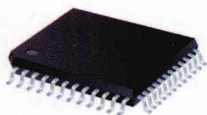
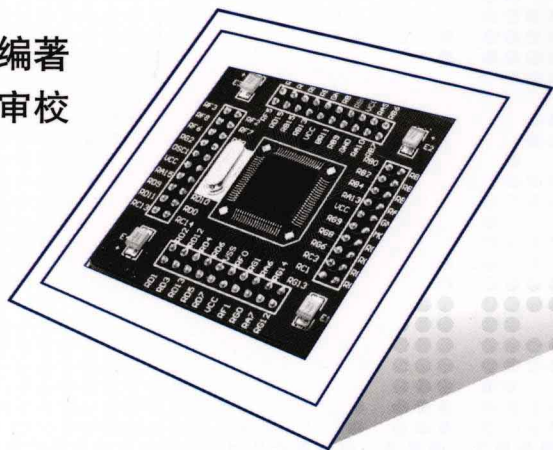


普通高校“十二五”规划教材·实践创新系列

ARM

嵌入式项目 实战开发

奚海蛟 谌 利 吕铁军 编著
达内IT培训集团 审校



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS

ARM 嵌入式项目实战开发

奚海蛟 谌 利 吕铁军 编著
达内 IT 培训集团 审校

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书以 Linux 操作系统和 ARM 芯片组成的软、硬件为平台,通过多个嵌入式系统开发实例,详细介绍了嵌入式系统的项目开发全过程。其中包括射频识别的学生安全系统、基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 系统的 TCP/IP 协议栈移植、嵌入式 WebServer 温度监测系统,以及嵌入式点菜系统、银行排队机系统和 MP3 播放器的实现,并给出了实现过程中完整的源代码。本书中所涉及项目均以广州天嵌计算机科技有限公司的 TQ2440 开发板为例,并以实际项目开发步骤展开,循序渐进地引导读者自主进行嵌入式项目开发实战的学习。

本书可作为计算机及相近专业嵌入式系统等相关课程的辅助教材,也非常适合用作学生实训和嵌入式系统开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 嵌入式项目实战开发 / 奚海蛟等编著. --

北京:北京航空航天大学出版社,2012.6

ISBN 978-7-5124-0788-6

I. ①基… II. ①奚… III. ①微处理器,ARM—系统
开发 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 075860 号

版权所有,侵权必究。

ARM 嵌入式项目实战开发

奚海蛟 谌 利 吕铁军 编著

责任编辑 金友泉

*

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(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱: bhpress@263.net 邮购电话:(010)82316936

涿州市新华印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:710×1 000 1/16 印张:21.5 字数:471 千字

2012 年 6 月第 1 版 2012 年 6 月第 1 次印刷 印数:4 000 册

ISBN 978-7-5124-0788-6 定价:38.00 元

丛书编委会

主 编 奚海蛟

副主编 韩少云

编委会成员

刘张辉	冯 华	谌 利	张 泉
李政春	李宝栋	陈露露	孟 捷
	杨 帆	游成伟	

前 言

嵌入式系统是人们生活中不可分割的一部分。其应用遍布人们生活的各个角落,几乎囊括了生活中的所有电器设备,如家用电器、通信设备和医疗设备、汽车应用、消费电子设备和工业设备等。随着嵌入式设备需求量的不断扩大和增加,嵌入式开发行业正在迅猛地崛起和发展,嵌入式系统开发也已经成为当前最热门、最有发展前途的行业之一。在未来几年,伴随着物联网和 3G 网络的全面发展,嵌入式系统的市场会有更快速增长。

同时,嵌入式开发行业的快速发展造成了它巨大的人才缺口,在未来相当长的时间内,嵌入式开发系统开发人才都将是企业最需要的。因此会有越来越多的人抓住这个机遇投身到嵌入式开发的行业当中。那么在进入到嵌入式开发行业之中,学习嵌入式开发技术的时候,无论你是学生,还是已经有工作经验的程序员,或是一个嵌入式开发技术爱好者,都会遇到许多未知问题和困难。而本书是将嵌入式开发行业当中的一些实际的应用项目整合成适合学习的案例。通过学习这些案例,读者可以对嵌入式技术有具体的了解,并可以具备提出嵌入式应用解决方案、开发相应的软件和驱动的能力,以及具备嵌入式系统独立开发的能力。

