

文章编号: 1005-0523(2007)04-0101-03

# 基于 MPC555 的 HEV 控制系统开发

朱敏晔<sup>1</sup>, 赵治国<sup>2</sup>, 萧蕴诗<sup>3</sup>

(1, 3. 同济大学 电子与信息工程学院; 2. 同济大学 新能源汽车工程中心, 上海 201804)

**摘要:**介绍了一种基于 Motorola 32 位单片机 MPC555 平台的整车控制系统快速开发方法, 该方法利用 MATLAB、SIMULINK、State-flow、RealTimeWorkshop(RTW) 自动代码生成等开发工具, 有效缩短了整车控制系统的开发周期, 并在混合动力试验样车上进行了实车验证.

**关键词:**混合动力汽车; 整车控制系统; 自动代码生成

**中图分类号:** TP273

**文献标识码:** A

## 1 前言

混合动力汽车整车控制系统(VMS)需要对不同的能量源和动力元件进行协调控制, 是一个涉及了底层硬件驱动、上层控制策略算法以及 CAN 通信网络的复杂分布式控制系统, 硬件接口繁多、控制策略复杂.<sup>[1]</sup>如果采用传统的自下而上的系统开发流程, 则算法设计人员从开发初期就须先了解系统的硬件接口结构, 在此基础上才能着手进行软件部分的程序设计, 这将导致算法开发人员与硬件开发人员不能各司其职, 而且, 一旦系统的硬件平台发生改变, 算法部分也只能随之重新进行设计, 这种软件与硬件设计互相制约、断裂的开发流程给控制系统, 尤其是大型控制系统的开发带来了很大的困难与不便. 对于混合动力汽车整车控制器这样一种复杂的分布式系统, 如何快速而有效得进行控制系统的开发成为了各大汽车公司及高校研发的重点.<sup>[2]</sup>

本文介绍了一种基于 Motorola 32 位单片机 MPC555 平台的整车控制系统快速开发方法, 并在混合动力试验样车上进行了实车调试, 有效缩短了整车控制系统的开发周期.

## 1 MPC555 微控制器

MPC555 微控制器是 Motorola 公司专为汽车电子、航空航天、智能系统等高端嵌入式控制系统推出的一款高性能的、以 PowerPC 内核为核心的 32 位单片机. 它有 272 个引脚, BGA 封装, 可在高速移动及苛刻的环境下工作(工作温度:  $-40 \sim 125^{\circ}\text{C}$ ). 主要有以下功能模块:<sup>[3]</sup>

- \* 主频 40MHz 的精简指令集 CPU(RCPU)
- \* 28MIPS 的运算能力
- \* 448KB Flash
- \* 26KB SRAM
- \* 独立工作双时间处理单元(TPU3)
- \* 18 通道模块 I/O 系统(MIOS1)
- \* 双队列模数转换模块(QADC)
- \* 双 CAN2.0B 控制器模块(TotCANs)
- \* 队列串行多通道模块(QSMCM)

由于 MPC555 卓越的片内集成功能、丰富的接口模块, 可以很好的满足混合动力汽车控制系统的设计要求, 所以直接利用 MPC555 采集混合动力试验车的所有数字量及模拟量信号. 同时, 整车控制器通过 CAN 总线与电机控制器、蓄电池管理系统、发动机控制器以及数字仪表控制器进行通信. 整车控制器综合各个零部件状态信息及整车总需求转矩, 按照整车控制策略和算法动态得分配发动机输出转矩和电动机输出转矩, 以实现混合动力汽车不同工

收稿日期: 2007-04-26

作模式的切换及多能源系统总成的协调控制. 图 1 为混合动力汽车控制系统硬件设计总体方案.

