

# SiTime MEMS oszcillátorok (3. rész)

## MEMS technológia használata hagyományos kristály rezonátorok kiváltására – a „programozható pontosság”

A cikksorozat korábbi részeiben részletesen bemutatottuk a digitális elektronikai eszközök létfontosságú ütemet adó „metronóm”, a megbízható, stabil és hosszú élettartamú időzítő áramkörök új generációját. Megmutattuk, hogy a MEMS technológiával gyártott oszcillátorok számos előnnyel bírnak a hagyományos kvarckristály rezonátorok alkalmazásához képest, mely utóbbi az olcsóbb ár ellenére sok nehézséget okoz, és sok esetben a tervező kompromisszumot kénytelen kötni, mely hátránnyként jelentkezik az alkalmazás életciklusának egy későbbi szakaszában. A témáról szóló sorozatunk harmadik részében a MEMS technológia két további előnyös tulajdonságát emeljük ki, a frekvencia és a kimeneti feszültség programozhatóságát, mely hordozható eszközök esetén a telep élettartamára gyakorol pozitív hatást.



Kiss Zoltán

okl. Villamosmérnök  
Export Igazgató

Endrich Bauelemente  
Vertriebs GmbH

### HAGYOMÁNYOS REZONÁTOROK ÉS OSZCILLÁTOROK

A hagyományos kvarc oszcillátorok speciális gyártástechnológiát igényelnek, a kristály vágása, szeletelése, csiszolása mind nagy precizitást igénylő feladat, a nagynevű 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. Másrészt a félvezető alapú óragyártóknak nincs ta-

pasztalatuk a kvarckristályok speciális vákuum-záras 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. Ahogy azt a sorozat előző részében már részletesen tárgyaltuk, 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 FREKVENCIA PROGRAMOZHATÓSÁGA

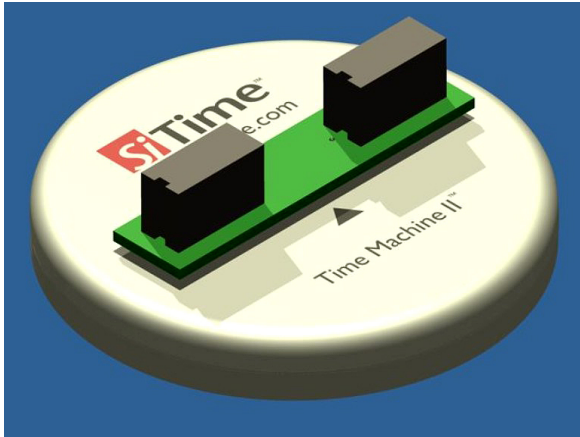
A kvarc rezonátor gyártástechnológiája korábban részletezett okok miatt hosszú gyártási és szállítási időt eredményez. Az egyik legfőbb oka ennek a világviszonylatban kisszámú kerámia tokozást gyártó beszállító, másik ok pedig abban keresendő, hogy minden frekvenciához egyedi vágás szükséges, ami elsősorban a nem szokványos frekvenciaértékek esetén extrém szállítási idővel számolhatunk.

A MEMS komponensek esetében a kimeneti frekvenciát minden esetben a programozható szorzótényezővel állítható PLL-ek állítják elő, ami széles frekvenciatartományon, akár hat digitális pontosságú egyedi frekvencia beállítást tesz lehetővé. Mivel a szilícium MEMS oszcillátorok hagyományos félvezető

A kvarc és a MEMS alapú gyártástechnológia összehasonlítása gyártási idő tekintetében

### Kvarc rezonátorok és MEMS oszcillátorok gyártási idejének összehasonlítása





A Time Machine II TM USB interfésszel ellátott asztali MEMS oszcillátor programozó

gyártási technológiával készülnek és számtalan forrás áll rendelkezésre wafer gyártásra, a MEMS gyártókapacitás gyakorlatilag végtelen. A MEMS oszcillátor minta bármely frekvenciára programozva egy nap alatt készen van (USB interfésszel ellátott asztali programozó is létezik hozzá – Time Machine 2), a tömeggyártás esetén pedig előre programozottan is mindössze néhány hét alatt hozzáférhetőek az eszközök.

