



Az okostelefonok és a tabletek elterjedése mindenki számára magától értetődővé és megszokottá tette az érintésvezérlést, ami az elektronika egyre több területén készíti a fejlesztőket a mechanikus felhasználói interfészek (kapcsolók, nyomógombok) elektronikus változattal való kiváltására, így kerülve el a kopásból, anyagfáradásból eredő meghibásodásokat és kihasználva a technológia által nyújtott innovatív gesztusvezérlésben rejlő lehetőségeket. Távírányítóknak, háztartási gépekben, kaputelefonokban, szórakoztató elektronikában mind gyakrabban találkozunk ilyen ember-gép interfész megoldásokkal, melyek a kapacitív érintésvezérlés technológia segítségével egyszerűen megvalósíthatók. További előnye ennek a technológiának a készülék számára a környezeti hatásokkal (víz, por stb.) szembeni magasabb ellenállóság biztosítása, hiszen általában nincs szükség a készülékház megbontására. Cikkünkben áttekintjük a kapacitív érintés- és közelítésérzékelés fizikai alapjait és megvalósítási lehetőségeit.

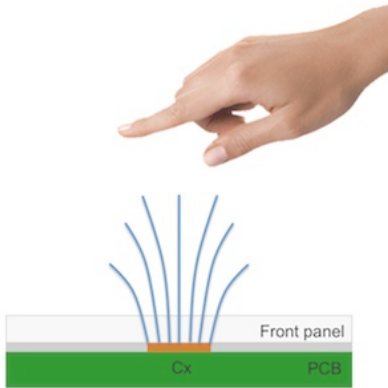
Általánosan felfedezhető trend, hogy a mikrokontrollergyártók manapság felruhazzák eszközeiket alapszintű érintésvezérlési funkciókkal, melyek lehetővé teszik külön áramkörök illesztése nélkül az egyszerű érintógombok, alap gesztusvezérlés integrálását a végtermékbe. Ezek a megoldások általában tökéletesen alkalmasak arra, hogy a mechanikus kapcsolókat, forgógombokat és csúszkákat korszerű kapacitív érintésvezérlésre cserélje a konstruktor, azonban pontos pozicionálást igénylő feladatokra, illetve extrém elvárások (fán, vastag üvegen keresztüli vezérlés) esetén már erre a célra fejlesztett professzionálisabb megoldások alkalmazása kívánatos. Ilyen use-case például a számítógépek vagy távvezérlők érintőpadja, a korszerű sütők, konyhai gépek kezelőszervei vagy a bútorba integrált érintőkapcsolók világa.

Ezekre a feladatokra kiválóan alkalmazható nagy érzékenységű innovatív megoldást nyújt az Azoteq cég, melynek szabadalmait neves mikrokontrollergyártók is alkalmazzák.

A kapacitív érzékelés alapjai

A kapacitív szenzorok olyan vezető felületek, melyek kapacitása az emberi

test, kéz vagy ujj közelítésének, érintésének hatására megváltozik. Ez a kapacitás lehet két mérőelektroda közötti kölcsönös kapacitás, vagy egy elektróda és a föld közötti saját kapacitás.



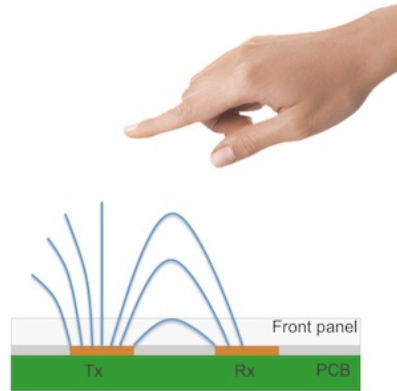
1| Saját kapacitás

A következő kapacitásváltozás mértéke nagyon kicsi, érintés esetén 10 pF, közvetlen közelség esetén 1 pF, közelítés esetén mindössze 0.05-0.1 pF nagyságrendbe esik, melynek detektálására vagy egy mikrokontroller A/D konverterét és megfelelő szoftver könyvtárát vagy dedikált érintésvezőt használhatunk. Az érzékelésben használt módszerek a következők lehetnek:

- **RC érzékelési elv** (RC acquisition principle)

A kapacitás adott ellenálláson keresztüli töltési és kisütési idejének változásán alapul. Mikor az elektródát megérintik, ez a idő megnő és a változás mérése

alkalmas az érintés detektálására. Mikrokontrollerek beépített érintésvezérlési funkcióinál sok esetben találkozhatunk ezzel az elvvel, szoftveres úton történő idő és feszültségmérés (GPIO A/D konverter) szükséges hozzá.



2| Kölcsönös kapacitás

- **Töltés átviteli érzékelési elv** (Charge transfer acquisition principle)

A szenzor kapacitásában tárolt töltés egy detektáló kondenzátorba való impulzusszerű átvitelén alapuló módszer. A mintavételező ellenállás feszültségének egy adott határértékre emelkedéséhez szükséges töltés átviteli periódusok számából következtethetünk az elektróda kapacitására. Mikor az elektródát megérintik, annak kapacitása nő, nagyobb töltést tárolására lesz képes, ezáltal kevesebb töltési ciklus szükséges a mintavételező kondenzátor adott feszültségre való töltéséhez. Ez a módszer szintén elterjedt

mikrokontrollerbe integrált érintésvezérlések esetén, ahol feszültségmérésre a kontroller analóg GPIO (A/D konverter) bemeneteit használhatjuk

- ProxSense™ Saját kapacitás mérési elv (Surface ProxSense™ acquisition principle)

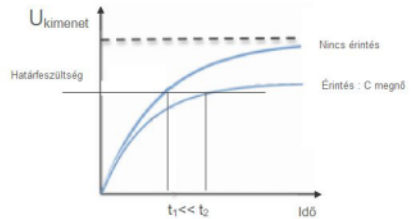
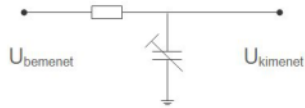
Működési elvét tekintve megegyezik az előző módszerrel, de a teljes érzékelést dedikált hardver végzi, ami különlegesen nagy érzékenység elérését teszi lehetővé.

- ProxSense™ kölcsönös kapacitás mérési elv (Projected ProxSense™ acquisition principle)

A módszer egy meghajtott és egy vevő elektróda közötti kapacitásban tárolt töltés mérésén alapul, melyet a töltéstranszfer elvéhez hasonlóan itt is mintavételező kondenzátor segítségével detektálunk. A közelítő ujj változtatja az elektródák közötti szigetelés dielektromos állandóját ezáltal csökkentve köztük a kapacitást. Az eredmény a mintavételező kondenzátor hosszabb töltési ideje (több töltési ciklus,) mely alkalmas az ujj jelenlétének detektálására.

A ProxSense™ márkanév az Endrich által 2018-tól képviselt délafrikai hightech vállalat, az Azoteq (Pty) Ltd tulajdona.

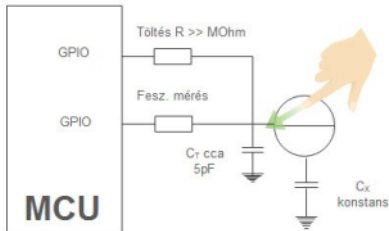
Egyszerű RC elvű érintésérzékelés mikrokontrollerrel



3| RC elv

A legegyszerűbb RC elvű érintőgomb megoldást mikrokontrollerrel és a szoftveres időméréssel lehet megvalósítani. Amikor nem érintjük meg az elektródát, akkor annak kapacitása állandó (C_x), az R-C tag beállított határfeszültségre való feltöltődéshez szükséges idő t_1 . Ujj érintésekor a C_T kapacitás párhuzamosan kapcsolódik az elektróda kapacitáshoz, így az eredő kapacitásérték kb. 5 pF-al megemelkedik ($C = C_x + C_T$), a határfeszültség eléréséhez szükséges töltési/kisülési idő t_2 lesz. A mérés során a táplálás felfutásakor induló timer méri a töltési időt addig, amíg a érzékelő lábón a feszültség elér egy küszöbértéket. A mérés elvégzésére könnyen

