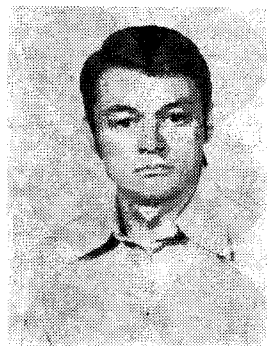


# A vivőfrekvencia előállításának új lehetőségei tv-adó és -átjátszó berendezésekben

HERCZ ENDRE  
BHG Fejlesztési Intézet



## ÖSSZEFOGLALÁS

A cikk a tv-adó és -átjátszó berendezések vivőfrekvenciájának szintézissel történő előállításával foglalkozik. Egy berendezés blokkvázlata alapján megadja az előállítandó helyi oszcillátor jel frekvenciatartományát és a megvalósítandó frekvenciálépést. Ismerteti az adott célra a BHG Fejlesztési Intézetben megvalósított — nem egész számú frekvenciasorzóval felépített — szintézer működését.

Már a televíziós műsorsugárzás első szakaszában, amikor az adóállomások száma növekedni kezdett, igen fontos kérdés volt az adóberendezések vivőfrekvenciájának stabilitása. Egyrészt az „éter” tisztasága miatt szigorú nemzetközi előírásokat kellett teljesíteni, másrészt pedig megállapították, hogy az egymáshoz közeli frekvencián és földrajzi helyen működő adóberendezések kevésbé zavarják egymás vételét, ha közöttük adott frekvenciatávolság van. Ezt a frekvenciastabilitást oly módon valósították meg, hogy az adóberendezés frekvenciáját meghatározó oszcillátort egyedi, az adott berendezés csatornafrekvenciájához illeszkedő, termosztátba helyezett, kvarckristállyal építették fel, és az oszcillátor kimenő jeléből frekvenciasokszorozással állították elő a kívánt vivőfrekvenciát. Ezen eljárást a legutóbbi időkig alkalmazták, illetve még ma is alkalmazzák.

A frekvenciastabilitással szemben támasztott követelmények azonban egyre szigorúbbak, az alábbi okokból:

1. A tv-adó gerinchálózat kiépülése után egyre több átjátszó berendezést telepítenek, melyek a rosszul ellátott kisebb települések besugárzására szolgálnak. Mivel ezek a berendezések egy nagy teljesítményű adó jelét veszik és azt a torzítások elkerülése s az egyszerű felépítés érdekében demodulálás nélkül, csak keveréssel másik csatornára transzponálva sugározzák ki, a frekvenciahibájuk az „anyaadó” frekvenciahibájához adódik. Tovább növekszik ezen hiba többszörös átjátszás esetén.
2. Egyre nagyobb szerepet játszik a berendezések megbízhatósága, miután növekszik a felügyelet nélküli állomások száma, amelyeket esetleg nehezen megközelíthető helyre telepítenek. Ezenél döntő szempont, hogy minél ritkábban legyen szükség utánállításra, tehát a frekvencia is hosszú ideig maradjon a tűrésen belül.

Az igények növekedésével egyidejűleg az alkatrész- és áramkörtechnika egyre újabb eszközöket és megoldásokat kínál. A digitális integrált áramkörök újabb és újabb családjai egyre magasabb frekvenciákig

## HERCZ ENDRE

1966-ban végzett a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának híradástechnikai ágazatán. Azóta az Elektromechanikai Vállalat fejlesztésén, majd a BHG-hoz történt csatlós után a BHG Fejlesztési Intézetben dolgozik. 1977-ig

URH FM adóberendezések fejlesztésével foglalkozott, 1978-ban az adóberendezés fejlesztési osztályt vezette, 1979-től tv-átjátszó berendezések rendszertechnikai és áramköri fejlesztésével foglalkozik. 1981-ben digitális elektronikai szakmérnöki oklevelet szerzett.

