

超声波智能导盲杖的设计^①

孙二杰¹, 汪东军², 石震¹, 李伟¹

¹(山东建筑大学 信息与电气工程学院, 济南 250101)

²(国网山东节能服务有限公司, 济南 250101)

摘要: 我国盲人及视觉障碍者数量众多, 行动不便, 该导盲杖的设计有助于他们较好的识别路况, 给日常生活带来极大的方便. 该导盲杖利用超声波来探测周围的环境信息, 并将环境信息以其他的形式反馈给使用者, 同时该导盲杖能以声光报警的形式提醒路人及时避让. 相比传统的导盲杖该导盲杖具有精度高、使用便捷、成本低及功能齐全等特点同时还能实现温度语音播报功能.

关键词: 超声波; 温度补偿; 照度; 声光报警; 导盲杖

Design of Intelligent Ultrasonic Guide-Stick

SUN Er-Jie¹, WANG Dong-Jun², SHI Zhen¹, LI Wei¹

¹(School of Information and Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

²(State Grid Shandong Energy Service Co Ltd, Jinan 250101, China)

Abstract: There are large numbers of blind people in our country who cannot move around freely. The designation of the guide-stick can help them have a better recognition of the road, so this will bring great convenience to their daily life. The guide-stick can detect the surrounding information and feedback to the users in other forms, when there are obstacles in front of the users it can warn them in the form of light and sound and at the same time it can remind the passers-by away from the users. Compared to conventional guide-stick, this guide-stick with high precision, ease of use, low cost and fully functional characteristics and at the same time it can broadcast the temperature with voice.

Key words: ultrasonic wave; temperature; illumination; sound and light alarm; blind crutch

1 前言

盲人行走时通常使用普通的手杖, 通过在地上不断的敲击, 获得大致路况及前方小范围内有无障碍物. 但它不能发现较远一点的障碍物, 同时也不具备提醒路人避让的功能. 随着电子技术的发展, 人类对电子产品的需求越来越多, 然而超声波导盲杖在市面上还很罕见, 与实际需求相差甚远. 经调查发现现有的导盲仪价格偏高, 不易被普通人所接受, 所以如何解决好价格与性能之间的问题是开拓市场的关键.

2 超声波导盲杖总体设计

系统总体框图如图 1 所示, 超声波导盲杖主要由超声波探头、单片机、温度补偿电路、照度检测电路、

语音播报电路、声光报警电路组成. 该装置有两个按钮, 一个电源开关, 一个温度播报开关, 当不使用时关闭电源开关, 节省电能, 当使用者按下另一个开关, 则通过语音播报当时的温度值, 方便使用者了解当时的温度情况. 该导盲杖下端及中部分别放置一个超声波模块, 下端的模块主要用于检测低矮及形状不规则的障碍物, 中部主要检测相对高一点的障碍物, 当障碍物进入探测范围后进行声光报警, 随着距离的改变点亮的 LED 数目及蜂鸣器的频率会相应的改变. 上下两超声波相结合使测量结果更可靠, 大大提高使用者躲避障碍物的能力.

本设计以 ATmega 16 单片机作为中心控制器, 利用超声波回声测距的原理测距^[1], 同时为了避免模拟

① 基金项目:济南市科技计划重大专项(201305160)

收稿时间:2014-12-20;收到修改稿时间:2015-01-29

温度信号受电磁干扰的影响,本设计采用新一代数字温度传感器 SHT10 测量温度,对系统进行温度补偿,提高测距精度及系统性能,同时利用语音芯片 ISD1420 对温度进行播报;当使用者靠近障碍物时如果照度大于 50lx,则只进行声报警,如果照度小于 50lx 则进行声光报警,同时点亮的 LED 数目与蜂鸣器的尖锐程度随着距离的改变而改变。

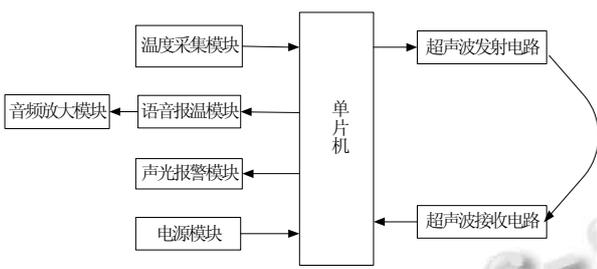


图 1 系统总体框图

3 硬件设计

3.1 超声波发射及接收电路

超声波发射电路主要由 74HC04、BD681 及超声波发生器组成,如图 2 所示,由于路上障碍物多种多样,形状也不尽相同,影响超声波的反射,所以要增大发射功率。74HC04 中每一路反相器的带负载能力有限,而将三路并联电阻减小、电流增大,带负载能力增强;BD681 是一个 NPN 达林顿晶体管,进行功率放大。由单片机定时器 1 产生 40KHZ 的方波信号通过功率放大电路驱动超声波发送器^[2]。超声波发射电路如图 2 所示。

