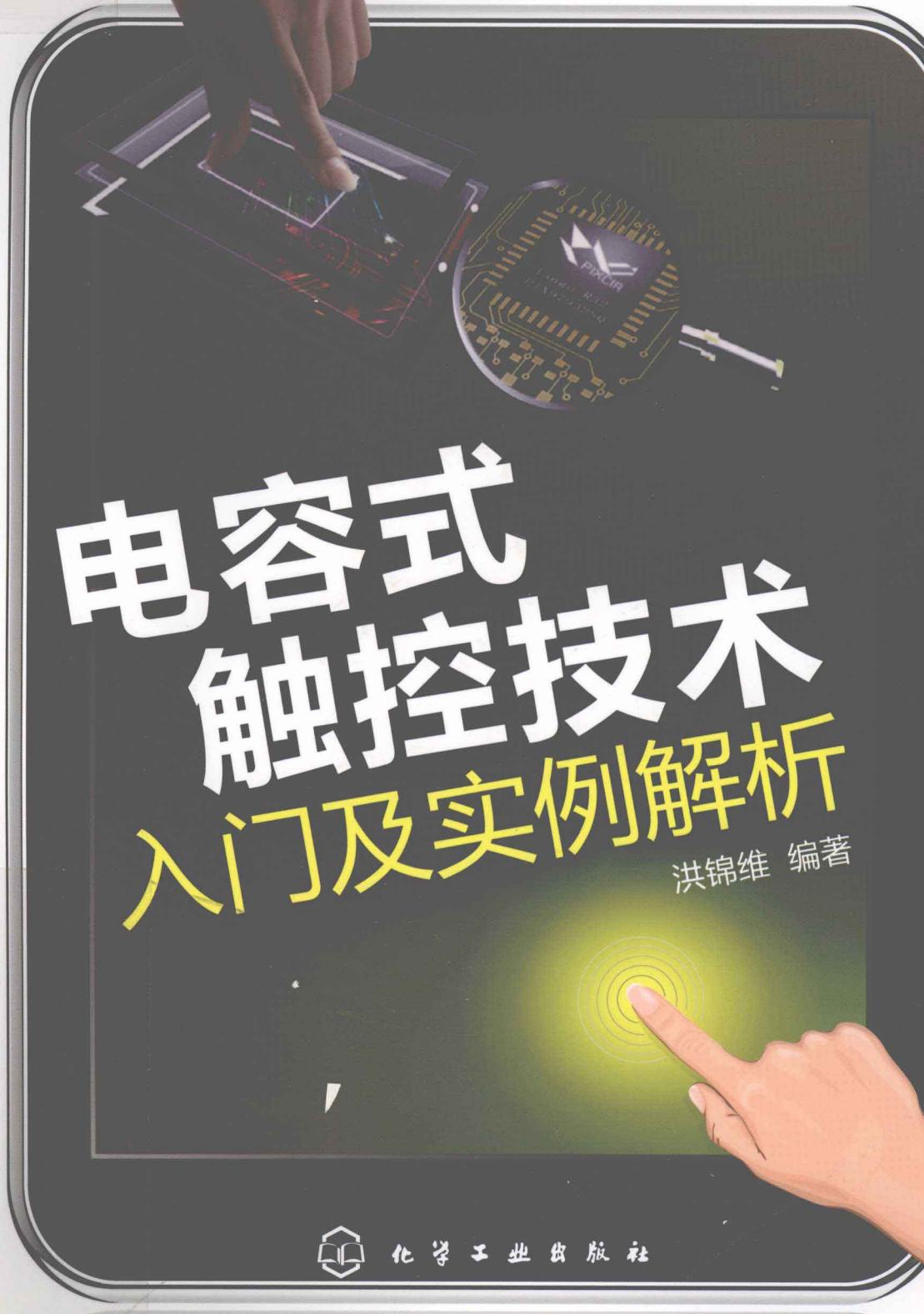




电容式 触控技术 入门及实例解析

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
责任校对: 陈 静

装帧设计: 尹琳琳

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

版权所有 违者必究

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、丁志或、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

