

基于 IEC61850 的嵌入式合并单元的研究

田云杰, 程良伦, 罗晟

(广东工业大学自动化学院, 广东 广州 510090)

摘要: 随着电子互感器的出现, 合并单元作为将瞬时电流电压信号以指定帧格式传送给保护、控制装置而出现在变电站通信系统中。为满足 IEC 61850 标准对变电站自动化系统以及智能设备所提出的互操作性、实时性和稳定性要求, 提出了一种新型的电子式互感器与智能设备间的数字通信接口——嵌入式合并单元, 该设备采用 ARM 处理器, 具有高可靠性和强实时性。先从合并单元的功能进行分析, 研究了基于 ARM 的装置的功能实现, 然后研究和分析了合并单元信息模型的构建, 最后简单介绍了用于装置的自我描述的 SCL 配置文件的基本格式。

关键词: 合并单元; 嵌入式; 信息模型; IEC 61850; SCL

Research on embedded system merging unit based on IEC 61850

TIAN Yun-jie, CHENG Liang-lun, LUO Sheng

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510050, China)

Abstract: Along with the application of electronic transformers the merging units appear in the communication network of substation, it is responsible for encapsulation instantaneous digital current and voltage signals according to the specified frame format and transmitting the data stream to the protection/control equipments. This paper researches a new digital communication interface based on IEC 61850, i.e. embedded system merging unit, which connects electronic transformers and intelligent electronic devices to meet the IEC 61850 standard for automation power station operation. A controller advanced RISC machine (ARM) with the embedded system is used for this device, which provides a stable and real-time processing capability. The paper analyses the function of merging unit, researches its realization way then researches and analyses merging unit information model. Finally, this paper introduces configuration file for the self-description of devices by Substation Configuration Description Language (SCL).

Key words: merging unit; embedded system; information model; IEC 61850; SCL

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)10-0052-04

0 引言

根据 IEC61850A 通信协议草案定义, 变电站自动化系统在逻辑结构上分为 3 个层次——“过程层”、“间隔层”、“站控层”^[1]。实现“过程层”的关键设备——电子式互感器的数字接口, 目前采用的是遵循 IEC60044-7/8 和 IEC61850-9 两种方案, 两个标准都规范了电子式互感器数字化输出接口的重要组成部分——合并单元 (Merging Unit)。

现今的通信系统大都采用 FPGA 或多单片机系统作为核心控制器件, 而传统的合并单元也是如此。目前, 随着嵌入式技术在工业控制中的应用推广, 其优越性更加明显。为满足 IEC61850 标准对变电站自动化系统及智能设备提出的互操作性、实时性和稳定性要求, 将 32 位处理器 ARM (advanced RISC machine) 与嵌入式操作系统 Linux 引入到合并单元中。以 ARM 为核心的嵌入式系统硬件, 可保证合并

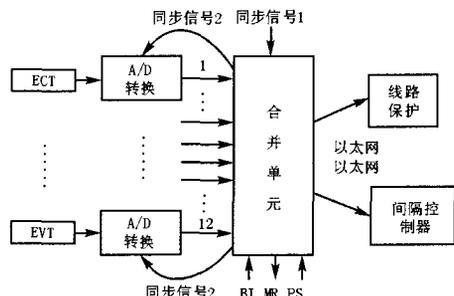
单元的稳定性、实时性和可扩展性。

1 合并单元的定义

IEC60044-7/8 中首先定义了一个新的物理单元——合并单元, 合并单元是针对数字化输出的电子式互感器而设计的。通常, 是 7 个电流互感器和 5 个电压互感器传输来的信号经过一定的处理, 然后按照曼彻斯特编码格式将这些信息组帧发送给二次保护、控制设备, 其中合并单元到二次设备的连接可以通过光纤或铜线传输^[2]。

后来随着变电站通信标准 IEC61850 的制定, 对于合并单元的描述又有了创新, 但总的来说, IEC 61850-9-1 中定义的合并单元是依靠 IEC60044-7/8 为参考的。IEC61850-9-1 中规范的合并单元如图 1 所示, 合并单元发送给二次保护、控制设备的报文除了 IEC60044-7/8 中规定的电流、电压值及标志采样值是否有效的状态信息、同步信息和设备维护信

息等外, 还增加了一些反映开关状态的二进制输入信息和时间标签信息等^[3]。目前, 按照 IEC 61850-9-1 标准的规范, 合并单元与二次侧保护、测量设备的通信多采用以太网进行。



