

2007137

混合动力汽车整车控制器硬件电路 与 CAN 总线通信的设计开发

宋君花,唐航波,敖国强,杨林,卓斌
(上海交通大学汽车电子技术研究所,上海 200240)

[摘要] 设计开发了一种基于 CAN 总线的并联式混合动力整车控制器,包括硬件的模块化设计、底层驱动软件设计及 CAN 总线的应用。混合动力总成硬件在环仿真试验表明,该控制器功能强大、性能可靠,准确实现了并联式混合动力汽车的整车控制功能。

关键词:混合动力汽车;整车控制器;CAN 总线;硬件设计;底层驱动

Design of Hardware Circuit of Vehicle Control Unit and CAN Bus Communication for Hybrid Electric Vehicle

Song Junhua, Tang Hangbo, Ao Guoqiang, Yang Lin & Zhuo Bin

Shanghai Jiaotong University, Institute of Automotive Electronic Technology, Shanghai 200240

[Abstract] The design of a vehicle control unit for a parallel hybrid electric vehicle based on CAN bus is presented, including the modularized design of hardware, the design of lower layer driver and the applications of CAN bus. The results of the hardware-in-the-loop simulation show that the control unit has powerful function and reliable performance and can accurately fulfill the function of complete vehicle control for a parallel hybrid electric vehicle.

Keywords: HEV; Vehicle control unit; CAN bus; Hardware design; Lower layer driver

前言

混合动力汽车(hybrid electric vehicle, HEV)根据电力驱动系统和内燃机动力系统的布置形式可以分为3类:串联式、并联式和串-并联混合式。文中 HEV 采用并联式系统方案,它具有对原车技术继承性好、实施方便、适用范围广等特点。

1 整车控制系统方案与功能要求

文中混合动力汽车控制系统采用分层控制方案,第1层为整车控制器(hybrid vehicle control unit, HCU);第2层为各子系统的控制器,其中包括发动机控制器(engine management system, EMS)、电机控制器(drive motor control module, DMCM)、电池控制

器(battery packets control module, BPCM)、高压电安全控制器(automatic disconnection module, ADM)、动力转向、智能仪表、ABS、直流电源隔离模块 DC/DC、诊断节点(diagnosis node, DN)、标定节点(calibration node, CN)等各子系统的控制器。HCU 根据实时测量的驾驶员操控信息、车辆行驶信息以及各子系统实时反馈的信息,通过计算和逻辑推理向各子系统控制器发送控制指令,并由各子系统控制器控制各子系统的运行,从而实现 HCU 对整车的控制。HCU 是混合动力汽车研究开发的核心部件之一,是整车控制和多能源动力系统控制的高度集成,对硬件电路与通信设计具有较高要求。

(1) 实时而准确可靠地测量驾驶员操控信息,如加速踏板信号、离合器踏板信号、制动踏板信号、挡位信号以及空调等各种开关信号。

(2) 实时而准确可靠地测量车辆行驶信息,如

原稿收到日期为 2006 年 6 月 13 日,修改稿收到日期为 2006 年 10 月 8 日。

车速信号。

(3) 与第 2 层控制器的信息实时通信与交互控制,文中采用 CAN 总线通信方式。

(4) 电源管理包括低压和高压电源管理。

(5) 标定监测功能采用基于 CAN 总线通信的标定监测系统,并在底层驱动软件中采用自主设计开发的 CCP driver(CAN calibration protocol driver)。

