

普通高等教育“十二五”规划教材
高等院校计算机系列教材

Qianrushi Xitongjichu Shiyanjiaocheng

嵌入式系统基础实验教程

杨凤年 ◎ 主编



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等教育“十二五”规划教材
高等院校计算机系列教材

嵌入式系统基础实验教程

主 编 杨凤年
副主编 胡小龙 刘华富
高金华 何文德

华中科技大学出版社
中国·武汉

内 容 提 要

本书首先简要介绍嵌入式系统的概念及应用、S3C2410X 微处理器体系结构,以及如何学习基于 ARM 嵌入式系统开发;接着介绍基于 ARM 的嵌入式系统开发环境、开发工具及 Embest ARM 实验教学系统的特性,其中包括实验系统的电路原理图、接口说明、集成开发环境的使用说明;然后根据初学者的认知特点,由简到繁依次安排了 ARM/Thumb 汇编指令实验、处理器工作模式实验、C 语言程序实验、汇编语言与 C 语言相互调用实验、基本接口实验、人机接口实验、通信接口实验,以及基础应用和高级应用实验。书中实验内容全面,实验原理清晰,每个实验中都有关键代码分析。

本书既可作为高等学校相关专业本科生和研究生嵌入式系统课程的实验教材,也可以作为从事嵌入式系统开发的工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统基础实验教程/杨风年 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010.8
ISBN 978-7-5609-6241-2

I. 嵌… II. 杨… III. 微处理器,ARM-系统设计-高等学校-教材 IV. TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 091877 号

嵌入式系统基础实验教程

杨风年 主编

责任编辑:余 涛

封面设计:潘 群

责任校对:周 娟

责任监印:熊庆玉

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:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:湖北新华印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:19.75

字 数:473 千字

版 次:2010 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:29.80 元



华中出版

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

高等院校计算机系列教材

编 委 会

主 任:刘 宏

副主任:全惠云

编 委:(以姓氏笔画为序)

王志刚	王 毅	乐小波	刘先锋	刘连浩
刘 琳	羊四清	阳西述	许又全	陈书开
陈倩诒	邱建雄	杨凤年	李勇帆	李 浪
张 文	张小梅	何昭青	何迎生	周 昱
罗新密	胡玉平	郭广军	徐雨明	徐长梅
高金华	黄同成	符开耀	龚德良	谭敏生
谭 阳	熊 江	戴经国	瞿绍军	

前 言

以嵌入式计算机为技术核心的嵌入式系统是继计算机网络技术之后,IT 领域又一个新的技术发展方向。由于嵌入式系统具有体积小、功能强、功耗低、可靠性高及面向行业具体应用等特征,目前已经广泛地应用于国防、消费电子、信息家电、网络通信、工业控制等各个领域。嵌入式的应用可以说无所不在。因此,目前社会对嵌入式技术人才的需求日益旺盛,嵌入式系统研发工程师已经成为 IT 界最火爆、最热门的金领职业之一。

嵌入式系统属于一个交叉学科,同时又是一门实践性很强的课程,它涵盖了微电子技术、电子信息技术、计算机软件和硬件等多项技术领域的应用,是近几年新兴的学科,国内外高校在嵌入式方面的教学已经全面展开。然而,对于高校来说,虽然开设了嵌入式课程、建立了嵌入式系统实验室,但是要达到理想的教学效果,实现“培养出动手能力强的学生、培养出符合职场用人需求的人才”这一教学目标,依然是学校面临的严峻挑战。

本书作为初学者的实验教程,使用深圳市英蓓特信息技术有限公司生产的 Embest EDUKIT-III 实验箱作为实验平台,以初学者的视角,对 S3C2410 微处理器,抛开任何操作系统,进行“直接编程控制”,力求由浅入深安排实验内容,从汇编语言编程实验起步,然后依次学习 C 语言编程、汇编语言与 C 语言联合编程、基本接口编程、人机接口编程、通信接口编程、高级应用编程,并在每个实验中都有相关的实验原理、电路原理图、关键代码及实验的详细步骤,可读性和可操作性很强。从而使读者对 S3C2410 微处理器及其接口有完整、清晰和直接的认知,为将来的 Bootloader 设计、设备驱动程序设计打下良好的基础。

