电容式触控技术入门及实例解析

洪锦维 编著

化学工业出版社

电容式触控技术入门及实例解析

洪锦维 编著

化学工业出版社
·北京·

图书在版编目（CIP）数据

电容式触控技术入门及实例解析 / 洪锦维编著.
北京：化学工业出版社，2012.6
ISBN 978-7-122-13894-1

Ⅰ.电… Ⅱ.洪… Ⅲ.触摸屏-研究 Ⅳ.TP334

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 058475 号

责任编辑：李军亮　　装帧设计：尹琳琳
责任校对：陈　静

出版发行：化学工业出版社（北京市东城区青年湖南街13号　邮政编码100011）
印　　刷：北京永鑫印刷有限责任公司
装　　订：三河市万龙印装有限公司
710mm×1000mm　1/16　印张13　字数172千字　　2012年7月北京第1版第1次印刷

购书咨询：010-64518888（传真：010-64519686）　　售后服务：010-64518899
网　　址：http://www.cip.com.cn
凡购买本书，如有缺损质量问题，本社销售中心负责调换。

定　　价：49.00元

前言

Forword

随着触控屏幕在MP4、手机、平板计算机、一体机等科技产品中应用的增加，触控技术进入人们的视野中并逐渐占据主要的地位。触控作为一种全新的人机交流方式，有着生动直观的操作接口且符合人体的使用习惯，能让娱乐办公变得更加的生动和放松。自从苹果推出采用电容式多手指触控面板的iPhone、iPod Touch，接着Google Phone、RIM的黑莓机都纷纷采用多手指触控面板，微软也发表支持多指触控的新操作系统Windows 7，以及苹果2010年推出的iPad，多手指触控面板的热潮将会延伸应用到中大尺寸的触控屏幕，成为消费性电子业的一股新潮流，触醒了长期沉睡的UI(用户接口)市场。

触控技术的应用范围迅速扩大，尤其是应用在手机、便携式多媒体播放器(PMP/MP3)、个人导航装置与其他应用上。同时在未来几年，触控面板在大尺寸屏幕的应用上将快速成长，如一体式计算机、迷你笔记本计算机/平板计算机与教育训练上。触摸的另一大类应用是PC，PC市场对于触摸屏的需求不断增长，2008年以来增长率超过20%，快于总体系统市场。平板触摸计算机是PC触摸革命中的主要推动者。平板触摸计算机正在提供进入PC领域的最精彩的触摸入口，但所有其他市场——上网本、笔记本、显示器和一体式计算机，都在采用触摸屏，取代的速度有增无减。因此，触摸这场革命已经正式拉开序幕，我们早已用习惯的一些计算机外设，如鼠标可能很快会退役。消费者对触摸功能的期望，将很快地从简单的两指解决方案向十指甚至更多手指的方案发展，他们要求更好的触觉回馈和手写识别功能。由于汉字输入经常使用手写，因此，亚太地区适应触摸技术非常早。从整个世界的情况来看，推动触摸技术发展的主要是高端智能手机和功能手机。然而，在亚洲，与在西欧和美国的销售情况相比，智慧手机所占的百分比则相对较低。尽管用户通常欢迎触摸体验，但价格仍是广泛采用触摸式手机的制约因素，特别是在新兴市场。

触控技术的种类相当多，电容式触摸传感技术(按键、滑动条和

触摸屏）越来越多地应用于便携式电子产品（例如手机、电子书、多媒体播放器、个人导航设备和数码相机）、IP电话（VoIP）、大型家用电器（白色家电）、个人医疗设备和安全产品（例如门禁）。这使得用户能够轻松使用这些产品。触摸式人机接口正朝着具有更高灵敏度显示接口的方向发展。投射式电容技术已经成功地吸引众多厂商的投入。在2010年时就已有数十家供货商提供投射式电容面板，约是2009年总数的两倍之多。预计投射式电容式触控面板出货金额将超越电阻式面板，成为触控式面板的主要技术。

功能强大的解决方案将成为这种增长的主力军，推动功能性的迅速扩张，并成为这个多样化市场的基础。对于芯片设计厂商，最大的问题在于产业链的整合，需要与ITO Sensor厂、模块厂及方案设计公司等协同起来做出用户认可的产品。瀚瑞微电子有限公司（PIXCIR）整合先进技术，设计开发了Tango系列电容式触控芯片，技术全球领先，是非常专业的IC设计和提供模块化解决方案的公司，在技术不断创新的当下，笔者整合PIXCIR最先进的技术，而编写了本书。本书介绍了触控技术的概况，重点讲解了基于投射电容式触控IC技术核心、设计原理和方法，测量和算法，Layout解析，以及最新应用实例和未来发展趋势。笔者希望通过本书能使读者对现有触控技术和发展方向有一个总体了解；其次，希望读者从专业技术角度对投射电容式触控IC的设计原理和方法有深入的了解，同时通过最新实例了解其软硬件测试与调试的基本方法；最后，笔者亦希望与读者共同探讨触控IC的发展和趋势。本书可供相关领域的工程技术人员学习使用，也适合作为大专院校师生的教学参考书。

本书主要由洪锦维编著，同时参与本书编写工作的还有杜小雷、蒋晓杰、张开立、杨坤、杨英桔、杨君、陈少君、丁志彧、陈奇、殷有军、胡振华、朱建峰、夏翔、黄东达、余赐贤、翁雅赫、滕莹等。

由于触控技术的发展不断的精进，以本书所能涵盖的广度与深度，难免有疏漏和不妥之处，敬请读者批评指正。

编著者

目录

Contents

第1章

触控概论

1.1 了解触控

人机接口（Human-Machine-Interface）不断优化过程逐渐成为科学家们努力精进的热门议题。以我们最为熟悉的3C（Computer, Communication, Consumer）产品发展来看，从最早期是利用键盘（Keyboard）、鼠标（Mouse）、按键式（Button）输入等接口来与产品装置沟通（图1-1）；直到最近几年，苹果公司推出iPhone、iPad搭载触控屏幕，广为大众所喜爱，触控式（Touch）的接口操作已形成全球性风潮。

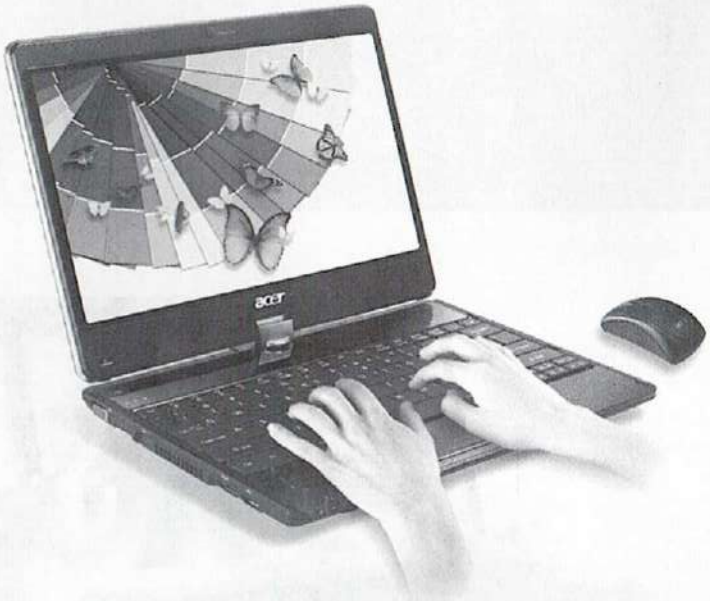


图1-1　人机操作

触控技术即不通过按键而是直接用手指或笔接触设备的屏幕功能图标进行操作（图1-2）。这种技术采用人类手指去接触产品屏幕，用户只需轻拨、点划等人类最直觉式动作来与产品装置沟通而获得前所未有的全新使用体验，促成这种令全球消费者感动无比的优异人机接口，从而推动触控技术快速商品化。

目前触控技术有十余种，各种触控技术有其特殊应用环境与发展，应用较多的为五种：如电阻式、电容式、电磁式、电感式、光学式等。电容式触控利用手指所带有的静电感应来与机器建立沟通，相对于过去占最大市占率的电阻式触控来比，具有可靠性高、反应速度快等多项优点的电容式触控已后来居上，成为业界显学。

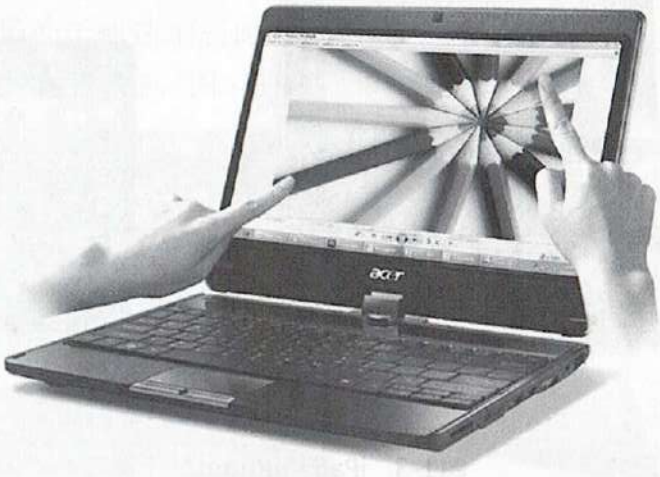


图1-2 触控技术应用

1.1.1 触控技术的起源

触控技术的起源来自美国在1971年SamHurst研究,他为了解决处理图形数据,发明了第一个触控传感器，这个发明后来被称之为“AccuTouch”，并被大家认为是触控技术的开端。而触控技术真正全面的应用是因为SamHurst与国际公司Siemens强强合作开发，并通过技术攻坚触控将技术不断完善，在1982年时全面推广普及。

1.1.2 触控技术的发展

之前的手机触控屏采用简单的电阻式触控技术，通过指压一次只能感知某一特定位置的触控。经过触控技术的推广和优化，苹果公司在iPhone上首先采用了“多点触控”技术，被称之为电容式触控技术，该技术通过结合配套软件，可以实现同时处理多指命令，使触控

技术整个又推上了新的台阶，如图1-3所示。

图1-3　iPad和iPhone

当然在技术日增月进的科技时代，触摸技术会发展的越来越人性化，譬如触摸式按键（touch key）、触摸式滚动条（touch-slider）等，真正体现“人机和谐”的境界，如图1-4所示。

图1-4　人机和谐一体应用

1.1.3 触控技术的应用

触控技术在早期以大型工业设备、家电等采用较多，真正走入大众生活却源于2007年苹果iPod Touch的诞生。也正式因为iPad的诞生，使得触摸功能全面侵入手机、NB、MP3、MP4等消费性电子产品的热门接口，开始蓬勃发展起来。直至今天21世纪科技化的时代,触摸市场处于快速增长时期，触摸功能已经成为了电子类消费品必备功能，如图1-5、图1-6所示。

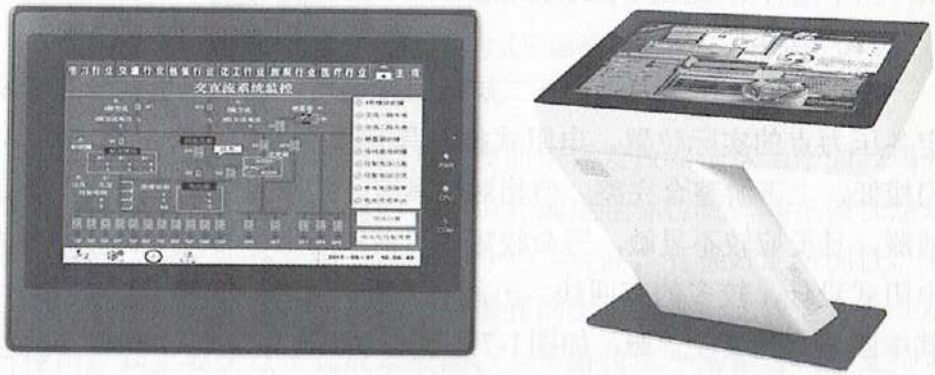


图1-5 工业设备触摸应用

图1-6 PIXCIR方案产品

1.2 触控技术的分类

随着消费类电子的日渐普及，触控技术从而得到了大力研发，目前市场上的触控技术种类繁多，其中使用较广泛的大致可分为以下几种：电阻式、表面电容式、表面声波式、振波感应式、红外线式及投射电容式等十余种触控技术。针对以上所列举的触控技术分类各有千秋，以下是针对触控技术的原理进行简单的分析与效果比较：

（1）电阻式

透过手指触摸压力将上下二层电阻接通后，以电阻值的分布来决定各压力点的实际位置。电阻式技术具有较明显的优势：原理简单，门槛低，上下游整合完整。但相对也具有一些缺点：无法进行多手指侦测，且反应较不灵敏，寿命较短。目前市场上手写式手机屏幕多为电阻式设计，较多的有四线、五线、六线、七线、八线式各种组合，其中四线及五线较普遍，如图1-7所示。

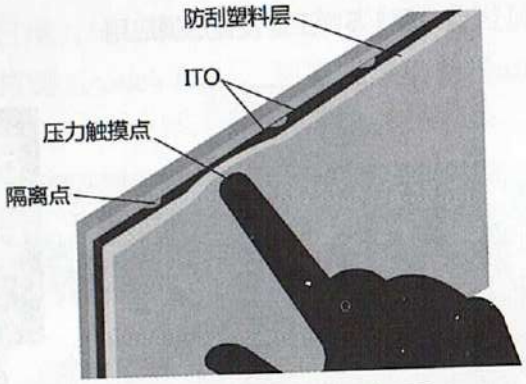


图1-7　电阻式原理解析图

（2）表面电容式。

其原理与电阻式较相似，差别主要为表面电容式使用电容值来计算并决定触摸位置。表面电容式优点：中大尺寸应用、感应较电阻式灵敏，技术门槛低，但同样具有一些缺点，无法进行多手指侦测，如图1-8所示。

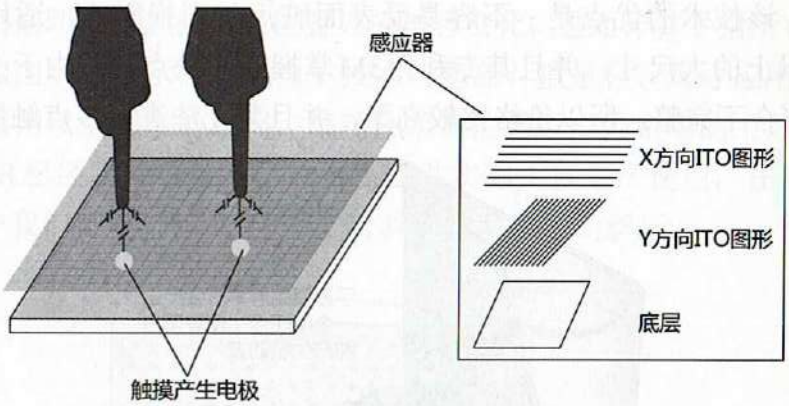


图1-8　表面电容式原理解析图

（3）表面声波式

手指触摸屏幕时即将原沿介质表面传播发放器传送至平面玻璃并均匀分布的表面声波产生遮断，并由此确定坐标位置。其主要优点是不受温度、湿度等环境因素影响，分辨率极高，有极好的防刮性，使用寿命长，透光率高，能保持清晰透亮的图像质量，比较适合公共场所使用。其主要缺点是其成本较高、上下游技术不易整合、不支持多点侦测，如图1-9所示。

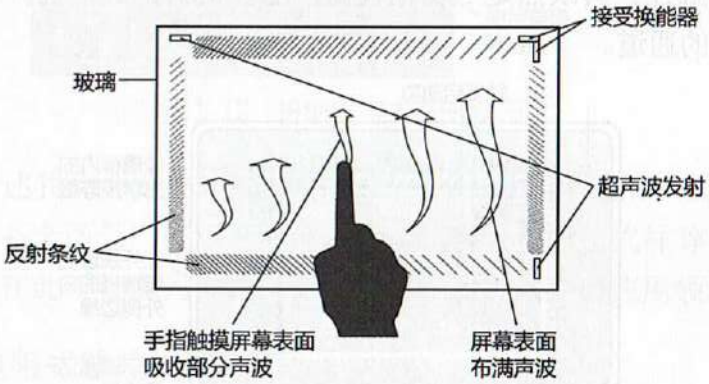


图1-9　表面声波式原理解析图

（4）振波感应式

手指在强化玻璃基座上触摸，从而使玻璃内部之振动波传导给分布在四个角落之感应及控制器，决定并计算触摸坐标位置，如图1-10

所示。该技术的优点是：不容易受表面脏污与刮损影响，适用于在32寸以上的大尺寸，并且其专利为3M掌握。其缺点是：由于上下游产业整合不完整，所以价格比较高昂，并且其无法进行多点触控。

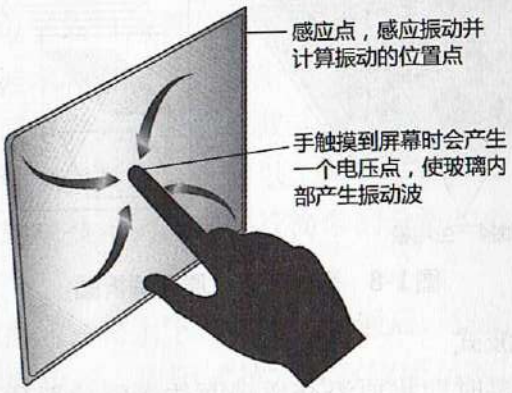


图1-10　振波感应式原理解析图

（5）红外线式

手指触摸在屏幕的某一位置时，手指将原以红外线的方式发射与接收而构成的*X*、*Y*矩阵形式的红外线波进行阻隔，即可计算出接触物（如手指等）的位置，如图1-11所示。其优点是：可应用大尺寸、可支持多点触控。其缺点是：功耗较高，配套机构部分需提升后才能成为红外线的通道。

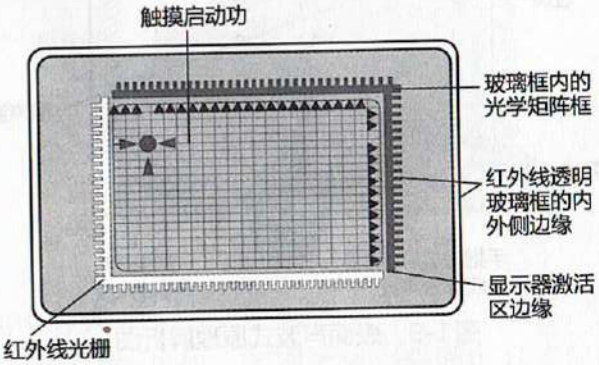


图1-11　红外线式原理解析图

（6）投射电容式

苹果计算机iPhone的应用技术，其原理为手指触摸时透过对*X*、*Y*

轴之扫描即可侦测在触碰位置处的电容变化，进而计算手指所在坐标值，如图1-12所示。其优点：技术门槛高、重量轻、尺寸应用广等。正是因为以上列举的原因，该项技术目前已经成为市场的主导技术。PIXCIR已经掌握该项技术的核心，并实际大量量产使用，在后面的介绍中我们可以看到关于PIXCIR真实方案的生动解析。

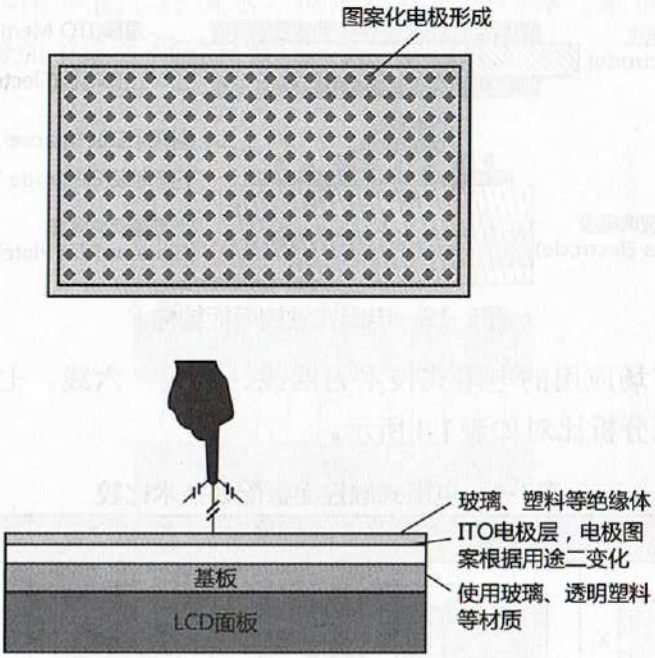


图1-12　投射电容式原理解析图

除上述我们介绍的触摸技术之外，目前市场上还有一些已成型，但还未具备全面量产使用性的技术，如超音波、电池式样等。由于篇幅所限，在此不详细列举，以下介绍各触控技术主要应用领域。

1.2.1　电阻式触控技术介绍

电阻式触摸屏主要应用在LCD模块中，主要采用四线、五线、六线、七线或八线来产生屏幕偏置电压，在此同时读取触摸点的电压。因此电阻式触摸屏即为一种传感器，它就是通过矩形区域中触摸点（X，Y）的物理坐标转换成对应坐标电压值。电阻式触摸屏基

本为薄膜加上玻璃结构，并且在薄膜和玻璃相邻的一面涂上具有很好的导电性和透明性的ITO（纳米铟锡金属氧化物），具体示意如图1-13所示。

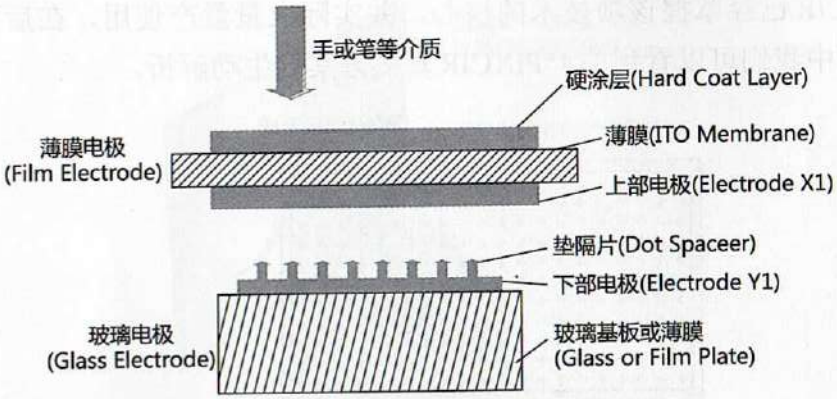


图1-13　电阻式触控面板结构

目前市场应用的电阻式技术为四线、五线、六线、七线或八线，其技术特征分析比对如表1-1所示。

表1-1　电阻式触控面板配线技术比较

	四线式	五线式	六线式	七线式	八线式
上部电极	X_1 X_2				X_1 X_3 X_2 X_4
下部电极	Y_1 Y_2	Y_1 X_1 X_2 Y_2	Y_1 X_1 X_2 Y_2		Y_1 Y_2 Y_3 Y_4
特征	1. 为最一般的配线方式，不受专利权限制 2. 产品不耐刮、寿命较短 3. 价格最低	改良四线式不耐刮的缺点	除耐刮外，更增加防电磁波及噪声功能	耐刮、精准度较高	耐湿度及环境温度变化，适合工业用途

1.2.2 电容式触控技术介绍

电容式触摸屏是在玻璃表面贴上一层透明的特殊金属导电物质，当有导电物体（手指）触碰时，人体的电流感应会进行工作，将表面触电处的表面电容改变，因此可以计测出触摸点的位置。其结构如图1-14～图1-18所示。但是不导电的物体（戴手套的手指）触摸时，增加了绝缘介质导致屏幕没有反应。

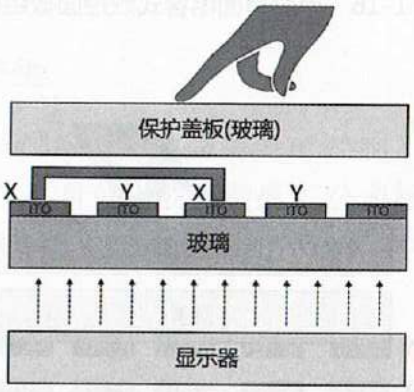


图1-14 ITO面向上电容式触控面板结构

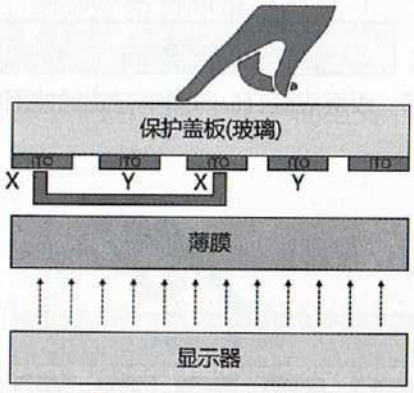


图1-15 ITO面向下电容式触控面板结构

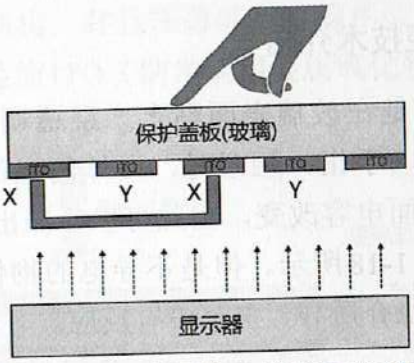


图1-16　单层单面电容式触控面板结构

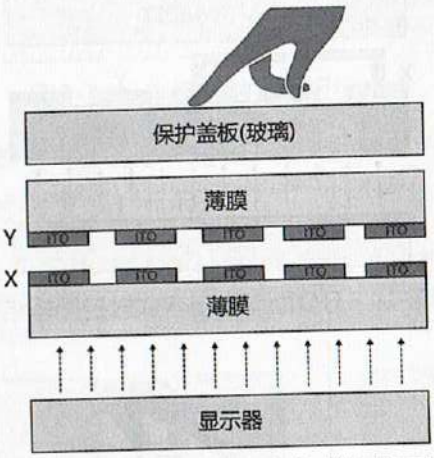


图1-17　双层双面ITO薄膜电容式触控面板结构

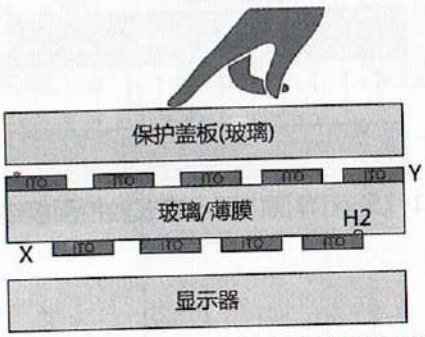


图1-18　单层双面ITO电容式触控面板结构

1.3 触控IC

触控产业其实发展的时间历程还是比较短暂的，一直到苹果公司iPhone的多手指应用出现才将整个产业链引爆，通过人机接口的互换与交融，得到了市场消费者的肯定，可以用“集万千宠爱于一身”来形容。尤其是投射电容式面板，由于其可以实现多指应用，更加是市场的佼佼者。

1.3.1 触控IC的产生

由于触摸面板其感应控制电路需要IC控制、处理多指命令，从而促使触控IC的产生。目前主要的触摸IC公司相继如下，如阿特梅尔（ATMEL）、赛普拉斯（CYPRESS）及瀚瑞（PIXCIR）等。

1.3.2 触控IC的技术发展

投射电容式触控IC的技术门槛限定了完全独立掌握该项技术的数量，其主要高门槛表现在以下几个方面：

① 抗噪声处理（含突发性等严重干扰）；

② 克服环境干扰因素，厨房、卫生间之油、污，人体汗水等；

③ 灵敏度的最适化调整，机构保护面之厚度可能使反应灵敏度受影响；

④ 分辨率问题等。

以上的难点若无长期实战量产经验累积是无法提供稳定的解决方案的，目前PIXCIR借用外脑，将设置壁垒的国外先进技术引进，同时培育本土设计团队迅速掌握国外先进技术，提高自身自主创新和研发能力，并将以自主创新技术领先带动亚洲触控芯片行业。

1.3.3 触控技术的主流

各种电容式触摸屏产品在苹果公司推出的iPhone后，由于提供

友好的人机接口、流畅操作性，因此纷纷面世，而且随着工艺进步和批量化生产，它的成本不断下降，开始显现逐步取代电阻式触摸屏的趋势。以下两张表是针对各种触控技术应用的对比。

表1-2　触控面板主要应用

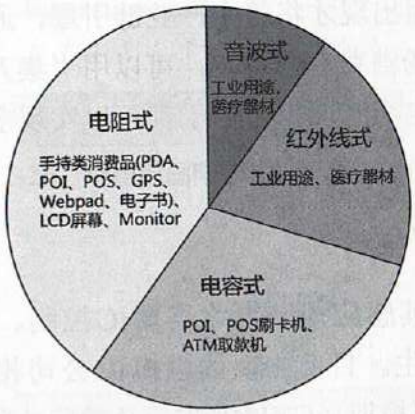


表1-3　主要针对各式面板特性做基本之比较

	触控介质	适合尺寸	多指触控	防水性	耐久性	穿透率
电阻式	手指、笔	＜26″	×	√	＜200万次	78%～85%
表面电容式	手、带电物	无限制	×	√	＞1000万次	约90%
红外线	手、软性性质	＞17″	√	×	＞1000万次	100%
超声波	手	8～32″	×	×	＞1000万次	×
投射电容式	手、带电物	＜10″	√	√	＞1000万次	×
电池式	电磁笔	无限制	×	√	＜2000万次	×

通过以表1-2及表1-3对比，我们可以就触控面板技术以及应用得到以下结论：由于成本较低，目前市场中大尺寸仍以电阻式面板为主，但因其功能有限不能满足多指甚至无限指需求等高标准特性，在未来的产品中投射电容式面板之比重将持续增加，甚至全面取代目前市场中以电阻式为主的小尺寸或可携式产品。

以下为PIXCIR关于投射式电容触摸芯片的设计解析与应用说明。

1.3.4 触控技术的瓶颈剖析

通过对市场上同类产品的分析和比较，我们发现其他触控芯片设计业者通常会碰到下列问题，而PIXCIR采用低压制程，并运用其强大的数学功底避免了下列问题的发生，下面我们来具体分析一下各种问题。

（1）Floating 问题

若在以下特殊环境下使用，如铺设绝缘地毯的室内、木质桌椅上使用触控设备会产生画线断线不连续等现象，如图1-19所示。

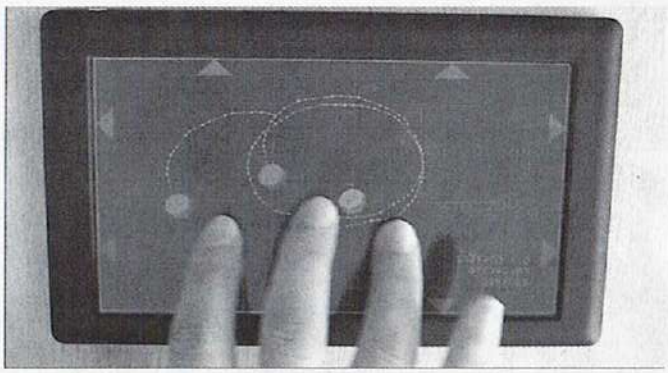


图1-19 在木质桌子上实验，无名指轨迹消失（非PIXCIR产品）

原因：对于多指使用过程中如图1-20(b)所示，若无可靠GND放电回路，手指间信号会发生相互干扰影响使用。

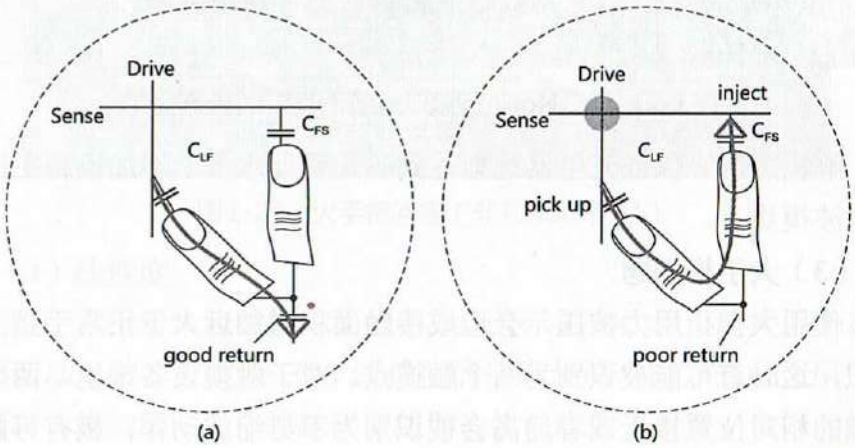


图1-20 GND回路示意图

解决方法：

① 设备机壳采用金属设计如（iPhone 系列的外围不锈钢圈），保证手持时人体与大地相连接通放电回路；

② 内部增加裸露GND金属面积，使用电磁辐射方式释放多余电荷。

（2）AC Noise

连接充电器过程时，由于AC～DC转化过程滤波不完全，会引入纹波干扰。大于100mV的纹波就会造成触摸芯片失效。如图1-21所示实际连接充电接口后，实际为双指画线但是被错误识别为多个位置。

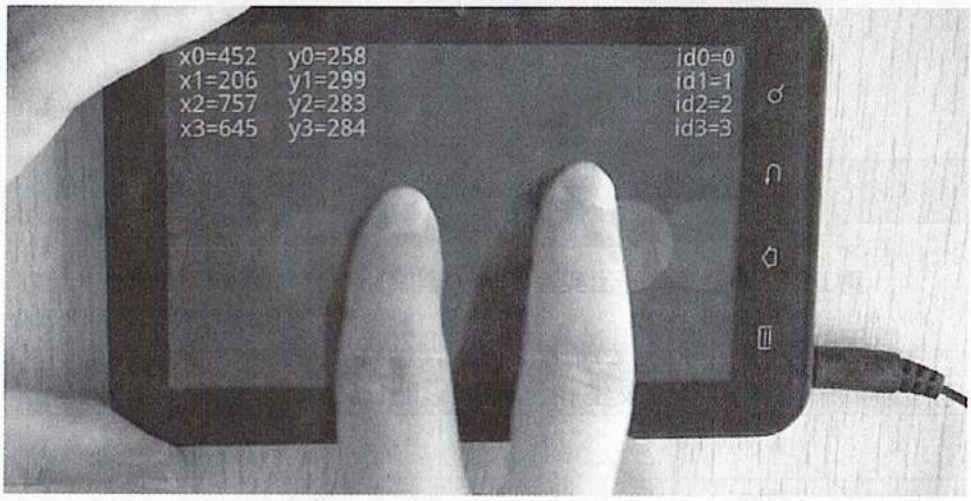


图1-21 AC Noise问题示意图（非PIXCIR产品）

解决方法：保证充电器选型达到芯片设计水平；增加设备主板内部滤波模块。

（3）大手指问题

使用大拇指用力按压，会造成接触面积增加远大于正常手指接触面积，这时有可能被识别为两个触摸点。对于触摸设备来说，两个触摸点的相对位置接近或者远离会被识别为手势缩放动作，极有可能造成设备的误动作，如图1-22所示。

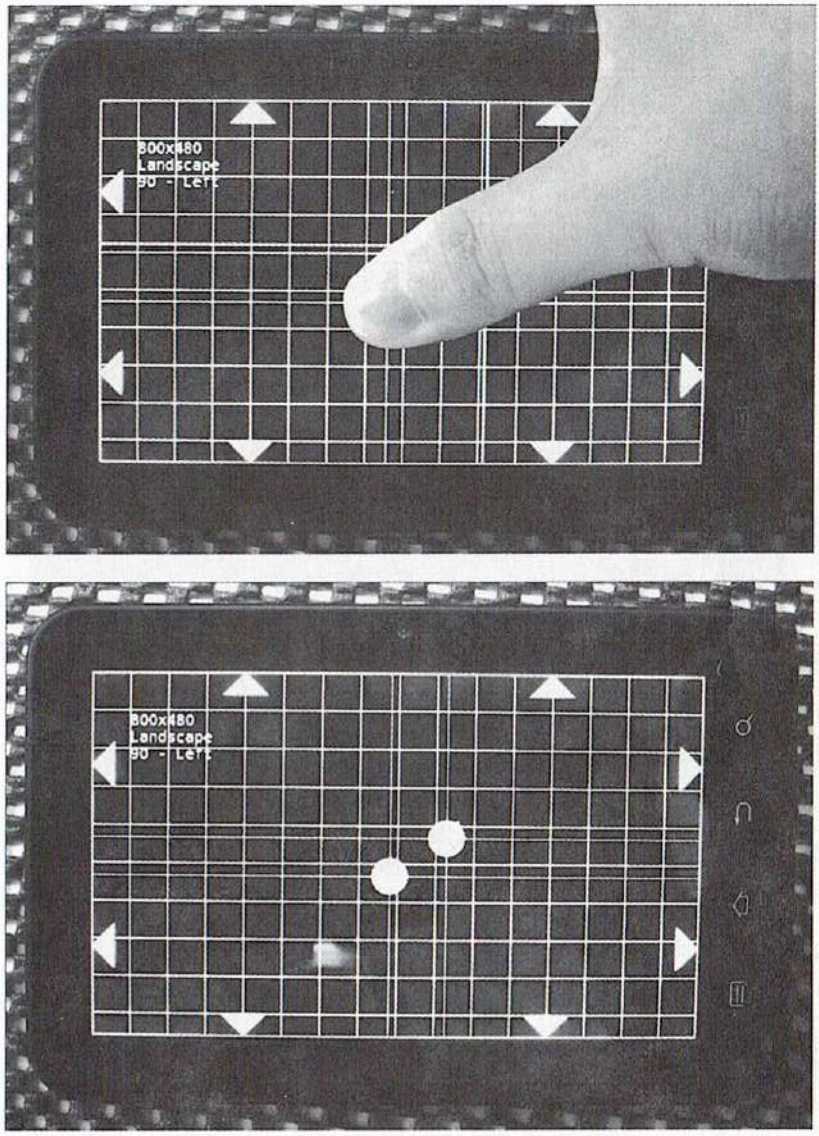


图1-22　大手指问题（非PIXCIR产品）

（4）线性度

对于单指对角线画线，我们希望所显示的曲线尽可能接近于真实手指运动轨迹（直线）。对于线性度的检查最简易的方式是使用手指慢速对角线画线，如产生蛇形曲线即为线性度效果不佳；良好的线性度曲线应为笔直，报点率均匀的直线，如图1-23所示。

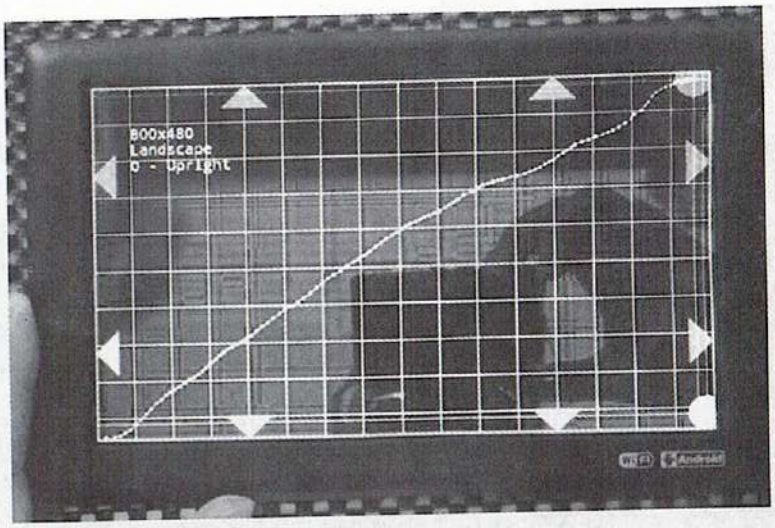


图1-23　线性度不良（非PIXCIR产品）

（5）形变错误报点

由于产品组装过程或者使用过程中，Touch panel发生受力形变、或者由于设备内部金属机构位移会造成sensor 对地电容发生变化产生错误报点。

（6）手指分离

某些应用程序会需要使用者两指在间距很小的情况下画线，这是对触控芯片识别手指能力的极大考验。

对于此项功能的测试有两点：

① 手指的大小：较为纤细的女性手指较难捕捉，如图1-24所示。

② 间距：间距越小越难区别两只轨迹，如图1-24所示。

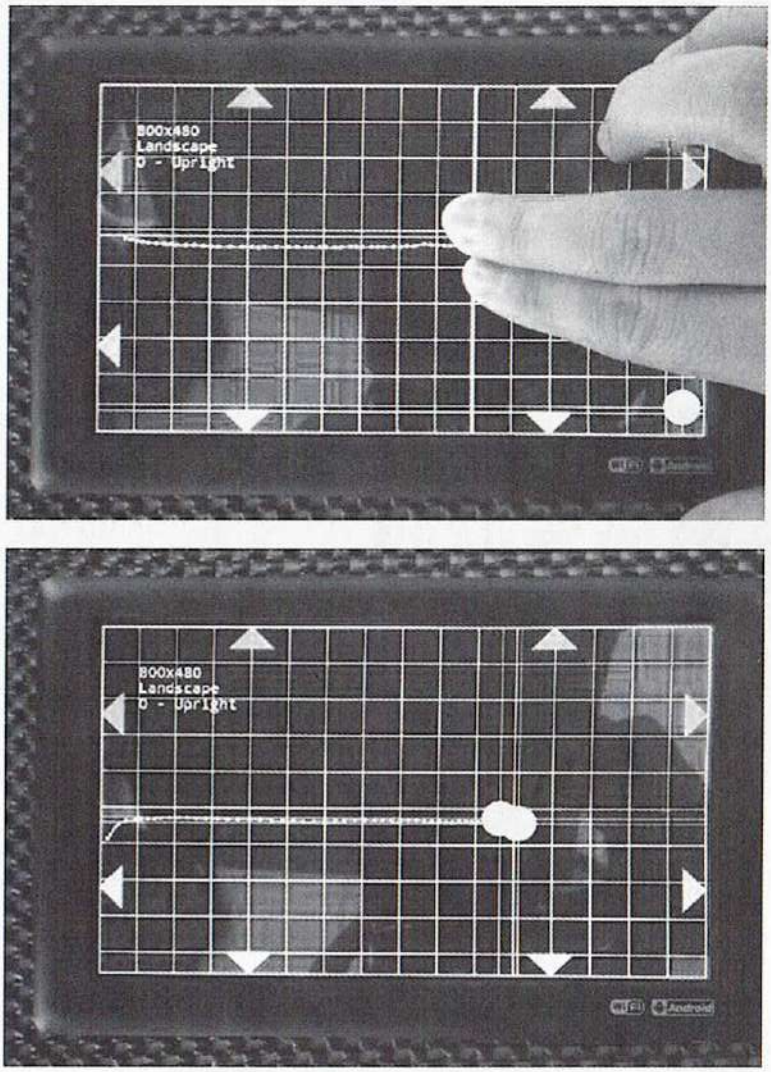
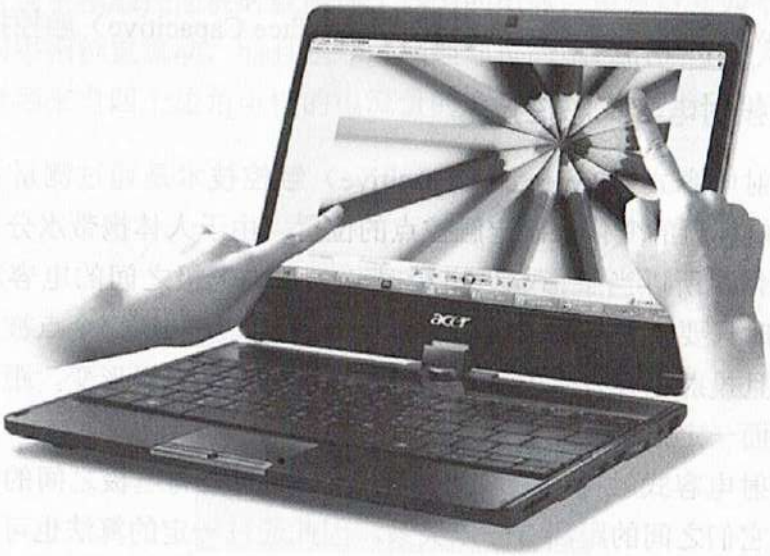


图1-24　手指分离现象（非PIXCIR产品）

NOTE

第2章

电容式触控芯片设计原理解析



电容式触控模块一般是由触控面板与控制器构成，触控面板可以是ITO导电玻璃或是PCB板等一类铺有电极的面板而控制器就是指电容式触控芯片。

电容式触控面板分为投射电容式（Projected Capacitive）面板和表面电容式（Surface Capacitive）面板，不同类型的触控面板应配合相应类型的触控芯片。电容式触控芯片就是通过侦测相应位置的电容量来判断是否有手指或其他导电物体正在触碰面板，因而触控芯片在触控模块中属于核心组件。

首先我们先了解一下两种不同类型的电容式触控面板的结构和原理，然后就常见的投射式电容触控芯片的设计方法作简要的介绍。

2.1 电容式触控技术的分类

由于电容式触控技术相对于电阻式触控技术有诸多优点，因此电容式触控技术目前在各类电子产品上得到了更广泛的应用。根据侦测电容原理的不同，电容式触控技术又可以分为投射电容式（Projected Capacitive）触控技术和表面电容式（Surface Capacitive）触控技术。

2.1.1 投射电容式触控技术

投射电容式（Projected Capacitive）触控技术是通过测量各电极之间的电容量的变化来确定触控点的位置。由于人体携带水分，也属于良导体，所以当手指靠近电极时，手指与电极之间的电容就会增加，此时只要侦测出哪条线的静电容量变大，就知道哪个点被手指触碰，而且投射电容方式不须类似电阻触控方式的电极形变，距离触控面板表面一定距离也能够感测。

投射电容式触控的原理如图2-1所示，手指与电极之间的电容量也会与它们之间的距离有一定关系，因此通过一定的算法也可以将手指与电极间的距离通过电容量的变化展示出来。

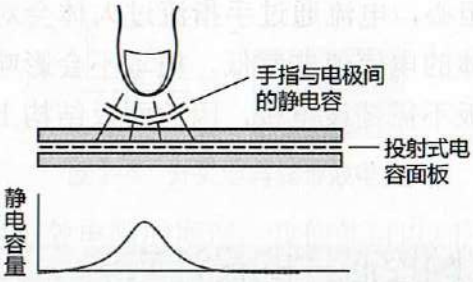


图2-1　投射电容式触控原理

2.1.2　表面电容式触控技术

表面电容式（Surface Capacitive）触控技术与投射电容式触控技术都是感测静电容量的变化。若将投射电容式视为四线阻抗膜方式，表面电容方式就等于五线阻抗膜方式，其中第五线就是人体。

