

[传感器]

基于单片机的重型货车用雨量光传感器的设计

文/梁成成
山西工程职业学院

设计了一种基于单片机的重型货车用雨量光传感器。阐述了系统设计方案的工作原理，设计了雨量光传感器的硬件模块；制定了重型货车自动刮水器和自动灯光功能控制策略；给出了传感器安装结构方案。该方案传感器集成度高、结构简单及可靠性好，具有一定的实用价值和市场前景。

随着科技的进步和社会的发展，乘用车自动化和智能化程度越来越高。近年来，由于电商迅猛发展、人力成本上涨、重型货车驾驶人年轻化及运输行业安全隐患等因素的影响，重型货车智能化升级迫在眉睫，因此需要越来越多地采用传感器等电子元件。

汽车雨量传感器也称为车用感雨传感器，相当于自动刮水器的眼睛，是汽车自动刮水器功能的核心部件。光照传感器也称为环境光传感器，相当于自动大灯的眼睛，是汽车自动灯光功能的核心部件。雨量传感器与光照传感器集成于一体，被称为雨量光传感器（Rain Light Sensor，RLS），它是汽车电子工业中的新型车载智能传感器。在重型货车上安装RLS，当车辆进入黑暗环境时，近光灯自动开启；当车辆进入明亮环境时，近光灯自动关闭，这极大地解放了驾驶人的双手，让驾驶人更加专注于路况，降低意外事故发生的概率，提高运输效率。在重型货车自动刮水器系统中增加RLS，可以感知到车外是否下雨以及雨量的大小，下雨天刮水器自动开启，并根据雨量大小自动调整刮水器速度。除此之外，自动刮水器大灯系统也为重型货车的智能辅助驾驶提供了重要的基础。

RLS功能简介

1. 自动刮水器功能

车辆处于ON档或Start档下，当组合开关打到刮水器自动档时，雨量传感器开始工作，感应前风窗玻璃上的雨量，并将感应到的雨量信息处理后生成刮水器速度信号（停止、低速或高速），通过LIN总线传输给车身控制模块（BCM），BCM控制刮水器电动机进行慢刮或者快刮，以保证前风窗玻璃的干洁，增加驾驶人的可见度和舒适度。

2. 自动大灯功能

光照传感器利用光敏元件感应外界光线亮度的变化，采集相应的光照强度，将光照强度处理后得到开灯或关灯信号，并将其发送给BCM。当组合开关打到灯光自动档时，BCM根据开关灯状态控制灯光的自动转换，实现灯光的自动控制。

RLS系统设计方案

基于单片机设计的重型货车用RLS系统框图如图1所示。RLS主要包括微控制器（MCU）MC9S12GN、集成电压调节器的LIN收发器TJA1028T、雨量光传感器接口芯片MLX75308、两组雨量通道的发光二极管（LED）和光电二极管

