



**A** mikro elektro-mechanikai rendszerek (MicroElectroMechanicalSystems - MEMS) a nanotechnológiát ötvözik az elektromechanikával. A MEMS definíciója : a miniatűr mechanikai és elektromechanikai elemek, az őket vezérlő mikroelektronikával kis vákumkamrába zárt rendszere. Olyan eszközök, mint például a szenzorok, vagy az aktuátorok létrehozhatóak MEMS energiaátalakítókként. Mikroszenzorok esetén ezek az energiátalakítók a mért mechanikai jelet elektromos jellé alakítják. A MEMS gyártástechnológiából adódó költségcsökkentés és a miniatürizálás nyújtotta előnyök számos érdekes felhasználási területen nyitnak utat ezeknek az eszközöknek. Egy ilyen felhasználás a MEMS rezonátorokon alapuló oszcillátorokkal történő időzítés. Ez az írás a SiTime MEMS megoldásain keresztül igyekszik bemutatni a technológiát.

## Hagyományos rezonátorok és oszcillátorok

A rezonátor olyan eszköz, ami egy kitüntetett frekvencián, az úgynevezett rezonancia frekvencián nagyobb amplitudóval rezeg, mint másutt. Ez a rezgés lehet elektromágneses, vagy mechanikai jellegű, kelthet rezgéshullámokat, vagy kiválaszthat speciális frekvenciákat egy adott jelből. A széleskörűen használt hagyományos kristály-oszcillátorok egy piezoelektromos anyagból növesztett kristály (pl kvarc) mechanikus rezgéseit használják fel egy rendkívül precízen beállított frekvenciájú elektromos jel létrehozásához, ami mikro-processzorok órajeléhez, illetve rádiófrekvenciás rendszerek jeleinek stabilizálásához szükséges.

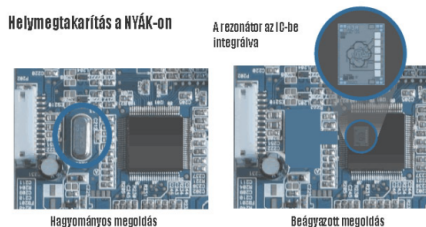
A kvarckristályok a kilohertzestől a megahertzes nagyságrendű frekvenciákra készülnek. A digitális elektronikához szükséges időzítés nem bonyolult, egy piezoelektromos kvarckristály rezonanciájával vezérelt Pierce oszcillátor - megfelelő szűrés és frekvenciaosztás alkalmazásával - elegendő a legtöbb feladathoz. Természetesen más piezoelektromos anyagok is léteznek, például kerámia alapú rezonátorokból is készíthető oszcillátor. A hagyományos kvarc

oszcillátorok speciális gyártástechnológiát igényelnek, a kristály vágása, szeletelése, csiszolása mind nagy precizitást igénylő feladat, a nagy nevű gyártók pedig rendelkeznek a szükséges ismeretekkel és felszereléssel ahhoz, hogy a megfelelő frekvenciákra hangolt eszközöket elkészítsék és azok stabilitását 15-20 évre biztosítsák. Azonban gyakran nincs tapasztalatuk az analóg elektronikában, az analóg chipeket a piacon kell vásárolniuk, ami a minőségi megoldás biztosításának érdekében rengeteg többletköltséget jelent, komplex feladat, ami hosszú szállítási határidőkkel és minőségügyi feladatokkal jár együtt. Másrészről a félvezető alapú óragyártóknak nincs tapasztalatuk a kvarckristályok speciális vákuumzáras kerámia tokozásában, ami feltétele a magas Q faktor elérésének. Így kombinált eszközök helyett a külön tokozott rezonátor és analóg elektronika használatával nehéz megfelelni a piac elvárásának a miniatürizálás terén.

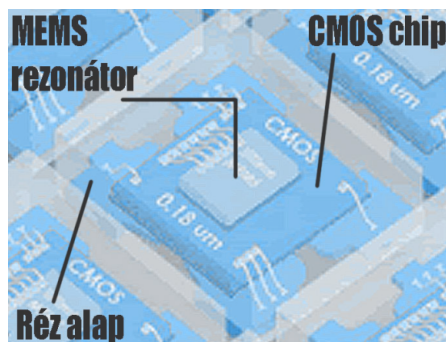
## MEMS rezonátorok - SiTime

Az elmúlt néhány évtizedben a kvarckristály alapú oszcillátorok, órajel generátorok és rezonátorok szerepeltek az elsődleges időreferencia alkatrésznek használható eszközök listáján, mivel nem létezett igazi alternatív megoldás. Napjainkban egy új technológia lép előtérbe, melyben MEMS struktúra és az analóg elektronika együttesen épül az IC

tokba. A MEMS rezonátor az analóg IC MEMS specifikus áramköri blokkjához kapcsolódik. Elektrosztatikus gerjesztés útján a MEMS rezonátorban mechanikai rezgés keletkezik, amely érzékelésével és az analóg elektronika segítségével különböző órajelkimenetek építhetők ki az egyszerű félvezető tokozásban.

