

# 多功能超声波测距仪的设计与研究

瓮嘉民<sup>1</sup>, 翟子楠<sup>2</sup>, 冯赛赛<sup>1</sup>

(1. 河南工程学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 451191;

2. 平顶山学院 电气与机械工程学院, 河南 平顶山 467099)

**摘 要:**针对超声波测距仪易受温度影响和测距角度范围小等问题,提出了环境温度补偿和舵机调整测距角的宽角度超声波测距方案,增加了 CC1100 无线通信和语音播报等功能,使得超声波测距仪功能更加完善,测量精度更高,测量角度更宽.

**关键词:**超声波测距仪; 温度补偿; 宽角度; CC1100 ;语音播报

中图分类号: TP216

文献标识码: A

文章编号: 1673 - 1670(2016)05 - 0034 - 04

## 0 引言

超声波检测技术在机器人避障、智能小车避障和车辆定位与导航等领域应用广泛. 目前,国内超声波测距系统主要是以 51 单片机为处理芯片或采用收发分体式探头<sup>[1]</sup>. 由于超声波受温度影响比较大,需要温度补偿电路<sup>[2]</sup>;同时因收发分体探头测距角度范围较小,在宽角度多路测量方面不能很好地应用. 因此,设计了基于温度补偿和舵机调整测距角的宽角度测距仪,同时增加了 CC1100 无线通信和语音播报等功能.

## 1 超声波测距仪工作原理

超声波测距的方法主要有 3 种:相位检测法、声波幅值检测法和渡越时间检测法. 其中相位检测法测量精度高,但检测范围有限;声波幅值检测法更易受反射介质的影响. 渡越时间检测法实现起来简单,成本低,可测距离范围较大. 不过,渡越时间法在短距离范围内有一定的盲区,这与超声波发射器的结构和发射方法有一定的关系. 经过比较,采用渡越时间法作为超声波测距方法<sup>[3-4]</sup>.

超声波测距的原理如图 1 所示,超声波发生器 T 在某一时刻发出一个超声波信号,当这个超声波遇到被测物体后反射回来,就被超声波接收器 R 所接收. 这样只要计算出从发出超声波信号到接收到返回信号所用的时间,就可算出超声波发生器与反射物体的距离. 计算公式为:

$$d = s/2 = (c \times t)/2 .$$

其中:  $d$  为被测物与测距仪的距离,  $s$  为声波来回的路程,  $c$  为声速,  $t$  为声波来回所用的时间.

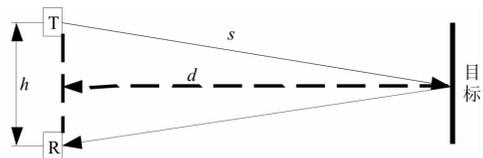


图 1 超声波测距原理

由于超声波也是一种声波,其声速  $c$  与温度有关. 超声波声速算法公式  $c = 331.4 \times \sqrt{1 + T/273}$ ,  $T$  为温度,将  $c$  带入就可以计算出距离  $d$ .

## 2 系统设计方案

整个系统主要包括:主处理器 STM32<sup>[5]</sup>、按键、温度补偿 DS18B20、超声波发送、超声波接收、语音播报 ISD1720、无线通信 CC1100 和上位机显示、180°旋转舵机,如图 2 所示. 其中发射电路由直流电源供电,所用直流电压不得超过 12 V,最大电源供给功率不超过 5 W,由超声波换能器选用 TCT40 - 10F1 和 TCT40 - 10S1 一套发射接收.

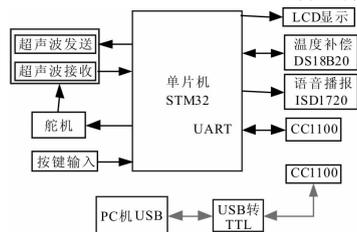


图 2 系统方案框图

收稿日期: 2016 - 03 - 25

作者简介: 瓮嘉民 (1972— ), 男, 河南省息县人, 硕士, 河南工程学院电气信息工程学院副教授, 主要研究方向: 嵌入式系统应用和电力系统继电保护.



