

基于 CAN 总线和 ARM 核的开关控制器设计

徐显明, 曾林翠, 白世军, 张振兴

(西安西电高压开关有限责任公司, 西安 710018)

摘要: 开关控制器是智能化开关设备与二次保护、测控设备接口的必要环节, 为适应智能化变电站对开关的智能化需要, 笔者提出了一种基于 CAN 总线和 ARM 核的智能化开关控制器的实现方案。给出了 ARM 微控制器和 CAN 控制器之间相连的硬件电路, 论述了硬件接口之间数据通信的实现方法, 给出了数据通信的软件设计流程。该方案具备了软、硬件基础, 工程应用证明该控制器性能良好。

关键词: ARM; CAN 总线; 开关控制器

中图分类号: TM56 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1609(2012)09-0078-05

Design of Switch Controller Based on CAN Bus and ARM Kernel

XU Xian-ming, ZENG Lin-cui, BAI Shi-jun, ZHANG Zhen-xing

(Xi'an XD High Voltage Apparatus Co., Ltd., Xi'an 710018, China)

Abstract: Switch controller is a necessary part in the connection port of intelligent switch device with secondary protected equipment and measure/control equipment. An implementation scheme of intelligent switch controller based on CAN bus and ARM kernel is proposed in this paper to meet the need for intelligent switch in intelligent transformer substation. The hardware circuit between ARM microcontroller and CAN controller is given, the way to implementing data communication among hardware ports is described, and the design cycle of the software for data communication is presented. Engineering application verifies the proposed intelligent switch controller.

Key words: ARM kernel; CAN bus; switch controller

0 引言

随着嵌入式技术的不断发展, 高性能、低功耗、低价格的 32 位 RISC 芯片的 ARM 微控制器呈现出强劲的发展趋势, 结合嵌入式系统和现场总线技术二者的优点, 为传统的高压开关设备实现智能化控制提供了一种新的技术方案^[1-2]。将嵌入式技术和现场总线技术相互融合, 设计了一种基于 CAN 总线和 ARM 核的断路器开关控制器方案。

1 断路器开关控制器的功能介绍

对断路器进行控制是变电站继电保护的核心内容之一, 开关控制器是智能化开关设备与二次保护、测控设备接口的必要环节, 开关控制器完全按照国网公司相关智能化变电站技术规范来设计的, 完成

对间隔内断路器、隔离开关的操作控制和开关量状态信息采集^[3-4], 直接或通过过程层网络基于 GOOSE 服务发布采集信息, 直接或通过过程层网络基于 GOOSE 服务接收控制指令, 驱动执行器完成控制功能。

产品功能有: ①控制功能, 远方控制开关设备分合闸; ②监测功能, 断路器分、合位置监测, SF₆ 低气压监测, 合闸弹簧储能状态监测, 电机过流故障监测, 电机回路电源故障监测, 控制回路电源故障监测, 断路器分、合闸控制回路完整性监测; ③统计功能, 统计断路器分、合闸操作次数; ④防跳功能, 装置设有可靠的断路器防跳电路; ⑤压力低闭锁功能, 具有可靠的硬接点压力低闭锁电路; ⑥通讯功能, 配置八路 10/100 M 自适应以太网接口(光/电), 以太网口支持 IEC 61850 通讯协议^[5-7], 通过 GOOSE 报文实现与测控保护单元通讯; ⑦自检功能, 软硬件实时自检及告警; ⑧事件顺序记录(SOE), 在线记录事件 100

条, 带有时间标记, 掉电不丢失; ⑨开关量输入, 可将开关设备的运行状态信息传送给开关智能终端; ⑩开关量输出, 可将保护测控装置的分合闸指令通过硬接线控制开关设备。

2 开关控制器的硬件设计

开关控制器将各功能部件分开设计, 各模块插件间通过母联背板连接, 相互之间通过 CAN 总线通信^[8-12], 装置的功能可灵活配置; 整个开关控制器分为电源模块、主管理板模块、GOOSE 模块、DI 开关量输入模块、DO 开关量输出模块、操作箱模块、灯板模块, 其系统结构见图 1。

