

一种高精度超声测距系统的设计

王 峰,葛立峰

(安徽大学 电子科学与技术学院,安徽 合肥 230039)

摘 要:介绍了超声波测距的原理,分析了超声波测距产生误差的原因,设计一种高精度超声测距系统。提出通过确定回波前沿以计算渡越时间,实时测量环境温度修正超声波传播速度,以提高超声波测距精度的方法。在此基础上,设计了超声波测距系统的硬件和软件。实验结果验证了本系统具有精度高的优点。

关键词:超声波;测距;高精度;温度补偿

中图分类号:TP212

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)01-0229-03

Design of an Ultrasonic Range Measurement System with High Precision

WANG Feng, GE Li-feng

(School of Electronic Science and Technology, Anhui University, Hefei 230039, China)

Abstract: Introduces the principle of ultrasonic range measurement, and analyses the main error sources of ultrasonic range measurement, designs an ultrasonic range measurement system with high precision. A method of improving the precision of ultrasonic range measurement is described. In the method, the forward edge of echo can be determined accurately to calculate the time of flight, the speed of ultrasonic is corrected by measuring real-time environmental temperature. Based on the idea, the hardware and software of ultrasonic range measurement system have been designed. The experiment result shows that the advantage of this system is of high precision.

Key words: ultrasonic; range measurement; high precision; temperature compensation

0 引言

一些传统的距离测量方式在某些特殊场合存在不可克服的缺陷。超声波测距是一种非接触式检测方式,利用其可测范围广,不受光线和被测物体颜色的影响等优点,可以解决很多问题,如工业上的工业控制、勘探测量、机械人定位和安全防范等领域都有广泛的应用^[1]。在现在的汽车泊车定位系统以及汽车倒车测距系统中一般都使用超声波测距。文中介绍一种以AT89S51单片机为核心的低成本、高精度、微型化的数字显示,具有I²C总线通信能力的超声波测距系统。

1 超声测距原理

超声波发射器定期发送超声波,遇到被测物体时发生反射,反射波经超声波接收器接收并转化为电信号,只要测出发送和接收的时间差 t ,即可测出超声测距装置到被测物体之间的距离 d :

$$d = c * t / 2 \quad (1)$$

式中, c 为超声波的传播速度(m/s),其与环境温度 $T(^{\circ}\text{C})$ 的关系式为:

$$c = 331.45 * \sqrt{1 + T/273.16} \quad (2)$$

由此可见声速与温度的密切的关系。在应用中,如果温度变化不大或者对测量要求不太高(例如汽车泊车定位系统),则可认为声速是不变的,否则,必须进行温度补偿。

超声波传感器是超声测距核心部件,传感器按其工作介质可分为气相、液相和固相传感器;按其发射波束宽度可分为宽波束和窄波束传感器;按其工作频率又可分为40kHz、50kHz等不同等级。超声波在空气传播过程中,由于空气吸收衰减和扩散损失,声强随着传播距离的增大而衰减,而超声波的衰减随频率增大而成指数增加^[2]。文中选用气相、窄波束、40kHz的超声波传感器。

2 系统设计

针对温度对超声波传播速度的影响以及不易准确确定回波前沿到达时间这两方面问题的考虑,设计了如图1所示的系统,主要由单片机及其辅助电路,超声

收稿日期:2007-04-05

基金项目:国家自然科学基金资助项目(60374044)

