

## 基于单片机的超声波测距系统

牛余朋, 成曙

(第二炮兵工程学院 502 教研室, 陕西 西安 710025)

**摘要:** 基于单片机的超声波测距系统, 采用测量输出脉冲宽度, 即发射与接收超声波的时间间隔, 通过对单片机适时控制外围电路, 并向外围电路提供频率振荡、数据处理和译码显示等信号。该超声波发射电路包括门控电路 (RS 触发器) 及微分/整形电路, 接收电路则由接收、放大及信号筛选、整形电路组成。

**关键词:** 测距系统; 超声波; 单片机

**中图分类号:** TP274.53 **文献标识码:** A

## Ultrasonic Measurement System Based on Microprocessor

NIU Yu-peng, CHENG Shu

(No.502 Staff Room, Second Artillery Engineering College, Xi'an 710025, China)

**Abstract:** This article describes a ultrasonic measurement system based on microprocessor. By measuring pulse's width, that is the time interval between transmitting and receiving of the ultrasonic wave, the microprocessor control the peripheral circuits, and provide all kinds of signals, including frequency surging, data managing and coding display. This ultrasonic measurement system include transmitting part which contains the gating and differential circuits, and receiving part which contains the signal magnify and filtration circuits.

**Keywords:** Measurement system; Ultrasonic; Microprocesso

### 1 超声波测距原理

超声波发生器内部结构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, 就成为超声波接收器。在超声探测电路中, 发射端得到输出脉冲为一系列方波, 其宽度为发射超声与接收超声的时间间隔, 被测物距离越大, 脉冲宽度越大, 输出脉冲个数与被测距离成正比。超声测距大致有以下方法: ① 取输出脉冲的平均值电压, 该电压 (其幅值基本固定) 与距离成正比, 测量电压即可测得距离; ② 测量输出脉冲的宽度, 即发射超声波与接收超声波的时间间隔  $t$ , 故被测距离为  $s=1/2vt$ 。本测量电路采用第二种方案。由于超声波的声速与温度有关, 如果温度变化不大, 则可认为声速基本不变。如果测距精度要求很高, 则应通过温度补偿的方法加以校正。

本方案以 ATMEL89C52 为核心, 通过对其软件编程, 实现该对其外围电路的适时控制, 并提供给外围电路所需的信号, 包括频率振荡信号、数据处理信号和译码显示信号等。简化了外围电路, 且移植性好。整个硬件电路方框图如图 1。

### 2 超声波发射电路

#### 2.1 频率产生电路

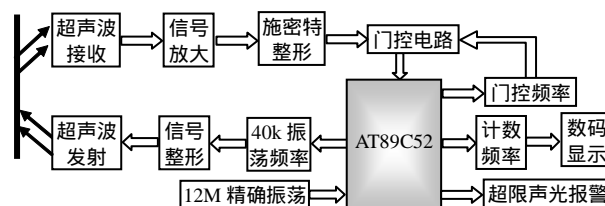


图 1 硬件电路方框图

本设计中用到三种频率。

一是超声波的中心频率 (40kHz)。

二是门控信号频率, 经验设为 2kHz。这样从单片机 P1\_3 端输出的时钟脉冲频率  $f=2\text{kHz}$ , 周期  $T=1/f=50\text{ms}$ , 经  $C_2$ 、 $R_3$  微分和限幅二极管 D1 的限幅后, 变为正向尖脉冲, 再由 U2A、U2B 整形, 便得到高电平宽度为 0.25ms 的脉冲信号, 该脉冲控制与非门的开启。经 U1 驱动超声发射器 MA40LIS 发出  $0.25\text{ms}/0.025\text{ms}=10$  个脉冲, 即从 P1\_3 输出时钟脉冲的每一个周期, 超声发射器便发射出脉冲数为 10 的脉冲串 ( $1/40\text{kHz}=0.25\text{ms}$ )。

