

汽车防追尾超声波探测模拟装置设计

张弛¹, 顾平林²

(1.苏交科集团股份有限公司 智能交通设计研究所, 江苏 南京 210017;2.南通理工学院 汽车工程学院, 江苏 南京 226001)

摘要: 车辆行驶时驾驶员不能对车辆之间的安全距离作出准确判断是引起公路交通事故的主要原因之一。文中构建一种超声波测距模型,设计超声波测速测距模块电路、行车警示模块电路,构建防追尾超声波探测模拟装置,对车辆正常行驶、预警及紧急制动 3 种状态进行判断、警示、动作。

关键词: 汽车;超声波;测距;防追尾;模拟装置

中图分类号:U463.99

文献标志码:A

文章编号:1671-2668(2022)04-0007-04

引起公路交通事故的主要原因之一是驾驶员不能对车辆之间的安全距离作出准确判断,尤其是大雾天或夜间,当发现问题紧急制动时,车辆之间的距离已小于安全制动距离,导致追尾事故。开发性能优良的汽车防追尾预警系统对降低交通事故发生率具有重要意义。

1 超声波测距模型

常见的测距方法有超声波测距、激光测距、CCD 摄像系统测距及雷达测距等,这里采用超声波测距方法。如图 1 所示,超声波发射器向某一方向发射超声波,在发射的同时开始计时,超声波在空气中传播,途中碰到障碍物返回,超声波接收器接收到反射波后即停止计时。根据超声波发射和接收之间的时差按式(1)可计算出超声波探头与障碍物之间的距离 S :

$$S = C \cdot T / 2 \quad (1)$$

式中: C 为超声波在空气中传播速度, $C = 340 \text{ m/s}$, C 与温度有关,如果测距精度要求高,则应通过温度补偿方法加以校正; T 为超声波从发射到接收所用时间。

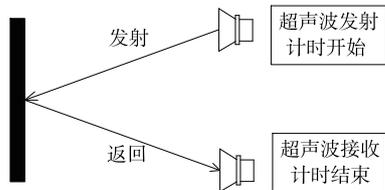


图 1 超声波测距原理示意图

设超声波两次发射—接收所用的时间分别为 T_1 、 T_2 ,两次发射—接收超声波探头与障碍物之间的距离分别为 S_1 、 S_2 ,取第一次发射与第二次发射的时间间隔为 1 s ,将 $S_1 - S_2$ 定义为安全指示参数

K ,公式如下:

$$K = \begin{cases} S_1 - S_2 < 0, \text{探头离目标距离渐远,安全} \\ S_1 - S_2 = 0, \text{探头离目标距离不变,安全} \\ S_1 - S_2 > 0, \text{探头离目标距离渐近,不安全} \end{cases} \quad (2)$$

分别取高速公路安全距离 180 m 及行驶速度 120 km/h 、普通公路安全距离 15 m 及行驶速度 30 km/h ,设置表征车辆安全制动距离和安全制动行驶速度的安全系数 $W = \text{安全距离} / \text{行驶速度}$,分别得到高速公路安全阈值 $W_1 = 1.5$ 、普通公路安全阈值 $W_2 = 0.5$ 。定义:高速公路上达到 W_1 预警,黄灯亮;普通公路上达到 W_2 紧急制动,红灯亮。

2 超声波测速测距模块电路设计

2.1 超声波信号发射

超声波信号产生和发射电路由超声波信号产生电路、超声波信号控制电路两部分组成,图 2 为基于超声波原理的发射装置。

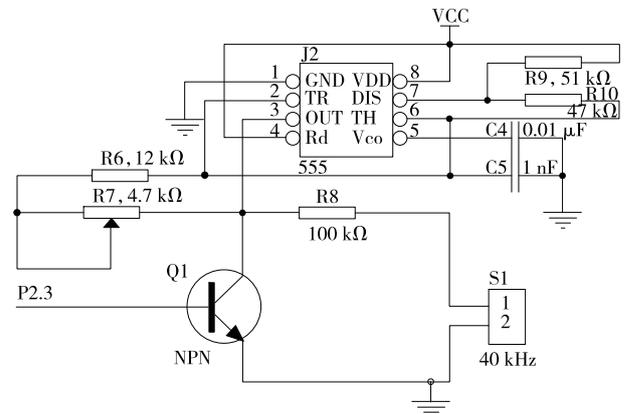


图 2 基于超声波原理的发射装置

(1) 超声波信号产生电路——HC—SR04 超声波测距模块。采用 I/O 口 TRIG 触发测距, 给予至少 10 μs 的高电平信号; 模块自动发送 8 个 40 kHz 的方波, 自动检测是否有信号返回; 如有信号返回, 通过 IO 口 ECHO 输出一个高电平, 高电平持续的时间即为超声波从发射到返回的时间。该模块使用方法简单, 一个控制口发一个 10 μs 以上的高电平, 就可以在接收口等待高电平输出。一旦有输出, 便可开启定时器进行计时, 当该口变为低电平时读取定时器的值, 由此计算出距离。

