

# 一种车用 CAN 总线网络测试系统的研究

程 跃, 康劲松, 徐国卿

**摘 要:** 论文在研究车载网络 CAN 总线技术的基础上, 设计出了一种应用于汽车动力子网的 CAN 测试系统。文中详细介绍了系统开发涉及到的硬件结构、软件设计及通信网络转换, 并实现了基于 PC 的车用 CAN 测试系统的实验验证。

**关键词:** CAN 总线; 测试系统; 汽车网络

## 0 引言

控制局域网 CAN(Control Area Network)是国际上应用最广泛的现场总线之一, 最早由德国 Bosh 公司推出, 是用于汽车内部测量与执行部件之间数据交换的一种串行数据通讯总线。在现代轿车的设计中, 通常将汽车上众多的电子控制单元(ECU)组建形成汽车电子控制网络, 使各车载 ECU 之间能够顺利进行信息交换。如今车内大部分是电子装置, 如电子燃油喷射装置、防抱死制动装置、安全气囊装置、电控门窗装置、主动悬架等, 都内嵌有基于 CAN 总线的控制器。

在车载 CAN 总线测试系统中, 一般都是用计算机作为上位机, 利用计算机的数据处理和数据储存能力, 在线实时地分析下级系统的工作状态是否正常并存储下级系统的工作状态。以电动汽车用电机控制器为例, 上位机可以通过 CAN 总线向电机控制器提供给定转矩信号, 而电机的电压、电流、转速、输出转矩等量也可以通过 CAN 总线上传给上位计算机, 上位机能够显示、储存电机的这些状态量, 并分析电机工作是否正常。由于现在一般计算机都带有 RS-232 串行通信接口, 因此需要设计出基于 RS-232 接口的 CAN 测试系统, 使计算机方便地连接到 CAN 总线网络中。

## 1 测试系统硬件结构

基于 CAN 总线良好的功能特性和极高的可靠性, 本文设计了一套总线测试系统。系统的结构原理框图如图 1 所示。测试系统主要硬件包括以下几个部分: Philips 单片机 P89C51、CAN 控制器 SJA1000、CAN 收发器 82C250、RS232 电平转换芯片 MAX232 以及高速光耦。

### 1.1 通信协议转换电路

测试系统的主要任务之一是完成 RS-232 总线与 CAN 总线通信协议的转换, 总线转换电路如图 2 所示, 其中由于 P89C51 内部并未集成有 CAN 模块, 故而需要外扩一个 CAN 控制器。Philips 公司生产的 SJA1000 是一种独立的 CAN 控制器, 其内部支持 CAN2.0A 和 CAN2.0B 协议, 通信位速率

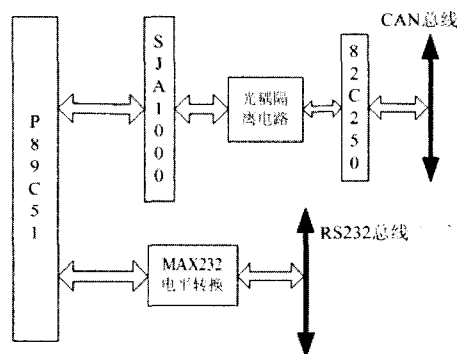


图 1 系统结构原理框图

可达 1Mbps。图 2 的 SJA1000 与 P89C51 的接口电路中, 单片机的 P2.1 脚接 SJA1000 的复位脚, 系统启动后通过软件复位的方式复位 SJA1000, /INT 接 P89C51 的 /INT0 引脚, 处理器可通过中断方式访问 SJA1000。

P89C51 自带的串口通信模块 SCI 支持 CPU 与其它使用标准格式的异步外设之间进行数字通信。由于 RS-232 总线电平与单片机的电平不一致, 需经电平转换后才能进行通信, 本系统中应用符合 RS-232 标准的驱动芯片 MAX232 构成电平转换电路。

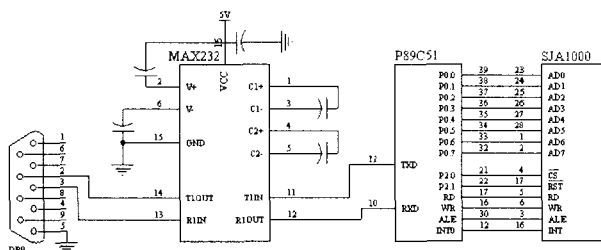


图 2 RS-232 总线与 CAN 总线协议转换电路

### 1.2 CAN 总线接口电路

CAN 接口电路由 SJA1000、CAN 收发器 82C250、高速光耦 6N137 等组成。82C250 是 CAN 控制器与物理总线之间的接口, 它对总线提供差动发送能力, 对 CAN 控制器提供差动接收能力。它可以选择三种不同的工作模式—待机、斜率控制和高速模式。本文设计的 CAN 测试系统应用