1. 本书的组织结构

第 1 章为嵌入式开发系统概述。首先介绍嵌入式系统的概念、嵌入式系统的组成,包括嵌入式平台的硬件层、中间层(板级支持包)和系统软件层;然后介绍嵌入式系统的发展历程,即四个发展阶段;最后简单叙述了当前市场上流行的嵌入式操作系统。

第 2 章为 ARM 硬件开发平台简介。详细介绍基于 ARM 体系架构的三星 S3C2440A 处理器的特性,并对采用 S3C2440 为核心处理器的 TQ2440 开发板进行详细的描述,包括各类扩展接口的性能描述和使用方法。

第 3 章为基于 Linux 操作系统开发环境的构建。描述主机与开发板相结合的硬件开发环境的构建,及软件开发环境的构建。其中详细介绍了 Red Hat Linux 操作系统的安装、网络服务的配置、交叉编译工具链的构建及图形界面开发工具 QT/E 的安装和配置。

第 4 章为基于 ARM 嵌入式射频识别学生安全系统。系统中用到的短距离无线通信技术是当前物联网中的核心技术。从射频识别技术的历史发展、工作原理、系统组成等多方面进行了阐述;从学生安全系统的必要性、工作原理、硬件设计、软件程序设计及系统移植测试,步步深入完整地描述了该系统的开发过程。

第 5 章为基于 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 操作系统 TCP/IP 协议栈移植。该章的案例提出了一种软件实现嵌入式系统网络化的方法。在 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 实时多任务操作系统之上,完成

LWIP(Light Weight IP, 轻型 IP)协议的正常运行。LWIP 可以保持 TCP/IP 协议主要功能的基础上减少对 RAM 的占用,符合嵌入式的精简的特点。

第 6 章为基于 ARM 嵌入式 Web Server 温度检测系统。该章的案例主要用于较高控制场合的智能化、自适应控制仪表。主要分为两部分完成,其一为 WebServer 的实现,包括嵌入式 Web 服务器 Boa 和其支持程序 CGI 的简单描述;其二为 QT 可操作图形界面的开发。

第 7 章为基于 ARM 嵌入式点菜机系统与第 8 章基于 ARM 嵌入式银行排队模拟系统相类似,均是在具体行业中对嵌入式开发技术的应用。分别从项目实例的工作原理、硬件设计、软件设计及系统移植进行的详细叙述,并涉及热敏打印机、矩阵键盘、LED 显示屏的驱动开发。

第 9 章为基于 ARM 嵌入式 Linux+Qt+Mplayer 的 MP3 播放器设计。该章的案例是嵌入式技术在电子娱乐消费产品方面的应用。对 MP3 音频文件的实现原理和文件结构进行了详细的分析,对 MP3 音乐播放器从硬件架构到软件架构的设计进行了详细介绍。

2. 本书的开发平台

本书涉及的项目实例均基于广州天嵌计算机科技有限公司的 TQ2440 开发板,软件平台主要基于 Linux 操作系统及相应的 Windows 下的配套开发工具可从 www.chinaterena.com 网站上获取。书中所有涉及的开发工具和程序代码见上述网站获取。

采用 ARM 处理器的依据:

- ARM 是非常知名的处理器体系架构,并被很多知名厂商和公司认证和生产。
- Samsung 的 S3C2440 系列是基于 32 位处理器体系架构,功能非常强大;TQ2440 的核心处理器即采用 S3C2440A 处理器。
- 据嵌入式微处理器应用的现状来看,ARM 已经取代了 8051 成为嵌入式系统开发行业的标准。

- 开发套件成本很低,有很多可用于 ARM 的软件及硬件开发工具。

3. 相关说明

本书所涉及的嵌入式案例已经渗透到生活中的每个角落,如工业、服务业和消费电子等。而读者可以按照书中对案例的分析和讲解,完全自主地完成这些项目,通过对这些案例的理解和实践,可以使读者更快地了解和掌握嵌入式技术。

4. 读者对象

本书需要读者熟悉计算机及嵌入式系统的基础概念,并且熟悉 ARM 体系结构及 Linux 操作系统的基本操作。此外,需要读者具备 C/C++ 语言编程的一些基本知识和基础编程工具的使用,如 gcc、Qt 等编程工具。所以,本书比较适合刚进入嵌入式系统领域的、意欲快速上手学习 ARM9 系统开发的人员,和使用 S3C2440 进行快速开发产品的开发人员,以及学生实训项目的使用。