Természetesen az asztali eszköz nem alkalmas MEMS oszcillátorok nagy sorozatban való gyártására, azonban tökéletes a minták gyors elkészítésére. A programozóhoz járó szoftverben pillanatok alatt konfigurálhatjuk a kiválasztott családhoz tartozó paramétereket, mint a frekvencia, a frekvencia stabilitása, a működési hő-

mérséklettartomány, a tápfeszültség és egyes családok esetében többféle tokozásból is választhatunk máshol ez predesztinált. A cikkszám így automatikusan előáll, a végleges termék előreprogramozott megrendeléséhez egyértelműen azonosítható módon használható. A Time Machine ezután a bele helyezett üres MEMS oszcillátort felforrasztja a szükséges értékekkel és néhány másodperc alatt készen is van a teljes értékű dőzítő komponens, amit azonnal felforrasztunk a nyomtatott áramköri lapra. Természetesen ez a gyors mintához jutás feltételezi a szokásos tokozású üres MEMS chip megletétét, de ez sem probléma, hiszen a Time Machine vásárlásakor hozzájuttunk ezekhez is.

## A MEMS OSCILLÁTOROK ENERGIATAKARÉKOSSÁGI JELLEMZŐI

A digitális áramkörök lelke a mikrokontroller, ami elemes táplálás esetére szinte mindig rendelkezik különféle energiatakarékos szintekkel. Azonban még a legalacsonyabb fogyasztású alvó módban is szükség van legalább a valós idejű óra (RTC) működtetésére, amit általában egy 32,768 kHz-es kristály rezonátor / oszcillátor időzít. Egy ilyen oszcillátor fogyasztása kb. 1-2  $\mu$ A áramerősség és 3.0V feszültség mellett 2-3  $\mu$ W. Egy IoT eszköz lítium eleméről általánosságban elmondható, hogy a hosszú ideig tartó alvási idő alatt ez a terhelés jobban meríti, mint a rövid ideig tartó tényleges üzem, így az elem élettartama szempontjából kritikus a 32 kHz-es oszcillátor fogyasztása. A SiT15xx család a szilícium MEMS oszcillátorok új generációját képviseli, mely elsősorban a hagyományos on-chip oszcillátorok, külső kvarc oszcillátorok és kvarc kristályok energia

### Oscillátor programozása 8 MHz frekvenciára Time Machine II<sup>TM</sup> asztali programozóval

**Cikkszám konfigurálás**

**Cikkszám előállítás**

A cikkszám előállítása a beépített konfigurátor programmal lehetséges. Az egyedi jellemzők megadásával a rendelési szám automatikusan létrejön és magában hordoz minden információt az oszcillátorral kapcsolatban

**Adatlap generálása**

**Adatlap előállítás**

A cikkszám konfigurálásával egyidejűleg automatikusan létrejön a vonatkozó adatlap, mely gombnyomásra letölthető

**Programozás**

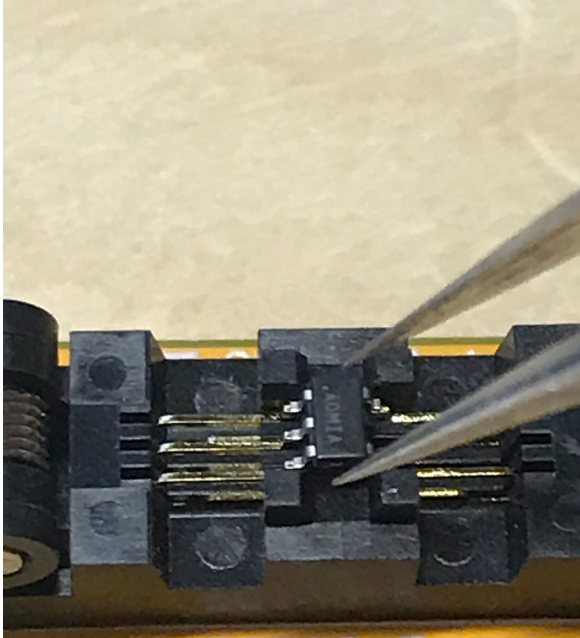
**Az oszcillátor fizikai felforrasztása**

A konfigurátorban megadott adatok alapján gombnyomásra megtörténik az üres oszcillátor programozása is a kívánt értékekkel

**Státusz információ**

**Csatlakozási és programozási státusz**

Figyelemmel kísérhető a programozó és a számítógép kapcsolati státusza, valamint a programozás közbeni állapot



Üres MEMS chip behelyezése a Time Machine II™ asztali programozó cserélhető foglalatába

hatékony kiváltására készült. A MEMS oszcillátorok tipikusan 750 nA árammal táplálhatóak. Az új család további energiatakarékosági jellemzői az 1.2V-ig való működés, az 1 Hz-ig programozható frekvencia és a programozható kimeneti swing.

#### A) Programozható frekvencia:

Az alacsonyabb frekvencia jelentősen csökkenti a kimeneti terhelőáramot, példaként a 32,768 kHz működési frekvencia 10 kHz-re csökkentése 30%-os áramcsökkentést okoz, míg az 1 Hz-es üzem 99%-os megtakarítással jár. A SiT15xx MEMS oszcillátorok 1 Hz-től 32 kHz-ig programozhatóak, így jelentős energia megtakarítás érhető el velük.

