

基于捷达 GTX 轿车的 ABS/ASR 集成控制系统*

崔海峰 刘昭度 马岳峰 徐 岩

(北京理工大学机械与车辆工程学院 北京 100081)

摘要 通过对捷达 GTX 型轿车 ABS 压力调节系统的改造,设计了具备四个车轮独立制动干预控制功能的 ABS/ASR 集成液压执行机构,在其基础上,开发出一种基于 MC9S12DP256 微处理器的轿车 ABS/ASR 集成控制系统,实现了 ABS 和 ASR 硬件电路和部分软件模块的集成化。经道路试验验证,此 ABS/ASR 集成控制系统能够很好地实现 ABS 制动防抱死和 ASR 驱动防滑转控制功能,有效提高了汽车的加速动力性和行驶安全性。该集成控制系统具有很好的扩展性,为其他车辆底盘安全控制系统的研究提供了一个灵活便利的平台。

关键词: 制动防抱死/驱动防滑 集成控制

中图分类号: U463.5

0 前言

制动防抱死系统(Anti-lock braking system, ABS)是汽车主动安全装置的典型代表,其作用是在制动过程中防止车轮抱死,提高车辆的方向稳定性、转向控制能力和缩短制动距离,使汽车制动过程更为安全有效。

汽车驱动防滑系统(Anti-slip regulation, ASR)也是一种主动安全装置,能够在驱动加速过程中防止驱动车轮发生过份滑转,使得汽车保持方向稳定性、转向操纵能力和提高加速性能等^[1]。

目前,最为有效的 ASR 控制方式为制动干预与发动机输出功率相结合的综合控制方法,其中制动干预控制主要针对对开路面工况,通过对过份滑转的驱动轮施加制动以提高车辆动力性,它可以充分利用 ABS 系统的轮速传感器和压力调节器,两者在控制方法上也很相似,因而在实际应用中通常把两者集成在一起,形成 ABS/ASR 集成控制系统^[2]。

ABS/ASR 集成控制系统的轮缸压力独立制动干预功能可以为其他控制功能所共享,从而发展动态稳定性控制和自适应巡航控制等多种电子控制系统,已成为汽车主动安全控制技术发展的一个重要方向^[3]。

1 ABS/ASR 集成控制系统

在捷达 GTX 型试验样车上,开发出一种轿车 ABS/ASR 集成控制系统,它主要包括 ECU 电控系

统、传感器和执行机构三个部分,图 1 为其结构示意图。当汽车正常行驶时,ABS/ASR 集成控制系统 ECU 实时采集和处理各个传感器信号,并根据其所提供的信息,选用不同的控制方式对车辆实施控制,驱动 ABS 压力调节器和 ASR 电磁阀以实现 ABS 控制或 ASR 制动干预控制功能。

与一般 ASR 系统仅能对两个驱动轮进行制动干预控制不同,设计的集成系统针对试验样车 4×2 前轮驱动方式和交叉双制动管路布置方案,基于原车装配的 ABS 压力调节器,添加了外部液压力源和 ASR 电磁阀,不仅可满足 ABS 和 ASR 的要求,也可实现四个车轮的独立制动干预控制^[4]。

ABS 和 ASR 本身都是复杂的控制系统,将两者的软件和硬件集成在一个芯片上对 MCU 的运算能力、存储空间、I/O 接口都提出了较高要求。ABS/ASR 集成控制系统的 MCU 选择了 Freescale 公司 HSC12 系列功能强大的 16 位 MC9S12DP256,它采用 CPU 12 内核,总线速度可达 25 MHz,片内集成了 256 KB 的 Flash、12 KB 的 RAM、4 KB 的 EEPROM 存储器,有丰富的输入输出接口,特别是其具有很强的定时控制功能,适合复杂时序控制技术的应用^[5]。

1.1 ECU 硬件电路设计

ECU 的硬件电路主要包括以 MC9S12DP256 微处理器为核心的最小系统、传感器预处理电路、执行机构驱动电路和通信接口电路等。

MCU 的外围电路采用模块化设计思想,即把电控单元划分成 A 板和 B 板,电路板之间通过 I/O 扩展插槽连接。这种设计方法有利于试验过程中对系统的维护和扩展,当需要更改电路或者对系统进行扩展,无需重新设计整块电路,只需基于 I/O 扩展插槽改动或添加即可。

