

# 嵌入式系统原理 及应用开发技术

桑楠 编著

北京航空航天大学出版社

[//www.buaapress.com.cn](http://www.buaapress.com.cn)

9

TP311.1  
514

# 嵌入式系统原理 及应用开发技术

桑楠 编著

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

# 序 言

数字计算机问世半个世纪以来,信息技术历经多次重大革命。世界上首台通用数字计算机的运行宣告了科学计算自动化时代的降临,PC机和网络的广泛使用造就了办公自动化为特征的信息时代的繁荣。当今嵌入式计算机无处不在的应用势头,展示了人类社会生活、生产活动高度自动化的美妙前景。计算机技术本身的革命性发展历程,再次证实了这样一个道理:应用的发展始终是技术发展的动力。

嵌入式计算机的广泛应用是后PC信息时代的重要特征,嵌入式计算(Pervasive Computing)随时可能引发创新灵感,而千姿百态的嵌入式产品概念的实现必须由开发技术的支持。因此,普及和提高业界嵌入式产品开发技术水平迫在眉睫,这已成为产业界和教育界的强烈愿望。《嵌入式系统原理及应用开发技术》一书的编著出版恰逢其时,应运而生,值得庆幸。

该书作者以系统生存周期为线索,以应用开发平台技术为重点,并以流行的掌上电脑(PDA)开发为示范,在书中为读者展现出嵌入式计算机应用系统的设计实现的生动过程。读者容易从中悟出嵌入式系统设计要领,理解平台支撑作用,掌握基本的开发技术。

《嵌入式系统原理及应用开发技术》一书构思严谨,取材新颖,内容翔实,技术实用。书中不仅倾注了作者本人大量心血和智慧,还融入了作者所在的电子科技大学嵌入式实时系统研究中心多年的经验和积累。更值得指出的是,作者在EPSON公司与本校联合的嵌入式技术教育计划中担任主讲教师,有机会获得该公司新型嵌入式平台的大量第一手资料,并被赞允编入教材出版。世界知名信息企业提供的先进技术内容,更为该书增添了国际化信息产业时代的活力。因此,该书的出版对广大读者,特别是嵌入式产品开发者和相关技术专业的高等学校师生无疑是一种福音。

借此机会对本书的出版表示衷心地祝贺,并向业界同仁和广大读者致以诚挚问候。

熊光泽

2002年元月18日

成都·电子科技大学嵌入式实时系统研究中心  
(教授 博士生导师)

为便于读者获得 EPSON 公司的技术帮助,下面列出公司的联系方式。

上海爱普生电子有限公司

上海市漕河泾新兴技术开发区桂菁路 69 号 27 号楼 4 楼

电话:(021)64850835

传真:(021)64850775

邮编:200233

爱普生(中国)有限公司

北京市朝阳区东三环北路 2 号南银大厦 28 层

电话:(010)64106655

传真:(010)64108119

邮编:100027

爱普生(中国)有限公司上海分公司

上海市漕河泾新兴技术开发区桂菁路 69 号 27 号楼 4 楼

电话:(021)64855552

传真:(021)64850775

邮编:200233

爱普生电子技术开发(深圳)有限公司

深圳蛇口工业区太子路 1 号新时代广场 16A

电话:(0755)6679569

传真:(0755)6677786

邮编:518067

爱普生香港有限公司

香港湾仔港湾道 25 号海港中心 20 字楼

电话:(852)25854600

传真:(852)28274346

EPSON 公司网址:

<http://www.epson.com>

EPSON 电子元器件网址:

<http://www.epsondevice.com>

# 前 言

伴随着 21 世纪的曙光,人类迎来了一个充满希望的新时代。而作为 20 世纪人类社会最伟大的发明之一,计算机已迈入了另一个充满机遇的阶段——后 PC 时代。不知不觉中,形式多样的数字化智能产品已经开始继 PC 机之后成为信息处理的一大主力,并且正在逐步形成一个充满商机的巨大产业。

后 PC 时代的到来,使得人们开始越来越多地接触到一个新的概念——嵌入式产品,如手机、PDA、DVD、机顶盒、GPS 和 PLC 等。

嵌入式软件是智能产品的核心。如果说 PC 机的发展带动了整个桌面软件的发展,那么,数字化产品的广泛普及必将为嵌入式软件产业的蓬勃发展提供了无穷的推动力。

我国拥有世界上最大的家用电子产品消费市场和制造业,随着消费品位的提高,人们对家电的灵活性和互动性提出了更高的要求,即智能化和网络化在家电中必不可少;社会开放的扩大和人际交往的频繁,使得 PDA 等移动设备成为今后个人数据通信和事务处理的最佳选择之一;此外,现代化的医疗、测控仪器和机电产品等也需要有嵌入式系统的支持。以上这些需求都将极大地刺激了嵌入式系统的发展和产业化进程。