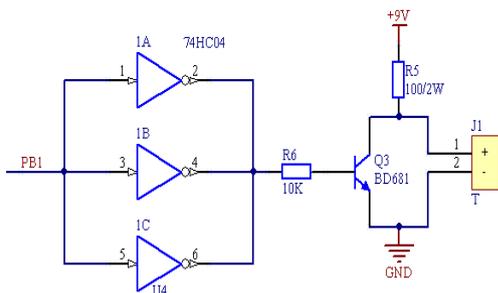


图 2 超声波发射电路

超声波接收电路采用 CX20106A,该芯片内含解调电路、前置放大电路等几部分电路,该芯片体积小同时接收角度宽、价格便宜。

接收的信号由 1 脚输入,内部放大然后再经限幅放大器后变为矩形脉冲,滤波器滤除干扰信号,检波

器滤掉载波检出指令信号,最后整形由 7 脚输出。当接收信号与 CX20106A 中心频率相符时,7 脚输出低电平,否则为高电平。超声波接收电路如图 3 所示。

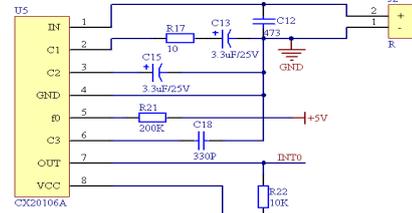


图 3 超声波接收电路

3.2 温度及照度测量电路

选用 SHT10 作为测温芯片,该芯片内含 14 位 A/D 转换器同时支持串行通信,输出完全标定的数字信号,该芯片响应迅速、抗干扰能力强、测量精度高。温度测量电路如图 4 所示。

本设计为了减小电路板体积,采用数字型芯片 BH1750 作为照度采集模块,支持 IIC 通信,精度高,直接输出对应亮度的数字值。照度测量电路如图 5 所示。

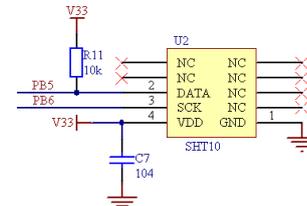


图 4 温度检测电路

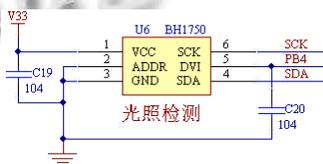


图 5 照度检测电路

3.3 温度语音播报电路

采用 ISD1420 进行语音录制。ISD1420 是采用模拟存储技术集成的,可反复录放的 20 秒语音芯片,掉电语音不丢失,最大可分 160 段,每段语音都可由地址线控制输出,每小段语音长度为 125ms。

3.3.1 分段录音的实现

ISD1420 分段录音可通过软件或硬件实现。图 6 为实现录放的电路图,单片机的 PA 口连接 ISD1420 的地址端,PB0 连接 PLAYL 端,PB1 连接 REC 端。当录

