

基于嵌入式系统的科学仪器的构建

The embedded system contributes scientific instrument new technical characters, which improve the performances of scientific instrument and make it more intelligent. The framework and characteristics of embedded system are analyzed, and the approaches of constructing scientific instrument with high performance based on embedded system are researched. Three constructing patterns are presented. It gives a materially constructing example, which illustrates the feasibility of the technique.

信息的获取、处理、存储和传输是信息技术的重要组成部分。而科学仪器是信息获取的主要技术手段，是信息技术的关键和基础^[1]。20世纪70年代以前的硬件化模拟仪器是科学仪器发展的最初形式，它几乎没有软件介入，功能较单一；70年代以后，在模拟仪器的基础上，出现了以微处理器为核心，以微电子器件代替常规电子线路的智能仪器，它具有信息采集，显示及一定的信息处理和传输能力。但也同样存在扩展能力低，开放性差等不足；80年代初期，虚拟仪器的出现使得科学仪器面貌焕然一新，它将计算机硬件技术、软件技术和仪器硬件有效结合在一起，把仪器的核心从硬件转变到软件上来，降低了仪器的开发周期和成本，提高了仪器的开放性和测试功能^[2]。

随着测试对象的复杂化和个性化不断发展，测试的网络化、微型化、实时性、灵活性等需求尤为突出。这就要求研发新的高性能科学仪器来满足新的测试要求。嵌入式系统自身拥有的特点为构建新的高性能科学仪器提供了可能。

1 嵌入式系统结构及其特点

嵌入式系统由嵌入式硬件平台、嵌入式操作系统、支撑软件包(BSP)和应用软件组成。其结构如图1所示。

组建一个具体的嵌入式系统需要哪些嵌入式构件以及这些构件应具备怎样的技术性能，均取决于相应的嵌入式应用。

嵌入式系统受应用对象和资源有限的影响，一般具有以下明显特点：

(1)软、硬件均是面向特定应用对象和任务设计的，软件和特定的硬件系统紧密结合，具有很强的专用性；

(2)系统资源有限，应用程序要求精简，操作系统要有较高的实时性，并且支持多任务调度及运行，内核要比PC机的操作系统内核小得多；

(3)根据服务对象即具体应用的要求，可以对软、硬件进行裁剪，以减少应用系统的开发成本；

(4)由于其工作环境的要求，需要具有很强的抗电磁干扰能力以及较高的稳定性；

(5)硬件平台可以方便地拥有丰富的外设接口，实现数据的存储、打印和传输等。

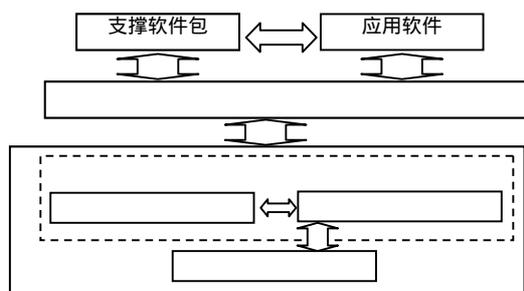


图1 嵌入式系统结构

嵌入式系统具有非常广泛的应用领域，是现代计算机技术改造传统产业，提升各领域(包括测试仪器仪表领域)技术水平的有力工具。

2 高性能科学仪器的构建

2.1 科学仪器测量观念的变化

多学科技术的创新与融合，各种仪器与计算机及通信的交互性，使人们对使用科学仪器的过程、目的、结果管理、

基金项目：广东工业大学博士基金资助项目(053043)

作者简介：万相奎(1976-)，男，讲师、博士，主研方向：网络测控仪器和虚拟仪器理论与技术，生物医学信号处理；徐 杜，教授；张 军，助教

收稿日期：2006-08-27 E-mail：wanxiangkui@163.com

信息资源共享等观念均发生了巨大的改变。科学仪器作为信息技术的源头和基础,已很难再找到其以最初方式出现,对测量的灵活性、远地化、网络化以及测量结果信息资源的共享化呼吁日渐高涨^[3]。科学仪器也正经历着深刻的变革。其中最明显的一个发展趋势就是科学仪器的软件化、集成化和微型化。

