

# 一种基于 AT89S52 的车辆防追尾预警系统设计

吴经贤<sup>1,2</sup>, 李颖<sup>1,3</sup>, 胡妮娜<sup>1</sup>, 郭文静<sup>1</sup>, 杨光松<sup>1,2</sup>

(1. 集美大学信息工程学院, 福建 厦门 361021; 2. 集美大学航海学院, 福建 厦门 361021

3. 集美大学诚毅学院, 福建 厦门 361021)

**[摘要]** 在汽车防撞模型的基础上分析了汽车的制动过程, 并设计了一种基于 AT89S52 的车辆防追尾预警系统。当检测到前方车辆在行驶中对本车构成危险时, 声光预警模块开始工作, 及时提示驾驶员采取制动等相应措施避免车辆追尾。实验表明, 该系统可以根据实测距离和自车车速, 准确地判断出安全制动距离并给出预警界限。

**[关键词]** 追尾碰撞; 安全制动距离; 预警系统; AT89S52

**[中图分类号]** TP 273

## Design of Vehicle Rear-end Collision Avoidance Warning System Based on AT89S52

WU Jingxian<sup>1,2</sup>, LI Ying<sup>1,3</sup>, HU Nina<sup>1</sup>, GUO Wenjing<sup>1</sup>, YANG Guangsong<sup>1,2</sup>

(1. Information Engineering College, Jimei University, Xiamen 361021, China; 2. Navigation College, Jimei University, Xiamen 361021, China; 3. Chengyi University College, Jimei University, Xiamen 361021, China)

**Abstract:** In order to avoid the occurrence of rear-end collision, the paper analyzes vehicle's braking process based on the automotive anti-collision model, and designs a vehicle rear-end anti-collision warning system based on AT89S52. Then the sound and light warning device begin to work as soon as the frontal vehicle detected poses a risk to the following vehicle in the driving process, so the driver can be prompted timely to take corresponding measure such as braking to prevent rear-end collision. The experiment shows that the system can accurately judge the safe braking distance and give the alarming limit according to the measured distance and the following vehicle's speed.

**Keywords:** rear-end collision; safe braking distance; warning system; AT89S52

## 0 引言

近年来, 国内外不少学者针对汽车防追尾碰撞预警系统进行了研究。文献[1]提出了基于雷达与摄像头的主动防追尾预警系统, 但它依赖于车对车的信息交互, 由于系统信息量大而难以实现。文献[2]分析了后向可达性与不变集理论, 提出了最大允许安全设置, 它是基于位置误差、相对速度与加速度的设置, 需要用到两个及两个以上控制器, 对自适应巡航系统提出很高的要求。文献[3]

**[收稿日期]** 2016-01-19

**[修回日期]** 2016-06-16

**[基金项目]** 福建省自然科学基金资助项目(2015J01267); 福建省教育厅科研项目(JA15650); 厦门科技局产学研合作项目(2014S0884)

**[作者简介]** 吴经贤(1991—), 男, 硕士生, 从事交通通信及无线传感网研究。通信作者: 杨光松(1968—), 男, 教授, 博士, 从事无线通信网络及嵌入式系统研究。E-mail: gsyang@jmu.edu.cn。

利用确定性及随机参数的方法，提出了基于驾驶员反应时间和人工神经网络的主动防追尾碰撞预警算法，用来降低与前车追尾碰撞的风险，但对需要探测的数据精度要求较高。针对上述问题，本文设计了一种车辆主动防追尾预警系统，利用 AT89S52 控制器单一、成本较低和容易实现的特点，完成了测距信息输入模块、车速检测模块和声光预警输出模块的硬件设计，并且在模拟软件中根据传感器采集的车速、车距等信息能够准确地计算出车间安全距离并给出报警界限，实现声光报警，避免追尾事故发生。

# 1 防撞原理

## 1.1 碰撞分析模型

高速公路上同车道同方向的前后两车在两个任意时刻的相对位置如图 1 所示。

图 1 中  $d$  为后车  $A$  和前车  $B$  在某一时刻的间隔距离， $S_A$  为尾随车  $A$  采取制动以后行驶的距离， $S_B$  为前车  $B$  行驶的距离，即  $d_{\min} = S_A - S_B$  为最小纵向安全距离。

