

DOI: 10.3969/j.issn.1000-1026.2012.21.013

基于低压差分信号高速串行总线的智能变电站硬件平台设计

蔡月明^{1,2}, 仇新宏¹, 李惠宇¹, 邢宜宝¹

(1. 国网电力科学研究院/南京南瑞集团公司, 江苏省南京市 210003; 2. 中国电力科学研究院, 北京市 100192)

摘要: 基于低压差分信号(LVDS)高速串行总线的研究,提出了面向对象的智能变电站统一硬件平台建设方法。LVDS 技术是一种性能优良的数据传输技术,基于 LVDS 技术可以构建智能变电站装置高速串行总线。对高速串行总线进行了详细分析,在此基础上阐述了智能变电站硬件平台的构建方法,并提出利用该硬件平台实现智能变电站自动化典型装置的硬件方案。基于该硬件平台,可以构建各电压等级智能变电站自动化装置,简化了智能变电站硬件开发和维护工作量,使智能变电站功能的扩展能够跟上智能变电站自动化技术的发展步伐。

关键词: 智能变电站; 串行总线; 面向对象; 硬件平台

0 引言

国家电网公司提出“2020 年全面建成坚强的智能电网”目标,智能电网建设将成为国内电网未来几年发展的主要方向^[1-2]。作为智能电网的重要环节和建设突破点,智能变电站已成为变电站自动化系统领域研究的热点^[3]。

根据《智能变电站技术导则》^[4]的定义,智能变电站设备具有信息数字化、功能集成化、结构紧凑化、状态可视化等主要技术特征,符合易扩展、易升级、易改造、易维护的工业化应用要求。传统变电站自动化设备基于中央处理器与外围设备相配合的硬件构架,其弊端在于中央处理器资源有限,装置可扩展性不足。部分变电站自动化设备在模块化组态设计方面取得一定成就,其基于控制器局域网(CAN)实现了部分总线的功能,弊端在于 CAN 总线固有的带宽限制不能满足智能变电站总线高带宽数据通信的要求。因此,智能变电站自动化装置在大容量信息收发和处理、多功能集成、模块化设计等方面需要提高^[5]。

通用硬件平台的基本设计思想是基于高速、可靠的高速串行总线,在分析现有全系列装置需求的基础上,设计一组硬件模块及标准接口。设计人员可根据需求,按“搭积木”思路,选取所需的硬件模块,形成相应的智能变电站自动化装置。

通用硬件平台可以从下述几个方面改进自动化装置的开发过程。

1) 高效性:把开发人员的主要精力从重复的软

硬件设计调试中解放出来。使用经过优化和验证的公用模块可以极大地提高开发效率。

2) 灵活性:装置由通用的软硬件模块组成,开发人员可以根据实际需求,灵活选择相应模块,迅速形成可靠的自动化装置。

3) 通用性:装置的生产和维护被集中到若干模块的生产和维护中,生产易于批量化,可以有效降低装置的综合成本。

4) 优化产品研制过程:将研发过程分解为平台研制和产品设计两大部分,实现产品和技术适当分层,将研究研制工作有序并行推进。

通用硬件平台的研发包括高速串行总线技术研究,通用硬件模块及总线接口设计,基于硬件平台的装置方案及实现。本文提出基于低压差分信号(LVDS)高速串行总线的智能变电站硬件平台的构建方案。

1 高速串行总线

1.1 总线型 LVDS 简介

LVDS 技术是由 ANSI/TIA/EIA-644《LVDS 接口电路的电气特性》定义的一种性能优良的数据传输和物理层接口技术,为系统提供了高速数据传输(1.4 Gbit/s)、抑制共模噪声及降低功耗的能力^[6]。总线型 LVDS 是 LVDS 技术在多点通信领域的扩展,要求附加总线仲裁设计、更大的驱动电流(10 mA)和更好的阻抗匹配设计。

利用总线型 LVDS 技术构建装置高速串行总线,可以实现智能变电站装置板件之间高速可靠的数据交互。

1.2 高速串行总线硬件电路

现场可编程门阵列(FPGA)技术的发展为实现高速串行总线提供了便利^[7]。使用FPGA可大幅减少芯片数量,降低成本,提高系统可靠性,且具有更大的灵活性和向后兼容性。本文采用XILINX 3S系列FPGA自带总线型LVDS的驱动器,基于该硬件实现的串行通信总线电路如图1所示。图中,特性阻抗均为50Ω。

