

嵌入式系统发展综述

张营 李鹏 陈立锋 巩永光
(济宁学院物理系)

摘 要:文章在给出了嵌入式系统具体定义的基础上, 论述了嵌入式系统的结构、特点, 给出了MCU、DSP、ARM等常用嵌入式处理器及VxWorks、Linux、WinCE等常用嵌入式操作系统的介绍, 详细论述了嵌入式系统的发展。

关键词:嵌入式系统, 嵌入式处理器, 嵌入式操作系统

Embedded System Development Summary

ZhangYing LiPeng ChenLiFeng GongYongGuang
(Jining University physics department)

Abstract: This paper gives a specific definition of embedded systems based on the embedded system discussed the structure, characteristics, given the MCU, DSP, ARM and other commonly used embedded chips and VxWorks, Linux, WinCE and other commonly used embedded operating system, the detail embedded system development

Keywords: Embedded System, Embedded processor unit, Embedded operation system

0. 引言

随着电子技术的快速发展, 特别是大规模集成电路的产生而出现的微型机, 使现代科学研究得到了质的飞跃, 而嵌入式微控制器技术的出现则是给现代工业控制领域带来了一次新的技术革命。由嵌入式微控制器组成的系统, 最明显的优势就是可以嵌入到任何微型或小型仪器、设备中。

嵌入式系统被定义为: 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^[1]。嵌入式系统是将先进的计算机技术、半导体技术、电子技术和各个行业的具体应用相结合后的产物, 这一点就决定了他必然是一个技术密集、资金密集、高度分散、不断创新的知识集成系统。嵌入式计算机的外部设备中就包含了多个嵌入式微处理器, 如键盘、硬盘、显示器、网卡、声卡等均是由嵌入式处理器控制的。现在, 嵌入式系统带来的工业年产值已超过了1万亿美元, 嵌入式计算机不仅在民品上而且在军事装备上也得到了广泛地应用。嵌入式系统配套的外围输入输出电路、液晶等显示技术、兰牙技术、传感器和微型电子机电系统(MEMS)技术、各种智能算法等方面的突破, 也是促使嵌入式系统的产品迅速占有市场的一个原因, 所以目前它在移动通信、GPS全球定位系统、汽车、金融等重要应用领域都有较快发展, 嵌入式系统产品的应用技术及硅片上的知识含量均表示知识经济时代已经开始的端倪。总之, 现在是处于嵌入式系统迅速发展的时期

1. 嵌入式系统的结构

嵌入式系统作为一类特殊的计算机系统, 自底向上包含有3个部分, 如图1所示。

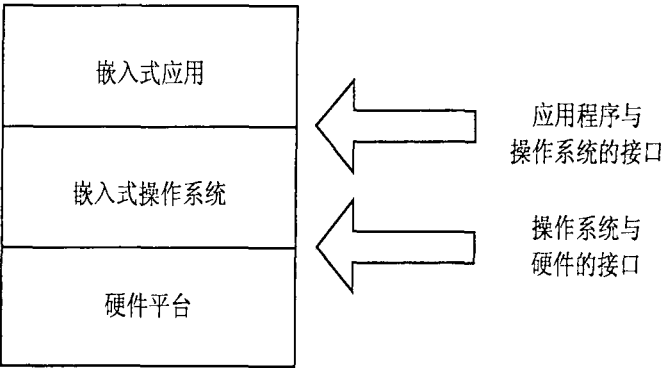


图1 嵌入式系统的基本结构

(1) 硬件环境 是整个嵌入式操作系统和应用程序运行的硬件平台, 不同的应用通常有不同的硬件环境。硬件平台的多样性是嵌入式系统的一个主要特点。

(2) 嵌入式操作系统 完成嵌入式应用的任务调度和控制等核心功能。具有内核较精简、可配置、与高层应用紧密关联等特点。嵌入式操作系统具有相对不变性。

(3) 嵌入式应用程序 运行于操作系统之上, 利用操作系统提供的机制完成特定功能的嵌入式应用。不同的系统需要设计不同的嵌入式应用程序。

如何简洁有效地使嵌入式系统能够应用于各种不同的应用环境, 是嵌入式系统发展中所必须解决的关键问题。经过不断的发展, 原先嵌入式系统的3层结构逐步演化成为一种4层结构。如图2所示, 这个新增加的中间层次叫硬件抽象层, 有时也叫板级支持包, 是一个介于硬件与软件之间的中间层次。硬件抽象层通过特定的上层接口与操作系统进行交互, 向操作系统硬件的直接操作。硬件抽象层的引入大大推动了嵌入式操作系统的通用化。

