

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2018.01.021

基于自动变速器的线控换挡控制器开发

陈振文,何晓妮,范汉茂,谭火南,刘志刚

(广州汽车集团股份有限公司 汽车工程研究院,广东 广州 511434)

摘要:针对传统换挡器体积大、布置位置死板、需要增加过孔影响驾驶室噪声控制,同时无法支持智能泊车和智能驾驶功能开发、实现等问题,对换挡机构、摇臂驱动方式等方面进行研究,对驾驶员换挡习惯、换挡策略、故障诊断和跛行处理进行了归纳,提出了一种基于双16位单片机的线控换挡系统。该系统用电子信号代替了机械位置信号识别档位,用电机驱动代替了传统机械式拉索,能快速识别当前车辆的档位状态,通过电机闭环控制实现精准换挡和档位信息显示。研究表明:该系统可消除传统机械部件与变速箱联动的约束,极大提高了设计自由度,可有效减少机械磨损、降低部件复杂性,使换挡机制灵活多变、响应快、操作灵敏。

关键词:线控换挡器;自动变速箱;控制器设计;实车测试

中图分类号:TP273;U463.212

文献标志码:A

文章编号:1001-4551(2018)01-0110-05

Development of wire-controlled shift controller based on automatic transmission

CHEN Zhen-wen, HE Xiao-ni, FAN Han-mao, TAN Huo-nan, LIU Zhi-gang

(Automotive Engineering Institute, Guangzhou Automobile Group Co., Ltd., Guangzhou 511434, China)

Abstract: Aiming at the problems such as large volume of traditional shifter, layout position rigid, the impact of cab noise control because of increasing hole, and can not support intelligent parking, intelligent driving function development and implementation and other issues, the shift mechanism and rocker driving method were studied. The driver's shift habits, shift strategy, fault diagnosis and limping were summarised, a wire shift control system based on dual 16-bit microcontroller was proposed. The electronic signal instead of the mechanical position signal was used to identify gear information, and motor-driven was used instead of the traditional mechanical zipper, can quickly identify the current vehicle and stall state, through the motor closed-loop control to achieve accurate shift and gear information display. The results indicate that the system eliminates the constraints of traditional mechanical parts and gearbox linkage, greatly improve the design freedom, can effectively reduce the mechanical wear and tear, reduce the complexity of parts. And the shift mechanism is flexible and responsive.

Key words: wire-controlled shifter, automatic transmission; controller design; vehicle test

0 引言

传统换挡器都是通过拉锁推动或拉动自动变速箱摇臂实现换挡,而线控换挡器取消了机械式拉锁,直接采用电机推动或拉动自动变速箱摇臂实现换挡。一方面减少传统机械式结构的磨损,换挡器体积小,换挡机制灵活多变,可极大程度地满足内饰造型需求;另一方面线控换挡器可实现电控换挡,为智能驾驶奠定基础。

目前,线控换挡器主要应用在高端车型和新能源车。随着汽车的智能化和电子化,以及辅助驾驶和无

人驾驶的需求,各大零部件商正在大力研发,线控换挡技术也将得到普遍应用。

本研究将介绍换挡器的系统结构、硬件开发及控制策略^[1-2]。

1 总体设计

线控换挡系统包括换挡器和执行器两部分。换挡器为换挡杆操纵机构,整个线控换挡系统的控制部分安装在换挡器里面,包括线控换挡主控制器 SCM,档位指示 LED 部分和按键部分。执行器为电机驱动部

收稿日期:2017-02-24

作者简介:陈振文(1981-),男,广东汕尾人,主要从事汽车传动系统及辅助系统开发方面的研究。E-mail:chenzw@gaei.cn

分,安装在发动机舱,跟变速箱换挡摇臂连接。

换挡杆行程为 H 型,包括 P\R\N\D\M + \M - 6 个档位位置。换挡杆纵向位移由霍尔传感器识别,横向位移由机械开关识别,结合霍尔信号和机械开关信号可准确识别换挡杆位置,获得目标档位。SCM 根据目标档位驱动电机,推动变速箱换挡摇臂到相应位置,完成换挡过程。同时,SCM 将当前档位信息发送到 CAN 总线。为实现精准换挡,在电机执行机构上安装角度霍尔传感器,与 SCM、电机组成闭环控制系统。

