



一、嵌入式处理器分类与现状

嵌入式系统的核心部件是各种类型的嵌入式处理器, 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 多种, 流行体系结构有 30 几个系列, 其中 8051 体系的占有多半。生产 8051 单片机的半导体厂家有 20 多个, 共 350 多种衍生产品, 仅 Philips 就有近 100 种。现在几乎每个半导体制造商都生产嵌入式处理器, 越来越多的公司有自己的处理器设计部门。嵌入式处理器的寻址空间一般从 64KB 到 16-32MB, 处理速度从 0.1MIPS 到 2000MIPS, 常用封装从 8 个引脚到 144 个引脚。根据其现状, 嵌入式计算机可以分成下面几类。

1. 嵌入式微处理器 (Embedded Micro-processor Unit, EMPU)

嵌入式微处理器的基础是通用计算机中的 CPU。在应用中, 将微处理器装置在专门设计的电路板上, 只保留和嵌入式应用有关的母板功能, 这样可以大幅度减小系统体积和功耗。为了满足嵌入式应用的特殊要求, 嵌入式微处理器虽然在功能上和标准微处理器基本是一样的, 但在工作温度、抗电磁干扰、可靠性等方面一般都做了各种增强。

和工业控制计算机相比, 嵌入式微处理器具有体积小、重量轻、成本低、可靠性高的优点, 但是在电路板上必须包括 ROM、RAM、总线接口、各种外设等器件, 从而降低了系统的可靠性, 技术保密性也较差。嵌入式微处理器及其存储器、总线、外设等集成在一块电路板上, 称为单板计算机。如 STD-BUS、PC104 等。近年来, 德国、日本的一些公司又开发出了类似“火柴盒”式名片大小的嵌入式计算机系列 OEM 产品。嵌入式微处理器目前主要有 Am186/88、386EX、SC-400、PowerPC、68000、MIPS、ARM 系列等。

2. 嵌入式微控制器 (Microcontroller Unit, MCU)

嵌入式微控制器又称单片机, 顾名思义, 就是将整个计算机系统集成到一块芯片中。嵌入式微控制器一般以某一种微处理器内核为核心, 芯片内部集成 ROM/EPROM、RAM、总线、总线逻辑、定时/计数器、看门狗、I/O、串行口、脉宽调制输出、A/D、D/A、Flash RAM、EEPROM 等各种必要功能和外设。为适应不同的应用需求, 一般一个系列的单片机具有多种衍生产品, 每种衍生产品的处理器内核都是一样的, 不同的是存储器和外设的配置

及封装。这样可以使单片机最大限度地和应用需求相匹配, 功能不多不少, 从而减少功耗和成本。

和嵌入式微处理器相比, 微控制器的最大特点是单片化, 体积大大减小, 从而使功耗和成本下降、可靠性提高。微控制器是目前嵌入式系统工业的主流。微控制器的片上外设资源一般比较丰富, 适合于控制, 因此称微控制器。

嵌入式微控制器目前的品种和数量最多, 比较有代表性的通用系列包括 8051、P51XA、MCS-251、MCS-96/196/296、C166/167、MC68HC05/11/12/16、68300 等。另外还有许多半通用系列如: 支持 USB 接口的 MCU8XC930/931、C540、C541; 支持 I2C、CAN-Bus、LCD 及众多专用 MCU 和兼容系列。据估计目前 MCU 占嵌入式系统 70% 的市场。

3. 嵌入式 DSP 处理器 (Embedded Digital Signal Processor, EDSP)

DSP 处理器对系统结构和指令进行了特殊设计, 使其适合于执行 DSP 算法, 编译效率较高, 指令执行速度也较高。在数字滤波、FFT、谱分析等方面 DSP 算法正在大量进入嵌入式领域, DSP 应用正从在通用单片机中以普通指令实现 DSP 功能, 过渡到采用嵌入式 DSP 处理器。嵌入式 DSP 处理器, TI 的 TMS320C2000/C5000 等属于此范畴; 二是在通用单片机或 SOC 中增加 DSP 协处理器, 例如 Intel 的 MCS-296 和 Siemens 的 TriCore。

