



高职高专“十二五”规划教材

ARM体系结构 与编程基础

主 编 胡德清
技术主编 杨 睿



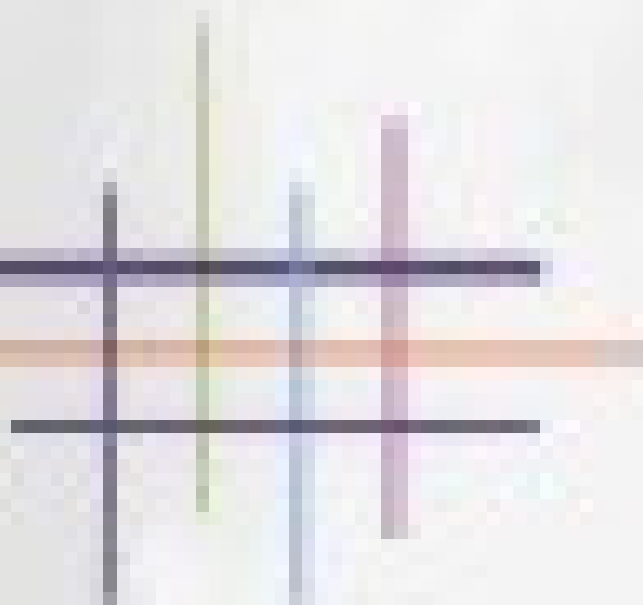
北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



清华大学出版社

ARM体系结构 与编程基础

王 岩 著
王 岩 编



清华大学出版社
Tsinghua University Press



高职高专“十二五”规划教材

ARM 体系结构与编程基础

主 编 胡德清
技术主编 杨 睿

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书内容分为两部分,第一部分是嵌入式系统开发的基础知识,由第1章、第2章、第3章、第4章和第5章构成,详细介绍了嵌入式系统开发的基本流程和嵌入式系统软硬件协同设计的方法,并以 SAMSUNG 公司的 S3C44B0X 为例讲述了 ARM 的体系结构及主要的技术特征、ARM 微处理器的指令系统和汇编程序设计及汇编和 C 语言的混合编程方法;第二部分主要介绍了 Embest IDE 集成开发环境的搭建及使用方法,并结合深圳英蓓特信息技术有限公司的 Edukit-III 实验教学系统,详细讲述了 ARM 微处理器内部组件的应用开发方法。

本书主要面向高职高专院校的学生,因此在内容的编写上强调了实践性,弱化了理论的讲授,理论部分的知识以“适用、够用”为编写原则,重点强调了对 ARM 微处理器的内部芯片进行二次开发的能力,重在培养学生的实践动手能力和团队协作精神。

图书在版编目(CIP)数据

ARM 体系结构与编程基础 / 胡德清主编. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社,2011. 11
ISBN 978 - 7 - 5124 - 0475 - 5

I. ①A… II. ①胡… III. ①微处理器,
ARM—计算机体系结构—高等职业教育—教材②微处理器,
ARM—程序设计—高等职业教育—教材 IV. ①TP332

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 161292 号

版权所有,侵权必究。

ARM 体系结构与编程基础

主 编 胡德清

技术主编 杨 睿

责任编辑 张少扬 孟 博

*

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: bhpess@263.net 邮购电话:(010)82316936

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:15.5 字数:397 千字

2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978 - 7 - 5124 - 0475 - 5 定价:28.00 元

编 委 会

- 主 编** 胡德清(四川信息职业技术学院)
- 技术主编** 杨睿(成都睿尔科技有限公司)
- 副 主 编** 黄建新(四川信息职业技术学院) 邹茂(四川信息职业技术学院)
- 参 编** 肖斌(四川信息职业技术学院) 车念(四川信息职业技术学院) 黄欣彬(宜宾职业技术学院) 向文欣(四川信息职业技术学院)

