

CAN 总线控制器 MCP2515 的原理及应用

王继国,吉吟东,孙新亚

(清华大学 自动化系,北京 100084)

摘要 CAN 总线是众多的现场总线标准之一,广泛应用于工业自动化监控网络中。本文介绍了一种新型的 CAN 控制器芯片 MCP2515 以及该芯片在设计自动化仪器仪表中的应用。

关键词 CAN;MCP2515;仪表

中图分类号:TP322

文献标识码:B

文章编号:1001-1390(2004)01-0052-05

Application of MCP2515 in industry automatic instruments

Wang Jiguo, Ji Yindong, Sun Xinya

(Department of Automation, Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: CAN(Controllor Area Network)is one of the most frequently used field-bus protocol standard, which is widely used in industry automatic control network. This paper introduced a new type of CAN controller chip—MCP2515 and its application in industry automatic instruments.

Key words: CAN-bus; MCP2515; instruments

0 前言

CAN 总线现在广泛应用于工业自动化、监控系统、医疗仪器等众多部门。目前,我国工业上应用最广泛的 CAN 控制器芯片当属 Philips 公司的 SJA1000。虽然它具有低成本、高可靠性、支持远距离通信等特点,但它在应用中也具有一些缺点,比如地址总线和数据总线分时复用导致接口效率低下;接收和发送缓冲器的个数太少,导致数据吞吐率低下;屏蔽器和过滤器的设置不够灵活,不能满足同时需要更多屏蔽和过滤条件的要求等。为了满足以上要求, Microchip 公司推出了 CAN 总线控制器芯片 MCP2515,它符合 CAN 2.0B 技术规范并带有符合工业标准的 SPI 串行接口,是目前市场上体积最小、最易于使用也是最节约成本的独立 CAN 控制器芯片。使用独立的 CAN 控制器潜在的优势在于,仪表设计人员可以大大扩大 MCU 的选择范围而不必强求 MCU 必须内含 CAN 总线控制模块,在对软件稍作修改后就可以通过 SPI 接口和 MCP2515 交换数据。这样,不需要更换 MCU 就可以在现有的仪表上增加 CAN 总线的通信功能,从而达到了产品的快速更新、缩短上市时间、降低产品成本、提高产品质量的目的。

1 MCP2515 简介

1.1 MCP2515 参数特性

MCP2515 能够发送和接收标准数据帧以及扩展数据帧,并具有接收过滤和信息管理的功能。MCP2515 通过其 SI 引脚同 MCU 进行数据传输,最高数据传输速率可达 1Mbps。MCU 可以通过 MCP2515 与 CAN 总线上的其他 MCU 进行通信。MCP2515 内含 3 个 14 字节的发送缓冲器、2 个 14 字节的接收缓冲器,并且具有灵活的中断能力、帧屏蔽和过滤、帧优先级设定等特性。这些特点使得 MCU 对于 CAN 总线的操作变得非常简单。

MCP2515 的主要功能参数如下:

- (1)支持 CAN 协议 2.0A/2.0B;
- (2)最大可编程波特率为 1Mbps;
- (3)有标准帧和扩展帧两种数据帧可供选择,每个帧中的数据段长可为 0~8 字节;
- (4)支持远程帧;
- (5)内含 3 个发送缓冲器和 2 个接收缓冲器,并且其优先级可编程设定;
- (6)内含 6 个 29 字节的接收过滤器和 2 个 29 字节的接收过滤屏蔽器;

- ⑦) 具有 Loop-Back(自环检测)模式;
- ⑧) 标准帧的数据段的前两个字节的单独过滤功能;
- ⑨) 支持比 CAN 更高层的协议,如: DeviceNet。

MCP2515 的主要电气特性如下:

- ①) 工作电压 2.7V~5.5V;
- ②) 具有低功耗睡眠状态;
- ③) 工作电流 5mA (待机电流 10μA/5.5V);
- ④) 工作温度 I(-40℃~+85℃)、E(-40℃~+125℃);
- ⑤) 具有高速 SPI 接口 (10MHz);
- ⑥) 支持 SPI 0,0 和 SPI 1,1 两种模式;
- ⑦) 具有 6 个中断接口;
- ⑧) 具有可编程分频系数的时钟脉冲输出引脚;
- ⑨) 支持最高可达 40MHz 的时钟脉冲输入信号;
- ⑩) 具有可选择使能的中断输出引脚。