作者简介:王 峰(1983-),男,安徽宿州人,硕士研究生,研究方向为传感器、信号处理与仪表化;葛立峰,教授,研究方向为传感器、信号处理与仪表化。

波发射电路,超声波接收和信号处理电路,温度检测电路,数码管显示电路以及模拟 I²C 总线接口电路等部分组成。

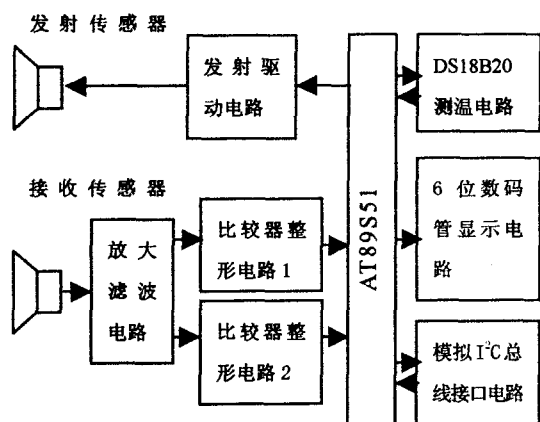


图 1 系统结构框图

2.1 超声波发射和接收电路

超声波发射电路采用单片机软件编程产生 40kHz 的方波脉冲信号,通过单片机输出引脚输入至驱动电路,经驱动电路驱动后推动超声波传感器产生 40kHz 超声波。驱动电路是由两个三极管组成的互补功率放大电路组成^[3](如图 2 所示)。

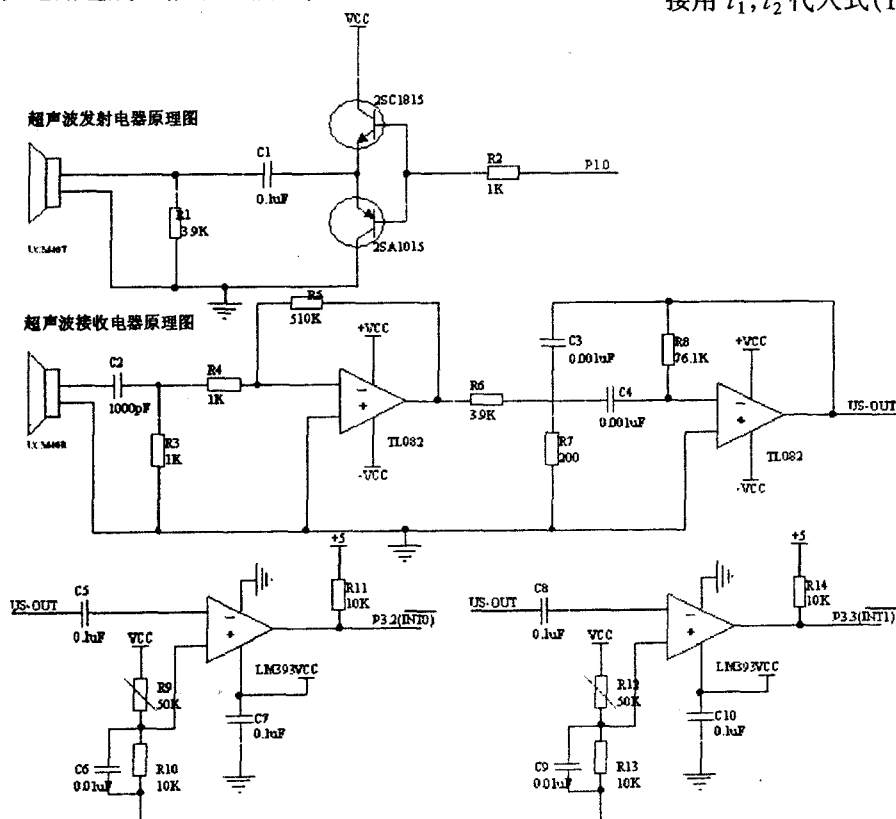


图 2 系统发射接收电路原理图

超声波接收电路包括低通滤波电路、放大电路、带通滤波电路、两个比较器整形电路。为了去除环境中的工频噪声影响,系统接收电路首先采用一阶 RC 低

通滤波电路以去除环境噪声干扰。由于返回的超声波信号转化的电信号很弱,所以需要放大电路,带通滤波电路也是为了去除其它信号的干扰,放大滤波电路均采用了高速精密运算放大器 TL082^[4]。

