

智能电表的数据抄读新方法

曹时伟*, 朱青, 刘宏立

(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

(* 通信作者电子邮箱 cswwasion@163.com)

摘要:智能电表大多采用 MODBUS 协议或者 645 协议进行通信, 通信速率不高, 这对于智能电表大量数据的传输不方便。提出基于 PROFIBUS 的智能电表数据抄读方法及系统, 此系统包括基于 PROFIBUS 通信的主站——可编程逻辑控制器 (PLC) 和从站, 主站和从站是基于 PROFIBUS 总线通信连接的, 主站由西门子 PLC/CP5611 网卡和 STEP 7 编程软件、WINCC 监控软件等组成, 从站为具有 PROFIBUS 模块的智能电表; 该 PROFIBUS 模块与智能电表中的微控制单元 (MCU) 进行连接, 作为智能电表的一部分。这种基于 PROFIBUS 的智能电表数据抄读方法及系统易于实施, 数据传输快, 且通信速率可以达到 12 Mb/s。

关键词:智能电表; PROFIBUS; 通信速率; 抄读方法

中图分类号: TP393 **文献标志码:** A

PROFIBUS-based reading method of smart meter's data

CAO Shiwei*, ZHU Qing, LIU Hongli

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha Hunan 410082, China)

Abstract: Communication of most smart meters is based on MODBUS protocol or 645 protocol, which is insufficient for the transmission of large amounts of data from smart meter. A new reading method and its system based on PROFIBUS were proposed. The system included PROFIBUS based master (Programmable Logic Controller, PLC) and slave stations connected by PROFIBUS bus, and the master station consisted of the Network Interface Card (NIC) of Siemens PLC/CP5611, STEP 7 programming software and WINCC monitoring software; the slave station was a smart meter which contained a PROFIBUS module wired with the Micro Control Unit (MCU) in the smart meter. This PROFIBUS-based reading method and its system of smart meter's data is easy to implement, fast in data transmission, and with communication rate of up to 12 Mb/s.

Key words: smart meters; PROFIBUS; communication rate; reading method

0 引言

目前智能电表主要采用 MODBUS 协议和 645 协议通信, 它们的通信速率有 2 400 b/s、4 800 b/s、9.6 kb/s、19.2 kb/s、38.4 kb/s, 最大为 38.4 kb/s, 速率不高, 不利于大量数据的抄读。而 PROFIBUS 的通信速率有 9.6 kb/s、97.75 kb/s、187.5 kb/s、500 kb/s、1.5 Mb/s、6 Mb/s、12 Mb/s, 最大可以达到 12 Mb/s, 可显著提高智能电表的通信速率^[1]。为此本文提出了基于 PROFIBUS 的智能电表数据抄读方法及系统的设计, 以实现智能电表数据的快速抄读^[2]。在作为 PROFIBUS 主站的西门子 PLC 和主站网卡 CP5611 大量应用的趋势下, 具有 PROFIBUS 通信功能的智能电表作为从站, 连接到 PLC 主站中, 提高了智能电表通信速率和实用性, 可满足市场和用户的需求^[3]。

PROFIBUS 起源于欧洲, 目前在国内得到了快速的发展, 技术已经成熟, 已大量应用于各种领域^[4]。随着 PROFIBUS 在国内的广泛应用与技术的开放性, 仪表采用 PROFIBUS 通信越来越为市场所需求^[5]。市场调查确认, 在德国和欧洲市场中 PROFIBUS 占开放性工业现场总线系统的市场超过 40%, 截止 2008 年底, 超过 2 800 万个设备节点被安装。在 2006 年^[6], PROFIBUS 成为中国第一个工业通信领域现场总

线技术国家标准: GB/T 20540—2006, 也是目前唯一批准的现场总线国家标准。但现在国内仪表行业在这方面的应用较少, 有长足的发展空间和市场前景^[7]。

