

超声波测距传感器简介

由于超声波指向性强，能量消耗缓慢，在介质中传播的距离较远，因而超声波经常用于距离的测量，如[测距仪](#)和[物位测量仪](#)等都可以通过超声波来实现。利用超声波检测往往比较迅速、方便、计算简单、易于做到实时控制，并且在测量精度方面能达到工业实用的要求，因此在移动机器人研制上也得到了广泛的应用。

引言

为了使移动机器人能自动避障行走，就必须装备测距系统，以使其及时获取距障碍物的距离信息（距离和方向）。介绍了三方向（前、左、右）超声波测距系统，就是为机器人了解其前方、左侧和右侧的环境而提供一个运动距离信息。在超声波测距中，通常因温度和时间检测的误差，使得测距的精度不高。^[1]

原理

1、[超声波发生器](#)

为了研究和利用超声波，人们已经设计和制成了许多超声波发生器。总体上讲，超声波发生器可以分为两大类：一类是用电气方式产生超声波，一类是用机械方式产生超声波。电气方式包括压电型、磁致伸缩型和电动型等；机械方式有加尔统笛、液哨和气流旋笛等。它们所产生的超声波的频率、功率和声波特性各不相同，因而用途也各不相同。目前较为常用的是压电式超声波发生器。

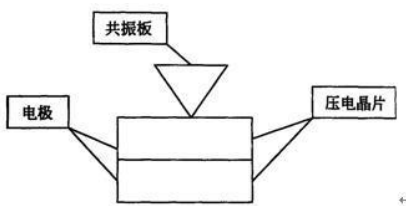


图 2.3 超声波传感器内部结构

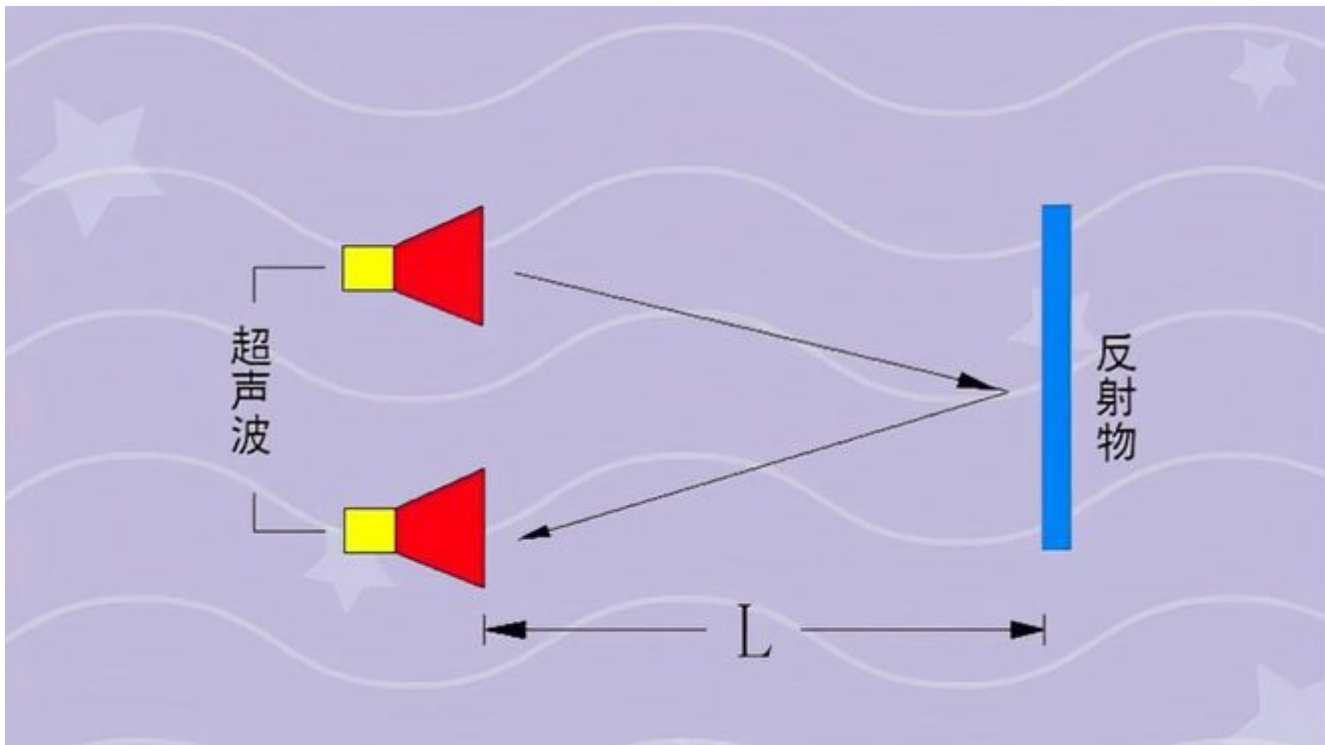
图 1 超声波传感器内部结构

2、压电式超声波发生器原理

压电式超声波发生器实际上是利用压电晶体的谐振来工作的。超声波发生器内部结构如图 1 所示，它有两个压电晶片和一个共振板。当它的两极外加脉冲信号，其频率等于压电晶片的固有振荡频率时，压电晶片将会发生共振，并带动共振板振动，便产生超声波。反之，如果两电极间未外加电压，当共振板接收到超声波时，将压迫压电晶片作振动，将机械能转换为电信号，这时它就成为超声波接收器了。

3、超声波测距原理