音结束、存储器溢出或放音结束后, D2 熄灭。

3.3.2 放音的实现

在硬件电路中通过放音控制键实现, 如 PLAYE 和 PLAYL 键。本系统通过软件实现放音, 录音完毕后, 读取采集的温度值进行报温。

为了清楚听见报温声音, 选用 LM386 作为音频放大器, 来对微弱音频信号进行放大。

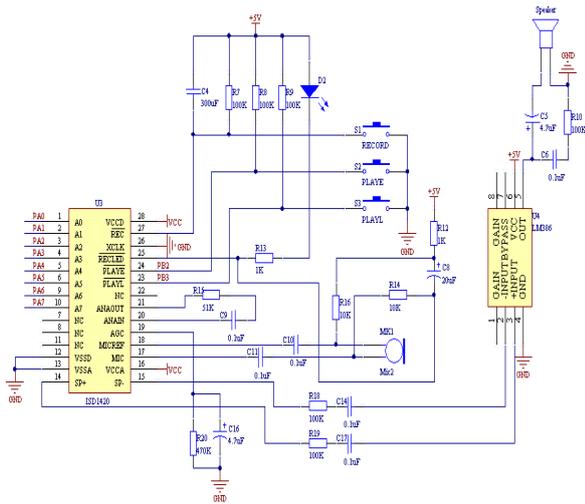


图 6 语音播报电路

3.4 声光报警电路

普通的导盲杖只有声音报警, 但当光线不好时路人很难发现他们的存在, 不能及时避让, 从而很容易发生事故。因此本设计在导盲杖上安装 8 个红色 LED, 采用声光相结合的报警方式, 如图 7 所示。当障碍物进入报警范围且照度大于 50lx 时, 只驱动蜂鸣器, 进行声报警, 如果障碍物进入报警范围且照度小于 50lx 时进行声光报警; 当障碍物离底部超声波探测器 0.5m 或中部超声波探测器 1.5m 内后开始报警^[3], 同时设置不同的报警级别, 离障碍物越近, 蜂鸣器越尖锐, 点亮的 LED 数目越多。

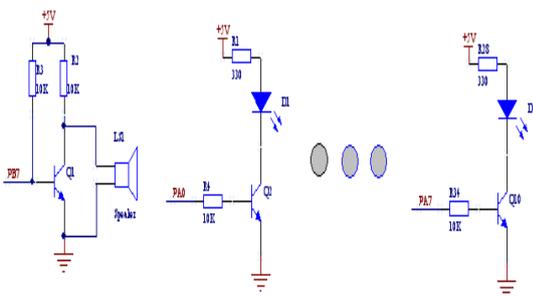


图 7 声光报警电路

4 软件设计

软件设计主要由主程序、超声波发生子程序、接收中断子程序、温度补偿子程序、语音播报子程序及声光报警子程序等组成, 都是由 mega16 单片机完成。

首先系统进行初始化, 包括端口状态、寄存器状态、定时器初值、报警阈值等, 然后单片机发送 8 个 40KHZ 的方波, 定时器开始计时, 为了防止干扰, 延时 100us 打开外部中断, 看是否有回波, 如果有则停止计数, 计算时间差^[4], 测量温度, 对声速进行温度补偿, 最后测出障碍物的距离, 如果进入报警范围则根据程序的预设进行报警, 根据距离的不同驱动蜂鸣器发出不同频率的声音, 点亮不同数目的 LED, 再重新测距; 如果没有回波则重新测距。主程序流程图如图 8 所示。

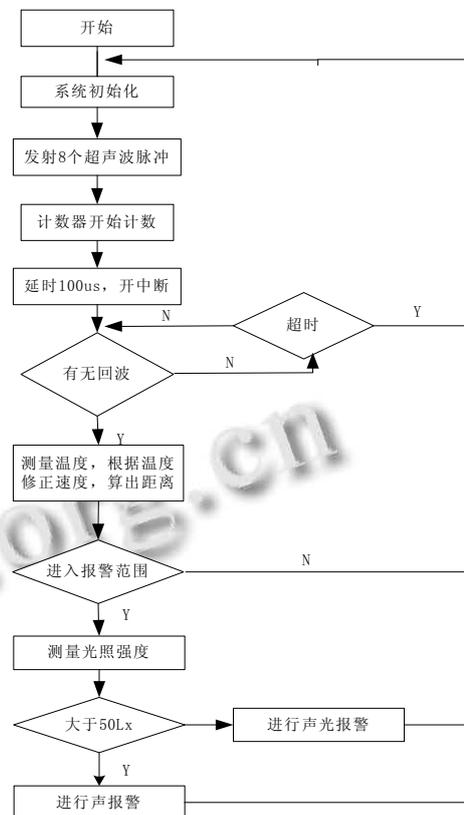


图 8 主程序流程图

4.1 超声波发射接收子程序

如图 9 所示, 此次设计用单片机控制超声波的发射, 通过定时器发射 8 个 40KHZ 的方波, 同时计数器开始计数, 延时 100us 防止回波的干扰, 碰到障碍物反射后, 回波经 CX20106A 处理后在 7 脚出一低电平, 触发单片机的外部中断, 停止计时。

4.2 温度补偿和声速计算子程序

在本系统中,稳定准确的超声波传播速度是测量精度高低的决定性因素.而超声波在空气中传播时,其速度受到温度、粉尘、湿度、大气压、等因素的影响.其中温度的影响最大,超声波在空气中的速度与温度的关系表达式为 $C = 331.45\sqrt{TG273.16/273.16}$,由泰勒公式将其展开,可得到近似计算公式为 $C=331.5 + 0.607 T$,式中 T 是环境温度,温度每变化 1°C 声波的速度变化 0.6m/s .温度测量子程序流程图如图 10 所示.