2.2 嵌入式系统构建高性能科学仪器的途径

嵌入式系统拥有精简的实时操作系统,支持网络和应用软件,体积小功耗低,可以运用嵌入式系统来提升科学仪器的性能,更好地解决测试或测量中数据采集的实时性、数据传输与通信的远程性,以及测试的灵活性等问题。

基于嵌入式系统构建的科学仪器不同于其他智能仪器系统,嵌入式系统是面向对象的,虽然根据实际应用的需求设计,只保留了与应用密切相关的功能硬件和系统资源,用户不能任意对其功能进行修改^[4]。但这并不意味着嵌入式系统的功能不可改变,嵌入式系统可以通过更新应用程序来改变所能实现的功能,即它具有一定的可扩展性。

根据嵌入式系统的特点以及所构建的科学仪器的不同要求,可以采用以下几种模式来构建基于嵌入式系统的高性能科学仪器。

(1)嵌入式系统与科学仪器的测量功能单元直接集成,如图2所示。

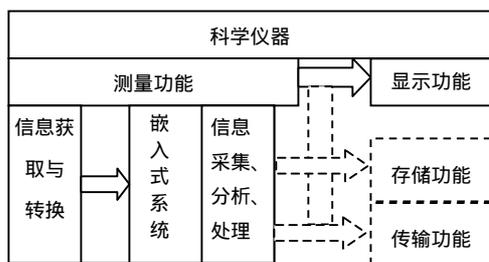


图2 直接集成模式

图2中虚线表示科学仪器的非必备功能。对于某个具体应用,可以根据具体应用的要求选择嵌入式系统软硬件,设计应用程序,并把所设计的嵌入式系统与科学仪器的测量功能单元直接集成在一起,从而构成一个新的面向特定对象的测量仪器。其中,仪器的测量功能单元主要实现对被测对象信息的获取,或把获取的信号转换为另一种类型的信号,如各类传感器。而嵌入式系统主要完成信息的采集和处理工作。这种嵌入式系统与科学仪器的测量功能单元直接集成的方式可以充分利用嵌入式系统实时性和网络支持功能,来满足科学仪器在网络测量和增强信息处理能力方面的要求,提高其性能。

(2)嵌入式系统与科学仪器的测量功能单元分别集成。若以单个嵌入式系统去应对复杂测量任务时,不仅需要大量的硬件资源,还需要编制复杂的应用软件,即使如此,经过构建的基于嵌入式系统的科学仪器的整体性能也未必能很好地满足测量应用的实际要求。因此,面对十分复杂的测量应用需求,有必要将复杂的测量任务分割成若干个相对独立的子任务。这些子任务可以分别由上述的嵌入式系统与科学仪器的测量功能单元直接集成在一起而构建的新型仪器完成。即功能完整的复杂测量应用需求,是由若干个嵌入式系统与科学仪器的各种不同测量功能单元集成的新型仪器单元按照某种统一的接口连接而成的复杂测量系统最终完成的。其原理如图3所示。

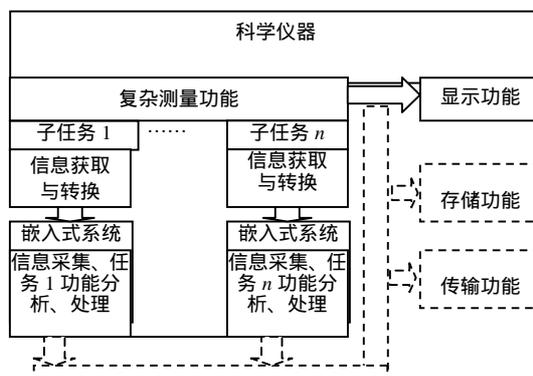


图3 复杂测量集成模式

这种基于若干个嵌入式系统,测量功能单元形成的仪器,是以模块组合的方式构建而成的。为了便于各功能模块在不同的测量系统之间的移植,增强测量功能模块技术的通用性,有必要指定嵌入式系统与科学仪器测量电路功能模块的连接标准。