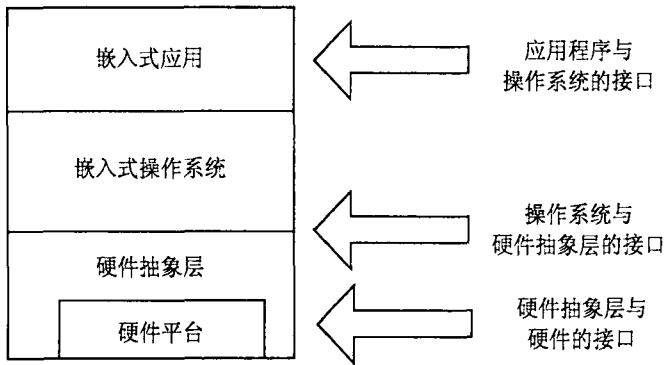


图2 引入硬件抽象层以后的嵌入式系统的结构

2. 嵌入式系统的特点

2.1 嵌入式系统工业的特点和要求

从某种意义上来说，通用计算机行业的技术是垄断的。嵌入式系统则不同，嵌入式系统工业是不可垄断的高度分散的工业，充满了竞争、机遇与创新，没有哪一个系列的处理器和操作系统能够垄断全部市场，即便在体系结构上存在着主流。但各不相同的应用领域决定了不可能由少数公司、少数产品垄断全部市场。因此嵌入式系统领域的产品和技术，必然是高度分散的，留给各个行业高新技术公司的创新余地很大。另外，社会上的各个应用领域是不断向前发展的，要求其中的嵌入式处理器核心也同步发展，这也构成了推动嵌入式工业发展的强大动力。嵌入式系统工业的基础是以应用为中心的“芯片”设计和面向应用的软件产品开发。

2.2 嵌入式系统具有的产品特征

嵌入式系统是面向用户、面向产品、面向应用的，不能独立于应用自行发展，否则便会失去市场。嵌入式系统的核心部件，嵌入式微处理器的功耗、体积、成本、处理能力和电磁兼容性等方面均受到应用要求的制约，这些也是各个半导体厂商之间竞争的热点。嵌入式系统的硬件和软件设计都必须精心考虑，力争在同样的硅片面积上实现更高的性能，只有这样，才能在具体应用时对处理器的选择面前更具有竞争力。嵌入式处理器要针对用户的具体需求，对芯片配置进行裁剪和添加才能达到理想的性能。由于嵌入式系统和具体应用有机地结合在一起，具有较长的生命周期。

2.3 嵌入式处理器软件的特征

嵌入式处理器的应用软件是实现嵌入式系统功能的关键，对嵌入式处理器系统软件和应用软件的要求也和通用计算机有所不同，主要有以下几点：

(1) 软件要求固态化存储 为了提高执行速度和系统可靠性，嵌入式系统中的软件一般都固化在存储器芯片或嵌入式微控制器本身中，而不是存储于磁盘等载体中。

(2) 软件代码要求高质量、高可靠性 尽管半导体技术的发展使处理器速度不断提高、片上存储器容量不断增加，但在大多数应用中，存储空间仍然是宝贵的，还存在实时性的要求。为此要求程序编写和编译工具的质量要高，以减小程序二进制代码长度、提高执行速度。

(3) 系统软件(OS)的高实时性是基本要求 在多任务嵌入式系统中，对重要性各不相同的任务进行统筹兼顾的合理调度是保证每个任务及时执行的关键，单纯通过提高处理器速度是无法完成和没有效率的，这种任务调度只能由优化编写的系统软件来完成，因此系统软件的高实时性是基本要求。

(4) 多任务操作系统是知识集成的平台和走向工业化标准化道路的基础，嵌入式系统开发需要开发工具和环境 嵌入式系统本身不具备开发能力，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，这些工具和环境一般是基于通用计算机上的软硬件设备以及各种逻辑分析仪、混合信号示波器等。

(5) 嵌入式系统软件需要实时多任务操作系统开发平台(RTOS) 通用计算机具有完善的操作系统和应用程序接口，是计算机基本组成不可分离的一部分，应用程序的开发以及完成后的软件都在OS平台上面运行，但一般不是实时的。嵌入式系统则不同，应用程序可以没有操作系统直接在芯片上运行；但是为了合理地调度多任务、利用系统资源，用户必须自行选配RTOS开发平台，这样才能保证程序执行的实时性、可靠性，并减少开发时间，保障软件质量。

