

新型变电站时钟同步系统的研制及应用经验探讨

郭一夫, 郭洪亮

(河南电力试验研究院, 河南 郑州 450052)

摘要: 时钟同步对于电力系统的故障分析、监测控制及运行管理具有重要意义, 全球定位系统(GPS)是实现电力系统时钟同步的理想选择。基于高性能单片机和GPS接收机, 研制了一种新型变电站时钟同步系统。本系统主要包括GPS同步时钟和通信协议转换模块, 二者之间通过RS-485总线进行连接。描述了系统的硬件和软件设计原理, 探讨了系统的应用经验。对于综自变电站和非综自变电站应采用不同的时钟同步系统结构, 所研制的变电站时钟同步系统对于这两种变电站都具有较强的适应能力。

关键词: 变电站; 时钟同步; 全球定位系统; 单片机; RS-485总线

Development and application of a clock-synchronism system for substation

GUO Yi-fu, GAO Hong-liang

(Henan Electric Power Research Institute, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Clock-synchronism is very important for the fault-analysis, monitor/control and management of electric power system. Global positioning system (GPS) is a ideal means of clock-synchronism for Power System. A clock-synchronism system for substation is developed based on high performance single-chip microcomputer and GPS receiver. The system consists of GPS synchronizing clock and conversion modules of clock signal. The GPS synchronous clock and the conversion devices are linked up with RS-485 bus. This paper describes the principle and application of the system. The structure of clock-synchronism system in automation substation is distinct from the structure of clock-synchronism system in non-automation substation. The clock-synchronism system in this paper is adaptive to the automation substation and the non-automation substation.

Key words: substation; clock-synchronism; GPS; single-chip microcomputer; RS-485

中图分类号: TM76

文献标识码: A

文章编号: 1003-4897(2007)13-0061-04

0 引言

随着电力系统规模的不断发展以及自动化水平的不断提高, 对系统时钟同步的要求愈来愈迫切。电力系统的故障分析、监测控制及运行管理都需要建立在统一的时间基准之上。

卫星全球定位系统是一种以人造地球卫星为载体的全球覆盖、全天候工作的无线电导航定位系统, 可以实现精确导航、定位和授时。目前世界上主要有美国的GPS、俄罗斯的GLONASS以及欧洲空间局等国际组织研制的卫星全球定位系统^[1]。其中, 美国的GPS在定位和授时的精度、系统可靠性、GPS用户设备产业化等诸多方面占据绝对优势, 是实现电力系统时钟同步的理想选择。近年来, 新型的微机保护装置、微机测控装置、故障录波器以及综合自动化系统在电厂、变电站得到了广泛应用, 这些

设备一般都具备GPS对时接口。

国内已有多家企业推出了GPS同步时钟产品, 我们在变电站时钟同步的工程实践中感觉到存在问题: 大多数GPS同步时钟产品附属于综自系统或故障录波器, 主要考虑本系统对时的需要, 对于站内其它设备和系统的对时, 在通信协议和对时接口的兼容性上存在不足; 对于原先没有配备GPS的综自站或非综自站, 通信协议和对时接口的兼容性不好会给实现变电站时钟同步造成一定困难, 特别是对于非综自站, 这个问题更加突出。

本文基于高性能单片机和GPS接收机(OEM板), 研制成功了一种新型变电站时钟同步系统, 本系统主要包括GPS同步时钟和通信协议转换模块, 二者之间通过RS-485总线进行连接。本系统还可以接收后备时钟信号, 具有功能完善、安装方式灵活、现场适应能力强等特点, 可以很好地满足变电

站时钟同步的需要。

1 GPS 同步时钟

1.1 装置硬件设计

GPS 同步时钟是变电站时钟同步系统的核心组成部分。本文在 GPS 同步时钟的研制中采用了 80C196 单片机和 GARMIN 公司的 GPS25LVS 型接收机 (OEM 板)。硬件结构框图如图 1 所示。

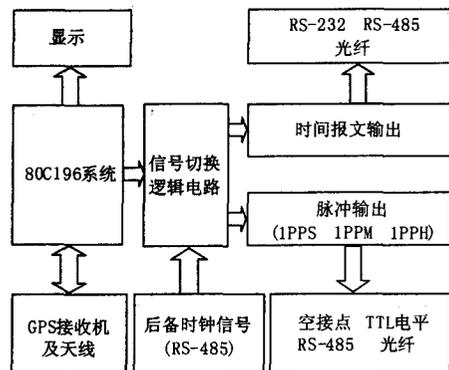


图 1 硬件结构框图

Fig.1 Hardware structure

80C196 系列单片机是 INTEL 公司出品的 16 位单片机，属于 MCS-96 单片机系列^[2]。80C196 系列单片机采用了 CHMOS 技术，减小了芯片的功耗。80C196 系列单片机除了兼容 8096BH 单片机的功能外，还增加了许多富有特色的功能。

