

满足 IEC61850 要求的站用时钟服务器

周水斌, 田志国, 赵应兵, 闫志辉

(许继电气技术中心, 河南 许昌 461000)

摘要: 基于 IEC61850 标准体系的数字化变电站, 要求时钟提供 SNTP 软件授时和光脉冲硬件对时。提出了利用 GPS 接收器与 FPGA+CPU 微机系统实现时钟服务器方案。其中 FPGA 实现脉冲信号硬件对时, CPU 系统实现 SNTP 协议软件授时, CPU 与 FPGA 间通过数据总线联系, 传递显示时间、IRIG-B 码数据和同步状态等信息。详细介绍了时钟的授时原理、硬件设计、软件实现以及守时功能。该时钟服务器满足了 IEC61850 的要求, 守时精度达到晶振稳定度水平。

关键词: 数字化变电站; IEC61850; SNTP; GPS; 时钟服务器

Substation clock server meeting IEC61850

ZHOU Shui-bin, TIAN Zhi-guo, ZHAO Ying-bing, YAN Zhi-hui
(XJ Electric Technology Center, Xuchang 461000, China)

Abstract: The digital substation based on IEC 61850 requires SNTP to give time and optical pulse to calibrate time offered by clock. This paper gives a clock server scheme which is composed of GPS receiver, FPGA and CPU microcontroller system. In the scheme, FGPA implements optical pulse and CPU system achieves SNTP time and some information between FPGA and CPU is delivered by data bus such as displayed time, IRIG-B data and synchronization status of satellite. The paper also details the method of giving time, design of hardware and software, and the function of keeping time. The clock server meets IEC 61850 and its precision of keeping time matches with the temperature stability of crystal oscillation.

Key words: digital substation; IEC 61850; SNTP; GPS; clock server

中图分类号: TM76 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)07-0056-03

0 引言

GPS 时钟已经在电力系统常规变电站中得到广泛的应用, 其提供 485 电平的 B 码或串行通信格式的时间信息, 为全站继电保护、测控等自动化装置统一校时, 对电力系统故障的事件分析提供了可靠的同步时间依据。

随着数字化变电站的发展, 其对变电站时钟提出了新的要求。网络化是数字化变电站的一个显著特点, IEC61850-8-1 要求事件同步采用 SNTP 网络授时服务^[1-2]; 而为了达到模拟量的同步, IEC 61850-9-2LE 要求时钟提供精度更高的光脉冲^[3]同步信号。

本时钟服务器提供 SNTP 授时和光脉冲对时, 并实现守时功能, 为数字化变电站提供稳定可靠的时钟基准。

1 授时原理简介

1.1 授时原理

在数字化变电站体系中, 时钟服务器属于站控

层设备。间隔层或过程层的智能设备通过单播方式向时钟服务器请求时间, 或者服务器通过广播方式向各智能设备定时发送时间。对于过程层有些设备, 比如合并单元^[4], 需要给出电子互感器的采样脉冲或重采样时, 为了实现全站甚至站间的模拟量数据的同步, 需要接入时钟服务器的秒脉冲信号。授时结构如图 1 所示。

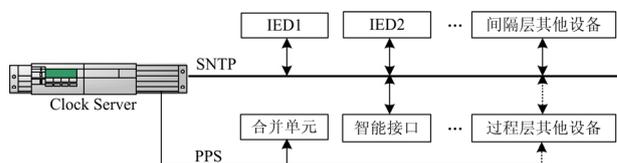


图 1 授时结构框图

Fig.1 Schematic diagram giving time

1.2 时钟工作时序

授时时钟的关键技术之一, 就是在授时传输过程中, 不损失时间精度。这跟时钟的工作时序密切相关。本设计时钟工作时序如图 2 所示。

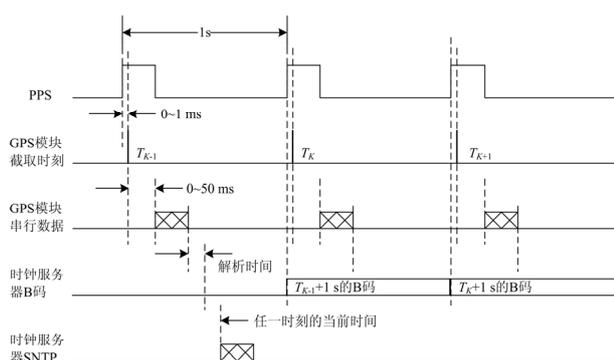


图 2 授时时序图

Fig.2 Timing diagram giving time

从图 2 可以直观看出, GPS 接收模块在第 $K-1$ 个 PPS 到来一段时间后才发出该秒的截取时刻 T_{K-1} 的串行信息, 所以时钟服务器输出的 B 码和 SNTP 都需要做补偿处理。对于 B 码, 在第 K 个 PPS 开始发送 $T_{K-1}+1$ s 的脉冲数据; 对于 SNTP, 需要时钟服务器提供一个至少达到毫秒级精度的运行时钟, SNTP 发送的时间信息为响应客户端请求时刻或主动定时发送时刻的运行时钟时间信息。该运行时钟在 PPS 到来时清秒的小数部分并前进 1 s, 在 GPS 串行数据到来时直接更新除秒的小数部分外的所有时间信息。

