第34卷 第23期 计 算 机 工 程 2008年12月
Vol.34 No.23 Computer Engineering December 2008
·工程应用技术与实现· 文章编号：1000—3428(2008)23—0255—03 文献标识码：A 中图分类号：TP391

触摸屏数据处理算法

宋学瑞，蔡子裕，段青青
(中南大学信息科学与工程学院，长沙 410083)

摘 要：介绍触摸屏系统的工作原理，分析影响电阻式触摸屏坐标定位精度的若干因素，提出一种提高坐标定位精度的“3步法”，包括采用中断和轮询相结合的方法去抖、中值平均滤波法滤波、三点法校准3个过程。在S3C44B0X开发板上进行算法测试，结果证明，用该方法校准的触摸屏系统的稳定性和精度得到很大改善。

关键词：触摸屏；滤波；校准

Data Processing Algorithm of Touch Screen

SONG Xue-rui, CAI Zi-yu, DUAN Qing-qing
(College of Information Science and Engineering, Central South University, Changsha 410083)

【Abstract】 This paper introduces the principle of touch screen, analyses the reasons that influence the precision of coordinate location of resistive touch screen, and proposes a “three steps” method to improve the precision of coordinate location, including eliminate jitter method by using interrupt and polling, median filtering method and three points calibration method. It tests the algorithm based on developing board of S3C44B0X. Results show that the stability and precision of touch screen system are greatly improved.

【Key words】 touch screen; filtering; calibration

伴随着公众对信息查询、检索的大量需求，触摸屏技术越来越受到人们的关注。触摸屏分为红外线、表面声波、电容式、电阻式等类别，电阻式触摸屏是应用较多的类型之一。为了提高电阻式触摸屏数据的准确性，本文分析了影响触摸屏数据精度的若干因素，提出一种简单有效的数据处理算法。

1 触摸屏系统工作原理

触摸屏系统一般包括：触摸屏控制器和触摸检测装置。触摸屏控制器的主要作用是从触摸点检测装置上接收触摸信息，并将它转换成触点坐标，再送给CPU。它同时能接收CPU发来的命令并加以执行。触摸检测装置一般安装在显示器的前端，主要作用是检测用户的触摸位置，再将该处的信息传送给触摸屏控制器。触摸屏输入系统见图1。在该系统中，触摸屏控制器采用TI公司的ADS7843，触摸屏采用SHARP公司的4线电阻式触摸屏，微控制器采用SAMSUNG公司的S3C44B0X[1]。ADS7843与微控制器的通信方式、芯片的控制字以及该芯片的时序图等其他方面的具体内容可查阅TI公司的ADS7843数据手册。

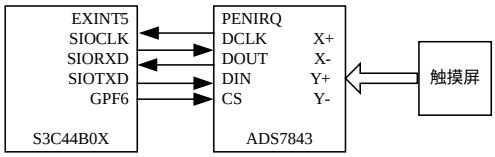

图1 触摸屏输入系统

当触摸屏检测到有落笔时，PENIRQ产生一个中断信号，触发外部中断，S3C44B0X进入落笔中断服务程序。在中断服务程序中，首先清中断源，关外部中断，使外部中断电路无效，然后向ADS7843发送控制字，此时触摸屏控制器开始对*X*轴、*Y*轴电压进行AD转换，等待转换结束后S3C44B0X读取转换数据并存储，最后通过一个坐标变换公式转化为显示屏上的坐标供操作系统[2]进行后续处理。

2 影响触摸屏数据精度的因素

由上述原理可知，所得坐标值的精度受几个因素的影响：触摸屏本身电阻材料的均匀性；ADS7843 模拟电子开关和AD 转换器自身的转换精度；触摸时不规则的抖动导致中断服务程序被错误触发；突发性的脉冲干扰导致电压值读取产生偏差；电阻式触摸屏的电阻分布不是理想的线性分布。这些问题的存在会造成触摸屏点击不准确、线条不流畅、图形失真等误差，如果不进行数据处理将会直接影响设备的功能，甚至可能造成设备无法使用。前2种带来的是固有误差，无法用软件消除，只能靠改变器件本身加以校正。针对后3种，本文提出一种简便触摸屏数据处理方法——3步法，采用中断和轮询相结合的方法去抖，用中值平均滤波算法滤波，通过3点校正算法实现触摸屏和液晶屏坐标数据的一一对应。