PROFIBUS-DP 主站有一类主站和二类主站, 一类主站完成总线通信控制和管理, 完成周期性数据访问, 包括 PLC、PC、CP5611 或可作一类主站的控制器^[8]; 二类主站完成非周期性数据访问, 如数据读写、系统配置、故障诊断等^[9], 包括操作人员工作站、编程器等; PROFIBUS 从站主要完成输入、输出信号的采集与发生, 包括分散式 I/O, 智能现场设备^[10]等。

1 PROFIBUS 系统结构

图 1 为 PROFIBUS 系统组成框图。



图 1 PROFIBUS 系统框图

图 1 中 PLC 和 CP5611 主站网卡作为系统 PROFIBUS 的主站, 具有 PROFIBUS 模块的智能电表作为 PROFIBUS 从站。主站和从站是主—从方式通信, 主站发送命令给从站, 从站根据主站的命令被动地响应^[11]。图 1 的 PROFIBUS 系统数据

收稿日期: 2012-11-09; 修回日期: 2012-12-27。 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (61172089)。

作者简介: 曹时伟 (1988 -), 男, 江西吉安人, 硕士研究生, 主要研究方向: 嵌入式系统、电路与系统; 朱青 (1968 -), 女, 河南商丘人, 副教授, 主要研究方向: 现代网络与通信技术、语言图像处理、数字信号处理、汽车电子; 刘宏立 (1963 -), 男, 湖南常德人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 无线传感网络新技术、移动通信系统、软件无线电。

抄读的过程如下:

主站(PLC/CP5611)向从站(智能电表)发送数据请求命令,智能电表中的 PROFIBUS 模块收到数据请求命令后,将数据请求命令解析为 MODBUS 命令并发送给智能电表微控制单元(Micro Control Unit,MCU)进行处理^[12],MCU 根据所接收的 MODBUS 命令内容组织一帧 MODBUS 格式的电表数据发送给 PROFIBUS 模块^[13],PROFIBUS 模块将 MODBUS 格式的电表数据打包放入 PROFIBUS 数据区发送给主站作为响应,完成一次数据抄读过程^[14]。

1.1 智能电表总体结构设计

智能电表作为 PROFIBUS 系统的从站,它的总体结构框图如图 2 所示。它采用了高精度的采样计量、高速的 MCU 数据处理^[15]、丰富的液晶显示屏和非易失存储器,具有三路电压、电流采样输入接口,有无功率脉冲输出接口,两路开关量输入输出以及四个按键输入和段码式液晶显示;同时还具有一路 DP9 针的 RS485 接口,用于连接 PROFIBUS 总线连接器进行 PROFIBUS 的通信^[16]。

