

文章编号: 1672-6146(2006)01-0067-04

单片机 AT89C2051 在超声波测距系统中的应用

樊高妮¹, 何永强²

(1. 湖南文理学院 人事处, 湖南 常德 415000; 2. 中南大学 机电工程学院, 湖南 长沙 410083)

摘要: 介绍了一种基于单片机 AT89C2051 的超声波测距系统, 重点阐述该系统的硬件电路设计和软件设计, 并利用温度检测电路有效消除了环境温度变化对传播速度的影响; 在数据处理方面, 利用最小二乘法得出实际值与测量值之间的补偿公式, 从而使系统的测量误差进一步减小; 在盲区消隐方面, 通过预置触发器, 并在软件上采用延迟接收技术, 有效消除了串绕信号, 进一步提高了检测的精度及灵敏度。

关键词: 超声波; 测距; 单片机; 温度传感器

中图分类号: TP 368.2; TP 39

文献标识码: A

超声波通常是指振动频率大于 20 kHz 的声波, 它具有频率高、波长短、绕射现象小, 特别是方向性好、能够成为射线而定向传播等特点。而超声波测距是一种传统而且操作简单、实用的非接触测量方法, 它不受光线、颜色以及电磁场的影响。在恶劣作业环境下有一定的适应能力, 因此利用超声波进行距离测量在工业控制、建筑测量、机器人定位、辅助视觉系统等方面得到广泛的应用^[1-3]。本文设计出了基于单片机 AT89C2051 的超声波测距系统, 包括超声波发射电路、回波接收电路和 PC 机数据采集系统以及温度检测电路。它具有精度高, 可靠性、通用性强, 结构简单、灵活等特点。

1 系统组成及工作原理

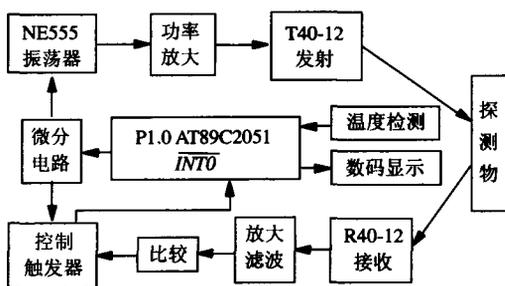


图1 系统结构方框图

1.1 系统硬件组成

该系统的硬件电路由单片机 AT89C2051、微分电路、NE555 多谐振荡器、功率放大、发射换能器 T40-12、接收换能器 R40-12、高增益放大滤波电路、比较电路、控制触发器电路、温度检测电路及数码

显示电路组成。结构框图如图 1 所示。

1.2 系统工作原理

本测距系统以单片机 AT89C2051 为中心控制单元, 其工作流程如下: P1.0 口清零置 1, 发出启动信号, 启动信号经微分电路产生正跳同步脉冲, 该同步脉冲同时作用至 555 多谐振荡器和控制触发器, 一方面使振荡电路产生 40 kHz 的脉冲方波, 经功放加至超声波发生器, 由逆压电效应产生频率为 40 kHz 的超声波。同时, 该同步脉冲加至控制触发器, 使控制触发器翻转, 从而使 P3.2 口置 1, 即: $\overline{INT0}=1$, 使 AT89C2051 的 T0 计数器开始记数。从探测物反射的回波被超声波接收探头接收, 根据压电效应产生回波电压信号, 由于回波信号很弱, 所以先经过放大及滤波电路, 通过比较电路使控制触发器翻转, 即: $\overline{INT0}=0$, 发出中断请求, 使单片机的 T0 计数器停止记数, 此时将 T0 的记数值 N 送存 RAM^[4,5]。假设从发射超声波到接收回波信号所用时间为 t , 单片机的机器周期为 T , 则 $t=NT$, 设声速为 c , 探头到探测物的距离为 L , 则有 $L=ct/2=(cNT)/2$ (公式 1); 由于超声波在空气中传播速度受温度影响较大, 如: 温度每升高 1 °C, 声速增加约 0.6 m/s, 因此需要进行温度补偿。声速 c 与温度 t' 的关系可由经验公式来表示: $c=331.45+0.607 t'$ (公式 2), 本测距系统采用了美国国家半导体公司研制的 LM92 高精度温度传感器, 该传感器的分辨率为 0.062 5 °C, 在 -10~85 °C 内精确度为 ± 1.0 °C, 由单片机读取 LM92 的温度, 再根据温度来修正超声波速度 c , 根据测距公式 $L=(cNT)/2$ (公式 1) 来计算物距 L , 从而保证了测量的精度及可靠性。计算结果送到 LED 显示电路进行显示。