系统结构图如图 1 所示。

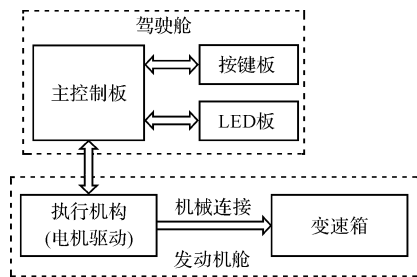


图 1 系统结构框图

线控换挡器实物图如图 2 所示。



图 2 线控换挡器实物图

2 软件设计

换挡器软件功能主要包括挡位判断、挡位显示、电机闭环控制,故障诊断、挡位自学习和车辆状态逻辑判断等^[3]。

(1)点火开关上电后,软件初始化,使档位默认处于 P 挡中;

(2)初始化完成后,当换挡杆输入任何挡位时,首先软件需判断车辆状态逻辑(如车速、刹车信号、门锁信号、故障信号等)是否满足进入该挡位条件,若满足,则直接进入挡位识别;若不满足,则重新输入挡位;

(3)车辆状态逻辑满足条件后,进行挡位识别判断。若输入挡位正确,则 LED 显示该挡位,并驱动电机执行机构使变速箱达到该挡位;若输入挡位不正确,则 LED 不显示并忽略,执行机构不执行;

(4)在执行机构操作控制时,通过安装在执行机

构位置的霍尔传感器检测当前角度,来判断当前机构是否执行到位。霍尔传感器输出信号为 PWM 波,其占空比与旋转角度成线性关系,即每个角度对应一个占空比值。霍尔传感器输出 PWM 波的占空比与目标挡位所需的占空比进行比较,形成闭环控制;若误差在 1°以内,则判断执行机构已到当前挡位,若误差大于 1°,则继续进行电机 PID 调节控制,直至目标挡位值;当霍尔传感器输出占空比达到目标值后,判断电机执行在当前稳定状态时间,若时间大于等于 0.1 s,则表示该挡位执行到位,并停止控制电机,结束换挡;若时间小于 0.1 s,则表示该挡位未执行到位,仍需继续进行电机 PID 控制稳定,直至完成该挡位换挡过程并结束换挡。

软件流程图如图 3 所示。

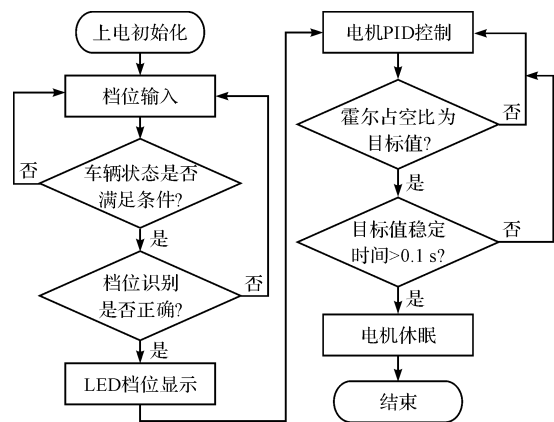


图 3 软件流程图

3 硬件系统设计

硬件结构框图如图 4 所示。

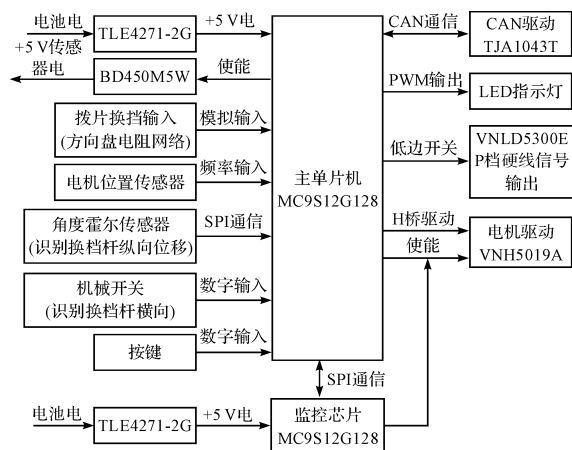


图 4 硬件结构框图

系统选用两片飞思卡尔 16 bit 单片机 MC9S12G128,两个芯片之间通过 SPI 通信相互校验,确保系统安全运行^[4]。MC9S12G128 现阶段应用非常广泛,主频为 24 MHz,128 K Flash,10 个 12 bit 的 AD 通道,8 个 8 bit