表面电容式的面板如图2-2所示,主要是由透明导电膜与四个电极构成。面板正常工作时对四个边角的电极施加相同的电压，面板整体就会形成均匀电界，由于全部都是同电位，所以此时电流是不会流动的。当手指触控面板时就破坏了均匀的电界，电流就从四个边角的电极向手指位置流动，而且越靠近触控部位的电极电流值越大，此时只要量测来自四个边角电极的电流量的比例，就可以判断手指所在的位置。

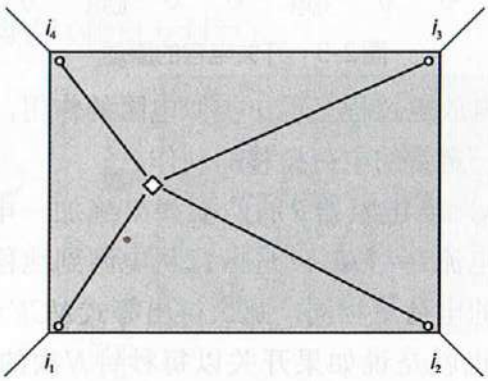


图2-2　表面电容式触控原理

或许有人会担心，电流通过手指流过人体会对人本身造成伤害吗？其实流过人体的电流值非常低，根本不会影响人体。此外，表面电容方式的面板不需铺设电极，因此面板结构上相当简单，减少了成本。

2.2 电容式触控芯片的设计方法

电容式触控IC的作用从根本上说就是通过一定的电路结构量测出相应的电容量，因此如何能够精确地测量电容值成为电容式触控IC设计的关键。下面将介绍几种在电容式触控IC设计中常用的方法。

2.2.1 开关电容法（Switched Capacitor Method）

开关电容方式的原理如图2-3所示，首先将电容器与开关切换器连接，并使开关切换器按照一定频率进行开关。当电源与电容相通时会将$Q=CV$的电荷储存在容量C的电容器中，当电容与地相通时会将储存的电荷全部释放。反复使电容器充电放电时，电荷就会不断由电源移动到地。假设1s充电放电N次，就会有$Q=NCV$的电荷完成移动。

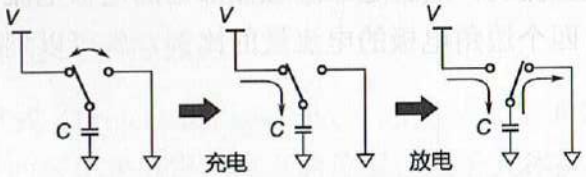


图2-3 开关电容的原理

因此上述充电放电过程呈现出类似电阻的作用，它们都是完成了在一定时间内将一定量的电荷搬移的动作。

如图2-4所示，当电阻器R的两端如果施加一电压V，根据欧姆定律流动电阻的电流$I=V/R$。I是指1s从电源到地移动的电荷量。如果两种方式移动的电荷量相同，那么得出等式$NCV=V/R$，从而可以得到$NC=1/R$。也就是说如果开关以每秒钟N次的速度进行切换那就相当于电路中连接了一个阻值为$1/NC$电阻器。

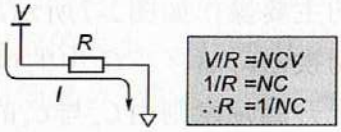


图2-4　开关电容器等效电阻

通过开关电容等效电阻的原理，我们就可以利用开关电容等效电阻在电路中分压从而通过计算电压值的大小来确定电容的变化。如图2-5所示就是一种利用开关电容原理实现触控侦测的一种电路结构。

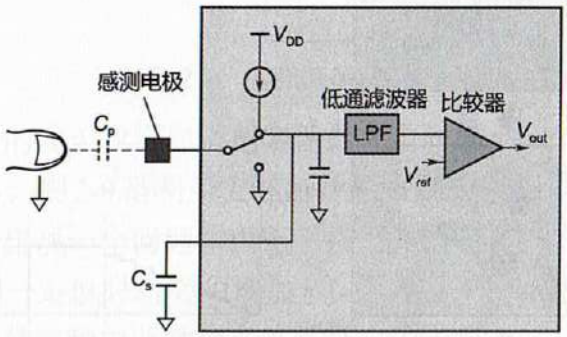


图2-5　开关电容的电路结构

当手指靠近感应电极时C变大，因此图2-5中的V_{out}就会变小。所以通过侦测V_{out}的变化就会推算出感应电容的变化。

2.2.2　充电转换法（Charge Transfer Method）

充电转换方法的基本结构如图2-6所示，主要是由开关切换器、比较器与电容器构成（摘自专利网）。

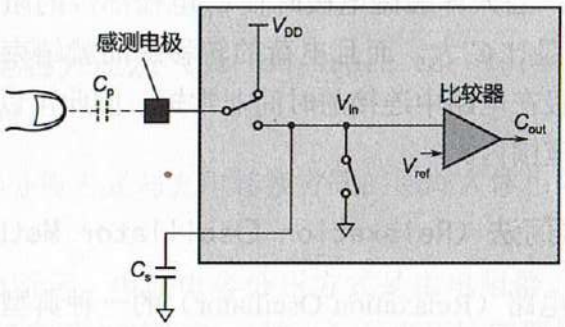


图2-6　充电转换方式的电路结构

充电转换器方式的主要操作如图2-7所示，首先连接V_{DD}与感应电极，接着转换开关切换器，储存在C_p中的电荷会移动到C_s中，同时C_s的电压会上升，上升的幅度则由C_p与C_s的容量比决定，此时只要通过计算超过一定电压所需要的时间就可推算出C_p的值。测量结束后通过开关切换器使C_p和C_s放电回到初始化状态。

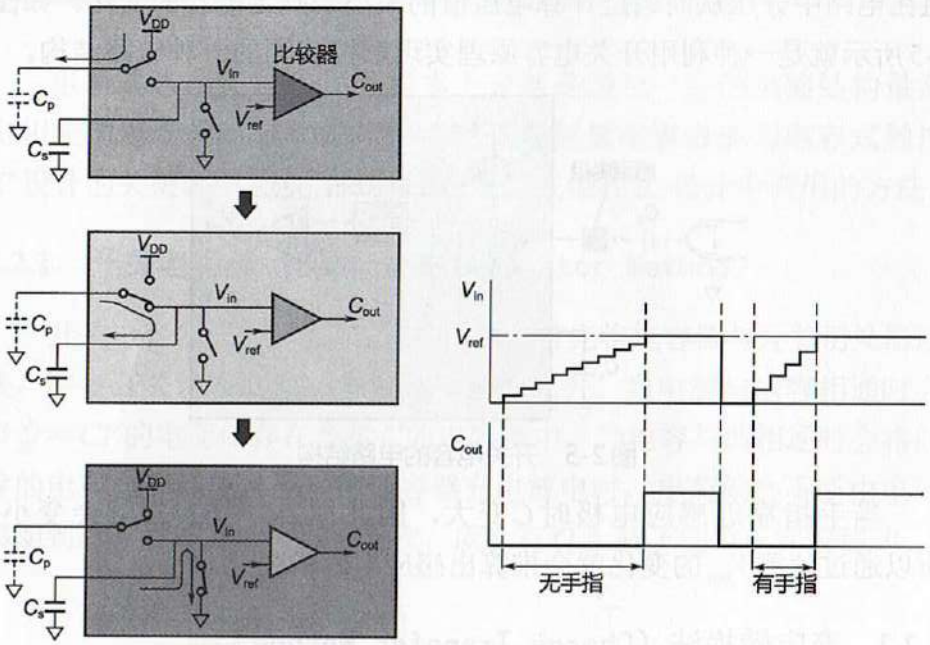


图2-7 充电转换器法的原理

C_p充电阶段由于电极直接与电源相联，因此阻抗较低，但由于人体存在电阻，当人体触碰电极时使C_p电极部位的阻抗会变高，不过由于C_p的容量比C_s大，而且电荷的转移瞬间就结束，所以容易受噪声影响的电极在电路中连接的时间非常短，因此可以将噪声的影响抑制在很小的范围内。

2.2.3 弛张振荡法（Relaxation Oscillator Method）

弛张振荡电路（Relaxation Oscillator）的一种典型应用就是测量电容值。如图2-8所示，弛张振荡电路通过电阻给电容器充电。充电

时间主要是由电阻R和电容C决定。因此通过计算电容器的充电时间就可以计算出被充电电容的大小。当手指触控面板时，电容器的容量就会变大，所以充电时间就会变长。

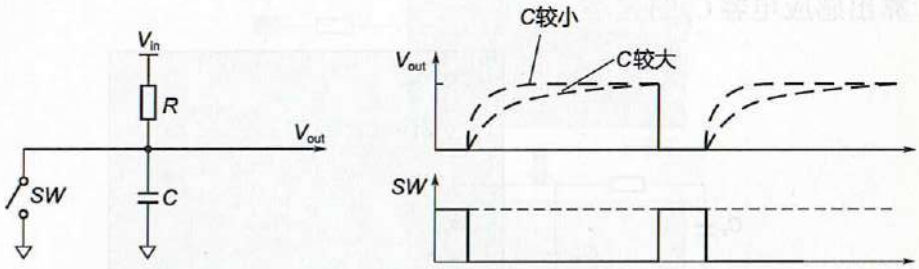


图2-8　弛张振荡法原理

通过电路的知识我们知道电容器的充电时间$t \approx RC$，因此在计算上是相当容易。图2-9是利用上述特性构成的弛张振荡电路。仔细分析这种电路会出现一个问题，由于手指之间的容量很小，如果要求充电时间要达到一定值时就必须增加R，然而这样就会造成触控点阻抗的增加，从而使这种电路结构容易受噪声的影响。

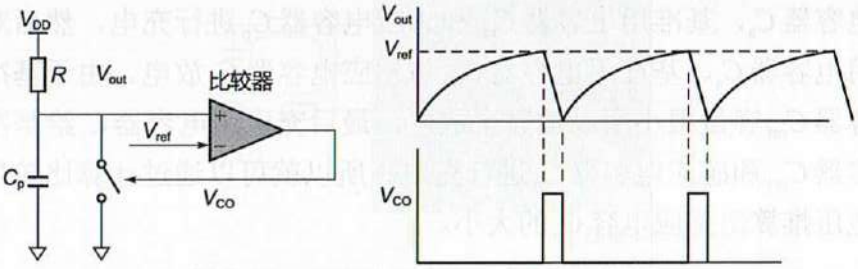


图2-9　弛张振荡电路的基本结构

2.2.4　串联电容分压法（Series Capacitor Voltage Division Method）

串联电容分压方式与充电转换方式的原理大体相同，都是利用电荷的转移特性。

如图2-10所示，串联电容分压方式是由电阻器、充电用电容器C_s（较大）、基准用电容器C_{ref}（较小）及电压比较器构成。基准用电

容器C_{ref}与感应电极的感应电容C_p串联，此种方法就是利用模拟开关使电容C_s充电和放电，由于手指的触碰改变了C_p的大小从而改变了C_s的放电时间，通过测量电压降至一定电压时所需要的时间就可以计算出感应电容C_p的大小。

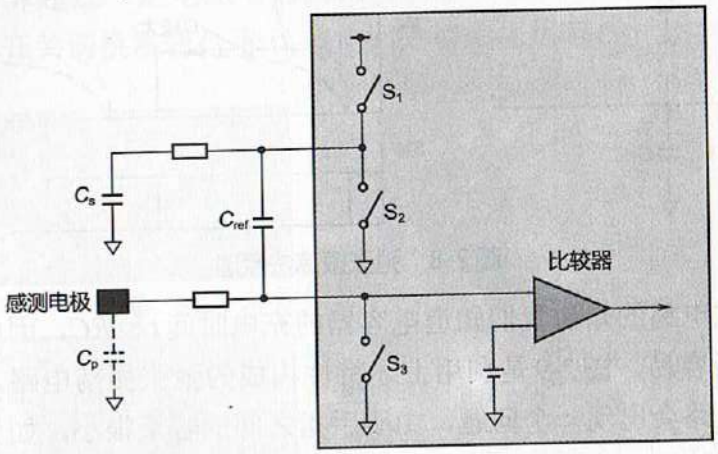


图2-10　串联电容分压方式的电路结构

串联电容分压方式的主要操作步骤如图2-11所示，首先对充电用电容器C_s，基准用电容器C_{ref}和感应电容器C_p进行充电，然后对充电用电容器C_s、基准用电容器C_{ref}与感应电容器C_p放电。由于基准用电容器C_{ref}容量很小所以被完全放电，最后充电用电容器C_s给基准用电容器C_{ref}和感应电容器C_p进行充电。所以就可以通过计算比较器输出电压推算出感应电容C_p的大小。

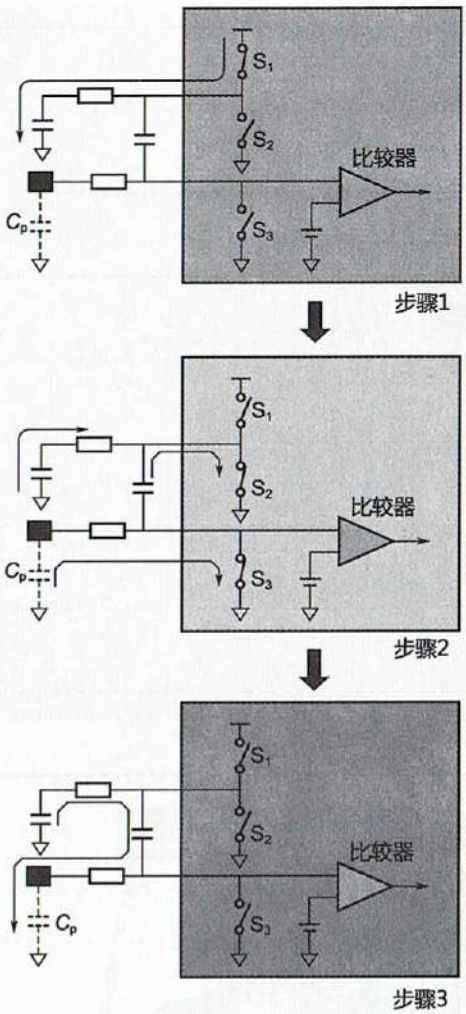
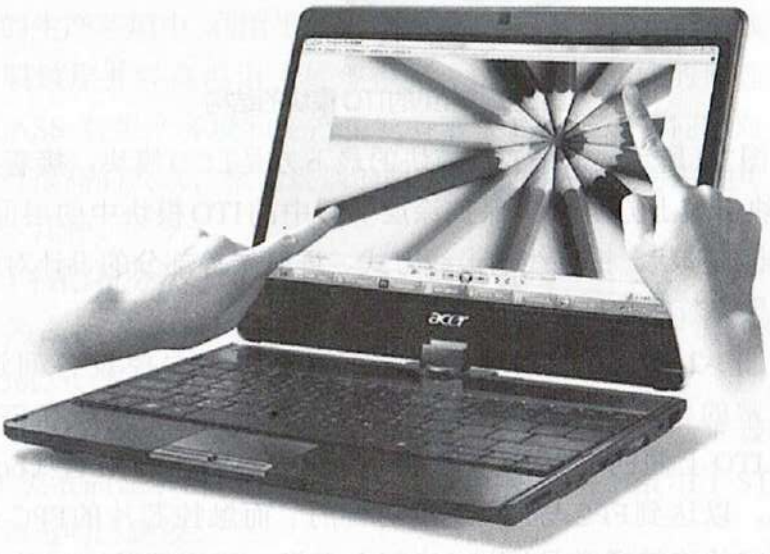


图2-11　串联电容分压方式的操作步骤

NOTE

第3章

触控模块的版图设计



3.1 ITO模块介绍

电容式触控传感器是以ITO透明导电玻璃或者ITO透明导电薄膜为基材在其上面蚀刻出特定图形的电极，然后在电极上面加上电压，再通过触控IC采集信号，进行数据处理的；而ITO模块中每个细节的设计都是非常关键的。下面以图3-1为例讲一下常见的ITO模块的结构：

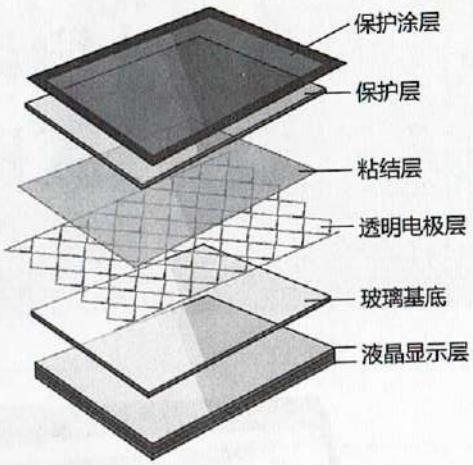


图3-1 常见的ITO模块的结构

如图3-1所示，一般ITO模块的最下方是LCD模块，接着上方是ITO模块，最上方是ITO 保护涂层；其中的ITO模块中的层面结构、ITO的电极形状、银浆线的走线方式、屏蔽层等部分的设计对最终的触控效果有着非常重要的影响。

在图3-2中，可以清楚地看到ITO模块与主控设备间连接关系。通常的模块设计会把触控IC芯片及周围元器件放在FPC；然后，把ITO上面的金属指与FPC上面的连接金手指贴合（bonding）在一起，以达到FPC与ITO连接的目的；而触控芯片的FPC与主控设备之间的连接通常是通过6线制金手指，然后再通过IC协议进行通信。

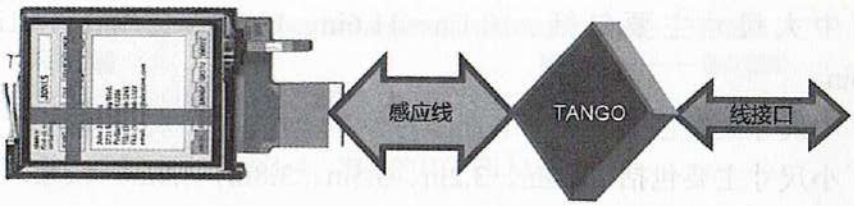


图3-2 ITO模块与主控设备之间的连接

3.1.1 ITO简介

现在介绍一下什么是ITO，ITO 是Indium Tin Oxides的缩写，中文意为氧化铟锡，是一种N型氧化物半导体。ITO薄膜即铟锡氧化物半导体透明导电膜，是一种在均匀载体上通过特殊工艺生成的透明导电薄膜，主要的性能指针是电阻率和光透过率。

下面分别介绍一下其最常见的两种应用ITO GLASS（氧化铟锡透明导电玻璃）与ITO FILM（氧化铟锡透明导电薄膜）。

3.1.2 ITO GLASS

ITO GLASS即ITO导电膜玻璃，是通过ITO导电膜玻璃生产线，在无尘的生产环境中，利用平面磁控技术，在超薄玻璃上溅射氧化铟锡导电薄膜镀层并经高温退火处理得到。由于物理特性的原理，所以ITO GLASS 对生产环境和生产工艺有着很高的要求；同时对于基材玻璃也有很高的要求，根据玻璃的阻抗、厚度、强度等特性可以将其分为以下几种。

（1）按阻抗分类

分为高阻抗玻璃（阻抗在150 ～ 500Ω）、普通玻璃（阻抗在60 ～ 150Ω）、低玻璃（阻抗小于60Ω）。

高电阻玻璃一般用于静电防护、触控屏幕制作用；普通玻璃一般用于TN类液晶显示器和电子抗干扰；低电阻玻璃一般用于STN液晶显示器和透明线路板。

（2）按尺寸分类

可以分为中大尺寸、中尺寸和小尺寸。

中大尺寸主要包括：10.1in、11.6in、12.1in、13.3in、14.1in和15.6in。

中尺寸主要包括：7in、9.7in。

小尺寸主要包括：2.8in、3.2in、3.5in、3.8in、4.0in、4.3in、5in。

（3）按厚度分类

分为2.0mm、1.1mm、0.7mm、0.55mm、0.4mm、0.3mm等规格，厚度在0.5mm以下的主要用于STN液晶显示器产品。

（4）按平整度分类

分为抛光玻璃和普通玻璃。

（5）按强度分类

分为普通玻璃和强化玻璃。

图3-3是一种常见的ITO GLASS 结构。

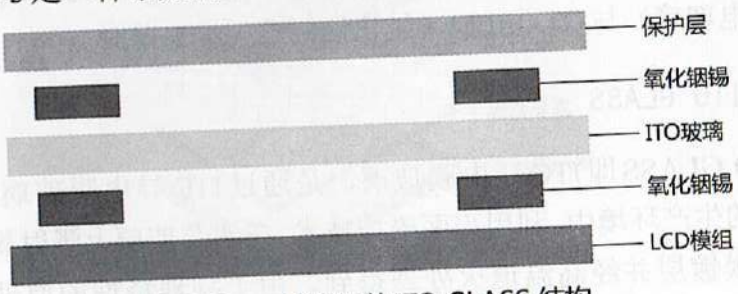


图3-3 一种常见的ITO GLASS 结构

3.1.3 ITO FILM

ITO FILM 是以均匀的硬化PET膜为载体，通过ITO导电膜玻璃生产线，在无尘的环境中，利用特殊的生产技术加工而得到的。目前最常用到的PET膜叫做聚对苯二甲酸乙二醇酯，具有较宽的温度适用范围和良好的机械物理性能，可以在120℃左右的高温下长期使用，具有良好的电绝缘性。FILM与GLASS的最大区别就是在上线使用之前，要经过一道调质处理程序，也称为老化程序，该老化程序对ITO FILM的性能起着至关重要的作用。图3-4为常见的ITO FILM的结构。

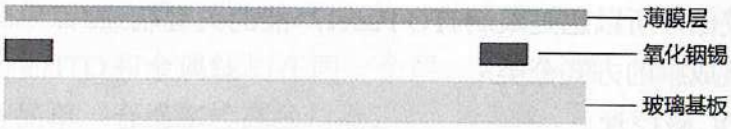


图3-4　常见的ITO FILM的结构

3.1.4　ITO镀膜方式

（1）真空蒸镀

是指在真空状态（约0.01Pa以下压力）下，加热金属氧化物、硫化物等使之挥发气化，从而在载体上形成薄膜层的技术。

真空蒸镀方式的分类：

① 电阻加热；

② 高频感应加热；

③ 电子束加热。

图3-5为真空蒸镀原理的示意图。

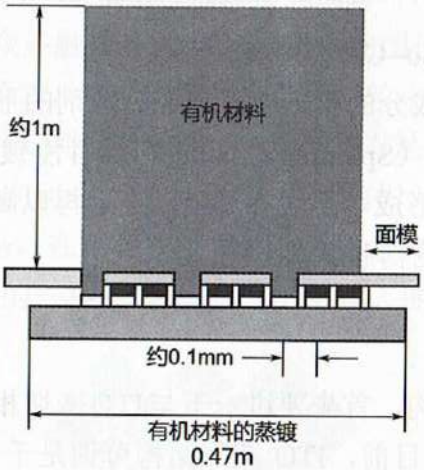


图3-5　真空蒸镀原理的示意图

（2）溅镀（Sputtering）

是指在真空状态下发生电离子化的高能粒子装机靶材，从而使构成靶材的成分作为粒子溅出并附着于薄膜表面的加工工艺。溅镀是目前对工艺方法和设备都要求非常高的一种高技术制程；由于相对来说

合格率较低，所以也是限制ITO Panel产能的关键瓶颈。

溅镀成膜的方式分类：

① DC磁控管；

② MC磁控管。

图3-6为溅镀工艺的生产线。

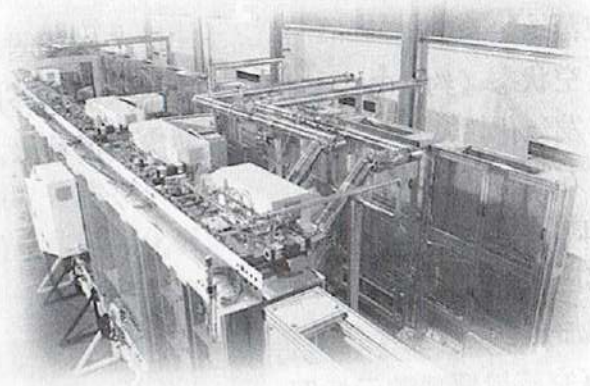


图3-6 溅镀工艺的生产线

（3）凝胶法（So–Gel）

是指现将ITO成分的粉末以液态之分散剂的形式均匀地悬浮于液体之中，再以旋镀（Spinning Coating）或者浸镀（Dipping Coating）的方式在载体表面形成一层液态薄膜，走后再以高温将液体蒸发，并将ITO粉末烧成质密薄膜状。

3.1.5 ITO的结构

讲到ITO的结构，首先要讲一下与ITO密切相关的ITO 的图形结构（ITO Pattern）；目前，ITO 图形结构可谓是千奇百怪、五花八门、各种各样；但是，这些图形结构并不是随意乱想凭空而来的；它们是与各个触控IC厂商的原理设计密切相关的。下面简单讲一下最为常见的两种结构方式。

（1）单面结构

① 单面单层结构

单面单层结构是目前比较常见的一种低成本结构，该结构的特点是：所有的ITO和金属线均在同一个层，无需桥接；具有结构简单、工艺制程简单、合格率较高的特点。

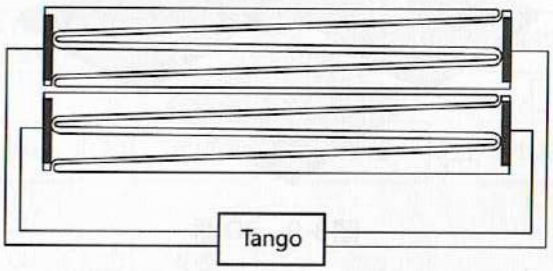


图3-7　锥形的单面单层结构

图3-7中的锥形的图形结构是目前最为常见的单面单层结构中的一种，它具有布线结构简单、电极数少等特点。

② 单面双层结构

下面就菱形的图形结构为例讲一下单面双层结构，菱形结构是目前被触控IC厂商最为广泛采用，最为常见的一种图形结构，为什么菱形图形结构会成为众多触控IC公司一致选用的图形结构呢？第一，它的结构比较简单；第二，菱形的寄生电容相对较小，容易调试；第三，赛普拉斯关于菱形的专利已经过期了，不会再有法律纠纷。

单面双层结构亦可以成为搭桥结构，是指*X*与*Y*两个方向上的ITO在同一面，但是，在两种交汇处通过添加二氧化硅的方式进行桥接，以避免*XY*短路的一种结构形式。如图3-8、图3-9所示。

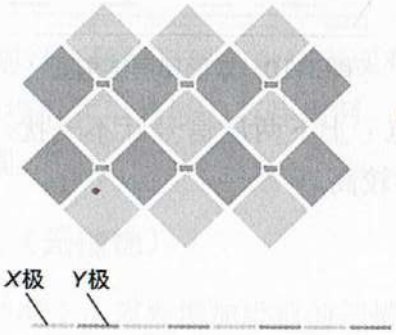


图3-8　俯视图和侧视图

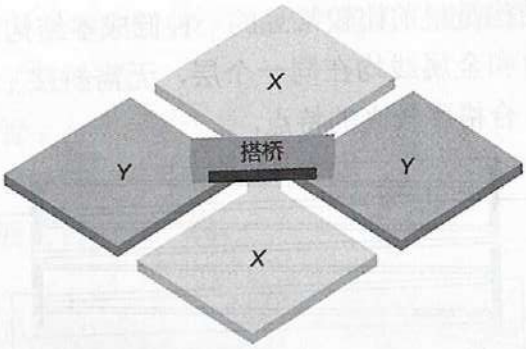


图3-9　3D图

此种结构的优点：*X*、*Y*均在同一层，结构简单，成本较低，合格率较高；缺点：工艺稍显复杂，需添加屏蔽层。

（2）双面结构

目前比较著名的iPhone采用的是双面单层结构，此种结构的*X*与*Y*分别GLASS的上下两面；此种结构对GLASS的材质和ITO的制程工艺要求比较高。如图3-10所示。

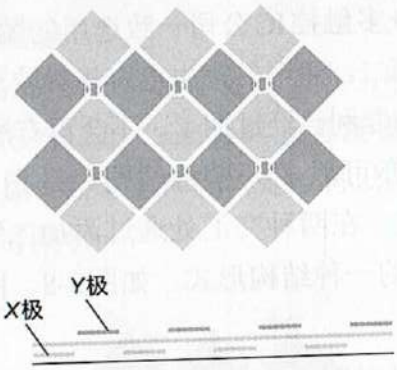


图3-10　双面单层结构图

此种结构的优点：上下两层信号互不干扰，不需要屏蔽层；缺点：工艺复杂，成本较高。

3.1.6 ITO的制程

（1）薄膜的生产流程（图3–11）

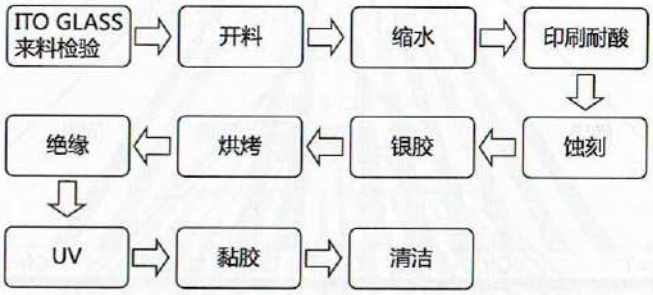


图3-11 薄膜的生产流程图

（2）GLASS的生产流程（图3–12）

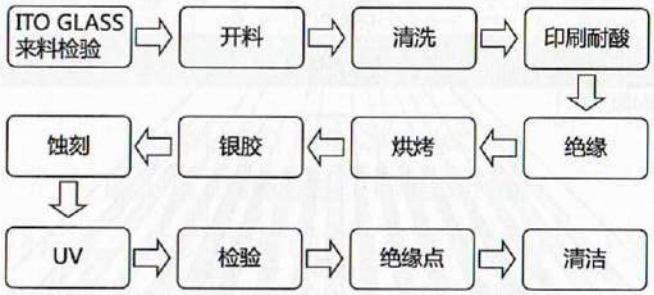


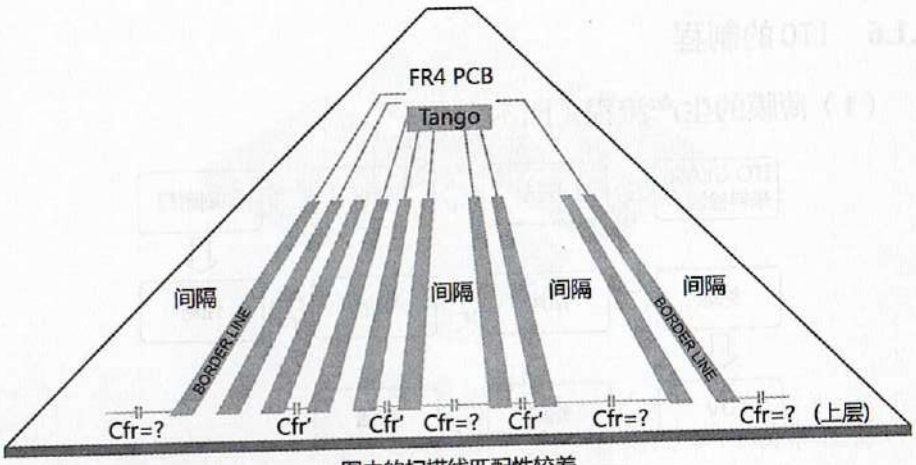
图3-12 GLASS的生产流程图

3.2 ITO Layout 规则

ITO Layout 规则对模块的最终的触控表现有着非常重要的影响，现在就以PIXCIR的投射式电容触控芯片为例，简单阐述ITO 布线的设计规则及注意事项。

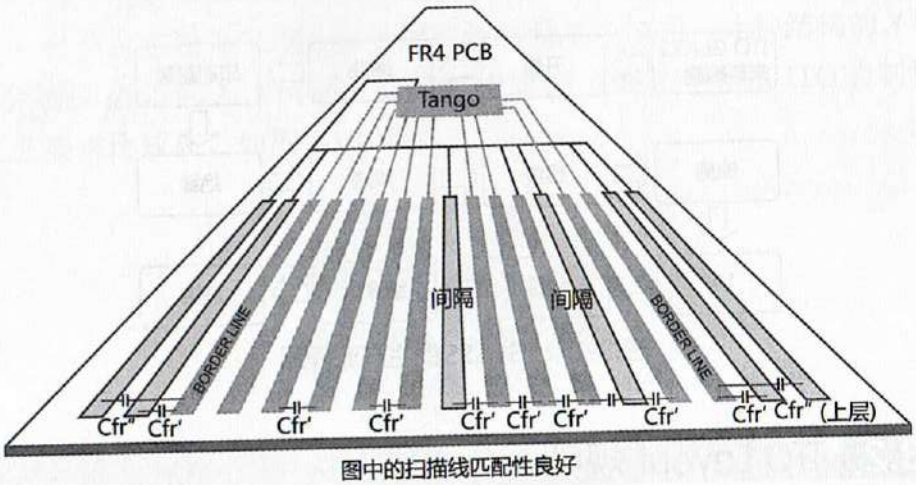
3.2.1 扫描线匹配（无铺地）

在没有铺地的情况下，需要增加虚拟的扫描线保持相邻走线之间的环境匹配性。



图中的扫描线匹配性较差

图 3-13　铺地修改前



图中的扫描线匹配性良好

图 3-14　铺地修改后

在一些ITO图纸的设计当中会出现一些由于结构等原因导致的扫描线匹配性较差的现象，这样的现象会导致扫描线之间的耦合电容失衡的现象，因此，我们需要通过增加一些虚拟的扫描线来解决这种现象，从而改善调试效果，如图3-13，如图3-14所示。

3.2.2 扫描线匹配（有铺地）

在有铺地的情况下，尽量保持扫描线之间的等长走线，并且在扫描线下方不要铺地，而在数字信号下方铺地。

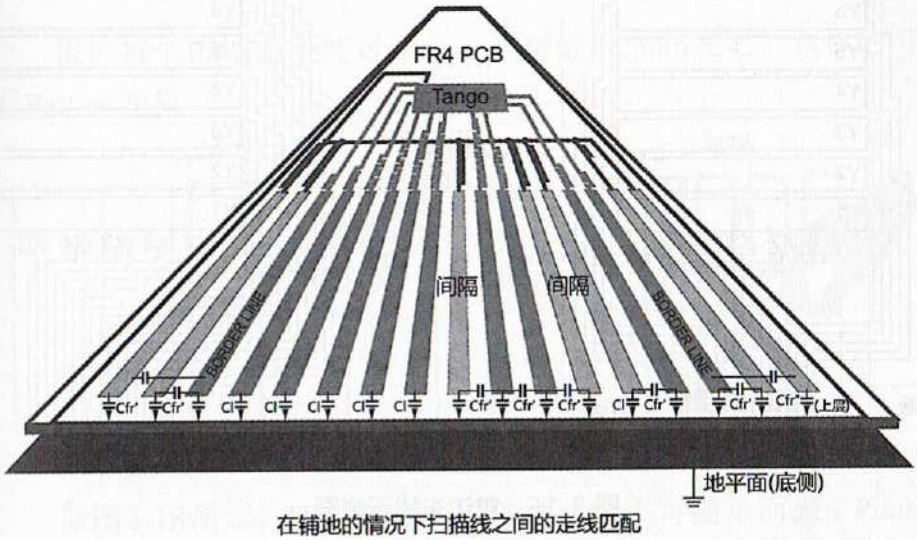


图 3-15 有铺地时的ITO走线示意图

如图3-15所示，等长走线可以尽可能地减小信号的传播延迟，这样能够更好地处理扫描线之间的匹配性的问题。

3.2.3 单边走线

ITO线最好能从一边走线，即单边走线；并且走线时尽量保持蛇形走线。

如图3-16所示，单边走线能够更好地解决扫描线之间的匹配性问题，减小Mismatch,从而更加有利于后续的调试。

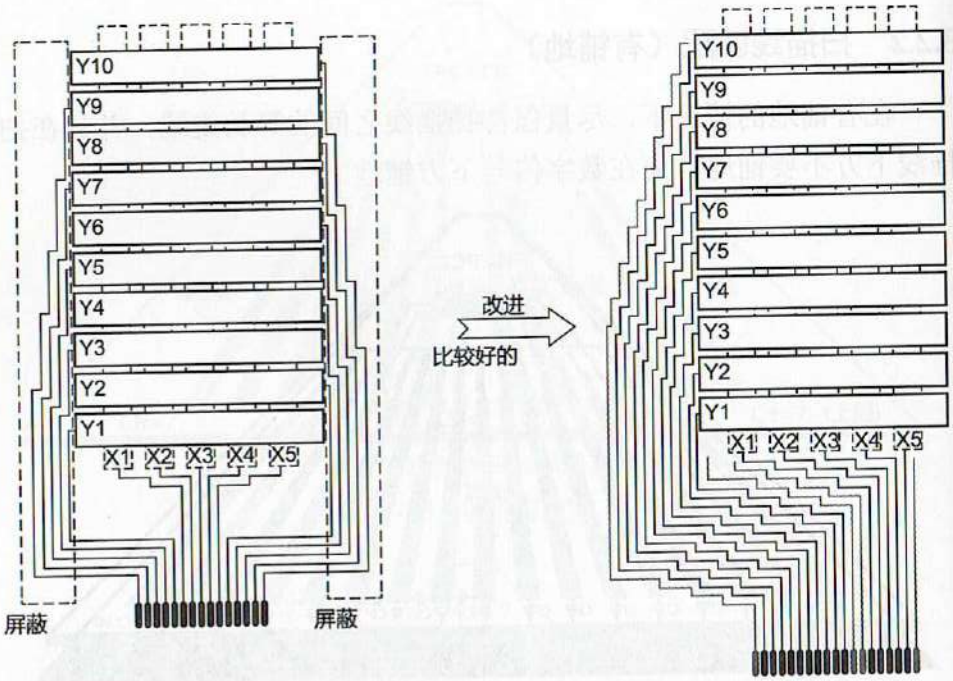


图 3-16　单边走线示意图

3.2.4　双面走线

如果ITO是双面走线，要保持与TFT的最大程度上的匹配，屏蔽掉TFT的噪声和干扰。

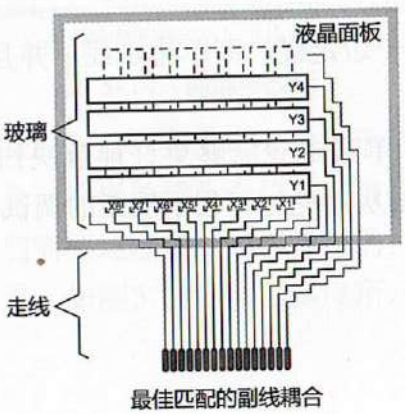


图 3-17　双面走线示意图

如图3-17所示，触控ITO模块的最大干扰源之一就来自于LCD模块，在设计的初始阶段把这方面的问题考虑进去，将会较好地解决掉整个模块的干扰问题。

3.2.5 Pitch 值设定

保证每个Pitch值不超过6mm，理想值为5mm左右，具体的可根据Pattern决定。

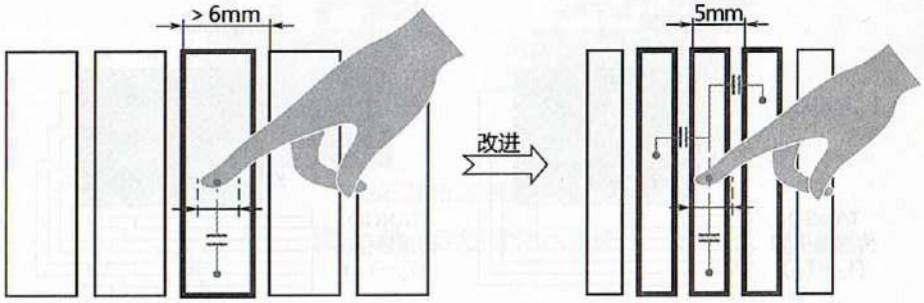


图3-18 Pitch设计示意图

如图3-18所示，ITO Pattern 的Pitch，并不可随意而来；Pitch值的确定要考虑人体工程学的设计，地域差异和行为习惯的差异等方面的因素，经过测试、分析与再设计而得出。

3.2.6 ITO Pattern的设计

保证Pattern之间的一致性，即Pattern的间距和宽度相等；并且边缘设计二分之一Pattern大小。

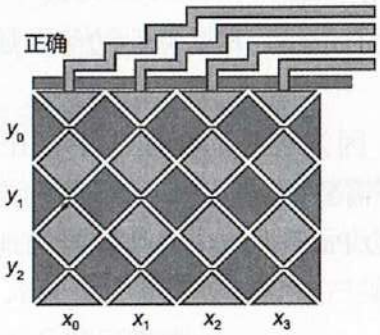


图 3-19 Pattern设计示意图

如图3-19所示，电容式触控模块对ITO Pattern的设计有着较高的要求，所以按照Pattern设计的时候，都建议尽量按照各触控IC厂商提供的设计说明进行设计，以免因为此方面的细节问题而影响整体设计。

3.2.7 Dummy设计

在X扫描线与Y扫描线之间需要增加Dummy线进行隔离。

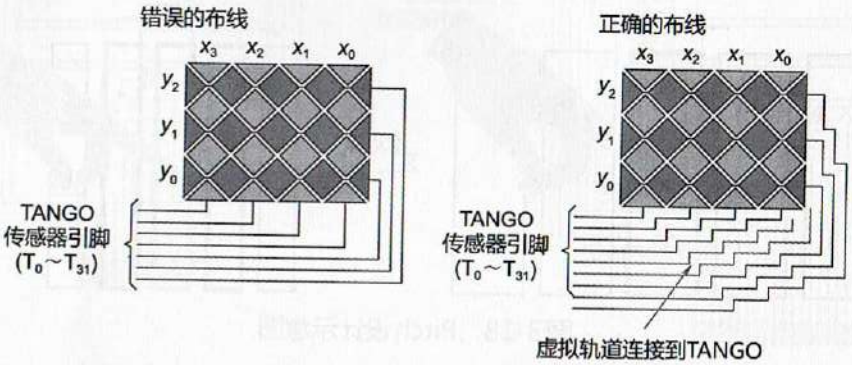


图3-20 Dummy设计示意图

如图3-20所示，对于双层的ITO模块Dummy线（匹配线）是必不可少的，此时Dummy线能够有效隔离X扫描线与Y扫描线之间的相互干扰；如果没有设计Dummy线，将有可能是X扫描线与Y扫描线交界处的1～2根线失去作用。

3.2.8 Pattern与金属线链接设计

不要布间距过大的走线，尽量减小边缘金属线的宽度，同时保持走线的匹配线。

如图3-21所示，因为边缘的金属线不存在阻抗的问题，所以对于扫描线来说，并不需要太宽的走线（太宽的走线会带来较大的寄生电容）；同时，对ITO Pattern与金属线连接的地方，同样要考虑到金属线之间的匹配性。

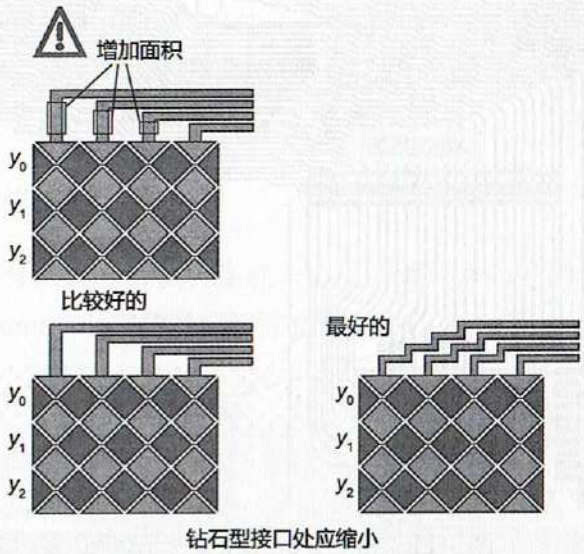


图 3-21　走线优化示意图

3.3 FPC Layout 规则

何谓FPC？ FPC是Flexible Print Circuit Board的简写，中文意为：柔性印制电路板，以聚酰亚胺或聚酯薄膜为基材制成的一种具有高度可靠性、绝佳的柔性印制电路板。

因为几乎所有的ITO 模块与触控IC都需要靠PFC连接，而且绝大多数的触控IC被设计在FPC上面，所以FPC的设计对整个触控模块的设计至关重要。下面以PIXCIR的投射式电容触控芯片为例，阐述FPC Layout设计规则及注意事项。

