

Laura Sokka

Kosketuskäyttöliittymät

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Elektroniikka

Insinööriytyö

3.5.2013

Tekijä Otsikko	Laura Sokka Kosketuskäyttöliittymät
Sivumäärä Aika	30 3.5.2013
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	elektroniikka
Ohjaajat	yliopettaja Kari Salmi projekti-insinööri Dmitri Vorobiev
<p>Insinööriyössä on tutustuttu erilaisiin kosketuspaneeli- ja näyttötekologioihin sekä tutkittu, kuinka voidaan valmistaa edullinen kosketuskäyttöliittymä.</p> <p>Kosketusnäyttö on elektroninen näyttöpäätte, joka havaitsee kosketuksen ja sen sijainnin näyttöalueella. Ne ovat tulleet osaksi jokapäiväistä elämää ja niitä näkee nykyään lähes kaikkialla. Kaikki kosketusnäyttöteknologiat perustuvat ulkoiseen ärsykkeeseen, joka muuttaa aistittavaa elementtiä näytön pinnalla.</p> <p>On useita eri tapoja rakentaa kosketusnäyttö. Pääkohdat ovat kosketuksen tunnistaminen näytöllä ja tulkita, mitä komento merkitsee sekä kommunikoida komento oikealle sovellukselle.</p> <p>Työ aloitettiin Atmelin Qtouchia tutkimalla, mutta TI:n paketti oli mallina selkeämpi ja helpompi toteuttaa. Kosketuspaneeli voitaisiin kuvitella olevan helposti toteutettavissa, mutta toteutuksessa on otettava monia asioita huomioon. Kaikkeen ei osattu varautua, joten levyllä oli aika paljon häiriöitä ja mahdollisesti myös vikaa kytkennässä.</p>	
Avainsanat	kosketusnäyttö, kosketuksen tunnistaminen, kommunikointi

Author Title	Laura Sokka Touch user interfaces
Number of Pages Date	30 pages 3rd of May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electronics
Instructors	Dmitri Vorobiev, Project Manager Kari Salmi, Principal Lecturer
<p>The goal of my study was to explore the variety of touch panel/display technologies and to explore how to produce an affordable touch interface.</p> <p>Touchscreen is an electronic display screen, which detects touch and its location of the display area. Touchscreens have become part of our everyday lives, and now you can see them everywhere. All touchscreen technologies are based on an external stimulus, which changes the tactile element on the screen.</p> <p>There are several different ways to build a touchscreen. The main points are touch sensing on the screen, interpreting what the command means and communicating the command to the right application.</p> <p>The work was started by studying Atmel Qtouch, but TI's package which was used as a model was clearer and easier to implement. One might think that touch panel is easy to implement, but many different things must be taken into account. Some difficulties and surprises arose and the board had quite a lot of noise and some possible connection failures.</p>	
Keywords	touchscreen, touch sensing, communication

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenteet

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kosketuskäyttöliittymien kehittyminen	2
3	Kosketuskäyttöliittymien toimintaperiaatteet	3
3.1	Kapasitiivinen kosketusnäyttö	3
3.1.1	Pintakapasitiivinen näyttö	3
3.1.2	Projisoitu kapasitiivinen näyttö	4
3.2	Resistiivinen kosketusnäyttö	8
3.2.1	Resistiivinen 4-wire-näyttö	9
3.2.2	Resistiivinen 5-wire-näyttö	10
3.3	Ultraääni- (SAW) ja infrapunänäyttö	12
3.4	Venymäliuska näyttö	14
3.5	Optinen kuvantaminen	14
3.6	Dispersiivinen signaalitekniikka (DST)	15
3.7	Akustisen pulssin tunnistaminen (APR)	16
3.8	Koodattu LCD: kaksisuuntainen näyttö (BIDI)	18

4	Kapasiivinen käyttöliittymä	20
4.1	TI:n levyn rakenne	21
4.2	Oma kapasiivinen kosketuslevy	23
5	Yhteenveto	27
	Lähteet	30

Lyhenteet

ATM	Asynchronous Transfer Mode; asynkroninen tiedonsiirtotapa
APR	Acoustic Pulse Recognition; akustisen pulssin tunnistus
BIDI	Bidirectional Display; kaksisuuntainen näyttö
BOM	Bill of Materials; osaluettelo
CRT	Cathode Ray Tube; katodisädeputki
DST	Dispersive Signal Technology; Dispersiivinen signaalitekologia
GPS	Global Positioning System; maailmanlaajuinen paikannusjärjestelmä
GUI	Graphical User Interface; graafinen käyttöliittymä
ITO	Indium Tin Oxide; indiumtinaoksidi
LCD	Liquid-Crystal Display; nestekidenäyttö
MIT	Massachusetts Institute of Technology; koulu
PCT	Projected Capacitive Touch; projisoitu kapasitiivinen kosketus
PDA	Personal Data Assistant; kämmentietokone
PET	Polyethylene terephthalate; polyetyleenitereftalaatt
SAW	Surface Acoustic Wave; pinta akustinen aalto
SNR	Signal to Noise Ratio; signaali-kohinasuhde
TI	Texas Instruments; yhtiö

1 Johdanto

Kosketusnäytöt ovat tulleet osaksi jokapäiväistä elämäämme. Niitä näkee nykyään joka paikassa. Ne ovat perustoiminnaltaan melko yksinkertaisia, mutta on tarvittu paljon kehitys- ja tutkimustyötä, jotta on päästy nykyiseen tarkkuuteen ja pieniin kokoihin.

Kosketusnäyttö on elektroninen näyttöpääte, joka havaitsee kosketuksen ja sen sijainnin näyttöalueella. Termillä viitataan yleensä näyttöön, jota kosketetaan sormella tai kädellä. Kosketusnäyttö voi myös aistia muita passiivisia objekteja, kuten *styluksen* joka on eräänlainen kynä.

Kosketusnäytöllä on kaksi ominaisuutta. Ensiksikin se mahdollistaa vuorovaikutuksen suoraan näkyvään kohteeseen näytöllä ilman mitään epäsuoria välikäsiä. Käyttöliittymän kanssa kommunikointiin käytetään tavallisesti hiirtä tai kosketuslevyä. Toiseksi se antaa niin sanotusti vapaat kädet. Etuna on, että sitä käyttäessä ei tarvita erillistä työtasoa ja samalla voidaan pitää kädet vapaana.

Kosketusnäytöt ovat yleistyneet kaikkialla niin teollisuudessa kuin päivittäisessä käytössäkin. Älypuhelinien, tablettitietokoneiden ja monenlaisten muiden tietoa jakavien laitteiden suosio lisää kysyntää, mikä luo taas vaatimuksia kosketusnäyttöjen tuotekehitykselle kannettavissa ja muussa elektroniikassa.

Tässä insinööriyössä esitellään erilaisia kosketusnäyttötekniikoita. Työtä varten valittiin kapasitiivisen kosketuslevyn rakentaminen. Kosketusnäytöt ovat nykyään elektroniikassa hyvin keskeisessä tehtävässä ja niitä olisi hyvä ymmärtää, jotta voitaisiin hyödyntää niitä parhaalla mahdollisella tavalla. Tuntemalla kosketusnäyttöjen tekniikka pystytään paremmin ja nopeammin havaitsemaan ongelmat niiden käytössä tai toiminnassa. Esimerkiksi jos ollaan tilaamassa uutta automaatiolaitetta tuotantoon, ja siihen pitäisi valita joko kapasitiivinen tai resistiivinen näyttö, on tärkeää ymmärtää, mitä ominaisuuksia pitää ottaa huomioon. Näytöissä on eroja tarkkuuden, kestävyuden ja kosketuksen tunnistuksen kanssa. Jotta saadaan paras mahdollinen käyttöliittymä ja käyttötuntuma, pitää osata valita oikeanlainen näyttötyyppi.

2 Kosketuskäyttöliittymien kehittyminen

Kosketusnäytöt keksittiin ensimmäistä kertaa yritysten tutkimuksissa 1960-luvun lopulla. Yksi ensimmäisistä paikoista, jossa ne saivat jonkin verran näkyvyyttä, oli tietokoneavusteinen opetusnäyttö, joka tuotettiin 1972 osana PLATO-projektia. Ne ovat tulleet myöhemmin tutuiksi mm. infopisteistä, myyntipistejärjestelmistä ATM:ssä ja PDA:ssa, joissa joskus käytetään *stylusta* manipuloimaan GUI:ta ja syöttämään dataa. Suosio matkapuhelimissa, PDA:ssa, kannettavissa pelikonsoleissa ja useissa tietolaitteissa edistävät kosketusnäyttöjen vaatimuksia ja hyväksyntää.

Vuonna 1983 HP-150 oli todennäköisesti maailman ensimmäinen kaupallinen kosketusnäyttötietokone. Siinä ei varsinaisesti ollut suorakosketuksista kosketusnäyttöä, mutta Sonyn 9" CRT oli ympäröity infrapunalähettilä ja vastaanottimilla, jotka havaitsivat minkä tahansa läpinäkymättömän esineen paikan näytöllä.

Ennen 1980-luvun alkua suurin osa kuluttajakosketusnäytöistä pystyi aistimaan vain yhden kosketuspisteen kerrallaan. Muutamilla kosketusnäytöillä oli kyky aistia, miten kovaa näyttöä kosketaan. Tämä alkoi muuttua markkinoinnin myötä monikosketusteknologiaksi.

Kosketusnäytöt ovat yleisiä raskaassa teollisuudessa ja muissa tilanteissa, kuten museoiden näytöissä tai huoneautomaatiossa, joissa näppäimistö ja hiirisysteemi ei salli tyydyttävää, intuitiivista, nopeaa tai tarkkaa vuorovaikutusta käyttäjän ja näytön sisällön välillä.

Kosketusnäytön sensorin ja sen mukana olevat ohjainpohjaiset ohjelmistot on tehty käytettäväksi monenlaisille jälkimarkkinoiden järjestelmäintegraattoreille. Ei siis pelkää näyttöjen, sirujen tai emolevyjen valmistajille. Kuitenkin, ajan kanssa näyttöjen ja piirien valmistajat maailmanlaajuisesti ovat hyväksyneet suuntauksen kohti kosketusnäyttöjä, jotka ovat erittäin toivottavia käyttöliittyminä ja ovat alkaneet integroimaan niiden toiminnallisuutta osaksi perussuunnittelua tuotteissaan. (1, s. 1.)

3 Kosketuskäyttöliittymien toimintaperiaatteet

Kaikki kosketusnäyttötekniikat perustuvat ulkoiseen ärsykkeeseen, joka muuttaa aistittavaa elementtiä näytön pinnalla. Tämä muutos kentässä syötetään mikroprosessorille, joka tulkitsee ärsykkeen kaksiulotteisena sijaintina (x, y) samaan tapaan kuin tietokoneen hiiri toimii.

Kosketusnäyttöjen tekniikka kehittyi vauhtia ja on olemassa yli 20 erilaista kosketusnäyttötekniikkaa tuotannossa, mutta melkein kaikki perustuvat läpikuultavaan johtavaan materiaaliin kuten indiumtinaoksidi (ITO) kalvoon. Tämä kalvo tekee resistiivisen ja kapasitiivisen ruudukkoverkon, joka havaitsee kosketussignaalit.

