

目 录

1. 引言.....	1
1.1 设计的应用前景.....	1
1.2 单片机应用系统概述.....	1
1.3 超声波测距系统概述.....	2
1.4 本设计任务主要要求.....	3
2. 超声波测距原理.....	3
2.1 超声波的基本理论.....	3
2.2 超声波测距系统原理.....	4
3. 系统主要硬件电路设计.....	5
3.1 超声波测距系统电路总体设计方案.....	5
3.2 超声波发射和接收电路的设计.....	6
3.3 单片机主机系统电路.....	8
4. 系统软件设计.....	12
4.1 系统程序的结构.....	12
4.2 系统主程序.....	13
4.3 40KHZ 超声波发送子程序.....	14
4.4 DS18B20 温度采集程序.....	15
4.5 距离计算子程序.....	15
4.6 数据转换子程序.....	15
4.7 LCD 显示子程序.....	16
4.8 基于 PROTEUS 的软件仿真.....	17
5. 后续研究工作.....	18
5.1 超声波发射波形的改进.....	18
5.2 样机的制作.....	18
5.3 进一步研究系统的抗干扰性能.....	18
致谢.....	19
参考文献.....	19
附录.....	21

基于单片机的超声波测距仪的设计

摘要 利用超声波测距原理,出于低成本、高精度的目的,提出了一种基于 AT89S52 的超声波倒车雷达系统的设计方案。硬件部分采用 AT89S52 单片机作为控制器,主要有超声波发射电路、超声波接收电路、温度检测电路、LCD 显示电路和报警电路。在分析超声波测距原理的基础上,给出了实现超声波倒车雷达系统的硬件设计电路图和软件设计流程图。该系统测量精度为 1cm,测量范围为 0.50-4.00m,完全能够满足汽车倒车系统的设计要求。

关键字 单片机 超声波 温度补偿 测距 LCD 显示 角度补偿

1. 引言

1.1 设计的应用前景

目前国内一般使用专用集成电路设计超声波测距仪,但是专用集成电路的成本很高,并且显示距离也比较困难,操作使用也不是很方便。而本设计研究的测距仪成本低廉,性能优良,市场前景极为广阔。在整个倒车过程中自动测量车尾到最近障碍物的距离,并用数字显示出来,在倒车到极限距离时会发出警告声,提醒驾驶员注意刹车。本设计可望成为驾驶员特别是货车以及公共汽车驾驶员的好帮手,可有效的减少和避免那些视野不良的大型汽车,如集装箱车、载货车、公共汽车等倒车交通事故。

1.2 单片机应用系统概述

单片机的出现及发展使计算机技术从通用型数值计算领域进入到智能化的控制领域。从此,计算机技术在两个重要领域——通用计算机领域和嵌入式计算机领域都得到了极其重要的发展,并正在深深地改变着我们的社会。

单片机应用系统的设计包括单片机基本扩展、外围电路设计和程序设计、单片机应用系统开发环境、系统可靠性设计、电磁兼容性设计等内容。通常开发一个单片机系统的步骤如下:

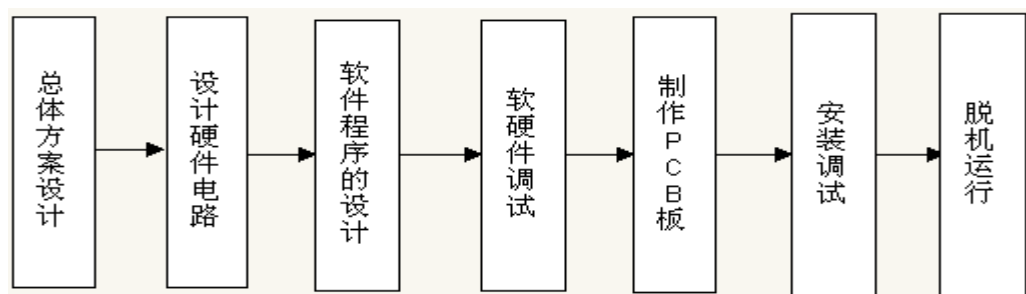


图 1 技术路线

1.3 超声波测距系统概述

随着社会的发展，人们对距离或长度测量的要求越来越高。目前测量距离可以采用波在介质中的传播速度和时间关系进行测量。常用的技术主要有激光测距、微波雷达测距和超声波测距三种。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。超声波测距由于其能进行非接触测量和相对较高的精度，越来越被人们所重视。展望未来，超声波测距仪作为一种新型的非常有用的工具在各方面都将有很大的发展空间，它将朝着更高定位、更高精度的方向发展，以满足日益发展的社会需求。

由于超声波具有指向性好、能量损耗低、传播距离较远、不易受外界环境影响和对被测目标无损害等特点，利用超声波测量距离就可以解决传统测量方法中遇到的问题。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，因此超声波测量距离技术在工业控制、勘探测量、机器人定位和安全防范等领域得到了广泛的应用。

超声波测距电路可以由传统的模拟或者数字电路构建，但是基于这些传统电路构建的系统往往可靠性差，调试困难，可扩展性差，所以基于单片机的超声波测距系统被广泛的应用。通过简单的外围电路发生和接收超声波，单片机通过采样获取到超声波的传播时间，用软件来计算出距离，并且可以采集环境温度进行测距补偿，其测量电路小巧，精度高，反映速度快，可靠性好。

超声波测距适用于高精度的中长距离测量，超声波在标准空气中的传播速度为 331.45m/s，由单片机计时，单片机使用 12.0MHz 晶振，所以此系统的测量精度在理论上可以达到毫米级。本文设计的倒车雷达系统就是利用超声波的上述特性做到对倒车距离实时和高精度的检测，同时，此系统成本低、设计简单、精度和稳定性好，有望得到广泛的应用，从而减少交通事故的发生。

