

收发同体型超声测距系统设计

肖 峻, 牛 炜, 莫易敏, 赵 刚

(武汉理工大学 机电工程学院, 湖北 武汉 430070)

摘 要: 介绍了一种收发同体型超声测距系统。该系统由发射电路、前置放大电路、滤波电路、AGC、整形电路和单片机控制器等组成。前置放大器由音频功放 LM386 组成。另外,对数据的采集和处理采用了反射波峰值检测法,取得了良好的效果。

关键词: 收发同体型; 超声测距; 音频功放; 数字信号处理器

中图分类号: TP212 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000 - 9787(2003)08 - 0032 - 03

Design of ultrasonic distance measuring system with transmitting-receiving sensor

XIAO Jun, NIU Wei, MO Yi-min, ZHAO Gang

(Sch of Mech and Elec Engin, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: An ultrasonic distance measuring system with a transmitting-receiving sensor is introduced. It consists of transmitting circuit, preamplifier, filter, AGC, shaping circuit and MCU, etc. The preamplifier consists of the audio-frequency power amplifier LM386. Moreover, a method of detecting reflected peak value is used on data collecting and processing good results have been achieved.

Key words: transmitting-receiving sensor; ultrasonic distance measurement; audiofrequency power amplifier; digital signal processor (DSP)

0 前 言

随着微电子技术的发展,利用超声波进行近距离的非接触测量已逐步成为可能。例如,机加工中的自动化装配、检测、分类,以及对工件姿态、种类的自动识别等。超声波测距具有纵向分辨力高、对色彩和光照度不敏感、抗电磁场干扰能力强等特点,可用于识别透明和漫反射性差以及有毒等恶劣环境中。收发同体型超声测距系统中最关键的部分就是信号检测,采用音频功放 LM386 作前置放大器,取得了良好的效果。另外,该超声波测距系统还具有信号实时发送、通信等功能。

1 系统组成和工作原理

收发同体型超声波测距只用一个换能器,既做发射又做接收。当换能器发射出一个短暂的振荡信号后,便处于接收状态。记录下从信号发射到接收到回波信号的时间 t ,便可计算出换能器到被测物反射面之间的实际距离,计算公式为

$$S = \frac{1}{2} Ct, \quad (1)$$

式中 C 为声波的速度, $C = \sqrt{\frac{\gamma T}{\mu}}$, 其中 γ 是气体的比热比; γ 是气体常数; μ 是气体的摩尔质量; T 是热力学温度。

收发同体型超声波测距系统组成如图 1 所示。

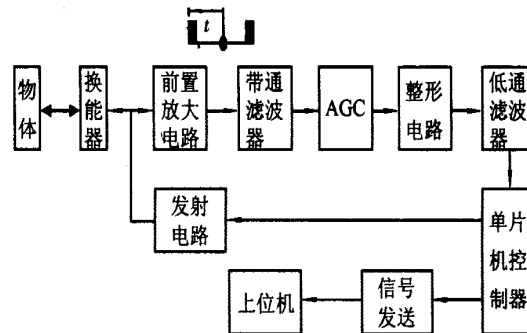


图 1 系统原理框图

Fig 1 Block diagram of system principle

系统由发射电路、信号检测电路、单片机控制器和信号发送电路等组成。发射电路定时输出 0.2 ms 宽的激励信号;信号检测电路主要对反射信号进行前置放大、滤波器处理、自动增益调整和整形比较等处理;单片机控制器用于控制发射信号、时钟

信号计数和数据处理等,并可向外发送信息。

2 信号检测电路

2.1 前置放大器

超声波在传播途中不可避免地会衰减,到达物体表面后,经过吸收、散射后,反射回来的回波信号极其微弱,要想检测到回波,必须对其进行适当的放大。另一方面,超声波碰到不同表面的物体回波信号起伏很大,以至于有可能完全被背景噪声淹没。因此,超声波回波的检测和放大对超声测距系统的量程和准确度有着至关重要的影响。

系统中利用同一个换能器,发射信号和接收信号共用一个通道,两个信号的幅值相差很大;同时,反射信号微弱,信噪比低,因此,没有采用普通的运算放大器来设计前置放大电路,而巧妙运用音频功放 LM386 作前置放大器。LM386 的前置放大电路如图 2 所示^[11]。

