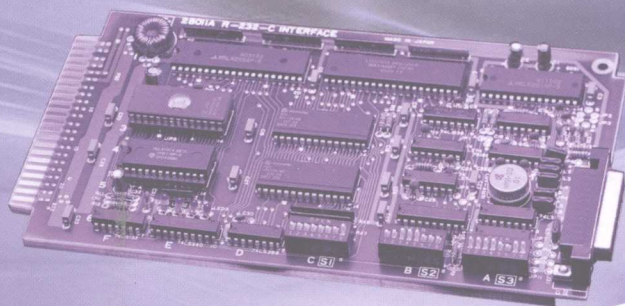


基于HCS12的 嵌入式系统设计

吴晔 张阳 滕勤 编著



- 着重介绍嵌入式系统的设计开发方法
- 内容主要体现创新、实用，突出重点
- 书中的每个模块在智能车上都有相应的应用实例
- 配备教学课件和教学实验指导书



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

嵌入式技术与应用丛书·飞思卡尔系列

基于 HCS12 的嵌入式系统设计

吴 晔 张 阳 滕 勤 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以飞思卡尔 16 位 S12 系列 MCU 为主线,以 MC9S12DG128 为例,系统地介绍了 S12 的结构和工作原理;以及 S12 内部输入/输出端口模块、脉宽调制模块、模/数转换模块、增强型定时器模块、串行通信接口模块、SPI 和 I²C 等主要功能模块的结构、原理与使用方法;同时详细介绍了 S12 汇编指令系统和嵌入式系统的 C 语言开发方法。此外,本书还结合 μ C/OS-II 介绍了嵌入式实时操作系统的基本知识,讨论了在 S12 系列 MCU 上实现 μ C/OS-II 的移植方法。

本书采用从理论到实践最后到系统的学习方法,在功能模块的介绍中首先讲解模块的原理,之后给出应用实例,最后结合飞思卡尔智能汽车竞赛,给出了每个模块在智能车系统设计的应用实例,以智能汽车系统为应用背景,贯穿了所有模块的开发使用,构成了完整的嵌入式系统知识的介绍。通过本书的阅读和学习,希望读者能够建立嵌入式系统基本概念,掌握嵌入式系统的硬件、软件设计方法。

本书面向工科电气类、计算机类、机电一体化类和仪器仪表类等相关专业的高年级本科生和研究生,同时也适用于从事嵌入式应用开发的工程技术类人员。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

基于 HCS12 的嵌入式系统设计 / 吴晔, 张阳, 滕勤编著. 北京: 电子工业出版社, 2010.1
(嵌入式技术与应用丛书·飞思卡尔系列)

ISBN 978-7-121-09928-1

I. 基… II. ①吴…②张…③滕… 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 213202 号

策划编辑: 田宏峰

责任编辑: 高买花 特约编辑: 牛雪峰

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 22.25 字数: 570 千字

印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 49.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

本书以飞思卡尔 16 位 S12 系列微控制器 (MCU) 为主线, 以 MC9S12DG128 为例, 系统地介绍了 S12 (X) 的结构和工作原理, 详述了 S12 内部的各功能模块的结构、原理与使用方法, 同时介绍了嵌入式系统的 C 语言开发方法。

本书采用从理论到实践最后到系统的学习方法, 在功能模块介绍中首先讲解模块的原理, 然后给出应用实例。最后结合飞思卡尔智能汽车竞赛, 给出了每个模块在智能车系统设计中的应用实例, 以智能汽车系统为应用背景, 贯穿所有模块的开发使用, 构成了完整的嵌入式系统的知识介绍。此外, 本书还结合 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 介绍了嵌入式实时操作系统的基本知识, 并讨论了在 S12 系列 MCU 上如何实现 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的移植和使用。

本书面向工科电气类、计算机类、机电一体化类和仪器仪表类等相关专业的高年级本科生和研究生, 同时也适用于从事嵌入式应用开发的工程技术人员。

我们希望通过本书的学习, 读者能够掌握嵌入式系统的基本概念, 了解飞思卡尔 S12 系列 MCU 的原理及应用, 学会使用 C 语言进行嵌入式系统程序设计和嵌入式系统的应用开发。