设某一时刻激光测距传感器测得的尾随车  $A$  和前车  $B$  的距离为  $D$ ，并且设两车停止时， $A$ 、 $B$  两车间必须要保持的额定安全距离为  $d_0$ （一般为  $2 \sim 5 \text{ m}^{[4]}$ ），此距离的大小受驾驶员反应时间和汽车相对速度的影响。则本文确定的报警规则为：

$$S_w = d_0 + d_{\min} \geq D \tag{1}$$

其中  $S_w$  为危险报警距离。当动态车间相对距离差  $D - d_{\min} \leq d_0$  时，防尾撞预警系统开始工作，发出语音报警，从而提醒驾驶员采取制动等相应措施。

## 1.2 汽车制动距离

图 2 是驾驶员在接受了紧急制动信号后，制动踏板力、汽车制动减速度与制动时间简化后的关系曲线<sup>[5]</sup>。

驾驶员接到紧急制动信号时（如图 2 中的  $a$  点），经  $\tau_1'$  时间后才意识到踩制动踏板。根据文献 [6]， $\tau_1$  这段时间一般为  $0.3 \sim 1.0 \text{ s}$ 。在  $b$  点以后，随着驾驶员踩踏板的动作，踏板力迅速增大，至  $d$  点时达到最大值。由于制动蹄是由回位弹簧拉着，蹄片与制动鼓之间存在着间隙，所以要经过  $\tau_2'$  时间，即至  $c$  点，地面制动力才起作用，于是汽车开始产生减速度  $a_{b\max}$ 。这里  $a_{b\max} = \varphi_s g$ ， $\varphi_s$  为滑动附着系数<sup>[7]</sup>， $g$  为重力加速度。由  $c$  点到  $e$  点是制动器制动力增长过程所需的时间为  $\tau_2''$ 。 $\tau_2 = \tau_2' + \tau_2''$  称为制动器起作用的时间，制动器起作用的时间一般取决于驾驶员踩踏板的速度，另外更重要的是受制动系结构形式的影响， $\tau_2$  一般取  $0.2 \sim 0.9 \text{ s}^{[6]}$ 。根据文献 [6]，当汽车初速度为  $v_{ao}$  时制动距离原始公式为：

$$S = (\tau_2' + \tau_2''/2)v_{ao}/3.6 + (v_{ao}^2/25.92a_{b\max}) \tag{2}$$

## 1.3 汽车危险报警距离的建立

对于行驶着的汽车来说，尾随车  $A$  的驾驶员对于前车  $B$  的驾驶员下一时刻的行为是无法预知的。

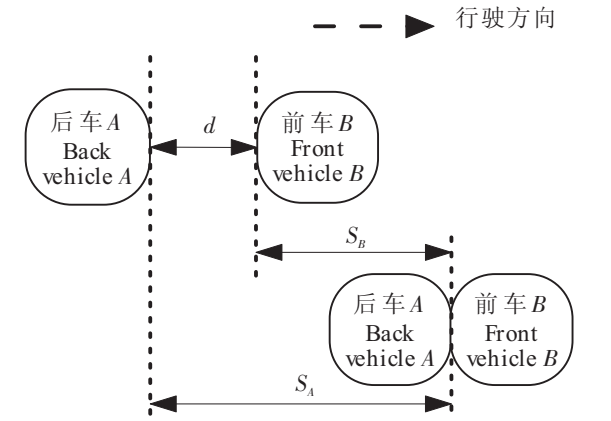


图 1 尾随车与前车相对位置示意图  
Fig.1 The relative position's schematic diagram between front vehicle and back one

