



高等院校应用型本科
智能制造领域「十三五」
规划教材



嵌入式系统原理与实践

——基于Cortex-M3 (STM32) (上册)

QIANRUSHI XITONG YUANLI YU SHIJIAN
JIYU Cortex-M3 (STM32) (SHANGCE)

周银祥 主编

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



——高等院校应用型本科智能制造领域“十三五”规划教材

嵌入式系统原理与实践 ——基于 Cortex-M3(STM32) (上册)

周银祥 主编

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 简 介

ARM 微处理器已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统等市场,而本书介绍的 Cortex-M3 处理器是 ARM 公司推出的首款基于 ARMv7-M 架构的处理器,十分具有代表性。本书结构合理,内容系统全面,从嵌入式系统概述、ARM Cortex-M3 微处理器、ARM Cortex-M3 开发工具和环境、STM32 基础入门等方面介绍了嵌入式系统的原理与具体应用,可作为高等院校计算机专业、电类专业、自动化以及机电一体化专业本科生的教材和参考书,也可供希望了解和掌握嵌入式系统的技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

嵌入式系统原理与实践:基于 Cortex-M3(STM32).上册/周银祥主编. —武汉:华中科技大学出版社, 2018.8

高等院校应用型本科智能制造领域“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5680-4451-6

I. ①嵌… II. ①周… III. ①微型计算机-系统设计-高等学校-教材 IV. ①TP360.21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 193309 号

嵌入式系统原理与实践——基于 Cortex-M3(STM32)(上册)

周银祥 主编

Qianrushixitong Yuanli yu Shijian——Jiyu Cortex-M3(STM32)(Shangce)

策划编辑:余伯仲

责任编辑:刘 飞

封面设计:原色设计

责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

电话:(027)81321913

武汉市东湖新技术开发区华工科技园

邮编:430223

录 排:武汉市洪山区佳年华文印部

印 刷:武汉华工鑫宏印务有限公司

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:11

字 数:275 千字

版 次:2018 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

定 价:34.80 元



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

前 言

采用 ARM 技术知识产权(IP)的微处理器,即我们通常所说的 ARM 微处理器,已遍及工业控制、消费类电子产品、通信系统、网络系统、无线系统等各类市场,基于 ARM 技术的微处理器应用占据了 32 位 RISC 微处理器 90% 以上的市场份额,ARM 技术正在逐步渗入我们生活的各个方面。ARM 已成为嵌入式的代名词,学习嵌入式就是学习 ARM。

ARM Cortex 系列提供了一个标准的体系结构来满足以上各种技术的不同性能要求,其包含的处理器是基于 ARMv7 架构的三个分工明确的部分。A 部分面向复杂的尖端应用程序,用于运行开放式的复杂操作系统;R 部分针对实时系统;M 部分为成本控制和微控制器的应用提供优化。

面对丰富多彩的嵌入式世界,我们该如何选择学习的内容与形式呢?

ARM 公司 1985 年开发出全球第一款商业 RISC 处理器,ARM7 于 1993 年推出,之后还有 ARM9、ARM11,得到大量运用。2004 年开始推出更新的 ARM Cortex-M3、A8、A9、A15,取代 ARM7、ARM9、ARM11,广泛运用在嵌入式领域中。

Cortex-M3 是首款基于 ARMv7-M 架构的处理器,是行业领先的 32 位处理器,适用于具有高确定性的实时应用,是专门为了在微控制器、汽车车身系统、工业控制系统和无线网络等对功耗和成本敏感的嵌入式应用领域实现高系统性能而设计的,它大大简化了编程的复杂性,使 ARM 架构成为各种应用方案(即使是最简单的方案)的上佳选择。

因此我们可以先开始学习 ARM Cortex-M3,它取代 8 位/16 位单片机和 ARM7 已经成为必然;接下来还可以进一步选择学习 ARM9 或者 ARM Cortex-A8。

为了更好地进行嵌入式教学,我们应该积极动手实践,可以自己设计制作一块基于 ARM Cortex-M3 的 STM32 实验/开发板。笔者于 2010 年 3 月设计了基于 STM32F103VBT6 的 AS-05 型“STM32-SS 实验板”,2013 年 9 月又设计了基于 STM32F103VET6 的 AS-07 型“STM32+ARDUINO 实验板”,用于自己的学习与教学中。如果有需要本教材中的实验/开发板和程序,请与作者联系。

