

# 基于 TC1766 的混合动力汽车整车控制器的开发

邢甲晨, 王旭东, 吴晓刚

(哈尔滨理工大学, 黑龙江 哈尔滨 150080)

**摘要:** 开发了一种并联式混合动力汽车的整车控制器, 以英飞凌 32 位单片机 TC1766 为微控制器, 阐述了各个功能模块的硬件实现以及系统电磁兼容设计, 在排放实验室进行了车载整车功能和性能试验。试验表明开发的整车控制器具备良好的控制品质, 可满足混合动力汽车的动力、经济和环保要求。

**关键词:** 混合动力汽车; 整车控制器; 硬件设计; 控制策略; 排放试验

中图分类号: U463.61 文献标识码: B 文章编号: 1003-7241(2011)07-0012-05

## Development of Controller in Hybrid Electric Vehicle Based on MCU TC1766

BING Jia-chen, WANG Xu-dong, WU Xiao-gang

(Harbin University of Science and Technology, Harbin 150080 China)

**Abstract:** This paper introduces that a kind of hybrid control unit of hybrid electric vehicle is developed, it is based on the MCU of TC1766. The design of the hardware and EMC of functional modules are explained. Function experiments are taken in the vehicle and fuel emissions laboratory, it shows that the hybrid control unit in this paper has a good control quality and can meet requirements in vehicle dynamic quality, economy and environmental protection.

**Keywords:** hybrid electric vehicle; hybrid control unit; hardware design; control strategy; emission testing

### 1 引言

作为当今世界主要的交通工具和国民经济的重要支柱, 汽车近年来得到高速发展。但同时也带来能源消耗、环境污染等诸多负面影响。随着可用能源的枯竭, 环境的污染以及排放法规日益严格, 传统汽车的发展受到严重制约<sup>[1]</sup>。混合动力汽车(Hybrid Electric Vehicle, 简称 HEV)作为传统汽车向零排放纯电动汽车的过渡产品, 得到世界各国政府和汽车企业的普遍重视。混合动力汽车通过合理调节蓄电池、电动机、发电机之间的能量分配, 以达到最优驱动控制以及节能减排的目的, 其多能源控制系统相对复杂, 需要保证各子系统独立功能的基础上, 使其协调工作, 以实现整车的最佳性能<sup>[2-4]</sup>。因此, 开发高精度、高速度、高可靠性的混合动力汽车整车控制器(Hybrid Vehicle Control Unit, 简称 HCU)

是十分必要。

### 2 并联混合动力汽车系统结构

根据系统中两种动力系统的关系, HEV 可分为串联式、并联式和串并联混合式。由于并联式连接方式适用于多种不同的行驶工况, 尤其适用于复杂的路况<sup>[5]</sup>。目前已有的 HEV 多为并联式动力系统, 采用发动机和电动机驱动系统两套独立机构驱动车轮。本文中采用单轴并联混合的方式连接, 具有结构紧凑, 节约成本, 性能优越的优点。由发动机、变速器、ISG 电机、逆变器、蓄电池、驱动桥等部分组成, 工作时机械能和电能的流动方向如图 1 所示<sup>[6]</sup>。基本工作模式有发动机单独驱动、纯电力驱动和发动机电动机混合驱动三种, 并可通过再生制动将能量回收利用。图中的 ISG 电机采用自行研发的直流永磁盘式电机, 兼具起动机

和发电机功能。

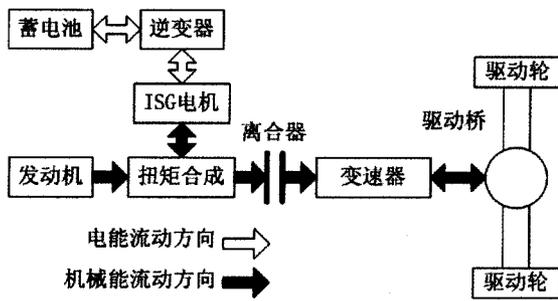


图1 并联式混合动力系统图

并联式混合动力汽车动力总成控制系统才用分层式控制方案，上层为HCU，与下层的发动机控制器(Engine Control Unit)、电机控制器(Motor Control Unit)、电池管理系统(Battery Management System)、变速器控制器(Transmission Control Unit)、ABS控制器、行车信息记录仪以及高压安全控制器等通过CAN总线相连，进行状态和控制信息通信<sup>[7]</sup>，如图2所示；与节气门、电机、传感器和继电器等通过电气连接，实现点火、油门控制及冷却水温、发动机转速采集等功能。