于车载 CAN 动力总线, 通信速率为 500Kbps, 故采用高速模式(将收发器的 8 脚与地直接相连), 若要求其工作在斜率控制模式时, 只需用跳线使 8 脚接斜率电阻即可。图 3 是 CAN 总线接口电路图, 图中 CANH 和 CANL 引脚各自通过一个 5 欧的电阻与 CAN 总线相连以保护 82C250 免受过流冲击, CANH 和 CANL 与地之间并联了两个 30pF 的小电容可以起到滤除总线上高频干扰的作用, 另外在两根 CAN 总线接入端与地之间分别接入一个防雷击管, 防止两输入端与地之间瞬变干扰。

为了增强节点抗干扰能力, SJA1000 的 TX0 和 RX0 并不是直接与 82C250 的 TXD 和 RXD 相连, 而是通过高速光耦 6N137 后与 82C250 相连。光耦部分电路所采用的两个电源 Vcc 和 Vdd 必须完全电气隔离, 否则采用光耦也失去了意义。

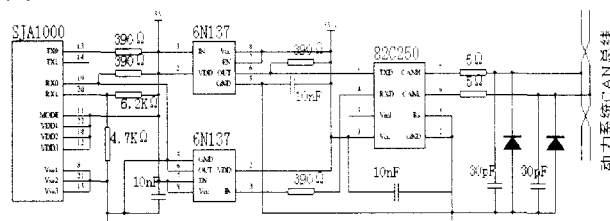


图 3 CAN 总线接口电路

## 1.3 供电电路

本系统由外部 12V 直流稳压电源供电, 由于内部电路工作电压是 5V, 故而系统采用 DC-DC 电源模块 HZD05-12S05J 实现 12V 到 5V 的电压转换。

另外由于 CAN 总线电源和单机电源需要进行隔离, 光耦部分的两个电源也需要电气隔离, 故而供电电路中还使用了 DCP010505P 芯片。DCP010505P 是一个功率为 1W 的电源隔离芯片, 其输入和输出电源均为 5V, 内部集成有过热保护、短路保护等。系统供电电路如图 4 所示。

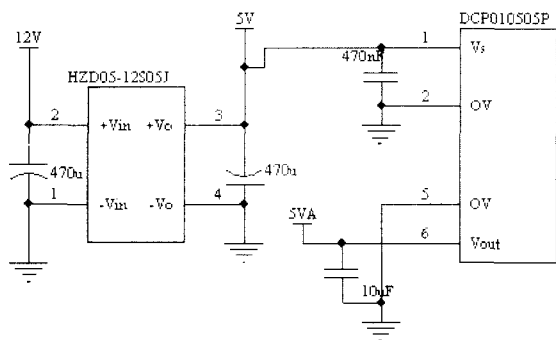


图 4 系统供电电路

## 2 系统软件设计

### 2.1 帧格式定义

PC 机与测试系统的通讯帧分为三种, 分别是命令帧、回

应帧和数据帧。

命令帧是由 PC 机发出的, 用于配置 CAN 总线和 RS-232 总线之间的通讯参数和数据交换, 包括: 设置 CAN 比特率、设置 RS232 比特率、设置验收屏蔽寄存器、设置验收代码寄存器、设置发送 CAN 帧信息等。它由命令字、数据和检验字这三部分组成, 其中命令字占一字节, 数据所占字节根据命令字而定, 检验字占一字节, 它是前面所有字节的异或和。回应帧是微控制器用来回应命令执行状态的, 在微控制器收到一个命令帧之后, 系统会检验所接收的控制命令正确与否, 并发送回应帧给上位机, 它由帧起始 (0x00) 和命令字组成。数据帧是由测试系统上传给上位机的来自 CAN 总线上的数据, 它的帧格式是: 帧起始 (0x01) + 标识符 + 数据。

### 2.2 通信过程

本系统作为 RS232 总线与 CAN 总线智能转换器, 其主要功能是实现上位机与车载系统之间的数据交换。系统上电之后, P89C51 和 SJA1000 完成初始化, 测试系统周期性的给被测系统发送其数据帧, 作为上位机的 PC 机可以在线修改帧的 ID 及数据。车载系统的微处理器在其内部 RAM 空间划分出一定字节作为 CAN 数据存储区, 当 CAN 总线中有数据上传时, 微处理器根据数据标识符更新 CAN 数据存储区, 并将 CAN 数据存储区中的数据上传给上位机。