1.4 本设计任务主要要求

- (1) 设计一个以单片机为核心的超声波测距仪，可以应用于汽车倒车、工业现场的位置监控；
- (2) 测量范围在 0.50~4.00m，测量精度 1cm；
- (3) 测量时与被测物无直接接触，能够清晰稳定地显示测量结果。

2. 超声波测距原理

2.1 超声波的基本理论

超声波技术是一门以物理、电子、机械、以及材料科学为基础的、各行各业都可使用的通用技术之一。超声波技术是通过超声波的产生、传播以及接收的物理过程完成的。该技术在国民经济中，对提高产品质量，保障生产安全和设备安全运作，降低生产成本，提高生产效率特别具有潜在能力。因此，我国对超声波的研究特别活跃。

2. 1.1 超声波的三种形式

超声波在介质中可以产生三种形式的振荡波：横波，质点振动方向垂直于传播方向的波；纵波，质点振动方向与传播方向一致的波；表面波，质点振动介于纵波和横波之间，沿表面传播的波。横波只能在固体中传播，纵波能在固体液体中和气体中传播，表面波随深度的增加其衰减很快。为了测量各种状态下的物理量多采用纵波形式的超声波。

2. 1.2 超声波的物理性质

(1) 超声波的反射和折射

当超声波传播到两种特性阻抗不同介质的平面分界面上时，一部分超声波被反射；另一部分透射过界面，在相邻介质内部继续传播。这样的两种情况称之为超声波的反射和折射。

(2) 超声波的衰减

超声波在一种介质中传播，其声压和声强按指数函数规律衰减。

(3) 超声波的干涉

如果在一种介质中传播几个声波，于是产生波的干涉现象。由于超声波的干涉，在辐射器的周围形成一个包括最大最小的扬声场。

2. 1.3 超声波对声场产生的作用

(1) 机械作用

超声波传播过程中，会引起介质质点交替的压缩与伸张，构成了压力的变化，这种压力的变化将引起机械效应。超声波引起质点的运动，虽然位移和速度不大，但是与超声波振动的频率的平方成正比的质点的加速度却很大，有时足以达到破坏介质的程度。

(2) 空化作用

在流体动力学指出，存在于液体中的微气泡在声场的作用下振动，当声压达到一定的值时，气泡将迅速膨胀，然后突然闭合，在气泡闭合时产生冲击波，这种膨胀、闭合、振动等一系列动力学过程称为空化。

(3) 热学作用

如果超声波作用于介质时被介质所吸收，实际上也就是有能量吸收，同时，由于超声波的振动，使介质产生强烈的高频振荡介质相互摩擦产生热热量，这种

能量使介质温度升高。

2.2 超声波测距系统原理

2.2.1 超声波传感器

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。他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。

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。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。超声波传感器结构如下：

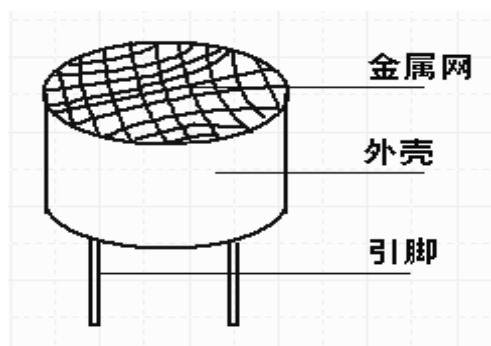


图 2 超声波传感器外部结构

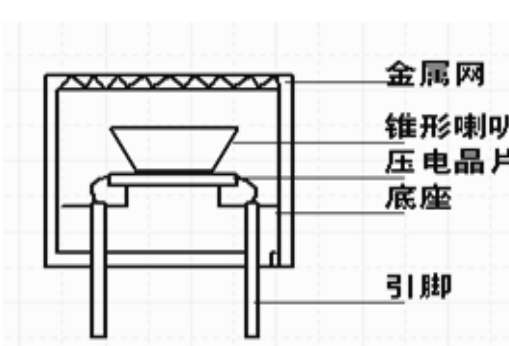


图 3 超声波传感器内部结构

2.2.2 超声波测距的方案

超声波测距方法主要有三种：1) 相位检测法：精度高，但检测范围有限；2) 声波幅值检测法：易受反射波的影响；3) 渡越时间法：工作方式简单，直观，在硬件控制和软件设计上都容易实现，其原理为：检测从发射传感器发射的超声波经气体介质传播到接收传感器的时间 t ，这个时间就是渡越时间，然后求出距离 l 。设 l 为测量距离， t 为往返时间差，超声波的传播速度为 c ，则有 $l=ct/2$ 。综合以上分析，本设计将采用渡越时间法。

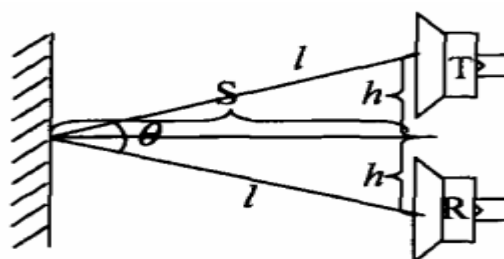


图 4 测距原理

由于超声波也是一种声波，其声速 c 与空气温度有关，一般来说，温度每升高 1 摄氏度，声速增加 0.6 米 / 秒。表 1 列出了几种温度下的声速：

表 1 声速与温度的关系表								
温度（摄氏度）	-30	-20	-10	0	10	20	30	100
声速（米 / 秒）	313	319	325	323	338	344	349	386

在使用时，如果温度变化不大，则可认为声速 c 是基本不变的，计算时取 c 为 340m/s。如果测距精度要求很高，则可通过改变硬件电路增加温度补偿电路的方法或者在硬件电路基本不变的情况下通过软件改进算法的方法来加以校正。