BI 为二进制开关状态输入; MR 为维修请求; PS 为电源供应; ECT 为电子式电流互感器; EVT 为电子式电压互感器。

图 1 遵循 IEC61850-9-1 的合并单元

Fig.1 Merging unit based on IEC 61850-9-1

2 嵌入式合并单元的提出

嵌入式技术是近几年发展起来的新型技术, 它可以解决电子系统小型化和低功耗、高可靠性等问题, 具有较多的可由用户自由配置的 I/O 端口。由于它采用模块化设计思想, 利用嵌入式设计时一般将系统分成几个子模块, 各子模块可以并行执行, 所以本合并单元的设计采用了嵌入式的方法。

按照 IEC61850-9-1 所规范的合并单元, 采用嵌入式技术的硬件部分由两块组成: 一块是核心板, 它包括 CPUS3C2410, 两片 SDRAM 和一片 64 M 的 FLASH; 另一块是扩展板, 它由以太网接口、RS232 串行接口、I/O 扩展电路、DO 电路等部分组成。其硬件部分框图如图 2 所示。

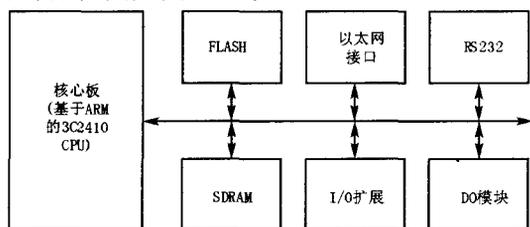


图 2 嵌入式合并单元的硬件框图

Fig.2 Framework of embedded merging unit's hardware

3 合并单元的功能组成与功能实现

合并单元在处理采样值通信中具有四个重要特点: 多任务同时处理, 高可靠性和强实时性, 通信流量大, 通信速度高^[4]。合并单元需要同时接收多路 A/D 转换数据, 并对其进行检验是否在传输过程中发生畸变; 对于检验后正确的电流、电压信息要

及时传输给二次保护、测控设备, 同时设备的工作环境还要求设备要有高的抗干扰能力; 合并单元采集的电压、电流信息的采样频率高, 同时还有部分状态信息也需要通信; 一般采用光纤通信而处理大量的信息。

因此, 在进行合并单元的设计时首先要考虑上述因素的影响, 在遵循 IEC61850-9-1 的基础上, 合并单元需要完成以下 3 个部分的设计: 同步模块、数据采集与处理模块和通信模块。

3.1 同步模块

通常, 变电站采用 GPS 来对信号进行同步, 因为它能够将精度提高到小于 $4 \mu\text{s}$ 。在正确识别 GPS 接收机输出的同步秒脉冲 (1PPS) 之后 (同步信号 1), 合并单元给各路 A/D 转换器发送同步转换信号 (同步信号 2), 如图 1 所示。对于同步的内涵, 包括两个方面: (1) 对于由 GPS 接收机输出的同步信号的正确识别, 确保所有的合并单元甚至是变电站中所有的设备都能够准时运行; (2) 在正确识别同步信号 1 之后, 能够准确地产生同步信号 2, 确保同一个合并单元内不同路的 A/D 转换器甚至是不同合并单元内的 A/D 转换器进行信号同步转换。

图 3 所示为合并单元接收到的从 GPS 接收机输出的同步秒脉冲 (1PPS) 的波形图。该波频率为 1 Hz, 在每周波中, 其正脉冲宽度大于 $10 \mu\text{s}$ 。对于脉冲的正确识别要求其正脉冲宽度大于 $10 \mu\text{s}$ 且总周期时间为 1 s。在正确识别该同步信号 1 之后, 合并单元的同步模块根据信号 1 进行信号转换产生同步信号 2。通常情况下, 电子式互感器的采样频率为 $(80/48/20)$ / 周波, 所以, 同步信号 2 的产生应该符合二次保护、控制设备的采样率要求。对于该部分的研究, 很多单位和同仁提出过不同的研究, 具体可以参考文献 [5, 6] 等。

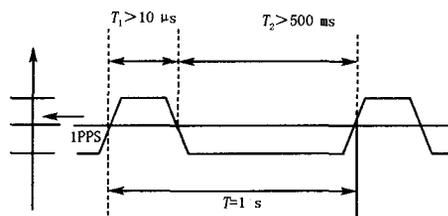


图 3 合并单元同步时钟输入波形

Fig.3 Wave of merging unit synchronous clock input

处理器 ARM 为 S3C2410, 其最高工作频率可以达到 203 MHz, 较高的工作频率能够提高同步信号的产生精度和识别的准确度, 同时, CPU 芯片上面具有 4 路带 PWM 的定时器, 便于定时, 也大大方便了同步信号的识别和产生。

