

# 基于 TMS320VC5509A 的超声波电子笔设计

冉涌<sup>1</sup>, 陈立万<sup>2</sup>

(1. 电子科技大学 电子工程学院, 四川 成都 610054; 2. 重庆三峡学院 应用技术学院, 重庆 404000)

**摘要** 针对 TMS320VC5509A 内部有双乘法器, 拥有丰富的外设资源等特点, 设计了超声波电子笔系统。介绍了根据超声波测距值计算笔触位置的基本方法, 并对整个系统的硬件构架, DSP 接口设计和软件功能设计作出说明。该系统的最大特点是对书写材料没有特殊要求, 并且可以脱离计算机单独工作, 便于携带。

**关键词** 超声波; 电子笔; DSP

中图分类号 TP216; TP323 文献标识码 A 文章编号 1007-7820(2010)04-058-03

## Design of the Ultrasonic Electronic Pen Based on DSP

Ran Yong<sup>1</sup>, Chen Liwan<sup>2</sup>

(1. School of Electronic Engineering, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China;

2. School of Applied Technology, Chongqing Three Gorges University, Chongqing 404000, China)

**Abstract** An ultrasonic electronic pen system based on TMS320VC5509A, which has two multipliers and rich peripherals, is designed. First, the basic principles of calculating the location of a pen point according to the calculation of the ultrasonic transmission distance are introduced. Then, the system hardware architecture, DSP interface design and software design are described. This system has the striking feature that it has no special requirements for writing material and can work without a computer and is therefore portable.

**Keywords** ultrasonic; electronic pen; DSP

随着计算机应用的普及, 对便携式输入设备的要求也越来越高。人们希望能随时随地用电子设备记录下原始的书写内容。传统的基于传感材料的手写笔系统需要特殊的书写材料, 使它的应用范围受到限制<sup>[1-2]</sup>。超声波相对与电磁波速度要小得多<sup>[3]</sup>, 其传播的时间较容易检测, 将其应用于电子笔系统中, 可以使输入设备更加便捷, 笔迹跟踪准确<sup>[4]</sup>。

DSP 拥有高速的运算能力, 适合于大运算量的信号处理, 在超声波电子笔系统中将其作为信号处理的核心处理器是一个良好的选择。本系统综合应用传感器技术、波形检测和笔迹形成技术, 实现记录手写笔迹的功能。当电子笔在任意平面书写的同时, 笔迹即刻显示在主设备的屏幕上, 同时笔迹信息存储到主设备的 SD 卡中, 并且可以上传至电脑, 作进一步的处理。它适用于移动办公、电化教育、网络会议等多种场合。

## 1 超声波笔迹检测原理

超声波是一种弹性机械波, 其传播时能量相对集中, 衰减小, 不受光线和周围物体颜色的影响, 广泛应用于工业检测之中。电子笔系统要精确完成笔迹形成和存储的功能, 首先是要利用超声波检测出各个采样时刻笔触所在位置。为此, 需要一个超声波发生器安装于笔触位置, 两个超声波传感器固定在一个主设备上。它们的几何位置关系可以由图 1 表示, 其中  $R(L)$  和  $R(R)$  是两个固定的超声波传感器, TX 是笔触上的超声波发生器,  $a$  为  $R(L)$  与  $R(R)$  之间的距离, 是一个已知常量。

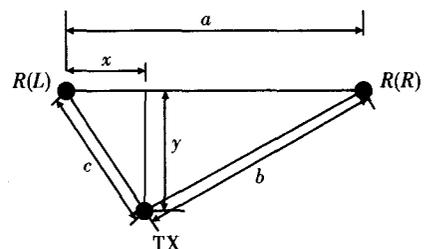


图 1 笔触位置计算原理

在有红外信号同步的情况下,  $b$  和  $c$  的大小可以通过渡越时间法实时测量得到<sup>[5-6]</sup>。然后, 以  $R(L)$

收稿日期: 2010-01-09

基金项目: 教育部科学技术基金资助项目(Z2007-1-63005)

作者简介: 冉涌(1981-), 男, 硕士研究生。研究方向: 高速信号与实时信号处理。

所在位置为原点, 以  $R(L)$  和  $R(R)$  的连线为  $x$  轴建立平面坐标系, 由简单的几何知识得到此时笔触的位置坐标为

$$x = (a^2 + b^2 - c^2) / 2a \quad (1)$$

$$y = \sqrt{c^2 - x^2} \quad (2)$$

通过反复测量, 以 75 Hz 频率采样形成点迹, 多个时刻的点迹最终形成连续笔迹。为了避免环境噪声干扰和多套系统同时使用时产生的相互干扰, 采用文献[7]叙述的两步检测和时隙跳变检测方法。