前 言

进入后 PC 时代,嵌入式系统在我们的生活中无处不在,我们每天都会接触很多的嵌入式产品,嵌入式产品方便了人们的生活,同时也给厂家带来了巨大的利润。

嵌入式开发是当今计算机应用最热门的领域之一,广泛应用于汽车电子、无线通信、智能手机、便携式产品、数码相机、数字电视、数字机顶盒等领域,当前嵌入式开发人才非常紧缺。

嵌入式技术是一门综合性很强的技术,需要硬件和软件知识,因此对于初学者来说入门比较困难。本书从嵌入式开发的基础知识入手,循序渐进,便于自学。

本书以嵌入式系统的开发技术为主线,以 ARM 微处理器核及国内广泛应用的 SAMSUNG 公司的 S3C44B0X 为硬件平台,系统讲述了嵌入式系统开发的基本知识、基本流程和基本方法及以 ARM 微处理器为核心的嵌入式系统开发过程。

为了提升目前的嵌入式技术的教学水平而又不脱离教学实际,在本书的编写过程中,我们既强调嵌入式技术的基础教育,打好嵌入式系统开发与应用的基础,又面向实际的工程应用,提升嵌入式系统教学的实用性、实践性和工程性。因此,在教材的开发过程中,我们聘请了成都睿尔科技有限公司的杨睿工程师担任了本书的技术主编,进行校企合作开发本教材,因而书中的实践教学内容具有实践性、工程性的特色。

本书内容分为两部分,第一部分是嵌入式系统开发的基础知识,由第 1 章、第 2 章、第 3 章、第 4 章和第 5 章构成,详细介绍了嵌入式系统开发的基本流程和嵌入式系统软硬件协同设计的方法,并以 SAMSUNG 公司的 S3C44B0X 为例讲述了 ARM 的体系结构及主要的技术特征,ARM 微处理器的指令系统和汇编程序设计及汇编和 C 语言的混合编程方法;第二部分主要介绍了 Embest IDE 集成开发环境的搭建及使用方法,并结合深圳英蓓特信息技术有限公司的 Edukit-III 实验教学系统,详细讲述了 ARM 微处理器内部组件的应用开发方法。

本书主要面向高职高专院校的学生,因此在内容的编写上强调了实践性,弱化了理论的讲授,理论部分的知识以“适用、够用”为编写原则,重点强调了对 ARM 微处理器的内部芯片进行二次开发的能力,重在培养学生的实践动手能力和团队协作精神。

本书由四川信息职业技术学院的胡德清担任主编,黄建新和邹茂担任副主编,成都睿尔科技有限公司的杨睿工程师担任技术主编。第 1、2 章由宜宾职业技

术学院的黄欣彬编写,第3、4章由四川信息职业技术学院的胡德清编写,第5章由四川信息职业技术学院的邹茂、谢宇编写,第6章由四川信息职业技术学院的黄建新、李焕玲编写,第7章由四川信息职业技术学院的张俊晖、向文欣编写。

由于ARM嵌入式系统的教学才起步,而嵌入式应用开发又涉及软件和硬件,因此要建立起嵌入式系统的知识体系结构需要一个过程。由于作者水平有限,加之时间仓促,出现各种疏漏在所难免,敬请广大读者和专家提出批评指导意见。