### 2.3 程序设计

由于测试系统对于 CAN 总线上数据的响应要求很高, 故而在程序中采用外部中断方式与 CAN 总线进行数据交换, 与上位机的通信则采用查询方式。

#### 2.3.1 主程序设计

在主程序中, 系统完成初始化后就处于循环等待查询的状态中, 若查询到串口缓冲区有数据传来, 则转入 PC 服务子程序, 接收命令帧并执行控制命令, 执行完毕后发送回应帧显示命令执行状态。若查询到数据标志被置位, 则表示接收到来自 CAN 总线上的数据, 微控制器转入上传数据子程序, 将数据储存区中的数据通过串口上传到 PC 机里。图 5.a 为测试系统主程序流程图。

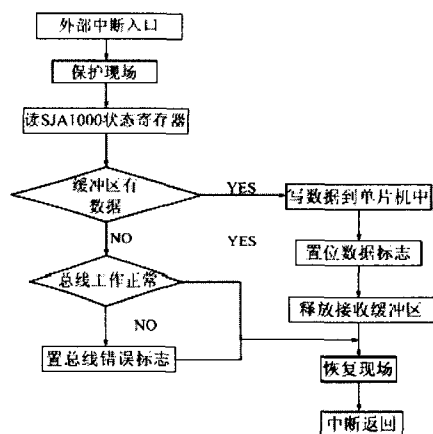
系统的初始化包括对串口通信模块、定时器以及 SJA1000 控制器的初始化。初始化后将周期中断的时间设置为 20ms, CAN 通信比特率默认设置为 500bps, RS232 接口默认的比特率为 19200bps, 验收代码寄存器为 0x00, 验收屏蔽寄存器为 0x0FF (即接收总线上所有数据), 并且可收发标准帧和扩展帧。单片机还对其内部 RAM 空间中的 CAN 数据存储区进行初始化, CAN 数据存储区最多只储存 4 种不同类型的信息帧的最新值, 单片机则在初始化时对这四种类型的信息帧的标识符赋值。

### 2.3.2 定时器中断

根据动力系统的需要,各节点与整车控制器在20ms内通信一次,故而测试系统每20ms给被测节点发送其数据帧,数据帧的内容可由上位机修改。当定时中断到来时,微控制器将待发送的数据帧写到 SJA1000 的发送缓冲区中,发送给下级节点。

### 2.3.3 外部中断

根据前面所述,单片机采用中断方式访问 SJA1000。当外部中断到来时,微控制器读它的状态寄存器判断是否正确接收,若正确接收到数据,则将数据从 SJA1000 接收缓冲区读出,写入到单片机的 CAN 数据存储器中,并置位数据标志。



c 外部中断程序

图5 测试系统程序流程图

## 3 模拟实验

本文采用周立功公司开发的USBCAN智能CAN接口卡作为下级节点,与该测试系统进行通讯。PC机可以通过USB总线连接至CAN网络,进行数据处理和数据采集。在模拟实验中,USBCAN接口卡模拟电机控制器,以500kbps的速率向测试系统发送模拟的电机转矩、转速、温度和直流母线电流等信号,测试系统可以向下级节点发送电机给定转矩及电机工作模式。

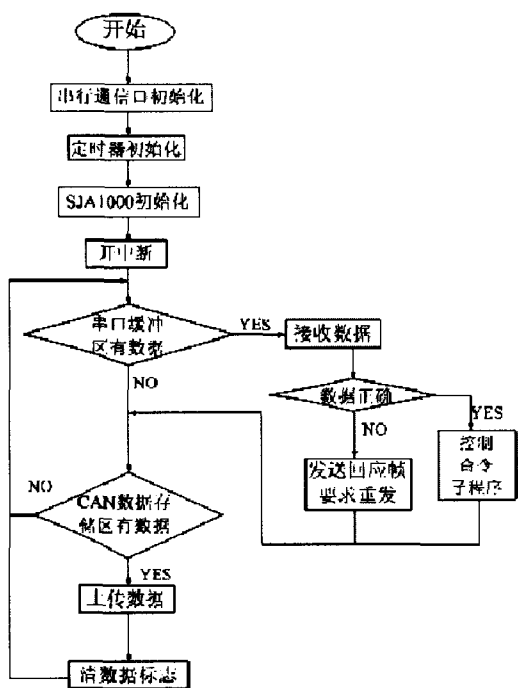
图6是测试系统与下级节点的数据通讯窗口,测试系统每隔20ms给控制器的发送两帧数据帧,分别是作为网络时间基准的广播帧(帧ID为08FF01A7)和控制命令帧(帧ID为0C03A4A7H),模拟的电机控制器一次上传两个数据帧共16字节数据,它们的ID分别为0C1FA7A4H和0C20A7A4H。从实验结果可以看出发送的ID码以及数据与预定的ID码及数据相同,总线接收和发送正常准确,没有出错帧。如果某节点在测试时出现故障,软件会及时通过RS-232上报给上位机,以便于排除故障,维护各节点的正常工作。