## 2 系统硬件设计

超声波电子笔系统由一个主机设备和一只电子笔组成。其中主机设备包含两个位置固定的超声波传感器、超声接收电路、信号采集和用于笔触位置计算的 DSP 处理器。为了功能完善, DSP 外接有 SD 卡存储器、液晶显示器(LCD), 温度传感器和红外发生器, 其整体架构如图 2 所示。

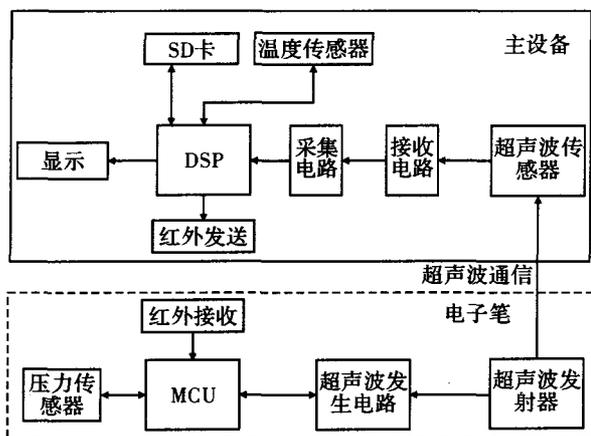


图2 系统原理框图

接收电路分前级放大, 带通滤波, 后级放大, 整形电路几部分。因为直接由超声波传感器接收到的信号十分微弱, 需要进行前级放大, 此处选用高精度单片运算放大器 OP07 实现。带通滤波采用压控电压源二阶带通滤波器, 其电路原理如图 3 所示, 它通过改变  $R_f$  和  $R_4$  的比例就可改变频宽而不影响中心频率, 电路参数由下面的公式计算得到, 中心频率

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{1}{R_2 C^2} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_3} \right)} \quad (3)$$

通带宽度

$$B = \frac{1}{C} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{2}{R_2} - \frac{R_f}{R_3 R_4} \right) \quad (4)$$

通带增益

$$A_w = \frac{R_4 + R_f}{R_4 R_1 C B} \quad (5)$$

选择性

$$Q = w_0 / B \quad (6)$$

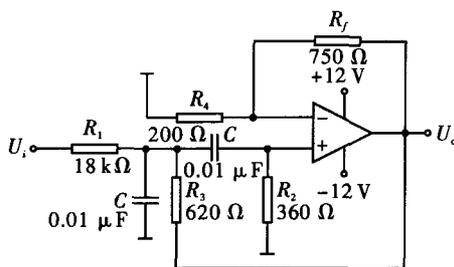


图3 压控电压源二阶带通滤波

核心处理器选用 TI 公司的 16 位低功耗 DSP 芯片 TMS320VC5509A。VC5509A 主频最高达 200 MHz, 内部有双乘法器, 支持 DMA 操作, 集成有 USB1.1 控制器、多路 A/D 转换器, 并且它自带 MMC 控制器, 可以扩展 MMC 卡和 SD 卡作为存储设备<sup>[8-9]</sup>。SD 卡主要用于存储形成的笔迹信息, 用于事后通过片上集成的 USB 接口上传至电脑作进一步处理, 比如通过文字识别软件生成标准字体; 液晶显示器实时显示笔迹信息, 并且调整系统参数使有利于人机交互; 温度传感器用于监控环境温度, 由于超声波在空气中的传播速度是一个与温度有关的量, 需要对检测的笔迹结果作修正; 红外发生器配合电子笔中的红外接收器工作, 作为超声波测距时的同步信号。

在与 SD 卡连接时, 直接利用 DSP 自带的 MMC 控制器, 通过对 EBSR(外部总线选择寄存器) 的设置, 来选择工作于 MMC/SD 模式或 MCBSP(多通道缓冲串口) 模式, 对 SD 卡的操作其接口方式, 如图 4 所示。

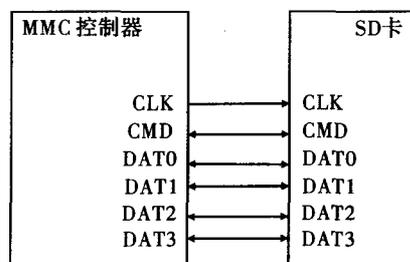


图4 MMC控制器与SD卡的连接

显示部分, 为了使编程方便, 选用了日本 SEIKO EPSON 公司的 SED1335 控制器, 它可以直接与 DSP 相连, 有较强功能的 I/O 缓冲器, 在其内部时钟全周期内, 可全速响应 DSP 的访问, 使 DSP 的数据总线直接与控制器的数据接口连接。