三是单片机送出来的计数频率, 根据超声波测距精度为 1mm, 超声波发射器的声波传播到反射物, 再由反射物反射到接收器, 所传播距离为 2 倍测量距离的计算得出。声波在标准气压下 15℃ 的传播速度为 341m/s, 要设计一个时钟周期内超声波传播距离为 0.002m,  $341/0.002\text{m}=170.5\times 10^3\text{kHz}$ , 故一个时钟周期内所测距离便为 0.001m, N 个周期所测的距离为  $N\times 0.001\text{m}$ 。

若软件编程能保证单片机在启停时三个频率信号同步, 就具备了精确计数的最基本条件。

## 2.2 门控电路 (RS 触发器)

为实现对超声波发射和接收的自动控制, 须在电路中加入门控电路。根据  $S=1/2vt$ , 其中  $v$  为声波在空气中的传播速度, 他和空气的温度有关, 温度每升高 1 摄氏度声速增加 0.6m/s。如果  $t$  已知, 距离便可确定, 如把输出脉冲作为闸门信号, 让已知频率  $f_c$  的脉冲恰好通过闸门, 那么  $t=N T_c$ 。式中:  $T_c$  为已知脉冲的周期;  $N$  为脉冲周期的个数或脉冲的个数。

门控电路由 RS 触发器完成, RS 触发器用 CD4013 中的一个 D 触发器完成。当  $R=1$  ( $S=0$ ) 时复位, 即  $Q=0$ ;  $S=1$  ( $R=0$ ) 时置位, 即  $Q=1$ 。当单片机上电复位时, 非门 CD4069 的 3 脚为高电平, 于是其 2 脚输出为高电平。

## 2.3 微分/整形电路

微分电路由电容  $C_1$ 、电阻  $R_3$  和二极管  $D_1$  组成, 整形电路由  $U_2A$ ,  $U_2B$  组成, 见图 2。

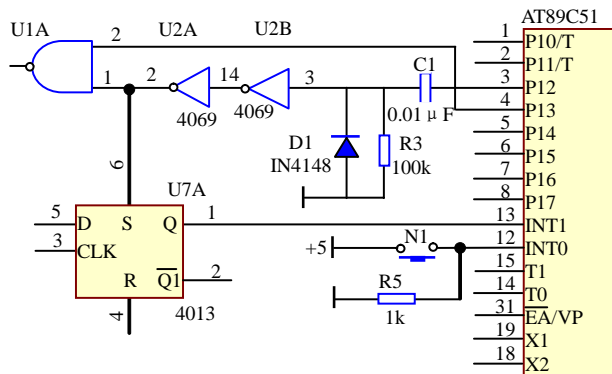


图 2 微分/整形电路图

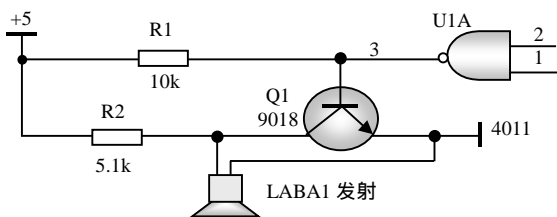


图 3 超声波发射电路图

超声波发射电路由与非门  $U_2A$ 、高频三极管  $Q_1$  9018 及超声波发生器 LABAL 等组成, 如图 3。由单片机  $P1_2$  口产生 40kHz 的超声波振荡信号, 并将一门控信号 (从单片机的  $P1_3$  口送出, 应注意单片机的  $P1$  口初始化为低电平的) 经过两级非门送入与非门的另一输入端。由于平时非门的 3 脚由下拉电阻  $R_3$  将其 3 脚的电位拉为低电平, 经过两级非门后输入与非门另外一端子的信号仍为低电平, 这时 40kHz 的超声波振荡信号无法通过与非门使超声波发生器 LABAL 起振, 设备处于待机状态。按下启动按钮启动单片机内部的定时器  $T_0$ , 将产生一门控 (闸门) 信号。此门控 (闸门) 脉冲信号窄了会降低测量精度, 宽了会增加测量延迟时间,