* 国家自然科学基金资助项目(50122155)。20051027 收到初稿,20060303 收到修改稿

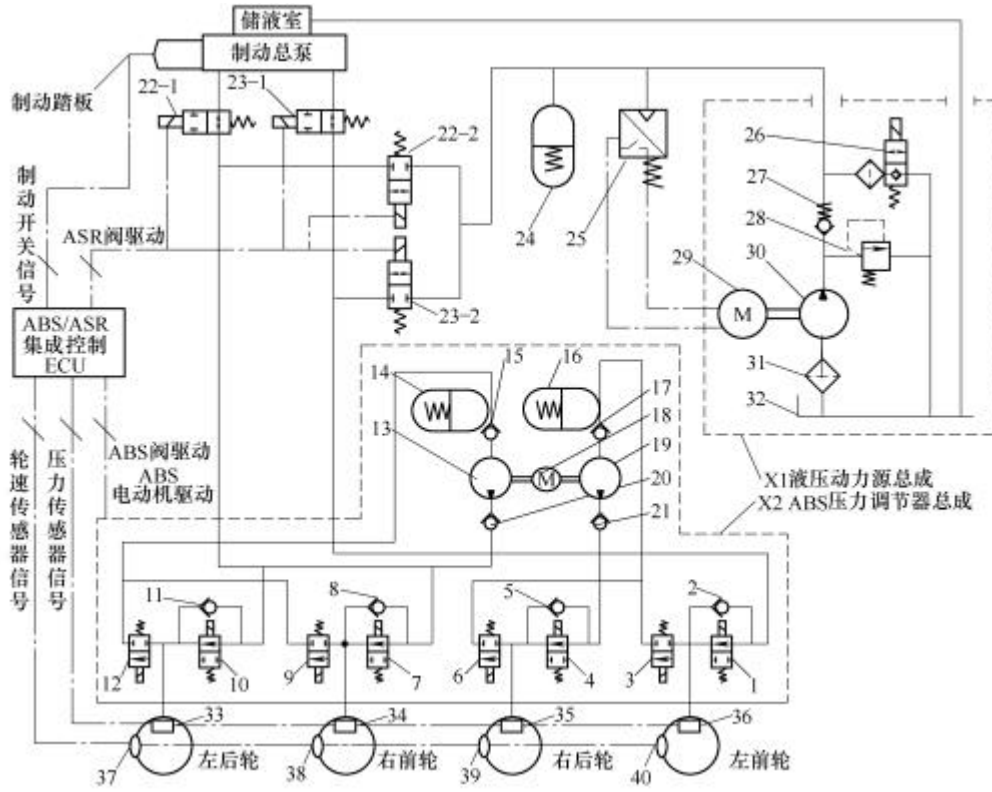


图1 ABS/ASR 集成控制系统结构示意图

- 1, 7, 10, 14. ABS 进油电磁阀 2, 5, 8, 11. ABS 卸压单向阀 3, 6, 9, 12. ABS 回油电磁阀 13, 19. ABS 回油泵 14, 16. ABS 低压储液器
- 15, 17, 20, 21. ABS 回油单向阀 18. ABS 电动机 22 - 1, 23 - 1. ASR 常开电磁阀 22 - 2, 23 - 2. ASR 常闭电磁阀 24. 蓄能器
- 25. 压力开关 26. 卸荷电磁阀 27. 液压泵单向阀 28. 安全阀 29. ASR 电动机 30. 液泵 31. 油滤 32. 油箱
- 33, 34, 35, 36. 轮缸压力传感器 37, 38, 39, 40. 车轮速度传感器