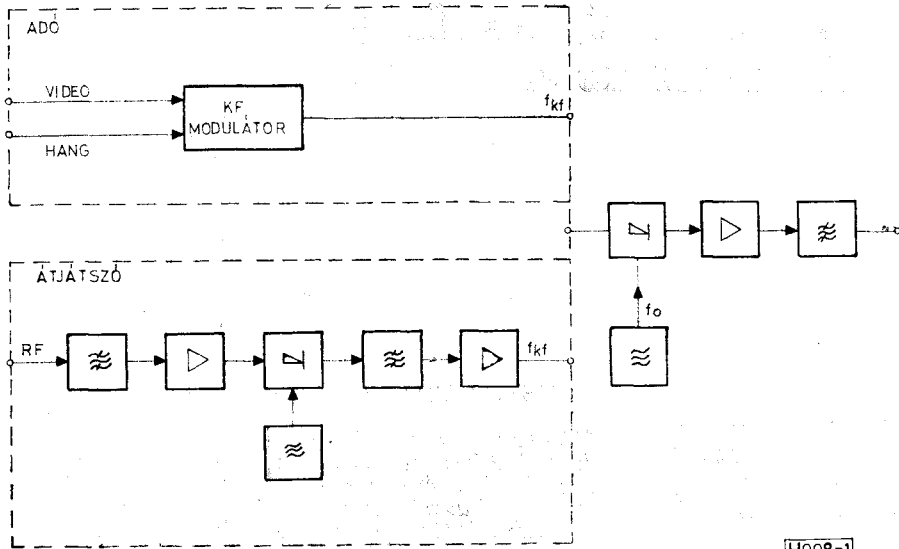
működnek, a kvarckristályt gyártó cégek pedig nagy frekvenciapontosságú integrált kvarcoszcillátorokat gyártanak az igényeknek megfelelően hőkompenzált és kályházott kivitelben. Széles körben elterjedt a PLL technika, sokféle áramköri megoldás ismert a frekvenciaszintézerek létrehozására. A frekvenciaszintézer alkalmazása az alábbi előnyökkel jár a hagyományos megoldáshoz képest:

1. Miután frekvenciasokszorozás nincs, nem jelennek meg mellék hullámok.
2. A frekvenciasokszorozáshoz szükséges hangolt körök elmaradnak, az áramkör széles sávú lehet.
3. Nincs szükség egyedileg rendelt ún. csatornakvarcokra, melyek csak a telepítési frekvencia ismeretében rendelhetők, helyettük standard kvarcoszcillátor alkalmazható.
4. Átjátszó berendezések esetében, ahol külön oszcillátor működik a vevő és adó oldalon, és a hagyományos megoldás esetén a két oszcillátor frekvenciahibájának összege jelenik meg, csak egy közös alaposzcillátorra van szükség. Ez azt is jelenti, hogy a frekvenciahiba az adási és vételi frekvencia különbségével arányos, így esetenként egy nagyságrenddel is jobb lehet azonos alapstabilitás mellett.

A fentiek természetesen közvetlen vagy közvetett gazdasági előnyként jelentkeznek. Ennek ellenére a tv adó és átjátszó berendezések területén csak a legutóbbi időszakban kezd elterjedni a szintézer alkalmazása, mivel az előállítandó frekvencia nagysága és a szükséges kis frekvenciálépés — szokványos megoldás esetén — bonyolult, többhurkú és ezáltal drága áramkört eredményez.