3.1 Kapasitiivinen kosketusnäyttö

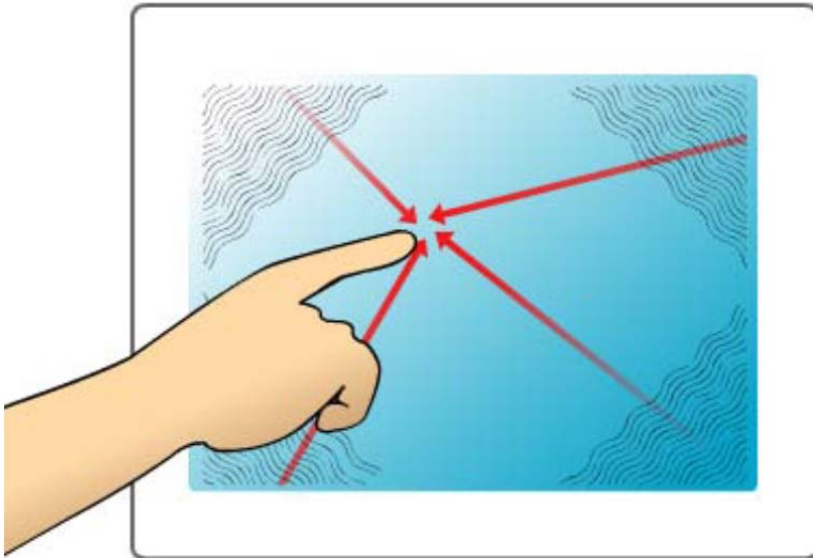
Kapasitiivisen näytön toiminta perustuu näytön pinnassa olevaan johtavaan kerrokseen. Eristeenä on yleensä lasia peitettynä läpinäkyvällä johteella, indiumtinaoksidilla (ITO). Koska ihmiskeho toimii myös johteena, näytön pinnan koskettaminen aiheuttaa häiriöitä näytön sähkömagneettisessa kentässä ja tekee mitattavia muutoksia näytön kapasitanssiin. Näissä näytöissä voidaan käyttää erilaisia teknologioita määrittämään kosketuksen sijainti. Sijainti siirretään tietokoneen ohjelmalle, joka laskee, miten käyttäjän kosketus liittyy koneen ohjelmaan. (1, s. 2.)

3.1.1 Pintakapasitiivinen näyttö

Tässä perusteknologiassa ainoastaan yksi puoli eristeestä on peitetty johtavalla kerroksella. Kun pieni jännite johdetaan kerrokseen, tuloksena yhtenäinen elektrostaattinen kenttä. Kun johde, kuten ihmisen sormi, koskettaa peittämätöntä pintaa, kondensaattori on muodostettu dynaamisesti (kuva 1, ks. seur. s.). Sensoreiden kontrolleri voi epäsuorasti määrittää kosketuksen koordinaatit kapasitanssin muutoksesta, joka mitataan paneelin neljästä nurkasta. Koska näytössä ei ole liikkuvia osia, se on kohtalaisen kestävä,

mutta siinä on rajallinen resoluutio ja on altis vääriille signaaleille, jotka johtuvat kapasitiivisista loiskytkennöistä. Sen takia se tarvitsee kalibrointia valmistuksen aikana.

Näyttötyyppi on hyvin yleisesti käytössä yksinkertaisissa sovelluksissa kuten teollisissa sovelluksissa ja asiointipäätteillä. (1, s. 2.)



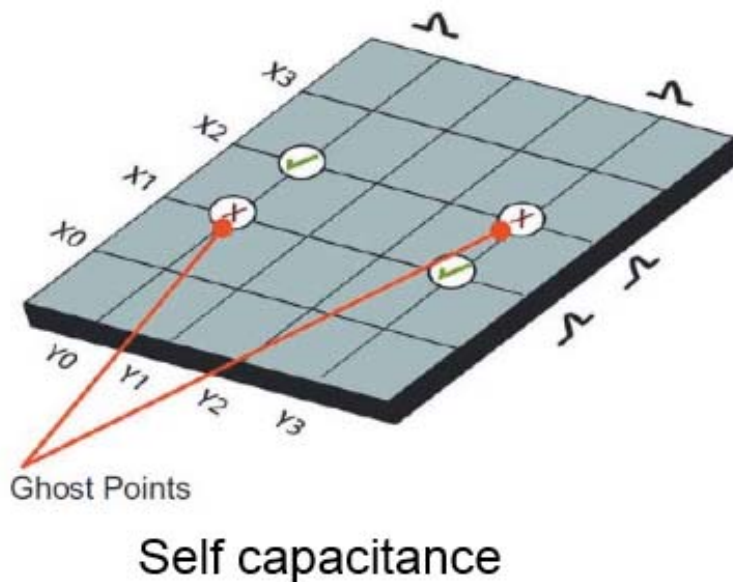
Kuva 1. Kontrolleri mittaa jännitteiden suhteen kulmista ja laskee kosketuksen sijainnin. (3)

3.1.2 Projisoitu kapasitiivinen näyttö

Projisoitu kapasitiivinen kosketus (PCT) teknologia on kapasitiivista teknologiaa, joka lupaa tarkempia ja joustavampia operaatioita etsatulla johtavalla kerroksella. XY-matriisi laaditaan joko etsaamalla yksi kerros muodostamaan ruudukomainen kuvio elektrodeja tai etsaamalla kaksi erillistä kohtisuoraa kerrosta johtavaa ainesta, rinnakkaisilla linjoilla tai raiteilla muodostamaan ruudukon. (verrattavissa monista LCD näyttöistä löytyvään pikseliruudukkoon).

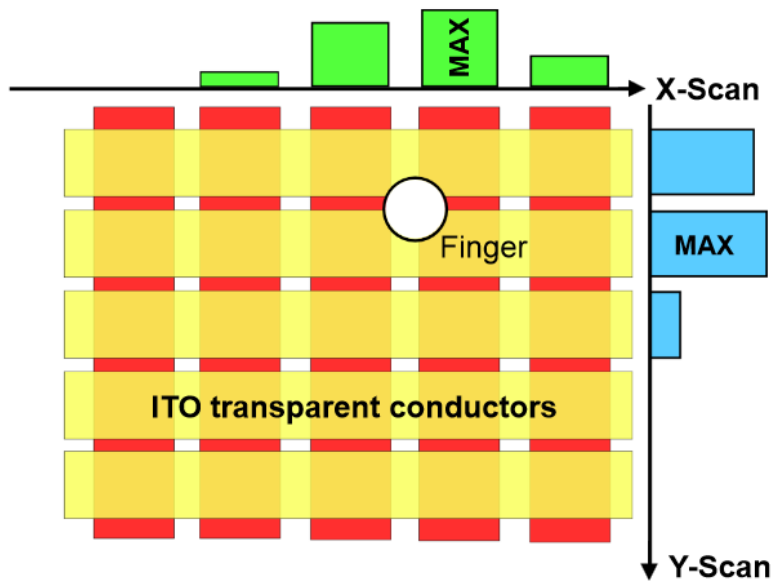
Lisäämällä jännite saadaan kondensaattoriverkko. Sormen tai johtavan *styluksen* tuominen lähelle sensoreiden pintaa muuttaa paikallista sähkömagneettista kenttää. Kosketuksen paikka pystytään mittaamaan ja määrittämään tarkasti joka pisteessä

tapahtuneesta kapasitanssin muutoksesta. Verkon käyttäminen takaa korkeamman resoluution kuin resistiivinen näyttö, ja se tukee myös useampaa kosketusta. Parempi resoluutio PCT:ssä sallii operaatiot ilman suoraa kontaktia. Johtava kerros voidaan peittää suojaavalla eristävällä kerroksella, ja PCT-kerros toimii sen alla. Joka tapauksessa johtavat tahrat ja vastaavat voivat haitata pahasti resoluutiota ja tehden useat painallukset tarpeellisiksi, jotta päästäisiin haluttuun tulokseen. Johtavat tahrat tulevat yleensä tahmeista tai hikisistä sormista, erityisesti kosteassa ympäristössä. Kertynyt pöly, joka liimaantuu näyttöön kosketettaessa kosteilla sormilla, on vakava haitta PCT näytön pitkäikäiselle toiminnalle. PCT on käytössä hyvin monissa sovelluksissa mm. myyntilaitteissa, matkapuhelimissa ja infopisteissä.(1, s. 2 - 3.)



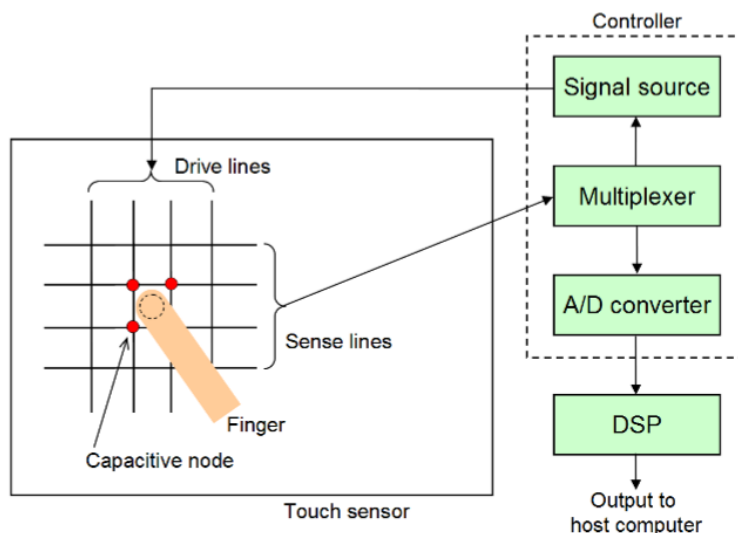
Kuva 2. Hajakapasitanssi

Projisoituja näyttöjä on kahta eri tyyppiä: hajakapasitanssi (kuva 2 ja 3 ks. s. 6) ja keskinäiskapasitanssi (kuva 4, ks. s. 6 ja kuva 5, ks. s. 7). Hajakapasitanssinäytöissä kontrolleri mittaa kapasitanssin yksittäisestä elektrodista maahan. Keskinäiskapasitanssinäytöissä mitataan kahden elektrodin välinen kapasitanssi. Taulukossa 1 (ks. s. 7) verrataan näiden kahden tekniikan eroja ja toimintaa. (2, s. 35.)

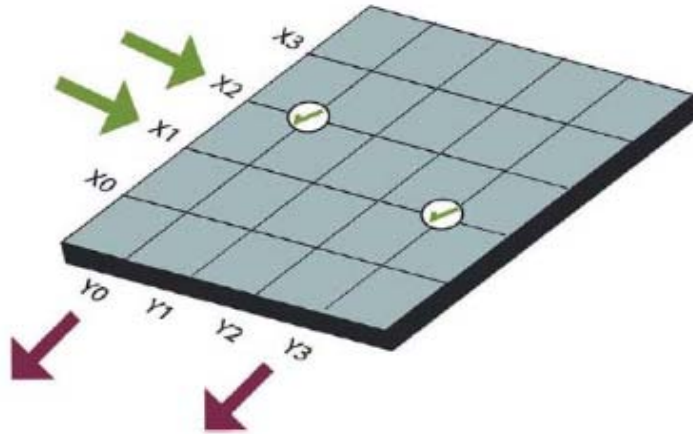


Kuva 3. Hajakapasitanssi kosketusnäyttö (ennen Applen iPhonea). X-akselin ja sitten Y-akselin elektrodit skannataan peräkkäin, etsitään piste, jossa on suurin kapasitanssi maahan. (2, s. 37.)