2 硬件电路设计

2.1 发射电路

发射电路由 NE555 多谐振荡器和外围电子元件组成^[6], 采用 555 多谐振荡器可以实现宽范围占空比的调节, 并且电路设计简单, 占用面积小。由单片机 AT89C2051 的 P1.0 口发出同步脉冲信号, 如图 2

示,该同步脉冲启动多谐振荡器,使其输出具有周期性间隔的40 kHz的脉冲方波信号,占空比为50%,脉冲个数的选择很关键,不宜过多也不能太少,脉冲个数多使得脉冲能量增大,但同时也加大了盲区,脉冲个数太少则脉冲能量容易衰减,很可能测不到回波信号,通过实验对比,选择6个脉冲为宜.脉宽为(1/40 kHz)×6=150 μs.发射时间间隔为30 ms.然后将该超声波脉冲信号经过功率放大加至超声波换能器发射探头,根据逆压电效应,产生振动频率为40 kHz的超声波.

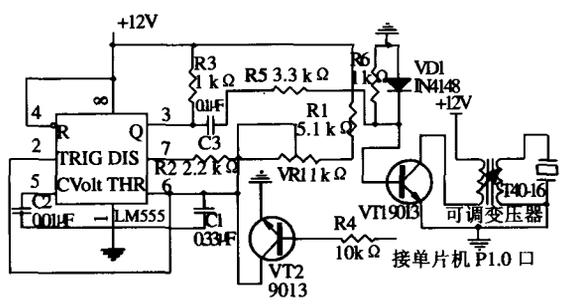


图2 超声波发射电路

2.2 接收电路

接收电路主要由两片OP-37构成的两级运放电路和由UPC358构成的比较电路组成^[7],如图3所示.由于在测距范围大于5 m的情况下,回波信号非常弱,一般为几个毫伏,因此需要高增益的接收电路.本系统设计了两级放大,每级放大100倍,共放大10 000倍左右.设计时选择了各项性能优越的OP-37做为放大器,能充分满足放大的要求.OP-37是高速宽带运算放大器,其转换速率为17 V/μs,增益带宽乘积为63 MHz,双电源供电^[6].回波信号经过两级放大以后,输入到UPC358的反相输入端,与基准电压相比较,UPC358的输出端接至控制触发器,比较器将经过放大后的交流信号整形出方波信号,该方波的上升沿使控制触发器置0,通过与之相连的P3.2口向单片机发出中断请求,此时单片机的P3.2口为低电平,即 $\overline{INT0}=0$,计数器T0停止记数.超声波发射脉冲及工作时序如图4所示.

2.3 盲区干扰信号的消除

通常发射换能器和接收换能器都是平行放置且距离较近,当发射探头发射超声波时,接收换能器收到的第一个波是串扰直通波(也称泄漏波),它是通过绕射由发射换能器直接达到接收换能器而造成的,因此,通常接收探头会引起强烈的感应信号,所以必须将其隐去.如图3所示,接收传感器接收的电压信号经两级OP-37放大器放大,再经二极管进

行检波,但直接接收到的发射传感器发送的信号也得到同样的放大,为了只测量反射信号,为此,必须消除直接接收到的信号.因此,采用比较器UPC-358使检波后信号与基准信号进行比较从而消除直接接收的信号.用4013B构成RS触发器,使比较后的信号仅在超声波反射时间内输出为高电平,由于这段时间内触发器不能置0态,从而不会发出中断请求,一方面能有效的躲过串绕问题,另一方面也会形成所谓的盲区,本系统的盲区约为10 cm左右.