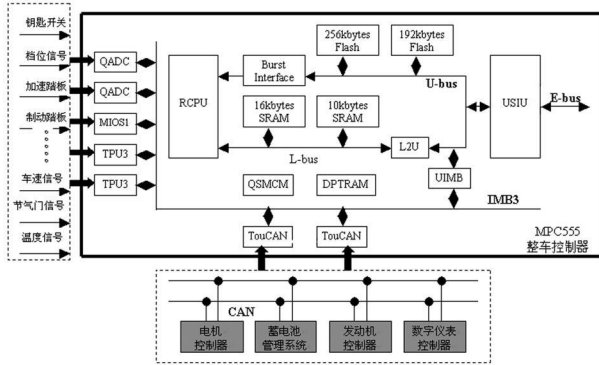


图 1 HEV 控制系统硬件设计方案

## 2 总体开发模式

在整个系统的开发过程中,充分利用了 MATLAB/SIMULINK 平台开发工具.建立系统模型以后,就可以直接设计控制算法,并且可以在 SIMULINK 环境下随时进行离线仿真.如果离线仿真的结果满足系统设计要求,就可以借助 RTW 自动代码生成工具生成 C 代码及可执行程序,并下载至 MPC555 目标硬件平台.设计人员无需手工编写一条代码,通过 RTW 工具就可以完成从控制算法设计到可执行程序生成的全部开发过程,并且可以轻易地在不同硬件平台上实现算法移植.

### 2.1 系统建模

根据混合动力汽车的结构设计方案及能量管理策略开发的需要,在 MATLAB/SIMULINK 及 Stateflow 环境下建立了混合动力整车的动态前向仿真模型<sup>[4]</sup>,如图 2 所示.仿真模型包括:发动机模型、ISG 电机模型、蓄电池模型、传动系模型、车辆纵向动力学模型、驾驶员模型及整车控制器模型.

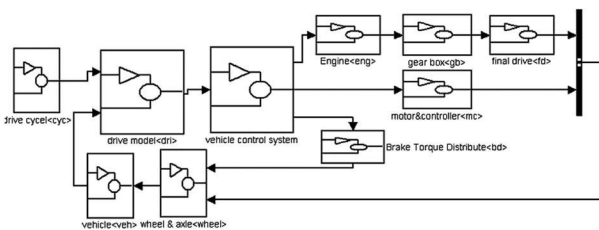


图 2 整车动态前向仿真模型

### 2.2 离线仿真和算法验证

建立系统模型之后,就可以在 SIMULINK 环境下,通过施加特定的输入信号,利用离线仿真观察系统的输出值,与期望结果进行比较,从而不断修改并

完善混合动力整车控制算法,以取得满意的控制效果.

### 2.3 自动代码生成及下载

Embedded Target for Motorola MPC555 是 Matlab/Simulink 的附加组件,与 RTW 一起为基于 Motorola MPC555 及 MPC56x 微处理器的嵌入式系统的应用开发提供了一套完整的、统一标准的工具.可以实现目标硬件上编译、下载、运行和调试生成的代码,评估系统的性能.并且,同工业标准的编译器和其他 MPC5xx 开发工具箱可实现无缝整合.<sup>[5]</sup>

上一步的离线仿真的结果满足系统设计的要求之后,利用 RTW 及 Embedded Target for Motorola MPC555 工具进行代码的自动生成及下载.

步骤如下:

1) 硬件接口:

在 Simulink → Embedded Target for Motorola MPC555 → MPC555 Driver Library 中设置 IO、AD/DA、CAN Controller、Time Processor Unit 等驱动模块的 port、bits 和 sample time 等参数,即等同于传统开发方法中的底层硬件驱动程序编写.

2) 求解器 Solver 设置:

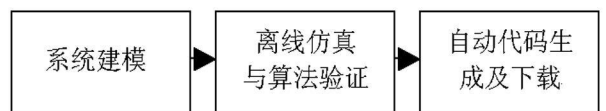
由于 RTW 只能为固定求解器步长的模型生成代码,所以在 Simulation → Configuration Parameters 中 Solver Type 设为 Fixed Step,且选择 ode1(Euler)求解器.

3) Real-Time Workshop 设置:

这是系统配置最重要的一步,也是 RTW 方法优越性的体现.在 Configuration Parameters → Real-Time Workshop → Target Selection 中根据硬件平台的不同,从而选择不同的 System Target File 和 Makefile,最后使用 'Build' 命令就可以轻松完成整个控制系统的代码生成和下载.