在本系统中利用 AT89S52 中的定时器测量超声波传播时间，利用 DS18B20 测量环境温度，从而提高测距精度。空气中声速与温度的关系可表示为：

$$c \approx 331.45 \sqrt{\frac{T + 273.16}{273.16}} \approx 331.4 + 0.6T (m/s)$$

声速确定后，只要测得超声波往返的时间，即可求得距离：

$$l = 1/2 (331.4 + 0.6T) t。 \quad (\text{系统中应用该式进行温度补偿})$$

如果为了进一步提高测量精度，本设计中将根据需要利用软件方式增加角度补偿的设计： $s^2 = l^2 - h^2$ 。 （系统中应用该式进行角度补偿）

3. 系统主要硬件电路设计

3.1 超声波测距系统电路总体设计方案

本系统硬件部分由 AT89S52 控制器、超声波发射电路及接收电路、温度测量电路、声音报警电路和 LCD 显示电路组成。汽车行进时 LCD 显示环境温度，当倒车时，发射和接收电路工作，经过 AT89S52 数据处理将距离也显示到 LCD 上，如果距离小于设定值时，报警电路会鸣叫，提醒司机注意车距。超声波测距器的系统框图如下图所示：

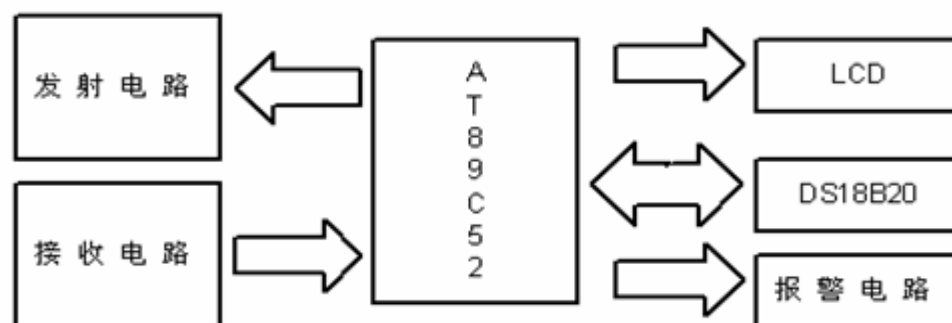


图 5 系统设计总框图

由单片机 AT89S52 编程产生 10us 以上的高电平，由指定引脚输出，就可以在指定接收口等待高电平输出。

一旦有高电平输出，即在模块中经过放大电路，驱动超声波发射探头发射超声波。发射出去的超声波经障碍物反射回来后，由超声波接收头接收到信号，通过接收电路的处理，指定接收口即变为低电平，读取单片机中定时器的值。单片机利用声波的传播速度和发射脉冲到接收反射脉冲的时间间隔计算出障碍物的距离，并由单片机控制显示出来。

由时序图可以看出，超声波测距模块的发射端在 T_0 时刻发射方波，同时启动定时器开始计时，当收到回波后，产生一负跳变到单片机中断口，单片机响应中断程序，定时器停止计数。计算时间差，即可得到超声波在媒介中传播的时间 t ，由此便可计算出距离。

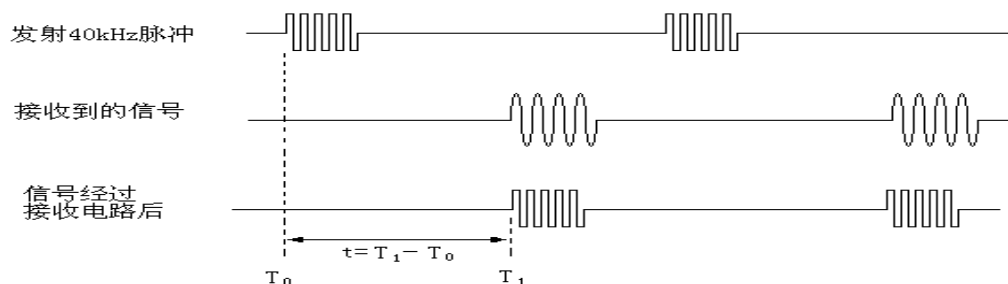


图 6 时序图

3.2 超声波发射和接收电路的设计

分立元件构成的发射和接收电路容易受到外界的干扰，体积和功耗也比较大。而集成电路构成的发射和接收电路具有调试简单，可靠性好，抗干扰能力强，体积小，功耗低的优点，所以优先采用集成电路来设计收发电路。

3.2.1 超声波发射电路

超声波发射电路包括超声波产生电路和超声波发射控制电路两部分，可采用软件发生法和硬件方法产生超声波。在超声波的发射电路的设计中，我们采用电路结构简单的集成电路构成发射电路：