的 PWM 波。各个电路模块的详细介绍如下：

3.1 电源电路

电源模块结构框图如图 5 所示。

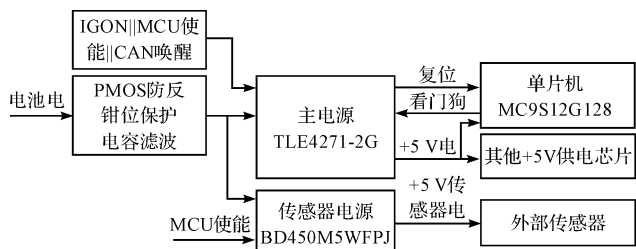


图 5 电源结构框图

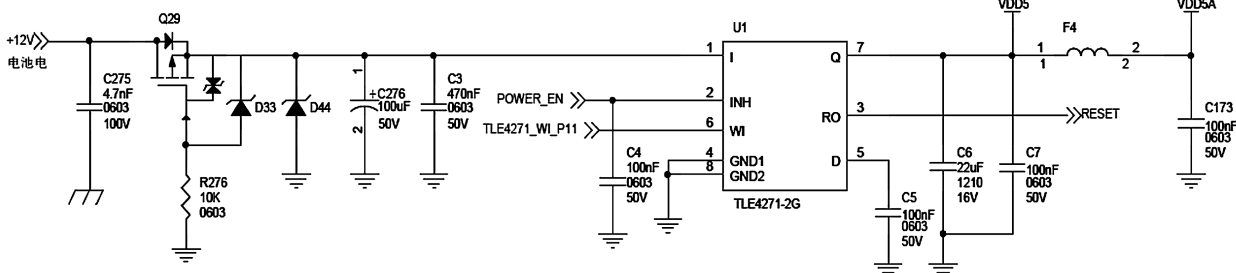


图 6 TLE4271-2G 外围电路

其输入引脚 I 前端为 PMOS 防反和 TVS 管钳位滤波电路。WI 引脚为看门狗输入, MCU 需定期输入高电平信号, 否则电源芯片将会拉低复位引脚。INH 引脚为输入使能, 点火信号、CAN 唤醒信号和单片机使能信号经过或门后输入到 INH 引脚。RO 引脚为复位输出, 复位时间由 C5 决定。Q 引脚为 5V 输出, VDD5 用于给单片机 IO 口和 CAN 驱动芯片等供电, VDD5A 用于给 AD 采集模块供电, 两者之间通过磁珠 F4 隔离。

3.2 信号输入电路

3.2.1 模拟输入

换挡拨片为外部模拟输入信号, 安装在方向盘上, 用于实现加减档功能。该信号为电阻网络, 采集电路需匹配 1 k 上拉电阻到 +5 V。

模拟采集电路如图 7 所示。

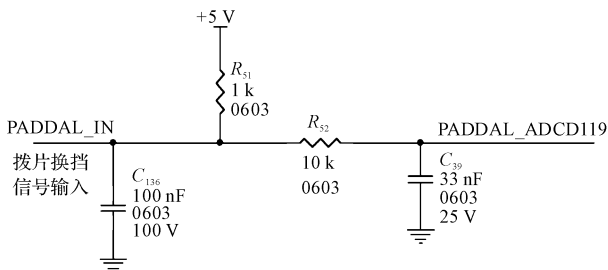


图 7 模拟采集电路

主单片机和监控单片机采用独立的电源供电, 用两个英飞凌的 TLE4271-2G。外部传感器供电采用一个 ROHM 的 BD450M5WFPJ, 与 PCB 板上的供电分开, 以免外部因素影响内部电源。

TLE4271-2G 是一款低静态电流、能够承受 42 V 电压的 LDO, 输出电压精度可达到 2%, 最大输出电流为 550 mA, 用于给 MCU、CAN 驱动以及其他外围电路供电^[5]。BD450M5WFPJ 主要为外部电机位置霍尔传感器和 LED 灯供电, 带使能关断功能, 可由单片机控制其关断, 以减少静态电流^[6]。