推动嵌入式 DSP 处理器发展的另一个因素是嵌入式系统的智能化, 例如各种带有智能逻辑的消费类产品, 生物信息识别终端, 带有加解密算法的键盘, ADSL 接入、实时语音解压系统, 虚拟现实显示等。这类智能化算法一般都是运算量较大, 特别是向量运算、指针线性寻址等较多, 而这些正是 DSP 处理器的长处所在。

嵌入式 DSP 处理器比较有代表性的产品是 Texas Instruments 的 TMS320 系列和 Motorola 的 DSP56000 系列。TMS320 系列处理器包括用于控制的 C2000 系列, 移动通信的 C5000 系列, 以及性能更高的 C6000 和 C8000 系列。DSP56000 目前已经发展成为 DSP56000, DSP56100, DSP56200 和 DSP56300 等几个不同系列的处理器。另外 PHILIPS 公司今年也推出了基于可重置嵌入式 DSP 结构、低成本、低功耗技术上制造的 R. E. A. L。

DSP 处理器, 特点是具备双 Harvard 结构和双乘/累加单元, 目标是应用于大批量的消费类产品。

嵌入式处理器 嵌入式系统的核心

中国单片机公共实验室

主 高级
任 工程
师 吕京建



4. 嵌入式 SOC (System On Chip)

随着 EDA 的推广和 VLSI 设计的普及化, 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 System On Chip (SOC)。各种通用处理器内核将作为 SOC 设计公司的标准库, 和许多其它嵌入式系统外设一样, 成为 VLSI 设计中一种标准的器件, 用标准的 VHDL 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, 仿真通过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以外, 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很简洁, 对于减小体积和功耗、提高可靠性非常有利。SOC 可以分为通用和专用两类。通用系列包括 Siemens 的 TriCore, Motorola 的 M-Core, 某些 ARM 系列器件, Echelon 和 Motorola 联合研制的 Neuron 芯片等。专用 SOC 一般专用于某个或某类系统中, 不为一般用户所知。一个有代表性的产品是 Philips 的 SmartXA, 它将 XA 单片机内核和支持超过 2048 位复杂 RSA 算法的 CCU 单元制作在一块硅片上, 形成一个可加载 JAVA 或 C 语言的专用的 SOC, 可用于公众互联网如 Internet 安全方面。

二、嵌入式处理器开发工具 (Development Tools)

嵌入式处理器是一个复杂的高技术系统, 要在短时间内掌握并开发出所有功能是很不容易的, 而市场竞争则要求产品能够快速上市, 这一矛盾要求嵌入式处理器能够有容易掌握和使用的开发工具平台。提高用户和程序员的时间-投入回报率。

从事嵌入式开发的往往是非计算机专业人士, 面对成百上千种处理器, 选择是一个问题, 学习掌握处理器结构及其应用更需要时间, 因此以开发工具和技术咨询为基础的整套解决方案是迫切需要的。好的开发工具除能够开发出处理器的全部功能以外, 还应当是对用户友好的。目前嵌入式系统的开发工具平台主要包括下面几类。

1. 实时在线仿真系统 ICE (In-Circuit Emulator)

在计算机辅助设计非常发达的今天, 实时在线仿真系统 (ICE) 仍是进行嵌入式应用系统调试最有效的开发工具。ICE 首先可以通过实际执行, 对应用程序进行原理性检验, 排除人的思维难以发现的设计逻辑错误。ICE 的另一个主要功能是在应用系统中仿真微控制器的实时执行, 发现和排除由于硬件干扰等引起的异常执行行为。此外, 高级的 ICE 带有完善的跟踪功能, 可以将应用系统的实际状态变化、微控制器对状态变化的反应、以及应用系统对控制的响应等以一种录像的方式连续记录下来, 以供分析, 在分析