第 1 章简要介绍嵌入式系统的基本概念以及嵌入式系统的开发方法。

第 2 章以飞思卡尔 HCS12 和 HCS12X 系列单片机为背景, 简要介绍 CPU12 和 CPU12X 的结构及特点, 使读者初步了解 HCS12 系列单片机。

第 3 章详细介绍 MC9S12 单片机的寻址方式、指令系统和汇编语言程序设计。

第 4 章介绍 C 语言在嵌入式系统程序设计中的应用, 并简单介绍 CodeWarrior 集成开发环境的使用方法。

第 5 章, 第 7 章~第 11 章分别介绍 MC9S12 单片机的输入输出端口模块、脉宽调制模块、模/数转换模块、增强型定时器模块、串行通信接口模块、SPI 和 I²C 模块的硬件结构、寄存器功能及应用, 并给出各模块在智能车系统中的应用。

第 6 章介绍 MC9S12 单片机的中断系统及中断程序设计方法。

第 12 章介绍嵌入式实时操作系统的基本概念及 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 的内核结构和特点, 并讨论 $\mu\text{C}/\text{OS}-\text{II}$ 在 S12 单片机上的移植方法。

附录 A~附录 D 列出了 S12 汇编指令系统汇总表、汇总表说明、指令机器码汇总表及其说明。附录 E 介绍了作者自主开发的配套实验系统开发平台。

本书是很多人共同努力的成果, 全书共分 12 章。滕勤编写了第 3、第 9 章和第 7 章部分内容; 舒迎飞编写了第 12 章和部分章节的应用实例; 其余章节由张阳和吴晔编写, 吴晔负责全书统稿。舒迎飞、龚伟、宋曼等参与了部分程序的调试和验证工作, 感谢参与本书内容整理及程序调试的所有学生。

本书的编写得到了飞思卡尔公司的大力支持，衷心感谢飞思卡尔公司的马莉女士和康晓敦先生提供的帮助。本书的出版得到了电子工业出版社的大力支持，在此特别感谢在本书编写和出版过程中不断给予帮助的高买花女士和田宏峰先生。

另外还要感谢合肥工业大学教务处的关心支持，特向张辉教授和李刚等同仁顺致诚挚谢意。

本书配有教学课件和源代码，设有可开设的实验项目，这些资料均可以在华信教育资源网（www.hxedu.com.cn）免费注册后下载。

由于作者水平有限，书中不当之处，敬请读者批评指正。

作 者

2009 年 11 月于斛兵塘

目 录

第 1 章 嵌入式系统简介	(1)
1.1 嵌入式系统	(1)
1.1.1 系统	(1)
1.1.2 嵌入式系统	(1)
1.1.3 嵌入式系统的分类	(2)
1.2 嵌入式系统硬件	(3)
1.2.1 嵌入式微处理器	(3)
1.2.2 嵌入式微控制器	(3)
1.2.3 嵌入式 DSP 处理器	(4)
1.2.4 嵌入式片上系统	(4)
1.3 嵌入式系统软件	(5)
1.4 嵌入式操作系统	(5)
1.4.1 嵌入式操作系统的种类	(5)
1.4.2 嵌入式操作系统的发展	(5)
1.4.3 使用实时操作系统的必要性	(6)
1.4.4 实时操作系统的优缺点	(7)
1.5 嵌入式系统开发方法	(7)
第 2 章 Freescale HCS12 和 HCS12X 系列单片机简介	(9)
2.1 HCS12 系列单片机概述	(9)
2.1.1 HCS12 系列单片机的命名规则	(9)
2.1.2 HCS12 系列单片机简介	(10)
2.2 HCS12X 系列单片机概述	(11)
2.2.1 HCS12X 系列单片机主要特点	(11)
2.2.2 XGATE 协处理器与主处理器的关系	(12)
2.2.3 XGATE 的基本特性	(13)
2.2.4 典型 S12X 系列单片机简介	(15)
2.3 MC9S12DG128 简介	(16)
2.3.1 MC9S12DG128 性能概述	(16)
2.3.2 MC9S12DG128 内部结构及引脚	(16)
2.3.3 MC9S12DG128 引脚功能	(19)
2.4 MC9S12DG128 的运行模式	(22)

