

# 基于 AT89S51 系列单片机实时语音播报的 超声波测距仪设计

王景中,张朝杰

(北方工业大学 信息工程学院,北京 100144)

**摘要:**详细介绍了一种基于单片机实时语音播报、带有 LED 数码显示功能的脉冲反射式超声测距系统。利用 AT89S51 定时功能来计算超声波在媒质中的传播时间,进而计算出超声波在媒质中的传播距离。该仪器在工业控制、能源勘探、水利监测等领域具有广泛的应用,特别是在实时性要求比较高的领域具有更大的优势和更广阔的应用前景。

**关键词:**超声波;单片机;测距仪;实时语音;ISD2560

中图分类号:TP336

文献标识码:B

## Design of ultrasonic distance measurement instrument with the function of real-time voice broadcast based on AT89S51

WANG Jing Zhong, ZHANG Chao Jie

(College of Information Engineering, North China University of Technology, Beijing 100144, China)

**Abstract:** This thesis introduces a kind of single-pulse reflection ultrasonic distance measurement system in detail with the functions of real-time voice broadcast and LED display based on single chip. The propagation time of ultrasonic in the medium is obtained through the timing function of AT89S51, and then the propagation distance of ultrasonic is calculated. This instrument has wide applications in the industrial control, energy exploration and water conservancy, especially in the areas of high real-time demand with greater advantages and extensive application prospects.

**Key words:** ultrasonic; single-chip computer; range finder; real-time voice broadcast; ISD2560

随着社会的发展,传统的测距方法在很多场合已无法满足人们的需求,例如在井深、液位、管道长度测量等场合,传统的测距方法根本无法完成测量任务。还有在很多要求实时测距的情况下,传统的测距方法也不能很好地完成测量任务。于是一种新的测距方法——非接触测距应运而生。

目前,非接触式测距仪常采用超声波、激光和雷达。但激光和雷达测距仪造价偏高,不利于广泛的普及应用,在某些应用领域有其局限性,相比之下,超声波方法具有明显突出的优点:

(1) 超声波的传播速度仅为光波的百万分之一,并且指向性强,能量消耗缓慢,因此可以直接测量较近目标的距离;

(2) 超声波对色彩、光照度不敏感,可适用于识别透明、半透明及漫反射差的物体(例如玻璃、抛光体);

(3) 超声波对外界光线和电磁场不敏感,可用于黑

暗、有灰尘或烟雾、电磁干扰强、有毒等恶劣环境中;

(4) 超声波传感器结构简单、体积小、费用低、信息处理简单可靠,易于小型化与集成化,并且可以实时控制<sup>[1]</sup>。

超声波用于非接触测量,是通过计算超声波在被测物体和超声波探头之间的传输时间来测量距离的,对被测目标无损害,而且超声波传播速度在相当大范围内与频率无关,超声波的这些独特优点越来越受到人们的重视。因为这种方法是一种非接触式的测量,使之能够在某些特定场合或环境比较恶劣的环境下使用。例如有毒或有腐蚀性化学物质的液面高度或高速公路上快速行驶的汽车之间距离的测量等。

### 1 超声波测距<sup>[1-2]</sup>的基本原理

本文采用脉冲回波法测量距离,其工作原理是用超声脉冲激励超声探头向外辐射超声波,同时接收从被测物体反射回来的超声波(简称回波),通过检测或计算从发射超声波至接收回波所经历的射程时间  $T$ ,按下式计

《微型机与应用》2010年第4期

# 硬件纵横

Hardware Technique

算超声探头与被测物体之间的距离  $S$ , 即

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

其中,  $V$  为空气中声波的传播速度

由于传播速度会随环境温度的变化而变化, 所以可以用如下公式对声速  $V$  加以修正:

$$V = 331.4 \sqrt{\frac{t + T_0}{T_0}} \quad (2)$$

其中,  $t$  是空气介质的温度( $^{\circ}\text{C}$ ),  $T_0 = 273.16$   $^{\circ}\text{C}$

应用过程中, 如果温度变化不大, 且无特殊精度要求时, 可认为声速是基本不变的。否则, 必须进行温度补偿, 测量时按上式对超声波传播速度加以修正, 以减小误差。

## 2 系统总体设计方案

系统主要由超声波传感器、发射电路、接收与检测电路、显示模块和语音模块组成, 系统的硬件框图如图 1 所示。

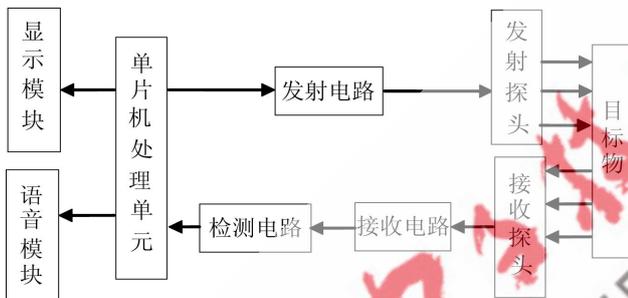


图 1 系统原理框图

发射电路采用单片机<sup>[3]</sup>P1.0 口编程输出 40 kHz 左右的方波脉冲信号, 同时开启内部计数器 T0。由于单片机端口输出功率很弱, 为使测量距离满足要求, 驱动超声传感器 UCM-40T 发射超声波距离足够远, 故在此电路上加功率放大电路。从接收传感器探头 UCM-40T 传来的超声回波很微弱(几十个 mV 级), 又存在着较强的噪声, 所以放大信号和抑制噪声是放大电路必须考虑的。本系统设计此部分电路时采用一级放大和带通滤波电路, 中心频率 40 Hz 左右, 放大滤波电路均采用了高速精密运算放大器 TL082, 输出信号大约在 5 V 左右。由于放大电路输出的信号是连续的正弦波叠加信号, 而单片机所能接收的中断响应信号常为下降沿脉冲信号, 故信号在放大电路后通过 LM393 构成的比较电路, 将正弦信号转换成方波信号, 用方波的负跳变作单片机的中断输入, 使得单片机知道已接收到超声信号, 内部计数器停止计时。

显示电路<sup>[4]</sup>采用动态扫描方式, 主要出于节省硬件的考虑。通过单片机编程将内部计数得到的时间数据转换为距离信息, 通过 3 位 LED 数码管显示出来, 数据 XXX, 单位 cm。

语音播报<sup>[4]</sup>部分就是将所测得的距离实时地、以模  
《微型机与应用》2010 年第 4 期

拟真人发音的形式报出来, 例如“现在距离目标物还有 XXX cm”或“现在所测距离为 XXX cm”。这样可以在视觉有限或不宜用眼观察的情况下发挥更大的用处, 或近距离配合视觉系统会使此测距仪的优点或方便之处得到最大程度的发挥, 使用起来非常的灵活方便。本系统采用一种长时间非易失性语音芯片 ISD2560, 它采用模拟量存储技术, 音质好, 录放音方便, 且可以方便地进行任意语音元素的组合。

### 2.1 发射电路

本系统用单片机 P1.0 发射一组方波脉冲信号, 其输出波形稳定可靠, 但输出电流和输出功率很低, 不能够推动发射传感器发出足够强度的超声信号, 所以在此间加入一个单电源乙类互补对称功率放大电路, 如图 2 所示。

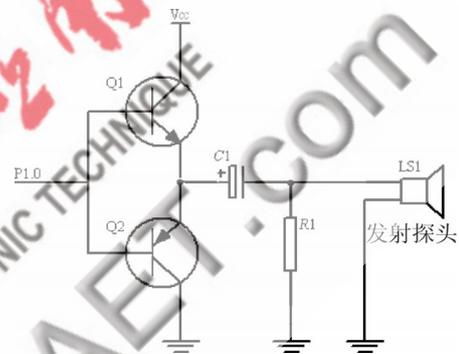


图 2 发射电路

### 2.2 接收电路

接收换能器晶片接收到超声波垂直作用后, 因谐振而形成逐步加强的机械振动。因压电效应晶片两面出现交变的等量异号电荷, 电荷量很少, 只能提供微小交变的电压信号, 而不能提供电流信号。所以需要前置放大电路将这一微小交变电压信号充分放大, 同时考虑可能出现干扰信号, 放大有用信号的同时加入滤波电路, 驱动后面的比较器输出电位跳变, 作为确定接收到的时刻。