以往的超声测距系统使用一个比较器电路,不能准确地对回波前沿时刻进行测定,为了判断超声回波信号前沿以进行渡越时间 t 的测定而设置一定的门限电压,但由于每次测距的回波信号的峰值不同,当选取一定的门限电压时,如果门限值设置过高,会造成信号的漏触发,但也不能设置过低,否则会造成噪声信号的误触发。所以本系统采用两个比较器整形电路,可以对回波前沿到来的时刻进行测定,比较器选用 LM393,工作原理如图 3 所示。

其中比较器 1 的门限电压为 v_1 ,比较器 2 的门限电压为 v_2 (其中 $v_1 < v_2$, 其值由实验设定)。当超声波传感器发射超声波时,单片机定时器 T_0 和 T_1 同时开始计时,当比较器 1 翻转时,停止 T_0 计时,此时 T_0 所对应的时间为 t_1 ,当比较器 2 翻转时,停止 T_1 计时,此时 T_1 所对应的时间为 t_2 ,显然 $t_1 < t_2$, t 是回波前沿到来的时刻。可见利用 t 代入式(1)来计算距离,比直接用 t_1, t_2 代入式(1)计算距离,精度要提高很多。由

图 3 可得式:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{t_1 - t}{t_2 - t} \quad (3)$$

易求出超声波发射至接收所需时间 t :

$$t = \frac{v_2 t_1 - v_1 t_2}{v_2 - v_1} \quad (4)$$

2.2 温度检测电路

为提高测距精度,采用温度检测电路^[5]。温度测量电路是基于 DS18B20 单线式数字温度传感器,电路非常简洁,可直接将其 DQ 端与单片机 P3.7 口相连。DS18B20 是美国 DALLS 公司推出的温度传感器芯片,具有 9~12 位的转换精度,默认设置是 12 位分辨率,本系统将它设置为 9 位分辨率,对应的温度值是 0.5°C,满足本系统的要求。利用温度检测电路实时地测量环境温度

T ,再根据式(2)计算超声波的速度 c 。

2.3 数码管显示电路

采用 6 位共阳极的动态数码显示管,前两位显示

环境温度,后四位显示测量的距离。显示字符由单片机 P0 口送锁存器 74LS374 锁存,再经显示驱动芯片 ULN2003 驱动数码管显示,同时 P2.0~P2.5 分别控制每一位的动态显示。

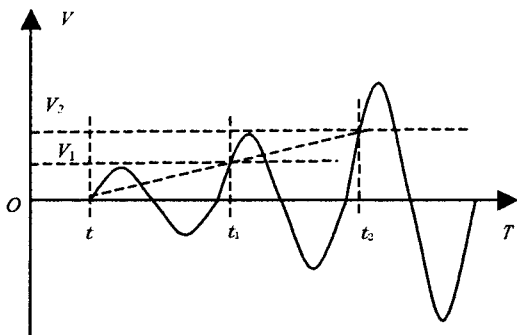


图 3 两个比较器整型电路工作原理

2.4 模拟 I²C 总线接口电路

Philips 公司提出的 I²C 总线协议,因其简单性和有效性得到了广泛的应用。I²C 总线协议使用一种简单的双向两线 SDA(串行数据输入输出)和 SCL(串行时钟)来连接系统中的各个 IC 器件,IC 器件利用这两根线进行串行通信。51 单片机不具有 I²C 总线接口,带有 I²C 总线接口的单片机与 51 单片机相比,成本较高。文中利用 51 单片机的通用 I/O 口模拟 I²C 总线接口,使 51 单片机能够实现基于 I²C 总线协议的串行数据传输,其硬件设计比较简单,利用单片机的两个通用 I/O 口 P1.1 和 P1.2 模拟 SDA 和 SCL,SDA 和 SCL 均要接上拉电阻^[6]。

