智能机器人的超声测距

沈志华　刘丹平
（中科院东海研究站）

机器人的应用领域已从汽车制造业扩大到纺织、宇航、医疗、电子、家俱、建筑、仓储及军工等行业，甚至日常生活中出现了各种智能机器人。在机器人上其耳目是极为重要的，只有通过耳目与外界交换信息，从而才能决定它的“行动”。机器人的耳目可以采用光学、红外和超声。本文介绍一种机器人的超声测距方法，

原　　理

在空气中，超声换能器具有较强的指向性，这样就能象雷达一样来测距。

超声测距的原理是非常简单的。在机器上可装上一个发射换能器，如要测出机器人与附近物体之间的距离，只要发出一超声脉冲，然后由接收换能器接收，测量出超声脉冲收发之间的时间间隔就可测距。假设空气中的声速为 C，目标距离为 R，收发之间的时间间隔测得为 Δt，则有 $\Delta t = 2R/C$。时间间隔 Δt 与目标距离 R 成线性关系，这样测距的精度就取决于时间测量的精度。此外测距精度还与大气条件有关，如温度、湿度压力等，这可采取补偿的方法来加以解决。

抗干扰的方法

在机器上装一个专用的微机系统就能使机器人具有一定的智能。在理想情况下，只要在发射起始脉冲和接收回波之间的时间间隔内记录下已知频率的脉冲数，就可换算成被测距离，但通常在机器人行动的环境中，不可避免受到外界干扰，会产生虚警脉冲，这样就会产生测距误差，造成机器人的误动作，所以必需采用抗干扰方法，众所周知，离散噪声干扰，会产生虚警脉冲，这样就会产生测距误差，造成机器人的误动作，所以必须采用抗干扰方法。

众所周知，离散噪声是随机的，离散噪声在测距的时间间隔内出现的概率定可能预估的。

现设离散噪声在时间 t_a 至 t_b 间内的出现次数为 n

噪声的平均脉冲宽度为 dm

出现噪声脉冲的平均时间间隔为 tm

则有

$$dm = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} di \qquad tm = \frac{1}{n}\sum_{i}^{n} ti$$

式中 di 为每一个噪声脉冲的宽度；

ti 为每二个噪声脉冲之间的间隔。

可以看出在时间 $t_a \sim t_b$ 内，产生单个干扰脉冲的最多可能的次数为 $b = dm + tm/dm$ 而 $t_a \sim t_b$ 的时间内产生噪声脉冲的概率为：

$$p = 1/b = dm/dm + tm$$

现在我们取二次测量，取得相同的测量结果，由于噪声是随机性质，所以出现两个相同距离的噪声干扰概率为

$$P = p^2$$

如果我们取 1 次测量，测量的结果完全

一样，这时出现相同干扰的噪声概率为

$$P = P^1$$

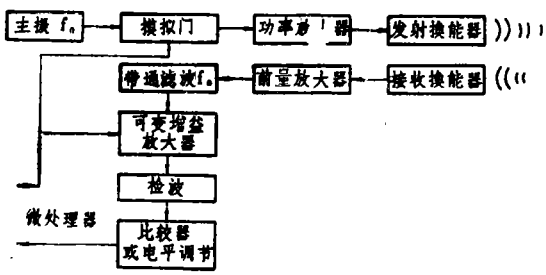
实际上，真实的被测距离的回波脉冲是相关的，所以经过次波量后真实测距概率为

$$1 - P = 1 - P^1$$

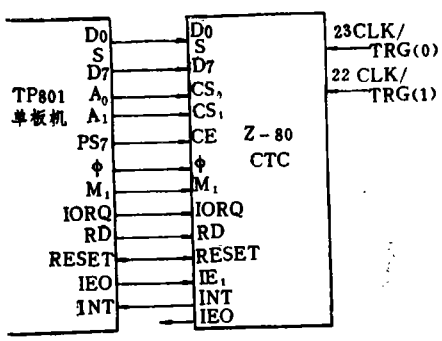
这种方法的物理意义是很明确的，经过多次测量，取出相同结果的最多次数的数据，就是所要的真实的测距数据。由于噪声脉冲是随机的，所以它出现在相同时刻的概率是很少的，这样就能利用一个微处理器来完成上述的抗干扰方法。