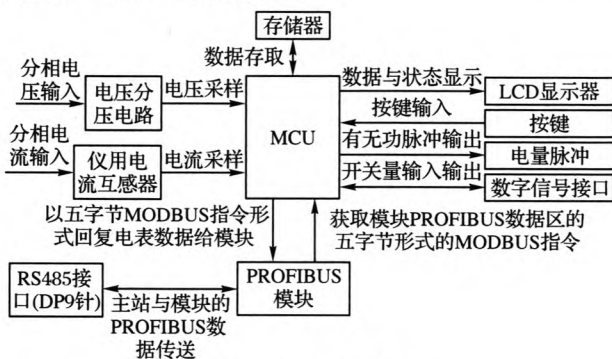


图2 智能电表总体结构

1.2 PROFIBUS 模块的结构设计

PROFIBUS 模块原理如图 3 所示。

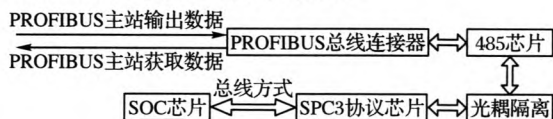


图3 PROFIBUS 模块原理框图

图 3 所示 PROFIBUS 系统中主站的数据通过 PROFIBUS 总线连接器,经过 485 芯片在光耦隔离下传送到 SPC3 协议芯片,电表 SOC 芯片(MCU)通过总线对协议芯片进行操作,从而接收数据^[17]。电表 MCU 处理数据后,生成的新数据通过对 SPC3 协议芯片的操作,转换成 PROFIBUS-DP 协议的数据格式,然后经过光耦和 485 芯片到 PROFIBUS 总线连接器传输给 PROFIBUS 系统中的主站^[18]。其中光耦采用 10 Mb/s 的 6N137,协议芯片采用 SPC3,用于 PROFIBUS 的 485 接口芯片采用 SN75176,SOC 芯片也为电表 CPU,采用瑞萨的 R8C/L38B^[19]。

2 数据快速抄读方法的过程

基于 PROFIBUS 的智能电表数据抄读方法及系统,主要特点在于智能电表 PROFIBUS 通信模块的设计与抄读方法软件的实现,可将以 MODBUS 协议传输的电表数据转换成 PROFIBUS 协议高速传输,从而使电表具有 PROFIBUS 通信功能^[9],能在以 PLC 或者 CP5611 网卡为主站的组态网络中利用 PROFIBUS 总线快速抄读数据^[20]。在对原来以 MODBUS 协议通信的电表没有进行很大改动基础上,使三相

智能电表具有 PROFIBUS 通信功能,具有很好的实用性^[10]。具体实现包括以下步骤:

1)建立 PROFIBUS 地址与 MODBUS 地址的映射关系。

2)将 PROFIBUS 数据输入区和输出区配置为 5 字节的全部输入输出,第一字节为命令字,第二、三字节为寄存器地址数据,最后两字节为读取的寄存器的值。

例如一帧 PROFIBUS 数据:68 05 05 68 8A 9F 08 03 00 6C 00 04 4B 16 中,03 00 6C 00 04 为 PROFIBUS 数据区,03 为命令字,006CH 为寄存器地址,0004H 为寄存器的值。

3)将电表中的 MODBUS 协议打包放在 PROFIBUS 协议帧的数据区中。

4)编辑用来描述设备特点和通信属性的电子设备数据库(GSD)文件,GSD 文件中加上支持非循环数据交换的 DPV1 功能,使得主站和从站可以进行非循环数据交换。

5)将三相智能电表连接在以 PLC 或主站网卡 CP5611 为 PROFIBUS 主站的系统中,采用 STEP 7 软件对硬件进行组态,并在 STEP 7 中进行软件编程读写数据。

PROFIBUS 模块执行数据抄读时的软件流程如图 4 所示。

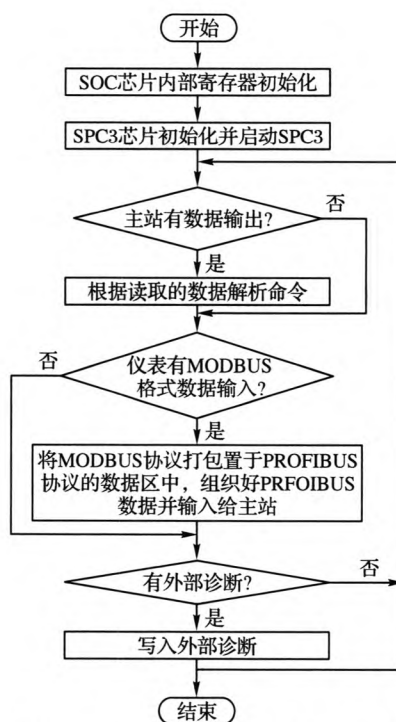


图4 PROFIBUS 模块执行数据抄读的流程

PROFIBUS 模块的软件设计主要包括 SPC3 的初始化、数据的接收和发送,而完成这些操作主要是对 SPC3 内部 1.5 KB RAM 的操作。

3 具体实现与测试结果分析

将三相智能电表连接在以 PLC 或主站网卡 CP5611 为 PROFIBUS 主站的系统中,采用 STEP 7 软件对硬件进行组态,并在 STEP 7 中进行软件编程读写数据。在 STEP 7 的硬件组态 HW Config 中,在机架 UR 的 1 槽中插入 PLC 电源,2 槽中插入 CPU 型号为 CPU315-2DP 的 PLC,选择 DP 网络,添加主站系统,设置主站地址为 2,且根据需求选择相应的 PROFIBUS 通信速率。在主站系统网络上,加入 DP 从站,设置从站地址,然后选择从站相应模块或者从模块中通过设置