3.2 数据采集与处理模块

IEC60044-7/8 和 IEC61850 中定义的合并单元,其主要任务就是对采集的 12 路电压、电流信息按照规约所规范的格式传输给二次保护、控制设备,所以,在合并单元的功能组成中,此模块尤其重要。由于设备所处的环境存在着严重的电磁、噪声等干扰,使得信号的可靠转换和传输面临着很大的问题,为防止信道存在的噪声和干扰使得传输的数据发生畸变而造成差错,常采用循环冗余校验(CRC)对各路 A/D 输出的数据进行检验,在众多的 CRC 校验方法中,采用 $CRC-6=x^6+x^3+x^2+1$ 。

3.3 通信模块

合并单元的通讯模块通常包括两部分内容:串口通信和以太网通信。其中串口通信采用 RS232 接口,用来传送设备的状态信息以及报警等;而合并单元最重要的功能就是为电子式互感器提供数字接口,因此,对于采集来的各路数据按照 IEC61850 的标准进行数据组帧,实时发送给二次保护、控制设备非常重要。

采用 IEC60044-7/8 的合并单元在传送数据时,采用 FT3 格式进行曼彻斯特编码发送,由于传输速率比较慢(编码前为 2.5 Mbit/s),不适用于对采样率要求较高的计量和保护等^[7];而采用 IEC 61850-9-1 标准的合并单元通过以太网进行数据发送,速度可以达到 100 Mbit/s 甚至更高,远远满足要求。

IEC61850-9-1 定义的合并单元传输的信息不仅包括 12 路电压、电流信息,同时还有一些设备状态信息以及遥测信息等,采用以太网传输信息,不仅能够满足流量和速度的高要求,同时对于基于 ARM 的系统来说,接口易于实现,也容易集成,通过计算可知 10 M 带宽即可满足实际需要。图 4 为以 S3C2410 为核心而扩展的双以太网接口框图,在该设计中,以太网接口共 4 个,其中两个为常规的 RJ-45 接口,另外两个为光纤接口。

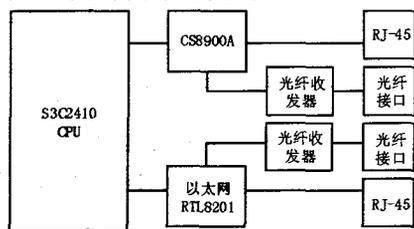


图 4 合并单元的以太网接口框图

Fig.4 Framework of merging unit's Ethernet interface

4 合并单元信息模型的构建

遵循 IEC61850 的合并单元,采用面向对象的方法,为实现无缝通信而建立结构化模型,以体现不同厂家或是同一厂家不同产品的互操作性。信息模型和面向对象的建模方法是 IEC61850 的核心,下面将以结合合并单元为例进行说明。按照 IEC61850-9-1 标准定义的合并单元传输的报文中,不仅包括 12 路电压、电流值及其品质信息,同时还包括反映开关状态输入及其品质的信息等。前者为通用(universal)数据集,后者为状态指示(status indication)数据集。

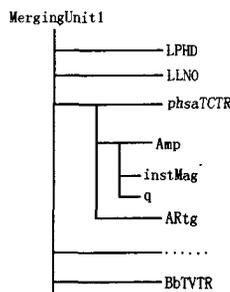


图 5 基于 IEC61850-9-1 的合并单元的模型结构

Fig.5 Structure of merging unit based on IEC61850-9-1

遵循 IEC61850-9-1 的合并单元,逻辑设备一般至少包含一个物理设备逻辑节点、一个逻辑节点零和一个或多个特定应用逻辑节点。如图 5 所示,逻辑设备 MergingUnit1 由 LPHD、LLNO、phsaTCTR、phsbTCTR、phscTCTR 等逻辑节点组成。其中 LPHD 为物理设备逻辑节点,它包括铭牌信息、设备健康状态的公共信息;LLNO 为逻辑零节点,它代表逻辑设备的公共信息,物理设备逻辑节点和逻辑零节点是合并单元中必不可少的节点。合并单元所采集的 12 路电压、电流信息可以作为 12 个特定的应用逻辑节点,例如 phsaTCTR 等节点。逻辑节点由数据对象组成,如 A 相电流互感器(保护)的逻辑节点 phsaTCTR 由 Amp(表示采样值电流信息)和 ARtg(表示额定相电流信息)组成。而数据对象又由数据属性组成,例如对于对象 Amp 由 instMag(模拟量数值)和 q(模拟量状态正确与否状态)等组成^[8]。