3.3.1 FPC Dummy线走线设计

在X扫描线与Y扫描线的交界部分一定要增加Dummy线进行屏蔽；在扫描线的外围也要增加Dummy线进行绕周。

如图3-22所示，此种设计是为了防止X扫描线与Y扫描线两部分之间相互干扰，保证信号的可靠性。

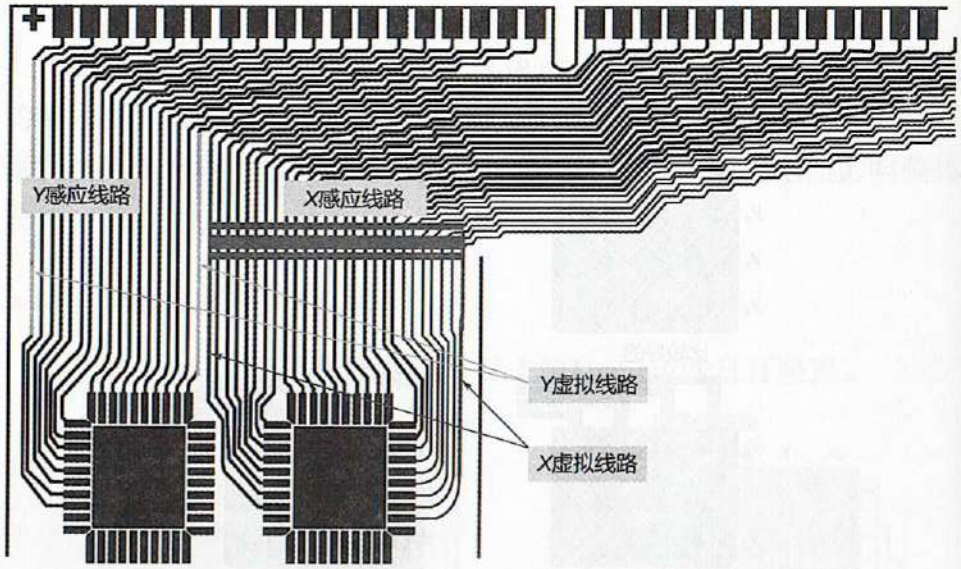


图3-22 FPC Dummy设计示意图

3.3.2 ESD设计

在IC的Ground部分与Shield之间增加释放ESD三角，并留有2mm的间距。

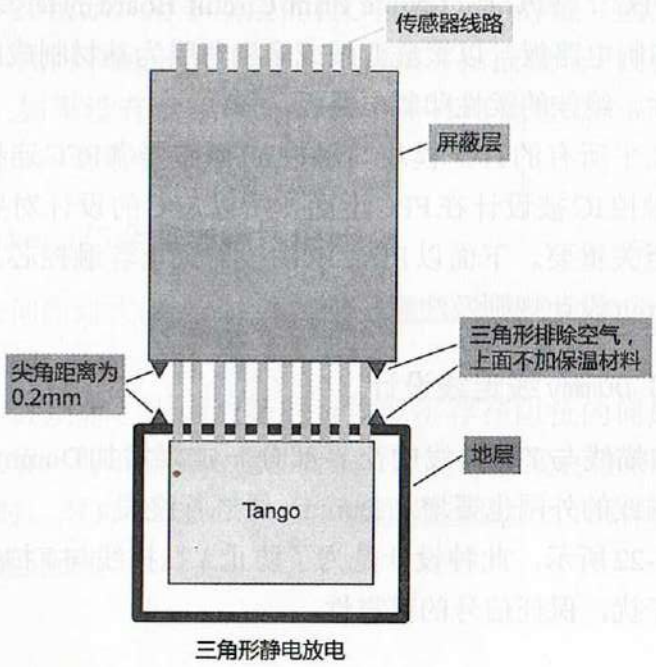


图3-23 ESD设计示意图

如图3-23所示，在FPC中加入ESD静电三角的设计能够较好地解决静电问题，对整机调试造成的困扰，也能够较好的帮助整机顺利的通过ESD测试。

3.3.3 Dummy线链接设计

请勿将所有的Dummy线连在一起，*X*与*Y*之间的屏蔽Dummy与外围绕周的Dummy一定要用不同扫描pin脚，切记不能共享。

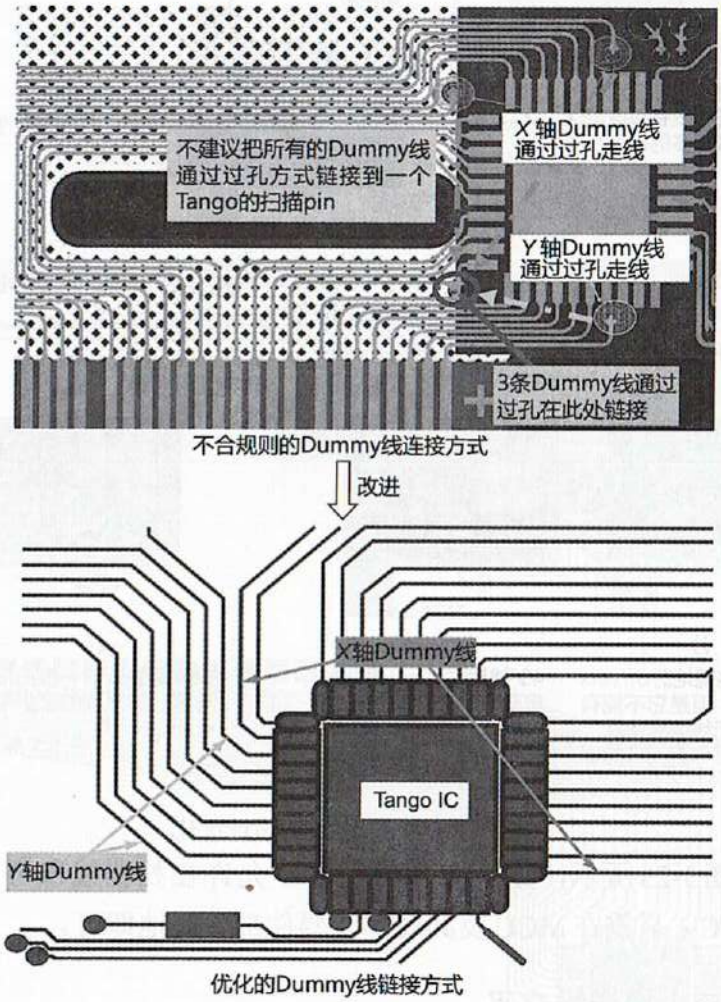


图 3-24 FPC Dummy的设计误区示意图

如图3-24所示，X与Y的Dummy线不可共享，虽然这样可以省下扫描线，但是，Dummy线所起的作用就会在很大程度上打折。

3.3.4 FPC铺地设计

GND只能加在MCU下面，其他部分可参照3.3.2。

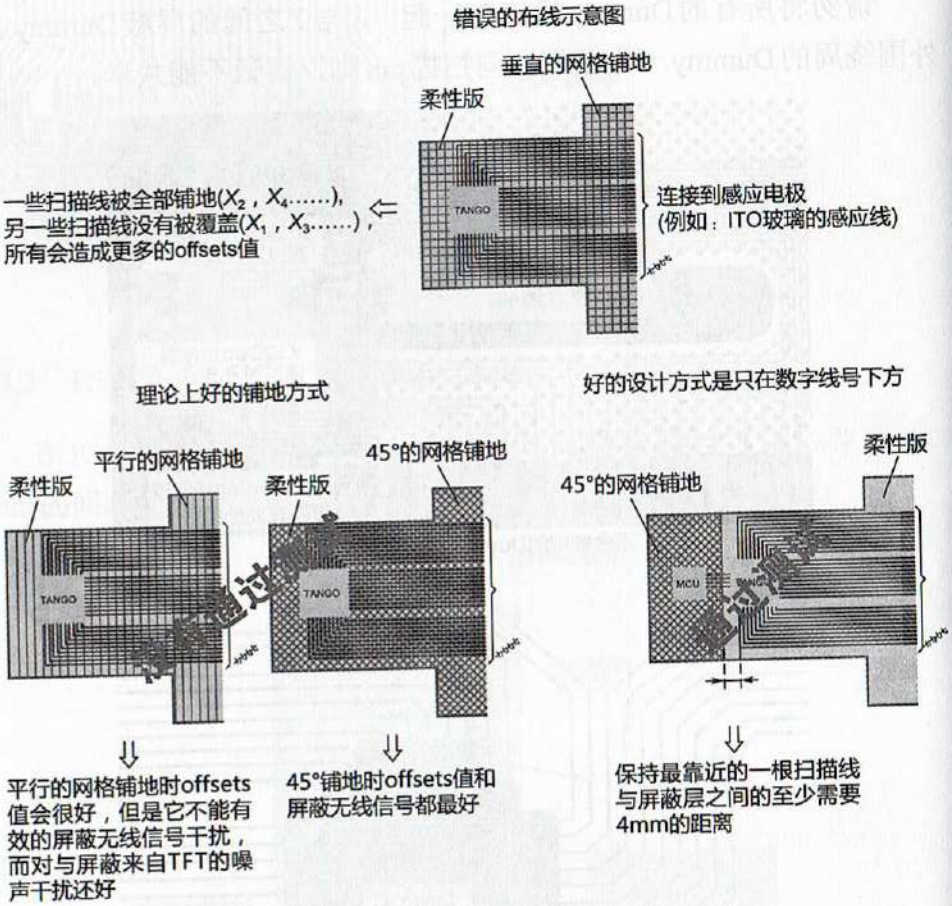


图 3-25 FPC铺地的设计优化

如图3-25所示，绝大多数情况下不允许在扫描线部分铺地，包括触控IC；只需在MCU及其周围元器件部分铺地即可。

3.3.5 禁止扫描线交叉

扫描线不允许有交叉，且不能有较大的空隙（Gap）；否则，会

严重影响扫描线之间的匹配性。

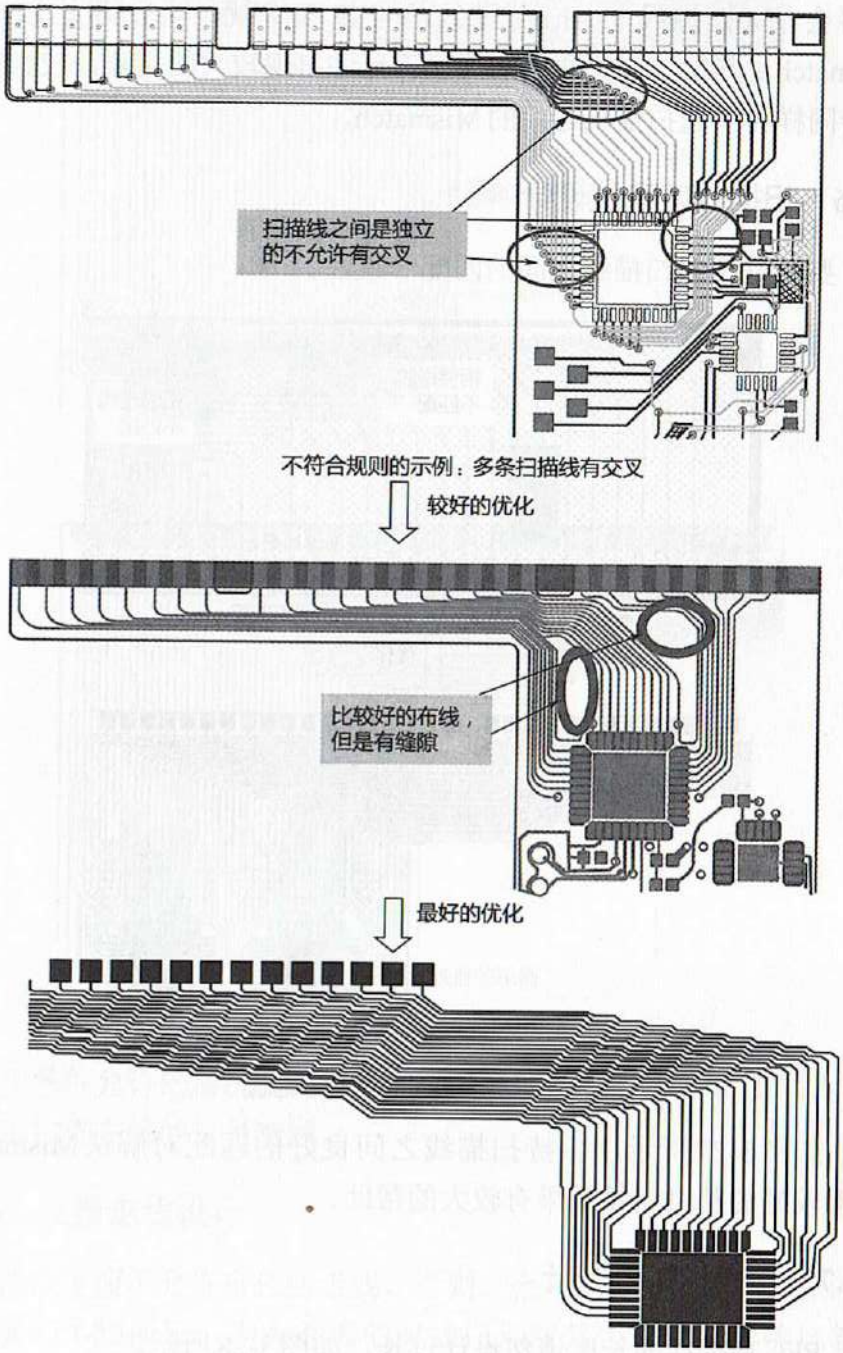


图3-26　扫描线的优化示意图

如图3-26所示，首先，扫描线不允许交叉走线，因为交叉走线将会使X扫描线与Y扫描线的信号相互干扰，会出现比较大的Mismatch；其次，扫描线之间同样不允许出现较大的空隙，较大的间隙会同样会引起扫描线之间的Mismatch。

3.3.6 扫描线匹配性设计

要做好相邻扫描线之间的匹配一致性。

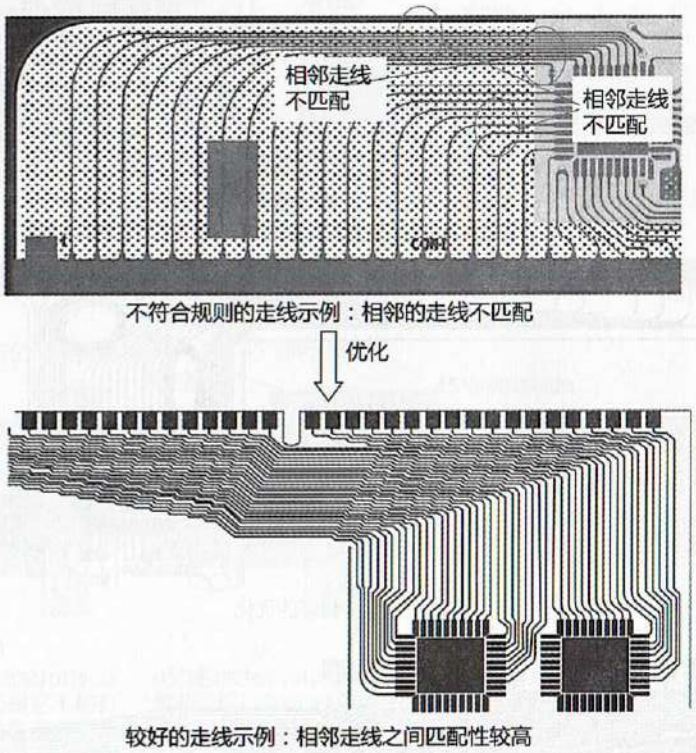
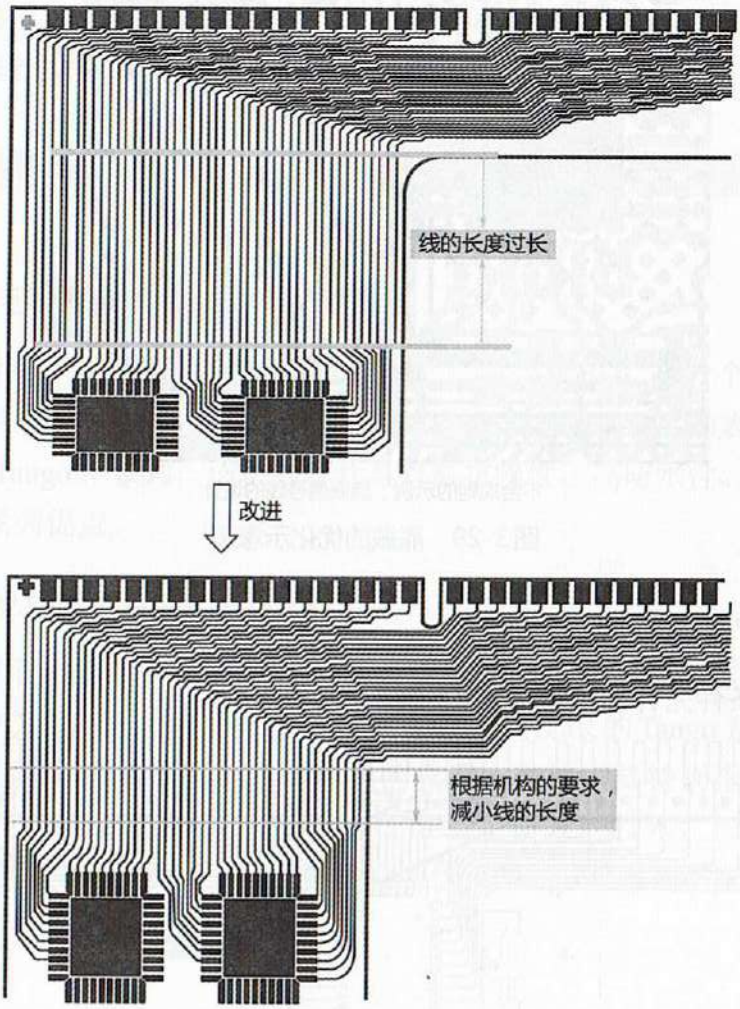


图 3-27 匹配性优化示意图

如图3-27所示，保持扫描线之间良好的匹配对解决Mismatch；取得较好的整机调试效果有较大的帮助。

3.3.7 扫描线长度设计

PFC扫描线的长度请勿设计过长，如图3-28所示。



较好的关于走线长度的示例

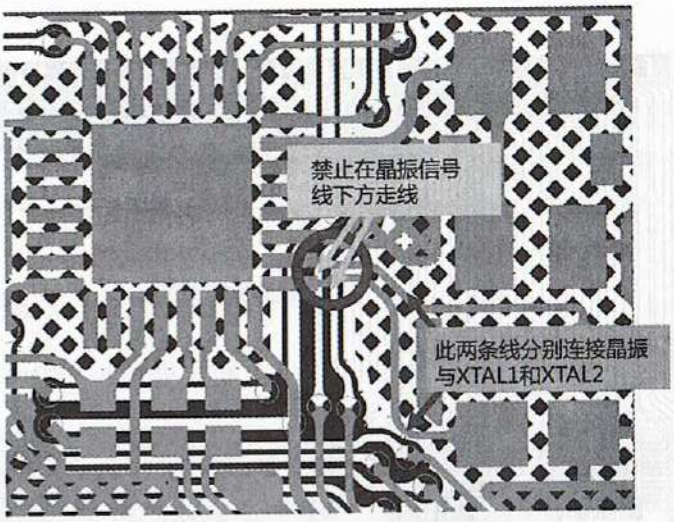
图 3-28　扫描线长度优化示意图

在条件允许的情况下，请勿将扫描线的长度设计得过长，这样可以减小扫描在线的信号衰减。

3.3.8　晶振走线设计

晶振下面不允许有任何走线，否则，会严重影响IC的时钟信号。

如图3-29所示，因为晶振的时钟信号对其他信号的影响比较敏感，所以两根时钟线的下方不可以走线。

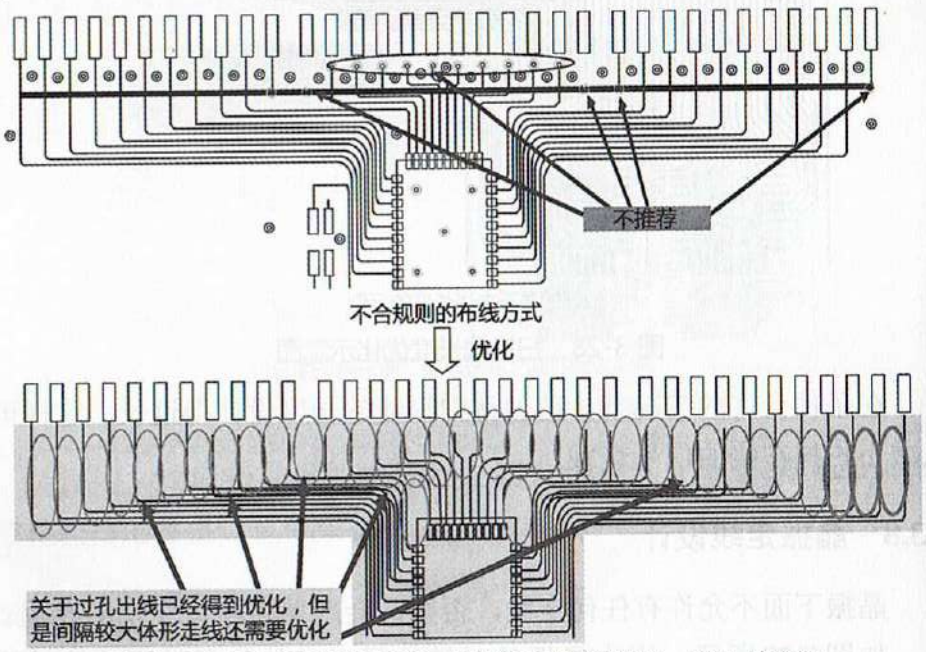


不合规则的示例：晶振信号线的设计

图3-29　晶振的优化示意图

3.3.9　扫描线过孔的处理

在条件允许的情况下，扫描线尽量不要走过孔。



很好的示例：没有任何过孔(请注意，图中线间间隔仍然较大，应进一步优化)

图 3-30　FPC中过孔的优化示意图

如图3-30所示，扫描线通常情况下不建议走过孔，因为过孔会增加扫描线之间的寄生电容，这样会增加对扫描线的干扰。

3.4 电容式IC与ITO模块的搭配

3.4.1 电容式IC与单面ITO的搭配

在中小尺寸领域，单面ITO搭配单层电容触控IC是一个绝佳的组合（具有很强的成本优势）；PIXCIR最近推出了革命性的表面电容触控IC Tango R系列，该系列芯片具有高抗噪性、高防水性、支持两指等一系列优点。

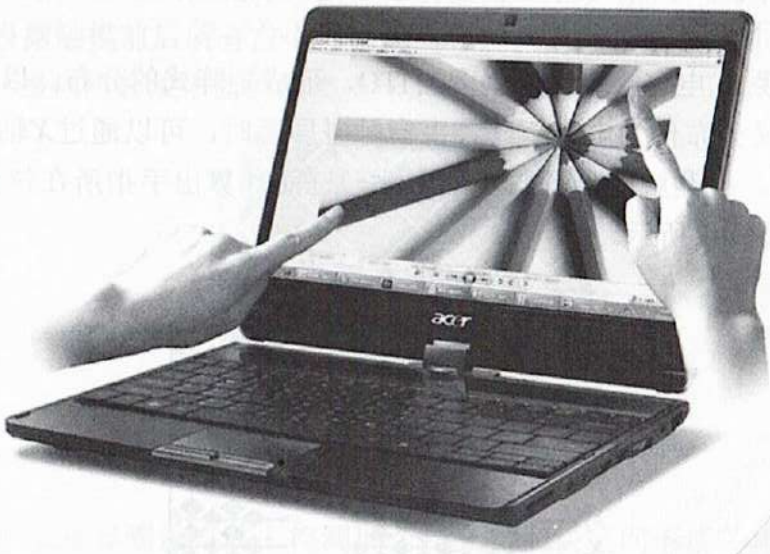
3.4.2 电容式IC与双面ITO的搭配

在双面ITO的应用方面，特别要指出的是在投射式电容IC领域耕耘的PIXCIR在此方面有着很深的造诣，PIXCIR的Tango M,Tango C系列投射式电容IC有着非常优异的表现；在这里要特别指出的是Tango C系列，该系列芯片采用PIXCIR自主研发的技术，在处理速度、抗干扰性、抗噪声方面尤其出色；因而Tango C系列搭配各种尺寸产品都有着很好的市场表现。

NOTE

第4章

投射电容式触摸屏测量原理



4.1 测量原理简介

在介绍测量方法之前，首先简单了解投射电容式触摸屏的工作原理。

投射电容式触摸屏是利用人体的感应电流进行工作的。当手指触摸到屏的金属层时，由于人体电场的作用，人体和触摸屏表面之间形成一个耦合电容，对于高频电流来说，电容是导体，因此将从手指接触点吸走一部分电流，通过检测电路来测量这个电流的变化从而确定感触手指位置，如图4-1所示为电容式触摸屏的工作原理。

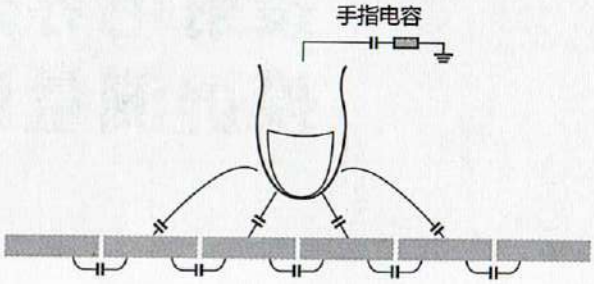


图4-1 电容式触摸屏的工作原理

接下来介绍投射电容式触摸屏的结构。

投射式电容触摸屏采用多层ITO，形成矩阵式的分布，以X轴和Y轴交叉分布作为电容矩阵，手指触碰屏幕时，可以通过X轴和Y轴的扫描，检测触碰位置电容的变化，进而计算出手指所在位置的坐标，如图4-2所示。

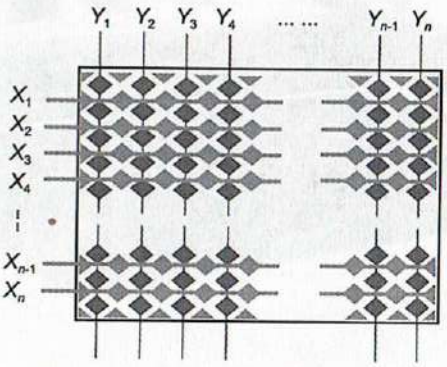


图4-2 投射电容式触摸屏结构

4.2 测量方法分类

投射电容式触摸屏的测量方法分为两种，分别为自电容测量方法和互电容测量方法。

在介绍测量方法之前首先了解一下自电容和互电容的概念。

（1）自电容和互电容的定义

① 自电容（self-capacitance）：自电容就是导体本身能够储存电荷的能力，使孤立导体电压增加1V所需要增加的正电荷量就是自电容的大小。

② 互电容（mutual-capacitance）：使两个导体之间电位差增加1V所需要充入的单极性电荷量就是互电容的大小。

（2）自电容测量方法和互电容测量方法的定义

① 自电容测量方法：检测每个感应单元自身电容的变化。当手指靠近或触摸到触摸屏时，手指的电容迭加到屏体电容上，使屏体电容增加。在触摸检测时，依次分别检测M个X轴和N个Y轴电极数组，根据触摸前后所有自电容量的变化，确定手指所在的X坐标和Y坐标，最后组合成平面的触摸坐标，如图4-3所示。

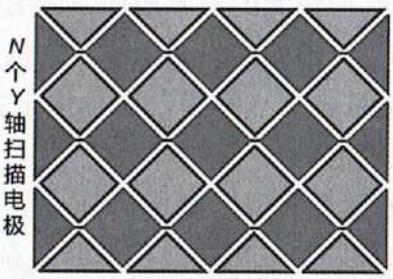


图4-3 分别测量行和列感应单元自电容

② 互电容测量方法：检测两个交叉感应块之间形成的电容，两个感应块分别构成电容的两极。互电容测量方法，横向电极依次提供激励信号，纵向的所有电极同时接收信号，这样可以得到所有横

向和纵向电极交汇点的电容大小，即整个触摸屏的二维平面的电容大小。根据触摸屏的二维电容变化量数据，可以计算出每一个触摸点的坐标。因此，即使屏上有多个触摸点，也能计算出每个触摸点的真实坐标，基于这种测量方法，可是准确测量多点绝对坐标，如图 4-4 所示。

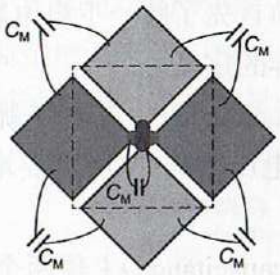


图4-4　测量两个电极间的耦合电容

说明：C_M：两个感应单元之间形成的耦合电容

4.3 自电容和互电容测量方法的区别

（1）自电容（self capacitor）测量方法

检测每个感应单元自身的电容变化，激励和感应是同一感应单元，有手指触摸时，感应单元的电容增加，适用于轴坐标式触摸屏的触摸感应检测，行和列只需扫描检测一次，扫描次数=行数+列数。

① 优点：能准确报告单点触摸，而且由于完成一次测量所需扫描次数少，因此功耗较低。

② 缺点：多点触摸会出现“鬼点（Ghost）”现象（4.4 节将介绍“鬼点（Ghost）”产生机理），需要使用非常复杂的算法来计算坐标，效率低，而且容易出错。

（2）互电容（mutual capacitor）测量方法

由 X、Y 扫描电极相互交叉构成电容两极，测量这一耦合电容的大小。行感应块提供激励信号，列感应块进行感应，当有手指触摸时互电容减小，适用于触摸屏多点触摸位置识别扫描，每行和每列交叉

点都需单独进行扫描检测，扫描次数=行数 * 列数。

① 优点：互电容测量方法不存在“鬼点（Ghost）”现象，可以准确报告真实多点坐标。

② 缺点：由于完成一次测量需要扫描的次数多，功耗较高。

4.4 自电容测量方法中的“鬼点”产生和消除

自电容测量存在无法实现真正多点触控的缺点，因为它首先分别确定触摸点所在的X轴和Y轴，然后通过交叉中心来确定手指坐标。如果是单点触摸，那么在X轴和Y轴方向上的投影是唯一的，组合出的坐标也是唯一的；如果在触摸屏上有两点触摸而且这两点不在同一X轴方向或者同一Y轴方向，则在X和Y方向分别会出现两个投影，这样就会组合出4个坐标点。但是只有两个坐标是真实的，另外两个就是俗称的“鬼点（Ghost）”，如图4-5所示。

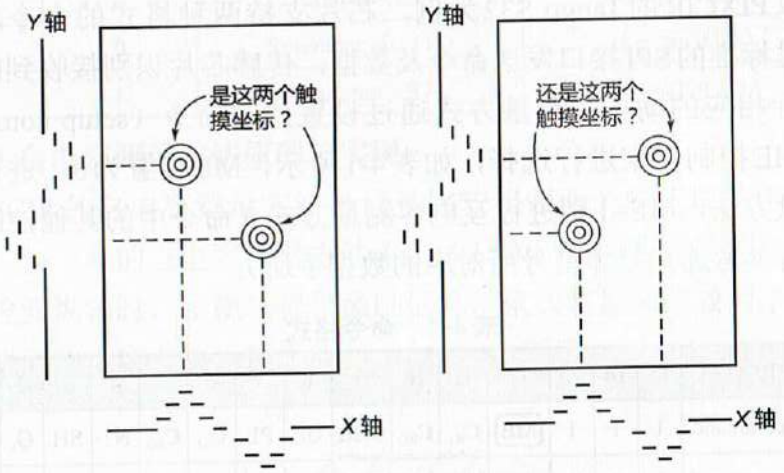


图4-5 自电容“鬼点”产生机理

常用的消除“鬼点”的方法有分时法和分区法（将触摸屏物理分割成多个区域）。

① 分时法：假设多点触摸是分时发生的，自电容测量方法首先确定第一个触摸点，第二个触摸点操作将会产生对应的“鬼点”，

由于真正的第二个触摸点与第一个触摸点呈对角线状态，如图4-5所示，因此就可以消除“鬼点”。这种方法需要触控操作间隔几毫秒时间。

② 分区法：将整个触摸屏物理分割成多个区域，由每个区域确定一个单点触摸操作，这样就可以避免“鬼点”的产生。

4.5 PIXCIR方案的测量方法介绍

PIXCIR研发的Tango系列触控芯片同时支持自电容和互电容两种测量方法，本节将以PIXCIR的投射电容式触控芯片为例详细介绍两种测量方法的原理和实现。

4.5.1 PIXCIR自电容测量方法

（1）测量方法选择

以PIXCIR的Tango S32为例，芯片支持两种格式的命令，控制器通过标准的SPI接口发送命令及数据，传感芯片识别接收到的命令并执行相应的动作。测量方式通过设置建立命令（setup command）中的ME控制位来进行选择，如表4-1所示，ME设置为0，进行自电容测量方法，ME=1则进行互电容测量方式（命令中的其他控制位功能，请参考选择具体型号所对应的数据手册）。

表4-1 命令格式

Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
SETUP command	1	1	1	ME	C_{RI}	C_{RO}	OEB	GF	PL	C_{SI}	C_{SO}	NT	SH	G_I	G_O	NP
PROBE command	1	0	S_1	S_0	CM	T_8	T_7	T_6	T_5	T_4	T_3	T_2	T_1	T_0	—	NP

完成一次测量，除了需要发送建立命令（setup command），还需要通过发送数据报来对此次扫描的各引脚进行配置。以PIXCIR的Tango S32为例，共有32个扫描引脚，控制器通过发送引脚配置数据报对感应芯片引脚进行配置。数据格式如表4-2所示，每个引脚对应数据报中的2

个bits，不同的值表示引脚被配置成不同的状态，如表4-3所示。

表4-2　引脚配置数据格式

Packet Bit	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Pin number	T31		T30		T29		T28		T27		T26		T25		T24	
Packet1	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0
Pin number	T23		T22		T21		T20		T19		T18		T17		T16	
Packet2	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0
Pin number	T15		T14		T13		T12		T11		T10		T9		T8	
Packet3	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0
Pin number	T7		T6		T5		T4		T3		T2		T1		T0	
Packet4	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0

表4-3　扫描引脚状态配置

P1	P0	引脚状态（ME=0）	引脚状态（ME=1）
0	0	Unused pin（U）	Unused pin（U）
0	1	Lift pin（L）	L+pin（L+）
1	0	Reference pin（R）	L−pin（L−）
1	1	Sense pin（S）	Sense pin（S）

（2）自电容测量方法原理与实现

PIXCIR的自电容测量方法是通过比较相邻两个感应块的电容来实现的。与一般的自电容测量方法不同的是激励与感应不是同一感应单元，检测纵轴时，由横轴提供激励信号，依次测量和比较两个相邻行感应块间的电容差值，反之亦然，如图4-6所示。

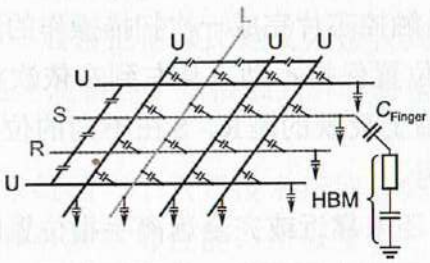


图4-6　PIXCIR自电容测量

说明：L: Lift, R: Reference, S: Sense, U: Unused, HBM: Human body model

L引脚提供激励信号，R为参考信号，S为感应引脚。图4-7所示为PIXCIR自电容测量方法的等效电路图。

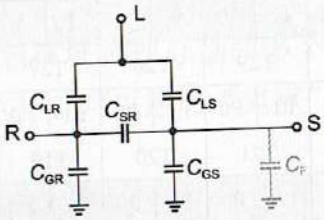


图4-7 PIXCIR自电容测量方法等效电路

当手指触摸感应层，由于人体电场的作用，手指和地之间形成的耦合电容C_F并联到扫描在线，如图4-7所示，导致原本电压平衡的R和S之间出现一个小的电压差ΔV。

感应芯片内部的A/D转换器将采样的电压差模拟信号转换成数字信号，接收到控制器的命令时将返回测量结果。每次返回的16位数据中，第6～14个为有效的9位测量结果数据，如图4-8所示。

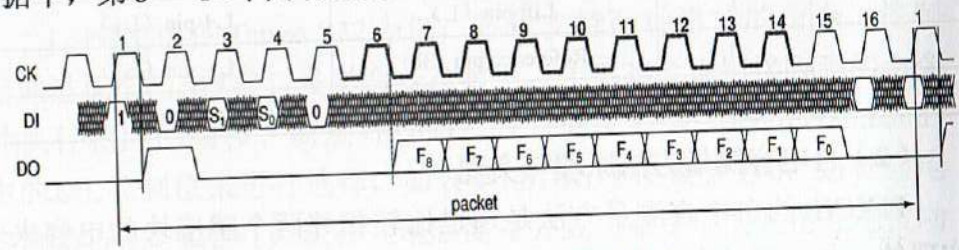


图4-8 感应芯片返回测量结果

为了抑制噪声干扰、保证测量结果的准确性，通常对同一个引脚测量多次，将多次测量结果进行处理后返回中间值。

图4-9所示即是触控芯片完成一次扫描操作的过程。

第一步：手指位置保持不动，从左到右依次将扫描线配置为R、S进行测量。坐标轴上反映的是R、S在不同的位置时测量获得的两个电极间电压差信号。

第二步：R、S还未靠近或完全远离手指位置时，手指电容对R、S两端都没有影响，两端电压平衡，电压差为零。

第三步：R、S逐渐靠近手指位置，电压差信号出现浮动。当

近但未进入手指接触范围时，手指电容较小，信号浮动范围也小。当R、S正好为手指接触点所在扫描线时，信号出现峰值。

第四步：若手指电容并入S端时，S端电压提高，R端电压减去S端电压，电压差为负值，反之，并入R端，R端电压提高，测量结果为正值。

第五步：同样，R、S逐渐远离手指所在位置时，手指电容对R、S端的影响减小，测量所得信号强度减弱。

第六步：完成一次完整的扫描后，控制器对测量结果进行计算、处理，最终获得手指所在点的准确坐标。

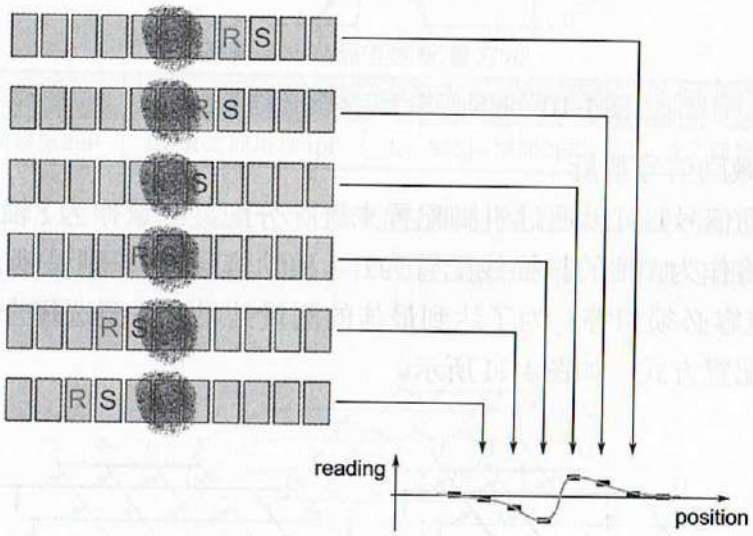


图4-9 测量过程示意图

（3）自电容测量方法优化

信噪比（SNR）：通常把信噪比定义为接收到的信号功率和噪声功率的比值S/N，这里是指当手指接触到屏幕时检测到的信号强度和噪声的比值。

SNR是触摸屏系统的一个重要技术指标，其高低直接决定了触摸的精度、线性度和分辨率等性能，所以信噪比（SNR）当然越大越好。

影响信噪比（SNR）的参数主要有：

① 时钟频率

时钟频率太高导致R、S在充电时还未达到预期的电平就开始放电，从而减小ΔV，降低了接收信号功率，相应的就降低了信噪比（SNR），如图4-10所示，而太慢的时钟频率又将影响扫描速度，因此，为了获得最佳的测量结果需要选择合适的时钟频率。

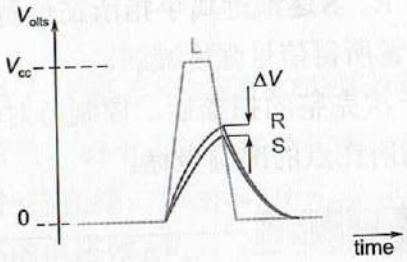


图4-10 时钟频率太高对测量结果的影响

② 激励信号数量

激励信号L可以通过引脚配置来进行分配，测量作为Y轴的扫描线时，将作为X轴的扫描线配置为L（激励信号），原则是耦合于R、S上的电容必须相等。为了达到最佳的测量结果，需要选择合适的激励信号配置方式，如图4-11所示。

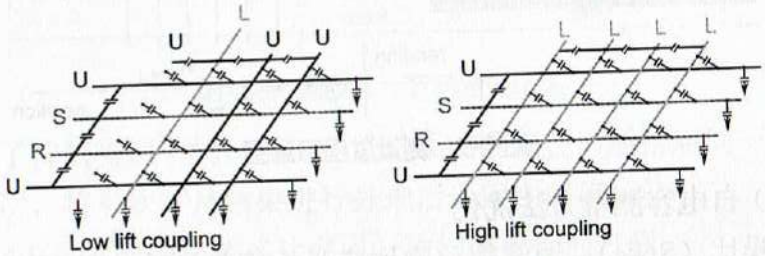


图4-11 激励信号配置方式

激励信号的配置方式直接影响测量结果的精确性，Lift激励信号太少或太多都将减小ΔV，因而降低信噪比（SNR），如图4-12所示。

PIXCIR的Tango系列感应IC还在感应引脚内设计了内部电容，可以通过设置发送的建立命令（setup command）（参考命令中的其他控制位功能，请参考选择具体型号所对应的数据手册，如表4-1所

示）命令中的C_{R1}、C_{R0}、C_{S1}、C_{S0}来开关内部电容，从而增强激励信号。配置方法如表4-4所示。

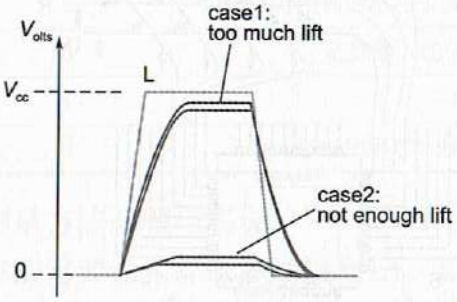


图4-12　不同激励信号配置方式测量结果

表4-4　内部电容配置方法

C_{R1}	C_{R0}	C_{S1}	C_{S0}
L、R之间增加2pF	L、R之间增加1pF	L、S之间增加2pF	L、S之间增加1pF

在R、S之间分别接上不对称的内部电容是为了解决因为layout而导致R、S不平衡的问题。图4-13所示为在引脚上增加内部电容后的电路原理图。

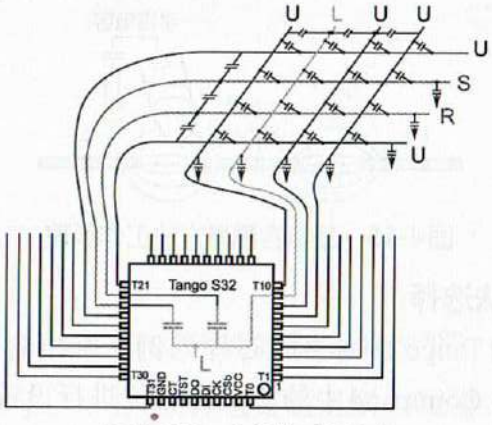


图4-13　内部电容配置

对于内部匹配电容不够的情况，还可以通过选择合适的外接电容来保证R、S间的平衡，如图4-14所示。当然，为了达到更好的测量效果，可以将不同的配置方法进行灵活组合。

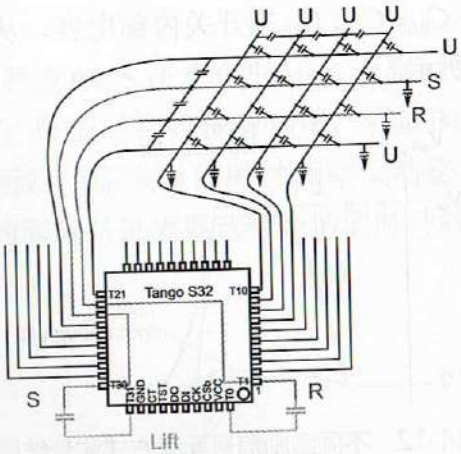


图4-14 外接电容

4.5.2 互电容测量方法

互电容方法测量垂直相交的X、Y电极之间的电容，当手指接触到触摸屏时，手指相当于一个导体，导致原来从发射电极到接收电极的电力线一部分转移到手指上，这两个电极之间的场强的减弱导致互电容减小，如图4-15所示。

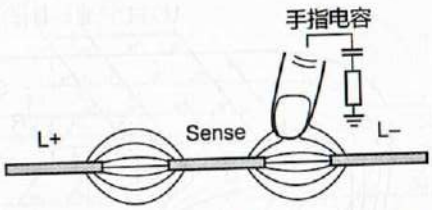


图4-15 互电容测量方法工作原理

（1）测量方法选择

以PIXCIR的Tango系列感应芯片为例，互电容测量方法也是通过对发送的Setup Command中的相关控制位进行设置来选择的，设置方法如表4-5所示。

表4-5 互电容测量方法设置

Bit	Value	Description
ME	1	选择互电容测量方法

续表

Bit	Value	Description
GF	1	将没有用到的感应引脚（unused pin）接地
PL	0	选择输入的低电平范围
RG	1	—
NT	0	强制使用CT引脚上的钽电容

（2）互电容测量方法原理与实现

互电容测量方法需要输入差分激励信号L+、L–，如图4-16所示。

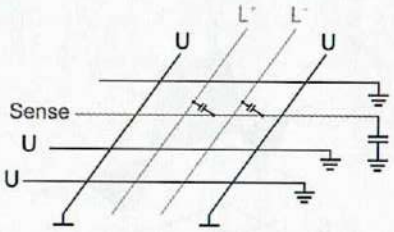


图4-16　互电容测量示意图

图4-17所示为自电容测量方法等效电路，PIXCIR的Tango系列感应芯片测量这个用于保持S和L+、S和L–之间耦合电容平衡的虚拟电容C_{ADC}。

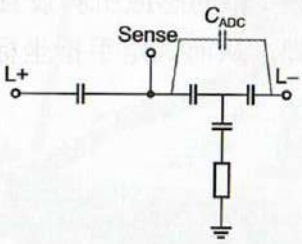


图4-17　互电容测量方法等效电路

差分激励信号L+、L–同样也是通过引脚配置来进行分配的，对引脚的配置方法请参考表4-3。测量作为X轴的扫描线时，将作为Y轴的感应引脚配置为激励。图4-18、图4-19所示分别为单Lift和多Lift互电容测量配置方式，激励信号多少决定了一次扫描的宽度。为了达到最佳的测量效果，需要设置合适的激励信号。

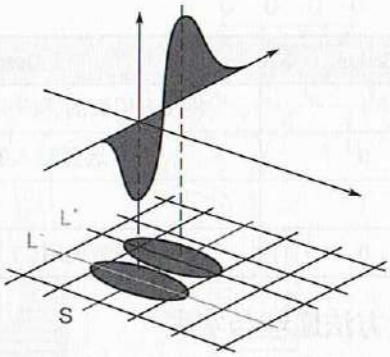


图4-18　单对Lift互电容测量

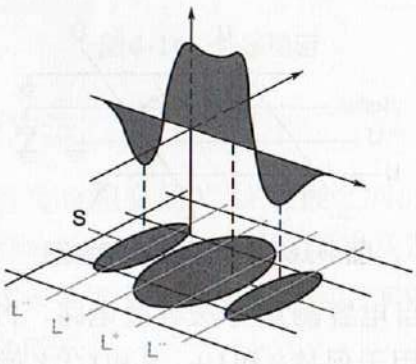
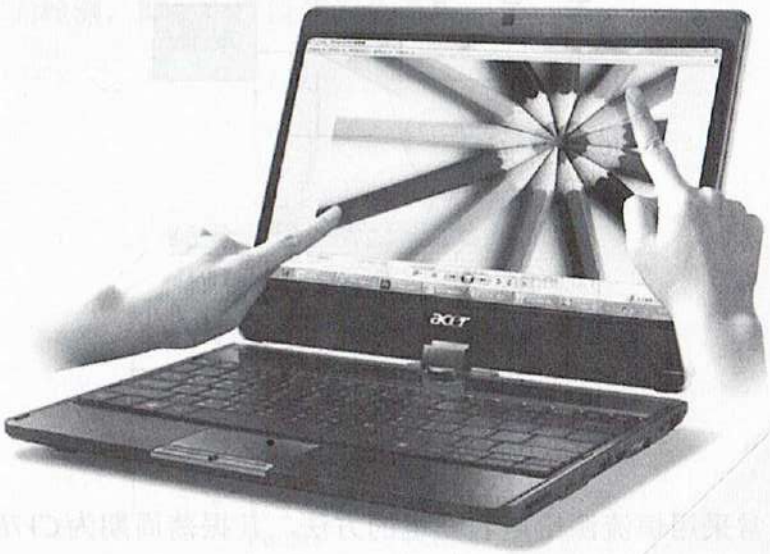


