

Kapacitív érintésvezérlés

Az okostelefonok és a tabletek elterjedése mindenki számára magától értetődővé és megszokottá tette az érintésvezérlést. Ez a megoldás az elektronika egyre több területén készíti a fejlesztőket a mechanikus felhasználói interfészek (kapcsolók, nyomógombok) elektronikus változattal való kiváltására.

Így megelőzhetők a kopásból, anyagfáradásból eredő meghibásodások, és egyben lehetővé válik a technológia által nyújtott innovatív gesztusvezérlésben rejlő lehetőségek széles körű alkalmazása. Távirányítóban, háztartási gépekben, kaputelefonokban, szórakoztatóelektronikában 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 közelítés-érzékelés fizikai alapjait és megvalósítási lehetőségeit.

Általánossá váló trend, hogy a mikrokontroller-gyártók eszközeiket alapszintű érintésvezérlési funkciókkal látják el, melyek lehetővé teszik külön áramkörök illesztése nélkül az egyszerű érintőgombok, 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 érzékenységgű innovatív megoldást nyújt az Azoteq cég, melynek szabadalmait neves mikrokontroller-gyártók is alkalmazzák.

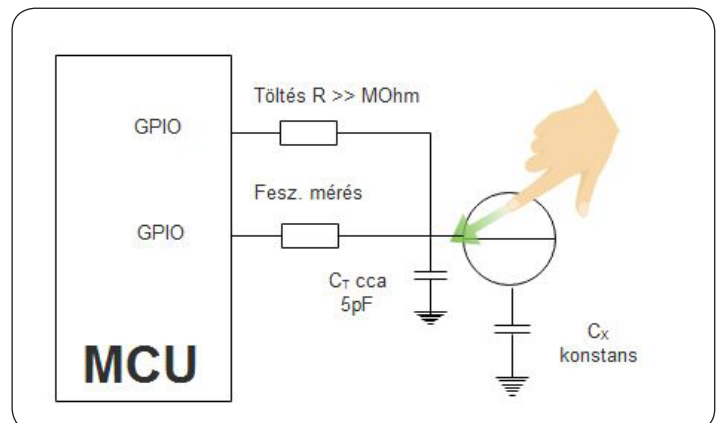
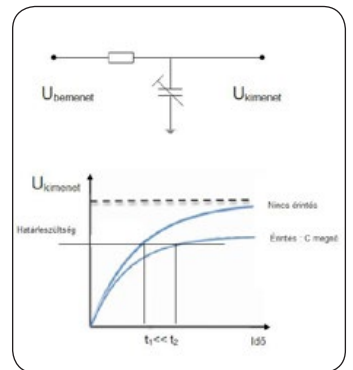
A kapacitív érzékelés alapjai

A kapacitív szenzorok olyan vezető felületek, melyek kapacitása az emberi test, kéz vagy ujj közelítésének, érintésének hatására megváltozik. Ez a kapacitás lehet két mérőelektróda közötti kölcsönös kapacitás, vagy egy elektróda és a föld közötti saját kapacitás. A bekövetkező 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 szoftverkönyvtár, vagy dedikált érintésvezérlőt 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.
- Töltésátviteli érzékelési elv (Charge transfer acquisition principle) – A szenzorkapacitásban tárolt töltés egy detektáló kondenzátorba való impulzusszerű átvitelén alapuló módszer.
- ProxSense saját kapacitásmérési 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 kapacitásmérési elv (Projected ProxSenseAcquisition 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 közöttük 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 dél-afrikai high-tech vállalat, az Azoteq (Pty) Ltd. tulajdona.

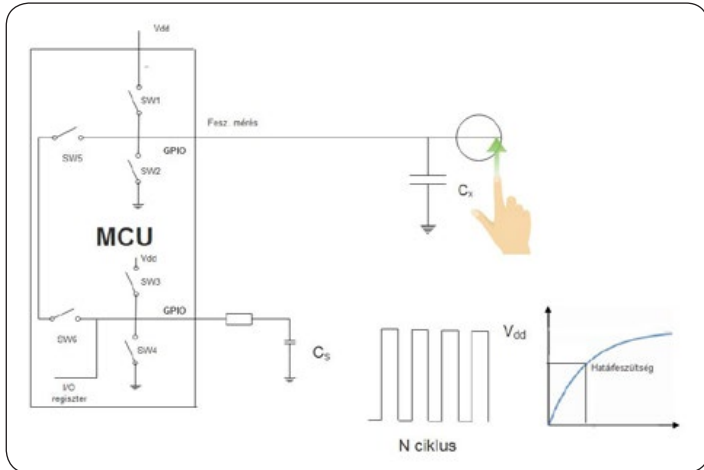
Egyszerű RC elvű érintésérzékelés mikrokontrollerrel

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 CT-kapacitás párhuzamosan kapcsolódik az elektródakapacitáshoz, így az eredő kapacitásérték kb. 5 pF-dal 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 az érzékelőlábon a feszültség el nem ér egy küszöbértéket. A mérés elvégzésére könnyen konfigurálható szoftverkönyvtárak állnak rendelkezésre. Az olcsó és egyszerű felépítés mellett a megoldás csak stabil földelés mellett üzembiztos.