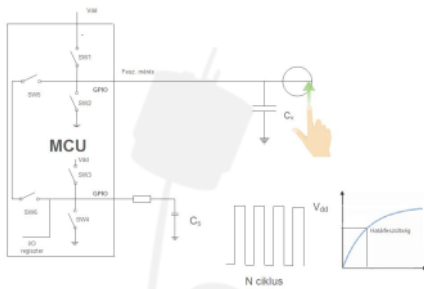
konfigurálható szoftver könyvtárak állnak rendelkezésre. Az olcsó és egyszerű felépítés mellett a megoldás csak stabil földelés mellett üzembiztos.



4| RC elvű érzékelés mikrokontrollerrel

Töltéstranszfer érzékelés mikrokontrollerrel

elvű



5 | Töltéstranszfer elvű érzékelés mikrokontrollerrel

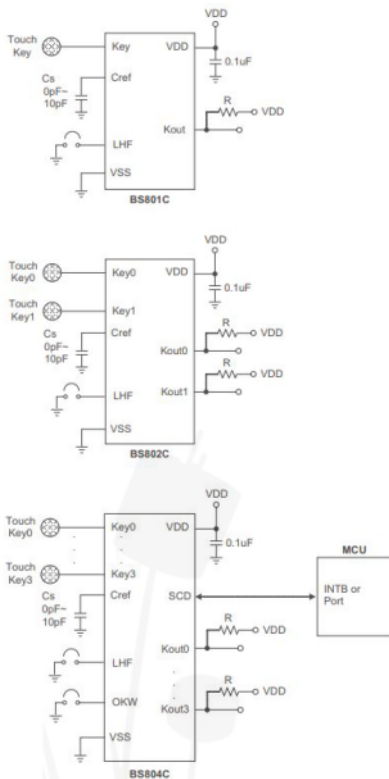
A töltéstranszfer elv lényege a fenti ábrán követhető nyomon. A mikrokontroller analóg GPIO lábához kapcsolt érintő elektróda néhány 10 pF kapacitást képvisel (C_x – szenzor kapacitás). Az egyik kijelölt GPIO-hoz egy ennél több nagyságrenddel kisebb

mintavételező kondenzátort kapcsolunk (C_s sampling kapacitás). A C_x kapacitás V_{dd} -re töltődik az SW1 bekapcsolásával, majd az ábrán látható logikai kapcsolók (SW5 és SW6) megfelelő szekvenciával való kapcsolásával töltésének egy része periodikusan átkerül a C_s kondenzátorba, melynek kimeneti feszültsége, melyet a GPIO port A/D átalakítóján keresztül a mikrokontroller mér, alapállapotban N ilyen ciklus után éri el a kijelölt határfeszültséget. Amennyiben érintést érzékel a szenzor, annak kapacitása megemelkedik, több töltést tárol, emiatt egységidő alatt több töltést is tud átáramoltatni a C_s kondenzátorba.

Annak kimeneti feszültsége sokkal hamarabb ($n < N$ periódus alatt) éri el a határfeszültséget. A C_s kondenzátor feszültségét mérve és a töltéstranszfer periódusokat számlálva az érintés a mikrokontrollerrel így könnyen detektálható. Az SW1, SW2, SW3 és SW4 logikai kapcsolók a kondenzátorok teljes feltöltését és kisütését végezhetik egy jól definiált alapállapot beállításához, míg a töltéstranszfer az SW5&SW6 végzik.