虽然目前智能产品还广泛使用 4 位和 8 位的嵌入式处理器,如 8051、DSP,但随着应用的升级和微电子技术的发展,32 位微处理器的大量使用已成为必然趋势。

目前,我国嵌入式应用技术的教学基本上停留在 8 位单片机的水平,既没有开设 32 位嵌入式系统开发的课程,也缺乏介绍 32 位嵌入式系统开发技术的教材,制约了后 PC 时期我国 IT 产业的发展。

为了改变嵌入式技术教育滞后的局面,特以 32 位先进微控制器应用设计为基础,编写了这本嵌入式系统应用开发技术教程。

本书各章节内容安排如下:

第一章概要介绍了嵌入式系统和实时系统的基本概念、特点、软硬件基本体系结构和应用领域,使读者对嵌入式系统有一个基本的了解;第二章以软件生命期为引导,介绍可用于嵌入式应用开发的一些基本方法;第三章介绍了嵌入式系统的硬件构成,并以 EPSON S1C33 系列的 32 位 MCU 为例,较为详细地介绍了各组成部分的功能、特点和电路原理;第四章是基于嵌入式系统运行平台的结构,介绍了嵌入式操作系统、应用编程中间件和设备驱动程序等构件;第五章介绍了嵌入式应用软件的调试方法,并重点讲述 EPSON 的开发环境、目标监控程序 MON33、在线调试器 ICD33;在第六章的应用示例中,以 PDA 的系统开发为线索,具体介绍嵌入式应用开发各环节的支持技术。

本书主要用于高等学校嵌入式应用技术教学,还可作为从事嵌入式产品开发的广大工程技术人员的技术参考,特别是对采用 EPSON S1C33 系列 MCU 的产品设计具有直接的指导作用。

在本书编写的过程中,作者阅读和消化了国内外大量的参考资料,融入了电子科技大学嵌入式实时系统研究室多年的宝贵经验与技术积累,并整合了 EPSON S1C33 系列的应用设计

参考资料,从而使本书内容具有较强的先进性和实用价值。

值得指出的是,嵌入式实时计算专家、博士生导师熊光泽教授对本书的编写做出了重要贡献。他不仅是我进入嵌入式领域的引路人,提供了编写本书的机会,而且对本书的初稿进行了认真地审阅,并提出了宝贵的意见,在此表示衷心感谢!

还要感谢嵌入式实时系统研究室的其他老师。正是他们积累的嵌入式应用开发的经验对丰富本书的内容起了重要作用。

同时感谢 EPSON 公司为本书的写作提供了大量的 S1C33 系列 MCU 资料并允许在本书中引用,还要感谢该公司的苏斌等先生,他们认真审阅了本书中有关 S1C33 的内容。

也要感谢研究室的雷红卫、杨霞等研究生,他们都为本书做出了一定的贡献。

特别感谢我的家人:父母、妻子和儿子。他们虽然没有提供技术上的帮助,但在精神上的支持和生活上的照顾,对我顺利完成本书编写工作起到了必不可少的作用。

最后,衷心感谢所有为本书的编写和出版提供了帮助的人们!

由于本书成书仓促,错漏难免,欢迎有关专家赐教和读者指正。

作者

2002 年 2 月

# 目 录

## 第一章 嵌入式系统概论

1.1 基本概念 .....	1
1.2 嵌入式系统的特点 .....	3
1.3 嵌入式系统的设计要求 .....	4
1.4 硬件基本结构 .....	4
1.5 软件结构体系 .....	5

## 第二章 嵌入式应用开发方法

2.1 软件生存周期 .....	7
2.2 嵌入式系统开发模式 .....	11
2.3 嵌入式硬件开发 .....	13
2.3.1 电子设计自动化 .....	13
2.3.2 硬件描述语言 HDL .....	14
2.3.3 知识产权核 .....	15
2.3.4 软、硬件协同开发 .....	16
2.4 嵌入式软件开发 .....	17
2.5 面向对象开发方法 .....	19
2.5.1 面向对象的概念 .....	19
2.5.2 面向对象分析 .....	19
2.5.3 面向对象设计 .....	22
2.5.4 面向对象编程 .....	23
2.5.5 面向对象测试 .....	23
2.6 构件式开发方法 .....	24
2.6.1 构件技术的起源 .....	24
2.6.2 构件及构件模型 .....	25
2.6.3 构件开发方法 .....	26
2.6.4 软件复用 .....	27