胡德清
2010年7月

目 录

第 1 章 认识嵌入式计算机系统	1
1.1 嵌入式计算机系统的概述	1
1.1.1 嵌入式计算机系统的定义	1
1.1.2 嵌入式计算机系统的特点	4
1.1.3 嵌入式计算机系统的应用	6
1.2 嵌入式计算机系统的组成	7
1.2.1 嵌入式硬件系统	7
1.2.2 嵌入式软件系统	14
1.2.3 嵌入式操作系统	18
1.3 嵌入式处理器的选型	23
1.3.1 嵌入式处理器的种类	23
1.3.2 嵌入式微处理器的特点	24
1.3.3 主流的嵌入式处理器及典型的嵌入式处理器	28
1.4 嵌入式计算机系统的发展趋势	33
第 2 章 认识 ARM	36
2.1 ARM 基础	36
2.1.1 ARM 体系结构的发展	36
2.1.2 ARM 芯片的特点和选型	41
2.1.3 ARM 体系结构的技术特征	44
2.1.4 ARM 体系结构的命名规则	46
2.2 ARM 流水线技术	47
2.2.1 流水线的概念、原理及特征	47
2.2.2 流水线的分类	50
2.2.3 影响流水线性能的相关因素	51
2.3 ARM 处理器的内核结构	52
2.3.1 ARM7TDMI 处理器内核及其引脚信号	52
2.3.2 MMU 部件	58
第 3 章 ARM 微处理器编程模型	62
3.1 ARM 工作模式	62
3.1.1 ARM 的数据类型及存储格式	62
3.1.2 ARM 的工作状态及工作模式	63

3.2	ARM 寄存器	64
3.3	ARM 异常	70
3.3.1	ARM 异常类型、异常向量及优先级	70
3.3.2	ARM 处理器对异常响应的处理过程	71
3.3.3	从异常返回	72
3.3.4	各类异常的具体描述	73
3.4	基于 ARM 的嵌入式开发环境的搭建	75
3.4.1	ARM SDT	75
3.4.2	ARM ADS	77
3.4.3	Multi 2000	79
3.4.4	Embest IDE for ARM	83
3.4.5	OPENice32 - A900 仿真器	84
3.4.6	Multi - ICE 仿真器	85
第 4 章	ARM 指令系统	86
4.1	ARM 寻址方式	86
4.1.1	立即数寻址	86
4.1.2	寄存器寻址	86
4.1.3	寄存器间接寻址	87
4.1.4	基址加变址寻址	87
4.1.5	堆栈寻址	88
4.1.6	块拷贝寻址	88
4.1.7	相对寻址	88
4.2	ARM 指令概述	89
4.3	ARM 指令集的详细介绍	90
4.3.1	数据处理指令	90
4.3.2	Load/Store 指令	93
4.3.3	程序状态寄存器与通用寄存器之间的传送指令	95
4.3.4	转移指令	96
4.3.5	异常中断的产生指令	97
4.4	Thumb 指令集	97
4.4.1	Thumb 指令集概述及特点	97
4.4.2	Thumb 状态与 ARM 状态的切换	98
4.4.3	Thumb 指令集的详细介绍	98
第 5 章	ARM 程序设计	101
5.1	ARM 汇编语言的伪操作	101
5.1.1	ARMASM 汇编器所支持的伪操作	101
5.1.2	GNU AS 汇编器所支持的伪指令	108

5.1.3	汇编语言的语句格式	109
5.1.4	汇编程序中的表达式和运算符	111
5.1.5	汇编语言预定义的寄存器和协处理器	112
5.1.6	汇编语言的内置变量	112
5.2	ARM 汇编程序设计举例	113
5.2.1	源程序结构	113
5.2.2	常用程序设计举例	114
5.3	嵌入式 C 语言与汇编语言的混合编程	117
5.3.1	ATPCS 规则介绍	117
5.3.2	C 语言和汇编语言混合编程实例	121
第 6 章	ARM 微处理器内部组件的应用	125
6.1	存储控制实验	125
6.1.1	实验原理	125
6.1.2	实验设计	128
6.1.3	实验操作步骤	130
6.2	I/O 控制实验	135
6.2.1	实验原理	135
6.2.2	电路设计	137
6.2.3	实验操作步骤	138
6.3	中断实验	141
6.3.1	实验原理	141
6.3.2	实验设计	146
6.3.3	实验操作步骤	147
6.4	串口通信实验	153
6.4.1	实验原理	153
6.4.2	RS232 接口电路	154
6.4.3	实验参考程序	155
6.4.4	实验操作步骤	156
6.5	实时时钟实验	157
6.5.1	实验原理	157
6.5.2	实验设计	159
6.5.3	实验参考程序	160
6.5.4	实验操作步骤	163
6.6	看门狗控制实验	164
6.6.1	实验原理	164
6.6.2	实验设计	166
6.6.3	实验参考程序	167
6.6.4	实验操作步骤	168