利用图 3 的反比例放大器可实现对交直流输入信号的放大。电路结构简单, 只需要调节  $R_2$  和  $R_3$  阻值即可实现调节电压放大倍数。图中运放的同相输入端接有电阻  $R_p$ , 参数选择时应使两输入端外接直流通路等效电阻平衡, 即  $R_p = R_2/R_3$ 。静态时使输入级偏置电流平衡并让输入级的偏置电流在运算放大器 2 个输入端的外接电阻上产生相等的压降, 以便消除放大器的偏置电流及漂移对输出端的影响, 故  $R_p$  又称为平衡电阻, UCM40R 为接收探头。

本系统的滤波电路置于前置放大电路之后, 电路图如图 4 所示, 它是由低通滤波电路与高通滤波电路相串联而成。 $R_4$ 、 $C_3$  组成低通网络,  $R_6$ 、 $C_4$  组成高通网络, 两  
欢迎网上投稿 www.pcachina.com 29

## 硬件纵横

Hardware Technique

者串联就组成了带通滤波电路。由此导出带通滤波电路的传递函数为： $A(j\omega) = A_0 = A_{VF} / (3 - A_{VF})$ 。其中， $A_{VF} = 1 + R_8 / R_7$  为同相比例放大电路的电压增益， $A_{VF} < 3$ 。

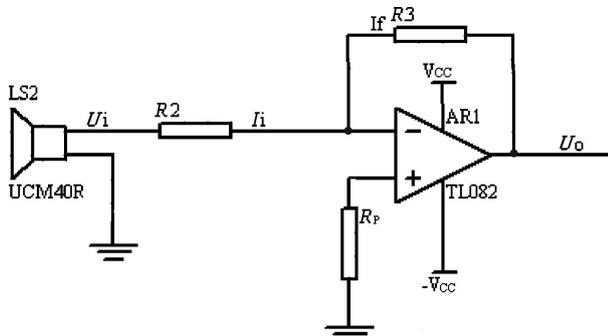


图3 前置放大电路

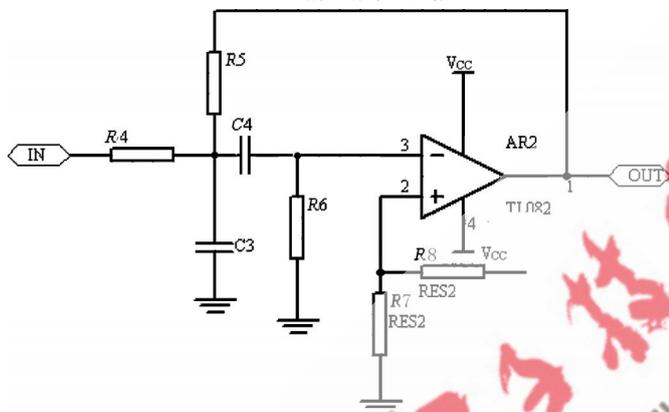


图4 滤波电路

接收传感器输出信号经过上述放大滤波电路后,就可以进行信号检测。其目的是确定接收信号到达的时间,这是整个电路中一个关键的地方,因为它不仅决定系统的测量精度,还关系到整个系统能否正常工作。

检测电路的设计要求是保证每次接收到的信号都能被准确地鉴别出来,通常利用比较器将输入信号与某一固定电平进行比较,输出不同的电平来产生上升或下降沿触发,转换成数字脉冲去触发单片机的外中断引脚,执行距离计算子程序,然后执行实时语音模块和显示模块。

该单元电路设计如图5所示,由比较器LM393和若干电阻电容构成。通过调整R9和R10阻值产生比较所需要的参考电压,即  $V_{REF} = V_{CC} \times \frac{R_{10}}{R_9 + R_{10}}$ 。由于LM393具有集电极开路输出的结构,所以在电源与输出之间加一上拉电阻,电容C5起简单滤波作用。当比较器输出发生跳变时,利用此边沿跳变来控制单片机中断INT0,停止计时。