同样也会降低测量精度, 所以设计时将此门控 (闸门) 信号设计成 4kHz。

由于单片机的  $P1$  口最多只有 20mA 的拉电流, 而超声波发射器最小驱动电流要 60mA, 所以在与非门  $U_1ACD4011$  的后级加入一级三极管放大电路, 以完成超声波的发射。

## 3 超声波接收电路

### 3.1 超声波接收、放大电路

运放 741 的带宽及抗干扰能力较强, 为防止产生噪音, 将放大电路设计成两级, 每一级放大接近 20 倍。超声波接收电路由运算放大器  $uA741$  等组成, 具体放大电路见下图 4。

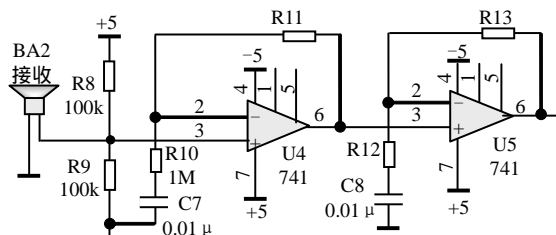


图 4 超声波接收放大电路图

接收传感器  $MA40LIR$  将反射的超声波转换为电信号, 由放大器放大后送到由  $JP1C$ 、 $JP1D$  等组成的斯密特整形电路整理成规范的方脉冲。 $R_8$ 、 $R_9$  为同相端提供直流偏置电位, 以稳定运放  $uA741$  的直流工作点, 避免同相输入端出现浮动状态。

### 3.2 信号筛选电路

信号筛选电路 (图 5) 可有效滤除外界干扰带来的非超声波信号, 提高电路的抗干扰性。该电路由一片 741 完成, 通过固定电阻和可变电阻在分压后将其输入到 741 的负输入端, 以给 741 参考电压, 一般情况将两个电阻调整到基本一样大即可。

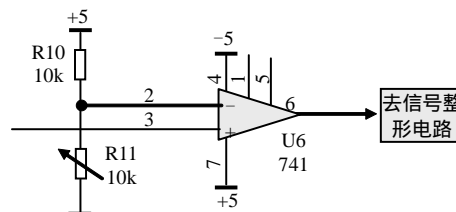


图 5 信号筛选电路

### 3.3 信号整形电路

从信号筛选电路出来的方波信号很不规则, 故在其后级电路加入一级信号整形电路 (图 6), 处理后再送进单片机中进行处理运算。

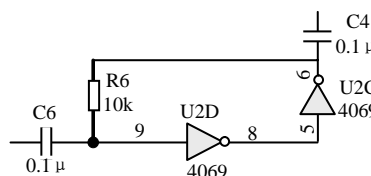


图 6 整形电路

## 4 软件程序设计

软件采用模块化设计,由主程序、发射子程序、接收子程序、定时子程序、显示子程序等模块组成,如图 7。该系统的主程序处于键控循环工作方式,按下测量键,主程序开始调用发射子程序、查询接收子程序、定时子程序,并把测量结果用显示子程序在数码显示器上显示。

## 5 结束语

本超声波测距系统,由于采用单片机软件编程技术,配合硬件完成了系统的要求,其精度能满足大部分的工程需要。与传统的纯硬件测距系统相比具有精度高,适时性强等特点。

## 参考文献:

[1] 丁镇生. 传感及其遥控遥测技术应用[M]. 北京: 电子

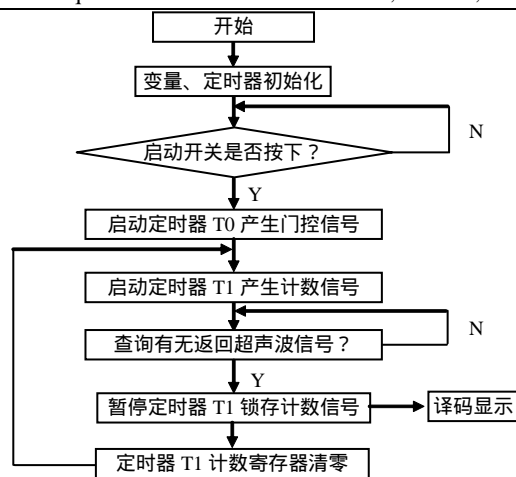


图 7 软件程序模块

工业出版社, 2001.