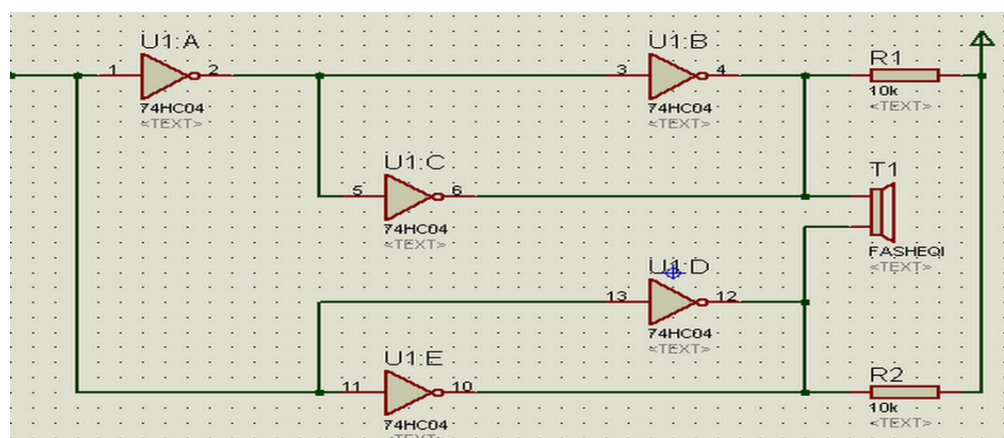


图 7 由反相器构成的超声波发射电路

图 7 是由反相器 74HC04 构成的发射电路,用反相器 74HC04 构成的电路简单,调试容易,易通过软件控制。单片机输出的方波经过反相器接到发射器 T1 的两极,用图中的推挽形式将方波信号加到发射器 T1 两端,可以提高发射器 T1 的发射强度。图中把两个非门的输出接到一起的目的是为了提高其吸入电流,电路驱动能力提高。74HC04 是一个高速 CMOS 六反相器,具有对称的传输延迟和转换时间,而相对于 LSTTL 逻辑 IC,它的功耗减少很多。另外,上拉电阻 R1、R2 一方面可以提高反相器 74HC04 输出高电平的驱动能力,另一方面可以增加发射器 T1 的阻尼效果,缩短其自由振荡的时间。

3.2.2 超声波接收电路

图 8 是由 CX20106 构成的接收电路,在实物的制作过程中,我们将用 CX20106A 这一型号代替。CX20106A 是索尼公司生产的彩电专用红外遥控接收器,是 CX20106 的改进型,也可用于超声波测试,有较强的抗干扰性和灵敏度。CX20106A 采用单列 8 脚直插式,超小型封装,+5V 供电。管脚 1 是超声波信号输入端,其输入阻抗约为 40K;管脚 2 的 R1、C4 决定接收器 R 的总增益,增大电阻 R1 或减小电容 C4,将使放大倍数下降,负反馈量增大,电容 C4 的改变会影响到频率特性,实际使用中一般不改动;管脚 3 与 GND 之间连接检波电容 C2,考虑到检波输出的脉冲宽度变动大,推荐参数为 3.3uF;管脚 5 上的电阻 R2 用以设置带通滤波器的中心频率,阻值越大,中心频率越低,取 R2=200K 时,中心频率约为 42KHZ;管脚 6 与 GND 之间接入一个积分电容 C3,电容值越大,探测距离越短;管脚 7 是遥控命令输出端,它是集电极开路的输出方式,因此该引脚必须接上一个上拉电阻到电源端,没接收信号时,该端输出为高电平,有信号时则会下降;管脚 8 接+5V 电源。

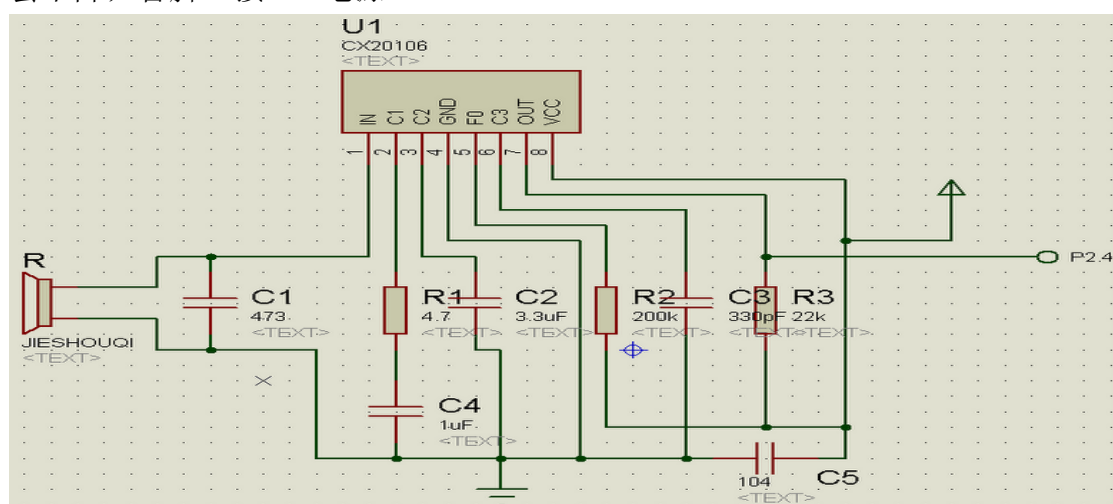


图 8 CX20106 构成的接收电路

综合以上的分析,在由集成电路构成的接收和发射电路中,发射电路我们选用由反相器构成的电路,接收电路采用由红外接收检波芯片 CX20106A 构成,主

要是考虑到系统的调试简单，成本低以及可靠性好。

3.3 单片机主机系统电路

3.3.1 复位电路

单片机在 RESET 端加一个大于 20ms 正脉冲即可实现复位，上电复位和按钮组合的复位电路如图 9。

在系统上电的瞬间，RST 与电源电压同电位，随着电容的电压逐渐上升，RST 电位下降，于是在 RST 形成一个正脉冲。只要该脉冲足够宽就可以实现复位。当人按下按钮 SW1 时，使电容 C1 通过 R1 迅速放电，待 SW1 弹起后，C1 再次充电，实现手动复位。