### 3 系统硬件设计

系统硬件由 5 个部分组成: 超声波的发射与接收、温度补偿、语音模块、舵机旋转模块、无线通信和上位机显示。

#### 3.1 超声波发射电路设计

电路原理图如图 3 所示。发射电路主要由反向器 74LS04 和超声波发射换能器 T 构成, 单片机 P1.0 端口输出的 40 kHz 方波信号一路经一级反向器后送到超声波换能器的一个电极, 另一路经两级反向器后送到超声波换能器的另一个电极。用这种推挽形式将方波信号加到超声波换能器两端, 可以提高超声波的发射强度。输出端采用 2 个反向器并联, 用以提高驱动能力。上拉电阻 R11 和 R12, 一方面可以提高反向器 74LS04 输出高电平的驱动能力, 另一方面可以增加超声换能器的阻尼效果, 缩短其自由振荡的时间。

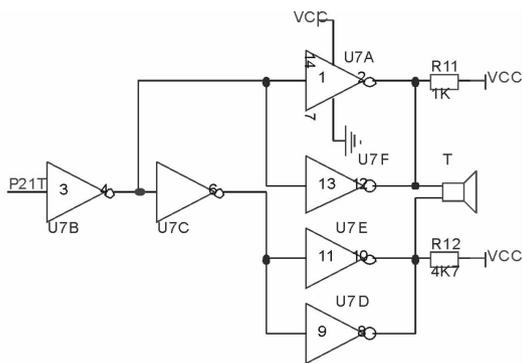


图 3 超声波发射电路

#### 3.2 超声波接收电路设计

超声波检测接收电路如图 4 所示, 选用 CX20106A 这样一款红外线检波接收的专用芯片。考虑到红外遥控常用的载波频率 38 kHz 与测距的超声波频率 40 kHz 较为接近。适当地更改电容 C3 的大小, 可以改变接收电路的灵敏度和抗干扰能力。

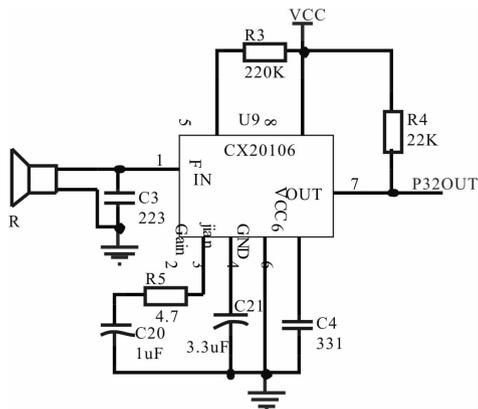


图 4 超声波接收电路

#### 3.3 语音播报和报警电路设计

语音播报选用 ISD1720 语音芯片, 单片机通过 P2.2 ~ P2.5 控制语音播报, 可以同时当前测得的距离和温度进行播报, 电路如图 5 所示。蜂鸣器报警电路主要用于测试距离小于或大于规定值时进行报警提示, 电路如图 6 所示。

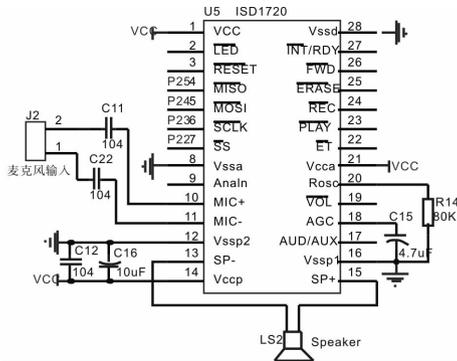


图 5 语音播报

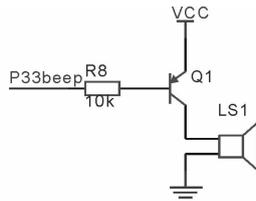


图 6 蜂鸣器报警

#### 3.4 180° 旋转电路设计

为了使超声波测距仪能够在 180° 宽范围进行测距, 选用北京汉库的 HG14 - M 舵机进行角度调节。HG14 - M 舵机的转角达到 185°, 由于采用 8 位 CPU 控制, 所以控制精度最大为 256 份。经过实际测试和规划, 分了 250 份, 每份  $185/250 = 0.74^\circ$ 。控制所需的 PWM 宽度为 0.5 ms ~ 2.5 ms, 宽度为 2 ms (图 7)。  $2 \text{ ms} \div 250 = 8 \mu\text{s}$ ; 所以得: PWM 信号 =  $1^\circ/8 \mu\text{s}$ 。

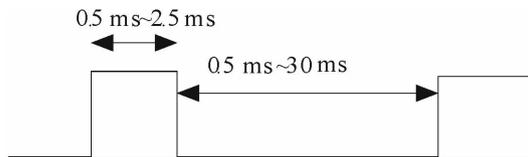


图 7 HG14 - M 舵机 PWM 位置控制方法

舵机角度 =  $0.74 \times N$ , PWM =  $0.5 + N \times \text{DIV}$ , 其中:  $\text{DIV} = 8 \mu\text{s}$ , 以 180° 伺服为例, 对应的控制关系如表 1 所列。

表 1 180° 伺服对应的控制关系					
角度/(°)	0	45	90	135	180
N	0	3E	7D	BB	FA
PWM/ms	0.5	1	1.5	2	



