

基于智能电网的电能质量监测装置的设计

董浩, 郎兵

(北京交通大学 电气工程学院, 北京 100044)

摘要: 随着智能电网的飞速发展, 电能质量监测技术发展的新趋势是网络化、信息化、标准化, 而传统的电能质量监测手段明显不能满足智能电网发展的需求。针对电能质量重要性的日益突出, 文章提出了一种 DSP+ ARM 的系统。下位机利用 DSP 强大的数据处理能力和高速 A/D 转换器, 可以满足电能质量监测对实时性的要求; 上位机采用 ARM9 芯片, 拥有一般单片机的优点, 同时加载 WinCE 操作系统, 方便多事件、多任务的管理, 实时性强, 各程序的同步通信比简单的前后台程序强, 构成了基于以太网的网络化电能质量监测系统。

关键词: 智能电网; 电能质量检测; DSP; ARM; WinCE

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1006-2394(2011)05-0027-04

Design of the Power Quality Monitoring Device Based on Intelligent Network

DONG Hao, LANG Bing

(School of Electrical Engineering Beijing Jiaotong University Beijing 100044 China)

Abstract With the rapid development of smart grid, the new development trend of power quality monitoring technology is network, information and standardization. While the traditional means of power quality monitoring obviously cannot satisfy the needs of the development of the intelligent network. According to the growing importance of power quality, a system of DSP+ ARM is put forward, which makes use of DSP powerful data processing capacity and high speed of A/D converter, and meets the requirement of real time performance. The ARM9 microcontroller is used and WinCE operation system is loaded. It is convenient to process many events and multitasks. Synchronous communication programs are more excellent than simple single program, constituting the power quality monitoring system based on Ethernet network.

Key words intelligent network; power quality inspection; DSP; ARM; WinCE

1 系统的装置功能、硬件结构及工作原理

本装置采用双 CPU + 双口 RAM 结构, 是集测量、控制、通信和显示为一体的智能仪表, 由 DSP 模块、ARM 模块、数据采集 A/D 转换电路、串口通信、人机接口通信和时钟电路等单元组成, 见图 1。

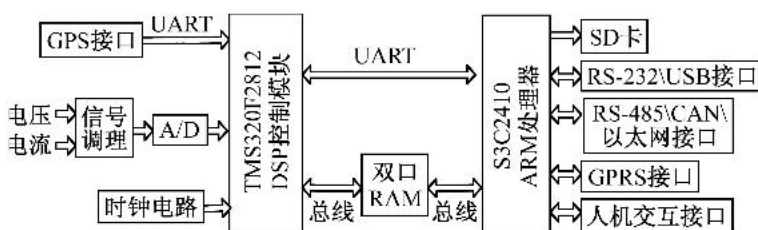


图 1 基于 DSP 和 ARM 的电能质量监测装置的硬件结构框图

1.1 数字信号处理模块 (DSP)

对于测量终端的硬件设计而言, 处理器的选择至

关重要, 它需要完成电能质量相关参数数据的采集计算以及复杂的数字信号处理算法, 并且要求数据能够实时上传。DSP 选用 TI 公司的 TMS320F2812, 它基于 TMS320C28x 内核, 最高可运行在 150 MHz 主频下, 具有 32 位数据地址和 22 位程序地址, 寻址空间可达 4 MB 的数据空间和 4 MB 的程序空间, 内部集成有 128KB × 16 bit 的 Flash 和 18KB × 16 bit 的单访问周期 SRAM, 16 通道 12 位 A/D, 大量的通用 I/O 口, 同时集成了 UART、SPI、SCI、ECAN、MCBSP 和 Watchdog 等几乎所有常用的外围接口。TMS320F2812 是一种低功耗的 32 位定点数字信号处理器, 具有 DSP 和多点控制器的双重功能, 非常适合于要求较强运算能力和控制能力的场合。