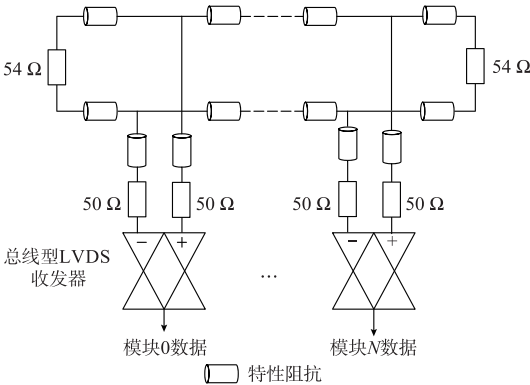


图1 高速串行总线电路示意图
Fig.1 Circuit diagram of high-speed serial bus

1.3 高速串行总线通路设计

要实现最简单的串行通信,需要3对总线型LVDS差分链路(双向多点对多点),如图2所示。图中,CLK表示时钟,DATA_SYN表示数据同步,DATA表示数据。

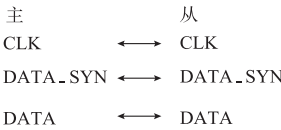


图2 串行通信链路图
Fig.2 Diagram of serial communication link

另外,为了应对突发情况,有利于主机绝对控制总线,添加了从机发允许信号SLAVE_EN。这是条单向点对多点总线型LVDS链路,方便了主机在异常情况下停止从机的发送。

高速数据总线通信时序如图3所示。

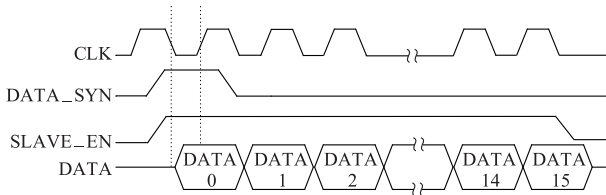


图3 高速串行总线时序
Fig.3 Interface timing of high-speed serial bus

图3中:DATA_SYN上升沿有效后,DATA在

CLK的下降沿顺序移出16位,在CLK的下降沿被采样。SLAVE_EN由主机控制,高电平时允许总线发送数据,低电平时禁止总线发送数据。总线最高带宽设计为100 Mbit/s。

1.4 高速串行总线带宽扩展

很多情况下,总线型LVDS的带宽仍然不满足装置内部数据高速通信要求,此时可以通过添加数据链路来提高总线型LVDS的带宽,例如采用×4的带宽,则增加了3对总线型LVDS链路。

1.5 高速串行总线多主机扩展

通过智能变电站自动化装置需求分析,装置内部通信需要进行多主机扩展,即整个装置需要有2个或以上的主机,主机数量不超过4个。通过4套总线冗余的方式可以实现多主机的总线通信,即装置允许4个模块作为主机分别在不同串行总线上同时发起通信请求,每个总线上的其他模块作为从机响应通信请求,完成一次通信进程。

2 智能变电站自动化装置硬件的构建

2.1 插件

基于高速串行总线的硬件模块的分类和作用主要如下。

1)处理类模块:数据处理模块,主要由双核处理器芯片、外围电路和高速串行总线通信电路构成,完成装置数据处理和基础通信功能;通信处理模块,主要由中央处理器芯片、外围电路和高速串行总线通信电路构成,完成装置外部通信接口功能。

2)输入/输出(I/O)类模块:主要由I/O电路和高速串行总线通信电路构成,完成装置I/O接口功能。

3)模拟类模块:主要由模拟采样电路或模拟输出电路、高速串行总线通信电路构成,完成装置模拟量接口功能。

4)电源类模块:主要由开关电源电路和高速串行总线通信电路构成,完成装置供电功能。

2.2 单数据处理模块智能变电站装置构成

单数据处理模块智能变电站装置构成如图4所示。数据处理模块是装置的核心;通信处理模块完成装置与过程层通用面向对象变电站事件(GOOSE)网和采样值网等的通信;模拟类模块和I/O类模块完成装置的常规输入和输出功能;电源类模块接受数据处理模块的命令,可根据装置的配置情况和运行情况改善装置电源供电功率和装置能效比,完成装置的智能供电。