1.2 内部结构和工作原理

图 1 为 MCP2515 的内部结构与工作原理图,其中 CAN 模块包括 CAN 协议机和发送、接收缓冲器以及他们的屏蔽器、过滤器。CAN 协议机主要负责与 CAN 总线的接口, SPI 接口逻辑负责实现与 MCU 的接口,而缓冲器、过滤器组和控制逻辑以及与之相关的位定时发生器、控制和中断寄存器则负责实现各种工作模式的设定和操作控制。

MCP2515 在 CAN 总线上的数据接收是通过两个接收缓冲器,两个接收屏蔽器,六个接收过滤器的组合来实现的。CAN 总线上只有同时满足了至少任意一个接收屏蔽器和一个接收过滤器的条件的帧才可以进入接收缓冲器。MCU 可以通过 SPI 接口来读取接收缓冲器里的数据。MCP2515 对 CAN 总线的发送数据则没有限制,只要用 MCU 通过 SPI 接口将待发送的数据写入 MCP2515 的发送缓冲器,然后再调用 RTS (发送请求) 命令即可将数据发送到 CAN 总线上。

MCP2515 具有灵活的中断管理功能,它有 8 个中断源,包括发送、接收中断,各种错误中断以及总线唤醒中断等。MCU 可以通过对 MCP2515 的中断允许控制寄存器 CANINTE 的设置来设定和屏蔽各种中断的发生条件,并可以通过读取 MCP2515 的中断标志位寄存器 CANINTF 或者通过 MCP2515 的 Read Status (读状态寄存器) 命令读取 CANSTAT 寄存器中的 ICOD 部分来判断当前中断的中断源。

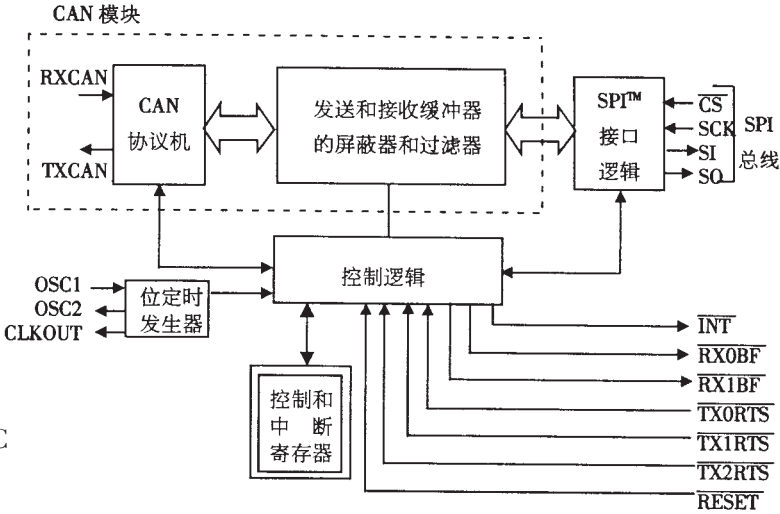


图 1 MCP2515 内部结构及工作原理图

1.3 MCP2515 控制寄存器配置

与 SJA1000 具有 BasicCAN 和 PeliCAN 两种工作模式不同, MCP2515 只有一种工作模式,即 Normal (正常) 模式。Normal 模式既支持 CAN 的标准帧格式,也支持 CAN2.0B 的扩展帧格式。MCP2515 的有效寻址范围为 0~0x7F,其中有用的寄存器共 114 个。表 1 列出了 MCP2515 在工作模式和配置模式下的控制寄存器配置。

表 1 MCP2515 寄存器配置

CAN 地址	工作模式		配置模式	
	读	写	读	写
0~0x0B	接收过滤器	-	接收过滤器	接收过滤器
0x10~0x1B				
0x0C	BF 引脚配置	BF 引脚配置	BF 引脚配置	BF 引脚配置
0x0D	发送请求	-	发送请求	发送请求
0x20~0x27	接收屏蔽器	-	接收屏蔽器	接收屏蔽器
0x28	位定时 3	-	位定时 3	位定时 3
0x29	位定时 2	-	位定时 2	位定时 2
0x2A	位定时 1	-	位定时 1	位定时 1
0x2B	中断屏蔽	中断屏蔽	中断屏蔽	中断屏蔽
0x2C	中断标志	中断标志	中断标志	中断标志
0x2D	错误标志	错误标志	错误标志	错误标志
0x30~0x3D	发送缓冲器 0	发送缓冲器 0	发送缓冲器 0	发送缓冲器 0
0x40~0x4D	发送缓冲器 1	发送缓冲器 1	发送缓冲器 1	发送缓冲器 1
0x50~0x5D	发送缓冲器 2	发送缓冲器 2	发送缓冲器 2	发送缓冲器 2
0x60~0x6D	接收缓冲器 0	接收缓冲器 0	接收缓冲器 0	接收缓冲器 0
0x70~0x7D	接收缓冲器 1	接收缓冲器 1	接收缓冲器 1	接收缓冲器 1
0xE	状态	状态	状态	状态
0xF	时钟分频器	时钟分频器	时钟分频器	时钟分频器