## 第三章 嵌入式硬件平台

3.1 嵌入式处理器 .....	28
3.1.1 概 述 .....	28
3.1.2 S1C33 处理器 .....	30
3.1.3 S1C33 处理器的特性 .....	33
3.1.4 S1C33 处理器的核心块 .....	34
3.1.5 S1C33 处理器的操作模式 .....	34

3.1.6	总线控制单元	37
3.1.7	S1C33 的寄存器	55
3.1.8	数据类型	57
3.1.9	S1C33 的地址空间	58
3.1.10	引导地址	59
3.1.11	S1C33 指令系统	60
3.1.12	中断处理程序	65
3.2	片内周边电路	67
3.2.1	可编程时钟产生器	68
3.2.2	8 位可编程定时器	70
3.2.3	16 位可编程定时器	76
3.2.4	时钟定时器	83
3.2.5	串 口	86
3.2.6	I/O 端口	87
3.2.7	AD 转换器	90
3.2.8	直接存储器存取	91
3.3	基本外围电路	99
3.3.1	供 电	99
3.3.2	复位电路	100
3.3.3	存储器连接电路	101
3.3.4	端 口	105
3.3.5	调试连接	105
3.4	其它支持	107
3.4.1	S1C33 的语音处理接口	107
3.4.2	LCD 支持	112
3.4.3	红外接口	113
3.4.4	USB 接口	115

#### 第四章 嵌入式应用软件的运行平台

4.1	嵌入式软件的特点	117
4.2	嵌入式操作系统	118
4.2.1	概 述	118
4.2.2	分 类	120
4.2.3	发展动向	121
4.2.4	体系结构	121
4.3	ROS33 实时操作系统	122
4.3.1	概 述	122
4.3.2	任务管理	123
4.3.3	任务独立部分	125

4.3.4 一个应用程序创建示例 .....	126
4.4 S1C33 应用编程接口 .....	131
4.4.1 编程中间件 GUI .....	131
4.4.2 语音处理 .....	138
4.4.3 图像处理 .....	148
4.5 板级支持包 .....	153
4.5.1 液晶显示器 .....	153
4.5.2 手写笔 .....	154
4.5.3 触摸屏 .....	155
4.5.4 通用串行总线 .....	155
4.5.5 设备驱动接口 .....	157

## 第五章 嵌入式软件开发平台

5.1 嵌入式应用软件的开发过程 .....	158
5.1.1 应用软件的生成阶段 .....	159
5.1.2 应用软件的调试阶段 .....	160
5.1.3 应用软件的固化运行阶段 .....	160
5.2 嵌入式开发工具概况 .....	161
5.2.1 开发方法简介 .....	161
5.2.2 交叉开发工具 .....	165
5.2.3 仿真开发工具 .....	166
5.3 S1C33 编程工具包 .....	169
5.3.1 EPSON C33 TOOLS CHAIN .....	169
5.3.2 S1C33 C 编译器 gcc33 .....	172
5.3.3 C 语言语法 .....	173
5.3.4 汇编语言语法 .....	175
5.3.5 调试器 db33 .....	177
5.4 调试监控器 .....	184
5.4.1 资源要求 .....	185
5.4.2 启动 .....	186
5.4.3 创建应用程序 .....	187
5.4.4 通信控制程序 .....	188
5.4.5 目标程序 .....	192
5.4.6 调试 .....	193
5.5 在线调试器 .....	194
5.5.1 DIP 开关 .....	196
5.5.2 监控终端 .....	196
5.5.3 信号灯 .....	197
5.5.4 信号线 .....	198

5.5.5 供电支持 .....	198
5.5.6 通信接口 .....	198
5.5.7 启动/关闭 .....	199
5.5.8 目标系统连接测试 .....	200

## 第六章 应用示例的开发过程

6.1 PDA 概述 .....	201
6.1.1 PDA 硬件配置 .....	201
6.1.2 PDA 软件配置 .....	202
6.1.3 PDA 发展趋势 .....	202
6.1.4 几款较新的 PDA .....	203
6.2 PDA 的硬件设计 .....	204
6.2.1 硬件配置 .....	205
6.2.2 原理图设计 .....	205
6.2.3 逻辑电路图设计 .....	206
6.2.4 PCB 图与制板 .....	209
6.3 PDA 的软件配置与设计 .....	210
6.3.1 软件配置 .....	210
6.3.2 系统软件开发 .....	211
6.3.3 应用软件开发 .....	216

## 附录 db33 的调试命令

附 1 存储器操作 .....	223
附 2 寄存器操作 .....	231
附 3 执行程序 .....	232
附 4 CPU 复位 .....	233
附 5 中 断 .....	234
附 6 设置断点 .....	234
附 7 显示程序 .....	240
附 8 Flash 操作 .....	241
附 9 跟 踪 .....	243

