

基于 CAN 总线的整车状态收集器设计

韩晓东, 邓伟, 何涛, 罗国鹏

(清华大学 汽车安全与节能国家重点实验室, 北京 100084)

摘要: 依照整车控制策略中对于采集数据的参数要求及 CAN 网络的相关标准, 对整车状态收集器的各个硬件模块进行设计, 并通过模块化设计软件结构。通过实验验证, 该状态收集器满足设计要求。

关键词: 整车状态收集器; CAN; 燃料电池客车

中图分类号: U469.72+2

文献标识码: B

Design of vehicle status unit based on CAN bus

HAN Xiao Dong, DENG Wei, HE Tao, LUO Guo Peng

(State Key Laboratory of Automotive Safety and Energy, Beijing 100084, China)

Abstract: Vehicle status unit (VSU) is an important part of the fuel cell bus. It collects the necessary signals of the bus for the power train, and the signals are sent by the CAN bus. This paper develops each module of the hardware and software structure by modularization which is according to the desire signals of the vehicle control strategy and the function of CAN.

Key words: vehicle status unit; CAN; fuel cell bus

在能源危机迫近的今天, 质子交换膜氢燃料电池是缓解危机的一个可能方案。燃料电池客车以燃料电池作为主动力源, 提供汽车行驶的主要动力; 锂电池组是辅助动力源, 在汽车行驶中起到“削峰填谷”的作用。

本课题组承担的国家“863”计划燃料电池城市客车重大专项则是燃料电池在交通领域的应用。整车状态收集器作为整车 CAN 网络中的一个节点, 减少了整车控制器连接的线束数量, 提高了控制器的稳定性和工作效率, 它是燃料电池客车动力系统中的重要部件, 是动力系统的信息单元。整车状态收集器的功能是采集动力系统控制过程中所需的各节点的状态信息, 按照 CAN 通信网络应用层的标准, 把整车状态参数传输到 CAN 通信网络上。

1 整车状态收集器

根据动力系统控制过程需要, 燃料电池客车整车状态收集器负责采集的整车状态参数如表 1 所示。

这些整车的状态参数是供动力系统实时控制所需, 因此整车状态收集器应满足 3 个要求:

(1) 实时性要求

为保证动力系统控制过程的实时性, 燃料电池客车的 CAN 控制通信网络应用层对动力系统各个数据的传

表 1 整车状态参数

信号名称	信号形式和范围	数据精度要求
车速信号	脉冲信号 0kHz~1kHz	1 km/h/bit
24 V 辅助电池电压	直流电压 22 V~28 V	0.25 V/bit
驻车开关	有效 0 V 无效 24 V	逻辑值
模拟控制方式开关	有效 24 V 无效 0 V	逻辑值
纯电动驱动方式开关	有效 24 V 无效 0 V	逻辑值
氢气泄漏报警继电器	有效 0 V 无效 24 V	逻辑值
油门踏板	电压 0 V~5 V	0.4%/bit
刹车踏板	电压 0 V~5 V	0.4%/bit
车厢温度	-40 °C~50 °C	1 °C/bit

输过程有着明确的时间要求, 整车状态收集器对信号的采集和数据的传输必须满足该实时性要求。

(2) 数据采集精度要求

燃料电池客车 CAN 控制通信网络应用层, 同时对各个数据的数据格式做了规定, 即对数据采集精度的要求, 整车状态收集器对信号的采集过程必须满足这些要求, 否则这些数据格式将失去意义。

(3) 可靠性要求

要求整车状态收集器能适应各种恶劣的行驶环境

网络与通信 Network and Communication

和气候条件,能在 $-40\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的环境温度范围内正常工作,能适应高速移动和长时间、剧烈震动。同时整车状态收集器应具有良好的电磁兼容性,能抵抗外部负载干扰源,例如DC/DC变换器、电机、燃料电池等带来的强烈电磁干扰,还要能够抵抗外界环境造成的干扰。

