

eCAN和 Ethernet在同步相量测量装置中的应用

汤 娇¹, 王克英¹, 邓岳华²

(1. 华南理工大学电力学院, 广东 广州 510640; 2 佛山南海供电局, 广东 佛山 528200)

摘要: 文章在基于数字信号处理器 (DSP)和高速 AVR单片机双 CPU的同步相量测量装置 PMU (Phasor Measurement Unit)的研究基础上,提出了一种 eCAN总线 (Enhanced Controller Area Network)与工业以太网相结合的 PMU数据通信方案。讨论了 eCAN的硬件设计原理和软件设计流程,设计了基于高性能数字信号处理器 TMS320LF2407的连接 CAN现场总线和工业以太网的嵌入式现场网关,实现了 PMU与现场工控机(动模实验)以及远程控制中心的实时通信。

关键词: 相量测量单元 (PMU); eCAN; 工业以太网; CAN/Ethernet网关

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897 (2006) 06-0060-04

0 引言

基于 GPS/PMU的新一代动态安全监测系统 WAMS (Wide - Area Measurement/Monitoring System)可以弥补现有 EMS/SCADA的不足,对电力系统稳定监测、预报、调度处理、事故复现、系统动态参数辨识以及发展在线稳定控制都有很大的帮助,将给电力系统的运行及控制带来巨大影响,为解决复杂电力系统的系列难题提供了新的、有效的手段^[1,2]。要实现对电力系统的动态行为进行控制, WAMS中 PMU与 PMU、PMU与现场上位机、PMU与控制中心之间的实时可靠通信尤为重要。

以太网采用带冲突检测的载波监听多路访问 CSMA/CD的控制方式,因此传统的以太网技术难以满足控制系统要求准确定时通信的实时性要求,一直被视为非确定性网络。然而,由于高速以太网技术的发展,100 M的以太网技术已非常成熟,10 G的以太网也已问世,给解决以太网的非确定性问题带来了新的契机,连接在同一个交换机上不同设备之间产生冲突的可能性大大降低,减轻了网络的负荷,提高了确定性。同时使用虚拟局域网技术、全双工通信模式、具有智能式集线器都能大大提高其确定性^[3,4]。

文献 [5]构建了一种较为灵活的 PMU底层通讯总体方案。本文则主要阐述了 eCAN和 Ethernet通讯技术在 PMU中的具体应用。设计了一种 CAN总线与高速工业以太网相融合的通信方案,CAN总线用于连接各个 PMU和就地上位机,再通过工业以

太网实现 PMU与控制中心的实时通信,能满足实时控制所需的 20 ~ 30 ms刷新数据的要求。

1 PMU装置的原理结构

相量测量单元结构原理如图 1所示。来自 PT/CT二次侧的电压、电流信号经相应的滤波器分别接入 A/D转换电路和频率测量电路,根据 GPS输出的秒脉冲 (PPS)和来自频率跟踪与测量的信号经 DSP内部的捕获单元产生满足时间同步和频率同步要求的异地同步采样信号启动 A/D转换。DSP根据变间隔的离散傅里叶变换 (DFT)算法计算出被测量信号的基波分量,然后利用 GPS提供的时间信息和采样顺序编号给计算结果置以全网统一的“时间标签”。计算结果连同其时间标签按照通信规约的要求,经 CAN总线和工业以太网实时送往控制中心。

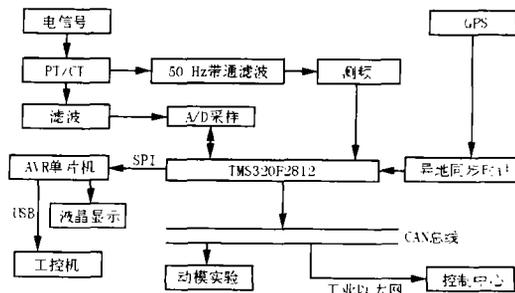


图 1 PMU原理结构图

Fig 1 Principles and structure of PMU

DSP与 AVR单片机 ATmega128之间采用同步串行接口 (SPI),实现无缝接口连接。PMU与现场上位机 (工控机)的数据通信由 USB总线完成。

2 eCAN 通信

2.1 eCAN 控制器简介

eCAN (Enhanced Controller Area Network) 控制器是 TI公司 TMS320LF24系列 DSP集成的 CAN控制器的改进型。它具有 CAN控制器的一般特性,如完全支持 CAN2.0B 协议、可编程的位定时器、中断配置可编程、总线错误诊断功能、发送出错或仲裁时丢失数据具有自动重发功能等。与 CAN控制器相比,eCAN控制器由原来的 6个邮箱增加到了 32个,并且每个邮箱都可配置为发送或接收邮箱,每个邮箱都有自己的接收屏蔽寄存器和 32位时间标签,具有动态可编程发送优先级,因此 eCAN 通信更加可靠、灵活。