Hajakapasitanssin sensorit voivat olla samanlaisessa X-Y- verkossa kuin keskinäiskapasitanssilla, mutta rivit ja sarakkeet toimivat itsenäisesti. Hajakapasitanssissa jännite aistii sormen kapasitiivisen kuorman jokaisessa rivissä tai sarakkeessa. Tämä tuottaa vahvemman signaalin kuin keskinäiskapasitanssinäytössä, mutta se on myös kykenemätön ymmärtämään tarkasti useamman kuin yhden kosketuksen. Siitä seuraa tämä haamuuntuminen tai väärän pisteen aistiminen.(13)



Kuva 4. Keskinäiskapasitanssinäyttö (Apple iPhone); ulostulo on kapasitanssin arvot jokaiselle x ja y risteykselle (2, s. 38.)



Mutual capacitance

Kuva 5. Keskinäiskapasitanssi (2, s. 35.)

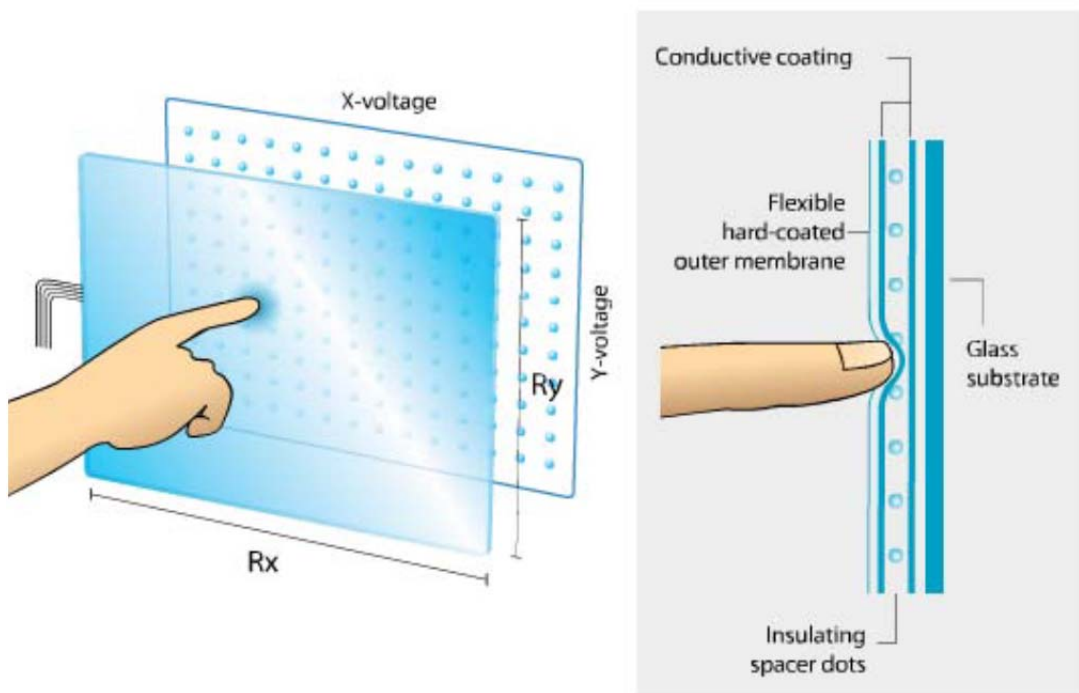
Keskinäiskapasitanssissa sensorissa on kondensaattori jokaisen rivin ja sarakkeen risteyksessä (kuva 4, s. 6, ja kuva 5). Esimerkiksi 12 x 16 ruudukossa on 192 itsenäistä kondensaattoria. Jännite lisätään riveihin tai sarakkeisiin. Tuomalla sormen tai johtavan *styluksen* lähelle sensorin pintaa, muuttuu paikallinen sähkökenttä, joka tuottaa keskinäiskapasitanssin. Kapasitanssin muutokset jokaisessa yksittäisessä verkon pisteessä määrittävät tarkasti kosketuksen sijainnin mittaamalla jännitteen toiselta akselilta. Keskinäiskapasitanssi sallii usean kosketuksen toiminnot, missä usean johtavan esineen tai sormen sijainti voidaan määrittää samanaikaisesti. (13)

Taulukko 1. Tekniikoiden vertailu (2, s. 36)

Hajakapasitanssi	Keskinäiskapasitanssi
Vanhempaa teknologiaa, mutta silti käytössä	Uudempaa teknologiaa
Rajoittuu 1 tai 2 kosketukseen haamuuntumisen takia	Kaksi tai enemmän yksiselitteisiä kosketuksia
Vähemmän immuuni LCD kohinalle	Immuunimpi LCD kohinalle
Pienempi kosketustarkkuus	Suurempi kosketustarkkuus
Sensori on yleensä timanttialustalla	Sallii joustavamman alustasuunnittelun
Vaikeampi maksimoida SNR	Helpompi maksimoida SNR
Yksinkertaisempi, halvempi	Monimutkaisempi, kalliimpi
Yleensä yksikerroksinen sensor	Sensorit kahdessa kerroksessa (voi vaihdella)

3.2 Resistiivinen kosketusnäyttö

Resistiivinen näyttö toimii sormella ja/tai *styluksella*, koska johtava pinta on kosketettavan pinnan alapuolella. Näytössä on kaksi resistiivistä kalvoa, joissa kulkee jatkuva sähkövirta. Nämä kalvot pysyvät toisistaan erillään eristenystyröiden avulla silloin, kun näyttöön ei kosketa. Kosketuspinta on yleensä taipuisaa muovia, jonka alapinnalla on johtava pinta ja alempi pinta on, lasia jonka päällä on toinen johtava pinta (kuva 6). Kosketettaessa kalvojen välille syntyy sähköinen signaali, josta välittyy tieto kosketuskohdasta prosessorille, joka määrittää x- y-koordinaatit. Näyttö ei ole kovin tarkka, mutta melko edullinen. Elinikä on melko lyhyt, koska eristenystyrät kuluvat. (1, s. 12.)



Kuva 6. Resistiivinen näyttö sisältää lasipaneelin johtavalla päällysteellä sekä pintakerroksen johtavalla päällysteellä. Kaksi kerrosta on erotettu toisistaan pienillä eriste nappuloilla. (4)

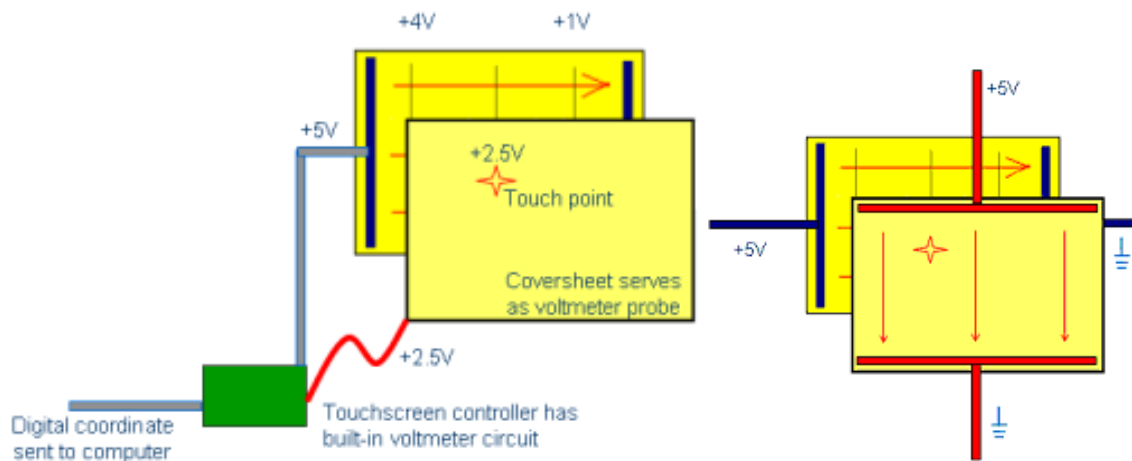
3.2.1 Resistiivinen 4-wire-näyttö

Neljän johtimen tekniikka on helpoin valmistaa ja ymmärtää. Se käyttää näytön molempia, ylemmää ja alemmää kerrosta, määrittämään X- ja Y- koordinaatit. Tyypillisesti näytössä olevat eristävät kerrokset on päällystetty johtavalla indiumtinaoksidilla. ITO on kerrosten sisäpuolella ja hopeiset väyläjohtimet kulkevat reunoissa, yhdistelmä luo

X- ja Y-linjat, joilla on yhtäläinen/sama potentiaali. Kuvassa 6 oli havainnollistettu toimintaa.

Kontrolleri syöttää ensin 5 V taaempaan kerrokseen. Kun ylemmää kerrosta kosketaan, tunnustelee analoginen jännite ylemmää kerrosta, jossa jännite näkyy 2.5 V:na, joka kertoo vasen- oikea suuntaisen kosketuksen tai X-akselin.

Sitten 5 V jännite käännetään ylemmään kerrokseen ja se tunnustelee taaempaa kerrosta laskeakseen ylös-alas kohdan tai Y-akselin. Milloin tahansa vain kolme neljästä johtimesta ovat käytössä (5 V, maa, koetin). Kuvassa 7 selvennetään näytön toimintaperiaatetta:



Kuva 7. 4-wire-näyttö; yleinen mobiililaitteissa; halpa, mutta lyhyt elinikä (6)

Ensisijainen haittapuoli neljän johtimen teknologiassa on koordinaattiakseli (yleensä Y), joka käyttää ulompaa pintaa, joustava kerros, määrittämään jännitteen muutoksen. Jatkuva liike, joka ulkopintaan kohdistuu käytössä, johtaa lopulta mikroskooppisen

pieniin halkeamiin ITO-kalvossa. Halkeamat muuttavat siten sen sähköisiä ominaisuuksia (resistanssi), tarkkuutta ja alentavat lineaarisuutta.

Ei ole yllättävää, että neljän johtimen näytöt eivät ole tunnettuja kestävydestä. Tyypillisesti ne testataan vain noin miljoonalla sormen kosketuksella, mutta se on paljon vähemmän jos käytetään stylusta tai muuta terävää esinettä, joka nopeuttaa huonontumisprosessia. Jotkin neljän johtimen tuotteet määrittävät 100 000 painallusta melkoisolle 20 mm x 20 mm:n alueelle. Todellisuudessa myyntilaitte sovelluksissa 100 000 aktivointia kovalla terävällä *styluksella* (mukaan lukien sormenkynsi, luottokortti, kuulakärkikynä ym.) tulee normaalissa käytössä muutamassa kuukaudessa.

Myös tarkkuus voi vaihdella ympäristössä tapahtuvien muutosten takia. Polyesteri pintakerros laajenee ja kutistuu lämmön ja kosteuden vaikutuksesta aiheuttaen näin pitkällä ajalla heikkenemistä pinnoitteeseen sekä aiheuttaen vaihtelua kosketuksen paikan havaitsemisessa.