第1章 触控概论 1

1.1 了解触控	2
1.1.1 触控技术的起源.....	3
1.1.2 触控技术的发展.....	3
1.1.3 触控技术的应用.....	5
1.2 触控技术的分类	6
1.2.1 电阻式触控技术介绍.....	9
1.2.2 电容式触控技术介绍.....	11
1.3 触控 IC	13
1.3.1 触控 IC 的产生	13
1.3.2 触控 IC 的技术发展	13
1.3.3 触控技术的主流.....	13
1.3.4 触控技术的瓶颈剖析.....	15

第2章 电容式触控芯片设计原理解析 21

2.1 电容式触控技术的分类	22
2.1.1 投射电容式触控技术.....	22
2.1.2 表面电容式触控技术.....	23
2.2 电容式触控芯片的设计方法	24
2.2.1 开关电容法（Switched Capacitor Method）.....	24
2.2.2 充电转换法（Charge Transfer Method）.....	25
2.2.3 弛张振荡法（Relaxation Oscillator Method）.....	26
2.2.4 串联电容分压法（Series Capacitor Voltage Division Method）.....	27

第3章 触控模块的版图设计 31

3.1 ITO 模块介绍	32
--------------------	----

3.1.1	ITO 简介	33
3.1.2	ITO GLASS	33
3.1.3	ITO FILM	34
3.1.4	ITO 镀膜方式	35
3.1.5	ITO 的结构	36
3.1.6	ITO 的制程	39
3.2	ITO Layout 规则	39
3.2.1	扫描线匹配（无铺地）	39
3.2.2	扫描线匹配（有铺地）	41
3.2.3	单边走线	41
3.2.4	双面走线	42
3.2.5	Pitch 值设定	43
3.2.6	ITO Pattern 的设计	43
3.2.7	Dummy 设计	44
3.2.8	Pattern 与金属线链接设计	44
3.3	FPC Layout 规则	45
3.3.1	FPC Dummy 线走线设计	45
3.3.2	ESD 设计	46
3.3.3	Dummy 线链接设计	47
3.3.4	FPC 铺地设计	48
3.3.5	禁止扫描线交叉	48
3.3.6	扫描线匹配性设计	50
3.3.7	扫描线长度设计	50
3.3.8	晶振走线设计	51
3.3.9	扫描线过孔的处理	52
3.4	电容式 IC 与 ITO 模块的搭配	53
3.4.1	电容式 IC 与单面 ITO 的搭配	53
3.4.2	电容式 IC 与双面 ITO 的搭配	53

第4章 投射电容式触摸屏测量原理 55

4.1	测量原理简介	56
4.2	测量方法分类	57

4.3	自电容和互电容测量方法的区别	58
4.4	自电容测量方法中的“鬼点”产生和消除	59
4.5	PIXCIR 方案的测量方法介绍	60
4.5.1	PIXCIR 自电容测量方法	60
4.5.2	互电容测量方法	66

第5章 电容触控算法解析 69

5.1	算法概述	70
5.2	算法解析	72
5.2.1	原始资料的采集	73
5.2.2	中值滤波数据处理	73
5.2.3	DAC 线性修正	74
5.2.4	计算手指坐标	76
5.2.5	数学模型化处理	77
5.2.6	判断手指状态	81
5.3	自动校准 (Autocalibration)	83

第6章 电容式触控应用设计实例解析 85

6.1	触控屏体设计	86
6.2	软板 FPC 版图设计	88
6.3	配置触摸屏	90
6.4	触控芯片 I ² C 接口介绍与 Master bridge 设计	97
6.5	open/short 测试	104
6.6	光栅模式测试	107
6.7	功能测试	109
6.8	上机调试	112
6.9	Host 端驱动调试	117