6.7 A/D 转换实验	169
6.7.1 实验原理	169
6.7.2 实验设计	173
6.7.3 实验参考程序	174
6.7.4 实验操作步骤	174
6.8 数码管显示实验	175
6.8.1 实验原理	175
6.8.2 实验电路	176
6.8.3 实验参考程序	177
6.8.4 实验操作步骤	178
第 7 章 ARM 微处理器的高级接口实验	179
7.1 液晶显示实验	179
7.1.1 实验原理	179
7.1.2 实验设计	185
7.1.3 实验参考程序	187
7.1.4 实验操作步骤	188
7.2 5×4 键盘控制实验	189
7.2.1 实验原理	189
7.2.2 实验设计	189
7.2.3 实验参考程序	190
7.2.4 实验操作步骤	191
7.3 触摸屏控制实验	192
7.3.1 实验原理	192
7.3.2 实验设计	197
7.3.3 实验操作步骤	200
7.4 串行通信实验	201
7.4.1 实验原理	201
7.4.2 实验设计	205
7.4.3 实验参考程序	206
7.4.4 实验操作步骤	208
7.5 以太网通信实验	208
7.5.1 实验原理	208
7.5.2 实验参考程序	217
7.5.3 实验操作步骤	219
7.6 音频接口 IIS	220
7.6.1 实验原理	220
7.6.2 电路连接	223
7.6.3 实验参考程序	224

7.6.4 实验操作步骤	227
7.7 USB 接口实验	228
7.7.1 实验原理	228
7.7.2 电路设计原理	230
7.7.3 实验参考程序	232
参考文献	236

认识嵌入式计算机系统

本章教学重点

1. 着重讲解嵌入式计算机系统的定义、相对于通用计算机的特殊性及其应用领域。
2. 重点掌握嵌入式计算机系统的组成、嵌入式操作系统的组成及功能。
3. 初步掌握嵌入式处理器的种类和特点,并了解主流的嵌入式处理器及典型的嵌入式处理器以及了解嵌入式计算机系统的发展趋势。

1.1 嵌入式计算机系统的概述

1.1.1 嵌入式计算机系统的定义

计算机是 20 世纪人类社会最伟大的发明之一,21 世纪却是嵌入式计算机系统时代,人们日常生活和工作中所接触的仪器与设备中,都将嵌入具有强大计算能力的微处理器。据统计,目前每年只有 10%~20% 的微处理器芯片用于台式计算机或者便携计算机,80% 左右的微处理器芯片是为嵌入式计算机系统设计和制造的。目前,嵌入式计算机系统已广泛地应用到工业控制系统、汽车控制、通信设备(路由器、交换机)、医疗仪器、军事设备等众多领域中。特别是最近几年,嵌入式计算机系统不断进入到新的应用领域,如智能电话、数字家电、手持设备等。

根据摩尔定律,微处理器飞速发展的结果是使嵌入式计算机技术成为一门学科。那么,什么是嵌入式计算机系统呢?要了解嵌入式计算机系统就得从计算机开始认识。从 1946 年第一台计算机 ENIAC 在美国宾夕法尼亚大学的诞生到现在,计算机的发展经历了三个阶段:

① 大型机阶段。始于 20 世纪 50 年代,IBM、Burroughs 和 Honeywell 等公司率先研制出大型机,主要用于科研、军事等核心领域。

② 个人计算机阶段。开始于 20 世纪 70 年代,使计算机逐渐普及到家庭。

③ 进入 21 世纪,计算机技术进入充满机遇的阶段,即“后 PC 时代”或“无处不在的计算机”阶段。

嵌入式计算机系统从出现到走向繁荣、走向纵深,经历了一个漫长的过程。

第一阶段 嵌入式计算机系统的出现和兴起(1960—1970 年)

20 世纪 60 年代以晶体管、磁芯存储为基础的计算机开始用于航空等军用领域。第一台机载专用数字计算机是奥托内蒂克斯公司为美国海军舰载轰炸机“民团团员”号研制的多功能数字分析器(Verdan)。同时嵌入式计算机开始应用于工业控制,1962 年一个美国乙烯厂实现了工业装置中的第一个直接数字控制(DDC)。第一次使用机载数字计算机控制的是 1965 年

发射的 Gemini3 号。在军用领域中,为了可靠和满足体积、质量的严格要求,还需为各个武器系统设计五花八门的专用嵌入式计算机系统。

第二阶段 嵌入式计算机系统走向繁荣(1971—1989 年)

嵌入式计算机系统大发展是在微处理器问世之后,1973—1977 年间各厂家推出了许多 8 位的微处理器,包括 Intel 公司的 8080/8085, Motorola 公司的 6800/6802, Zilog 公司的 Z80 和 Rockwell 公司的 6502。微处理器不单用来组成微型计算机,而且用来制造仪器仪表、医疗设备、机器人、家用电器等嵌入式计算机系统,微处理器的广泛应用形成了一个广阔的嵌入式应用市场,开始大量地以插件方式向用户提供 OEM 产品,再由用户根据自己的需要构成专用的工业控制微型计算机,嵌入到自己的系统设备中。

随着微电子工艺水平的提高,集成电路设计制造商开始把嵌入式应用所需要的微处理器、I/O 接口、A/D 转换、D/A 转换、串行接口以及 RAM、ROM 通通集成到一个 VLSI 中,制造出面向 I/O 设计的微控制器,比如俗称的单片机及专门用于高速实时信号处理的数字信号处理器 DSP。

第三阶段 嵌入式计算机系统应用走向纵深(1990 年至今)

进入 20 世纪 90 年代,在分布控制、柔性制造、数字化通信和数字化家电、工业控制等领域巨大需求的牵引下,嵌入式计算机系统的硬件、软件技术进一步加速发展、应用领域进一步扩大。随着微处理器性能的提高,嵌入式软件的规模也发生了指数型增长,为此,嵌入式计算机系统已大量采用嵌入式操作系统。嵌入式操作系统功能不断扩大和丰富,由 20 世纪 80 年代只有内核,发展为包括内核、网络、文件、图形接口、嵌入式 JAVA、嵌入式 CORBA 及分布式处理等丰富功能的集合。此外,嵌入式开发工具更加丰富,其集成度和易用性不断提高,目前不同厂商已开发出不同类型的嵌入式开发工具,可以覆盖嵌入式软件开发过程各个阶段,提高嵌入式软件开发效率。

目前全世界的计算机科学家正在形成一种共识:计算机不会成为科幻电影中的那种贪婪的怪物,而是将变得小巧玲珑、无处不在。它们既藏身在任何地方,又消失在所有地方,功能强大,却又无影无踪,将这种思想命名为“无处不在的计算机”。

通用计算机是具有通用计算机平台和标准部件的“看得见”的计算机,如目前的 PC、服务器、大中型计算机等,其硬件一般包括主机、存储设备及标准的计算机外部设备(例如各类型的显示器、输入设备和联网设备等)。通用计算机既可作为开发平台,又可作为运行平台,且应用程序可按用户需要随时改变,即可重新编制。