2.4.1 普通运行模式	(22)
2.4.2 特殊运行模式	(23)
2.5 MC9S12DG128 的存储器映射	(23)
2.5.1 基本内存空间分配	(23)
2.5.2 内存空间的扩展	(25)
2.5.3 相关寄存器	(25)
第3章 S12 指令系统	(28)
3.1 概述	(28)
3.2 S12 汇编指令的格式和符号说明	(28)
3.2.1 操作码和操作数	(29)
3.2.2 数据类型	(29)
3.2.3 数据表示方法	(30)
3.2.4 寄存器和存储器表示法	(30)
3.3 寻址方式	(30)
3.3.1 隐含/固有寻址	(31)
3.3.2 立即寻址	(31)
3.3.3 直接寻址	(32)
3.3.4 扩展寻址	(33)
3.3.5 相对寻址	(35)
3.3.6 变址寻址	(36)
3.4 S12 汇编指令系统	(43)
3.4.1 数据传送指令	(44)
3.4.2 算术运算指令	(52)
3.4.3 逻辑运算指令	(60)
3.4.4 高级函数指令	(64)
3.4.5 程序控制指令	(67)
3.4.6 S12 控制指令	(71)
3.4.7 模糊运算指令	(73)
3.5 汇编程序伪指令	(80)
3.5.1 段定义指令	(80)
3.5.2 常量赋值指令	(82)
3.5.3 常量存储指令	(84)
3.5.4 分配变量指令	(87)
3.5.5 汇编控制指令	(88)
3.5.6 符号链接指令	(89)

第 4 章 C 语言的嵌入式编程	(91)
4.1 编程语言的选择	(91)
4.2 C 语言编程元素	(92)
4.2.1 全局变量和局部变量	(92)
4.2.2 头文件	(93)
4.2.3 编译预处理	(93)
4.2.4 数据类型	(96)
4.2.5 运算符	(98)
4.2.6 指针	(100)
4.2.7 条件语句、循环语句及无限循环语句	(101)
4.2.8 函数	(104)
4.3 C 程序编译器与交叉编译器	(108)
4.4 CodeWarrior 软件简介	(110)
4.4.1 CodeWarrior 的安装	(110)
4.4.2 CodeWarrior 使用简介	(112)
第 5 章 S12 输入/输出端口模块及其应用实例	(117)
5.1 输入/输出端口简介	(117)
5.2 输入/输出端口寄存器及设置	(118)
5.2.1 PORTT、PORTS、PORTM、PORTP、PORTH 和 PORTJ	(118)
5.2.2 PORTA、PORTB、PORTE 和 PORTK	(122)
5.3 输入/输出端口基础应用实例	(124)
5.3.1 输出设备 LED 控制实例	(124)
5.3.2 输入设备拨码开关读取实例	(126)
5.4 智能车系统中输入/输出端口的应用	(127)
5.4.1 键盘接口设计	(127)
5.4.2 LED 显示接口设计	(129)
5.4.3 LCD 显示接口设计	(131)
第 6 章 S12 中断系统	(137)
6.1 S12 中断系统概述	(137)
6.1.1 S12 单片机的复位	(138)
6.1.2 S12 单片机的中断	(139)
6.2 S12 中断优先级	(140)
6.3 S12 中断程序设计实例	(144)
第 7 章 S12 脉宽调制模块及其应用实例	(148)
7.1 PWM 模块概述	(148)