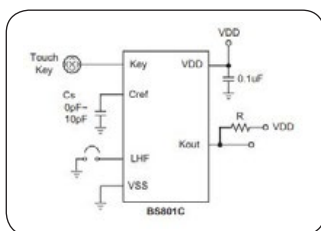


Töltéstranszfer elvű érintésérzékelés mikrokontrollerrel

A töltéstranszfer elv lényege a fenti ábrán követhető nyomon. A mikrokontroller analóg GPIO lábához kapcsolt érintőelektróda néhány 10 pF kapacitást képvisel (C_x – szenzorkapacitás). Az egyik kijelölt GPIO-hoz egy ennél több nagyságrenddel kisebb mintavételező kondenzátort kapcsolunk (C_s – samplingkapacitás). 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 töltéstranszferperiódusokat 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 végzi.



Hasonló elven működnek és egy fokkal magasabb integrálhatóságot biztosítanak a mikrokontrolleres rendszerek számára a kimondottan érintésérzékelési 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-mikrokontroller számára.

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 kontroller számára, például a kalibrálás során.

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 kontroller számára, például a kalibrálás során.

Azoteq ProxSense elvű érintésvezérlő kontrollerek

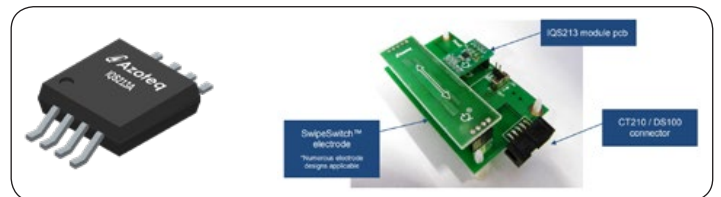
Magyarországon az Azoteq név nem tartozik a széles körben ismert márkanevek közé, bár az általuk 2004 óta folyamatosan fejlesztett kapacitív közelítés- és érintésérzékelő megoldások számos itthon is kapható eszközökben megtalálhatóak. ProxSense technológiájukat felhasználva a világon a legérzékenyebb érintésvezérlőket kínálják, amelyek képesek akár 100 atto Farad (10–16 F) kapacitásváltozás érzékelésére is, miközben a jel-zaj viszony 1 000:1. 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 kapacitásérzékelők is kétlépcsős érzékelésre alkalmasak. Miközben közelítünk az elektródához, először a közelítésérzékelő (Proximity Output Pin) jelez, ami például automatikus megvilágításra használható, majd az érintéskor egy másik kimenet (Touch Output Pin) aktiválódik, mely a kívánt vezérlést végzi. Többcsatornás változatokban a közelítésérzékelés használható a vezérlő vagy akár az egész eszköz kis fogyasztású alvó állapotból való felélesztésére is, mivel az érzékelők felprogramozhatóak úgy, hogy csak a közelítésérzékelő csatorna működjön, ezáltal csökkentve a rendszer fogyasztását.

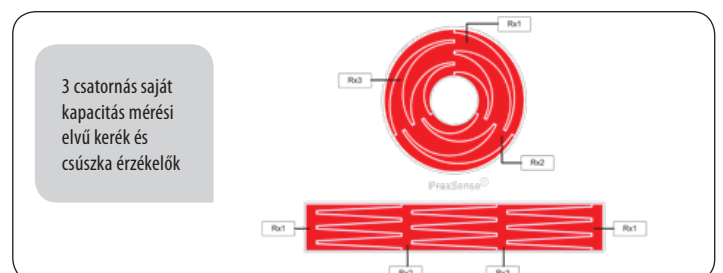
Simítókapcsoló (Swipe Switch)

Három érzékelő elektródát egymás mellé téve egyszerű gesztusvezérlőt 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.



Kerék és csúszka: folyamatos vezérlés (Wheel and Slider)

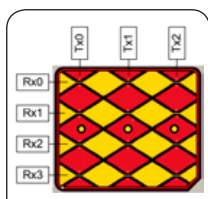
A többcsatornás kapacitásmérésen alapuló ProxSense eszközök a folyamatos vezérlést is lehetővé teszik. Ha az érzékelők az ábrán látható módon helyezkednek el, az elektródákon érzékelt kapacitásváltozások arányából a vezérlőbe integrált mikrokontroller kiszámítja a kerék- vagy csúszkapozíciót, amelynek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



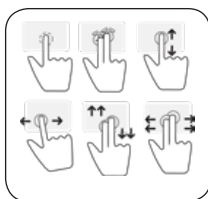
Az ilyen eszközök széles körben használhatók funkcióválasztásra (pl. mosógépprogram) vagy folyamatos szabályzásra (hangerő, fényerő). Az Azoteq 3, 7, 9, 12, 16 vagy többcsatornás vezérlői rugalmasan programozhatóak, a csatornák feloszthatók diszkrét gombok, közelítésérzékelő, csúszkák és kör alakú érzékelő csoportokra, melyek akár saját kapacitás, akár kölcsönös kapacitás elven működhetnek.