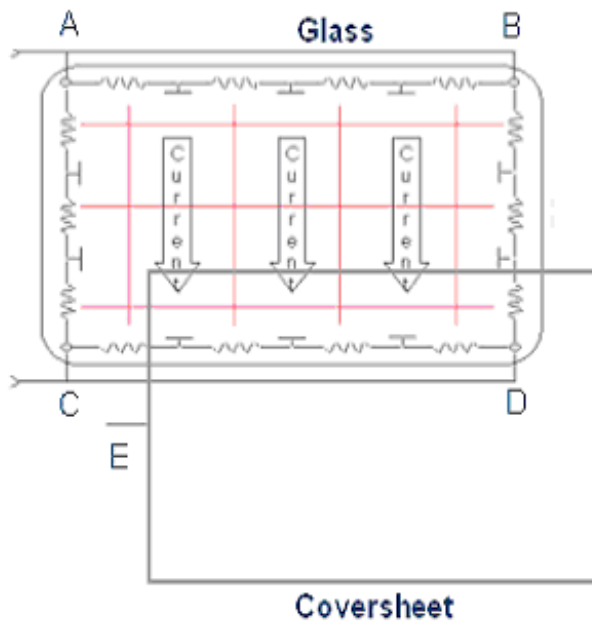
Vaikka nämä kaikki haitat voivat olla merkityksettömiä pienissä näytöissä, ne tulevat yhä ilmeisemmiksi, mitä suurempi kosketusnäyttö on. Nelijohdin näyttöä suositetaan näyttöihin, jotka ovat korkeintaan 6,4". Kuitenkin edullisuus, alhainen virrankulutus ja yleisesti tuetut kontrollerit, tekevät nelijohdin näytöistä ihanteellisia kannettaviin laitteisiin. (6)

3.2.2 Resisttiivinen 5-wire-näyttö

Viiden johtimen näytössä yksi johdin menee pintakerrokseen, joka palvelee jännitekoettimeksi molemmille koordinaateille (X ja Y). Neljä johdinta menee takalasin kulmiin. Kontrolleri syöttää 5 V kahteen kulmaan ja maadoittaa toisesta kahdesta aiheuttaen jatkuvan jännitevirran ylhäältä alaspäin. Kosketuksen aikana luetaan Y-jännite ensin ylemmästä kerroksesta. Sitten kontrolleri lisää 5 V kulmiin ja lukee X-jännitteen ylemmästä kerroksesta jälleen (kuva 8, ks. seur. s.).

Viiden johtimen kosketusnäyttöä käyttää vakaata pohjakerrosta molempien koordinaattien mittaamiseen. Joustava pintakerros toimii siis vain jännitteen mittausturina.

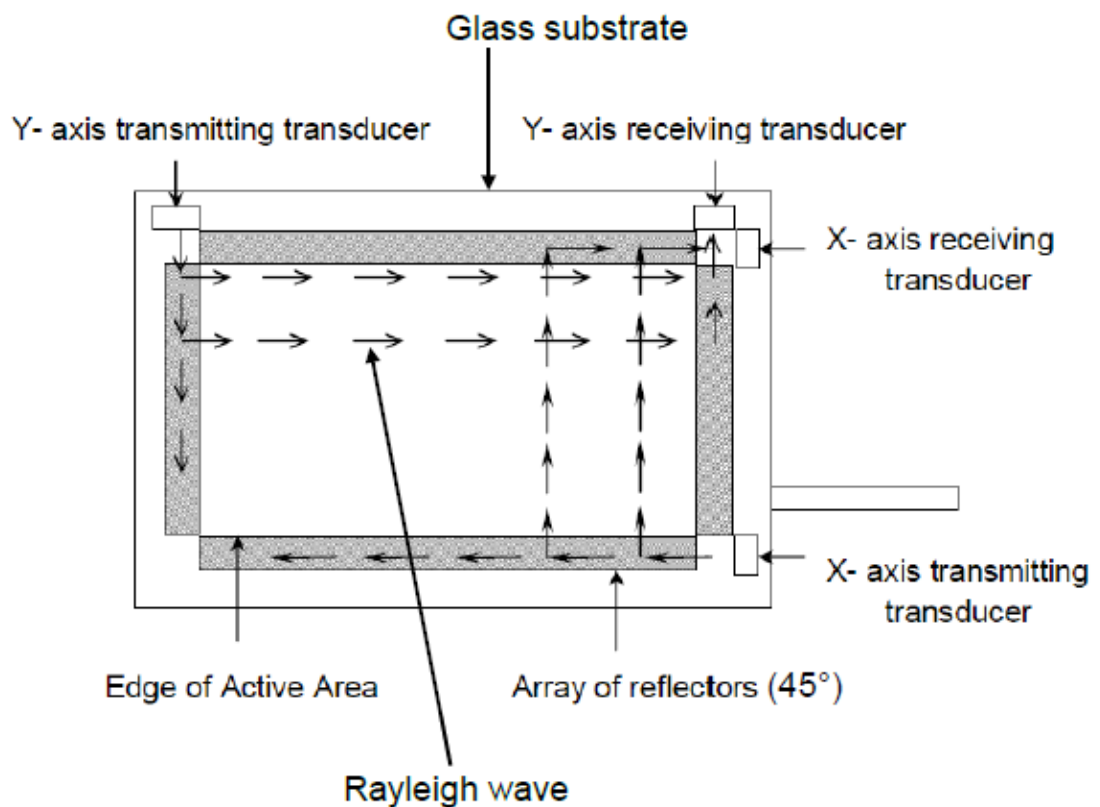
Tämä tarkoittaa, että näyttö toimii kunnollisesti vaikka pintakerroksen johtavassa kerroksessa tapahtuisi muutoksia. Lopputulos on tarkka, kestävä ja luotettava kosketusnäyttö. Kuvassa 8 havainnollistetaan näytön toimintaa. (6)



Kuva 8. 5-wire-näyttö; yleinen kiinteissä laitteissa; kalliimpi, mutta pitkäikäisempi (6)

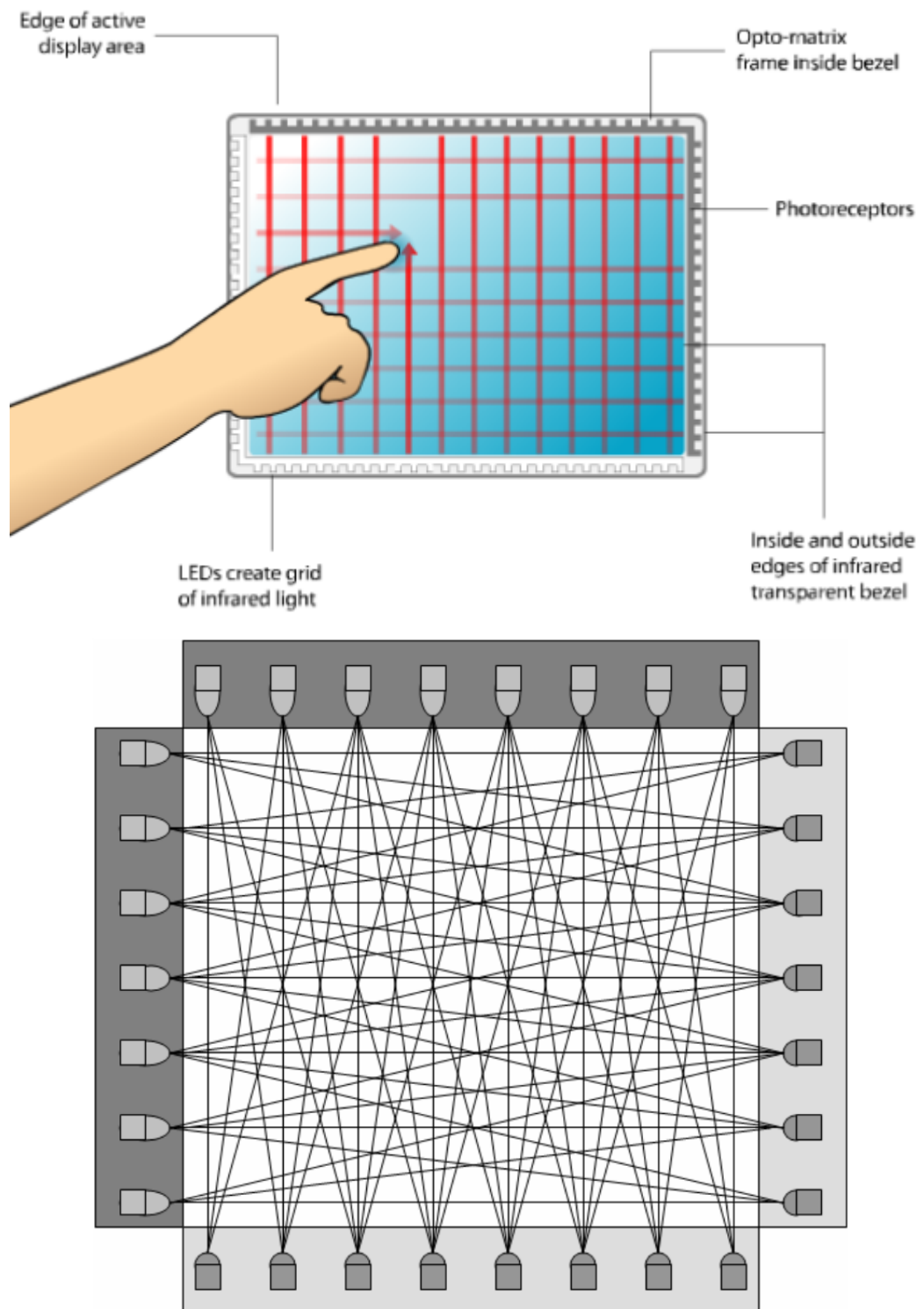
3.3 Ultraääni- (SAW) ja infrapunänäyttö

Tässä näyttötyypissä kosketuksen havaitseminen perustuu vaimentuneeseen äänisignaalin tulkitsemiseen. Siitä voidaan myös laskea, kuinka kovaa näyttöä kosketetaan eli havaita kosketuksen voima. Näyttölaitteen reunoissa sijaitsevat lähettimet ja vastaanottimet. Ultraääninäyttö vaurioituu helposti ulkopuolelta tulevista osumista. Lika voi myös häiritä näytön toimintaa. (1, s. 2)



Kuva 9. Ultraääninäytön toimita; (2, s. 57) Rayleighin aallot ovat pinta-akustisia aaltoja, jotka liikkuvat kiinteässä materiaalissa. (7)

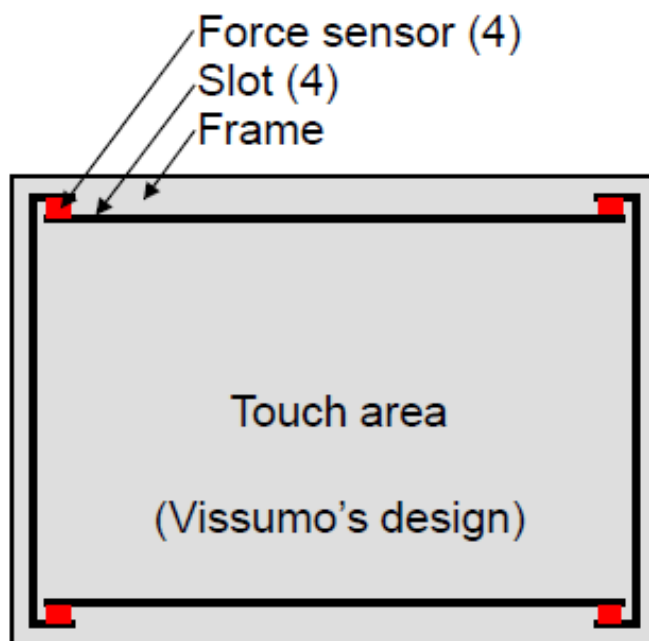
Infrapunäytöt toimivat samaan tapaan (kuva 10). Niissä kosketus havaitaan valosignaalin vaimentumisena. Tosin ne ovat herkempiä ulkoisen valon aiheuttamille häiriöille.