参与本书编写的主要人员有刘张辉、冯华、李政春、张泉、陈露露、李宝栋、杨帆、滕忠楠、李晓庆、付盈、孟捷、湛力和游成伟等。由奚海蛟博士后和达内 IT 培训集团总裁韩少云负责全书的规划、内容安排、定稿和修改。北京达内 IT 集团总裁韩少云、北京航空航天大学出版社的金友泉老师、李文轶老师和胡晓柏主任、广州天嵌计算机科技有限公司梁传智对本书的出版给与了极大的支持,在此向他们表示衷心的感谢。

编者

2011 年 12 月

目 录

第 1 章 嵌入式开发概述	1
1.1 嵌入式系统介绍	1
1.1.1 嵌入式系统的定义和特点	1
1.1.2 嵌入式系统的发展	6
1.2 主流嵌入式操作系统	9
1.2.1 μ C/OS-II	10
1.2.2 Linux	10
1.2.3 Windows CE	12
1.2.4 VxWorks	13
本章小结	14
第 2 章 ARM 硬件开发平台	15
2.1 三星 S3C2440A 处理器详解	15
2.2 ARM 开发平台简介	21
2.2.1 TQ2440 开发板说明	21
2.2.2 TQ2440 应用说明	24
本章小结	37
第 3 章 基于 Linux 操作系统开发环境的构建	38
3.1 硬件环境构建	38
3.1.1 主机与开发板结合的开发环境	38
3.1.2 硬件要求	39
3.2 软件环境构建	45
3.2.1 在虚拟机中安装 Linux	46
3.2.2 网络服务的配置与启动	73
3.2.3 安装交叉编译工具链	79
3.2.4 交叉开发环境配置	81
本章小结	84

第 4 章 基于 ARM 嵌入式射频识别学生安全系统	85
4.1 功能分析	85
4.1.1 射频识别技术简介	86
4.1.2 学生安全管理的必需性	88
4.1.3 系统原理	88
4.2 硬件设计	89
4.2.1 硬件总体设计	90
4.2.2 功能模块接口与连接	94
4.3 软件设计	94
4.3.1 总体软件结构设计	94
4.3.2 系统移植	96
4.3.3 应用程序开发	108
4.4 项目实施	119
本章小结	123
第 5 章 基于 μ C/OS-II 系统 TCP/IP 协议栈移植	125
5.1 功能分析	125
5.1.1 μ C/OS-II 简介	125
5.1.2 LwIP 简介	126
5.1.3 项目主要内容	127
5.2 硬件设计	128
5.2.1 硬件总体设计	128
5.2.2 功能模块接口与连接	130
5.3 软件设计	131
5.3.1 软件结构总体设计	131
5.3.2 系统移植	132
5.3.3 驱动开发	149
5.3.4 应用程序开发	161
5.4 项目实施	163
5.4.1 编译项目	163
5.4.2 调试准备	163
5.4.3 调试步骤	167
本章小结	168

第 6 章 基于 ARM 嵌入式 Web Server 温度监测系统	170
6.1 功能分析	171
6.1.1 流程介绍	171
6.1.2 Web Server 实现原理	172
6.2 Boa 服务器	174
6.2.1 boa 服务器	174
6.2.2 CGI 公共网关接口	174
6.2.3 Boa 服务器的工作原理	179
6.3 硬件设计	180
6.3.1 硬件总体设计	180
6.3.2 功能模块接口与连接	180
6.4 软件设计	182
6.4.1 驱动开发	182
6.4.2 Qt 部分程序的设计	186
6.4.3 WebServer 部分程序设计	190
6.5 项目实施	199
6.5.1 系统移植	200
6.5.2 程序移植	206
6.5.3 运行程序	206
本章小结	207
第 7 章 基于 ARM 嵌入式点菜机系统	209
7.1 功能分析	209
7.1.1 流程介绍	210
7.1.2 功能描述	210
7.2 硬件设计	215
7.2.1 硬件总体设计	216
7.2.2 功能模块接口与连接	216
7.3 软件设计	222
7.3.1 总体软件结构设计	222
7.3.2 系统移植	225
7.3.3 驱动开发	232
7.3.4 应用程序开发	244
7.4 项目实施	271
本章小结	274