### 2.4 工程应用

运用上述介绍的控制系统 RTW 快速开发方法,按照:



的开发步骤,在混合动力试验样车上进行了整车控制系统的开发与控制算法的调试.

针对 MPC555 硬件平台,如图 3 所示对 RTW 参数进行了配置:

Target File:mpc555rt.tlc

Make Command,make-rtw

### Template Makefile:mpc555rt.tmf

根据实际工程需要,还可以在上述配置的基础上进行 Diagnostics 及 Optimization 等参数的高级设置.

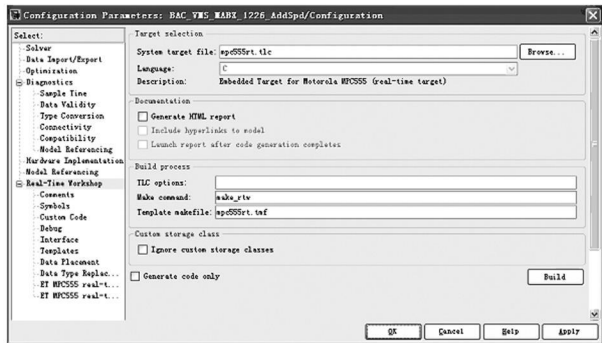


图 3 MPC555 硬件平台下的 RTW 参数配置

在线标定与实车调试系统环境如图 4 所示,可以实时监控 RTW 自动生成的代码下载至目标硬件以后的运行过程以及观测整车控制系统的输出结果.

如果在控制系统的开发过程中,需要在不同的硬件平台之间移植控制算法,则可以完全保留系统上层的控制算法,而只需将系统模型底层的输入输出接口替换成目标硬件的输入输出驱动模块,并编写 CAN 通讯驱动、AD 采样驱动、数字量 I/O 驱动等底层驱动即可.然后,利用 RTW 工具,再次生成可执行代码即完成了多平台的移植工作.

### 3 总结

## The Application of RTW in the Development of HEV Control System Based on MPC555

ZHU Min-ye, ZHAO Zhi-guo, XIAO Yun-shi

(1,3.School of Electronics&Information Engineering,Tongji University,Shanghai 201804;

2.Clean Energy Engineering Center,Shanghai 201804,China)

**Abstract:** With the use of MATLAB, SIMULINK, Stateflow, and RealTimeWorkshop (RTW), a rapid prototyping method for the development of Vehicle Management System (VMS) based on Motorola 32-bit micro controller is introduced. The method which has been successfully applied in research and development of the sample HEV shortens the development cycle dramatically.

**Key words:** hybrid electric vehicle; vehicle management system; real time workshop

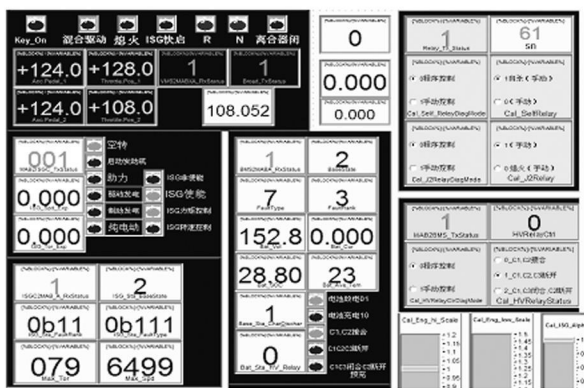


图 4 在线标定与实车调试

本文所介绍的基于 MPC555 自动代码生成的控制系统快速开发方法成功得运用于混合动力汽车这样一个大型复杂分布式系统的开发.不但大大减轻了开发人员的工作量,而且也如何重用系统模型上层的控制策略算法提供了有效的途径.

#### 参考文献:

- [1] 潘凯.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):22-25.
- [2] 石琦文.基于 MATLAB 的车用快速控制原型软件平台的研究与实现[J].计算机工程与应用,2005,(13):111-113.
- [3] MPC555/556 User's Manual [EB].15 October 2000.
- [4] 熊路.混合动力汽车驱动协调控制研究[D].同济大学博士学位论文,2006.
- [5] MATLAB Online Help [EB]. Mathworks.