图4-19　多对Lift互电容测量

扫描过程中，将作为Y轴的感应引脚设置为激励信号输入，逐次测量作为X轴的感应引脚，从而确定手指坐标的X轴。反之可以确定手指坐标的Y轴。

第5章

电容触控算法解析



5.1 算法概述

一个触摸板通常由多条导电的条状数组形成的电容组成，手指的出现可以改变接局部的电容。对电极进行顺序的扫描，得到一组能够反映当前电容值的相应的数值，使用相应的算法来检测一个手指或多个手指的出现（触摸），如图5-1所示。

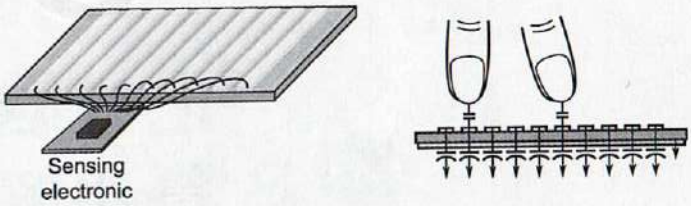


图5-1 触摸板操作示意图

下面介绍一下常见的检测方法，如图5-2所示。

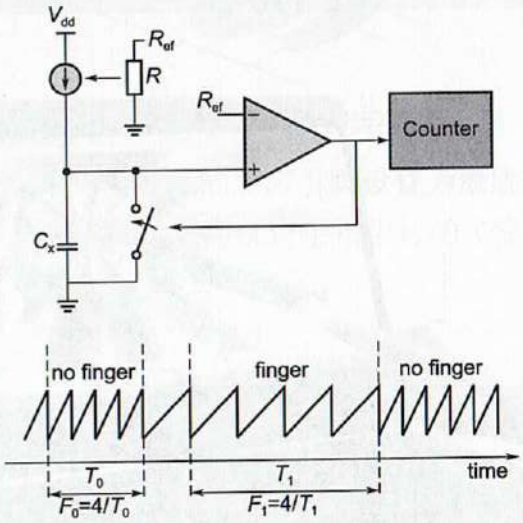


图5-2 绝对电容检测扫描方法

通常采用恒流源给电容充电的方法，其振荡周期为CV/I。电容C_x在没有手指触摸的时候小于有手指触摸的时候，这样有手指触摸时的振荡频率小于没有手指触摸时的振荡频率。通常手指检测需要计

数器统计数个周期，这样检测一根扫描线需要的时间就比较长，导致扫描速度慢。

目前该扫描方法最为流行，被Cypress, Synaptics和Microchip等公司采用。

PIXCIR的双端差分式的扫描方式（即相对电容1方法）结合核心算法，保证了在各种温度、湿度等大环境的改变下，数据不会有失真，这就是PIXCIR算法最有价值之处，如图5-3所示。

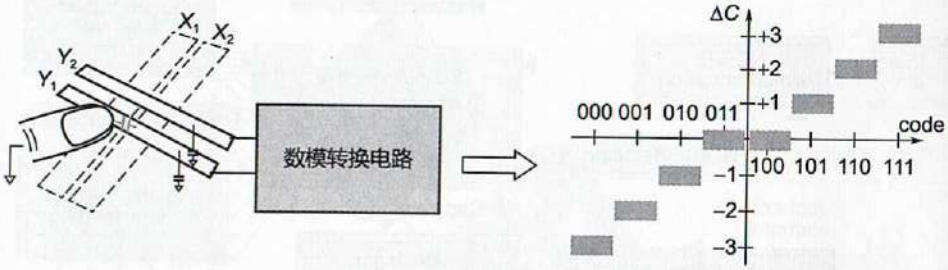


图5-3　PIXCIR使用的相对电容检测方法

PIXCIR的算法是基于空间导数的算法，这个检测信号既有正值也有负值。当一个从负值到正值转变时意味着一个手指的出现（可以改变方向检测，即：由正值变为负值）。

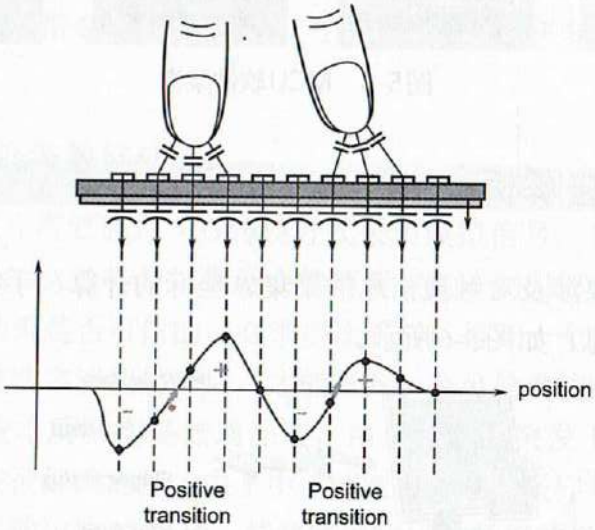


图5-4　检测数据示意图

位置检测是PIXCIR算法核心的部分，通过图5-4可以看出，PIXCIR的提取电容数据值既有正值也有负值，在正、负值有一次明显的变化，意味着有一个触控点。在完成这种趋势检测后可以确认是否被触控，有几个触控点等信息。图5-5是软件架构图，MCU运行的软件主要包括位置检测算法、降噪算法、手势识别等，并包含对Tango的配置程序，接口程序等。

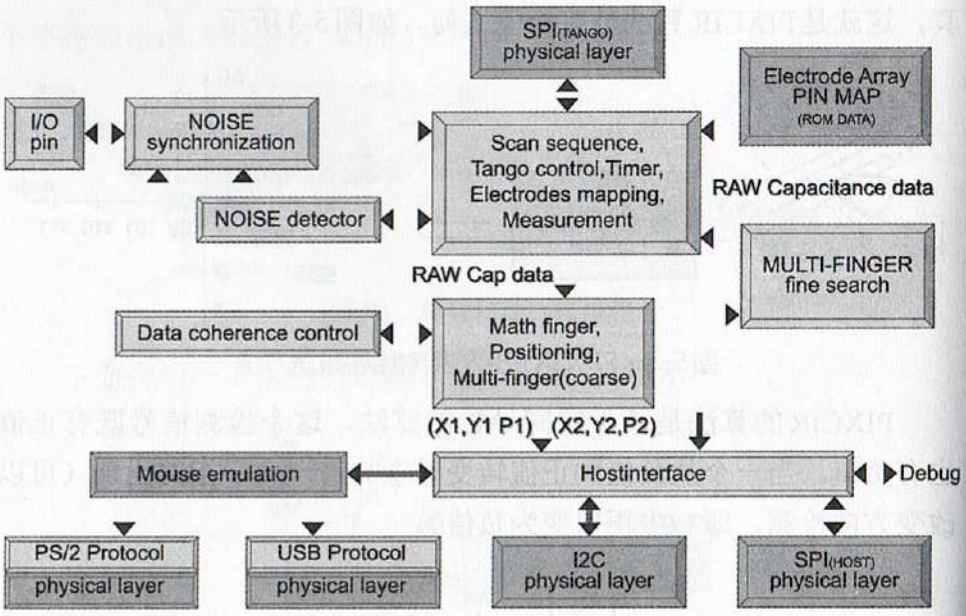


图5-5 MCU软件架构

5.2 算法解析

算法主要涉及对触摸信息的采集、坐标的计算、手指状态的判断以及压力信息，如图5-6所示。

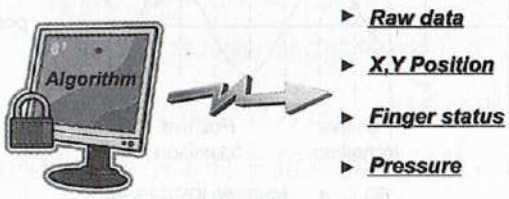


图5-6 算法主要信息示意图

5.2.1 原始资料的采集

什么是RAW DATA？

“RAW”在英文中有“原本”的意思，和它的名字一样。顾名思义，RAW DATA就是由电容感应芯片直接获取的原始数据，未经过CPU进行数字处理。RAW DATA必须由CPU进行数字处理转换。

如何采集数据，如图5-7所示。

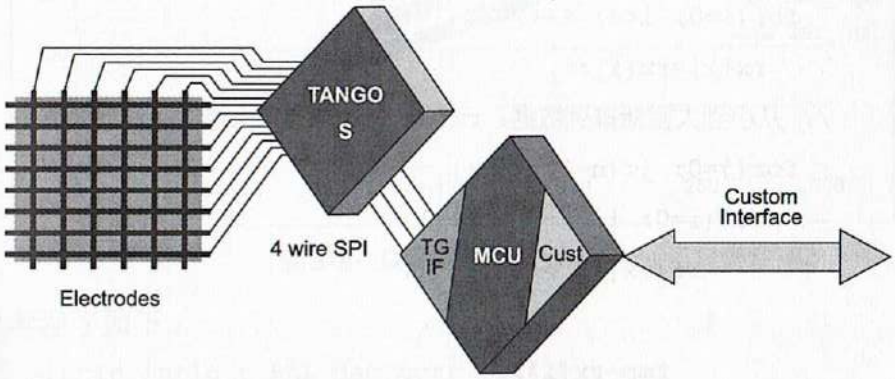


图5-7 Tango应用系统框图

MCU和Tango芯片之间通过4线SPI通信方式进行连接，MCU通过SPI总线发送指令给Tango芯片，Tango芯片返回采集回来的原始数据给MCU。

5.2.2 中值滤波数据处理

Tango芯片需要通过A/D转换方式采集模拟信号，当干扰作用于模拟信号之后，A/D转换结果就会偏离真实值。如果仅采样一次，是无法确定该结果是否可信的，必须多次采样，得到一个A/D转换的数据系列，通过数字滤波处理后，才能得到一个可信度较高的结果。

中值滤波本质上也是低通滤波，由于毛刺型突发干扰为高频干扰，故可以被很好地滤除。由于中值滤波进行N次采样才输出一次有效值（即采样输出比N：1），能够在干扰比较频繁的场合正常工作。另外，在N个数据样本中，中值样本通常受到的噪声干扰也比较小，

故中值滤波算法也具备一定的抗随机干扰能力（其能力与N正相关）。采用中值滤波的数据采集任务函数，参考程序如下：

```
int16_t median_sort_int16(int16_t rx[], uint8_t n)
{
    uint8_t i,j;
    int16_t tmp;
    for(i=0; i<n; i++)
      rx[i]=rx[i];
  // 从小到大重新排列数据。rx[0]为最小值，rx[N-1]是最大值。
    for(j=0; j<(n-1); j++)
      for(i=0; i<(n-j); i++)
        if(rx[i] > rx[i+1])
        {
          tmp=rx[i];
            rx[i]=rx[i+1];
            rx[i+1]=tmp;
        }
    if(n%2==0)
        return (rx[n/2]+rx[(n/2)-1])/2; // 如果n是偶数，计
算两个中值的平均值。
    else
        return rx[(n-1)/2]; // 如果n是奇数，返回中值。
}
```

5.2.3 DAC线性修正

由于传感器存在一定程度的非线性，即被检测的物理量与最终得到的数字量之间不是严格的线性关系，为了得到物理量的真实值，必

须建立被检测的物理量与转换后的数字量之间的对应关系（即“线性变换”），建立这种对应关系的过程就是“DAC线性修正”。

用坐标系表示如图5-8所示。

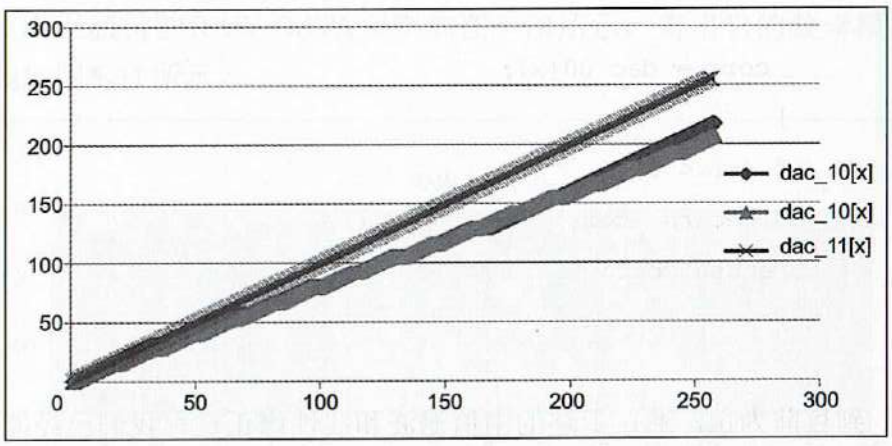


图5-8 DAC线性修正示意图

参考程序如下：

```
static int16_t SAL_dac_corr (int16_t xi)
{
    int  x;
    int16_t corr;
    if (xi < 0)
      x = -xi;
    else
    x = xi;
    if (m_g1g0 == 3)        //当g1g0 = 11时
    {
      corr = dac_11[x];
     }
    else if (m_g1g0 == 2) //当g1g0 = 10时
    {
```

```
    corr = dac_10[x];
  }
else                                    //当g1g0 = 01或00时
{
    corr = dac_00[x];
  }
if (xi < 0)
    return -corr;
return corr;
}
```

到目前为止，通过上述的中值滤波和线性修正过程我们已经能够获取到比较理想的数据。

5.2.4 计算手指坐标

手指在触摸屏上精确定位是用户所希望的，通常要求小于1mm。由于触摸屏的ITO图形通常为菱形，菱形块的尺寸被设计在对角在线一般为4～6mm，所以当手指触摸时，一般会有4个菱形块被触摸到（横向和纵向各两个），也有可能更多。图5-9是手指在触摸屏上定位的一个例子，可以看到，当手指按下时，Tango芯片扫描到的一组数据。

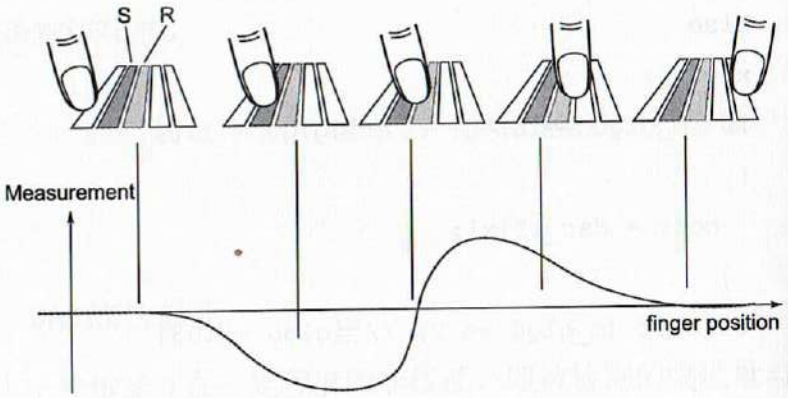


图5-9 手指在不同位置上得到的信息

5.2.5 数学模型化处理

（1）离散信号处理

由已获得的RAW DATA资料如图5-10所示，得出它的数学模型曲线如图5-11所示。

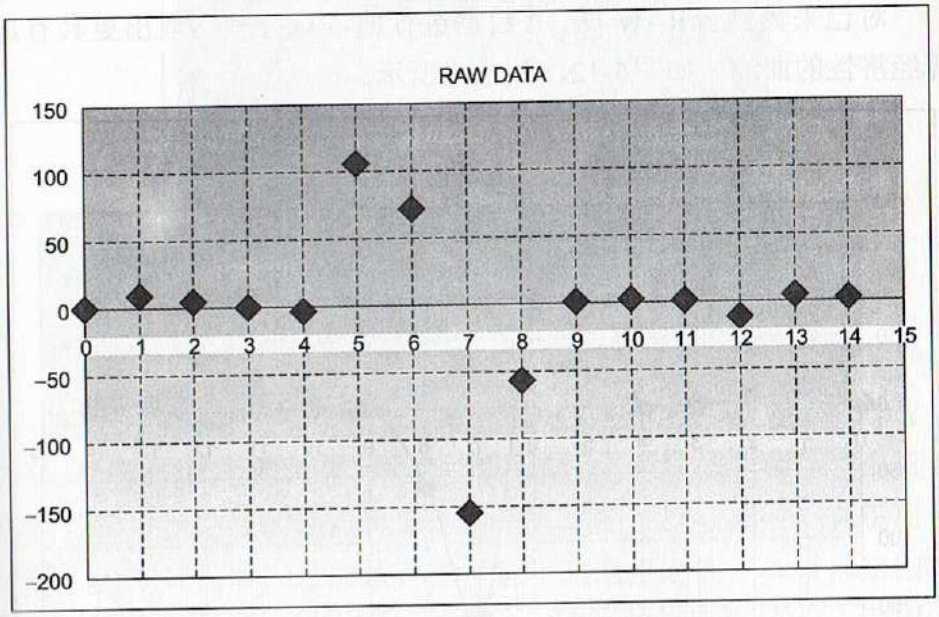


图5-10 RAW DATA示意图

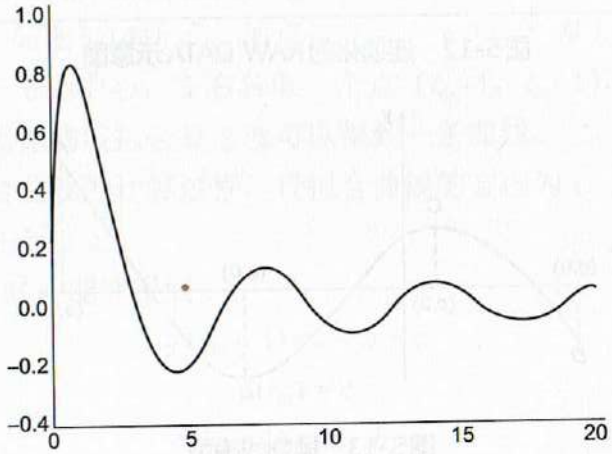


图5-11 数学模型曲线

通过对数据的收集，可以看到一个离散的类似于正弦信号分布。因此可以得到类似的数学模型 $Y=\sin X$，但由于正弦函数计算复杂，需要使用具有数字元信号处理功能的芯片来进行计算，这种方法不具有经济性。

（2）连续信号处理

对已采集到得RAW DATA数据进行曲线化处理抽取出更具有运算经济性的曲线，如图5-12、图5-13所示。

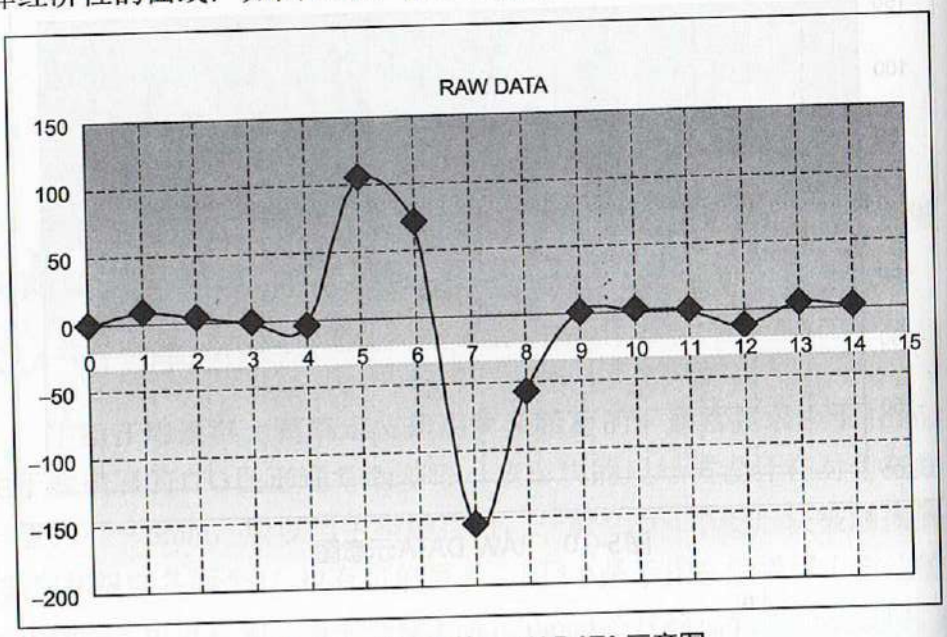


图5-12　连续化的RAW DATA示意图

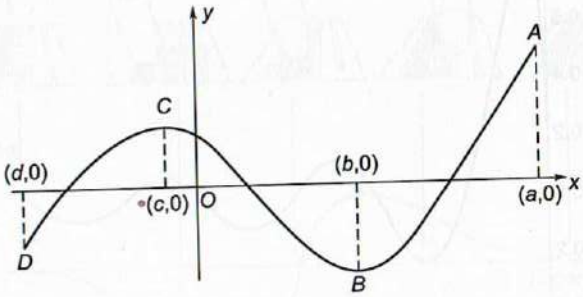


图5-13　抛物线模型

（3）具体定位方法

我们可以使用抛物线插值算法来精确定位，如图5-14所示，已知一条曲线$y=f(x)$上的3点，过此3点可以作一抛物线，即一条二次曲线，且是唯一的。

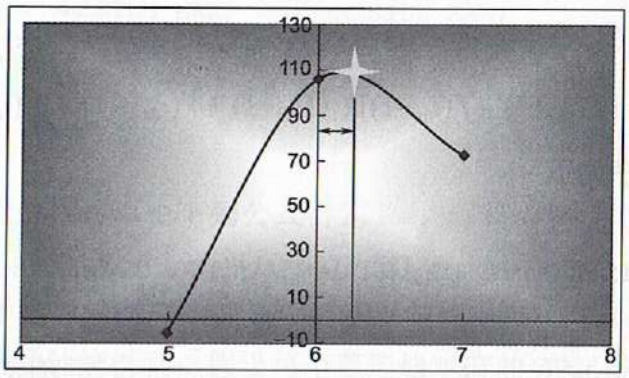


图5-14　抛物线示意图

在采集的手指信息过程中，数据被离散化，成为如图5-14中X轴所示的一系列的数据，分别对应一系列的i_{dx}。在手指定位中，最重要的就是确定抛物线的顶点位置，由于采集的数据被离散，真正顶点一般不会刚好是对应i_{dx}的值，通常位于某两点之间。如果已知抛物线的某个范围内有一个最高点，如$i_{dx}=6$时正好对应的是这一范围内获得的最大值，则顶点的位置和$i_{dx}=6$一定非常接近，误差不会超过1个i_{dx}单位，如图5-14所示，顶点位于$i_{dx}=6$（i_{dx}）和$i_{dx}=7$（$i_{dx}+1$）之间，以$i_{dx}=6$为中心，左右各取一个点（$i_{dx}-1$，$i_{dx}+1$），利用这3点对应的值，用抛物线拟合算法就可以得到一条曲线。

下面给出拟合曲线的计算过程，设拟合曲线的方程为：

$$Y=ax2+bx+c$$

当$x=0$时，能够得到：

$$f(i_{dx}-1)=a-b+c \tag{5-1}$$

$$f(i_{dx})=c \tag{5-2}$$

$$f(i_{dx}+1)=a+b+c \tag{5-3}$$

将公式$c=f(i_{dx})$代入公式（5-1）、式（5-3）

$$a = [f(i_{dx}+1) + f(i_{dx}-1) - 2f(i_{dx})]/2 \tag{5-4}$$

$$b = [f(i_{dx}+1) - f(i_{dx}-1)]/2 \tag{5-5}$$

通过抛物线顶点坐标公式来求解：

$$x = -b/(2a) \tag{5-6}$$

将公式（5-4）、公式（5-5）代入公式（5-6），可得：

$$X = [f(i_{dx}+1) - f(i_{dx}-1)]/(f(i_{dx}+1) + f(i_{dx}-1) - 2f(i_{dx}))$$

参考程序如下：


```
int16_t fit3_residu (int16_t left, int16_t center, int16_t right)
{
  #define RESIDU_MAX 62                    //< 定义返回的最大绝对值为62
  int n, d, x;
  n = (left - right) * 32;
  d = (left + right) - 2 * center;
  if (d==0)
    return 0;
  else if (d<0) //正常状态下
    {
      if ((n < (1<<14)) && (n > -(1<<14)))
        x = (2*n)/d;
      else
        x = 2*(n/d);
    }
  else //当前后坐标的值之和大于当前坐标值得2倍。在手指刚好靠近时
    {
    if (left > center)
      return -31;
    else
```

```
        return 31;
    }
    // 确定最大值
    if (x > RESIDU_MAX) x = RESIDU_MAX;
    if (x < -RESIDU_MAX) x = -RESIDU_MAX;
    return x;
}
```

具体手指位置可以由下列公式得到：

$$Position = idx*512 + fit3\_residu$$

dx表示手指触摸时产生的最大值所对应的idx值，fit3_residu的值由上述拟合曲线计算得到，假设每个菱形块对应的DPI分辨率为512，可计算出精确的手指坐标，而对于边缘情况则需要做特殊处理，如图5-15所示。

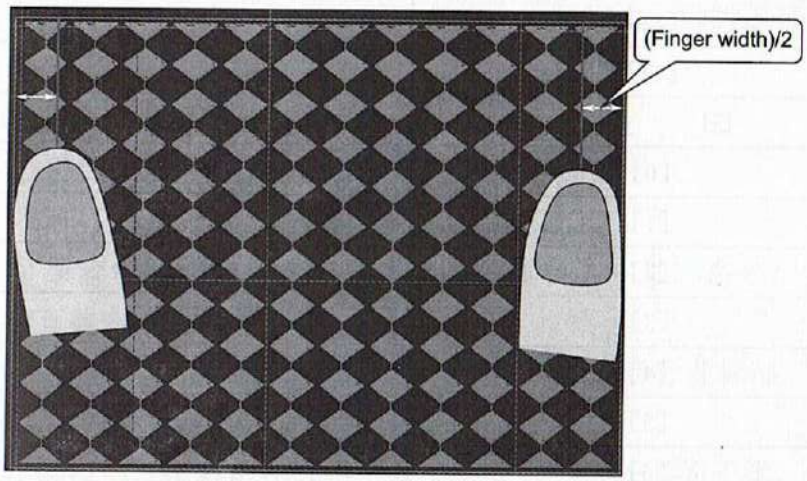


图5-15　边缘手指情况

5.2.6　判断手指状态

① 设置X坐标和Y坐标的触发阈值。

② 分别对X和Y轴扫描到的值和阈值进行比较，如图5-16所示。

Name	Value
⊟ xxraw	[···]
[0]	–127
[1]	–7
[2]	–10
[3]	–5
[4]	–25
[5]	–126
[6]	4
[7]	120
[8]	2
[9]	–5
[10]	0
[11]	2
[12]	0
[13]	0
⊟ yyraw	[···]
[0]	2
[1]	11
[2]	–6
[3]	–39
[4]	–131
[5]	–17
[6]	114
[7]	57
[8]	–5
[9]	0
[10]	0

图5-16 已获取的RAW DATA值

例如：

Ymax=114, Ymin=−131, Xmax=120, Xmin=−127, Yth=45, Xth=45

当满足条件Ymax＞Yth，abs（Ymin）＞Yth，Xmax＞Xth，abs(Xmin)＞Xth时，确定手指按下，即finger staus = 1，abs表示绝对值。

上述为算法的基础知识介绍，下面简述应用过程中最常见的校准问题是如何通过算法解决的。

5.3 自动校准（Autocalibration）

（1）为什么要进行自动校准

自动校准就是根据设备的要求，通过使用系统的功能组件自动实现要达到的目标。这样根据性能要求来保证这些组件测量和测试设备的精确度和可靠性。同样在我们触控应用的过程中会面临着各种各样的外界的干扰，怎么样保持着设备永久良好的运行，这就需要有很好地自动校准功能，这样就节省了更多的人力和物力。同时保证产品在应用端得到更好的发挥。

（2）校准的标准

① 可受性：适用于被测试的和应用的产品。

② 可行性：能够达到预期的校准要求。

③ 兼容性：能与标准测量系统进行兼容，并且同系列产品之间能够相互兼容。

④ 标准性：最好能够使用具有相关的国际或者行业标准。

（3）校准在触控技术中的原理及应用

在触控中，电容屏在外界中难免会受到一些外界的干扰，比如说水，和其他一些在带有电容性的杂质。如果不进行及时的校准，就会严重影响划线的效果，以及对手指存在与否的误判。而在应用端则直接被判定报废，为了能减少这种不必要的损失，需要及时地在触控演算中引入校准功能。

为了减少不必要的成本，我们引入自动校准，主要是在软件应

用端进行。下面就是介绍PIXCIR在软件上的校准原理及实际应用。PIXCIR应用互容式扫描方式进行对触摸屏的数据采集。

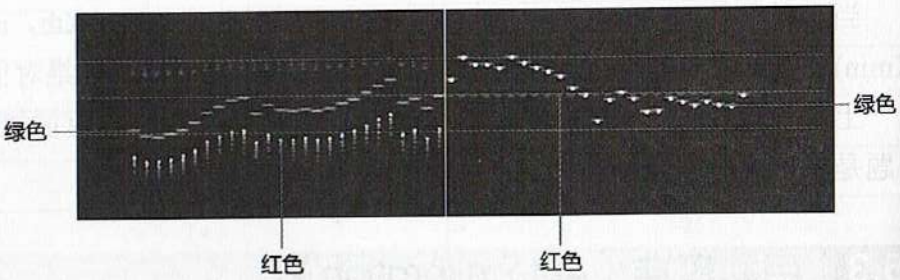


图5-17　上电自动校准中效果图

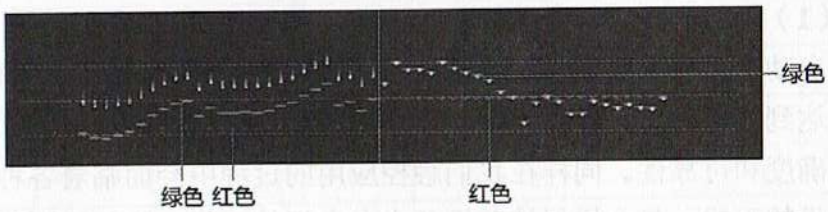


图5-18　受干扰后进行自动校准

图5-17，图5-18分别是PIXCIR Tango C 芯片上电和受干扰后自动校准图，其中红色的是Raw_calibrated 数据，绿色的是Raw_data值，黄色的是Baseline的值。如图5-19所示红色数据为校准以后的值。

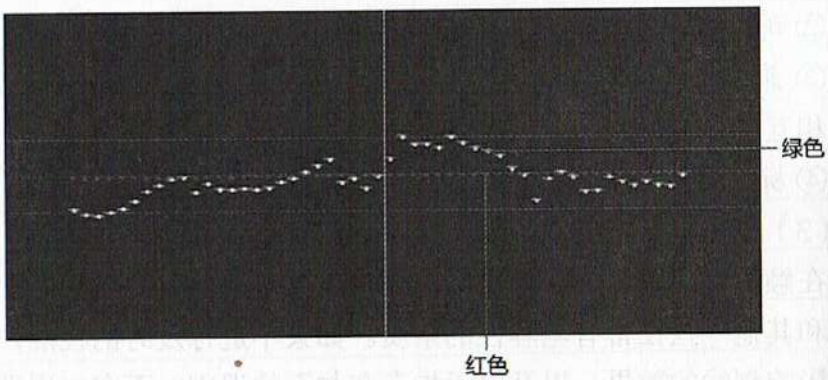


图5-19　自动校准后效果图

这样在每次自动校准以后，都能使触控芯片能够很好地跑动起来，不会因为外界的干扰而产生无辜死机或者有效数据被干扰的现象。

第6章

电容式触控应用设计实例解析

电容式触控屏常规可分为4大部分，即感应玻璃屏体部分、强化玻璃盖板、FPC软板、感应芯片。下面我们先介绍触控屏的主体——屏体的设计。

6.1 触控屏体设计

触控屏体是感应信号的核心单元，它是附着在玻璃基板上的一层有特殊图案的透明的导电介质，通常是ITO。本节着重介绍怎样设计这些特殊图案，以及需要注意的事项，我们拿最常用的菱形图案为例。

① 首先我们需要了解屏体层次结构，一般制程需要最多4层光罩，最下面是玻璃基板，依次为导电ITO层、绝缘SiO_2层、金属层、外围OC保护层，如图6-1所示。

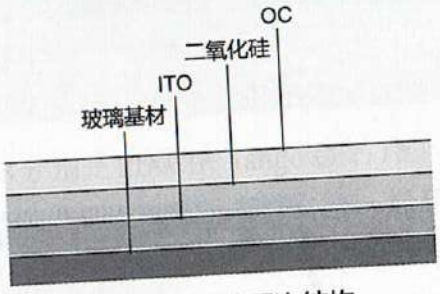


图6-1 屏体层次结构

② 其次是菱形单元大小的确定，我们建议菱形对角线长度选在5～6mm，距离太小会对感应信号强度减弱，距离太大会对线性有影响。

如图6-2所示，选定菱形对角线长度在5.3mm左右，相互之间缝隙为30μm。

③ 其次是桥接结构的选定，在这里我们选定T形搭桥，金属搭桥1结构连同左右两边的两个ITO菱形，实现实际搭桥走线效果，如图6-3所示。金属搭桥2结构是为了降低上下ITO较小宽度走线，带来高阻抗问题。

④ 边缘金属走线的设计，边缘金属是连接感应电极ITO到

芯片的中间桥梁，要求它感应信号的能力越弱越好，以减少金属引进的干扰。所以考虑以下设计规则：

a. 金属走线线宽尽量小，阻抗尽量小，一般为40μm；

b. 金属之间的间距尽量小，一般为40μm；

c. 尽量采用紧凑的蛇形走线，如图6-4所示。

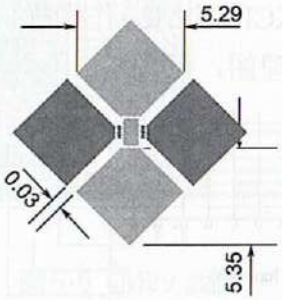


图6-2　屏体层次结构

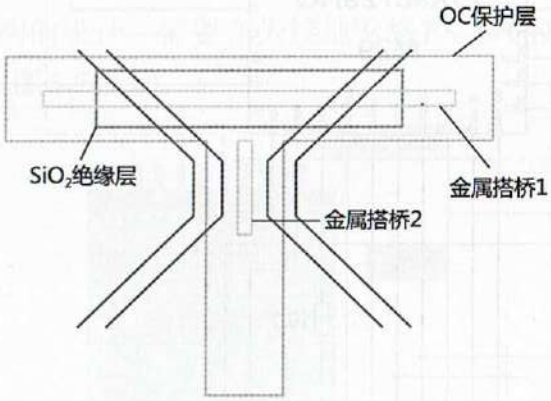


图6-3　桥接结构示例图

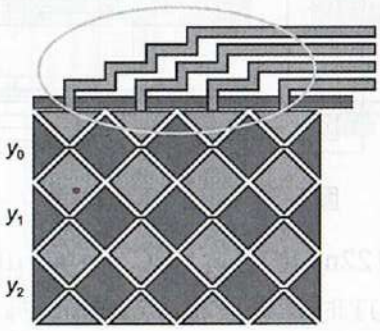


图6-4　边缘走线示例图

FPC 软板是连接玻璃屏体和触控IC 的桥梁，是最为直观的触控屏的另一部分，下面将介绍软板的设计规则。

6.2 软板FPC版图设计

在这里我们选用PIXCIR的M29作为样例。

① 首先需要确定原理图，见图6-5。

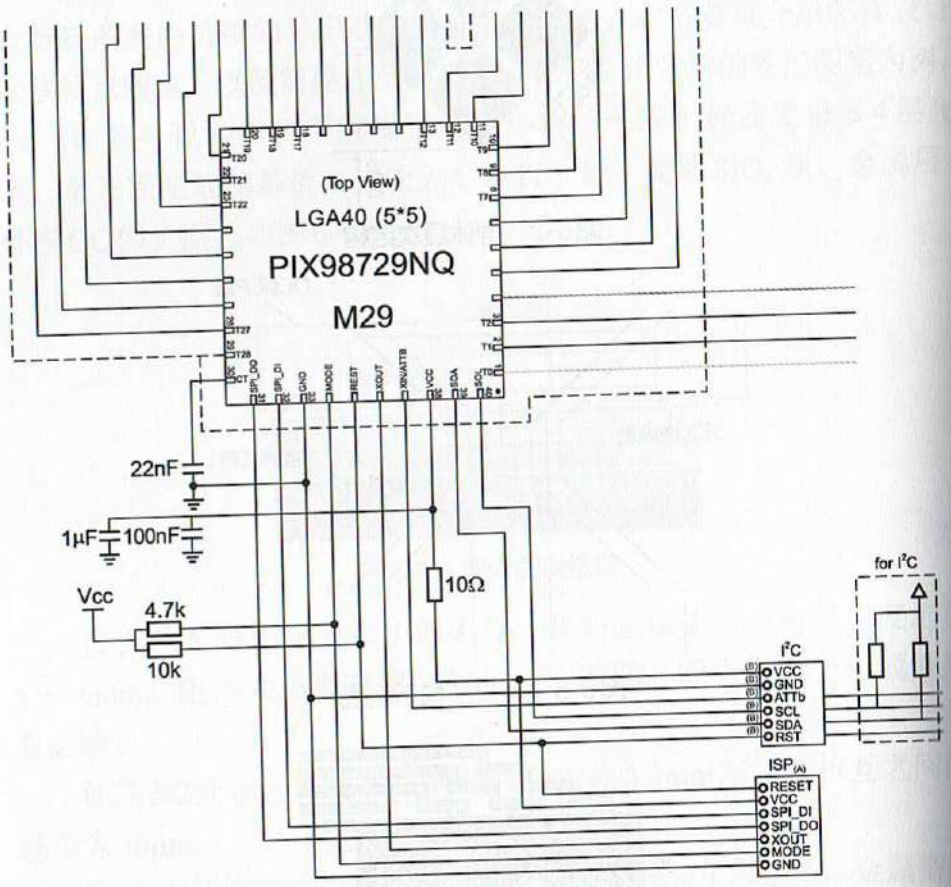


图6-5 M29 FPC原理图

注意：CT pin的22nF电容，VCC pin的1μF和100nF电容以及10Ω电阻绘制LAYOUT时要靠近相应芯片pin脚，以免引进更多的噪声（noise）。

② 下面我们需要把原理图转化为实际需要的版图，接口部分主要分为金手指压合pin脚、ISP接口、I²C接口，如图6-6所示。

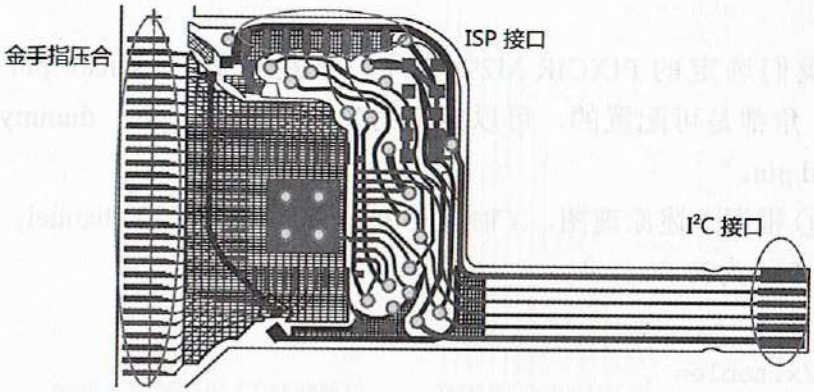


图6-6　M29 版图

注意：sensor line 走线要对称，相邻之间间距要尽量保持一致。

③ ESD 结构的设计，需要在为接地网络ES 和GND 直接对接一些放电三角，如图6-7所示。

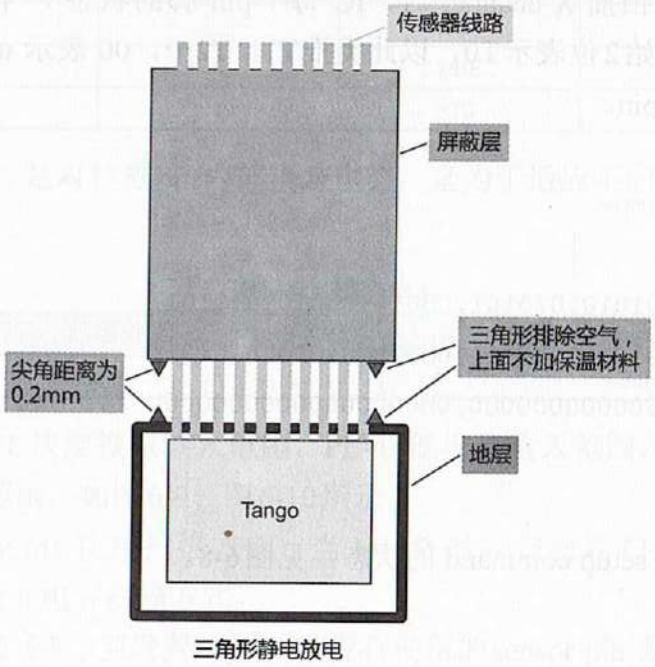


图6-7　M29 ESD结构设计图

6.3 配置触摸屏

我们选定的 PIXCIR M29 芯片，一共有 29 个sensor pin，每个pin 角都是可配置的，可以定义为X or Y sensor pin，dummy pin，unused pin。

① 根据上述原理图，*X*轴有15 channel，*Y*轴有10 channel，定义T0 ～ T14 为X channel：

```
//x.table=
{
0,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,
},
```

设置当扫描 X channel 时，IC 每个pin 脚的状态，下图从右下角开始，开始2位表示T0，以此类推T1，T2…，00 表示 unused pin，01 表示 lift pin。

```
//x.stamp=
{
0b0101010101010101,0b0101010101010101,
0b0101010101010101,0b0101010101010101,
0b0000000000000000,0b0000000000000000,
},
```

设置X setup command 的状态，见图6-8。

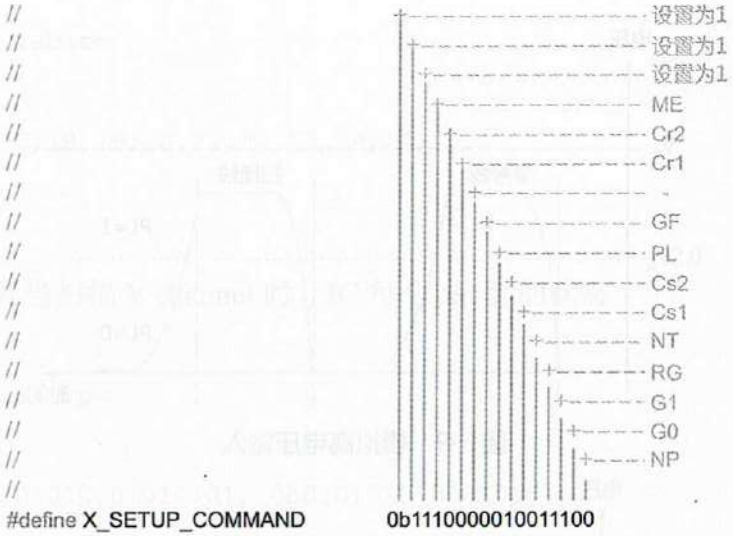


图6-8 设置X setup command 的状态

G1G0 表示触控IC的Gain值，见表6-1。

表6-1 Gain设置

G1	G0	Resolution	Max range
0	—	8fF	2.0pf
1	0	16fF	4.1pf
1	1	32fF	8.2pf

Cs、Cr是对扫描pin内部耦合电容，是为了适应不同传感器布局（见表6-2）：

表6-2 耦合电容

CR1	CR0	CS1	CS0	Description
2	1	2	1	Added pico Farad

标志PL决定模拟输入范围，PL=0 低电压输入范围，PL=1 是高电压输入范围，如图6-9、图6-10所示。

标志位ME决定扫描方式，当 ME=0 时是自电容扫描方式，当 ME=1 时是互电容扫描方式。

标志位 GF，当设置GF =0 时没有使用的sensor pin 是悬空状态，当GF=1 时没有使用的sensor pin 是连接到GND。

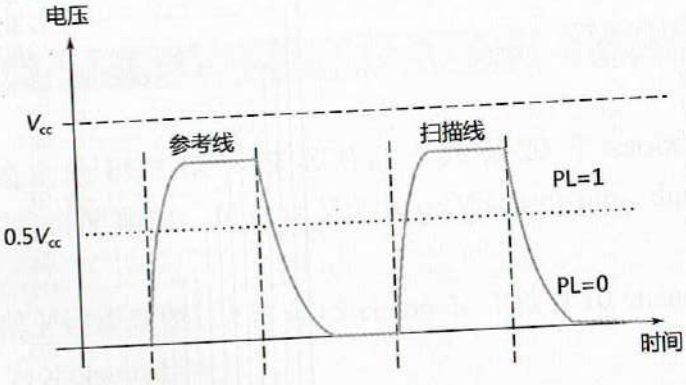


图6-9 模拟高电压输入

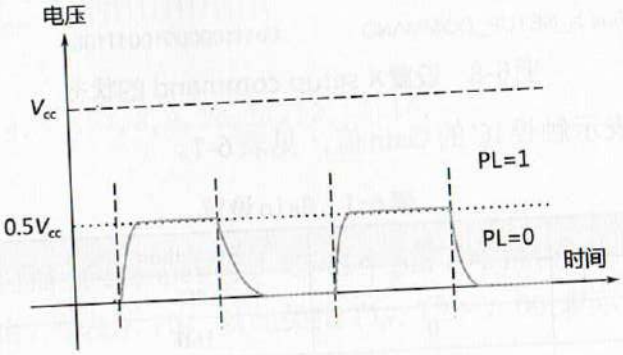


图6-10 模拟低电压输入

设置手指的门限值 X.thr=40，如图6-11，当感应信号幅度大于门限值时，就认为有手指触摸。

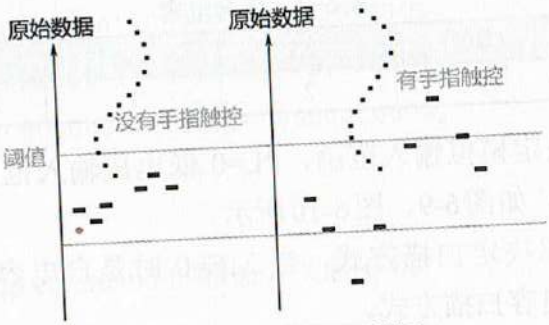


图6-11 手指信号判断

② 同样的方法设计 Y 轴的参数，定义 T16—T25 为 Y channel：

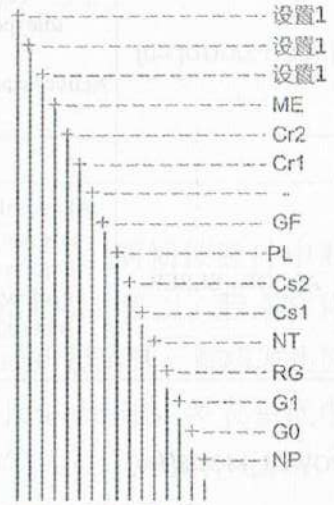
```
//y.table=
{
16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,
},
```

