

注：辽宁机电职业技术学院 2016 年度院级教研课题 (NO. JXLX2016)

摘要：司机在倒车时主要借助反光镜和后玻璃窗来观察车后障碍物，但总有死角存在，长车身车辆倒车更是不便。介绍一种基本单片机控制的超声波倒车测距仪，能解决以上问题，成本低、体积小、随意拆卸，还可以做为单片机实训课题给学生使用。测量距离 2cm~4m，精度为 3mm，对温度进行补偿以提高精度。测量结果能实时显示在汽车里的液晶屏上，同时进行语音提示。可以任意设置最小报警距离，达到极限值时，声光报警。通过以电子产品为载体的单片机实训课程，学生不但提高了学习兴趣，还为将来从事电子产品的设计、检测奠定了坚实的基础。

关键词：单片机；超声波；倒车测距仪

中图分类号：TP273

文献标识码：B

文章编号：1006-883X(2016)04-0033-05

收稿日期：2015-12-07

基于单片机和超声波的倒车测距仪

刘娜

辽宁机电职业技术学院，辽宁丹东 118009

一、引言

汽车给生活带来便利的同时，也出现一些不安全因素，例如倒车时发生的安全事故占总交通事故的 25%。^[1]

汽车倒车测距仪（以下简称测距仪）由单片机、超声波传感器、显示模块和语音模块等组成。通过语音提示和显示提醒，帮助司机了解车后情况，提高倒车安全性。超声波测距具有成本低、精度高、可靠，使用方便、应用广泛、实时性好等优点，完全能满足泊车时倒车的需要^[1]。

二、测距仪的原理

1、超声波测量原理

超声波测距采用的是非接触式测量，具有不受光线、被测对象颜色、材质等因素影响，对环境有一定的适应能力，且操作简单、测量精度高。

超声波测距的方法很多，其中渡越时间检测法实现起来简单，成本低，可测距离范围较大。渡越时间法超声波测距原理图如图 1 所示。利用超声波发射探头 (T) 发出一串超声波信号，遇到障碍物后反射返回，