(3)嵌入式片上系统(system on a chip ,SOC)与科学仪器测量功能单元的集成。其构建模式可如图4所示。

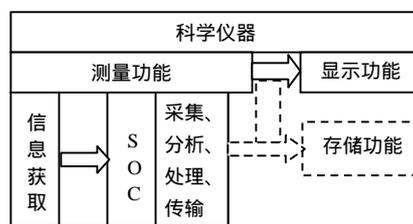


图4 SOC集成模式

随着计算机技术和半导体加工工艺的进步,可以把由软件实现的测量功能,运用硬件描述语言直接由硬件实现,甚至可以直接由硬件实现操作系统的功能,人们可以把数据采集、处理、分析与传输等功能直接集成在一块系统芯片上,使得对系统的设计更为简洁高效。这种模式构建的科学仪器将极大提高仪器的测试灵活性,并有效降低成本。

3 基于嵌入式系统的科学仪器远程测量功能的构建

利用丰富的网络资源,是仪器测量领域发展的一个趋势,而其中最具有代表性的是远程测量。为了实现远程测量,科学仪器必须提供网络接口,以实现测量数据的传输和受控指令,这在以前的仪器功能中是很难实现(或者需要付出昂贵成本代价才可以实现)的。集多种优点于一体的嵌入式系统则可为科学仪器的远程测量提供廉价方便而又功能强大的支持。

通过选择内嵌网口的嵌入式目标板,配以包含TCP/IP协议包的嵌入式操作系统,构成一个完整的嵌入式系统。将其嵌入到科学仪器测量模块内部,使其具备网络互联功能,从而具有组建网络化自动测量的能力。嵌入式系统中的网络协议具有精简、高效和功能专一的特点,提高了科学仪器的执行效率。

下面以作者对基于嵌入式系统的心电信号检测仪——Holter的开发为例来说明嵌入式系统与科学仪器测量功能模块直接集成模型的实现。

Holter系统是医生在野外或远程过程中对患者心电状况检测的主要工具,也是医院心电中央监护系统的重要前端装置^[5]。它主要完成对患者心电信号的提取、分析和传输,在临床上有着重要的应用。

本Holter检测仪采用5导联心电信号采集,基础硬件平

台(即目标板)采用 ATMEL 公司推出的 AT91RM9200 体系结构,它内嵌网卡。操作系统采用免费的精简后的嵌入式 Linux 操作系统,嵌入式 Internet 技术将 TCP/IP 协议直接挂载入嵌入式 Linux 操作系统中,使得 Holter 系统的底层测试单元设备拥有与 Internet 无缝连接的功能。这样 Holter 检测仪就很容易实现对网络互联,进而通过上层应用程序完成和远程中央分析仪的通信,实现数据的远程传输和远程测量。整个构建原理如图 5 所示。

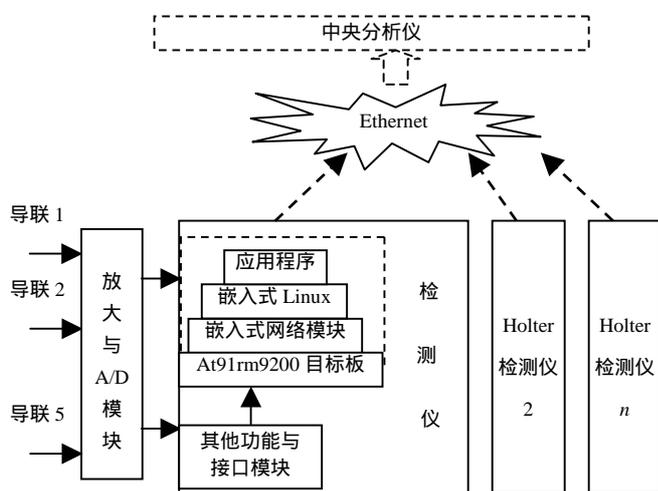


图 5 嵌入式系统构建 Holter 分析系统原理



图 6 嵌入式网络模块

(上接第 204 页)

式决定的一个部分对待,可以更好地减轻计算复杂度,对于在模式选择中被排除的模式不进行运动估计,减轻计算复杂度,可取得较好的效果,在今后的优化算法研究中可加以发展。

(3)帧间/帧内模式选择的相互结合。在 P 帧和 B 帧中,可以采用帧间预测、帧内预测编码,帧内模式选择与帧间模式选择可互相利用对方在模式选择过程中产生的有用信息作为各自模式选择的判断依据,以避免重复计算,这也是一个值得研究的方向。

