

电流差动保护中光纤通讯系统的设计

郭震¹, 周俊华², 宋一丁², 丁辉³

(1. 兰州交通大学电信学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 许继电气股份有限公司, 河南 许昌 461000;
3. 常州市电力局, 江苏 常州 213000)

摘要: 介绍了在电流差动保护中线路两侧保护装置的通讯原理, 并针对以往通讯过程中误码率高、易中断等问题, 采用 G.703 标准, 给出了硬件设计方案和软件流程。系统由通讯控制芯片 PEB20532、CPLD 芯片 XC95288 以及光收发器模块 RTX154TL 组成, 实现了模块化设计。阐述了各个子模块间通讯接口的实现方法, 从本地装置的数据发送、编码解码并发送到对侧装置的时钟同步等问题一一给出了解决方案并进行了仿真验证。该方案已在保护装置中实现, 提高了装置的通讯质量。

关键词: 电流差动保护; 光纤通讯; 20532; CPLD; G.703

Design of fiber-optical communication system in current differential protection

GUO Zhen¹, ZHOU Jun-hua², SONG Yi-ding², DING Hui³

(1. School of Electronics and Information Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou 730070, China;
2. XJ Electric Corporation Limited, Xuchang 461000, China; 3. Electric Power Bureau of Changzhou, Changzhou 213000, China)

Abstract: This paper introduces the communication principle of the protective devices installed on both sides of the power-line in Current Differential Protection and aiming at the problem of previous communication process for the high error rate, interrupts and so on, using G.703 standard, gives the hardware design and software process. This system is based on high-performance serial communication controller chip PEB20532, CPLD chip XC95288 and the optical transceiver module RTX154TL and implements a modular design. It describes the implementation of the communication interface between the various sub-modules and gives the solution for the local protective device of data transmission, encoding and decoding and the problem about clock synchronization sent to the opposite side of protective device. This project has been widely used in protective device and has improved the quality of communication in protective devices.

Key words: current differential protection; fiber-optical communication; 20532; CPLD; G.703

中图分类号: TM773; TM73 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)12-0111-04

0 引言

电流差动保护广泛应用于微机继电保护中, 它具有绝对的选择性。由于需要在输电线两端之间传送三相电流, 其关键如何保证两端数据安全可靠的传输, 是人们关注的重点。电流差动保护要求两端数据交换具备高可靠性, 高实时性, 不受外界电磁、气候等因素的影响。但是随着电压等级的提高, 因电晕引起的白色噪声, 各种操作和放电引起的脉冲干扰越来越大, 输电线路架设在电厂与电厂, 变电站与变电站之间, 电磁场干扰现象也非常严重, 极易影响两端的通讯质量。而光纤通讯技术的发展很好地解决了这一难题。由于光纤通讯具有频带宽,

容量大, 传输损耗小, 中继距离长, 抗强电磁干扰, 抗辐射等优点, 因此光纤通讯为两端数据的可靠传输提供了保证。

1 系统设计

电流差动保护采用脉冲编码调制方式传输保护所需的模拟量、开关量信息。通讯时将发送端电信号先转化成光信号, 以光导纤维为传输介质进行传输, 在接收端再把光信号转化为电信号, 从而实现信息传递。基于此, 系统包括了高性能的串口通讯控制芯片 PEB20532、负责编解码以及时钟恢复的 CPLD 芯片 XC95288、光收发器 RTX154TL 以及外围电路, 系统框图如图 1 所示。

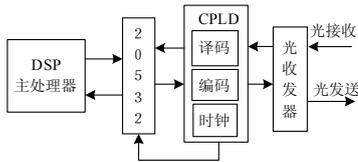


图 1 光纤通讯系统框架图

Fig.1 Structure of fiber-optic communications system

接收过程: 光收发器的接收端通过光纤把接收过来的光信号转换成电信号, 此时接收的电信号已经编过码, 经过 CPLD 解码后送至 20532 的接收端, 数据经 20532 内部接收 FIFO, 实现串并转换后, 由 DSP 直接读走处理。

