

基于超声红外的电子白板硬件电路设计和定位算法研究^①

Circuit Design and Investigation of Location Algorithm of Whiteboard on Ultrasonic and Infrared

张君 肖慧荣 袁铭 (南昌航空大学 自动化学院 江西 南昌 330063)

摘要: 本文针对基于超声红外的电子白板系统结构和原理进行探讨和研究。重点解决了发射接收电路的设计及软件编程,用单片机产生驱动超声波传感器和红外线传感器的脉冲波形。同时还详细研究了超声红外电子白板系统的定位原理。

关键词: 超声红外 电子白板 定位 单片机 发射接收电路

1 引言

随着科技的发展,以往单一的教学方式逐步被改善。传统的板书和多媒体教学已不能满足现在的教学需求。然而交互白板把多媒体教学和传统的板书有机结合在一起,融合了上述两种模式的优势,逐渐成为不可或缺的教学工具。电子白板是汇集了尖端电子技术、软件技术等多种高科技手段研发的高新产品。它应用无线定位、传感等技术,结合计算机和投影机,能够实现无纸化办公及教学。本文重点研究了基于超声波和红外线的电子白板系统及其发射电路的设计和平面定位算法。

2 超声红外电子白板的系统结构和工作原理

2.1 电子白板工作原理和定位原理

如图1,在此系统中,发射笔在电子白板平面范围内变化,并定期发射红外和超声信号,信号接收处理器中左右信号接收器分别接收红外和超声信号并进行放大,滤波后,送至信号处理器,信号处理器分别提取红外和超声信号到达左右信号接收器的时间差,并将其发送给装有专用软件的PC机,由PC机计算发射笔的坐标(也就是书写笔记),并进行显示,识别,打印等工作^[1]。

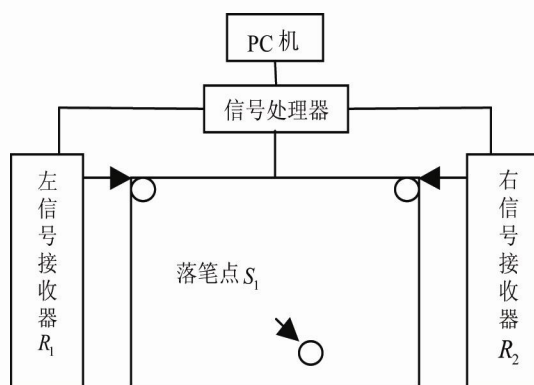


图1 基于超声波的无线定位电子白板

定位原理: 在屏幕的表面时,利用超声波的传输速度较慢的特性,根据超声波发射到接收时间计算出发射点到接收点的距离。使用在平面定位上的原理采用的是在屏幕的一边放置两个按固定距离分布的超声接收装置,用于定位的笔是一个超声波发射器,当笔移动发射的超声波沿屏幕表面被接收器检测到,由收到超声波的时间可以换算出笔与两个接收器的距离。采用三点定位的原理,即根据三角形已知三个边长可以确定笔所在的顶点原理,计算出笔所在的位置坐标,这是一种测距定位模式^[2]。