7.2 PWM 模块结构组成和特点	(148)
7.3 PWM 模块寄存器及设置	(149)
7.3.1 PWM 允许寄存器	(150)
7.3.2 PWM 极性寄存器	(151)
7.3.3 PWM 时钟选择寄存器	(152)
7.3.4 PWM 预分频时钟选择寄存器	(153)
7.3.5 PWM 居中对齐允许寄存器	(154)
7.3.6 PWM 控制寄存器	(155)
7.3.7 PWM 比例因子寄存器 A	(157)
7.3.8 PWM 比例因子寄存器 B	(158)
7.3.9 PWM 通道计数寄存器	(158)
7.3.10 PWM 通道周期寄存器	(159)
7.3.11 PWM 通道占空比寄存器	(159)
7.3.12 PWM 关断寄存器	(161)
7.4 PWM 模块基础应用实例	(162)
7.5 智能车系统中 PWM 模块的应用	(165)
7.5.1 应用 PWM 模块控制直流电动机	(165)
7.5.2 应用 PWM 模块控制伺服电动机	(169)
第 8 章 S12 模/数转换模块及其应用实例	(171)
8.1 ATD 模块概述	(171)
8.2 ATD 模块结构组成和特点	(171)
8.3 ATD 模块寄存器及设置	(172)
8.3.1 ATD 控制寄存器 2	(173)
8.3.2 ATD 控制寄存器 3	(174)
8.3.3 ATD 控制寄存器 4	(175)
8.3.4 ATD 控制寄存器 5	(176)
8.3.5 ATD 状态寄存器 0	(178)
8.3.6 ATD 测试寄存器 1	(179)
8.3.7 ATD 状态寄存器 1	(180)
8.3.8 ATD 输入使能寄存器	(180)
8.3.9 端口数据寄存器	(181)
8.3.10 ATD 转换结果寄存器	(181)
8.4 ATD 模块基础应用实例	(182)
8.5 智能车系统中 ATD 模块的应用	(184)
8.5.1 ATD 模块在基于光电管路径识别方案中的应用	(184)
8.5.2 ATD 模块在基于摄像头路径识别方案中的应用	(186)

第 9 章 S12 增强型定时器模块及其应用实例	(190)
9.1 ECT 模块概述	(191)
9.1.1 ECT 的基本组成与工作原理	(191)
9.1.2 模块内存映射	(195)
9.1.3 ECT 模块的中断系统	(198)
9.2 ECT 模块的自由运行计数器及定时器基本寄存器	(199)
9.2.1 自由运行主定时器与时钟频率设置	(199)
9.2.2 ECT 模块的基本寄存器	(199)
9.3 ECT 模块的输入捕捉功能及寄存器设置	(202)
9.3.1 ECT 模块的输入捕捉功能	(203)
9.3.2 与输入捕捉功能相关的寄存器	(208)
9.4 ECT 模块的输出比较功能及寄存器设置	(214)
9.4.1 ECT 模块的输出比较功能	(214)
9.4.2 与输出比较功能相关的寄存器	(215)
9.5 ECT 模块的脉冲累加器功能及寄存器设置	(218)
9.5.1 ECT 模块的脉冲累加器功能	(218)
9.5.2 与脉冲累加器相关的寄存器	(223)
9.6 ECT 模块的模数递减计数器功能及寄存器设置	(229)
9.6.1 ECT 模块的模数递减计数器功能	(229)
9.6.2 与模数递减计数器相关的寄存器	(230)
9.7 ECT 模块基础应用实例	(233)
9.7.1 输入捕捉功能应用实例	(233)
9.7.2 输出比较功能应用实例	(235)
9.7.3 脉冲累加器功能应用实例	(243)
9.7.4 模数递减计数器功能应用实例	(248)
9.8 智能车系统中 ECT 模块的应用	(250)
9.8.1 ECT 模块的输入捕捉功能在智能车系统中的应用	(250)
9.8.2 ECT 模块的脉冲累加器功能在智能车系统中的应用	(250)
9.8.3 ECT 模块的模数递减器功能在智能车系统中的应用	(252)
第 10 章 S12 串行通信接口模块及其应用实例	(253)
10.1 SCI 模块概述	(253)
10.2 SCI 模块结构组成和特点	(253)
10.3 SCI 模块寄存器	(254)
10.3.1 SCI 波特率寄存器	(255)
10.3.2 SCI 控制寄存器 1	(255)
10.3.3 SCI 控制寄存器 2	(257)
10.3.4 SCI 状态寄存器 1	(258)