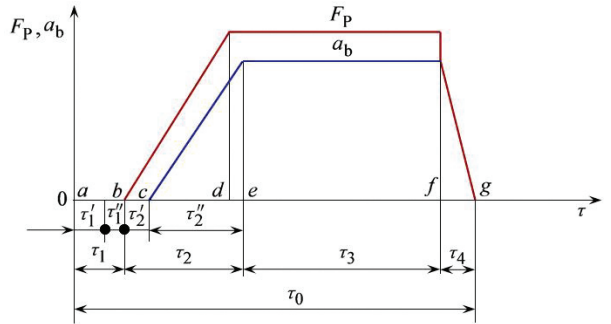


图 2 汽车的制动过程  
Fig.2 Automotive braking process

但在不同的行驶状态下，尾随车的危险报警距离可以分为以下三种情况：

1) 前车静止或者尾随车前方为静止障碍物

由文献 [8] 推得：

$$S_B = 0 \tag{3}$$

$$S_A = (\tau_1 + \tau'_2 + \tau''_2/2)v_A/3.6 + v_A^2/25.92a_{Amax} \tag{4}$$

其中： $v_B$ 为前车的速度， $a_{Amax}$ 为后车的最大制动减速度， $a_B$ 为前车的制动减速度， $d_0$ 为后车停止时两车保持的额定安全间距。此时，危险报警距离为：

$$S_w = S_A - S_B + d_o = (\tau_1 + \tau'_2 + \tau''_2/2)v_A/3.6 + v_A^2/25.92a_{Amax} + d_o \tag{5}$$

2) 前车减速行驶

由文献 [8] 推得：

$$S_B = v_B^2/25.92a_B \tag{6}$$

$$S_A = (\tau_1 + \tau'_2 + \tau''_2/2)v_A/3.6 + v_A^2/25.92a_{Amax} \tag{7}$$

其中： $v_A$ 为后车的车速，前车速度  $v_B$  可以通过计算相对速度得到，所以  $v_B = v_A - v_r$ ，这里， $v_r = (D_2 - D_1) / \Delta t$ ， $D_2$  和  $D_1$  分别为单位时间间隔  $\Delta t$  内由激光测距传感器实时测量值。一般情况下， $a_A$ ， $a_B$  的大小对报警模型有很大的影响。为了简化计算，尾随车与前车均采用最大减速度计算，取  $a_{Amax} = a_B$ 。此时，危险报警距离：

$$S_w = S_A - S_B + d_o = (\tau_1 + \tau'_2 + \tau''_2/2)v_A/3.6 + (v_A + v_B)v_r/25.92a_{Amax} + d_o \tag{8}$$

3) 前车匀速或加速行驶

前车匀速或加速行驶的时候，如果前车的速度大于尾随车的速度，那么两车则不会发生追尾碰撞。当前车的速度小于尾随车的速度时，两车才有发生碰撞的可能性。根据文献 [8]，前车匀速或者加速的时候，危险报警距离为：

$$S_w = v_r(\tau_1 + \tau'_2 + \tau''_2/2)/3.6 + v_r^2/25.92a_A + d_o \tag{9}$$

2 车辆防追尾预警系统设计

2.1 系统结构

防追尾预警系统的总体设计结构如图 3 所示，它由三部分构成：信息采集模块、中央信息处理模块和声光预警模块。

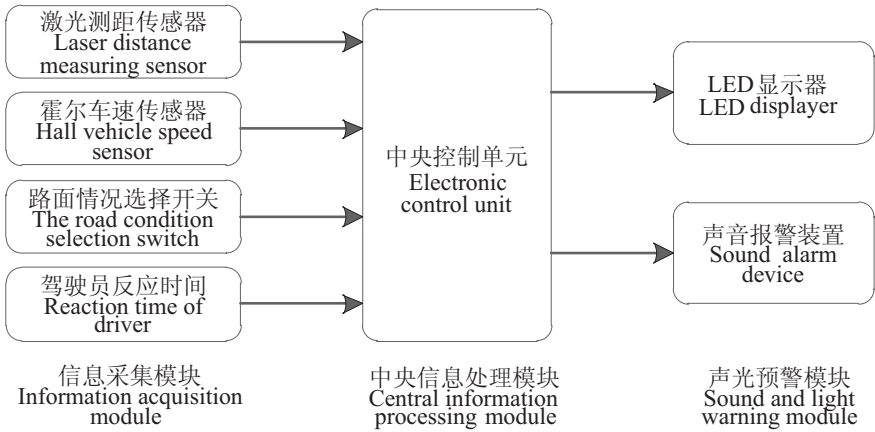


图 3 系统的总体设计

Fig.3 The overall design of the system

信息采集模块包括激光测距传感器、霍尔车速传感器、路面情况选择开关和驾驶员反应时间。激光测距传感器安装在车辆前部保险杠处，完成实时测量与前方车辆间的距离信息和路况情况，然后将