3 3步法触摸屏采集数据的处理

每个触摸屏系统在使用之前，都要进行滤波及校准，以往的滤波算法有算术平均值法、加权平均值法、一阶滞后滤波法等，这些方法都有一定的滤波效果，精度较高，但都不是很理想，有的程序编写太过冗长，占用有限的存储空间，有的不能对用户的动作做出快速的反应。而在校准方法上有4点定位法、5点定位法等，普遍存在的问题是对数据的处理耗时过长，这对实时系统[3]来说是不允许的。本文提出的“3步法”改进了上述缺陷，对程序进行最大限度的简化，且能

作者简介：宋学瑞(1957－)，男，副教授，主研方向：嵌入式系统，ASIC设计；蔡子裕、段青青，硕士研究生

收稿日期：2008-04-28 **E-mail：**caiziyu1983@163.com

对触摸动作做出快速而准确的反应，是目前最优的一种方法。

3.1 消除抖动原理

当用户点击触摸屏时，ADS7843 的 PENIRQ 引脚会被置低，当触摸屏被弹起时，PENIRQ 引脚会被置高。在实际情况下，PENIRQ 引脚电压由高到低(或由低到高)跳变时，都会产生一定时间的抖动，如图 2 所示。如果不能正确消除抖动，可能会导致触摸屏驱动的中断服务程序被错误触发。因此，在设计触摸屏驱动程序时，采用中断和轮询相结合的方法。



图 2 点击触摸屏 PENIRQ 引脚的电压变化

当触摸屏被点击时，PENIRQ 引脚会被置低，外部中断被触发，在中断服务程序里启动 1 个 10 ms 的定时器，同时清中断源，关外部中断。在定时器中断服务程序里面轮询 PENIRQ 引脚，如果为低，则意味着触摸屏被点击，启动 AD 转换，读取到 *X*, *Y* 的坐标值，同时再启动 1 个 10 ms 的定时器。一旦检测到 PENIRQ 引脚被置高，延时 10 ms 再判断 PENIRQ 引脚，如果被置高，则意味着触摸屏被弹起。同时开中断源，等待下次点击。这样就完成 1 次触摸屏被“点击”和“弹起”的操作。采用中断和轮询相结合的方法，保证了触摸屏点击事件能及时被响应，同时消除了抖动。

3.2 滤波算法原理

在读取 *X*, *Y* 坐标值时，有可能因为突发性脉冲干扰使读取到的坐标值产生重大偏差，所以必须在坐标变换前对读取到的数据进行滤波。在分析比较各种滤波方式并伴以实际测量试验的基础上，本文采用中值平均滤波法。该方法对突发性的脉冲干扰起到很好的消除作用，同时也具有平均值的作用，即很好的平滑作用，是一种比较全面的方法。

首先对坐标 *X* 和 *Y* 进行多次采样，本文使用 9 次采样，分别记录到 *xa*[9]和 *ya*[9]数组中，为减少运算量，将 *xa*[9]和 *ya*[9]分别分 3 组取平均值，存储在 *xb*[3]和 *yb*[3]中。以处理 *X* 坐标为例：

xb[0]=(*xa*[0]+*xa*[1]+*xa*[2])/3
xb[1]=(*xa*[3]+*xa*[4]+*xa*[5])/3
xb[2]=(*xa*[6]+*xa*[7]+*xa*[8])/3

计算 3 组数据的差值：

*m*0=*xb*[0]-*xb*[1]
*m*1=*xb*[1]-*xb*[2]
*m*2=*xb*[2]-*xb*[0]

然后对上述差值取绝对值，所得结果简称为绝对差值：

*m*0=*m*0>0? *m*0:(-*m*0)
*m*1=*m*1>0? *m*1:(-*m*1)
*m*2=*m*2>0? *m*2:(-*m*2)

