

实时操作系统 QNX 在电能质量 网络监测系统中应用

徐明伟¹, 于庆广², 王 聪¹, 付之宝¹

(1. 中国矿业大学 信息与电气工程系, 北京 100083;

2. 清华大学 电机工程与应用电子技术系, 北京 100084)

摘要: 简述了电能质量监测的意义及发展概况, 分析了实时操作系统 QNX 的特点, 详细介绍了实时操作系统 QNX 在一种电能质量网络监测系统的应用方案。该方案将数据采集和数据处理功能进行了分离, 硬件部分主要实现数据采集功能, 功能专一, 实时性好; 而数据处理主要用软件实现, 易于功能扩展和数据统计。给出了基于 QNX 实时操作系统的网络监测系统的组成结构, 其数据采集电路中, AD 芯片采用 ADS7864, 单片机采用网络单片机 DS80C400, 网络接口芯片采用 RTL8201, 另外, 还利用一块现场可编程门阵列 (FPGA) 芯片 XC2S200 对 AD 采样进行控制。分析了数据采集处理系统中网络连接的建立以及人机交互界面软件开发过程中的关键技术, 最后给出了试验结果。

关键词: 实时操作系统; QNX; 电能质量; 网络监测

中图分类号: TP 277; TP 316.2 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-6047(2006)11-0079-04

0 引言

随着现代工业技术的不断发展和人们生活水平的逐步改善, 电能的需求量日益增加, 电能供用双方对电能质量也提出了越来越高的要求。随着电子技术的发展, 许多用电设备都带有基于微处理器的控制器和功率电子器件, 因此用电设备对电磁干扰越来越敏感^[1]。同时, 用电设备数量的增加和负载种类的日趋多样化对电网的污染和影响程度也越来越大。因此, 对电能质量进行监测^[2-4]不仅能防止大面积电网事故的发生, 而且存储的电能质量监测数据还可用于故障分析。

电能质量问题一般指在供电过程中导致电气设备出现误动作或故障损坏的异常现象。电能质量指标^[5]是电能质量各个方面的具体描述, 不同的指标有不同的定义, 其基本现象一般可分为: 谐波、间谐波、电压波动、电压与电流不平衡、电压暂降与短时断电、电网频率变化等低频传导现象; 感应连续波电压与电流、单向瞬态等高频传导现象; 磁场、电场等辐射现象; 静电放电现象。我国迄今为止颁布了电压允许偏差、公用电网谐波、电压波动和闪变、三相电压不平衡、电网频率、暂时过电压和瞬时过电压等 6 项电能质量的国家标准, 文献[6]对此进行了详细的介绍。电能质量监测指标的细化和监测技术研究的不断深入, 使得电能质量监测设备的设计要求越来越高, 其监测量不仅须包括一些传统的稳态指标, 而且要求能够监测各种瞬时扰动和暂态

谐波等非稳态量^[7]。这对系统的实时性提出了更高的要求。电子技术和网络技术的发展进一步促进了电能质量监测系统在线监测、实时分析、网络化和智能化等功能的实现。目前, 常用的方法是利用高速数字信号处理器完成监测数据的采集和处理工作。随着嵌入式技术的不断发展和广泛应用, 一些实时操作系统也被应用于电能质量监测系统。

本文提出了一种将实时操作系统 QNX 应用于电能质量网络监测系统的方案。基于 QNX 的数据采集处理系统中, 数据采集板通过网络将采集到的原始数据发送给运行 QNX 的数据处理主机, 数据处理主机负责完成数据处理、数据显示、数据上传以及现场实时曲线绘制等工作。

1 QNX 操作系统概述

QNX 是加拿大 QSSL(QNX Software System Ltd.) 公司于 1980 年开始开发的一个微内核、抢占式、分布式、嵌入式实时操作系统, 目前最新版本是 QNX 6.3。它提供用户可控制的、优先级驱动的、急者优先抢占的调度方式。它的自身开销小、上下文切换快, 在同样的硬件条件下给实时应用留下了更大的余地, 因而它广泛应用于实时控制、通信、多媒体信息处理等对时间敏感的领域。

1.1 内核结构

QNX 是由一个体积很小的内核及一些负责系统管理的共操作进程组成, 如图 1 所示。

QNX 的系统结构中包含了若干个管理器, 管理器之间、管理器和其“指挥者”(内核)之间都是彼此可共操作的。QNX 内核只被用来执行几种最基

本的功能:进程间通信、低层的网络通信、进程调度以及中断处理。所有其他操作系统服务,都实现为协作的用户进程,因此 QNX 内核非常小巧(QNX 最小约为 12 KByte)而且运行速度极快。用户可根据实际需求,将系统配置成微小的嵌入式操作系统或是包括几百个处理器的超级虚拟机操作系统。