检测到的参数发送到模块内部的射频模块，最终传输到中央信息处理模块。本设计采用的脉冲激光测距传感器，测程可达 200 m，测距精度 0.15 ~ 0.2 m。霍尔车速传感器安装在变速箱第二轴驱动的蜗轮轴上，完成对自行车速度的测量，然后将车速信息输入到中央信息处理模块。路面情况选择开关有三个按钮，分别为干燥路面、潮湿路面与泥浆路面，可进行路面情况的选择（本文仅对干燥路面进行了模拟实验）。驾驶员反应时间指根据不同的驾驶员、不同的车速，分别输入相应的反应时间。

中央处理模块是系统的运算核心，所有测量参数都要经过中央处理器的分析运算融合。处理器选用 AT89S52 单片机，并且 ATMEL 公司为该处理器的所有外设编写了函数库，方便应用。

声光预警模块是系统的输出执行部分，能够及时提供报警提示。模块由 LED 显示器和声光报警装置组成。前者用来实时显示尾随车本身的速度以及与前车之间的实际距离信息。后者主要是蜂鸣器，在系统预测到有危险时，发出声音提醒驾驶员，使其采取制动等相应措施，从而避免碰撞事故的发生。

2.2 硬件电路设计

系统的硬件设计主要包括元器件的选型及其电路原理图的设计，分为测距信息输入电路、车速检测电路以及声光预警模块三部分。

1) 测距信息接口电路

要把激光测距传感器测得的数据信息传给单片机，必须要设计接口，传感器的通信接口为 RS232 标准接口。由于单片机的电平为 TTL 电平，所以采用电平转换芯片 MAX232，它和 AT89S52 的接口电路如图 4 所示。来自激光测距传感器的距离信息经 MAX232 进行电平转换后，送往单片机进行处理。