第7章 GUI 实例解析 121

7.1	GUI 设计简介	122
-----	----------------	-----

7.2 GUI 编程实例	122
7.2.1 串口编程基础	122
7.2.2 数据分析	129
7.2.3 数据图形化显示	132
7.3 其他 GUI 编程方式及总结	135

第8章 触控笔 137

8.1 触控笔简介	138
8.2 触控笔的技术原理	138
8.3 触控笔的市场概况	139

第9章 触控产业未来发展趋势 141

9.1 弹指之间舞动美好生活	142
9.2 未来触控运用，就像呼吸一样自然简单	144
9.2.1 消费类电子产品	144
9.2.2 商用显示产品	146
9.2.3 教育及娱乐类产品	146
9.2.4 家用电子类产品	149
9.3 超越想象极限的未来触控技术发展趋势	150
9.3.1 触控技术未来发展趋势	150

附录 153

附录1 PIXCIR触控IC介绍 153

附 1.1 关于 PIXCIR	154
附 1.1.1 PIXCIR 的来历	154
附 1.1.2 专注于触控 IC 的设计	154
附 1.2 PIXCIR 触控 IC	155
附 1.2.1 PIXCIR 触控 IC 分类	155
附 1.2.2 PIXCIR 触控 IC 系列	156

附 1.2.3	PIXCIR 触控 IC 特色	162
附 1.2.4	PIXCIR Tango Tune	164
附 1.2.5	Pixcir 电容式触控面板线性测试机	167
附 1.3	PIXCIR 触控解决方案	174
附 1.3.1	丰富的量产经验	174
附 1.3.2	PIXCIR 触控解决方案原理	174
附 1.3.3	多样化的方案选择	174
附录2	触控专利简介	179
附 2.1	知识产权的概念	180
附 2.1.1	概念综述	180
附 2.1.2	主要国家和地区申请专利的流程	181
附 2.2	申请专利的意义	183
附 2.2.1	保护发明成果	183
附 2.2.2	抢占市场，限制竞争对手的发展	184
附 2.2.3	创造商业价值	185
附 2.3	触控专利布局	186
附 2.4	PIXCIR 的专利布局	188
附 2.5	业界其他主要公司的专利布局	190
	参考文献	197