80C196 系列单片机适用于较复杂的、实时性要求较高的测控系统，在国内获得了广泛应用。许多电力自动化产品，例如微机保护装置、微机测控装置采用了 80C196 系列单片机。GPS 同步时钟装置需要输出的时钟信号种类、路数较多，对于时间信息处理的实时性要求较高，经过对单片机性能、资源、成本的综合分析，本文在 GPS 同步时钟的研制中，采用了 80C196KC 型单片机。

GPS25LVS 型接收机 (OEM 板) 是一种 12 通道 GPS 接收机，硬件、软件使用方便，非常适合于做系统集成，并且配置有后备电池。其主要技术指标如下：

- 1) 电源：3.6~6 V
- 2) 输入电流：120 mA
- 3) 接收机通道：12
- 4) 定位时间：热启动约 15 s，冷启动约 45 s
- 5) 输出数据更新率：1 s
- 6) 定位精度：15 m
- 7) 1PPS (秒脉冲) 精度： $\pm 1 \mu s$
- 8) 接口特性：RS-232

9) 串口通信协议：NMEA-0183

80C196KC 单片机与 EPROM 芯片 27C512、非易失性存储器 DS1230Y、译码及锁存电路构成了单片机最小系统。由于 GPS25LVS 接收机的串口特性为 RS-232，使用了 MAX232 芯片实现了其与单片机内置串口的接口。GPS25LVS 接收机的 1PPS 输出接入了单片机的外部中断引脚。

GPS 同步时钟装置本机可以输出时间报文、1PPS (秒脉冲)、1PPM (分脉冲)、1PPH (时脉冲) 等时钟信号。装置除了可以单台使用，还可以接收后备时钟信号，后备时钟信号可以来自另一台 GPS 同步时钟，当装置本机的 GPS 信号失去同步时，可以自动切换为后备时钟信号输出，进一步增强了系统的可靠性。

时间报文输出的接口型式有：RS-232、RS-485、光纤。光纤接口元件的型号为 HFBR1414T。时间报文输出采用高速光藕 6N137 进行隔离。由于 80C196 单片机只有一组内置串口，为了使硬件系统更简洁，使用 80C196 单片机的高速输出口 (HSO) 模拟实现了串口，用于输出时间报文。

1PPS (秒脉冲)、1PPM (分脉冲)、1PPH (时脉冲) 输出接口型式有：空接点、RS-485、TTL 电平、光纤。RS-485 (差分电平) 方式的脉冲输出可以满足某些型号微机保护装置的对时需要。

装置的显示采用了 LED 数码管，具有亮度高、可靠性好的特点。装置具备日期和时间显示，使用 LED 驱动芯片 MAX7219 实现了多达 16 位的 8 段数码管的显示控制。显示控制基于串行方式，与单片机之间的接口连线只有 3 根信号线。

1.2 装置软件设计

装置软件使用 PL/M-96 语言编制，PL/M-96 语言具有可读性好、代码转换效率高、调试方便等特点^[3]，软件主程序流程图如图 2 所示。

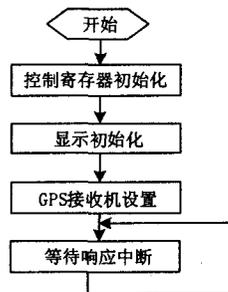


图 2 主程序流程图

Fig.2 Flow chart of main program

主程序首先对单片机的有关控制寄存器以及 HSO 部件进行了初始化，接着对显示驱动芯片

MAX7219进行了初始化。基于NMEA-0183协议, 通过串口设置了GPS接收机的状态。默认通信波特率为4 800 bps, 设置语句(ASCII码格式)包括:

- 1) \$PGRM0,, 2 ---暂时关闭所有输出语句
- 2) \$PGRM0, GPRMC, 1 ---开启“GPRMC”语句

输出

- 3) \$PGRMC, A, 300.0, 100,,,,, A, 3, 1, 2, 9, 30

---配置接收机状态, 配置为自动定位方式, 波特率4800bps, 脉冲输出为1PPS(每s1个脉冲), 1PPS宽度为200ms。

4) \$PGRMC1, 1, 1, 1, 0.0, 0, 1, 2, A, N ---设置“GPRMC”语句每秒输出1次

- 5) \$PGRMI,,,,,,R ---GPS接收机复位

“GPRMC”是“推荐最小GPS数据”语句, 该语句包含了基本的定位信息、UTC(协调世界时)时间信息和同步状态信息。单片机实时读取“GPRMC”语句中的时间、日期信息, 并将其中的UTC时间信息转换为标准北京时间信息。

主程序最后进入等待响应中断的状态。

主要的中断服务程序是1PPS中断服务程序, 程序流程图如图3所示。GPS接收机输出的1PPS是0~5V的秒脉冲信号, 在1s的周期内高电平持续时间为200ms, 上升沿为时间同步基准。每个1PPS的上升沿触发单片机中断, 执行1PPS中断服务程序, 实现每秒1次的时间报文输出和时间显示刷新。在整分钟和整小时到来时, 输出1PPM(分脉冲)和1PPH(时脉冲)控制信号。

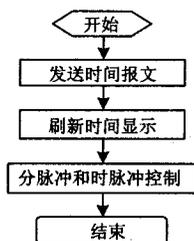


图3 1PPS中断服务程序流程图

Fig.3 Flow chart of interrupt service routine for 1pps

2 通信协议转换模块

时间报文一般通过串行通信接口输入需要对时的现场设备, 而变电站中的微机保护装置、故障录波器设备等可能会涉及多种不同的通信协议和对时接口型式, 为了更好地适应变电站时钟同步的需要, 研制了通信协议转换模块。转换模块接收来自GPS同步时钟的时间报文和脉冲信号, 根据现场设备的通信协议和对时接口输出相应格式的对时信号, 避

免了现场设备通信协议的修改。

通信协议转换模块的主要功能是对时间报文和脉冲信号进行转换和扩展, 考虑到体积和成本因素, 转换模块的研制采用了8位单片机AT89C52。

AT89C52单片机是ATMEL公司生产的一种高性能CMOS 8位单片机^[4], 片内含有8k字节的可反复擦写的Flash程序存储器和256字节的随机存取数据存储器(RAM), 器件采用ATMEL公司的高密度、非易失性存储技术生产, 兼容标准MCS-51指令系统。采用AT89C52单片机研制通信协议转换模块可以有效减少外围芯片的数量, 缩小模块体积。模块的结构框图如图4所示。

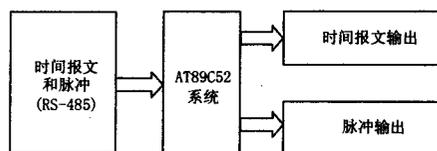


图4 转换模块结构框图

Fig.4 Structure of conversion module

通信协议转换模块通过RS-485总线接收来自GPS同步时钟的时间报文和脉冲信号, RS-485总线上可以挂接多个转换模块, 具体挂接的数量根据变电站的实际情况确定。转换模块既可以与GPS同步时钟集中安装在一起, 也可以就地分布安装在需要的对时的设备处或变电站保护小室内, 大大增强了系统安装方式的灵活性和适应性。

3 系统的精度指标

本文研制的变电站时钟同步系统的精度指标主要指脉冲和时间报文的信号延时。GPS25LV5型接收机输出的秒脉冲与UTC之间的同步精度为±1μs。GPS接收机到微机保护等装置的脉冲延时主要包括GPS同步时钟和转换模块的硬件电路延时以及电缆传输延时, 该延时最小约为0.1μs, 最大约为3μs, 这与现场所采用的脉冲接口型式、电缆长度、时钟同步系统结构有关。GPS同步时钟和转换模块的时间报文在秒脉冲的触发下由软件发送, 时间报文延时主要为软件延时, 该延时约为1ms。