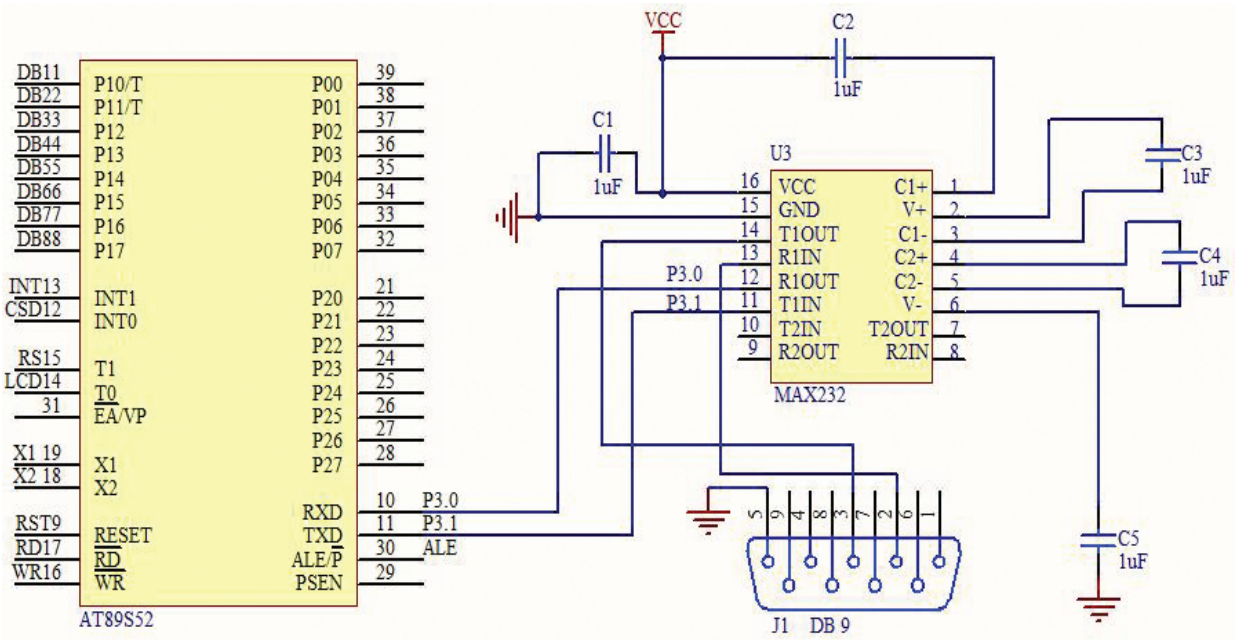


图 4 激光测距传感器与 AT89S52 的接口电路

Fig.4 The interface circuit of laser ranging sensor and AT89S52

2) 车速检测电路

车速检测电路如图 5 所示，主要由  $H$  代表的霍尔元件 S43、三极管 9013 和光耦开关 TLP521 构成。在蜗轮轴转轴上固定一块磁钢，并且在磁钢正对面安装霍尔元件  $H$ （根据霍尔元件的灵敏度调节空隙），霍尔  $H$  与磁钢之间形成磁场，每次当磁铁转动到霍尔正对面时，霍尔就会发出一次脉冲信号，单位时间内的脉冲数即是转速。当磁场强度变小到达释放点时，3 脚由低电平跳变为高电平，使三极管 9013 导通，从而使光耦 TLP521 的 6、7 脚导通，I/O 输出低电平；当磁场强度变大到达工作点时，3 脚由高电平跳变为低电平，使三极管 9013 截止，从而使光耦 TLP521 的 6、7 脚截止，I/O 输出高电平。所以，根据 I/O 口输出标准数字电路高低电平的个数，就可以计算出转轴的转速。

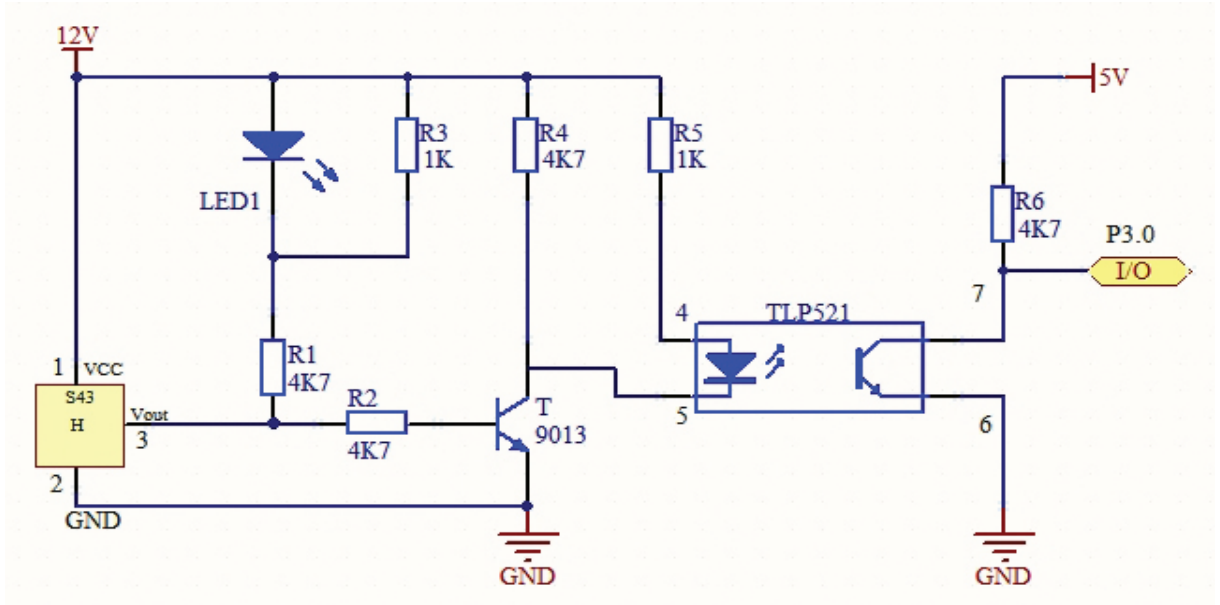


图 5 车速检测电路  
Fig.5 The speed detection circuit

3) 声光预警模块

声光预警电路如图 6 所示。本方案采用 ISD2560 语音芯片, 其中 MIC 是麦克风输入端, MIC REF 为麦克风补偿端; AGC 为自动增益控制端; ANAIN 与 ANAOUT 是模拟信号的输入和输出端, 它们之间连接的耦合电容通常取值为  $0.22 \sim 10 \mu\text{F}$ 。当 P/R 引脚为高电平时芯片选择放音, 播放提示音直到 EOM 标志时结束。