TLE4271-2G 的外围电路如 6 所示。

其中, R_{s2} 为限流电阻, 与 C_{39} 组成低通滤波, 提高采样精度。另外还需模拟采集 +5 V 传感器电和 +12 V 电池电, 以实时监控系统供电^[7]。

3.2.2 数字输入

机械开关和按键都是数字输入信号, 低电平有效, 接口电路如图 8 所示。

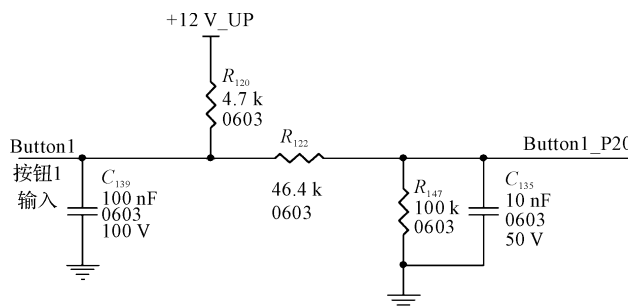


图 8 数字信号输入电路

输入信号为低有效, 所以采用上拉电阻。一方面为端口提供默认高电平, 另一方面可保证开关湿电流, 确保开关接触良好。电阻 R_{122} 和 R_{147} 组成分压电路, 以满足单片机口电平约束。

3.3 霍尔传感器模块

(1) 电机位置霍尔传感器集成在电机内部, PWM 输出方式, 信号抗干扰性强, 适合长距离走线, 单片机通过捕获模块计算 PWM 占空比, 获取电机转速, 另一

方面通过 AD 采集该信号,检测短路到地、短路到电源和开路故障;接口电路如图 9 所示。

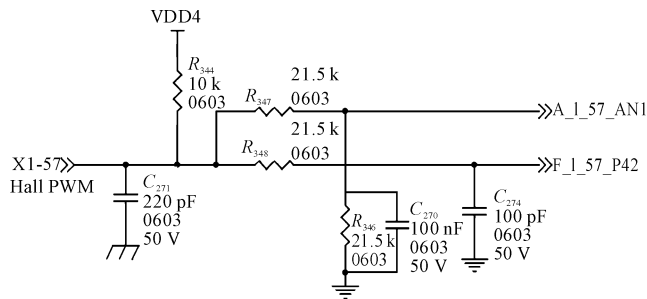


图 9 PWM 信号输入电路

(2)操纵杆纵向位置霍尔传感器选用 Melexis 的 MLX90363。该系列传感器采用磁通压缩技术,将平行芯片的磁场转换为穿过芯片的正交磁场,能实现 3D 角度的识别,广泛应用于汽车无接触旋转定位场合。MLX90363 自带诊断功能,单片机可直接通过 SPI 口读取角度和故障信息,方便可靠。另外集成双路识别功能,保证功能设计的冗余性和安全性^[8]。

4 实车验证

本研究将线控换挡控制器 SCM 与换挡机构总成安装到测试车辆,进行线控换挡器全功能测试。搭载的车型为广汽传祺 AL,变速箱为爱信 6F45,根据广汽企业标准进行控制器和整车耐久试验。

采用孔辉科技的换挡性能测试系统用于车辆静止或者动态行驶过程中对换挡操纵性能进行测量。主要包括换挡手柄力、换挡手柄的换挡和选档位移、离合器踏板行程与力、变速箱输入轴和输出轴转速,同时还预留对温度、振动信号采集的通道接口。

