

TMS320F2812 在电控悬架系统中的应用

Application of TMS320F2812 in Electrical Controlled Suspension System

石维佳 马彬 马水 郭建磊

(河北工业大学机械工程学院,天津 300130)

摘要: 为了提高控制电路的可靠性和抗干扰性以及控制的准确性,结合目前汽车控制中原理相似的电路,对控制电路进行了重新设计。简要说明了 DSP 处理器的主要功能和软件控制流程,阐述和分析了目前应用比较广泛的电控悬架的基本原理和主要车高传感器的工作原理;并通过使用仿真软件 Multisim,对车身高度检测信号的输出波形进行了验证。结果表明,所涉及电路能够保证信号的可靠性,并能够基本满足控制系统对电路的要求。

关键词: TMS320F2812 电控悬架 车高检测 DSP 控制电路 传感器

中图分类号: TP271+.5

文献标志码: A

Abstract: In order to enhance the reliability and anti-interference capability of the control circuit as well as the control precision, by combining the circuits with similar principle existing in automotive control, the control circuit has been redesigned. The main functions and software control flowchart of the DSP processor are described briefly, and the basic principle of the widely applied electric controlled suspension at present as well as the operational principle of the main sensors of vehicle height are described and analyzed. Through simulation software Multisim, the output waveform of the detected signal from vehicle height sensor is verified. The result shows that the circuits involved ensure the reliability of the signals, and basically satisfy the requirement of the control system.

Keywords: TMS320F2812 Electrical controlled suspension Height detection DSP Control circuit Sensor

0 引言

日前,越来越多的新电子控制设备被应用于汽车。电子控悬架系统大大提高了汽车的行驶平顺性和操纵稳定性,满足了人们对汽车的乘坐舒适性和行驶安全性的要求。而空气悬架控制正在向电子化、信息化、网络化和集成化的方向发展。此外,先进的道路勘测方法也逐渐应用于电控悬架的控制^[1]。

在国外,半主动悬架已经成为中高档车型的标准部件;而我国汽车企业并没有掌握这些核心技术,只停留在照搬国外一些已经或将要淘汰的比较落后的技术上,这使得我国国产车辆的核心竞争力较低。因此,本文使用具有 eCAN 总线模块的 TMS320F2812 作为主控制器^[2],搭建了一个电控悬架的控制系统。

1 系统介绍

1.1 TMS320F2812 处理器

TMS320F2812 集微控制器和微处理器于一体,具有强大的控制和信号处理能力,具有 8 级流水线操作,

运行速度可达到 100 MI/s,是一款 32 位的定点处理器。与车辆控制中应用的 32 位处理器 TC1796 等相比^[3],TMS320F2812 集成了 Flash 存储器、快速 A/D 转换器、增强的 CAN 模块、事件管理器、正交编码电路接口和多通道缓冲串口设备等,适用于电机等高速实时控制的工业控制领域,其中 PWM 是专门为控制电机而设置的。处理器的捕获单元 CAP 能够很好地采集车速等信号,且片内外设的正交编码 QEP 单元,非常适合转向盘转角传感器信号的处理,减少了处理器的负担,同时提高了控制精度。近年来,DSP 在汽车中的应用也逐渐成熟,如在电子动力转向、引擎爆震检测和消除、碰撞避免以及底盘控制中的电控悬架等领域,均已得到了广泛的应用。

1.2 系统控制简介

电控空气悬架系统是空气弹簧和电子控制减振器的结合体。控制系统通过车身高度传感器检测当前的车高,并通过车身速度传感器检测当前的车速。DSP 处理器的捕捉单元捕捉车身速度传感器的信号,并根据车速信号计算出目标车高,同时将目标车高与所检测到的车高信号进行对比,得出对比值。DSP 处理器通过检测得到的储气罐压力传感器的压力值对比值进行修正,并计算得出电磁阀在此时压力下的开启时间,最后通过 DSP 处理器的 GPIO 单元输出信号,以控制

修改稿收到日期:2010-08-10。

第一作者石维佳,男,1958年生,2000年6月毕业于东北大学机械设计专业,获博士学位,教授;主要从事汽车电子控制技术、摩擦学方面的研究。

电磁阀的开启和关闭^[4]。电磁阀开启时将气体注入(排出)半主动悬架的主气缸,以升高(降低)车高。DSP 的显示模块用来显示目前的运行状况,通信模块用于故障诊断和维修。系统控制模块图如图 1 所示。