参考文献 .....	247
------------	-----

# 第一章 嵌入式系统概论

早在 20 世纪七八十年代就已经有嵌入式微处理器应用于工业控制等领域。随着工业、医疗卫生和国防等各部门对智能控制需求的不断增长,对嵌入式微处理器的运算速度、可扩充能力、系统可靠性、功耗和集成度等方面提出了更高的要求。为了适应各方面的需求,嵌入式微处理器体系结构经历了一个从 CISC 到 RISC,从 4 位、8 位、16 位、32 位到 64 位,寻址空间从 64 KB 到 16 MB 甚至更大,处理速度从 0.1 MIPS 到 2 000 MIPS,常用封装从 8 引脚到 144 引脚的过程。微处理器的功耗也有了明显降低,其集成度进一步提高,涌现了大量的 SOC(System On Chip)系统。

目前,嵌入式系统已广泛应用于信息家电、移动通信、手持信息设备以及工业控制等领域(图 1-0-1)。国外著名的处理器生产厂商(如 Motorola、Intel、AMD、日立、NSC、EPSON 等)纷纷推出各自的嵌入式微处理器,最具有代表性的是:Motorola 公司的 PowerPC 系列、Intel 公司的 StrongArm 系列、AMD 公司的 x86 系列、EPSON 公司的 S1C33 系列等。这些微处理器各具特色,大都性能优越,系统集成度高,扩展能力强,可以广泛应用于各类嵌入式系统中。

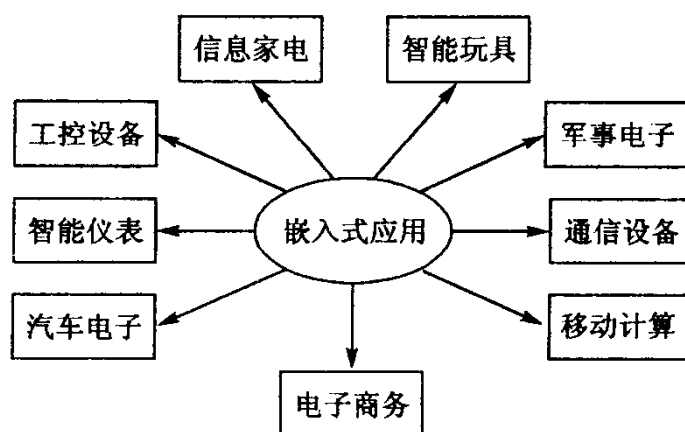


图 1-0-1 嵌入式系统应用领域

## 1.1 基本概念

嵌入式系统是以应用为中心,以计算机技术为基础,其软硬件可配置,对功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格约束的一种专用系统,所用的计算机称为嵌入式计算机。

这类系统一般由嵌入式微处理器、外围硬件设备、嵌入式操作系统以及应用程序等四个部分组成,实现对其它设备的控制、监视、管理等功能。在结构上,随应用的变化,可用箱体、单板、单片或分布式结点等形式嵌埋于应用设备或系统中。

狭义而言,人们一般将埋藏在宿主设备中的专用的、使用者不可见的微处理器系统,称为嵌入式系统。常见的单片机系统就是一种典型的初级的嵌入式系统。

广义而言,计算机可以作为某种技术过程的核心处理环节,直接与真实世界自然地接口与互动,按照环境事件的节拍主动、协调地做出响应,也就是“嵌入”到了一个技术过程中,成为一

种嵌入式计算机。实现这种技术过程的系统就可看成嵌入式系统。在大系统中,嵌入式计算机不一定是不可见的。

从本质上讲,嵌入式系统中的计算机总是处于一种实时计算模式,可以认为嵌入式计算机应具有某种实时特性。换句话说,计算机的嵌入式应用与实时应用存在某种内在联系,根据应用所强调的属性不同,这种计算机应用系统可称为嵌入式系统、实时系统或嵌入式实时系统。

### 1. 实时计算模式

德国工业标准 DIN 44330 将实时计算模式定义为:“实时计算模式是一种计算机系统的操作模式。在这种模式下,处理从外部来的数据的程序总是就绪的。所以,能够在可预测的时间内得到希望的结果;数据的到达时间是随机分布的或者是预先决定的,具体情况由不同的应用决定。”

### 2. 实时系统

工作在实时计算模式下的计算机系统,都可称为实时系统。其任务就是执行与外部技术过程相关的程序。程序的处理必须在时间上与外部过程发生的事件同步,即对外来事件在限定时间内能做出反应。

