

Az SQ—QS dekóderek fejlesztési irányelvei

ETO 534.843.24:681.84.087.7

A 4—2—4 rendszerű kvadrofónikus eljárások közül napjainkig két rendszer maradt versenyképes a világpiacon, mégpedig a CBS—Sony közös fejlesztése SQ, és a Sanusi eljárása QS elnevezéssel. Az előbbi aszimmetrikus, az utóbbi szimmetrikus mátrix elrendezéssel működik, és a nemkívánatos „fantom”-hangok megszüntetéséről mindkettő 90°-os fázistolással gondoskodik. Mielőtt megvizsgálánk a két átviteli rendszer legfontosabb tulajdonságait, hangsúlyoznunk kell a mátrixolás legnagyobb előnyét. Hagyományos sztereo átvivő, ill. tároló eljárás segítségével négy csatornainformációt vihetünk át, viszonylag olcsó, egyszerű eszközökkel, és a természetszerűen jelentkező hátrányok — mint ahogyan ezt a szubjektív kísérletek is bizonyítják — nem vezetnek feltétlenül a hangkép romlásához, sőt bizonyos műsorfajtáknál még némileg kellemesebb benyomást is kapunk mint diszk-rét rendszer esetében.

Az SQ átvitel alpmátrix egyenletei a következők:

$$\begin{bmatrix} 1 & -j0,7 & 0,7 & 0 \\ 0 & -0,7 & j0,7 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \\ j0,7 & -0,7 \\ 0,7 & -j0,7 \end{bmatrix} =$$

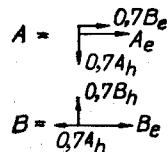
$$= \begin{bmatrix} 1 & j0,7 & 0,7 & 0 \\ -j0,7 & 1 & 0 & -0,7 \\ 0,7 & 0 & 1 & j0,7 \\ 0 & -0,7 & -j0,7 & 1 \end{bmatrix}$$

Az egyenletrendszer bal oldalán szereplő kódoló egyenletekből látható, hogy a kétszatornás átvitel bal csatornájában nem szerepel a jobb első jel, és természetesen a jobb csatornánál fordítva, az első

térfél szempontjából tehát elméletileg végtelen áthalláscsillapítást nyújt. Dekódolás után a visszakapott négy csatorna amplitúdó- és fázisviszonyait az 1. táblázatban foglaltuk össze. Szembetűnő, hogy az eredeti hangképben elől középen, ill. hátul középen megszólaló hangforrást a mátrix azonos amplitúdóval adja vissza, tehát valahová a tér középre helyezi és a főirányokban (bal elől A_e , jobb elől B_e stb.), valamint a bal- és jobb-közép helyzetben 3 dB csatornaseparációt ad. Az egyenletekkel kiszámíthatjuk a sztereo és monó kompatibilitási viselkedését is.

Sztereoóban a hátsó közép koherens hullámok esetén kioltódik, bal-közép és jobb-közép szintcsökkenéssel jelentkeznek, a monó visszaadásban pedig szintén fedezhetünk fel hibákat (2—3. táblázat). Ezek a hibák, amelyek pl. egy SQ lemez, vagy adás sztereoó-, illetve monofónikus hallgatásakor jelentkeznek, véleményünk szerint zenei műsoroknál egyáltalán nem zavaróak, legfeljebb hangjátékoknál jelent információvesztést, de ezek a problémák rendezői fogásokkal megoldhatók.

SQ rendszer sztereoó kompatibilitása
2. táblázat



| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| $\overline{1}$ | 0 | $\overline{0,7}$ | $\overline{0,7}$ | 0 | $\overline{1}$ |
| $\swarrow 0,87$ | $\overline{0,5}$ | | | $\overline{0,5}$ | $\swarrow 0,87$ |
| $\downarrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\swarrow 0,7$ | $\searrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\uparrow 0,7$ |

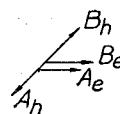
[H 375-LA 2.]

SQ rendszer 1. táblázat

| | | | | | |
|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|
| $\overline{1}$ | 0 | $\overline{0,7}$ | $\overline{0,7}$ | 0 | $\overline{1}$ |
| Bal elől | | Közép elől | | Jobb elől | |
| $\downarrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\swarrow 0,7$ | $\searrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\uparrow 0,7$ |
| $\swarrow 0,87$ | $\overline{0,5}$ | | | $\overline{0,5}$ | $\swarrow 0,87$ |
| Bal közép | | SQ | | Jobb közép | |
| $\swarrow 0,87$ | $\overline{0,5}$ | | | $\overline{0,5}$ | $\swarrow 0,87$ |
| $\downarrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\swarrow 0,7$ | $\searrow 0,7$ | $\overline{0,7}$ | $\uparrow 0,7$ |
| Bal hátul | | Közép hátul | | Jobb hátul | |
| $\overline{1}$ | 0 | $\overline{0,7}$ | $\overline{0,7}$ | 0 | $\overline{1}$ |

[H 375-LA 1.]