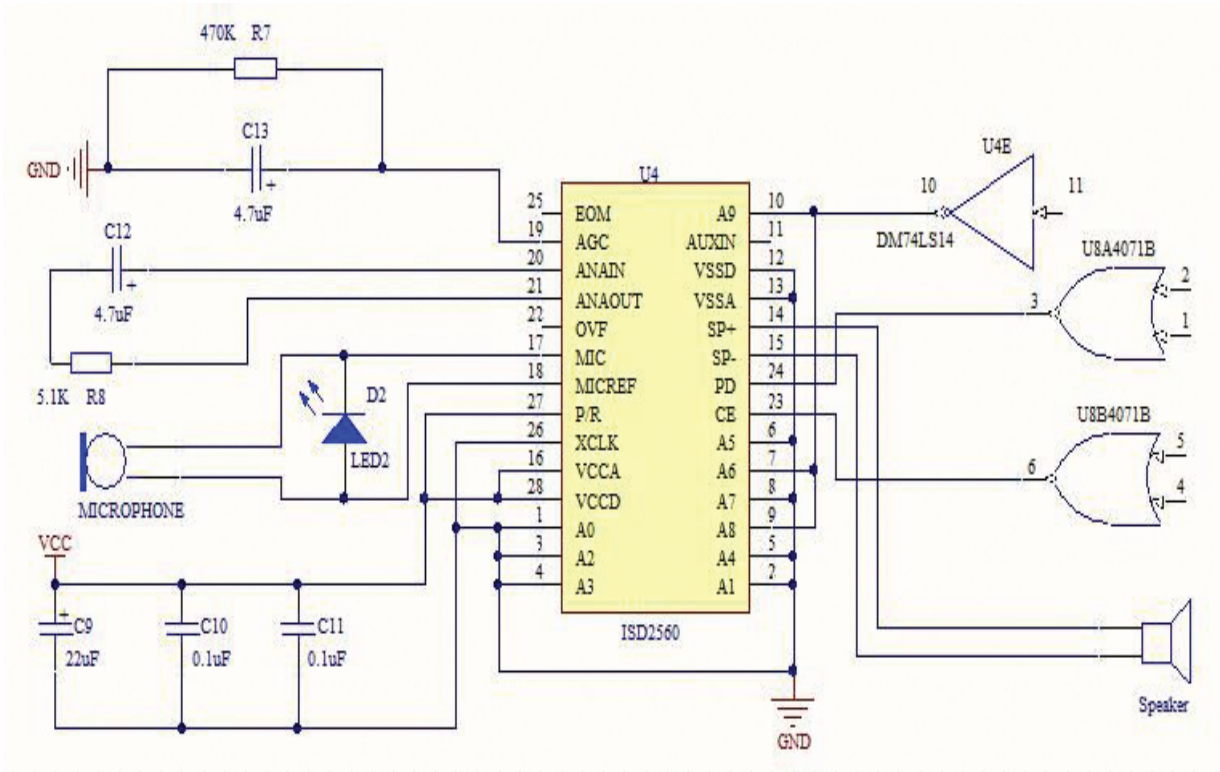


图 6 声光预警电路  
Fig.6 Sound-light alarm circuit



2.3 软件设计

系统的软件设计部分主要由系统主程序和判断子程序组成。调试工具采用的是 Keil – uVision 2 软件，此软件可以进行 C 语言程序编辑和编译，并对单片机进行调试。

系统主程序流程图如图 7 所示，首先对 AT89S52 进行初始化，然后从单片机的信息采集模块读取车速及附着系数、驾驶员反应时间等信息，再根据文献 [8] 的危险报警距离，通过计算公式和动态车间相对距离差来判断是否发生碰撞。若传感器实测距离与最小纵向距离之差小于额定安全距离 ( $5\text{ m}^{[8]}$ ) 时，则报警装置启动，提醒驾驶员及时转向或刹车，否则报警抑制。