性能测试现场如图 10 所示。

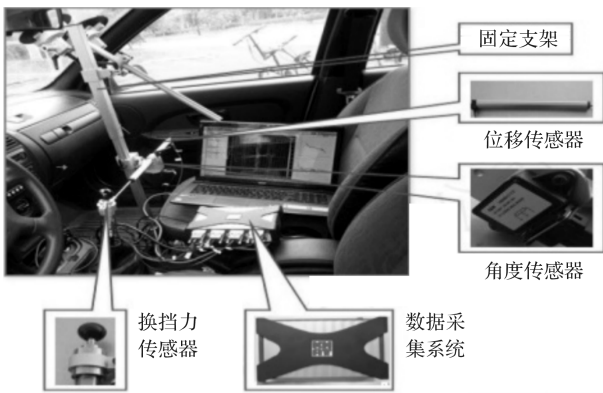


图 10 换挡性能测试

测试系统参数如表 1 所示。

表 1 换挡测试系统参数

测量参数	量程	综合精度
抵档位移	250 mm	≤0.5% FS
选档位移	250 mm	≤0.5% FS
换挡手柄力	F_x : 200 N ~ 500 N	≤0.3% FS
	F_y : 200 N ~ 500 N	
	F_z : 200 N ~ 500 N	
离合踏板行程	200 mm	≤0.1% FS
离合踏板力	F_z : 500 N ~ 1000 N	≤0.5% FS, 小于 110 g

通过总线工具采集的测试结果如图 11 所示^[9]。

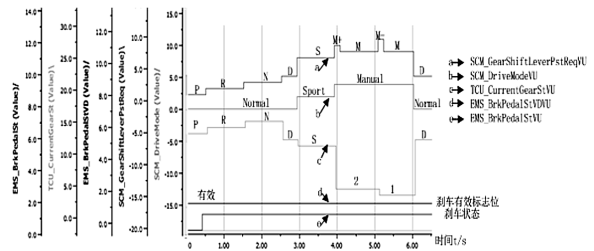


图 11 实车测试结果

SCM_GearShiftLeverPstReq—换挡杆需求档位;

TCU_CurrentGearSt—当前变速器实际档位; SCM_DriveMode—驾驶模式

0 ~ 0.5 s 为 P 当解锁控制逻辑验证,可以看到当刹车踩下等条件满足后,可以顺利从 P 挡脱开移至 R 挡;

SCM_Gear Shift Lever PstReq 与 TCU_Current Gear St 组合显示为在 0 ~ 6.5 s 时档位切换验证,可以看到随着换挡杆目标挡位的不同,总线输出不同的档位,同时 TCU 档位实时跟随变化,且跟随变化换挡完成时间都在 0.1 s 以内;

SCM_Gear Shift Lever PstReq 与 SCM_Drive Mode 组合显示为部分驾驶模式切换验证,可以看到驾驶模式在 Normal、Sport、Manual、Normal 之间正常切换。当在 Sport 模式时,换挡杆输入 M + 或者 M -, 驾驶模式自动切换成 Manual 模式。

5 结束语

针对传统机械式换挡器,本研究设计了一种线控换挡器,详细介绍了软件、硬件以及故障诊断的设计开发。结果表明:电机闭环控制系统能根据当前车辆信息和驾驶员指令实现精准控制,并正确显示档位信息。

其次,本研究设计了故障诊断逻辑和档位自学习方法,试验结果表明:线控换挡系统有效降低了部件复杂性,机械磨损少。

参考文献 (References):

[1] 黄 蒙,吴光强. 自动变速器换挡杆电子控制器设计研究[J]. 测控技术,2011(4):63-66,69.

[2] 查晓辉. 汽车无极变速传动系统的电子控制单元的研究

- [D]. 重庆:重庆大学机械学院,2004.
- [3] 和卫民. 基于 AMT 的换挡手柄 ECU 的系统设计[D]. 长春:吉林大学机械工程学院,2006.
- [4] 王宜怀,刘晓升. 嵌入式系统——使用 HCS12 微控制器的设计与应用[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,2008.
- [5] 陈彩霞. 汽车电子排档控制系统设计[D]. 长沙:湖南大学电气工程学院,2013.
- [6] Melexis. MLX90363 triax magnetometer IC with high speed serim interface[M]. Tessenderlo: Melexis,2013.
- [7] 杨胜兵,严新平,吴超仲,等. 基于 CAN 总线的汽车换挡检测系统设计[C]. 2009 中国汽车工程学会年会,北京:中国汽车工程学会,2009.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

陈振文,何晓妮,范汉茂,等. 基于自动变速器的线控换挡控制器开发[J]. 机电工程,2017,35(1):110-114.