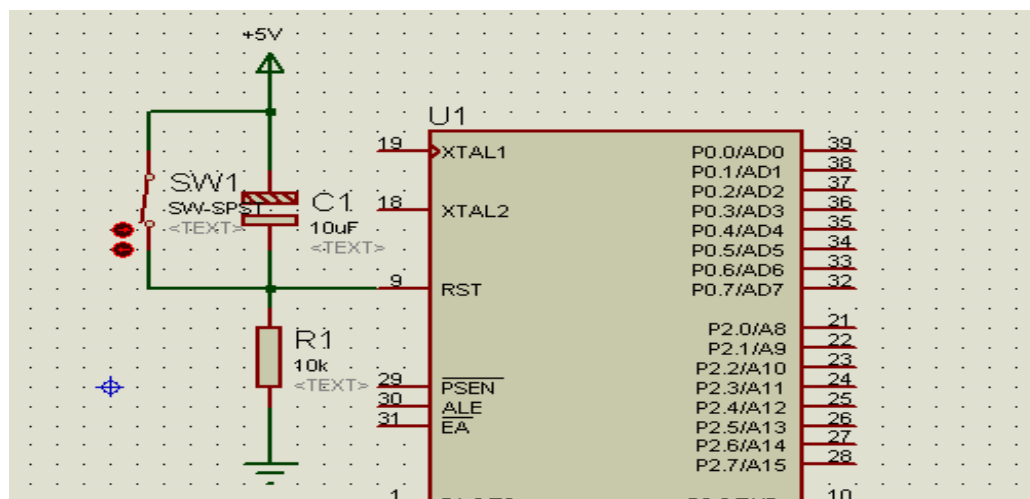


图 9 复位电路

3.3.2 时钟电路

当使用单片机的内部时钟电路时，单片机的 XTAL1 和 XTAL2 用来接石英晶体和微调电容，如图 10 所示。

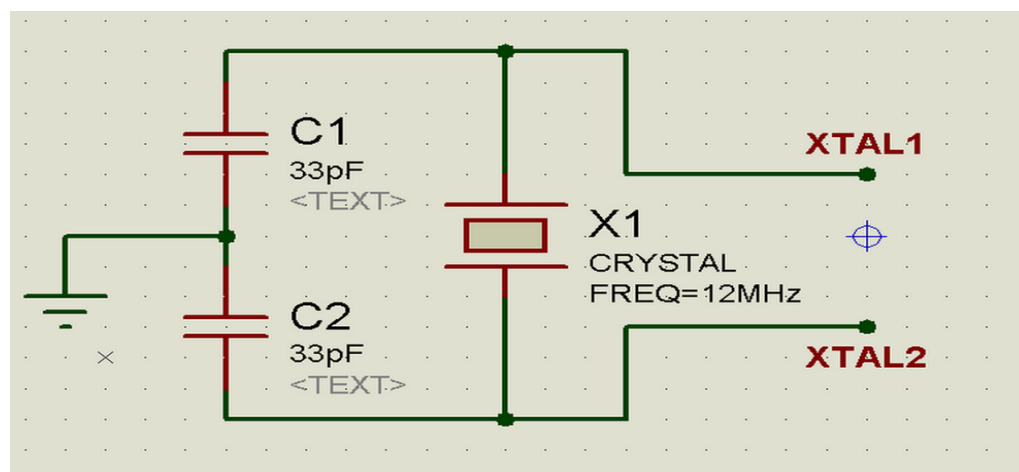


图 10 时钟电路

3.3.3 按键电路

我们通过 P1.0 来启动测量，程序中通过查询 P1.0 的电平来检测是否按键被按下，在软件中通过软件延时来消除按键的机械抖动。

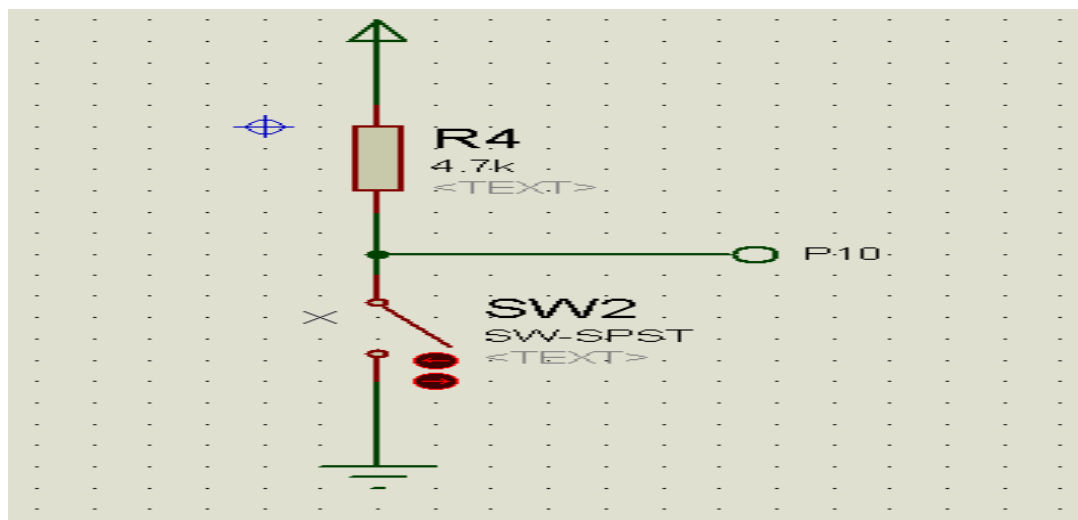


图 11 按键电路

3.3.4 蜂鸣器电路

本次设计通过一只蜂鸣器来提示用户按键按下了，现在单片机开始了测距。蜂鸣器是一块压电晶片，在其两端加上 3-5V 的直流电压，就能产生 3KHz 的蜂鸣声，电路如图 12。通过单片机软件产生 3KHz 的信号从 P3.7 口送到三极管 9013 的基极，控制着电压加到蜂鸣器上，驱动蜂鸣器发出声音。

