

# MCU-alapú üvegtörés-érzékelő tervezése – 1.

Kripasagar Venkat – alkalmazástechnikai mérnök, Texas Instruments

Ha egy problémát programozható eszközökkel oldunk meg, számolni kell azzal, hogy a felhasznált eszköz kihasználatlan kapacitásai növelik az áramfelvételt, és a nem működő funkciókra költött pénz nem hoz hasznot. A szerző ebben a cikkben arra mutat példát, milyen megfontolásokkal lehet ezeket az elkerülhetetlen veszteségeket minimálisra csökkenteni. A cikk folytatását 2010. októberi számunkban közöljük.

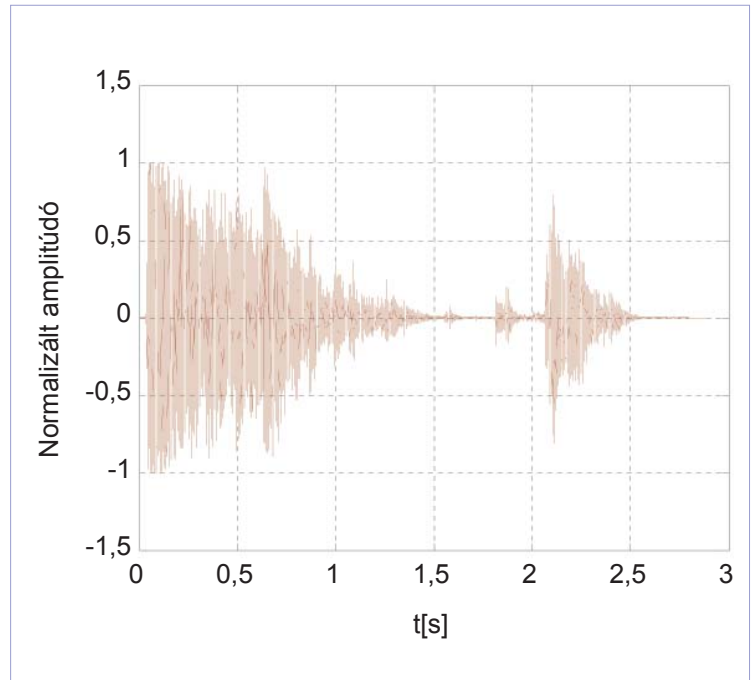
## Bevezetés

Egy üvegtörésjelző (a továbbiakban ÜTJ) elsődleges feladata, hogy egy lakás vagy üzemi terület ablak- vagy ajtóüvegének törését jelezze. Az ÜTJ úgy is tekinthető, mint megfigyelőeszköz, amely egy otthon vagy üzemi terület biztonságát fokozza az üvegtöréssel járó illegális behatolás jelzése révén. Az ÜTJ működhet önállóan, de egy biztonsági rendszer más behatolásjelző eszközeivel együttműködve is. Az ÜTJ bármilyen akusztikus aktivitást észlel, analizálja azt, és ha üvegtörésre utaló sajátosságokat fedez fel a hangmintában, jelzést ad erről. Ebből a működésmódból következik, hogy az ÜTJ működése nagymértékben függ a hangjelenség milyenségétől, ami számos kihívással szembesíti a tervezőt. Ráadásul az ÜTJ-nek képesnek kell lennie arra is, hogy *ne* adjon jelzést olyanféle hanghatásra, amely nem üvegtörésből származik, mivel az ilyen hamis detektálások téves riasztásokat okoznak. Ez a cikk azzal foglalkozik, hogyan lehet hatékony és robusztus ÜTJ-t tervezni olcsó mikrokontroller (MCU) felhasználásával.