4 应用经验探讨

本文研制的变电站时钟同步系统在河南省电力公司所属的多个变电站获得了实际应用。对于综自站和非综自站, 时钟同步系统在结构上应进行不同的考虑。

综自站的二次设备厂家、型号比较统一, 设备

的通信协议和对时接口型式也比较统一, 并且具备站内通信网络, 这给实现变电站的时钟同步提供了良好的条件。综自站时钟同步系统结构如图 5 所示。

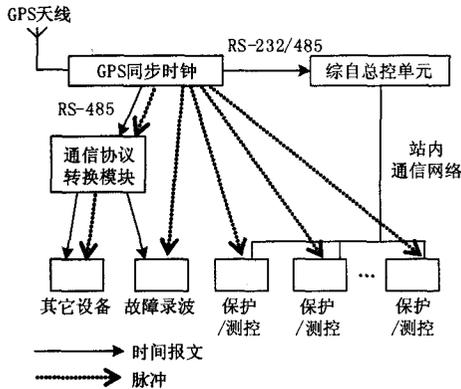


图 5 综自站时钟同步系统结构

Fig.5 Structure of clock-synchronism system in automation substation

时间报文和脉冲信号相结合的对时方式是一种比较完善的对时方式。GPS 同步时钟发送时间报文至综自系统的总控单元(通信管理机), 再由总控单元通过站内通信网络发送至各个保护/测控设备。对于一些其它设备, 例如故障录波器、稳定控制装置、电能质量监测装置、绝缘在线监测系统, 可以使用通信协议转换模块实现其对时通信协议和对时接口。脉冲信号可以直接从 GPS 同步时钟引接, 也可以从通信协议转换模块引接。

非综自站一般会涉及到不同年代、不同厂家和型号的二次设备, 这些设备的对时通信协议和对时接口型式也不尽相同, 并且不具备站内通信网络, 这给实现变电站的时钟同步带来了一定的难度。采用本文研制的变电站时钟同步系统可以很好地解决这个问题。非综自站时钟同步系统结构如图 6 所示。

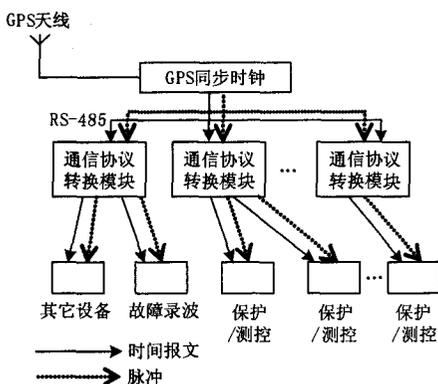


图 6 非综自站时钟同步系统结构

Fig.6 Structure of clock-synchronism system in non-automation substation

GPS 同步时钟通过 RS-485 总线发送时间报文和脉冲至通信协议转换模块, 由转换模块输出各种设备所需的对时信号。某些对时通信协议和对时接口相同的设备可以共用一个转换模块。脉冲信号可以直接从 GPS 同步时钟引接, 也可以从通信协议转换模块引接。

5 结束语

本文基于高性能单片机和 GPS 接收机(OEM板), 研制了一种变电站时钟同步系统, 本系统主要包括 GPS 同步时钟和通信协议转换模块, 二者之间通过 RS-485 总线进行连接。实际应用表明, 这种技术方案是可行的, 具有功能完善、安装方式灵活的特点, 对于综自变电站和非综自变电站都具有较强的适应能力, 可以很好地满足变电站时钟同步的需要。

参考文献

- [1] 徐绍铨, 张华海, 杨志强, 等. GPS 测量原理及应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2001.
XU Shao-quan, ZHANG Hua-hai, YANG Zhi-qiang, et al. The Theory and Application of GPS Measurement[M]. Wuhan: Wuhan University Press, 2001.
- [2] 孙涵芳. Intel 16 位单片机[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1995.
SUN Han-fang. Intel 16-bit Single-Chip Microcomputer[M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1995.
- [3] 喻方平, 罗微. MCS-96 系列单片机 PL/M 语言编程及系统的设计与调试[M]. 北京: 电子工业出版社, 1998.
YU Fang-ping, LUO Wei. The PL/M Programming Language and System Design for MCS-96 Series Single-Chip Microcomputer[M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1998.
- [4] 王幸之, 钟爱琴, 王雷, 等. AT89 系列单片机原理与接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004.
WANG Xing-zhi, ZHONG Ai-qin, WANG Lei, et al. The Principle and Interface Technology of AT-89 Series Single-Chip Microcomputer [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 2004.

收稿日期: 2006-12-27; 收稿日期: 2007-02-07

作者简介:

郭一夫(1974-), 男, 本科, 工程师, 主要从事电力自动化产品研发工作和技术管理工作; E-mail: sonorous_g@yahoo.com.cn

郜洪亮(1974-), 男, 硕士, 工程师, 主要从事电力自动化产品研发工作。