第 8 章 基于 ARM 嵌入式银行排队模拟系统	275
8.1 功能分析	275
8.2 硬件设计	276
8.2.1 硬件总体设计	276
8.2.2 功能模块接口与连接	278
8.3 软件设计	280
8.3.1 软件总体结构设计	280
8.3.2 服务器软件设计	281
8.3.3 客户端软件设计	282
8.3.4 应用程序开发	283
8.4 项目实施	299
8.4.1 硬件设备的实现	299
8.4.2 程序的编译和移植、运行	300
本章小结	303
第 9 章 基于 ARM 嵌入式 Linux+Qt+Mplayer 的 MP3 播放器设计	304
9.1 功能分析	304
9.1.1 功能描述	305
9.1.2 流程介绍	306
9.1.3 MP3 原理及文件结构	306
9.2 硬件设计	309
9.2.1 硬件总体设计	309
9.2.2 功能模块接口与连接	310
9.3 软件设计	312
9.3.1 总体软件结构设计	312
9.3.2 系统移植	313
9.3.3 驱动开发	317
9.3.4 应用程序开发	319
9.4 项目实施	328
本章小结	329
参考文献	330

第 1 章 嵌入式开发概述

嵌入式系统通常是以具体应用为中心,以处理器为核心且面向实际应用的软硬件系统,其硬件是整个嵌入式系统运行的基础和平台,提供了软件运行所需的物理平台和通信接口。而嵌入式系统的软件一般包括操作系统和应用软件,它们是整个系统的控制核心,提供人机交互的信息等。所以,嵌入式系统的开发通常包括硬件和软件两部分,硬件部分主要包括选择合适的 MCU(Micro Control Unit,微控制单元)或者 SoC(System on Chip,片上系统)器件、存储器类型、通信接口及 I/O、电源及其他的辅助设备;软件部分主要涉及 OS porting(Operating System porting,操作系统移植)和应用程序的开发等,与此同时,软件中断调试和实时调试、代码的优化、可移植性、可重用性以及软件固化等也是嵌入式软件开发的关键。

做嵌入式系统开发,应该记住一个公理,那就是——“在嵌入式系统中,软件硬件永远不分家”,这是不需要经过证明的。

本章要点:

- 嵌入式系统的定义和特点;
- 嵌入式系统的发展;
- 主流的嵌入式操作系统简介。

1.1 嵌入式系统介绍

嵌入式开发系统一般指非 PC 系统,有计算机功能但又不称为计算机的设备或器材。它是以应用为中心、软硬件可裁减的、适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等综合性严格要求的专用计算机系统。简单地说,嵌入式开发系统集成系统的应用软件与硬件于一体,具有软件代码小、高度自动化、响应速度快等特点,特别适合于要求实时和多任务的体系。嵌入式系统主要由嵌入式处理器、相关支撑硬件、嵌入式操作系统及应用软件系统等组成,它是可独立工作的“器件”。

嵌入式开发系统几乎包括了生活中的所有电器设备,如掌上 PDA、移动计算设备、电视机顶盒、手机、数字电视、多媒体、汽车、微波炉、数字相机、家庭自动化系统、电梯、空调、安全系统、自动售货机、蜂窝式电话、消费电子设备、工业自动化仪表与医疗仪器等。

1.1.1 嵌入式系统的定义和特点

根据 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers,国际电气电子工程师

协会)定义:Devices used to control,monitor,or assist the operation of equipment,machinery or plants。翻译为:嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置”。可以看出,此定义是从应用上考虑的。而嵌入式系统是软件和硬件的综合体,还可以涵盖机电等附属装置。

国内普遍认同的嵌入式系统定义为:嵌入式系统是“以应用为中心,以计算机技术为基础,软件、硬件可裁减,功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统”。而嵌入式系统本身是一个相对模糊的定义,一个手持的 MP3、MP4 和一个 PC104 小型工控机都可以认为是嵌入式系统。总之,嵌入式系统采用“量体裁衣”的方式把所需的功能嵌入到各种应用系统中。

从上面的定义,可以看出嵌入式系统的几个重要特征:

① 系统内核小。嵌入式系统是将先进的计算机技术、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。这一点就决定了它必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。由于嵌入式系统一般是应用于小型电子装置的,系统资源相对有限,所以内核较之传统的操作系统要小得多。比如 ENEA 公司的 OS 分布式系统,内核只有 5 KB,而 Windows 的内核则要大得多。

