

汽车电子排档系统^①

王 羽, 孙 炜, 周晓翠, 肖 迁

(湖南大学 电气与信息工程学院, 长沙 410082)

摘 要: 介绍了一种作为电控机械式变速箱接口部件的电子排档系统工作原理, 研究了系统的电路结构并设计了软件系统。以霍尔效应为基础, 建立了排档永磁体磁场模型, 并分析了霍尔传感器在电子排档上的应用。最后该系统通过了装车试验, 并取得了良好的控制效果。

关键词: 电子排档; 磁场模型; 霍尔传感器

Electronic Shifter System of Automobile

WANG Yu, SUN Wei, ZHOU Xiao-Cui, XIAO Qian

(College of Electrical and Information Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China)

Abstract: The principle of electronic shifter system, which acts as an electronic mechanical transmission interface components, is studied in this paper. The circuit structure of the system is proposed and the software system is designed. The magnetic field model of permanent column is designed based on Hall Effect and application of Hall Sensor in electronic shifter system is analyzed. Eventually, the system is tested on cars and good control performance is shown.

Key words: electronic shifter; magnetic field model; hall-effect sensor

作为驾驶员的接口部件以及目前主要的 AMT、DCT、CVT 等自动变速器的匹配部件, 与传统采用拉索驱动变速器的自动换档器不同, 电子排档是将驾驶员换档操作意图传输到 TCM 端, 控制自动变速器进行档位变换, 一般根据整车平台要求, 传输信号采用总线传输或者硬线连接。

电子换档的优势在于能够防止由于驾驶者换档误操作而引起对变速器造成的损伤, 纠正驾驶者不良换档习惯。电子排档系统首先运用在 AMT 上, 可允许用安装在方向盘上的档杆来控制换档, 并且驾驶员不需要对离合器进行任何操作。该排档采取手自一体设计, 使得本系统更加人性化。

我国目前的电子排档生产线及主要零部件仍然依靠进口。随着我国越来越广泛融入国际市场, 汽车市场的竞争将变得越来越激烈。我国汽车工业将面临更大挑战, 因此, 开发和研制具有自主知识产权的电子排档, 对于发展民族汽车工业, 提高汽车国产化率, 增强国产汽车的国际竞争力有着重大意义。

1 电子排档系统基本原理

目前常用电子排档的基本原理是在换档杆下端安装一个磁铁, 用磁铁来触发安装在其下面的位置传感器。本系统采用了开关式霍尔传感器。驾驶员拨动换档杆, 磁铁随之移动到不同位置, 感应电路感应此时换档杆的档位, 向控制单元发出信号, 控制变速器切换到相应的档位。电路感应原理如图 1 所示。

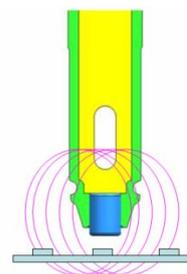


图 1 感应原理

本系统的电子排档共有 A/M、+、-、N 和 R 五个档位。档位示意图如图 2 所示。该排档是手自一体排

^① 基金项目:国家自然科学基金(60905050)

收稿时间:2011-01-25;收到修改稿时间:2011-03-144

档。当汽车启动时，换挡杆从 N 移动到 G 位置，换挡器默认的模式是 A（自动模式），仪表板档位显示区显示“A”，此时踩油门汽车即走，这就是自动挡的模式，TCM 根据此时的车速还有油门的开度控制变速箱换挡，比如 3 档的变速箱，TCM 就控制变速箱在 1~3 档之间切换。当驾驶员想切换到手动模式驾驶时，只需将换挡杆往左打到 A/M 位置，此时换挡器将切换到 M 档，通知变速箱进入手动模式。此时往上或往下移动换挡杆，TCM 控制变速箱进行升档或者降档，同时变速箱会判断此时的车速，如果车速很低，TCM 也不会控制变速箱升到高档位，比如 3 档。如果再往左打到 A/M 位置，换挡器又将输出 A 档，即与存储的前一位置进行比较，将采集的数据进行处理和对比，在 A 和 M 之间切换。