^① 收稿时间:2008-10-15

2.2 电子白板整体结构

电子白板系统主要由信号笔、信号接收器和上位机组成，系统的系统框图如图 2 所示。

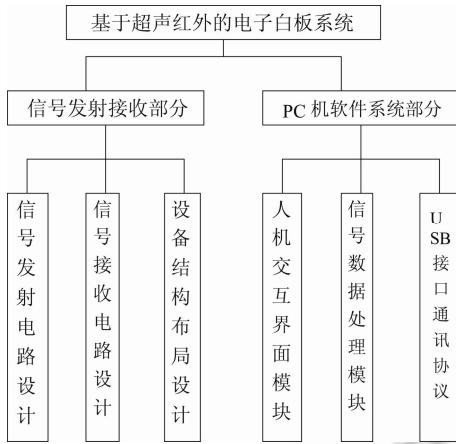


图 2 电子白板系统框图

3 信号发射接收电路设计

3.1 信号发射原理框图

信号笔的基本功能是信号笔内的单片机产生脉冲信号，通过驱动电路放大，然后驱动信号笔上的超声和红外传感^[3]，产生超声和红外信号，信号笔的原理框图 3。

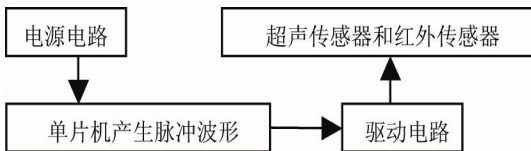


图 3 信号笔原理图

3.2 信号发射电路设计

系统中单片机选择的是 Microchip 公司的 PIC12C508a^[4]来产生波形电路。波形电路主要由 PIC12C508a 单片机的 GP0 口和 GP1 口发出脉冲信号，作为信号笔笔头超声、红外传感器的驱动信号。单片机 PIC12C508 的 GP0 口发出脉宽为 400 μ S，周期为 10ms 的脉冲信号，作为超声传感器的驱动信号；GP1 口发出脉宽为 200 μ S，周期为 10ms 的脉冲信号，作为红外二极管的驱动信号。红外发射二极管选 SFH426，它的发射角度为 120°，因此使用 4 个 SFH426，让其均匀地分布在笔的一周上可达到 360°全向发射。超声发送传感器选的是 US80KT-01，它可以实现 360°全向发射超声。发射电路如图 4 所示：

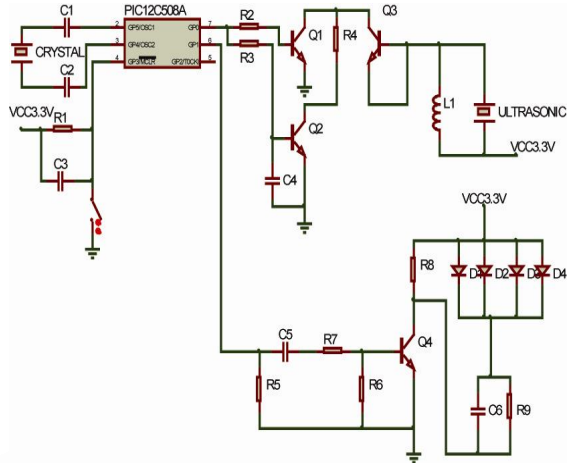


图 4 信号发射电路图

3.3 信号发射软件设计

软件主要实现的功能，一是发出周期均为 10ms，脉冲宽度分别为 400 μ s 和 200 μ s 的脉冲信号，作为超声、红外传感器的驱动信号。使信号笔在工作的时候发出系统定位所需的超声、红外信号。二是通过判断单片机引脚 4，即 GP3 口的电平变化情况，唤醒或使单片机进入睡眠模式。利用单片机的引脚电平变化中断模式，当该引脚为低电平时，单片机进入睡眠状态，此时的电流减小；当 GP3 口变为高电平时，就会将其从睡眠模式唤醒进入工作状态。这样做是为了在抬笔的时候单片机进入 SLEEP 模式，不发信号。流程图如图 5 所示：

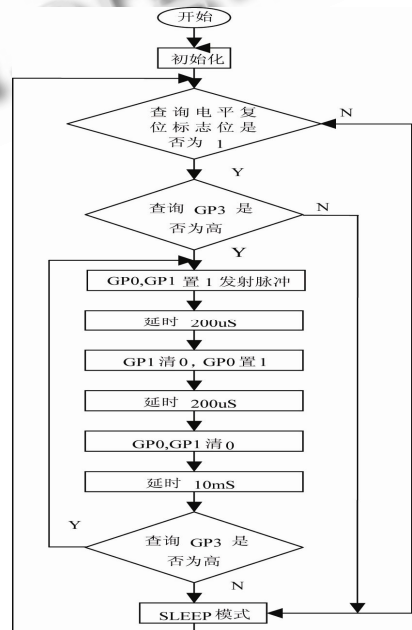


图 5 信号发射部分软件流程图

3.4 信号发射波形

测试单片机 PIC12C508a 的 GP0,GP1 引脚结果如图 6, 符合要求的驱动脉冲波形。如图所示, GP0 引脚发射的黄色的脉冲宽度 400us, 间隔 10ms, 驱动超声传感器; GP1 引脚发射的蓝色的脉冲宽度 200us, 间隔 10ms, 驱动红外线传感器。