(6) 高可靠性与抗干扰能力。

(7) 电源适应性:由于使用环境与条件的变化,低压蓄电池电压会有较大范围的变化,控制器必须具有较宽的电源适应性。

(8) 硬件资源配置满足控制系统的需求,如存储器容量、微处理器等。

2 CAN 总线通信网络拓扑结构设计

CAN 总线是一种多主总线,只要总线空闲,任何一个 CAN 节点均可向总线发送数据。CAN 总线通过无损逐位仲裁的方式决定先发报文节点,可以节省总线冲突仲裁时间。尤其是在网络负载很重的情况下也不会出现网络瘫痪情况,可以保证信道利用率,提高整个系统的实时性;CAN 总线只需通过报文滤波即可实现点对点、一对多点及全局广播等方式传送接收数。针对混合动力城市汽车整车控制,对其动力系统电子控制单元 (electronic control unit, ECU) 之间 CAN 通信相关特性进行了详细规定。根据系统分层控制的原则,设计的并联式混合动力整车 CAN 通信网络结构的主要节点如图 1 所示。在整个通信网络中,HCU 发送控制指令给各控制器,各控制器把当前的实际运行状态反馈给 HCU,进行周期性通信。

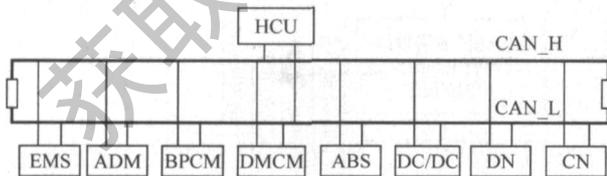


图 1 CAN 网络拓扑结构

3 HCU 硬件系统设计

3.1 模块化的硬件电路设计^[1-2]

作为硬件设计,首先要满足整车控制的功能需求;其二要考虑系统的工程化特点,使 HCU 具有较

高可靠性、满足汽车运行环境;其三系统要具有可测试性,易于发现错误和不足,这是开发 HCU 应具备的功能;其四系统应具有良好的制造工艺性与可检测性,这是产品级 HCU 应具备的特征;最后要兼顾系统的标准化和平台化设计,使 HCU 能够与不同的 HEV 控制系统兼容。文中的 HCU 硬件系统采用模块化设计方法,总体结构如图 2 所示,以 Freescale 的 32 位单片机^[3]为核心,与模块电路相结合形成一个混合动力汽车整车控制器硬件平台,可用于各类混合动力汽车的整车控制或多能源动力总成控制。

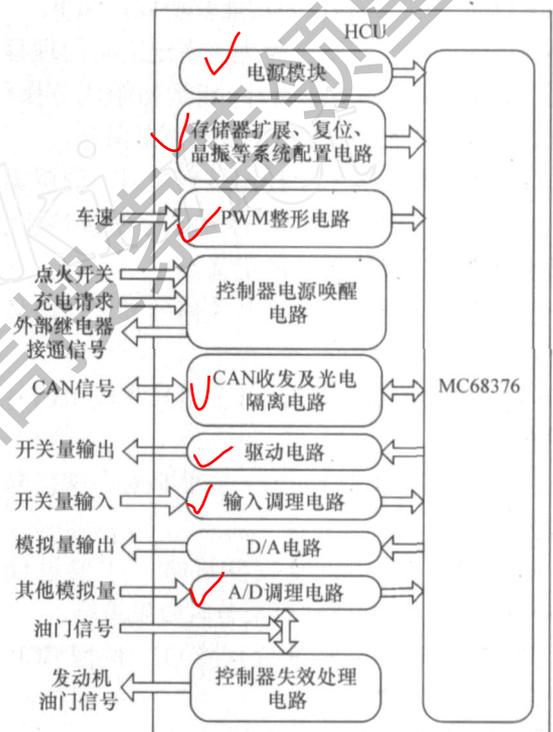


图 2 HCU 硬件整体结构图

3.2 可靠性设计

可靠性设计是控制系统设计的重要组成部分,其成功与否直接关系到整套系统能否正常运行。在文中的硬件设计中,考虑了以下问题:选用屏蔽线或屏蔽双绞线传输传感器信号;高压线和低压线分开布置;接插件加旁路电容;微处理器的每个电源引脚和地引脚之间加旁路电容;采用外部时钟源保证系统频率的稳定;CAN 通信电路采用电源隔离以及光电隔离的措施;印制电路板的设计遵循电磁兼容 (electro magnetic compatibility, EMC) 等设计原则。

4 HCU 底层软件的设计

4.1 底层驱动的需求分析^[4]