Hasonló elven működnek és egy fokkal magasabb integrálhatóságot biztosítanak a mikrokontrolleres rendszerek számára a kimondottan érzékelési feladatra kifejlesztett célkontrollerek is, mint például a Holtek BS8xx sorozata.

Ezek az eszközök már egy sor olyan funkcióval is rendelkeznek, amik nagyobb megbízhatósággal ruházzák fel az applikációt nehezebb környezeti feltételek mellett is, minimalizálják az energiafogyasztást és kis külső komponensigényű megoldást nyújtanak a host-mikrokonroller számára.



6| Holtech BS8xx érintésvezérlők

A sorozat fejlettebb tagjai soros kommunikációra is képesek és dekódolt formában adják vissza az érintőgombok állapotjelzéseit. Ugyanezen az interfészen keresztül az MCU

parancsokat is tud küldeni a touch controller számára, például kalibrálás során.

Azoteq ProxSense™ elvű érintésvezérlő kontrollerek

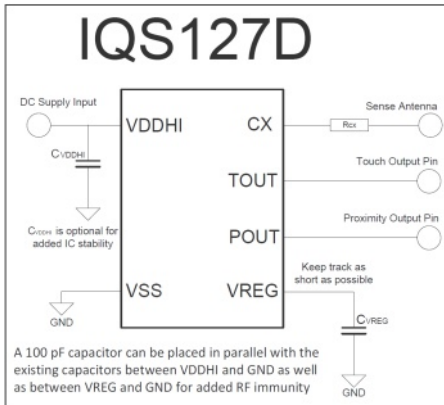
Magyarországon az Azoteq név nem tartozik az széleskörben ismert márkanevek közé, bár az általuk 2004 óta folyamatosan fejlesztett kapacitív közelítés- és érintésérzékelő megoldások számos itthon is kapható eszközökben megtalálhatóak.

ProxSense™ technológiájuk felhasználva a világon a legérzékenyebb érintésvezérlőket kínálják, amelyek képesek akár 100 atto Farad (10-16 F) kapacitásváltozás érzékelésére is, miközben a jel-zaj viszony 1000:1. Ez 100 szoros érzékenység és 30 szoros jel-zaj viszony növekedést jelent a korábbi technológiákkal szemben.

Kétszintű érzékelés

Ez a különleges érzékenység az egyszerű érintőkapcsolóknál jóval összetettebb eszközök készítését teszi lehetővé. A legegyszerűbb egycsatornás saját kapacitás érzékelők is kétlépcsős érzékelésre alkalmasak.

Miközben közelítünk az elektródához, először a közelítésérkelő (Proximity Output Pin) jelez, ami például

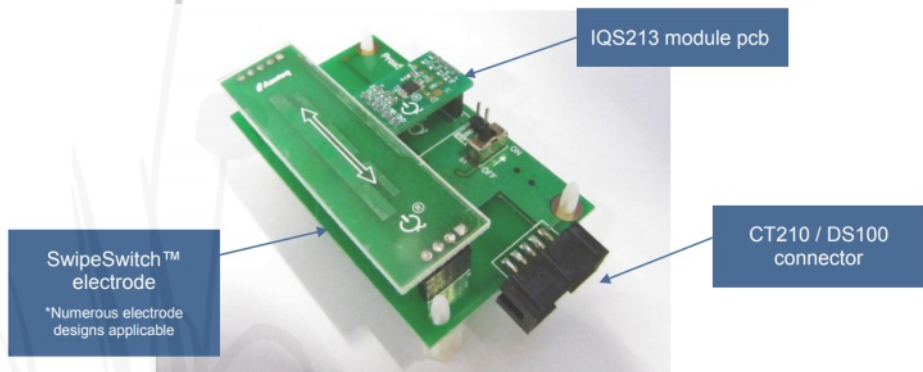
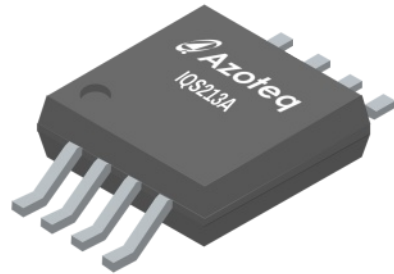