判断绝对差值是否都超过差值门限，如果这 3 个绝对差值都超过门限值，则判定这次采样点为野点，抛弃采样点，程序返回等待下次采样。其中，差值门限须根据实验测试得到，经测试本文取值为 3。反之，找出其中绝对差值最小的 2 组数据，计算它们的平均值，同时赋值给 *tmx*。

```
if(m0<m1) {if(m2<m0)    tmx=(m0+m2)/2;
                    else tmx=(m0+m1)/2; }
else if(m2<m1) tmx=(m0+m2)/2;
      else tmx=(m1+m2)/2;
```

tmx 即为滤波后的 *X* 坐标值，同理求出 *Y* 坐标值 *tmy*，经过上述的筛选和滤波，如果被判定采样值有效，则将其滤波值代入坐标变换公式求出液晶屏坐标，否则程序返回等待下一次采样。

3.3 触摸屏到液晶屏坐标变换的实现

触摸屏和点阵式液晶屏叠加在一起配套使用时，触摸屏的坐标原点、标度和显示屏的坐标原点、标度不一样，且电阻式触摸屏的坐标零点通常不在有效点触区内，因此，通过 ADS7843 片内 AD 转换器获得触摸屏上的触点坐标后，还须经过坐标变换才能得到在液晶屏上的坐标位置。由于电阻式触摸屏的电阻分布并不是理想的线性关系，直接进行坐标变换会与触点实际位置存在一些偏差，偏差较大就会点不准。而采用 3 点校准法得到的坐标变换公式可最大限度地克服上述问题。

本文假设LCD上的每个点与触摸屏上的点一一对应。用矢量表示：$\boldsymbol{P}_D$为LCD上的点，$\boldsymbol{P}$为触摸屏上的点，$\boldsymbol{M}$为换算矩阵，则：

$$\boldsymbol{P}_D = \boldsymbol{M}\boldsymbol{P} \tag{1}$$

如果按矢量的长度和角度将每个点用(*X*, *Y*)2 个θ坐标来表示，那么上述 LCD 和触摸屏上的点的对应关系可表示为

$$\boldsymbol{P}_D = [X_D, Y_D] = [R_D\cos\theta_D,\ R_D\sin\theta_D] \tag{2}$$

$$\boldsymbol{P} = [X, Y] = [R\cos\theta,\ R\sin\theta] \tag{3}$$

未校准时如果触摸屏和 LCD 接触点之间存在角度误差，假设角度差为 $\theta_R = \theta_D \times \theta$，则可得到：

$$P^1 = [R\cos(\theta+\theta_R), R\sin(\theta+\theta_R)] \tag{4}$$

同时考虑到每个点的*X*和*Y*坐标将以不同的因子缩放，为K_X和K_Y，可得到更准确描述LCD和触摸屏上点和点的对应关系：

$$P^2 = [K_X R\cos(\theta+\theta_R), K_Y R\sin(\theta+\theta_R)] \tag{5}$$

最后加上位移因子X_T和Y_T，得到LCD和触摸屏上点与点之间的对应方程式：

$$\boldsymbol{P}_D = [K_X R\cos(\theta+\theta_R)+X_T, K_Y R\sin(\theta+\theta_R)+Y_T] \tag{6}$$

假设 LCD 和触摸屏之间的角度误差 θ_R 极小，则 $\sin\theta_R \approx \theta_R$，而 $\cos\theta_R \approx 1.0$，那么通过分解式(6)可得

$$\begin{aligned}\boldsymbol{P}_D &= [K_X R\cos\theta - \theta_R K_X R\sin\theta + X_T, K_Y R\sin\theta + \theta_R K_Y R\cos\theta + Y_T] = \\ &\quad [K_X X - \theta_R K_X Y + X_T, K_Y Y + \theta_R K_Y X + Y_T]\end{aligned} \tag{7}$$

基于以上假设，除 *X* 和 *Y* 外，方程式右边各项均为常量。通过比较式(2)和式(7)，得

$$X_D = AX + BY + C \tag{8}$$

$$Y_D = DX + EY + F \tag{9}$$

只有 LCD 和触摸屏间的误差角度非常小时，才可运用上述公式。根据式(8)和式(9)可知，只需取 3 个采样点就可得到校准数据。考虑实际情况，采样点必须能得到非冗余的联立方程组，而且不能太靠近触摸屏的边缘，此外它们的间隔必须足够大，以减小缩放误差。限于篇幅，本文跳过中间步骤，直接给出参数值，将 *K* 作为各式公分母，可得：