基金项目：山西工程职业学院2021年度院级教研课题《基于嵌入式重型卡车用雨量光传感器的设计及研究》（KY2021-09）

(PD)，以及一个环境光电二极管。RLS可以采集车外降雨量大小、环境光光照强度，根据采集到的数据按照程序策略进行处理，然后通过LIN总线向

BCM发送相应的刮水器、近光灯及位置灯等控制信号，同时根据刮水器组合开关和灯光组合开关指令，实现刮水器、灯光的自动和手动控制。

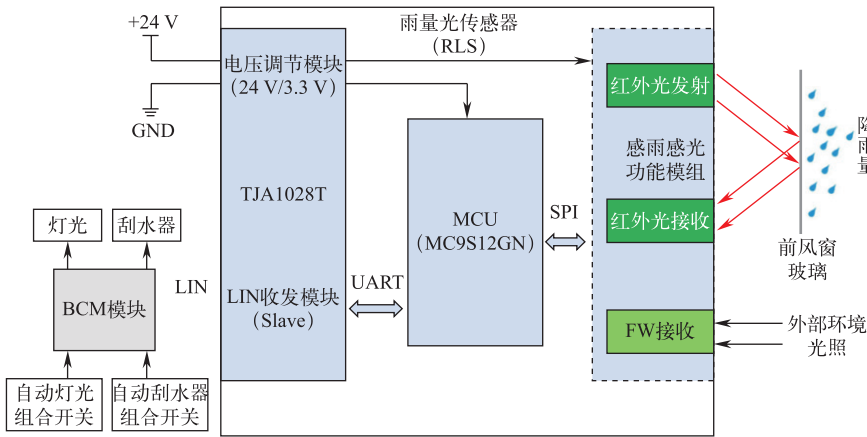


图1 RLS系统框图

该系统方案中，BCM为LIN主节点，RLS为从节点，BCM轮询RLS的灯光控制状态和刮水器速度，整个系统通过车上24 V电源系统供电，当点火开关打到ON位置时开始供电。

关键硬件模块设计方案

1. MCU模块电路

MCU是RLS系统的控制核心，该设计方案采用

的是飞思卡尔半导体公司低功耗、高性能的汽车级16位微控制芯片MC9S12GN。该芯片通过SPI接口与雨量光传感器接口芯片MLX75308进行通信，采集MLX75308存储器中的数据与指令，把代表降雨量大小的不同强度信号值转换成相应的电信号，再通过LIN总线通信，将报文传输给BCM，由BCM控制刮水器动作的速度。MCU模块电路如图2所示。

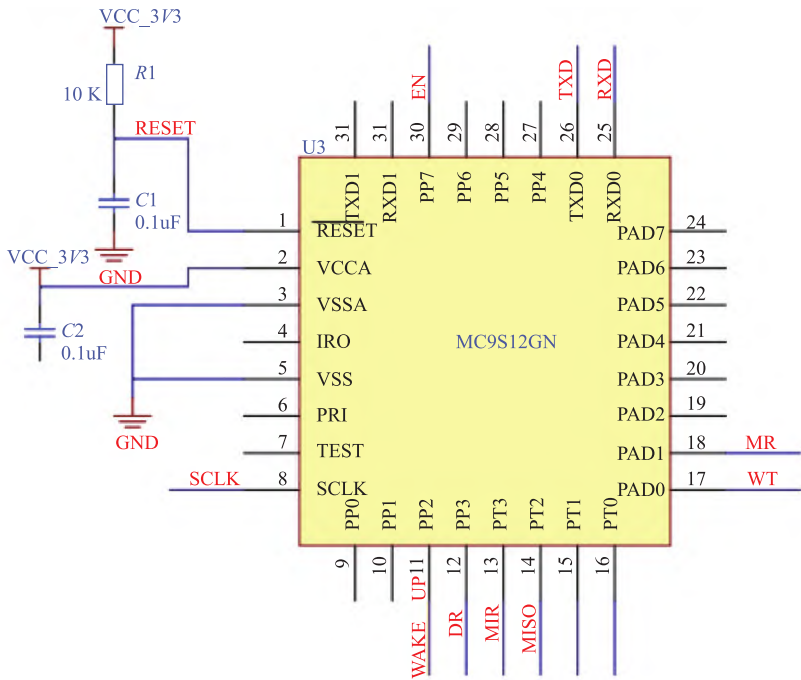


图2 MCU模块电路

2. RLS接口模块电路

RLS接口模块主要用来检测车外降雨量和环境光，并把雨量和环境光信号通过SPI通信传输到MCU。该设计方案采用的是德国Melexis公司生产的RLS专用芯片MLX75308，其内部有两个独立的线性雨量传感器通道和三个环境光通道，能够分别对外界雨量和环境光进行测量。MLX75308芯片

的外围有两个红外线发射管和两个光电接收管，用于雨量信号的采集和转换，转换后的信号被送到MCU，用于雨量的判断及刮水器速度的调节。MLX75308芯片的外围还有三个用于环境光检测的光电接收管，一般装在车辆不同的位置，以实现全方位的覆盖和识别。RLS接口芯片及其外围电路如图3所示。