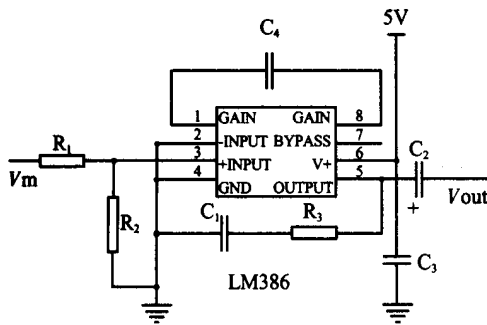


图 2 前置放大电路图

Fig 2 Preamplifier circuit

该放大器采用差分放大电路作为输入级,具有很高的共模抑制比和较大的输入阻抗。放大倍数可通过 1,8 脚之间的电容器 C_4 来进行调节,其值应小于 $10\mu\text{F}$ 。图 3 所示分别为采用音频功放 LM386 和仪用放大器 IN126 在增益相同的情况下所接收到的反射波信号。上半部分是音频功放 LM386 作前置放大器所得到的回波,其中,波形前一部分为发射波饱和和输出信号,后一部分为反射波信号。

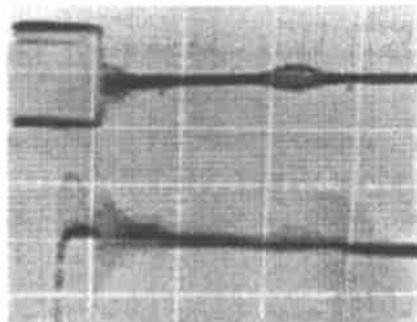


图 3 前置放大器输出波形比较图

Fig 3 Comparing diagram of preamplifier output

2.2 自动增益控制器

当被测物与换能器之间的距离和角度变化时,回波信号会有很大的起伏。为了使放大电路的输出端能够有一个幅度变化不大的信号,必须设置一个幅度调节系统,来保证输出幅度的稳定性。电路中设计了自动增益控制 (AGC) 电路作为动态范围压缩器,在输入信号幅度变化大时,控制放大器的增益,使输出幅度稳定在一个窗口里。采用运放 LM358 和场效应管 3DJ6 构成受控放大器,3DJ6 作为压控电阻形成反馈调节回路。改变 3DJ6 的栅极和源极的压差,即可控制场效应管的等效输出电阻,从而改变输入信号的大小^[12]

3 数据采集和处理

为了获得较高的测量准确度,采用上位机作为数据处理器。单片机不断检测出发射波到反射波之间的时间,并传送到上位机^[3,4]。上位机在每秒钟采样到 30 组数据后,首先去掉采样值中的最大值和最小值,并求一次平均值;然后,利用 5 次平均值做一次移动平滑滤波;最后以每秒钟输出一次测量值,所得到的值在时间上稍有滞后。采用二次滤波的方法,以延长测量时间换取了较高的测量准确度,测量的相对误差可控制在 2% 以内。

在测量发射波和反射波之间的时间方面,以发射波起点作为计时起点,以反射波的峰值作为计时终点。由于检测电路中采用了比较器,反射波幅值变化会造成整形后反射波宽度的变化,因此,采用反射波峰值检测法可以减小计时误差。具体方法是测出反射波脉冲宽度,取其一半值并与计时到反射波上升沿的时间相加,得到原始计时时间。然后通过针对不同距离的数据进行拟合,得到实际测量数据的比例因子和修正量,从而根据计时时间计算出测量距离。

4 试验结果

系统采用了 SZW - 40 型收发同体型超声波换能器,温度为 26 时的测试结果数据见表 1。

表 1 测试结果

Tab 1 Testing result

序号	实际距离 (mm)	均值 (mm)	重复误差 (%)	相对准确度 (%)
1	300	303.8	0.6	1.3
2	500	507.6	0.7	1.5
3	800	812.7	0.5	1.6
4	1000	1019.0	0.6	1.9
5	1100	1123.0	0.4	2.1