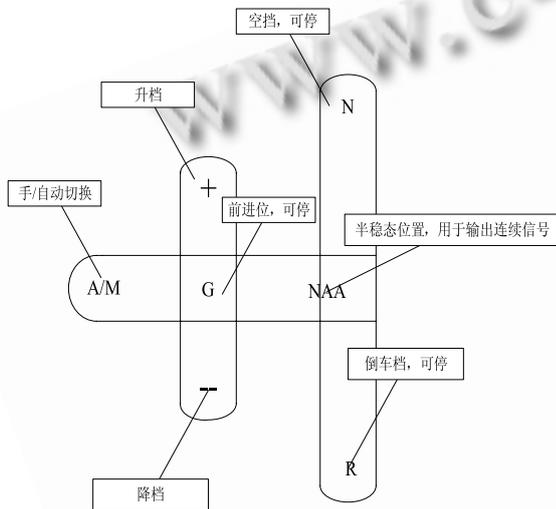


图2 档位示意图

2 传感器简介与分析

2.1 传感器的介绍

日新月异的传感器技术正在广泛的应用到汽车中，有调查表明，在 2010 年，平均每一辆汽车中装载的传感器数量将达到 150 个。车用传感器大致可以分为 3 类：动力系统、安全管理系统和车身舒适系统传感器。其中动力系统传感器市场所占比例最大，也体现了汽车传感器的最先进技术。

车用传感器的类型有很多种，有电磁式和霍尔式。电磁式的特点是造价较低，安装方便，但是缺点也很明显，易于受外界干扰，精度不高。而霍尔传感器稳定性好，抗干扰能力强，精度高，因此在本系统中开关式霍尔传感器更加符合功能要求。

2.2 传感器的选型

本系统中采用的是开关式霍尔传感器 A3241 来获取档杆的位置信息。A3241 是一种数字输出的霍尔效应开关，适合于在温度范围高达 150°C 的场合工作。该器件由于采用了 Allegro 公司的专有动态偏置抵消技术，大大的减小了由于温度漂移，热应力等引起的固有失调电压，使得其具有较高的温度稳定性^[1]。A3241 内置有电压稳定器，小信号放大器，温度斩波电路，斯密特触发器和带短路保护的集电极开路输出。因此，A3241 具有极高的温度稳定性，极低的开关点漂移，能避免物理应力影响，输出短路保护，反向电源保护，较高的 EMC 性能，较高的 ESD 等级，宽工作电压范围 3.6~24V 等优点。这些优点保证了 A3241 能准确地感应其上的磁场强度，并转换为相应的电压输出。然后 MCU 模块就根据九个传感器的输出判断此时档杆所在的位置。

该传感器的输出如图 3 所示，Bop 和 Brp 分别为传感器的动作点和释放点^[1]。

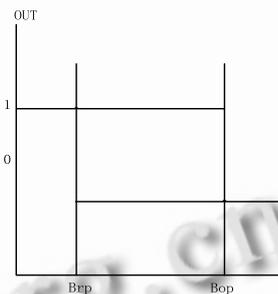


图3 开关型霍尔传感器输出

2.3 该系统中传感器的布局分析

在该电子排档系统中，传感器的布局是整个系统的灵魂所在。传感器的分布需要准确地反映档杆所在的位置，并且不能因为相邻传感器所感应的磁场强度重叠区域而产生错误判断。因此，首先需要建立档杆下圆柱形永磁体磁场模型，对该模型进行仿真，并依照仿真结果建立仿真软件，根据永磁体相关参数及开关式霍尔传感器的触发特点，分析磁体不同位置对传感器输出的影响，以分析永磁体下霍尔传感器的排布。

为求圆柱永磁体的空间磁场模型，应用等效磁荷法对圆柱永磁体空间磁场建模^[2,3]。磁场强度计算公式为^[4,5]：

$$\vec{H}(r, z) = \frac{\sigma^*}{4\pi\mu_0} \int_{\theta=0}^{\theta=2\pi} \int_{r_1=0}^{r_1=R} \frac{(r-r_1 \cos\theta)\vec{\mu}_z - r_1 \sin\theta\vec{\mu}_\theta + (z-z_1)\vec{\mu}_z}{(r^2+r_1^2-2r_1 r \cos\theta + (z-z_1)^2)^{3/2}} r_1 dr_1 d\theta$$

其中, μ_r, μ_θ, μ_z 分别是 r, θ, z 三个方向的磁场分量, $H_\theta^{(3D)}(r, z) = 0$

$$H_r^{(3D)}(r, z) = \frac{\sigma^*}{2\pi\mu_0} \frac{\sqrt{(R+r)^2 + (z-h)^2}}{r} \times \left(1 - \frac{k_1^2}{2}\right) K^*[k_1] - E^*[k_2] - \frac{\sigma^*}{2\pi\mu_0} \frac{\sqrt{r^2 + (z-h)^2}}{r} \times \left(1 - \frac{k_1^2}{2}\right) K^*[k_2] - E^*[k_2]$$

$$H_z^{(3D)}(r, z) = \frac{\sigma^*}{4\pi\mu_0} (Y(\theta_2) - Y(\theta_1))$$

根据所建立的磁场模型设计磁场分析软件, 用 Matlab GUI 设计软件界面, 软件如图 4 所示。在此软件中可由磁体位姿与传感器的位置确定传感器的触发状态与触发范围。经软件分析可得, 在电路板中, 开关式霍尔传感器的分布如图 7 所示。由于开关式霍尔传感器的输出有回滞区 (见图 3), 因此除了在各档位的极限位置, 我们在连续的档位之间增加了三个霍尔传感器, 用于输出连续信号。