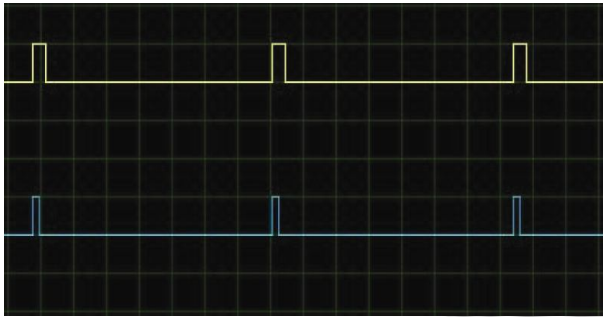


图 6 发射脉冲波形

3.5 信号接收部分设计

超声接收传感器采用的是 SR80KHZ-01^[5], 它也是一款压电薄膜传感器, 具有接收信号大范围的优点。柱形薄膜传感器展现出很好的方向角特性, 较大的带宽。这些特性使其在两维定位、数字转换器、物体探测及测距等方面发挥了较好的作用, 得到较好应用。压电薄膜超声传感器也有很低的质量因数, 这意味着信号上升和衰落时间短于普通的陶瓷超声传感器。这些特性对于定位应用都是非常理想的。

红外接收传感器采用的是 ST1838, 它是外形最小的红外远距离控制系统接收器, PIN 二极管和前置放大器装在焊接外壳里, 环氧材料封装。该接收器输出的调制信号可以直接被微处理器解调。其最主要的优点是, 在有干扰的环境中仍具有可靠性。外壳具有屏蔽作用抗电磁干扰。

单片机采用 Microchip 公司的 PIC16F873, 主要利用其 CCP1 和 CCP2 模块在捕捉方式下捕捉时间基准信号(红外信号)、超声信号通道 R1 和超声信号通道 R2, 可以得到时延信息。

信号接收器其系统框图如图 7 所示。

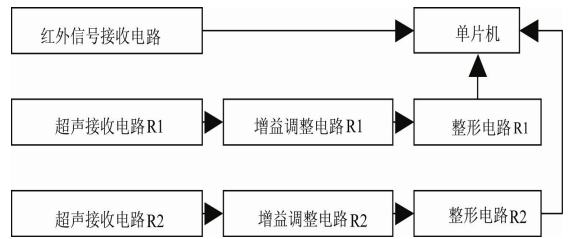


图 7 信号接收器的系统框图

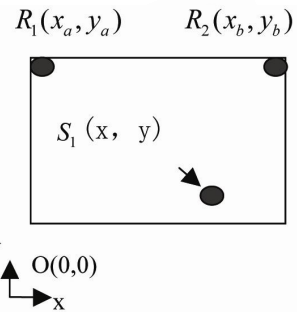


图 8 TOA 圆形定位算法示意图

这种方法使用两个固定位置的传感器即可对一个源进行定位。位于固定位置的两路接收传感器接收来自于源的发射信号, 通过计算源的发射信号到达传感器 R1、R2 的传播时间 $\tau_{S_1R_1}$, $\tau_{S_1R_2}$, 对于 TOA 方法, 信号到达接收传感器的距离可以通过测出源信号传播时间得到, 一个距离的估计值对应于一个以接收传感器为圆心的圆, 两个圆的交点为源信号的位置, 进而可以对源进行定位。根据源信号的传播速度 c 可以求出 S_1R_1 、 S_1R_2 两条线段的长度为:

$$S_1R_1 = \tau_{S_1R_1} \times c \tag{1}$$

$$S_1R_2 = \tau_{S_1R_2} \times c \tag{2}$$

又根据平面几何的勾股定理有

$$S_1R_1 = \sqrt{(x-x_a)^2 + (y-y_a)^2} \tag{3}$$

$$S_1R_2 = \sqrt{(x-x_b)^2 + (y-y_b)^2} \tag{4}$$

又 $y_a = y_b$

由(1), (2), (3), (4)可以得到点坐标为:

$$x = \frac{(x_b^2 - x_a^2) - (c\tau_{S_1R_2})^2 + (c\tau_{S_1R_1})^2}{2(x_b - x_a)} \tag{5}$$

$$y = y_a + \sqrt{(c\tau_{S_1R_1})^2 - (x-x_a)^2} \tag{6}$$

由(5), (6)式即可以确定源的位置。

基于 TOA 估计的定位算法的关键是精确的测量或者估计源的发射信号到达两个接收传感器的传播时

4 PC机上超声测距三点定位算法研究

基于 TOA(Time of Arrival)估计的定位方法主要有圆形定位和球形定位。本系统用的是 TOA 圆形定位, 基于 TOA^[6]估计的圆形定位算法如图 8 所示。