(2) 超声波信号控制电路——555 多谐振荡器控制电路。超声波发射电路通过 555 多谐振荡器控制电路与外围振荡变阻器相连, 可控制电路板, 形成 40 kHz 多谐超声波综合控制电路元件。由 555 定时器和外接元件 R6、R7、C 构成多谐振荡器, 脚 2 与脚 6 相连。电路没有稳态, 仅存在两个暂稳态。电路也不需要外接触发信号, 利用电源通过 R6、R7 向 C 充电及 C 通过 R7 向放电端 DC 放电使电路产生振荡。电容 C 在 2/3VCC 和 1/3VCC 之间充电和放电, 从而在输出端得到一系列矩形波。

2.2 超声波信号接收

采用 CX2016A 半导体集成电路模块作为超声波接收设备的集成电路模块, 超声波接收探头采用 RCT40。CX2016A 集成电路的端口设置较好, 其主要作用是对接收到的超声波进行放大、滤波。

3 行车警示模块电路设计

3.1 声音—液晶显示警示电路

声音警示电路的工作原理: 使用简单易懂的蜂鸣器对防止汽车追尾发音警示, 蜂鸣器根据晶闸管端口输入的电压和频率发出声音。声音警示电路见图 3。

选择 LCD1602 液晶显示器作为液晶显示警示电路, 显示电路连接见图 4。VSS 连接到电源开关

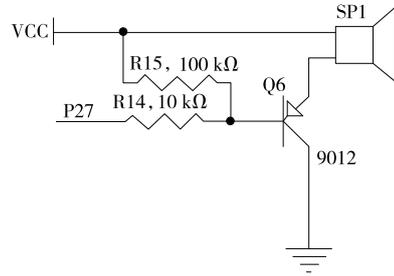


图 3 声音警示电路

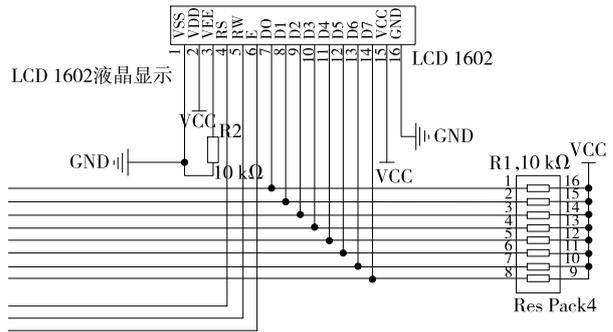


图 4 显示电路连接

接地, 电源线连接到电源开关, D0~D7 连接到控制器的 I/O 口, 用于显示综合数据; BLA 和 BLK 作为环境背光电源插头的外部接口, 连接到相应的电源端口; V0 连接一个 10 kΩ 电阻, 由于大屏幕的对比度可调节, 这个引脚的输出电流越低大屏幕越亮。LCD 液晶显示器的最大优点是显示清楚, 控制操作方便。由于控制器最大电流强度只有 20 mA, 在 D0 和 D7 之间连接一个 10 kΩ 上拉串联电阻 R, 当控制器引脚板总是显示电平为低时, 上拉串联电阻 R 等于接地, 同时控制器中相应引脚显示低电平。

3.2 控制电路

控制电路见图 5。采用安全系数 W=安全距离/行驶速度进行比较。单片机输出高低电平, 由 DAC0808 的 A1~A8 输入; Pin 4 脚输出模拟信号, 由运算放大器 AR1 放大, 推动制动器。刹车系数 F 越大, 制动强度越大, 从而达到刹车的目的(见表 1)。

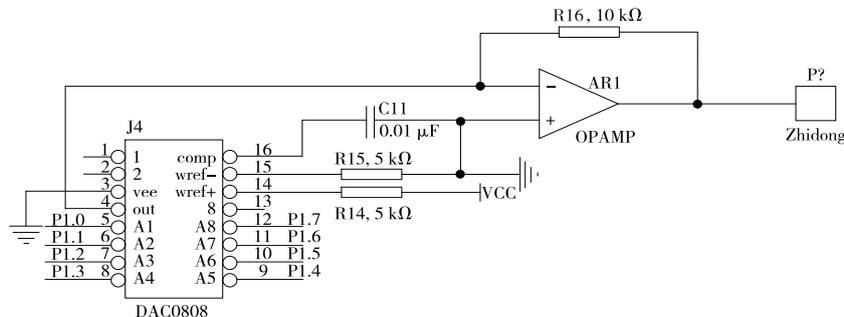


图 5 控制电路

表 1 控制信号、刹车系数与安全系数

| 控制信号 | | | | | | | | 刹车系数 F | 安全系数 W |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----------|--------------------|
| A8 | A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | $1.2 \leq W < 1.5$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | $1.0 \leq W < 1.2$ |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 4 | $0.8 \leq W < 1.0$ |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | $0.6 \leq W < 0.8$ |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | $0.4 \leq W < 0.6$ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 32 | $0.2 \leq W < 0.4$ |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 64 | $0.1 \leq W < 0.2$ |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 128 | $0.0 \leq W < 0.1$ |