电子笔部分, 主要是在 MCU 的控制下产生超声波信号, 出于小体积和低功耗的考虑, 选择了微芯公

司 8 位闪存 PIC 单片机 PIC10F。PIC10F 是 6 引脚的 SOT-23 封装, 指令执行速度可达 2 MI/S, 它具备 8 MHz 内置振荡器, 具有波形生成功能<sup>[10]</sup>。为了提高系统的抗干扰能力, 借鉴雷达波形设计方法, 波形设计为伪随机的 M 序列, 频率设置为 40 kHz。电子笔中的压力传感器安装于笔触顶端, 用于检测电子笔是否与书写平面接触, 只有与书写平面接触时, 才启动其它电路, 以节省功耗。

### 3 系统软件设计

主设备的软件系统采用  $\mu\text{C}/\text{OS}$  多任务系统, 其中点迹计算和笔迹形成部分利用 VC5509A 有双乘法器的特点, 用汇编语言高效实现, 整体软件功能, 如图 5 所示。

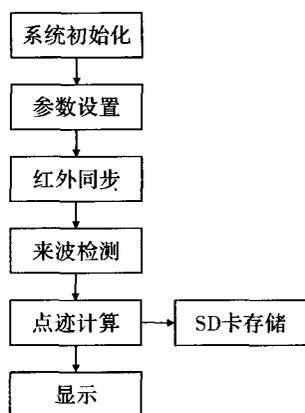


图 5 软件功能框图

系统初始化时完成主程序的入口设置, 将寄存器清零, 设置中断矢量, 对 ROM 区和 RAM 区进行初始化。

参数设置是对采样时间, 检测方式等参数进行配置。

来波检测部分, 首先由检测电路引起的中断计算出时间差, 以此作为点迹计算的依据, 然后由坐标转换关系计算出当前点迹位置。计算过程中包含开方运算, 采用牛顿迭代法完成。

SD 卡的操作包括初始化和读写两项操作。初始化时要分别对 SD 卡控制器和 SD 卡初始化。SD 卡控制器的初始化主要是完成各种参数的配置, 包括控制器与 DSP 数据传输的 DMA 方式、传输速率、读写超时设置和读写数据块长度等; SD 卡的初始化主要是检测卡的电压状态, 分配相对地址。

DSP 访问液晶控制器时, 首先将指令代码写入指

令缓冲器, 随后将该指令所需参数按顺序通过数据输入缓冲器写入相应的功能寄存器中。其中 SED1335 指令代码既可设置功能位, 又是参数寄存器的选通码。

手写笔内部 MCU 部分的程序既要通过压力传感的信号判断笔触是否已经与纸张接触, 又要判断主设备的红外同步信号, 当检测就绪时, 才产生设定频率的超声波信号。

### 4 结束语

经实验测试, 主设备能实时跟踪笔触的运动轨迹, 显示图像与笔触划过路径保持一致, 完成了笔迹跟踪、显示与存储的基本功能, 具有较好的抗干扰能力。然而书写中的笔锋, 即书写笔迹的轻重无法表现出来, 能否将笔触位置的压力传感器信息分级, 并融入后级的笔迹形成中来解决此问题是进一步研究的方向。

### 参考文献

- [1] 刘迎建, 王红岗, 黄长江, 等. 触控感应按键手写绘画板及实现方法[P]. 中国: CN200710062786. X, 2008.
- [2] 王伟. 基于 CMOS 传感器的简易电子白板应用研究[J]. 科技创新导报, 2009(28): 10.
- [3] 林莉, 李喜孟. 超声波频谱分析技术及其应用[M]. 北京: 机械工业出版社, 2009.
- [4] Jaejun L, Yunmo C. Design of a Wireless Handwriting Input System for Mobile Devices [C]. Consumer Electronics, Proceedings of the Ninth International Symposium on, 2005: 222 - 225.
- [5] 祝敏. 超声波测距误差分析及修正方法[J]. 计量与测试技术, 2009(2): 21 - 24.
- [6] 蒋林, 闫继宏, 臧希喆, 等. 一种新的超声波绝对定位方法[J]. 吉林大学学报: 工学版, 2009(1): 188 - 193.
- [7] Jaejun L, Sang H H, Yunmo C. Robust Tracking of Ultrasonic Pen for Handwriting Digitizer Applications [J]. Consumer Electronics, IEEE Transactions on, 2007, 53(3): 1098 - 1102.
- [8] Texas Instruments. TMS320VC5509A Data Sheet [Z]. USA: Texas Instruments Inc, 2005.
- [9] 汪春梅, 孙洪波. TMS320C55x DSP 原理及应用[M]. 2 版. 北京: 电子工业出版社, 2008.
- [10] Microchip Technology Inc. PIC10F200/202/204/206 Data Sheet [Z]. USA: Microchip Technology, Inc, 2009.