(4)提高鲁棒性和稳定性问题。在网络中传输 IP 视频流不可避免地要面对传输失真问题,目前普遍使用的模式选择标准 RD_COST 准则并没有考虑传输失真,在模式选择中考虑传输中的失真,改进目前使用的率失真模式选择标准,是个值得研究的问题。

(5)多参考帧选择。帧间编码复杂度高的另一个因素是使用了多参考帧进行运动估计,如何快速地在多个参考帧中选择最佳参考帧也是个值得研究的问题。

4 结束语

H.264/AVC 编码复杂度主要来自运动估计、使用率失真优化模式选择这 2 个模块,编码速度限制了 H.264/AVC 在实时通信领域的应用,为了获得较高的编码效率,优化关于复杂度的瓶颈技术。本文分析了帧间模式快速选择算法的基本思路和典型算法,对各种算法的性能进行了比较,提出了研究方向。在编码模式选择方面还有很多需要解决的问题,为了找到更为有效、实用的模式选择优化方案,使 H.264/AVC 广泛应用于实时视频通信领域,还需要做进一步的研究。

各个 Holter 检测仪通过网络和中央分析仪构成远程测试仪器,在用嵌入式 Internet 技术构建的测试仪器中,嵌入式网络模块(如图 6 所示)既完成测量任务,同时提供与网络连接的接口,是构成远程测量功能的核心部分。

网络互联只是内嵌网口的嵌入式系统诸多功能中的一个部分,还可以根据仪器具体的应用需求设计嵌入式系统的其他功能,从而提高科学仪器的整体性能。

4 结束语

嵌入式系统凭借自身拥有的优势已经成功应用到诸多领域,在很大程度上影响和改变着人们的工作方式和生活方式。在科学仪器领域,虽然目前还没有普遍得以推广应用,但它赋予科学仪器以崭新的技术特征,提高科学仪器的性能和应用范围,使其智能化程度更高,以嵌入式系统来构建科学仪器必将是未来高性能科学仪器发展的一个重要方向。本文提出了 3 种基于嵌入式系统构建科学仪器的方法和模式,以期更好地满足科技发展对科学仪器更多更高的技术要求,并以构建实例说明了它的实现方法。

参考文献

- 1 周 渭, 渡边健藏. 近年来国外仪器与测量技术发展趋势[J]. 仪器仪表学报, 2005, 26(7): 764-770.
- 2 秦树人, 张思复, 汤宝平. 集成测试技术与虚拟仪器[J]. 中国机械工程, 1999, 10(1): 77-80.
- 3 范永凯, 林 君. 第四代仪器——三层网络化仪器概念的提出[J]. 计算机工程与应用, 2003, 39(14): 208-209.
- 4 Lee K B. Distributed Measurement and Control Based on the IEEE1451 Smart Interface Standards[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 1999, 48(5): 608-613.
- 5 Emil J. Real Time Holter Monitoring of Biomedical Signals[C]//Proc. of DSP Technology and Education Conference. 1999.

参考文献

- 1 Schafer R, Wiegand T, Schwarz H. The Emerging H.264/AVC/AVC Standard EBU Technical Review[EB/OL]. 2003. http://www.ebu.ch/trev_293-contents.html.
- 2 Chang A. Fast Multi-block Selection for H.264 Video Coding[C]//Proceedings of International Symposium on Circuits and Systems. 2004: 817-820.
- 3 成 运, 戴 葵, 王志英. H.264/AVC 帧间多种块模式的编码性能分析与研究[J]. 计算机工程与应用, 2005, 41(5): 33-36.
- 4 Yu A C. Efficient Block-size Selection Algorithm for Inter-frame Coding in H.264/MPEG-4 AVC Acoustics[C]//Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2004: 169-172.
- 5 Peng Y, Tourapis H Y C, Tourapis A M, et al. Fast Mode Decision and Motion Estimation for JVT/H.264[C]//Proc. of International Conference on Image Processing. 2003: 853-856.
- 6 Ahmad A, Khan N, Masud S, et al. Selection of Variable Block Sizes in H.264 Acoustics[C]//Proc. of IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing. 2004.
- 7 Zhu Hong, Wu Chengke, Wang Yangli, et al. Fast Mode Decision for H.264/AVC Based on Macroblock Correlation[C]//Proc. of the 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications. 2005: 775-780.