2.2 eCAN 通信的硬件电路设计

eCAN 通信的硬件电路图如图 2 所示,CAN 驱动芯片 PCA82C250 通过光电耦合与 TMS320F2812 集成的 eCAN 控制器相连,可进一步提高 eCAN 的总线驱动能力。 R_s 引脚可用于选择 3 种不同的工作方式:待机方式、斜率控制和高速方式。由于采用非屏蔽的双绞线,为了降低射频干扰,应在 R_s 脚通过一个 10 k 的电阻接地,用于控制上升沿和下降沿的斜率。由于 CAN 总线利用双绞线进行数据传输,受外界干扰的程度相同,因此可以充分利用接收器的高共模抑制性能,提高通信的抗干扰能力。若 PCA82C250 处于 CAN 总线网络的终端,为了消除长线反射引起的干扰,须在双绞线两端连接匹配电阻 R_1 ,匹配电阻 R_1 与双绞线特性阻抗 Z 的关系为:

$$R_1 = Z / 2$$

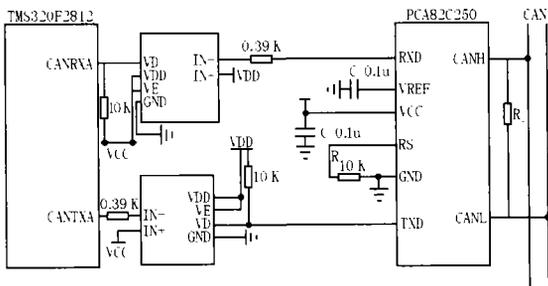


图 2 eCAN 接口电路

Fig 2 Interface circuit of eCAN

2.3 eCAN 通信的软件设计

由于 DSP 集成了 eCAN 控制器,所以 eCAN 通信的软件设计很方便。在进行 eCAN 通信前,先必须初始化 eCAN 控制器和 32 个邮箱。eCAN 初始化

流程如图 3 所示,初始化后确定了通信的波特率、初始化了主控制器、选择了 HECC (eCAN) 模式 (TMS320F2812 兼容了 2000 系列 DSP 所用的 SCC 模式)、总线唤醒、一帧数据传输的次序、设置了邮箱的标识符及对发送的数据区赋初值等。初始化后就能进行信息的发送和接收,在写数据到发送邮箱的数据区后,使能相应的发送请求位,信息就被发送到 CAN 总线上。如果多个发送邮箱的发送请求位置位,则信息帧将按邮箱的权限由高到低一个接一个发送。

eCAN 控制器在接收信息时,先将要接收的信息的标识符与相应接收邮箱的标识符进行比较,只有标识符相同的信息才能被接收。eCAN 控制器的接收滤波器使得接收邮箱可以忽略更多的位来接收信息,即如果只有被屏蔽的那些位标识符不相符,接收邮箱一样接收此信息。邮箱接收信息流程图如图 4 所示。

CAN 总线一帧信息所能传的数据字节最多为 8 个,但 PMU 装置的报文都多于 8 字节,所以要进行报文的拆分和拼接,可以把 11 位标识符分为两部分,高 8 位用于验收滤波,低 3 位作为同一报文段的编号,接收的时候通过这 3 位编号进行拼接。

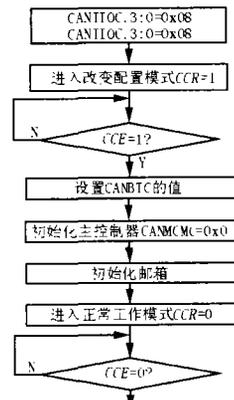


图 3 初始化 eCAN 控制器

Fig 3 Initialization of eCAN controller

3 CAN / Ethernet 网关设计

3.1 CAN / Ethernet 网关的模型

开放系统互联 OSI (Open System Internet) 协议栈,是由国际标准化组织 (ISO) 为实现世界范围的计算机之间的通信而制定的。OSI 协议栈将数据从一个站点传送到另一个站点的工作,分割成七个不同的任务,这些任务按层进行管理,即分为七层,从底层到顶层依次为物理层、数据链路层、网络层、传

