除内存。这些装置显然已经初步具备了嵌入式的应用特点,但仅仅使用8位的CPU芯片来执行一些完成简单任务的程序,因此严格地说还谈不上“系统”的概念。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是:系统结构和功能相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。这种嵌入式系统由于使用简便、价格低廉,曾经在工业控制领域中得到非常广泛的应用,但却无法满足现今对执行效率、存储容量都有较高要求的信息家电等应用领域的需求。

2. 简单操作系统阶段

20世纪80年代,随着微电子工艺水平的提高,IC制造商开始把嵌入式应用中所需要的微处理器、I/O接口、串行接口以及RAM、ROM等部件统统集成到一片VLSI中;制造出

面向 I/O 设计的微控制器,并一举成为嵌入式系统领域中异军突起的新秀。与此同时,嵌入式系统的程序员也开始基于一些简单的“操作系统”开发嵌入式应用软件。这样就大大缩短了开发周期,提高了开发效率。

这一时期嵌入式系统的主要特点是:出现了大量高可靠性、低功耗的嵌入式 CPU,各种简单的嵌入式操作系统开始出现并得到迅速发展。此时的嵌入式操作系统虽然还比较简单,但已经初步具有一定的兼容性和扩展性,内核精巧且效率高,主要用来控制系统负载以及监控应用程序的运行。

3. 实时操作系统阶段

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,嵌入式系统进一步飞速发展,而面向实时信号处理算法的 DSP 产品则向着高速度、高精度、低功耗的方向发展。随着硬件实时性要求的提高,嵌入式系统软件的规模也不断扩大,逐渐形成实时多任务操作系统(Real Time Multitask Operating System, RTOS),并开始成为嵌入式系统的主流。

这一阶段嵌入式系统的主要特点是:操作系统的实时性得到了很大改善,已经能运行在各种不同类型的微处理器上,具有高度的模块化和扩展性。此时的嵌入式操作系统已经具备了文件和目录管理、设备管理、多任务、网络、图形界面(GUI)等功能,并提供了大量的应用程序接口(API),从而使得应用软件的开发变得更加简单。

4. 面向 Internet 阶段

21 世纪无疑将是一个网络的时代,将嵌入式系统“融入”到各种网络环境中去的需求也越来越大。目前大多数嵌入式系统还孤立于 Internet 之外,但随着 Internet 的进一步发展,以及 Internet 技术与信息家电、工业控制技术等的结合日益紧密,嵌入式设备与 Internet 的结合才是嵌入式技术的真正未来。

信息时代和数字时代的到来为嵌入式系统的发展带来了巨大的机遇,同时也对嵌入式系统厂商提出了新的挑战。目前,嵌入式技术与 Internet 技术的结合正在推动着嵌入式技术的飞速发展,嵌入式系统的研究和应用产生了如下新的显著变化:

- 新的微处理器层出不穷,同时嵌入式操作系统具有更好的可移植性,能够在短时间内支持更多的微处理器;
- 嵌入式系统的开发成了一项系统工程,开发厂商不仅要提供嵌入式软硬件系统本身,同时还要提供强大的硬件开发工具和软件支持包;
- 通用计算机上使用的新技术、新观念开始逐步移植到嵌入式系统中,嵌入式软件平台得到进一步完善;
- 各类嵌入式 Linux 操作系统迅速发展,由于具有源代码开放、系统内核小、执行效率高、网络结构完整等特点,很适合信息家电等嵌入式系统的需要,目前已经形成了能与 WinCE、Palm OS 等嵌入式操作系统进行有力竞争的局面;
- 网络化、信息化的要求随着 Internet 技术的成熟和带宽的提高而日益突出,以往功能单一的设备(如电话、手机、冰箱和微波炉等)功能不再单一,结构变得更加复杂,网络互联成为必然趋势;

- 精简系统内核,优化关键算法,降低功耗和软硬件成本;
- 提供更加友好的多媒体人机交互界面。

1.2 嵌入式系统的分类

根据不同的分类标准,嵌入式系统有不同的分类方法。这里根据嵌入式系统的复杂程度,将嵌入式系统分为以下4类。

1. 单个微处理器

这类系统一般由单片嵌入式处理器组成,嵌入式处理器上集成了存储器 I/O 设备、接口设备(如 A/D 转换器)等,嵌入式处理器加上简单的元件(如电源、时钟元件等)就可以工作。单个微处理器这类系统可以在小型设备中(如温度传感器、烟雾和气体探测器及断路器)找到。这类设备是供应商根据设备的用途来设计的。

常用的嵌入式处理器有 Phillip 公司的 89LPCxxx 系列, Motorola 公司的 MC68HC05、08 系列等。

2. 嵌入式处理器可扩展的系统

这类嵌入式系统使用的处理器根据需要,可以扩展存储器,也可以使用片上的存储器,处理器一般容量在 64KB 左右,字长为 8 位或 16 位。在处理器上扩充少量的存储器和外部接口,以构成嵌入式系统。这类系统可在过程控制、信号放大器、位置传感器及阀门传动器等中找到。

3. 复杂的嵌入式系统

组成这样的嵌入式系统的嵌入式处理器一般是 16 位、32 位等,用于大规模的应用,由于软件量大,因此需要扩展存储器。扩展存储器一般在 1MB 以上,外部设备接口一般仍然集成在处理器上,常用的嵌入式处理器有 ARM 系列、Motorola 公司的 PowerPC 系列、Coldfire 系列等。

这类系统可见于开关装置、控制器、电话交换机、电梯、数据采集系统、医药监视系统、诊断及实时控制系统等。它们是一个大系统的局部组件,由它们的传感器收集数据并传递给该系统。这种组件可同计算机一起操作,并可包括某种数据库(如事件数据库)。

4. 在制造或过程控制中使用的计算机系统

对于这类系统,计算机与仪器、机械及设备相连来控制这些装置的工作。这类系统包括自动仓储系统和自动发货系统。在这些系统中,计算机用于总体控制和监视,而不是对单个设备直接控制。过程控制系统可与业务系统连接(如根据销售额和库存量来决定订单或产品量)。在许多情况下,两个功能独立的子系统可在一个主系统操作下一同运行。如控制系统和安全系统,控制子系统控制处理过程,以使系统中的不同设备能正确地操作和相互作用于生产产品;而安全子系统则用来降低那些会影响人身安全或危害环境的误操作风险。