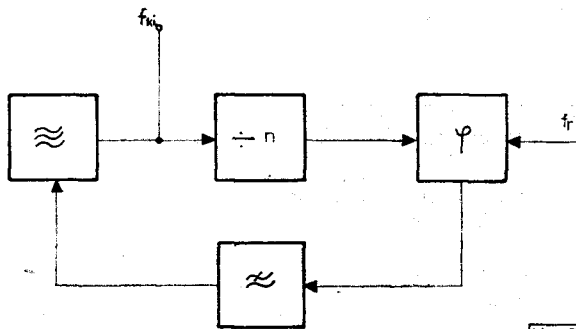
Vizsgáljuk meg számszerűen, hogy milyen frekvenciákat kell előállítani. Ehhez tekintsük az 1. ábrát, melyen egy tv-adó, illetve -átjátszó berendezés blokkvázlata látható. A helyi oszcillátor frekvenciája itt a következőképpen adható meg:

Beérkezett: 1984. IX. 5. (#)



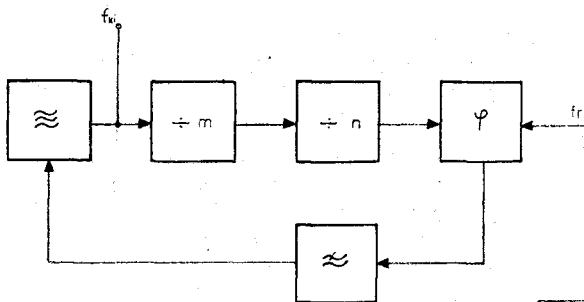
1. ábra. Tv-adó (átjátszó) berendezés blokkvázlata

H998-1



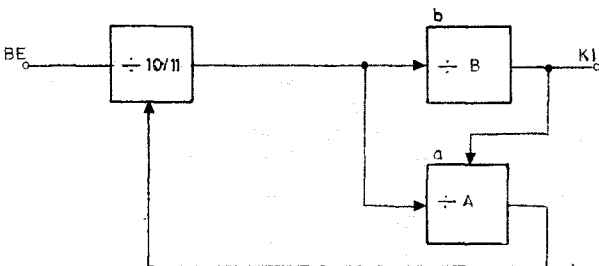
H998-2

2. ábra. Frekvenciaszintézer



H998-3

3. ábra. Frekvenciaszintézer előosztóval



H998-4

4. ábra. Frekvenciaosztó kétmodulusú számlálóval

$$f_o = f_{\text{képvivő}} + f_{\text{kf}} + f_{\text{offset}} \quad (1)$$

ahol

$$f_{\text{képvivő}}: 48,25 \text{ MHz} \dots 847,25 \text{ MHz}$$

$$(\dots,25 \text{ MHz vagy } \dots,75 \text{ MHz alakú})$$

$$f_{\text{kf}}: 38,9 \text{ MHz vagy } 38,0 \text{ MHz}$$

$$f_{\text{offset}}: k \frac{f_{\text{sor}}}{12} = k \frac{15\,625 \text{ Hz}}{12}$$

$$(k = -12 \dots 0 \dots +12)$$

ez a frekvenciaeltolás szolgál a zavarok csökkentésére.

$f_o$  tehát  $\dots,15 \text{ MHz}$

$$\dots,25 \text{ MHz} + k \frac{15\,625}{12} \text{ Hz alakú}$$

$$\dots,65 \text{ MHz}$$

$$\dots,75 \text{ MHz}$$

$$\text{és maximális értéke } f_{\text{OM}} = 847,25 \text{ MHz} + 38,9 \text{ MHz} + +15\,625 \text{ Hz} = 886,165\,625 \text{ MHz}.$$

Mint a frekvenciaértékből látható, a különböző csatornák beállításához 50 kHz többszöröseit kell létrehozni és ezen túlmenően biztosítani kell a 15 625/12 Hz-es frekvencialéptést az offset beállításához.