设置当扫描 Y channel 时，IC 每个 pin 脚的状态：

```
//y.stamp=
{
0b0101010101010101, 0b0101010101010101,
0b0101010101010101, 0b0101010101010101,
0b0101010101010101, 0b0101010101010101,
},
```

设置 Y setup command 的状态，见图 6-12：

```
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
//
#define X_SETUP_COMMAND
```



0b1110000010011100

图6-12　设置Y setup command 的状态

设置手指的门限值 Y.thr=40，原理同上。

③ 配置分辨率，要与实际 TFT 的分辨率匹配：

```
//.options.X_res=
1024,
//.options.X_res=
600,
```

④ 配置电源管理模式：

```
//.options.power_mode=
(5<<4) | (1<<2) ,          // Active mode, Allow sleep ON
```

如表6-3所示，power_mode 每一位的定义，低两位表示芯片运行的状态，M29 提供4种电源管理模式，Active mode，Sleep mode , Deep sleep mode ,Freeze mode , 其中 Active mode 和 Sleep 是可以自动相互转化，例如当没有手指触摸T s 后，芯片自动进入 Sleep mode，以降低功耗，T的时间由 power_mode 的高四位决定，计数公式见表6-3：

表6-3 电源管理寄存器

Address	Name	Desceiption
7-4	IDLE_PERIOD[3-0]	refer to ALLOW_SLEEP function description Idle_period_time=k*16*Active_scan_period_time[s], k=value of IDLE_PERIOD[3-0] Active_scan_period_time=duration[s]of a scan period in active mode.
3	-	Not used
2	ALLOW_SLEEP	Allow self demotion from active to sleep mode,provide that this flag is set.If the MSI device is in active mode and no finger is detected for more than IDLE_PERIOD time,then it allow automatically jumps to sleep mode.If this flag is not set,the host must explicitly switch the device from active to sleep mode.
1-0	POWER_MODE[1-0]	Power mode setting of the MSI device: 00:Active Mode 01:Sleep Mode 10:Deep Sleep Mode 11:Freeze Mode

一般还需要host 发命令给 slave TP 进入 Freeze 模式，以减少主机睡眠时的功耗，见图6-13：

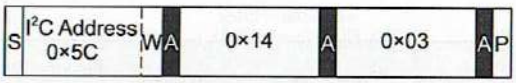


图6-13　冰冻模式I2C时序

唤醒的方式有两种，复位slave TP 和 外部中断唤醒：

• RST pin pull down（connect to the Ground）（default）

• ATTb pin change（“1 to 0”or“0 to 1”）

请注意，下面所示的复位唤醒时序，复位脚需要拉低超过100ms，而后MCU 需要150ms 初始化时间，见图6-14。此期间不会应答主机信号：

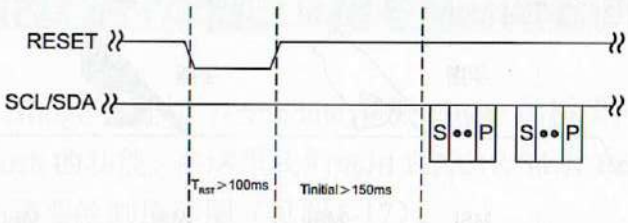


图6-14　复位唤醒时序

⑤ 配置中断类型和中断脉冲宽度：

```
//.options.INT_mode=
0b00001101,
//.options.INT_width=
200,
```

在这里我们提供3种中断方式：第一，周期性脉冲中断，slave TP 在数据更新后都会发送中断脉冲给host；第二，状态变化脉冲中断，例如有坐标变化或是有手指按下或抬起离开，都将发生脉冲中断给host；第三，低电平中断，当有手指touch 时，将发生低电平信号给host，手指离开时，将发生高电平给host，如表6-4所示：

表6-4　中断寄存器

Address	Name	Description
7-4	-	Not used

续表

Address	Name	Description
3	EN_INT 中断使能位	0：disable interrupt mode 1：enable interrupt mode
2	INT_POL 中断电平选择位	0:the interrupt is low-active（default） 1:the interrupt is high-active
1-0	INT_MODE[1-0] 中断模式	00:INT assert periodically 01:INT assert only when finger moving 10:INT assert only when finger touch（default）

例如上述 INT_mode= 0b00001101 的时序为（见图6-15）：

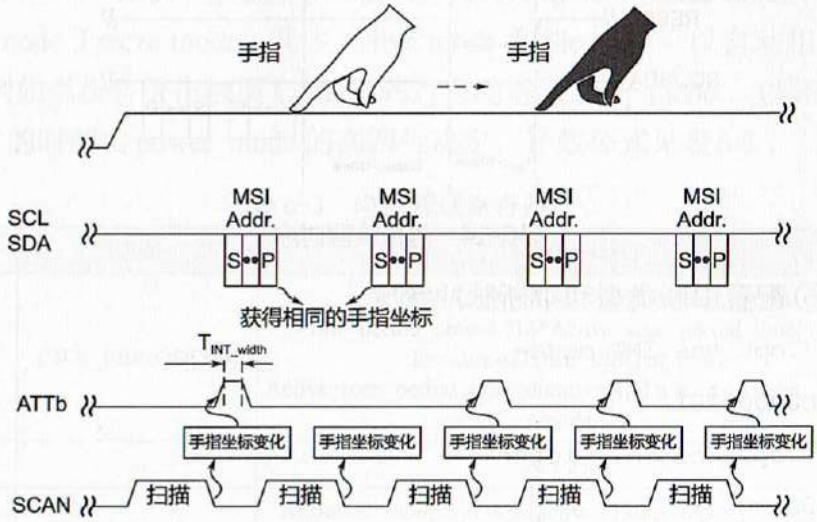


图6-15　中断时序

⑥ 配置 Finger ID：

```
//.options.finger_id
1,
```

我们提供3种情况的 finger ID 状态，如图6-16所示：

可能的转换

From	To	结果
0 finger	1 finger	手指个数为1
1 finger	2 fingers	新增手指个数2
2 fingers	1 finger	手指个数变为1

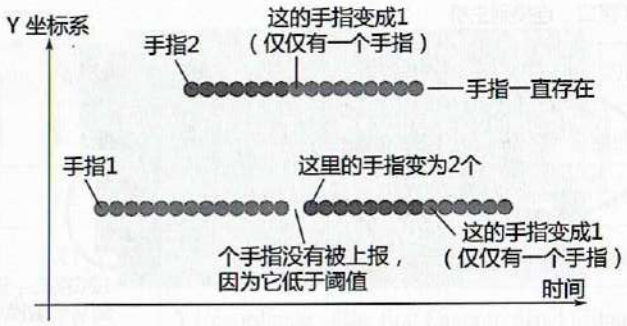


图6-16　finger ID 状态时序

6.4 触控芯片 I²C 接口介绍与 Master bridge 设计

Master Bridge 是连接 TP module 和测试 host 的桥梁，通常它需要起到 I²C 转 usb 的功能，在这里我们选用 PIXCIR 84 版 Bridge 为例。

① 首先需要绘制原理图（见图6-17）：

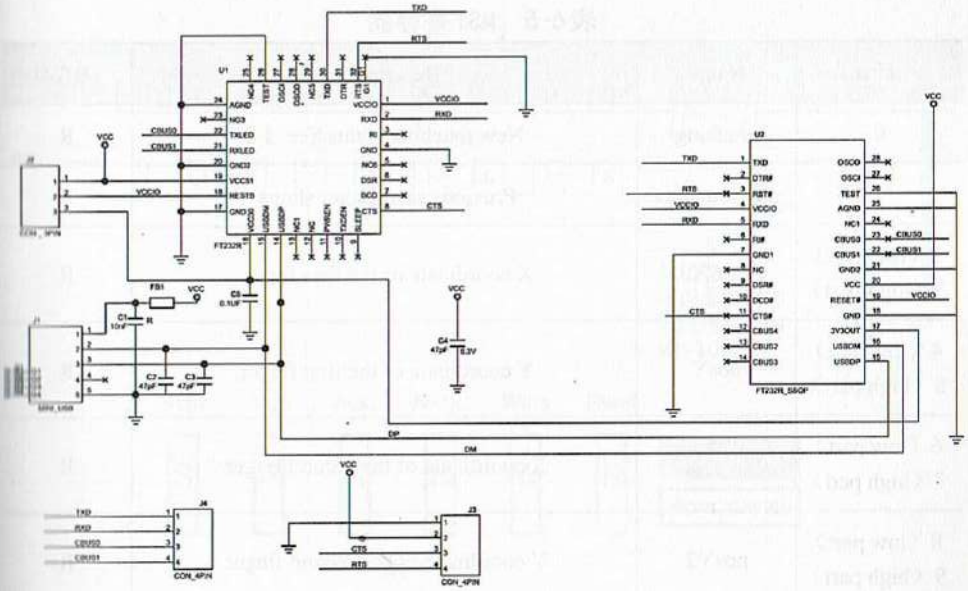


图6-17　Master Bridge 原理图

② 实际的 Master bridge hardware（见图6-18）：

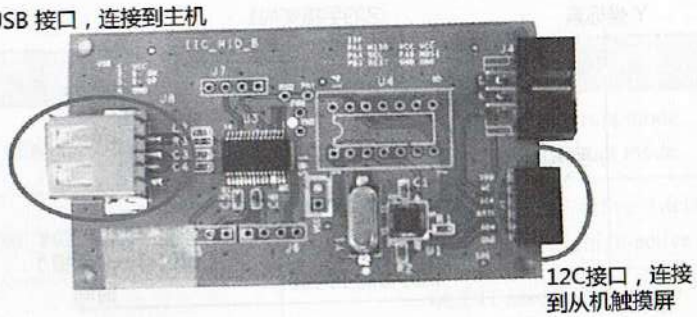


图6-18　Master bridge

③ 我们选用的PIXCIR Tango M29 IC 的 MSI Register 存储我们需要的坐标信息和一些debug 信息，我们将对它进行读写操作，获得我们想要的信息。

首先介绍MSI Register 的结构，它是有252个字节空间的结构体，在这里仅仅列举18个地址空间，其中包括手指的状态信息和坐标信息，如表6-5所示：

表6-5　MSI 寄存器

Address	Name	Description	R/W
0	touching	New touching status.See §8	R
1	old_touching	Previous scan finger status.	R
2（low part） 3（high part）	posX	X coordinate of the first finger.	R
4（low part） 5（high part）	posY	Y coordinate of the first finger.	R
6（low part） 7（high part）	posX2	X coordinate of the second finger.	R
8（low part） 9（high part）	posY2	Y coordinate of the second finger.	R
10	X1_W	X1 coordinate touch area of the first finger.	R
11	Y1_W	Y1 coordinate touch area of the first finger.	R

续表

Address	Name	Description	R/W
12	X2_W	X2 coordinate touch area of the second finger.	R
13	Y2_W	Y2 coordinate touch area of the second finger.	R
14	X1_Z	X1 coordinate of the first finger to panel distance	R
15	Y1_Z	Y1 coordinate of the first finger to panel distance	R
16	X2_Z	X2 coordinate of the second finger to panel distance	R
17	Y2_Z	Y2 coordinate of the second finger to panel distance	R

④ M29 芯片作为 I²C slave 设备，遵循标准的 I²C 协议和一些 PIXCIR 特殊的 I²C 读写执行。

基本的 I²C 操作为（见图6-19）：

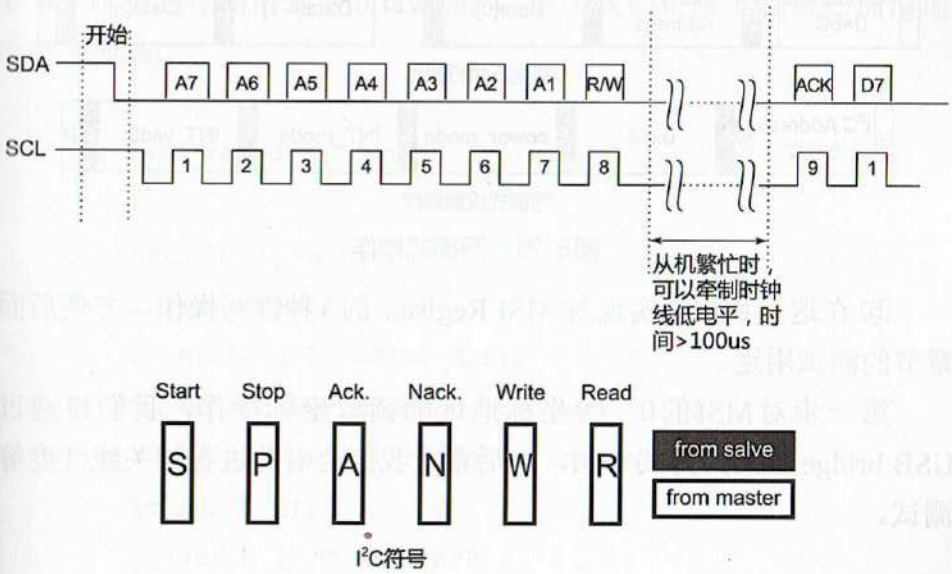


图6-19 I²C执行时序

定义的对 MSI Register 的读的执行，读之前要先发送要读寄存器的首地址，之后匹配的地址空间的值会回传给 master（见图6-20）：

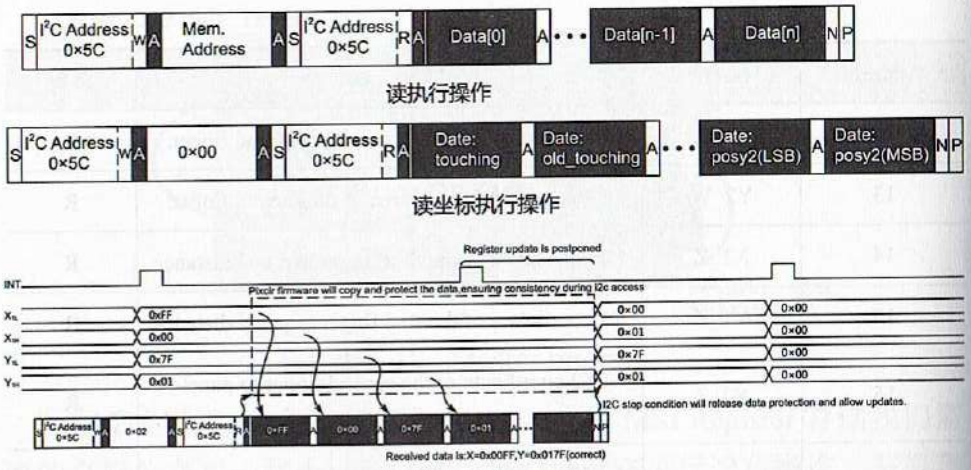


图6-20　接收数据时序

定义的对 MSI Register 的写执行操作，同样在写数据之前，要先发送要写寄存器的首地址，然后需要master 发送的数据才会写入对应的地址空间，见图6-21。

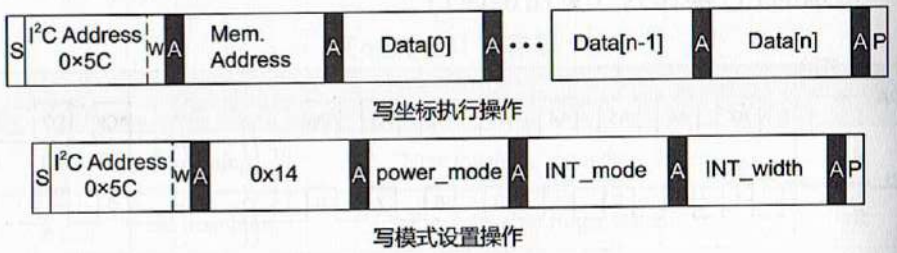


图6-21　写模式操作

⑤ 在这里我们将实现对 MSI Register 的3种读写操作，方便后面章节的测试用途。

第一步对MSI的0～9坐标地址的读取坐标操作，我们将通过USB bridge上报到测试 GUI，之后章节我们会对此进行相关线性度等测试。

```
void read_position (void)
{
        i2c_start ();
```

```
    i2c_write (I2C_WRITE_APP);
    i2c_write (0);
    i2c_stop ();
        i2c_start ();                    // Repeated start
      i2c_write (I2C_READ_APP);
        for (i=0; i<17; i++)
        {
            *((unsigned char*) (&pos) + i) = i2c_read (1);
        }
        *((unsigned char*) (&pos) + i) = i2c_read (0);
        i2c_stop ();
}
```

第二步我们将对 MSI Resisger地址的第61 ～ 124地址空间进行读写，此空间存储的是 M0 rawdata ，后面我们将用于测试扫描信道的 open/short。

```
void read_raw_data (void)
{
    read_XN_YN_value(); // get X and Y channel Number .
    i2c_start();
    i2c_write (I2C_WRITE_APP);
    i2c_write (POS_ADDR(pos.xy_raw1[0]));
        // xy_raw1[0] register address
    i2c_start ();
    i2c_write (I2C_READ_APP);
    for (unsigned char i=0; i<YMAX*2; i++)
  {
        *((unsigned char*) (&pos.xy_raw1[0]) + i) = i2c_
```

```
read (1);
      }
        i2c_read (0);
        i2c_stop ();
        i2c_start();
        i2c_write (I2C_WRITE_APP);
        i2c_write (POS_ADDR(pos.xy_raw2[0]));
        i2c_start ();
        i2c_write (I2C_READ_APP);
        for (unsigned char i=0; i<XMAX*2; i++)
      {
            *((unsigned char*) (&pos.xy_raw2[0]) + i) = i2c_
read (1);
      }
        i2c_read (0);
        i2c_stop ();
    }
```


第三步我们将对MSI Resisger 的第190～193 地址进行操作，来获取M1 rawdata，以便我们上传GUI，为后面的光栅模式测试。

```
void read_raster (void)
{
unsigned char x_tot;
read_XN_YN_value();     // get X and Y channel Number
i2c_start ();
i2c_write(I2C_WRITE_APP);
i2c_write(POS_ADDR(pos.cross_enable));                    //
enble cross scan
```

```
i2c_write(2);
i2c_stop();

  if (Tango_number==1)
        x_tot = x_nb_electrodes;
  else
        x_tot = x1_x2_nb_electrodes;

    for (unsigned char y=0; y<=y_nb_electrodes; y++)
     {
       if (y == 0)
        PIXCIR_tx232 ('S');      // start line
       else
        PIXCIR_tx232 ('R');      // scan line

       for (unsigned char x=0; x<=x_tot; x++)
       {
        i2c_start();
        i2c_write(I2C_WRITE_APP);
        i2c_write(POS_ADDR(pos.cross_x));
        i2c_write(x);            // write x cross
        i2c_write(y);            // write y cross
        i2c_stop();
        while (!(PINA & _BV(PA5)));
              // Wait untill INT line is high
        while (PINA & _BV(PA5));
              // Wait untill INT line is low
        while (!(PINA & _BV(PA5)));
```

```
                    // Wait untill INT line is high

            i2c_start();
            i2c_write(I2C_WRITE_APP);
            i2c_write(POS_ADDR(pos.crossing));
            i2c_start();
            i2c_write(I2C_READ_APP);
            *((unsigned char*) &pos.crossing) = i2c_read (1);
            *(((unsigned char*) &pos.crossing) + 1) = i2c_
read (0);
            i2c_stop ();
        }
    }
}
```


6.5 open/short测试

TP module 制作好之后，需要进行各种测试，以保证 TP module 触控效果。首先应该进行的是TP module 的每条通道的 open/short 测试。

根据上小节的内容，我们读到了第61 ～ 124 地址空间的 MO rawdata，以此来判断 sensor glass 的open/short 特性。

我们得到如图6-22所示的X Y rawdata，当所有的数值都在设置的 threshold 范围内时，认为 PASS。

下面我们详细分析各种fail 的情况。

① 当有一条通道断掉的时候，rawdata 显示的效果图如下：

相邻 rawdata 将出现正负最大值，而且不再变化，没有任何动作，如图6-23所示。

② 还有一种情况，在生产制程中，由于某种原因使通道的电阻

异常增大，但又没broken，此时的情况，当异常高电阻去靠近触控芯片时，如图6-24所示。

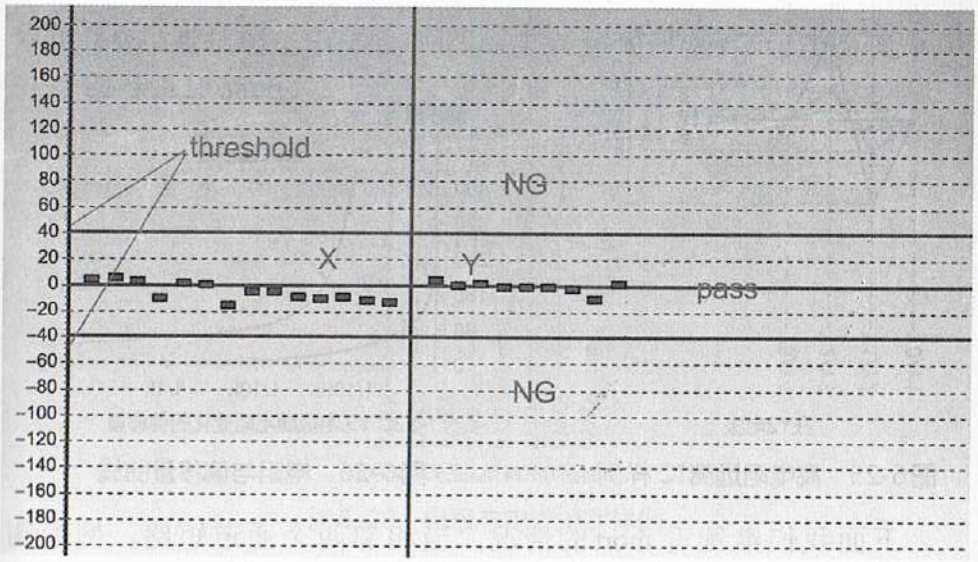


图6-22　PASS 样例

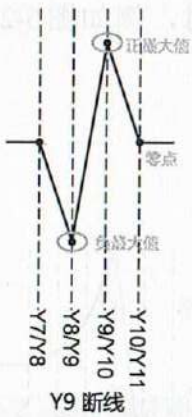


图6-23　Open 样例

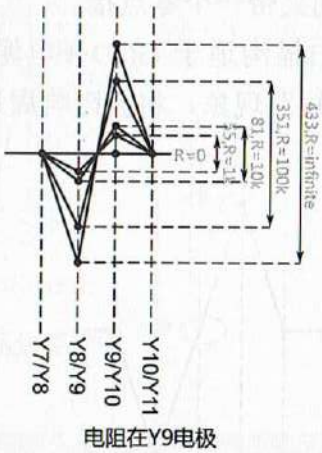
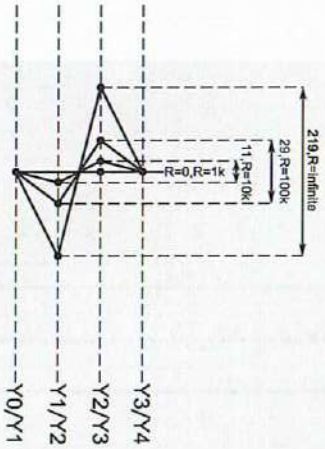


图6-24　高电阻接近IC样例

另外，当异常高电阻区远离触控芯片时，如图6-25所示。

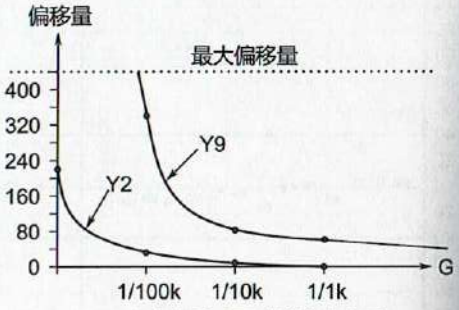
所以得出结论，当异常高电阻区域靠近触控芯片pin 脚时，是容易检测出来的；当异常电阻区在远离触控芯片pin 脚时，他对rawdata 影响不够强烈，是不容易检测出来的，如图6-26所示，那么

下一章节我们会提供光栅模式测试，来分析此问题。



在Y2电极

图6-25　高电阻远离IC 样例

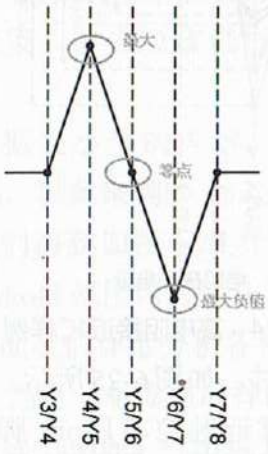


Y2、Y9,电极随电阻变化的偏移量

图6-26　电阻与偏移量曲线

下面我们继续看short的情况，当相邻两个通道短路，例如图6-27所示的Y5 and Y6短路，将出现图中的一个正最大值和一个负最大值中间夹带一个零点指。

当扫描沟道于 GND（电源负极）短路时，例如图6-28中的Y5和GND短路现象，将会影响周边多组数据：



Y5和Y6短路,其他电极全部lift.

图6-27　相邻电极短路样例

Y5和GND短路.所有X电极都lift

图6-28　电极与GND 短路样例

相应的，当扫描沟道于 VCC 短路，例如图6-29中Y5于VCC短路：

最后一种情况，当 X 扫描沟道于 Y扫描沟道短路，例如图6-30中的Y5于X13 short。

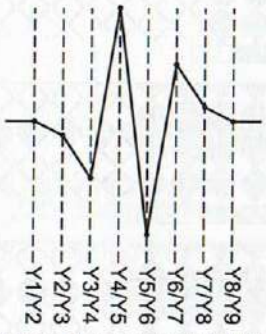


图6-29　电极与电源短路样例

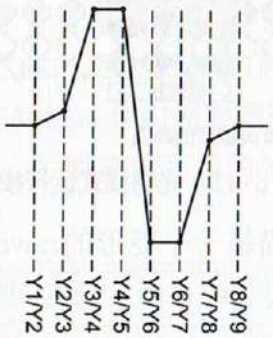


图6-30　X、Y电极短路样例

6.6 光栅模式测试

这一节我将介绍对 TP module 点阵式的全屏测试，保证远离触控芯片的区域由于制程异常而产生的不良也能被检测出来。

我们选用的是菱形pattern，这样我们将测试每一个菱形块的信号，例如图6-31的Y_1做sensor，X轴将做激励pattern，同时激励

pattern 将依次左移：

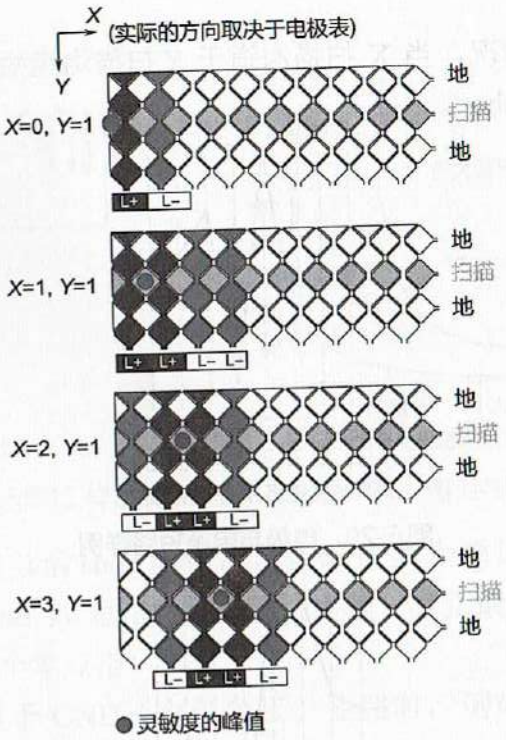


图6-31　光栅模式运行模式

以此类推我们经扫描每一个菱形的rawdata，比如，当远离触控芯片的最后一个桥接断裂了或是阻抗很大，将能通过判断光栅点来确定特性，如图6-32所示。

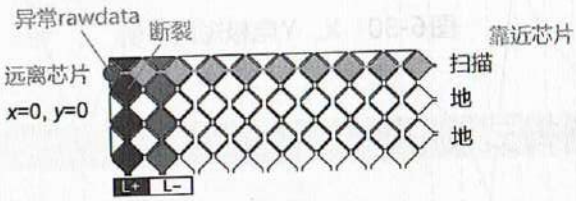


图6-32　远离芯片坏点图

如图6-33所示，我们实际测试 TP module 数据。

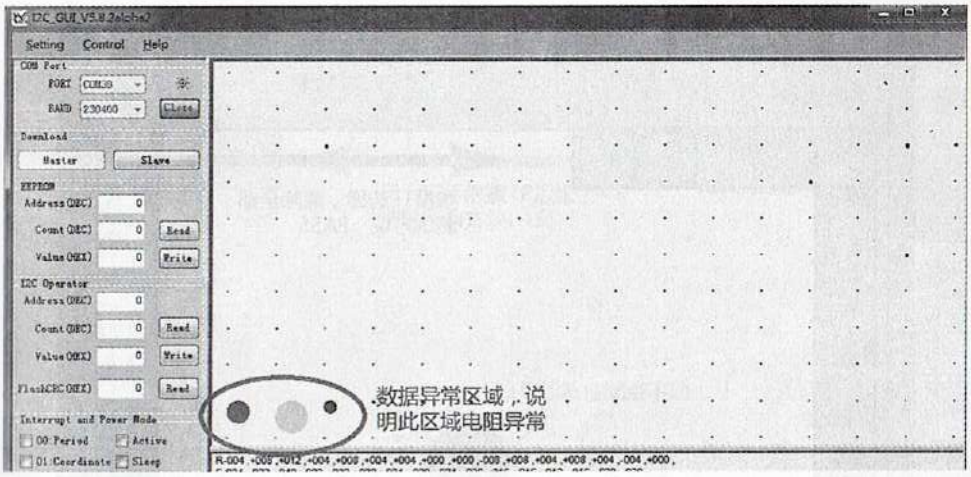


图6-33 实测数据

6.7 功能测试

当 TP module 制作完成之后，还需要最后一道功能测试工序，以保证TP module 功能的完好性，我们需要测试如下一些项目：

① drawing line测试，主要测试画线的效果，有无断线，平滑度，见图6-34。

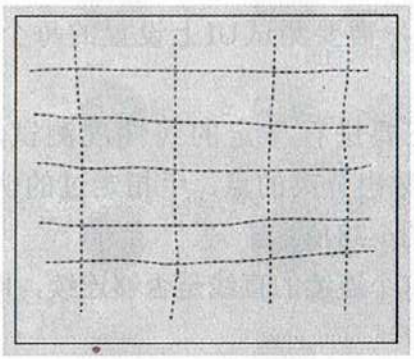


图6-34 划线测试

② 边缘测试，通常TP module边缘难于处理，需要特别测试边缘报点坐标，见图6-35。

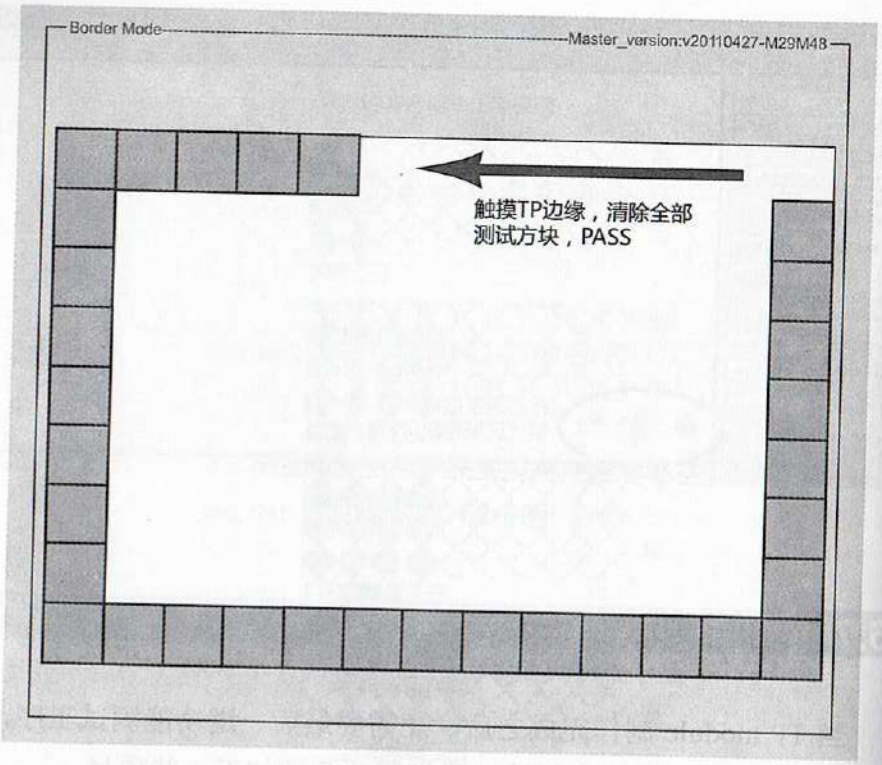


图6-35 边缘测试

③ 双指边缘测试，我们需要按住中间点不动，测试边缘坐标是否满足报点要求，见图6-36。

④ 精确度测试，需要测试UI上设置的每个点，直到都触到为止，见图6-37。

⑤ 最后我们还要进行一定的线性度测试，当手指划过菱形panel，会被算法计数出分离的点，手指走过的轨迹被串联起来就形成连续的直线，如图6-38所示。

我们需要测试这个连续的直线是否够连续，即在一定线性规定范围内，见图6-39。

TP module 组装上整机后，由于TFT 的干扰问题，电源纹波干扰，灵敏度，手掌干扰等问题，需要进一步调试，改善整机的触摸效果，更好的用户体验。

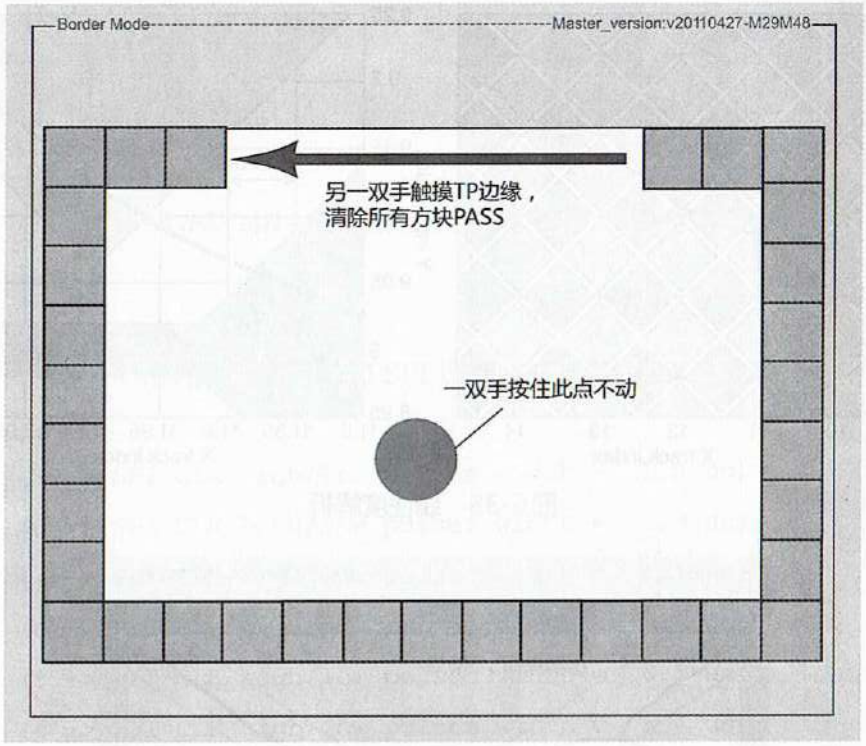


图6-36　双指测试

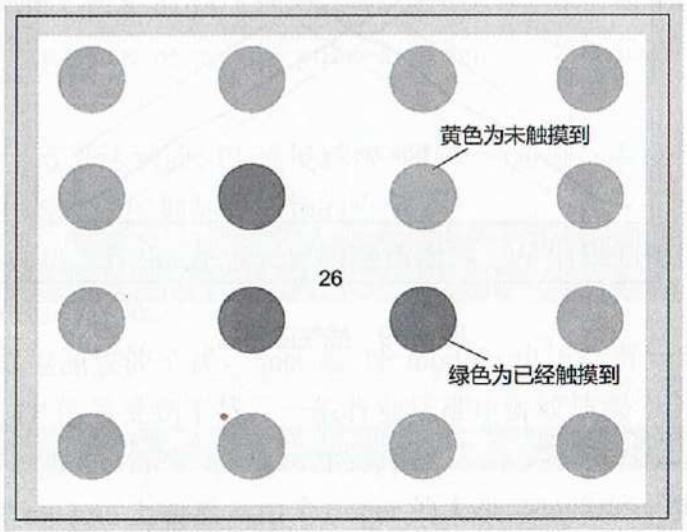


图6-37　精确度测试

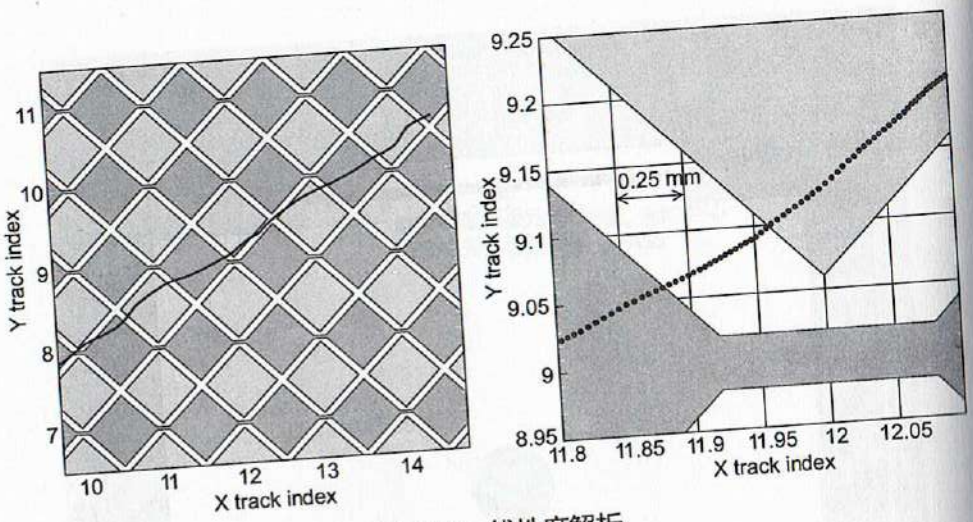


图6-38 线性度解析

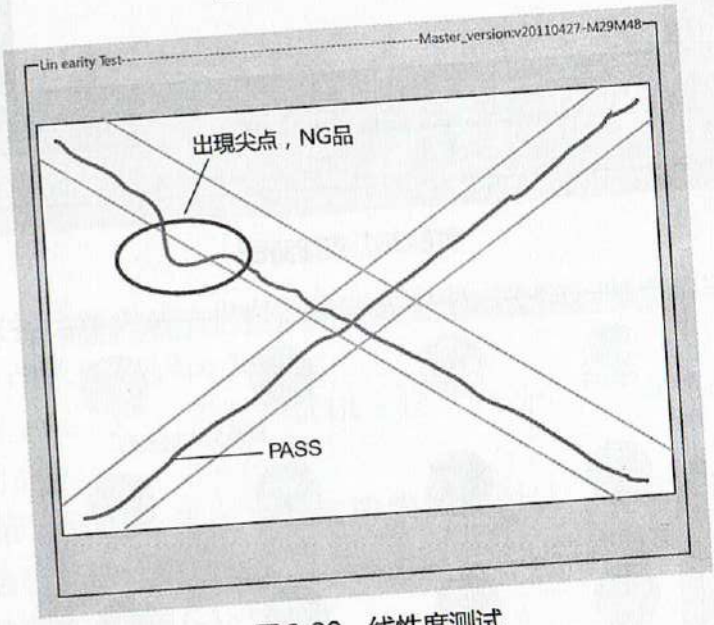


图6-39 线性度测试

6.8 上机调试

① TFT 干扰 debug：

在6.3节的配置触摸屏的参数中我们需要改变 SPI 的速度，来改

善干扰的问题，

```
//.options.M0_spi=
0x11,
//.options.M1_spi=
1,
```

上述不同的值代表不同的 SPI 速度：

```
(9 -> SPI CLK high/low pulses width = 11.0 us)
(8 -> SPI CLK high/low pulses width =  9.9 us)
(7 -> SPI CLK high/low pulses width =  8.7 us)
(6 -> SPI CLK high/low pulses width =  7.6 us)
(5 -> SPI CLK high/low pulses width =  6.5 us)
(4 -> SPI CLK high/low pulses width =  5.4 us)
(3 -> SPI CLK high/low pulses width =  4.2 us)
(2 -> SPI CLK high/low pulses width =  3.1 us)
(1 -> SPI CLK high/low pulses width =  2.0 us)
```

理论上可以达到的SPI 速度越快抑制噪声越好，看图6-40噪声模型，高频的SPI 速度抑制了低频的噪声：

图6-41是实际SPI速度对应的噪声曲线，从中我们可以得到合适SPI 速度对应的区域。

② AC电源纹波干扰，host 给 TP module 电压会有一定的纹波干扰，会使 TP 信号受到干扰，一般行业标准电源纹波要小于 100mV。

图6-42是 AC noise 和 signal 的标图。

③ TP module 上机后，由于 finger 的大小，coverless 厚度等问题，需要调整灵敏度，以得到更好的用户体验。

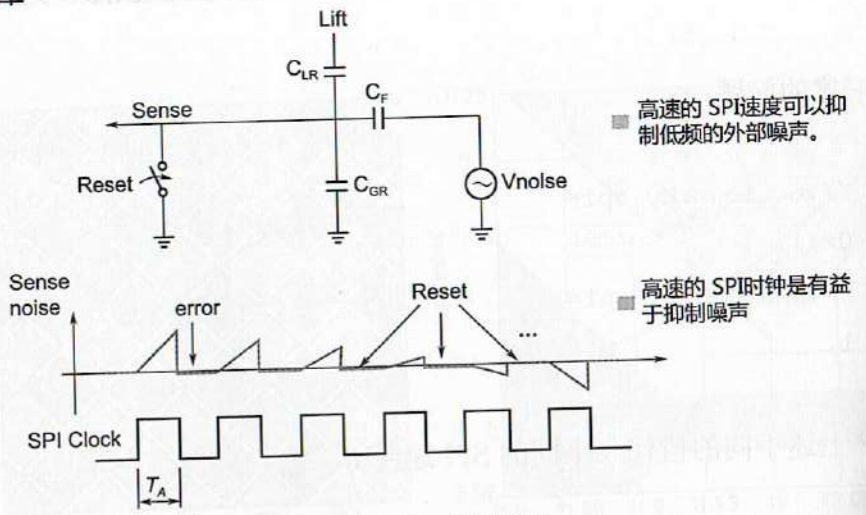


图6-40 噪声模型

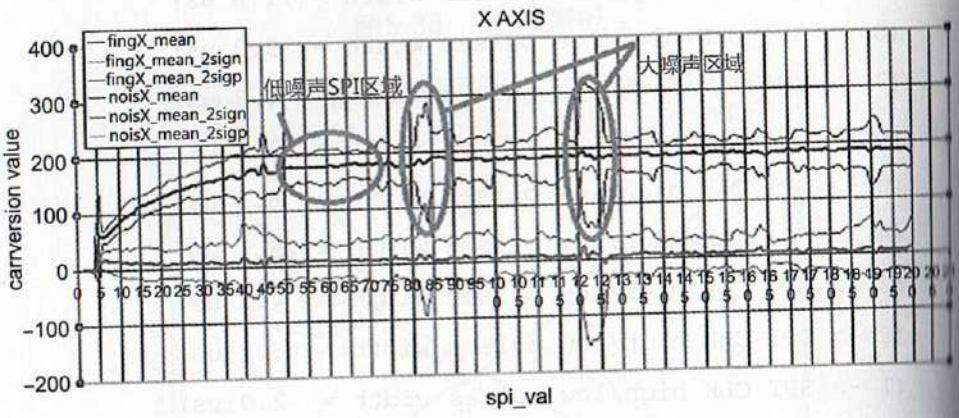


图6-41 SPI速度与噪声曲线

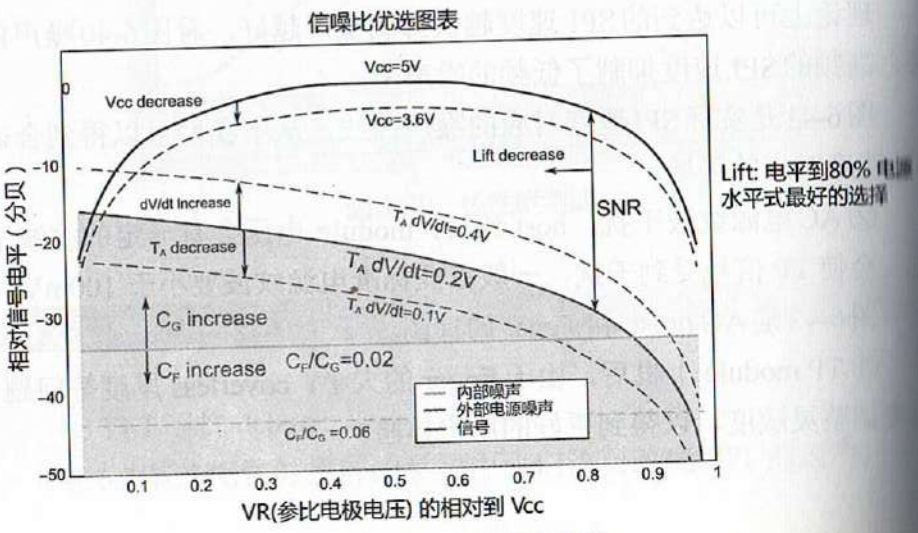


图6-42 电源噪声曲线

在6.3节的配置触摸屏的参数中我们需要改变 setup_command 中的 G1G0 值：

当G1G0=0b00 时，信号强度是最大的，finger touch 时最大值有180左右，如图6-43所示。

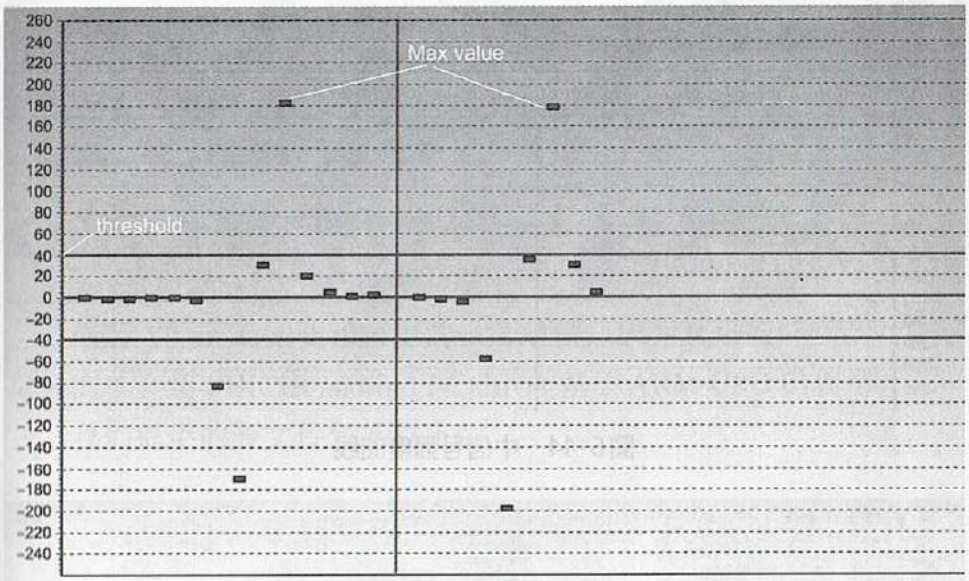


图6-43 高信号强度曲线

当G1G0=0b10 时，信号强度为中间值，finger touch 时最大值有90左右，如图6-44所示。

当 G1G0=0b11 时，信号强度为最小值，图6-45所示最大值只有55左右。

我们需要根据不同的coverless 厚度和用户体验来设定不同的信号强度，以确定达到要求的灵敏度。

④ 手掌识别问题，当有手指触摸触控屏时，希望报手指坐标，确定手指的位置，而当有手掌触摸覆盖TP module时，此为不希望的误触动作，完美的用户体验希望屏蔽此种误触报点，即TP算法可以区分手指和手掌。