2 时钟的硬件设计

时钟服务器的硬件结构如图 3 所示。以 GPS 接收模块为主时钟源, 同时以外时钟提供的 B 码信息作为冗余备用时钟源, 当主时钟源失步或故障时, 选用备用时钟源, 当两者都不可用时, 在原有正确时钟源的前提下, 通过驯服后的系统运行时钟继续工作。

设计中, GPS 接收器模块采用 Motorola M12T Oncore GPS 接收器^[5], 这是一种智能型 GPS 传感器, 作为精度定位、导航及授时系统的部件, 该接收器能通过一个反相 TTL 串行接口提供自身位置、速度及时间信息, 并输出时间精度高于 $1 \mu\text{s}$ 的 PPS 脉冲。它支持摩托罗拉二进制输入输出。输出是连续式还是询问式可通过软件命令实现。

CPU 采用 TI 公司的 TMS320F2812 芯片, 它有 256 KB 的 FLASH 程序存储器, 3 个 32 位通用定时器, 2 个 UART 接口。应用该芯片, 程序存储器无需扩展, 1 个 UART 用于与 GPS 接收模块通信, 对接收模块进行初始化接收其发出的时间信息。CPU 通过网络接口接收客户端的时间请求命令, 响应其请求或定时向网络接口发送当前时刻的时间信息。网络接口设置两路光以太网用于与连接在过程

层网络上的设备授时, 一路电以太网与连接在站控层网络上的设备授时。

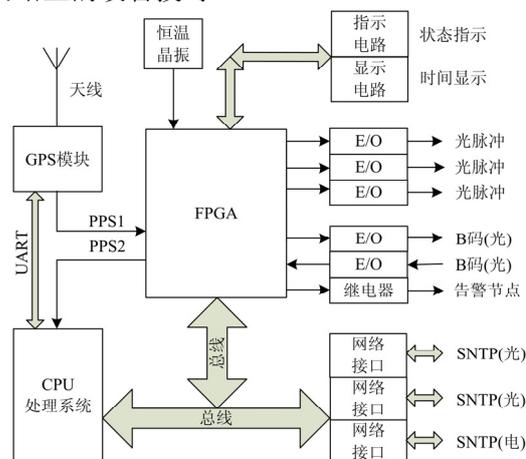


图 3 硬件原理框图

Fig.3 Schematic diagram of hardware

协处理器 FPGA 用于实现强实时性脉冲输入处理和输出, 脉冲输出可通过的 CPU 配置为 PPS 秒脉冲、PPM 分脉冲或 B 码。

服务器设置告警节点, 表明本服务器失步或自检错等, 用于双服务器冗余配置时的同步脉冲自动切换。为了具有较高精度的守时功能, 守时晶振采用恒温晶振。

3 软件设计

3.1 FPGA 程序

FPGA 程序除了完成系统运行所必须的逻辑外, 还包括以下模块: 秒脉冲综合逻辑, B 码接收, B 码发送。

秒脉冲源来自于 GPS 模块的秒脉冲和冗余 B 码解析获得的秒脉冲, 当 GPS 同步时, 采用前者, 不同步时采用后者, 当两者都不存在时, 采用由恒温晶振驯服产生的秒脉冲, 三者综合后的秒脉冲, 作为对时基准。

B 码接收主要在于找到 B 码的帧头, 然后逐一接收帧中各码元位。

B 码发送是并行数据的串行化过程, 每帧的发送时刻与综合后的秒脉冲对齐。

PPS 秒脉冲输出以综合后的秒脉冲作为基准, 脉冲宽度在同步前为 $1 \mu\text{s}$, 同步后为 200ms , 符合 IEC61850-9-2LE 的要求。

3.2 CPU 程序

CPU 的程序主要包括主程序, 秒脉冲中断程序, 串口中断程序, 网络中断程序。

主程序在进行系统初始化后, CPU 首先向 GPS

接收器发送@@HbrC<CR><LF>命令,其中,@@为同步符,Hb为读取短位置信息详细命令,r取1表示连续每1秒钟发送数据,C为校验和,<CR><LF>为帧尾符。通过该命令,CPU以后不用再发送命令,GPS接收器每秒钟都会自动发送其位置、速度及时间信息。