2.5 测距系统软件设计

本测距系统软件包括主程序、测温子程序、测距子程序、计算子程序、数码显示子程序、外部中断程序和模拟 I²C 总线接口程序等。图 4 为主程序流程图,图 5 为测距子程序流程图。

3 实验结果及误差分析

为了验证系统的测量精度,进行了实验研究。被测物体选用表面光滑的铁板,环境温度为 20℃ 时,系统测量的部分实验数据见表 1。从表中的数据可以看出,在一定范围内,随着测量距离的增加,误差不明显增大。由于测量的误差具有随机性,可以通过多次测量对实验数据求平均值的方法减少误差,也可以采用最小二乘法对实验数据进行修正的方法减少误差。

4 结束语

本系统从两方面来提高超声测距精度:一是通过温度补偿对超声波速度进行补偿;二是通过确定回波前沿到达时刻以进行渡越时间的测定。该系统经过实

际测试证明,测距精度可达厘米级,并且误差不随距离

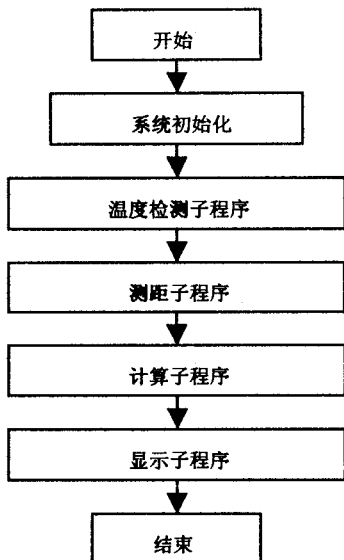


图 4 主程序流程图

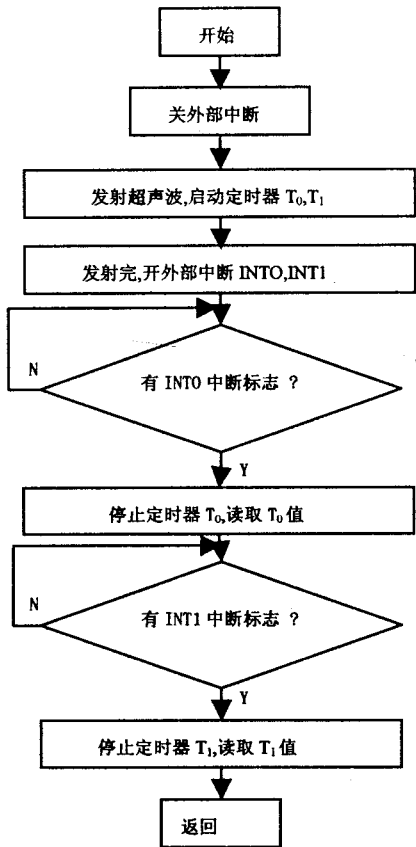


图 5 测距子程序流程图

的增加而明显增大。系统简单、稳定、可靠,并且可以进行 I²C 串行总线通信,可以满足大多数场合的测距要求。当然,要满足更高的精度要求,还须进一步改进^[7],例如要考虑超声波发射传感器和接收传感器在安装时要使两者的夹角在精度允许的范围,超声波传播介质的密度和被测物体的表面光滑度对超声波传

(下转第 236 页)

现和远程维护台之间的握手。它实现了一个告警消息队列,所有模块都将自己监测到的告警信息发送至告警消息队列,由维护管理模块对队列进行管理,将告警信息逐条取出写入告警日志。

4 结束语

IVR 业务平台实现了音乐快递平台所需的全部语音流程,能够支持 DTI 和 IP 两种网络环境的呼入和呼出,能够支持 Oracle 后台数据库存储。在业务功能实现上能够支持用户分享歌曲的收听,能够支持用户对分享歌曲打分,能够对歌曲进行删除、再分享、设置彩铃或振铃等管理功能。实现了系统重要参数、易变参数可配置,实现了业务日志和告警日志的分开记录等多方面的功能需求。