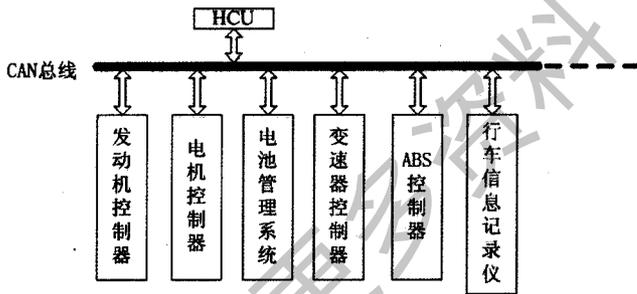


图2 并联式混合动力电控系统图

### 3 硬件设计

硬件设计首先要满足整车控制的功能需求，具有较高可靠性，能够满足汽车运行环境，以及可调试性，易于发现错误和不足；要考虑到系统的工程化特点，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<sup>[8]</sup>。本文中的HCU硬件系统采用模块化设计方法，总体结构如图3所示，以Infineon的32位单片机TC1766为核心<sup>[9]</sup>，与各个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，主要针对哈飞某款混合动力车多能源动力总成控制设计。

另外考虑到硬件的电磁兼容性，提高系统稳定性，本文设计中做了如下处理：印制电路板的设计遵循电磁兼容的设计原则；CAN通信电路采用电源隔离以及光电隔离措施；微处理器的每个电源引脚和地引脚之间加旁路电容；高压线和低压线分开布置；接插件加旁路电容；选用屏蔽线或屏蔽双绞线传输传感器信号；采用外部时钟保证系统频率的稳定等。

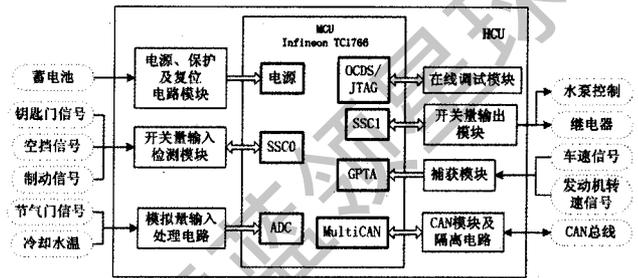


图3 混合动力HCU硬件结构图

#### 3.1 电源管理模块

电源管理模块主要给HCU上的微处理器以及各功能子模块提供电源。考虑到输入电压范围、电源纹波、电磁干扰、性价比和稳定性的要求，采用英飞凌公司开关电源芯片TLE7368，可将+12V车载电池电源转换为+5V、+3.3V和+1.5V，满足微处理器以及各功能模块电路电压和功率需求。

#### 3.2 微处理器模块

选取英飞凌32位微控制器TriCore TC1766，其指令集架构(ISA)将微控制器的实时处理能力，DSP的计算能力和RISC加载/存储结构的高性价比特性集成在同一个可重复编程的精简内核中。具有1.5 MB嵌入式Flash内存，频率可达80MHz，PCP2协处理器，GPTA模块可实现车速等脉冲信号的捕获检测功能，2路CAN总线检测处理模块，2路SSC高速同步串行接口模块可实现SPI通信，32通道的ADC模块，2通道FADC快速ADC功能模块，汽车级工作温度-40~125°C<sup>[10]</sup>。

#### 3.3 信号检测控制模块

信号检测控制模块的主要功能是对混合动力系统的输入开关量、模拟量、脉冲量等信号进行处理，变成MCU能接收的信号，同时可靠、及时、准确地输送到MCU，并输出HCU的控制信息，即HCU上层能量控制策略根据车辆行驶实况做出的与能量分配有关的一些控制量。

### 3.3.1 开关量

开关量输入信号包括 ADM 使能信号、ADM 唤醒信号、空调信号、制动信号等。开关量输出信号主要有发动机点火信号、HCU 掉电信号、排气制动信号、高压电唤醒信号、电动机使能信号等。本文采用集成电路设计,以提高 HCU 硬件的可靠性和耐久性,同时可减小体积。开关量信号检测采用飞思卡尔公司的 MC33993,该芯片为专用汽车多路开关检测接口芯片。可检测 22 路开关量输入信号,与单片机通过 SPI 通信,并可接受单片机的编程设定,具有睡眠和唤醒功能,可降低系统功耗。开关量输出相应的电路是把微处理器输出的开关量转换成实际中需要的开关量,主要处理电平转换问题,兼顾考虑驱动能力的问题,因此选取英飞凌公司汽车级低边开关芯片 TLE6240,可实现 16 路开关控制,与单片机 SPI 通信,可通过硬件、软件两种方式编译高、低电平有效。