CHEN Zhen-wen, HE Xiao-ni, FAN Han-mao, et al. Development of wire-controlled shift controller based on automatic transmission[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2017,35(1):110-114. 《机电工程》杂志;http://www.meem.com.cn

(上接第 109 页)

聚乙烯管道电熔接头超声相控阵检测成像实验所用的设备同样采用汕头超声仪器研究所研发生产的 SUPOR-32PT 型超声成像检测仪,聚乙烯管道公称直径和有限元模型一样为 160 mm,标准尺寸比 SDR 值也为 11,该电熔接头包含一个孔洞缺陷。聚乙烯管道电熔接头的线性 B 型扫描成像结果如图 3(b)所示。实验对聚乙烯管材内壁钻孔缺陷及含孔洞缺陷聚乙烯管道电熔接头进行了超声相控阵检测成像,实验验证了有限元模拟分析结果的正确性。结果表明超声相控阵无损检测技术能够实现超声波束聚焦,使声波能量集中于检测区域,有效解决聚乙烯材料声波衰减系数大的问题。

4 结束语

为了减低聚乙烯管道电熔接头超声相控阵检测成像图的获取成本以及为了快速获得大量的电熔接头超声成像图,本研究利用多物理场耦合软件 COMSOL Multiphysics 对聚乙烯管道电熔接头金属电热丝的超声响应特性进行了有限元分析以及电熔接头超声相控阵成像仿真,并对聚乙烯管材内壁钻孔缺陷及含孔洞缺陷聚乙烯管道电熔接头进行了超声相控阵检测成像实验,验证了有限元模拟分析结果的正确性。采用 Richardson-Lucy 反卷积算法对聚乙烯管材内壁钻孔缺陷超声相控阵成像图进行图像复原处理并取得了良好的复原效果,进一步验证了基于超声傅里叶成像的相控阵成像仿真方法具有一定的可行性。

致谢

衷心感谢福州大学钟舜聪教授课题组的讨论和超声相控阵成像有限元建模的指导。

参考文献 (References):

- [1] 何 旭. HDPE(高密度聚乙烯)管道的性能与施工安装方法[J]. 民营科技,2008(11):170-170.
- [2] LAI H S, TUN N N, YOON K B, et al. Effects of defects on failure of butt fusion welded polyethylene pipe[J]. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**,2016(139-140):117-122.
- [3] LAI H S, TUN N N, KIL S H, et al. Effect of defects on the burst failure of butt fusion welded polyethylene pipes[J]. **Journal of Mechanical Science and Technology**,2016,30(5):1973-1981.
- [4] 徐家怡. 聚乙烯管道焊接接头的超声波检测[J]. 煤气与热力,2011,31(12):29-31.
- [5] 郑津洋,施建峰,郭伟灿,等. 聚乙烯管道电熔接头焊接过程温度场分析[J]. 焊接学报,2009,30(3):5-9.
- [6] 王 卉,郑津洋,郭伟灿,等. 聚乙烯管道电熔焊接接头的超声检测[J]. 压力容器,2007,24(5):45-49.
- [7] SHI J, ZHENG J, GUO W, et al. Defects classification and failure modes of electrofusion joint for connecting polyethylene pipes[J]. **Journal of Applied Polymer Science**,2012,124(5):4070-4080.
- [8] 丁守宝,刘富君. 无损检测新技术及应用[M]. 北京:高等教育出版社,2012.
- [9] 郭伟灿,郑津洋,丁守宝,等. 聚乙烯电熔接头中金属丝成像规律的理论分析与试验研究[J]. 无损检测,2009(11):880-883.
- [10] SHI J, ZHENG J, GUO W, et al. Safety assessment of cold welding defect in electro-fusion joint of polyethylene pipe[J]. **Journal of Pressure Vessel Technology**,2013,135(5):051403.
- [11] 郑津洋,郭伟灿,施建峰,等. 聚乙烯电熔接头冷焊缺陷的超声检测方法[J]. 焊接学报,2008,29(9):1-4.
- [12] HOLMES T J, LIU Y H. Richardson-Lucy/maximum likelihood image restoration algorithm for fluorescence microscopy: further testing[J]. **Applied optics**,1989,28(22):4930-4938.

[编辑:李 辉]