$$K = (X_0 - X_2)(Y_1 - Y_2) - (X_1 - X_2)(Y_0 - Y_2)$$

$$A = ((X_{D0} - X_{D2})(Y_1 - Y_2) - (X_{D1} - X_{D2})(Y_0 - Y_2))/K$$

$$B = ((X_0 - X_2)(X_{D1} - X_{D2}) - (X_{D0} - X_{D2})(X_1 - X_2))/K$$

$$C = (Y_0(X_2X_{D1} - X_1X_{D2}) + Y_1(X_0X_{D2} - X_2X_{D0}) + Y_2(X_1X_{D0} - X_0X_{D1}))/K$$

$$D = ((Y_{D0} - Y_{D2})(Y_1 - Y_2) - (Y_{D1} - Y_{D2})(Y_0 - Y_2))/K$$

$$E = ((X_0 - X_2)(Y_{D1} - Y_{D2}) - (Y_{D0} - Y_{D2})(X_1 - X_2))/K$$

$$F = (Y_0(X_2Y_{D1} - X_1Y_{D2}) + Y_1(X_0Y_{D2} - X_2Y_{D0}) + Y_2(X_1Y_{D0} - X_0Y_{D1}))/K$$

将所求各参数代入式(8)和式(9)，就可将触摸屏上任一触

点坐标变换为相对应的 LCD 屏上的坐标，从而达到用笔点触选择 LCD 屏上所显示功能的目的。

4 算法测试

4.1 测试环境

触摸屏数据处理算法的实现环境：基于 S3C44B0X 的 ARM7 开发板，外接四线电阻式触摸屏和 320×240 像素 16 级灰度液晶屏，使用μC/OS-II 操作系统，开发板与 PC 机通过串口连接，PC 机通过 JTAG 仿真器对程序进行在线仿真的调试。

4.2 测试方法及结果

在液晶屏的 *A*(20, 20), *B*(160, 120), *C*(300, 220)3 点位置都显示“ + ”，液晶屏的右下脚为坐标原点，如图 3，用笔分别点触这 3 点，获得触摸屏对应的坐标值分别为 *A*’(376, 351), *B*’(1 095, 998), *C*’(1 695, 1 531)，这 3 组数据表现为标准的触摸屏与液晶屏之间的一一对应关系，将其代入参数值计算公式，得到坐标变换公式：

$$X_D = 3.209X - 3.350Y - 10.826$$

$$Y_D = 2.292X - 2.393Y - 2.019$$

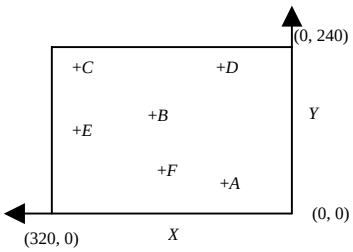

图 3 液晶屏与触摸屏重叠放置定位

在液晶屏上显示 3 个点，假定为 *D*(20, 220), *E*(300, 100), *F*(150, 50)，作为判断比较的基准点，如图 3，点击获得的触摸屏坐标为 *D*’(375, 1 541), *E*’(1 810, 887), *F*’(975, 554)，对其进行坐标变换，不做数据处理与进行 3 步法处理后的 LCD 坐标值列表如表 1 所示。

表 1 触摸屏数据处理比较

标准值	未做数据处理	3 步法处理
D(20, 220)	D_1(21, 211)	D_2(21, 217)
E(300, 100)	E_1(307, 106)	E_2(303, 103)
F(150, 50)	F_1(141, 52)	F_2(147, 51)

可见，通过 3 步法数据处理之后，数据精度得到很大的提高，说明本文的算法具有良好的处理性能。

5 结束语

本文讨论了在电阻式触摸屏开发应用中遇到的几个技术问题及解决方法。电阻式触摸屏的应用既有硬件接口技术问题，也有软件处理方法问题。因此，要想使电阻式触摸屏的使用取得良好效果，确保硬件稳定可靠，增强其抗干扰的能力是前提。而对于硬件上克服不了的问题，可通过软件处理的方法来解决。本文的“ 3 步法 ”解决方案切实可行，取得了较好的应用效果。

参考文献

[1] 周立功. ARM 微控制器基础与实践[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

[2] 任 哲. 嵌入式实时操作系统 uC/OS-II 原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.

[3] 周立功. ARM 嵌入式系统实验教程[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005.


~~~
~~~