Érintőbillentyűzet, érintőpad és gesztuspadvezérlők (Keypad, Trackpad, Gesture pad)

A 7...16 csatornás vezérlőkben megfelelő számú csatorna áll rendelkezésre billentyűzetvezérlő, illetve érintőpad- és gesztuspadvezérlő alkalmazásokhoz. Ha a vezérlő kölcsönös kapacitás elven működik, és az elektródák mátrixszerű mintázatban 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.



Érintőpad (trackpad)-érzékelő elrendezés



Érintőpad és gomb egy felületen



Az érintést végző emberi ujj felülete több szomszédos csatornára hat, a ProxSense eljárás nagy érzékenységből adódóan az ezek közötti súlyozott átlagból az elektródasűrűségnél nagyobb érintési pontosság határozható meg, ami lépcsőzetességmentes mozdulatkövetést biztosít. A vezérlőkben egy- és kétujjas gesztusfelismerés működik, a négy különböző irányú simítás, rövid érintés (tap), érintés és tartás (hold), a kétujjas érintés, csíptetés, illetve görgetés megkülönböztetése kiválóan használható kreatív mozdulatvezérléses felhasználói interfész megvalósítására, emellett egyes pozíciókba akár dedikált érintőgombokat is lehet helyezni.

Az Azoteq partnerei részére nemcsak vezérlő IC-eket, hanem változatos alakú és tulajdonságú professzionális gesztusérzékelő és touchpadmodulokat is kínál, legyen szükség akár merev vagy hajlékony felületre, billentyűzetmintára vagy az érzékelőbe integrált visszajelző fények beépítésére. Ugyancsak megtalálhatóak a választékban a kész érintőpadmodulok.

Érzékelés nagy vastagságú fa- vagy üvegfelület mögött

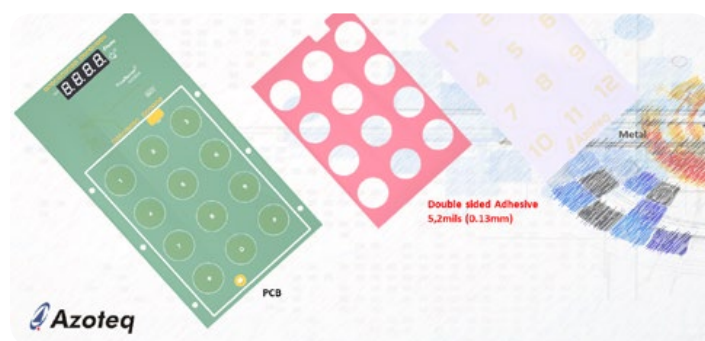
Az Azoteq IC-k érzékenysége lehetővé teszi az akár 11 mm vastag szigetelőanyag (fán vagy üvegen) keresztül történő érzékelést. Ez a képesség nagy felbontással és nagy



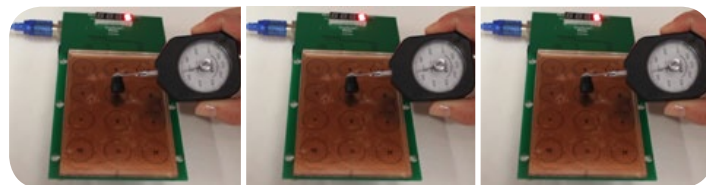
pontossággal párosul. Bútorokba, háztartási gépekbe, igényes burkolatok vagy vastag üveg mögé rejtett kapacitív kapcsolók szükségtelenné teszik a díszburkolat felületének lyukakkal vagy kivágásokkal történő megszakítását.

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 acéllemezt vagy egy a belső oldalán vezetőpasztával bevont műanyag lemezt (<0,3 mm) ragasztunk, az elektródák és a lemez között kapacitás jön létre. Ez a kapacitás minimális erő (<100 gramm) hatására olyan mértékben változik meg, hogy az biztosan detektálható az Azoteq integrált áramkörökkel. Az ilyen érintőfelületek vandálbiztosak, és csapadéknak kitett környezetben is használhatók, akár kaputelefonokban vagy zuhanykabinban való alkalmazásuk is lehetséges.



Támogatás

Az érzékelő elektródák tervezése nagy figyelmet és tapasztalatot kíván a fejlesztőmérnököktől. Az Endrich céggel együttműködve Európában az Azoteq széles körben támogatja partnerei tervezési tevékenységét referenciadizájn, konzultáció vagy kész tervek véleményezése terén. A vezérlők között egyszer programozható és újraprogramozható változatok is szerepelnek. Az egyszeri költségért és a minimális darabonkénti ártért 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 budapesti képviselőjét.



Kiss Zoltán exportigazgató,
Veresegyházy Zsolt üzletfejlesztési és értékesítő mérnök
Endrich GmbH