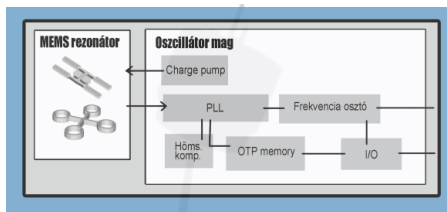


Az SiTime nevű analóg félvezetőgyártó, melynek a MEMS technológia iránti elkötelezettsége a BOSCH és a Stanford egyetemi gyökerekhez nyúlik vissza, a hagyományos kvarcoszcillátorok kiváltására alkalmas, azoknál fejlettebb, mégis olcsóbb megoldásokat kínál. Az általuk kínált MEMS / CMOS kombinált chipek több PLL egyidejű alkalmazásával különböző órajelfrekvenciát tudnak előállítani



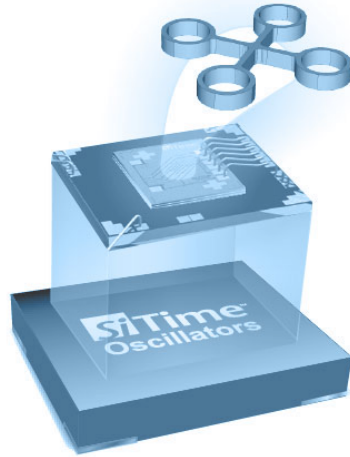
egyetlen tokban. Ez a kombinált megoldás szignifikáns előnyökkel bír a méretcsökkentés és az egyszerűsítés lehetőségét biztosítva. Az SiTime eszközei előre programozhatóak és a hagyományos kvarc oszillátorokat helyettesítik anélkül, hogy az áramkört át kellene tervezni. A programozhatóság flexibilis terméktervezést tesz lehetővé, csökken általa a szállítási határidő és mindeközben jelentős, akár 85%-os méretcsökkenés is elérhető. A gyári programozhatóságon túl a vásárló saját programozóeszközt is rendelhet a gyors prototípus gyáráshoz.

Ahogy azt említettük, az SiTime a MEMS struktúrát és az analóg elektronikát egy chiben egyesítette, így nincs szükség külön tokozni a rezonátort és az elektronikát.

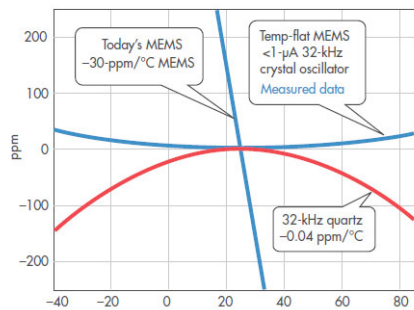


Ahogy az ábrán látható, az eszköz a MEMS rezonátoron kívül hőmérséklet kompenzáló, frekvenciaosztó, I/O driver és egyszer programozható memória áramkört tartalmaz. Az SiTime képes 500 fs jitter elérésére kilohertzes eszközeinél, 0.1 ppm stabilitás és nagyon alacsony (700nA) fogyasztás mellett. A programozhatóság a 6 decimális pontosságú frekvencia mellett kiterjed

még a fel- és lefutási időkre is, ami az EMI és a jitter minimalizálásához szükséges.



## A MEMS rezonátorok előnyei a hagyományos kvarc kristály alapú oszillátorokkal szemben



A MEMS oszillátorok Achilles sarka a levegő páratartalma, mely a mini rezonátoron kicsapódhat és annak frekvenciáját befolyásolja. Az SiTime

által alkalmazott „MEMS-first” gyártási folyamat megoldja ezt a gondot, mert a MEMS beültetése rendkívül nagy hőmérsékleten történik, ami kizárja a pára vagy egyéb gázok bezáródását. A mai napig a legjelentősebb két ok, ami miatt érdemes volt a hagyományos oszcillátor technológiánál maradni az alacsony árak és a kiszámítható hőmérséklet függésük volt (ld piros vonal az ábrán). A MEMS rezonátor karakterisztikája tipikusan közel vertikális vonal, emiatt ezeknek az eszközöknek a hőmérséklet kompenzáló áramkör eleget nem tehetnek.