中优化控制过程。很多机电系统难以建立一个精确有效的数字模型, 或是建立模型需要大量人力, 这时采用 ICE 的跟踪功能对系统进行记录和分析是一个快而有效的方法。

嵌入式应用的特点是和现实世界中的硬件系统有关, 存在各种异变和事先未知的变化, 这就给微控制器的指令执行带来了各种不确定性, 这种不确定性只有通过 ICE 的实时在线仿真器才能发现, 特别是在分析可靠性时要在同样条件下多次仿真, 以发现偶然出现的错误。

ICE 不仅是软件硬件排错工具, 同时也是提高和优化系统性能指标的工具。高档 ICE 工具 (如美国 NOHAU 公司的产品) 是可根据用户投资裁剪功能的系统, 亦可根据需要选择配置各种档次的实时逻辑跟踪器 (Trace)、实时映象存储器 (Shadow RAM) 及程序效率实时分析功能 (PPA)。

2. 高级语言编译器 (Compiler Tools)

C 语言作为一种通用的高级语言, 大幅度提高了嵌入式系统工程的工作效率, 充分发挥出嵌入式处理器日益提高的性能, 缩短产品进入市场时间。另外, C 语言便于移植和修改, 使产品的升级和继承更迅速。更重要的是采用 C 语言编写的程序易于在不同的开发者之间进行交流, 从而促进了嵌入式系统开发的产业化。

区别于一般计算机中的 C 语言编译器, 嵌入式系统中的 C 语言编译器要专门进行优化, 以提高编译效率。优秀的嵌入式系统 C 编译器代码长度和执行时间仅比以汇编语言编写的同样功能程度长 5-20%。编译效率的不同, 是区别嵌入式系统 C 编译器之间性能差别的重要根据之一。而 C 编译器残余的 5-10% 效率差别, 完全可以由现代微控制器的高速度、大存储器空间以及产品提前进入市场来弥补。

新型的微控制器指令速度不断提高, 存储器空间也相应加大, 已经达到甚至超过了目前的通用计算机中的微处理器, 为嵌入式系统工程采用过去一直不敢问津的 C++ 语言创造了条件。C++ 语言强大的类、继承等功能更便于实现复杂的程序功能。但是 C++ 语言为了支持复杂的语法, 在代码生成效率方面不免有所下降。为此, 1995 年初在日本成立的 Embedded C++ 技术委员会经过几年的研究, 针对嵌入式应用制订了减小代码尺寸的 EC++ 标准。EC++ 保留了 C++ 的主要优点, 提供对 C++ 的向上兼容性, 并满足嵌入式系统设计的一些特殊要求。在嵌入式高级语言编译器方面处于领先地位的 Tasking 公司, 是 EC++ 技术委员会成员之一, 也是最先推出 EC++ 产品的公司。C/C++/EC++ 引入嵌入式系统, 使得嵌入式开发和个人计算机、小型机等之间在开发上的差别正在逐渐消除, 软件工程中的很多经验、方法乃至库函数可以移植到嵌入式系统。在嵌入式开发中采用高级语言, 还使得



硬件开发和软件开发可以分工,从事嵌入式软件开发不再必须精通系统硬件和相应的指令集汇编。

另一种高级语言 JAVA 的发展则具有戏剧性。JAVA 本来是为设备独立的嵌入式系统设计的、为了提高程序继承性的语言,但是目前基于 JAVA 的嵌入式开发工具代码生成长度要比嵌入式 C 编译工具差 10 倍以上。因此 EC++很可能在未来的时间内仍是嵌入式系统的主流。

3. 源程序模拟器 (Simulator)

源程序模拟器是在广泛使用的、人机接口完备的工作平台上,如小型机和 PC,通过软件手段模拟执行某种嵌入式处理器内核编写的源程序测试工具。简单的模拟器可以通过指令解释方式逐条执行源程序,分配虚拟存储空间和外设,供程序员检查;高级的模拟器可以利用计算机的外部接口模拟出处理器的 I/O 电气信号。不同档次和功能模拟器工具价格差距巨大。模拟器软件独立于处理器硬件,一般与编译器集成在同一个环境中,是一种有效的源程序检验和测试工具。但值得注意的是,模拟器毕竟是以一种处理器模拟另一种处理器的运行,在指令执行时间、中断响应、定时器等方面很可能与实际处理器有相当的差别。另外它无法和 ICE 一样,仿真嵌入式系统在实际应用系统中的实际执行情况。

