

文章编号:1000-582X(2012)09-036-05

汽车防抱死制动系统应用资源库的开发及其应用

郑太雄, 连依萍, 邱宝梅

(重庆邮电大学 自动化学院, 重庆 400065)

摘要:为加快 ABS 的开发进程,将 ABS ECU 软件分为硬件驱动与控制程序,根据 ABS 的工作原理将控制程序作为资源分为 4 层,在分析应用资源间数据流关系的基础上,设计并定义了资源库的结构,利用资源库,开发了 ABS 控制程序,并进行了道路试验,试验结果表明,应用资源库具有可重用性,能加速 ABS 的开发进程。

关键词:防抱死制动系统;ABS;控制算法;应用资源库;道路试验

中图分类号:TP29

文献标志码:A

Development and application of ABS application resource library

ZHENG Taixiong, LIAN Yiping, QIU Baomei

(Automation College, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065, China)

Abstract: In order to hurry up ABS development, the ABS ECU software is divided into hardware driver and control program. According to working principle of ABS, the control program, served as application resource, is classified into 4 layers. Based on analyzing the data flow among application resources, the structure of application resource library is defined and designed. Using the resources library, ABS control program is developed and road tests are done. The results show that application resource library has reusability and can hurry up ABS development.

Key words: anti-lock braking system;ABS;control algorithm;application resource library;road testing

汽车防抱死制动系统 ABS(Anti-lock Braking System)可显著缩短汽车紧急制动时的制动距离,改善制动时的车辆稳定性。ABS 的开发包括电控单元 ECU(Electronic Control Unit)硬件和软件的开发,软件又包括与硬件相关的驱动和与硬件无关的控制程序。对于控制程序的开发,国内公司多数采用的是在建模仿真验证完成后利用手工编写控制代码的开发模式。而国外最先进的方法是借助成熟的商用软件 dSPACE 系统,按照 V 模式,完成从建模、仿真到代码生成的全过程^[1]。文献[5-15]反映了当前国内外对 ABS 控制软件的开发方式,均需要根据

特定车辆和控制算法,利用 MATLAB/SIMULINK 搭建从轮速处理到控制算法的整个控制模型,过程繁琐,且所建立的模型往往可重用性差、灵活性差,这样在研究中容易浪费大量的人力、物力,更重要的是延长开发周期。只有文献[4]提出了对 3 种控制算法的性能比较,但是每种控制算法均单独建模仿真分析,可扩展性不强。为此,笔者所在工程中心在多年研究嵌入式操作系统、ABS、嵌入式操作系统集成开发环境的基础上,将 ABS 控制软件划分为硬件驱动和应用资源,开发了 ABS 应用资源库,并将 ABS 应用资源库用于 ABS 控制系统建模、仿真及控

收稿日期:2012-04-08

基金项目:工信部核高基资助项目(2009ZX01038-002-002-2);重庆市自然科学基金资助项目(CSTC 2009BB3416);重庆高校创新团队建设计划资助项目(201014)

作者简介:郑太雄(1974-),男,重庆邮电大学教授,博士,主要从事汽车防抱死制动系统的研究,
(E-mail)zhengtx@cqupt.edu.cn.

制代码生成,加速了控制系统的开发过程。

1 ABS 应用资源库设计

1.1 ABS 应用资源结构设计

汽车 ABS 的工作原理是:ECU 采集轮速信号,并对轮速信号进行处理,根据轮速和轮加(减)速度辨识车辆所在路面,计算参考车速和车轮的参考滑移率,依据车辆所在路面及车轮加减速度和参考滑移率控制各轮的制动轮缸的电磁阀^[2-3]。为此,可将 ABS 应用资源划分为如下 4 层,如图 1 所示。