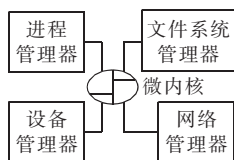


图 1 QNX 微内核的协调管理

Fig.1 QNX micro-kernel management

1.2 实时性

实时性是指能够在限定时间内执行完规定的功能并对外部的异步事件作出响应的能力。实时性的强弱以完成规定功能和作出响应时间的长短来衡量^[8]。一个系统的实时性的关键在于:系统具有各种操作的不同优先级别,高优先级的操作先得到处理。另外,系统还应具有抢占调度功能。QNX 进程间采用消息通信机制,系统模块可裁减,且和应用进程都以其优先级(共 32 个进程优先级)的抢占式受内核调度,因而中断响应快,调度延迟小。作为实时性的 2 个主要指标的上下文切换和中断延时, QNX 其时间指标都在微秒级,在多种嵌入式实时操作系统中名列前茅。

1.3 开放性

QNX 实时操作系统的开放性体现在其应用程序接口完全符合 POSIX 标准。这使 Linux/Unix 程序能够方便地移植到 QNX 系统上,极大地扩展了 QNX 系统的可用资源。在网络联接上, QNX 不仅支持 QNX 之间专用网络 Qnet,还支持与异型操作系统之间网络通信的协议,如 TCP/IP 族的各种协议,因此 QNX 易与其他常用操作系统(Windows、Linux 等)联网。目前, QNX 提供免费的非商业版操作系统,用户可从 QSSL 的网站上直接下载。

2 系统总体设计

2.1 监测网络组成结构^[9]

应用实时操作系统 QNX 的电能质量网络监测系统的总体设计如图 2 所示。

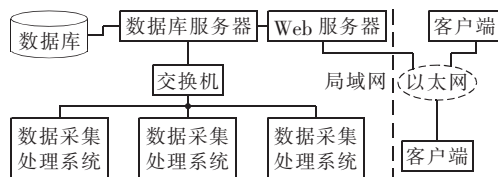


图 2 网络监测系统示意图

Fig.2 Network monitoring system

数据采集处理系统负责采集电网电能质量的各种数据并分析结果,进行实时显示。同时,数据采集处理系统还将数据定时传送至服务器进行存储(本地也可存储)。外界(客户端)可通过以太网远程访问服务器,查询电网电能质量的监测数据。

2.2 数据采集处理系统

数据采集处理系统系统结构总体分为数据采

集板和数据处理主机 2 大部分。数据采集板带有以太网接口,主要进行信号的采集,AD 转换的结果通过网络发送到数据处理主机。如图 3 所示,数据采集电路中 AD 芯片采用 Maxim 的 ADS7864,单片机采用网络单片机 DS80C400,网络接口芯片采用 RTL8201。另外,电路中还利用了一块 Xilinx 的 FPGA 芯片 XC2S200 对 AD 采样进行控制。数据的采样频率是每周期 128 点。

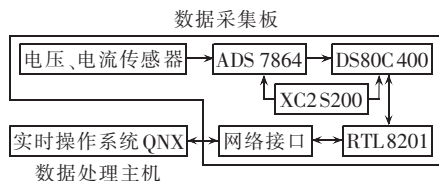


图 3 数据采集处理系统结构图

Fig.3 Structure of data processing system

系统的数据采集板部分主要完成数据采集和数据上传的任务,功能专一,信号采集的实时性较好。数据处理主机可采用双网口,一路接收采集板的数据,一路向服务器传送数据;也可采用单网口,将数据采集板直接接入网络。

数据处理主机采用实时操作系统 QNX。主机接收到数据后,进行数据处理,并完成本地实时曲线的绘制和数据存储。主机的配置采用一般的 PC 机即可,在试验中主机采用的是一台 PC104,其 CPU 为 Intel Celeron 650。

3 软件设计

运行于 QNX 实时操作系统上的软件主要由 3 个部分组成:网络通信模块、数据处理模块和人机交互模块,如图 4 所示。

网络通信模块负责网络连接的建立和数据传输;数据处理模块把接收到的数据进行一些计算处理(如 FFT 计算、分析谐波等),并把处理结果传递给人机交互模块;人机交互模块负责绘制和刷新实时曲线,接收用户指令并反馈系统的运行状态信息等。