7| Egy elektróda, két kimenet: közelítés és érintés

automatikus megvilágításra használható, majd az érintéskor egy másik kimenet (Touch Output Pin) aktiválódik, mely a kívánt vezérlést végzi. Több csatornás változatokban a közelítés-érzékelés használható a vezérlő, vagy akár az egész eszköz kis fogyasztású alvó állapotból való felélesztésére is, mivel az érzékelők felprogramozhatóak úgy, hogy csak a közelítés érzékelő csatorna működjön, ezáltal csökkentve a rendszer fogyasztását.

Simító kapcsoló (Swipe Switch)

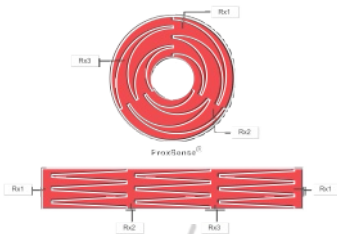
Három érzékelő elektródát egymás mellé téve egyszerű gesztus vezérlőt tudunk megvalósítani, ami egy adott irányú simítást érzékelve kapcsol. Ez a működés kézben tartott eszközöknél is lehetővé teszi az érintésvezérlés megvalósítását, mivel az egyszerű tartást és a kétirányú simítást képes egymástól megkülönböztetni.



8| Simító kapcsoló megvalósítása

Kerék és csúszka: folyamatos vezérlés (Wheel and Slider)

A többcsatornás kapacitásmérésen alapuló ProxSense™ eszközök a folyamatos vezérlést is lehetővé teszik. Ha az érzékelők az ábrán látható módon helyezkednek el, az elektródákon érzékelt kapacitásváltozások arányából a vezérlőbe integrált mikrokontroller kiszámítja a kerék vagy csúszka pozíciót, amelynek abszolút értéke vagy változása numerikus értékkel kiolvasható.



9| 3 csatornás saját kapacitás mérési elvű kerék és csúszka érzékelők

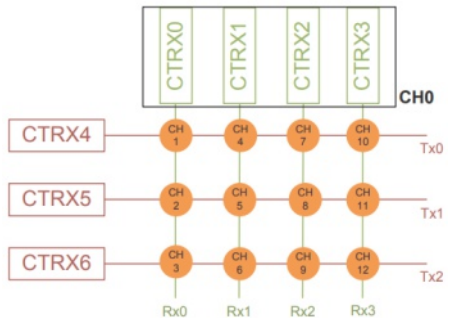
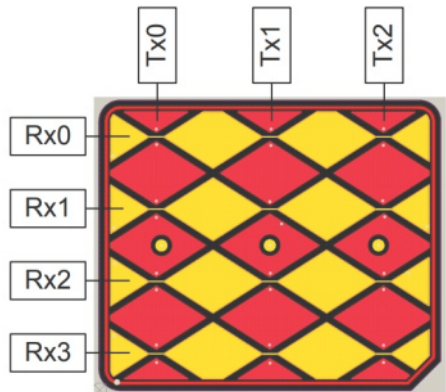


10| 2 csatornás saját kapacitás mérési elvű kerék és csúszka érzékelők

Az ilyen eszközök széles körben használhatók funkcióválasztásra (pl mosógép program) vagy folyamatos szabályzásra (hangerő, fényerő). Az Azoteq 3, 7, 9, 12, 16 vagy több csatornás vezérlői rugalmasan programozhatóak, a csatornák

feloszthatók diszkrét gombok, közelítés érzékelő, csúszkák és kör alakú érzékelő csoportokra, melyek akár saját kapacitás akár kölcsönös kapacitás elven működhetnek.