② 专用性强。嵌入式 CPU 大多工作在为特定用户群设计的系统中,具有低功耗、体积小、集成度高等特点。移动能力大大增强,与网络的耦合也越来越紧密。嵌入式系统的个性化很强,软件系统和硬件的结合非常紧密。同时针对不同的任务,往往需要对系统进行较大更改,程序的编译、下载需和系统相结合,这种修改和通用软件的“升级”是完全不同的概念。

③ 系统精简。嵌入式系统一般没有系统软件和应用软件的明显区分,不要求其功能在设计及实现上过于复杂,这样一方面利于控制系统成本,同时也利于实现系统安全。

④ 高实时性的系统软件是嵌入式软件的基本要求。而且软件要求固态存储,以提高速度;软件代码要求高质量和高可靠性。很多嵌入式系统都需要不断地对所处环境的变化做出反应,而且要实时地得出计算结果,不能延迟。

⑤ 多任务处理系统。嵌入式软件开发要走向标准化,必须使用多任务的操作系统。嵌入式系统的应用程序可以没有操作系统直接在芯片上运行。但是为了合理地调度多任务、利用系统资源、系统函数以及库函数接口,用户必须自行选配 OS 开发平台,这样才能保证程序执行的实时性、可靠性,并减少开发时间,保障软件质量。

嵌入式系统开发需要开发工具和环境。由于其本身不具备自举开发能力,即使设计完成以后用户通常也是不能对其中的程序功能进行修改的,必须有一套开发工具和环境才能进行开发,这些工具和环境一般是基于通用计算机上的软硬件设备以及各种逻辑分析仪、混合信号示波器等。开发时往往有主机和目标机的概念,主机用于程序的开发,目标机作为最后的执行机,开发时需要交替结合进行。

一般典型的嵌入式系统应由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统和特

定的应用程序组成。

嵌入式系统的构架从下往上,一般分为:硬件、驱动程序、操作系统、API 接口、应用程序,如图 1-1 所示。

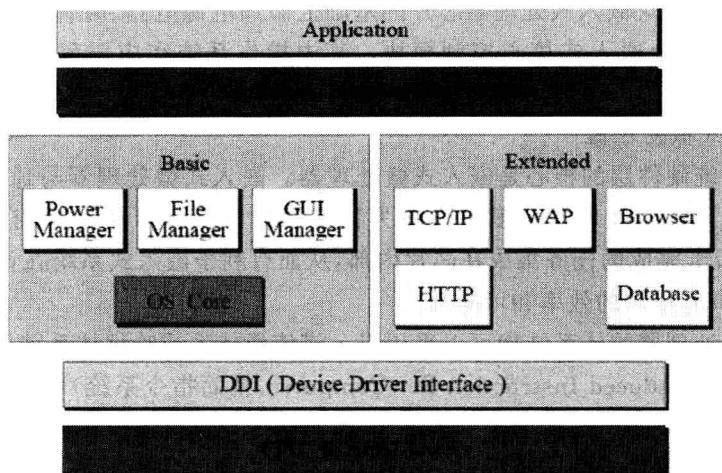


图 1-1 嵌入式系统架构

对硬件来说,最重要的是 CPU,目前在嵌入式设备上使用最多的 CPU 是:ARM/Strong、MIPS、PowerPC、M68k 等;同时带 DSP 功能的 CPU 也非常流行。存储系统除了常见的 SDRAM 外,通常还使用 NOR Flash 充当 ROM 以存放 BootLoader(引导程序),使用 NAND Flash 充当硬盘。通信接口一般有 UART 接口(Universal Asynchronous Receiver/Transmitter,异步串行数据总线接口)、USB 接口(Universal Serial BUS,通用串行总线接口)、IrDA(Infra Red Data Association,红外线接口)、SPI(Serial Peripheral Interface,串行外围设备接口)、I²C、CAN 接口(Controller Area Network,局域网控制总线接口)、Bluetooth 接口、Ethernet 接口、IEEE1394 接口、通用可编程接口 GPIO、LCD 和触摸屏、扩展卡(CF 卡、SD 卡、Memory Stick)插槽等。在便携式嵌入式系统的应用中,还必须特别关注电源装置等辅助设备。

对于嵌入式 Linux 系统而言,其软件系统的组成主要有:

- BootLoader: vivi、U-Boot;
- 内核(Kernel);
- 根文件系统:yaffs、jffs2、cramfs、ramdisk…;
- 系统应用程序:web server…;
- 图形界面系统:Qt/E、MiniGUI…。

开发工具,主要是:

- 交叉编译工具链;
- 图形界面开发工具。

下面对嵌入式计算机系统的组成进行介绍。

1. 硬件层

硬件层中包含嵌入式微处理器、存储器(SDRAM、ROM、Flash 等)、通用设备接口和 I/O 接口。在一块嵌入式处理器芯片的基础上添加电源电路、时钟电路和存储器电路,这就构成了一个嵌入式核心控制模块。其中操作系统和应用程序都可以固化在 ROM 中。

(1) 嵌入式微处理器

嵌入式系统硬件层的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器与通用 CPU 最大的不同在于嵌入式微处理器大多工作在为特定用户群设计专用的系统中,它将通用 CPU 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在设计时趋于小型化,同时还具有很高的效率和可靠性。

嵌入式微处理器的体系结构可以采用冯·诺依曼体系或哈佛体系结构。指令系统可以选用 RISC(Reduced Instruction Set Computer,精简指令系统)和 CISC(Complex Instruction Set Computer,复杂指令系统)。精简指令计算机系统在通道中只包含最有用的指令,确保数据通道快速执行每一条指令,从而提高了执行效率并使 CPU 硬件结构设计变得更为简单。嵌入式微处理器有各种不同的体系,即使在同一体系中也可能具有不同的时钟频率和数据总线宽度,或集成了不同的外设和接口。据不完全统计,目前全世界嵌入式微处理器已经超过 1 000 多种,体系结构有 30 多个系列,其中主流的体系有 ARM、MIPS、PowerPC、X86 和 SH 等。但与全球 PC 市场不同的是,没有一种嵌入式微处理器可以主导市场,仅以 32 位的产品而言,就有 100 种以上的嵌入式微处理器。嵌入式微处理器的选择是根据具体的应用而决定的。

(2) 存储器

嵌入式系统需要存储器来存放和执行代码。嵌入式系统的存储器包含 Cache、主存和辅助存储器。

① Cache:Cache 是一种容量小、速度快的存储器阵列,它位于主存和嵌入式微处理器内核之间,存放的是近段时间内微处理器使用最多的程序代码和数据。在需要进行数据读取操作时,微处理器尽可能地从 Cache 中读取数据,而不是从主存中读取,这样就大大改善了系统的性能,提高了微处理器和主存之间的数据传输速率。Cache 的主要目标就是减小主存或辅助存储器给微处理器内核造成的存储器访问瓶颈,使处理速度更快,实时性更强。在嵌入式系统中 Cache 全部集成在嵌入式微处理器内,可分为数据 Cache、指令 Cache 或混合 Cache,Cache 的大小依不同处理器而定。一般中高档的嵌入式微处理器都会把 Cache 集成入内部。

② 主存:主存是嵌入式微处理器能直接访问的存储器,用来存放系统和用户的程序及数据。它可以位于微处理器的内部或外部,其容量为 256 KB~1 GB,根据具体的应用而定。一般片内存储器容量小,速度快,片外存储器则相对容量较大。做主存的存储器有 ROM 类的 NOR Flash、EPROM 和 PROM 等。做 RAM 类的也有 SRAM、

DRAM 和 SDRAM 等。其中 NOR Flash 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应用。

③ 辅助存储器:辅助存储器用来存放大数据量的程序代码或信息,它的容量大,但读取速度与主存相比就慢很多,用来长期保存用户的信息。

嵌入式系统中常用的外存有:硬盘、NAND Flash、CF 卡、MMC 和 SD 卡等。

(3) 通用设备接口和 I/O 接口

嵌入式系统和外界交互需要一定形式的通用设备接口,如 A/D、D/A、I/O 等,设备接口通过和片外其他设备或传感器的连接来实现微处理器的输入/输出功能。每个外设通常都只有单一的功能,它可以在芯片外也可以内置芯片中。外设的种类很多,可从一个简单的串行通信设备到非常复杂的 802.11 无线设备。

目前嵌入式系统中常用的通用设备接口有 A/D、D/A、I/O 接口有 RS-232 接口、Ethernet 接口、USB 接口、音频接口、VGA 视频输出接口、I²C 总线接口、SPI 接口和 IrDA 接口等。

2. 中间层

硬件层与软件层之间为中间层,也称为硬件抽象层(Hardware Abstract Layer, HAL)或板级支持包(Board Support Package, BSP)。中间层将系统上层软件与底层硬件分离开来,使系统的底层驱动程序与硬件无关,上层软件开发人员无须关心底层硬件的具体情况,根据 BSP 层提供的接口即可进行开发。该层一般包含相关底层硬件的初始化、数据的输入/输出操作和硬件设备的配置功能。