到达超声波接收探头。超声波探头与被测物体之间存在以下关系：

$$s=ct/2 \quad (1)$$

$$d^2=s^2-(h/2)^2, \text{ 当 } s \gg h \text{ 时, } d \approx s \quad (2)$$

其中， s —超声波探头与被测物体之间的距离，单位：m；

c —超声波在空气中的传播速度，单位：m/s；

t —超声波接收时间，单位：s；

d —被测距离，单位：m；

h —超声波传感器发射器与接收器之间的距离，单位：m。

这种测量方法叫渡时间法，经过比较与分析，采用这种方法作为超声波测距方法，电路容易实现^[2]。

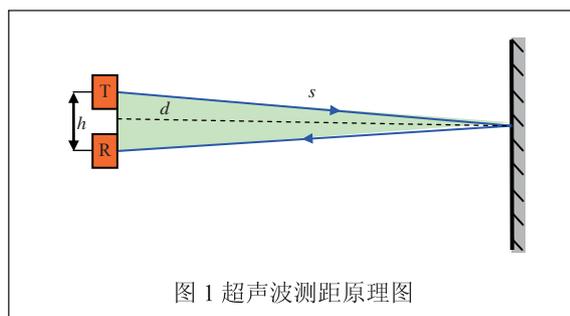


图 1 超声波测距原理图

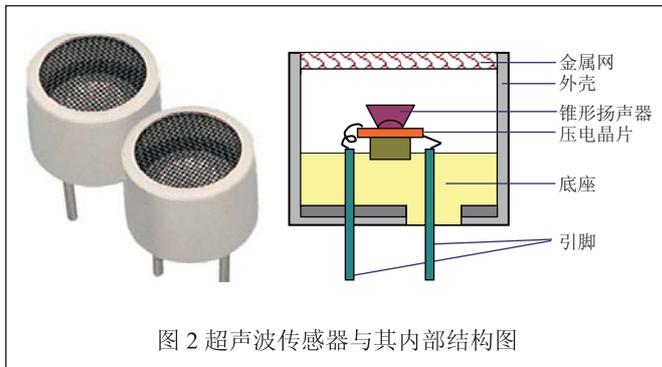


图2 超声波传感器与其内部结构图

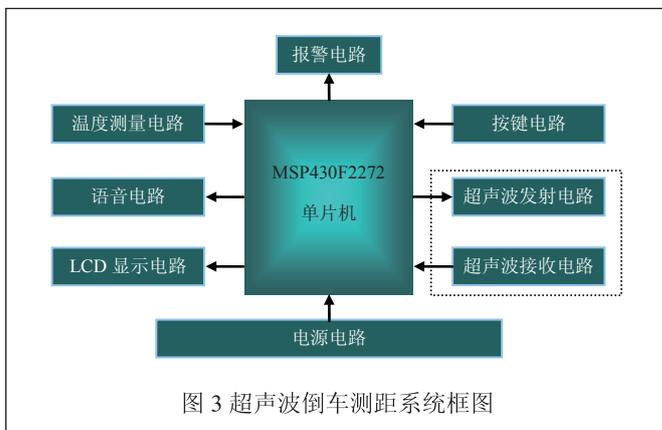


图3 超声波倒车测距系统框图

2、超声波传感器

超声波传感器可以分成两类，一类是电气方式，一类是机械方式。压电式传感器是利用超声波的相关特性制作而成的，它是由压电晶片在交变电压的作用下而产生的，具有高频率，短波长，方向性好等特点。

压电式超声波发生器的原理就是压电晶体的谐振效应。它由两个压电晶片和一个共振将板组成。给一定幅值的交变电压加至压电晶片的两级，这两块金属极板就形成电场，有电场就存在电场力。压电晶片处在电场中，在电场力的作用下发生形变。压电晶片在交变电场力的作用下，发生往复的变形、振动，这就生成了超声波，这个过程称为逆压电效应，也是发射超声波的过程。

发射出去的超声波，一部分在空气中衰减掉了，一部分沿原路返回。由于超声波具有一定的能量，当共振板接收到超声波后，将压迫于压电晶体，产生共振，将机械能转换为电信号，这时就是接收超声波的过程。这时就可以称为超声波接收器。这种超声波传感器的外形及内部结构如图2所示。

超声波传感器发射器与接收器有分开设计的，也有一体模

块。当超声波在空气中传播时，衰减的程度跟频率成正比，短距离测距应该选频率高的传感器，长距离测距则可以选频率低的传感器。本设计应用在倒车报警系统中，属于短距离测距，所以选取中心频率为40kHz的超声波传感器测距，目标测距量程是2cm~4m，测量精度可以达到3mm。这样传感器方向性尖锐，避开了噪声，提高了信噪比；虽然传播损失相对低频有所增加，但不会给发射和接收带来困难^[3]。

3、测量方案选择

测量时对精度影响的因素主要有单片机计数误差、回波时间误差、温度误差、对射角引起的误差等。针对这些因素采用高精度的单片机和晶振，增加发射脉冲的方波数量，进行温度补偿。由于倒车测距中，两者之间的距离远远小于测量长度，所以对射角引起的误差可以忽略。

采用超声波在空气中的传播速度与温度有很大关系，因此需对其进行温度补偿。而温度补偿在软件和硬件上也很容易实现。温度对超声波速度影响非常大，采用DS18B20进行测温。DS18B20是一线式数字温度传感器，温度测量范围是-55℃~+125℃，可编程为9位到12位A/D转换精度，测温分辨率可达0.0625℃。声速随温度变化公式为：

$$V=331.4+0.607T \text{ (m/s)} \quad (3)$$

式中， T —温度。

三、汽车倒车测距仪的硬件电路设计

硬件电路主要分为单片机控制电路、LCD显示电路、超声波发射电路、超声波检测接收电路、按键电路、语音电路、电源电路等部分。系统启动后，进行测温，然后开始测距，输出信号驱动超声波发射电路发射超声波，超声波接收电路接收反射回来的超声波信号，再经单片机系统温度补偿计算距离，将结果送至显示电路和语音电路^[4]。系

统框图如 3 所示。

1、HC-SR04 基本工作原理

在进行硬件设计时，超声波发射和接收电路可以用 HC-SR04 模块实现，该模块可以提供 2~400cm 的非接触式测距功能，精度可达 3mm，模块包括发射器、接收器、控制电路。本文使用该模块进行测距。超声波测距传感器的实物如图 4 所示，4 个引脚分别是 VCC，TRIG(触发控制信号输入)，ECHO(回响信号输出)、GND。当接收端 Echo 接收到回波信号时，拉高电平信号，表示测距成功，同时，Echo 引脚接到单片机的 P3.2 引脚，

模块基本工作原理是使用单片机引脚 10 μ s 的高电平信号触发模块的 TRIG，开始测量，模块自动发出 8 个 40kHz 的方波，自动检测是否有信号返回。有信号返回时，ECHO 引脚输出一个高电平，通过反向器接到单片机的中断口，高电平的时间就是从信号发射到信号返回的总时间。如果可以使用该模块，产品可以更加小型化。