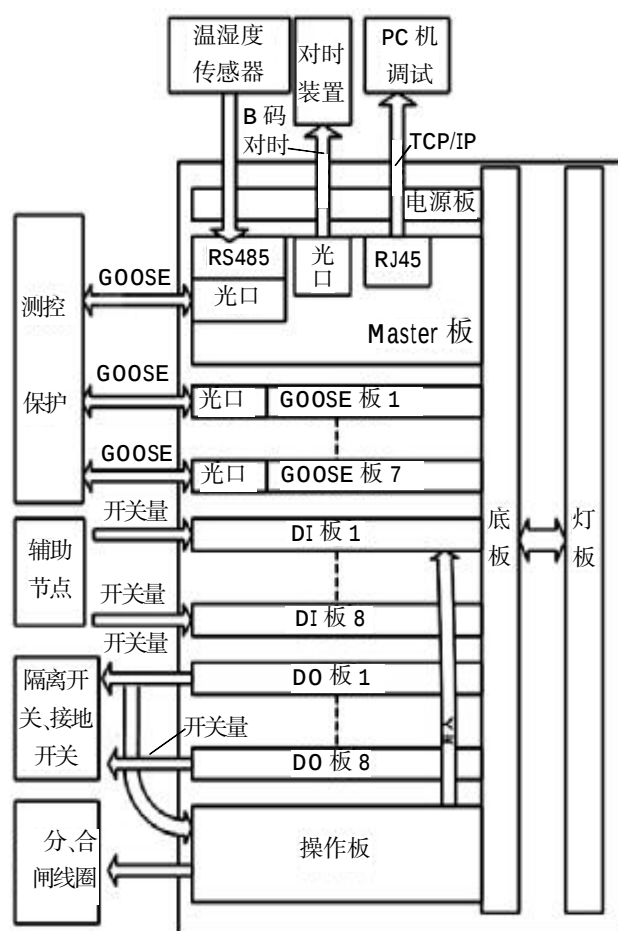


图 1 系统结构图

Fig. 1 Configuration of system

2.1 电源模块设计

此模块为直流逆变电源插件。直流 220 V 或 110 V 电压输入经抗干扰滤波回路后, 利用逆变原理输出智能控制器装置需要的直流电压即 5 V、24 V。两组电压均不共地, 采用浮地方式, 同外壳不相连。5 V 为各模块处理器系统提供工作电源; 24 V 为开出板模块和操作板模块提供继电器的驱动电源, 装置内部使用。

2.2 管理板模块设计

此模块插件是装置的必备插件, 采用了处理速度快、功能强大的 32 位 CPU 之 ARM9 系列 S3C2440 芯片^[13], 其硬件主要配置有数据记录功能的大容量的 RAM 及 FLASH 芯片; 1 个串口 UART 供调试接 PC 机使用, 通过超级终端可以显示硬件的运行状态; 1 个 USB 口供下载程序使用; 2 个 100 M 光以太网外部接口(SC 接口, 波长 1 300 nm 的多模光纤)、1 个 10/100 M 电以太网(RJ45 接口), 其中光以太网为运行接口, 电以太网为测试/显示接口, 基于 PC 的以太网外接显示软件仅可通过电以太网和装置连接。

主管理板的硬件结构见图 2, 其中 CPU 采用了 ARM920t 内核和 16/32 位 RISC 体系结构, 具有指令高速存储缓冲器、数据高速存储缓冲器, 使得写缓冲器和物理地址 TAGRAM 减少主存带宽和响应性带来的影响, 同时拥有内部高级微控制总线(AMBA)体系结构^[14]。在硬件接口之间数据采用 CAN 控制器来实现通信。