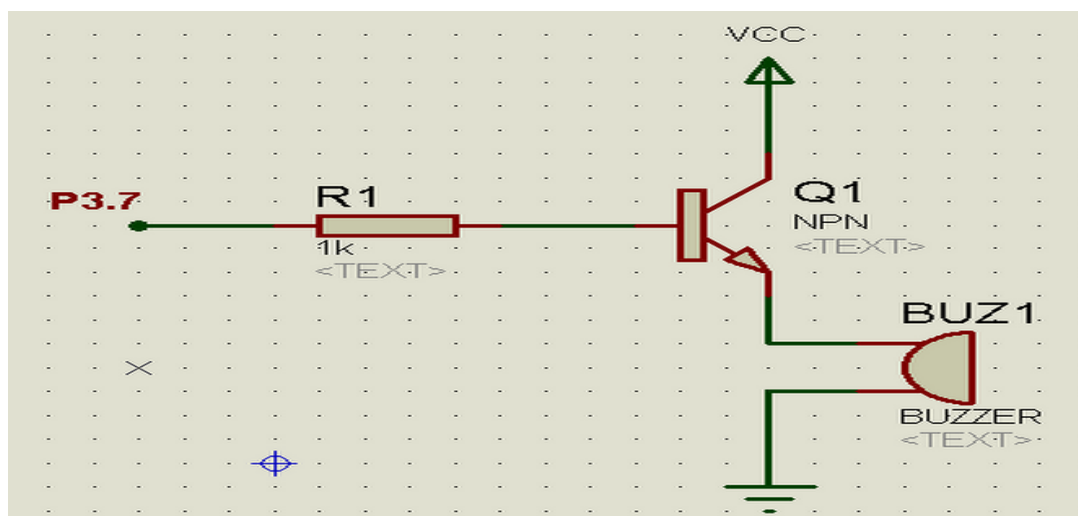


图 12 蜂鸣器电路

3.3.5 温度测量电路

由于超声波的传播速度 c 会受温度、湿度、压强等的影响，其中温度的影响尤为严重。因此在测量精度要求高的场合，应通过温度补偿对超声波的传播速度进行校正，以减小误差。

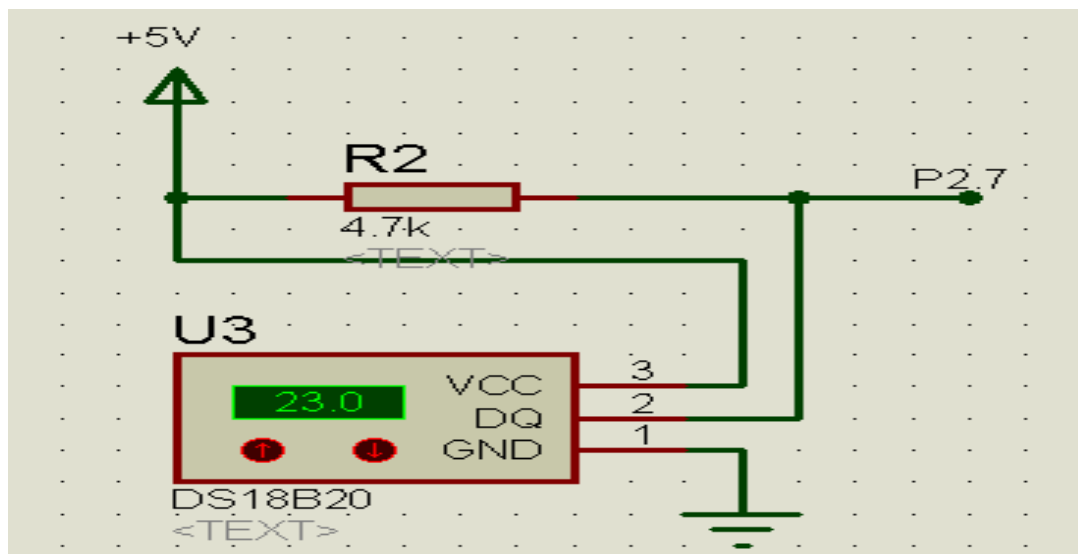


图 13 温度检测电路

本系统采用 DALLAS 公司的 DS18B20 数字式温度传感器进行温度测量，它所测量的温度值用 9 位二进制数直接表示，这些值通过 DS18B20 的数据总线直接输入 CPU，无需 A/D 转换，而且读写指令、温度转换指令都是通过数据总线传入 DS18B20，无需外部电源。DS18B20 数字温度传感器与 AD590、LM35 等温度传感器相比，具有相当的测温范围和精度，温度测量精确、不受外界干扰等优点。

3.3.6 LCD 显示电路

本设计采用 LCD 液晶显示屏来显示距离和温度，具有体积小、功耗低、界面美观大方等优点，这里使用 YB1602 液晶屏，它具有 16 个引脚，其正面左起为第一脚，如图 14 所示：