注 0xE 表示 0x0E, 0x1E, ..., 0x7E; 0xF 表示 0x0F, 0x1F, ..., 0x7F。

1.4 MCP2515 的帧选择方式

MCP2515 的帧过滤是由其内容的接收过滤寄存器及其相对应的屏蔽寄存器共同完成的。所谓的帧过

滤,是指 CAN 总线控制器对总线上的帧进行选择接收的机制。对接收状态的节点而言,帧接收过滤器与其屏蔽器共同与总线上的信息标志符 ID 相比较,以选择接收该节点需要的信息。MCP2515 内部提供了六个帧过滤寄存器 RXF0~5 和两个屏蔽寄存器 RXM0~1,对于帧 ID 的过滤最长可达 32 位。与 SJA1000 不同的是,六个 RXF 和两个 RXM 分为两组,其中 RXF0~1 和 RXM0 为一组,对应于优先级较高的接收缓冲器 RXB0, RXF2~5 和 RXM2 为另一组,对应于优先级较低的接收缓冲器 RXB1。每个 RXF 都可以单独设置不同的帧过滤条件,所以 RXB0 的帧过滤组可以同时接收两种不同的帧,而 RXB1 的帧过滤组可以同时接收四种不同的帧。两组过滤器和屏蔽器协同对 CAN 总线上的帧进行过滤,可以同时接收六种不同的信息帧。在应用时可选用若干种帧为本节点的接收信息标志,同时另外若干种帧为该节点与其他节点的成组帧接收信息标志。这使得 MCP2515 在被应用于自动化仪表设计时显得非常灵活。

通过设置控制寄存器 RXB0CTRL 中的 Bit3 (BUKT),可以选择在 RXB0 接收缓冲器满时先将原来 RXB0 中的数据移入 RXB1 再接收新数据的帧接收模式。通过设置 RXB0CTRL 和 RXB1CTRL 中的 Bit6~Bit5 (RXM1, RXM0),可以分别为接收缓冲器 RXB0 和 RXB1 选择四种不同的过滤操作模式:关闭过滤器、只接收标准帧、只接收扩展帧和接收标准帧与扩展帧。控制寄存器 RXFSIDH0~RXFSIDH5, RXMSIDH0~RXMSIDH1 的全部 8 位和 RXFSIDL0~RXFSIDL5, RXMSIDL0~RXMSIDL1 的 Bit7~Bit5 这 3 位的组合作为标准帧 (11 位)的接收过滤和屏蔽条件; RXFSIDL0~RXFSIDL5, RXMSIDL0~RXMSIDL1 的 Bit1~Bit0 这两位和 RXFEID80~RXFEID85, RXMEID80~RXMEID81 的全部 8 位以及 RXFEID00~RXFEID05, RXMEID00~RXFEID01 的全部 8 位的组合作为扩展帧 (29 位)的扩展部分 (18 位)的接收过滤和屏蔽条件。另外, MCP2515 可以自动调整接收标准帧和扩展帧的过滤条件:当接收扩展帧 (29 位)时, MCP2515 使用全部 29 位过滤器和屏蔽器;而当接收标准帧 (11 位)时, MCP2515 会自动将扩展帧的过滤器和屏蔽器条件中的 EID0~EID15 这 16 个 Bit 的过滤条件应用到标准帧的数据段的前两个字节上,也就是说,做为扩展帧过滤条件的 18 Bit 中的低 16Bit 在接收标准帧时将标准帧的数据段的前两个数据字节起过滤作用。这就更增加了 MCP2515 在使用中的灵活性。

1.5 MCP2515 的总线位定时寄存器 CNF1、CNF2、

CNF3

CNF1 规定了 CAN 总线通信的速率及同步跳转宽度参数, CNF2 规定了位时段大小的一部分和接收数据采样次数, CNF3 规定了帧起始信号的用途和唤醒过滤器以及位时段大小的另一部分,这三个寄存器在配置模式下允许读和写,在工作模式下,为只读存储器。