超声测距系统简介

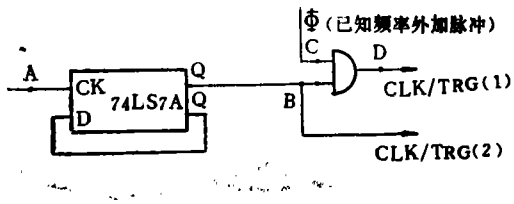
超声系统如图1所示。主振级经过脉冲调制后，由发射机和发射换能器发射出超声脉冲，其脉冲宽度和重复频率可由微处理器控制。接收换能器收到回波后，经前放和可变增益放大器后，送至一比较器，其阈电平



图(1) 超声测距简化方框图

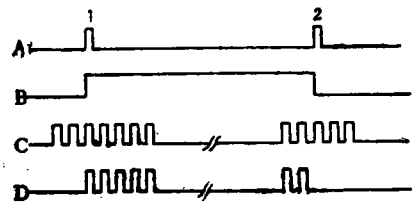


微处理器硬件联接



图(2) TP801与CTC接口电路

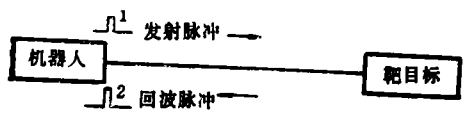
可调整，比较器的输出脉冲可送到微处理器的接口部份。



图(3) A.B.C.D各点波形图

硬件部分由TP801和外设CTC以及少许元件相连构成。具体接口电路波形见图(2)(3)所示。

A点波形是发射起始脉冲和接收机中比较器输出波形的合成波形。



C是已知的重复频率的外加脉冲，可根据实际距离选择适当的脉冲重复频率f。

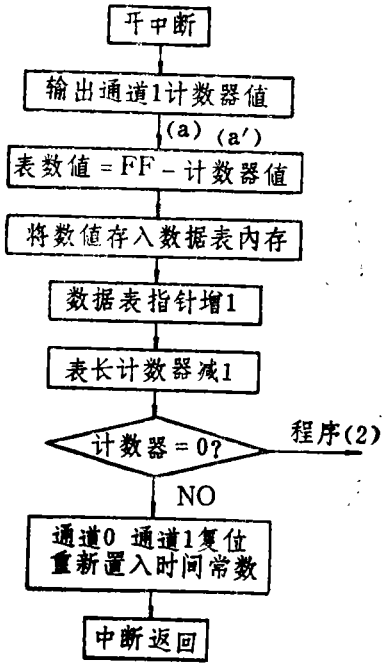
D是B、C相与的波形，输入到CTC的通道1中，这样CTC通道1记录的脉冲个数就是在发射脉冲和回波脉冲之间的时间内所记录的已知频率脉冲的个数N，从而可求出时间 $\Delta t = N/f$，距离 $R = \Delta t \cdot C/2$