1.2 ARM 模块

ARM 采用 Samsung 基于 ARM920T 核的 S3C2410

收稿日期: 2010-12

作者简介: 董浩 (1982-), 男, 在读硕士研究生, 主要从事电能质量监测方面的研究。

处理器作为处理核心,并配备 64MB 的 Flash 和 64MB 的 RAM。这是一个低功耗、高度集成的微处理器, 272 脚 FBGA 封装, 内含 1 个 ARM 920T 内核并包含有丰富的外围接口: LCD 控制器, 3 个通道的 UART, USB 主从设备, SPI 等。相比其他嵌入式产品, S3C2410 具备 LCD 控制器, 并且能够工作在 203 MHz 的频率下, 有非常好的数据处理能力。S3C2410 利用其丰富的内部资源完成人机接口与通信功能, 实现电力参数显示、触摸屏操作、数据存储、数据的本地下载、远程通信等功能。双口 RAM 采用 IDT 公司的 IDT70V9289L7, 用于两个 CPU 间的高速数据交换, 该芯片支持两个 CPU 同时访问同一个存储单元, 数据传输量大、传输速度快、接口电路简单、软件编程容易。本装置提供了串口接口, 通过串口, 下位机可向上位机实时传送监测数据和报警信息, 同时也可接收上位机的配置和控制命令。

1.3 系统的工作原理

该系统以 DSP 为核心, 电流互感器和电压互感器将采集到的数据进行 A/D 转换后传输给下位机, 下位机分析处理后将数据传输给双口 RAM。上位机将双口 RAM 中的数据取出, 通过 SD 卡进行数据存储, 可通过 USB 接口进行本地下载, 根据需要也可经有线通信接口 (RS-485、CAN、以太网) 或者无线通信接口 (GPRS) 进行远程通信。相应的电能质量监测指标和电压电流波形可在 LCD 触摸屏上显示出来, 同时下位机也可通过通用串口与上位机直接进行数据通信。

2 嵌入式操作系统的定制和应用程序的编写

基于 ARM 的电能质量监测装置的软件系统设计包括安装开发环境, 新平台构建、配置、编译、映像下载, WinCE 和桌面系统之间的通信连接, Windows CE 操作平台下应用程序的开发, 数据组织管理程序, 各存储、通信硬件接口驱动程序的编写, 人机界面管理程序开发等内容。

2.1 软件系统开发流程

一般嵌入式开发的步骤都是并行开发, 即软硬件同时进行 (如图 2)。但是在开发软件的同时, 先要有一个稳定的硬件平台 (PC 机和模拟器) 调试软件, 再基于现有的完善的硬件平台来定制自己的硬件平台, 最后实现软硬件的结合。硬件部分: 选型 CPU、设计电路板, 进行引导程序的设置和引导程序的编写 (包括驱动程序的编写和操作系统的移植)。软件部分: 进行系统软件开发, 为应用程序开发工程师提供一套完善的应用程序运行平台。硬件平台和系统级的软件平台结合在一起形成了一套完善的嵌入式系统, 但是这个嵌入式系统还没有任何的功能, 需要应用程序开

