

嵌入式操作系统与嵌入式处理器

1 嵌入式系统

嵌入式系统(Embedded System, ES)是将先进的微电子技术、通讯技术和计算机技术与各个具体应用领域相结合的产物,是一个资金技术密集且高度集成创新的知识系统。嵌入式系统是以应用为中心,计算机技术为基础,软硬件可裁剪,适应于应用系统对功能、可靠性、成本、体积和功耗等方面有严格要求的专用计算机系统。因此,它具有“嵌入性”、“专有性”和“计算机系统”三个基本要素,其中“嵌入性”是它的特征,“专有性”是它的灵魂,“计算机系统”是它的本质。

根据 IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers 电气电子工程师协会)从它的用途来定义,嵌入式系统是用来监视、控制或者辅助机器和设备运行的系统[2]。其实嵌入式系统就是微操作系统和功能软件的集成,在以微处理器为核心的微型计算机硬件体系中所形成的简易便捷,稳定可靠,经济实用的机电一体化产品。

2 嵌入式处理器

嵌入式处理器(Embedded Processor, EP)与通用处理器最大的区别就在于嵌入式处理器大多工作在为不同用户群所设计的特定系统中,它常常将通用处理器中许多由板卡完成的功能集成到芯片内部,从而有利于实现嵌入式系统设计的微型化,同时又保证了较高的可靠性和处理效率。到目前为止,全球嵌入式处理器的种类已经超过 1000 多种,其中以 ARM、MIPS、Power PC、Motorola 68K、X86 等体系结构最为常见,一般将嵌入式处理器分成以下四类:

- 1) 嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit, MCU);
- 2) 嵌入式微处理器 (Embedded Microprocessor Unit, EMPU);
- 3) 嵌入式 DSP 处理器(Embedded Digital Signal Processor, EDSP);
- 4) 片上系统(System On Chip, SOC)。

一般在嵌入式系统设计中常用的嵌入式微处理器和体系结构主要有以下几种:

- 1) ARM

ARM(Advanced RISC Machines)公司是全球著名的 16/32 位精简指令集计算机 RISC(Reduced Instruction Set Computer)处理器设计供应商,通过提供高性能与低功耗的 RISC 处理器芯片设计技术给各个生产厂商来生产满足不同应用领

域要求的芯片。事实上，由于 ARM 处理器一方面支持 16 位的 Thumb 指令集和 32 位的 ARM 指令集，另一方面使用了大量的寄存器和灵活的寻址方式来提高系统执行的效率，所以 ARM 处理器技术已经成为数字通信、工业控制、多媒体家电等嵌入式应用领域的 RISC 标准。ARM 系列处理器种类很多，目前市场上应用最为广泛的是 ARM9 和 ARM10 系列处理芯片。ARM9 处理器由于拥有了五级流水线结构和自带 MMU 功能，广泛应用于手持终端和无线通讯等领域。ARM10 处理器由于采用了更高的六级流水线结构和支持 DSP 指令以及支持 64 位的 AMBA 总线接口[5]，其性能较 ARM9 有了很大的提高，广泛应用于手持 PDA 以及车载电子等高端领域。

2) MIPS

MIPS(Microprocessor without Interlocked Pipeline Stages)简称无内部互锁流水级的微处理器，是美国 MIPS 技术公司推出的一种基于 RISC 架构的高性能高档次的处理器内核。MIPS 采用了先进的设计理念和清晰的系统结构，强调软硬件协同工作以提高处理器性能，同时简化了硬件设计，采用软件方法来避免流水线运行中的数据相关问题。虽与 ARM 处理器相比，MIPS 体系结构的处理器功耗要高些，但它具备了从 32 位低端产品到 64 位高端产品的完整解决方案，而且在知识产权的授权费用上 MIPS 要低于 ARM，因此，MIPS 内核逐渐被越来越多的消费类电子产品和工业控制产品的设计所采用。