图 14 LCD1602 实物

第一脚 VSS：接地。

第二脚 VDD：+5V 电源。

第三脚 VEE：对比度调整端。使用时通过接一个 10K 的电阻来调节。

第四脚 RS：寄存器选择信号线，H 为数据选择，L 为指令选择。

第五脚 RW：读写信号线。

第六脚 E：使能端，当 E 由高电平跳变为低电平时执行命令。

第 7-14 脚：8 位数据线 D0-D7。

第十五脚 BLA：背光电源正极输入端。

第十六脚 BLK：背光电源负极输入端。

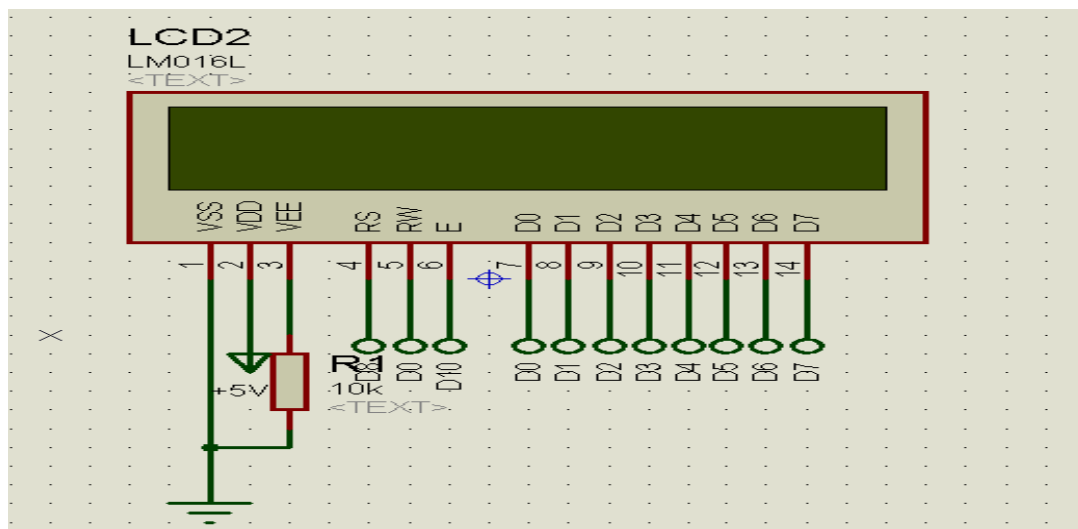


图 15 LCD 显示电路

3.3.7 电源电路

电源电路采用普通可调电源供电，该电源不含稳压器，所以在设计中需要用稳压器进行稳压。我们选用 LM7805 来获得稳定的+5V 直流电压。

输入电压（<21V）经过7805的稳压输出+5V 的电压，图中的 D2为保护7805，防止电源极性接反损坏7805，滤波电容采用100uF 电解和104瓷片电容并联使用，电磁兼容的实践证明，两个差100倍的电容并联使用效果很好。本设计电源电路如下：

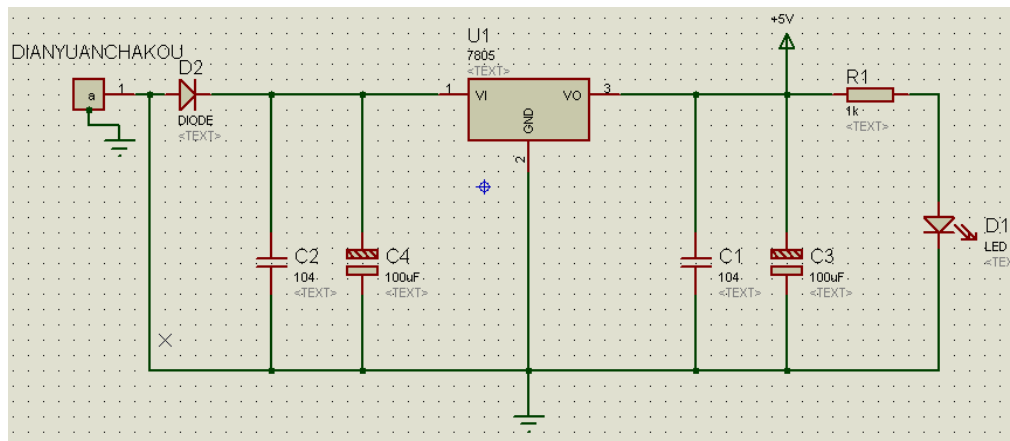


图16 电源电路

4. 系统软件设计

4.1 系统程序的结构

(1)DS18B20 温度传感器接口模块，分为初始化程序、写入命令以及读取子

程序等部分；

(2) 基于 YB1602 的显示模块，分为初始化子程序、写入子程序以及显示子程序；

(3) 温度补偿与距离计算模块，分为超声波发送控制程序、接收处理程序、温度补偿子程序等。

本次设计使用 C 语言编写程序，C 语言相比汇编有许多的优势，编译器使用 Keil μ Version2 进行程序编译，Keil 功能强大使用方便。在编译完成后，通过 Proteus 软件进行仿真，对设计进行验证和优化。如图 17 所示描述了各个模块的关系：