舵机与 STM32 的接口如图 8 所示。

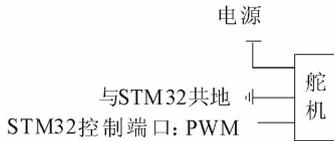


图 8 舵机接口电路

用自攻螺钉把一个合适的舵机连接盘与超声波支架通过支架的过孔固连起来,舵机连接盘与舵机的输出轴通过小齿花键套接,舵机连接盘可以从舵机的输出轴拔出,重新调整超声波支架与舵机的相对位置. 装配要达到的要求是当软件给舵机输出  $90^\circ$  时,超声波支架与舵机机身成垂直方向,这可以用机械的办法来调整它们的位置,由于小齿花键的齿数是有限的,所以可能做不到支架与舵机机身垂直,那就采用软件补偿的方法,比如程序的初始角度不是  $30^\circ$ ,而是加了  $5^\circ$  的补偿,即  $35^\circ$ ,这样做就可以做到当软件给舵机输出  $90^\circ$  时,超声波支架与舵机机身成垂直方向。

### 3.5 温度补偿电路

温度补偿采用 DS18B20 数字温度传感器,用来测量当前环境温度,根据公式算出此温度下超声波在空气中的速度,对测距进行温度补偿. 电路如图 9 所示。

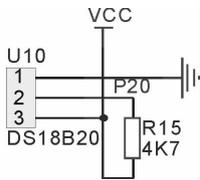


图 9 温度补偿电路

### 3.6 无线通信电路设计

无线通信选用 CC1100 - 232 模块,其主要特点是:1)低功耗模块,最大发射功率 10 mW,推荐使用 10 mW;2)载频频段 433 MHz;3)高抗干扰能力和低误码率,基于 FSK 的调制方式,采用高效前向纠错和信道交织编码技术,提高了数据抗随机干扰和突发干扰的能力,在信道误码率为  $10^{-2}$  时,可得到实际误码率  $10^{-5} \sim 10^{-6}$ ;4)传输距离远,可靠传输距离大于 200 m;5)支持透明的数据传输,能适应任何标准或非标准的用户协议;6)256 个可编程信道(20M 频段);7)可调节数据缓冲区。

CC1100 - 232 无线模块提供 TTL 电平接口,因此可以和 STM32 的串行口直接相连. 连接 PC 的 CC1100 - 232 需要加 TTL 转 USB 的电平转换板。

### 3.7 显示电路

STM32 测距板上的 LCD 显示选用 LCD1602

液晶实时显示出当时的温度和距离。

上位机 PC 显示用 VB 编程,运行界面如图 10 所示. 实时显示测量的距离和温度。



图 10 上位机显示界面

## 4 软件系统设计

系统软件由主程序、温度补偿程序、舵机控制程序、语音播报程序、超声波发射程序、超声波接收程序、上位机显示程序等程序模块组成. 主程序流程图如图 11 所示。

初始化程序主要完成 IO 设置、DS18B20 初始化、无线通信模块初始化、中断设置、定时器设置、显示初始化等. 其中无线通信模块初始化主要完成 CC1100 - 232 模块的通信信道选择、信道速率设置、串口波特率设定、发送功率设定、模块 ID 设置等. 选择默认模式,信道选择 0、空中速率 100 kbps、串口波特率为 9 600、发送功率为 10 mW 和模块 ID 为 0。

先是启动温度转换命令,让 DS18B20 开始转换温度,利用超声波测距的时间来转换温度,不需单独延时来给 DS18B20 转换留时间. 然后发射 38 kHz 的超声波,超声波接收电路利用 CX20106A 来解码,CX20106A 收到 38 kHz 的载波会输出低电平,利用这个低电平来发出外部中断,来通知定时器停止计时. 这样就记录了一个测距的时间,再继续发射,接收,测 10 次,记得 10 次测距的时间,取平均值,得到一个时间,即为超声波传输的时间. 经过 10 次的测距,温度转换已经完成,读取 DS18B20 温度,温度为  $t$  时的声音速度为  $v = 331.2 \times \sqrt{(1 + t/273.15)}$  m/s, 计算得到距离,然后在 1602 液晶上显示出来,如果有语音播报键按下,则通过语音播报当前的距离. 如果有角度调整键按下,则调节 PWM 脉宽送舵机,进行超声波传感器角度调整. 具体是通过一个 for 结构,驱动舵机从  $30^\circ$  转到  $150^\circ$ ,一共转动 5 个角度,步长为  $30^\circ$ ,接着又一个 for 结构,驱动舵机从  $150^\circ$  到  $30^\circ$ ,步长也