Kuva 10. Infrapunäyttöjen toimintaperiaatteita (2, s. 65)

3.4 Venymäliuska näyttö

Venymäliuskakokoonpanossa, jota kutsutaan myös voimapaneeliteknologiaksi, näyttö on jousikuormitettu neljästä kulmastaan ja venymäantureita käytetään määrittämään venymä, kun näyttöä kosketetaan (kuva 11). Tätä teknologiaa on käytetty 1960-luvulta lähtien, mutta uudet ideat Vissumolta ja F-Originilta ovat tehneet siitä taloudellisesti kannattavan. Tällä näyttötyypillä voidaan myös mitata Z-akseli ja voima, jolla näyttöä kosketetaan. Kyseisiä näyttöjä käytetään yleensä avoimissa julkisissa sovelluksissa kuten lippuautomaateissa, koska ne ovat hyvin ilkeväkään kestäviä. (1, s. 3)

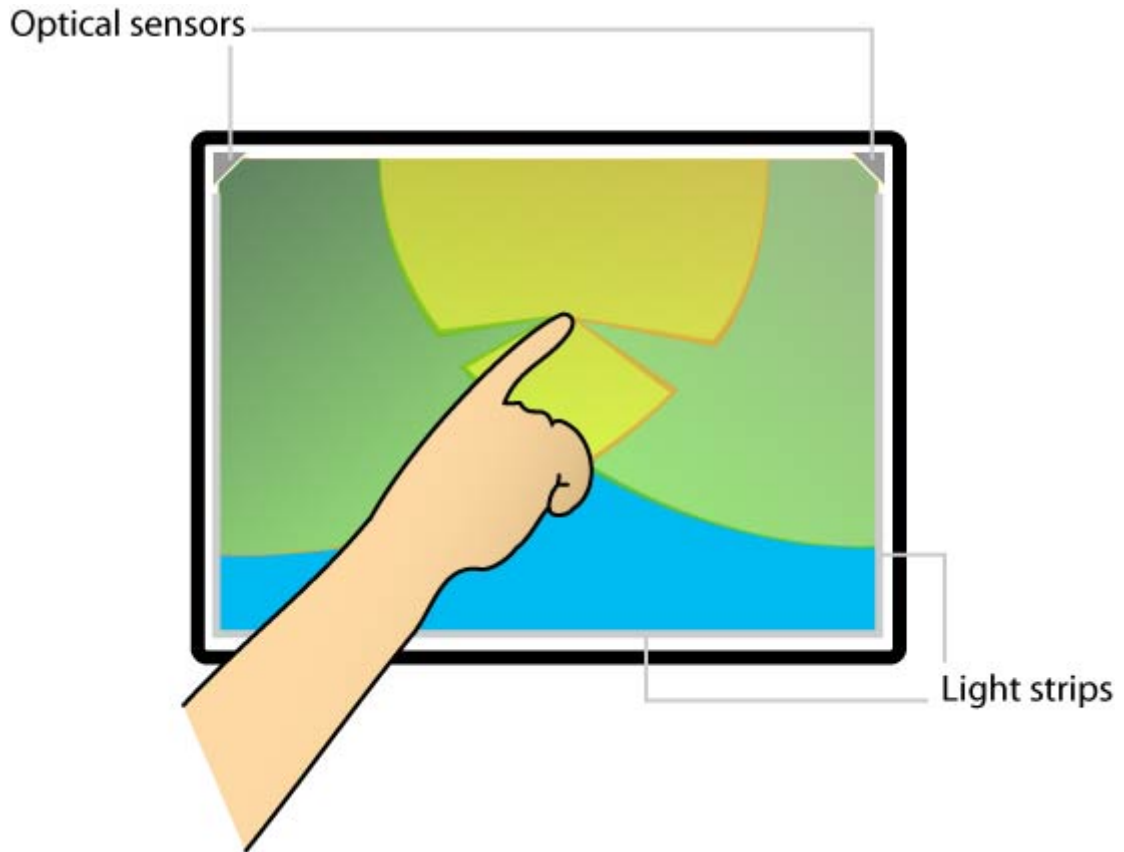


Kuva 11. Venymäliuskanäyttö (2, s. 135)

3.5 Optinen kuvantaminen

Suhteellisen moderni keksintö kosketusnäyttöteknologiassa, kaksi tai useampia kuvasensoreita on sijoitettu näytön reunan ympärille (yleensä kulmiin). Infrapunataustavalot sijoitetaan kameras näkökenttään toiselle puolelle näyttöä. Kosketus näkyy näytöllä kuin varjona, ja jokainen kamerapari voi sitten kolmiomitata kohteen määrittääkseen

kosketuksen tai jopa mitata koskettavan kohteen koon (kuva 12, ks. seur. s.). Tämä teknologia on kasvattamassa suosiotaan sen skaalattavuuden, monipuolisuuden ja edullisuutensa, erityisesti suurissa näytöissä, ansiosta. (1, s. 3.)

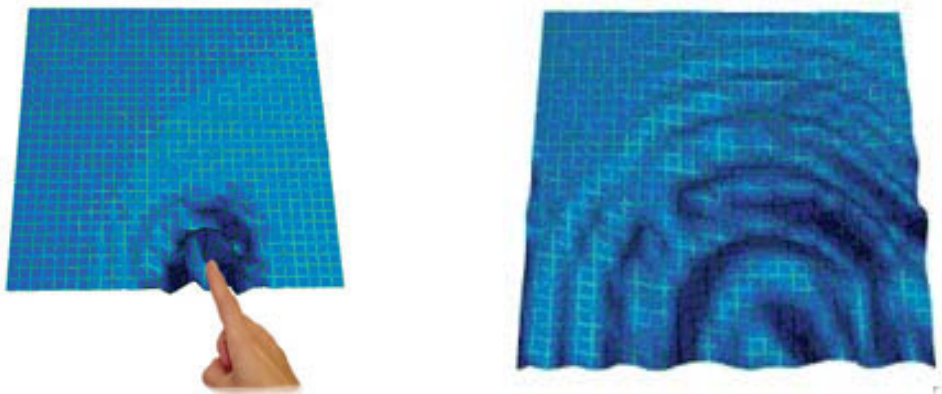


Kuva 12. Optisen kuvantamisen toiminta (12)

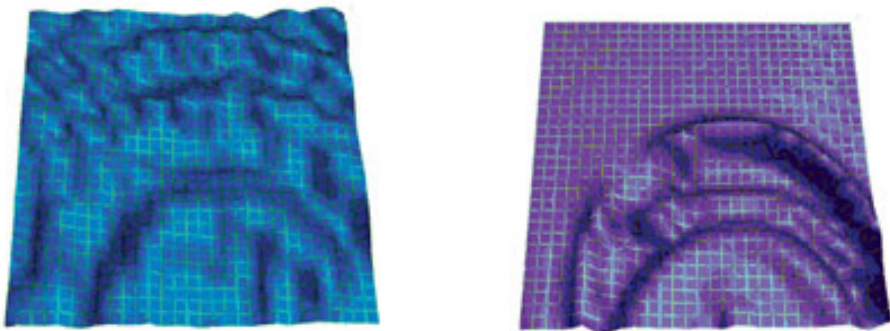
3.6 Dispersiivinen signaalitekniikka (DST)

M3 esitteli tämän tekniikan 2002. DST käyttää sensoreita määrittämään mekaanisen energian lasissa, joka ilmenee kosketuksen aikana. Monimutkaiset algoritmit tulkitsevat sitten saamansa tiedon ja määrittävät varsinaisen kosketuksen sijainnin. Kuvissa 13 ja 14 (ks. seur. s.) havainnollistetaan kosketuksen tunnistamisen vaiheet. Pölyn ja naarmujen ei pitäisi vaikuttaa teknologian toimintaan. Kun ei ole tarvetta ylimääräisiin osiin näytössä, niin sen ansiosta siinä on erittäin hyvä optinen tarkkuus. Ja kun käytetään mekaanisia värähtelyitä kosketuksen määrittämiseen, mitä tahansa objektia voidaan

käyttää tuottamaan näitä, mukaan lukien sormet ja *stylus*. Haittapuolena on se, että näyttö ei tunnista enää liikkeen jälkeen paikallaan olevaa kosketusta. (1, s. 3.)



Kuva 13. Alkuperäinen kosketus, minkä jälkeen aallot etenevät ja alkavat hajota; hetken kuluttua heijastuksia alkaa ilmetä. (11)

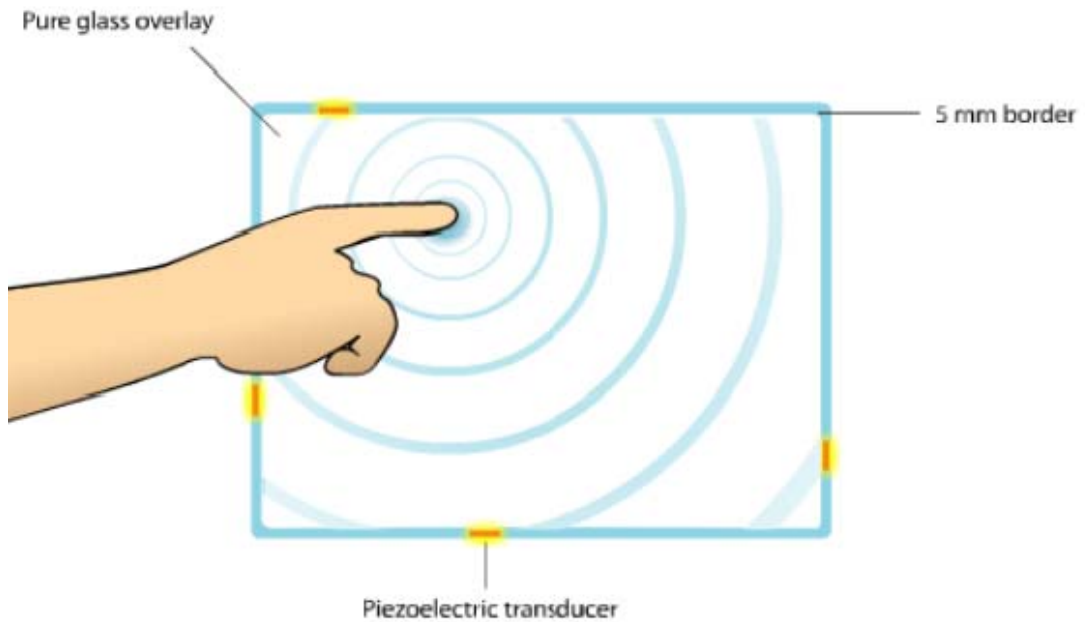


Kuva 14. Monimutkaisia aaltoja ja heijastumia sekä jälkikäsitelty kuvio (11)

3.7 Akustisen pulssin tunnistaminen (APR)

Tyco Internationalin Elo-osasto esitteli tämän tekniikan vuonna 2006. Siinä käytetään useampaa kuin kahta pietsosähköistä muunninta muuttamaan kosketuksen mekaaninen energia elektroniseksi signaaliksi. Näytön laitteisto käyttää algoritmeja määrittämään kosketuksen sijainnin, joka pohjautuu muunninten signaaleihin. Prosessi muistuttaa GPS:ssäkin käytettävää kolmiomittausta. Kosketusnäyttö itsessään on tehty tavallisesta lasista, joka antaa sille hyvän keston ja optisen kirkkauden (kuva 15, ks. seur. s.).