A 板主要包括 MC9S12DP256 最小系统、通信接口电路、数据采集和处理电路，图 2 为其结构示意图。

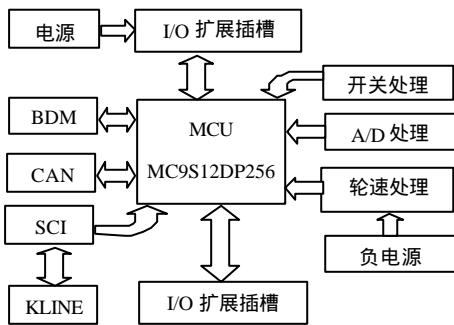


图2 A板电路结构示意图

MC9S12DP256 最小系统包括电源模块、外围复位电路、时钟晶振电路、工作模式选择等。

通信接口电路包括 BDM 接口，两路 SCI 串口通信接口电路，其中一路通过硬件跳线选择可连接故障诊断驱动芯片 MC33199，利用 PCA82C250 驱动芯片引出两路 CAN 通信节点，预留给系统后续扩展使用。

A 板还包括数字量、模拟量以及开关量的采集

和预处理电路，主要包括车轮轮速信号、制动踏板开关信号，以及开发阶段所需的五轮仪车速信号、轮缸压力信号等。其中轮速采集利用 MCU 中四路带有保持缓冲器的 ECT 通道，可自行完成两个脉冲中间的周期计算，大大提高了 MCU 的工作效率。

B 板主要包括执行机构驱动电路和工作状态指示电路，图 3 为其结构示意图。

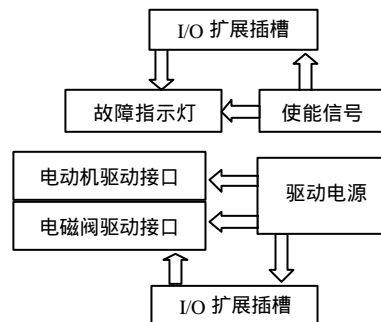


图3 B板电路结构示意图

系统驱动的执行机构主要包括 ABS 压力调节器中的四个常开进油电磁阀、四个常闭出油电磁阀、一个 ABS 电动机、以及四个 ASR 电磁阀。

ABS、ASR 子系统的使能信号及故障指示灯部

分的相关电路也放在该电路板上。

1.2 ECU 控制软件设计

软件是 ABS/ASR 集成系统核心部分,它在硬件电路和执行机构的基础上,直接决定着集成系统的功能实现和控制效果。软件系统的集成并不是把 ABS 和 ASR 功能简单的叠加,而是要结合各子系统的工作特点,形成共有模块的通用化,同时兼顾到子系统间工作的协调性、运行的实时性和可靠性等问题。