笔者 2011 年 9 月编写了本书初稿,经过 7 年的教学实践,逐步修改完善。

周银祥 副教授/高工

2018 年 6 月 6 日

目 录

第 1 章 嵌入式系统概述	(1)
1.1 嵌入式系统的定义	(3)
1.1.1 嵌入式系统的定义	(3)
1.1.2 嵌入式系统的结构与组成	(4)
1.1.3 嵌入式系统的发展与趋势	(5)
1.2 ARM 公司与 ARM 处理器	(6)
1.2.1 英国 ARM 公司	(6)
1.2.2 ARM 微处理器	(7)
1.2.3 ARM 典型微处理器简介	(10)
1.3 思考与练习	(13)
1.4 课外阅读	(13)
第 2 章 ARM Cortex-M3 微处理器	(14)
2.1 ARM Cortex-M3 概述	(14)
2.1.1 ARM 的 Cortex-M3 核心内嵌闪存和 SRAM	(16)
2.1.2 内置闪存存储器	(18)
2.1.3 CRC(循环冗余校验)计算单元	(18)
2.1.4 内置 SRAM	(19)
2.1.5 FSMC(可配置的静态存储器控制器)	(19)
2.1.6 LCD 并行接口	(19)
2.1.7 嵌套的向量式中断控制器(NVIC)	(19)
2.1.8 外部中断/事件控制器(EXTI)	(19)
2.1.9 时钟和启动	(20)
2.1.10 自举模式	(21)
2.1.11 供电方案	(21)
2.1.12 供电监控器	(21)
2.1.13 电压调压器	(21)
2.1.14 低功耗模式	(22)
2.1.15 DMA	(22)
2.1.16 RTC(实时时钟)和后备寄存器	(22)
2.1.17 定时器和看门狗	(23)
2.1.18 I2C 总线	(24)
2.1.19 通用同步/异步收发器(USART)	(24)
2.1.20 串行外设接口(SPI)	(25)

2.1.21	I2S(芯片互联音频)接口	(25)
2.1.22	SDIO	(25)
2.1.23	控制器区域网络(CAN)	(25)
2.1.24	通用串行总线(USB)	(25)
2.1.25	通用输入/输出接口(GPIO)	(26)
2.1.26	ADC(模拟/数字信号转换器)	(26)
2.1.27	DAC(数字/模拟信号转换器)	(26)
2.1.28	温度传感器	(26)
2.1.29	串行单线 JTAG 调试口(SWJ-DP)	(26)
2.1.30	内嵌跟踪模块(ETM)	(27)
2.2	STM32F103xx 引脚定义	(27)
2.2.1	引脚分布图	(27)
2.2.2	STM32F103xx 引脚定义	(27)
2.3	存储器映像	(29)
2.4	I/O 端口静态特性	(31)
2.5	订货代码	(32)
2.6	思考与练习	(33)
第3章	ARM Cortex-M3 开发工具和环境	(34)
3.1	软件开发环境	(34)
3.1.1	RealView MDK 的安装	(34)
3.1.2	STM32 下载编程软件 Flash Loader 的安装	(36)
3.1.3	STM32 硬件仿真器驱动程序的安装	(36)
3.1.4	USB 转串口驱动的安装	(37)
3.1.5	蓝牙硬件和软件的安装	(43)
3.2	STM32 实验板	(44)
3.2.1	STM32 最小系统板	(44)
3.2.2	Nucleo 实验板	(44)
3.2.3	AS-07 型 STM32 实验板	(46)
3.2.4	ST 官方 STM3210E-EVAL 评估板	(52)
3.3	ST 的库函数	(53)
3.3.1	ST 的库函数的版本	(53)
3.3.2	ST 的 V2.0.1 库函数	(53)
3.3.3	ST 的 V2.0.1 库函数的工程模板和范例程序	(54)
3.3.4	ST 的 V2.0.3 库函数	(60)
3.3.5	ST 的 V2.0.3 库函数的工程模板和范例程序	(60)
3.3.6	ST 的 V3.0.0 库函数	(60)
3.3.7	ST 的 V3.0.0 库函数的工程模板和范例程序	(61)
3.3.8	ST 的 V3.5.0 库函数	(62)

3.3.9	ST 的 V3.5.0 库函数的工程模板和范例程序	(62)
3.4	思考与练习	(63)
第 4 章	STM32 基础入门	(64)
4.1	GPIO 的结构及编程应用	(64)
4.1.1	GPIO 概述	(64)
4.1.2	GPIO 寄存器	(65)
4.1.3	GPIO 库函数	(69)
4.1.4	复用功能 I/O(AFIO)和调试配置	(71)
4.1.5	AFIO 寄存器	(72)
4.1.6	GPIO 编程应用	(73)
4.2	STM32 的实验过程	(86)
4.2.1	新建工程	(86)
4.2.2	编写源程序并添加到该工程中	(93)
4.2.3	编译、链接、调试源程序	(98)
4.2.4	仿真、调试程序,下载并运行验证程序	(104)
4.2.5	使用 ST 库函数范例和工程模板编程应用	(117)
4.3	STM32 的复位与时钟	(117)
4.3.1	STM32 的复位	(117)
4.3.2	STM32 的时钟	(117)
4.3.3	RCC 寄存器	(119)
4.3.4	RCC 库函数	(124)
4.3.5	RCC 编程应用	(126)
4.4	STM32 的中断和事件	(137)
4.4.1	嵌套向量中断控制器	(137)
4.4.2	外部中断/事件控制器(EXTI)	(140)
4.4.3	NVIC 和 EXTI 库函数	(140)
4.4.4	中断编程应用	(145)
4.5	STM32 的串口通信 USART	(158)
4.5.1	USART 概述	(159)
4.5.2	USART 寄存器	(160)
4.5.3	USART 库函数	(161)
4.5.4	USART 编程应用	(162)
4.6	思考与练习	(166)