序号	传输方向	帧ID	帧格式	帧类型	数据长度	数据
00000000	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF
00000001	接收	0x0C03A4A7	数据帧	控制帧	0x08	00 64 24 FF FF FF FF FF
00000002	发送	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF FF FF FF
00000003	发送	0x0C03A4A7	数据帧	控制帧	0x08	00 51 00 22 FF FF FF FF
00000004	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF
00000005	接收	0x0C1FA7A4	数据帧	数据帧	0x08	20 84 24 FF FF FF FF FF
00000006	发送	0x0C1FA7A4	数据帧	数据帧	0x08	41 84 00 63 04 42 FF FF
00000007	发送	0x0C20A7A4	数据帧	数据帧	0x08	00 51 00 22 FF FF FF FF
00000008	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF
00000009	接收	0x0C1FA7A7	数据帧	数据帧	0x08	00 24 24 FF FF FF FF FF
00000010	发送	0x0C1FA7A4	数据帧	数据帧	0x08	41 84 00 63 04 42 FF FF
00000011	发送	0x0C20A7A4	数据帧	数据帧	0x08	00 51 00 22 FF FF FF FF
00000012	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF
00000013	接收	0x0C03A4A7	数据帧	控制帧	0x08	00 64 24 FF FF FF FF FF
00000014	发送	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF FF FF FF
00000015	发送	0x0C03A4A7	数据帧	控制帧	0x08	00 51 00 22 FF FF FF FF
00000016	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF
00000017	接收	0x0C1FA7A7	数据帧	数据帧	0x08	00 24 24 FF FF FF FF FF
00000018	发送	0x0C1FA7A4	数据帧	数据帧	0x08	41 84 00 63 04 42 FF FF
00000019	发送	0x0C20A7A4	数据帧	数据帧	0x08	00 51 00 22 FF FF FF FF
00000020	接收	0x08FF01A7	数据帧	广播帧	0x05	FF FF FF

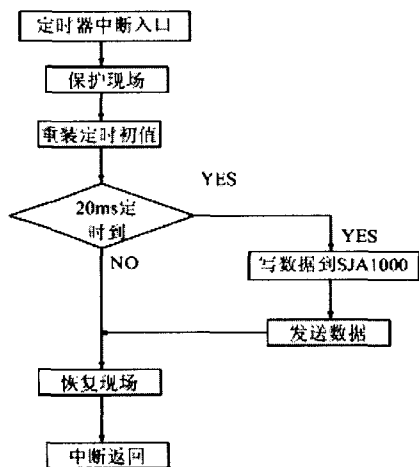
图6 系统数据通讯测试窗口

## 4 结束语

车载动力系统上的各通信节点之间电磁干扰很强,本文



a 主程序



b 定时器中断程序

所设计的系统传输速率快、可靠性高,引入光耦进行隔离之后大大提高了抗干扰能力,模拟试验表明开发的测试系统可适用于车载 CAN 总线装置中各节点的测试。□

### 参考文献:

[1] 郭宽明.CAN 总线原理和应用系统设计.北京航空航天大学

出版社,1996.

[2] 饶运涛,邹继军,郑勇芸.现场总线 CAN 原理与应用技术.北京航空航天大学出版社,2002.

[3] Data Sheet of SJA1000:Stand-alone CAN Controller. Philips Semiconductors Company.

[4] CAN bus specification 2.0 Parts A and B. Products for CAN Application.1998.