2 硬件设计

为实现燃料电池客车整车状态收集器的功能,采用Atmel公司的T89C51CC01作为整车状态收集器的主控单元。其主要特点有^[1-2]:采用80C51微处理器内核,最高工作频率为40 MHz,片上256 B RAM,1 024 B XRAM,32 KB Flash内存,2 KB EEPROM。32+2个输出通道,5个16位可编程通道,80C51兼容的全双工串口,1个10位逐次逼近型ADC,8个输入通道,典型转换时间是20 μs 。ADC的零点漂移最大为2 LSB,最大线性误差1 LSB。1个Full CAN控制器,符合CAN2.0A、2.0B协议,具有15个独立的报文处理通道,每个通道有独立的29位报文标志符设置,并可以在工作模式中进行修改,最高位速率1 MB。

整车状态收集器的硬件设计主要由以下6部分组成:数字核心电路的设计、CAN节点电路的设计、模拟信号调理电路设计^[3]、脉冲信号调理电路设计、开关信号调理电路设计以及电源设计^[4]。为了减小外界干扰的影响,各外部输入信号通过光耦隔离处理并经过整形之后输入到控制器核心。具体设计的硬件结构框图如图1所示。

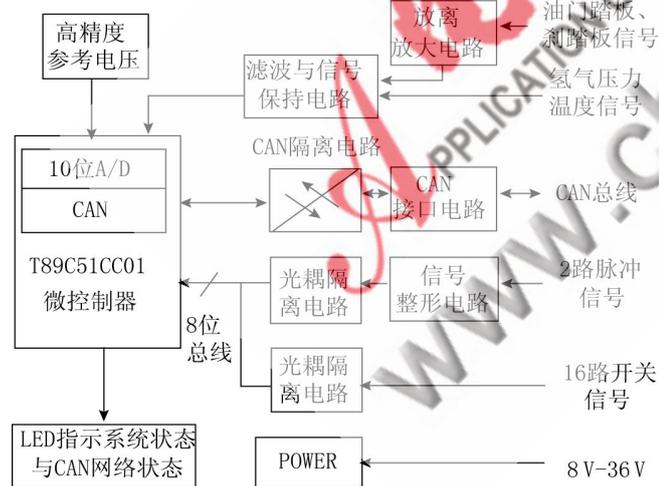


图1 整车状态收集器硬件结构图

2.1 数字核心电路设计

整车状态收集器的数字核心电路以T89C51CC01单片机为主,包括单片机的复位上电电路、LED指示灯电路、拨码开关输入电路、串口通信电路和在系统编程的设置电路。该电路是整个系统的控制核心。T89C51CC01单片机具有在系统编程ISP(In-System Programming)功

能,据此设计ISP的专用电路,使得整车状态收集器可以随时修改、下载程序。

2.2 CAN节点电路的设计

整车状态收集器的CAN节点电路主要包括通过CAN收发器的接入电路和基于6N137光耦的隔离电路。整车状态收集器的CAN控制器是T89C51CC01内嵌的Full CAN控制器,具有15个报文处理通道,最高的位速率为1 MHz。

2.3 模拟信号调理电路设计

对于温度信号,采用National Semiconductor公司出品的温度传感器LM35芯片作为车厢温度传感器。LM35的输出为电压信号,电压信号与被测温度的关系是10 mV/ $^{\circ}\text{C}$,最大误差为 $\pm 0.75\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量范围是 $-55\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$,符合要求。

油门踏板和刹车踏板的电压信号是重要的信号,为了不影晌整车控制器或者电机控制器对踏板电位器的操作,首先采用AD210隔离放大器对油门踏板和刹车踏板的电压信号进行隔离放大,然后进行信号调理。AD210是ADI公司出品的3端隔离运算放大器,其隔离电压为2 500 V,非线性度最大为 $\pm 0.012\%$,线性区最大输入电压为 $\pm 10\text{ V}$,带宽为20 kHz。应用中把踏板电位器的电压信号接入运算放大器的同相输入端,其输入阻抗为 $10^{12}\ \Omega$,输入电流在nA级,保证不影响整车控制器或电机控制器对踏板信号的采集。

模拟信号的调理电路包括1个二阶低通有源滤波器和1个信号保持器,放大器选用高精密度放大器AD708和AD707,以保证调理电路的精度。模拟信号调理电路的原理如图2所示。