超声波发射器向某一方向发射超声波，在发射时刻的同时开始计时，超声波在空气中传播，途中碰到障碍物就立即返回来，超声波接收器收到反射波就立即停止计时。超声波在空气中的传播速度为 340m/s，根据[计时器](#)记录的时间 t ，就可以计算出发射点距障碍物的距离(s)，即： $s=340t/2$ 。这就是所谓的时间差测距法。



一分钟了解超声波测距原理

超声波测距的原理是利用超声波在空气中的传播速度为已知，测量声波在发射后遇到障碍物反射回来的时间，根据发射和接收的时间差计算出发射点到障碍物的实际距离。由此可见，[超声波测距原理](#)与雷达原理是一样的。

测距的公式表示为： $L=C \times T$

式中 L 为测量的距离长度； C 为超声波在空气中的传播速度； T 为测量距离传播的时间差(T 为发射到接收时间数值的一半)。

超声波测距主要应用于倒车提醒、建筑工地、工业现场等的[距离测量](#)，虽然目前的测距量程上能达到百米，但测量的精度往往只能达到厘米数量级。

由于超声波易于定向发射、方向性好、强度易控制、与被测量物体不需要直接接触的优点，是作为液体高度测量的理想手段。在精密的液位测量中需要达到毫米级的测量精度，但是目前国内的超声波测距[专用集成电路](#)都是只有厘米级的测量精度。

误差分析

根据超声波测距公式 $L=C \times T$ ，可知测距的误差是由超声波的传播速度误差和测量距离传播的时间误差引起的。

时间误差

当要求测距误差小于 1mm 时，假设已知超声波速度 $C=344\text{m/s}$ (20°C 室温)，忽略声速的传播误差。测距误差 $\Delta t < (0.001/344) \approx 0.000002907\text{s}$ 即 $2.907\mu\text{s}$ 。

在超声波的传播速度是准确的前提下，测量距离的传播时间差值精度只要在达到微秒级，就能保证测距误差小于 1mm 的误差。使用的 12MHz 晶体作时钟基准的 89C51 单片机 [定时器](#) 能方便的计数到 $1\mu\text{s}$ 的精度，因此系统采用 89C51 定时器能保证时间误差在 1mm 的测量范围内。