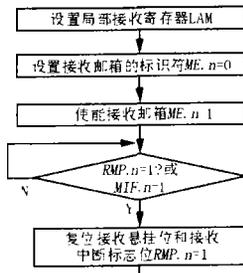


图 4 信息的接收流程图

Fig 4 Flow chart of message receiving

输层、会话层、表示层、应用层,每个层都对数据包进行封装和解封。Ethernet和CAN的网络模型都只支持OSI所定义的七层结构中的某些层,Ethernet的网络模型中没有与OSI模型中的会话层和表示层相对应的层次,其五层模型由低到高分别是物理层、数据链路层、IP、TCP、应用层,而CAN模型只有OSI模型中的三层,分别是物理层、数据链路层和应用层。对于网关来说,首先它必须能够读取和发送Ethernet和CAN网上的数据,所以它必须具备Ethernet和CAN网络模型的网络层次;其次它要实现Ethernet和CAN数据包的重新封装,所以网关的应用层要定义管理协议。通过以上分析,可以得到网关的基本模型如图5所示。

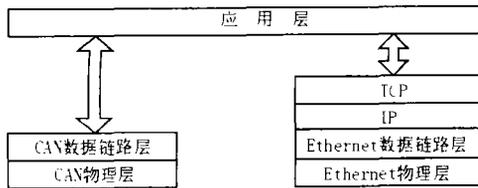


图 5 CAN/Ethernet网关的模型

Fig 5 Module of CAN/Ethernet's gateway

3.2 CAN/Ethernet网关的硬件设计

3.2.1 网关的硬件结构

根据以上讨论的网关模型可得,网关的硬件电路包括CAN接口电路、以太网接口电路和微处理器。网关的核心就在于应用层的实现,其主要部分就是通用微处理器,完成CAN总线与工业以太网的协议转换,因此微处理器的性能对网关实时性至关重要。本文选用美国TI公司推出的一种专为实时信号处理而设计的、高性能的TMS320LF2407DSP芯片作为网关的微处理器。网关的CAN接口由TMS320LF2407集成的CAN控制器和PCA82C250驱动芯片组成,以太网接口电路选用台湾Realtek公司生产的10M/100M自适应以太网控制芯片。网

关的框图如图6所示。

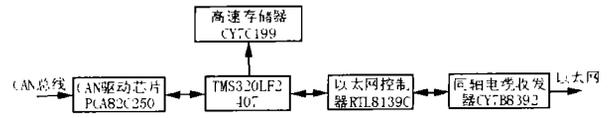


图 6 CAN/Ethernet网关的框图

Fig 6 Block diagram of the CAN/Ethernet's gateway

3.2.2 网关的协议转换处理

当连接在CAN总线上的PMU向连接在Ethernet上的监控计算机发送数据时,数据首先通过网关上的CAN总线接口电路送到CAN总线控制器,并向CPU发出中断请求,如果此时CPU正在执行其他优先级较高的任务,数据就暂时存储在DSP集成CAN控制器的接收邮箱中,当CPU执行完任务后,响应中断,读取邮箱中的数据并通过管理协议层中所对应的程序提取需要传送的数据,然后再对该数据分别添加TCP和IP层所需要的信息。DSP通过串行总线将经过封装的数据发送给以太网控制芯片RTL8139C(L),RTL8139C(L)自动给这些数据添加以太网物理层和逻辑链路层所需的相关信息,然后再通过物理接口传送到以太网上。这时监控计算机就可以通过机器的网卡接收到从CAN总线上的PMU所传递的数据。反之,当监控计算机向CAN总线网中的PMU发送命令时,它首先通过以太网将数据发送给网关上的以太网控制器RTL8139C(L),同样也是采用中断的方式,DSP响应中断后,通过读取RTL8139C(L)中的相关寄存器来判断是否收到数据,对于新收到的数据将其从RTL8139C(L)的数据缓冲区中取出,并提取其中实际要传送的数据,写在DSP集成控制器发送邮箱对应的RAM,通过调用CAN发送程序把数据发送到相应的PMU。

4 结束语

本文构建了一种eCAN现场总线与工业以太网相结合的PMU数据通信方案。通过eCAN现场总线实现了PMU与就地上位机以及PMU在动模实验中实时可靠通信。设计了CAN/Ethernet网关,实现了CAN总线与工业以太网的直接数据互联,通过CAN总线和工业以太网实现了PMU与控制中心的实时可靠通信。TMS320F2812和TMS320LF2407分别集成了eCAN和CAN控制器,使得硬件结构更加简练,编程更方便,设计的CAN/Ethernet网关简单可靠,也可应用在变电站等其它控制场合。