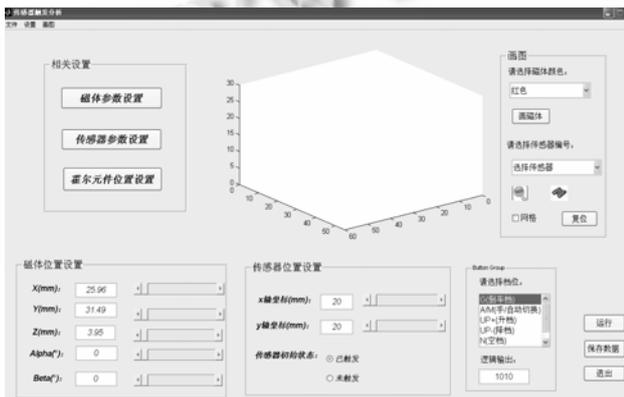


图 4 磁场分析软件

3 硬件电路

电子排档硬件电路分为电源模块, 输出模块, 信号采集模块和 MCU 模块。硬件总体框图如图 5 所示。

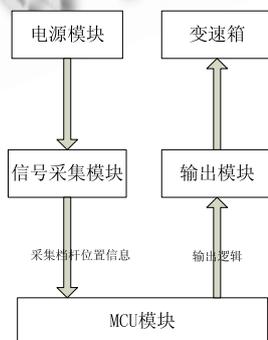


图 5 电子排档电路模块示意图

电子控制单元 MCU 是整个电子排档系统的控制核心。MCU 设计的好坏直接关系到整个电子排档系统的品质^[6]。电子排档系统是典型的实时控制系统, 虽然使用的 I/O 口不多, 但是控制的实时性强。由于汽车工作环境恶劣, 汽车内部元器件所处的环境温度在 $-40 \sim 85^\circ\text{C}$ 之间, 因此对电子控制单元的设计提出了较高的要求。基于上述原因, 本系统选取了 Microchip 公司生产的 8 位单片机 PIC16F631。PIC16F631 是 8 位 COMS 闪存单片机, 它有着精确的内部振荡器, 宽工作电压范围, 增强型低电流看门狗定时器, 增强的位操作能力和较强的运算能力等多种优点^[6]。

3.1 电源模块

图 6 所示的电源模块主要功能是供电以及稳压。在整个控制系统中, 需要供电的器件分为两部分, 一部分是用于单片机等数字器件的供电, 另一部分用于传感器等功率器件的供电。

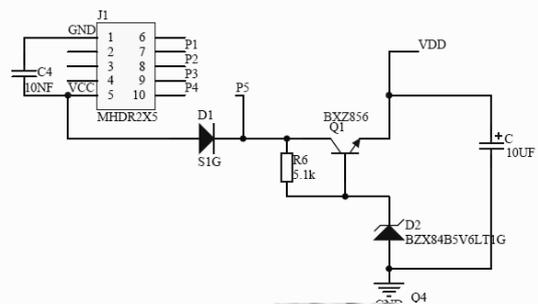


图 6 电源模块

目前一般车载电源是+12V 的直流电源, 而单片机系统大部分芯片要求+5V 直流^[7]。电源供电, 这就要求将车载电源稳定可靠的转换为能够满足单片机系统要求的直流稳压电源。综合考虑性价比问题, 本模块采用三极管和稳压管实现将+12V 降为+5V 电源。该电路中三极管采用大功率 NPN 型的 BXZ856。

电源模块还需要给信息采集模块提供稳定的直流电源。电源经过整流二极管 S1G 保证接入的正向性, 再输出给信号采集模块, 即给开关式霍尔传感器供电, 并保证其正常工作。

3.2 信息采集模块

图 7 所示的信息采集模块相当于电子排档的灵魂部分。这部分的主要功能是由位置传感器 A3241 感应出档杆的位置, 并将相应的位置信息输出给 MCU 模块处理。MCU 模块接收来自信号采集模块的位置信