2.3 显示模块<sup>[6]</sup>设计

本单元电路采用3位共阴极数码显示管,显示字符由单片机P2口送至锁存器74HC574锁存,再经显示驱动芯片ULN2003驱动数码管显示,P0.1~P0.3分别控制

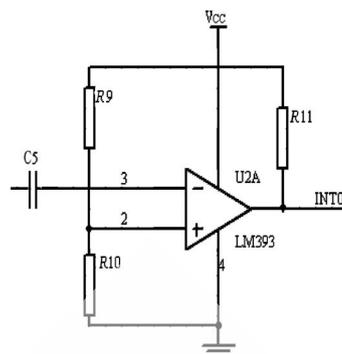


图5 检测电路

每一位的动态显示。

74HC574为三态输出D型上升沿触发器,在输入使能端OE有效时,当时钟脉冲CK有上升沿跳变,触发器发生翻转,将锁存的8路输入数据(即单片机P2口送出的字符数据)送出显示。ULN2003为显示驱动芯片,抬升单片机的输出电流,提高负载驱动能力。单片机P0.1~P0.3经此芯片提升驱动能力从而控制数码管的位选,实现数据动态扫描输出。

## 2.4 语音部分设计

单片机系统可以实现输入输出、显示以及对外围设备的控制功能,然而这些方法使得人机交流并不够便利,在智能仪器仪表或自动控制设备中,增加语音功能可以极大地提高人机界面的友好性,方便用户操作。在许多场合,设计者需要将语音系统和单片机结合在一起,解决上述问题。

本电路采用美国ISD公司生产的ISD<sup>[7]</sup>系列语音芯片ISD2560<sup>[8]</sup>,提前把语音元素录入语音元素库中,存储在片内的EEPROM中。本系统采用如下方式设置信息段的起始地址:根据每一字段的内容多少直接分配地址单元,一般按每1s说3个字计算,60s可以说180个字,然后再根据ISD2560的地址分辨率为100ms,计算出语音段所需的地址单元数。因为声音信号以自然形式直接存储在存储器中,测量数据经过单片机处理后,发出语音地址和放音控制信号,最后由语音电路实现测量结果语音实时报数。74LS373是三态输出的D型锁存器,当由单片机输出的信号ALE为低电平时,74LS373将有P2输出的数据进行锁存,之后便由74LS373输出端将数据传给语音芯片ISD2560,ISD2560将在已有的语音库中自动寻址并组合语音元素,当P3.0和P3.1均输出的低电平、P1.4和P1.5均输出高电平时,LED在显示距离的同时,ISD2560将实时地将所测距离播报出来。语音电路图如图6所示。

## 2.5 系统的主程序结构

本系统采用单片机AT89S51,用单片机汇编语言实现软件编程。整个软件功能的实现可以由主程序、子程序、中断服务子程序几个主要部分组成。整

《微型机与应用》2010年第4期

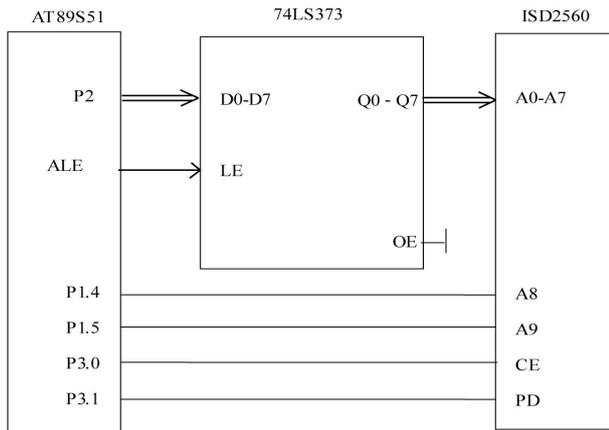


图6 语音电路图

个系统的控制流程如图7所示,在初始化以及调用发射脉冲串子程序后打开定时器开始计时,程序进入中断响应等待。

如图8所示,中断服务程序是响应单片机的外部中断。在系统主程序中,发射的40 kHz脉冲信号遇到障碍物反射后,经接收检测电路产生外中断信号至单片机。在中断服务程序中,首先进行必要的现场保护,再把进入中断服务程序处的计数值读出并对该数据进行处理,计算得到相应的距离值,同时转换为十进制,最后送到P2口显示输出。