BSP 具有以下特点:

① 硬件相关性 因为嵌入式实时系统的硬件环境具有应用相关性,而作为上层软件与硬件平台之间的接口,BSP 需要为操作系统提供操作和控制具体硬件的方法。

② 操作系统相关性 不同的操作系统具有不同的软件层次结构,因此,不同的操作系统具有特定的硬件接口形式。

实际上,BSP 是介于操作系统和底层硬件之间的一个软件层次,包括了系统中大部分与硬件联系紧密的软件模块。设计一个完整的 BSP 需要完成两部分工作,完成嵌入式系统的硬件初始化以及 BSP 功能和设计硬件相关的设备驱动。

(1) 嵌入式系统硬件初始化

系统初始化过程可以分为 3 个主要环节,按照自底向上、从硬件到软件的次序依次为:片级初始化、板级初始化和系统级初始化。

① 片级初始化:完成嵌入式微处理器的初始化,包括设置嵌入式微处理器的核心寄存器和控制寄存器、嵌入式微处理器核心工作模式和嵌入式微处理器的局部总线模式等。片级初始化把嵌入式微处理器从上电时的默认状态逐步设置成系统所要求的工作状态。这是一个纯硬件的初始化过程。

② 板级初始化:完成嵌入式微处理器以外的其他硬件设备的初始化。另外,还需设置某些软件的数据结构和参数,为随后的系统级初始化和应用程序的运行建立硬件

和软件环境。这是一个同时包含软件、硬件两部分在内的初始化过程。

③ 系统初始化:该初始化过程以软件初始化为主,主要进行操作系统的初始化。BSP 将嵌入式微处理器的控制权转交给嵌入式操作系统,由操作系统完成余下的初始化操作,包含加载和初始化与硬件无关的设备驱动程序,建立系统内存区,加载并初始化其他系统软件模块(如网络系统、文件系统等)。最后,操作系统创建应用程序环境,并将控制权交给应用程序的入口。

(2) 硬件相关的设备驱动程序

BSP 的另一个主要功能是硬件相关的设备驱动。硬件相关的设备驱动程序的初始化通常是一个从高到低的过程。尽管 BSP 中包含硬件相关的设备驱动程序,但是这些设备驱动程序通常不直接由 BSP 使用,而是在系统初始化过程中由 BSP 将它们与操作系统中通用的设备驱动程序关联起来,并在随后的应用中由通用的设备驱动程序调用,实现对硬件设备的操作。与硬件相关的驱动程序是 BSP 设计与开发中另一个非常关键的环节。

3. 系统软件层

系统软件层由多任务操作系统、文件系统、图形用户接口(Graphic User Interface, GUI)、网络系统及通用组件模块组成。操作系统是嵌入式应用软件的基础和开发平台。

嵌入式操作系统(Embedded Operation System, EOS)负责嵌入系统的全部软、硬件资源的分配、任务调度,控制、协调并发活动。它必须能够体现其所在系统的特征,能够通过装卸某些模块来达到系统所要求的功能。目前,已推出一些应用比较成功的 EOS 产品系列。随着 Internet 技术的发展、信息家电的普及应用及 EOS 的微型化和专业化, EOS 开始从单一的弱功能向高专业化的强功能方向发展。嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固化以及应用的专用性等方面具有较为突出的特点。

1.1.2 嵌入式系统的发展

作为一个系统,往往是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,嵌入式系统也不例外。

第一个被大家认可的现代嵌入式系统是麻省理工学院仪器研究室的查尔斯·斯塔克·德雷珀开发的阿波罗导航计算机。在两次月球飞行中他们在太空驾驶舱和月球登陆舱都是用了这种惯性导航系统。在此计划刚开始的时候,阿波罗导航计算机被认为是阿波罗计划风险最大的部分,为了减小尺寸和重量而使用了当时最新的单片集成电路,这就更加大了阿波罗计划的风险。

第一款大批量生产的嵌入式系统是 1961 年发布的民兵 I 号导弹上的 D-17 自动导航控制计算机。它是由独立建造、带有一个作为主内存的。当民兵 II 号导弹在 1966 年开始生产的时候, D-17 由第一次使用大量集成电路的更新计算机所替代。仅仅这