SQ rendszer monó kompatibilitása
3. táblázat



| | | |
|---------|-------|---------|
| 0 dB | +3 dB | 0 dB |
| -5,3 dB | | +2,3 dB |
| 0 dB | -∞ | 0 dB |

[H 375-LA 3.]

Az alaplátra hibáinak kiküszöbölésére különböző eljárások ismertek, ezek közül a legegyszerűbb az ún. blendelés, amely a nemkívánatos jelek ellentétes fázishelyzetét használja fel a közép elöl, közép hátul szétválasztás javítására. A gyakorlatban 10–10, 10–20 és 20–40 típusú kevert mátrixokat alkalmaznak; a számok az első, ill. a hátsó csatornák százalékos átviteli tényezőjére utalnak. Eszerint egy 20–40 típusú blendelés az első csatornák 14 dB-es, a hátsók 8 dB-es áthalláscsillapítását jelenti; alkalmazásával a közép elöl, közép hátul szétválasztás kb. 6 dB-re javul.

A programfüggő áthalláscsillapítást megvalósító dekóderek szintén a nemkívánatos jelek fázishelyzetétől függő hibafeszültséggel dolgoznak, diszkrét elemekből megépítve azonban túlságosan bonyolultak és drágák, alkalmazásuk néhány újabb zavaró jelenség forrása lehet, és a szubjektív vizsgálatok bebizonyították, hogy a megnövelt csatornaszeparáció alig javít a hallható térélményen. Megvalósításuk csak integrált áramkörökkel gazdaságos.

A QS mátrix egyenletei:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0,4 & j & j0,4 \\ 0,4 & 1 & -j0,4 & -j \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0,4 \\ -j & j0,4 \\ -j0,4 & j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,16 & 0,83 & j0,83 & 0 \\ 0,83 & 1,16 & 0 & -j0,83 \\ -j0,83 & 0 & 1,16 & 0,83 \\ 0 & j0,83 & 0,83 & 1,16 \end{bmatrix}$$

A kódolt bal, ill. jobb csatornában szerepel mind a négy csatorna információja, ami azt jelenti, hogy sztereó lehallgatáskor eleve 8 dB áthalláscsillapítás adódik, és a hátsó csatornák az ellentétes fázishelyzet miatt a sztereó bázis szélére vagy hátsó közép esetében kívülre kerülnek. Monó lehallgatás esetén a hátsó csatornák 8 dB-lel alacsonyabb szinten jelentkeznek, és a hátsó közép kitolódik. A 4. táblázatban láthatók a dekódolás utáni hangtér amplitúdó és fázisviszonyai.

Feltűnő különbség az SQ-eljárásal szemben, hogy az elméletileg végtelen áthalláscsillapítás átlós irány-

QS rendszer

4. táblázat

| | | | | |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $\frac{1}{0,71}$ | $\frac{0,92}{0,38}$ | $\frac{0,92}{0,38}$ | $\frac{0,71}{0}$ | $\frac{1}{0,71}$ |
| Bal elöl | Közép elöl | | Jobb elöl | |
| $ 0,71 \quad 0$ | $ 0,38 \quad 0,38 $ | $0 \quad 0,71 $ | | |
| $\frac{0,92}{0,92}$ | $\frac{0,38}{0,38}$ | | $\frac{0,38}{0,38}$ | $\frac{0,92}{0,92}$ |
| Bal közép | QS | | Jobb közép | |
| $ 0,92 \quad 0,38 $ | | $ 0,38 \quad 0,92 $ | | |
| $\frac{0,71}{1}$ | $\frac{0}{0,92}$ | $\frac{0,38}{0,92}$ | $\frac{0}{0,71}$ | $\frac{0,71}{1}$ |
| Bal hátul | Közép hátul | | Jobb hátul | |
| $\frac{1}{0,71}$ | $\frac{0,92}{0,92}$ | $\frac{0,92}{0,92}$ | $\frac{0,71}{0,71}$ | $\frac{1}{1}$ |

H 375-LA 4 B

ban valósul meg és valamennyi közép-irány helyesen jelentkeznek. A csatornák áthallását kb. 20 dB-re növelő ún. Vario-mátrix áramkör itt is meglehetősen komplikált és nem jelent olyan minőségjavulást, mint amennyivel drágábbá teszi a dekódert.