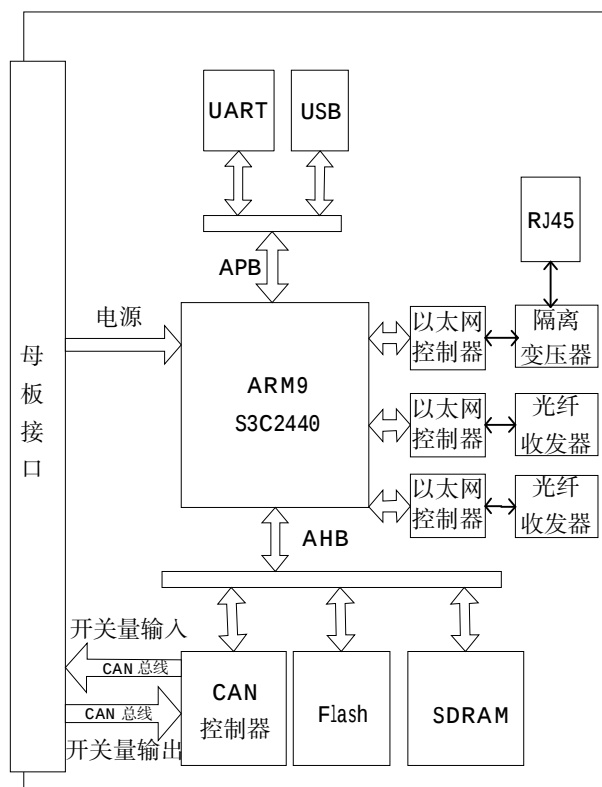


图 2 管理板结构图

Fig. 2 Configuration of master board

2.3 GOOSE 板模块设计

GOOSE 板同样采用了处理速度快、功能强大的 32 位 CPU 以及性能优良的嵌入式实时操作系统。其硬件配置与管理板的唯一不同之处是 3 个 100 M 光以太网(ST 接口, 波长 1 310 nm, 采用多模光纤)而

无电以太网(RJ45 接口),GOOSE 模块的主要功能是用于点对点的 GOOSE 跳闸连接,而与上位机的通信主要利用 CAN 总线通过管理板实现。

2.4 DI 开关量输入模块设计

DI 开关量输入模块的功能包括开关量输入、BCD 码或二进制输入等。每个输入模块提供 16 路经光电隔离的硬触点开入,经过光隔的开入信号再进主控制芯片 ARM 之 STM32F107 芯片,主控芯片通过 CAN 总线与其他模块板卡通信。DI 板的硬件结构图见图 3,开关量输入模块用于本间隔内断路器、隔离开关的位置和一次设备告警信息的采集和监视。信号采集回路具有防止接点抖动的能力,支持符合 DL/T 860.72—2004 标准的 GOOSE 服务,满足过程层和间隔层智能设备之间开关量和控制数据交换。

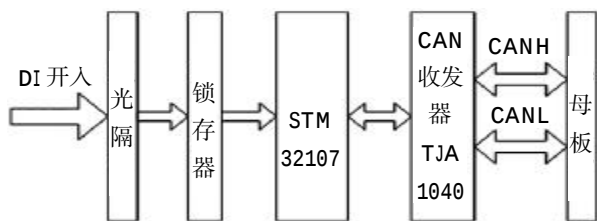


图 3 DI 模块结构图

Fig. 3 Configuration DI module

2.5 DO 开关量输出模块设计

DO 开关量输出模块提供 14 路硬开出接点,执行断路器的分合闸命令;装置利用主控制芯片 ARM 之 STM32F107 采集 GOOSE 机制的信息且逻辑判断出该执行的命令并下达给操作箱进行分合闸操作,在硬件设计上 DO 开出模块将控制信号先通过锁存器 SN74HC563N,再传递给光隔输出电压控制继电器进行操作,硬件电路见图 4。

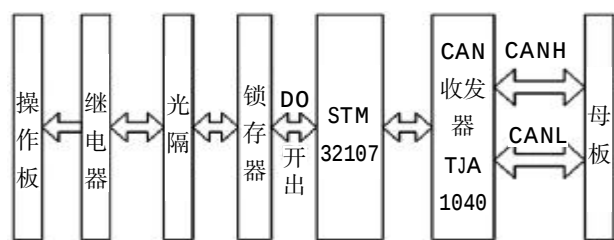


图 4 DO 模块结构图

Fig. 4 Configuration DO module

2.6 操作箱模块

操作箱模块,用于执行断路器分合闸命令,配合 DO 板的开出结点,操作箱模块的相应出口与断路器的分、合闸线圈相连构成操作回路,同时提供防跳回路出口,还提供操作回路相关的开入采集及压力监视。

2.7 通信框图

装置的所有模块通过母联背板相互通信,各模块通信见图 5,扩展模块即是根据需要扩展上述某几个模块,可以扩展的模块有 DI 开关量输入模块最多扩展为 8 个,DO 开关量输出模块最多扩展为 8 个,操作板模块最多扩展为 8 个,GOOSE 模块最多扩展为 7 个,扩展模块数量是根据母联背板通信协议来决定的^[15-16]。