Yleensä näyttö toimii hyvin pölyistä ja naarmuista huolimatta. Teknologia sopii hyvin myös näytöille, jotka ovat fyysisesti suuria. Tässä näytössä on sama ominaisuus kuin dispersoivaa tekniikkaa käyttävässä. Se ei tunnista liikkeen jälkeen paikoillaan olevaa kosketusta. Kuitenkin, samasta syystä, kosketuksen tunnistus ei häiriidy mistään paikoillaan olevasta kohteesta. (1, s. 3.)



Kuva 15. Akustisen pulssin tunnistaminen (2, s. 112)

Taulukossa 2 on verrattu APR- ja DST-tekniikoita.

Taulukko 2. APR vs DST teknologioiden vertailu (2, s. 121)

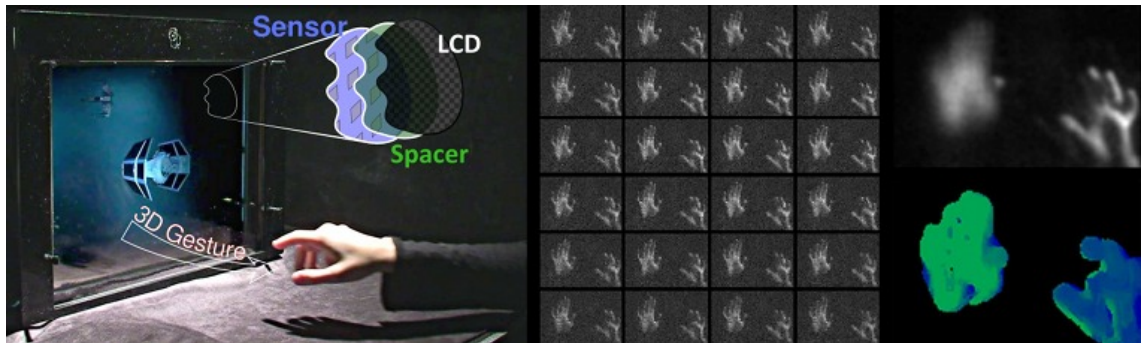
Ominaisuudet	APR	DST	Huomiot
Koot	2.8"-52	32"-46"	3M pintakapasitiivinen on 5.7"-32"
Metodologia	Taulukosta	Reaaliaikainen	
Mittaus	Taipuneet aallot	Taipuneet aallot	
Multikosketus	Työn alla	Eleet ilmoitettu	3M:n "usean kosketuksen" näytöt toimivat kahdella pisteellä
Kosketus ja pito	Työn alla	Ei	
Aktivoiva voima	Kohtalainen	Valo	
Kontrolleri	Chippi (mobiili) Levy (sovitettava)	Levy (sovitettava)	
Asennus	Kriittinen	Kriittinen	
Saatavuus	Monitoreihin, komponenteissa mobiililaitteisiin	Monitoreihin	Kumpikaan teknologia ei ole saavuttanut "drop-in" kosketusnäyttö tasoa vielä.
Muuta	Samanlaisia	Samanlaisia	Suorituskyky, materiaalit, pintakäsittely, käyttöliittymä, jne.

3.8 Koodattu LCD: kaksisuuntainen näyttö (BIDI)

Uusi tekniikka, joka muuttaa LCD näytön jättimäiseksi kameraksi, mikä tarjoaa ele kontrollin näytöllä oleville kohteille, esiteltiin MIT Media Laboratoriossa marraskuussa 2009. LCD:n sijaan antureiden eteen on sijoitettu joukko reikiä. Läpi kulkeva valo osuu pieneen osaan antureita ja tuottaa matalan resoluution kuvan. Kun jokaisen reiän kuva on otettu hieman eri kulmasta, ja ne yhdistetään, saadaan hyvä syvyys informaatio aistittavasta kuvasta. (1, s. 4)

Reiät ovat ongelmallisia, koska ne päästävät vain vähän valoa sensoreille ja näin vaativat epäkäytännöllisen pitkän valotusajan. Reikien sijaan nestekiteet toimisivat samalla tavalla, mutta paljon tehokkaammin. LCD-paneeli on luotu 19 x 19 palan kuvioista,

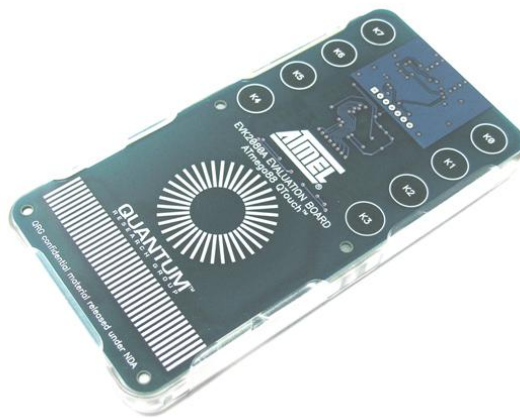
joista jokainen on jaettu säännölliseen, erikokoisten, mustien ja valkoisten suorakulmioiden kuvioksi. Jokainen valkoinen alue kaksivärisestä pikselistä sallii valon läpäisyn. Taustalla ohjelma käyttää 4D-valokenttää määrittämään syvyyden, muutokset ja kerää eleistä tietoa. LCD vuorottelee maski näkymän ja normaalin välillä todella suurella nopeudella/taajuudella. Kuva 16 esittää toimintaa. (1, s. 4)



Kuva 16. BiDi käyttää sensorikerrosta, joka on erotettu pienen välimatkan päähän LCD-näytöstä. Maskin kuva näytetään LCD:llä. Kun sensorikerros näkee maailman maskin läpi, tieto etäisyydestä esineisiin näytön edessä voidaan tallentaa ja dekodata tietokoneella. (10)

4 Kapasitiivinen käyttöliittymä

Työ aloitettiin Atmelin Qtouchia tutkimalla (kuva 17). Paketti oli paljon kehittyneempi ja monipuolisempi kuin TI:n. Tämän takia sen kopiointi ja tutkiminen olisi ollut liian aikaa vievää tämäntyyppiseen työhön. TI:n laitteella ei tarvinnut tehdä ja suunnitella koko kosketuslaitteistoa eli paneelia sekä piirilevyä mikrokontrollereineen vaan riitti, että valmistettiin pelkkä kosketuspaneeli ja hyödynnettiin TI:n valmista piirilevyä ja ohjelmistoa (kuva 18, ks. seur. s.). Näin pystyttiin keskittymään pelkästään kosketuspaneelin toimintaan ilman ohjauksen ohjelmointia ja muita työhön liittymättömiä asioita. Tällä tavalla työmäärä pysyi TI:n laitteen kanssa kohtuullisella tasolla.



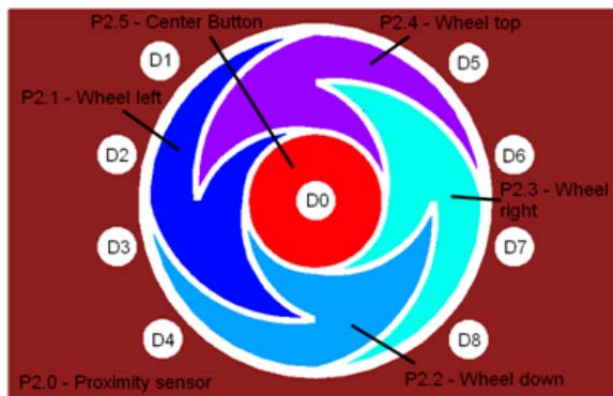
Kuva 17. Atmel Qtouch (8)



Kuva 18. TI LaunchPad&Captouch (5, s. 7)

4.1 TI:n levyn rakenne

BoosterPack on tyypillinen kapasitiivinen kosketussovellus (kuva 19; taulukko 3; ks. seur. s.). Levyllä on kolme erilaista kapasitiivista kosketusanturia: yksittäinen nappi keskellä, ympyrä, joka on tehty neljästä erillisestä kapasitiivisesta sensorista ja herkkyys sensori sen ympärillä. Lisäksi on yhdeksän lediä D0-D8, jotka antavat välittömän tiedon käyttäjän toimista. Kahdeksan lediä, jotka ovat ympyrän ympärillä, ovat multipleksattu niin, ettei niiden käyttämä I/O-pinnien määrä kasvaisi liian suureksi. Käyttämällä aikajaettua signaalia vain viisi I/O-pinniä on käytetty ohjaamaan kaikkia kahdeksaa lediä. Kuvassa 19 näkyy myös, mihin portteihin kosketusalueet on yhdistetty. Kuvassa 20 (s. 23) on TI:n levyn kytkentäkaavio.