第1章 嵌入式系统概述

本章首先向读者展示了典型的嵌入式产品,并且特别说明使用了什么处理器,然后给出了嵌入式的定义、组成和发展。

由于 ARM 处理器是目前主流的嵌入式处理器,因此本章也介绍了 ARM 公司及其 ARM 处理器,读者应该了解过去的主要产品 ARM7、ARM9、ARM11;更应该知道目前主要使用的 ARM Cortex 系列产品。

1946 年,世界上诞生了第一台电子数字计算机 ENIAC,但是由于体积庞大、价格昂贵,只能在机房由极少数科技人员使用。直到 1971 年出现了微处理器 Intel 4004,计算机才可能小型化和降低制造成本。1981 年,IBM 使用微处理器 Intel 8088 制造出第一台个人计算机 IBM PC(personal computer,个人计算机),以其小型、廉价、可靠性高等特点,使得计算机的使用范围迅速扩大。

PC 由于体积小,也称为微机。将 PC 嵌入到系统中,实现智能化控制,称作嵌入式计算机系统。因此,计算机逐步形成两个分支:通用计算机,嵌入式专用计算机。通用计算机性能高,运算速度快,功能强大;嵌入式专用计算机,只要合适于系统控制的要求就可以了。

让我们先来看几种嵌入式产品。

(1) 智能手机。

苹果 iPhone 5s(见图 1-1)。核心是基于 ARM v8 架构的 64 位的 A7 处理器,还有基于 ARM Cortex M3 高性能微控制器的 M7 协处理器 NXP LPC18A1 芯片。

(2) LED 显示屏控制卡和车辆识别系统。

现在大街小巷的店铺、车站、医院等都安装了 LED 显示屏,关键设备是控制卡(见图 1-2(a)),其微控制器使用的是 STM32F105。图 1-2(b)所示为作者设计的车辆识别系统,控制器是 STM32F103VET6,并使用了 LED 同步显示。

(3) 智能玩具。

四旋翼遥控飞行器,可以遥控它在地面跑、爬墙、空中飞行(见图 1-3),微控制器使用的是 STM8S005K6 和三轴陀螺仪 ITG3050。

乐高 NXT Mindstorms 2.0(8547),可编程智能旗舰玩具(见图 1-4),使用了 32 位 ARM7 微处理器 AT91SAM7S256 和 8 位 AVR 协处理器 ATmega48。

(4) 汽车电子器件。

汽车电子器件包含众多的各类微控制器、传感器等,运用 CAN 总线,实现了 ABS(anti-locked braking system,防抱死刹车系统)、ESP(electronic stability program,车身电子稳定系统)等(见图 1-5)。目前汽车电子技术的热点是车联网、无人驾驶等。

(5) 潜艇监控台。

军工产品也是嵌入式应用的重要领域,图 1-6 显示的是潜艇以及监控台的关键设备 INTEL CPU 工控机和基于 FPGA 的 1553B 通信卡。

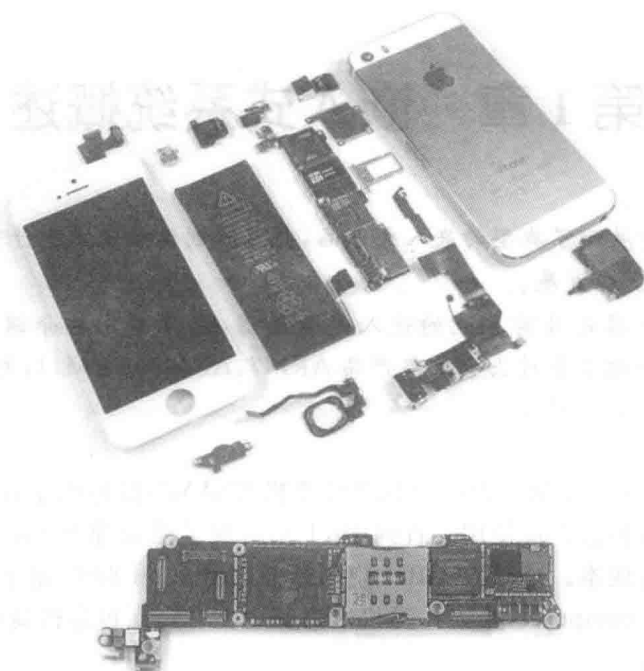
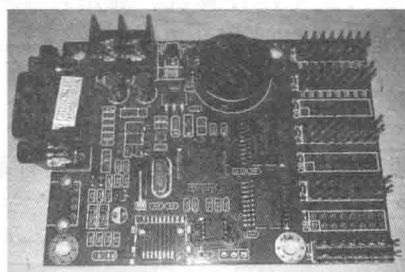
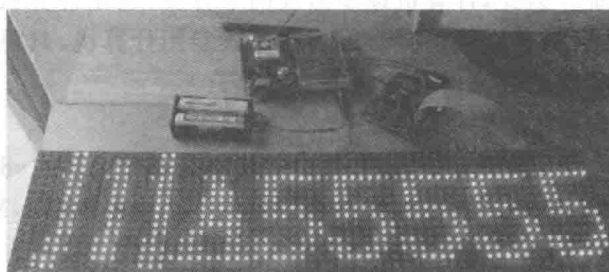