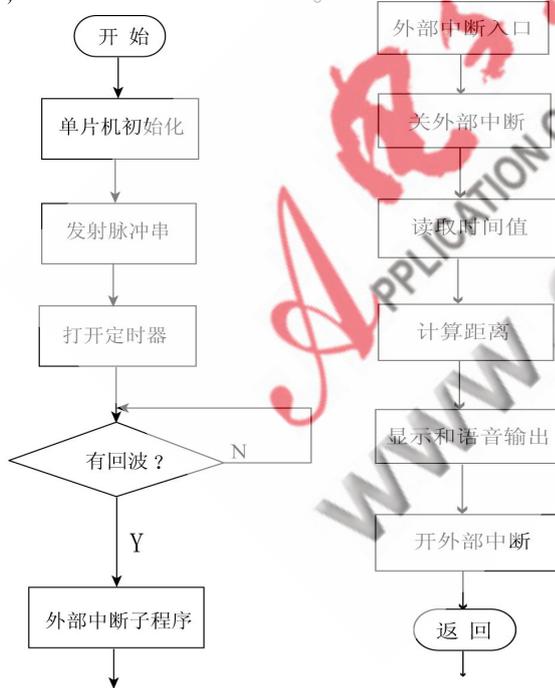


图7 主程序流程图



图8 外部中断子程序流程图

定时器中断子程序流程图如图9所示。由于51单片机是16位定时器,最大计时时间为65 536 μs,当测量距离很远时,定时器就会发生溢出,所以必须对溢出中断进行相应的设置才能使得单片机正常工作。同时由于电路的测量距离是有限的,当测量距离超出最大测量

《微型机与应用》2010年第4期

距离时,接收探头就不能检测回波,即不能产生外部中断,更不可能关闭定时器。

本系统针对传统测距方法的缺陷和不足,提出基于单片机的超声波的非接触测量方法,并加以改进和创新。本系统以AT89S52单片机为主控单元,采用动态扫描的方法将测量结果用LED很好地显示出来,并采用美国ISD公司的ISD2560系列语音芯片设计了该系统的语音电路,能够非常真实地再现语音效果。该系统操作简单,使用方便,而且价格低廉、性能稳定、具有较好的推广价值和广阔的应用前景。

参考文献

- [1] 朱旋.超声波测距仪的研究[J].工业仪表与自动化装置,2009(1):96-97.
- [2] 隋卫平.高精度实时超声测距技术研究[D].国防科学技术大学,2003.
- [3] 马淑华,王凤文,张美金.单片机原理与接口技术(第1版)[M].北京:北京邮电大学出版社,2005.
- [4] 李正浩,姜宝钧,邓兴成.51单片机在LED数码管显示中的应用[J].实验科学与技术,2006,4(B12):95-98.
- [5] 庄培栋,马国庆,丁群,等.语音播报测距系统的研究与应用[J].电测与仪表,2007,44(10):40-43.
- [6] 包建华,刘海宽.单片机系统中LED显示译码驱动技术[J].重庆工学院学报,2007,21(8):50-53.
- [7] 刘连吉.ISD语音芯片录/放器件及电路设计[J].青岛海洋大学学报,1997,27(3):291-299.
- [8] 肖海荣,王凤瑛,杨金清,等.基于AT89C2051和ISD2560的录放音系统设计[J].微计算机信息,2004(1):63-64.

(收稿日期:2009-09-17)

作者简介

王景中,男,1962年生,教授,硕士,主要研究方向:数字图像处理及其应用、计算机通信网络与信息安全技术等;  
张朝杰,男,1984年生,硕士,主要研究方向:信号与信息处理。

欢迎网上投稿 www.pcachina.com 31