是 30°。每一个角度位置, 通过执行传感器测距子程序, 获得传感器测得的距离, 然后马上把该角度位置标志和 16 位被测距离信息上传到 STM32 进行处理。

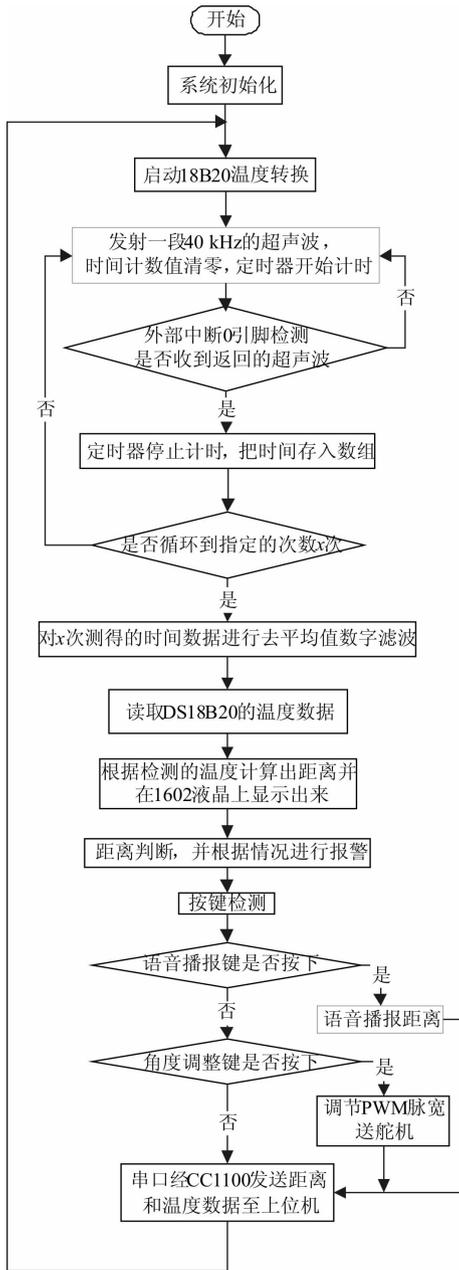


图 11 主程序流程图

最后 STM32 经过串口把距离和温度数据

通过无线模块 CC1100 - 232 发送给 PC 机, 由 PC 机显示当前的温度和距离。

### 5 测试结果分析

按照设计的硬件电路和软件, 调试好后, 对系统进行测试, 测距数据如表 2 所示。

表 2 测试数据 cm

实际距离	20	35	80	100	
测量距离	20.4	35.5	80	100.4	
误差	0.4	0.5	0	0.4	
实际距离	140	180	240	300	400
测量距离	140.6	180.5	240.7	300.6	400.8
误差	0.6	0.5	0.7	0.6	0.8

从表 2 可知, 测量误差<sup>[6]</sup>小于 1 cm。

### 6 结论

笔者设计了通过 DS18B20 进行温度补偿、舵机调整测距角度和 CC1100 无线通信的带语音播报的多功能超声波测距仪, 测量距离数据实现就地显示和上位机同时显示。实验室调试的结果表明表现良好, 测量数据误差小于 1 cm, 数据通信正常, 能够实时采集距离与正确传输, 该测距仪可以用于机器人和车辆定位等应用领域。

### 参考文献:

- [1] 夏继强, 郑 昆, 郑健峰, 等. 基于 STM32 的收发一体式超声波测距系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2014 (8): 43 - 45, 52.
- [2] 郁亚男. 基于温度补偿功能的超声波测距系统设计 [J]. 电子世界, 2014 (3): 147 - 148.
- [3] 潘仲明. 大量程超声波测距系统研究 [D]. 长沙: 国防科学技术大学, 2006.
- [4] 李艳杰. 基于 HT46F49E 的超声波测距系统 [D]. 西安: 长安大学, 2011.
- [5] 苑 洁. 基于 STM32 单片机的高精度超声波测距系统的设计 [D]. 北京: 华北电力大学, 2012.
- [6] 孔 明, 候 蕊, 赵 军. 基于 FPGA 的超声波测距系统 [J]. 仪表技术与传感器, 2013 (6): 86 - 89.

(责任编辑: 王彦江)

## Design and Research of Multi - Functional Ultrasonic Range Finder

WENG Jiamin<sup>1</sup>, ZHAI Zinan<sup>2</sup>, FENG Saisai<sup>1</sup>

(1. School of Electrical Information Engineering, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou, Henan 451191, China; 2. School of Electric and Mechanical Engineering, Pingdingshan University, Pingdingshan, Henan 467099, China)

**Abstract:** Ultrasonic range finder usually has some problems such as it is susceptible to temperature and ranging issues such as small angle range. With the environmental temperature compensation and steering angle wide angle adjustment ranging ultrasonic ranging programs and CC1100 wireless communications and voice broadcast functions, we find the improved ultrasonic range finder is better, with higher accuracy and a wider angle measurements.

**Key words:** ultrasonic range finder; temperature compensation; wide angle; CC1100; voice broadcast