Az MCU-k olyan alsó kategóriás mikroprocesszorok, amelyek az egyszerű valósídjórától az összetett, intelligens fogyasztásmérőkig az alkalmazások széles körében nyerhetnek felhasználást. Az MCU-k felhasználását más digitális processzorokkal szemben az alacsony ár, a kis fogyasztás és az egyszerű használat jellemzi. Az egyszerű alkalmazások korlátozott követelményrendszere miatt az alacsony ár és kis fogyasztás követelménye könnyen teljesíthető, de ha az MCU-k előnyeiket összetett alkalmazásokban is élvezni szeretnénk, az alacsony ár és a kis energiaigény követelménye egyre nehezebben teljesíthető. A jelenkor tipikus mérnöki feladata az, hogy a legnagyobb teljesítményt kell elérnie a lehető legalacsonyabb áron. Hogy ezt elérhessük, szembe kell néznünk az MCU-architektúrák olyan jellegzetes korlátaival, mint a kisméretű, integrált memória, a korlátozott perifériakészlet, az alacsony műveleti sebesség és a kis kivezetésszám, hogy csak a legjellemzőbbeket említsük. A mérnök feladata az optimalizálás, azaz ki kell használnia az MCU képességeinek minden morzsáját ahhoz, hogy olyan – aránylag összetett – alkalmazást is megvalósíthasson, mint az üvegtörés jelzése.