### 3.3.2 模拟量

模拟量输入信号主要为油门踏板信号、水温信号、蓄电池电压信号等。油门踏板信号、蓄电池电压信号是电压信号,需要设计过压保护、分压电路;温度传感器信号是电阻信号,进行分压处理将其转化为电压信号,然后经过滤波、过压保护等处理输入到微处理器 ADC 模块进行 A/D 转换处理。

### 3.3.3 脉冲量

脉冲量输入信号主要为车速信号和发动机转速信号,使用磁电式传感器,相应处理电路在输入端加上两个反响的箝位二极管,防止输入信号电压过高,利用施密斯触发器电路把随车速变化的正弦信号转换成脉冲信号,然后送入微处理器的 GPTA 通用定时器模块的捕获通道进行脉冲计数,通过软件计算得到车速及发动机转速信息。系统采用屏蔽双绞线,并设计了可靠的滤波和容错处理电路,具有足够的抗干扰能力。

### 3.3.4 CAN 通讯模块

HEV 个控制系统之间依靠 CAN 总线通信,HCU 是其中一个非常重要的节点。TC1766 内部集成了两个 CAN2.0B 总线控制器模块 MultiCAN,所以 HCU 的 CAN 通信模块只需考虑 CAN 收发设计即可,电路简单。CAN 通信接口采用英飞凌开发的汽车级高速数据传送 CAN 上的集成总线收发器 TLE6250GV33,专为 32 位 3.

3V 供电微处理器设计,满足 ISO11898 标准,具有等待模式可降低静态电流以及只接收模式以支持总线诊断功能。为了增加 CAN 节点的抗电磁干扰能力,将 CAN 输入输出通过高速光耦 6N137 与收发器连接,可增加整车个节点间的电气隔离。

## 4 控制策略

控制策略采用基于状态的控制策略,通过检测数据采集结果,根据控制策略进行计算,判断进入那种工况状态。具体采用逻辑门限值控制方法,对发动机工作区间进行限制,主要的控制参数包括:

- 1) 电池电量状态(state of charge, SOC):对其设定上限值和下限值,超过上限值表明电池电量饱和,退出充电状态,低于下限值表明电池处于低电量状态,需要对其充电,这样设置是为了保护电池并使其始终工作在高效状态;
- 2) 纯电动状态车速门限值:汽车起步后,车速到达该值之前,车辆运行在电机单独驱动状态,车速高于该值,则发动机点火启动;

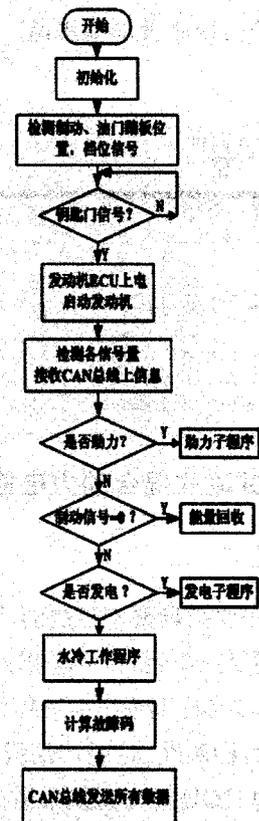


图4 混合动力 HCU 软件流程图

3) 发动机工作转矩:对其设定最大工作转矩和最小工作转矩,使发动机工作在高效区的转矩上下限值,当汽车行驶所需转矩过小时,根据控制策略使发动机工作在最小工作转矩,多余功率可对电池充电;若汽车行驶所需转矩过大,则使发动机工作在最大工作转矩,不足功率由电机提供。

4) 电机最大制动转矩:电机能够产生的最大制动转矩。

上电后程序运行,初始化设置同时检测部分寄存器状态。同各子控制器间采取CAN通信,考虑到微控制器的处理频率,选用500kb/s的通信速率。HCU每隔20ms收取CAN总线信息,延时5ms发布控制信息。HCU周期性地读取CAN总线上的信息,根据控制策略协调各子控制器工作,始终是汽车工作在最佳状态,同时达到节能降排的目的。软件流程如图4所示。