2、LCD12864 液晶显示电路

LCD12864 液晶分辨率是 128 \times 64，显示直观、美观，内部有中文字库，可以直接写入中文显示，避免了字符之间的互相转换；通信方式有并行和串行，含有简体中文字库，有 8192 个 16 \times 16 汉字和 128 个 16 \times 8 点阵 ASCII 字符。接口方式简单、操作指令方便。可以显示 8 \times 4 行 16 \times 16 点阵的汉字，同时可完成图形显示。该液晶显示器与同类型的图形点阵液晶显示模块相比，不论硬件结构还是显示程序都简洁得多，而且价格略低于相同点阵的图形液晶模块。使用 8 位并联方式，通过单片机的 P1 口和 P2 口连接 LCD。

3、温度电路

温度采用 DALLAS 公司生产的智能温度传感器 DS8B20 作检测元件，测温范围在 -55~+125 $^{\circ}$ C，最高分辨率可达 0.0625 $^{\circ}$ C，采用单总线与单片机相连。

4、语音电路

XFS5051CE 是科大讯飞推出的一款功能及集成度最高的语音合成模块。模块有中文或英文语言，还支持 6 种方言。集成了语音编解码功能，能录音和播放。具有编码高效率压缩、音效高质量、编码低延迟等特点。



图 4 HC-SR04 超声波测距传感模块实物图

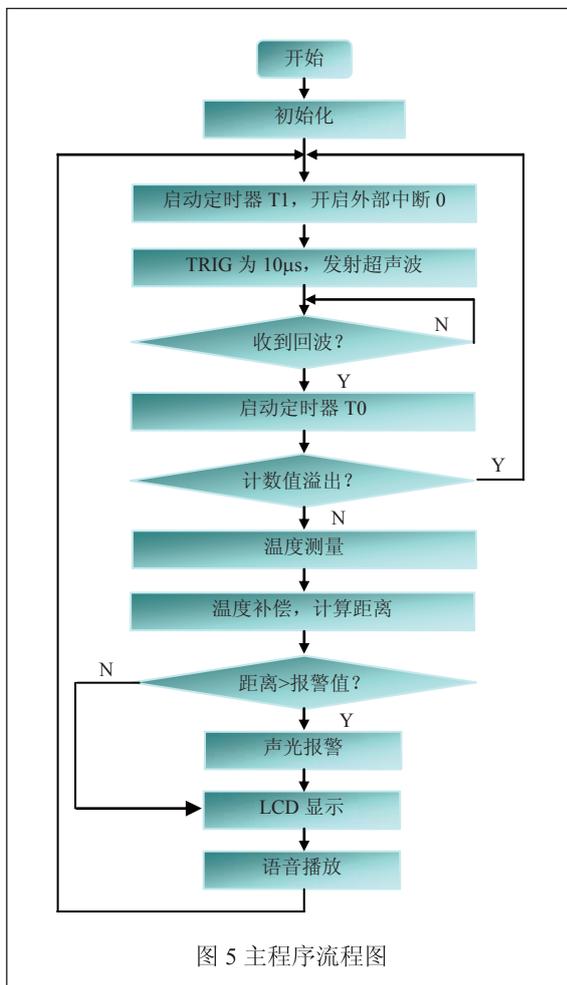


图 5 主程序流程图

语音编解码速率可以选 8K 或 16K。因此选择它作为语音模块。模块通讯接口支持 UART、I2C、SPI 三种通讯方式。单片机通过控制语音模块的 7、8 引脚，以 I²C 方式通信 [5]，其中 DAC 连接语音模块的 17 引脚。

5、单片机电路

MSP430 系列单片机是美国德州仪器公司推出的汽车类 16 位超低功耗混合信号微控制器；执行速度快、高精度，集成度高，开发方便等优点。

单片机的电源电压在 1.8V ~ 3.6V，2.2V/1MHz 时的电流只有 270 μ A。单片机工作频率最高可达 16MHz，指令周期只有 62.5ns，也可使用内部数字振荡器 (DCO) 或外接 32768Hz 低速晶体，可以在高性能和低功耗之间选择。片上 1 个 10 位的 A/D 转换器，2 个 16 位定时器，4 个 8 位 I/O 端口，其中 P1，P2 口有中断能力。有多种 SPI，串行口、I2C 总线接口。拥有 32KB 闪存，1KB 内存，支持 JTAG 编程和仿真调试^[2]。