Érintő billentyűzet, érintőpad és gesztus pad vezérlők (Keypad, Trackpad, Gesture pad)

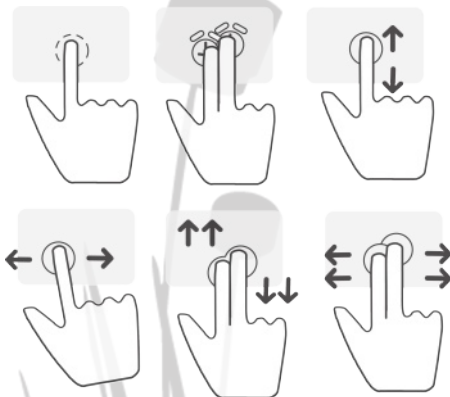


11| Érintőpad (trackpad) érzékelő elrendezés

A 7..16 csatornás vezérlőkben megfelelő számú csatorna áll rendelkezésre billentyűzet vezérlő illetve érintőpad és gesztus pad vezérlő alkalmazásokhoz. Ha a vezérlő kölcsönös kapacitás elven

működik és az elektródák mátrix szerű mitázatban vannak elhelyezve, az érzékelési pontok száma a sorok és oszlopok szorzata. Az aktuális érintési pozíciókat a meghajtó (Tx) elektródák léptetésével, és a vevő (Rx) elektródák szkennelésével lehet letapogatni.

Az éritést végző emberi ujj felülete több szomszédos csatornára hat, a ProxSense eljárás nagy érzékenységből adódóan ezek közötti súlyozott átlagból az elektróda sűrűségénél nagyobb érintési pontosság határozható meg, ami lépcsőzetesség mentes mozdulatkövetést biztosít. A vezérlőkben egy és kétujjas gesztusfelismerés működik, ami kiválóan használható kreatív mozdulat vezérléses felhasználói interfész megvalósítására, emellett egyes pozíciókba akár dedikált érintőgombokat is lehet helyezni.



12| Az Azoteq vezérlői által azonosított gesztusok

Egyujjas gesztusok:

- Simitás előre – Következő
- Simitás hátra – Előző
- Simitás fel – Hangosítás
- Simitás le – Halkítás
- Rövid érintés (tap) – Play/Pause
- Megérintés és tartás

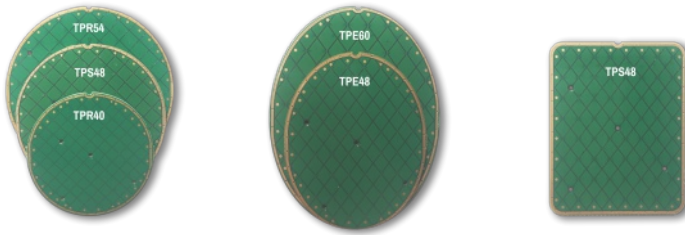
Kétujjas gesztusok:

- Csipető mozdulat – Nagyítás, kicsinyítés (Pinch & Zoom)
- Kétujjas görgetés
- Kétujjas seprés
- Kétujjas rövid érintés



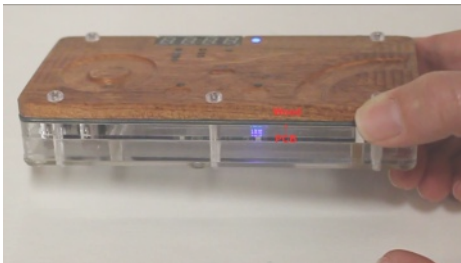
13| Érintőpad és gomb egy felületen

Az Azoteq partnerei részére nem csak a vezérlő IC-ket, hanem változatos alakú és tulajdonságú professzionális gesztus érzékelő és touchpad modulokat is kínál, legyen szükség akár merev vagy hajlékony felületre, billentyűzet mintára, vagy az érzékelőbe integrált visszajelző fények beépítésére. Ugyancsak megtalálhatóak a választékban a kész érintőpad modulok.