总线2上,通信处理模块是主机,其接受采样值网上的采样数据,经由总线2主动发送给数据处理

模块。总线 1 上,数据处理模块是主机,其他模块是从机。数据处理模块从总线 1 上读取其他模块采集的常规数据,包括模拟采样值、遥信量等,经过逻辑运算处理后,将相应的出口命令经由总线 1 发送给相应的模块进行出口处理。

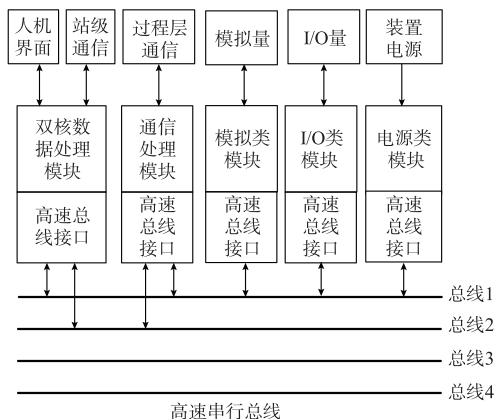


图 4 单数据处理模块智能变电站装置构成
Fig. 4 Device constitution of smart substation using single data processing module

根据装置功能和现场要求,作为从机的各模块可灵活组态,构建成不同类型装置。可构建的装置主要有:智能变电站 110 kV 及以下电压等级线路保护,110 kV 及以下电压等级变压器、厂用电保护和辅助保护,过程层合并单元装置,电能质量分析装置,各电压等级测控装置,公用测控装置等。

2.3 双数据处理模块智能变电站装置构成

双数据处理模块智能变电站装置构成见图 5。

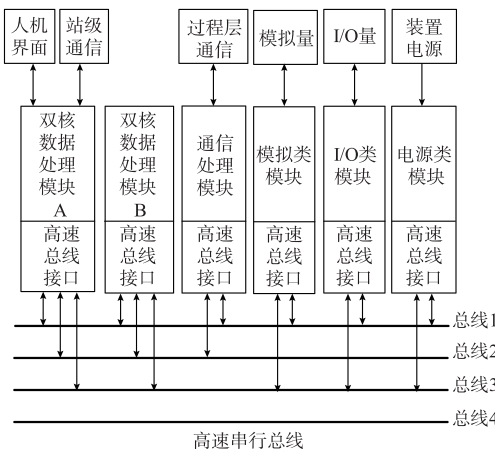


图 5 双数据处理模块智能变电站装置构成
Fig. 5 Device constitution of smart substation using dual data processing module

与单数据处理模块智能变电站装置构成相比,双数据处理模块智能变电站装置多出一块数据处理模块。多出的这一块数据处理模块和原数据处理模块在装置中占据相同的地位,其从总线 2 接收通信

处理模块主动发送的数字采样数据,并从总线 3 上读取其他模块采集的常规数据,经过逻辑运算处理后,将相应的出口命令经由总线 1 发送给相应的模块进行出口处理。

除了可应用于 220 kV 及以上电压等级线路保护、变压器保护、发电机变压器组保护、母线保护及其他元件保护,其还可应用于变电站录波装置、同步相量测量装置等。

3 结语

本文简要阐述了基于串行总线的硬件平台进行装置组态的方案,并对典型装置的构成方案进行了阐述。其他智能变电站自动化装置,如集中式保护装置^[8-9]、智能开关控制装置^[10]等都可以基于串行总线组态完成,限于篇幅,组态方案未一一说明。

基于通用硬件平台开发的集中式保护装置和智能开关控制装置等已经进入实用阶段,其他装置正在实现过程中。开发实践证明,通用硬件平台在自动化装置中的实际应用,将装置的硬软件开发人员从繁重的重复性劳动中解脱出来,降低了装置设计、调试工作量,提高了研发工作的效率。同时,采购维护的标准化、批量化可以有效提高装置加工、调试、维护效率,降低后续工序的成本。可以看出,通用硬件平台对智能变电站自动化装置的完善和持续发展具有重大的实际意义。