### 【上接第 22 页】

于控制和采集本低压柜内的信号,在现场共设 7 个总线站点 (BL67)用于采集现场检测元件信号及阀门控制,如:各煤气切断阀控制、各煤气管道流量压力控制、各调节阀阀位反馈及控制、喷吹罐上各阀门控制及阀位反馈温度检测、布袋出口压力温度及收粉器温度等。

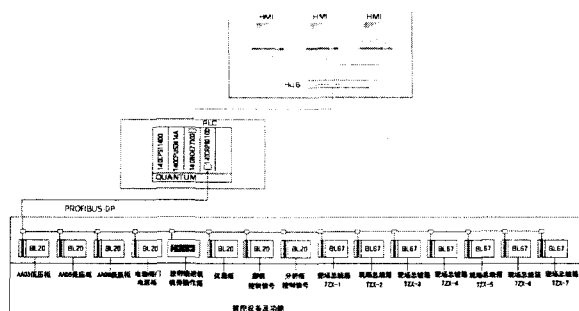
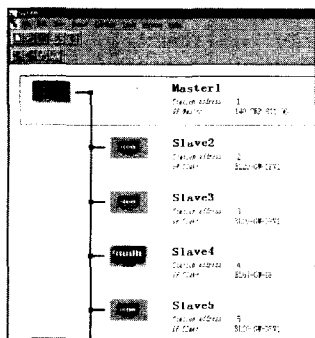


图 1 基于现场总线的高炉喷煤系统配置图

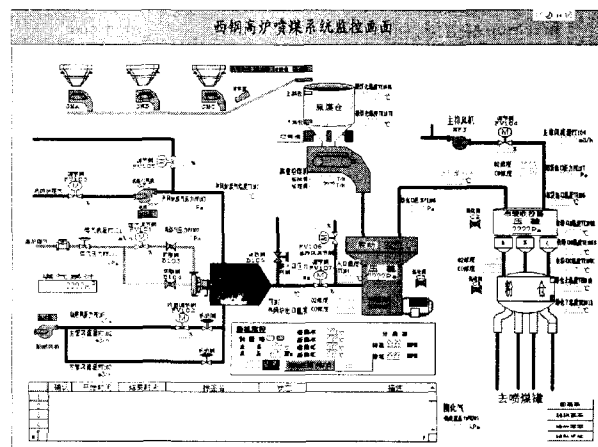
### 3.2 软件配置及控制功能实现

该控制系统 PLC 编程软件采用的是 CONCEPT V2.6,现场总线组态软件 SYCON V2.9。CONCEPT 软件在此项目中的程序编制用于完成基础级自动化系统设备的联锁控制与逻辑保护等。PLC 将制粉系统和煤粉喷吹系统的设备工作状态及有关数据传送到中控室进行状态及数据显示,然后根据中控室下达的操作指令和设备参数对系统进行控制,完成控制功能。高炉喷煤控制系统主要实现磨煤机控制、燃烧炉的燃烧控制、自动倒罐、向高炉喷吹、喷吹量、返粉、罐内压力等操作控制。喷吹部分控制包括喷煤量过程控制和喷吹罐组自动充排压控制以及喷煤量自动调节、喷吹罐的自动切换、自动加料以及事故、停电、氮气空气压力低等事故时的紧急处理等。



SYCON 软件用于完成现场总线网络组态,在 SYCON 软件中将所用现场总线设备的 GSD 文件导入后,对整个控制系统中总线设备的硬件地址、通讯速度及 I/O 模块型号数量及相关参数进行配置,配置完成后,将配置文件 \*.cnf 导出。在 CONCEPT 中把配置好的文件 \*.cnf 导入后对相应的 I/O 进行地址的分配后就可以编程使用了。

高炉喷煤系统监控级由 3 台 HMI(人-机界面)组成,监控软件采用 GE 的 IFIX3.5 软件,喷煤系统所有操作及控制均在控制站的图形画面上进行,实行无操作台控制。主画面显示喷煤系统设备工作状态及主要工艺参数。主画面有全自动画面、半自动画面及手动画面,显示系统的工艺流程、燃烧状态、倒罐状态,显示出各阀门的工作状态,显示出原煤仓及燃烧炉温度、原煤仓料位,各罐的煤粉重量、罐内压力,主要管路流量、温度等参数值,使操作人员能方便地了解系统运行状态。除了主画面外,还有各种参数设定画面、趋势画面等。



## 4 结束语

该系统采用现场总线控制技术,极大的降低了系统的设计、安装以及调试的成本和时间,极大的提高了整个控制系统的可靠性、实时性。整个系统采用了先进的设计思想,保证了系统的先进性,性能稳定,运行可靠,并为企业创造了一定的经济效益,具有一定的借鉴价值。□