本书的主要内容如下。

第 1 章——介绍嵌入式系统概念及应用、S3C2410X 体系结构,以及如何学习基于 ARM 嵌入式系统开发。

第 2、3 章——介绍 Embest ARM 实验教学系统的安装方法、硬件电路原理图、资源分配等,以及 Embest IDE 集成开发环境使用说明。

第 4 章——介绍 ARM 开发环境实验、ARM 汇编指令实验、Thumb 汇编指令实验、ARM 处理器工作模式实验、C 语言程序实验、汇编与 C 语言的相互调用等。

第 5 章——介绍存储器实验、I/O 口实验、中断实验、串口通信实验、实时时钟实验、看门狗实验。

第 6 章——介绍数码管显示实验、5×4 键盘控制实验、液晶显示实验、触摸屏控制实验。

第 7 章——介绍 IIC 串行通信实验、以太网通信实验、USB 接口通信实验、IIS 接口

通信实验。

第8章——介绍 A/D 转换实验、PWM 步进电机控制实验、GPRS 模块控制实验。

本书适合的读者：嵌入式系统开发初学者；高等学校嵌入式系统课程相关的师生；嵌入式系统工程师。

本书由杨风年主编，参加本书编写的还有胡小龙、刘华富、高金华、何文德，他们都具有多年的嵌入式系统教学和开发经验。同时，本书的出版还得到陈杰伟、周波两位工程师的大力协助。在本书编写过程中，何枫同学做了大量卓有成效的辅助工作。

鉴于作者水平有限，加上时间仓促，本书的缺点和错误在所难免，恳请读者谅解和指正。

杨风年

2010年2月于湖南长沙

目 录

第 1 章 嵌入式系统基础	(1)
1.1 嵌入式系统简介	(1)
1.2 S3C2410X 体系结构	(3)
1.3 如何学习基于 ARM 嵌入式系统开发	(7)
第 2 章 基于 ARM 的嵌入式系统开发环境	(8)
2.1 Embest ARM 实验教学系统	(8)
2.1.1 Embest IDE 集成开发环境	(8)
2.1.2 Embest JTAG 仿真器	(10)
2.1.3 Flash 编程器	(11)
2.1.4 Embest EduKit-III 开发板	(12)
2.1.5 各种连接线与电源适配器	(13)
2.2 教学系统安装	(13)
2.3 教学系统的硬件电路	(16)
2.3.1 概述	(16)
2.3.2 功能特点	(17)
2.3.3 原理说明	(18)
2.4 硬件结构	(34)
2.4.1 元件布局图	(34)
2.4.2 跳线说明	(34)
2.4.3 连接器说明	(35)
2.5 硬件资源分配	(37)
2.5.1 外围器件地址分配	(37)
2.5.2 中断分配	(37)
2.5.3 I/O 口分配	(38)
第 3 章 集成开发环境使用说明	(42)
3.1 Embest IDE 主框架窗口	(42)
3.2 工程管理	(43)
3.3 工程基本配置	(46)
3.4 工程的编译链接	(61)
3.5 加载调试	(62)
3.6 Flash 编程工具	(69)
第 4 章 嵌入式软件开发基础实验	(71)
4.1 ARM 开发环境实验	(71)
4.1.1 实验目的	(71)
4.1.2 实验设备	(71)
4.1.3 实验内容	(71)

4.1.4	实验原理	(71)
4.1.5	实验操作步骤	(73)
4.1.6	实验参考程序	(76)
4.1.7	练习题	(78)
4.2	ARM 汇编指令实验	(78)
4.2.1	实验目的	(78)
4.2.2	实验设备	(78)
4.2.3	实验内容	(78)
4.2.4	实验原理	(79)
4.2.5	实验操作步骤	(80)
4.2.6	实验参考程序	(81)
4.2.7	练习题	(83)
4.3	Thumb 汇编指令实验	(84)
4.3.1	实验目的	(84)
4.3.2	实验设备	(84)
4.3.3	实验内容	(84)
4.3.4	实验原理	(84)
4.3.5	实验操作步骤	(85)
4.3.6	实验参考程序	(86)
4.3.7	练习题	(88)
4.4	ARM 处理器工作模式实验	(89)
4.4.1	实验目的	(89)
4.4.2	实验设备	(89)
4.4.3	实验内容	(89)
4.4.4	实验原理	(89)
4.4.5	实验操作步骤	(90)
4.4.6	实验参考程序	(92)
4.4.7	练习题	(93)
4.5	C 语言程序实验一	(93)
4.5.1	实验目的	(93)
4.5.2	实验设备	(93)
4.5.3	实验内容	(94)
4.5.4	实验原理	(94)
4.5.5	实验操作步骤	(96)
4.5.6	实验参考程序	(96)
4.5.7	练习题	(97)
4.6	C 语言程序实验二	(97)
4.6.1	实验目的	(97)
4.6.2	实验设备	(98)
4.6.3	实验内容	(98)
4.6.4	实验原理	(98)
4.6.5	实验操作步骤	(100)