超声波传播速度误差

超声波的传播速度受空气的密度所影响，空气的密度越高则超声波的传播速度就越快，而空气的密度又与温度有着密切的关系，如表 1 所示。

已知超声波速度与温度的关系如下：

式中： r — 气体定压热容与定容热容的比值，对空气为 1.40，

R — 气体普适常量， $8.314\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ，

M — 气体分子量，空气为 $28.8\times 10^{-3}\text{kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ ，

T — 绝对温度， $273\text{K}+T^{\circ}\text{C}$ 。

近似公式为： $C=C_0+0.607\times T^{\circ}\text{C}$

式中： C_0 为零度时的声波速度 332m/s ；

T 为实际温度($^{\circ}\text{C}$)。

对于超声波测距精度要求达到 1mm 时，就必须把超声波传播的环境温度考虑进去。例如当温度 0°C 时超声波速度是 332m/s ， 30°C 时是 350m/s ，温度变化引起的超声波速度变化为 18m/s 。若超声波在 30°C 的环境下以 0°C 的声速测量 100m 距离所引起的测量误差将达到 5m，测量 1m 误差将达到 5cm。

电路设计

超声波测距系统的电路设计

本系统的特点是利用单片机控制超声波的发射和对超声波自发射至接收往返时间的计时，单片机选用 8751，经济易用，且片内有 4K 的 ROM，便于编程。电路原理图。其中只画出前方测距电路的接线图，左侧和右侧测距电路与前方测距电路相同，故省略之。

1、40kHz 脉冲的产生与超声波发射

测距系统中的 [超声波传感器](#) 采用 UCM40 的 [压电陶瓷传感器](#)，它的工作电压是 40kHz 的脉冲信号，这由单片机执行下面程序来产生。

PUZEL: MOV 14H, #12H; 超声波发射持续 200ms

HERE: CPL P1.0 ; 输出 40kHz 方波

NOP ;

NOP ;

NOP ;

DJNZ 14H, HERE;

RET

前方测距电路的输入端接单片机 P1.0 端口，单片机执行上面的程序后，在 P1.0 端口输出一个 40kHz 的脉冲信号，经过三极管 T 放大，驱动超声波发射头 UCM40T，发出 40kHz 的脉冲超声波，且持续发射 200ms。右侧和左侧测距电路的输入端分别接 P1.1 和 P1.2 端口，工作原理与前方测距电路相同。

2、超声波的接收与处理

接收头采用与发射头配对的 UCM40R，将超声波调制脉冲变为交变电压信号，经运算放大器 IC1A 和 IC1B 两极放大后加至 IC2。IC2 是带有锁定环的音频译码集成块 LM567，内部的[压控振荡器](#)的中心频率 $f_0=1/1.1R8C3$ ，电容 C4 决定其锁定带宽。调节 R8 在发射的载频上，则 LM567 输入信号大于 25mV，输出端 8 脚由高电平跃变为低电平，作为中断请求信号，送至单片机处理。

前方测距电路的输出端接单片机 INT0 端口，中断优先级最高，左、右测距电路的输出通过与门 IC3A 的输出接单片机 INT1 端口，同时单片机 P1.3 和 P1.4 接到 IC3A 的输入端，中断源的识别由程序查询来处理，中断优先级为先右后左。部分源程序如下：

RECEIVE1: PUSH PSW

PUSH ACC

CLR EX1 ; 关外部中断 1

JNB P1.1, RIGHT ; P1.1 引脚为 0,转至右测距电路[中断服务程序](#)

JNB P1.2, LEFT ; P1.2 引脚为 0,转至左测距电路中断服务程序

RETURN: SETB EX1; 开外部中断 1

应用

随着科学技术的飞速发展,超声波在生产、生活中的应用范围越来越广。目前,离生活最近的超声波应用就是测距。如[泊车辅助系统](#)、智能导盲系统、移动机器人等距离测量都会用到超声波测距。同时,超声波测距技术还能够实现对障碍物距离的精确测量。^[2]