发送过程: DSP 通过与 20532 相连的数据总线, 把需要发送的数据写入发送 FIFO, 20532 按照设定好的 HDLC 协议, 把并行数据转换成串行帧, 发送至 CPLD, CPLD 把串行数据编码送至光收发器, 电信号转化成光信号经过光纤送至对侧。

1.1 串行通讯控制芯片 20532 单元设计

SEROCCO-M PEB/PEF 20532 是一款高性能的通讯串口控制芯片, 它具有两个独立的通讯串口, 支持多种通讯协议如 HDLC, PPP, ASYNC 等。每个通道有 64 byte 的片上 FIFO, 数据传输速率可达 16 Mbit/s。在与处理器接口方面, 支持 8/16 位的并行数据, 8 位地址总线 (通过寻址相应的寄存器来完成不同的配置)。在本设计中, 与 DSP 的数据总线接口设置采用 8 位 intel 模式, 因此负责数据宽度的 WIDTH 管脚接低电平。当 DSP 进行读数据时, 可以设置 20532 内部相应寄存器来确定 FIFO 的接收阈值, 当接收 FIFO 的深度达到阈值时, 中断管脚 INT/ \overline{INT} 会产生一个中断通知 DSP 把数据读走。当 DSP 发送数据时, 如果查询到发送 FIFO 未滿时, DSP 就可以一直对 20532 写数据。20532 通过 TXD, RXD 管脚来发送或者接收数据。本设计采用时钟 0a 模式, 即 20532 的主时钟 CLK_2048 以及数据的接收与发送时钟均通过 CPLD 分频和时钟提取的方式得到。图 2 为 20532 与 CPLD 的硬件连接电路。