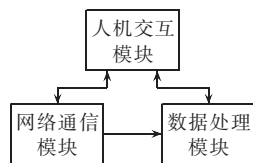


图 4 软件设计模块关系框图

Fig.4 Relations between software modules

3.1 网络通信^[10]

QNX 网络应用程序接口完全符合 POSIX 标准, QNX 提供的套接字(socket)源于 Berkeley 套接口。由于系统的通信要保证数据的可靠传输和实时性,因此采用有连接的 TCP 方式。通信采用 server/client 模式,如图 2 所示,数据采集板作为 client 端,定时向运行 QNX 操作系统的数据处理主机(server 端)发送数据。

网络连接的建立流程如图 5 所示。

server 端先调用 socket() 函数创建一个套接字,然后调用 bind() 将其绑定到本地计算机的一个端口

上,利用 listen() 进行网络监听,看是否有连接请求,若有则调用 accept() 函数接受连接,并开始传输数据。与 server 端不同的是,client 端需要调用 connect() 函数请求建立连接。由于 QNX 支持通用的网络编程接口 socket,网络连接程序的编写显得非常简洁。对于有过其他平台(如 Linux、Unix 等)网络编程经验的程序员而言,实现尤为方便。

3.2 数据处理和人机交互界面

在 server 端,程序将接收到的数据进行处理。数据处理工作主要包括一些电参量的计算以及谐波分析、数据判断以及数据存储等。由于 QNX 采用 C/C++ 语言编程而且提供通用的函数库,数据处理程序采用 C 语言编写。在方案中,对原始数据进行了 FFT 计算,可分析 0~60 次谐波。

人机交互界面的主要功能包括显示系统状态信息以及各种电参量的值、接收用户向系统发出的控制指令(如启动、停止等)以及绘制电参量的实时曲线。在 QNX 中,利用操作系统自带的集成开发环境 Photon Application Builder(简称 PhAB)进行人机交互界面的开发。PhAB 是一个可视化的工具,功能强大,简单易用。PhAB 中除了有许多常用的控件(如窗口、按钮等),还有一些专用的实时控件。这给系统的交互界面开发提供了很大方便。本系统的实时曲线绘制就调用了 PhAB 中的实时控件 RtTrend。通过调用该控件的设置函数,人机交互程序模块能够很方便地将数据处理程序模块传递的数据以实时曲线的形式显示。另外,曲线的数目和颜色等属性都可通过调用相应的函数进行设置。图 6、7 是在实验室中采集到的单相和三相电压实时曲线,表 1 是对应的三相电压谐波分析数据。

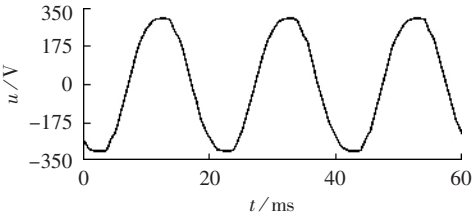


图 6 单相电压实时曲线图

Fig.6 Real-time trend of single phase voltage

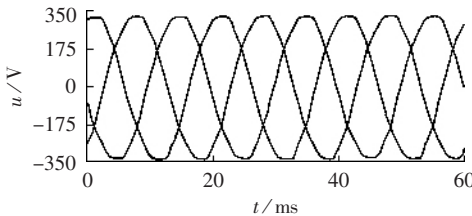


图 7 三相电压实时曲线图

Fig.7 Real-time trends of three phase voltage

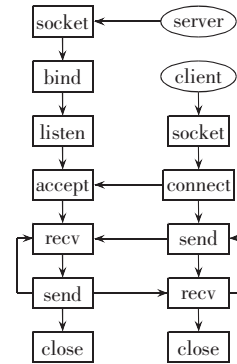


图 5 网络连接建立流程图
Fig.5 Flowchart of network link establishment

表 1 谐波分析数据表
Tab.1 Harmonics analysis

相别	U/V	THD/%	U ₁ /V	λ_2 /%	λ_3 /%	λ_4 /%	λ_5 /%	λ_6 /%	λ_7 /%	λ_8 /%
A	234	3.73	331.0	0.05	3.12	0.10	0.15	0.10	0.37	0.05
B	233	3.46	329.6	0.20	2.96	0.03	0.47	0.04	0.51	0.06
C	231	3.44	327.5	0.18	2.78	0.07	0.34	0.12	0.06	0.06