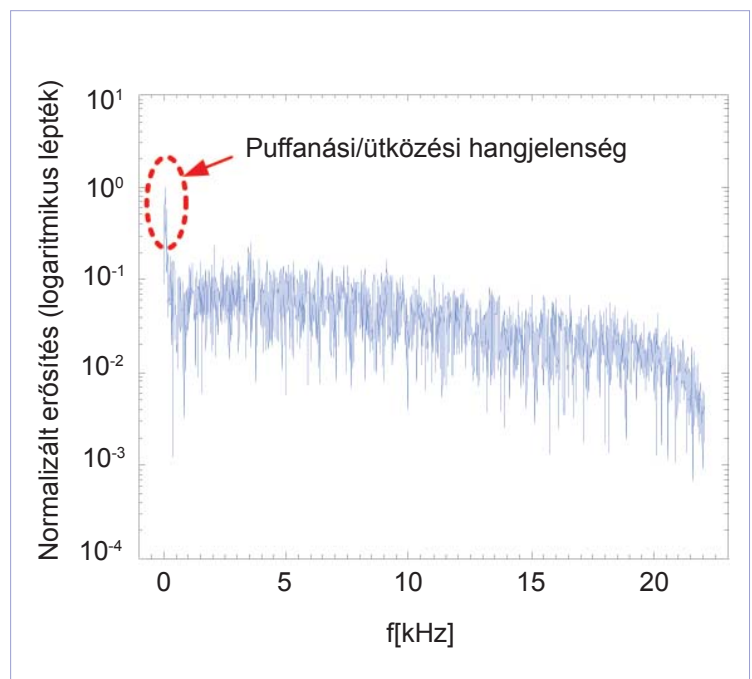
## Tervezési megfontolások

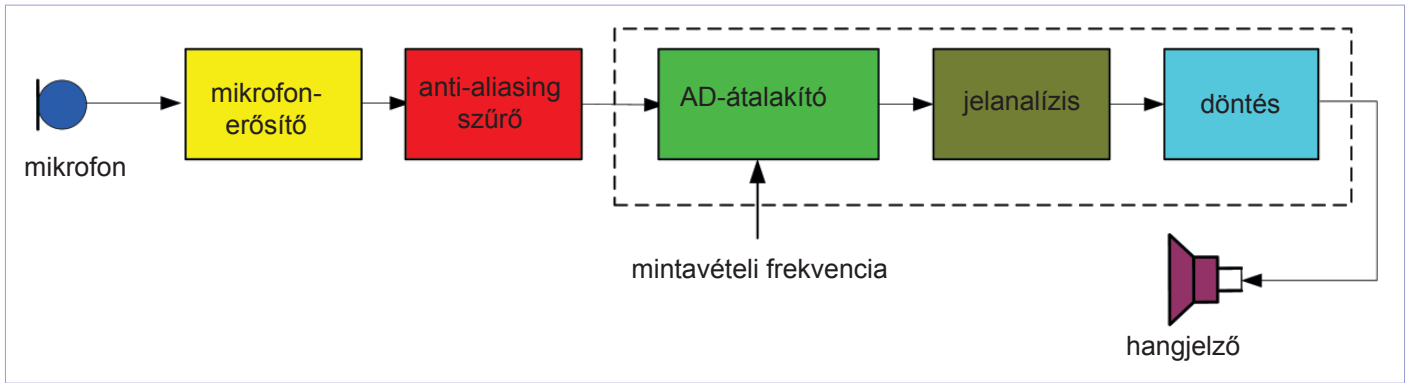
Egy robusztus ÜTJ-algoritmusnak képesnek kell lennie arra, hogy viszonylag egyszerűen megkülönböztesse a valódi üvegtöréshangot minden más akusztikus jelenségtől. Minden ÜTJ-algoritmus először rögzíti a hangjelenséget, majd elemzi azt az idő és a frekvencia függvényében, végül ezek eredmé-



1. ábra Üvegtörésjel az időtartományban

2. ábra Az üvegtörésjel frekvenciatartomány-beli képe





3. ábra Egy üvegtörés-detektor rendszerének tipikus tömbvázlata

nyétől függő döntést hoz. Az üvegtörés hangját erősen meghatározza az üveg fajtája, vastagsága, akusztikus környezete, távolsága, a törést okozó tárgy tulajdonságai stb. Az ÜTJ-algoritmuskok – a sajátos körülményektől függő kisebb eltérésekkel – lényegében hasonlóak. Ugyanakkor nagyon nehéz olyan algoritmust találni, amely mindenféle körülmények között egyformán működőképes. Az algoritmus végső finomhangolására rendszerint a használat helyén történő üzembe helyezés során kerülhet csak sor.

Egy valódi üvegtörés-hangjelet idő- és frekvenciatartományban lehet elemezni. Az 1. és 2. ábrán egy tipikus üvegtörésjel idő- és frekvenciatartományú viselkedése látható. A hangjelenség jóval a hallható hangok 20 Hz...20 kHz közötti frekvenciasávján belül esik. Az időtartománybeli hullámforma a valójában hallott hangjel időfüggvénye, míg a frekvenciatartományú eloszlás a jel teljes frekvenciatartalmát tükrözi. Ezek a diagramok értékes információval szolgálnak a törést felismerő algoritmus tervezéséhez. Az időtartományú jelből az olvasható ki, hogy a hullámforma nagyon „sűrű”, és van az időnek egy olyan nagyon rövid szakasza, amelyben nagyon sok minden történik. Ez azzal a kijelentéssel egyenértékű, hogy a jelben nagyon magas a nagyfrekvenciás összetevők aránya. Ez egyben azt is jelenti, hogy nagy a nullátmenetek és csúcsok előfordulási gyakorisága. Ezek a tulajdonságok jól jellemezhetők azzal is, hogy a jel erősen hasonlít a fehérzajra. A tervezőre az a feladat vár, hogy módszert találjon ezeknek az ismertetőjegyeknek a felismerésére.

A frekvenciamenetet megfigyelve hasonló kihívással kell számolnunk: az üvegtörésjel frekvenciatartományú összetevői az egész spektrum mentén nagyjából egyenletes energiával oszlanak el, akár csak a fehérzaj esetében. Viszont észrevehetünk egy jellegzetes csúcsot a 200...300 Hz-es frekvencia környékén, amely lehetővé teszi számunkra a kívánatos különbségtételt. Ennek eredete az üveg felületét érő ütőeszköz puffanásszerű hangja, amelyet a törés bekövetkezése után a törés nagyfrekvenciás összetevői követik. Ezt az információt nem könnyű felismerni az időtartományú hullámformában, de azt pontosan tudjuk, hogy ez mindenképpen megelőzi az üvegtörés mindenféle más akusztikus kísérőjelenségét. Ezen a ponton tehát már tehetünk néhány megállapítást az üvegtörés hangjával kapcsolatban, amelyet az alábbiakban sorolunk fel:

1. Sok nagyfrekvenciás komponens, azaz sok nullátmenetet és csúcsot tartalmaz.
2. Tartalmaz egy alacsonyfrekvenciás összetevőt is 200...300 Hz körül, amely az üveg felületét megütő eszköztől származik, és az üvegtörés hangjeleinek a kezdetén jelentkezik.

### Rendszerösszetevők

A 3. ábra egy üvegtörés-érzékelő rendszer tipikus tömbvázlatát mutatja. Az egyes sajátos feldolgozási lépéseket végző blokkokat már említettük. Az ÜTJ-elektronikának mindig bekapcsolt

állapotban kell lennie, és készen kell állnia bármilyen akusztikus jelenség valós idejű feldolgozására. Viszont vannak az ÜTJ-nek olyan részfunkciói, amelyeket érdemes kikapcsolva vagy kis teljesítményfelvétellé, „alvó” állapotban tartani, amikor nincs szükség a működésükre. Ezeket a következő fejezetekben különítjük el egymástól. A hangjelenségeket mikrofonnal rögzítjük. Egy erősítő és egy, az alulmintavételezésből adódó hibákat csökkentő, aluláteresztő szűrő (Anti-Aliasing Filter – a továbbiakban AAF) gondoskodik a jel erősítéséről és a mintavételi frekvencia felénél nagyobb frekvenciájú összetevők elnyomásáról.

Az AAF-et úgy kell megtervezni, hogy a hallható hangok 20 kHz-es felső határánál nagyobb frekvencián bármilyen jellet nyomjon el, és ezzel elkerüljük az analóg jelek digitalizálása során a Nyquist<sup>1</sup>-kritérium megsértését. A szaggatott vonallal körülvett blokkokat a processzor részének tekinthetjük. A processzor lehet ASIC<sup>2</sup>, MCU vagy DSP (digitális jelfeldolgozó). Az analóg-digitális átalakító (ADC) az analóg jelből periodikus mintavétellel digitálisan feldolgozható mintasorozatot állít elő. Az  $F_s$  mintavételi frekvenciát a jel frekvenciaspektrumának felső határa szerint kell megválasztani. Mivel esetünkben 20 kHz-es AAF-et használunk, a mintavételi frekvenciának legalább 40 kHz-nek kell lennie annak érdekében, hogy megőrizzük a jel eredeti frekvenciaspektrumát és integritását. A jelanalizáló blokk hajtja végre a teljes jelfeldolgozási folyamatot, amelynek feladata, hogy a mintasorozat formájában számára átadott hangjelenség üvegtöréstől származik-e, vagy nem. Ha ez a döntési folyamat véget ért, a döntéshozó blokk bekapcsol egy fény- vagy hangjelzést, vagy digitális jelet küld egy rendszervezérlőnek arról, hogy az üvegtörés hangjának jellemző tulajdonságaival rendelkező hangmintát észlelt. A további fejezetekben ezeknek a blokkoknak a részletes specifikációját tekintjük át.

### Hardvertervezési specifikációk

Ebben a fejezetben tárgyaljuk azokat a hardverspecifikációkat, amelyeket egy robusztus ÜTJ-megoldás tervezése során szem előtt kell tartanunk. Mielőtt mélyen belemerülnénk a követelményekbe, egy nagyon fontos dolgot mindjárt az elején meg kell említenünk: az ÜTJ-k telepítélésük, és az elfogadható telepítélletartam érdekében nagy hangsúlyt kell helyeznünk az ala-