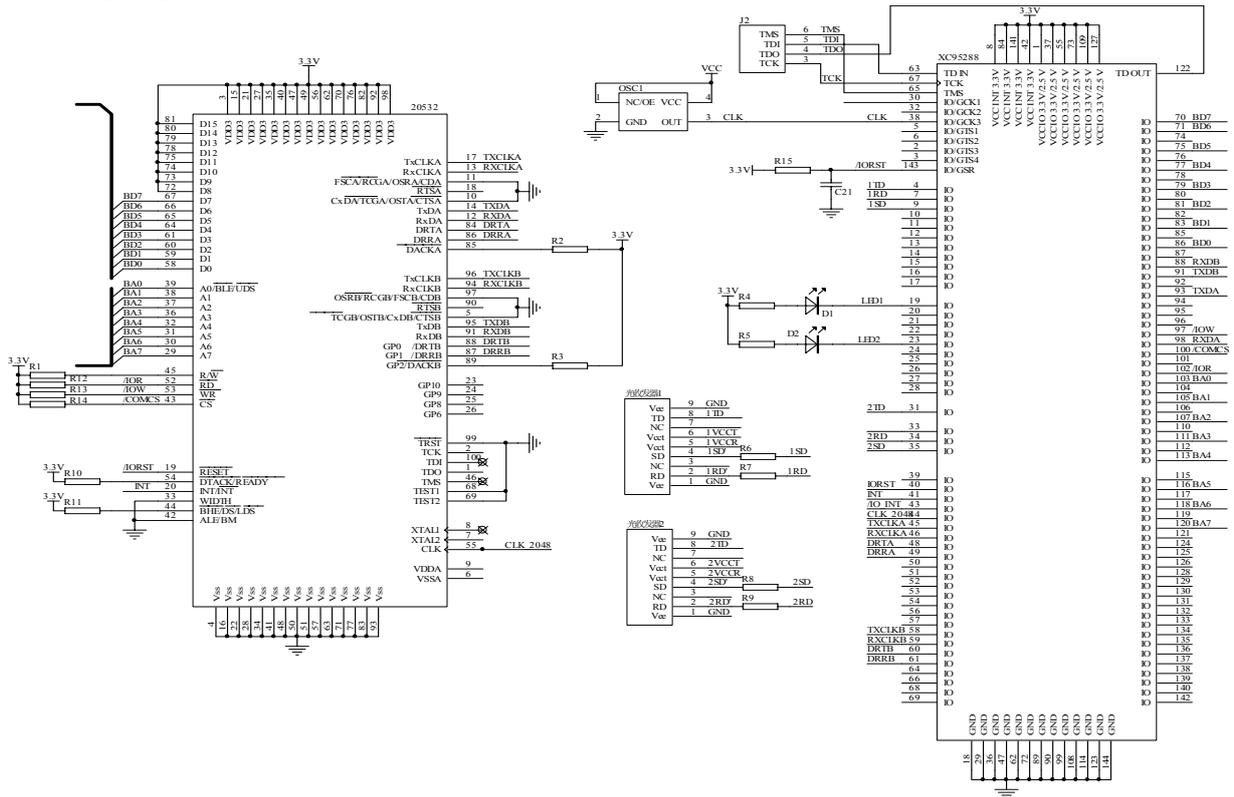


图 2 20532 与 CPLD 的硬件连接电路

Fig.2 Hardware connection circuit of 20532 and CPLD

1.2 CPLD 单元设计

利用 CPLD 设计硬件系统非常方便, 工程师利用原理图输入法或通过硬件描述语言 (VHDL) 来自由地设计数字系统, 并可以通过仿真功能来验证设

计的正确性。由于 CPLD 实现了软件硬化的功能, 在不改变硬件的基础上也能灵活修改设计, 因此系统的适应性大大提高。本设计选用 Xilinx 的 XC95288 芯片。该器件具有如下特点: 采用

CMOS3.3V FLASH 工艺; 引脚间延时 10 ns; 支持 95M 系统时钟; 288 个宏单元以及 6 400 个系统门; 内置标准 JTAG 接口, 可方便多次重复编程, 大大方便电路调试。

1. 2. 1 时钟提取模块设计

CPLD 从光收发器接收的数据是根据 G.703 建议采用 1B4B 的方式编码过的, 即二进制的“1”被编码成“1100”, 二进制的“0”被编码成“1010”。由于数据都是钟控的, 即每发送一个数据就与一个相对应的时钟信号同步, 而光收发器并不发送时钟信号。因此, CPLD 必须从接收到的数据信号里提取到时钟信号。本模块包括了三个子模块: 跳变沿检测、状态检测以及模 K 可变计数器。时钟提取模块如图 3 所示。

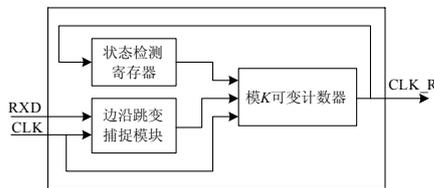


图 3 时钟提取
Fig.3 Clock extraction module

图 3 中: RXD 为数据接收端; CLK 为本模块的系统时钟频率 (频率为接收数据速率的 2N 倍, $N=8$); CLK_R 为提取的时钟。当检测到 RXD 有数据跳变时, 跳变检测子模块产生一个脉冲, 使计数器清零, 而后依此为基准, 使模 K 计数器设置初始值 $K=N-2$, 计数器从 0 开始计数, 当计数到 $N-2$ 的时候, 在 CLK_R 端产生一个时钟同步脉冲, 然后同步脉冲反馈到状态寄存器, 以此改变 K 的值, 使 $K=2N$ 。计数器又重新从 0 计数, 当 $K=2N$ 时, 在 CLK_R 端又产生一个时钟同步脉冲。由此可知, 在输入信号为连“1”或者连“0”时, 只要 CLK 时钟足够稳定, 就可以保证在一定时间内, 产生精确的位同步时钟 CLK_R。而当输入信号发生跳变时, 此模块又会重新捕捉到跳变沿, 以此为基准输出同步时钟。图 4 为时钟提取模块的功能仿真图。