B与CTC通道相连，通过软件编制，实现发射次数的计数，保证收到每一个回波脉冲后才可产生中断，等待下一个工作周期的开始。

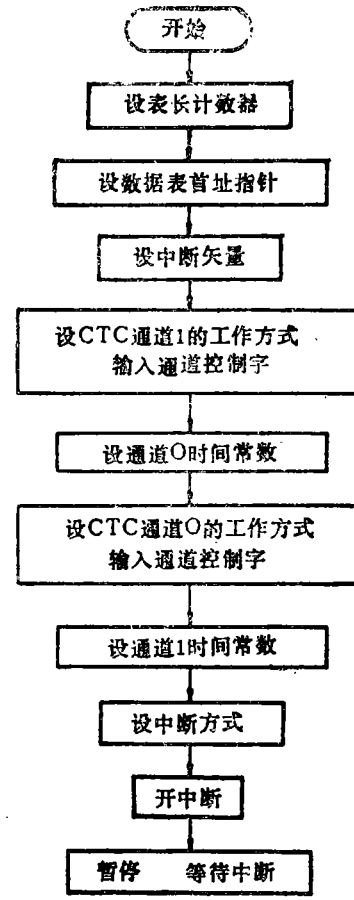
软件部分的程序分三个组成部分，现分述如下：

程序 1 流程图：

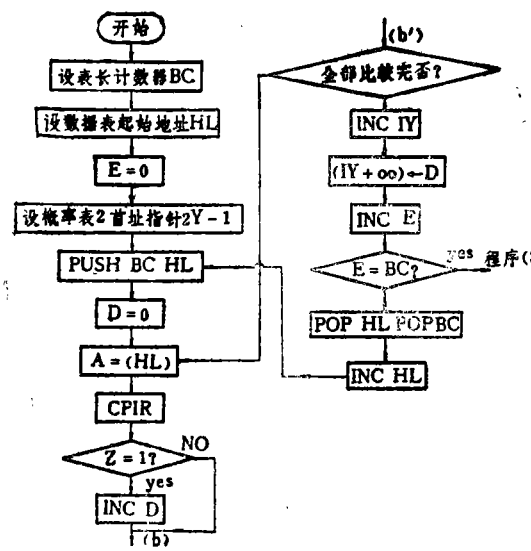
主程序



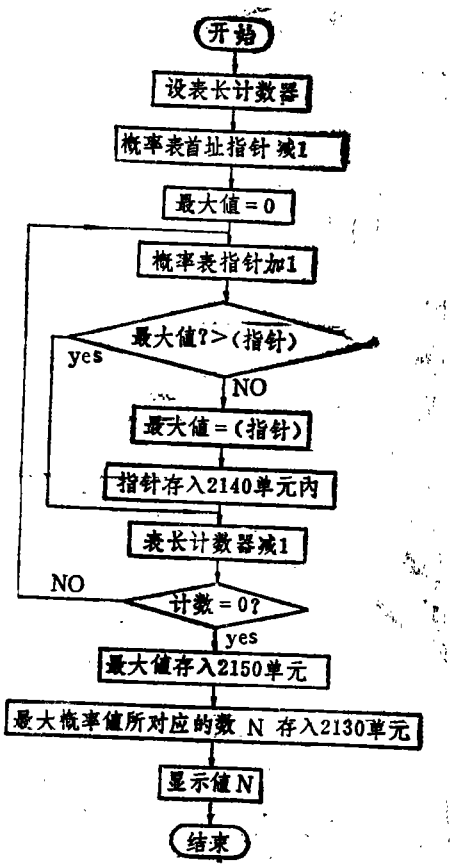
中断服务子程序：



程序 2 流程图



程序 3



程序 1 主要完成采集 n 几个数据，组成数据表格 1， n 值可由用户自定。

程序 2 依次求出数据表格 1 中的每个数值在整个表中出现的次数，形成一个概率表

程序 3 是在概率表中找出最大值，并找到该最大概率值在数据表 1 所对应的那个数值，即为经过抗噪声干扰处理之后所求得的已知频率脉冲个数 N，并显示之。

模拟实验

根据流程图，我们以 Z80 的指令进行了汇编做了模拟实验。我们可以测量出出现最多次数的脉冲数(即可换算成距离)，出现的次数并能自动显示出来，也可从内存中查出各种其他值的脉冲数相应出现的次数。证明了前面所述的抗干扰方法是有效的。这样的方法不仅适用于机器人的超声测距，也可用于其他要求超声测距场合。进一步的要求是对实际情况进行自动判别，可利用微处理器自动改变发射重复频率，缩短测量时间。总之可根据具体要求修正程序以满足实际应用的需要。

(上接第 58 页)

使用厘米—克—秒单位制，所有计算值需要乘以 10^{10}；这样，大部分弹性常数均为达因／厘米$^2\times10^{10}$，这样是方便的，因为压缩速度通常是用米／秒，或千米/秒，当转化为厘米／秒时（用检查）结果应乘以 10^5； 则 ρV_P^2 在弹性中是一个重要的值，当把克／厘米秒^{2}转化成达因／厘米^2 时，写为达因/厘米$^2\times10^{10}$，在切变波的计算速度中，我们取平方根(μ/ρ)，当用数值乘以 10^{10} 后则结果是厘米／秒$\times10^5$，通过检查可把十进小数为米／秒。

凌雪兴 译自 Geophysics 丁 东 校