1.6 时钟分频器 CANCTRL

该寄存器用于对 MCP2515 控制器的工作模式选择 (Bit7~Bit5 为 000 选择工作模式,为 100 选择配置模式)及时钟输出频率控制 (Bit2~Bit0,其中 Bit2 为时钟输出选择位,为 0 时不允许 MCP2515 输出时钟信号, Bit1~Bit0 规定了时钟输出的频率)。Bit4 为中止所有待发送数据指令,若为 1 则取消所有发送缓冲器中待发送的数据。Bit3 为发送模式,若为 1 则只发送一次,为 0 则根据需要反复重发。

1.7 MCP2515 的操作时序

MCP2515 在能够正常工作之前,需要进行正确地初始化,包括设置 SPI 接口的数据传输速率、CAN 通信的波特率、MCP2515 的接收过滤器和屏蔽器以及设置发送和接收中断允许标志位等。与 SJA1000 不同的是, MCU 对 MCP2515 的接收和发送缓冲器的操作必须通过 SPI 接口用 MCP2515 内置的读写命令来完成。

图 2 是 MCP2515 的 SPI 接口读命令的时序图。操作时, MCU 在向 MCP2515 提供时钟脉冲 SCK 的同时,先把读命令和要读的首地址发送到 MCP2515 的 SI 引脚,每个数据位在 SCK 的上升沿被锁存。MCP2515 在接收到读命令和首地址后,开始在 SCK 的下降沿将读取到的数据输出到 SO 引脚。在数据从 SO 引脚输出的过程中, SCK 至少要持续到此数据输出过程完成为止。若 MCU 只向 MCP2515 提供可以输出一个字节数据的 SCK,就是 MCP2515 的单个字节读操作。若 MCU 连续向 MCP2515 提供 SCK,则在 MCP2515 的 SO 引脚上将连续输出以首地址开始的连续地址空间的数据,直到 MCU 停止向 MCP2515 提供 SCK 为止,这就是 MCP2515 的连续地址序列读操作。而 MCU 供给 MCP2515 连续 SCK 的实现方法也很简单,就是一直向 MCP2515 的 SI 引脚输出 '0' 字节即可,而每输出一个 '0' 字节, SO 引脚上便会输出一个字节的的数据。

图 3 是 MCP2515 的 SPI 接口写命令的时序图。操作时, MCU 在向 MCP2515 提供时钟脉冲 SCK 的同时,把写命令发送到 MCP2515 的 SI 引脚,每个数据位

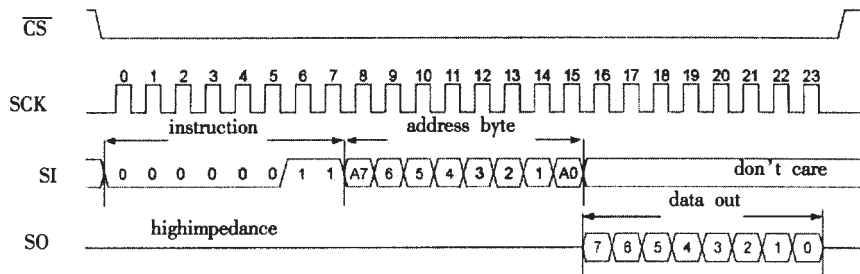


图 2 MCP2515 的 SPI 读命令时序图

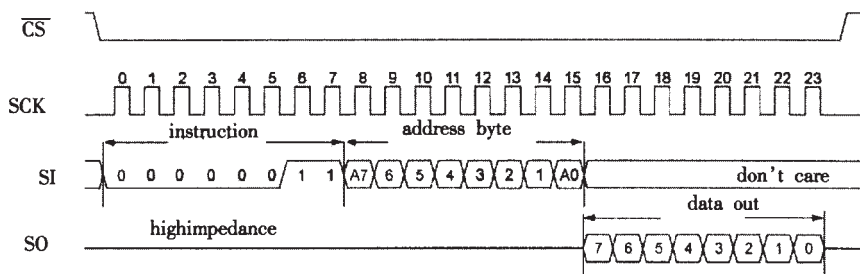


图 3 MCP2515 的 SPI 写命令时序图

在 SCK 的上升沿被锁存, 然后再发送首地址和数据。和读命令相似, 如果 MCU 只提供可以写入单个字节的 SCK, 就是 MCP2515 的单字节写操作。如果 MCU 提供连续的 SCK, 那么跟在首地址后面的数据将被连续写入首地址开始的连续地址空间, 这就是 MCP2515