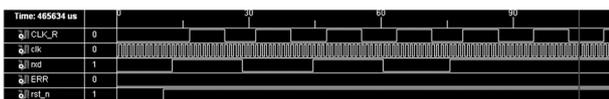


图 4 时钟提取仿真图
Fig.4 Clock extraction simulation

1. 2. 2 译码模块设计

CPLD 从光收发器接收的数据是根据 G.703 建议由 1B4B 编码过的, 在 20532 接收数据之前, 要求先对数据进行译码。本模块主要包括了二分频电

路、位移寄存器和一个异或门, 如图 5 所示。

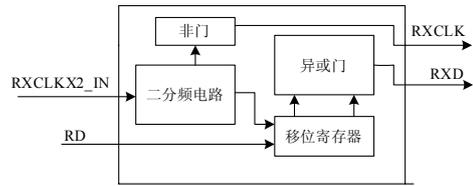


图 5 译码模块

Fig.5 Decoding module

RD 为串行数据接收端, 根据图 4 的仿真结果, 提取时钟 CLK_R (端口映射 CLK_R → RXCLKX2_IN) 上升沿对接收的数据进行采样, 当数据为“1010”时, CLK_R 时钟进行二分频后产生 CLK_test2 信号。如果 CLK_test2 上升沿每次采样都是相同的数据(都是“0”或“1”), 则经过异或门输出为“0”到 RXD 端。数据为“1100”时, 每次上升沿采样都是不同的数据(“1”和“0”), 经过异或门输出为“1”到 RXD 端。即译码后数据发送至 20532 的接收端, 在接收时钟 RXCLK 的下降沿, 20532 锁存数据。图 6 为译码仿真图。

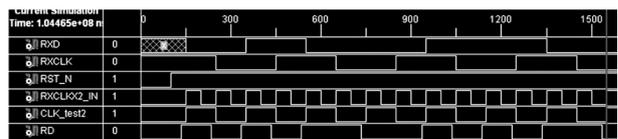


图 6 译码仿真图

Fig.6 Decoding simulation

1. 2. 3 编码模块设计

为了使数据在光纤中提高传输速度, 降低传输带宽以保证传输质量, 根据 G.703 建议, 对“1”编码成“1100”, “0”编码成“1010”。模块由分频器, 锁存器和选择器组成。如图 7 所示。

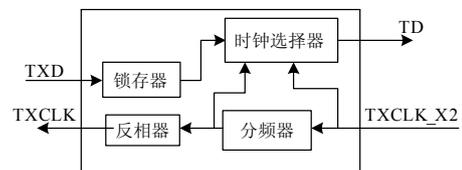


图 7 编码模块

Fig.7 Coding module

20532 通过 TXD 端把数据发送给 CPLD, 每位数据在编码前的时间周期需要用 2 个 TXCLK_X2 的时钟周期表示。由于 20532 发送的数据速率为 64 Kbit/s, 因此 TXCLK_X2 时钟频率为 128 Kbit/s。此频率由 CPLD 内部分频得到。CPLD 通过 TXCLK 的上升沿为 20532 提供发送时钟, 在 TXCLK 的下降沿, CPLD 开始通过 TD 端发送编码后的数据。图 8 为编码仿真图。