Egy általánosan ismert frekvenciaszintézer blokkvázlata látható a 2. ábrán. Ennek frekvenciáját az „n” osztási arányú frekvenciaosztóval lehet beállítani. A kimeneti jel frekvenciája

$$f_{\text{ki}} = n \cdot f_r \quad (2)$$

Ez azt jelenti, hogy a minimális frekvencialépés értéke  $f_r$ . Növeli ezen frekvencialépés nagyságát, ha a szükséges működési frekvenciatartományt a változtatható frekvenciaosztó már nem tudja feldolgozni, ekkor ugyanis előosztót kell alkalmazni (3. ábra), és ha annak osztási aránya „m”, a kimeneti frekvencia

$$f_{\text{ki}} = m \cdot n \cdot f_r \quad (3)$$

és így a frekvencialépés  $f_s = m \cdot f_r$ . A minél kisebb frekvencialépés eléréséhez  $f_r$ -t és  $m$ -et kis értéken kell tartani, azaz a fázisösszehasonlítást alacsony frekvencián kell elvégezni, az osztó határfrekvenciáját pedig minél magasabbra kell növelni. A rendelkezésre álló eszközök a határfrekvenciát, a szabályozás szükséges gyorsasága és az elérendő kis FM

zaj pedig az összehasonlítási frekvencia értékét korlátozzák.

Az osztó határfrekvenciája növelésének egyik lehetősége a kétmodulusú számlálók alkalmazása. Ezen számlálók ugyanis elvükből következően magasabb frekvenciáig működőképesek, mint a programozható számlálók. Egy 10/11-es kétmodulusú számlálóval felépített frekvenciaosztó tömbvázlatát mutatja a 4. ábra. Ennek működése a következő:

A számlálási ciklus kezdetén a kétmodulusú számláló osztási aránya 11. Amikor a kimenetén „A” számú impulzus megjelent, az „a” jelű számláló kimenete átbillen és a kétmodulusú számláló osztási arányát 10-re állítja. A „b” jelű számláló eközben tovább számol, majd amikor a „B” értéket eléri, ad egy kimeneti impulzust. Ez az „a” számlálót ismét elindítja, miáltal a kétmodulusú számláló ismét 11-es osztási arányt valósít meg és ezzel az új számlálási ciklus elkezdődik. Ezen frekvenciaosztó osztási aránya az egy kimeneti impulzushoz tartozó bemeneti impulzusszámmal egyezik meg, melynek értéke

$$N = A \cdot 11 + (B - A) \cdot 10 = B \cdot 10 + A \quad (4)$$

Ilyen osztót ismert a [1] kiadvány. Ezzel a frekvenciaosztóval felépített egyhurkú PLL rendszer azonban nem alkalmas tv-adó berendezések oszcillátorjelének előállítására. Az előállítható frekvencia ugyanis (3)-ból

$$f_0 = N \cdot m \cdot f_r$$

alakban írható fel, az előállítandó frekvencia pedig a korábbiak alapján mind 50 kHz-nek, mind 15 625/12 Hz-nek többszöröse kell legyen. Miután ez a két frekvencia egymásnak nem osztója, a szükséges frekvencialépés a legnagyobb közös osztójuk, azaz 15 625/60 Hz. Ez kb. 260 Hz. Mivel a változtatható frekvenciaosztó még az ismertett kétmodulusú számlálós felépítéssel sem valósítható meg 900 MHz-en, fix  $m=4$  értékű előosztót kell alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy az eredő kb. 260 Hz-es frekvencialépés 65 Hz-es referenciafrekvenciával volna megvalósítható. Ezen a frekvencián azonban már nem lehet megfelelő visszazabályozó áramkört építeni. Az 50 kHz frekvencialökhöz viszonyított 80 dB-es FM jel-zaj viszony eléréséhez szükséges kb. 140 dB csillapításhoz nemcsak alkatrészeket nem lehet találni, de az áramkör a lassúsága miatt sem volna használható.