A dekóder-áramkör feladata a kódolt csatornák visszalakítása a dekódoló egyenletek szerint, amelyek a középső mátrixokból képezve a következők:

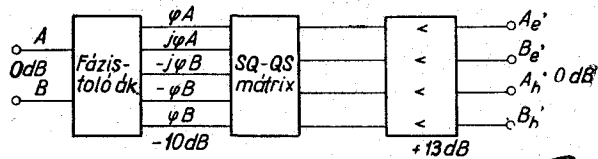
SQ alapeljárás:

$$\begin{aligned} Ae' &= A \\ Be' &= B \\ Ah' &= j0,7A - 0,7B \\ Bh' &= 0,7A - j0,7B \end{aligned}$$

QS eljárás:

$$\begin{aligned} Ae' &= A + 0,4B \\ Be' &= B + 0,4A \\ Ah' &= jA - j0,4B \\ Bh' &= j0,4A - jB \end{aligned}$$

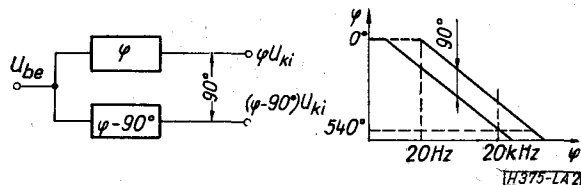
Az 1. ábrán látható a dekódoló áramkör tömbvázlata. A kétcsatornás bemenet közvetlenül a széles



1. ábra

sávú fázistoló áramkörre csatlakozik, melynek kimenetei táplálják az átkapcsolható SQ-QS mátrixellenállás hálózatot. E két fokozat csillapítását a kimenő fokozat 13 dB-es erősítése egyenlíti ki, így az egység eredő feszültségerősítése kb. egységnyi.

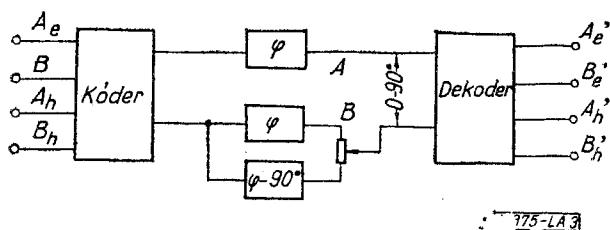
1972-ben Harald Bode és Robert Moog publikálta először a hangfrekvenciás célokra alkalmas fázistoló áramkört, amelynek általában egyszerűsített változatait alkalmazzák. Az eljárás lényege egy ún. mindent-áteresztő szűrő, amelynek kimenőfeszültsége a frekvencia függvényében lineáris fázistolást szenved a bemenőfeszültséghez képest. Ha egy hasonló szűrő RC időállandóit úgy választjuk meg, hogy éppen 90°-kal eltolódjon a kimenőjel fázisa, akkor a be- és kimenet között meghatározott frekvenciasávon belül viszonylag állandó fáziskülönbséget kapunk (2. ábra).



2. ábra

A fázistolás túrését elsősorban a teljes átviteli lánc minőségromlást még nem okozó fázisingadozása szabja meg.

A 3. ábrán látható mérési elrendezéssel vizsgáltuk meg az SQ eljárás fázisérzékenységét. A méréseket



3. ábra

2 kHz-en végeztük, mivel ezen a frekvencián volt a kódér és a dekóder fázistoló áramköre pontosan 90° -os, ill. A, B csatorna is itt szenvedett fázistolást a 15° -onként hitelesített potenciométer elhelyeztetésénél.

A kódolt csatornák azonos fázishelyzetéhez tartozó dekóderoldali kimenőszintek változása — mindig a legtöbbet változó csatorna feszültségét mérve — a következő volt:

$$\Delta\varphi = 15^\circ \rightarrow \Delta U = 1 \text{ dB}$$

$$\Delta\varphi = 30^\circ \rightarrow \Delta U = 2,5 \text{ dB}$$

$$\Delta\varphi = 45^\circ \rightarrow \text{Blendelés hatásossága elromlik}$$

$$\Delta\varphi = 60^\circ \text{ és } 90^\circ \rightarrow \text{A helyes lokalizálhatóság teljesen megszűnik.}$$

Mivel a „blendelés” a nemkívánatos jelek ellentétes fázishelyzetét használja fel, hatásossága már $\Delta\varphi = 45^\circ$ -nál is erősen leromlik. Természetesen az áramkör minden frekvencián így viselkedik, legfeljebb az kérdéses, hogy milyen sávhatárokon belül rontja a kapott hangképet. Figyelembe véve, hogy egy stúdiókódér csak feltétlenül kis fázisingadozású lehet, az a véleményünk, hogy a dekóder fázistoló áramköre max. $\pm 10^\circ$ -ot változhat 100 Hz és 10 kHz közötti frekvenciatartományban. Megfelelően méretezett RC tagok esetében az ingadozás mértéke az alkalmazott passzív elemek szórásától nagymértékben függ, ezért az itt felhasznált kapacitások és ellenállások max. $\pm 5\%$ tűrésűek lehetnek. Ez esetleges sorozatgyártáskor — különösen, ami a kondenzátorokat illeti — komoly problémát jelent, még integrált áramkörös dekóder alkalmazásakor is, elsősorban magasabb árak miatt.