底层驱动是整个混合动力汽车系统控制软件的基础部分,它承担着整个系统软件的调度和控制器输入输出的工作,即调度各功能软件模块,指挥整个系统各部件协调工作,包括传感器、执行器、控制器内部的电路模块;同时还要执行输入输出功能,即把能确定整车工作状态的各传感器信号准确及时地采集到,然后转化为上层软件能够接受的量提供给上层,并及时从上层软件接受各执行器的控制量,通过一定的方式指令使执行器动作。在混合动力控制系统中,CAN信号是连接各个控制器之间的纽带。根据以上分析,底层驱动主要功能模块设计如下。

(1) 系统上电和断电处理 系统上电处理程序包括初始化寄存器、系统自检、变量初始化等操作。断电处理程序主要用于 HCU 断电数据保存。

(2) 底层驱动与上层控制策略接口 底层驱动和上层控制策略的交互需要遵守一定的接口协议,协议主要规定了交互变量的定义。

(3) 信号采集 对输入开关信号和模拟信号驱动的处理方法。

(4) 信号输出 对输出开关信号和模拟信号的处理方法。

(5) 时间脉冲信号处理 主要是对车速信号的处理。

(6) CAN driver以及收发策略 主要设计了CAN接收驱动、发送驱动以及分时收发策略。

(7) 软件标定和监测底层接口 根据 CCP协议设计了相关的程序。

4.2 CAN应用层的设计

CAN总线应用层协议的制定过程中,主要参考了 ISO 11898标准、道路车辆 - 数字信息交换 - 高速通信控制器局域网 CAN2.0B 规范和 SAE J1939标准^[5-6]。

本协议中采用 29位扩展帧,规定了网络的硬件要求和车载 ECU的名称与地址。在网络通信中,每个 ECU节点至少有一个名字和与其关联的地址相对应,本协议中还为各个控制器分配好通信节点的固定地址,省略了地址的宣称与修改。在 HCU上电初始化过程中,应按照协议所分配好的首选地址设置好该节点的通信地址。

根据本协议的定义,HCU用到的 CAN 通信帧信息如表 1所示。

其中 DMCM、BPCM 以及 DN 与 HCU 之间的通信数据多于 8个字节,作者将其数据分别放在不同的 CAN通信帧中。

表 1 CAN通信帧信息表

CAN 缓冲器	通信帧	传递变量	通信周期	分配的 D
0	HCU DMCM	电机工作模式标志、电机使能信号、电机需求转矩等	20ms	201497500
1	HCU BPCM	电池充电使能标志	1 000ms	201628060
3	HCU ADM	ADM唤醒标志	20ms	201562780
4	DMCM1 HCU	电机故障标志位、电机实际状态相关的变量等	20ms	336436379
6	DMCM2 HCU	电机相关的温度变量	50ms	336436379
.....

4.3 底层驱动软件设计

CAN通信采用分时收发的策略,这样可以保证上层程序的响应速度。在底层 5ms的中断中,实现了开关量和模拟量的输入、输出、CAN 帧收发,故障处理等。除了 5ms定时中断以外,还有 CAN中断和转速脉冲中断,其优先级从高到低分别为 5ms定时中断、转速脉冲中断、CAN中断。转速脉冲中断用来计算转速,CAN中断用于 CCP标定和监测。根据系统需求和设计原则,设计了底层驱动软件的总体流程如图 3所示。