需要注意的是:实时并不等于快!它是一个相对的概念,确切定义应该是“及时”,即在系统允许的时间范围内完成任务。按照这个概念,有人将在线(on-line)处理系统视为实时系统,也有人把人-机交互性的系统称为实时系统。当然,它们都是计算机发展到一定阶段的产物。

一般地,可以这样认定:

- 实时系统是对外来事件在限定时间内能做出反应的系统。限定时间的范围很广,可以从  $\mu\text{s}$  级(如信号处理)到 min 级(如联机查询系统),这完全由客观需要决定。
- 实时控制系统和实时信息处理系统统称为实时系统。在实时控制系统中计算机通过特定的外围设备与被控对象发生联系,被控对象的信息经加工后,通过显示屏幕向控制人员显示或通过外设向被控对象发出指示,实现对被控对象的控制;在实时信息处理系统中,用户通过终端设备向系统提出服务请求,系统完成服务后通过终端回答给用户。
- 在实时系统中主要有三个指标来衡量系统的实时性,即响应时间(Response Time)、吞吐量(Throughput)和生存时间(Survival Time)。
  - ◇ 响应时间:它是计算机从识别一个外部事件到做出响应的的时间。在控制应用中它是最重要的指标,如果事件不能得到及时的处理,系统可能会崩溃。对于不同的过程,有不同的响应时间要求。对于有些慢变化过程,具有几分钟甚至更长的响应时间,这都可以认为是实时的。对于快速过程,其响应时间可能要求达到 ms、 $\mu\text{s}$ 、ns 级甚至更短。因此,实时性不能单纯从绝对的响应时间长短来衡量,应当根据不同的对象,在相对意义上进行评价。
  - ◇ 吞吐量:它指在给定时间内,系统可以处理的事件总数。例如,通信控制器用每秒钟处理的字符数来表示吞吐量。吞吐量可能是平均响应时间的倒数,但它通常要小一些,因为在每次响应后可能需要一段时间进行清理(Clean up)。因此,这段时间就称为恢复时间(Recovery Time)。
  - ◇ 生存时间:它是数据有效等待时间。在这段时间里数据是有效的。

- 实时系统强调的是实时性和可靠性。这除了与计算机硬件(如处理器、存储器速度等)有关外,还与实时系统的软件密切相关。实时系统的软件是实时应用软件和实时操作系统 RTOS(Real-Time Operating System)两部分的有机结合,其中 RTOS 起着核心作用,由它来管理和协调各项工作,为应用软件提供良好的运行软件环境及开发环境。
- 实时应用范围很广,主要有两类:嵌入式应用和在线应用。在线应用通常用于在线交易、在线查询等系统,如飞机订票、银行交易和股票交易系统。这些系统的响应时间要求不高,只要可以忍受就行了。

### 3. 嵌入式应用

大多数实时系统都是嵌入式应用(Embedded Applications)。在这种系统中,计算机是一种智能部件,内装于专用设备/系统的高速计算机。内藏这种计算机的系统威力大、反应速度快、自动化程度高,其主要功能是在一个大型的工程系统中作为信息处理部件。在这种情况下,用户不需知道装置内有计算机的存在,一般不能被用户编程。它有一些专用的 I/O 设备,对用户的接口是专用的。因此,嵌入式应用软件的开发一般是通过交叉开发来实现,即开发环境和实时运行环境是不同的。

嵌入式计算机系统广泛地用于办公自动化、消费、通信、汽车、工业和军事领域,典型应用包括:

- 过程控制(Process Control):对生产过程中的各种动作流程进行控制。这种控制是在对被控对象和环境进行不断检测的基础上做出及时的、恰当的反应。在控制过程中,计算机扮演着中心的角色。它通过传感器从外部接收有关过程的信息,对这些信息进行加工处理,然后对执行机构发出控制指令。
- 网络通信(Telecommunication):程控交换机、路由器、BB 机、手机、桥接器、集线器和 Modem 等是网络通信的必备设备。
- 智能仪器(Intelligent Instrument):如示波器、医疗仪器等。
- 消费电子(Consumer Products):掌上电脑、数字电视、游戏机、洗衣机和微波炉等属于家庭和办公所用消费电子产品。
- 计算机外设(Computer Peripherals):包括打印机、扫描仪、终端和磁盘驱动器等。
- 军事电子(Military Electronics):如雷达、电子对抗、坦克、战机和战舰等。

## 1.2 嵌入式系统的特点

与通用型计算机系统相比,嵌入式计算机系统具有以下特点:

- 及时响应:按照嵌入式系统的定义,它是某种技术过程的核心处理环节,必须满足技术过程的时限要求,自然具有实时处理的特性。
- 并发处理:实际环境中,嵌入式实时系统处理的外部事件往往不是单一的,这些事件往往随机发生,可能同时出现。因此,嵌入式处理具有分布和并发的特点。
- 专用紧凑:由于嵌入式设备的用途固定、成本敏感,其软硬件够用即可。因此,它在体积、功耗和配置等方面有明显约束。
- 健壮可靠:嵌入式产品的使用人员多为非计算机专业人士,使用环境不定,往往条件恶劣,因此,其健壮性和可靠性是该类系统的必备条件。

- 多样性:嵌入式系统应用广泛,品种繁多,形式多样。
- 技术密集:嵌入式系统是计算机技术、微电子技术和行业技术相结合的产物,因此,它必然是一个技术密集、不断创新的知识集成系统。
- 开发困难:嵌入式系统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。

### 1.3 嵌入式系统的设计要求

嵌入式系统设计不同于桌面机系统,它非常受限于功能和具体的应用环境,如及时性、体积/质量限制、安全性/可靠性等。因此,在设计时需要重点考虑以下因素:

- 功能实用、便于升级:嵌入式产品应用特定,最初只需提供必要的功能,但其体系结构应能支持产品升级与功能扩展。
- 并发处理、及时响应:由于采用并发多任务技术处理嵌入式系统复杂的外部事件,以及控制软件系统的复杂性,保证了系统的实时性能。
- 造型自然、结构紧凑:嵌入式产品外型符合环境特点,结构精简、紧凑。
- 接口方便、操作容易:嵌入式产品接口符合技术过程的特点,操作过程简单。
- 稳定可靠、维护简便:嵌入式系统的软硬件配置精简,抗干扰能力符合环境要求;装配结构便于检修。
- 功耗管理、降低成本:采用严格的功耗管理措施,延长电池寿命;提高软硬件的资源利用率,努力降低产品成本。

### 1.4 硬件基本结构

与普通的计算机系统一样,嵌入式系统也是由硬件和软件两大部分组成。前者是整个系统的物理基础,它提供软件运行平台和通信(包括人一机交互)接口;后者实际控制系统的运行。整个系统的体系结构如图 1-4-1 所示。

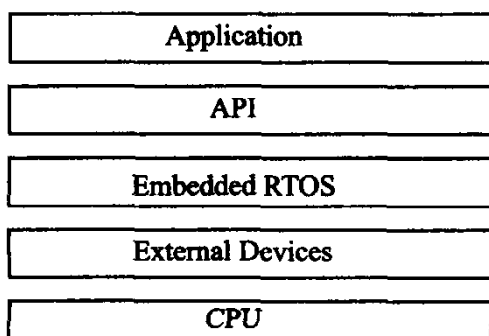


图 1-4-1 嵌入式系统体系结构

本节和下一节简要介绍嵌入式系统的软硬件基本体系结构。

如前所述,嵌入式系统很早以前就已出现,存在于不同的应用中。在 20 世纪 60 年代后期,它被用来控制电话的电子式机械交换并被称为“存储程控控制”系统,而“计算机”一词在那时尚不常见;所谓的存储程序是指那些放有程序和路由信息的内存。存储这些控制逻辑而不是用硬件来实现是观念上的一种真正突破。现今,我们早认为这种工作机理是理所当然的了。

为适应每一个应用,这些计算机是被定做出来的(简言之,这些计算机是面向应用的)。按今天的标准来看,它们有着奇怪的专用指令以及与主要计算引擎集成在一起的 I/O 设备,就像一批突变异种者。