起始地址和数据长度来选择自己需要的变量等。之后保存编译下载,在 STEP 7 变量区中可以读写相应数据,也可以通过人机界面 WINCC 来监控数据的读写。STEP 7 的操作界面如图 5 所示,与之对应的 WINCC 的操作界面如图 6 所示。

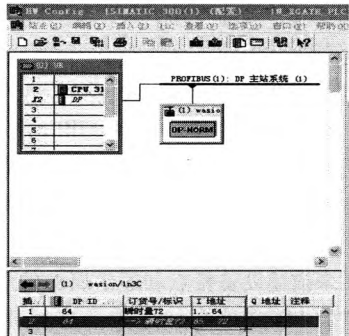


图 5 STEP 7 的操作界面

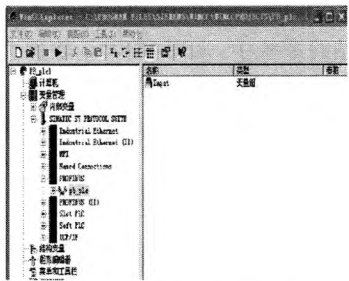


图 6 WINCC 的操作界面

在图 5 所示 STEP 7 的 HW Config 操作界面中,根据需求选择相应的从站模块,并编译下载到 PLC;在图 6 所示 WINCC 界面中,根据图 5 选择的模块,配置成输入或者输出变量组,使得 STEP 7 中所选模块中的数据与 WINCC 中变量组中的数据对应。

本文根据三相智能电表的数据特性,将数据划分为瞬时量、电能量、参数写三个模块,其中瞬时量的数据在 WINCC 中的测试结果如表 1 所示。

表 1 WINCC 中瞬时量数据的测试结果

数据类型	测量数据	数据类型	测量数据
电表运行状态字 1	0	C 相有功功率	0 kW
电表运行状态字 2	1	总有功功率	0 kW
A 相电压	23 539 V	A 相无功功率	0 kvar
B 相电压	23 535 V	B 相无功功率	0 kvar
C 相电压	7 V	C 相无功功率	0 kvar
平均相电压	15 700 V	总无功功率	0 kvar
AB 线电压	23 548 V	A 相视在功率	0 kVA
BC 线电压	7 V	B 相视在功率	0 kVA
CA 线电压	23 544 V	C 相视在功率	0 kVA
平均线电压	15 700 V	总视在功率	0 kVA
A 相电流	0 A	A 相功率因素	1000
B 相电流	0 A	B 相功率因素	1000
C 相电流	0 A	C 相功率因素	1000
平均电流	0 A	总功率因素	1000
零线电流	0 A	频率	4999 Hz
A 相有功功率	0 kW	电压变比	0
B 相有功功率	0 kW	电流变比	10000

表 1 中:实际电压 = 显示值/100,频率 = 显示值/100,电压变比 = 显示值/10000,功率因素 = 显示值/1000。

同时也可以根据自己需求,从瞬时量模块中通过设置起

始地址和数据长度来选择一个或多个变量抄读,在 WINCC 中的测试结果如表 2 所示。

表 2 WINCC 中自由选择变量的测试结果

数据类型	电压变比	电流变比
数据值	0	10000

测试结果表明:本文采用的数据抄读方法可以快速、准确、实时地抄读到三相智能电表的数据;用户可以根据自己的需求选择需要的模块和数据变量,具有很好的可操作性和实用性;且 WINCC 具有很好的监控特性,能实时地显示出智能电表的数据变化。