Példa 10 pF terhelési kapacitás feltételezésével:

- Vdd = 3.0V (átlag)
- Voutpp = 2.1V
- Idd Core = 750nA
- Idd Output Driver:  $(165\text{nA/V})(2.1\text{V}) = 347\text{nA}$

- Terhelőáram:  $(10\text{pF})(2.1\text{V})(32.768\text{kHz}) = 688\text{nA}$
- Teljes áramfelvétel = 750nA + 347nA + 688nA = 1785nA

Ha a frekvenciát 10 kHz-re csökkentjük, akkor a következőképpen alakul az áramfelvétel:

- Terhelőáram:  $(10\text{pF})(2.1\text{V})(10\text{kHz}) = 210\text{nA}$
- Teljes áramfelvétel = 750nA + 347nA + 210nA = 1307nA

#### B) Programozható kimeneti feszültség (swing):

Egy új energia-megtakarítási mód érhető el az új generációs szilícium MEMS alapú oszcillátorok esetében, a NanoDrive™ technológia, mely a kimeneti feszültség programozhatóságát teszi lehetővé. A kimeneti szint teljes értéktől 200 mV-ig csökkenthető így megtakarítva akár az energia 40% -át.

Példa 10 pF terhelési kapacitás feltételezésével:

- Vdd = 3.0V (átlag)
- Voutpp = 2.1V
- Idd Core = 750nA
- Idd Output Driver:  $(165\text{nA/V})(2.1\text{V}) = 347\text{nA}$
- Terhelőáram:  $(10\text{pF})(2.1\text{V})(32.768\text{kHz}) = 688\text{nA}$

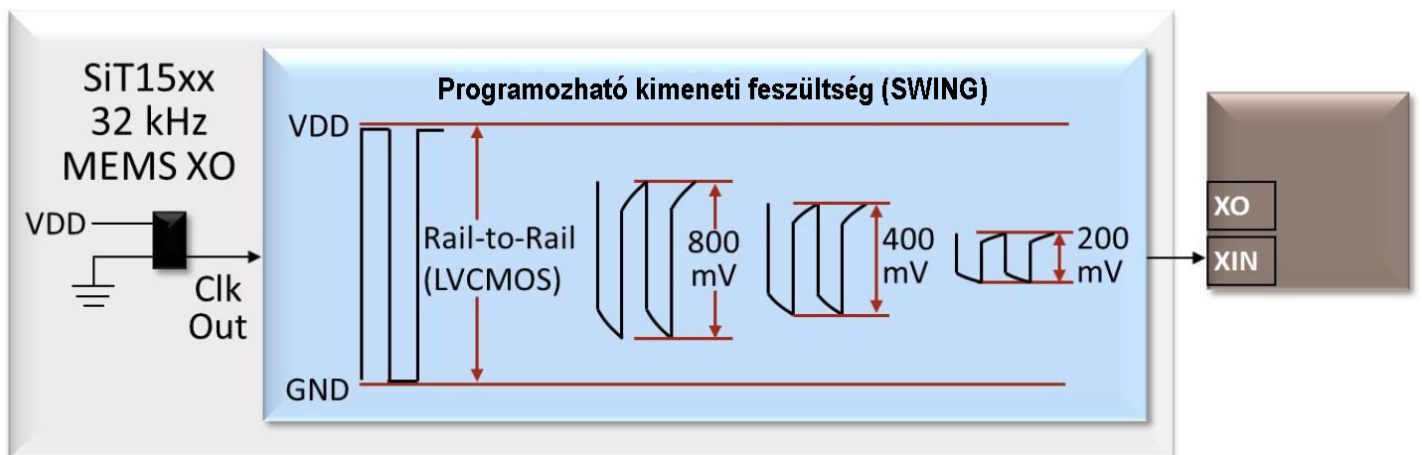
Teljes áramfelvétel = 750nA + 347nA + 688nA = 1785nA

Ha a frekvenciát 10 kHz-re, a kimeneti szintet pedig 500mV-ra csökkentjük, akkor a következőképpen alakul az áramfelvétel:

- Voutpp = VOH-VOL = 0.5V (VOH = 1.1V, VOL = 0.6V)
- Terhelőáram:  $(10\text{pF})(0.5\text{V})(10\text{kHz}) = 50\text{nA}$
- Idd Output Driver:  $(50\text{nA/V})(0.5\text{V}) = 25\text{nA}$

Teljes áramfelvétel = 750nA + 50nA + 25nA = 825nA

endrich.hu



A SiT 15xx MEMS oszcillátor család NanoDrive™ kimeneti szint programozása 200 mV-ig, energia megtakarítási céllal