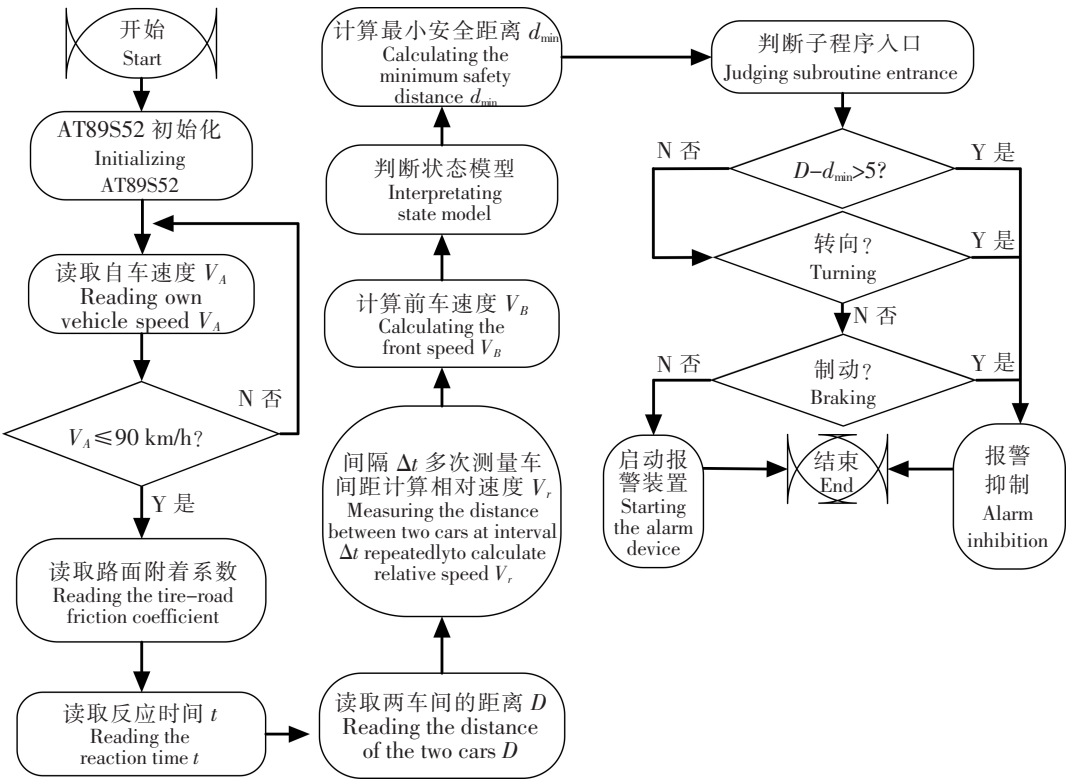


图 7 系统主程序和子程序算法

Fig.7 The main program of the system and subroutine's algorithm

3 实验结果

试验分别采用实测和模拟的形式进行。各硬件模块采用实际测试，而系统的防追尾碰撞功能采用模拟试验。

3.1 实测验证各硬件模块的功能

- 1) 测距功能 改变激光测距模块与前方静止车辆的距离，将电路测量值与实际米尺测量进行比较。具体过程是在 1 ~ 100 m 范围内分别设置 10 个采样点，分别进行米尺实际测量与激光测距模块测量。经测得，距离检测误差不超过 2.1%。实验表明，该测距模块能够实现测距功能。
- 2) 转速测量功能 将霍尔车速传感器安装在变速器后部的蜗轮轴转轴处，启动车辆，将传感器测得的转速与汽车仪表盘的转速进行比较。具体过程是在 500 ~ 5000 r/min 范围内分别设置 10 个采样点，分别进行车速传感器测量与汽车转速表测量。试验表明，转速检测误差不超过 1.8%。实验表明，该测速模块能够实现转轴的转速测量功能。

3.2 汽车防追尾碰撞功能的模拟验证

采用软件 VB 6.0 模拟的手段来验证本防撞模型, 模拟结果如表 1 所示。

在模拟软件中分别输入汽车的自车速度、相对距离、相对速度、汽车的行驶状态 (制动、油门) 等数据, 同时输入车辆所行驶的路面情况 (假设为干燥路面), 然后通过程序计算出报警危险距离, 以此判断是否报警。本研究干燥路面条件下制动减速度  $a_{bmax}$  取  $6\text{ m/s}^2$ , 驾驶员反应时间  $\tau_1$  取  $1\text{ s}$ , 制动器起作用时间  $\tau'_2$  取  $0.3\text{ s}$ ; 制动力增长时间  $\tau''_2$  也取  $0.3\text{ s}$ , 额定安全距离  $d_0$  取  $5\text{ m}$ 。经模拟试验, 分别在前车静止、减速、匀速或加速行驶三种工况下给出了危险报警距离和报警情况, 具体如表 1 所示。