4.6.6 实验参考程序	(102)
4.6.7 练习题	(105)
4.7 汇编与 C 语言的相互调用	(105)
4.7.1 实验目的	(105)
4.7.2 实验设备	(106)
4.7.3 实验内容	(106)
4.7.4 实验原理	(106)
4.7.5 实验操作步骤	(107)
4.7.6 实验参考程序	(108)
4.7.7 练习题	(111)
4.8 综合实验	(112)
4.8.1 实验目的	(112)
4.8.2 实验设备	(112)
4.8.3 实验内容	(112)
4.8.4 实验原理	(112)
4.8.5 实验操作步骤	(113)
4.8.6 实验参考程序	(116)
4.8.7 练习题	(121)
第 5 章 基本接口实验	(122)
5.1 存储器实验	(122)
5.1.1 实验目的	(122)
5.1.2 实验设备	(122)
5.1.3 实验内容	(122)
5.1.4 实验原理	(122)
5.1.5 实验操作步骤	(133)
5.1.6 实验参考程序	(134)
5.1.7 练习题	(136)
5.2 I/O 接口实验	(136)
5.2.1 实验目的	(136)
5.2.2 实验设备	(136)
5.2.3 实验内容	(136)
5.2.4 实验原理	(136)
5.2.5 实验操作步骤	(144)
5.2.6 实验参考程序	(145)
5.2.7 练习题	(146)
5.3 中断实验	(146)
5.3.1 实验目的	(146)
5.3.2 实验设备	(147)
5.3.3 实验内容	(147)
5.3.4 实验原理	(147)
5.3.5 实验操作步骤	(152)
5.3.6 实验参考程序	(154)

5.3.7	练习题	(157)
5.4	串口通信实验	(157)
5.4.1	实验目的	(157)
5.4.2	实验设备	(157)
5.4.3	实验内容	(157)
5.4.4	实验原理	(157)
5.4.5	实验操作步骤	(163)
5.4.6	实验参考程序	(164)
5.4.7	练习题	(166)
5.5	实时时钟实验	(166)
5.5.1	实验目的	(166)
5.5.2	实验设备	(166)
5.5.3	实验内容	(166)
5.5.4	实验原理	(166)
5.5.5	实验设计	(168)
5.5.6	实验操作步骤	(170)
5.5.7	实验参考程序	(171)
5.5.8	练习题	(173)
5.6	看门狗实验	(173)
5.6.1	实验目的	(173)
5.6.2	实验设备	(173)
5.6.3	实验内容	(174)
5.6.4	实验原理	(174)
5.6.5	实验设计	(176)
5.6.6	实验操作步骤	(177)
5.6.7	实验参考程序	(178)
5.6.8	练习题	(179)
第6章	人机接口实验	(180)
6.1	数码管显示实验	(180)
6.1.1	实验目的	(180)
6.1.2	实验设备	(180)
6.1.3	实验内容	(180)
6.1.4	实验原理	(180)
6.1.5	实验操作步骤	(182)
6.1.6	实验参考程序	(183)
6.1.7	练习题	(186)
6.2	5×4 键盘控制实验	(186)
6.2.1	实验目的	(186)
6.2.2	实验设备	(186)
6.2.3	实验内容	(186)
6.2.4	实验原理	(186)
6.2.5	实验设计	(188)