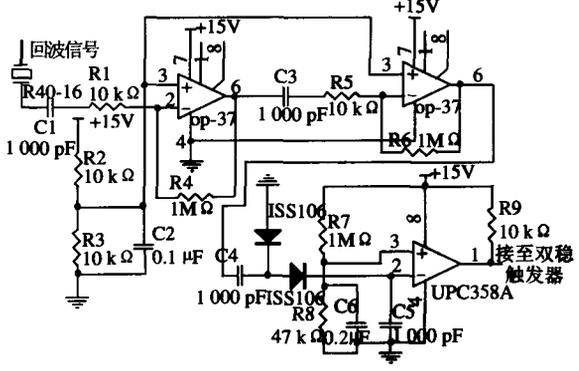


图3 超声波回波接收电路

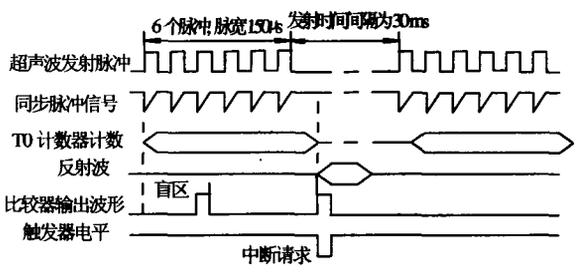


图4 超声波发射脉冲及工作时序

3 软件设计

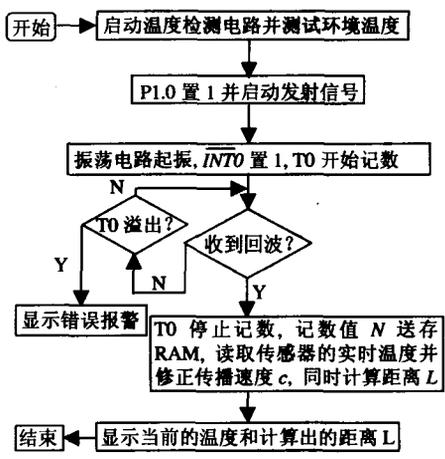


图5 超声波测距系统程序流程图

系统上电以后,首先对T0、各I/O口等进行初始化编程,测量程序流程图如图5所示,P1.0输出启动

信号, 发射超声波, 同时使控制触发器翻转, 使T0计数器开始记数. 如果没有收到回波信号, T0将溢出, 同时显示器将显示错误报警以说明没有收到回波信号. 如果有收到回波信号, 则 $\overline{INT0}$ 发出请求中断, 计数器T0停止记数, CPU读取T0记数值 N 并送存RAM. 同时读取温度传感器LM92的温度, 根据温度的读数 t' 依据经验公式 $c=331.45+0.607 t'$ (公式2)来修正超声波速度 c , 再根据 $L=(cNT)/2$ (公式1)计算距离 L , 式中 T 为单片机的机器周期, 由于该系统单片机的机器周期 T 为 $1\mu s$.

4 实验结果及误差分析

4.1 实验结果

表1 本测距系统测量数据/mm

序号	实际距离	测量数据	绝对误差	序号	实际距离	测量数据	绝对误差
1	100(盲区)	无	无	11	2 000	2 009	9
2	200	196	-4	12	2 350	2 357	7
3	400	405	5	13	2 700	2 692	-8
4	600	607	7	14	3 050	3 072	22
5	800	805	5	15	3 400	3 448	48
6	1 000	1 006	6	16	3 750	3 715	-35
7	1 200	1 209	9	17	4 100	4 039	-61
8	1 400	1 405	5	18	4 450	4 405	-45
9	1 600	1 597	-3	19	4 800	4 856	56
10	1 800	1 808	8	20	5 000	5 074	74

表2 普通测距仪测量数据/mm

序号	实际距离	测量数据	绝对误差	序号	实际距离	测量数据	绝对误差
1	100(盲区)	无	无	11	2 000	2 046	46
2	200(盲区)	无	无	12	2 350	2 296	-54
3	400	432	32	13	2 700	2 773	73
4	600	627	27	14	3 050	3 174	124
5	800	836	36	15	3 400	3 587	187
6	1 000	1 052	52	16	3 750	3 619	-131
7	1 200	1 247	47	17	4 100	3 913	-187
8	1 400	1 349	-51	18	4 450	4 594	144
9	1 600	1 565	-35	19	4 800	4 956	156
10	1 800	1 842	42	20	5 000	4 820	-180

为了更好地对比本测距仪的测量精度, 特用本测距系统和普通测距系统在5 m范围内分别进行了20次测量, 得出了两组对比数据. 表1为本测距系统的20个测量样本的测试数据, 表2为具有代表性的普通测距仪的20个测量样本的测试数据. 由表1可以看出: 本测距系统盲区为100 mm; 在200~3 000 mm范围内误差较小, 最多不超过1 cm; 在3 000~5 000 mm范围内, 测量误差较大, 但最多不超过8 cm; 由表2可以看出: 该测距系统盲区为200 mm, 在400~3 000 mm范围内误差较小, 测量误差不得超过8 cm; 在3 000~5 000 mm范围内, 测量误差较大, 绝

对误差为10~20 cm.

4.2 误差分析

本系统误差来源可主要归结以下几点:

1) 超声波探头相对安装位置的影响. 超声波探头测量时必须垂直于探测物表面, 两个探头之间安装间距必须能够保证第一个探头发出的超声波经反射后的回波刚好能被第二个探头充分接收, 否则容易造成测量误差增大.