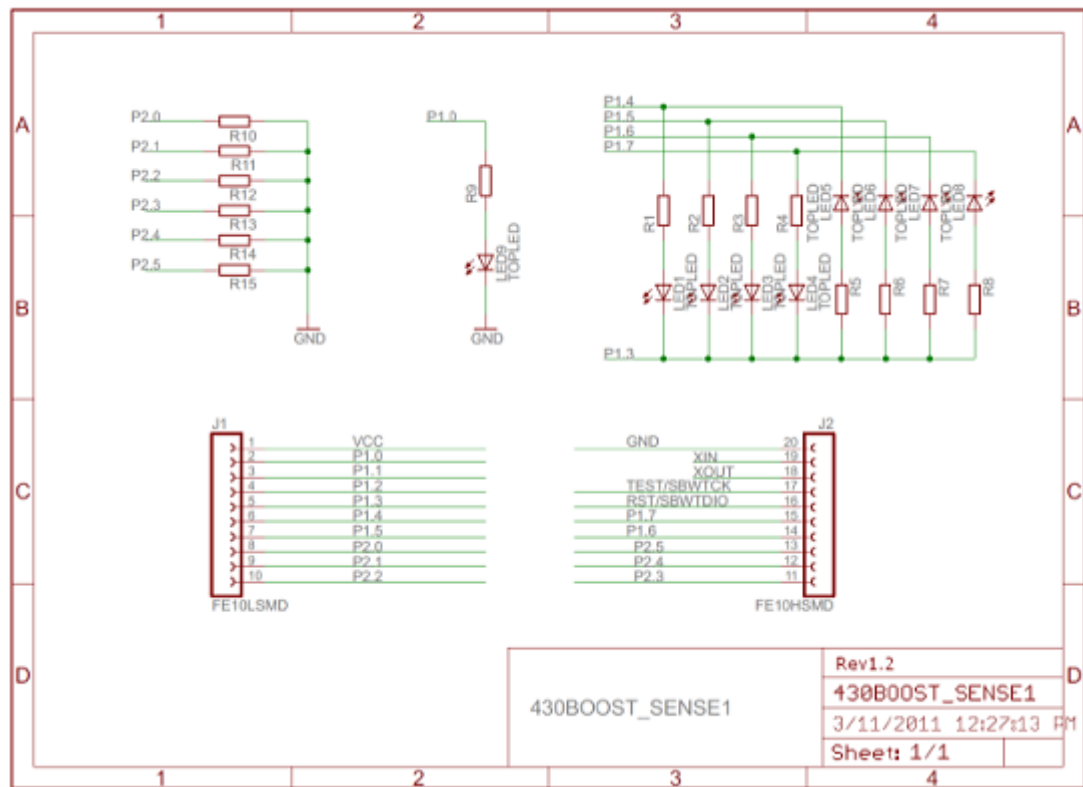


Kuva 19. TI:n levyn kapasitiiviset kosketusalueet (5, s. 16)

Taulukko 3. BoosterPackin liitännät (5, s 14)

Pin	MSP430 Port	BoosterPack Signal	Description
1	VCC	NC	Supply voltage, not connected to BoosterPack
2	P1.0	LED9	The white center LED
3	P1.1/TXD	NC	Backchannel UART transmit data output, not connected to BoosterPack
4	P1.2/RXD	NC	Backchannel UART receive data input, not connected to BoosterPack
5	P1.3	LEDx	LED base to drive the eight multiplexed LEDs
6	P1.4	LED1	LED1 positive and LED5 negative drive
7	P1.5	LED2	LED2 positive and LED6 negative drive
8	P2.0	SENS0	Touch-sense proximity sensor
9	P2.1	SENS1	Touch-sense wheel sensor left
10	P2.2	SENS2	Touch-sense wheel sensor down
11	P2.3	SENS3	Touch-sense wheel sensor right
12	P2.4	SENS4	Touch-sense wheel sensor up
13	P2.5	SENS5	Touch-sense center button sensor
14	P1.6	LED3	LED3 positive and LED7 negative drive
15	P1.7	LED4	LED4 positive and LED8 negative drive
16	RST/SBWDIO	NC	Reset line for SBW JTAG data, not connected to BoosterPack
17	TEST/SBWTK	NC	Test line for SBW JTAG clock, not connected to BoosterPack
18	P2.6/XOUT	NC	Oscillator output, not connected to BoosterPack
19	P2.7/XIN	NC	Oscillator input, not connected to BoosterPack
20	GND	GND	Supply ground

Kuusi erilaista kosketuksen tunnistavaa aluetta on kytketty laitteen porttiin 2. Näissä I/O:ssa on myös pienempi sisäinen kapasitanssi kuin portissa 1, joka tekee portista 2 herkemmän kuin kapasitiivisista kosketussensoreista portissa 1. Kosketuksen aistivat I/O:t oskilloivat 1-2 MHz taajuudella, joka on vahvasti riippuvainen jännitelähteestä, laitteen koteloinnista ja ympäristön vaikutuksesta



Kuva 20. BoosterPackin-kytkentäkaavio (5, s. 23)

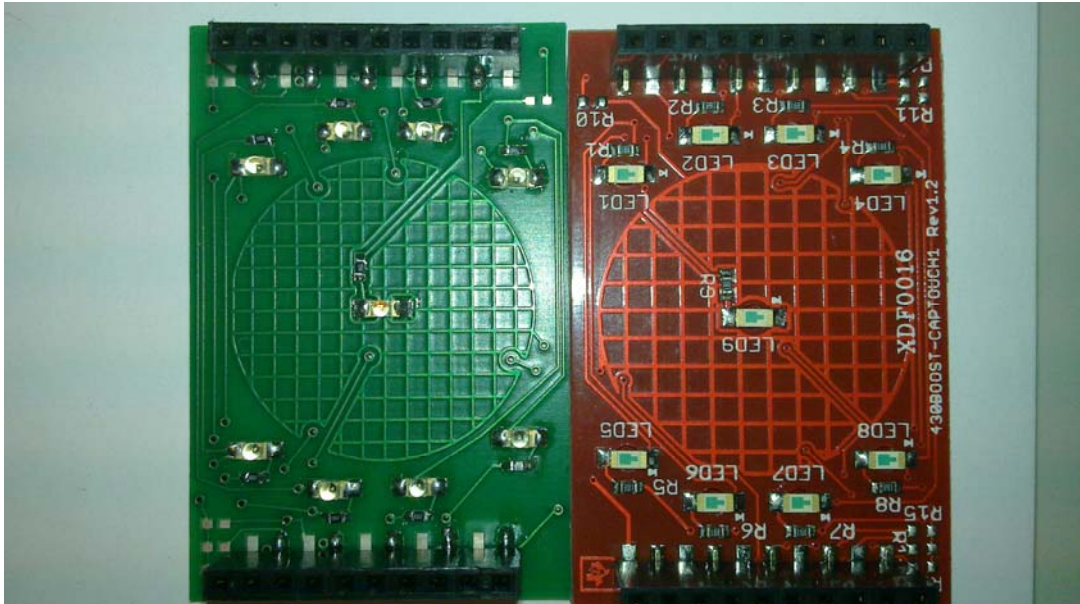
4.2 Oma kapasitiivinen kosketuslevy

Tarkoituksena oli piirtää mahdollisimman samanlaisen kuin TI:n levy, joka oli haasteellisempaa kuin oli arveltu. Ensimmäinen piirretty versio oli liian suuri. Toisesta tuli oikean kokoinen. Kosketusalue oli myös vaikea piirtää samalla tavalla kuin alkuperäisessä TI:n levyssä, joten päädyin piirtämään neljä suoraa osiota keskiympyrän ympärille, jotka reagoivat kosketukseen (kuva 23). Olisi pitänyt ottaa huomioon, että ledien syttymiseen vaikuttaa kapasitanssin vähittäiset muutokset oikealla levyllä. Siinä kosketusalueet kasvoivat vähitellen, jolloin se kertoi myös kosketuksen sijainnin tarkemmin.

Omassa versiossa on myös vuotovirtoja ja/tai liikaa resistanssia, koska ledit eivät pala täysin samalla tavalla kuin alkuperäisessä kosketuslevyssä.

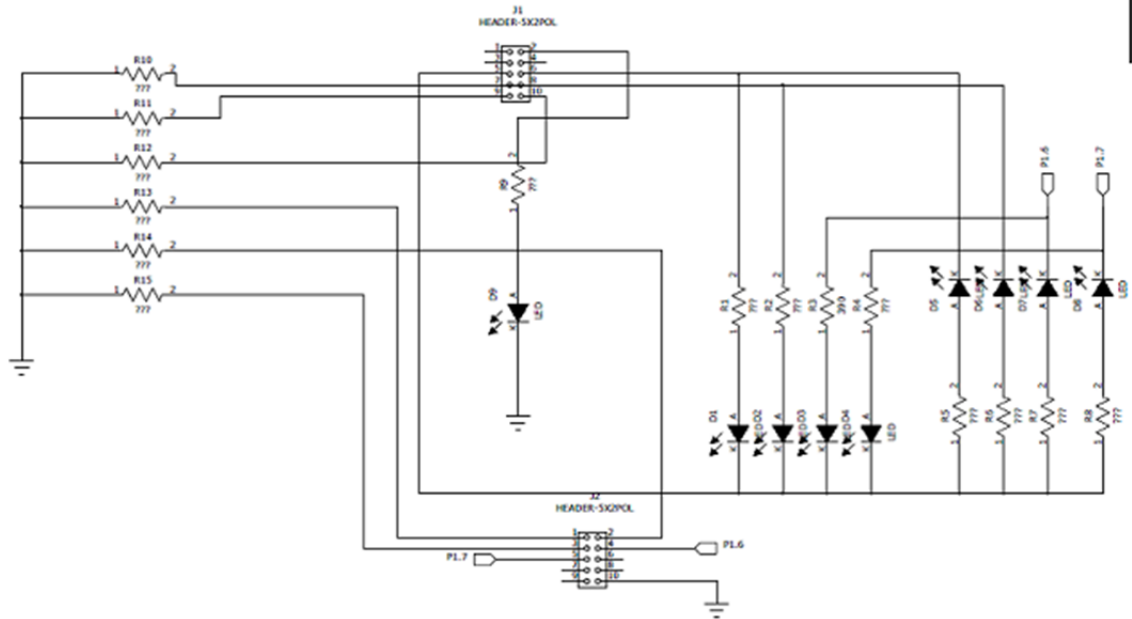
Levy tarvitsee myös resistiivisen pinnan kosketusalueen päälle, koska toimintatapa on kuin kondensaattorissa. TI:n levyssä on akrylikerros. Itse tehtyyn versioon laitettiin

puhelimien kosketusnäytön suojaksi tarkoitettu suojakalvo, joka on noin 0.2 mm:n paksuinen PET-kalvo. Tällä ei ollut suurtakaan vaikutusta toimintaan, vaikka odotettiin kalvon poistavan edes osan ongelmista. Myös niin sanottu verkko taustapuolella näyttäisi olevan paljon tiheämpi (kuva 21). Sillä on myös todennäköisesti merkitystä kosketuksen tunnistamiseen.



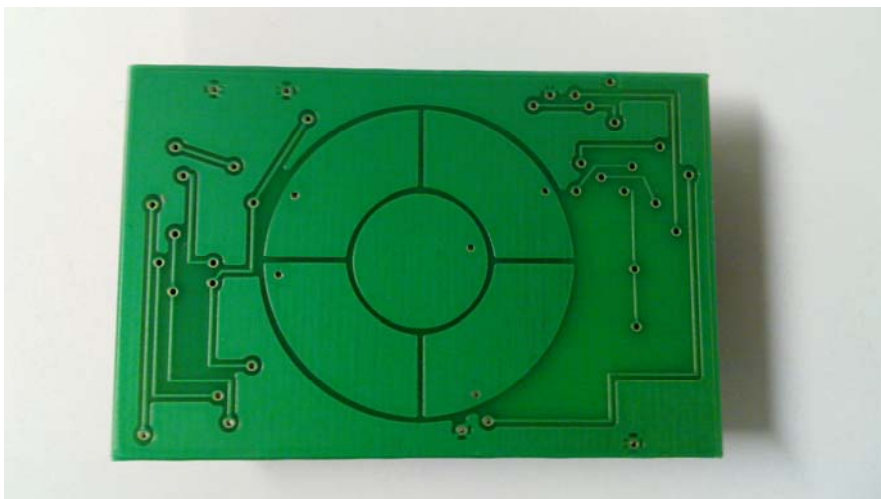
Kuva 21. Vasemmalla itse tekemäni levy ja oikealla TI:n levy

Kytkentäkaavion (kuva 22, ks. seur. s.) piirsin TI:n mallin mukaan tehden siihen pieniä muutoksia. Tämän pitäisi olla toiminnallisesti aivan samanlainen kuin alkuperäisen.