6.2.6 实验操作步骤	(188)
6.2.7 实验参考程序	(189)
6.2.8 练习题	(191)
6.3 液晶显示实验	(191)
6.3.1 实验目的	(191)
6.3.2 实验设备	(191)
6.3.3 实验内容	(191)
6.3.4 实验原理	(191)
6.3.5 实验设计	(202)
6.3.6 实验操作步骤	(204)
6.3.7 实验参考程序	(205)
6.3.8 练习题	(211)
6.4 触摸屏控制实验	(211)
6.4.1 实验目的	(211)
6.4.2 实验设备	(211)
6.4.3 实验内容	(211)
6.4.4 实验原理	(211)
6.4.5 实验设计	(219)
6.4.6 实验操作步骤	(219)
6.4.7 实验参考程序	(220)
6.4.8 练习题	(222)
第7章 通信接口实验	(223)
7.1 IIC 串行通信实验	(223)
7.1.1 实验目的	(223)
7.1.2 实验设备	(223)
7.1.3 实验内容	(223)
7.1.4 实验原理	(223)
7.1.5 实验设计	(229)
7.1.6 实验操作步骤	(231)
7.1.7 实验参考程序	(231)
7.1.8 练习题	(235)
7.2 以太网通信实验	(235)
7.2.1 实验目的	(235)
7.2.2 实验设备	(235)
7.2.3 实验内容	(235)
7.2.4 实验原理	(235)
7.2.5 实验操作步骤	(245)
7.2.6 实验参考程序	(247)
7.2.7 练习题	(250)
7.3 USB 接口通信实验	(250)
7.3.1 实验目的	(250)
7.3.2 实验设备	(251)

7.3.3	实验内容	(251)
7.3.4	实验原理	(251)
7.3.5	实验操作步骤	(255)
7.3.6	实验参考程序	(257)
7.3.7	练习题	(266)
7.4	IIS 接口通信实验	(266)
7.4.1	实验目的	(266)
7.4.2	实验设备	(267)
7.4.3	实验内容	(267)
7.4.4	实验原理	(267)
7.4.5	实验操作步骤	(270)
7.4.6	实验参考程序	(271)
7.4.7	练习题	(274)
第 8 章	应用实验	(275)
8.1	A/D 转换实验	(275)
8.1.1	实验目的	(275)
8.1.2	实验设备	(275)
8.1.3	实验内容	(275)
8.1.4	实验原理	(275)
8.1.5	实验设计	(278)
8.1.6	实验操作步骤	(278)
8.1.7	实验参考程序	(279)
8.1.8	练习题	(281)
8.2	PWM 步进电机控制实验	(281)
8.2.1	实验目的	(281)
8.2.2	实验设备	(281)
8.2.3	实验内容	(281)
8.2.4	实验原理	(281)
8.2.5	实验操作步骤	(290)
8.2.6	实验参考程序	(291)
8.2.7	练习题	(294)
8.3	GPRS 模块控制实验	(295)
8.3.1	实验目的	(295)
8.3.2	实验设备	(295)
8.3.3	实验内容	(295)
8.3.4	实验原理	(295)
8.3.5	实验操作步骤	(298)
8.3.6	实验参考程序	(299)
8.3.7	练习题	(303)
	参考文献	(304)

第 1 章 嵌入式系统基础

1.1 嵌入式系统简介

嵌入式系统是以计算机技术为基础,以应用为中心,软硬件可增减,适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗等严格要求的专用计算机系统。嵌入式系统是继网络之后在信息技术领域又一个应用发展方向,并以其体积小、性能强、功耗低、可靠性高及面向行业具体应用等特征,目前已被广泛地应用于国防、航空航天、工业控制、汽车电子、网络通信、消费电子、信息家电等各个领域。

嵌入式系统是一门综合性、实用性很强的课程,一个完整的嵌入式应用系统所涉及的技术几乎涵盖了信息技术类大多数课程,包括计算机软硬件设计技术、计算机体系结构、计算机操作系统、计算机网络、计算机通信和计算机控制等。

嵌入式系统开发的基本元素包括嵌入式系统硬件、嵌入式系统软件及嵌入式开发工具。嵌入式系统硬件组成的核心部件是各种类型的嵌入式处理器/DSP。随着嵌入式系统不断深入到人们生活中的各个领域,嵌入式处理器也得到前所未有的飞速发展。据不完全统计,全世界嵌入式处理器/DSP的品种总量已经超过 1 500 种,流行体系结构也有近百个系列,现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器/DSP,越来越多的公司有自己的处理器/DSP 设计部门。