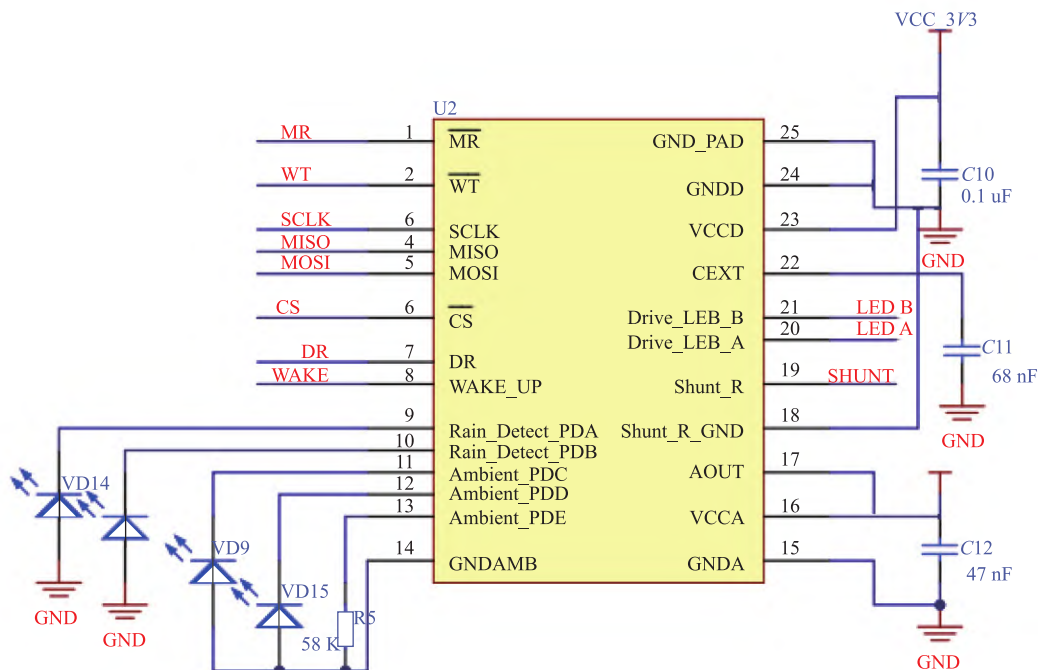


图3 RLS接口芯片及其外围电路

3. LIN收发及电压调节模块电路

该模块采用集成设计方案，选用的是NXP公司生产的TJA1028T芯片。该芯片除了具备LIN收发器的

功能外，还兼具基本的电源LDO功能，可以将重型货车蓄电池提供的24 V转换成接口电路和MCU所需的3.3 V。LIN收发及电压调节模块电路如图4所示。

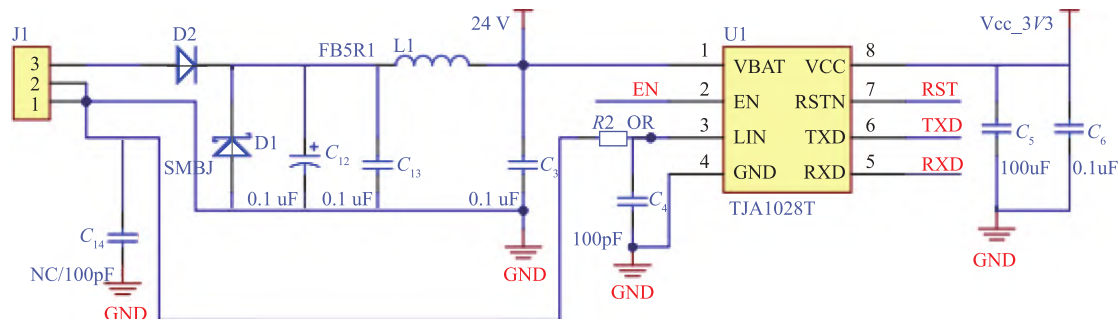


图4 LIN收发及电压调节模块电路

4. 雨量功能设计方案

雨量检测采用红外线全反射式检测原理，即通过光学元件将LED发出的红外线在玻璃内表面产生

全反射，再利用PD接收。当玻璃上有水滴时，红外线的传播介质发生变化，破坏全反射角条件，部分红外线被水滴折射出去，PD接收到的红外线会减

弱，依据减弱的程度判定雨量大小，并向BCM发送刮水器速度信号和雨量等级信号。

通过对比凸透镜、平面透镜和菲尼尔透镜的优缺点，选择菲尼尔透镜作为RLS的光学器件。与凸透镜、平面透镜相比，菲尼尔透镜具有以下优点：

1) 焦距短。有利于小型化设计，比一般凸透镜用材少，重量与体积小。

2) 厚度薄。可以传递更多的光线，进而减少光线衰减。

3) 具备聚焦和整理平行光线的功能，使LED与PD之间发生全反射的红外辐射达90%以上，通过减少LED和PD的数量降低传感器成本。

5. 光功能设计方案

车辆自动灯光的控制通过RLS系统中的光敏电阻元件检测车外环境光变化实现。环境光光线的变化引起光电二极管输出信号的变化，RLS通过光电二极管输出信号来判定环境光的光照强度，并将光照强度处理后得到开灯或者关灯信号，通过LIN总线向BCM发出相应的照明指令，当组合开关打到灯光自动档时，BCM根据开关灯状态控制灯光的自动转换，实现灯光的自动控制。

控制策略设计

1. 自动刮水器控制策略

RLS通过菲尼尔透镜对前风窗玻璃上的雨量进行识别。当BCM_CMD_AutoWiper（刮水器开关自动档位置信号）在ON状态，且点火开关从OFF档拨到ON档时，自动刮水器请求功能被激活。若此时玻璃上有水汽，则发出自动刮水一次请求指令（RLS_