10.3.5	SCI 状态寄存器 2	(260)
10.3.6	SCI 数据寄存器	(260)
10.4	SCI 模块基础应用实例	(261)
10.5	智能车系统中 SCI 模块的应用	(264)
第 11 章	S12 SPI 和 I²C 模块及其应用实例	(268)
11.1	SPI 模块	(268)
11.2	SPI 模块结构组成和特点	(269)
11.3	SPI 模块寄存器及设置	(270)
11.3.1	SPI 控制寄存器 1	(270)
11.3.2	SPI 控制寄存器 2	(272)
11.3.3	SPI 波特率寄存器	(273)
11.3.4	SPI 状态寄存器	(275)
11.3.5	SPI 数据寄存器	(276)
11.4	SPI 模块基础应用实例	(277)
11.5	I ² C 总线接口	(280)
11.5.1	I ² C 总线概述	(280)
11.5.2	I ² C 总线工作原理	(281)
11.6	I ² C 模块结构组成和特点	(283)
11.7	I ² C 模块寄存器及设置	(284)
11.7.1	I ² C 总线地址寄存器	(284)
11.7.2	I ² C 总线分频寄存器	(285)
11.7.3	I ² C 总线控制寄存器	(286)
11.7.4	I ² C 总线状态寄存器	(287)
11.7.5	I ² C 总线数据输入/输出寄存器	(289)
11.8	I ² C 模块在智能车系统中的应用	(289)
第 12 章	μC/OS-II 在 S12 上的移植与应用	(293)
12.1	实时操作系统的概述	(293)
12.1.1	实时操作系统基本概念	(294)
12.1.2	RTOS 常用术语	(294)
12.2	嵌入式实时操作系统 μC/OS-II	(296)
12.2.1	μC/OS-II 概述	(296)
12.2.2	μC/OS-II 与其他几种 RTOS 的比较	(298)
12.3	μC/OS-II 的任务	(300)
12.3.1	μC/OS-II 中的任务	(300)
12.3.2	任务的划分	(301)
12.4	μC/OS-II 在 MC9S12DG128 上的移植	(301)

12.4.1	定义内核大小和功能.....	(303)
12.4.2	与硬件相关代码.....	(307)
12.4.3	建立自己的任务.....	(315)
附录 A	S12 汇编指令系统汇总表.....	(317)
附录 B	S12 汇编指令系统汇总表解释说明	(331)
附录 C	S12 汇编指令机器码汇总表.....	(336)
附录 D	S12 汇编指令机器码汇总表解释说明	(340)
附录 E	HS12 实验开发平台	(341)
参考文献		(344)

第1章 嵌入式系统简介

在信息化社会中，计算机和网络已经全面渗透到我们生活的每一个角落。对于每个人，我们需要的已经不再仅仅是那种放在桌上处理文档，进行工作管理和生产控制的计算机——“机器”；各种各样的新型嵌入式系统设备在应用数量上已经远远超过通用计算机，任何一个人都可能拥有从小到大的各种使用嵌入式技术的电子产品，小到 MP3、PDA 等微型数字化产品，大到网络家电、智能家电、车载电子设备等装置，而在工业和服务领域中，使用嵌入式技术的数控机床、智能工具、工业机器人、各种类型的服务机器人等也将逐渐改变传统的工业和服务方式。目前嵌入式系统技术已经成为最热门的应用技术之一，嵌入式系统已经渗透到我们日常生活的方方面面。本章作为本书的开篇，主要介绍嵌入式系统的基本概念和嵌入式系统的开发学习方法。



1.1 嵌入式系统



1.1.1 系统

系统是一种根据固定的计划、程序或者规则进行工作、组织或者执行一项或多项任务的方式。系统也是一种工作安排方法，其所有单元能够按照一定的计划或者程序装配在一起，共同完成工作任务。