图 1-1 智能手机 iPhone 5s



(a)



(b)

图 1-2 LED 显示屏控制卡和车辆识别显示



图 1-3 四旋翼遥控飞行器

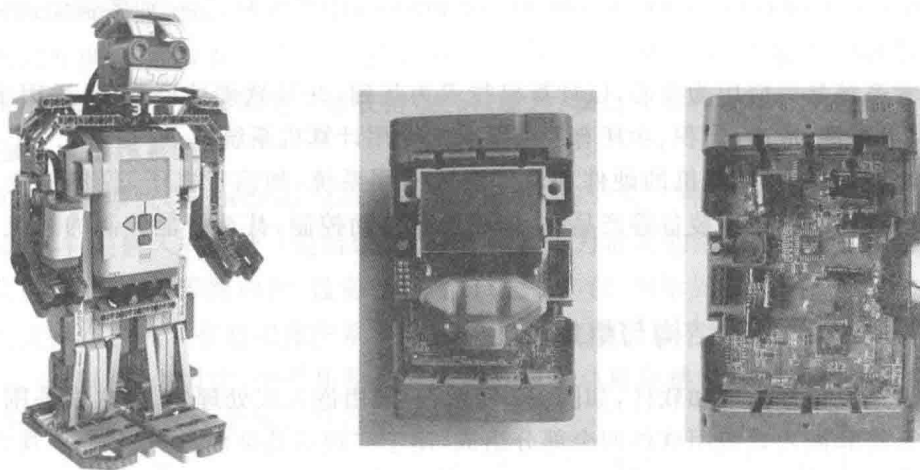


图 1-4 乐高 NXT Mindstorms 2.0

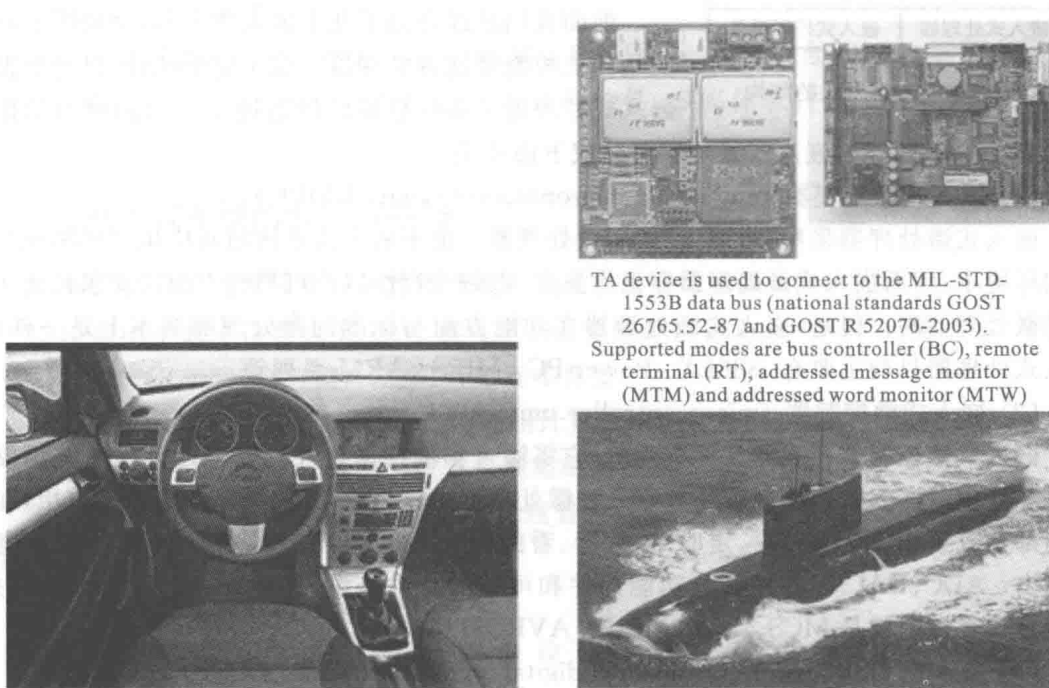


图 1-5 汽车电子器件

TA device is used to connect to the MIL-STD-1553B data bus (national standards GOST 26765.52-87 and GOST R 52070-2003). Supported modes are bus controller (BC), remote terminal (RT), addressed message monitor (MTM) and addressed word monitor (MTW)

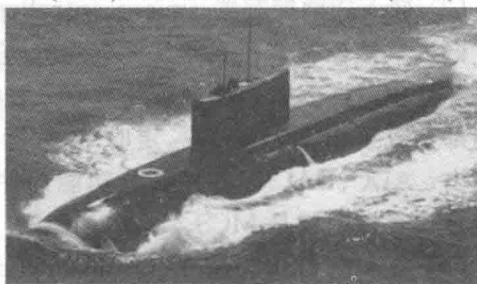


图 1-6 潜艇监控台工控机和 1553B 通信卡

1.1 嵌入式系统的定义

1.1.1 嵌入式系统的定义

什么是嵌入式系统(embedded system)?