ABS/ASR 集成系统的软件主要由系统初始化模块、启动自检模块、主控制模块、制动踏板中断服务程序等几大部分组成,总体框图如图 4 所示。

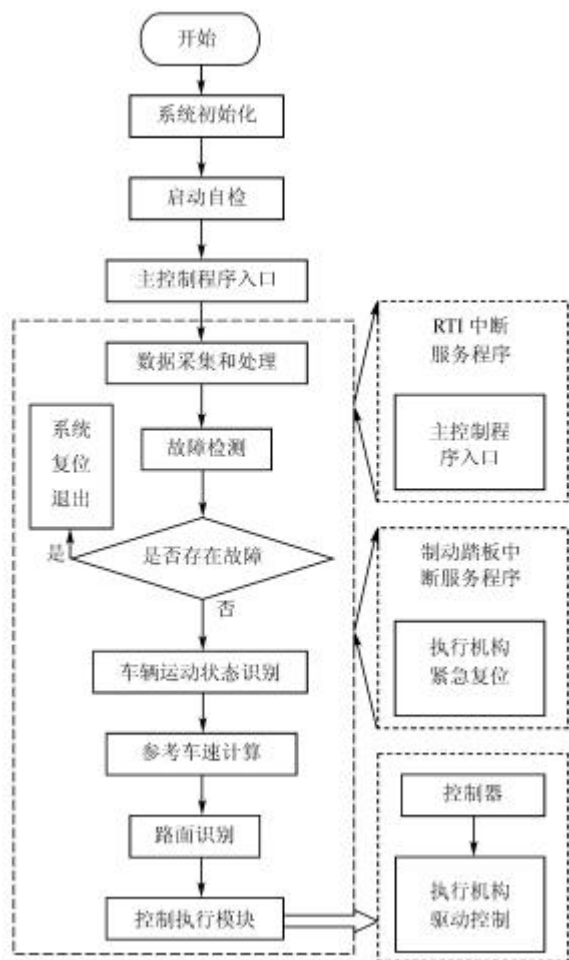


图 4 ABS/ASR 集成控制系统软件框图

系统初始化模块在系统上电复位时对系统进行初始化。初始化内容包括系统时钟和定时器、串行通信接口、ATD 模块、ECT 模块、各端口设置和系统变量等,以保证 MCU 正常运行。

启动自检模块是在系统初始化后对关键软、硬件部分进行静态检测,以集成判断系统的软、硬件工作是否正常。如果发现存在故障,系统退出工作,故障指示灯持续点亮。

主控制模块为 ABS/ASR 集成系统的控制主程

序,见图 4 中虚线框。主控制模块通过 RTI 中断服务程序做定周期循环,连续调用数据采集处理模块、车辆运动状态识别模块、参考车速计算模块和路面识别模块,实时进行车辆运动状态和外界环境的判断。由控制执行模块依据车辆当前的运行状态,进行 ABS 或 ASR 的逻辑门限值方法控制,其中 ABS 采用车轮加减速度和滑移率作为子系统控制量,ASR 制动干预控制采用车轮的滑转率作为子系统控制量。目前,控制软件实现 ABS 和 ASR 子系统数据采集和处理模块、车辆运动状态识别模块和参考车速计算模块的集成。集成系统的参考车速计算采用了自适应卡尔曼滤波方法,将车身速度看作均匀变化信号,利用 ABS 控制中最大轮速和 ASR 控制中的最小轮速作为车身速度的量测量,基于卡尔曼滤波算法估计车身速度状态,其空间模型为

$$\mathbf{X}_k = \mathbf{A}\mathbf{X}_{k-1} + \mathbf{w}_k \quad (1)$$

$$y_k = \mathbf{H}_k \mathbf{X}_k + V_k \quad (2)$$

式中, \mathbf{X}_k 为 k 时刻状态矢量,对应车身参考速度和参考加速度,同理, \mathbf{X}_{k-1} 为 $k-1$ 时刻状态矢量; \mathbf{A} 为 $k-1$ 时刻到 k 时刻的系统状态转移矩阵,对应系统采样时间; \mathbf{w}_k 为系统噪声矢量,对应车身加速度的变化; y_k 为量测量; \mathbf{H}_k 为量测矩阵; V_k 为参考车速确定模型中的量测噪声量,其统计特性随路面的不同而有很大差别,可通过前一阶段的量测值实时调整。

上述算法包括根据历史数据的车身速度预测算法,同时又根据测量数据对预测结果进行修正,且不受轮速数据由于噪声等因素干扰而产生奇异点的影响,对轮速数据具有较强的容错性,能有效进行识别 ABS 和 ASR 控制过程中的参考车速^[6]。

制动踏板中断服务程序用来实现驾驶员制动与 ASR 制动干预控制之间的紧急切换。在 ASR 制动干预控制过程中,存在驾驶员紧急制动的情况,当 ECU 采集到制动踏板触发的中断时,进入中断服务程序,如果此时处于 ASR 制动干预控制方式,立即退出当前控制,对执行机构进行复位,恢复常规制动方式,保证驾驶员控制的优先权。