1.1.2 嵌入式系统

许多书籍都给出过嵌入式系统的定义，但是对于何为嵌入式系统，什么样的技术又可以称为嵌入式技术，仍在讨论之中。以下给出一些文献中对于嵌入式系统的定义：

《*Computers as Components—Principles of Embedded Computing System Design*》一书中指出：什么是嵌入式计算系统？如果不严格地定义，它是任何一个包含可编程计算机的设备，但是它本身却不是一个通用计算机。

《*Embedded Microcontrollers*》一书作者认为：嵌入式系统是一种电子系统，它包含微处理器或者微控制器，但是我们不认为它们是计算机——计算机隐藏或者嵌入在系统中。

英国电机工程师协会定义：嵌入式系统是控制、监视或辅助某个设备、机器甚至工厂运行的设备。它具备 4 个特征：①用来执行特定的功能；②以微型计算机与外围设备构成核心；③具有严格的时序与稳定度；④全自动操作循环工作。

还可以用以下文字总结嵌入式系统的概念：嵌入式系统一般指非 PC 系统，有计算机功能但又不称为计算机的设备，它以应用为中心，软硬件可裁减，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，嵌入式系统集系统的应用软件和硬件于一体，类似于 PC 中 BIOS 的工作方式，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“机器”或“器件”。

嵌入式系统的基本架构如图 1.1 所示。

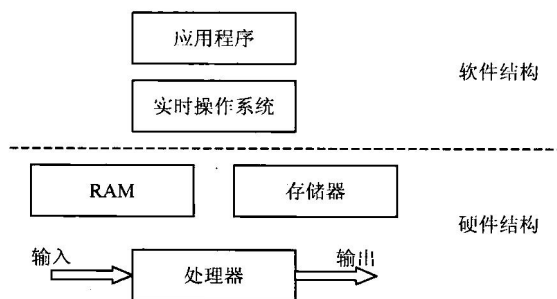


图 1.1 嵌入式系统的基本架构



1.1.3 嵌入式系统的分类

按照嵌入式系统的规模，可以将嵌入式系统分为以下三种类型：

(1) 小型嵌入式系统

小型嵌入式系统采用一个 8 位或 16 位的微控制器设计；硬件和软件复杂度小，需要进行板级设计。为这些系统开发嵌入式软件时，主要的编程工具是所使用的微控制器或者微处理器专用的编辑器、汇编器和交叉汇编器等，通常利用 C 语言开发这些系统的软件。

(2) 中型嵌入式系统

中型嵌入式系统采用一个 16 位或 32 位的微控制器、数字信号处理器 (DSP) 或精简指令集 (RISC) 计算机等设计，硬件和软件复杂度都比较大。对于复杂的软件设计，可以使用如下的编程工具：RTOS、源代码设计工具、模拟器、调试器和集成开发环境 (IDE) 等，软件工具往往还提供了硬件复杂性的解决和分析方法。

(3) 复杂嵌入式系统

复杂嵌入式系统的软件和硬件都非常复杂，需要可升级的处理器或者可配置的处理器和可编程逻辑阵列 (如 FPGA、CPLD 等器件)。它们用于边缘应用，在这些应用中，需要硬件和软件协同设计，并且都集成到最终的系统中，然而它们又受到硬件单元所提供的处理速度、存储器等资源的限制。为了解决时间问题，提高系统运行速度，可以在硬件中实现一部分软件功能，例如，加密和解密算法、TCP/IP 协议栈和网络驱动程序等功能。当然，系统中某些硬件资源的功能模块同样也可以用软件来实现。这些系统的开发工具一般十分昂贵，有时还需要为这些系统开发编译器或者重定目标的编译器等。

由于嵌入式系统由硬件和软件两大部分组成，所以其分类也可以从硬件和软件进行

划分。从硬件方面来讲,嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器,根据其现状,嵌入式处理器可以分成嵌入式微处理器(Micro Processor Unit, MPU)、嵌入式微控制器(Microcontroller Unit, MCU)、嵌入式DSP处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP)和嵌入式片上系统(System On Chip, SOC)等。