IEEE(国际电气和电子工程师协会)的定义: devices used to control, monitor, or as-

sist the operation of equipment, machinery or plants (用于控制、监视或者辅助操作机器和设备的装置)。

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,并且软硬件可裁剪,适用于应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统。

通俗地说,就是将计算机的硬件和软件嵌入应用系统,如消费电子、仪器仪表、网络通信、计算机外围设备、军事装备等产品中,构成具有自动控制,甚至智能控制的系统,即嵌入式系统。

1.1.2 嵌入式系统的结构与组成

嵌入式系统包括硬件和软件,如图 1-7 所示,一般由嵌入式处理器、嵌入式外围设备、嵌入式操作系统和嵌入式应用软件四个部分组成,用于实现对其他设备的控制、监视或管理等功能。

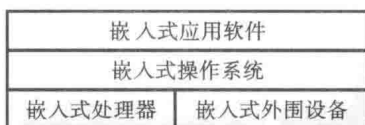


图 1-7 嵌入式系统的结构

1. 嵌入式处理器

前面我们已经介绍了几个嵌入式产品,也说明了使用的是什么控制器或者处理器。据不完全统计,目前全世界嵌入式处理器的品种总量已经超过 1000 种,流行的体系

结构有 30 多个系列,嵌入式处理器可分成下面几类。

(1) 嵌入式微处理器 (embedded microprocessor unit, EMPU)。

嵌入式微处理器采用“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。但是,嵌入式微处理器在功能方面与标准的微处理器基本上是一样的。嵌入式处理器目前主要有 i386EX、Power PC、MIPS、ARM 系列等。

(2) 嵌入式微控制器 (microcontroller unit, MCU)。

嵌入式微控制器在我国又称单片机,它将输入和输出设备外的其他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、RAM、定时/计数器、看门狗、并行 I/O 端口、串行通信端口、脉宽调制输出、ADC、DAC 等各种必要功能部件和可选的片内外设,这些都通过总线连接起来。比较有代表性的就是 MCS-51、ATMEGA AVR、STM32 等。

(3) 嵌入式 DSP 处理器 (embedded digital signal processor, EDSP)。

在数字信号处理应用中,各种数字信号处理算法相当复杂,一般结构的处理器无法实时地完成这些运算。由于 DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计,使其适合于实时地进行数字信号处理,在数字滤波、FFT、谱分析等方面,DSP 算法正大量进入嵌入式领域。

嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 TI 的 TMS320 系列,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。

(4) 嵌入式片上系统 (system on chip, SOC)。

随着半导体技术的迅速发展,可以用 VHDL、Verlog 等硬件描述语言,在现场可编程门阵列 (field programmable gate array, FPGA) 上实现一个更为复杂的系统,这就产生了 SOC 技术。

2. 嵌入式外围设备

嵌入式外围设备指在一个嵌入式硬件系统中,除了核心控制部件(MCU、EMPU、EDSP、SOC)以外的完成如采集存储数据、通信、输入/输出控制和显示等功能的其他部件。

3. 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统(embedded operating system, EOS)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)极为重要的组成部分,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、图形界面等。

嵌入式操作系统具有通用操作系统的基本特点,比如能够有效地管理越来越复杂的系统资源;能够把硬件虚拟化,使得开发人员从繁忙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。

据不完全统计,嵌入式操作系统有40种左右。常见的嵌入式系统有:Linux、uClinux、WinCE、Android、iOS、PalmOS、Symbian、uCOS-II、VxWorks、Nucleus、RT_Thread等。

4. 嵌入式应用软件

嵌入式应用软件是针对特定应用领域,基于某一固定的硬件平台,用来达到用户预期目标的程序软件,包括浏览器、文字处理软件、通信软件、多媒体软件以及各种行业应用软件等。

1.1.3 嵌入式系统的发展与趋势

1. 嵌入式系统的发展史是计算机技术发展史的重要组成部分

1946年电子数字计算机ENIAC诞生,1971年微处理器Intel 4004出现,1981年微型计算机IBM PC(8088CPU)制造出来,开始逐步普及。

计算机技术发展逐步形成两大分支,通用计算机系统和专用嵌入式计算机系统。

20世纪90年代,由于计算机与计算机网络的高速发展,人类进入信息化时代。

特别是近年来智能手机和平板电脑的快速普及,嵌入式、移动互联、物联网三大技术彻底改变了我们的生活。

2. 嵌入式总量开始超过传统PC

嵌入式处理器从8位、16位、32位到64位飞速发展,ARM Cortex M0、M3逐步取代MCS-51、MSP430、PIC等传统单片机,ARM Cortex-A8、A9等在智能手机、平板电脑等领域取得了巨大的成功,64位ARM处理器将逐步应用。

Intel Atom Z2580等处理器应用在手机中,表明了Intel重回嵌入式处理器领域。

嵌入式操作系统已出现了iOS和Andriod两强齐头并进的良好局面;更可喜的是微软也推出支持x86和ARM处理器的Windows8,支持桌面PC、便携式计算机和手机的Windows10也已经发布。