间,对基于 TOA 估计进行定位方法是通过软件编写与硬件设计相结合来具体实现。

5 数据测量分析

如图 9 所示,信号接收器 R1, R2 分别放在坐标 (0,100),(100,100)的位置,信号发射笔在点 S1(20, 40)的位置连续点击。以上坐标单位为 cm。

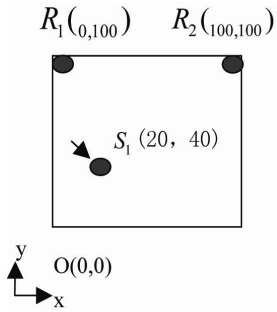


图 9 实测延时数据实验图

信号处理器中的 PIC16F873 单片机,利用其 CCP1 和 CCP2 模块在捕捉方式下,捕捉可以得到信号接收器 R1, R2 时延信息。如表 1,表中时延为 16 进制数,单位为 us。

表 1 定点测试时延数据表

第 i 点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
时延 $\tau_{S_1R_1}$	BA	BA	BB	BA	BA	B9	BA	BB	BA	BA
时延 $\tau_{S_1R_2}$	126	126	127	125	126	126	125	126	126	126

表 1 定点测试时延数据表(续)

第 i 点	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
时延 $\tau_{S_1R_1}$	BA	BB	BA	BA	BA	B9	BA	BB	BA	B9
时延 $\tau_{S_1R_2}$	126	127	126	126	126	125	126	126	126	125

表 1 定点测试时延数据表(续)

第 i 点	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
时延 $\tau_{S_1R_1}$	BB	BA	BA	B9	BA	BB	BA	B9	BB	BA
时延 $\tau_{S_1R_2}$	126	126	127	126	125	126	126	125	127	126

表 1 中,时延 $\tau_{S_1R_1}$ 的最大值为 BBus, 最小值为 B9us, 相差 2us; 假设超声波传播速度为 340m/s, 则信号笔距离信号接收器 R1 的实际误差仅为 $2us \times 340m/s = 0.68mm$ 。时延 $\tau_{S_1R_2}$ 的最大值为 127us, 最小值为 125us, 也相差 2us, 则信号笔距离信号接收器 R2 的实际误差仅为 0.68mm。所以此系统静态误差较小, 符合设计要求; 动态方面, 因为发射脉冲间隔时间为 10ms, 即每秒扫描 100 个点, 而人眼视觉暂留时间(视网膜上的视神经的反应时间)为 0.05--0.2 秒, 每秒只能分辨 20-5 个点, 100 点/s 的扫描速度可以使人视觉上产生连续性, 完全满足显示需要。

6 结语

电子白板是一款高性能的电子产品。该产品主要完成实时手写输入, 电脑屏幕书写以及操作电脑资源的基本功能。同时, 该产品具有体积小, 定位精度高, 价格低, 便于携带, 灵活性等优势。适合商务人事, 学者等随身携带, 使用。实践证明, 此类电子白板的研究顺应“十一五”计划中的网络教育潮流, 具有很大的市场和现实应用价值。

参考文献

- 丁怀东,任向实,肖蒙,张幸.面向视频会议的多功能手写笔白板系统及协同工作的研究.昆明理工大学学报(理工版),2004,29(4):116-125.
- 龙海燕,张葡青.无线定位技术的物理基础及其关键技术分析.中山大学学报(自然科学版),2005,44(3):42-45.
- 李科杰.现代传感技术.北京:电子工业出版社,2005.
- 汤竟南,钱昊,国海欣.PIC 单片机基础与应用.北京:人民邮电出版社,2006.
- 03-02 PRELIMINARY Shielded Receiver Assembly SR80KHZ-01 ProductDate Sheet,Measurement Specialties, Inc.
- Wood et al. Transmitter Pen Location System,United States Patent,Patent No: US6,414,673,Jul.2,2002.