参考文献

- [1] 肖世杰. 构建中国智能电网技术思考[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(9): 1-5.
XIAO Shijie. Consideration of technology for constructing Chinese smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2009, 33(9): 1-5.
- [2] 李兴源, 魏巍, 王渝红, 等. 坚强智能电网发展技术的研究[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(17): 1-7.
LI Xingyuan, WEI Wei, WANG Yuhong, et al. Study on the development and technology of strong smart grid[J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(17): 1-7.
- [3] 姚建国, 赖业宁. 智能电网的本质动因和技术需求[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(2): 1-4.
YAO Jianguo, LAI Yening. The essential cause and technical requirements of the smart grid[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(2): 1-4.
- [4] 国家电网公司. Q/GDW 383—2009 智能变电站技术导则[S]. 2009.
- [5] 曹楠, 李刚, 王冬青. 智能变电站关键技术及其构建方式的探讨[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(5): 63-68.
CAO Nan, LI Gang, WANG Dongqing. Key technologies and construction methods of smart substation[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(5): 63-68.
- [6] 高同海, 宋明, 丁晓明. 自适应均衡器在 LVDS 总线长距离传输中的应用[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005(11): 11-14.

- GAO Tonghai, SONG Ming, DING Xiaoming. Application of adaptive equalizer in extending the transmission length for LVDS[J]. Microcontrollers and Embedded Systems, 2005(11): 11-14.
- [7] 黄伟, 罗新明. 基于 FPGA 的高速数据采集系统接口设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006(4): 34-37.
HUANG Wei, LUO Xinming. Design of interface of high rate data sampling system based on FPGA[J]. Microcontrollers and Embedded Systems, 2006(4): 34-37.
- [8] 韩伟, 杨小铭, 仇新宏, 等. 基于数字化采样的集中式保护装置[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(11): 101-104.
HAN Wei, YANG Xiaoming, QIU Xinhong, et al. Integrated protection device based on digital sampling technology [J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(11): 101-104.
- [9] 樊陈, 黎山平, 高春雷, 等. 集成式中低压数字化变电站自动化系统设计[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(13): 84-87.
FAN Chen, LI Shanping, GAO Chunlei, et al. Design of integrated low and medium voltage digital substation automation system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2010, 34(13): 84-87.
- [10] 蔡月明, 李惠宇, 何胜利. 智能开关控制装置关键技术研究[J]. 电力系统保护与控制, 2011, 39(11): 129-132.
CAI Yueming, LI Huiyu, HE Shengli. Key technology research of intelligent switchgear's control device[J]. Power System Protection and Control, 2011, 39(11): 129-132.

蔡月明(1972—), 男, 通信作者, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 变电站自动化系统的应用。E-mail: caiyueming@sgepri.sgcc.com.cn

仇新宏(1970—), 男, 硕士, 研究员级高级工程师, 主要研究方向: 变电站自动化系统的应用。

李惠宇(1971—), 男, 博士, 研究员级高级工程师, 主要研究方向: 变电站自动化系统的应用。

Smart Substation Hardware Platform Design Based on Low Voltage Differential Signal High-speed Serial Bus

CAI Yueming^{1,2}, QIU Xinhong¹, LI Huiyu¹, XING Yibao¹

(1. State Grid Electric Power Research Institute, Nanjing 210003, China;

2. China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

Abstract: Based on the study of low voltage differential signal (LVDS) high-speed serial bus, a construction method of an object-oriented unified hardware platform of automation devices for smart substation is proposed. LVDS is one kind of data transmission technology with excellent performance. High-speed serial bus of automation device can be constructed with LVDS for smart substation. High-speed serial bus is analyzed in detail and the construction method of smart substation hardware platform is expounded. In addition, the hardware implementation of smart substation automation typical devices with the hardware platform are proposed. Based on this hardware platform, automation devices used in various voltage-level smart substation can be constructed, the workload for developing and maintaining automation devices used in smart substation can be simplified in this way.

Key words: smart substation; serial bus; object-oriented; hardware platform