(6) 在嵌入式系统的软件开发过程中，采用C语言将是最佳和最终的选择 由于汇编语言是一种非结构化的语言，对于大型的结构化程序设计已经不能完全胜任了。这就要求我们采用更高级的C语言去完成这一工作。

3. 嵌入式处理器分类

3.1 微控制器MCU

简称单片机(SingleChipMicroController)。在CPU基础上，将输入输出(I/O)接口电路、时钟发生器及一定容量的存储器等部件集成在一个芯片上，即是比较早期的单片机。在其外加上晶体振荡器、AD、DA、DI、DO及光电隔离等外围器件就构成计算机系统，主要就用于工业控制、智能化仪表、家用电器等方面，目前扩大到通信、高档电子玩具等方面。它具有体积小、个性突出(如控制功能强、工作温度范围宽、抗干扰强、指令系统比通用微机系统简单)、价格低廉等特点，加之它是各个层次的技术院校学生教学的必修性，掌握此项技术的人力充足，易于动手，所以在国内比较普及。单片机的开发系统或称仿真机，是开发、培训的有效工具。它可以浏览和修改内部、外部RAM和程序存储器内的内容；提供汇编语言或C语言等高级语言的编辑环境；具有单步、连续指令执行功能，具备跟踪执行功能，具备断点设置和取消功能等，以便于程序调试^[2]。

3.2 数字信号处理器DSP

与MCU注重控制功能不同，DSP接受声音等模拟信号，注重数字化后的各种快速算法，通过数字信号处理，完成如声音和图像的压缩编码、识别和鉴别、加密解密、调制解调、信道辨识与均衡、智能天线、频谱分析等运算

功能,所以它对处理速度、实时性能及运算能力等要求很高。由于声波等模拟信号进行数字信号处理具有可控性、稳定性、可重复抗干扰性能、可实现自适应等智能算法、数据压缩优势,所以DSP成为研制的热点。DSP主要应用移动电话手机、硬盘和光盘驱动器、便携式数字声播放器,这些产品订货量大;另外,就是用在需要行大量复杂运算的数据处理设备如声纳和地震探等设备中。DSP作为进行高速数字信号处理的微处理其结构如图3所示,这就是所谓改善的哈佛结构以提高运算速度,除此以外,还采用流水技术、硬乘法和乘加指令MAC独立的直接存储器访(DMA)总线及其控制器、数据地址发生器(DAG定点DSP处理和浮点DSP处理等技术。

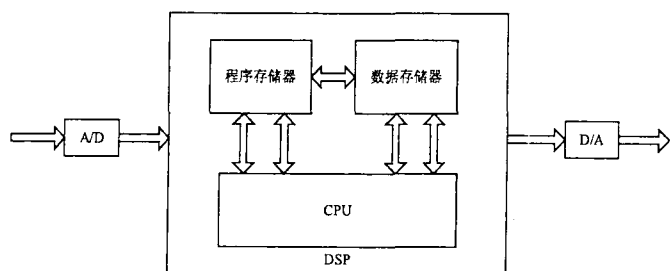


图3 典型DSP数字信号处理器系统结构

20世纪80年代DSP开发以来,以8位机为形成以TI、LUCENT、MOTOROLA、AD四大公产品的格局。近年来,LUCENT和MOTOROLA司宣布成立一个联合的DSP核设计中心,开发高能16位定点DSP核--STAR*CORE;IntelAD公司也联合开发高性能DSP核;TI公司也与MIPS公司(该公司善长RISC技术)合作开发新列的DSP核。21世纪开始LUCENY公司发表STARPRO2000、MOTOROLA公司发表MSC8101、AD公司发表了16位定点DSP处理BLACKFINADSP-21535;TI公司发表了16位点DSP处理器TMS320C55X和32位浮点DSP理器TM320C64X。作为数字信号处理系统,DSP有其专门的开工具和软件,这不是一般高性能通用微处理器的统可以替代的。DSP仍以采用汇编语言进行软件制为主,其相关函数库等信号处理的算法,已成DSP技术(Digital Signal Processing)的一部分。