由模拟结果 (见表 1) 可知: 当两车相对距离小于危险报警距离时, 本车辆防追尾预警系统能够正常报警并达到设计预期效果。

表 1 前车不同运动状态的模拟实验数据

Tab.1 Simulated experiment data when the front vehicle at different movement state

前车运动状态 Movement state of front vehicle	自车速度/( $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ ) Car speed of mine	危险报警距离/m Danger warning distance	相对车距/m Relative car distance	报警情况 Alarm condition
静止 Still	30	23.3	21	Y
			23	Y
			25	N
	60	53.1	51	Y
			53	Y
			55	N
减速(相对速度为 20 km/h) Decelerate (Relative speed 20 km/h)	30	22.6	92	Y
			94	Y
			96	N
	60	42.9	42	Y
			44	N
			46	N
匀速或加速 (相对速度 20 km/h) Not change speed or accelerates (Relative speed 20 km/h)	90	63.0	60	Y
			62	Y
			64	N
	30	15.9	13	Y
			15	Y
			17	N
	60	15.9	13	Y
			15	Y
			17	N
	90	15.9	13	Y
			15	Y
			17	N

注: Y 表示正常报警, N 表示不报警。

Notes: Y means normal alarm, N means no alarm.

## 4 结论

本文在分析防撞原理的基础上,进行了汽车防追尾预警系统的硬件和软件设计。实测结果表明,硬件模块能够满足测距和测速功能。同时,仿真证明,该系统能够在前后两车存在潜在危险的时候,发出警报以提醒驾驶员注意。由于实验条件和时间的限制,未能从整体上对实验进行验证,下一步将对整个系统进行装车实验。

## [ 参 考 文 献 ]

- [1] LI L, LU G Q, WANG Y P, et al. A rear-end collision avoidance system of connected vehicles [C] //Intelligent Transportation Systems (ITSC), 2014 IEEE 17th International Conference. Qingdao: IEEE, 2014: 63-68. DOI:10.1109/ITSC.2014.6957667.
- [2] KIANFAR R, FALCONE P, FREDRIKSSON J. Safety verification of automated driving systems [J]. IEEE Intelligent Transportation Systems Magazine, 2013, 5(4): 73-86. DOI:10.1109/MITS.2013.2278405.
- [3] 杜小丹, 羊裔高, 杜雨洛. 一种人工神经网络算法在汽车防撞雷达中的应用 [J]. 计算机应用研究, 2005, 22(11): 154-156.
- [4] 梁军强. 汽车 360 度全方位防撞预警系统开发研究 [D]. 西安: 长安大学, 2008: 18-20.
- [5] 罗建武. 开关磁阻轮毂电机驱动系统的研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2006: 29-30. DOI:10.7666/d.d092965.
- [6] 余志生. 汽车理论 [M]. 5 版. 北京: 机械工业出版社, 2009: 89-101.
- [7] 江文锋. 行驶过程中轮胎与路面间附着性能的评价 [D]. 西安: 长安大学, 2008: 9-18. DOI:10.7666/d.y1526572.
- [8] 张伟伟. 基于激光测距技术的汽车防追尾预警控制系统研究 [D]. 镇江: 江苏大学, 2011: 14-87. DOI:10.7666/d.y1894329.
- [9] 陈瑞强, 江月松. 脉冲激光测距的时间间隔测量方法 [J]. 光学学报, 2013, 33(2): 1-2.
- [10] 石爱平, 杜玉杰. 基于单片机的汽车防撞预警系统 [J]. 实验科学与技术, 2008, 6(4): 57-59. DOI:10.3969/j.issn.1672-4550.2008.04.022.
- [11] 尹小琴, 朱喜行, 张盼盼. 高速公路车辆防追尾碰撞系统的设计与控制研究 [J]. 汽车工程, 2014, 36(9): 4-6.
- [12] 来清明. 传感器与单片机接口及实例 [M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2008: 56-77.

(责任编辑 朱雪莲 英文审校 黄振坤)