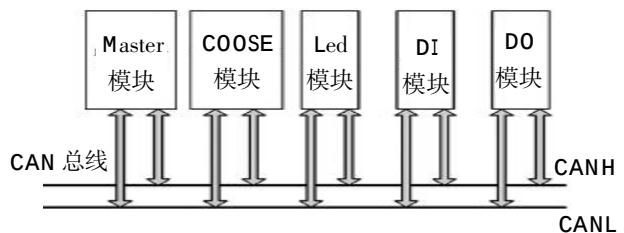


图 5 模块通信框图

Fig. 5 Frame of communication for modules

2.8 CAN 控制器接口电路设计

作为一种技术先进、可靠性高、功能完善、成本合理的远程网络通讯控制方式,CAN 总线已被广泛应用于各个自动化控制系统中。该设计给出了各个硬件模块之间通过 CAN 总线进行通信^[17],各个模块的 CAN 接口电路设计见图 6。由于 STM32F107 芯片内部自带 CAN 控制器,与管理板模块的 ARM9 系列 S3C2440 芯片相比,则减少一个 CAN 控制器,在该设计中 CAN 控制器采用的是芯片 MCP2515,SN74LVC4245PW 是电平转换芯片,主要是因为 CAN 收发器 TJA1040 的供电电源是 5 V,而 CAN 控制器和 CPU 的供电电源都是 3.3 V,加一个中间电平转换环节使得整个系统运行起来更稳定可靠。在 CAN 总线的两端加有两个 120 Ω 的电阻,这两个电阻对于总线阻抗的匹配起着相当重要的作用。

3 开关控制器的软件设计

软件调试环境采用 ARM 公司的 ARM 核处理器集成开发工具 ADSv1.2 集成了汇编、C、C++编译器和调试器,编译效率高,提供了功能强大的系统库,支持软件调试、JTAG 仿真调试及硬件调试。该设计采用的 JTAG 仿真调试。

3.1 $\mu C/OS-II$ 在 S3C2440 上的移植

$\mu C/OS-II$ 嵌入式操作系统是一个完整的、源代码公开的、可移植的、固化的、可裁剪的占先式实时多任务内核^[18],它是一种不可剥夺型内核,在任务调度时须预先设定任务的优先级。 $\mu C/OS-II$ 的代码被分成 3 个部分:与处理无关的代码;与应用相关的代码;与处理器相关的代码。移植时只要考虑与处理器