在主程序的大循环中,只需处理定时发送SNTP广播报文、时间显示以及状态指示等工作。

在接收到经FPGA综合后的秒脉冲产生的中断程序里,系统的运行时钟清秒的小数部分并前进1s。

串行接收完一帧GPS发送的时间数据,判断卫星同步性,当同步时,即用获得的最新时间更新系统的运行时钟除秒的小数部分外的所有时间信息,当不同步时,读取FPGA接收到存放的上一秒的冗余B码时间信息,将在此基础上加1s的时间信息更新到系统运行时钟。

在网络中断服务程序中,响应各客户端的请求,给出当前的时间信息和延迟信息,由客户端进行延时补偿,得到其接收时刻的时间。

3.3 驯服及精确守时技术

当GPS接收器失去同步,冗余B码信息又不可用时,在原有同步存在的情况下,可通过驯服后的系统运行时钟继续工作。而系统运行时钟仅依靠驯服的秒脉冲工作,即每来一个秒脉冲,时间信息就加1s,并且秒的小数部分清0。

秒脉冲的驯服包含初相位和频率两个方面。初相位以与同步的秒脉冲为基准,频率则参照两个同步的秒脉冲时间间隔,该时间间隔体现在恒温晶振在1s内的晶振计数。

晶振计数方式本身会导致最大1个计数误差,当晶振频率为10MHz时,导致量化误差为 10^{-7} ,在守时阶段时,每秒就会产生误差 $0.1\mu\text{s}$,为了提高守时精度,时钟服务器采用专有算法,消除量化误差,达到守时精度与恒温晶振的温度稳定度一致。

3.4 秒脉冲抗干扰技术

时钟服务器的系统运行时钟的小数部分和B码发送时刻取决于FPGA综合后的秒脉冲时刻,如果GPS接收器的秒脉冲或者冗余B码受到干扰,会导致综合后的秒脉冲出错^[6],所以综合时需要两个信息源进行抗干扰处理。

抗干扰以高稳定度的恒温晶振对前后两个秒脉冲间的计数值来实现。当该计数值超出一定范围,则认为秒脉冲受到干扰。如果判定某时间源的秒脉冲受到干扰,则丢弃该秒脉冲及对应该源该秒的时间信息。

3.5 同步问题

Motorola M12T Oncore GPS接收器最多可同时跟踪12颗卫星,通过串行数据中状态信息,可知道实际跟踪卫星个数及每个卫星接收通道状态,如果跟踪到的卫星个数大于等于4且接收器为3D定位状态,此时时间信息精度较高,认为时间同步。

4 结语

数字化变电站的发展,对变电站相关设备提出新的要求,对时服务器结合外部交换机和光扩展装置等,实现对整个数字化变电站的统一授时。随着IEEE1588精确时钟同步协议^[7]的出现,在整站实现IEEE1588对时是一个发展方向,其优势是减少了脉冲对时网络,但相关设备的研发和配合尚需要一个周期。SNTP软件授时和光脉冲硬件对时是数字化变电站的主流模式。

参考文献

- [1] RFC 2030, Simple Network Time Protocol (SNTP) Version 4[Z]. IETF, 1996.
- [2] IEC 61850-8-1, Communication Networks and Systems in Substations. Part 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3[S].
- [3] UCA. Implementation Guideline for Digital Interface to Instrument Transformers using IEC 61850-9-2[S].
- [4] IEC 60044-8, Instrument Transformers-Part 8: Electronic Current Transformers[S].
- [5] Motorola GPS Products-Oncore User's Guide Revision 5.0[S].
- [6] 陈小桥,周水斌,王敏,等.基于GPS的变电站用时钟的研制[J].电子工程师,2002,27(12):1-3.
CHEN Xiao-qiao, ZHOU Shui-bin, WANG Min, et al. Development of a GPS-Based Clock Used for Transformer Substation[J]. Electronic Engineer, 2002, 27(12): 1-3.
- [7] IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control System[S].

收稿日期:2009-05-05; 修回日期:2009-07-01

作者简介:

周水斌(1975-),男,工程师,硕士,从事数字化变电站研究及过程层设备研发工作;E-mail:zhoushuibin@xjgc.com

田志国(1972-),男,高级工程师,从事数字化变电站研究及过程层设备研发工作;

赵应兵(1976-),男,工程师,从事数字化变电站研究及过程层设备研发工作。