图6-46的手指和手掌的光栅模式数据对比，我们可以清楚地区分手指和手掌。

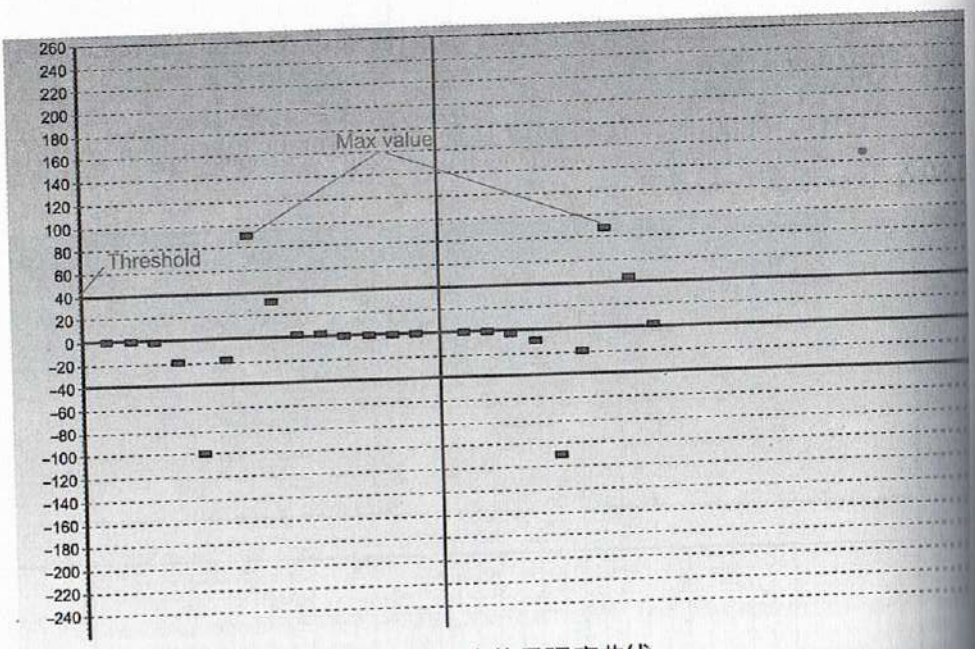


图6-44　中信号强度曲线

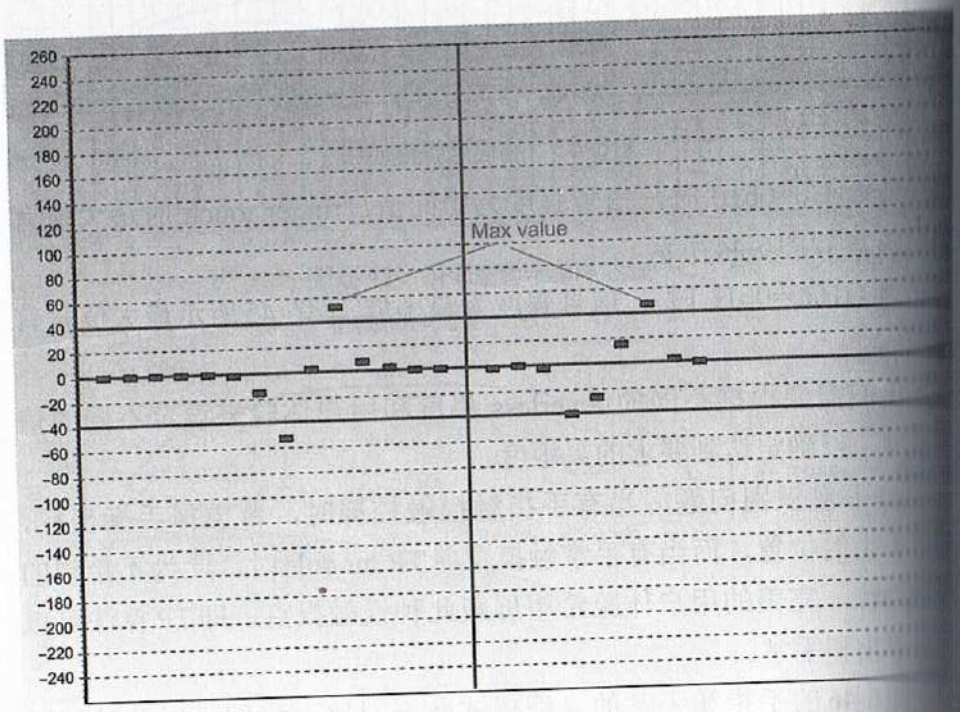


图6-45　低信号强度曲线

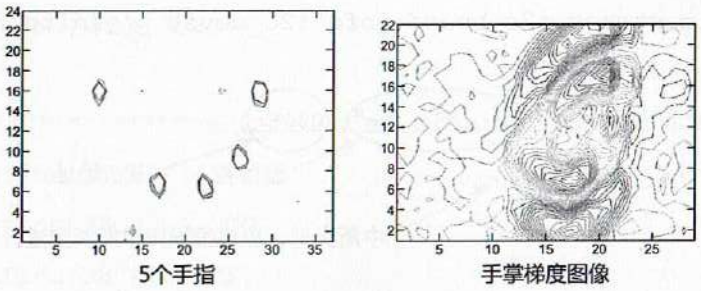


图6-46 手掌识别

6.9 Host 端驱动调试

最后 TP module 要和客户的系统通信，成为真正的终端产品。这里只简单介绍 PIXCIR android I²C driver 基于 ARM CPU 的使用。

我们提供的源文件包括以下：

```
pixcir_i2c_ts.c          --- .c source code
pixcir_i2c_ts.h          --- .h source code
Makefile          --- for compiling kernel module
```

① 在内核中注册设备ID, 如下所示：

```
Static const struct i2c_device_id pixcir_i2c_ts_id  ={
{ "pixcir_ts", 0},
{ }
};
MODULE_DEVICE_TABLE(i2c, pixcir_i2c_s_id);
```

设备名

加“struct i2c_board_info”函数，它包含 SLAVE 设备的名字，地址，中断类型等，如下所示。

```
Static struct i2c_board_info i2c_devs0  __initdata={
{
I2C_BOARD_INFO("pixcir_ts", 0×5c)
.irq=S3C_EINT(11),
  },
};
```

设备名　从机地址

中断类型，应该根据源中断类型进行选择

然后在内核中注册设备的信息，如下所示：

```
static void__init smdk6410_machine_init(void)
 {
 …
  l i2c_register_board_info(0,i2c_devs0,ARRAY_SIZE(i2c_devso))
    …
 }
```

以上完成内核和设备驱动的关系，最后从新编译内核。

② 编译 PIXCIR_i2c_ts.c driver，在内核之外将建立一个KO档。

首先先设置一些宏（宏）定义在 PIXCIR_i2c_ts.h 文件中。如下所示设置 reset pin，ATTB pin：

```
#define ATTB ×××× //define your ATTB (INT) pin
#define get_attb_value //define function to get the value of the attb pin
#define RESETPIN_CFG //define function to config the reset pin
#define RESETPIN_SET0 //define function to set the reset pin to 0
#define RESETPIN_SET1 //define function to set the reset pin to 1
```

Solutions 选择定义：

```
/*****************touchscreen resolution setting*************/
//#define ATMEL_168
//#define R8C_3GA_2TG
//#define R8_AUO_I2C
#define M48
```

分辨率设置：

```
#define TOUCHSCREEN_MINX 0
#define TOUCHSCREEN_MINXX 800
#define TOUCHSCREEN_MINY 0
#define TOUCHSCREEN_MINXY 480
```

然后我们将使用makefile编译PIXCIR_i2c_ts 作为内核模块，最后得到PIXCIR_i2c_ts.ko 文件，之后就可以copy ko 模块到系统下加载运行。

```
#insmod pixcir_i2c_ts.ko
pixcir_i2c_init
pixcir_i2c_ts_probe
input:pixcir_ts as/class/input/input0
pixcir_i2c_ts_driver_v2.3.1-005c:insmod successfully!
```

③ 加载好driver 以后，我们可以获得以下功能：

a. Bootloader function，TP module 的firmware 可以透过此功能升级，firmware 应该是PIX档。这个功能也需要reset pin，见图6-47。

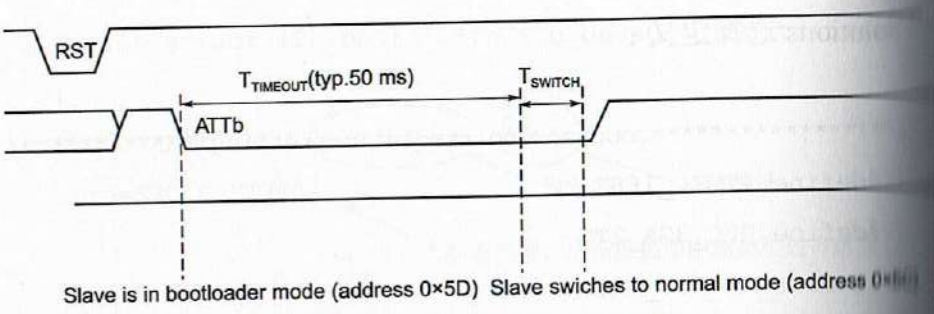


图6-47 进入bootloader时序

b. Normal mode, 此模式下可以获得触摸的坐标，finger 的状态

c. Debug mode ，此模式可以获得TP module 的 rawdata，应用层进入此模式要靠以下的功能：

```
#define DEBUG_MODE        3
ioctl (touchfd,DEBUG_MODE,arg);//parameter arg define the
Tango number (1 or2 usually)
```

d. Read Version mode，此模式可以获得 TP 固件的版本号，应用层要进入此模式要遵循如下功能：

```
#define VERSION_FLAG      6
```

第7章

GUI实例解析

7.1 GUI设计简介

为了便于帮助开发及调试、测试触摸屏设备的功能，通常需要设计一个GUI——即图形化的用户接口（Graphical User Interface）来直观地发送命令及显示数据。根据连接方式的不同，开发GUI时候也可能会用到不同的硬件编程接口，当然可选的编程语言也是多种多样。这一章，我们会使用较为常见的串口通信作为示例，结合较为简单的C语言来阐述如何编写一个GUI，用以辅助触摸屏设备的开发。

由于篇幅的限制，我们将假设读者已经熟悉C#语言的语法基础、熟悉面对对象的编程设计思想，以及.net framework中Form、Regex等相关类的使用。对于这些基础性的知识，本书将不再累述，而只把重点放在开发触摸屏设备相关的GUI知识上。

7.2 GUI编程实例

一个简单的串口通信GUI，我们可以把它的结构分为三个部分：

① 对于串口的基本操作，比如打开、关闭、读取数据、发送命令等；

② 对从串口读取到的数据进行分析，这样才能得到对我们有用的信息；

③ 把分析得到的有效数据用图形化的方式显示出来，以便直观地查看设备各种状态。下面我们就从这三方面入手，学习如何编写一个适用于以串口方式跟触摸设备进行通信的GUI。

7.2.1 串口编程基础

在简单GUI的开发上，我们并不需要详细地了解计算机串口的硬件结构或引脚定义，因为C#语言所使用的.net framework类库，已经封装了功能完备使用简便的串口通信类——SerialPort。这个类

System.IO.Ports命名空间中被定义，可以在微软MSDN官方网站上找到相关资料，本章节中我们将就GUI中所使用的部分内容进行讨论研究。

（1）打开串口

假设，我们的GUI主窗口类为GuiForm（这是一个继承自System.Windows.Forms.Form的子类），在GuiForm类中定义一个SerialPort对象：

```
//通过默认构造函数定义个串口变量
private SerialPort _serialPort= new SerialPort();
```

只要使用默认的构造函数即可，相关的参数设置，我们可以放到构造函数中实现：

```
_serialPort.PortName =“COM5”; //设定埠号为COM5
_serialPort.BaudRate = 230400; //设定波特率为230400
_serialPort.StopBits = StopBits.Two ; //设置停止位2
_serialPort.Parity = Parity.None; //设置没有奇偶校验
_serialPort.DataBits = 8; //设置数据位8
... //其他类似设置
```

当然，如果每次打开的串口不同（比如用ComboBox控件列出当前连接到计算机的串口，然后由用户选择相应串口并打开），可以在打开按钮的对应Click事件处理函数中进行类似的设置。

完成对SerialPort对象的设置以后，就可以使用简单的：

```
//打开埠，可以使用_serialPort.IsOpen属性来判断串口是否已经打开
_serialPort.Open();
```

（2）发送命令

成功打开端口以后，就可以进行资料的收发，来控制串口所连接的触摸屏的各种模式的切换和参数设置，并显示触摸屏返回给GUI的各种资料。

给串口发送数据非常简单，比如：

```
//假设在触摸屏控制设备中，n是划线模式
string command = "n" ;
//发送上面定义的n命令，使触摸设备进入划线模式
_serialPort.Write(command);
```

为了系统的稳定运行，可以把上述Write函数放入异常捕捉的try块中，catch InvalidOperationException异常，防止在串口被意外关闭的情况下，发送数据出错。

（3）读取数据

串口数据的接收则相对较为复杂。首先，我们在GuiForm类中需要定义一个接收数据的函数：

```
private void _serialPort_DataReceived(object sender,
        SerialDataReceivedEventArgs e)
{
string data = _serialPort.ReadExisting(); //接收串口数据
this.Invoke(
new MethodInvoker(delegate
{
_listBox.Items.Add(data); //在listbox控件中添加这些数据，用以显示
    }));
}
```

然后，我们需要把这个函数作为GUI接收到串口DataReceived事件（Window环境的GUI应用程序，都是消息驱动的程序，当串口接收到数据以后，便会发出DataReceived消息通知GUI，GUI需要设定相应的函数对此进行处理）的处理函数：

//设定_serialPort_DataReceived函数为串口DataReceived事件的处理函数，这

//可以在程序初始化的时候就进行设定——比如在Form的构造函数，或者

//Form的Load事件

_serialPort.DataReceived +=

New System.IO.Ports.SerialDataReceivedEventHandler

(_serialPort_DataReceived);

完成上述代码之后，我们的GUI已经可以接收串口收到的资料，并在一个ListBox控件中显示这些内容。

这里需要注意的是Invoke函数的使用。由于SerialPort实际上是在主窗口UI线程之外的另外一个线程中捕捉串口数据，因此DataReceived消息是另外一个线程发送给UI线程的消息，如果在这个消息的处理函数中直接访问UI控件（在这个例子中，即ListBox），会出现警告。因为在两个不同的线程中，访问同一个UI控件对象，可能会导致出现各种问题。Invoke函数的使用就是为了避免这一情况。它的工作原理是：在数据读取线程中，读到数据以后，数据读取线程就会进入等待状态，然后由UI线程来访问ListBox控件，并在此控件中显示数据，只有当ListBox完成了数据显示，资料读取线程才会继续读取下一包的数据，这就避免了两个UI线程和数据线程同时访问UI控件的问题（当然类似的解决办法还有BeginInvoke函数的使用，它的原理以及和Invoke函数的异同处，可以由读者自己去探索和研究）。

（4）关闭串口

最后是串口的关闭操作，只需要在关闭按钮Click事件处理函数中：

```
_serialPort.Close（）；//关闭埠
```

这本身是一个非常简单的函数，但是由于在DataReceived函数中Invoke函数的使用，在某些情况下将导致线程出现同步问题而死锁。为了解决这一问题，我们将在GuiForm类中，引入两个bool变数：

```
private bool _listening = false ;//是否正在进行nvoke调用
private bool _closing = false; //GUI是否已经准备关闭串口
然后，我们的_serialPort_DataReceived函数将做相应的修改：
private void _serialPort_DataReceived(object sender,
SerialDataReceivedEventArgs e)
 {
//如果GUI已经准备关闭埠，则这时的数据不再进行读取和处理
    if (_closing) return;
_listening = true; //告诉GUI，正准备进行invoke调用
 string data = _serialPort.ReadExisting(); //接收串口数据
    this.Invoke(
 new MethodInvoker(delegate
 {
 //在listbox控件中添加这些数据，用以显示
 _listBox.Items.Add(data);
    }));
    _listening = false; //告诉GUI，invoke已经调用完毕，可以关闭埠
 }
```

同时关闭操作也将做相应修改：

```
_closing = true; //告诉GUI，已经准备关闭埠
//如果程序还在Invoke调用中，那么等待Invoke调用完成
while(_listening)Application.DoEvents();
_serialPort.Close(); //关闭埠
_closing = false; //关闭动作已经完成，GUI不再处于准备关闭埠状态
```

至此，我们打开、读写、关闭串口的操作流程已经讲解完毕。对于接收到的串口数据（即触摸设备发送给GUI的数据）的处理，我们将在下一章节——“数据分析”中详细解说。

（5）枚举串口设备

通过上面几个小节的学习，我们知道了如何以编程的方式对串行设备进行基本的操作。但是还有一点需要注意的就是如何得到系统中现有串口设备。这依据硬件、驱动的不同，方法也略有不同。由于现在的计算机，特别是笔记本计算机，基本都不再保留串行接口，因此在外接设备中通常会使用FT232这一芯片，将串口信号转USB信号这一解决方案。我们将结合FT232及其驱动，来简要分析如何在检索系统中存在的串行设备。

当一个FT232芯片的设备插入计算机以后，Windows系统会在注册表中写入相应的信息，依据这一点，我们就可以得到当前连接到计算机的FT232设备。它在注册表中对应的位置是HKEY_LOCAL_MACHINE\\HARDWARE\\DEVICEMAP\\SERIALCOMM，子KEY特征就是名字是\\Device\\VCPXXX，其中XXX表示一个1-255的数字，因此我们可以编写函数：

```
public List<string> DetectDevice()
{
  RegistryKey registryKey = Registry.LocalMachine;
```

```
    string portName = string.Empty;
    //打开注册表相应子key
    RegistryKey subkey =
    registryKey.OpenSubKey("HARDWARE\\DEVICEMAP\\SERIALCOMM",
true);
    //定义一个字符串链表，存放所有设备名字
    List<string> portNames = new List<string>();
    if (subkey != null) //如果此key存在则需要分析它的内容，以得到设备
    {
    //使用正则表达式来判断Key的名字是否符合FT232的标准
   Regex regex = new Regex(@"\\Device\\VCP\d+");
   foreach (string subkeyName in subkey.GetValueNames())
    {
      portName = subkey.GetValue(subkeyName).ToString();
    if (regex.IsMatch(subkeyName))
      {
     portNames.Add(portName);
      }
     }
    }
    return portNames;
   }
```

由此函数，我们便可以检测当前系统已经插入的FT232设备。当GUI在运行的时候，如果插拔FT232设备，会受到标准的USB设备发生变更的消息——WM_DEVICECHANGE，GUI只要对此消息进行处理，调用上述DetectDevice函数即可。由于C#程序本身并不支持WM_DEVICECHANGE这样底层的消息处理，因此我们需要重写Form的WndProc虚函数：

```
protected override void WndProc(ref Message m)
 {
const int WM_DEVICECHANGE = 0x219; //定义WM_DEVICECHANGE消息
    const int DBT_DEVICEARRIVAL = 0x8000; //定义插入设备时候的消息
    const int DBT_DEVICEREMOVECOMPLETE = 0x8004; //定义拔掉设备的消息

if (m.Msg == WM_DEVICECHANGE) //如果接收到USB设备更改的消息
 {
    if ((m.WParam.ToInt32() == DBT_DEVICEREMOVECOMPLETE) ||
(m.WParam.ToInt32() == DBT_DEVICEARRIVAL))
    {
      DetectDevice();
    }
  }
  base.WndProc(ref m);
}
```

经过这一部分的学习，相信大家已经可以使用C#语言，结合SerialPort类，编写出一个可以进行串口通信的GUI程序。下一步，就是要针对触摸屏的数据，进行分析。GO，让我们出发吧！

7.2.2 数据分析

通过前面一节的学习，我们掌握了串口的基本操作，学会了以编程的方式通过串口来访问触摸屏设备。下面我们将讨论如何对串口读取到的数据进行分析，以此获取有效的数据，帮助检测、调试触摸屏设备。

我们知道在串口的DataReceived事件中：

string data = _serialPort.ReadExisting（）；//接收串口数据

即可读取串口数据。但是在实际的开发和调试触摸屏过程中，我们还需要对这些数据进行分析，杂乱的数据是很难起到真正的作用的。这一章，我们将以触摸设备的画线模式作为例子，简要地阐述如何对串口收到的数据进行分析。

假设，我们对串口发送“n”命令（还记得吗？_serialPort.Write的例子），是触摸屏设备进入划线模式。此时它会不断的发送给GUI资料，以反映当前手指在触摸屏上的移动情况。

我们再做一个假设——画线模式下，触摸屏设备发送给GUI的数据是这样的：

F 00,01,0,0,02,0,0;

其中，*F*表示画线模式；*00*表示当前没有手指放在触摸屏幕上（01，表示一个手指按下；02表示两个手指按下……）；*01*，*0*，*0*表示第一个手指按下的坐标，前面的0是X坐标，后面的0是Y坐标；*02*，*0*，*0*表示第一个手指按下的坐标，前面的0是X坐标，后面的0是Y坐标。

首先，我们要明白一点，当触摸屏设备向GUI发送数据的时候，_serialPort.ReadExisting所读取到的数据，并不一定是完整的一帧，因为一个或者几个字符，都有可能触发SerialPort的DataReceived事件。因此我们首先要以“;”作为特征词来截取完整的数据报。

为了达到上述目的，我们要对接受到的字符进行分割，在.net framework库中分割字符串有多种多样的方法，比较方便的是使用正则表达式。这也为下一步对数据进行解析提供了基础，可以使用命名组的方式直接获得对应的数据。在_serialPort_DataReceived

函数中，我们改写了_listBox.Items.Add（data），换成一个函数ReceiveDeviceData（data）调用。我们定义此函数如下：

```
private void ReceiveDeviceData(string data)
{
//_dataUntreated为GuiForm类中的私有string变量，用以保存不完整的数据
_dataUntreated += data;
string[] substrings = rgx.Split(@";");
int n = substrings.Length;
for (int i = 0; i < n-1; ++i)
{
//使用“;”进行分割，
string match = substrings[i];
if (match != string.Empty)
{
Parse( match); //解析每一包数据
}
}
//把分割后的剩余部分放入_dataUntreated变数，
//没有剩余则_dataUntreated为空字符
_dataUntreated = substrings[n-1];
}
```

这样，我们就达到了取得完整数据包的目的，并且每一包数据都会使用Parse函数进行解析。接来下我们就来实现这个解析函数：

```
private void Parse(string data)
{
```

```
//定义一个字符包含命名组的正则表达式，方便数据的解析
Regex drawRegex=newRegex(
@"^F%s(?<fingers>\d{2}),\d{2},(?<x1>\d+),(?<y1>\d+),
\d{2},(?<x2>\d+),(?<y2>\d+)$");
Match match = drawRegex.Match(data);
//如果匹配则表示当前是划线模式，根据匹配的命名组，获得资料
if (match.Success)
{
//当前按下手指数
int fingers = int.Parse(match.Groups["fingers"].Value);
//第一个手指按下的坐标值
int x1 = int.Parse(match.Groups["x1"].Value);
int y1 = int.Parse(match.Groups["y1"].Value);
//第二个手指按下的坐标值
int x2 = int.Parse(match.Groups["x2"].Value);
int y2 = int.Parse(match.Groups["y2"].Value);
}
}
```


由此，我们已经获得了划线模式下各个数据的值，下一步便是将这些资料以更为直观的形式显示给GUI的使用者，帮助他们方便的开发、调试触摸屏设备。

当然，实际开发过程中，我们要处理的不单单是划线模式，更有其他各种各样的模式和数据，这时只要改写Parse函数，使用面对对象语言的多态特性，即可方便的编写其他模式的数据解析。

7.2.3 数据图形化显示

虽然在上一章节中，我们已经通过正则表达式分析得到了划线模式下的各种数据。但是如果只是直接从数据文字来分析触摸屏设备

各种状态，会非常繁琐和困难。因此我们要把这些数据以图形的方式展现出来，以便直观的观察数据。

触摸屏各种各样，分辨率也是各不相同，因此为了能以合适的比例显示在GUI中，我们首先必须计算出合适的比例：

```
private void ComputeScale()
{
float xScale = _pictureBox.Width / _xResolution;
float yScale = _pictureBox.Height / _yResolution;
_suitableScale = xScale < yScale ? xScale : yScale;
}
```

*_pictureBox*即我们需要用以画图的PictureBox控件对象，而*_xResolution*、*_yResolution*分别是保存了屏幕分辨率X/Y数值的变数。我们需要取其中较小的数值，赋值给*_suitableScale*变量，作为缩放比例，这样才能完整地显示所有图形。由于每次GuiForm的窗口大小发生改变的时候，*_pictureBox.Width*、*_pictureBox.Height*都会发生改变，因此在GuiForm的SizeChanged时间处理中，必须重新计算*_suitableScale*的值。

当确定了缩放比例之后，还需要计算在PictureBox上划线的偏移量，然后把缩放比例和偏移量应用到Graphics对象上，以实现在GUI上以合适的比例和位置显示划线图形：

```
internal void TranslateGraphics(System.Drawing.Graphics g)
{
    //计算X/Y轴的偏移量
 float xOffset =
(_pictureBox.Width - _suitableScale * _xResolution) / 2.0F;
 float yOffset =
```

```
(_pictureBox.Height - _suitableScale * _yResolution) / 2.0F;

    //将偏移量应用到Graphics对象
g.TranslateTransform(xOffset, yOffset);
    //将缩放比例应用到Graphics物件
g.ScaleTransform(xSuitableScale, ySuitableScale);
}
```

经过上述函数的处理，就可以在PictureBox控件上恰当地显示划线图形，接下来所做的就是把刚才的数据画出来：

```
private void Parse(string data)
{
//定义一个字符包含命名组的正则表达式，方便数据的解析
Regex drawRegex=newRegex(
@"^F%s(?<fingers>\d{2}),\d{2},(?<x1>\d+),(?<y1>\d+),
\d{2},(?<x2>\d+),(?<y2>\d+)$");
Match match = drawRegex.Match(data);
        //如果匹配则表示当前是划线模式，根据匹配的命名组，获得例
if (match.Success)
{
            //当前按下手指数
int fingers = int.Parse(match.Groups["fingers"].Value);
            //第一个手指按下的坐标值
int x1 = int.Parse(match.Groups["x1"].Value);
int y1 = int.Parse(match.Groups["y1"].Value);
            //第二个手指按下的坐标值
int x2 = int.Parse(match.Groups["x2"].Value);
int y2 = int.Parse(match.Groups["y2"].Value);
```

```
            //由PictureBox控件对象创建绘图图面
            using (Graphics g = _pictureBox.CreateGraphics())
        {
          TranslateGraphics(g); //应用缩放和平移

    //使用第一个手指的上一点坐标和当前坐标绘制第一个手指的轨迹
            g.DrawLine(Pens.Red, _preX1,_ preY1, x1, y1);
    //使用第二个手指的上一点坐标和当前坐标绘制第二个手指的轨迹
            g.DrawLine(Pens.Blue, _preX2, _preY2, x2, y2);
    }
            //保存当前坐标，作为下一次画图的前一点坐标
            _preX1 = x1;
            _preY1 = y1;
            _preX2 = x2;
            _preY2 = y2;
  }
  }
```

这样简单的划线模式的图形显示就已经完成了，但是还远不完美。当在触摸屏上松开手指的时候，划线就不能继续连接，而应该断开才符合实际情况；另外由于我们现在的画图并不是在Paint事件中进行处理，所以，当屏幕刷新的时候，原来画的图形就会消失。如何解决这两个问题，就留给聪明的读者自己去思考了。

7.3 其他GUI编程方式及总结

经过前面的章节学习，我们初步掌握了在Windows下使用C语言来编写GUI的方法。但是在实际的研发中，我们可能会遇到其他各

种各样的问题，这就需要使用不同的技术来解决。

如果触摸屏设备向GUI发送数据的频率很高，那么C#语言和.net framework库，能会在效率上形成瓶颈，无法流畅地显示和绘制数据，在这种情况下，执行效率更快的C++语言将是更好的选择。

如果要编写在Windows和Linux下通用的GUI，那么也许QT、GTK这些跨平台的库将是很好的方案。

而如果要在便携设备上，直接调试触摸屏，那么android系统上的GUI开发，又将成为必然的选择。

但是万变不离其宗，GUI毕竟只是辅助触摸屏的开发、调试而已，因此我们要做的就是接收分析触摸屏的各种资料，然后用比较直观的方式显示。

第8章

触控笔

8.1 触控笔简介

自从苹果公司CEO乔布斯说出“手指为人类最自然的笔”后，iPad和iPhone风行，消费者惊验于手指触摸的直觉体验，爱不释手，而因此依附在电阻式触控领域多年的触控笔似乎沉寂了一段时间。而电子产品发展日新月异，直到最近原已经看似消失的触控笔才纷纷出笼，在电容式触控产品市场中推出面绽放光彩，这是由于消费者在习惯手指触摸后，逐渐又体会出在平板计算机或手机等行动触控装置上采用笔写运行的需要。和欧美等国家以并字为输入的方式不同，以亚洲的中国为例，中国人很早就发明了造纸术，进而利用毛笔书写文字，于科举中为求文字书写之利，更重于将书法作为一种艺术形式展现出来，使用笔书写文字来输入为千年传承，亦是偏好，这些需求陆续被实现在近期宏达电HTC的Flyer 7和联想ThinkPad机型上，它们皆加入了触控笔的配置，似乎预示着庞大的亚洲华人市场的需求被挖掘出来了；此外，苹果计算机近期也大力度主张其触控笔专利，这些业者应是对应消费者的个性化需求，诸如个人签字、加注说明、手写笔记，或者商务上的需求都尽可能去满足市场上的需要了。

8.2 触控笔的技术原理

触控笔演进的过程，以应用在电阻式触控为开始，后来因为这种用笔尖端的压力去感应的方式，在多次使用后，常会造成屏幕有刮痕现象。而在电容式触控的被Apple的iPad和iPhone广泛使用，引发风潮，跃为市场主流后，电容式触控逐渐取代电阻式。目前在电子装置上电容式触控的应用有两种：一为表面式电容触控屏幕，另一为投射式电容屏幕。因为iPhone、iPad皆采投射式电容屏幕，当手指或者其有能导电材质物触碰到面板时，面板上传感器即可侦测感应到表面的电子信号变化，并将其送至微处理器中处理，电子装置上面板进而

判断手指所接触的位置。据此，触控笔即为在其笔头部分加上导电材质，使其在与触控面板接触时可被感应。当然笔头导电性愈佳，则感应会敏锐，体验感愈佳。一般市售的触控笔的笔头导电材质部分会采用导电泡棉，或者在具有弹性的橡胶头上来涂布导电漆，增强导电性。而最新的应用技术为在笔头使用导电纤维布，金属粉末散布于纤维布中，导电效果，弹性及寿命为最佳。

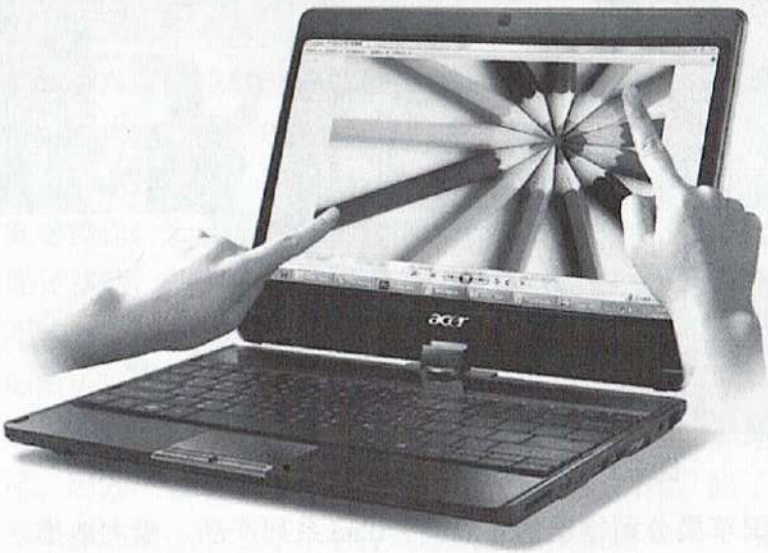
8.3 触控笔的市场概况

适用于投射式电容触控屏幕的触控笔具有各种类型，几乎相近于一般油墨书写笔的型式设计，例如按压弹出及可收入、可伸缩式、有笔夹设计、质料上的提升价值感和可以加上Logo等特殊设计服务等。

NOTE

第9章

触控产业未来发展趋势



9.1 弹指之间舞动美好生活

未来多点电容式触摸屏将成为主流，相较于机械式的键盘，用手指头触摸控制的触控装置，显然是一种更人性化的人机接口。在未来的触控生活中，当我们在盥洗室刷牙洗脸之际，透过具有触控功能的梳妆镜，就可以掌握当日的重要行程。当一家人坐在触控桌上享用早餐之际，父亲已经将当日新闻浏览完毕，母亲也已经将商场特惠活动的海报下载好了，而小孩则已经把当天上课要用到的教材输入到电子书包之中。而我们现在所大量使用的智能型手机以及平板计算机，都将成为这些数据的载具，如图9-1所示。

图9-1 图片来自康宁广告——由玻璃构成的一天

美国苹果公司推出的iPhone、iPad系列产品，极大地推动了触控行业的发展。最主要的是其采用的多点电容式触摸屏技术，使人们感受到多点触控技术的魅力。原本简单的电子产品因为触控屏技术而

相关应用软件的支持下显得魅力十足，成为时下人们追求时尚的标志之一，如图9-2所示。

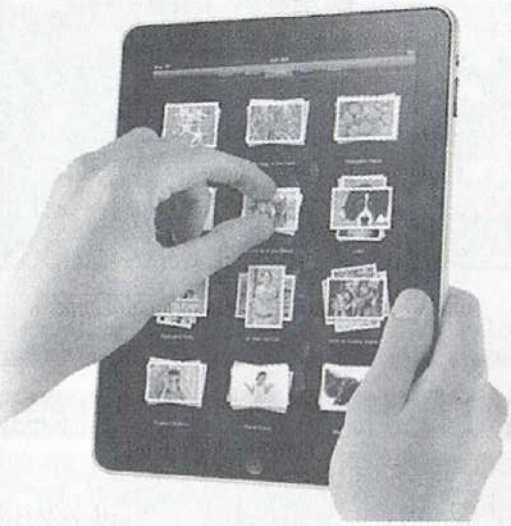


图9-2　iPad的风靡得益于人性化的触控体验

可以说，苹果触控产品的广泛应用使得多点触控技术获得了迅猛的发展，而微软出品的Windows 7操作系统也内置了对多点触控技术的支持，具有支持多点触控和手势识别的功能，这使得触控技术更加受到关注。如今，多点触控技术已经引发了相关行业的激烈竞争，已成为目前最时尚和最先进的人机交互技术。

通过多点触控技术，用户可以进行剪贴文本、再塑图形、拖放图标和档案等操作。多点触控技术支持的手势识别还使得用户能够进行缩放和旋转移动，从而使照片预览和三维设计等应用成为可能。2012年即将正式发布的Windows 8操作系统更加强化了触控方面的应用和体验，如图9-3所示。

展望未来，触摸屏的发展趋势将是投射式电容式触摸屏逐渐成为市场主流。因为电容式触摸屏具有多种广受欢迎的功能，除了以上讲述的支持多点触摸技术之外，电容式触摸屏不需要终端用户校正，而且电容式触摸屏的使用寿命比较长，ITO薄膜由玻璃外壳保护，所以更耐用，抗划伤。此外，电容式触摸屏的透光率更高。

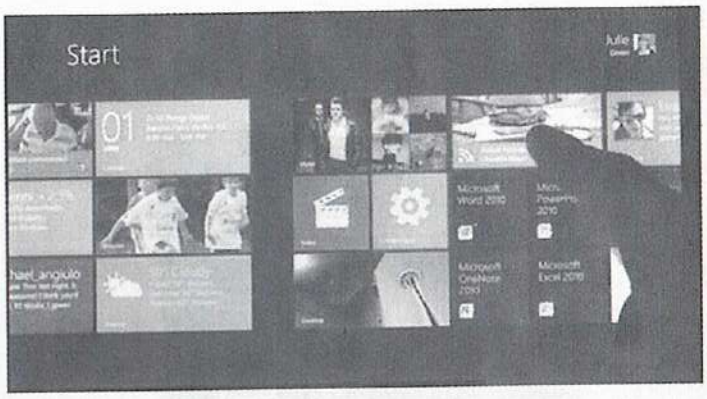


图9-3 Windows8操作接口预览

9.2 未来触控运用，就像呼吸一样自然简单

从多点触控产品的尺寸上简单分类，可以分为以下主要领域：

① 消费类电子产品；

② 商用显示产品；

③ 教育及娱乐类产品；

④ 家用电子类产品。

9.2.1 消费类电子产品

个人数码产品（智能手机、GPS导航仪、平板计算机等）应用的特点是产品多样，以两点到五点为主，对控制精度要求比较高，要求满足书写性能的需要，相关应用软件种类丰富。在应用过程中，以单人多点操作为主，多点的组合代表一个操作指令。中小尺寸的多点触控技术未来更多的是向精致细腻的方向发展，云端技术应用的日趋成熟，使消费者对这类产品的需求日益增加。

① 智能手机市场。电容式触摸屏已越来越多的应用在基于iOS、Android平台的手机中，随着应用软件多元化，智能手机已经成为市场主流产品。随时收发邮件、上网、或是阅读文章，不仅仅局限在商务人士的使用，已经成为人人必备的行动装置，如图9-4所示。

② 笔记本计算机市场。随着各大知名公司支持触摸功能的产品上市，电容式触摸屏的应用也越来越多，如图9-5所示。

图9-4　微软全透明无框触控手机

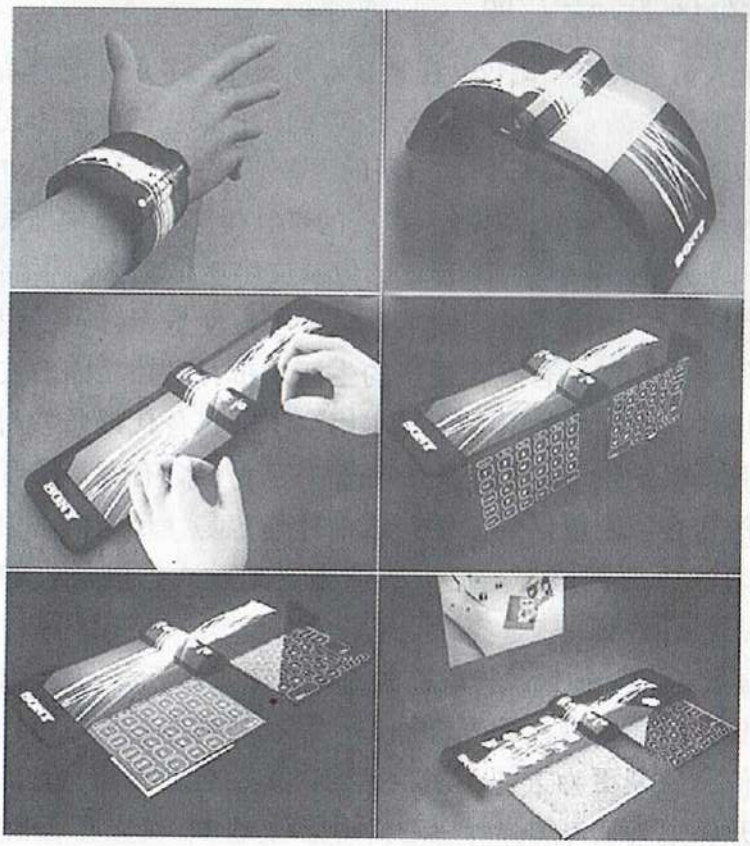


图9-5　索尼OLED腕戴式投影计算机新概念产品

9.2.2 商用显示产品

在商用显示触摸市场，多点触控设备使用量较大，但是对控制精度的要求低一些，同时大多数不要求手写输入功能，其后台应用支持比较单一，集中在某几类内容的应用上。在应用过程中，多人同时多点操作更为普遍，会因空间不同形成多个操作组合，产生更复杂的操作动作。此类多点触控技术更多的是向行业细分的专业应用方向去发展，并根据不同应用场合采取相应的互动展现形式。比如随处可见的ATM提款机、POS系统、收款机以及工业和军用设备上面，随处都可以见到触控产品的应用。

9.2.3 教育及娱乐类产品

与个人消费类产品比较，在教育市场方面，多点触控产品起步较晚。仅有少数产品支持两点触控，同时尚未形成主流的应用支持。

相信在未来的教育市场，应用的比较广泛的产品会有：电子书、电子书包以及未来将取代传统式黑板的带触摸功能的电子黑板。

电子书是指将图片、声音、影像及文字等信息集中存储于介质和显示终端于一体的手持阅读器。电子书方便携带、容易使用及超大容量的特点非常适合现代进步的生活，带有触控功能的友好的人机操作接口，更加增加其实用性。用电子书包替代纸质教材，可以节约纸张、保护生态环境；此外电子书包不仅含有海量的学习资源和丰富的内容以及灵活的表达形式，操作容易，还有兴趣爱好、特长、学习能力的测试等，便于教师因材施教，促进学生的成绩进步，如图9-6所示。

电子黑板是一种代替传统黑板的高科技电子产品，电子黑板集成了投影机、液晶电视、计算机等办公设备功能，加上特殊的书写软件，使信息处理更为方便，演示更为生动，它能提高老师的教学效率，提升课堂气氛，加强师生之间的互动交流；全面记录教学过程，便于学生复习和总结；让学生理论联系实际，将抽象的东西变成有形

的、具体的东西表现出来；例如老师正在介绍红树林的生态，电子黑板能将植物、动物、水文生态等物质变成确切有形的东西表现出来，提高学生知识运用能力；让更多的学生参与教学，集中学生的注意力，增强学生的理解力。

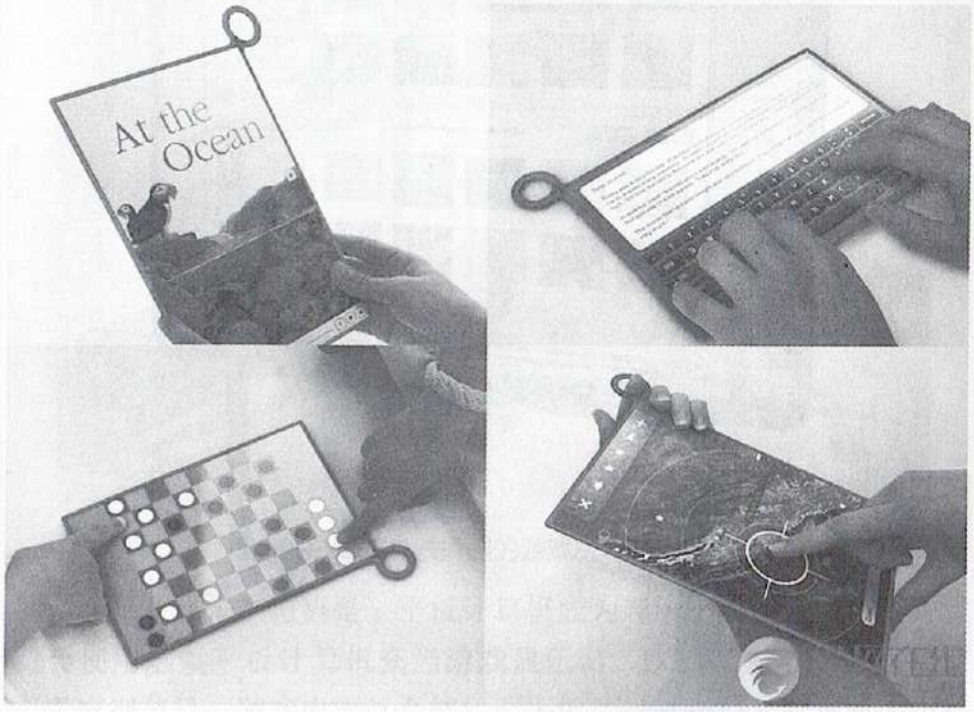


图9-6　OLPC计划放出2012年儿童笔记本概念图

电子黑板（图9-7）由以前的单点触摸发展到现今的多点触摸，使老师的教学由平面发展到空间，逐步实现了计算机与人类的交互使用，以前科幻电影里的情节正逐步出现在我们的日常生活中。未来人们的生活将会伴随着电子黑板的应用而多姿多彩。