三、嵌入式系统的软件开发平台

1. 实时多任务操作系统 (Real Time multi-tasking Operation System, RTOS)

实时多任务操作系统 (RTOS) 是嵌入式应用软件的基础和开发平台。目前大多数嵌入式开发还是在单片机上直接进行,没有 RTOS,但仍要有一个主程序负责调度各个任务。RTOS 是一段嵌入在目标代码中的程序,系统复位后首先执行,相当于用户的主程序,用户的其它应用程序都建立在 RTOS 之上。不仅如此,RTOS 还是一个标准的内核,将 CPU 时间、中断、I/O、定时器等资源都包装起来,留给用户一个标准的 API,并根据各个任务的优先级,合理地在不同任务之间分配 CPU 时间。

RTOS 是针对不同处理器优化设计的高效率实时多任务内核,RTOS 可以面对几十个系列的嵌入式处理器 MPU、MCU、DSP、SOC 等提供类同的 API 接口,这是 RTOS 基于设备独立的应用程序开发基础。因此基于 RTOS 上的 C 语言程序具有极大的可移植性。据专家测算,优秀 RTOS 上跨处理器平台的程序移植只需要修改 1-4% 的内容。在 RTOS 基础上可以编写出各种硬件驱动程序、专家库函数、行业库函数、产品库函数,和通用性的应用程序一起,可以作为产品销售,促进行业的知识产权交

流,因此 RTOS 又是一个软件开发平台。

2. RTOS 的基本结构

RTOS 最关键的部分是实时多任务内核,它的基本功能包括任务管理、定时器管理、存储器管理、资源管理、事件管理、系统管理、消息管理、队列管理、旗语管理等,这些管理功能是通过内核服务函数形式交给用户调用的,也就是 RTOS 的 API。

3. RTOS 是嵌入式系统的软件开发平台

RTOS 的引入,解决了嵌入式软件开发标准化的难题。随着嵌入式系统中软件比重不断上升、应用程序越来越大,对开发人员、应用程序接口、程序档案的组织管理成为一个大的课题。引入 RTOS 相当于引入了一种新的管理模式,对于开发单位和开发人员都是一个提高。基于 RTOS 开发出的程序,具有较高的可移植性,实现 90% 以上的设备独立,一些成熟的通用程序可以作为专家库函数产品推向市场。

四、中国在嵌入式系统中的机会

中国在计算机基础工业上落后于西方国家,在嵌入式处理器上也是如此。但是嵌入式系统面向应用的特点决定了处理器应用开发的产值要占有整个嵌入式工业的大部分,而且将嵌入式处理器与具体应用结合这种知识创新,只能由精通应用系统的用户来完成。因此中国在嵌入式系统方面存在着相当大的发展机会。

中国已经有 10 万余名单片机开发工程师,其中很多人都是在资料和信息有限的条件下通过实践,精通了单片机,并研制出了自己的产品。但是和国外的开发相比,开发手段和水平还相对较低,标准化程度不够、重复劳动较多。这些问题主要是由于单片机开发中缺乏工程化、标准化管理,缺少行业联合,在引入 RTOS 和嵌入式系统软件工程管理后可望得到很大的改变。

五、结束语

嵌入式系统是信息产业走向二十一世纪知识经济时代的最重要的经济增长点之一,这是一个不可垄断的工业,对中国的信息产业来说充满了机遇和挑战。

嵌入式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开发。实时多任务操作系统 (RTOS) 进入嵌入式系统工业的意义,不亚于历史上机械工业采用三视图后的发展,对嵌入式软件的标准化和加速知识创新是一个里程碑。这两点应特别引起中国信息产业界的关注。

如需进一步的信息,请查询以下网址:

www.mcu-world.com

ECN