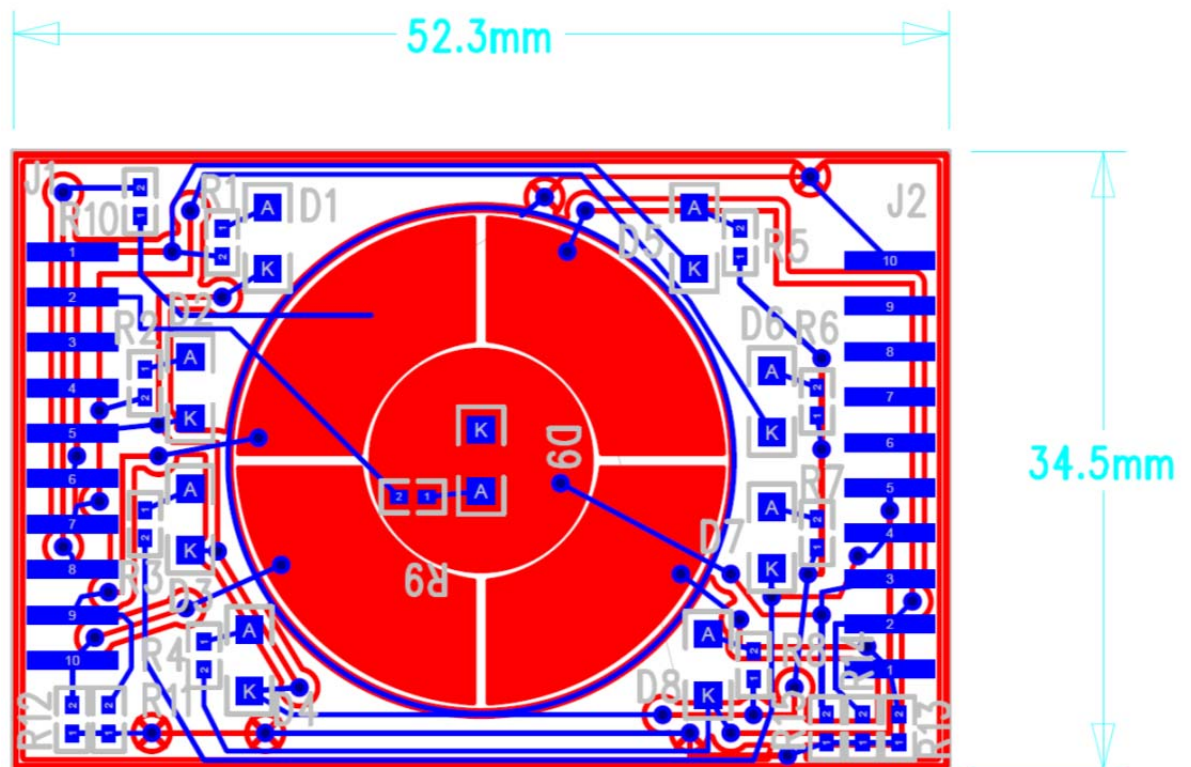
Kuva 22. Kytentäkaavio

Levystä ei siis tullut aivan suora kopio vaan peilikuva, jossa johtimien sijaintia on muutettu (kuva 21). Kuvassa näkyvät maa-alueet kosketusalueen osioiden välillä olisivat voineet olla hieman suuremmat. Kuvassa 24 näkyy seuraavalla sivulla, miten vedot piirrettiin.



Kuva 23. Oman levyn kosketusalueet

Uuden levyn tekeminen olisi vienyt aivan liikaa aikaa, joten jouduttiin jatkamaan teke-
mälläni levyllä, joka ei aivan vastannut alkuperäistä suunnitelmaani muutosten osalta.



Kuva 24. Piirretyn levyn layout

Taulukossa 4 on listattuna käytetyt komponentit:

Taulukko 4. Lista käytetyistä materiaaleista (BoM) (5, s 8)

Pos.	Ref Name	Number per Board	Description
1	R1 to R8	8	390-Ω SMD0603 resistor
2	R9	1	180-Ω SMD0603 resistor
3	LED1 to LED8	8	Top LED red wtr clr 631NM 1206
4	LED9	1	LED white round diffused 1206
5	J1, J2	2	Female header SSM-110-L-SV 2.54 mm
6	R10 to R15	0	SMD0603 resistor (not populated)

5 Yhteenveto

Työssä kerrottiin näyttöjen historiasta, ja miten ne ovat päätyneet vähitellen kulutus-elektroniikkaan suuremmissa mittakaavassa. Kuvattiin myös yhdeksän erilaista näyttötyypin toimintatapoja ja rakenteita. Lopuksi on esitetty kapasitiivisen näyttölevyn rakentamisen vaiheita ja siinä havaittuja hankaluuksia sekä levy, jonka pohjalta se on rakennettu.

On useita erilaisia tapoja rakentaa kosketusnäyttö. Pääkohdat ovat kosketuksen tunnistaminen näytöllä; tulkitseminen, mitä komento merkitsee ja kommunikoiminen oikealle sovellukselle komento.

Suosituimmissa tekniikoissa, kapasitiivisissä tai resistiivisissä, on yleensä neljä kerrosta

1. päällimmäisenä polyesterikerros, jossa on läpinäkyvä johtava metallipinnoite pohjassa
2. eristävä kerros
3. lasikerros, läpinäkyvä johtava metallipinnoite pinnassa
4. liimapintainen kerros lasin takana asennusta varten.

Kun käyttäjä koskettaa pintaa, systeemi rekisteröi näytössä olevan sähkökentän muutoksen.

Dispersiova signaalitekniologia, jonka 3M kehitti vuonna 2002, mittaa pietsosähköistä vaikutusta - mekaaninen voima materiaaliin generoi jännitteen - joka ilmenee kemiallisesti, kun vahvistettua lasisubstraattia kosketetaan.

On myös kaksi infrapunapohjaista toimintatapaa. Ensimmäisessä, sensoriryhmä havaitsee sormen kosketuksen tai lähestyvän kosketuksen näytöllä, joka katkaisee näytön yli menevän valonsäteen. Toisessa, pohjaan asennetut infrapunakamerat rekisteröivät näytön kosketukset.

Jokaisessa näytössä järjestelmä valitsee halutun komennon sillä hetkellä näytöllä näkyvien ohjainten ja kosketuksen sijainnin perusteella. (1, s. 4.)

Taulukossa 5 vertaillaan eri näyttötyyppejä.

Taulukko 5. Kosketusteknologioiden vertailu (1, s. 6.)

Tekniikka	4-wire	SAW	5-wire	Infrapuna	Kapasiivinen
Kestävyys	3 vuotta	5 vuotta	5 vuotta	5 vuotta	2 vuotta
Stabiilius	Hyvä	Erinomainen	Hyvä	Hyvä	OK
Läpinäkyvyys	Huono	Hyvä	Huono	Hyvä	OK
Asennus	Sisäänrakennettu/näyttöön asennettava	Sisäänrakennettu/näyttöön asennettava	Sisäänrakennettu/näyttöön asennettava	Näytön päällä	Sisäänrakennettu
Kosketus	Kaikki	Sormi/kynä	Kaikki	Sormi/kynä	Johtava materiaali
Taustavalon sieto	Hyvä	Hyvä	Hyvä	Huono	Huono
Vasteaika	<10ms	10ms	<15ms	<20ms	<15ms
Seuraamisnopeus	Hyvä	Heikko	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Poikkeama	Ei	Pieni	Iso	Iso	Iso
Näyttö vaihtoehdot	CRT tai LCD	CRT tai LCD	CRT tai LCD	CRT tai LCD	CRT tai LCD
Vedenkestävyys	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä

Aiheena kosketuskäyttöliittymät oli todella mielenkiintoinen. Alkuun tietojen löytäminen oli vaikeaa, koska varsinaisista toiminta menetelmistä ei ollut kuin näyttövalmistajien mainospuheita ja ympäripyöreitä selityksiä toimintatavoista. Vähitellen saatavissa oleva puolueeton tieto alkoi kuitenkin lisääntyä ja sitä myöten työn tekeminen tuntui tulevan ylipäättään mahdolliseksi.

Kapasitiivisen kosketuslevyn valmistaminen oli myös mielenkiintoista, mutta haasteellista. Siinä piti ottaa huomioon niin monia asioita ja suunnitteluohjelma PADS:in vähäinen käyttökokemus lisäsi haastetta. Lopputulos oli tyydyttävä. Pettymys oli se, että se ei toiminut niin kuin piti.

Insinööriyön viimeistelyvaiheessa havaittiin kuvassa 22 (ks. s. 23) virhe, joka on todennäköisin syy siihen, että levy ei toiminut oikein. Virhe on siinä, että kuvassa 22 ylemmän liittimen pinnit 7 ja 8 menevät yhteen. Se olisi pitänyt huomata jo kytkentäkaaviota tehdessä, mutta sitä ei kuitenkaan kukaan kaaviota tarkastanutkaan huomannut. Jos olisi mahdollista tehdä uusi, se melko varmasti toimisi odotetusti.

Lähteet

1. Lambert M. Surhone, Mariam T. Tennoe, Susan F. Henssonow (Ed.) 2010: Touchscreen. VMD Publishing House Ltd, Mauritius.
2. Walker mobile, *Fundamentals of touch technologies and applications*; www.walkermobile.com/SID_2011_Short_Course_S4.pdf, 25.3.2013
3. Elo touch solutions, How surface capacitive touch technology works; <http://www.elotouch.com/Technologies/SurfaceCapacitive/howitworks.asp>, 25.3.2013
4. Elo touch solutions, AccuTouch five –wire resistive touch technology; <http://www.elotouch.com/Technologies/AccuTouch/default.asp>, 25.3.2013
5. Texas Instruments, Capacitive touch booster pack for the launch pad, User's guide; <http://www.ti.com/lit/ug/slau337a/slau337a.pdf>, 26.3.2013
6. Elo touch solutions, Compare all resistive touch technologies; http://www.elotouch.com/Technologies/compare_resist.asp, 26.3.2013
7. Wikipedia, Rayleighs wave; http://en.wikipedia.org/wiki/Rayleigh_wave, 26.3.2013
8. Atmel Qtouch <http://www.atmel.no/webdoc/QtouchStudio/images/EVK2080A.jpg>, 26.3.2013
9. SiggraphAsia2001, BiDi screen; <http://web.media.mit.edu/~mhirsch/bidi/>, 3.4.2013
10. M3, Dispersive signal technology; http://solutions.3m.co.uk/wps/portal/3M/en_GB/TouchScreens/Home/ProdInfo/ScreenTech/DST/, 3.4.2013
11. Touchscreenmagazine.nl, Optical imaging; <http://www.touchscreenmagazine.nl/multitouch-techniques/optical-imaging>, 3.4.2013
12. Wikipedia, Capacitive sensing; http://en.wikipedia.org/wiki/Capacitive_sensing, 18.4.2013