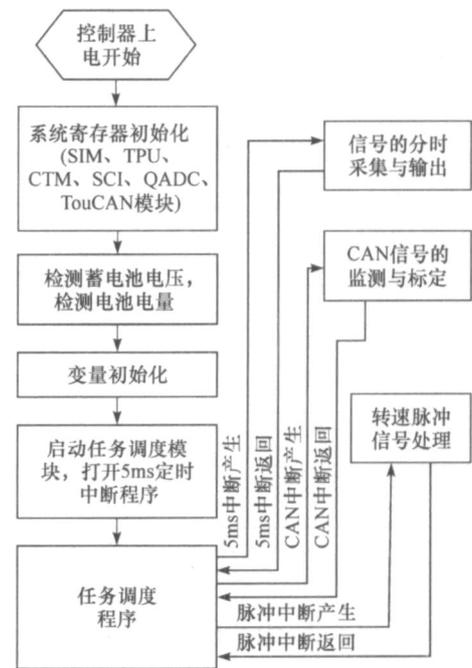


图 3 底层驱动软件流程图

5 硬件在环仿真测试

文中采用自行开发的接口模块作为硬件在环

(hardware in the loop, HIL)仿真 ECU, HEV 模型在 PC 机中运行; PC 机中采用多线程的编程技术,同时运行模型及监控界面;仿真 ECU 与 PC 机之间的通信采用 USBCAN 通信。系统原理如图 4 所示。

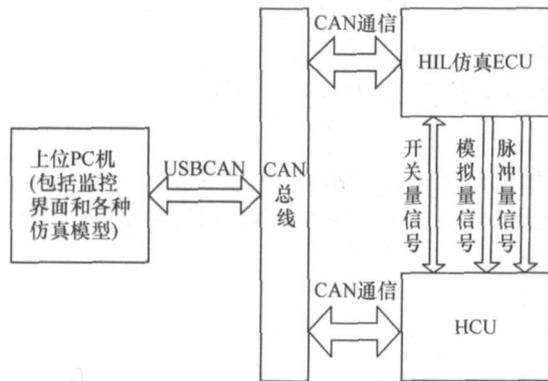


图 4 硬件在环原理图

测试内容主要包括:对 HCU 的输入和输出信号测试、CAN 通信测试、整车系统故障模拟与 HCU 故障诊断测试、控制策略测试等。

表 2 为利用 HIL 仿真系统提供给 HCU 的不同数字量和模拟量。通过测试结果与理论输出值比较可见, HCU 硬件处理模块功能良好, 处理误差小。

表 2 HIL 测试结果示例

D/A 转换结果比较			A/D 转换结果比较		
输入变量值	理论输出	HCU 电路实际输出	输入变量值	理论输出	HCU 电路实际输出
3FF	5V	4.971V	5V	1023	1020
300	3.75V	3.763V	3.75V	768	763
100	1.25V	1.269V	1.25V	256	259

HIL 仿真试验结果表明, HCU 硬件系统运行良好, 对各传感器信号的测量实时可靠, 控制输出实时准确, 与各控制器的 CAN 总线通信稳定, 底层软件准确实现了对控制模块的实时任务调度, 满足控制系统的应用需求。进一步模拟试验也表明, 该控制器具有高的可靠性和抗干扰能力。

6 结论

文中的 HCU 硬件设计兼顾功能性和可靠性, 采用模块化设计方法降低了成本、缩短了研发周期, 有利于硬件设计的标准化、系列化, 为混合动力总成系统的设计开发打下了基础。通过硬件在环仿真测试证明: HCU 的硬件和底层驱动的设计符合既定的设计要求, 能够准确及时地采集输入信号和输出控制信号, 具有良好的可靠性。

参考文献

- [1] 谭文春, 张金龙, 唐航波, 等. 基于 MC68376 的高压共轨柴油机电控单元的设计 [J]. 内燃机工程, 2005, 26 (1): 11 - 15.
- [2] 潘凯, 张俊智, 甘海云, 等. 基于 MPC555 的混合动力电动汽车整车控制器硬件系统设计 [J]. 汽车工程, 2005, 27 (1): 20 - 27.
- [3] MC68336/376 User's Manual [S]. Freescale NC, 2000.
- [4] 谭文春. 电控柴油机高压共轨系统 32 位控制器的研究 [D]. 上海: 上海交通大学机械与动力工程学院, 2005.
- [5] Robert Bosch GmbH. CAN Specification Version 2.0 [S]. 1991.
- [6] Recommended Practice for a Serial Control and Communications Vehicle Network [S]. SAE J1939, 2000.

获取更多论文