发动机工作区间工况设定如下:

#### 5) 汽车启动或低速行驶工况

检测车速信号,若车速小于纯电动状态门限值,检测电池电量,SOC大于下限值则汽车处于电机单独驱动的纯电动起步状态,由电池提供功率,避免使发动机工作在低效区以提高燃油经济性;否则如果SOC小于下限值则发动启动,同时进入充电状态,由发动机带动电机向电池充电,为了避免发动机工作在低效率区,则强制使发动机工作在发动机最小工作转矩。

#### 6) 中速匀速行驶工况

汽车行驶在相对平缓的路上时,车速在一段时间可保持在某范围内。如果电池电量高于下限值,则发动机功率全部提供给行车需要;若电池电量值小于下限,发动机功率除了提供行车之外还提供部分功率向电池充电,直到电池电量达到上限值。

#### 7) 加速或高负荷行驶工况

当车辆加速或工作在高负荷(爬坡)工况时,发动机输出转矩过大会使其工作效率下降,此时如果电池电量大于下限值,则可由电机提供需求转矩与发动机最大工作转矩之间差额弥补转矩不足。

#### 8) 制动能量回馈工况

当汽车刹车时,多余的机械能可以回馈给电池充电。行车过程中如果检测到制动信号,此时电池电量小于上限值,制动转矩小于电机最大制动转矩,电机再生

制动,制动转矩大于电机最大制动转矩,则电机再生制动和机械制动同时作用;若电池电量大于上限值,则机械制动单独工作。

## 5 车载实验

车载试验是在实车道路行驶中对动力总成控制系统的各项控制功能进行全面的试验,包括停车起步、电机单独驱动行驶、发动机单独驱动行驶、并联混合驱动行驶、停车充电、串联工况、行车充电和制动能量回收等等。通过车载试验,对硬件电路、软件体系和控制策略进行全面的考核验证。

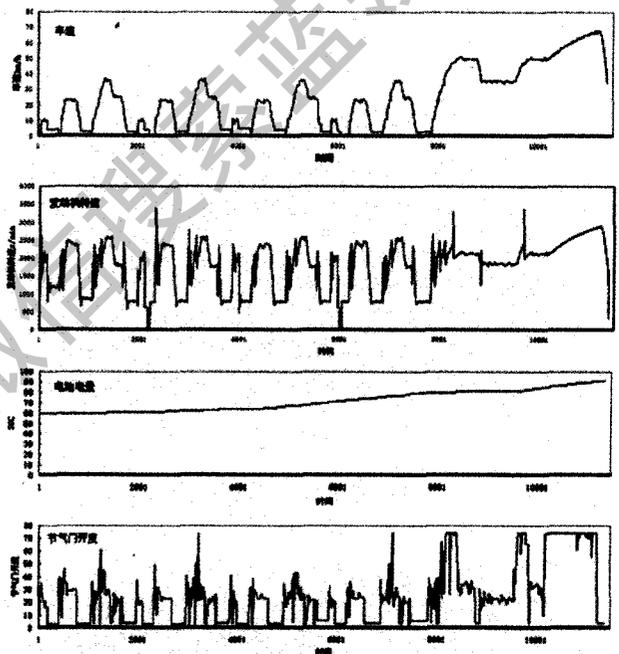


图5 控制器车载试验曲线

本文设计的HCU基于哈飞某款改装车型平台,在排放实验室中完成的,对其功能性、燃油经济性和废气排放等指标进行测评。图4为混合动力汽车多能源控制器的车载试验数据曲线。横坐标为时间轴,用微处理器计数器的寄存器计数衡量,纵坐标分别为车速、发动机转速、电池电量以及节气门开度。从图中可以看出,控制器能够实现混合动力汽车的纯电动运行、电机助力、能量回馈等功能。实验表明,HCU硬件系统运行良好,对各信号采集实时准确,与各子控制器之间通信稳定,可实现对个控制模块的调度控制,同时具有良好的抗电磁干扰能力。另外电池电量也可保持在适当范围内工