嵌入式系统将向更多接口如USB、CAN等,更多无线网络如Zigbee、WiFi、Internet等发展,也会高度集成为SOC等。

可以说,我们生活在一个嵌入式系统随处可见的世界。

1.2 ARM 公司与 ARM 处理器

1.2.1 英国 ARM 公司

ARM 即 Advanced RISC Machines 的缩写,既可以认为这是一个公司的名字,也可以认为这是对一类微处理器的通称,还可以认为这是一种技术的名称。

ARM Holdings 是全球领先的半导体 IP(intellectual property,知识产权)提供商,并因此在数字电子产品的开发中处于核心地位。ARM 的总部位于英国剑桥,拥有 2000 多名员工,并且在全球范围内设立了多个办事处,包括位于中国台湾、法国、印度、瑞典和美国的设计中心。

ARM 公司的几大亮点:全球领先的半导体 IP 公司,成立于 1990 年,目前为止已销售超过 200 亿个基于 ARM 的芯片,向 250 多家公司出售了 800 个处理器许可证,并获得了所有基于 ARM 的芯片的版税,赢得了长期成长型市场的市场份额,ARM 的收益增速通常要比整个半导体行业快。

ARM 的商业模式主要涉及 IP 的设计和许可,而非生产和销售实际的半导体芯片。ARM 向合作伙伴(包括全球领先的半导体和系统公司)授予 IP 许可。这些合作伙伴可利用 ARM 的 IP 设计创造和生产片上系统设计,但需要向 ARM 支付原始 IP 的许可费用并为每块生产的芯片或晶片交纳版税。除了处理器 IP 外,ARM 还提供了一系列工具、物理和系统 IP 来优化片上系统设计(见图 1-8)。

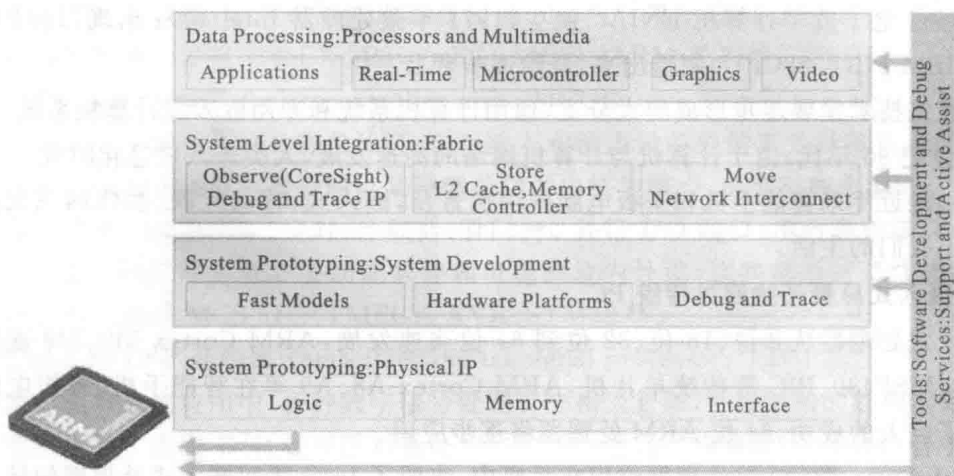


图 1-8 ARM 产品

正因为 ARM 的 IP 多种多样,以及支持基于 ARM 的解决方案的芯片和软件体系十分庞大,全球领先的原始设备制造商(OEM)都在广泛使用 ARM 技术,应用领域涉及手机、数字机顶盒以及汽车制动系统和网络路由器。目前,ARM 技术已在 95% 的智能手机、80% 的数码相机以及 35% 的所有电子设备中得到应用。

ARM 微处理器无疑已成为主流嵌入式处理器,为了比较全面地了解嵌入式处理器和

关键技术的发展,我们有必要了解一下 ARM 公司发展的里程碑事件。

2012 年:ARM 与 TSMC 共同研发适用于下一代 64 位 ARM 处理器的 FinFET 处理技术,ARM 举办了英国首个以创建“物联网”设备技术蓝图为主题的论坛。

2011 年:Microsoft 在 CES 2011 上推出了基于 ARM 的 Windows,Cortex-A7 处理器发布,Big, LITTLE 处理技术发布,将 Cortex-A15 和 Cortex-A7 处理器连接在一起。

2010 年:ARM 为实现高性能的数字信号控制推出了 Cortex-M4 处理器,Microsoft 成为 ARM 架构授权使用方。

2009 年:ARM 宣布实现具有 2GHz 频率的 Cortex-A9 双核处理器,ARM 推出体积最小、功耗最低和能效最高的处理器 Cortex-M0。

2007 年:向移动设备市场售出 50 亿台 ARM Powered 处理器,发布了 ARM Cortex-M1 处理器,它是第一款专为 FPGA 的实现设计的 ARM 处理器,发布了 AMBA 自适应验证 IP,ARM 推出 Cortex-A9 处理器以实现可扩展性能和低功耗设计。

2005 年:ARM 发布 Cortex-A8 处理器。

2004 年:基于 ARMv7 架构的 ARM Cortex 系列处理器发布,同时还发布了这个新处理器系列的首款产品 ARM Cortex-M3,ARM 发布作为新型 Cortex 处理器内核系列中首款的 Cortex-M3 处理器。