注:U 为有效值;U₁ 为电压基波; λ_i (i=2,3,⋯,8) 为 i 次谐波百分数。

4 结语

本文简要介绍了电能质量监测的意义和发展概况以及 QNX 实时操作系统的特点,结合其在电能质量数据采集系统中的应用实例,文章详细介绍了基于 QNX 的电能质量数据采集系统中的软件设计。这种方案将数据采集和数据处理功能进行了分离。数据采集部分功能专一,实时性较好;数据处理主要用软件实现,易于系统功能的扩展和数据统计。操作系统采用了实时操作系统 QNX,采样数据能够实时地在本地以曲线的形式显示,除此之外系统能够将数据进行本地存储和远程发送。

随着微处理器技术的发展和 QNX 硬件支持种类的增加,QNX 实时操作系统已广泛应用于各行业,尤其在工业控制领域,QNX 在嵌入式实时系统中将有良好的应用前景。

参考文献:

[1] 肖湘宁,徐永海. 电能质量问题剖析[J]. 电网技术,2001,25(3): 66-69.
XIAO Xiang-ning,XU Yong-hai. Power quality analysis and its development[J]. Power System Technology,2001,25(3):66-69.
[2] 林海雪. 现代电能质量的基本问题[J]. 电网技术,2001,25(10): 5-12.
LIN Hai-xue. Main problems of modern power quality[J]. Power System Technology,2001,25(10):5-12.
[3] 邵如平,宣勇,艾欣. 电能质量在线监测新方法研究[J]. 电力自动化设备,2003,23(1):72-75.
SHAO Ru-ping,XUAN Yong,AI Xin. Study on new technologies of power quality on-line monitoring[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(1):72-75.
[4] 赵启胜,张锡庆,杨作新. 电能质量在线监测技术的研究[J]. 东北电力技术,2003(12):5-8.
ZHAO Qi-sheng,ZHANG Xi-qing,YANG Zuo-xin. Research on on-line monitoring technology of energy quality [J]. Northeast Power Technology,2003(12):5-8.
[5] 朱桂萍,王树民. 电能质量控制技术综述[J]. 电力系统自动化,2002,26(19):28-32.
ZHU Gui-ping,WANG Shu-min. A survey on power quality control technology[J]. Automation of Electric Power Systems,2002,26(19):28-32.
[6] 全国电压电流等级和频率标准化技术委员会. 电压电流频率和电能质量国家标准应用手册[M]. 北京:中国电力出版社,2001.
[7] 董超,宋政湘,耿英三. 电能质量监测的发展趋势与新型电能质量监测仪的研制[J]. 电气时代,2004(7):22-23.
DONG Chao,SONG Zheng-xiang,GENG Ying-san. Trends of power quality monitoring development and research of new power

quality monitoring devices[J]. Electrial Age,2004(7):22-23.

[8] 侯业勤,张菁. 分布式嵌入式实时操作系统 QNX[M]. 北京:宇航出版社,1999.

[9] LEOU Rong-ceng,CHANG Ya-chin,TENG Jen-hao. A web-based power quality monitoring system[C]//Power Engineering Society Summer Meeting,2001. [S.l.]:IEEE,2001:1504-1508.

[10] STEVENS W R. UNIX 网络编程:第 1 卷[M]. 2 版. 施振川,译. 北京:清华大学出版社,2001.

(责任编辑:李育燕)

作者简介:

徐明伟(1980-),男,湖北安陆人,硕士研究生,从事计算机监控、嵌入式系统应用等方面的研究(E-mail:xu_mingwei@sohu.com);

于庆广(1966-),男,辽宁丹东人,副教授,从事电力系统自动化方面的研究;

王 聪(1955-),男,北京人,教授,博士研究生导师,从事电力电子技术、计算机监控技术等方面的研究;

付之宝(1973-),男,黑龙江鸡西人,硕士研究生,从事电能质量监测技术的研究。

Application of real-time operating system QNX in power quality monitoring system

XU Ming-wei¹,YU Qing-guang²,WANG Cong¹,FU Zhi-bao¹

(1. China University of Mining and Technology,Beijing 100083,China;

2. Tsinghua University,Beijing 100084,China)

Abstract: The significance and the latest development of power quality monitoring system are introduced. Characteristics of real-time operating systems QNX are analyzed and its application in the network power quality monitoring system is illustrated. It separates data acquisition and data processing functions,while the former is implemented with hardware,which has special function and good real-time performance,and the later is implemented with software,which is superior in function expansion and data statistic. The system structure,network link and human-machine interface development are explained in detail. In the data acquisition circuit,the analog-to-digital conversion uses the ADS7864 chip,the singlechip uses the network singlechip DS80C400,and the network interface chip uses the RTL8201. In addition,a FPGA(Field Programmable Gate Array) chip XC2S200 is applied for sampling control. Test results are offered.

Key words: real-time operating system; QNX; power quality; network monitoring