

文章编号:1007-2780(2010)06-0808-04

基于张弛振荡原理的触摸感测电容设计

李兵兵, 周 烨, 黄子强

(电子科技大学 光电信息学院, 四川 成都 610054, E-mail: ice_stone1986@163.com)

摘 要: 投射电容式触摸屏的关键问题在于采用稳健可靠的感测电路并设计合适的感应层图案以及相应的触点算法来提高可靠性并降低成本。文章介绍了一种基于张弛振荡原理的电容触摸感测系统设计方案, 运用该方案测试了投射电容式触摸屏的电容值并对数据进行了分析, 为开辟单点或多点触摸算法提供依据。

关 键 词: 张弛振荡; 投射电容式; 触摸感应; 可靠

中图分类号: TP334; TN27 **文献标识码:** A

Design of Touch Sensing Capacitor Based on Relaxation Oscillation Principle

LI Bing-bing, ZHOU Ye, HUANG Zi-qiang

(Institute of Optoelectronic Information, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China, E-mail: ice_stone1986@163.com)

Abstract: For the projected-capacitive touch screen, the key issue is to improve reliability and reduce cost by a very robust and reliable sensing circuitry, appropriate sensing layer patterns and corresponding algorithms. This paper presents a design scheme of capacitive touch sensing system based on the principle of relaxation oscillation, and uses the program on the projected-capacitive touch screens to test capacitance and analyze data to provide the basis to open up a single point or multi-point touch method.

Key words: relaxation oscillations; projected-capacitive; touch sensor; reliability

1 引 言

苹果 iPhone 的横空出世让投射电容式触摸屏成为被关注的焦点, 投射电容式感应技术正在迅速成为面板操作和多媒体交互的全新应用技术。耐用、轻触就能感应和操作方便等优势, 使这种技术在非接触式操作界面上得到广泛的应用。但与此同时, 投射电容式触摸屏也暴露出了一些缺点, 如容易受环境影响而变得不稳定以及成本较高等^[1-2]。投射电容式触摸屏的关键问题在于采用非常稳健可靠的感测电路并设计合适的感应层图案以及相应的触点算法来提高可靠性并降低

成本。在电容感测方面, 各种专用 IC 的出现极大地促进和拓展了电容式触摸屏的发展, 如 Cypress 公司推出的 Capsense 触摸功能芯片、ADI 公司推出的微小电容转化数字芯片以及 Silicon Labs 公司推出的带有 Quicksense 功能模块的单片机等。但由于受相关专利的限制, 感应层图案、电容触点位置识别算法等技术成为市场新进者的障碍^[3-4]。

基于内置微控制器功能的张弛振荡电容触摸感测模块, 本文设计了一套可靠性高、成本低的电容触摸感测系统方案, 运用该方案测试了投射电容式触摸屏的电容值并对数据进行了分析, 为开

辟单点或多点触摸算法提供依据^[5]。

2 张弛振荡电容触摸感测原理

图 1 为张弛振荡原理图。采用一个标准的比较器和一些外部电阻构成一个不断充电和放电的张弛振荡器。当 CPO+ 电压大于 CPO- 电压时,比较器输出高电平,3 个 R_1 电阻分压使 CP+ 电压变为 $2/3 V_{DD}$,同时比较器输出高电平作为电源给电容开关充电。当 CPO- 电压超过 $2/3 V_{DD}$ 时,比较器输出端电压变为 0,3 个 R_1 电阻分压使 CPO+ 电压变为 $1/3 V_{DD}$,同时电容开关开始放电直到电容开关电压变为 $1/3 V_{DD}$ 。一旦电容放电电压降到 $1/3 V_{DD}$ 以下,比较器输出高电平又开始给电容开关充电。如此周期性的充电放电构成张弛振荡器,比较器输出端 CPOA 的输出波形就是张弛振荡器的输出波形,如图 2 所示。在 CPOA 连接一个计数器,通过计数器测量充放电的周期或频率间接测量电容的变化^[6]。

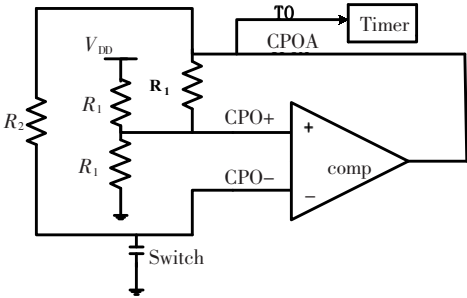


图 1 张弛振荡原理框图

Fig. 1 Block diagram of relaxation oscillation

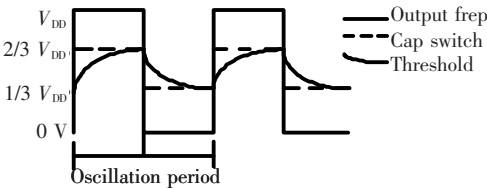


图 2 张弛振荡输出波形

Fig. 2 Output waveform of relaxation oscillation

具体测量的方式有两种:

(1)测量频率。计算固定时间内张弛振荡器的周期数,如果在固定时间内测到的周期数较原先校准的少,则此开关便被视作被按压。

(2)测量周期。在固定次数的张弛周期间计算系统时钟周期的总数,如果开关被按压,则张弛振荡器的频率会减少,在相同次数周期会测量到

更多的系统时钟周期。

3 电容测量

3.1 投射电容触摸屏设计

投射电容触摸屏在玻璃背面使用一组结构比较复杂的涂层,大多数情况下会有 3 层,两层分别用于沿 X 和 Y 轴的感测,另一层是用于屏蔽 LCD 本身产生的噪声。如图 3 所示,蓝色和红色部分即为上面两个感应层,最底层在图中没有显示。每个感应层是一组电容单元的集合,每个电容单元由菱形结构组成。上下两层电容单元垂直交叉,分别针对 X 和 Y 轴,以便确定触点位置。

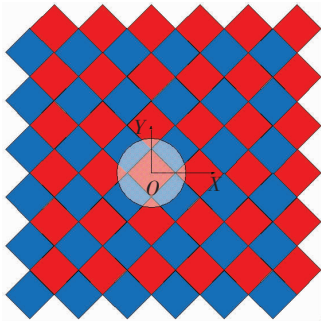


图 3 投射电容式触摸屏布局示意图

Fig. 3 Layout diagram of projected capacitive touch screen

感应层采用菱形结构,与六边形、八边形或其他结构相比,其覆盖屏幕面积最大,且规律性较强。菱形结构可对暴露在手指触摸区域下的电极表面进行优化,同时把 X、Y 电极轨迹的交叉面积降至最小。尺寸设计根据要求决定。导电物体应接触或耦合于一个以上的电容单元。密度越高,触摸的空间分辨率也就越高。在多触点计数中这是一个关键因素,尤其是在需要两根手指极为靠近地操作时。

虽然这种菱形结构的效果不错,可以获得很好的空间分辨率,但信号处理和电极图案领域技术的进步已经取得了更为先进的成果。现在已经能够让设计在同一层上结合 X 和 Y 电极,而且大多数情况下无需屏蔽层。这种能力对光学特性(每一层都会吸收和散射部分光)和更重要的成本、生产良率都有重大的影响^[7]。

3.2 实际测量数据及结果分析

在电容测试过程中,通过配置 C8051F930 相

应的引脚以及相应的功能寄存器即可实现张弛振荡测量电容的方法。由于要对所测的电容计数进行分析并得出结论,所以我们在系统中加载了串口通信发送数据到上位机显示部分。

在本系统设计中,电容单元尺寸设计为 4.95 mm×4.95 mm 的菱形结构,手指触摸区域为半径 4.95 mm 的圆。图 3 是 6×6 的电容触摸屏,半透明部分为手指触摸区域,对列电容单元(红色区域)进行电容计数测试。触摸时,手指质心从第 3 电容单元中心沿着 X 轴到第 4 电容单元中心,

每移动 0.5 mm 测量一次,记录电容计数差值,即手指触摸时电容计数值减去手指无触摸时电容计数值的差值。

在触摸屏的结构设计上有这样的规律:当手指触摸(最多覆盖两个单元)、在横向和纵向移动时,相邻电容单元被覆盖面积总和是一定的,某一电容单元减少或增加一定的面积,则相应地另一电容单元增加或减少一定的面积。覆盖面积的变化间接引起电容值的变化。

表 1 为 6 个列电容单元的电容计数差值记录

表 1 电容单元计数差值表
Table 1 Table of capacitor cell count difference

实际位置 (cm)	第一电 容单元 N_1	第二电 容单元 N_2	第三电 容单元 N_3	第四电 容单元 N_4	第五电 容单元 N_5	第六电 容单元 N_6	计算位置 (公式 1) (cm)	修正位置 (公式 2) (cm)
0	24	222	745	75	20	13	0.064 024	-0.016 19
0.05	22	146	726	140	24	13	0.113 164	0.048 615
0.10	23	139	685	144	22	13	0.121 592	0.059 729
0.15	20	64	668	288	23	14	0.210 879	0.177 477
0.20	21	63	639	305	23	14	0.226 165	0.197 636
0.25	21	31	631	368	23	14	0.257 858	0.239 431
0.30	22	29	597	506	26	17	0.321 124	0.322 864
0.35	21	31	510	523	23	16	0.354 405	0.366 752
0.40	19	23	445	604	25	17	0.403 051	0.430 904
0.45	19	23	395	636	29	17	0.431 814	0.468 836
0.50	17	21	355	654	26	17	0.453 717	0.497 721
0.55	17	21	265	671	31	18	0.501 816	0.561 152
0.60	17	21	252	690	41	20	0.512 739	0.575 557
0.65	16	21	180	726	69	27	0.560 927	0.639 105
0.70	14	17	135	742	111	24	0.592 246	0.680 408

(电容计数差值记为 $N_1 \sim N_6$)。表 1 中,尽管 6 个电容单元的电容计数都有所变化,但其中两处的电容计数差值变化最为明显。对采集的数据进行图表分析(图 4),可以看出 N_1 和 N_6 基本没什么变化, N_2 和 N_5 在两端有稍许陡峭,中间基本平稳(如果手指触摸区域较小,则两端也基本呈现不变趋势),而 N_3 随触摸位置的增加成近似线性增加,相反 N_4 成近似线性减少。