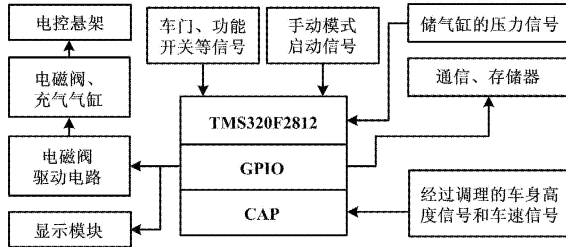


图 1 悬架控制器硬件功能模块图

Fig.1 Function modules in hardware of the suspension controller

1.3 车身高度传感器

要实现对车身高度的精确控制,使用合适的车身高度传感器极其重要^[5]。如图 2 所示,高度传感器由一根高度控制杆带动传感器的转轴转动,高度控制杆连接在车身上。转轴上固定一个开有许多窄槽的圆盘,圆盘两边装有 4 组光电耦合器。车高变化时,通过高度控制杆可使转轴转动。在每一个高度,4 组光电耦合器可感应出 4 组脉冲信号,通过每组 4 个传感器所输出的脉冲信号的组合反映车身的高度范围。其中,Tr₁ ~ Tr₄ 表示 4 组光电耦合器。

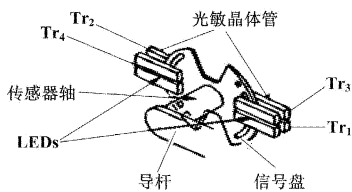


图 2 车高光电传感器

Fig.2 Photoelectric height sensor

将车高分成 16 个状态,通过检测 4 个光电开关不同的状态,来判断实际车高的状态。当信号盘的开口处于光电耦合器之间时,光电耦合器处于导通状态;当信号盘的非开口区处于光电耦合器之间时,信号盘遮挡住了光耦所发射的光束,光电耦合器处于断状态。光电开关的通断状态如图 3 所示。

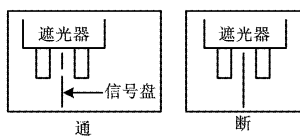


图 3 光电开关的通断状态

Fig.3 Photoelectric switch's on and off state

表 1 为传感器的信号开关状态与车身高度的关

系,其中,1 和 0 分别表示光电开关的通断状态。

表 1 光电耦合元件的状态与车高对照表

Tab.1 Status of photoelectric device vs. height of vehicle

光电开关通断状态					车高实际状态
Tr ₁	Tr ₂	Tr ₃	Tr ₄		
0	0	1	0	15	过高
0	0	1	1	14	过高
1	0	1	1	13	高
1	0	1	0	12	高
1	0	0	0	11	高
1	0	0	1	10	普通
1	1	0	1	9	普通
1	1	0	0	8	普通
1	1	1	0	7	普通
1	1	1	1	6	低
0	1	1	1	5	低
0	1	1	0	4	低
0	1	0	0	3	低
0	1	0	1	2	过低
0	0	0	1	1	过低
0	0	0	0	0	过低

2 控制系统电路设计

2.1 车身高度的检测与判别

车身高度传感器的主要检测器件为光电开关,且输出 7 V 的电压信号。将车身高度传感器中的光电开关信号通过运算放大器 LM324N 的反向输入端输入到运算放大器中,然后通过滑动变阻器的分压来控制正向输入端的电压,并通过滑动变阻器来调节输出信号的脉冲宽度。经过 LM324 的后级调理电路,最后经过施密特触发器 CD40106 的处理,便可以输出能够被处理器识别的 TTL 方波。处理器的信号 CAP 单元实时检测 4 个车身高度传感器中的光电开关的通断状态,并将所检测的 4 个光电开关的通断状态与表 1 中的 4 个光电开关的通断状态进行对比,就可判断出此时的车高状况。若 4 个传感器中的光电开关的输出为“1, 0, 0, 1”,则可判断此时的车身高度为普通高度状态。单个检测电路如图 4 所示。

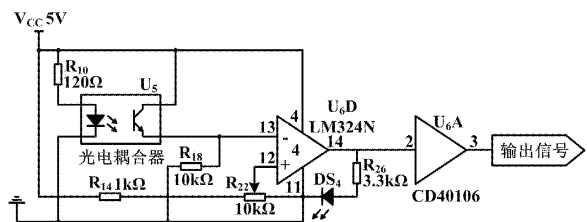


图 4 车高检测电路

Fig.4 Detection circuit for height of vehicle

2.2 速度的检测与计算

速度检测电路如图 5 所示。图 5 中虚线框内的电路部分为车速传感器部分,为第一级光耦。由于输出通过长线时,会引入电磁干扰,于是加上第二级光耦进行隔离。通过第二级光耦的输出信号控制三极管基极,即通过控制三极管的开关来控制三极管的基极输出相应的高低电平信号,从而充分保证了信号的可靠性和抗干扰性。

为保证输出严格的 TTL 电平,最后通过施密特触发器 CD40106 的调理,直接输入到处理器进行处理。光耦合器以光为媒介传输电信号,对输入、输出电信号有良好的隔离作用,在各种电路中得到广泛的应用。