“无处不在的计算机”是指计算机彼此互联(如图 1-1 所示),而且计算机与使用者的比例达到 100:1 的阶段。“无处不在的计算机”包括通用计算机和嵌入式计算机系统,且 95% 以上都是嵌入式计算机系统,并非通用计算机。可见嵌入式计算机系统在应用数量上远远超过了各种通用计算机。一台通用计算机的外部设备中就包含了 5~10 个嵌入式微处理器,例如硬盘、鼠标、键盘、显示卡、显示器、Modem、网卡、声卡、打印机和扫描仪等。

嵌入式计算机系统即“看不见”的计算机,一般只是运行平台,不能独立作为开发平台,它们不能被用户编程。有一些专用的 I/O 设备,对用户的接口是专用的。比如 PC 可以用于搭建嵌入式计算机系统,但 PC 不能称为嵌入式计算机系统,通常将嵌入式计算机系统简称为嵌入式系统。通用计算机系统与嵌入式计算机系统的对比见表 1-1。

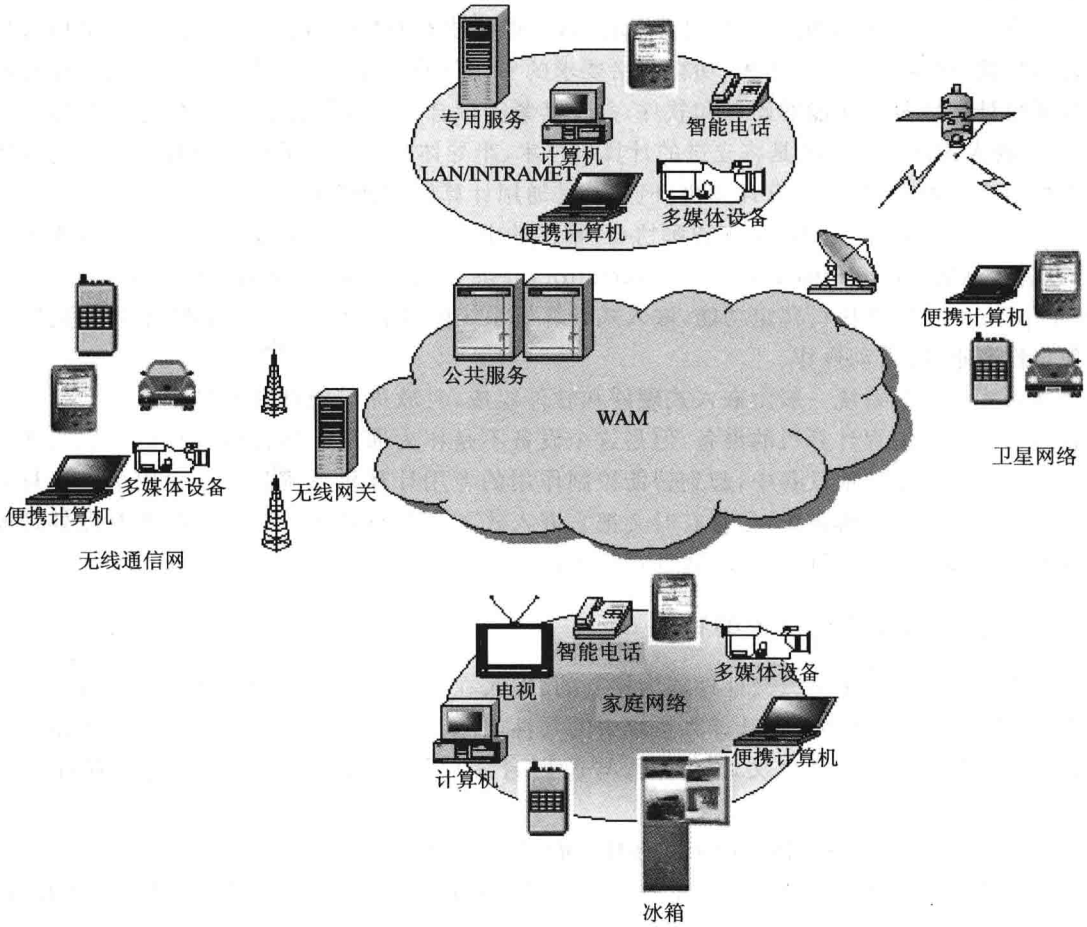


图 1-1 无处不在的计算机

表 1-1 通用计算机系统与嵌入式计算机系统对比

特 征	通用计算机系统	嵌入式计算机系统
形式和类型	看得见的计算机； 按其体系结构、运算速度和结构规模等因素分为大、中、小型机和微机	看不见的计算机； 形式多样，应用领域广泛，按应用来分类
组成	通用处理器、标准总线和外设； 软件和硬件相对独立	面向应用的嵌入式微处理器，总线和外部接口多集成在处理器内部； 软件与硬件是紧密集成在一起的
开发方式	开发平台和运行平台都是通用计算机	采用交叉开发方式，开发平台一般是通用计算机，运行平台是嵌入式计算机系统
二次开发性	应用程序可重新编制	一般不能再编程

虽然目前对嵌入式计算机系统没有一个统一和标准的定义，但通过表 1-1 的对比，常用

的定义如下：

① 嵌入式计算机系统是以应用为中心，以计算机技术为基础，软件硬件可裁剪，适应应用系统对功能、可靠性、成本、体积、功耗严格要求的专用计算机系统(技术角度)；嵌入式计算机系统是设计完成复杂功能的硬件和软件，并使其紧密耦合在一起的计算机系统(系统角度)。

② 嵌入式计算机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，包含有计算机，但又不是通用计算机的计算机应用系统。