的连续地址序列写操作。

在程序设计中, 建议对发送和接收缓冲器的读写使用连续地址序列读写操作, 因为这样可以避免反复地发送读写命令和地址, 大大提高程序运行效率。MCP2515 除读写操作外, 还具有 BitModify (位修改) RESET (复位) 和 Request To Send (请求发送) 等操作, 其时序与读写操作差别不大。

2 MCP2515 在仪器仪表中的应用

2.1 MCP2515 与 MCU 连接的硬件线路

面向测量对象的仪表由带有标准 SPI 接口的 MSP430 单片机和 MCP2515 以及 CAN 总线接口器件 82C250 构成, MSP430 单片机通过 SPI 接口与 MCP2515 进行交互, 仪表将采样得到的数据通过 MCP2515 发送到 CAN 总线上。由于 CAN 总线的编码是基于发送帧的, 它不会对 CAN 控制节点进行编码, 因而系统的可扩展性比较好, 并且增删 CAN 总线上的任何一个仪表节点不会对其他的仪表节点造成任何影响。如果需提高 CAN 总线通信的稳定性和抗干扰能力, 可以通过在 MCP2515 和 82C250 之间再加一个光电隔离器来实现。

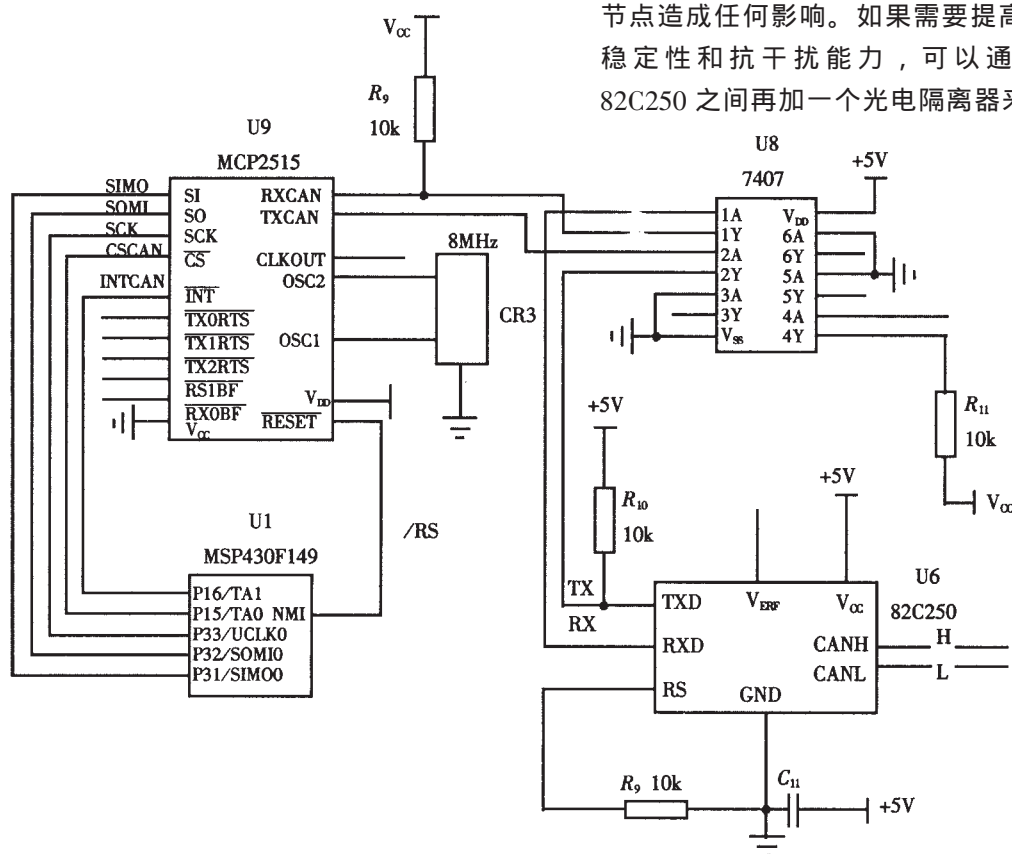


图 4 仪表硬件接口电路

图 4 是使用 MCP2515 的仪表硬件接口电路图。

2.2 通信模块的软件设计

CAN 总线节点要有效、实时地完成通信任务,通信模块的设计是关键,也是难点。通信模块的程序是在仪表的监控程序调用下完成仪表的数据发送及命令接收任务,通信程序可看成由各个相对独立的程序模块组成。通信模块的程序包括 MCP2515 的初始化、节点自测、通信波特率侦测程序。通信模块的中断处理程序包括 CAN 总线错误处理子程序、发送接收、放弃发送子程序等。通信模块初始化之后即可由 CPU 的主监控程序调用的数据发送、接收及其他通信任务相关子程序。MCP2515 提供了两种数据操作模式,即中断模式和状态查询模式。由于查询模式需大量的 CPU 开销,所以在实时要求较高的自动化仪表中常用中断方式。通信模块的主流程和中断服务程序流程分

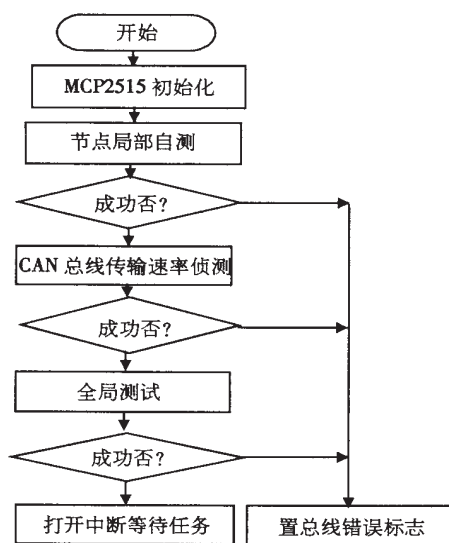


图 5 通信模块主流程图

别如图 5 和图 6 所示。

3 结束语

本文中我们介绍了 CAN 控制器芯片 MCP2515,