四、汽车倒车测距仪的软件设计

软件设计主要由主程序、超声波发射子程序、超声波接收子程序、显示子程序、报警程序、键盘程序及语音程序组成。

超声波主程序流程图如图 5 所示。主程序用于设置定时器的初值和工作方式等之后，调用超声波发生子程序发出多个超声波脉冲。一旦接收到返回超声波信号，立即进入超声波接收子程序，取出时间值。然后在主程序中，判断是否溢出，没有溢出并调用显示和语音子程序，如果达到报警值还会触发声光报警。

超声波发射子程序的作用是通过单片机 MSP430 引脚发送 20 μ s 的高电平触发信号，然后 HC-SR04 模块开始发射 8 个 40kHz 的超声波信号，检测到有返回信号后停止发射返回。

利用外部中断 0 检测返回的超声波信号是否结束。当 ECHO 引脚为同高变低时，说明从到发射信号到返回信号一个过程结束。马上引起外部中断 0，在中断中读取时间 t 中断返回。

主程序中开始测温度，进行温度补偿计算，并计算出相应距离。如果超过报警值，启动声光报警。然后开始 LCD 显示和语音播放。再一次循环测量，直到用户关闭测距仪。

在测量过程中，通过对 MSP430 单片机的设置，使用看门狗程序，当出现程序跑飞和死机的现象时，马上重启测距仪。

五、实验数据

在室温下，分别在距 2cm，3cm，5cm，20cm，30cm，50cm，1m，2m，2.5m，3.5m，4m，5m 处放置超声波反射挡板，每一位置连续测量 10 组数据。利用测量的数据，检验波测距的盲区及最大测量距离。实验结果表明，本系统对于小于 2cm 的测量距离，由于会造成超声波的多次反射，无法测量，2cm 以下为测距仪的盲区。4m 内精度为 3mm。在距离 5m 左右的位置，由于超声波回波信号微弱，系统检测精度不够，实际值与测量值之间的偏差在 2cm 左右。

六、结束语

整个测距仪的硬件以 MSP430 单片机为核心，超声波发射和收发部分用了一体化的模块 HC-SR04 实现，抗干扰性极强，可靠性高。使用了温度补偿，提高了测量精度。测距仪能在司机泊车倒车时，能以语音、显示方式或声光报警多种方式，提示后方障碍物的存在，可作为泊车时的倒车雷达使用。系统精度高，体积小，结构简单，使用方便，满足了倒车测距的准确性和应用性，减少了倒车事故的发生，提高了安全性。作为单片机实训项目，让学生真正看到单片机在现实生活的实际应用，提高学生的实践能力、分析问题解决能力和创新能力。

参考文献

- [1] 莫品光, 刘艳红. 基于超声波的倒车防撞报警系统设计 [J]. 传感器世界, 2012, 18(6): 14-16-83.
- [2] 侯盼卫, 杨录, 岳文豹. 基于 LabVIEW 的 FMCW 雷达测距系统设计 [J]. 传感器世界, 2013, 19(11): 11-16.
- [3] 李云鹏. 基于机器视觉的机器人测距研究 [J]. 传感器世界, 2014, 20(4): 11-16.
- [4] 吴帆. 基于单片机的超声波测距系统设计 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2015, (10): 118-120.

Reverse distance measuring system based on SCM and ultrasonic

LIU Na

(Information Department, Liaoning Jidian Polytechnic, Dandong 118009, China)

Abstract: Drivers observe obstacles behind vehicles with the help of retroreflectors and rear windows mainly .But dead angles always exist, especially for those vehicles with long bodies. In order to solve the problems above, a ultrasonic reversing distance measuring system based on SCM with low cost, small size and free disassembly is designed in this paper. It also can be used as a SCM training topic for students. The system has characteristics with measuring range of 2cm~4m and accuracy of 3mm. The temperature compensation is done for improving the accuracy. Measurement results can be displayed on the LCD of vehicle in real time, at the same time the sound prompt is given. The minimum alarm distance can be set freely. The sound and light alarm are presented as the measured distance exceeds the threshold. The SCM

practical training courses with electronic products as the carriers not only improve the students learning interest, but also lay a solid foundation for their electronic product design and testing work in the future .

Keywords: SCM; ultrasonic; reverse distance measuring system

作者简介

刘娜，辽宁机电职业技术学院信息工程系，工程硕士学位，副教授，从事计算机、单片机、嵌入式技术研究及教学。

通信地址：辽宁省丹东市振兴区洋河大街 30 号

邮编：118009

邮箱：36177689@qq.com