③ IEEE(国际电气和电子工程师协会)给出的定义是：用于控制、监视或者辅助操作的机器、设备或装置(Device used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。通常执行特定功能，嵌入式计算机系统的核心是嵌入式处理器，有严格的时序和稳定性要求，能自动操作。

嵌入式计算机系统一般由嵌入式硬件和软件组成，且软件与硬件紧密集成在一起。它是任意包含一个可编程计算机的设备，但是这个设备不是作为通用计算机而设计的。嵌入式计算机系统是嵌入在其他设备中，起到智能控制作用的专用计算机系统。一台通用个人计算机不能称为嵌入式计算机系统，尽管有时会把它嵌入式到某些设备中。而一台包含有微处理器的打印机、数码相机则可以算嵌入式计算机系统。

1.1.2 嵌入式计算机系统的特点

嵌入式计算机系统是以微处理器为核心的、嵌入在其他设备中的专用计算机系统。在设计中，面临的问题有许多是设计计算系统中的共性问题。由于嵌入式计算机系统并不是独立的，它与所嵌入的设备紧密关联，因此，与通用台式计算机相比，它的设计还具有许多特殊性。

1. 嵌入式计算机系统通常是形式多样、面向特定应用的

嵌入式计算机系统一般用于特定的任务，其硬件和软件都必须高效率地设计，量体裁衣、去除冗余，而通用计算机则是一个通用的计算平台。

嵌入式硬件大多专用于某种或几种特定的应用，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，能够把通用微处理器中许多由板卡完成的任务集成在芯片内部，从而有利于嵌入式计算机系统设计趋于小型化，移动能力大大增强，与网络的耦合性也越来越紧密。

嵌入式软件是应用程序和操作系统两种软件的一体化程序。对于通用计算机系统，操作系统与系统软件及应用软件之间界限分明。换句话说，在统一配置的操作系统环境下，应用程序是独立的运行软件，可以分别装入执行。但是，在嵌入式计算机系统中，这一界限并不明显。这是因为应用系统要求采用不同配置的操作系统和应用程序，链接装配成统一运行的软件系统，也就是说，设计者应在系统总体设计目标指导下将它们综合加以考虑来设计实现。