在早期实际的嵌入式应用中,芯片选择时往往以某一种微处理器内核为核心,在芯片内部集成必要的 ROM/EPROM/Flash/EEPROM、SRAM、接口总线及总线控制逻辑、定时/计数器、WatchDog、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A 等各种必要的功能和外设。为了适应不同的应用需求,一般一个系列具有多种衍生产品,每种衍生产品的处理器内核几乎都是一样的,不同之处在于存储器的种类、容量和外设接口模块的配置及芯片封装。这样可以最大限度地与实际的应用需求相匹配,满足实际产品的开发需求,使得芯片功能不多不少,从而降低功耗、减少成本。随着嵌入式系统应用日益普及,嵌入式系统的复杂度提高,控制算法也更加冗繁,尤其是嵌入式 Internet 的广泛应用、嵌入式操作系统的引入、触摸屏等复杂人机接口的广泛使用、芯片设计及加工工艺的提高,以 32 位处理器为核的 SOC 和 SOPC 系统的大量使用,极大地推动了嵌入式 IT 技术的发展。计算机应用的普及、互联网技术的使用及纳米微电子技术的突破,也正有力地推动着未来的工业生产、商务活动、科学实验和家庭生活等领域的自动化和信息化进程。

目前,市面上已有几千种嵌入式芯片可供选择,典型的嵌入式 CPU 体系结构包括低功耗 X86、PowerPC、MIPS 和 ARM 等。X86 系列嵌入式系统由于其功耗原因主要应用于移动网络,如上网本应用,以及作为视频处理 SOC 芯片的 CPU 等;PowerPC 以其高性能和高可靠性主要应用于高性能网络设备、高可靠军事等应用领域;以龙芯 CPU 作为代

表的 MIPS 体系结构在国内主要应用于国家安全领域;ARM 系列处理器核是英国先进 RISC 机器公司(Advanced RISC Machines, ARM)的产品。ARM 公司自成立以来,一直以 IP(Intelligence Property)提供者的身份向各大半导体制造商出售知识产权,而自己从不介入芯片的生产销售,它提供一些高性能、低功耗、低成本和高可靠性的 RISC 处理器核、外围部件和系统级芯片的应用解决设计方案。由于面向应用的需要,许多产品设计人员还可根据自己产品特点设计自己的嵌入式芯片。通常设计人员首先获得嵌入式微处理器核的授权,然后增加他们应用产品所需的专门特点的接口模块。例如,针对数码相机处理器有可能加一个电荷耦合芯片;对网络应用产品处理则可能加一个以太网接口。随着嵌入式微处理器核应用越来越多,选用不同的核会使电路的性能差别很大。

ARM 处理器核具有低功耗、低成本等卓越性能和显著优点,越来越多的芯片厂商早已看好 ARM 的前景。ARM 处理器核得到了众多半导体厂家和整机厂商的大力支持,在 32 位嵌入式应用领域获得了巨大的成功,如 Intel、Motorola、IBM、NS、Atmel、Philips、NEC、OKI、SONY 等世界上几乎所有的半导体公司获得 ARM 授权,开发具有自己特色的基于 ARM 的嵌入式系统芯片。目前流行的 ARM 处理器核有 ARM7TDMI、ARM720T、ARM9TDMI、ARM920T、ARM940T、ARM946T、ARM966T、XScale 等。ARM 公司最近在美国加利福尼亚州圣荷西市召开的嵌入式处理器论坛上公布了四个新的 ARM11 系列微处理器内核(ARM1156T2-S 内核、ARM1156T2F-S 内核、ARM1176JZ-S 内核和 ARM11JZF-S 内核),应用 ARM1176JZ-S 和 ARM11JZF-S 内核系列的 PrimeXsys 平台、相关的 CoreSight 技术。ARM 公司具有完整的产业链,ARM 的全球合作伙伴主要为半导体和系统伙伴、操作系统伙伴、开发工具伙伴、应用伙伴、ARM 技术共享计划(ATAP),ARM 的紧密合作伙伴已发展为 100 多家半导体和系统合作伙伴、50 多家操作系统合作伙伴、35 家技术共享合作伙伴。有调查表明,ARM 占据了整个 32、64 位嵌入式微处理器市场的 75%以上,全世界已使用了 20 多亿个 ARM 核。ARM 已经成为业界的龙头老大,“每个人口袋中装着 ARM”,是毫不夸张的。因为几乎所有的手機、移动设备、PDA 几乎都是用具有 ARM 核的系统芯片开发的。