发人员在此基础上开发出各种各样的应用程序来满足用户的需要。

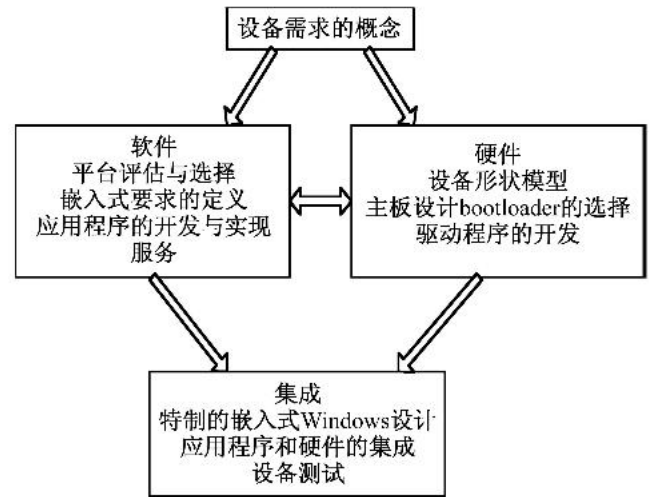


图 2 开发流程图

2.2 加载 WinCE 操作系统

WinCE 是 Microsoft 公司专门针对嵌入式产品领域开发的嵌入式操作系统, 它的模块化设计使嵌入式系统和应用程序开发者能够方便地加以定制以适应一系列产品。一个基于 WinCE 的平台由 WinCE 操作系统核心组件、OEM 适配层和设备驱动程序以及组成系统的硬件设备组成, 见图 3。文件系统提供完备支持 Windows CE.net 操作系统的开发工具为微软提供的 Platform Builder 4.2 用来定制和生成系统镜像, 并导出对应该镜像的 SDK (Software Development Kit), SDK 用于调试基于该系统镜像的应用程序。简单可靠直观是现场应用的标准, 需要配合硬件设计, 进行 WinCE 操作系统的定制。因此, 在默认的系统平台上, 根据应用需求, 对底层驱动、特征文件进行修改, 设计出适合自己产品的操作系统。

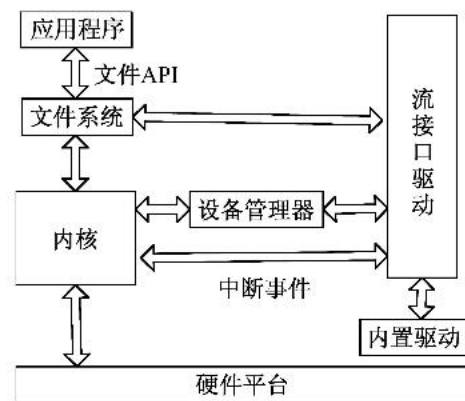


图 3 流接口驱动程序与操作系统和硬件的关系

2.3 WinCE 驱动模型

基于 WinCE 平台的两种专用的驱动模型: 本机设备驱动程序和流接口驱动程序。流接口驱动程序是一种可以定制接口的驱动模型, 一般由设备管理器负责管理, 它把设备管理器和应用程序的命令转换成所控

设备的适当动作所需的信息。流接口驱动程序需要实现一组固定的流接口函数, 供给 WinCE 4.2 系统内核使用。由图 3 可见: 流接口驱动程序由设备管理器统一加载、管理和卸载; 应用程序使用 WinCE 操作系统的文件 API 函数和流接口进行通信, 从而达到应用程序访问驱动程序及操作硬件的目的; 流接口驱动程序具有固定的 10 个入口点函数, 例如 XXX_Init、XXX_Open、XXX_DControl、XXX_Read 等。WinCE 的文件系统通过这些入口点函数与流接口驱动进行通信。

2.4 应用程序开发

显示终端应用程序的设计关键是协调处理好界面显示、网络通信与数据分析存储。区别于 PC104、DSP 等嵌入式芯片的基于 C 语言和汇编的代码编写, WinCE 平台下的应用程序开发工具 Embedded Visual C++ 4.0 继承了桌面 PC 软件开发特性, 面向对象的 C++ 语言和丰富的界面设计元素为显示终端软件开发提供了保障。应用程序设计以面向对象、结构模块化的编程思想为根本, 综合了多线程技术、SPI 通信和文件系统的应用。

2.4.1 DSP 软件流程

系统初始化结束后等待采样完成信号, 有中断产生就取采样数据、对数据计算处理, 并将计算结果发送给双口 RAM, 最后检测 ARM 有没有从双口 RAM 中读取数据, 如果有, 则继续采样信号。DSP 部分主要软件工作流程如图 4 所示。

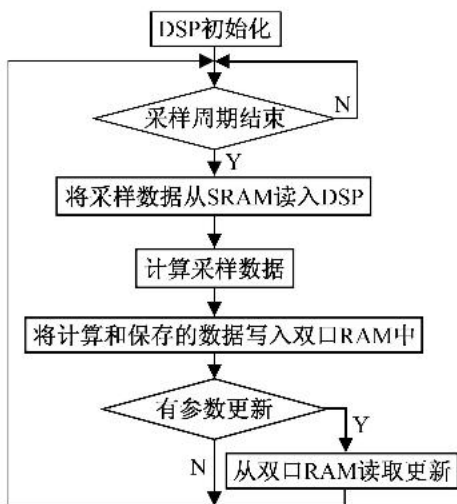


图 4 DSP 部分软件流程图

2.4.2 ARM 模块软件流程

系统初始化完成后, 按照任务的优先级顺序, 最先处理实时时钟、看门狗复位等; 然后检测双口 RAM 有无参数, 如有说明 DSP 有参数发送, 就接收这些参数, 并对波形参数做异常处理、统计数据并保存文件; 实现用户的通信即用户对电能参数的实时查询和历史查询, 同时检测串口缓冲区, 如有数据按照制定的通信协