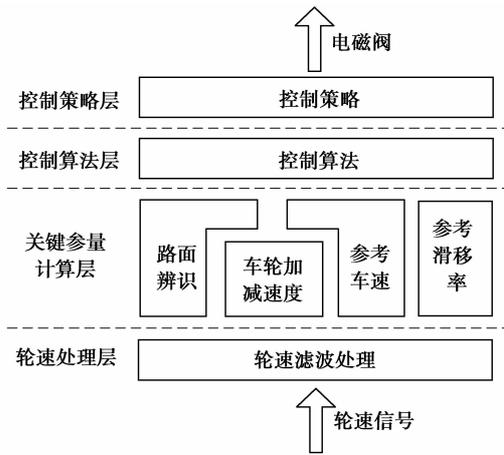


图 1 ABS 应用资源层次结构

1.2 ABS 应用资源库设计与开发

开发应用资源库的目的是在统一的控制程序结构框架下,各种应用资源库中应用资源可相互替代,以加速控制程序的开发进程^[2]。为此,各种资源库下的应用资源必须具有统一的输入输出接口。应用资源具有统一的输入输出接口不仅有利于资源库的扩充,而且方便控制程序的设计。为此需要对各种资源间数据流的关系进行分析。笔者在长期开发 ABS 的过程中,设计开发了多种参考车速计算方法、控制算法、路面辨识方法,其数据流关系见图 2。

资源库中的数据不是简单地按照图 1 的层次结构由下而上传递。控制算法输出的控制状态不仅作为控制策略的输入,而且作为参考车速计算和路面辨识的输入。

ABS 应用资源中,车轮加减速度可根据轮速利用差分法直接计算,而参考滑移率可根据轮速和参考车速计算得到。因此应用资源可分为轮速滤波处理资源库、路面辨识方法资源库、参考车速估计方法库、控制算法库和控制策略库^[4]。

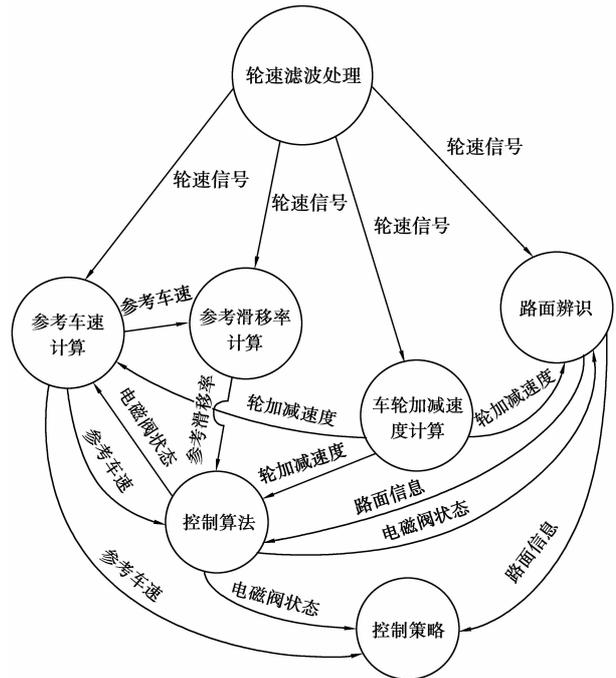


图 2 应用资源间数据流

1) 轮速滤波处理资源库。

ABS 的轮速信号是典型的弱电信号,容易受到噪声的干扰^[5],因此必须对轮速信号进行滤波处理,根据已有文献记录的方法和项目小组长期积累的成果,轮速滤波处理资源库包括多种信号处理方法,如图 3 所示。

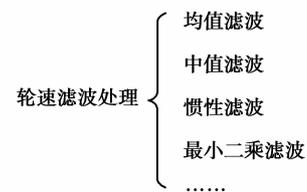


图 3 轮速滤波处理资源库

轮速滤波的函数定义如下: $Wheel_Speed_Filt(float\ WheelSpeed[n-1], float\ WheelSpeed, float\ WheelFiltSpeed)$

其中: $WheelSpeed[n-1]$ 为连续前 $n-1$ 个时刻经滤波处理的轮速; $WheelSpeed$ 为当前时刻的采样轮速; $WheelFiltSpeed$ 为经滤波后得到的轮速值。