二阶低通有源滤波器把滤波网络接在AD707运算放大器的同相输入端, R_{131} 、 R_{132} 是滤波网络的2个电阻,取相同的值 R , C_{131} 、 C_{132} 是滤波网络的2个电容,取相同的值 C , $A_F = \frac{R_{133}}{R_{134}}$ 是闭环增益。则该二阶低通有源滤波器的频响函数为:

$$H(j\omega) = \frac{(1+A_F) \frac{1}{R_{131}} \frac{1}{R_{132}}}{j\omega C_{132} \left(\frac{1}{R_{131}} + \frac{1}{R_{132}} + j\omega C_{131} \right) + \frac{1}{R_{132}} \left[\frac{1}{R_{131}} - j\omega A_F C_{131} \right]}$$

$$= \frac{\left(\frac{\sqrt{1+A}}{RC} \right)^2}{(j\omega)^2 + 2 \frac{2-A}{2\sqrt{1+A}} \frac{\sqrt{1+A}}{RC} j\omega + \left(\frac{\sqrt{1+A}}{RC} \right)^2}$$

$$\text{令: } \zeta = \frac{2-A}{2\sqrt{1+A}}, \quad \omega_n = \frac{\sqrt{1+A}}{RC}$$

$$\text{有: } H(j\omega) = \frac{\omega_n^2}{(j\omega)^2 + 2\zeta\omega_n j\omega + \omega_n^2}$$

$$\omega_r = \omega_n \sqrt{1-2\zeta^2} \quad 0 \leq \zeta \leq 0.707$$

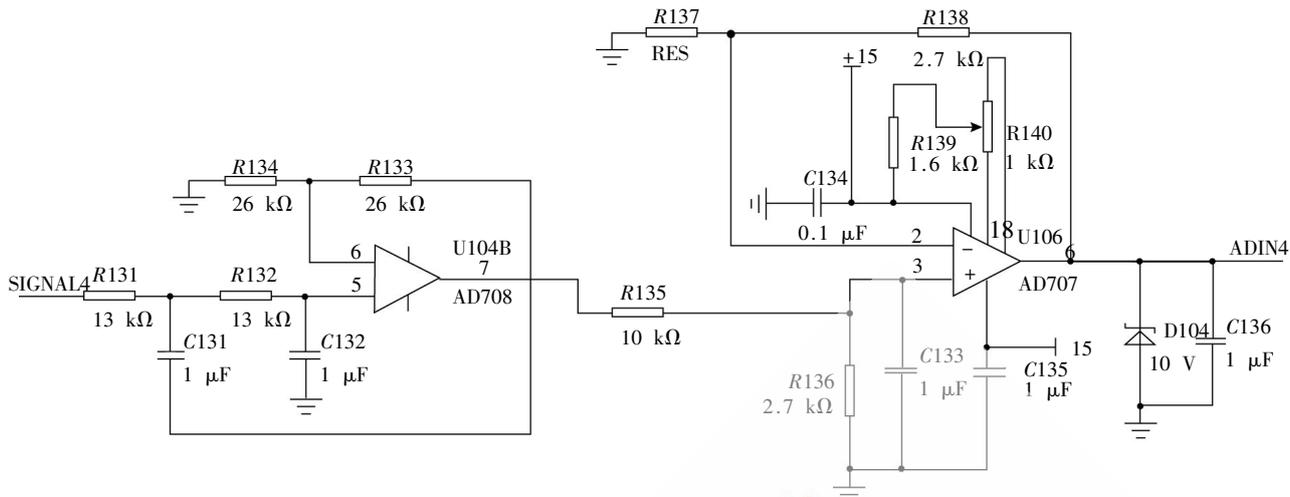


图2 模拟信号调理电路原理图

整车状态收集器的电压信号调理电路的截止频率在1 kHz左右。

为保证A/D采样的精度，采用高精度的AD587参考电压芯片组成参考电压电路为T89C51CC01的ADC提供2.5V参考电压，其AD587的误差为±5mV，温飘为5ppm/°C。为保护ADC通道，在每个ADC输入通道并联3V的稳压管。

2.4 脉冲信号调理电路设计

为不影响仪表对车速脉冲信号的采集，必须提高脉冲信号处理电路的输入阻抗。采用AD790比较器组成脉冲信号的输入整形电路，比较器的参考电压为3V，有效排除干扰电压引起的误计数。