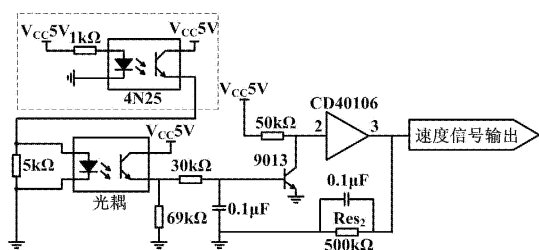


图 5 速度检测电路

Fig. 5 Speed detection circuit

处理器的 EVA 模块的 CAP 捕获单元能够捕获车速信号,则通过设置寄存器检测上升跳变沿,计算 2 s 内的跳变沿个数,且根据下式即可得到车速信息。

$$V = 2\pi Rn \times 1.8/4$$

式中: V 为车速, km/h; R 为车轮的半径, m; n 为 2 s 中的跳变沿个数; 4 表示车轮每转动一周的脉冲个数。

2.3 电磁阀驱动电路

电磁阀驱动电路如图 6 所示。

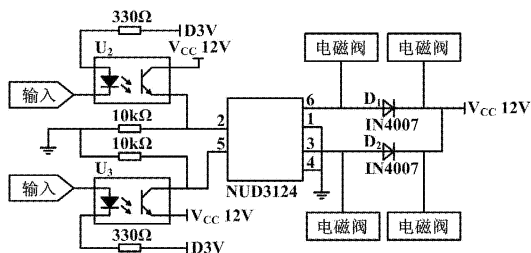


图 6 电磁阀驱动电路

Fig. 6 Driving circuit of solenoid valve

在控制过程中,气缸通过向空气悬架的主气室冲放气来实现对车高的控制,这需要通过电磁阀来进行控制。电磁阀只有满足一定的电流和电压才能够准确工作,且电磁阀为感性负载,在控制过程中会产生较强的电磁干扰,影响控制信号的准确性。因此,在电磁阀与控制器之间加上光电耦合器件(光电开关)进行电气隔

离,以提高电路的可靠性和抗干扰能力。

电磁阀的功率为 3 W,工作电压为 24 V,使用集成式继电器驱动器 NUD3124 完全能够满足系统的要求^[6]。NUD3124 的两个输入端口直接与 DSP 的 GPIO 口相连接。当 DSP 的 GPIO 口输出为低电平时,光电开关导通,NUD3124 端口 2 输入为高电平,FET 导通,继电器启动;当 DSP 的 GPIO 口输出为高电平时,NUD3124 端口 2 输入为低电平,FET 截止,继电器线圈停止工作。NUD3124 中的保护齐纳二极管能够抑制线圈开时的电压尖峰,二极管 IN4007 能够实现续流功能。

3 软件设计流程图

硬件的搭建需要软件来实现,设计的主程序流程图如图 7 所示。

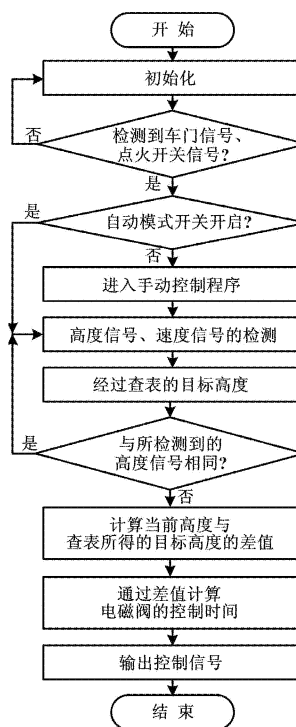


图 7 主程序流程图

Fig. 7 Flowchart of main program

按照流程图,采用 DSP 中的开发软件 CCS 对控制程序进行编写。软件设计的主要模块包括主程序模块、初始化模块、车门检测模块、点火开关检测模块、运动模式选择模块、车身高度检测模块、车辆行驶速度检测模块、信号处理模块和液晶显示模块等。其中,在主程序中,首先进入车门检测模块和点火开关检测模块,只有在车门关好和点火开关处于开通位置时系统才能够工作。其次进入运动模式选择模块,DSP 处理器通过检测模式开关来选择工作的程序。若选择自动调节模式,则

通过车高和车速的检测来确定目标车高,并与当前的车高进行对比,自动对车高进行控制。在车身高度检测模块中,处理器通过所检测到的气缸的压力信号对所检测到的车高信号进行反馈调节,并在信号处理模块中进行处理,得出此时的车高控制信号。车辆行驶速度模块主要用来选定一定车速下的车身高度,如在车速超过 120 km/h 25 s 后,控制器便执行降低车身高度的命令来降低车身高度。显示模块用来显示当前车高和行驶状态,使驾驶员对控制器的运行状态一目了然。在进行程序下载时,通过仿真器将程序烧写至控制器。