2) 路面辨识方法资源库。

路面辨识是 ABS 控制系统发挥重要作用的重要前提,项目小组在长期的开发过程中设计开发了包括轮速峰值连线斜率法、首次减压结束轮速降法等路面辨识方法^[6],路面辨识方法库如图 4 所示。

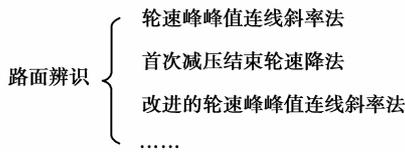


图 4 路面识别方法库

首次减压结束轮速降法不仅要利用轮速、轮加速度,而且要结合电磁阀的状态进行辨识,为此路面辨识函数定义为

Road_ Identification (float WheelAcceleration [4], float WheelSpeed [4], char ValveState [4], char Road_ID)

其中:WheelAcceleration [4]为 4 车轮的角加速度;WheelSpeed[4]为 4 个车轮速度; ValveState [4]为 4 个电磁阀的状态;Road_ID 为输出的路面状态。

3)参考车速估算方法库。

ABS 没有装备车速传感器,车速必须依靠轮速信息进行估计,因此估计的车速称为参考车速。根据已有的参考车速估计方法^[7-9],结合项目组长期的实践经验,参考车速估计方法库如图 5 所示。

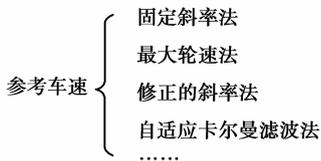


图 5 参考车速估算方法库

参考车速计算函数的定义为

Vehicle_Speed_Calculate (float WheelSpeed [4], float WheelAcceleration [4], float ValveState [4], float Vehicle_Speed)

其中:WheelSpeed[4] 为经滤波处理的 4 个轮速值;WheelAcceleration [4]为 4 个轮角加速度; ValveState [4] 为 4 个电磁阀的状态; Vehicle_Speed 为输出的参考车速。

对于固定斜率法和最大轮速法,参考车速计算只用到 4 个车轮的轮速信息,而对于修正的斜率法和自适应卡尔曼滤波方法,则要用到 4 个车轮的轮速、加速度和电磁阀的状态信息。

4)控制算法资源库。

控制算法要根据车轮加减速度、滑移率、路面状态、参考车速等决定各轮缸的状态。控制算法资源

库^[10-14]如图 6 所示。

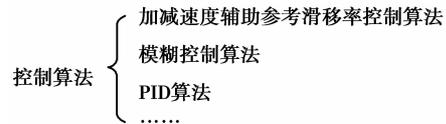


图 6 控制算法资源库

其函数定义为:

Char Control_Algorithm (float WheelSpeed, float WheelAcceleration, float R_Slip_Rate, char Flag_ID, char ValveState)

其中,WheelAcceleration 为车轮的加速度; R_Slip_Rate 为车轮参考滑移率;Road_ID 为路面状态,分为对开、高附着和低附着路面; ValveState 为输出车轮对应电磁阀的控制状态,分为增压、保压、减压和小步增压。

5)控制策略资源库。

由于控制策略分为前轮修正的低选,后轮独立控制、前轮独立后轮独立等不同的策略,因此由控制算法输出的电磁阀的控制状态不能直接作为电磁阀的控制命令,还需由控制策略结合车轮所在路面、参考车速对各轮的电磁阀进行控制^[15-16],如图 7 所示。

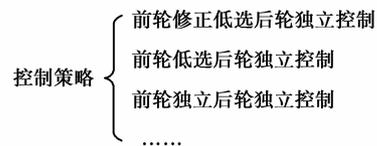


图 7 控制策略资源库

控制策略函数的定义为:

Control_Strategy (char Road_ID, float Vehicle_Speed, char ValveState [4], char ControlState[4])

其中:Road_ID 为路面状态;Vehicle_Speed 为参考车速;ValveState[4]为由控制算法输出的 4 个电磁阀的状态;ControlState[4]为由控制策略输出的 4 个电磁阀的控制状态,该控制状态真正是电磁阀的决定。