嵌入式系统区别于单片机应用系统的重要特征之一是嵌入式系统通常运行嵌入式操作系统,这是由于嵌入式系统往往很复杂,需要操作系统对嵌入式软硬件资源进行更为有效的管理并加快嵌入式应用系统的上市时间。目前比较典型的嵌入式操作系统包括:用于手持移动应用的 Windows CE/ Windows Mobile、Palm OS、Symbian、Android、iPhone OS、RIM 黑莓 OS 等;有低成本、开放源代码的 Linux/uCLinux、uC/OS;有传统的高可靠嵌入式实时操作系统 VxWorks、pSOS、Nucleus、QNX 等。

S3C2410X 为 SAMSUNG 公司推出的一款基于 ARM 公司的 ARM920T 处理器核的 16/32 位 RISC 处理器,为手持设备和一般应用提供了低成本、低功耗、高性能解决方案。为了降低系统成本,S3C2410X 提供了丰富的内部设备:独立的 16 KB 指令 Cache 和 16 KB 数据 Cache,支持虚拟存储器管理的 MMU,支持 STN 和 TFT 的 LCD 控制器,支持 NAND Flash 系统引导,具有片选逻辑和 SDRAM 控制器的系统管理单元,3 路 UART、4 路 DMA、4 路带 PWM 的 Timer、I/O 口、RTC、8 路 10 位 ADC、Touch Screen 接口、IIC-BUS 接口、IIS-BUS 接口、2 个 USB 主机、1 个 USB 设备、SD 主机和 MMC 接口、2 路 SPI。S3C2410X 处理器最高可运行在 203 MHz。

1.2 S3C2410X 体系结构

S3C2410X 处理器是 SAMSUNG 公司基于 ARM 公司的 ARM920T 处理器核,采用 0.18 μm 制造工艺的 32 位微控制器,以其低功耗、简洁及全静态设计尤其适合于成本及功耗敏感的嵌入式应用。采用 ARM 新设计的 AMBA(Advanced Microcontroller Bus Architecture)总线体系结构。

通过集成常用的系统外部设备,采用 S3C2410X 的嵌入式系统极大简化系统设计和整体成本,S3C2410X 芯片集成了大量的功能单元,主要特征如下。

1. 体系结构

用于手持和一般嵌入式应用的集成系统 16/32-Bit RISC 体系结构,ARM920T CPU 内核增强的 ARM 体系 MMU,可支持 WinCE、EPOC 32 和 Linux 操作系统指令 Cache 和数据 Cache,写缓冲器和物理地址 TAG RAM 减少主存带宽和延迟对性能的影响,ARM920T CPU 核支持 ARM 调试体系结构内部高级微处理器总线体系(AMBA)(AMBA2.0,AHB/APB)。

2. 系统管理

大/小端支持

地址空间:每个 BANK 128 MB,总共 1 GB

每个 BANK 的数据总线 8/16/32-bit 可编程

BANK0~BANK6 具有固定的起始地址

BANK7 起始地址和大小可编程

8 个存储器 BANK:

6 个 ROM、SRAM 及其他

2 个存储器 BANK 可用于 ROM、SRAM 和同步 DRAM

对所有的存储器 BANK 的存储周期可编程

外部等待以扩展总线周期

SDRAM 自刷新模式

多种类型的 ROM 启动(NOR/NAND Flash、EEPROM 等)