4 防追尾超声波探测模拟装置

如图 6 所示,防追尾超声波探测模拟装置主要包括超声波测距、单片机控制及声音—液晶显示警示三部分。通过步进电机转速模拟汽车的行驶速度及加、减速。该装置的处理系统采用单片机

AT89C51,脉冲波从 P3.0 端口连续发射,为超声波换能器提供动力。超声波计时利用定时器的计算功能,记录发射到接收所用时间 T 。当超声波接收器接收到超声波能量时在接收电路的输出端控制该信号的输出,且不会在 INT0 端产生强迫中断的强信号,从而得到时间差。

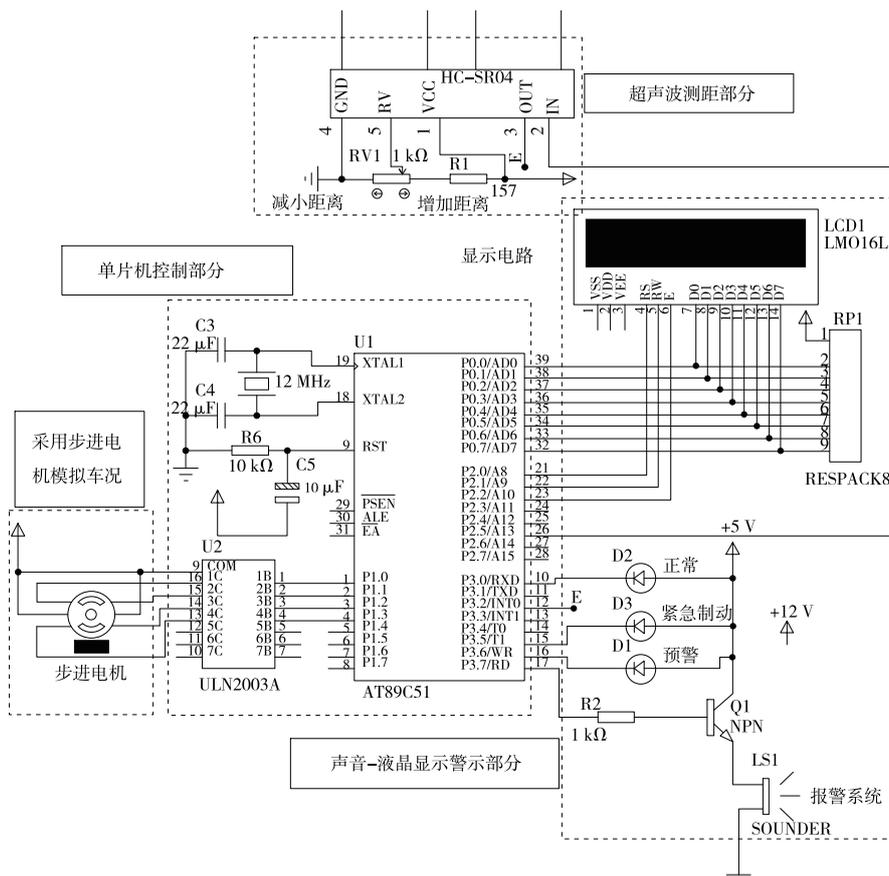


图 6 防追尾超声波探测模拟装置原理示意图

图 7(a)为防追尾超声波探测模拟装置实物图,该装置主要包括 HC—SR04 超声波测距模块、LCD1602 液晶显示器、AT89C51 单片机最小系统、有源压电蜂鸣器、ULN2003A 大电流驱动列阵、28BYJ—48 步进电机及绿(正常行驶)、黄(预警)、

红(紧急制动)3 个指示灯。电源通电时,该装置可检测正常行驶、预警及紧急制动 3 种状态,液晶显示器上显示安全距离 w_a 、紧急制动距离 st 、检测到的实际距离 $distance$ 3 个参数。