működési hőmérséklettartományon ( -40 C - + 85C) összesen 4000 ppm. Az alkalmazott hőmérséklet kompenzálás ezt az értéket 0.1 ppm-re csökkentette, míg a hagyományos kvarcok kb 0.4 ppm/C értékkel rendelkeznek. A legújabb TempFlat MEMS eszközök nagyban különböznek a korábbi MEMS oszcillátoroktól, mivel ezek az elsők, melyek legyőzik a kvarckristály alapú változatokat úgy, hogy nincs hőmérséklet-kompenzáló áramkör bennük. Az ábrán bemutatott TempFlat karakterisztika mért értékeken alapul.

Eredetileg az SiTime MEMS rezonátorait 30 ppm/C fekvencia stabilitás jellemezte, ami a teljes

Az alábbi táblázatban összefoglaltuk az SiTime MEMS oszcillátorainak előnyeit a kvarckristály alapú oszcillátorokkal

	Kvarc	MEMS	
<b>Teljesítmény</b>	***+	*****	Jobb stabilitás, nincs öregedés
<b>Funkciók</b>	**+	*****	Programozható félezető
<b>Hozzáférhetőség</b>	*	*****	Nagyon rövid szállítási idő
<b>Megbízhatóság (MTBF)</b>	*+	*****	Jobb frekvencia stabilitás a hőmérséklet függvényében; kisebb fáziszaj és Jitter
<b>Ár</b>	*	*****	Olcsóbb félvezető technológia
<b>Integrálhatóság (SOC system on a chip)</b>		*****	A kvarc nem integrálható
<b>Méret</b>		*****	85%
<b>EMI érzékenység</b>		*****	54X jobb, mint a kvarc
<b>Tápegys. zaj</b>	*+	*****	3X jobb, mint a kvarc
<b>Rezgésállóság</b>	*	*****	30X jobb, mint a kvarc
<b>Sokkállóság</b>	*+	*****	25X jobb, mint a kvarc

A vásárlók a frekvencia, feszültség és frekvenciastabilitás (PPM) szinte minden kombinációjában rendelhetnek eszközöket az ipari szabványok szerinti méretekben. A frekvencia 6 decimális pontosságú és egyedileg programozható. Mivel az SiTime oszcillátorok hagyományos CMOS technológiával készülnek, olcsóbban előállíthatók, mint a kvarckristály alapúak, amihez speciális eszközök és tudás szükséges, emellett gyorsabban is hozzáférhető az első miták, mivel minden házban belül készül. Az árelőny nem csak ebben jelentkezik, hanem abban is, hogy a felhasználó hamarabb piacra dobhatja a készterméket, a programozhatóság miatt kevesebbet kell a tervezésre költeni, a miniatürizálás lehetőségé válik és a nagyobb megbízhatóság miatt a végtermék is jóval magasabb értéket képvisel majd.

## SiTime fókusztermékek

Az SiTime SiT15xx series sorozatába tartozó oszcillátorok a legkisebb elérhető 32,768 kHz-es időzítők. A MEMS rezonátort kombinálják a PLL és frekvencia osztó áramkörökkel, melyekkel 1 Hz - 32,768 kHz közötti frekvenciák nyerhetőek. A kis 1.5X0.8x0.55 mm tokozásban lévő alkatrész 100 ppm stabilitással, alacsony (0.75uA) fogyasztással és kiváló rezgésállósággal rendelkezik. Vannak fix frekvenciás (32,768 kHz) és

programozható változatok, 1.2 .. 3.6V vagy 2,7-4,5V tápfeszültséggel üzemeltethetők.

A SIT8102 már 2008-ban bemutatkozott mint a legkisebb jitterrel rendelkező programozható oszcillátor, elsősorban SATA, Fiberchannel, Firewire, Ethernet és PCI Express alkalmazásokhoz. Az SiT8002XT a legvékonyabb programozható oszcillátor a maga tipikusan 250 mikronos magasságával. Ez az eszköz a hordozható elektronikákhoz került fejlesztésre, mint például a memóriakártyák, flash drive és mobiltelefon alkalmazások.

Az SiT8920 100% pin-kompatibilis kvarc oszcillátor helyettesítő +/-25 ppm frekvencia stabilitással rendelkezik a teljes működési hőmérséklettartományon -55 C és 125 C között.

Az SiTime MEMS alapú félvezető időzítői széles körben használhatóak, mint a hagyományos, drágább kvarckristály alapú oszcillátorok pin kompatibilis helyettesítői.