测试中对每个点进行了多次测量,从测量的数据看其重复误差小于 1%,表明短期内测量系统比较稳定。长期工作时,由于温度等因素的影响,对测量结果有比较大的影响。另外,随着测量距离的增加,测量的绝对误差和相对误差都增加,因此,实际中应适当控制测量范围,选择线性度比较好的范围进行测量。

5 结束语

利用音频功放 LM386 作为前置放大器和由 AGC、滤波器等组成的检测电路完成了对发射信号和反射信号的分离和处理,取得了良好的效果,为后续处理打下了基础。采用反射波峰值检测法提高了测量准确度;利用上位机进行数据二次滤波处理,消除了偶然因素的作用,提高了测量系统的稳定性。

(上接第 29 页)

相对扩展不确定度 $V_{95} = 2v = 0.934\%$,置信区间 95%。按流量标准装置的准确度等级要求,修约数值到 1%,确定被测流量计准确度为 1 级。

5 结论

通过流体流动机理分析,得到新的差压流量方程,并通过误差分析和修正方法提高测量准确度,设计了智能化差压流量计系统,该系统经过实验室测量运算,证明是一个可实现系统。该流量计与同为节流型的孔板流量计相比,具有测量准确度较高,测量量程较宽,加工方便,可适用于更多性质的流体等特点;但由于流量计的探头必须严格处于圆管中心

(上接第 31 页)

数不同而变化,实验数据见表 2。

表 2 检测装置的测量准确度

Tab 2 Measuring accuracy of measuring device

物理量	CO ₂ (%)				
	1~5	6	7	8	10
测量准确度 (%)	±26 ~ ±6	±5	±5	±5	±10

5 结束语

本医用 CO₂ 体积分数检测装置利用 NDIR 红外光谱吸收原理和旁气流式测量方法实现了对病人呼吸中 CO₂ 气体体积分数进行连续、无创测量,CO₂ 体积分数在 PC 机上连续显示,进一步还可得到呼吸率。本装置可以应用于危重病人监护中的气体测

收发同体型超声测距是一种比较理想的非接触近距离测量方法。可以应用在物料形貌测量、车辆位置控制和工业机器人等方面。

参考文献:

- [1] 新编电子电路大全[M].北京:中国计量出版社,2001. -1 -5.
- [2] 何立民.单片机高级教程应用与设计[M].北京:北京航空航天大学出版社,1999. 20 - 89.
- [3] 李广弟,朱月秀,王秀山.单片机基础[M].北京:北京航空航天大学出版社,2001. 147 - 160.
- [4] 孙肖子.实用电子电路手册[M].北京:高等教育出版社,1992. 300 - 306.

作者简介:

肖峻(1964 -),男,湖北武汉人,博士,武汉理工大学机电工程学院副教授,硕士研究生导师。主要研究方向:传感器技术及应用、自动控制系统、机电一体化研究。

位置,也有安装要求高的问题。该问题有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 景思睿,张鸣远.流体力学[M].西安:西安交通大学出版社,2001. 167 - 171.
- [2] 巴切勒 G K.流体动力学引论[M].北京:科学出版社,1997. 350 - 356.
- [3] 国家质量技术监督局计量司.测量不确定度评定与表示指南[M].北京:中国计量出版社,2000. 29 - 44.

作者简介:

邝小磊(1961 -),女,广东佛山人,工学硕士,讲师,主要从事智能技术、过程控制和控制理论的教学和研究工作。

量,及一般的麻醉手术病人监护中的气体测量,也能用于小儿的呼吸监护。该装置有结构简单、准确度高、长寿命、适用范围宽、性能价格比高等优点,具有很高的推广应用价值。

参考文献:

- [1] 余守章.临床监测学[M].广州:广东科技出版社,1997. 141 - 151.
- [2] 单成祥.传感器的理论与设计基础及其应用[M].北京:国防工业出版社,1999. 414 - 451.
- [3] 甘心照,陈仁渔.现代医用电子仪器[M].南京:南京大学出版社,1993. 45 - 59.

作者简介:

李可(1976 -),男,四川成都人,硕士研究生,1999年毕业于西安交通大学电气工程学院,现就读于西安交通大学生命科学与技术学院,主要从事生物医学信号的获取、处理及仪器的研究。