RQ_WiperSPD=1）；若无水汽，则不发出自动刮水一次指令。菲尼尔透镜能够感知大/中/小不同雨量、横风飘雨、泥水飞溅以及下雪等不同的降雨模式，RLS将感知到的不同雨量信息，经由LIN总线发送出相应的RLS_RQ_WiperSPD信号给BCM，BCM根据RLS_RQ_WiperSPD信号控制刮水器电动机完成不同的刮水动作，实现自动刮水器功能。刮水器动作分为park_mode、interval_mode、period_mode、low_mode和high_mode等不同模式，各模式可以按一定策略进行切换。

2. 自动灯光控制策略

为了有效识别车外工况，保障行车安全，采用光电二极管对车外环境光进行感应和判定。光电二极管的采样电压随着车外环境光的光照强度变化而变化，RLS通过光电二极管的采样电压判定车外环境光的光照强度，并根据程序的控制策略向BCM发出相应的照明指令。

自动灯光请求功能识别的环境有以下几种，对应关系如图5所示。

1) 自然光线变化。白天、黎明、黄昏和黑夜等。

2) 天气变化导致光线变化。晴天、下雨和下雪等。

3) 人为的视野阻挡。进出隧道、车库，通过长的树荫和狭长的阴影，以及过桥等。

4) 人为的光线变化。路灯或照明装置。

自动灯光请求功能控制策略：

1) RLS上电，自动灯光请求功能被激活。

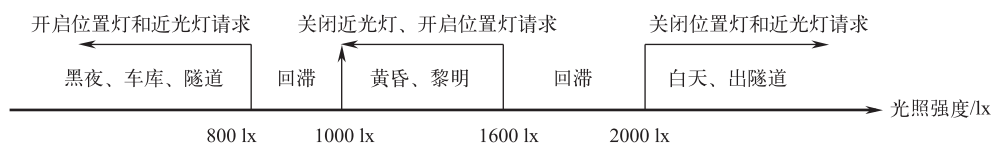


图5 环境光检测原理示意图

2) 自动灯光请求功能被激活后，RLS根据外界光照亮度的变化确定近光灯和位置灯的请求信号，BCM接收到RLS_RQ_LowBeam/ RLS_RQ_PositionLamp信号后，再根据相关灯光的控制策略决定是否打开或关闭近光灯及位置灯。

3) RLS上电后，若检测到光线传感器故障，立即发送故障信息。

结构设计

1. RLS结构设计要点

1) RLS的电子元器件均置于壳体内，安装上透镜，透镜外灌装硅胶密封，将所有电子元器件包覆，有效隔离灰尘、各种化学溶剂、水滴及蒸气等对元器件的腐蚀。

2) 硅胶厚度约为1.95 mm，以便能够适应各种

曲率的玻璃。

3) 采用RLS本体+固定架+固定扣形式进行定位安装。固定架使用强力胶贴在前风窗玻璃内侧合适位置；RLS本体硅胶面贴紧风窗玻璃，安装进固定架内；RLS本体背面使用固定扣固定住RLS。固定扣为RLS本体与固定架、玻璃之间提供可靠的机械固定。