参考文献:

- [1] 肖晋宇,谢小荣,李建,等. 电网广域动态安全监测系统及其动态模拟试验[J]. 电网技术, 2004, 28(6): 5-9.
XIAO Jin-yu, XIE Xiao-rong, LI Jian, et al Wide-area Dynamic Security Monitoring System for Power Network and Its Dynamic Simulation[J]. Power System Technology, 2004, 28(6): 5-9.
- [2] Phadke A G Synchronized Phasor Measurements—a Historical Overview[A]. Proceedings of IEEE/ PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002. 476-479.
- [3] 张广渊,胡俊辉,王春莉. 工业以太网与现场总线的融合[J]. 机械设计与制造, 2003, (3): 28-29.
ZHANG Guang-yuan, HU Jun-hui, WANG Chun-li Merging Industrial Ethernet and Fieldbus[J]. Machinery Design & Manufacture, 2003, (3): 28-29.
- [4] 海涛,高翔,徐嫣. 基于高速以太网的现场总线控制系统[J]. 广西大学学报(自然科学版), 2004, 29(9): 69-71.
HAI Tao, GAO Xiang, XU Yan Fieldbus Control System Based on High Speed Ethernet[J]. Journal of Guangxi University, Nat & Sci, 2004, 29(9): 28-29.
- [5] 季坤,王克英,蔡泽祥. 广域测量系统中 PMU 的通信方案[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3): 77-80.
JI Kun, WANG Ke-ying, CAI Ze-xiang Communication Scheme of Phasor Measurement Unit in WAMS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3): 77-80.
- [6] TEXAS Instruments TMS320F2810 & TMS320F2812 Digital Signal Processors Data Signal Processors Data Manual[Z]. Literature Number: SPRS1741 2001-Revised, 2003.
- [7] IEEE Std 1344-1995 (R2001), IEEE Standard for Synchrophasors for Power Systems[S].

收稿日期: 2005-07-13

作者简介:

汤 娇 (1981 -),男,硕士研究生,研究方向为电力系统保护、控制与自动化; E-mail: tj97405@163.com

王克英 (1963 -),男,教授,从事微型计算机在电力系统测量和控制中的应用研究;

邓岳华 (1973 -)男,电气工程师,研究方向为电力系统运行与控制。

Application of eCAN and Ethernet in phasor measurement units

TANG Jiao¹, WANG Ke-ying¹, DENG Yue-hua²

(1. Electric Power College, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China;

2. Nanhai Power Supply Bureau, Foshan 528000, China)

Abstract: This paper presents a communication scheme combining Enhanced Controller Area Network (eCAN) with Industrial Ethernet for Phasor Measurement Unit (PMU). It is developed in the form of double CPUs including Digital Signal Processor (DSP) and high-speed AVR MCU. The hardware and software designs of eCAN are discussed, embedded gateway based on high-performance digital signal processor TMS320LF2407 is designed to connect CAN with industrial Ethernet. The real-time communication between local computer and remote control center is realized.

Key words: phasor measurement unit (PMU); eCAN; industrial Ethernet; CAN/Ethernet gateway

(上接第 52 页 continued from page 52)

作者简介:

杜继伟 (1977 -),男,硕士,主要研究方向为电力系统非线性控制及继电保护; E-mail: hunter-djw@163.com

毕伟东 (1969 -),男,硕士,高级工程师,从事电力工程建设电气设备、继电保护及电力通信技术方面的研究;

王 奔 (1960 -),男,教授,主要研究方向为电力系统非线性及变结构控制。

Design of grey variable structure controller for three-phase active power filter

DU Ji-wei¹, BI Wei-dong², WANG Ben¹

(1. School of Electrical Engineering, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Nanyang Power Company, Nanyang 473013, China)

Abstract: In this paper, the grey prediction is integrated into the VSC to develop a grey variable structure controller (GVSC) for a three-phase active power filter (APF). The principle of this controller is adding a boundary layer around the sliding surface of conventional variable structure control, the function saturation replacing the function sign, and next state is predicted by grey theory to regulate the gain of sliding mode control ahead of time. Chattering of conventional variable structure is reduced effectively. Simulation results verify that APF with GVSC has better compensation performance and capacitor voltage has better stability.

Key words: APF; GVSC; compensation performance; stability