根据以上电容计数差值随触摸位置变化特征,在计算手指质心触摸位置时(如表 1 所示),采用了如下计算公式(以第三电容单元中心为原点,

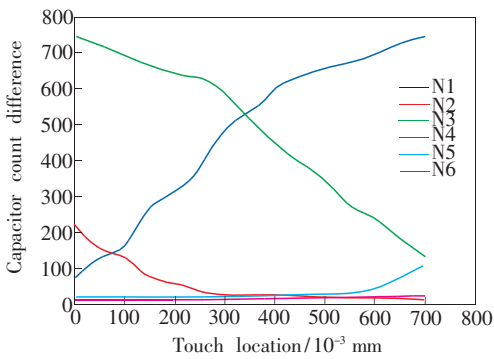


图 4 电容计数差值变化示意图
Fig. 4 Change diagram of capacitor count difference

第三电容单元中心与第四电容单元中心距离为 0.7 cm):

$$L_{\text{finger}} = \frac{N_4}{N_3 + N_4} \times 0.7 \text{ cm} \tag{1}$$

图 5 中显示的是通过计算得出的手指触摸位置与实际手指触摸位置的线性拟合曲线,采用最小二乘法对表 1 中的实际位置与计算位置两组数据进行线性拟合,实际触摸位置记为 x ,计算所得触摸位置记为 y ,线性拟合函数为 $y=a+bx$ 。对于线性拟合问题,需要求函数 $S(a,b)=\sum_{k=1}^{15}[(a+bx_k)-y_k]^2$ 的最小值点。由函数对两个变量求导数,得:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 2 \sum_{k=1}^{15} [(a+bx_k) - y_k]$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 2 \sum_{k=1}^{15} [(a+bx_k) - y_k]x_k$$

令其等于 0,得 $a=0.076\ 3,b=0.758\ 29$ 。线性拟合函数为 $y=0.076\ 3+0.758\ 29x$ 。故在计算手指触摸位置可以采用 $x=\frac{y-0.076\ 3}{0.758\ 29}$ 进行修正。即最后确定手指触摸位置计算公式为:

$$L'_{\text{finger}} = \left(\frac{N_4}{N_3 + N_4} \times 0.7 - 0.076\ 3 \right) / 0.758\ 29 \text{ cm} \tag{2}$$

4 结 论

详细阐述了一种新型的电容触摸感测方案——张弛振荡电容感测法,设计了菱形图案的投射电容触摸屏。通过对触摸屏的实际测量,分析得出电容计数差值呈现线性变化的规律,经过线性拟合得出一种简易的触点位置算法,即根据相邻电容单元间的差动电容变化确定触摸导体物体的质心位置。在触点位置算法设计上,可以根据电容计数差值对触摸屏的灵敏度、分辨率以及抗干扰等设置相应的算法调整。整个方案基于单片机控制,满足了电容触摸屏设计时需考虑低成本的要求,并且在测量电容时稳定可靠,能够精确判断触点位置。在全球触摸屏市场,投射式电容感测技术很可能取代电阻性技术成为下一代主流技术。

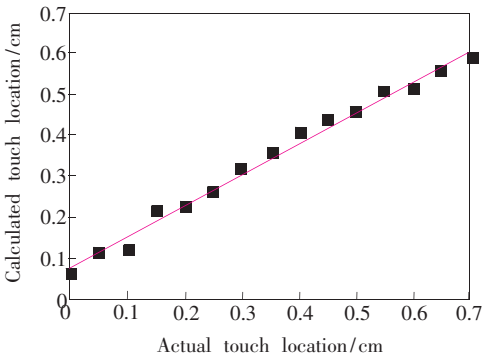


图 5 计算所得手指触摸位置与实际触摸位置线性拟合图

Fig. 5 Linear fit chart of calculated position and actual position of fingers touch

参 考 文 献:

[1] Feland J,赵立晴. 触摸未来:投射电容式触摸屏引领新市场[J]. 现代显示, 2009,(4):15-19.
[2] Hal Philipp. 触摸屏设计日益简化投射式电容触摸屏前景广阔[J]. 中国电子商情(基础电子), 2009,(9):26-29.
[3] 郑赞. 触摸屏多点触摸技术揭秘[J]. 电子产品世界, 2008,15(11):121-124.
[4] 鲁冰. 电容式触摸屏系统解决方案[J]. 电子产品世界, 2008,15(12):51-53.
[5] Philipp H. 不断发展的触摸屏技术[J]. 世界电子元器件, 2008,(4):22-26.
[6] Silicon Laboratories Inc. AN338: Capacitive touch sense solution [R/OL]. [2007-10-05]. <http://www.silabs.com/>.
[7] Seguire R, Lee M. PSoC® CapSense™ 的布局指南[R/OL]. [2007-11-26]. <http://www.cypress.com/? docID=13474>.