4 结语

针对三相智能电表数据抄读通信速率与实用性的问题,本文通过引入的基于 PROFIBUS 的快速数据抄读方法对通信速率进行了很大改进,使得智能电表的通信速率可以达到 12 Mb/s,并且用户可以方便地选择自己需要抄读的数据变量。同时这种抄读方法建立了 PROFIBUS 地址与 MODBUS 地址的映射关系,使得数据变量配置方便;五字节的输入输出配置,将 MODBUS 协议打包放在 PROFIBUS 协议的数据区,协议解析方便;同时智能电表的数据模块可以是具有大量数据变量的模块,也可以是单个或者多个数据的变量;而且在主站配置中方便灵活,不仅可以选择智能电表从站中具有大量数据的模块(通过设置数据模块与用户参数的对应表来实现),选择后整个模块的数据全部抄读,也可以根据起始地址和数据长度自由选择任意的一个或多个(输入输出字节数不大于 244 字节)需要配置的数据变量,这对于用户来说相当方便且实用。

因此在作为 PROFIBUS 主站的西门子 PLC 和主站网卡 CP5611 大量应用的趋势下,具有 PROFIBUS 通信功能的电表作为从站,连接到 PLC 主站中,提高了电表通信速率和实用性,可满足市场和用户的需求。

参考文献:

[1] 曾乃鸿. 电子式电能表发展现状和展望[J]. 华东电力, 2001(9): 1-4.

[2] 刘光斌. 单片机系统实用抗干扰技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004: 20-56.

[3] 陈秋良. 现场总线控制系统综述[J]. 自动控制技术, 2001(1): 2-5.

[4] 邹宽明. 现场总线应用技术选编[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2004: 11-12.

[5] 于浩洋. PROFIBUS 现场总线概述[J]. 自动化与仪表, 2002(2): 18-21.

[6] 顾洪军. 工业企业网与现场总线技术及应用[M]. 4 版. 北京: 人民邮电出版社, 2002: 56-58.

[7] 张凤登, 应启嘎. 现场总线与智能现场仪表设计技术[J]. 自动化与仪器仪表, 2001(5): 14-16.

[8] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001: 1-7.

[9] 武胜林. 现场总线控制系统的应用及困惑[J]. 世界仪表及自动化, 2003(10): 47-50.

[10] 姚竹亭, 王宪朝, 郝玉杰, 等. 现场总线 PROFIBUS 技术及应用[J]. 华北学院学报, 2001, 22(3): 227-231.

(下转第 1254 页)