对于前轮独立后轮独立的控制策略,由控制算法输出的各轮电磁阀的控制状态就等于控制策略输出的控制状态,而对于前轮低选后轮独立的控制策略,前轮中处于高附着路面车轮的控制状态要按照一定的规律跟随处于低附着路面车轮的控制状态,

并使两个前轮的制动轮缸保持一定的压力差。

2 基于资源库的控制程序开发

在笔者所开发的“汽车电子控制器嵌入式软件平台”支持下,利用 ABS 应用资源库,以前轮修正低选后轮独立控制为控制策略,分别以控制算法库中基于加减速度辅助参考滑移率控制算法和模糊控制算法为控制算法,搭建了 2 套 ABS 控制模型,并进行了仿真和自动代码生成。图 8 为利用汽车电子控制器嵌入式软件平台搭建的控制算法模型。

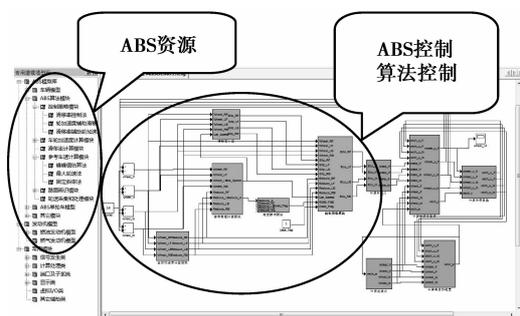
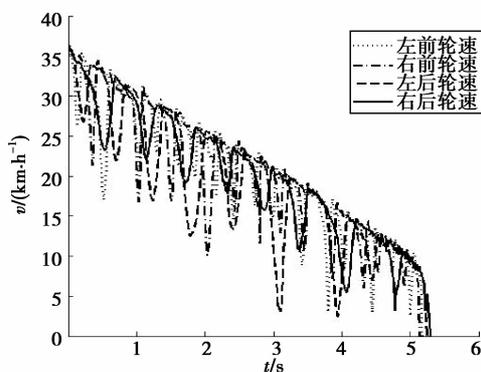


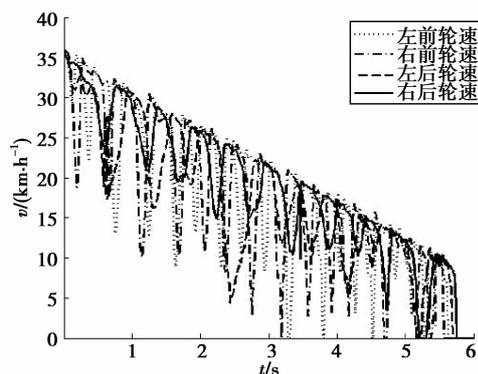
图 8 控制算法模型

3 道路试验分析

以英飞凌 XC164CS 为 MCU(Micro Controller Unit),开发了 4S/4M 的气制动 ABS ECU,对硬件资源进行了配置并将生成的控制代码下载到 ECU。根据国标《GBT 13594—2003 机动车和挂车防抱制动性能和试验方法》在多种道路上进行了道路试验,图 9(a)和(b)分别是利用两种控制算法在低附着道路上得到的试验数据。



(a) 基于加减速度辅助参考滑移率控制算法路试数据



(b) 基于模糊控制算法的路试数据

图 9 低附着道路试验数据

由图可见,在道路试验过程中车轮均未出现抱死现象,满足国标《GBT 13594—2003 机动车和挂车防抱制动性能和试验方法》对 ABS 的要求。说明在搭建的控制算法模型的框架下,两种控制算法具有互换性,可以加速 ABS 的开发进程,且两种控制算法都具有较好的控制效果。

4 结论

1) ABS 应用资源库具有统一的输入输出接口,可方便应用资源的扩充,丰富应用资源库的资源。

2) 借助应用资源库,可方便地搭建 ABS 控制模型,实现建模、仿真到代码生成的全过程,加速 ABS 的开发进程。

参考文献:

- [1] 邹红明,丁能根,王伟达,等. ABS“V 模式”开发中的快速控制器样件制作和硬件在环仿真的研究[J]. 汽车工程, 2009, 31(4): 357-361.
ZOU Hongming, DING Nenggen, WANG Weida, et al. Research on the RCP and HILS for ABS V-cycle Development [J]. Automotive Engineering, 2009, 31(4): 357-361.
- [2] Song C X, Wang J, Jin L Q. Study on the composite ABS control of vehicles with four electric wheels[J]. Journal of Computers, 2011, 6(3): 618-626.
- [3] 王维,刘建农,何光里. 汽车制动性能检测[M]. 北京:人民交通出版社, 2005.
- [4] 冷雪,李文娟,王旭东,等. 汽车防抱死制动系统三种控制算法制动性能比较[J]. 自动化技术与应用, 2009, 28(2): 74-89.

- LENG Xue, LI Wenjuan, WANG Xudong, et al. Performance analysis of the ABS algorithms [J]. Techniques of Automation and Applications, 2009, 28(2):74-89.
- [5] Song J, Kim H, Boo K. A study on an anti-lock braking system controller and rear-wheel controller to enhance vehicle lateral stability [J]. Journal of Automobile Engineering, 2007, 221:777-787.
- [6] Ivanov V G, Algin V B, Shyrokau B N. Intelligent control for ABS application with identification of road and environmental properties[J]. International Journal of Vehicle Autonomous Systems, 2006, 4(1):44-67.
- [7] 郑太雄,单荣明,蒋国英,等.汽车 ABS 参考车速的确定方法[J].汽车技术,2010(3):37-40.
ZHENG Taixiong, SHAN Rongming, JIANG Guoying, et al. The method to determine automotive ABS reference speed [J]. Automobile Technology, 2010(3):37-40.
- [8] 王仁广,刘昭度,齐志权,等.基于自适应卡尔曼滤波算法确定汽车参考车速[J].农业机械学报,2006,37(4):9-11.
WANG Renguang, LIU Zhaodu, QI Zhiquan, et al. Vehicle reference speed determination using adaptive kalman filter algorithm[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2006, 37(4):9-11.
- [9] 边明远,李克强.基于车轮信息的制动车辆参考车速算法研究[J].农业机械学报,2005,36(6):5-7.
BIAN Mingyuan, LI Keqiang. Algorithm of reference velocity calculation for braked vehicle based on wheel speed information [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2005, 36(6):5-7.
- [10] 郑太雄,马付雷.基于逻辑门限值的汽车 ABS 控制策略[J].交通运输工程学报,2010,10(2):69-74.
ZHENG Taixiong, MA Fulei. Automotive ABS control strategy based on logic threshold[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering, 2010, 10(2):69-74.
- [11] Choi S B. Antilock brake system with a continuous wheel slip control to maximize the braking performance and the ride quality [J]. Transactions on Control Systems Technology, 2008, 16(5): 996-1003.
- [12] Yun D S, Kim H S, Boo K S. Brake performance evaluation of ABS with sliding mode controller on a split road with driver model[J]. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 2011, 12(1):31-38.
- [13] Shim T, Chang S, Lee S. Investigation of sliding-surface design on the performance of sliding mode controller in antilock braking systems [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2008, 57(2): 747-759.
- [14] 许明涛,李劲松,金志扬.基于滑移率的汽车 ABS 模糊控制算法仿真研究[J].农业装备与车辆工程,2010, 223(2):21-23.
XU Mingtao, LI Jinsong, JIN Zhiyang. Simulation research on algorithms of automobile ABS fuzzy control based on slip ratio [J]. Agricultural Equipment & Vehicle Engineering, 2010, 223(2):21-23.
- [15] Bertocchi M. Numerical experiments with ABS algorithms for linear systems on a parallel machine[J]. Journal of Optimization Theory and Applications, 1989, 60(3):375-392.
- [16] Huang Z J. Multi-step nonlinear ABS methods and their efficiency analysis[J]. Computing, 1991, 46(2): 143-153.

(编辑 王维朗)