号,并通过编写软件程序转换为相应的逻辑信号,经由输出模块输出给变速箱。右边九个上拉电阻的作用是提高输出电平,提高芯片输入信号的噪声容限,增强抗干扰以及防止系统复位时引起的不稳定。系统总电路图如图8所示。

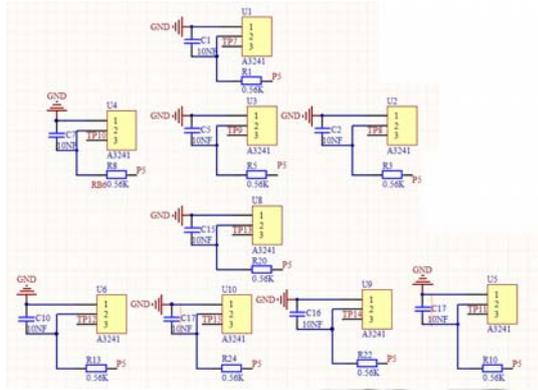


图7 信息采集模块

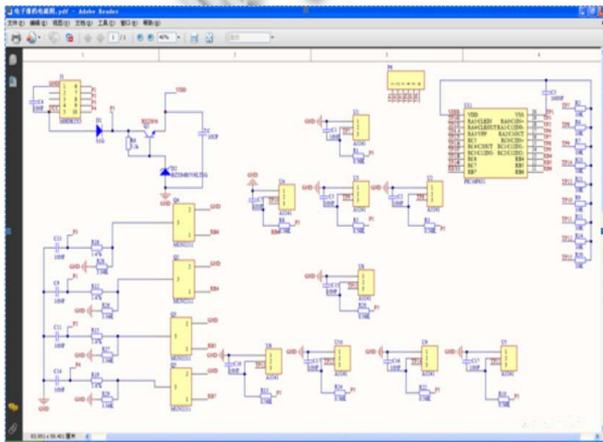


图8 系统总电路图

4 软件设计

本系统主要完成将输入信号转换为指定输出逻辑的功能。具体程序流程图如图9所示。

此软件分为5个子程序和一个主程序。子程序及其功能分别为:

1)端口初始化子程序:此部分主要是配置A、B、C三个端口的输入输出模式。RA4和C端口的8位用于输入采集到的位置信息,B端口的RB4~RB7用于输出逻辑信号。由于在汽车停止时,要求驾驶者将档位挂到N档,否则报警。因此需要将电路板的上电初始化输出设置为N档;

2)延时子程序:此部分运用内部定时器 TIME1 进

行 10MS 的延时。用定时器延时可使延时的时间更加精确,并且不占用工作内存空间;

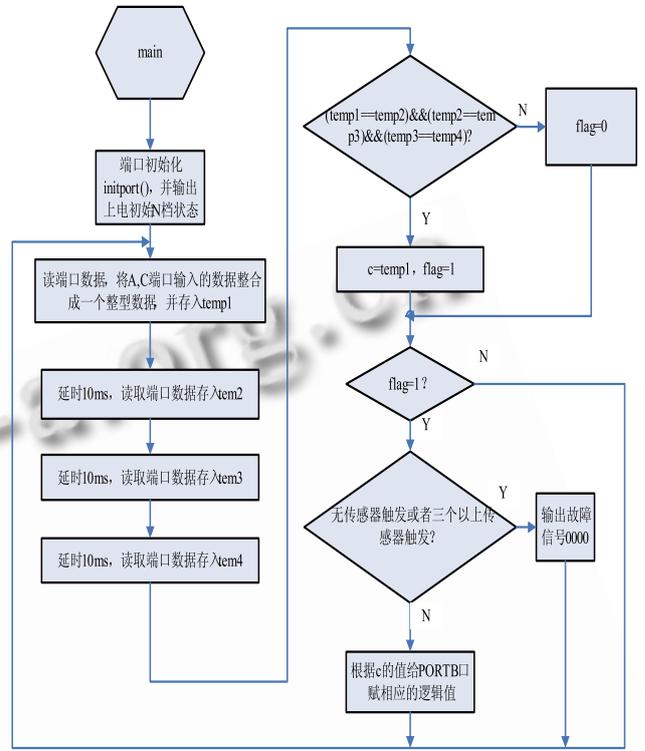


图9 程序流程图

3)读端口子程序:此部分的功能主要是将A和C端口输入的数据进行整合,去掉无效位,取有效位。最后整合成为一个16位的整型数据(前四位是0000),然后进行下一步操作;