3) Power PC

PowerPC(Performance optimization with Enhanced RISC performance Computing)简称性能优化与增强的 RISC 性能计算，是由 IBM、Motorola 和 Apple 公司联合开发的一款高性能 32/64 位 RISC 处理器，其主要特点是可伸缩性好，方便灵活和较高的性价比。常见的基于 Power PC 架构的处理器有 IBM 公司的 Power PC64S(深蓝内部的 CPU)、Power PC750、Power PCG3 以及 Motorola 公司的 MC 和 MPC 系列等。目前，基于 Power PC 体系结构的处理器广泛应用于桌面 PC 系统、移动 PC 系统、嵌入式系统以及金融电信等行业。

4) Motorola 68K

Motorola 68K 采用复杂指令集计算机 CISC(Complex Instruction Set Computer)架构[8]，是出现比较早的嵌入式处理器，在全球的各种嵌入式处理器应用领域中取得了巨大成功。曾经 Sun 微计算机公司把这款处理器应用于早期的产品开发中。

5) X86

X86 系列处理器起源于 Inter 架构的 8080，然后发展出 286、386、486 直到现在的奔腾处理器乃至双核处理器。从嵌入式市场分布来看，486DX 也是与 ARM、68K、MIPS、SuperH 齐名的五大嵌入式处理器之一。目前市场上基于 X86 体系结构的 PC104 产品占有很大的市场份额。

3 嵌入式操作系统

嵌入式操作系统(Embedded Operating System, EOS)是嵌入式系统的重要组成部分,它通常运行在嵌入式硬件平台之上,对整个系统的软硬件资源进行有效管理控制和协调调度的系统软件。嵌入式操作系统可以分为两大类:嵌入式实时操作系统(Embedded Real-time Operating System, ERTOS)和嵌入式分时操作系统。实时操作系统是指系统能及时响应外部事件的请求,在确定的时间内对事件进行处理,并控制所有任务协调一致运行的操作系统。实时操作系统对响应时间有着严格的要求,绝对不能错过该时限要求,否则就会引起严重的错误。而分时操作系统则按照相等的时间片(time slicing)轮流调度进程执行,在执行的时间上并没有实时操作系统要求的那么严格,错过任务执行的最后截止日期或执行时序上的偏差,并不会造成系统的崩溃,带来灾难性的后果。

通常按照对截止日期(Deadline)要求的不同,嵌入式实时操作系统又可以分为硬实时系统(Hard Real-time OS)和软实时系统(Soft Real-time OS)。硬实时系统是指对系统响应时间有着严格的要求,在任务的截止期限内必须及时响应,绝对不能错过任务处理的截止日期,否则就会引起系统崩溃或者导致灾难性后果。软实时系统是指系统任务一般能够在截止日期到达前得到处理,但是如果系统响应时间错过处理的截止日期,它并不会导致系统崩溃或出现致命的'错误'。

1998年, Bernat 和 Burns 两位科学家又提出弱硬实时(Weakly Hard Real-time)的概念[9],即实时任务可以错过截止日期,但任务错过的截止日期必须可预知且被限制在一定的时间范围内。从定义上看,弱硬实时能够科学地定义软实时任务的实时特性及实时要求,是对软实时系统的细化和发展。两者相似之处都允许系统中的实时任务错过截止日期,而不同之处在于弱硬实时系统在软实时系统的基础上加了一些对截止期限的限制,规定了任务错过的截止日期数必须可预知且被限定在一定的范围之内。弱硬实时系统的优点就在于能够对软实时系统中实时任务“软”的程度进行定性,同时虽然弱硬实时系统对任务在单个周期中的特性要求是“软”的,但从任务窗口的角度来看,弱硬实时系统对任务的要求又是“硬”的,即任务错过的截止日期必须可预知且被严格限制。

目前国内外常见的嵌入式操作系统主要有以下几种:

1) Windows CE

Windows CE 是美国 Microsoft 公司专门为各种移动和便携式消费类电子产品等嵌入式应用系统设计的一款 32 位高性能微内核结构的多任务多用户的操作系统。它具有一个简洁高效的基于完整优先权的可抢占式操作系统内核[10],支持强大的通信和图形实现功能,能够适应广泛的系统需求。Windows CE 不需要任何特定的硬件结构,实际的硬件结构完全由用户根据需要自由设计。现在 Microsoft 公司又推出了针对移动通信产品应用的 Windows Mobile 操作系统,占据了很大的市场份额。