由图 1-4-2 可以看出,嵌入式系统的硬件部分可以分成三层:核心处理器、外围电路和外部设备。

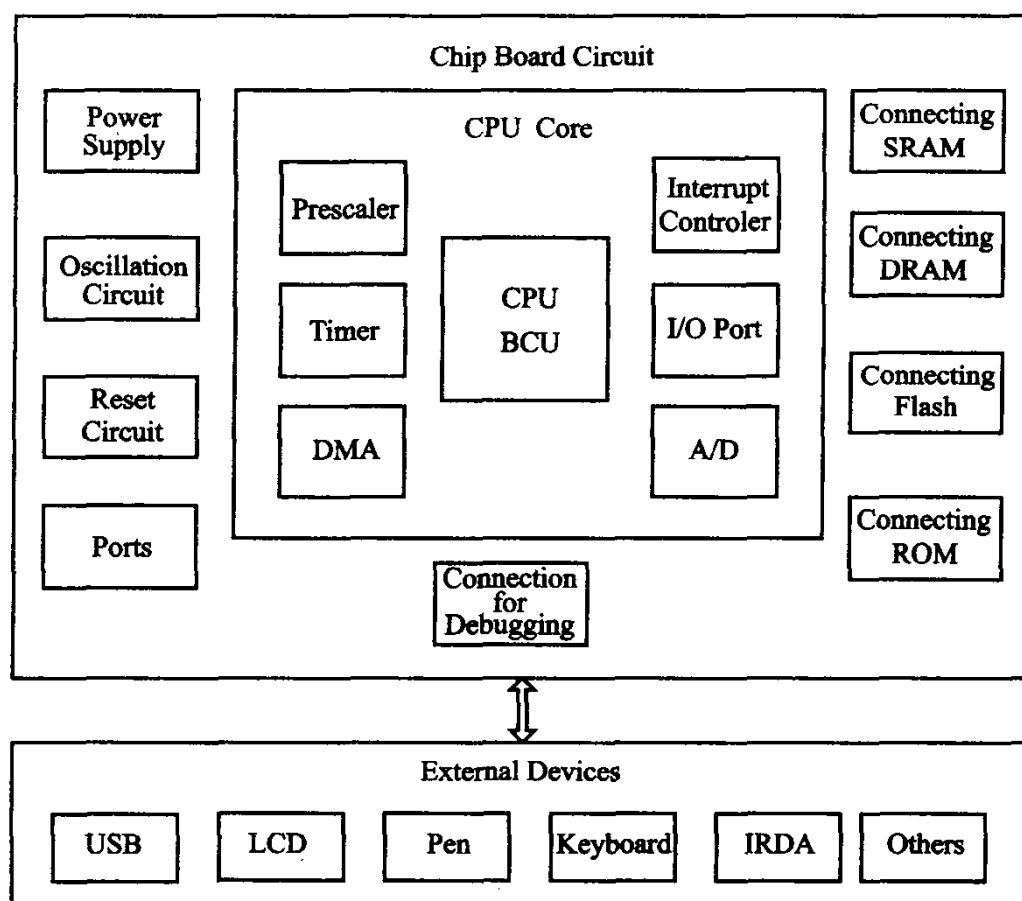


图 1-4-2 嵌入式系统硬件体系结构

- 核心处理器(CPU Core):它是嵌入式系统的核心部件,负责控制整个嵌入式系统的执行。
- 外围电路:该电路包括嵌入式系统的内存、I/O 端口、复位和电源等,与 CPU Core 一起构成一个完整的嵌入式目标系统。
- 外部设备:嵌入式系统与真实环境交互的各种设备,包括存储设备(如 Flash Card)、I/O设备(如键盘、鼠标、LCD 等)和打印设备(打印机、扫描仪等)。

实际环境中,嵌入式设备的硬件配置非常灵活。除 CPU 和基本外围电路外,其余部分都可以进行剪裁。

## 1.5 软件结构体系

嵌入式系统的软件结构可以分为四个层次:设备驱动、操作系统、应用中间件和应用系统,如图 1-5-1 所示。

- 设备驱动接口DDI:它负责嵌入式系统与外部设备的信息交互。
- 操作系统 RTOS:该系统分成基本和扩展两部分。前者是操作系统的核心,负责整个系统的任务调度、存储分配、时钟管理和中断管理,并提供文件、GUI 等基本服务;后者是为用户提供操作系统的扩展功能,包括网络、数据库等。
- 应用编程接口API:该接口称为应用编程中间件,是为编制应用程序提供的各种编程接口库(Lib)。它可以针对不同应用领域(如网络设备、PDA、机顶盒等)、不同安全要求