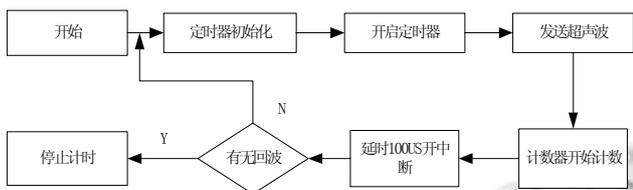


图 9 超声波发射接收子程序流程图

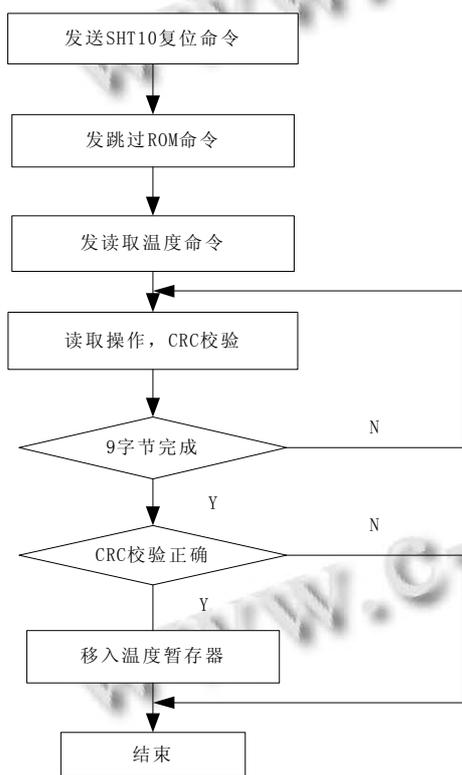


图 10 温度测量子程序流程图

5 误差测试与分析

5.1 数据测试

利用以上的设计在 25°C 下进行测量,测量结果如表 1 所示,对所测量数据进行记录分析,可知该超声波最大量程为 5m .

表 1 测试结果

序号	实际值/mm	测量值/mm	误差/mm	序号	实际值/mm	测量值/mm	误差/mm
1	100	95	-5	11	2800	2834	34
2	200	188	-12	12	3000	3037	37
3	300	320	20	13	3100	3162	62
4	500	509	9	14	3200	3270	70
5	800	811	11	15	3500	3590	90
6	1100	1113	13	16	3700	3800	100
7	1300	1319	19	17	4000	4094	94
8	1500	1522	22	18	4300	4379	79
9	2000	2015	15	19	4700	4795	95
10	2400	2423	23	20	5000	5069	99

5.2 误差分析

由实际测量结果分析可知,在 $(100-300)\text{mm}$ 范围内误差相对较大,在 6% 左右;在 $(300-3000)\text{mm}$ 范围内测量精度比较高,误差在 $1.2\%-1.8\%$ 之间;在 $(3000-5000)\text{mm}$ 范围内误差又有所提高在 2% 左右.

如上所述,在 $(100-300)\text{mm}$ 范围内误差相对较大,主要是因为发射和接收的摆放位置及两者之间的距离有关,会存在一定的盲区;在 $(300-3000)\text{mm}$ 范围内排除了盲区的干扰同时距离不算太远,测量精度比较高;在 $(3000-5000)\text{mm}$ 范围内误差又增大,主要是因为空气成分变化、超声波传播途中温度梯度变化导致测温不准,同时距离较远发射功率不够大,回波幅值衰减严重,使远距离回波很难被检测到^[5].再一个就是被测物体和超声波传感器发射端接收端三者之间存在一个几何角度,也就是说反射波入射到接收端的角度不是垂直的,这样所测距离就不是垂直距离,会造成一定的测量误差.

参考文献

- 1 Websser D. A pulsed ultrasonic distance measurement system based upon phase digitizing. IEEE Trans. on Instrumentation and Measurement, 1991, (13): 2-4.
- 2 郭天祥.新概念 51 单片机 C 语言教程.第 2 版.北京:电子工业出版社,2008.
- 3 高飞燕.基于单片机的超声波测距系统的设计.信息技术,2005,(7):43-45.
- 4 Lacey G, Dawson-Howe KM. The application of robotics to a mobility aid for the elderly blind. Elsevier Science Robotics and Autonomous Systems, 1998, (23): 27-30.
- 5 林书玉.超声换能器的原理及设计.北京:北京科学出版社,2004.