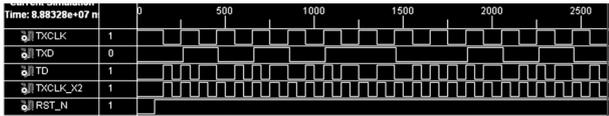


图 8 编码仿真图

Fig.8 Coding simulation

2 软件流程设计

该软件主要有主程序和中断服务子程序组成，分为接收和发送两个过程。图 9 为系统软件流程图。

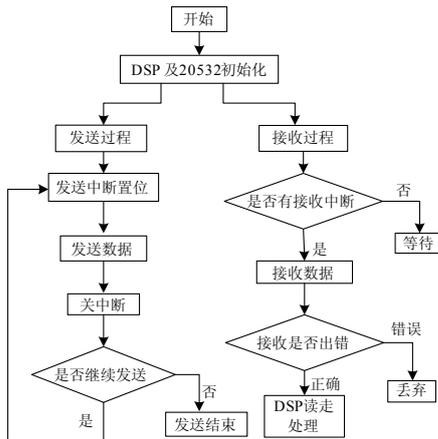


图 9 软件流程图

Fig.9 Software flow chart

3 结束语

本设计详细给出了电流差动保护中光纤通讯的硬件设计方案和软件流程。数据从线路的一侧到达另一侧，误码率的大小对性能指标影响很大。因此本设计用一片 CPLD 芯片代替了多个传统逻辑芯片的组合，实现了时钟提取，数据的编解码，20532 以其强大的通信能力和超强的纠错功能，大大提高了系统可靠性与稳定性。该系统已经在微机保护中

广泛应用，实践证明，完全满足现场的通讯要求。

参考文献

[1] 李瑞生. 光纤电流差动保护与通道实验技术[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
LI Rui-sheng. Line fiber optical differential protection and technology of experimental channel[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.

[2] 李永明. 锁相环设计、仿真与应用 [M]. 五版. 北京: 清华大学出版社, 2007.
LI Yong-ming. Phase-locked loop simulation, design and applications[M]. Fifth Edition. Beijing: Tsinghua University Press, 2007.

[3] 王紫婷. EDA 技术与应用[M]. 兰州: 兰州大学出版社, 2003.
WANG Zi-ting. EDA technology and application[M]. Lanzhou: Lanzhou University Press, 2003.

[4] 王勇, 王忠, 卢梭. 基于 20532 的光纤通讯保护方案[J]. 电力系统通讯, 2008, 9 (10): 44-46.
WANG Yong, WANG Zhong, LU Suo. Fiber-optical communication and protection program based on 20532[J]. Power Communication System, 2008, 9 (10): 44-66.

[5] 余良春. 光纤通讯在电力系统的应用[J]. 水利电力科技, 1999, 7 (4): 39-44.
YU Liang-chun. Applications of fiber-optical communication in power system[J]. Water Resources and Hydropower Technology, 1999, 7 (4): 39-44.

收稿日期: 2009-08-20

作者简介:

郭震 (1983-), 男, 硕士研究生, 研究方向为电路与系统;

周俊华 (1971-), 男, 本科, 研究方向为电力系统保护与测控; E-mail:junhuazh@xjgc.com

宋一丁 (1982-), 男, 本科, 研究方向为电力系统保护与测控。

(上接第 106 页 continued from page 106)

ZHU Xiao-tong, ZHENG Yu-ping, et al. Distance protection of double-circuit line on the same pole when phase to phase fault occurs[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27 (19): 61-64.

[12] 曹树江, 宋从矩. 同杆双回线接地距离保护的特殊问题[J]. 河北电力科技, 1994(2): 63-66.
CAO Shu-jiang, SONG Cong-ju. The special problem in ground-fault distance protection of double-circuit line on the same pole[J]. Hebei Electric Power, 1994(2): 63-66.

[13] 程文君, 郑玉平, 等. 一种新的双回线单端相继速动保护的实现[J]. 电力系统自动化, 2008, 32 (17): 61-65.
CHENG Wen-jun, ZHENG Yu-ping, et al. Implementation of a new one-ended mutual speed-up

protection for double-circuit transmission lines[J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32 (17): 61-65.

收稿日期: 2009-07-14

作者简介:

宋国兵 (1972-), 男, 副教授, 硕士生导师, 主要从事输电线路的继电保护研究;

刘志良 (1984-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为同杆并架双回线的距离保护; E-mail: zhiliang.liu@stu.xjtu.edu.cn

康小宁 (1968-), 男, 教授, 硕士生导师, 主要从事电力系统继电保护的研究。