2. RLS安装要点

1) RLS安装在风窗玻璃内侧，位于单个刮水器

刮刷区域内（非重叠区），并且距离刮刷边界有一定距离。

2) RLS安装区域没有防静电膜、防日光辐射膜及染色层等会阻碍光线传播的介质。

3) 透光率（波长850~950 nm）大于80%。

通过车模3D数据比对及RLS实车装车验证，最终选取了RLS最佳安装位置，如图6所示（红圈标示）。

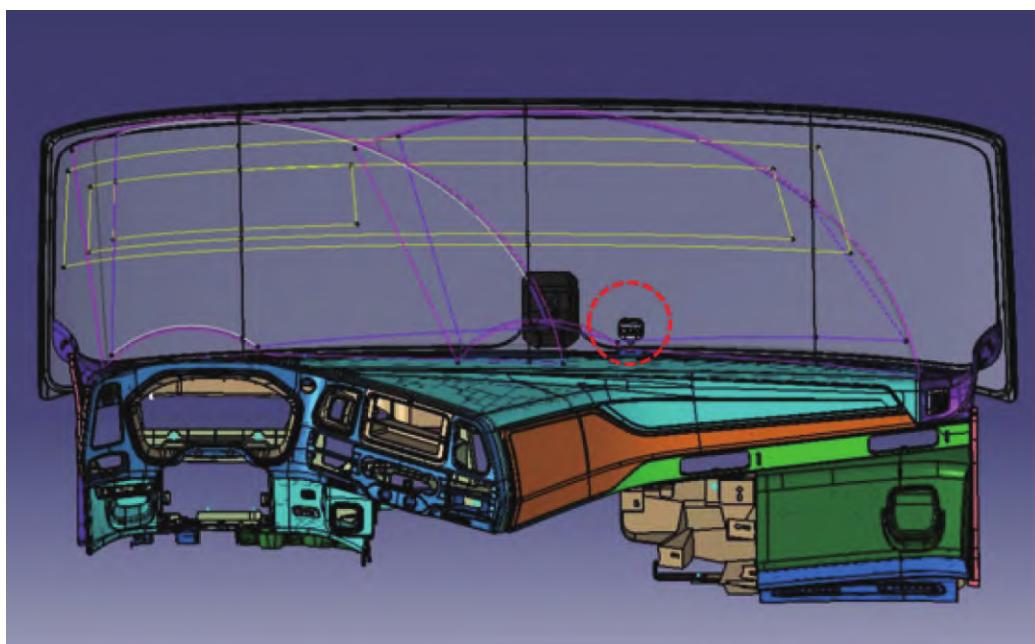


图6 RLS安装位置图

结束语

设计完成了重型货车用24 V雨量光传感器，基本可以实现重型货车的自动刮水器和自动大灯功能。如果后期有需要，还可以在此基础上扩展RLS自动控制空调功能，增加自动开关车窗、天窗以及自动除雾等功能，具有一定的实用价值和广阔的市场前景。EA

（收稿日期：2022-11-24）

参考文献

- [1] 韩芝侠，马鸣．雨量光线传感器接口芯片MLX75308及其应用[J]．新技术新工艺，2014(12)：77-80．
- [2] 韩庆福，韩大伟，范安军，等．基于雨量光线

传感器的雨刮灯光智能控制系统[J]．汽车电器，2022(01)：35-37+40．

- [3] Mike Dale，陈亚男，韩建保．雨水感应式雨刷系统最新技术[J]．汽车维修与保养，2008(1)：68-69．
- [4] 周军，巩森，吴瑜坤，等．基于IForest和SVD的直流传感器去噪方法[J]．电气应用，2022，41(11)：91-96．
- [5] 韩安太，郭小华．一种新型的汽车智能雨刷控制系统设计[J]．自动化技术与应用，2008，27(10)：35-38．
- [6] 吴贺利，杨帆，罗晨晖，等．基于Tracepro的非涅尔聚光透镜设计与仿真[J]．汽车实用技术，2020(13)：90-92．