5 合并单元的 SCL 描述方法

变电站配置语言 SCL (Substation Configuration Description Language) 是 IEC61850 采用的变电站专用描述语言^[9]。使用 SCL 能够方便地收集不同厂家设备的配置信息并对设备进行配置,使系统维护升级、智能电子器件控制变得更加简单易行。信息模型和通信服务是产品之间实现互操作性的关键内容,一个具有互操作性的合并单元必须具有识

别 SCL 并进行数据生成的能力。IEC61850-6 中 SCL 采用 XML 文档类型模式 Schema 定义 SCL 文件的具体结构,采用 XML1.0 语法结构的 SCL 来描述装置的配置信息。对于创建一个基于 SML Schema 的 XML 文档,下面以描述 LN 为例示意如下:

```
<xs:complexType name="">
  <xs:complexContent>
    <xs:extension base="">
      <xs:attribute name="" type="" use="" />
      .....
      <xs:attribute name="" type="" use="" />
    </xs:extension>
  </xs:complexContent>
</xs:complexType>
```

上述代码中只是定义了一个 LN 的基本结构,需要说明的是对于合并单元具体功能的 IED、LD、LN 等要针对这些内容做具体设定。

6 结论

IEC61850 是一个复杂的标准体系,本文以遵循标准的 IEC61850-9-1 部分的合并单元为研究对象,并结合嵌入式技术对其中的一些关键性技术进行研究。目前,间隔层的一些功能下放到过程层,则合并单元的功能会更加复杂。随着数字化变电站的发展,其应用前景也会更加美好。

参考文献

- [1] 朱子坤. 数字化变电站自动化系统[J]. 西北水电, 2005, (3): 47.
ZHU Zi-kun. Automatic System of Digital Substation[J]. Northwest Water Power, 2005, (3): 47.
- [2] IEC 60044-7/8. Electrical Voltage/Current Transducers[J].
- [3] IEC 61850-9-1, Communication Networks and Systems in Substations[S].
- [4] 殷志良, 刘万顺, 秦应力, 等. 一种基于 FPGA 技术的电子式互感器接口实现新方法[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(14).
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, QIN Ying-li, et al. A New FPGA-based Method for Realizing the Interface to

Electronic Transducer[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(14).

- [5] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 一种遵循 IEC 61850 标准的合并单元同步的实现新方法[J]. 电力系统自动化, 2004, 28(11).
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. New Method for Implementing the Synchronization of Merging Unit According to the IEC 61850 Standard[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11).
- [6] 殷志良, 刘万顺, 杨奇逊, 等. 基于 IEEE 1588 实现变电站过程采样值同步新技术[J]. 电力系统自动化, 2005, 29(3).
YIN Zhi-liang, LIU Wan-shun, YANG Qi-xun, et al. A New IEEE 1588 Based Technology for Realizing the Sampled Values Synchronization on the Substation Process Bus[J]. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(3).
- [7] Brunner C, Schimmel G, Schuber H. Standardization of Serial Links Replacing Parallel Wiring to Transfer Process Data[A]. In: CIGRE[C]. Paris: 2002.
- [8] 窦晓波, 吴在军, 胡敏强, 等. IEC 61850 标准下合并单元的信息模型与映射实现[J]. 电网技术, 2006, 30(2).
DOU Xiao-bo, WU Zai-jun, HU Min-qiang, et al. Information Model and Mapping Implementation of Merging Unit Based on IEC61850[J]. Power System Technology, 2006, 30(2).
- [9] IEC 61850-6, Communication Networks and Systems in Substations, Substation Automation System Configuration Language[S].

收稿日期: 2006-11-18; 修回日期: 2006-12-18

作者简介:

田云杰(1979-), 男, 硕士研究生, 从事变电站自动化系统和控制网络与集成的研究; E-mail: ttyyjj126@126.com

程良伦(1965-), 男, 教授, 硕士生导师, 从事电力系统自动化, 网络与信息化控制, 流程工业自动化系统, 嵌入式智能系统与总线集成等的研究;

罗晟(1981-), 男, 硕士研究生, 从事嵌入式系统的研究。

欢迎订阅

欢迎投稿

欢迎刊登广告