3.3 MPU(Micro-Processor Unit)

ARM(Advanced RISC Machines)公司从1991年推出第一种嵌入式RISC内核ARM6开始至今,经过十多年坚持不懈的打造,ARM已成为世界领先的嵌入式RISC处理器知识产权(IP)提供商。ARM公司是一个概念创新的公司,它首先提出知识产权公开出售授权的概念,它既不生产芯片,也不销售芯片,它的商业模式是搞设计和卖方案,它通过对数字电子公司在广泛的应用中使用高性能、低价格、低功耗的微处理器和系统芯片进行授权而获利。ARM公司也出售软件和开发系统,还提供咨询、技术支持、维护和培训服务,以加快大家对ARM体系结构和产品的认知和接受,从而改变了世界半导体行业的格局。它借助于拥有的强大技术优势,在世界范围内与许多业界领先的半导体厂商和芯片设计中心、实时操作系统软件开发商、应用软件公司、电子设计自动化(EDA)工具供应

商和系统公司建立合作关系,其中包括世界顶级的厂商Intel、NS、TI、Apple、Motorola、Mitsubishi、SUN、Lucent、Sanyo、Altera、Triscend、Agilent、Toshiba、Fujitsu、Sharp、ST、3COM、OKI、YAMAHA、Atmel、Rohm、Rockwell、Philips、Lucent、Samsung、Hyundai、Sony和Alcatel等56家公司。由此可见ARM技术具有不可抗拒的魅力,1999年采用ARM IP核的芯片出货量就达1.8亿片,占RISC市场份额57.8%;2000年采用ARM IP核的芯片出货量更是增长到4亿片,RISC市场份额上升到74.3%,同期MIPS芯片占11.3%,Power PC芯片占3.4%。

3.4 SOC(System On Chip)

随着EDA的推广和VLSI设计的普及化,以及半导体工艺的迅速发展,在一个硅片上实现一个更为复杂的系统的时代已来临,这就是SOC。各种通用处理器内核将作为SOC的标准库,和许多其他嵌入式系统外设一样,成为VLSI设计中一种标准的器件,用标准等语言描述,存储在器件库中。用户只需定义出其整个应用系统,仿真后就可以将设计图交给半导体工厂制作样品。这样除个别无法集成的器件外,整个嵌入式系统大部分均可集成到一块或几块芯片中去,应用系统电路板将变得更简洁,对于减少体积和功耗、提高可靠性都非常有利[4]。

4. 嵌入式软件系统

4.1 VxWorks

Vxworks是美国Wind River(风河)公司开发的。因出现稍早,实时性很强(据说可在1ms内响应外部事件请求),并且内核可极微(据说最小可8K),可靠性较高等,所以在北美,Vxworks占据了嵌入式系统的多半江山。特别是在通信设备等实时性要求较高的系统中,几乎非Vxworks莫属。Vxworks的很多概念和技术都和Linux很类似,主要是C语言开发。像Bell-alcatel、Lucent、华为等通信企业在开发产品时,Vxworks用得很多。但Vxworks因价格很高,所以一些小公司或小产品中往往用不起,价格在3万美元之上,此外,用VxwOrks[3]。

开发的嵌入式单片机产品还要按每一产品若干美元付费。即所谓Royalty。目前很多公司都在往嵌入式Linux转(听说华为目前正在这样转)。但无论如何,Vxworks在一段长时间内仍是不可动摇的。与Vxworks类似的稍有名的实时操作系统还有pSOS、QNX、Nucleus等RTOS。

VxWorks应用在通信、军事、航空、航天等高精尖技术及实时性要求极高的领域中,如卫星通讯、军事演习、弹道制导、飞机导航等。在美国的F-16、FA-18战斗机、B-2隐形轰炸机和爱国者导弹上,甚至连1997年7月在火星表面登陆的火星探测器上也使用到了VxWorks。1996年12月4日,携带“旅居者”号火星车的美国“火星探路者”号探测器发射升空,1997年7月4日在火星阿瑞斯平原着陆。

4.2 Linux

自从1991年10月5日Linux 问世到现在,短短10几年时间,而它在全球计算机产业界的影响却超过了之前的任何一个操作系统Linux是一个成熟、稳定的网络操作系统。

目前应用在嵌入式领域的Linux系统主要有两类:一类是专为嵌入式设计的已被裁减过的Linux系统,最常用的是uClinux(不带MMU功能),目前占较大应用份额,可在ARM7上跑;另一类是跑在ARM9上的,一般是将Linux 2.4.18内核移植在其上,可使用更多的Linux功能(当然uClinux更可跑在ARM9上)。很多人预测,嵌入式Linux预计将占嵌入式操作系统的50%以上份额,非常重要。