设定安全距离 $w_a = 1\text{ m}$ 、紧急制动距离 $st = 0.5$

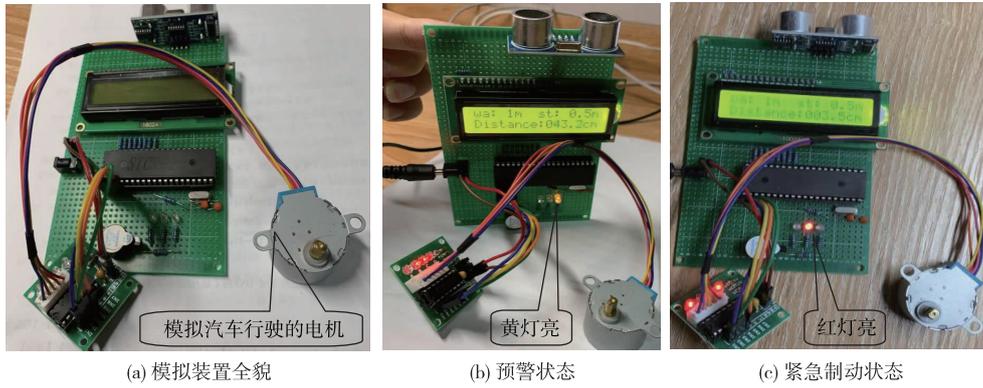


图7 防追尾超声波探测模拟装置实物

m 进行试验,结果见图 7(b)、(c)。图 7(b)中 LCD1602 液晶显示器显示检测到的实际距离 $distance = 43.2\text{ cm} < st = 0.5\text{ m}$,防追尾超声波探测模拟装置处于预警状态,黄灯亮。图 7(c)中 LCD1602 液晶显示器显示检测到的实际距离 $distance = 3.5\text{ cm} \ll st = 0.5\text{ m}$,防追尾超声波探测模拟装置处于紧急制动状态,红灯亮。

5 结语

该文在构建超声波测距模型的基础上,设计超声波测速测距模块电路和行车警示模块电路,采用 HC-SR04 超声波模块、LCD1602 液晶显示器、AT89C51 单片机最小系统、有源压电蜂鸣器、ULN2003A 大电流驱动列阵、28BYJ-48 步进电机等元件构建防追尾超声波探测模拟装置,通过步进电机的转速来模拟汽车的行驶速度及加、减速,实现对汽车正常行驶、预警及紧急制动 3 种状态的判断、警示、动作。该防追尾超声波探测模拟装置可应用

于实车或教学仪器等场合。

参考文献:

- [1] 何木东,侯志祥.高速公路汽车追尾仿真[J].公路与汽运,2014(2):88-92.
- [2] 张弛,高权.汽车防追尾报警装置的设计与仿真[J].南京工程学院学报(自然科学版),2021,19(4):24-30.
- [3] 钟勇,姚剑峰.现代汽车的四种测距方法[J].汽车工业研究,2001,32(2):38-40.
- [4] 柳智鑫,申玉宏,王欢.基于 LPC2210 控制的超声波发射接收实现[J].装备制造技术,2008(3):112-114.
- [5] 丁家宝.汽车主动防撞系统设计研究[J].内燃机与配件,2020,23(3):33-34.
- [6] 姚波,董雷,夏小均.后装 FCWS 的报警距离误差测试研究[J].客车技术与研究,2020,42(4):54-56.
- [7] 王煜东.传感器应用技术[M].西安:西安电子科技大学出版社,2006:8-12.

收稿日期:2022-03-09

长沙理工大学简介

长沙理工大学(Changsha University of Science & Technology)是交通运输部和湖南省人民政府共建高校,属于湖南省“国内一流大学建设高校”(A类),入选“中西部高校基础能力建设工程”、教育部“卓越工程师教育培养计划”、教育部“大学生创新性实验计划”,是中国电力高校联盟、绿色交通联盟、中俄交通大学联盟成员之一,是全国毕业生就业典型经验高校、全国深化创新创业教育改革示范高校。

长沙理工大学由原长沙交通学院、长沙电力学院于 2003 年合并组建。原长沙交通学院的前身是交通部 1956 年创办的长沙航务工程学校,原长沙电力学院的前身是电力工业部 1956 年创办的长沙水力发电学校。创办于 1956 年的湖南省水利水电学校和创办于 1958 年的湖南省轻工业学校(后更名为湖南轻工业高等专科学校)相继于 2001 年和 2002 年并入原长沙电力学院。

截至 2020 年 11 月,长沙理工大学占地面积 2 980 亩,校舍总建筑面积 140 余万平方米,图书馆纸本藏书 360 万册;有 21 个教学学院(系)、1 个独立学院和 1 个继续教育学院,设有 76 个本科专业、6 个一级学科博士学位授权点、27 个一级学科硕士学位授权点;有全日制在校学生 40 000 余人,其中博士、硕士研究生 6 500 余人,独立学院学生 6 900 余人。