4)判断端口数据是否有效子程序:在电子排档的使用过程中,即程序运行时,端口采集到的数据有可能会因为操作人员的手抖动、档位误操作或者是外部干扰等原因而不准确,这时候就需要判断所采取的数据是否有效。我们所采用的方法是每隔10ms便读一组数据,读了四组数据之后就就将它们进行比较,如果这四组数据完全相等则交与下一步操作,否则继续等待、读数、判断;

5)判断触发传感器的个数子程序:本系统的信号采集模块共有9块开关式霍尔芯片,如果在某一时刻有3个以上的霍尔传感器触发我们则认为此时发生了故障,这就需要我们判断某一时刻触发的传感器的个数。我们所采用的方法是判断输入数据中有效数的位数。

5 试验结果

由于变速箱规定了 6 个档位的逻辑信号, 因此我们的电子排档需要与变速箱保持完全的一致。当用户拨动档杆到 G 档时, 排档输出 1010 给变速箱, 变速箱接收到信号后根据行驶条件, 在较大范围内改变汽车行驶速度的大小和汽车驱动轮上扭矩的大小, 其他档位同理。实验室中调试结果如表 1 所示。由于本系统加了三个半稳态位置上的霍尔传感器用于输出连续信号, 所以输出信号分为三类: 有效信号, 无效信号和故障信号。有效信号用于输出给变速箱作出档位判断, 无效信号则用于两个连续档位之间的过渡, 故障信号主要是由不相邻的霍尔传感器触发引起。这三种信号都已在软件中作出了相应的处理。实验室调试结果如表 1 所示。

表 1 电子排档电路实验室调试结果

	档位	触发传感器号	输出逻辑
有效信号	G	3	1010
	G	1,3,4	1010
	G	1,3,2	1010
	A/M	1	0110
	+UP	2	1100
	-DN	4	0101
	N	9,5	1001
	N	5	1001
	R	10,6	0011
无效信号	R	6	0011
	NAA	3,1	0111
	NAA	3,2	0111
	NAA	3,4	0111
	NAA	3,8	0111
	NAA	8,9,10	0111
	NAA	8,9	0111
	NAA	8,9,5	0111
	NAA	8,10	0111
	NAA	8,10,6	0111
	NAA	8	0111
	NAA	9	0111
	NAA	10	0111
NAA	9,10	0111	
故障信号	A/M+N	1,5	0010
	A/M+R	1,6	0010
	+UP+N	2,5	1000
	+UP+R	2,6	1000

	G+N	3,5	1110
	G+R	3,6	1101
	N+R	5,6	1011
	-DN+R	4,5	0001
	-DN+R	4,6	0001
	多于三个传感器触发		1111

实验室调试结果与所提供的逻辑完全一致, 并已通过装车调试, 取得了良好的控制效果。

6 结论

本系统重建了基于开关式霍尔传感器电子排档的硬件电路, 设计了符合功能的软件系统。该系统的单片机采用了 PIC16F631, 在完成功能的同时保证了系统的实时性。采用开关式霍尔传感器 A3241 作为位置传感器, 能准确感应档杆的位置并输出相应的开关信号。建立档杆下磁体的磁场模型, 分析了档杆下霍尔传感器的排布方式。该电子排档的开发为以后一系列同类产品的研究与创新提供了便利。可以展望, 该系统将产生可观的经济效益并具有广阔的应用前景。

参考文献

- 刘畅生. 霍尔传感器实用手册. 北京: 中国电力出版社, 2009.
- 张兴, 方亮, 李国丽, 等. 无线内窥镜中圆柱永磁体建模与仿真. 系统仿真学报, 2007, 19(3): 494-496.
- Furlani EP, Reznik S, Jansn W. A Three-Dimensional Field Solution for Bipolar Cylinders. IEEE transactions on magnetics, 1994, 30(5): 2916.
- Ravaud R, Lemarquand G, Lemarquand V, Depollier C. Analytical calculation of the magnetic field created by permanent-magnet rings. IEEE Trans. on Magnetic, 2008, 44(8): 1982-1989.
- Ravaud R, Lemarquand G, Lemarquand V, Depollier C. Improvement in the Analytical calculation of the magnetic field created by permanent-magnet rings. Progress in Electromagnetic Research C, 2008, 5: 71-82.
- Predko M. PIC 微控制器基础与实践. 北京: 科学出版社, 2007.
- 刘春霞. 客车轻便换挡自学习系统研究及开发[硕士学位论文]. 大连: 大连理工大学, 2009.