序列 $\Delta PSNR$ 提高了至少 2.4 dB, 而且本文的算法简单, 没有复杂的参数更新过程, 耗时少, 非常适用于实时场景应用。

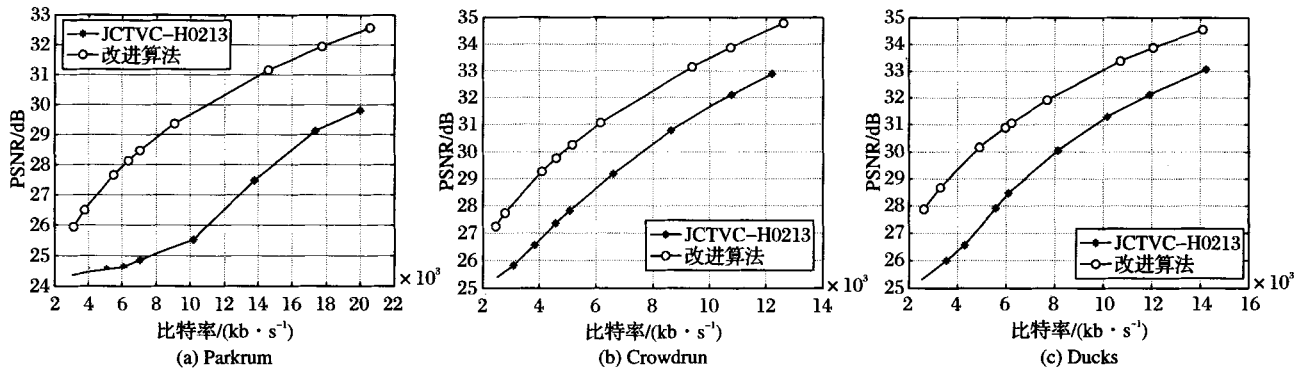


图3 改进算法与 JCTVC-H0213 性能比较

4 结语

本文首先详细分析了面向 HEVC 的 JCTVC-H0213 码率控制算法, 发现该算法中 QP 的计算没有充分利用已编码帧码率控制情况的反馈信息, 在此基础上提出了一种根据前一帧的目标比特和实际比特的比值来确定当前帧量化参数的方法。实验结果证明了所提码率控制算法的实用性与有效性, 但所提算法的比特控制精度还有改善空间。

参考文献:

- [1] JCT. JCT-VC Document Management System [EB/OL]. [2012-10-01]. <http://phenix.int-evry.fr/jct/>.
- [2] MCCANN K, BROSS B, KIM I K, et al. HM6: High Efficiency Video Coding (HEVC) test model 6 encoder description [C]// Joint Collaborative Team on Video Coding (JCT-VC) of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCTVC-H1002, 8th Meeting. San José, CA: ITU, 2012.
- [3] ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11. MPEG-2 video test model, Version 5.0 [S]. Geneva: ISO, 1993.
- [4] ITU-T/SG16/VCEG/Q15. Video codec, test model near-term, Version 8.0 [S]. Geneva: ISO, 1997.
- [5] ISO-IEC/JTC1/SC29/WG11. MPEG-4 video verification model, Version 8.0, coding of moving pictures and associated audio [S]. Geneva: ISO, 1999.
- [6] MA S, LI Z, WU F. Proposed draft of adaptive rate control [C]// Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG (ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T SG16 Q.6), 8th Meeting, JVT-H017. Geneva: ISO, 2003.
- [7] ChOI H, NAM J, YOO J, et al. Rate control based on unified RQ model for HEVC [C]// JCT-VC of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCT-VC H0213 (m23088). San José, CA: ISO, 2012.
- [8] BOSSE F. svn_HEVCSoftware — Revision 3420 [EB/OL]. [2012-09-10]. https://hevc.hhi.fraunhofer.de/svn/svn_HEVCSoftware/branches/HM-6.3-dev/.
- [9] BOSSE F. Common test conditions and software reference configurations [C]// JCT-VC of ITU-T SG16 WP3 and ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, JCT-VC H1100 (m24011). San José: ITU, 2012.
- [10] Video Trace Library. [2012-09-18]. <http://trace.eas.asu.edu/>.
- [11] 闫小涛. 低比特下帧层和宏块层新型码率控制算法 [D]. 成都: 西南交通大学, 2009.
- [12] PATEUX S, JUNG J. An excel add-in for computing Bjontegaard metric and its evolution [C]// ITU - Telecommunications Standardization Sector STUDY GROUP 16 Question 6 Video Coding Experts Group (VCEG), VCEG-AE07, 31st Meeting. [S.l.]: ITU, 2007.
- [13] BJONTEGAARD G. Calculation of average PSNR differences between RD-curves [C]// ITU - Telecommunications Standardization Sector STUDY GROUP 16 Question 6 Video Coding Experts Group (VCEG), VCEG-M33, Thirteenth Meeting. Austin, Texas: ITU, 2001.
- [11] 黄俊. PROFIBUS 现在总线技术及其应用 [J]. 制造业自动化, 2003, 25(2): 40-44.
- [12] SIEMENS. GSD-Specification for PROFIBUS-DP, Version 1.0 [S]. [S.l.]: SIEMENS, 2000: 49-53.
- [13] TERIDIAN Semiconductor Corporation. 71M6513 芯片手册 [G]. [S.l.]: TERIDIAN Semiconductor Corporation, 2006: 1-80.
- [14] 广州致远电子有限公司. XGate-DPS10 手册 [G]. 广州: 广州致远电子有限公司, 2010: 1-35.
- [15] MODBUS. MODBUS over serial line: specification and implementation guide V1.0 [EB/OL]. [2012-10-01]. http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1.pdf.
- [16] Introduction to PROFIBUS DP [EB/OL]. [2002-02-08]. <http://www.automation.com/libratory/articles-white-papers/field-bus-serial-bus-io-network/introduction-to-profibus-dp>.
- [17] 全国工业过程测量与控制标准化技术委员会, 中国机电一体化技术应用协会. GB/T20540—2006, 测量和控制数字数据通信工业控制系统用现场总线类型 3: PROFIBUS 规范 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [18] TAO J, WANG Z L. Analysis of PROFIBUS-DP network delay and its influence on the performance control system [J]. Wuhan University Journal of Nntual Science, 2005, 10(5): 877-822.
- [19] 广州致远电子有限公司. Analog device instrument. High speed, isolated RS-485 transceiver with intergrated transformer driver datasheet [R]. 广州: 广州致远电子有限公司, 2009: 2-10.
- [20] SIEMENS. SPC3 Siemens PROFIBUS controller hardware description [S]. [S.l.]: SIEMENS SPC3 PROFIBUS Interface Center, 2010: 2-60.