[2] 余永权. 单片机在工业控制中的应用[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000.

\*\*\*\*\*

(上接第 76 页) 给驱动模块的信号。该电机控制器模块能同时驱动 4 个电机(最多),能独立设定电机转速、转角,能独立控制电机正/反转。板上提供 32.768M 的时钟信号,先进行了 8192 分频,所得到的频率为 4K,由用户在进行 1 到 255 的整数分频,得到最终的电机控制频率。通过 PC104 总线,可设置输出时钟频率,控制输出脉冲个数和输出脉冲有/无效,可回读通道已送出的脉冲数目,最多提供四通道脉冲输出,四通道有效信号和方向信号输出。驱动器采用光电隔离、细分、电流设定等技术。

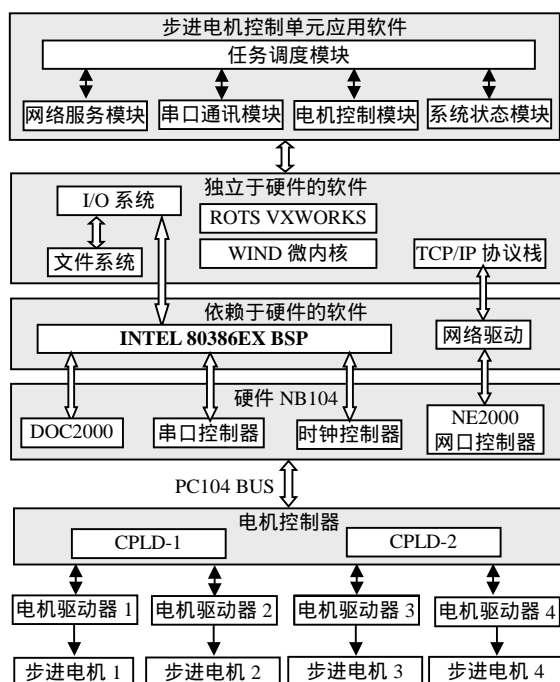


图 2 嵌入式底层控制单元系统核心结构图

### 3.3 嵌入式底层控制单元软件

底层控制单元软件由电机控制器驱动、系统模块驱动、系统模块 BSP (板级支持包)、实时操作系统、步进电机控制等软件组成。

电机控制器驱动软件主要完成 CPLD 芯片和 PC104 总线初始化,独立设置每通道的频率、步数、方向功能。动态存储电机状态,回读每个电机状态参数。系统模块驱动软件主要有 DOC2000、NE2000、串口驱动,系统模块 BSP 软件完成系统硬件初始化,各驱动的加载,使依赖的硬件 (hardware-dependent) 和独立的硬件 (hardware-independent) 在 VxWorks 系统中很好结合。实时操作系统软件根据硬件体系定制的,经过 VxWorks 具体配置和裁减,包含系统硬件、操作系统微内核、网络、及 C++ 等模块。步进电机控制应用软件包括网络服务、串口通信、电机控制、系统状态、系统任务调度等模块。电机控制模块包括完成对远程控制主机数据的传输、解析,及电机运行控制、紧急停止、状态反馈,组合运动等模块。

嵌入式底层控制单元软件将整个系统融为一体,构成带网络功能的智能嵌入式底层控制单元。

## 4 结论

嵌入式底层步进电机控制单元可应用于中小型自动化设备,通过其网络功能实现异构间的数据交换,能对激光瞄准系统的电机群网络化控制。

## 参考文献:

[1] 王晓明. 电动机的单片机控制[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2002.  
[2] Wind River System Inc. VxWorks NetWork Programmer's Guide [Z].