<sup>1</sup> Ugyanezen tétellel kapcsolatban Nyquist névén kívül Shannonét, Kotelnikovét és Whittakerét is megemlíthetjük, akik szintén hozzájárultak a tétel felállításához és bizonyításához. A felsorolt nevek változatos kombinációiból gyártott elnevezések „zürzavarában” sokszor ütközik nehézségbe annak felismerése, hogy a Nyquist- a Shannon-, a Whittaker-Kotelnikov-Shannon, sőt WKS-tétel az információelméletnek ugyanaz az alapvető tétele. Jobb módszernek látszik, ha egyszerűen „mintavételi tételnek” nevezzük, mely azt állítja, hogy egy mintavételezett jelsorozatból akkor lehet helyreállítani az eredeti jelet, ha az sávkorlátozott, és felső határfrekvenciája a mintavételi frekvencia fele, vagy annál kisebb. – A ford. megj.

<sup>2</sup> ASIC: Application Specific Integrated Circuit – alkalmazásorientált integrált áramkör, olyan eszköz, amely egyetlen, jól definiált célfeladatra használható.

cseny teljesítményfelvételle. Ezt a szempontot az eszköz felépítéséhez felhasznált minden alkatrész kiválasztásakor figyelembe kell vennünk: csak olyan alkatrészek jöhetnek szóba, amelyek nem zárják ki az alacsony teljesítményfelvételre mint elsődleges tervezési szempontokra való tervezést.

Az első lépés egy analóg jelfeldolgozási lánc kialakítása (3. ábra), amely egy mikrofonnal kezdődik és egy ADC-vel végződik. A mikrofon kiválasztása elsőrendű fontosságú, mivel a minőségén állhat vagy bukhat az ÜTJ-algoritmus sikere. A mikrofonnak képesnek kell lennie arra, hogy rögzítse és jelvesztés nélkül megőrizze a hang kulcsfontosságú tulajdonságait, mint például az ütés alacsony frekvenciájú, és a törés további, nagy frekvenciájú összetevőinek jellemzőit, amelyek azonosítása az ÜTJ-algoritmus feladata. Amikor az ÜTJ készenléti állapotban van, a mikrofonnak is készen kell állnia arra, hogy bármilyen hangjelenséget villamos jellé alakítson, tehát állandóan bekapcsolva kell tartani – ezért a lehető legkisebb fogyasztásának kell lennie, hogy a teljes rendszer áramfelvételét minél kevésbé terhelje. A mikrofonerősítőt rendszerint egy 1-nél nagyobb erősítésű, invertáló vagy neminvertáló műveleti erősítő alkotja, és célja a 10 mV nagyságrendű mikrofonfeszültség kellő mértékű erősítése (és a szükségszerű impedanciaillesztés – a szerk. megj.). A mikrofonerősítőt alkotó műveleti erősítőt a mikrofonhoz hasonlóan a rendszer teljes aktív ideje alatt bekapcsolva kell tartani, ezért fontos választási szempont az alacsony aktív állapotbeli áramfelvétel. Az AAF-et is egy műveleti erősítő aktív, első- vagy másodfokú, egységnyi erősítésű, aluláteresztő szűrő valósítja meg, fogyasztási követelményei hasonlóak a mikrofonerősítőéihez.

A legnehezebb és legnagyobb fontosságú választás: a digitális jelfeldolgozó. Amint már említettük, erre a célra ASIC, MCU vagy DSP használható. Mindegyik mellett és ellen is lehet érveket felhozni, és ezek közt a fontossági sorrendet az alkalmazás speciális követelményei alapján állapítjuk meg. A legtöbb ÜTJ-t, a füstjelző készülékekhez hasonlóan, azokban az épületekben helyezzük el, amelyek biztonságáért felelős rendszer

részét alkotják. Annak ellenére, hogy ilyen körülmények között a hálózati energiaellátás rendszerint rendelkezésre áll, mégis a teleptáplálású megoldás mellett érdemes dönteni, két okból:

1. Akárhova elhelyezhetők a hálózati tápcsatlakozók elhelyezkedésétől függetlenül.
2. A teleptáplálású eszközök megtartják teljes funkcionalitásukat hálózatkimaradás esetén is.