虽然 IVR 业务平台已经能够上线运行,但在功能

和性能上还可以进一步改进和提高,进一步增加服务种类,完善维护和管理功能。

参考文献:

- [1] 阿与整理. 语音增值业务 (IVR) 基础知识[J]. 中国数据通信, 2004(7): 63-65.
- [2] Intel. Global Call SS7 Technology Guide[M]. USA: Intel, 2004.
- [3] Intel. Global Call API for Linux Programming Guide[M]. USA: Intel, 2004.
- [4] Intel. NetStructure SIU520 Developers Manual[M]. USA: Intel, 2004.
- [5] 吴 飞, 崔杜武. 可重配置 IVR 系统的设计与实现[J]. 西安理工大学学报, 2006, 22(3): 315-318.
- [6] 王广平. IVR 系统设计浅析[J]. 中国金融电脑, 2005(1): 65-69.

(上接第 228 页)

3 结束语

基于协作的设计方法是 CAD 设计发展的方向,当前越来越多工程需要多人的合作开发,独立的设计体系渐渐满足不了设计者的需求。对于图纸的实时浏览标注目前大多的系统仅仅考虑了标注元素、协作方法、网络传输的设计,对于辅助的合作交流方法很少加入到系统。为了设计者之间更好的协作,该文充分分析利用了 DWF 文件的特点,分析了实时多用户图纸浏览与标注的功能。在分析关键技术和系统需求的基础上,设计了一系列的实用的功能模块框架,将操作命令分门别类地包装成命令消息,减轻网络流量的负担,通过 NetMeeting 技术在系统中集成了音视频模块,更好地协助用户进行交流设计。

参考文献:

- [1] Autodesk, Inc. DWF ToolKit Reference[M]. [s.l.]: [s.n.], 2006.
- [2] 王晓利, 梁满贵. 基于 NetMeeting SDK 的多媒体通信系统开发技术[J]. 计算机应用研究, 2002(8): 127-129.
- [3] 何 刚, 李柏林. 协同设计中的图形共享技术研究[J]. 机械设计与研究, 2004, 20(2): 45-47.
- [4] Autodesk, Inc. Autodesk Design Review 2007 and DWF Viewer 7.0 APIs Reference[M]. [s.l.]: [s.n.], 2006.
- [5] 牟玉洁, 张有良, 汪慧芬. 网络协同产品开发环境中的三维工程图形批注技术[J]. 计算机集成制造, 2002, 8(9): 700-703.
- [6] 孙国强, 郝永平, 曾鹏飞. 协同设计过程中产品模型协同批注的研究[J]. 现代制造工程, 2007(1): 16-19.

(上接第 231 页)

播速度的影响,还要考虑测距电路的延时间题等。

表 1 系统实验数据

实际值 (mm)	测量值 (mm)	绝对误差 (mm)
70(盲区)	无	无
80	76	-4
100	102	2
200	204	4
400	395	-5
600	607	7
800	810	10
1000	1009	9
1200	1207	7
1400	1412	12
1600	1590	-10
1800	1806	6
2000	1992	-8

参考文献:

- [1] Barshan, Billur. Fast processing techniques for accurate ultrasonic range measurements[J]. Measurement Science and Technology, 2000, 11(1): 45-50.
- [2] 何希才, 薛永毅. 传感器技术及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.
- [3] 赵家贵. 电子电路设计[M]. 北京: 中国计量出版社, 2005.
- [4] 康华光. 电子技术基础(模拟部分)[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [5] 时 玮, 孟 军, 刘 波. 温度修正的超声波测距控制设计[J]. 机械工程与自动化, 2005(6): 85-87.
- [6] 戴 佳, 戴卫恒. 51 单片机 C 语言应用程序设计实例精讲[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006.
- [7] 苏 炜, 龚壁建, 潘 笑. 超声波测距误差分析[J]. 传感器技术, 2004, 23(6): 8-11.