4 Multisim 仿真

图 8 所示为高度传感器处理电路的输出信号的模拟。其中,信号 1 为经过施密特触发器的输出信号,信号 2 为激励触发模拟信号,信号 3 为未经过施密特处理的信号。

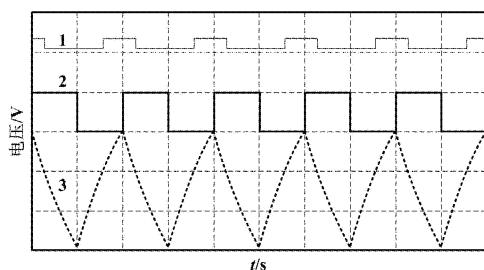


图 8 高度传感器的信号模拟

Fig. 8 Signal simulation of height sensor

在对信号进行模拟时, Multisim 通过设置 1 个 50 Hz、7 V 的时钟电压源来模拟光电开关的开关状态。通过设置阈值电压得到的模拟电平能够很好地满足

TTL 电平的要求;调节变阻器 R_{22} 的值,可改变输出信号的宽度,满足处理器检测的要求^[7]。

通过模拟,该电路输出的信号达到了预期的效果。车速信号的仿真原理与车身高度信号的仿真原理相同,由于篇幅的限制,这里不再作详细的介绍。

5 结束语

以在局域控制及电动机控制领域普遍应用的 TMS320F2812 为控制器,并综合考虑电路的经济性、普遍性和可靠性,重新构建了一个以电控悬架为控制对象的车身高度控制器。Multisim 模拟仿真结果表明,悬架控制系统各个电路的传感器的信号在经过设计电路的采集和处理后均能满足 DSP 处理器对信号的要求,从而使处理器能够比较准确地对悬架进行控制。通过对控制流程程序的初步设计,其中虽然存在一些细微的问题,但是基本能够实现对悬架较满意的控制。

参考文献

- [1] Kim H J, Yang H S, Park Y P. Improving the vehicle performance with active suspension using road-sensing algorithm [J]. Computers and Structures, 2002, 80(18-19): 1569-1577.
- [2] 苏奎峰,吕强,常天庆,等. TMS320X281X DSP 原理及 C 程序开发 [M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008:121-364.
- [3] 张正南,陈林. 汽车集成电路及其应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2008:67-123.
- [4] 刘惟信. 汽车设计 [M]. 北京:清华大学出版社,2001:492-517.
- [5] 刘建民. 现代轿车电控技术与疑难杂症诊断 [M]. 北京:国防工业出版社,2005:361-372.
- [6] 王炳,杨宇卿,柯龙章. 基于飞思卡尔 MCU 的汽车电控悬架系统的设计 [J]. 微电子学,2008,38(6): 865-868.
- [7] 郭锁利. 基于 Multisim 9 的电子系统设计、仿真与综合应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,2008:20-248.

(上接第 72 页)

术上实现了以下功能:

- ① 实现了对压力传感器模拟量信号及阀瓣开启音频信号的高速高精度采集;
- ② 避免了传统方法中可能出现的阀瓣开启后压力突变而产生的误差,并确保了在线校验的安全性;
- ③ 操作方便、界面美观;
- ④ 校验数据结果的查询与输出方式便捷灵活;
- ⑤ 实现了对数据的共享与管理;
- ⑥ 具有体积小、功耗低、可靠性高和方法灵活等特点,非常适合应用于复杂环境中的安全阀校验。

在工业控制领域,尤其是石油化工行业中,该便携式安全阀自动调校仪的安全阀校验工作中具有很好的实用价值和推广价值。

参考文献

- [1] 朱晓,文小玲,庾文斌,等. 弹簧安全阀压力整定装置的设计 [J]. 自动化仪表,2009,30(11): 70-73.
- [2] 蔡创明. 回座压力校验装置的研制 [J]. 中国化工装备,2007,9(2): 43-45.
- [3] 李正军. 计算机测控系统设计与应用 [M]. 北京:机械工业出版社,2004.
- [4] 胡健. 单片机原理及接口技术 [M]. 北京:机械工业出版社,2005.
- [5] 陈涛. 单片机应用及 C51 程序设计 [M]. 北京:机械工业出版社,2008.
- [6] Marshall D. Visual C#2008 核心编程 [M]. 施平安,王净,蔡兴泉,译. 北京:清华大学出版社,2009.
- [7] Davidson L, Kline K, Klein S, et al. SQL Server 2008 数据库设计与实现 [M]. 程桦,张绪业,等,译. 北京:人民邮电出版社,2009.