2 试验结果与分析

利用开发的 ABS/ASR 集成控制系统在捷达 GTX 型试验样车上进行 ABS 和 ASR 典型工况试验。

ABS 试验选择了在冰雪路面,制动初速度为 55 km/h 的直道紧急制动,图 5 和图 6 对比显示了相同试验条件下有无 ABS 控制时轮速、滑移率和车

加速度的变化过程。

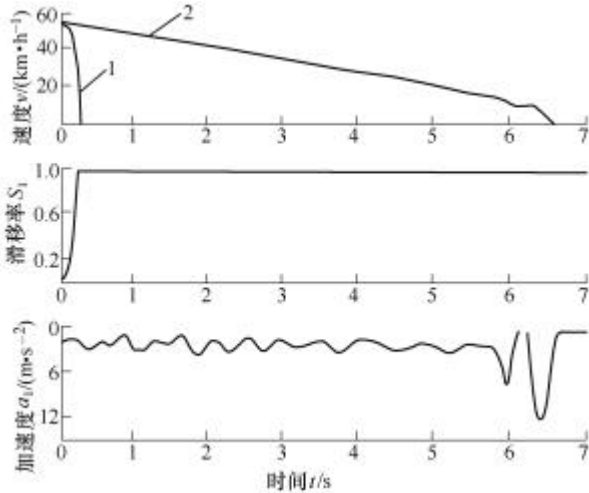


图5 无 ABS 控制紧急制动过程

1. 左前轮轮速 2. 车身速度

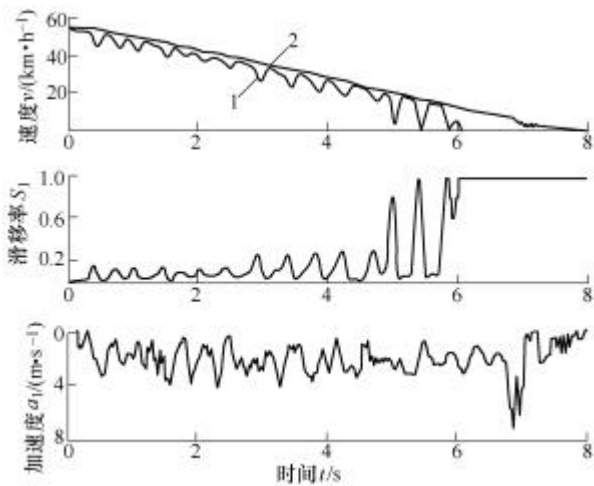


图6 带 ABS 控制紧急制动过程

1. 左前轮轮速 2. 车身速度

对比图 5 和图 6 中左前轮轮速和滑移率的变化过程可以看出,未进行 ABS 控制时,车轮迅速抱死,而采用 ABS 控制时,车轮的滑移率被控制在比较理想的范围内。对图 5 中的车身速度曲线积分可得该工况制动距离为 60.03 m,对图 6 中的车身速度曲线积分可得该工况制动距离为 63.98 m,在低附着路面采用 ABS 控制后,制动距离略有增加。试验结果表明集成控制系统能很好的实现紧急制动工况下的防抱死控制功能。

ASR 试验选择一档对开路面起步加速过程,右侧车轮位于低附着系数路面上,左侧车轮位于高附着路面上,试验过程由驾驶员迅速结合离合器,并踩下加速踏板到底,图 7 和图 8 对比显示了上述过程中有无 ASR 制动干预控制时的轮速、滑移率的变化过程。