(上接第 48 页)程后,软件图形界面专业化,功能仪表化,易操作,实用性强。

通过与 APF 系统的联合实验,监控系统实现了长时间的稳定运行,达到了设计技术指标和预期效果。对 APF 系统运行情况能进行有效监测与控制,显著提高了系统的可靠性与自动化水平。

参 考 文 献:

- [1] 王兆安,杨君,刘进军等. 谐波抑制和无功功率补偿[M]. 机械工业出版社,1998.
- [2] PCIS-DASK User's Guide[EB]. ADLINK Technology Inc.2002 (6)

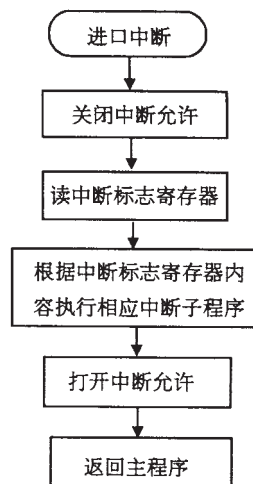


图 6 中断服务程序流程图

提出了一个利用 MCP2515 和 MSP430 单片机组成的现场总线仪表的方案,并结合硬件电路和软件实现对其可行性和正确性进行了证明。在传统的自动化仪表向现场总线仪表的发展过程中,解决通信问题是一个关键,而 MCP2515 芯片给测控仪表的智能化通信带来了便利,功能强大并且使用灵活,达到了使产品快速更新,缩短上市时间,降低产品成本,提高产品质量的目的,有很好的推广利用价值。

参 考 文 献:

- [1] 郭宽明.CAN 总线原理和应用系统设计[M].北京航空航天大学出版社,1996.
- [2] Microchip 公司.Stand-Alone CAN Controller with SPI Interface, 2003.
- [3] 王燕等.CAN-bus 仪表的通讯模块设计[J].电测与仪表,2001(8).
- [4] 律德才等.CAN 总线控制器 SJA1000 的原理及应用[J].电测与仪表,2002(4).

第一作者简介:

王继国(1979-),男,毕业于清华大学自动化系,现为清华大学自动化系硕士研究生,主要研究方向为面向工业的自动化技术及应用。

收稿日期:2003-09-29

(马甲军 编发)

- [3] 刘琳.500kV 变电站计算机监控系统的应用[J].中国电力,2001,34(1):64~67.

- [4] [美]Jeff Prosise,北京博彦科技发展有限责任公司译.MFC Windows 程序设计[M].清华大学出版社,2001.

第一作者简介:

方陆军(1978-),男,硕士研究生,研究方向为大型电力电子设备计算机监控,智能化测控技术。

收稿日期:2003-09-12

(刘家新 编发)