通过信号发生器输出三角波，用示波器测量电路对三角波的整形与处理，经测验可知经过此调理电路，计数器获得了形状很好的方波信号。

2.5 电源设计

整车状态收集器需要2组电源供电，一是数字核心部分的5V电源，一是模拟电路部分的±15V电源。两部分的地通过磁珠在ADC处连接。电源芯片采用National Semiconductor公司出品的开关电源芯片LM2592、LM2592的输入电压最高可达60V，输出电流最大2A，内部工作频率为150kHz，效率超过81%，输出电压误差最大为±4%。模拟电路的电源采用新雷能公司出品的5V转±15V的电源模块。

整车状态收集器的印刷电路板的布局如图3所示。电路按功能区进行布局，把电源电路与数字核心电路和模拟信号调理电路分开，模拟信号调理电路靠近接头，数字核心远离接头，减少了数字电路对模拟电路的干扰。

3 软件设计

整车状态收集器的软件设计采用模块化结构，各主要功能编写成一个功能子程序，由主程序顺序分别调用低优先权的子程序，由中断来执行优先权较高的子程序。



图3 整车状态收集器电路板布局

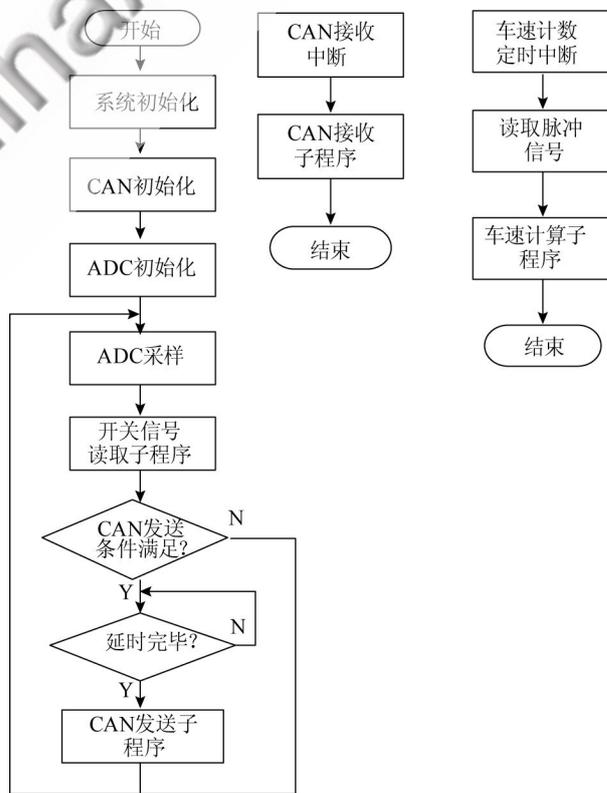


图4 整车状态收集器软件流程图

网络与通信 Network and Communication

功能子程序包括系统初始化、CAN 初始化、CAN 接收、CAN 发送、A/D 初始化、A/D 采样、车速计算、开关量读取等子程序。整车状态收集器的软件流程如图 4 所示。

4 实验分析

燃料电池客车 CAN 控制通信网络应用层对各个数据的数据格式做了定义,同时也给出了各个数据的精度要求。将 VSU 的模拟量实验数据与要求值进行比较,如表 2 所示。

表 2 测量信号与要求对比

测量信号	要求	实际	是否符合要求
电池电压	<0.25 V	0.04 V	符合
踏板开度	<0.4%	0.2%	符合
温度	<1 ℃	0.994 ℃	符合
车速 ^[5]	<1 km/h	0.7 km/h	符合

通过数据分析可以看出,本文设计的整车状态收集器对数据的采集过程和方法能够满足 CAN 控制通信网络的精度要求。

参考文献

- [1] Atmel Corporation. T89C51CC01 enhanced 8-bit microcontroller with CAN controller and flash memory. 2003.05.
- [2] Atmel Corporation. CAN microcontrollers T89C51CC01 T89C51CC01UA T89C51CC01CA errata sheet. 2003.12.
- [3] Analog Devices. Precision, wide bandwidth 3-port isolation amplifier AD210.2002.
- [4] National Semiconductor. LM2592HV simple switcher power converter 150kHz 2A step-down voltage regulator. 2001.08.
- [5] 韩晓东,杜宇,朱元. V/F 变换在单片机系统中的应用. 电子技术应用,2000,26(02):7-10.