作者: 曹时伟, 朱青, 刘宏立, CAO Shiwei, ZHU Qing, LIU Hongli
作者单位: 湖南大学电气与信息工程学院, 长沙, 410082
刊名: 计算机应用 
英文刊名: Journal of Computer Applications
年, 卷(期): 2013, 33 (5)

参考文献(20条)

1. 曾乃鸿 电子式电能表发展现状和展望[期刊论文]-华东电力 2001 (09)
2. 刘光斌 单片机系统实用抗干扰技术 2004
3. 陈秋良 现场总线控制系统综述[期刊论文]-自动控制技术 2001 (01)
4. 郭宽明 现场总线应用技术选编 2004
5. 于浩洋 PROFIBUS现场总线概述[期刊论文]-自动化与仪表 2002 (02)
6. 顾洪军 工业企业网与现场总线技术及应用 2002
7. 张凤登;应启嘎 现场总线与智能现场仪表设计技术[期刊论文]-自动化与仪器仪表 2001 (05)
8. 阳宪惠 现场总线技术及其应用 2001
9. 武胜林 现场总线控制系统的应用及困惑 2003 (10)
10. 姚竹亭;王宪朝;郝玉杰 现场总线PROFIBUS技术及应用 2001 (03)
11. 黄俊 PROFIBUS现在总线技术及其应用[期刊论文]-制造业自动化 2003 (02)
12. SIEMENS GSD-Specification for PROFIBUS-DP, Version 1.0 2000
13. TERIDIAN Semiconductor Corporation 71M6513芯片手册 2006
14. 广州致远电子有限公司 XGate-DPSI0手册 2010
15. MODBUS MODBUS over serial line:specification and implementation guide V1.0 2012
16. Introduction to PROFIBUS DP 2002
17. 全国工业过程测量与控制标准化技术委员会;中国机电一体化技术应用协会 测量和控制数字数据通信工业控制系统用现场总线类型3:PROFIBUS规范 2006
18. TAO J;WANG Z L Analysis of PROFIBUS-DP network delay and its influence on the performance control system 2005 (05)
19. 广州致远电子有限公司 Analog device instrument.High speed, isolated RS-485 transceiver with intergrated transformer driver datesheet 2009
20. SIEMENS SPC3 Siemens PROFIBUS controller hardware description 2010

引用本文格式: 曹时伟. 朱青. 刘宏立. CAO Shiwei. ZHU Qing. LIU Hongli 智能电表的数据抄读新方法[期刊论文]-计算机应用 2013 (5)