从软件方面来讲,主要依据使用的操作系统类型。目前嵌入式系统的软件主要有两大类:实时系统和分时系统,其中实时系统又分为硬实时系统和软实时系统两类。



1.2 嵌入式系统硬件

嵌入式系统的核心是嵌入式微处理器。嵌入式微处理器一般具备4个特点:

① 对实时和多任务有很强的支持能力,能完成多任务并且有较短的中断响应时间,从而使内部的代码和实时操作系统的执行时间减少到最低限度;

② 具有功能很强的存储区保护功能,这是由于嵌入式系统的软件结构已模块化,而为了避免在软件模块之间出现错误的交叉作用,需要设计强大的存储区保护功能,同时也有利于软件诊断;

③ 可扩展的处理器结构,以便能够迅速地扩展满足应用的高性能的嵌入式微处理器;

④ 嵌入式微处理器的功耗要求必须很低,尤其是用于便携式的无线及移动的计算和通信设备,对于靠电池供电的嵌入式系统更是如此,功耗往往为mW甚至 μ W级。



1.2.1 嵌入式微处理器

微处理器是一个集中取址和处理一组通用指令的单元。任何一个CPU必须包括一个控制单元和一个ALU单元。而嵌入式微处理器采用的是“增强型”通用微处理器。由于嵌入式系统通常应用于环境比较恶劣的环境中,因而嵌入式微处理器在工作温度、电磁兼容性以及可靠性方面的要求较通用的标准微处理器高。根据实际嵌入式应用要求,将嵌入式微处理器装配在专门设计的主板上,只保留和嵌入式应用有关的主板功能,这样可以大幅度地减小系统的体积和功耗。

和工业控制计算机相比,嵌入式微处理器组成的系统具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高等一系列优点,但在其电路板上必须包括ROM、RAM、总线接口、必要的外设等器件。由嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等器件安装在一块电路主板上而构成的系统,就是通常所说的单板机系统。嵌入式微处理器目前主要有Am186/88、386EX、SC-400、Power PC、68000、MIPS、ARM系列等。



1.2.2 嵌入式微控制器

嵌入式微控制器又称为单片机,它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种微处理器内核为核心,根据某些典型的应用,在芯片内部集成了ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调



制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM 等各种必要功能部件和外设。为适应不同的应用需求,对功能的设置和外设的配置进行必要的修改和裁减定制,使得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相同,主要的不同在于存储器、外设的配置和功能的设置等方面。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配,从而减少整个系统的功耗和成本。

和嵌入式微处理器相比,微控制器的单片化使应用系统的体积大大减小,从而使功耗和成本大幅度下降,可靠性得到提高。由于嵌入式微控制器目前在产品的品种和数量上是所有嵌入式处理器中最多的,而且上述诸多优点决定了微控制器是嵌入式系统应用的主流,目前 MCU 占到嵌入式系统市场绝大多数的份额。微控制器的片上外设资源比较丰富,适合于控制,因此又称为微控制器。通常,嵌入式微处理器可分为通用和半通用两类,比较有代表性的通用系列包括 S08/S12、8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、68000 等,而比较有代表性的半通用系列,通常支持 USB 接口;支持 SPI、I²C、CAN 总线;支持 LCD 模块等众多专用的 MCU 和兼容系列。



1.2.3 嵌入式 DSP 处理器

在数字信号处理应用中,各种数字信号处理算法往往相当复杂,一般结构的处理器无法实时地完成这些运算功能。由于 DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊的设计,使其特别适合进行实时数字信号处理。在数字滤波、FFT(快速傅里叶变换)、谱分析等方面,DSP 算法正大量进入嵌入式领域,DSP 应用正逐步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 处理器有两类:①DSP 处理器经过单片化、EMC(电磁兼容性)改造、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;②在通用单片机或 SOC 中增加 DSP 协处理器,例如 Intel 的 MCS-296 和 Infineon 的 TriCore 系列。另外,在有关智能方面的应用中,也需要嵌入式 DSP 处理器,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、非对称数字用户线路(Asymmetrical Digital Subscriber Line, ADSL)接入、实时语音压解系统、虚拟现实显示等各类应用。这类智能化算法一般都是运算量较大,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 TI 的 TMS320 系列和 Freescale 的 DSP56000 系列等。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 系列等。DSP56000 目前已经发展成为 DSP56000、DSP56100、DSP56200 和 DSP56300 等多种不同系列的 DSP 处理器。