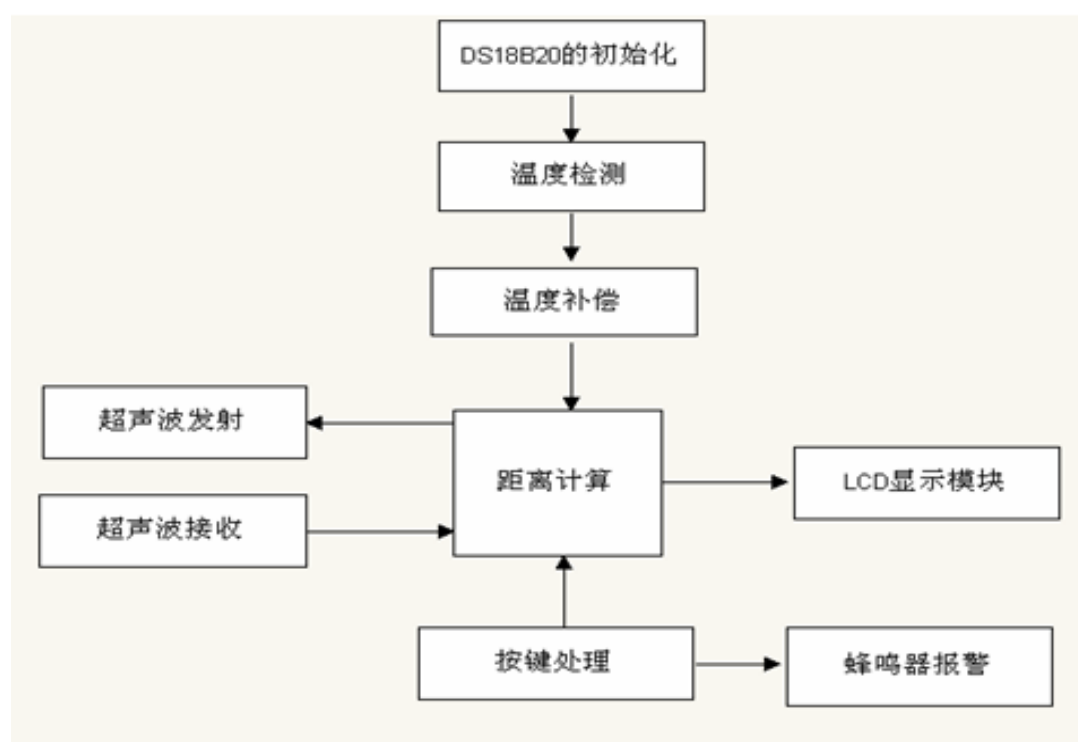


图 17 系统软件方框图

4.2 系统主程序

本设计主程序的思想如下：

- (1) 温度为两位显示，距离为四位显示单位为 mm；
- (2) 温度每隔 900ms 采样一次，DS18B20 在 12 位精度下转换周期为 750ms，故 900ms 满足该速度要求；超声波每隔 60ms 发送一次。
- (3) 按键 SW2 为测量启动键；
- (4) 系统采用 AT89S52 的内时钟：12MHz，每记一次数为 1 μ s；

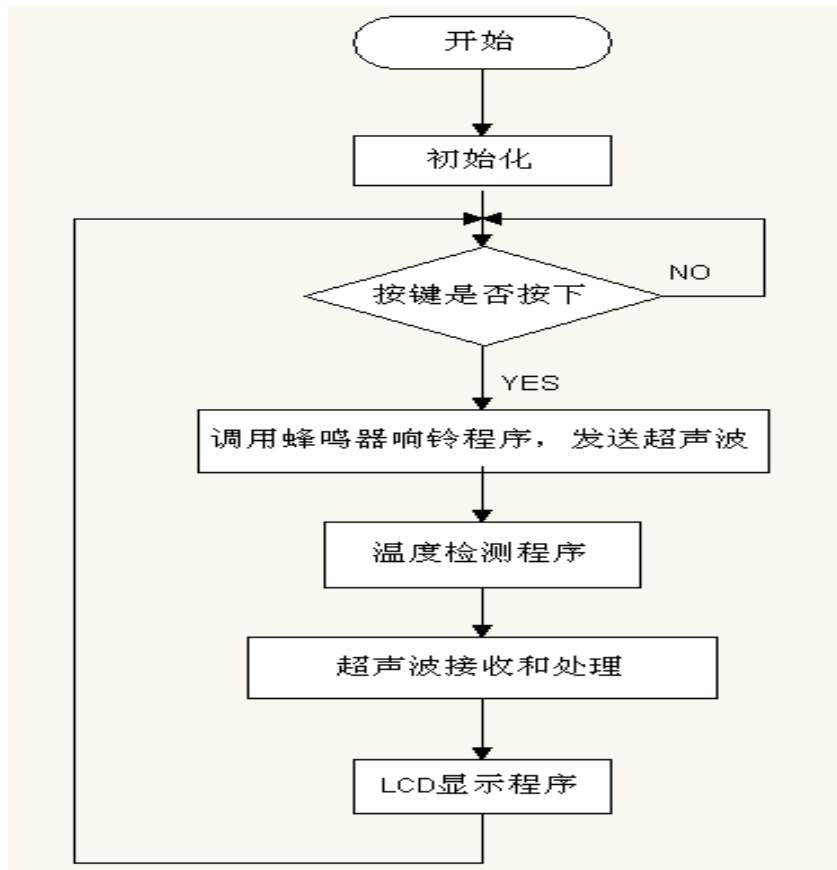


图 18 主程序流程图

4.3 40KHz 超声波发送子程序

超声波每过60ms 发送一次，通过定时器 T0中断发送超声波，超声波发送后延时一段时间后返回，防止余波被接收头接收误判，流程图如下：

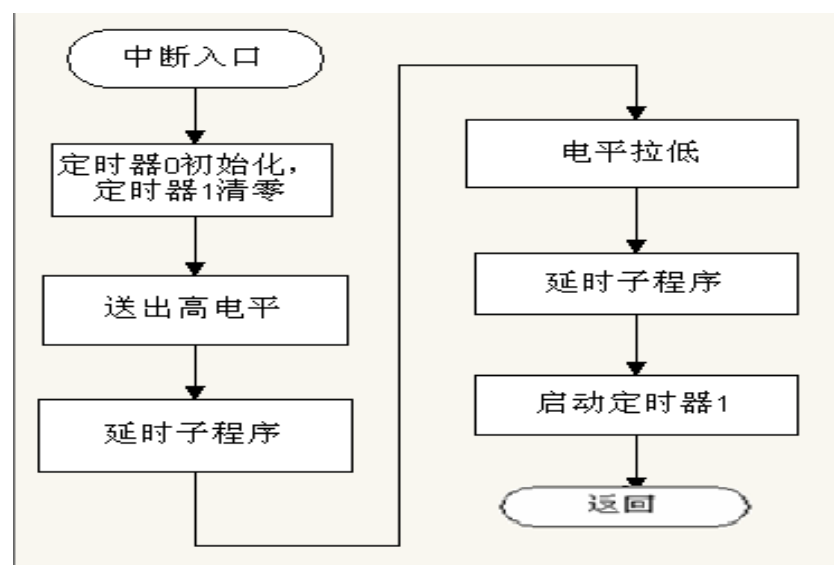


图19 超声波发送子程序流程图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。

如要下载或阅读全文，请访问：

<https://d.book118.com/698003110110006123>