14| Azoteq érintőpad modulválaszték

Érzékelés nagy vastagságú fa vagy üveg felület mögött



15| Érintés faburkolaton keresztül

Az Azoteq IC-k érzékenysége lehetővé teszi az akár 11 mm vastag szigetelő anyagon (fán vagy üvegen) keresztül történő érzékelést.

Ez a képesség nagy felbontással és nagy pontossággal párosul.

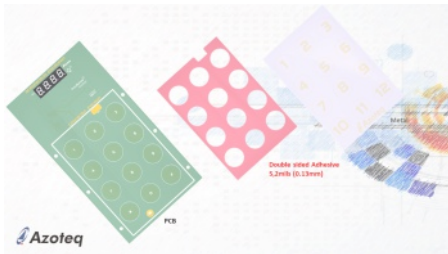
Bútorokba, háztartási gépekbe, igényes burkolatok vagy vastag üveg mögé rejtett kapacitív kapcsolók szükségtelessé teszik a díszburkolat felületének lyukakkal vagy kivágásokkal történő megszakítását.

Kapacitív érzékelés fémfelületen, vagy vizes környezetben

Vezető felületen keresztül természetesen nem lehetséges kapacitív érzékelés, viszont lehetséges olyan struktúra létrehozása, ahol egy fémfelület minimális nyomás alkalmazásával bekövetkező alakváltozásával létrejövő kapacitásváltozás az érintésvezérléshez hasonló módon vezérlésre használható.

Ha az érzékelő elektródákat tartalmazó PCB elé egy vékony (0.13 mm) szilárd

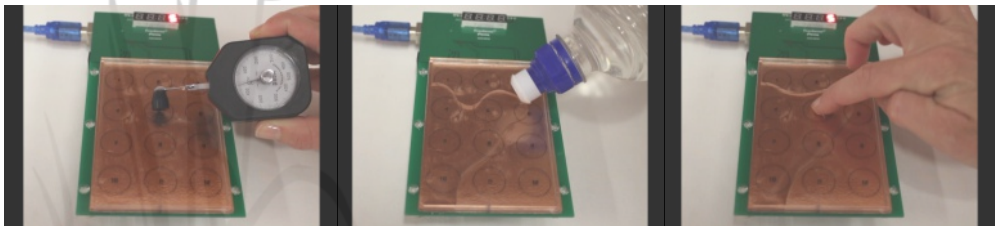
kétoldalas ragasztóanyagot (szigetelőt), majd az elé egy vékony (<0.1 mm) rozsdamentes acéllemez vagy egy a belső oldalán vezetőpasztával bevont műanyag lemez (<0.3 mm) ragasztunk, az elektródák és a lemez között kapacitás jön létre.



16| Fém felületű kapacitív érzékelő felépítése

Ez a kapacitás minimális erő (<100 gramm) hatására olyan mértékben változik meg, hogy az biztosan detektálható az Azoteq integrált áramköreivel.

Az ilyen érintőfelületek vandálbiztos és csapadéknak kitett környezetben is használhatók, akár kaputelefonokban vagy zuhanykabinban való alkalmazásuk is lehetséges.



17| Érintés fém felületen

Támogatás

Az érzékelő elektródák tervezése nagy figyelmet és tapasztalatot kíván a fejlesztő mérnököktől.

Az Endrich céggel együttműködve Európában az Azoteq széles körben támogatja partnerei tervezési tevékenységét referencia dizájn, konzultáció vagy kész tervek véleményezése terén.

A vezérlők között egyszer programozható és újraprogramozható változatok is szerepelnek.

A egyszeri költség és minimális darabonkénti árért cserébe az Azoteq az ügyfelei által tesztelt beállításokat beprogramozva tudja szállítani az áramköröket.

Az Endrich és az Azoteq 2018 óta működik együtt. Érdeklődő partnereinket kérjük keressék az Endrich GmbH budapesti képviselőjét.