2003 年:发布 AMBA 3.0 (AXI) 方法。

2002 年:ARM 宣布到目前为止已销售 10 亿多颗微处理器核,ARM 发布 ARM11 微架构,ARM 发布 RealView 开发工具系列。

2001 年:ARM 在 32 位嵌入式 RISC 微处理器市场的份额已增至 76.8%,ARM 发布新型 ARMv6 架构。

1999 年:ARM 发布可合成的 ARM9E 处理器,提高了信号的处理能力。

1998 年:ARM 开发了可合成的 ARM7TDMI 核心版本。

1997 年:发布了 ARM9TDMI 系列。

1993 年:ARM 推出 ARM7 核心。

1985 年:Acorn Computer Group 开发出全球第一款商业 RISC 处理器。

背景知识:

RISC 的全称是精简指令集计算机(reduced instruction set computer),它支持的指令比较简单,所以功耗小、价格便宜,特别适合移动设备。

CISC 的全称是复杂指令集计算机(complex instruction set computer)。在 CISC 指令集中,各种指令使用频率相差悬殊。显然,CISC 结构虽然指令全面、功能强大,但程序代码体积庞大,不适合嵌入式系统。

1.2.2 ARM 微处理器

ARM 处理器分为:ARM7 系列、ARM9 系列、ARM9E 系列、ARM10E 系列、SecurCore 系列、Intel 的 StrongARM、ARM11 系列、Intel 的 Xscale 系列,其中,ARM7、ARM9、ARM9E 和 ARM10 系列为 4 个通用处理器系列,每一个系列提供一套相对独特的性能来

满足不同应用领域的需求。SecurCore 系列专门为安全要求较高的应用而设计。

ARM 公司在经典处理器 ARM11 以后的产品改用 Cortex 命名,并分成 A、R、M 三类,旨在为各种不同的市场提供服务。ARM 微处理器产品系列如图 1-9 所示。

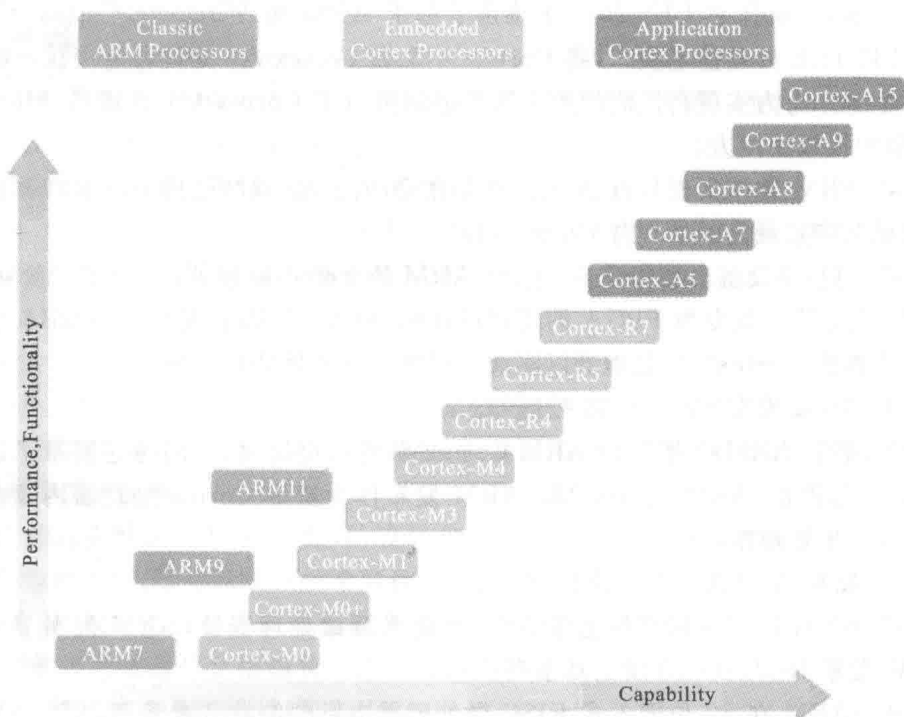


图 1-9 ARM 微处理器系列(1)

说明:图 1-9 来源于 ARM 官方网站 <http://www.arm.com/>,时间为 2013 年;2014 年已经增加了新的 A50 系列,删除了经典系列(见图 1-10)。

1. ARM Cortex™-A 系列——开放式操作系统的高性能处理器

Cortex 应用程序处理器在高级工艺节点中可实现高达 2 GHz+ 标准频率的卓越性能,从而可支持下一代的移动 Internet 设备。这些处理器具有单核和多核种类,最多可提供四个具有可选 NEON™多媒体处理模块和高级浮点执行单元的处理单元。