作,利于延长电池寿命。

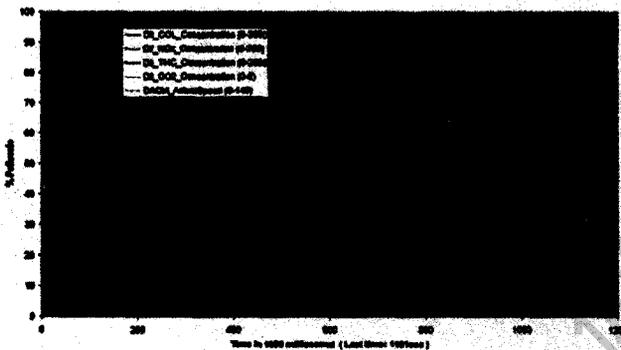
表1 原车与混合动力汽车燃油消耗数据比较

	发动机排量 L	消耗燃油 L/100KM
原车	1.6	7.3
混合动力改装后	1.0	6.3

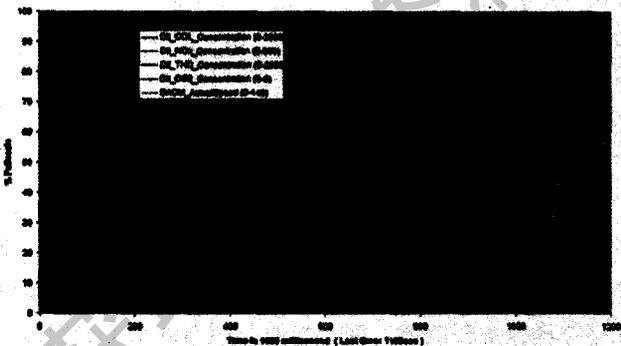
表1为车载试验的燃油消耗与原车数据比较,图5为原车与混合动力汽车排放试验数据曲线比较,从中可以看出HCU控制改装混合动力汽车的一氧化碳、二氧化碳、氮氧化物等有害气体排放较原车有明显减少,尤其是在起步和高速行驶阶段。

(a) 原车排放试验数据曲线

(b) HCU控制改装混合动力汽车实验数据曲线



(a) 原车排放试验数据曲线



(b) HCU控制改装混合动力汽车实验数据曲线

图6 混合动力汽车排放试验数据曲线比较

强了HCU系统稳定性、可靠性。在兼顾硬件设计功能和工程性的同时兼顾考虑到电磁兼容性,模块化的设计方法有利于硬件设计的标准化、系列化需要。采取逻辑门限值控制的方法,可满足混合动力车在各种工况下的动力需求,并提高了整车的动力性、经济性和环保性。

参考文献:

[1] H L MACLEAN, L B LAVE. Evaluation automobile fuel/propulsion system technologies [J]. Progress in Energy and Combustion Science (S0360-1285), 2003, 29(1): 1-69.  
 [2] ROBERT BOSCH GMBH. Autoelektrik Autoelektronik[M]. Braunschweig: Vieweg Verlag, 2002.  
 [3] 梁龙, 张欣等. 并联式混合动力汽车多能源动力总成控制单元的研究与开发[J]. 高技术通信, 2003, 26(4): 24-27.  
 [4] MASAKAZU SASAKI. Hybrid Vehicle Technology Current Status and Future Challenges Effect of Hybrid System Factors on Vehicle Efficiency[J]. Review of Automotive Engineering, 2005(2): 111-115.  
 [5] 赵宏伟, 陈鹏等. 混合动力汽车多能源动力总成嵌入式系统[J]. 吉林大学学报, 2003, 33(3): 21-25.  
 [6] 宋君花, 何彬等. 柴油机混合动力汽车HCU设计[J]. 农业机械学报, 2008, (3): 195-199.  
 [7] 张俊智, 王丽芳. 不同混合动力电动轿车方案的比较与分析[J]. 汽车工程, 2002, 24(4): 1-5.  
 [8] 谢辉, 宋小武等. 轻度混合动力系统控制模式分层决策及能量管理策略的研究[J]. 内燃机学报, 2005, 23(2): 33-35.  
 [9] 陆延丰, 王海林, 张春. 亿恒C164CI 16位单片机[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.  
 [10] Infineon Technologies AG. TC1766 32-Bit Single-Chip Microcontroller[M]. 2007.7.

6 结束语

具有高性能、高可靠性的HCU是实现HEV控制的基本保障。文中的硬件设计采用32位汽车微控制器TC1766,提高了系统整体的性能,信号采集集成化,增

作者简介: 郝甲晨(1984-),女,硕士研究生,从事汽车电子方向研究。