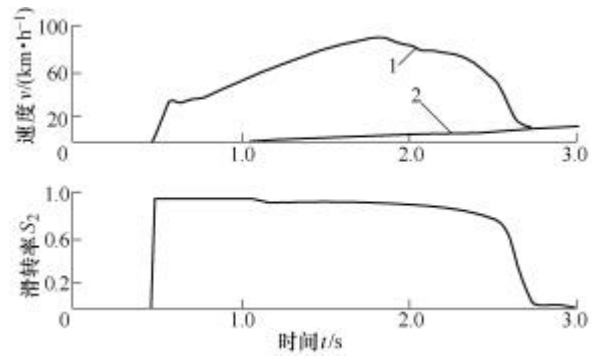


图7 无 ASR 控制起步加速过程

1. 右前轮轮速 2. 车身速度

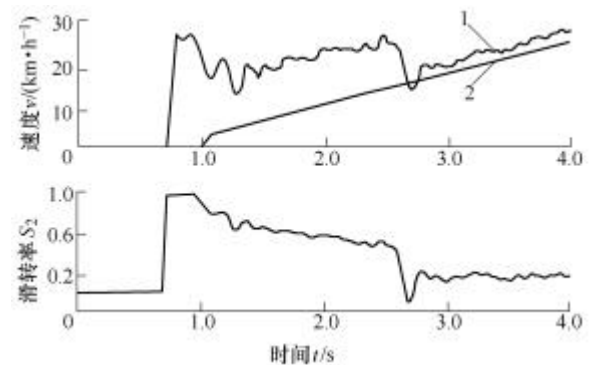


图8 带 ASR 控制起步加速过程

1. 右前轮轮速 2. 车身速度

对比图 7 和图 8 中右前轮轮速和滑移率的变化过程可以看出,未进行 ASR 制动干预控制时,车轮发生急剧的滑转,轮速可达 93 km/h,而此时车身速度仅为 5 km/h。采用 ASR 制动干预控制时,车轮的滑转程度得到显著控制,对于车速小于 15 km/h 时的起步过程,由于存在离合器工作状态不确定和低速信号采集波动较大的问题,采用同侧车轮转速差作为控制量,确保车辆的可靠起步;当车速大于 15 km/h 后,采用车轮滑移率作为控制量,图 8 中经过车速等于 15 km/h 处两种控制方法切换的短暂控制超调后,车轮滑移率被平稳的控制理想的范围内。对右前车轮开始滑转后 2 s 内的车身速度曲线积分可得,无 ASR 制动干预控制时的加速距离仅为 2.01 m,采用 ASR 制动干预控制时的加速距离达到 4.59 m。试验结果表明集成系统中的 ASR 功能可有效提高车辆驱动加速过程的动力性。

3 结论

在 ABS/ASR 集成液压系统的基础上,开发出一种基于 MC9S12DP256 芯片的 ABS/ASR 集成控制系统,该集成系统实现了 ABS 和 ASR 硬件电路和部件软件模块的集成化。道路试验结果表明,该

ABS/ASR 集成系统能够很好地实现 ABS 和 ASR 制动干预控制功能,有效提高了车辆在紧急制动和驱动加速等极限行驶工况下的主动安全性能。

参 考 文 献

- [1] 司利增. 汽车防滑控制系统—ABS 与 ASR[M]. 北京: 人民交通出版社, 1996.
- [2] AKIHIKO S, TOSHIFUMI M. ASR built in an add-on ABS[G]. SAE Technical Paper Series 930506, 1993.
- [3] LIU Zhaodu, LU Jiang, SHI Kaibin, et al. Integrated ABS/ASR/ACC system for cars[J]. Journal of Beijing Institute of Technology, 2001, 10(3): 327-329.
- [4] 崔海峰, 马岳峰, 王仁广, 等. 可主动调节四个轮缸压力的 ABS/ASR 集成液压系统[J]. 液压与气动, 2005 (4): 49-51.
- [5] 劭贝贝. 单片机嵌入式应用的在线开发方法[M]. 北京: 清华大学出版社, 2002.
- [6] 齐志权. 汽车 ABS/ASR/ACC 集成系统中 ABS 控制技术的研究[D]. 北京: 北京理工大学, 2004.

INTEGRATED CONTROL SYSTEM OF ABS/ASR BASED ON JETTA GTX

CUI Haifeng LIU Zhaodu MA Yuefeng XU Yan
(School of Mechanical and Vehicular Engineering,
Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract: The ABS/ASR integrated hydraulic Actuator is designed by means of modification of ABS system on Jetta GTX car, which can complete independent brake control on 4 wheels. Then an ABS/ASR integrated control system is developed based on MC9S12DP256 MCU to realize the full integration of hardware and part integration of software for ABS and ASR systems. The real road test results show that the new system can perform both ABS and ASR control quiet well, which improves accelerate ability and running safety efficiently. The system has good expansibility and provides flexible platform on research of active chassis safety control systems.

Key words: ABS/ASR Integrated control

作者简介: 崔海峰, 男, 1978 年出生, 博士研究生。主要研究方向为车辆电子工程与安全性。

E-mail: chjjeffrey@bit.edu.cn