应用包括:智能手机、智能本和上网本、电子书阅读器、数字电视、家用网关,以及各种其他产品。

2. ARM Cortex 嵌入式处理器

Cortex-R 系列,面向实时应用的卓越性能。

Cortex-M 系列,面向具有确定性的微控制器应用的成本敏感型解决方案。

Cortex 嵌入式处理器旨在为各种不同的市场提供服务。Cortex-M 系列处理器主要是针对微控制器领域开发的,在该领域中,既需进行快速且具有高确定性的中断管理,又需将门数和可能功耗控制在最低。而 Cortex-R 系列处理器的开发则面向深层嵌入式实时应用,对低功耗、良好的中断行为、卓越性能以及与现有平台的高兼容性这些需求进行了平衡考虑。

CORTEX-A	Cortex-A72
	Cortex-A57
	Cortex-A53
	Cortex-A17
	Cortex-A15
	Cortex-A9
	Cortex-A7
	Cortex-A5
	Cortex-R7
CORTEX-R	Cortex-R5
	Cortex-R4
	Cortex-M7
CORTEX-M	Cortex-M4
	Cortex-M3
	Cortex-M1
	Cortex-M0+
	Cortex-M0
SECURCORE	SC000
	SC100
	SC300

图 1-10 ARM 微处理器系列(2)

应用包括:微控制器、混合信号设备、智能传感器、汽车电子器件和气囊、汽车制动系统、动力传动解决方案、大容量存储控制器、联网和打印。

3. 经典 ARM 处理器

ARM11™系列,基于 ARMv6 架构的高性能处理器。

ARM9™系列,基于 ARMv5 架构的常用处理器。

ARM7™系列,面向普通应用的经典处理器。

ARM 经典处理器适用于那些希望在新应用中使用经过市场验证技术的组织。这些处理器提供了许多的特性、卓越的功效和范围广泛的操作能力,适用于成本敏感型解决方案。这些处理器每年都有数十亿的发货量,因此可确保设计者获得最广泛的体系和资源,从而最大限度地减少集成过程中出现的问题并缩短上市时间。

4. ARM 专家处理器

SecurCore™,面向高安全性应用的处理器。

FPGA Cores,面向 FPGA 的处理器。

ARM 专家处理器旨在满足特定市场的苛刻需求。SecurCore 处理器在安全市场中用于手机 SIM 卡和识别应用,集成了多种既可为用户提供卓越性能,又能检测和避免安全攻击的技术。

ARM 还开发了面向 FPGA 构造的处理器,在保持与传统 ARM 设备兼容的同时,方便用户产品快速上市。此外,这些处理器具有独立于构造的特性,因此开发人员可以根据应用

选择相应的目标设备,而不会受制于特定供应商。

1.2.3 ARM 典型微处理器简介

ARM 微处理器种类非常丰富,不同的 ARM 系列具有不同的用途,每一个系列的 ARM 微处理器都有各自的特点和应用领域。

下面分别介绍 ARM 主流应用的微处理器:ARM7、ARM9、ARM11、Xscale、Cortex-M3、Cortex-A8 等。

1. ARM7 处理器系列

自 1994 年推出以来,ARM7™处理器系列一直很受用户欢迎,并且已帮助 ARM 架构在数字领域确立了领先地位。在推出后的几年中,100 多亿台基于 ARM7 处理器系列的设备为众多关注成本和功耗的应用提供了大量支持。

虽然现在 ARM7 处理器系列仍用于某些简单的 32 位设备,但是,更新的嵌入式设计正在越来越多地使用最新的 ARM 处理器(例如 Cortex-M0 和 Cortex-M3 处理器),这些处理器在技术上比 ARM 7 系列有了显著改进。

(1) 嵌入式设计中使用 Cortex-M3 替代 ARM7。

特别注意,对于新的设计,不建议使用 ARM7 处理器系列(ARM7TDMI(S) 和 ARM7EJ-S),通过以更低成本提供更多功能、增强连接性、更好地实现代码重用和提高能效的 Cortex-M0 和 Cortex-M3 处理器可为嵌入式市场中的 ARM7TDMI-S 用户提供大量优秀的升级替代产品,从而为未来的嵌入式应用提供支持。

(2) ARM7 微处理器系列的特点。

- ① ARM7 内核为低功耗的 32 位 RISC 处理器,其采用冯·诺依曼体系结构。
- ② 具有嵌入式 ICE—RT 逻辑,无论调试还是开发都很方便。
- ③ 极低的功耗,适合对功耗要求较高的应用,如便携式产品。
- ④ 能够提供 0.9MIPS/MHz 的三级流水线结构。
- ⑤ 代码密度高并兼容 16 位的 Thumb 指令集。
- ⑥ 支持 uCLinux。
- ⑦ 指令系统与 ARM9 系列、ARM9E 系列和 ARM10E 系列兼容,便于用户程序的升级和产品的更新换代。
- ⑧ 主频最高可达 130MIPS。

(3) ARM7 系列内核。

ARM7 包括多个分支:ARM7TDMI、ARM7TDMI-S、ARM720T、ARM7EJ。

(4) ARM7TMDI 的含义。

ARM7TMDI 是目前使用最广泛的 32 位嵌入式 RISC 处理器内核,属低端 ARM 处理器内核。其中,TMDI 的基本含义如下。

T:支持 16 位压缩指令集 Thumb。

D:支持片上 Debug。

M:内嵌硬件乘法器(multiplier)。

I:嵌入式 ICE,支持片上断点和调试点。