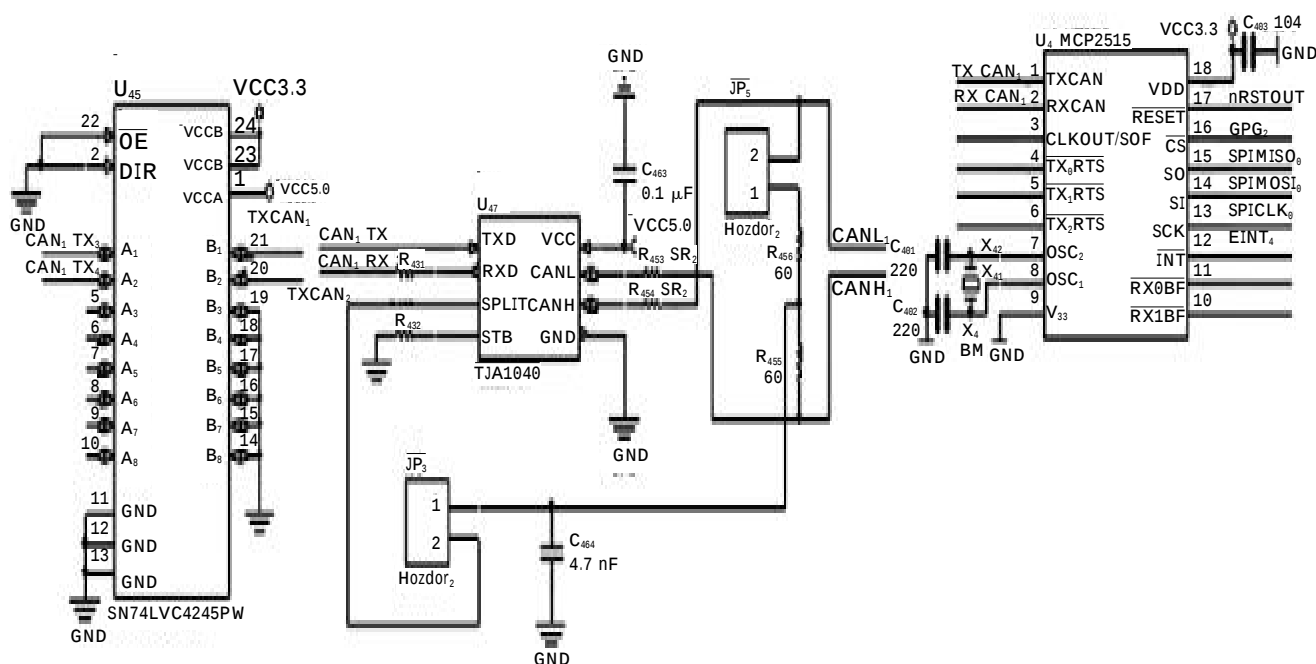


图 6 CAN 控制器接口电路图

Fig. 6 Circuit diagram of CAN controller for meeting meatus

相关的代码。与处理器相关的代码由 3 个文件组成: OS_CPU.H 文件; OS_CPU.C.C 文件; OS_CPU_A.S 文件。将各种函数编写好以后,即可在此基础上进行嵌入式系统的软件开发。

3.2 主程序设计

为了充分发挥操作系统在任务调度、任务管理、任务通信、时间管理和内存管理等方面的优势,首先必须根据要实现的功能,合理地划分任务分配的优先级。按照实际工作情况,将整个系统划分为并行存在的任务层和中断程序。该系统并行存在 3 个任务其按照优先级从低到高依次是:DI 板扫描任务;正常发包任务;快速发包任务。

快速发包任务首先将自己挂起,等待唤醒,唤醒后执行一次快速发包后再次挂起,等待下一次唤醒。DI 扫描任务监视断路器状态,若状态变化唤醒快速发包任务,向变电站间隔层快速发送当前状态。正常发包任务就是状态没有发生改变固定时间间隔发送当前状态。

在实际系统中,每个任务都是无限循环的,分别实现某一特定的功能,由 $\mu C/OS-II$ 内核来进行调度,主程序流程图见图 7。程序运行后,首先完成硬件系统与操作系统初始化,创建启动任务。进入启动任务,从 ROM 中读取配置信息,按照配置信息初始化 GOOSE 数据包。创建多任务,调用 OSStart()启动系统开始多任务调度。

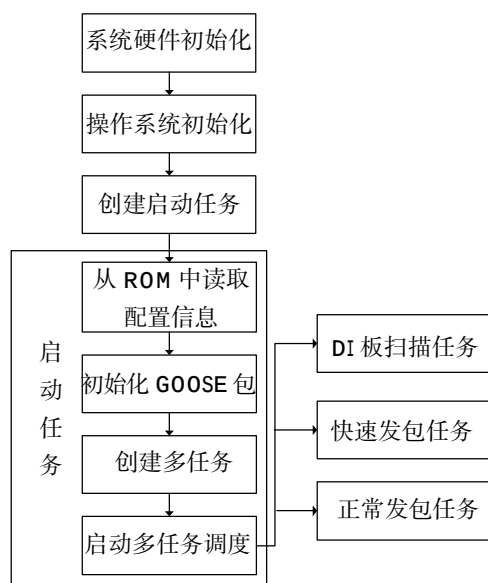


图 7 主程序流程图

Fig. 7 Flow chart of main programme

4 结语

基于 CAN 总线和 ARM 核的开关控制器,硬件系统性能良好,成本低廉,资源丰富,软件功能齐全,易于维护和升级。设计样机已经通过国家继电保护及自动化设备质量监督检验中心的测试,并且多次与该公司断路器本体进行现场功能调试,运行结果达到了设计要求,针对目前智能化变电站日益广泛推广的现实,该控制器具有良好的应用前景^[19-20]。

参考文献:

- [1] 徐国政,张节容,钱家骊,等.高压断路器原理和应用[M].北京:清华大学出版社,2000.
- [2] 曾庆禹,李国龙.变电站集成技术的发展——现代紧凑型变电站[J].电网技术,2002,26(8):60-67.
ZENG Qing-yu,LI Guo-long.Evolution of integrated technique of substation-modern compact substation[J].Power System Technology,2002,26(8):60-67.
- [3] 高翔,张沛超.数字化变电站的主要特征和关键技术[J].电网技术,2006,30(23):67-71.
GAO Xiang,ZHANG Pei-chao.Main features and key technologies of digital substation[J].Power System Technology,2006,30(23):67-71.
- [4] 吴广宁.电气设备状态监测的理论与实践[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [5] 吴在军,胡敏强.基于 IEC 61850 标准的变电站自动化系统研究[J].电网技术,2003,27(10):61-65.
WU Zai-jun, HU Min-qiang. Research on a substation automation system based on IEC 61850 [J]. Power System Technology, 2003, 27 (10) :61-65.
- [6] 陈宏,喻子易,陈健,等. IEC 61850 与数字化变电站改造方式探讨[J].湖北电力,2007,31(6):20-22.
CHEN Hong,YU Zi-yi,CHEN Jian,et al.IEC 61850 & probing into the digitalized substations retrofit methods[J].Hubei Electric Power,2007,31(6):20-22.
- [7] IEC 61850—2003. Communication networks and systems in substations[S].
- [8] 刘晓军.CAN 总线在变电站自动化系统中的应用[J].电力自动化设备,2002,22(11):53-55.
LIU Xiao-jun.Application of CAN bus in substation automation system [J]. Electric Power Automation Equipment,2002,22(11):53-55.
- [9] 张艳伟,刘涤尘,管保安,等.CAN 总线在变电站高压开关柜在线检测系统中的应用[J].电力自动化设备,2003,23(11):44-46.
ZHANG Yan-wei,LIU Di-chen,GUAN Bao-an,et al. Application of CAN bus in HV switchboard online detection system of substation[J]. Electric Power Automation Equipment,2003,23(11):44-46.
- [10] AGEMATSU S.Present state and trend of application of communication including LAN substation control [C]// CI-GRE. Paris:IEEE,2000:34-105.
- [11] LIU Xiao-jun. Application of CAN bus in substation automation system[J]. Electric Power Automation Equipment,2002(11):53-55.
- [12] 陶晓农,徐石明,陈朝勤.基于光纤或 CAN 网络的分散分布式变电站监控系统[J].电力系统自动化,1997,21(7):64-67.
TAO Xiao-nong,XU Shi-ming,CHEN Zhao-qin.A distributed substation automation system based on fibre optical links or CAN bus [J]. Automation of Electric Power Systems,1997,21(7):64-67.
- [13] 周立功.ARM 微控制器基础与实战[M].北京:北京航空航天大学出版社,2003.
- [14] Samsung Electronics.S3C2440A 32-Bit CMOS microcontroller user's manual[K].Shanghai:Samsung,2004.
- [15] 丁书文.数字式变电站自动化系统的网络选型[J].继电器,2003,31(7):37-40.
DING Shu-wen. Choosing internal communication network of digital substation integrated automation system [J]. Relay,2003,31(7):37-40.
- [16] 隼军平,盛万兴,王孙安.新一代变电站自动化网络通信系统研究[J].中国电机工程学报,2003,23(3):16-19.
SUN Jun-ping,SHENG Wan-xing,WANG Sun-an. Study on the new substation automation network communication system[J]. Proceedings of CSEE,2003,23(3):16-19.
- [17] 季侃,袁浩,施玉祥,等.CAN 总线在变电站自动化系统中的应用[J].电力系统自动化,2002,26(10):48-49.
JI Kan,YUAN Hao,SHI Yu-xiang,et al. Application of CAN bus in substation automation system [J]. Automation of Electric Power Systems,2002,26(10):48-49.
- [18] 吴明晖.基于 ARM 的嵌入式系统开发与应用[M].北京:人民邮电出版社,2004.
- [19] 高翔.数字化变电站应用展望[J].华东电力,2006,34(8):47-53.
GAO Xiang. Application prospect s of digital substations [J]. East China Electric Power,2006,34(8):47-53.
- [20] 孙司正,王晋,盛本云,等.数字化变电站自动化系统方案探讨[J].继电器,2007,35(22):72-74.
SUN Si-zheng,WANG Jin,SHENG Ben-yun,et al. Discussion on the digital schemes of substation automation system[J]. Relay,2007,35(22):72-74.

徐显明(1979—),女,硕士,工程师,从事智能电网产品研发工作。

曾林翠(1975—),女,硕士,工程师,从事智能电网产品研发工作。

白世军(1982—),男,硕士,主任工程师,从事智能电网产品研发工作。

张振兴(1983—),男,硕士,主任工程师,从事智能电网产品研发工作。