议接收串口数据; 向 DSP 发送用户对参数的更新信息; 最后 IIC 读写操作, 主要是对系统温度检测、设备参数读写、数字电位计的控制等。ARM 模块软件工作流程如图 5 所示。

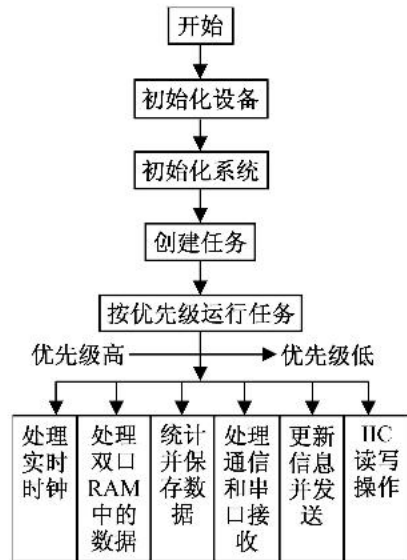


图 5 ARM 模块软件流程图

2.5 多线程模块设计

显示终端数据庞杂、复合度较高, 设计应用多线程技术, 并根据任务的重要性进行线程优先级划分, 以充分利用系统资源, 保证系统实时性和网络传输的效率。WinCE 系统具备完备的线程优先级设定: 共分 8 级, 低优先级的线程永远不会抢占高优先级的线程, 同时, 低优先级线程在占有资源后, 若高优先级的线程在等待该资源, 低优先级线程并不会挂起, 而是暂时拥有该资源, 以保证每一个线程都能够快速地完成任

务并释放它的时间片。软件设计时, 利用 WinCE 操作系统多线程的特点将不同的任务分布到各个线程中, 使各个任务同步而协调地进行。主线程负责设备信号采集, 设置了最高优先级, 保证数据采集不被其他线程中断。几个线程都有可能对数据对象进行操作, 因此, 设置了一个临界区来实现各线程间的同步。而数据采集线程及数据存储线程一个对数据列进行写操作, 另一个对数据列进行读操作, 为实现它们间的同步, 创建了一个同步事件 WinCE 提供了许多操作多线程的函数, 包括创建线程、关闭线程、设置进程优先权、初始化临界区、创建进程同步对象等。

```

HANDLE CreateThread(); // 创建线程
BOOL SetThreadPriority(); // 设置线程优先权
VOID InitializeCriticalSection(); // 初始化临界区
CreateEvent(); // 创建线程同步事件对象
DWORD WaitForSingleObject(); // 等待对象函数
VOID ExitThread(); // 关闭线程
  
```

3 电能质量数据转换格式 PQDIF

电能质量数据转换格式 PQDIF 是 IEEE 1159 新规定的一种通用电能质量数据转换格式,它不仅解决了不同的电能质量文件格式之间数据应该如何存储交换的问题,而且在很大范围内与各种监测设备兼容,便于实现不同监测系统间的数据共享。

它具有以下优点: (a)良好的通用性。PQDIF 的设计格式是完全公开的,用户可免费下载它的应用程序并安装在自己的操作平台下,无需更多繁琐程序就可实现各种功能并对保存在其中的文件进行处理。(b)较强的数据处理能力,扩展性、共享性和物理属性的多角度观察。PQDIF 的逻辑层使用物理层定义的记录结构,利用特定标识在文件中建立元素,描述记录的逻辑关系。逻辑层的信息包分层记录一个或多个数据源、监测设置和观测数据,完全可以通过定义新的标识扩展记录,具有可扩展性;利用标记元素还可实现部分静态信息共享。(c)良好的压缩性。PQDIF 使用开放的 ZLIB 压缩方法,该方法设计自由、广泛且无专利权的约束,可以在任何计算机和操作系统下使用,再加上 PQDIF 本身就是紧凑的二进制结构,使其压缩性能更强大、易存储。