1.2.4 嵌入式片上系统

随着 EDA(电子设计自动化)的推广和大规模集成电路(Large Scale Integrated Circuit, LSI)设计的普及化,以及半导体工艺的迅速发展,可以在一块硅片上集成实现更为复杂的系统,这就产生了 SOC 技术。各种通用处理器内核可以作为 SOC 设计公司的标准库,而嵌入式系统外设也成为了 VLSI 设计中的标准器件,可以通过标准的 VHDL、Verilog 等硬件语言描述保存在器件库中,供用户设计选择使用。用户根据需求定义应用系统,

通过开发工具仿真、调试、验证设计出的应用系统后,就可以将设计文档等资料提交给半导体工厂制作样品。这样除某些无法集成的功能器件以外,整个嵌入式系统功能模块的实现均可集成到一块或几块芯片中,应用系统电路板设计将变得越来越简洁,这对于减小整个应用系统的体积和功耗、提高可靠性等方面都非常有利。

1.3 嵌入式系统软件

软件是系统设计最重要的一部分,是嵌入式系统的核心。嵌入式系统需要开发给定系统的应用软件,处理器执行指令代码和处理数据,有效、准确地完成指定工作任务。在设计的最末阶段,这些指令代码和相关数据被放置到存储器中,用于执行完成相应的工作。目前,大多数嵌入式系统的应用软件开发都会使用高级语言,例如 C、C++ 和 Java 等,其中 C 语言选用得最多。关于嵌入式系统的软件程序设计,后文会有单独章节论述。

1.4 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统是一种支持嵌入式系统应用的操作系统软件,它是嵌入式系统(包括硬、软件系统)设计的重要组成部分,通常包括与硬件相关的底层驱动软件、系统内核、设备驱动接口、通信协议、图形界面、标准化浏览器等。嵌入式操作系统具有通用操作系统的基本特点,如能够有效管理越来越复杂的系统资源;能够硬件虚拟化,使得开发人员从复杂的驱动程序移植和维护中解脱出来;能够提供库函数、驱动程序、工具集以及应用程序等。与通用操作系统相比较,嵌入式操作系统在系统实时高效性、硬件的相关依赖性、软件固态化以及应用的专用性等方面具有更为突出的特点。

1.4.1 嵌入式操作系统的种类

一般情况下,嵌入式操作系统可以分为两类:一类是面向控制、通信等领域的实时操作系统,如 WindRiver 公司的 VxWorks、ISI 的 pSOS、QNX 系统软件公司的 QNX、ATI 的 Nucleus 等;另一类是面向消费电子产品的非实时操作系统,这类产品包括个人数字助理(PDA)、移动电话、机顶盒、电子书、WebPhone 等。

1.4.2 嵌入式操作系统的发展

嵌入式操作系统伴随着嵌入式系统的发展大致经历了 4 个阶段。

第一阶段是无操作系统的嵌入算法阶段,是以单芯片为核心的可编程控制器形式的系统,同时具有与监测、伺服、指示设备相配合的功能。这种系统大部分应用于一些专业性极强的工业控制系统中,一般没有操作系统的支持,通过汇编语言编程对系统进行直接控制,运行结束后清除内存。这一阶段系统的主要特点是:系统结构和功能都相对单一,处理效率较低,存储容量较小,几乎没有用户接口。由于这种嵌入式系统使用简便、价格很低,以前在国内工业领域应用较为普遍,但是已经远远不能适应高效的、需