另一方面，通过手指操作屏幕道具非常自然，触控技术也大量使用于娱乐领域，特别是电玩，使得用户从抽象按键操作中解放出来。

例如目前当红的益智游戏《愤怒的小鸟》和《切水果》之类的作品几乎都采用直觉操作模式，玩家只需轻轻扫过屏幕，就可以充分享受游戏的乐趣，如图9-8、图9-9所示。

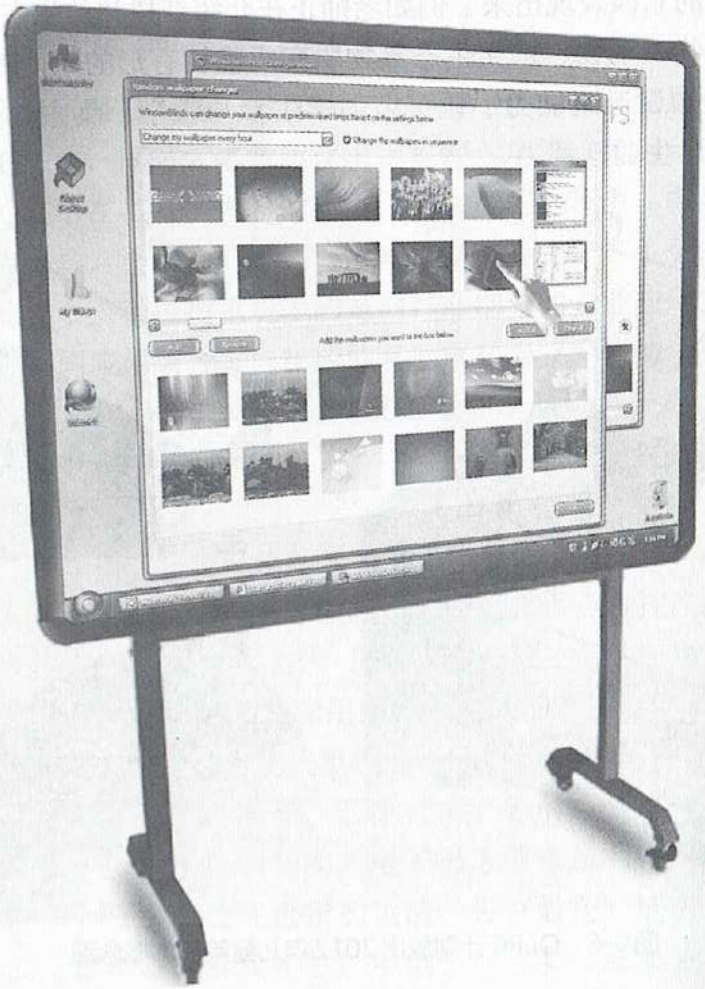


图9-7　电子黑板

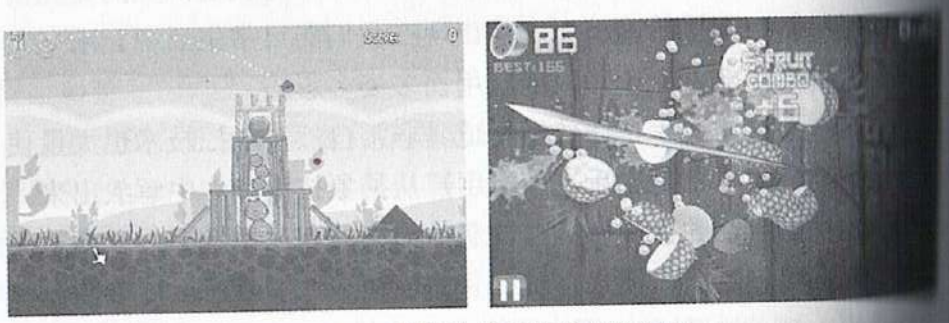


图9-8　触控技术在游戏中的应用

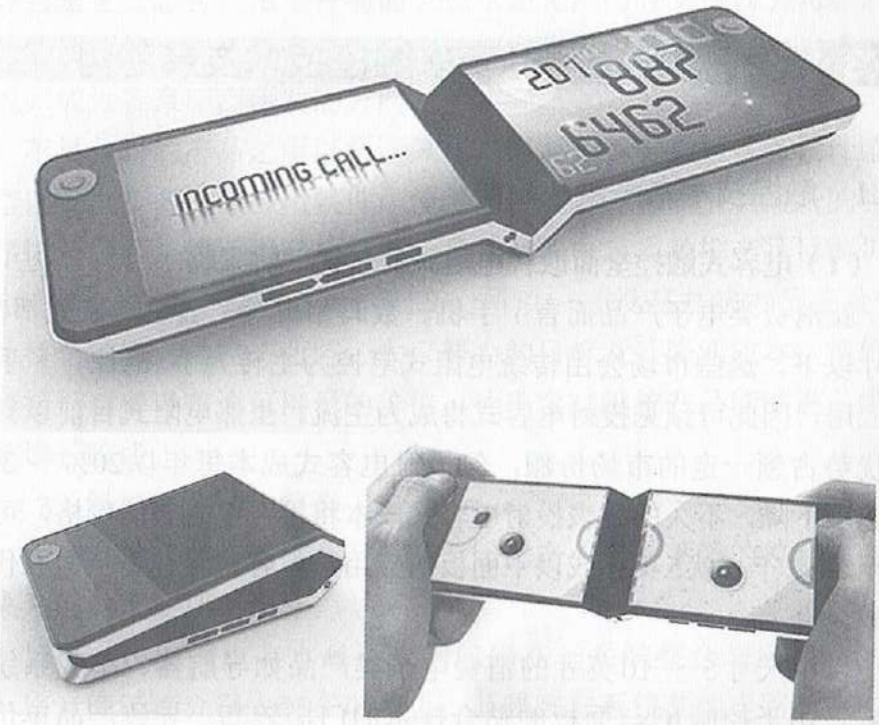


图9-9 LG高触摸感的游戏决斗概念手机

娱乐业的未来态势是：平板计算机成为起居室必备设备。或许我们会使用触摸平板计算机充当游戏显示器（LCD TV）；若有人想要观看电视节目，游戏内容就会转移至平板计算机屏幕。触觉对人类体验来说非常重要，故触控才是游戏更具可塑性的未来。

9.2.4 家用电子类产品

白色家电市场，目前由于成本的限制，电容式触摸的实现方式还是以触摸按键为主，支持简单的单点和滑动控制。随着人们生活质量的提高，对于多功能家电产品的需求也将随之增加。未来的大型家电将会搭配具备触控功能的显示屏幕，例如在冰箱上面的显示屏幕，透过触控操作就可以显示出冰箱里面保存的食物有哪些，还可以显示建议食谱让家庭主妇直接模拟烹饪过程。诸如此类的新型态家电产品，将会很快出现在你我的家庭里面。

9.3 超越想象极限的未来触控技术发展趋势

9.3.1 触控技术未来发展趋势

（1）电容式触控全面取代电阻式的时代即将来临

就消费类电子产品而言：手机、数码相机等一般手持装置都在5英寸以下，这些市场会由传统电阻式笔控为主转为手/笔控、多手指的应用，因此可预见投射电容式将成为主流。虽然电阻式目前以其成本优势占领一定的市场份额，但投射电容式成本每年以20%～30%的速度下降，不久的将来投射电容式成本将接近电阻式的价格，可预测至2012年，就5英寸或以下面板的应用，电容式将几乎全面取代电阻式。

以中尺寸5～10英寸的消费电子类产品如导航器、车载系统等来看，由于控制IC与面板的贴合技术的门槛较高，导致产品单价偏高，所以取代的速度较慢，估计在2012年方能全面上路。值得注意的是，由于消费类电子产品手写输入是个重要的功能，因此复合式面板（笔写/手写）将会出现而产生另一波应用需求。

就工业用电子类产品而言，如收款机、ATM、POS、医疗仪器面板、电子告示板等使用情境不同的电子类产品，其最适合的技术面板所不同。主要考虑面板尺寸与环境适应性。如工业计算机需解决手套问题，医学应用则常需笔控输入，需求严苛，不适合电阻式。至于其他触控面板技术，如电磁式表面电容式、内嵌光检测式、光学成像式等，大都因成本或使用情境无法在短期内形成竞争优势。简而言之，未来大尺寸（30英寸以上）应用将以红外线与超音波及电阻式为主，中小尺寸15.6英寸以下则以投射电容式触控为主流。

（2）成本与使用体验是未来技术发展的动力

市场导向一直是成本与使用体验在推动，使用体验简单地讲，就是功能。在硬件上：多指触控（多指侦测）、手写、笔写、手指、手

控等会是主要趋势，由于目前面板技术还无法同时支持以上功能，因此新的面板技术或者复合式面板将（如电阻式＋电容式或电磁式＋电容式）成为各家厂商研发的方向。

苹果公司的产品之所以普遍风行，得益于其时尚且富有设计感的造型以及丰富多样的应用软件，使得消费者随时可以下载最新的应用程序以及游戏。然而不管是苹果还是其他的电容式触控产品目前仍因为生产未达成熟导致产品售价偏高，所以一直没有办法大量普及化，目前整个电容式触控产业链，大家努力的目标就是降低成本，使价格能够接近消费者普遍可接受的价位，让电容式触控产品能够进入爆发性的增长阶段。

（3）触控产业链的整合

由于触控产业牵动整个产业链，因此产业链上下游的整合将会是未来发展的重要观察指标。

第一，投射式电容本身最大的障碍在于系统整合与应用时的状况，毕竟面板终究得安装在屏幕上，其噪声与系统其他电路所产生的噪声极易对触控产生干扰，造成定位不准，若只是手势应用或许可行，若未来手写与指标的应用、控制IC便是关键。

第二，因系统机构的设计致使Cover lens变厚或太薄，问题将日益严重。另外，模块厂是否需含标准化Cover lens也是产业供应链的一大挑战。

第三，当面板整合到LCD 屏幕面板上的贴合，亦将考验制程的能力，因为目前面板贴合格率不高，另一段的贴合势必将使合格率再降，而目前产业上下游整合的商业模式亦为明朗。

就以上讨论，在整个触控技术产业链上，可以看出，目前触控面板仍以小尺寸应用为主（尤其是2指触控），而投射电容式面板势将成为主流而快速取代电阻式方案。Demo不等于量产，目前多指应用解决方案，Demo者多但可量产者少，其间仍有相当大的距离。控制IC厂商本身的研发能量决定未来电子产品使用情境的发展。与控制IC厂商的合作关系攸关触控面板厂商的生存。虽困难度高，但垂直

合作整合势在必行。

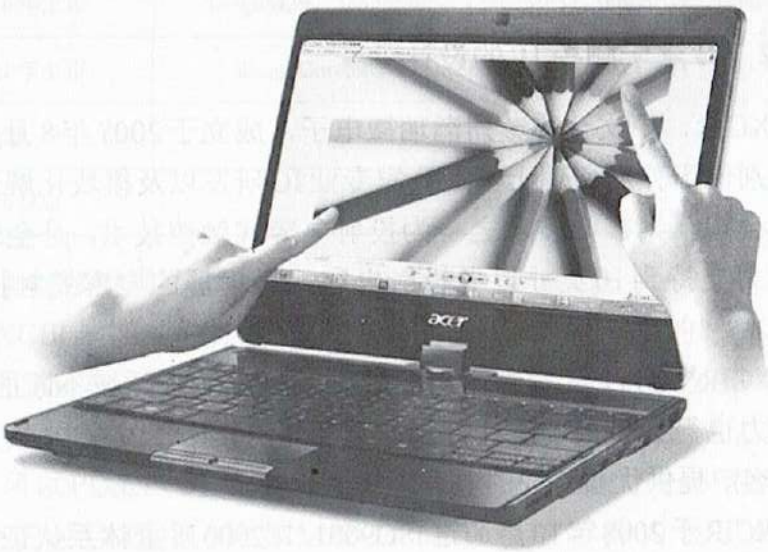
综上所述，总结触控技术，就多指触控其技术成本及普遍应用性来看，目前以投射电容式为发展主流，虽然目前仍有合格率不高及价格偏高等障碍存在，但是我们相信随着技术的日趋成熟以及应用范围的扩大，未来投射电容式触控的应用将势必越来越广泛！

及普遍应用性
格率不高及价
以及应用范围

附录

附录 1

PIXCIR触控IC介绍



附1.1 关于PIXCIR

附1.1.1 PIXCIR的来历

PIXCIR是PIXEL（像素）和CIRCUIT（电路）的字母组合，寓意着PIXCIR的研究和发展方向，水晶图形则寓意PIXCIR不断创新，积极进取，勇于突破的向上精神。如附图1-1所示为PIXCIR的LOGO图，PIXCIR的LOGO整体比例为7 ： 4，字母所占高度约为1/4。

附图1-1 PIXCIR的LOGO图标

附1.1.2 专注于触控IC的设计

PIXCIR，中文全称苏州瀚瑞微电子，成立于2007年8月。技术团队分别位于苏州和瑞士，是一家专业IC研发以及模块化解决方案提供的公司，其核心技术之一为投射电容式触控技术，是全球第一家有能力支持到10英寸以上投射电容式触摸屏的电容式触控IC设计公司。

PIXCIR十分注重自主创新，在投射电容技术领域不断的钻研，技术实力也得到了市场的认可，凭借领先的技术，PIXCIR致力于为广大的客户提供优质专业的电容式触控解决方案。

PIXCIR于2008年10月通过ISO9001 ： 2000质量体系认证，2010年2月获得江苏省优质产品表彰（江苏省质量网），其完善的管理体系，优质的产品加上卓越的研发实力使其成为半导体行业的一颗新星。

附1.2 PIXCIR触控IC

附1.2.1 PIXCIR触控IC分类

PIXCIR自从2008年起，先后推出多款多功能满足不同需求的触控IC。可以按照发布日期分（如附表1-1所示），按照组成结构分，按照支持的手指个数分（如附表1-2所示），按照系列分等。下面将通过表格的形式粗略的进行IC的归类。

（1）按照发布日期分类

附表1-1 按照IC发布日期分

发布日期	PIXCIR IC
2008年上市	TangoS32
2009年上市	M32-168
2010年上市	TangoM29、TangoM45、TangoM48、TangoF32、TangoF48
2011年上市	TangoCore32、TangoCore44、TangoCore48、TangoR
研发成功，待上市	TangoQ
研发中	TangoK

（2）按照组成结构分类

PIXCIR早期的触控IC都是单独的sensor，做方案的时候再搭载其他家的MCU，但是到后来，市场的需求发生了变化，外搭MCU的方案需要更多的FPC空间，这个对于一些系统的机构而言，比较难接受。所以PIXCIR选择了一些可靠的MCU，推出了一些内包MCU的整合IC触控芯片。比如M32-168这款触控芯片内包了Atmel的MCU芯片;TangoM内包了Renesas的MCU芯片;而S32、F32和F48则只是一颗普通的sensorIC，需要搭载包含软件的MCU才能工作。

（3）按照支持的手指个数分

目前PIXCIR的五指方案已经在陆续量产的过程中，而更高阶的无限指IC也正在研发中。如附表1-2所示，为PIXCIR的IC按照支持的手指数目的一个分类。

附表1-2　按照IC支持的手指数目

支持的手指数	PIXCIR IC
单指	TangoK
单指加手势，或5指	TangoR
至少两指	M29、M48、S32、M32-168
至少四指	M45
至少五指	TangoCore32、TangoCore44、TangoCore48、F32、F48
无限指	TangoQ

（4）按照系列分类

至今为止，PIXCIR共有七大系列触控IC，分别为S、M、F、C、R、K、Q七大系列。在附1.2.2节中，将根据系列进行IC的详细描述。

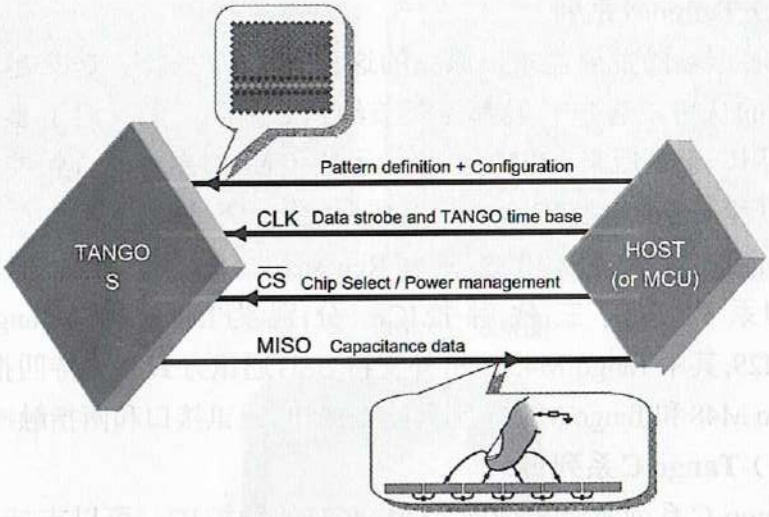
附1.2.2　PIXCIR触控IC系列

（1）TangoS系列

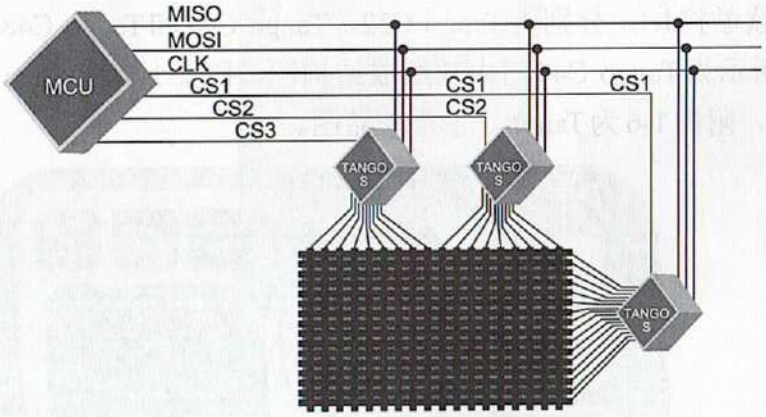
S系列触控IC是PIXCIR最早推出的一款优质的触控IC。它只是一款Sensor型IC，需要外搭包含算法软件的MCU才能驱动TP工作。

如附图1-2所示，实际运用时，需要搭配包含算法软件的MCU，MCU需要通过SPI进行TangoS的数据采集处理。目前，PIXCIR使用的外搭MCU用的是Atmel和Renesas的MCU芯片。

PIXCIR外推的主流S系列触控IC芯片是S32，数字“32”代表这款IC拥有32个channel数。对于大尺寸可以选用多个S32并用，目前已实现的最多可以3颗S32并用，最大可以支持到21英寸，如附图1-3所示。



附图1-2　S系列外搭MCU示意图



附图1-3　3颗TangoS支持大尺寸示意图

（2）TangoF系列

TangoF是PIXCIR推出的另一款单sensor的触控IC，和TangoS一样，没有内包MCU，换句话说，TangoF是TangoS的一个升级版本。使用方法和TangoS基本一致，但是在性能上有大幅度的提升。TangoF在TangoS的基础上，提高了扫描速度，提高了报点效率，从而可以胜任四指、五指的多指应用。目前，TangoF主要存在两款IC，为TangoF32和TangoF48。

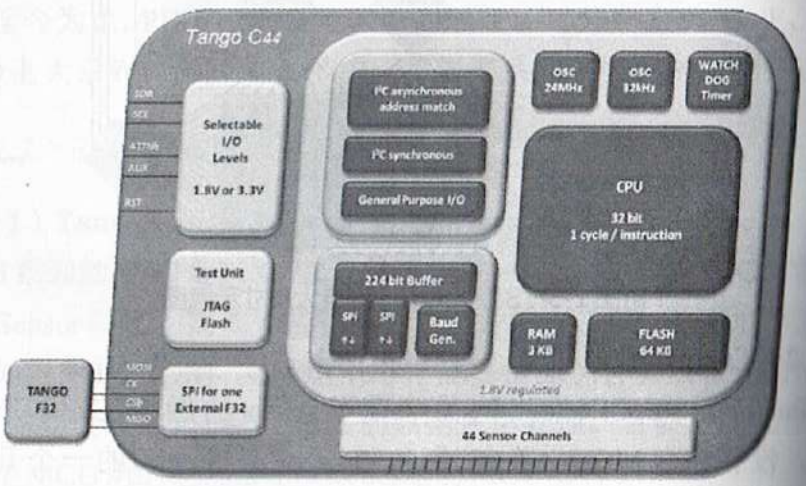
（3）TangoM系列

随着市场的发展需求，原先的这种“1+1”方案，越来越不能得到市场的认可，客户一般都需要节约FPC空间，尤其对于小尺寸的手机应用。于是后来，PIXCIR推出了内包MCU单颗整合触控IC。即将MCU和sensor触控IC合一，以减小空间大小。

TangoM系列PIXCIR选择了Renesas的MCU作为处理内核。TangoM系列共有三款触控IC，分别为TangoM48、TangoM45、TangoM29,其中Tango M45还格外支持USB通讯方式和支持四指触控。而Tango M48和Tango M29，都只能支持IIC通讯接口和两指触控。

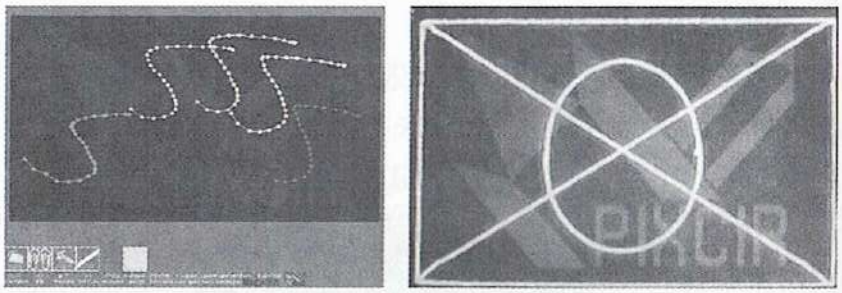
（4）Tango C系列

Tango C系列是一款内包32位MCU的触控IC，可以支持真实五指触控。以高报点率、高流畅性、低功耗特性而著称。Tango C系列共有3款触控IC，分别为Tango C32、Tango C44和Tango C48。如附图1-4所示为Tango C44的内部组成结构图，附图1-5为Tango C系列效果图，附图1-6为Tango C量产产品图。

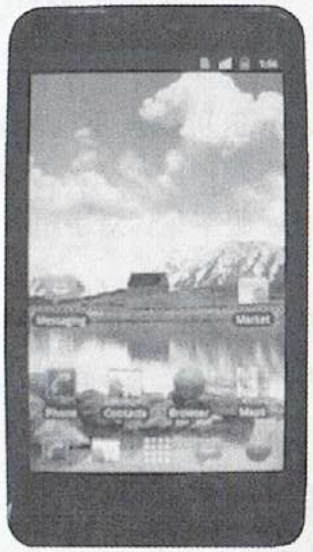


附图1-4　TangoC44内部组成结构图

Tango C系列的另外一个革新是在原有的Tango M系列的基础上增加了一个AUX工程师专用接口，可以做一些特殊的IC调配定制工作。并且在抗干扰方面也有一定程度的优化。



附图1-5　TangoC 效果图

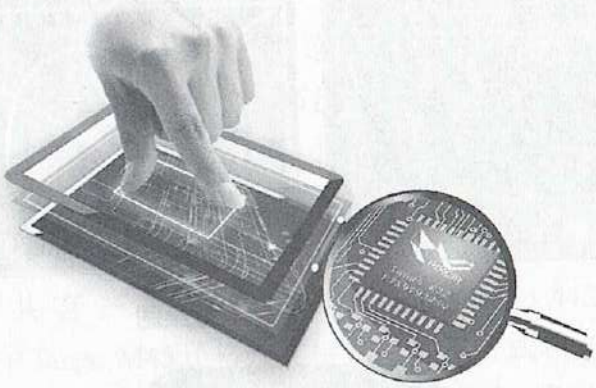


附图1-6　TangoC量产产品图

（5）Tango R系列

随着触摸屏产业的逐步成熟，工艺的不断完善，社会的需求正在从双层ITO逐步转向单层ITO。因为单层ITO的价格几乎接近电阻屏的成本，这个对于未来的市场而言，将是一个很不错的研发方向。

在这样的背景下，PIXCIR也大力投入人力物力进行单层Tango R的研发和设计。在一段时间的艰苦研发后，Tango R正在逐步走向市场，相信未来这颗独特的IC一定可以被市场认可。也将会为希望降低成本的一些厂商带来一丝曙光。如附图1-7所示，为PIXCIR的Tango R单层解决方案简图。



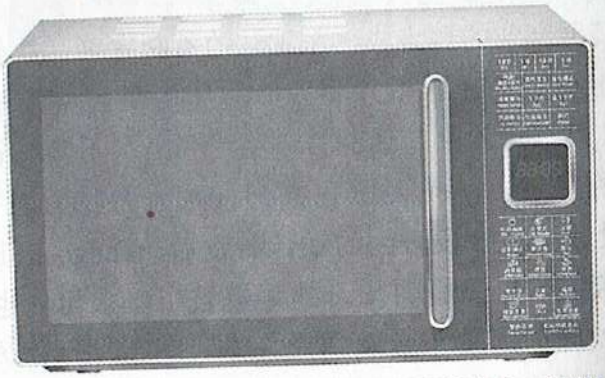
附图1-7　PIXCIR的Tango R单层解决方案

目前，PIXCIR的Tango R可以在不需要增加Shielding层的情况下，有效支持单层ITO单指触控加手势的工作方式。未来Tango R会向多指方向更大尺寸发展，眼下只针对手机市场。

（6）Tango K系列

电容屏以其轻便的触摸体验，人性化的触摸接口，正在逐步改变人们的生活方式。像家电行业的传统按键越来越不能得到现代用户的认可，僵硬的操作方式将会逐步被时代所淘汰。

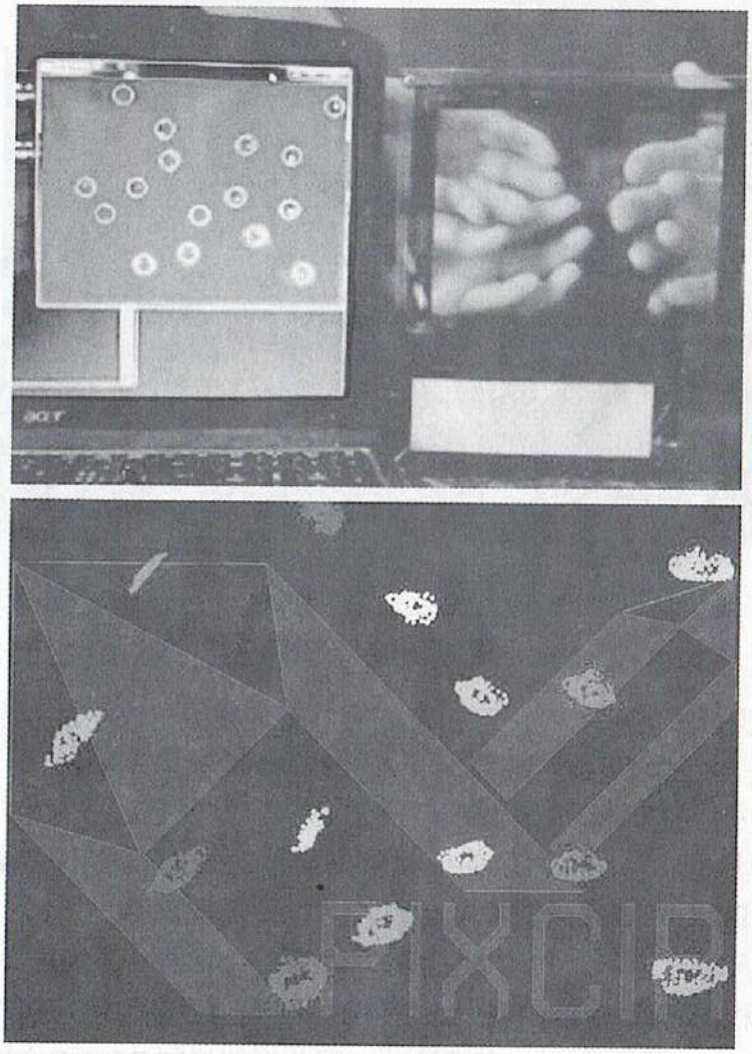
针对这样的一个市场，PIXCIR正在研发名为Tango K的触控IC，这是一款为按键量身定制的触控IC。将来会集中应用于家用电器领域，比如冰箱、微波炉、空调、洗衣机、触控开关等家用电器。如附图1-8所示，为Tango K实际运用简图。



附图1-8　Tango K实际运用简图----终端产品，触摸按键

（7）Tango Q系列

PIXCIR的研发进程从来都没有停止过，只会迎接越来越多的挑战，随着市场的逐步成长，相信未来的多指应用一定会成为主流。目前，PIXCIR的新一代多指触控方案——“无限指-Tango Q系列”已经进入研发尾声，即将推向市场，如附图1-9所示。Tango Q 具有极其卓越的触摸表现，可以支持无限制超级触控体验，相信在未来的市场中，一定会有一个极其良好的表现，让我们一起拭目以待。



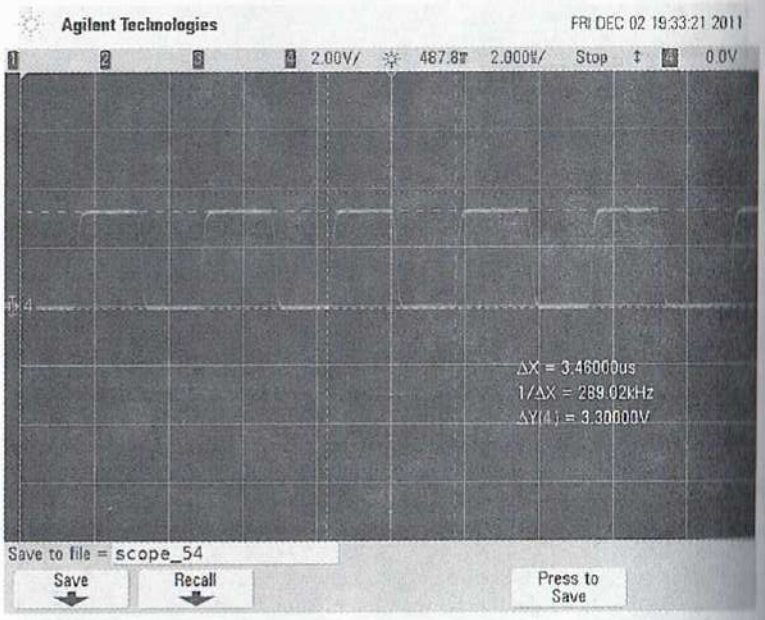
附图1-9　PIXCIR十指以上触控效果图

附1.2.3 PIXCIR触控IC特色

（1）采用低压制程

① 节能

触控芯片的扫描原理需要在ITO 传感器上进行高频率的充放电用于侦测手指位置。以Tango Core 为例每秒可完成30万次0～3.3V充放电过程，如附图1-10所示。



附图1-10 充放电

根据公式 $E=\frac{1}{2}CU^2$，可知较低的电压可减少充放电过程中的能量损耗。

② 芯片体积与功耗优势

对于芯片设计，内部的模拟电路设计会增加芯片本身体积和功耗，但PIXCIR方案采取低压制程，从设计之源就减少了触控芯片的体积，降低了功耗。PIXCIR目前方案为3.3V，与市场竞争对手采用高压制程的芯片相比，有很大的优势。高压制程芯片常用输入电压为1.8～5.0V，需输出16V高频脉冲，因此需要增加DC-DC电路。

③ 更好的EMC性能，没有EMI问题

较小幅值波动会减少对外电磁噪声污染，防止对其他芯片设备的影响；保证整机通过FCC等测试标准。

④ 与高压制程的芯片比较（见附图1-11）

附图1-11　低压制程与高压制程比较图

（2）抗干扰

PIXCIR的Tango芯片都单指都采用独创的S-R扫描算法进行干扰处理，对于单指而言，采用S-R算法处理，几乎可以将干扰降低为零。就S-R算法，PIXCIR拥有多项专利权。

对于多指的干扰处理，PIXCIR通过软件模拟出干扰的一个实际曲线，然后通过调节SPI速度，来驱动信号曲线远离干扰曲线，从而取得高效的抗干扰能力。

（3）低功耗

PIXCIR的触控IC以其低功耗著称。一般其他家的触控IC多采用高压扫描方式，这样可以有效去除干扰，这样的处理方法似乎很明智，但是在抗干扰的同时牺牲掉了功耗，毕竟高压扫描对功耗而言很不可取。而PIXCIR则采用一贯的低压扫描方式，从而有效降低了工作时的功耗。

（4）大尺寸

PIXCIR一贯以支持大尺寸著称。对于大尺寸而言，PIXCIR从来

都是从容应对，目前PIXCIR已量产的最大支持尺寸是21英寸，使用3颗S32实现。而对于更大尺寸，也可以通过其他的一些解决方案实现，譬如利用更多的Tango相互挂载。

（5）其他一些特色

如附表1-3所示为PIXCIR触控IC其他一些显著特色。

附表1-3　PIXCIR触控IC其他一些显著特色

PIXCIR触控IC其他特色	PIXCIR触控IC参数
高信噪比	200 ： 1
高报点率	两指：120Hz 110Hz
	五指：130Hz 90Hz 60Hz 50Hz 50Hz
快速的触摸反应	＜100ms
支持多样的ITO结构	双层Glass、单层Glass、FILM

附1.2.4　PIXCIR Tango Tune

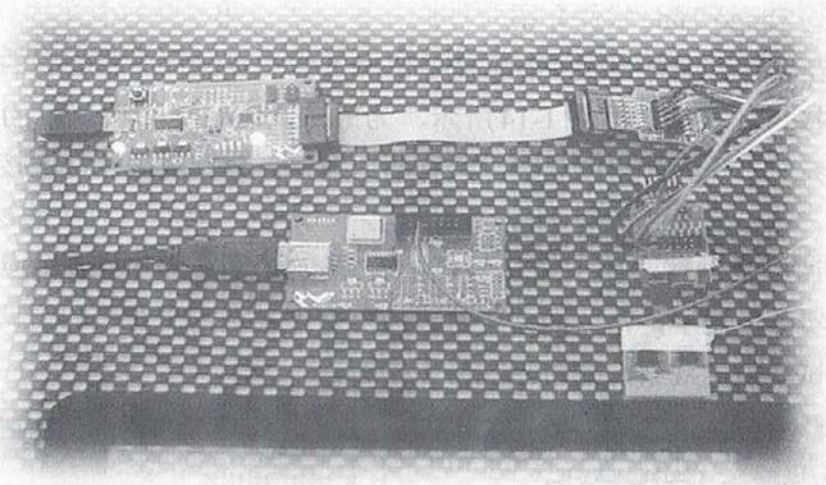
“工欲善其事，必先利其器也”。一款好的工具，对于效率的提升极其重要，就目前而言，任何一家的触控IC都离不开调试工具。在这样的背景下，Tango Tune的出现绝非偶然，为了提高工作效率，一款款先进的调试理念和调试工具必然会接踵而至。

（1）什么是Tango Tune？

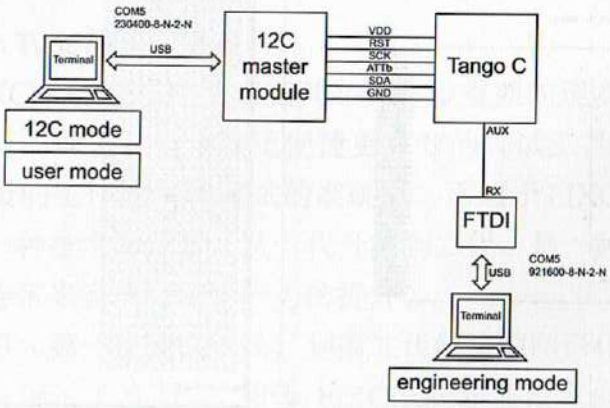
Tango Tune，顾名思义，一种用于Tango的调试工具。主要用在调试的过程中，换句话说，是一种更高阶的调试手段。对于PIXCIR而言，Tango Tune是一个很有创新意义的调试工具，相较于其他IC公司，PIXCIR率先推出了自己的可视化、可定量分析的触摸第二代调试工具——Tango Tune。

① Tango Tune硬件介绍

目前Tango Tune已经全面应用于现有IC调试中。附图1-12为Tango Tune的实际硬件应用图。附图1-13为Tango Tune的流程示意图和附图1-12相对应。



附图1-12　Tango Tune实体应用图

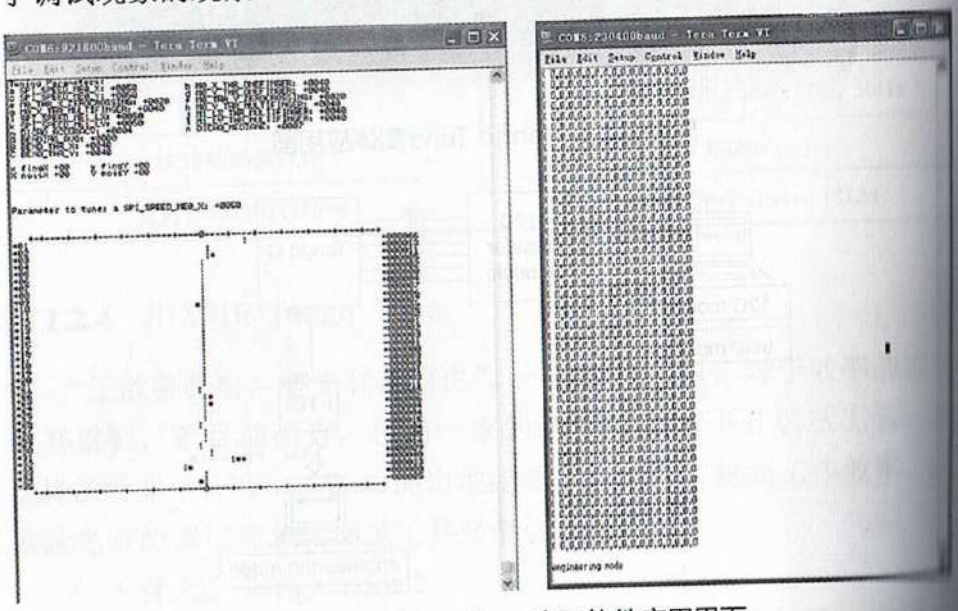


附图1-13　Tango Tune流程示意图

从附图1-12和附图1-13所示，可以看到配合Tango Tune的硬件联机部分分为两边，一边被称之为6线通讯接口（相当于附图1-12中的I^2C MASTER和Tango C之间的连接），除了在Tango Tune中用于命令的发送，在实际系统端，也是使用这6线进行通讯。6线包括VCC、GND、RESET、SDA、SCL、ATTB。这个在前面的章节有详细讲述。而另一边是单线的调试线（相当于附图1-13中的FTDI），也可以称之为AUX线，主要用于调试过程中数据的传送，在实际系统端这根线是不需要的。

② Tango Tune软件介绍

在软件方面，Tango Tune需要使用单独的算法程序和配套的软件进行接口的观察，附图1-14所示，为Tango Tune实际调试时的软件观察界面。从界面角度观察，共有两个窗口，分别对应硬件连接的两路线。一路命令线，用于命令的发送，如附图1-14右边对应的窗口；一路调试数据线，用于调试数据的传送，如附图1-14左边对应的窗口。实际应用中，命令都会在右边的窗口中发送，而左边的窗口将用于调试现象的观察，非常直观易于判断。



附图1-14 Tango Tune实际软件应用界面

（2）Tango Tune的特点及意义

① Tango Tune的特点

a. 直观性

Tango Tune的直观性体现在其人性化的调试界面，调试人员可以很清晰的观察到什么样的情况被认为可以的。所有的调试过程及调试参数都可以通过图形的方式反馈回来。

b. 准确性

Tango Tune的准确性体现在所有的调试参数都可以借助于图形

相应的图形化评判标准，可以很准确的调试出需要的参数，而传统方法，很多参数都只能依靠调试人员的经验及Performance表现综合判断，很有局限性。

c. 高效率性

Tango Tune的高效率性体现在通过可视化的调试界面及简洁的图形判断标准，可以很便捷地很快速地调试出参数。而传统方法步骤繁多，每修改一个参数都需要花费很多时间。

d. 易操作性

Tango Tune的易操作性体现在你不需要有太丰富的经验，也不需要太了解屏幕的原理，只需要了解到Tango Tune的图形判断标准，你就可以上手尝试调试，大大降低了调试门槛，也方便了公司增加调试人员的配置。

② Tango Tune的现实意义

作为PIXCIR的第二代调试工具，具有很重要的现实意义。除了对于从调试方面而言，是一款更便捷更有效的调试工具，能够有效提升调试人员的工作效率和调试的准确度。而对于PIXCIR产品层面而言，也是一种技术的革新。从一代升级到二代，是一种生产工具的变革，必然会带来竞争力和生产力的提升。

从历史悠久第一代调试工具，到第二代便捷的图形化调试工具的出现，相信就调试工具而言，相信PIXCIR脚步还没有停止，并且第二代也不会是终结，在未来，PIXCIR还会继续推出更多功能更加强大的调试工具，而且，PIXCIR也在试图探索自动调试的工具，相信这些都将会一一出现在我们的明天。

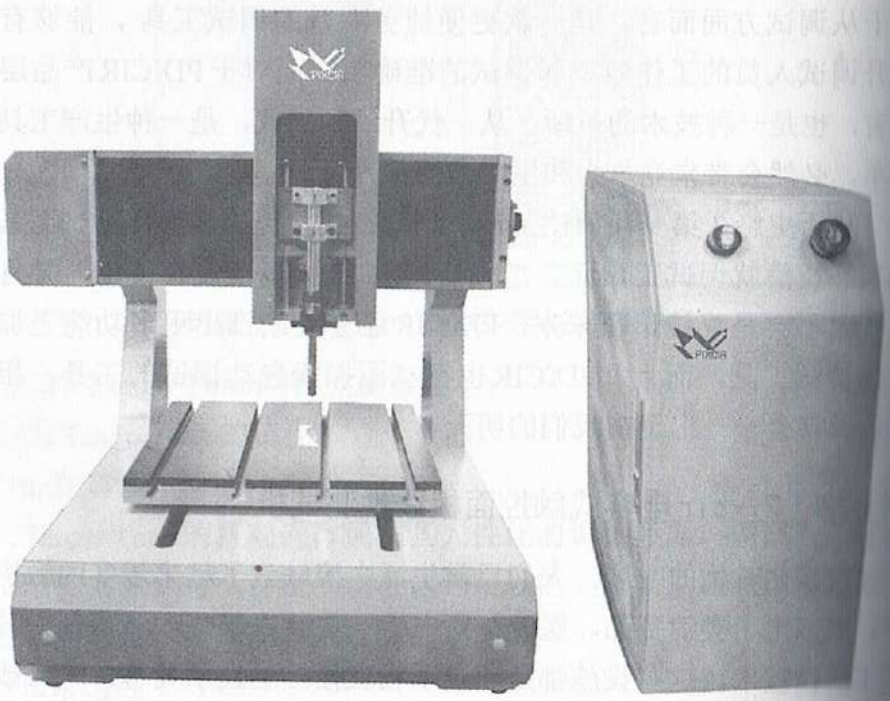
附1.2.5 Pixcir电容式触控面板线性测试机

智能化时代的发展，人们日常生活中接触到了越来越多的触控技术，类似电子类消费品、医院、图书馆、取款机等显示屏幕都充分应用了触控技术。这些设施都是通过手指直接接触显示荧幕，输入或选择命令功能。但随着人们的需求和技术的日渐成熟，越来越多的产品

都开始大规模使用触控面板，以达到“人机一体化”，因此触控面板的发展和应用前景也是十分喜人。

PIXCIR作为国内电容式触摸先进技术的领航者，不仅仅站在自身角度来完善产品线，产品应用从小尺寸到未来触摸生活应用的大尺寸，在国内乃至国外市场都形成了标杆作用。当然在公司自身发展的同时，PIXCIR集欧洲、中国智慧与技术于一体，不断地根据客户需求完善并衍生产业链，站在巨人的肩膀上很有前瞻性地开发研制了电容式触控面板测试机，模拟人类手指在使用过程中的力量和速度对面板进行输入性的测试，如附图1-15所示。

下面的章节中，详细介绍PIXCIR技术人员通过对非专用设备机改造与软件开发，透过XYZ轴平台进行相对的移动轨迹设置以及稳定的速度，结合配套软体电子信号将实际轨迹坐标等工程资料显示荧幕，从而确认触控面板打点、画线等各项动作效果，对PIXCIR技术研发阶段产品把关起了至关重要的作用。



附图1-15　PIXCIR电容式触控面板线性测试机

（1）主要技术参数（见附表1-4）

附表1-4　技术参数

项次	项目描述	规格标准
1	设备重量	机床总重75kg左右，不封顶罩
2	驱动系统	步进驱动
3	T型平台	650mm×600mm
4	X、Y、Z轴工作行程	300mm×300mm×100mm
5	工作台尺寸	300mm×300mm
6	加工精度	≤±0.02mm/300mm
7	重复加工精度	≤±0.01mm/300mm
8	空走速度	6000mm/min
9	加工速度	0～6000mm/min（可调节）
10	工作台最大负重	200kg
11	测试铜棒直径	1～12mm（标准化）
12	工作电压	三相380V
13	主轴转速	8000～24000rpm
14	工作台平面度	≤±0.05mm

（2）特点说明

① 适用于电阻式、电容式、光学式等各种触摸屏测试使用；

② 可测试触摸屏最大尺寸为：300mm×300mm；

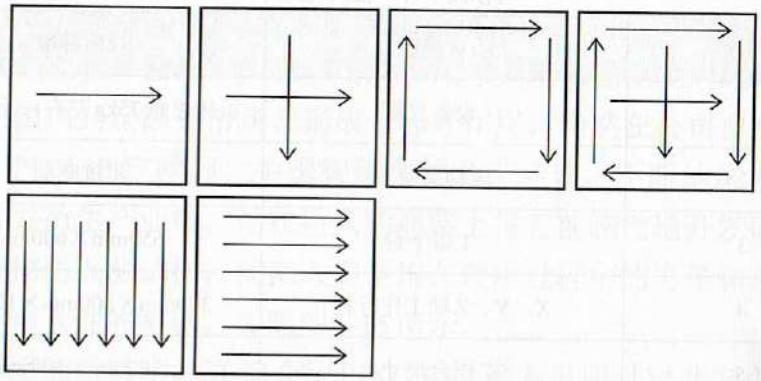
③ 具有点击及点击寿命测试等功能；

④ 提供直线、斜线、弧线、圆等划线等业界常用标准测试划线功能；

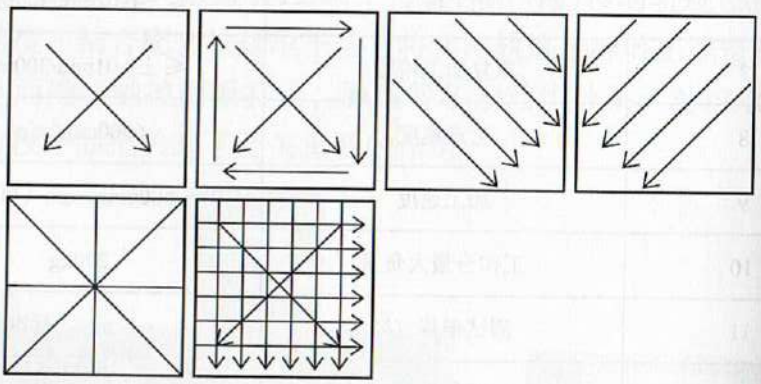
⑤ 提供标准路径、任意路径等划线路径功能。

（3）路径划线简介（见附图1–16）

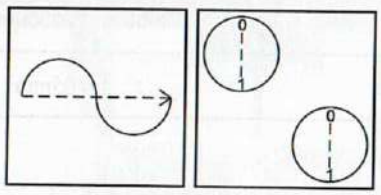
标准路径示意图：



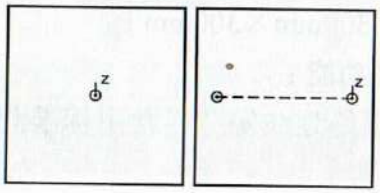
斜线路径示意图：



弧线（圆）路径示意图：



点击测试划线路径示意图：



附图1-16　路径划线路径示意图

（4）PIXCIR软体解析

PIXCIR已经结合此设备成功运用在案例中，在案例测试过程中涵盖了直线、斜线、报点等常规性测试软体开发。通过设备化机械式测试，可以看到PIXCIR方案在线性和报点方面的优势，具体可参考（见附图1-17）动作解析。

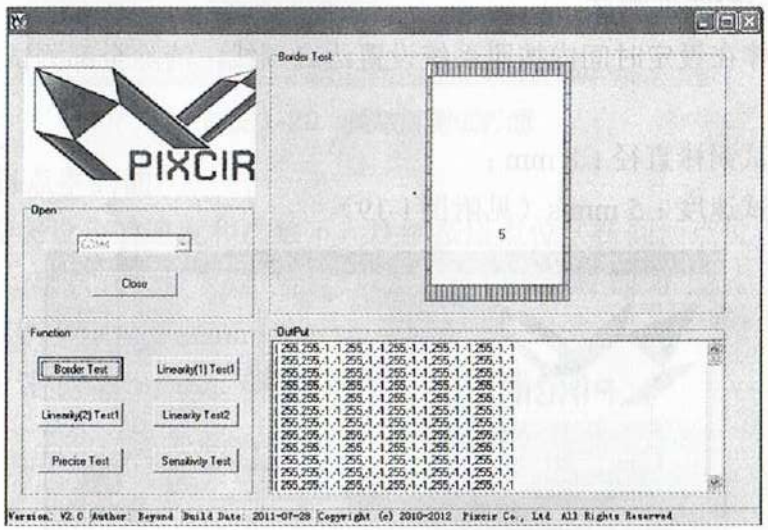
① 线性测试

a.边缘线性测试

铜棒在设定时间内按照系统设置边缘画线，清除全部测试方块即为Pass.