分别构建,从而减轻应用开发者的负担。

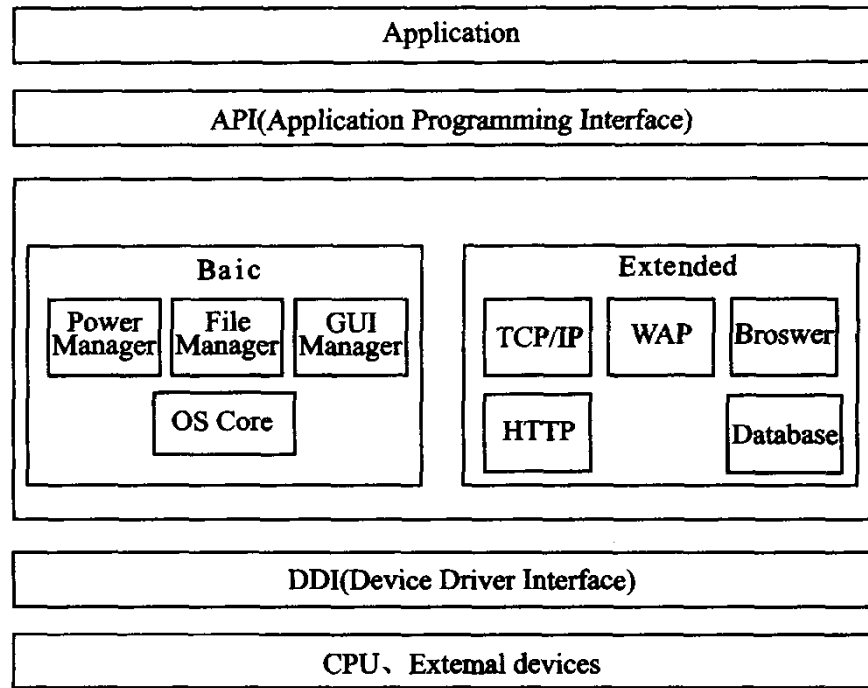


图 1-5-1 嵌入式系统软件体系结构

- 应用系统:实际的嵌入式系统应用软件,如嵌入式文本编辑、游戏、读/写卡系统等。

当实际构建嵌入式系统时,并不一定需要 RTOS 和应用编程接口 API。即使使用,也可以根据实际需求配置和剪裁。

## 第二章 嵌入式应用开发方法

与日常使用的 PC 软件一样,嵌入式软件的开发过程也是一个循环的问题解决过程(图 2-0-1)。由于需要解决的问题日趋复杂,使得嵌入式软件开发也遇到了“软件危机”问题,即开发能力滞后于硬件发展,开发高可靠的嵌入式软件非常困难,现行软件几乎无法升级等。因此,研究行之有效的嵌入式软件开发技术成为必然趋势。

从 20 世纪 60 年代末以来,软件工程的研究为软件开发提供了各种各样的开发模式和开发方法。其中,有相当部分的软件开发在 PC 机上行之有效地进行,其方法在嵌入式软件的开发上也有良好的应用。但是,嵌入式系统的应用开发不仅仅是软件开发问题,它必然涉及软/硬件两方面。

为此,本章从软件工程基本概念着手,结合嵌入式应用开发的特点,简要介绍嵌入式系统开发的整体思想,以及一些高效的、常用的嵌入式硬件/软件开发模式和方法。

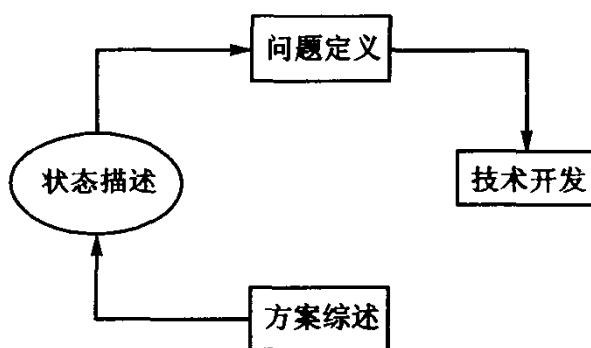


图 2-0-1 嵌入式软件的开发过程

### 2.1 软件生存周期

生存周期方法学是传统软件工程学强调使用的方法之一。它从时间角度对软件开发和维护的复杂问题进行分解,把软件生存的漫长周期依次划分为若干个阶段,每个阶段有相对独立的任务,然后逐步完成每个阶段的任务(图 2-1-1)。这样既降低了整个软件开发工程的难度,便于不同人员分工协作,又方便在各个阶段采用有效的科学管理方法和严格审查。这种方法确保软件开发工程的全过程以一种有条不紊的方式进行,从而保证软件的质量,提高软件的可维护性。

用生存周期方法学开发软件,从对任务的抽象逻辑分析开始,一个阶段一个阶段地进行开发。

- 前一个阶段任务的完成是开始进行后一个阶段工作的前提和基础,而后一阶段任务的完成通常是使前一阶段提出的解法更进一步具体化,并加进了更多的物理细节。
- 每一个阶段的开始和结束都有严格标准。对于任何两个相邻的阶段而言,前一阶段的结束标准就是后一阶段的开始标准。
- 在每一个阶段结束之前都必须进行正式严格的技术审查和管理复审,从技术和管理两方面对这个阶段的开发成果进行检查,通过之后这个阶段才算结束。如果检查通不过,则必须进行必要的返工,若返工后还要再审查,检查通过与否。
- 审查的一条主要标准就是每个阶段都应该交出“最新式的”(即和所开发的软件完全一致的)高质量的文档资料,从而保证在软件开发工程结束时有一个完整准确的软件配置交