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。

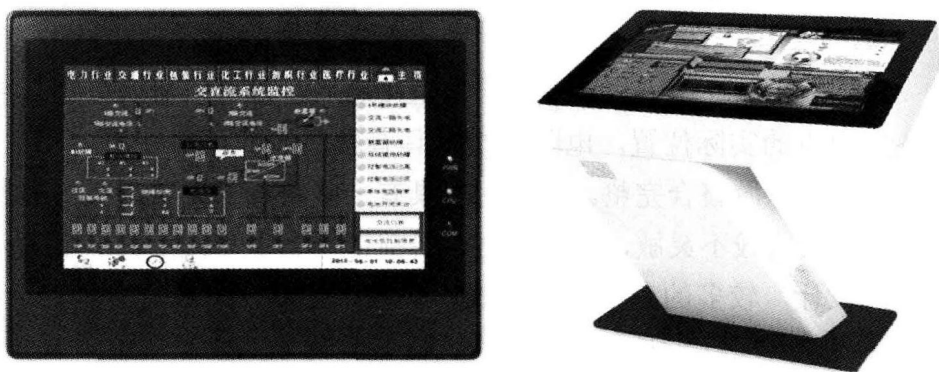


图1-5 工业设备触摸应用

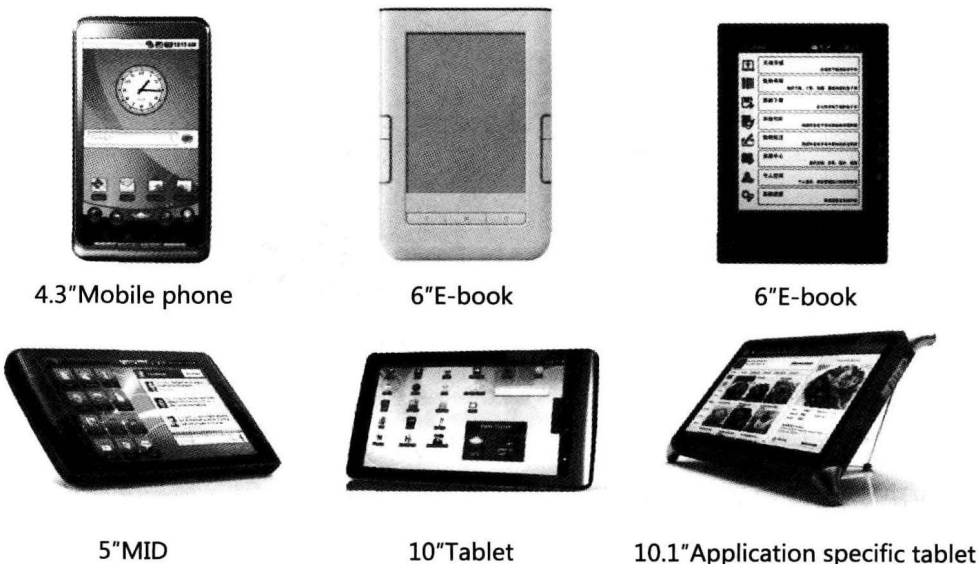


图1-6 PIXCIR方案产品

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。

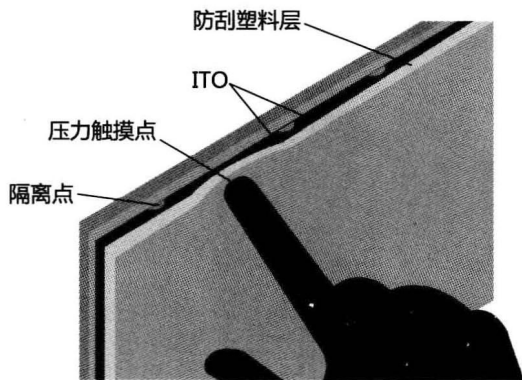


图1-7 电阻式原理解析图

（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。

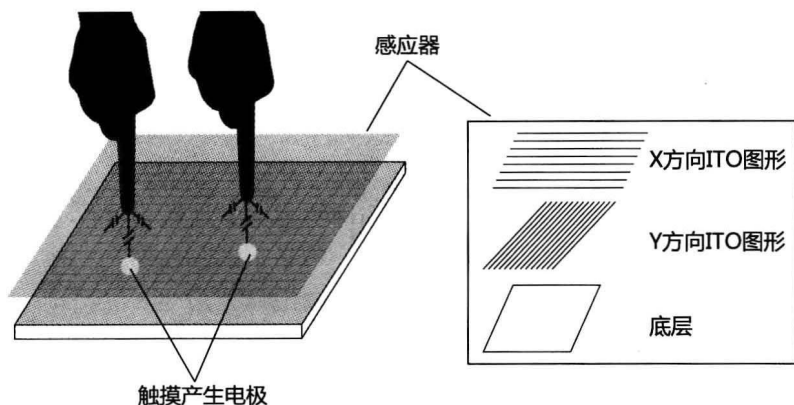


图1-8 表面电容式原理解析图

(3) 表面声波式

手指触摸屏幕时即将原沿介质表面传播发射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。

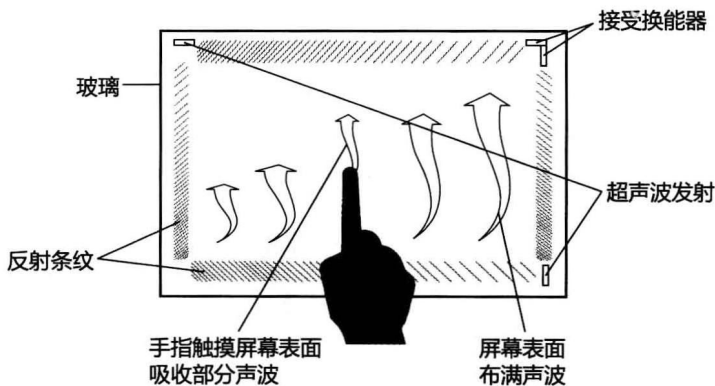


图1-9 表面声波式原理解析图

(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