测试铜棒直径：8 mm；

测试速度：5 mm/s（附图1-17）。



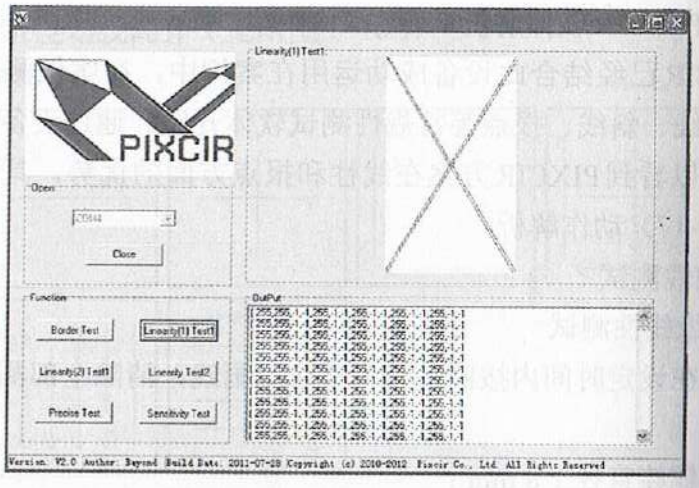
附图1-17　边缘线性测试界面

b.对角线性测试

铜棒在软体设置左右极限边框范围内对角画线，系统可以计算出偏移最大值与设定标准值进行比较，误差必须小于设定标准值才为Pass。

测试铜棒直径：8 mm；

测试速度：5 mm/s（见附图1-18）。



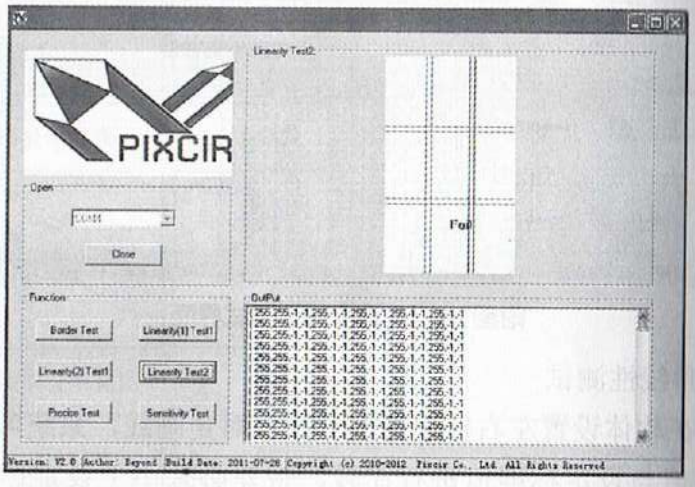
附图1-18　对角线性测试界面

c. 一般线性测试

铜棒在设定时间内按照系统设置边缘画线，清除全部测试方块即为Pass。

测试铜棒直径：8 mm；

测试速度：5 mm/s（见附图1-19）。



附图1-19　一般线性测试界面

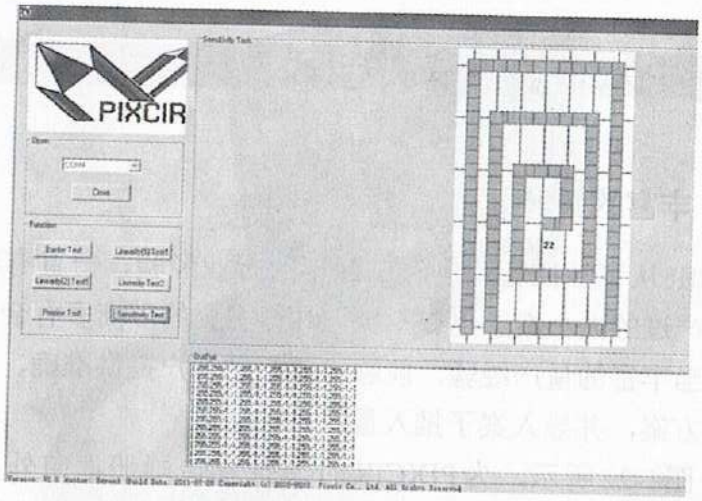
② 灵敏度测试

按照设置图表快速画线，观察是否有断线现象产生，清除全部测

试方块即为Pass。

测试铜棒直径：小于10 mm；

测试速度：50 mm/s（见附图1-20）。



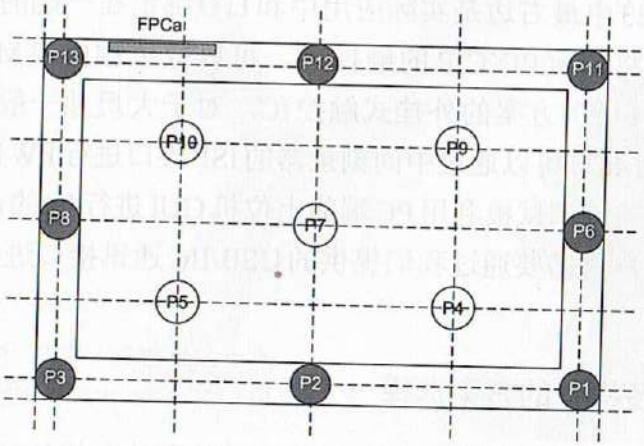
附图1-20　灵敏度测试界面

③ 报点率测试

铜棒在设定的速度和次数下，连续按压点位（在同一点位设定敲击次数），确认其报点次数是否与设定按压值一致，即为Pass。

测试铜棒直径：8 mm；

按压速度：2 times/s（可客制化）（见附图1-21）。



附图1-21　报点率测试界面

以上我们可以初步了解PIXCIR触控面板测试机的性能与基本参数（实验参数供参考），当然在软体测试参数部分，可以客制化而满足不同客户应用范围的测试需求。

附1.3 PIXCIR触控解决方案

附1.3.1 丰富的量产经验

PIXCIR从事触控行业已有三四年的行业经验，一直有着极佳的声誉，量产过的大小案子也有不少，和很多大的厂商多有合作。已经积累了相当丰富的量产经验，能够迅速帮助客户提供准确、有效、最优的解决方案，并导入案子推入量产。

如附图1-22所示，为PIXCIR的一张宣传画册，向外界透露着PIXCIR的触控IC在手机、平板、笔记本等电子产品中都可以有着优越的表现。

附1.3.2 PIXCIR触控解决方案原理

如附图1-23所示为PIXCIR的解决方案轮廓图。图中包括调试环节和客户实际应用环节以及芯片MCU开发环节。

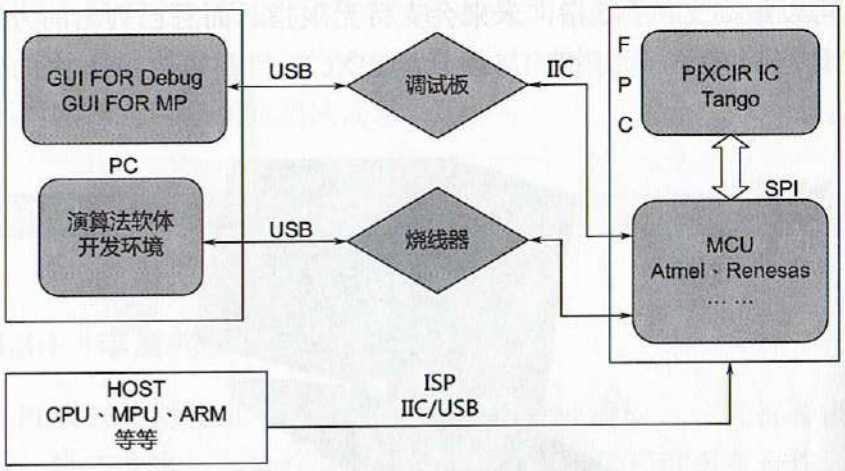
附图1-23中最右边是实际应用中和ITO绑定在一起的FPC/FLEX模块，上面将放置PIXCIR的触控IC，可以放单颗内包MCU的触控IC或者是“1+1”方案的外挂式触控IC，对于大尺寸一般需要2～3颗触控IC。MCU可以通过中间刻录器的ISP接口进行FW的下载和调试，也可以通过调试板利用PC端的上位机GUI进行IC的performance调试。而客户只需要通过我们提供的USB/IIC通讯接口进行数据获取或控制即可。

附1.3.3 多样化的方案选择

目前PIXCIR拥有多种解决方案，可以有效支持IIC/USB通讯接

口，可以最高支持到5指，未来会支持无限指。而且已列出的方案都已有量产的案子，如附表1-5所示为PIXCIR目前可支持方案的一个清单。

附图1-22 触手可及PIXCIR宣传图片



附图1-23　PIXCIR触控IC解决方案轮廓图

附表1-5　PIXCIR目前可以支持的方案

方案	通讯接口	支持手指	最大尺寸
MCM-168	IIC	2	5英寸
Atmel168+2S32	IIC	2	10.1英寸
M29	IIC	2	4.3英寸
M48	IIC	2	7英寸
M48+TangoF32	IIC	2	11.3英寸
M45	USB/IIC	4	7英寸
M45+TangoF32	USB/IIC	4	10.1英寸
M45+TangoF48	USB/IIC	4	13.3英寸
TangoC32	IIC	5	5英寸
TangoC48	IIC	5	7英寸
TangoC44+F32	IIC	5	10.1英寸
TangoC44+F48	IIC	5	13.3英寸
Mege32U2+S32	USB	2	5英寸

续表

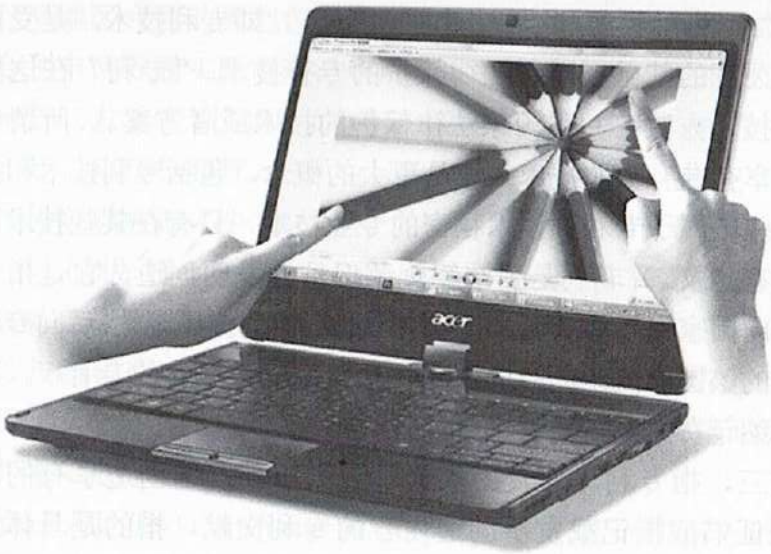
方案	通讯接口	支持手指	最大尺寸
Mege32U2+2S32	USB	2	10.1英寸
Mege32U2+3S32	USB	2	21英寸
TangoR48	IIC	1+手势	3.5英寸

相信PIXCIR未来的方案会更加可靠、支持的通讯接口更加多样化、支持手指数目更加多、触摸体验更加优秀。

NOTE

附录 2

触控专利简介



附2.1 知识产权的概念

附2.1.1 概念综述

所谓知识产权是指“权利人对其所创作的智力劳动成果所享有的专有权利”，一般只在有限时间期内有效。各种智力创造比如发明、文学和艺术作品，以及在商业中使用的标志、名称、图像以及外观设计，都可被认为是某一个人或组织所拥有的知识产权。

专利：即是指专有的利益和权利。

在知识产权的范畴中，专利有三层意思：

第一，专利权的简称，指专利权人对发明创造享有的专利权，即国家依法在一定时期内授予发明创造者或者其权利继受者独占使用其发明创造的权利，这里强调的是权利。专利权是一种专有权，这种权利具有独占的排他性。非专利权人要想使用他人的专利技术，必须依法取得专利权人的授权或许可。

第二，指受到专利法保护的发明创造，即专利技术，是受国家认可并在公开的基础上进行法律保护的专有技术。“专利”在这里具体指的是技术方法——受国家法律保护的技术或者方案。（所谓专有技术，是享有专有权的技术，这是更大的概念，包括专利技术和技术秘密。某些不属于专利和技术秘密的专业技术，只有在某些技术服务合同中才有意义。）专利是受法律规范保护的发明创造，它是指一项发明创造向国家审批机关提出专利申请，经依法审查合格后向专利申请人授予的该国内规定的时间内对该项发明创造享有的专有权，并需要定时缴纳年费来维持这种国家的保护状态。

第三，指专利局颁发的确认申请人对其发明创造享有的专利权的专利证书或指记载发明创造内容的专利文献，指的是具体的物质文件。

附2.1.2 主要国家和地区申请专利的流程

（1）中国大陆

中国大陆专利的类型包括：发明专利、实用新型专利和外观设计专利三种类型，保护年限分别为20年、10年和10年。其中发明专利需要进行实质审查。申请的具体流程如下：

准备好申请材料，包括说明书、说明书摘要、权利要求书、说明书附图和摘要附图等。提交申请后一周左右，会收到国家知识产权局发出的《专利申请受理通知书》；八个月左右，会收到国家知识产权局发出的《发明专利申请初步审查合格通知书》，然后进入公开程序；如果是实用新型和外观设计，收到受理通知书后，待缴费授权后即可获得证书。对于发明专利，公开后会进入实审阶段，实审阶段为两年左右，会收到国家知识产权局发出的《办理登记手续通知书》；缴费专利登记费和年费后，两个月左右，会收到国家知识产权局发出的《发明专利证书》。

（2）中国台湾地区

台湾地区专利的类型包括：发明、新型、新式样三种类型，三种类型专利申请皆需实质审查，申请档案齐全符合基本要求后自动进入实质审查。发明专利期限为20年，新型专利为12年，新式样专利为10年，均自申请日起算。

专利申请所需文件：

① 委任状（Power of Attorney）：由申请人签字或盖章，每一申请需要提交一份委任状。

② 国籍证明（certificate of Nationality）：作为申请人的自然人的身份证，或护照，或户籍等复印件，需经公证。一份国籍证明适用于同一申请人的所有申请案，但有效期为三年。

③ 法人证明（Certificate of Corporation）：作为申请人的法人单位营业执照的复印件，需经公证。

④ 宣誓书（Oath）：由发明人或制作人签名、盖章，表示此专利

申请的发明或制作不是剽窃他人成果。多位发明人可共签一张。

⑤ 专利申请说明书及图样：发明、新型申请应有说明书、摘要、权利要求书及图式。如有在其他国家申请，请提供申请号和申请档。新式样申请，可提供简要说明，说明产品内容与特点，新式样的图样要六面视图和立体图，最好有虚线表现，也可用照片代替，如是照片应提供一式4份。

（3）美国

美国专利法规定，发明人在提出专利申请时，必须向专利局提交：

① 说明书（Specification）；

② 图样（Drawing）；

③ 宣誓书或声明书（OathorDeclaration）。

其中最重要的是说明书，按照美国法律的规定，申请人的说明书中，应包括发明的名称，对发明的叙述，对制造及使用发明的方式、方法的说明，以及发明人认为实施自己发明的最佳方式（BestMode）。对于上述情况，申请人必须如实披露，并应做到足以使一般具有专业技术的人能够实施发明的程度。此外，申请人还必须在说明书中明确而具体地提出他所要求给予专利保护的范围。

（4）欧洲

欧洲专利法规定，发明人在提出专利申请时，必须向专利局提交：

① 提出申请。申请人可以以英语、法语和德语这3种官方语言之一向欧洲专利局提出申请。申请档一般包括说明书、权利要求书、摘要和摘要附图。此后，欧专局会发出通知，自该通知发出之日起一个月内，无论申请人是否进行过修改，都可以递交权利要求的修改，但此期限不可延期。

② 欧洲专利局检索。欧专局通常对与申请的专利性有关的现有技术档进行检索，并把检索结果通知欧洲专利律师。

③ 公布专利申请。欧专局将于自优先权日（申请日）起18个月内公布专利申请，并希望检索报告能在公布之前做出，以便申请人能作出是否继续申请程序的选择。

④ 提出实质审查请求和实质审查。申请人应在申请同时或在欧专局的检索报告公布日起6个月内提出实质审查请求，同时需从欧洲成员国中指定具体成员国，并交纳审查费和指定费。

⑤ 欧洲专利授权。当审查通过后，欧专局将发出授权通知复印件。申请人选择同意授权文本并允许本申请进入授权程序，或按自己的意志对文本或权利要求进行修改。上述工作完成后，欧洲专利被正式授权并发出授权证书。

⑥ 在欧洲成员国生效。一般在收到授权通知后，申请人就必须决定在指定国名单中选择生效国，通知欧洲专利局该专利在哪些国家生效。根据各生效国的规定，一般都需要将此项欧洲专利的全部内容翻译成该国的语言，并提交给该生效国。

完成在不同国家生效的工作后，申请人则拥有不同国家的专利，它们相互独立，每一项都需要每年交纳年费。

附2.2 申请专利的意义

专利是世界上最大的技术信息源，据实证统计分析，专利包含了世界科技信息的90%～95%。如此巨大的信息资源远未被人们充分地加以利用。事实上，对企业组织而言，专利是企业的竞争者之间唯一不得不向公众透露而在其他地方都不会透露的某些关键信息的地方。因此，企业竞争情报的分析者，通过细致、严密、综合、相关的分析，可以从专利文献中得到大量有用信息，而使公众的专利数据为本企业所用，从而实现其特有的经济价值。因此，申请专利的意义主要可以总结为以下三部分。

附2.2.1 保护发明成果

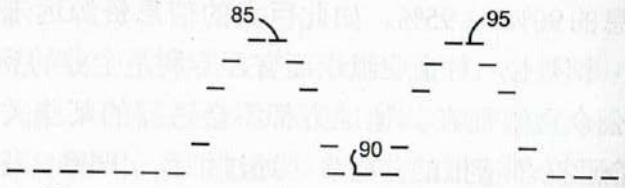
也就是专利权人对于发明创造的专有权，任何其他的单位或者个人不得以任何形式盗用他人的发明成果。保证了发明的归属和独占性。值得一提的是，这种非物质化的劳动成果形式的概念已经日渐深

入人心。相信这种知识产权意识很快就会变成每个人都具备的自我保护意识之一。

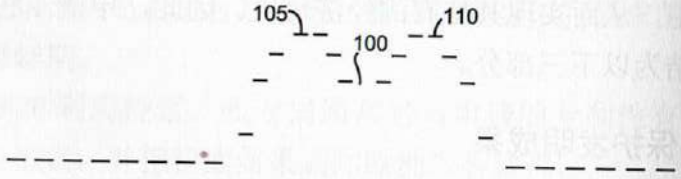
附2.2.2 抢占市场，限制竞争对手的发展

随着市场竞争的日益激烈，专利权的争夺已经成了商业竞争中的核心内容。很多知名企业间为了专利权产生纠纷时有所闻，因为参与当今各行各业市场竞争的对象都非常清楚，专利权是一项技术，一项产品今后创造的所有利益的本源，赢得了专利权就意味着将竞争对手牢牢地压制在起跑线。

下面我们就以产业界最具争议的也就是著名的触控法律纠纷US5825352专利的解析来讨论。US5825352是台湾义隆电在多点触控领域通过并购而获得的一篇美国专利，题目翻译为：一种检测触摸传感器上手指操作的方法。该专利原本并非是义隆电子公司申请，而是由罗技（Logitech）美国加州分公司于1996年2月28日申请的，1998年10月20日获得授权，时效为20年，故截止日期是2016年2月27日。后来义隆电子公司通过并购罗技瑞士子公司获得了该项专利权。此项专利最主要的应用是在笔记型计算机的触控板（并非导电玻璃）。



附图2-1 两个不重叠的手指触摸时侦测的轮廓



附图2-2 两个近距离手指触摸时侦测的手指轮廓

该专利主要描述了一种多指触控的侦测方式，主要针对与电脑触控板上的手指侦测（见附图2-1、附图2-2）。其侦测多指的步骤翻译

如下：

a. 识别第一手指对应的第一最大信号；

b. 根据所述第一最大信号识别一个最小信号；

c. 根据该最小信号再识别出对应第二手指对应的第二最大信号，根据所述第一及第二最大信号识别出两手指同时存在。这项专利目前适用于涉及多指触控的一些领域，然而到了2016年此专利失效后，预计会有很多的同类业者进入市场并改变原有的笔记型计算机触控板市场格局。

义隆电子公司凭借此份专利，先后起诉新思国际（Synaptics）、苹果（Apple）以及瀚瑞微（Pixcir）（法院尚未审理）。根据21IC中国电子网报道，2008年与新思国际的诉讼达成了和解；据腾讯科技最新消息，2011年5月与苹果的诉讼却以失败告终，苹果公司也直接申请成功地使义隆电子公司专利的部分条款无效，导致该专利的保护范围明显缩小。通过义隆的几起诉讼案例，业界发现原先被误以为此专利涵盖所有多点触控原理的观点存在一些问题，其所申请的技术方案不全面，因此不能完全概括多点触控所涉及的相关技术。义隆电的这种专利类似于申请一个物理现象的专利，因而引导很多人误以为这个专利将包含了一切，没有任何其他人可以越过这堵专利墙。其实并不然，譬如美国苹果公司的电容检测专利就由美国政府认定完全没有侵权。目前市面上有不少的触控专利都有它的独特性。15年历史的US5825352也即将过期，它只是众多触控专利的一项。

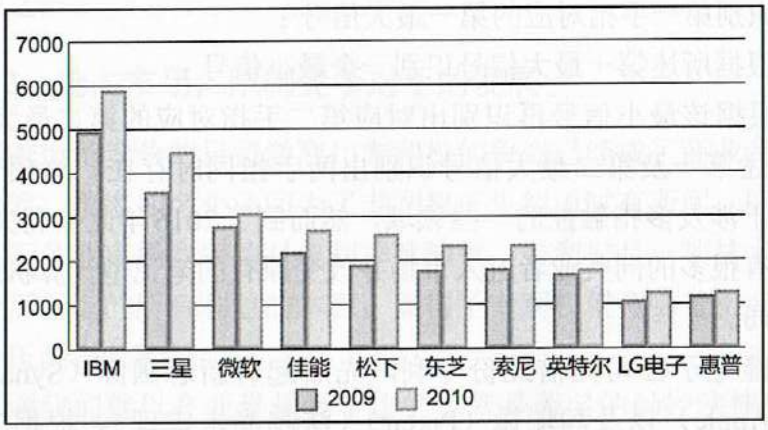
附2.2.3 创造商业价值

当一项技术申请发明专利以后，专利权人可以通过转让、许可生产、寻找投资商合作等方式来利用专利赚取经济收入，这是合理的更是合法的。

随着公民的专利意识的逐年增强和高新技术的迅猛发展，每年申请专利的数量都在增长，增长趋势呈现出快速向上的态势。

附图2-3给出美国各个专利界巨头在2009年、2010年申请量的柱

形图。



附图2-3　美国2009年和2010年专利申请数量排行榜

附2.3 触控专利布局

国际上在触控专利上的竞争非常激烈，世界未来的竞争，就是知识产权的竞争。如果说世界上某个领域的专利战是一场阵地战，那么对手之间的竞争方式就是抢先占领地图上尽可能多的地方，借此让对手无处落脚。一旦公司以大量的专利筑起了高高的城墙，竞争对手就很难另辟蹊径，甚至连绕着城墙走过都有可能会担心滚木礌石的危险。也许大家对之前闹的沸沸扬扬的苹果公司与三星、台湾宏达电（HTC）公司、台湾义隆电子公司之间的专利诉讼之争并不陌生，这就是目前知识产权激烈竞争的一个缩影。让我们来回顾一下苹果公司和三星、HTC、台湾义隆电子公司的这几起旷日持久的专利战。

（1）苹果与HTC

在2011年7月15日美国国际贸易委员会（ITC）初步裁定HTC侵犯苹果公司两项专利权。

2010年，苹果对HTC提起了十项iPhone专利诉讼。当年5月，HTC反诉苹果侵权。2011年7月8日，苹果将这一诉讼升级，新增了针对HTC的一系列诉讼。ITC此番仅针对四项专利做出初裁。如果

ITC最终裁定HTC侵权，美国可能将禁止进口部分使用谷歌Android系统的HTC手机。

因为这场官司，HTC在台北交易所的股价已经延续了一个月的颓势，近况堪忧。长期来看HTC与苹果公司之间的专利权争端还会继续，预计这起法律诉讼、潜在的牌照费和专利权费用可能一定程度地侵蚀HTC的利润率。

另外，苹果由于其自身雄厚的实力和树大招风的形象也容易招来一些其他小公司的侵权诉讼。当然也不排除一些小公司为了提升自己的知名度而主动诉讼苹果这样的著名企业，然则诉讼乃是富人游戏，没有强大的人力和财力支持恐怕也很难告赢苹果公司这样的企业巨人。

（2）苹果与义隆电子

据国外媒体报道，芯片和触摸屏制造商义隆电子半年前向美国国际贸易委员会（ITC）投诉，称苹果公司包括即将上市的iPad在内的多种产品侵犯了其专利权，要求ITC禁止相关产品的进口和销售。

义隆电子的投诉文件指责苹果“明知故犯”的使用义隆的科技，并继续推出侵权的产品，侵犯了义隆电子同时对两个或以上手指作出反应的技术的专利。

从以上消息我们不难得出以下信息推论，首先，专利权已经成为企业之间竞争的焦点，一种专利的归属可能决定了企业未来占有的市场占有率，甚至会是企业生存的基础；其次，为了给其他公司产品的推出和发展制造障碍，半导体触控IC业界的鉅子们都已经纷纷行动，申请了数量庞大，涵盖广泛的专利，以防任何可能的侵权行为的发生。

于是我们可以总结出发生在当今世界的专利战争的意义：

① 正义：首要条件肯定是出于正义，所有不以正义为诉求的指控必然败诉。

② 宣传：无论是主动抑或是被迫卷入与苹果公司这样的大肥羊之间的知识产权的诉讼中，都必然会引起业界其他的公司的注意，因此这也不失为一种提高知名度的方法，但是如上所述，一定要以正义为先决条件和首要诉求。

③打击：一旦在专利战中取胜，必然会对诉讼的对方造成经济和名誉上的打击，因此这种手法在当今纷争不断的半导体行业很常见。然则诉讼有风险，耗时耗力，而且容易引发对手的反诉，若非财力雄厚或技术有绝对优势，诉讼的双方都容易被官司拖累，从而影响自身的发展。

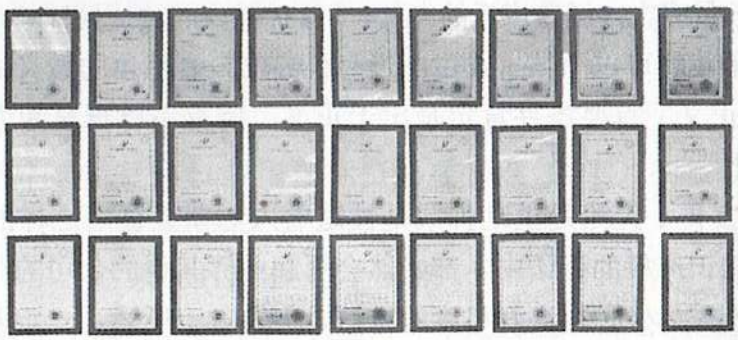
故而，笔者还是建议知识产权诉讼一定要秉承正义原则，在合理合法的前提下维护自身的权益。

附2.4 PIXCIR的专利布局

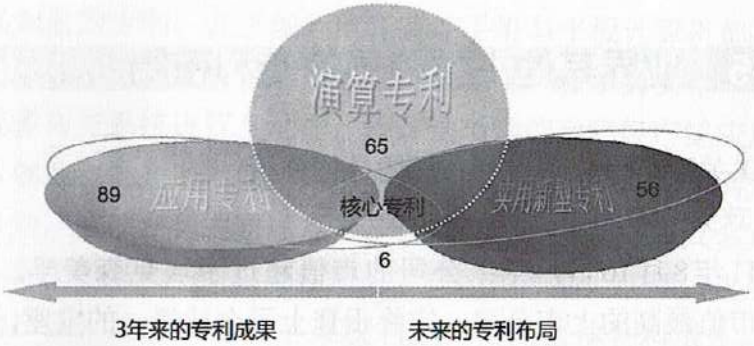
目前PIXCIR已经在世界范围内申请了210余项触控专利。凭借PIXCIR强大的研发团队的集体智慧，PIXCIR公司已经进入触控IC产业投射电容式触控屏研发企业的领先位置。

以最新的产品Tango R为例，电容式的触控Tango R系列配备了独有的二维电容传感器的扫描配置和定位方法。这种方法不但简单，而且能够有效克制外界噪声引起的干扰，增强抗干扰性，从而快速准确地找出触控点的具体位置坐标，并且可以支持到10.1寸的大尺寸屏幕，此技术是全球第一。目前这项技术已在全球布局30项专利，在专利布局上也遥遥领先业界其他产品。

PIXCIR全球范围内所拥有的210多个触控专利，将与客户共享，共同构筑知识产权的保护网，见附图2-4、附图2-5、附表2-1。



附图2-4 PIXCIR已获得的专利证书



附图2-5　PIXCIR专利布局

附表2-1　PIXCIR专利选登

量化电不平衡的装置及加入有该装置之触摸检测系统 98101220	DEVICE FOR QUANTIFYING AN ELECTRIC UNBALANCE AND TOUCH DETECTION SYSTEM INCORPORATING IT 08000639
电平转移电路 200910024637.3	通过检测触摸板的感应面积进行手势识别的方法 200910028089.1
在触摸板上实现游标自动移动的方法 200910025570.5	触控面板上一层ITO布线的实现方法及工作原理和流程 200910026996.2
在触摸板上控制卷轴卷动及卷动延长的方法 200910182005.X	电容式识别信息的系统 201010017264.1
一种液晶显示驱动电路的实现方法及源极驱动电路模块 200810235265.4	电容式触摸按键及其判断方法 201010194302.9
改善电容触摸屏边缘的触摸精度的方法 201010194333.4	三维空间触控操作的方法及其手势 201010223592.5
序列式图像检索方法 201010252681.2	触摸屏上扫描线远程信号的补偿方法 2011010288595.7
触摸屏边缘处鬼点消除的方法 201010560437.2	MCU和触控IC组合封装刻录测试方法 201110044288.9
触摸屏扫描线的电容测试方法及电路模块 201110073472.6	一种单层ITO的布线结构 201110171437.8
二维电容传感器的扫描配置及定位方法 201110206977.5	利用串口通信模拟片上系统总线的方法 201110234299.3

附2.5 业界其他主要公司的专利布局

（1）关于苹果公司专利布局的具体分析

① 苹果公司的概况

2011年8月10日，苹果公司的市值超过了埃克森美孚，成为了全世界市值最高的上市公司。它终于登上了全球第一的宝座，在这个漫长而光辉的过程中，苹果公司的专利工作功不可没。专利战是近年科技公司的重要策略。苹果公司的前CEO乔布斯先生就是该公司出色专利布局的个体表现：在苹果的专利组合中，共有313项将乔布斯列为“主要发明人”或“共同发明人”。

② 苹果公司当今的专利布局

苹果专利强项包括屏幕用户接口与应用程序、触控相关应用等，2011年6月从USPTO拿下触控手势专利，9月则又开始布局体感、3D领域。苹果透过合资公司拿下北电关于无线网络相关专利组合，苹果专利势力更趋庞大，未来竞争同业包括三星、LG、摩托罗拉、宏达电等压力恐怕会一再增加。

一旦苹果发动专利战或开放授权，非苹果阵营都有可能面临法律诉讼、支付高额权利金，此举意味着非苹果阵营，若要做出跟苹果一样功能的产品，其总成本一定比苹果高，不易发动价格攻势，等于是帮苹果在赚钱。

③ 苹果公司的布局前瞻

事实上，苹果在触控专利的布局一直不遗余力，美国专利商标局（USPTO）又通过包括触控手势在内的4项专利申请，引起业界哗然。多点触控意即一些让计算机用户透过数只手指达至图像应用控制的输入技术。要使用多点触控技术，装置必需配备触控屏或触控面板，同时需装载可辨认多于一点同时触碰的软件，相较之下，标准的触控技术只能辨认一点，是其之间最大的分别。

苹果的专利几乎已到了遍地是雷的地步，如手指滑过屏幕解锁，

就是其知名的专利，几乎现行所有智能手机与平板计算机都在其重重包围之下。最近一批通过的专利，主要范围是在手势操作，使用者以一指或多指与系统进行互动的过程。这项功能也已经广泛应用于现行掌上型触控装置之中，如使用手势进行画面缩放（地图、网页浏览）。业界认为，这项专利的通过几乎是让苹果得以主宰电容式多点触控的操作所有权，未来厂商只要使用电容式触控产品，想要做出质量等同苹果的产品，就必须付给苹果权利金、提高整体物料成本。如果不付，只要苹果控告，专利诉讼攻防战一触即发；由于近几年便携设备的触控技术多以电容式为主，后进者多半投资此技术，导致目前眼见苹果专利纷纷通过，进退两难的局面。据了解，目前其他阵营如无法提出有效的应对方式，1～3年内，恐怕可能只能看着大好商机眼前擦过，并佩服苹果自2007年推出第一代iPhone时就开始提出专利申请的远见了。

④ 针对苹果公司案例的总结

作为一个高新技术企业，专利意识是企业竞争意识和危机意识的核心代表。在未来的发展中，一定要不遗余力地贯彻公司一贯以来严谨求实创新的知识产权发展战略，丝毫不能放松。

（2）关于赛普拉斯（Cypress）公司专利布局的具体分析

① Cypress公司概况

Cypress半导体公司生产高性能IC产品，用于数据传输、远程通信、PC和军用系统。公司1982年成立，是一家国际化大公司。目前约有人员3000人，已经在全球建立了销售网络。公司总部设在美国加州San Jose。除了在加州硅谷拥有最早的设计中心之外，公司在美国的科罗拉多州、华盛顿、俄勒冈州、明尼苏达州、肯塔基、新汉普郡及英格兰、爱尔兰、菲律宾也设有设计工厂。1987年开始采用0.8μm CMOS工艺技术，1992年转移至0.65μm，不久将引入0.21μm工艺，现在70%以上的产品使用0.35μm或以下的工艺制造的。目前，Cypress半导体公司的新战略是瞄准大容量半导体市场，为此采取了一系列新步骤：将产品组装、检测转移至海外，减少产品/封装数

量，改良生产设备等，以提高生产效率、缩短产品上市周期。

② Cypress 产品

赛普拉斯（Cypress）为消费类电子、计算、数据通信、汽车、工业和太阳能等系统核心部分提供高性能的解决方案。赛普拉斯致力于客户服务，充分利用基于产品性能的工艺以及制造技术专长，使其产品系列扩展到有线与无线USB器件、CMOS图像传感器、计时技术解决方案、网络搜索引擎、专业内存、高带宽同步和微功耗内存产品、光学解决方案以及可再配置的混合信号数组等。

③ Cypress 技术前瞻

赛普拉斯半导体公司日前宣布其正与 NVIDIA 通力合作，共同开发面向下一代的 Android 平板计算机的触摸屏实施方案。该设计采用赛普拉斯可支持高达11.6英寸的大尺寸触摸屏的单芯片 TrueTouch® 解决方案和 NVIDIA® Tegra™移动超级芯片。

NVIDIA Tegra 前所未有的强大体验引领了新一波超级手机和平板计算机的浪潮。采用全球首款移动双核 CPU，Tegra 不仅支持 Flash 硬件加速功能，实现了全面的 Web 体验，而且还可通过 NVIDIA GeForce™ GPU 带来高清视频和游戏机级游戏性能。

该全新高性能 CY8CTMA884 TrueTouch 解决方案是业界首款支持高达11.6英寸大尺寸多点触摸屏的单芯片控制器。CY8CTMA884 系列具有60个感应I/O通道，可支持多达884个屏上节点，这比目前市场上任何其他单芯片解决方案都要多。更多地感应通道对更高精度、线性度来说必不可少，另外还可支持更小的手指并解决多个手指聚集在一起时出现的问题。该解决方案具有以下众多优势：支持 10 个手指的触摸、低功耗、握持和手掌误动作排除，高精度以及快速扫描时间等。

④ Cypress 现有布局

在该产品问世之前，赛普拉斯主打的是 True Touch 触摸屏系列产品，分别分为单指触控、多指手势触控、多指点触控三种技术，具体的产品信息如附表2-2所示。

附表2-2　赛普拉斯新技术：多点触控全区输入

技术	器件	最大电容感应口数	最大屏幕尺寸（英寸）	典型扫描速度/sensor(μs)	平均电流（mA）	Flash（B）	SRAM（B）	通讯接口	封装
Single-Touch	CY8CTST100	25	4.7	0.3	1.9	8K	512	I^2C, SPI	32-QFN 5mm×5mm×0.6mm
	CY8CTST110	24	4.6	1	4	8K	512	I^2C	32-QFN 5mm×5mm×0.9mm
	CY8CTST120	44	8.4	0.5	16	16K	1K	I^2C, USB	56-QFN 8mm×8mm×0.9mm
Multi-Touch Gesture	CY8CTMG100	25	4.7	0.3	1.9	8K	512	I^2C, SPI	32-QFN 5mm×5mm×0.6mm
	CY8CTMG110	24	4.6	1	4	8K	512	I^2C	32-QFN 5mm×5mm×0.9mm
	CY8CTMG120	44	8.4	0.5	16	16K	1K	I^2C, USB	56-QFN 8mm×8mm×0.9mm
Multi-Touch All Point	CY8CTMA120	38	7.3	0.5	16	16K	1K	I^2C, USB	56-QFN 8mm×8mm×0.9mm

Cypress的新技术称为“多点触控全区输入”，它进一步提升了触摸屏可靠的可用性，能满足多种特性丰富的应用需求。可靠性是指我们能以最高力度准确捕获到屏幕上所有触点的原始数据，尽可能减少屏幕触点定位不准带来的混乱问题的能力。可用性是指众多功能强大的应用可在不同大小的屏幕上受益于双手或两个手指以上的屏幕操控的能力。3D互动游戏、键盘输入和地图操作等都是使用这种触摸屏功能的一些主要对象。从根本上来讲，多点触控全区输入技术为设备和系统OEM厂商提供了唾手可得的所有触摸数据，帮助他们发挥创造性，以开发下一代新型实用的技术。

⑤ Cypress 优势技术

赛普拉斯半导体公司推出的TrueTouch触摸屏解决方案就是多点触控全区输入的一个应用实例。TrueTouch采用了赛普拉斯PSoC可编程片上系统架构，该架构集成了带有可编程模拟和数字块的8位微控制器。可实现无与伦比的灵活性和可配置性。TrueTouch解决方案的感应式电容触摸屏控制器能扩展支持各种尺寸的屏幕，可灵活支持单点触摸、识别手指方向的多点触摸和识别手指位置的多点触摸技术。TrueTouch可高度集成外部组件，而且特别适合与各种触摸屏传感器或LCD 显示屏协同工作。灵活的PSoC架构使设计人员能够在产品设计的最后阶段方便地进行修改，而这是领先于其他触控方案商的一项技术。

（3）关于Synaptics公司专利布局的具体分析

① Synaptics 公司简介

Synaptics公司的总部在美国圣克拉拉州，由费根和卡弗米德成立于1986年。是一家全球领先的移动计算、通信和娱乐设备人机接口交互开发解决方案设计制造公司。

② Synaptics 专利布局

Synaptics于1995年推出了触摸板接口，并迅速成为业界的一个领导者，在笔记本计算机市场上继续创新，用新的人机接口解决方案不断扩大和完善设备方案，包括笔记本计算机、PC机外设、数字音

乐播放器、移动电话、GPS设备和远程控制装置。致力于满足新兴的数字化生活方式的创新趋势，直观的人机接口的消费电子设备。结合多年的技术领先地位的创新驱动的文化，着眼于未来。在快速变化的市场中不断寻找新的创新，利用智能电子设备丰富和简化人与人之间的交流。戴尔、联想和惠普等许多著名笔记本生产商都使用了由Synaptics设计生产的触摸板和指点杆。目前有数据可查的Synaptics在触控屏幕上的专利总数有113个，在业界有着非常强的影响力。

NOTE

参考文献

[1] application_note_221.

[2] application_note_256_V14.

[3] application_note_450_v6.

[4] application_note_451_V1.

[5] application_note_511_v1.

[6] application_note_550_080625.

[7] application_note_550_v3.

[8] application_note_560_V3.

[9] DS_TANGO_M29_20101220_V3.

[10] DS_TANGO_M29_20110414_V5.

[11] DS_TANGO_M48_20110706_V8.

[12] DS_TANGO_M48_20110903_V11.

[13] TangoC_family_application_note_710_v6.

[14] ts_miniusb_rev2.

[15]《专利法》. 第五、五十四、五十六、五十七条，(2001年版).

[16]《智慧资本投资保障的完整性》.（刊于政大智慧财产评论第1卷第1期，2003年10月．作者：周延鹏.

[17]《触控技术融入人们生活每一角落》. 作者：拓墣产业研究所著；柏德威主编出版社：台北拓墣科技股份有限公司，[2010]

[18]《从小尺寸到中大尺寸应用的触控显示技术发展及机会分析》. 作者：杨仁杰著. 出版社：新竹县工业技术研究院产业经济与趋势研究中心[2008]

[19]《触控面板专题研究精选. 上》作者：曾维贞［等］著 出版社：台北财团法人信息工业策进会产业情报研究所（MIC)，[2010]

[20]《触控面板专题研究精选. 下》作者：詹文男总编辑 出版社：台北财团法人信息工业策进会产业情报研究所（MIC）[2010]

[21]《趋势前瞻技术创新专辑第8辑》作者：陈文棠，陈昭文，龚俊光著 出版社：台北财团法人信息工业策进会产业情报研究所（MIC）[2010]

[22]《触摸感应技术及其应用—基于CapSenes》作者：翁小平 出版社：北京航空航天大学出版社．出版日期：2010-1-1.

[23]《装饰控制—电、光、声、触摸控制技术应用》．李岗，李广波/2010年02月/国防工业出版社．

[24]《触摸屏技术与开发》三谷雄二 出版日期：2004年12月．

[25] Karli Watso Christian Nagel，《Beginning Visual C# 2010》，Wrox，2010.

[26] Blanchette, Jasmin/ Summerfield, Mark，《C++ GUI Programming With Qt 4》，Prentice Hall Ptr，2008.

[27]《触控技术与产业》李昆益，2010．台北：五男图书出版股份有限公司．

[28]《Linear Systems and Signals》——B.P.Lathi Mon Jun 23 18:27:46 2003.

[29] Microsoft MSDN，http://msdn.microsoft.com.

[30] Gof，《Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software》，Addison Wesly Longman.Inc，1995.

[31] Christian Nagel Bill Evjen Jay Glynn，《Professional C# 4.0 and .NET 4》，Wrox，2010.

[32] DS TANGO-S32 080414

电容式触控技术
入门及实例解析

本书是关于投射电容式触控技术的技术参考书，其中介绍了关于触控技术的基础知识、操作原理、PIXCIR公司触控IC的设计方法及实际应用方法、驱动程序设计方法，电容式触控IC设计实例，还探讨了触控技术的未来发展趋势。本书可供工程技术人员学习使用，也可以作为高等院校师生的教学参考书。

ISBN 978-7-122-13894-1

9 787122 138941 >

定价：49.00元