2. 嵌入式计算机系统得到多种类型的处理器和处理器体系结构的支持

通用计算机采用少数的处理器类型和体系结构，而且主要掌握在少数大公司手里。而嵌入式计算机系统可采用多种类型的处理器和处理器体系结构。

在嵌入式微处理器产业链上，IP 设计、面向应用的特定嵌入式微处理器的设计、芯片的制造已形成巨大的产业。大家分工协作，形成多赢模式。现在有上千种的嵌入式微处理器和几十种嵌入式微处理器体系结构可以选择。

3. 嵌入式计算机系统通常极其关注成本

嵌入式计算机系统通常需要注意的成本是系统成本,特别是量大的消费类数字化产品,其成本是产品竞争的关键因素之一。

嵌入式的系统成本包括:

- 一次性的开发成本 NRE(Non-Recurring Engineering);
- 产品成本: 硬件 BOM、外壳包装和软件版税等;
- 批量产品的总体成本 = NRE + 每个产品成本 × 产品总量;
- 每个产品的最后成本 = 总体成本 / 产品总量 = NRE / 产品总量 + 每个产品成本。

4. 嵌入式计算机系统有实时性和可靠性的要求

嵌入式计算机系统具有实时性和可靠性的要求:一方面大多数实时系统都是嵌入式计算机系统;另一方面嵌入式计算机系统多数有实时性的要求,且软件一般是固化运行或直接加载到内存中运行,具有快速启动的功能。对实时的强度要求各不一样,可分为硬实时和软实时。

嵌入式计算机系统一般要求具有出错处理和自动复位功能,特别是对于一些在极端环境下运行的嵌入式计算机系统而言,其可靠性设计尤其重要。在大多数嵌入式计算机系统的软件中一般都包括一些软硬件机制,比如硬件的看门狗定时器、软件的可靠性机制(包括内存保护和重新启动机制)等。

5. 嵌入式计算机系统使用的操作系统的特点

一般是适应多种处理器,可剪裁、轻量型、实时可靠、可固化的嵌入式操作系统。

由于嵌入式计算机系统应用的特点,像嵌入式微处理器一样,嵌入式操作系统也是多姿多彩的,大多数商业嵌入式操作系统可同时支持不同种类的嵌入式微处理器,可根据应用的情况进行剪裁、配置。与通用计算机操作系统相比,其规模小,所需的资源有限(如内核规模在几十KB),能与应用软件一样固化运行。

嵌入式计算机系统包括一个实时内核,其调度算法一般采用基于优先级的可抢占的调度算法。有时要求是高可靠嵌入式操作系统,在时间、空间、数据隔离方面有一定特定要求。

6. 嵌入式计算机系统开发需要专门工具和特殊方法

多数嵌入式计算机系统开发意味着软件与硬件的并行设计和开发,其开发过程一般分为几个阶段:产品定义、软件与硬件设计与实现、软件与硬件集成、产品测试与发布、维护与升级。

由于嵌入式计算机系统资源有限,一般不具备自主开发能力,产品发布后用户通常也不能对其中的软件进行修改,必须有一套专门的开发环境。该开发环境包括专门的开发工具(包括设计、编译、调试、测试等工具),采用交叉开发的方式进行,交叉开发环境如图 1-2 所示。

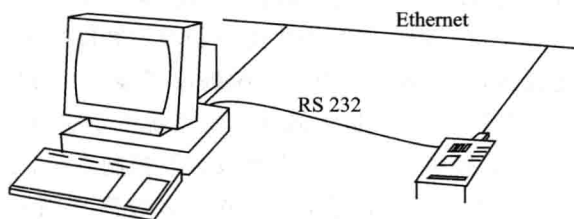


图 1-2 嵌入式计算机系统的交叉开发环境

开发环境由宿主机和目标机组成。宿主机一般采用通用计算机系统,它是主要的开发环境,开发工具的大部分工作由它完成;目标机就是嵌入式计算机系统,是所开发应用程序的执