A fenti tények miatt normál felépítésű szintézer elvi okokból nem alkalmas az adott célra. Ezért a BHG új típusú tv-adó és -átjátszó berendezéseire új megoldást dolgoztunk ki, mely az 5. ábrán látható változtatható osztási arányú osztón alapul. Ennek működése a következő:

Az osztási ciklus kezdetén a 10/11-es osztó 10-es osztási aránnyal működik és a kimeneti jelét mindhárom számláló áramkör számlálja. A „c” számláló a bemenetére adott minden C-edik impulzus hatására ad egy kimeneti impulzust, ami a kétmodulusú osztót egy periódusnyi időre 11-es osztási arányra kapcsolja. Ily módon ahhoz, hogy a kétmodulusú osztó kimenetén C számú impulzus jelenjen meg,

$$(C-1) \cdot 10 + 11 \quad (5)$$

bemeneti impulzusra van szükség, azaz az osztási aránya:

$$\frac{(C-1) \cdot 10 + 11}{C} \quad (6)$$

Eközben az „a” számláló, melynek bemenetére — mint az ábrán látható — ugyanaz a jel kerül, mint a „c” számláló bemenetére, számlálja a beérkező impulzusokat, és mikor azok száma az „A” értéket eléri, a kapuáramkört lezárja. Ezáltal a „c” számláló bemenetére nem kerül több impulzus, így az az éppen aktuális állapotban megáll. Ezáltal a teljes számlálási periódus hátralevő részében már nem kapcsolja át a kétmodulusú osztót 11-es osztási arányra. A „b” számláló természetesen tovább számol, mindaddig, míg a bemeneti impulzusszáma el nem éri a beállított „B” értéket. Ekkor a kimenetén — mely a teljes osztó kimenete — egy impulzus jelenik meg, ez a kapuáramkört ismét nyitja és a folyamat kezdődik előlről.

Határozzuk meg az eredő osztási arányt! A ciklus első szakaszában a kétmodulusú osztó kimenetén „A” számú impulzus jelenik meg, és mivel az osztási arány (6)-ból

$$\frac{(C-1) \cdot 10 + 11}{C},$$

a bemeneten ehhez

$$A \cdot \frac{(C-1) \cdot 10 + 11}{C} \quad (7)$$

impulzus tartozik.

Az osztási ciklus második szakaszában a kétmodulusú osztó kimenetén (B-A) impulzus jelenik meg, és mivel ekkor az osztási arány 10, a bemeneti impulzusszám

$$10 \cdot (B - A) \quad (8)$$

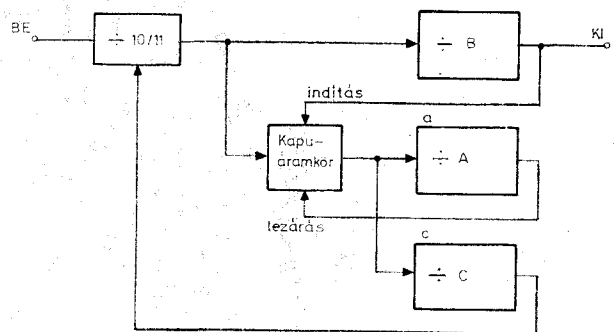
Ezen adatokból az egy kimeneti impulzushoz tartozó (teljes) bemeneti impulzusszám:

$$N = 10 \cdot (B - A) + A \cdot \frac{(C-1) \cdot 10 + 11}{C} \quad (9)$$

illetve egyszerűsítések után

$$N = 10 \cdot B + \frac{A}{C} \quad (10)$$

Látható tehát, hogy ezzel az áramköri elrendezéssel nem egész számú osztási arány érhető el. Természetesen ez nem azt jelenti, hogy a kimeneti frekvencia minden időpillanatban tört hányada a bemenetinek, hanem azt, hogy az osztási arány változik, és az átlagértéke a (10)-ben meghatározott érték.