3. NAND Flash 启动加载

支持从 NAND Flash 存储器引导

4 K 内部引导 buffer

NAND Flash 引导后可用于存储

4. CaChe 存储器

独立的 16 K 指令 Cache 和数据 Cache,64 路全相关模式

每行 8 字长度,每行带有一个有效位和两个 dirty 位

伪随机或轮转替换算法

支持写透和写回模式

写 buffer 可以保存 16 个字的数据和 4 个地址

5. 时钟和电源管理

片上支持 MPLL 和 UPLL

UPLL 产生 USB Host/Device 操作时钟

MPLL 产生 MCU 工作时钟,最高可达 266 MHz

通过软件可以有选择性地为每个功能模块提供时钟

功耗模式:正常、慢、空闲、掉电模式

正常模式:正常工作模式

慢模式:没有使用 PLL 的低时钟频率模式

空闲模式:CPU 时钟停止

掉电模式:关闭 Core 和所有外部设备电源

掉电模式可以通过 EINT[15:0]或 RTC 时钟中断唤醒

6. 中断控制器

支持 55 个中断源(1 个看门狗定时器、5 个通用定时器、9 个 UART、24 个外部中断、4 个 DMA、2 个 RTC、2 个 ADC、1 个 IIC、2 个 SPI、1 个 SDI、2 个 USB、1 个 LCD 和 1 个电源故障)。

外部中断源支持电平触发模式和沿触发模式

可以对外部中断的电平触发和沿触发方式进行编程控制

对紧急中断请求支持快速中断

7. 具有脉宽调制功能(PWM)的定时器

4 通道具有 PWM 功能的 16 bit 定时器/1 通道 16 bit 基于 DMA 或中断的内部定时器

可以对周期、频率和极性进行编程

能产生死区

支持外部时钟源

8. RTC(实时钟)

全时钟特征:秒、分、时、星期、日、月、年

32.768 kHz 操作

具有报警中断

具有时钟节拍中断

9. 通用输入/输出端口

24 个外部中断口

输入/输出端口可多路复用

10. UART

3 通道 UART,具有 DMA 或中断操作功能

支持 5 bit、6 bit、7 bit、8 bit 串行数据收发(Tx/Rx)

支持外部时钟(UCLK)

可编程波特率

支持 IrDA 1.0

支持回返测试模式

每通道具有内部 16 字节 Tx FIFO 和 16 字节 Rx FIFO

11. DMA 控制器

4 通道 DMA 控制器

支持存储器到存储器、I/O 到存储器、存储器到 I/O 和 I/O 到 I/O 的 DMA 传输

支持突发传输模式以提高传送速度

12. A/D 转换器和触摸屏接口

8 通道多路复用 ADC

最高 500 Ksps 和 10 bit 分辨率

13. LCD 控制器 STN LCD 显示特性

支持 3 种类型的 STN LCD 屏:4 bit 双扫描、4 bit 单扫描和 8 bit 单扫描显示类型

支持单色、4 bit 灰度、16 bit 灰度、256 色和 4 096 色显示

支持多种屏幕分辨率

典型物理屏分辨率:640×480、320×240、160×160 等

最大虚拟屏显存 4 MB

最大虚拟屏分辨率(256 色):4 096×4 096、2 048×2 048、1 024×4 096 等

14. TFT 彩色显示特性

支持 1、2、4 和 8 bpp(每像素 bit)调色板彩色显示

支持 16 bpp 非调色板真彩显示

最大支持 24 bpp 16 M 彩色显示

支持多种屏幕尺寸

典型物理屏分辨率:640×480、320×240、160×160 等

最大虚拟屏缓存 4 MB

最大虚拟屏分辨率(64 K 彩色):2 048×1 024 等

15. 看门狗定时器

16 bit 看门狗定时器

看门狗到时中断请求或系统复位

16. IIC 总线接口

1 通道多主 IIC 总线

可进行串行、8 位、双向数据传输,标准模式下数据传输速度为 100 Kbit/s,快速模式下可达到 400 Kbit/s

17. IIS 总线接口

1 通道音频 IIS 总线接口,支持 DMA 操作

每通道为串行 8 bit 或 16 bit 数据传输

128 B 收发 FIFO(收发各 64 字节)

支持 IIS 和调整的 MSB 数据格式

18. USB Host

2 个 USB Host 端口

遵从 OHCI Rev. 1.0 标准

兼容 USB 规范版本 1.1

19. USB 设备

1 个 USB 设备端口

支持 5 个 Endpoints

兼容 USB 规范版本 1.1

20. SD 主接口

兼容 SD 存储卡协议版本 1.0