4.3 WinCE

Microsoft也看准了嵌入式的巨大市场,MS永远是最厉害的,WinCE出来只有几年时间,但目前已占据了很大市场份额,特别是在PDA、手机、显示仪表等界面要求较高或者要求快速开发的场合,WinCE目前已很流行。WinCE目前主要为4.2版(.NET)

Windows CE是一种32位的多任务操作系统,它经过压缩,可以移植,能够开发适合多种企业和客户需要的设备。由于它是微软公司的“维纳斯计划”的核心,包含了Internet Explorer的版本,可以和Internet实现连接,同步交换信息。如果开发者能熟悉Windows开发环境,可以基于Windows CE开发出很好的应用程序。

5. 嵌入式系统的发展趋势

现在嵌入式系统正处于高速发展阶段,未来几年内,这种发展和竞争将愈演愈烈。

1、联网成为必然趋势。为适应嵌入式分布处理结构和应用上网需求,面向21世纪的嵌入式系统要求配备标准的一种或多种网络通信接口。针对外部联网要求,嵌入式设备必须配有通信接口,相应需要TCP/IP协议簇软件支持;由于家用电器相互关联(如防盗报警、灯光能源控制、影视设备和信息终端交换信息)及实验现场仪器的协调工作等要求,新一代嵌入式设备还需具备IEEE1394、USB、CAN、Bluetooth或IrDA通信接口,同时也需要相应的通信组网协议软件和物理层驱动软件[5]。

2、小尺寸、低功耗和低成本。为满足这种特性,要求嵌入式产品设计者相应降低处理器的性能,限制内存容量和复用接口芯片。这就相应提高了对嵌入式软件设计技术要求。如:选用最佳的编程模型和不断改进算法,采用Java编程模式,优化编译器性能。因此,既要软件人员有丰富经验,更需要发展先进嵌入式软件技术,如Java、Web和WAP等。

3、提供精巧的多媒体人机界面。嵌入式设备之所以为亿万用户乐于接受,重要因素之一是它们与使用者之间的亲和力,自然的人机交互界面,如司机操纵高度自动化的汽车主要还是通过习惯的方向盘、脚踏板和操纵杆。

4、“无所不在的智能”(Ambient Intelligence,

AmI)。无所不在的“智能”是嵌入式系统应用的高级境界,它是指一种嵌入了多种感知和计算设备,并根据上下文识别人的身体姿态、手势、语音等,进而判断出人的意图,并做出相应反映的具有适应性的数字环境,它通过智能的、用户定制的内部互联系统和服务制造理想的氛围,完成理想的功能,从而有效提高人们的工作和生活质量。AmI的关键技术基础是“无所不在的计算(Ubiquitous Computing)”,“无所不在的计算”指的就是,“无论何时何地,任何人需要,就可以通过某种设备访问到所需的信息”。从计算技术的角度来看,可以认为存在一个巨大的分布式网络,这个网络由围绕在用户周围的成千上万个嵌入式系统互连而成,用来满足其在信息、通讯、出行和娱乐等方面的需求。

6. 结束语

随着半导体工艺技术的发展及系统设计水平的提高,嵌入式微控制器还会不断的产生变化和进步,最终人们可能发现:嵌入式微控制器与微机系统之间的距离越来越小,而功能更大,因而将会更加广泛地渗入到各类设备和产品中。

参考文献

- [1] 李丽娜,邵敏权,马庆峰. 浅谈嵌入式系统的现状及发展. 长春工业大学学报(自然科学版), 2004, 25(2):74~75
- [2] 王继春. 嵌入式软件及其应用领域与发展趋势. 信息计数与信息化, 2004(4):41~42
- [3] 郭其一,邹洁,赵艳华. 工业嵌入式操作系统综述. 机车电传动, 2003(1):13-14
- [4] 程保炜,刘文珂. 嵌入式系统及其开发应用概述. 长江大学学报(自然版). 2004, 1(4):77~80.
- [5] 马义德,刘映杰,张新国. 嵌入式系统的现状及发展前景. 信息技术. 2001(12):57-59

作者简介

张营, (1976-), 男(汉), 硕士, 山东滨州人, 济宁学院物理系教师。研究方向: 嵌入式机电产品设计