4 系统的特点

(1) 加载 WinCE 操作系统,使系统具有友好的用户界面,是 32 位的多任务、多线程的系统。它具有互联网能力和移动特性,适用于用户对实时性要求较高的场合。它支持多种主流 CPU,精简化的 win32API 便于应用程序的开发。

(2) 多种通信接口的设计,就地接口 (RS-232、USB),远程有线通信接口 (RS-485、CAN、以太网),远程无线通信接口 (GPRS) 等,进而增强了产品的适用范围。

(3) 系统采用了 PQDIF 文件格式,为数据的共享与管理提供了一个很好的通用平台,有利于电能质量监测系统的标准化发展。

(4) 拥有作为数字芯片所固有的优点,如功耗低、体积小、集成度高,受环境如噪声、温度等影响小,可靠性高。对于系统功能的改进或升级,只需改变芯片中的程序即可,可以实现系统功能的多样化和方便系统升级,从而实现一物多能,延长设备的使用寿命。

5 结束语

在本设计中,电能质量测量终端充分利用了 DSP 数字信号处理算法速度快的优势,对电能质量指标进

行实时、高效地计算,取得了良好的效果。电能质量管理终端采用 Windows CE 平台,实现了数据的实时显示、数据库管理和网络通信等功能,发挥了 Windows CE 的特色,降低了开发难度,加快了开发进程。电能质量数据采用了 IEEE 标准的 PQDIF 协议对其进行了封装,为将来网络化的电能质量数据交互打下了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 李分秋, 吴为麟. 基于 ARM 的电能质量监测控制器的研制 [J]. 江南大学学报, 2006, 5(2): 199-203
- [2] 王建华, 胡煜, 胡长碧, 等. 基于 WinCE 平台的船舶数据记录仪监控系统开发 [J]. 舰船科学技术, 2009(4): 35-40
- [3] 王磊, 潘松峰, 高菲. 基于 TM S320F2812 的电参数谐波分析系统研究 [J]. 电子技术, 2008(3): 45-47
- [4] 杨代华, 刘俊, 张盼盼. 基于 ARM 和 DSP 的运动控制平台设计及驱动程序开发 [J]. 机床与液压, 2010(1): 38-41
- [5] 张菁. 新型 DSP 电能监测装置的研制 [J]. 仪表技术与传感器, 2006(9): 46-53 (郁菁编发)

(上接第 26 页)

4 实验效果

为了验证设计的免疫 PID 控制器实际控制效果,作者在实验室对此温度控制系统进行了实际运行测试。实验室在进行实验时的室温为 20℃,电加热炉的目标温度为 40℃,系统采样周期为 1s,调节时间设为 300s。当系统稳定后,在 400s 时开启上水阀门,加入扰动信号,系统经过约 50s 后重新稳定输出并且由于扰动而产生的系统振荡较小。证明设计的免疫 PID 控制器有很好的鲁棒性。

5 结束语

本文针对工业温度控制系统强扰动、非线性、大滞后等特点,借鉴生物免疫反馈原理,设计了免疫 PID 控制器,给出了免疫 PID 控制器的常用设计方法。利用 Matlab 进行了仿真,证明免疫 PID 控制器具有超调量小、响应时间短等特点,在遇到强烈扰动时具有良好的鲁棒性。通过实验分析表明,此控制器能较好地实现工业温度控制,对于解决工业过程中的温度控制提供了一种新的控制策略。

参考文献:

- [1] 王磊, 潘进. 免疫算法 [J]. 电子学报, 2000, 28(7): 74-78
- [2] 李金城, 张国忠, 滕红丽, 等. 免疫算法研究 [J]. 沈阳航空工业学院学报, 2005, 22(5): 82-85. (郁菁编发)