H998-5

5. ábra. Nem egész számú frekvenciaosztó

A megvalósított osztónál célszerűségi okokból kapuáramkörként 2-es vezérelhető osztót alkalmaztunk, így a „b” osztó elé is beiktattunk egy fix 2-es osztót. Ebben az esetben az osztási arány

$$N = 20 \cdot B + \frac{2A}{C} \quad (11)$$

A referenciakérfkvenciát  $f_r = 3,125$  kHz-re választottuk, az UHF tartományban megvalósított előosztást  $m = 4$ -re és  $C$  értékét pedig 96-ra. Így (3)-ból

$$f_{ki} = m \cdot N \cdot f_r = 4 \cdot \left( 20 \cdot B + \frac{2A}{96} \right) \cdot 3,125 \text{ kHz} =$$

$$= B \cdot 250 \text{ kHz} + \frac{A}{5} \cdot \frac{15 \cdot 625}{12} \text{ kHz}.$$

Látható, hogy az áramkörrel a szükséges frekvenciák előállíthatók, sőt ezen túlmenően amennyiben  $C$  értékét nem rögzítjük, szinte korlátlan a megvalósítható frekvenciák száma.

A választott referenciakérfkvencia értéke már elegendően nagy az optimális hurokszűrő realizálásához és így kis zaj mellett elegendően nagy behúzási sebesség érhető el.

A megoldás részletes ismertetése [2]-ben található meg. Nem egész számú frekvenciaosztóval felépített frekvenciaszintézert ma már több ismert műszergyártó cég termékében alkalmaznak. Ezek ismertetésében [3], [4] kiemelik, hogy „drámai költségcsökkenés”-t eredményeztek a hagyományos szintézerek-

hez képest. Tv-átjátszó berendezésekben, ahol adó- és vevőoszillátor teljes referenciaoldala közös lehet, ez a csökkenés még jelentősebb.

Az ismertetett — tv-adó és -átjátszó berendezésekhez kifejlesztett — helyi oszillátor lehetővé tette, hogy szigorúbb követelményeket egyszerűbben és olcsóbban, ugyanakkor a körülményekhez jobban alkalmazkodva, rugalmasabban elégsük ki. A tv adástechnikában azonban a fejlődés újabb követelményeket támaszt. Már ismert az ún. „precíziós offset” eljárás, amelynél a vivőfrekvenciát még finomabb lépésben kell változtatni és a frekvenciastabilitás előírása is szigorúbb. Egy másik módszer a hang- és képvivő frekvenciátávolságát rögzíti a bejövő szinkronjelhez, szintén zajok csökkentése érdekében. A közeljövő feladata, hogy ezeket a módszereket a BHG gyártmányú tv-adó és -átjátszó berendezésekben is alkalmazzuk.

#### I R O D A L O M

- [1] New Synthesiser Circuits from Plessey Semiconductors. (Publication No. P.S. 1736.)
- [2] *Hercz Endre, Sziebold Péter*: Változtatható, nem egész számú osztási arányú frekvenciaosztó áramkör, előnyösen nagyfrekvenciás, kis frekvencia-lépésű frekvenciaszintézerek számára. (179 023 lajstromszámú magyar szabadalom.)
- [3] *David Ford*: Improvements in Selective Level Measurements. Communication International. Volume 6/Number 12, 1979 december, p. 20—23.
- [4] *Peter Harzer*: Frequency Synthesis in Modern Level Measuring Sets. NTZ No. 2/1980 p. 90—94.

# TELEKOM TELECOM

„Telekom” rádióelektronikai és hírközlő eszközöket, híradástechnikai alkatrészeket és műszereket exportáló és importáló külkereskedelmi társaság.  
Külföldön végzett műszaki szolgáltatása a következők: komplett objektumok, létesítmények és iparvállalatok alaptevékenységvele kapcsolatos kutatás, tervezés, szállítás, üzemeltetés, „know-how” juttatás és műszaki karbantartás.  
Licenck és szabadalmak, valamint a velük kapcsolatos berendezések vásárlása és eladása.

#### VTIO „TELEKOM”

Szófia — Bulgária  
Washington u. 17.  
Telefon: 06-181  
Telex: 022075, 022076