A kiválasztott processzornak

- alacsony teljesítményfelvételűnek kell lennie. Továbbá fontos, hogy legyen
- könnyen használható és
- egyszerűen programozható,
- olcsó és
- rendelkezze jó képességekkel a valós idejű feldolgozáshoz.

Az említett megvalósítási lehetőségek közül az MCU látszik a leginkább ígéretesnek, tekintve, hogy minden fontos követelménynek eleget tesz. Ráadásul az MCU-k integrált, analóg perifériákkal is rendelkeznek, amelyek felhasználása tovább csökkentheti a teljes rendszer költségét.

### Életrajz

A szerző jelenleg a Texas Instruments dallasi fejlesztőközpontjának rendszer alkalmazástechnikai mérnöke. 2006-ig az MSP430 mikrokontroller munkacsoport tagja volt, és ez idő szerint több alkalmazástechnikai példát publikált a digitális szűrés, az energiamérés és más alkalmazások optimalizálásának témakörében. Master fokozatú diplomát szerzett Dallasban a texasi Állami Egyetemen, amely által első sorban a jelfeldolgozás és a kommunikáció terén szerzett hasznos tapasztalatokat. Jelenleg főként az energiamérés és a digitális szűrés problémái foglalkoztatják.

(Folytatjuk!)

[www.ti.com/hu](http://www.ti.com/hu)

<http://www.ti.com/ww/hu/cikkek-szakirodalom.html>

## Alkatrészek a DISTRELEC-től automata gépsorok számára

A DISTRELEC-nél automatikus beültetésre alkalmas kiserelési egységekben is megvásárolhatja az alkatrészeket. A termékek szabványos Ammopack csomagként, illetve tekercselt kiserelésben (7 collos tekercsekben) is kaphatók, természetesen felár nélkül. E területen folyamatosan bővítjük ajánlatainkat, melyek egyértelmű jelölések alapján egyszerűen, könnyen megtalálhatók a DISTRELEC katalógusában, online üzletünkben.

### Újdonság! „Katalog Plus” a DISTRELEC-től!

Beszerezési szolgáltatás több mint 1400 gyártótól

Amennyiben a keresett terméket nem találja a több mint 1000 gyártó kínálatát felölelő katalógusunkban, akkor egyszerűen csak vegye fel a kapcsolatot a DISTRELEC-vel! „Katalog Plus” szolgáltatásunk megnyitja Ön előtt az utat több mint 1400 gyártóhoz – egyszerűen, közvetlenül, gyorsan.

A DISTRELEC terjedelmes minőségi termékprogrammal és átfogó kínálattal rendelkezik több mint 1000 neves márkagyártótól az elektronika,



elektrotechnika, mérés- és méréstechnika, automatizálás, pneumatika, szerszámok és segédanyagok terén. Az egyes termékcsoportok skáláját bővítettük és a bevált kínálatot új termékcsoportokkal gazdagítottuk. Szállítási határidő 48 óra. A szállítási költség – rendelésenként – mennyiségtől és súlytól függetlenül 5,- EUR + ÁFA.

A nyomtatott elektronikai katalóguson kívül a teljes program természetesen a DISTRELEC honlapján ([www.distrelec.com](http://www.distrelec.com)) is megtalálható. E-commerce megoldásainkkal teljes, vállalata akár egyéni igényeihez igazított elektronikai katalógushoz juthat, mely-lyel pénzt és időt takaríthat meg.

DISTRELEC GmbH

Tel.: (+36 80) 015-847, fax: (+36 80) 016-847

E-mail: [info-hu@distrelec.com](mailto:info-hu@distrelec.com)

[www.distrelec.com](http://www.distrelec.com)