2) 渡越时间延迟造成的误差. 由于测量距离越长, 回波的声强也越弱, 通常只有几个到几十个毫伏. 回波波形类具有一定斜率, 通常当回波信号高于基准电压时使触发器翻转, 从而使计数器停止计数. 由于比较器的阈值是一定的, 一般不可能是第一个回波的过零点触发. 所以造成测量时间偏大.

3) 其它误差源. 电阻电容的热噪声, 电路延迟引起的渡越时间检测误差.

4.3 采用最小二乘法优化测量数据

目前基于计算机对数据的处理方法通常有以下几种方法: 曲线平滑法; 插值法; 最小二乘法. 本文采用最小二乘法^[8]对测量数据进行处理, 从而得出实际值和测量值之间的线性补偿公式, 通过最小二乘法处理后使得在200~4 000 mm内能使测量误差达到 ± 4 cm; 在4 000~5 000 mm内能使测量误差达到 ± 6 cm, 从而进一步减小了测量误差. 本系统最终通过线性回归得到的曲线拟合方程为: $y=0.997 3x+0.720 9$.

5 结论

该实验装置采用单片机AT89C2051脉冲计时以及温度传感器的高精度测量, 在-10 ~ 65 °C范围内测量数据准确、可靠. 测量范围达到5 m, 同时具有显示、报警功能. 本系统能很好地解决超声波衰减问题, 使得超声波测距达到精度要求. 本测距系统经过大量现场测量, 可靠性、灵敏度高, 2 m之内能达到厘米级.

参考文献:

- [1] Figueroa J F, L amancusa J S. A method for accurate detection of time of arrival: Analysis and design of an ultrasonic ranging system[J]. J A coust Soc Am, 1992, 91(1): 486-494.
- [2] Grmmel P M. Improve ultrasonic detection using the analytic signal magitade[J]. Ultrasonics, 1981, 19(2): 73-76.
- [3] Abidi M A, Gonzalez R C. The use of multi-sensor data for robotic application[J]. IEEE Transactions on Robotics and

Automation, 1990, (6): 86-89.

- [4] 李杏春, 徐平. 单片机原理及实用接口技术[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1996.
- [5] 何立民. 单片机应用系统设计[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1990.
- [6] 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. 135-138.
- [7] 陈安凯, 陈嘉. 最新国外集成电路数据手册[M]. 北京: 人民邮电出版社, 1996. 324-328.
- [8] 张如洲. 微型计算机数据采集与处理[M]. 北京: 科学出版社, 1987. 462-468.

One ultrasonic distance measurement device based on single chip processor AT89C2051

FAN Gao-ni¹, HE Yong-qiang²

(1. Hunan University of Arts and science, Hunan Changde, 415000; 2. College of Mechanical & Electrical Engineering, Central South University, Changsha Hunan, 410083)

Abstract: This paper introduces one ultrasonic distance measurement device based on single chip processor AT89C2051 and mainly describes its hardware circuit and software design. This device solves the temperature offset problem in effect with temperature sensor LM92. Making systematic measuring error further reduced and interference signals solved effectively in data processing and blind area-hiding with presetting the D trigger and delaying receiving technology. Thus improving the measuring precision and sensitivity further.

Key words: Ultrasound; measuring distance; single chip processor; temperature sensor

收稿日期: 2005-04-20

作者简介: 樊高妮(1977-), 女, 讲师, 研究方向为自动控制、计算机应用及仿真.

(责任编辑: 江河)

(上接第 56 页)

A Finite Element Analysis of Full Film Lubricated Metal Forming Process

GUO Li

(College of Mechanical and Automotive Engineering, Hunan University, Changsha Hunan, 410082)

Abstract: Very few attempts have ever been made to analyze a complex full film lubricated metal forming process numerically, due to the fact that usually the methods of solving the lubrication model are available for axisymmetric and plane strain cases only. Accordingly, a unified procedure of combining the finite element codes of full film lubrication and metal forming has been developed for either steady or unsteady three-dimensional processes including axisymmetric and plane strain cases. The availability of the method was proved by a published problem and an axisymmetric stretch forming process was therefore adopted as a benchmark. It showed that the precision of simulation can be enhanced substantially by the present method. A better agreement between predicted and experimental film thickness verifies the superiority of the proposed method over the prior studies.

Keywords: Full film lubrication; Finite element method; Metal forming

收稿日期: 2005-10-15

基金项目: 十五国家科技攻关计划重点项目(2001BA1205B03).

作者简介: 郭力(1964-), 男, 教授, 博士, 研究方向为高效磨削及装备的研究.

(责任编辑: 刘刚毅)