A mérésekből bebizonyosodott az is, hogy fázispontosság tekintetében az SQ (és valamennyi fázistolós mátrix) lényegesen magasabb követelményeket támaszt, mint a sztereó átvitel, ezért a láncban szereplő valamennyi berendezést felül kell vizsgálni ebből a szempontból.

Az áramkör alkalmazásából egy alapvető hiányosság következik, melyet feltétlenül figyelembe kell vennünk, és ez a következő: A tiszta fázistoló változtatja a bemenőjel spektrumát idő és frekvenciafüggő módon úgy, hogy a kimenőjelben fellépő magasabb frekvenciák a csoportfutási időnek megfelelő időpontban jelennek meg, vagyis az impulzus jellegű jelek erősen eltorzulnak.

Az átkapcsolható mátrix-hálózat méretezésénél legfontosabb feladatunk, az ellenállástűrések meghatározása. Mivel mindkét eljárásnál 3 dB a legkisebb csatornaszétválasztás, az ellenállások szórása erősen befolyásolja a dekóder helyes működését: $\Delta R = \pm 10\%$ esetén az áthallás 1,4 dB-re, $\Delta R = \pm 5\%$ esetén még

mindig 2 dB-re romlik. Ha figyelembe vesszük a fázistolók kimenőfeszültségeinek, valamint a mátrixot követő fokozatok erősítésének toleranciáit, a legcélszerűbbnek beállított potenciométerek, vagy $\pm 2\%$ -os tűrésű ellenállások alkalmazása látszik.

A Motorola MC 1312-es IC alkalmazásakor ez a probléma automatikusan megszűnik, mivel a kérdéses ellenállások beépültek az áramkörbe, igaz viszont, hogy a QS mátrix nem valósítható meg ezzel. Megépített dekóderünkben a kényes ellenállásokat beállító potenciométerekkel helyettesítettük. A fentiek miatt a kimenőfokozatok erősítését is tápfeszültség- és ellenállás-toleranciáktól függetleníteni kell, megfelelő visszacsatolások alkalmazásával; ez azonban könnyűszerrel megoldható.

Elsősorban szubjektív vizsgálatok alapján döntötünk az ún. 20—40 típusú kevert SQ mátrix alkalmazása mellett. Ezzel, bár az első bal-jobb áthallás-csillapítást 14 dB-re, a hátsót 8 dB-re rontja, a közép elől—közép hátul szétválasztás kb. 6 dB-re növelésével sikerült a zavaró „lyukakat” eltüntetni. A „blendelés” másik hátrányos következményét, a bal—közép, jobb—közép szeparáció romlását nem éreztük zavarónak, valószínűleg azért, mert ezt a két irányt még diszkrét rendszerek lehallgatásánál sem tudtuk határozottan megjelölni.

A fentiek alapján megvalósított dekóder műszaki adatai a következők:

| | |
|--|--------------------|
| Feszültség-erősítés | 1 |
| Harmonikus torzítás $U_{be} = 1 \text{ V}_{\text{eff}}$ -nél | 0,15% |
| A frekvenciamenet ingadozása | |
| 20 Hz—20 kHz-ig | $\pm 2 \text{ dB}$ |
| Kimeneti csatornák közti max. szintkülönbség | 0,5 dB |
| Fázistolás ingadozása 100 Hz—10 kHz-ig | $\pm 10\%$ |

A szakirodalom rendszeres figyelése és az elkészített berendezésekkel végzett objektív és szubjektív vizsgálatok alapján kialakult véleményünket a következőkben foglalhatjuk össze:

Nem kétséges, hogy elméletileg a diszkrét eljárások nyújtják a legtökéletesebb kvadrofónikus térhatást, megvalósításuk azonban, különösen az adás-rendszerekben, ma még világszerte sok problémát vet fel. Elsősorban a gazdaságossági kérdések helyezik előtérbe a mátrix eljárásokat. A napjainkig legjobban elterjedt Sony/CBS és Sanusi rendszer azonban — minden objektíve kimutatható rendszertechnikai hiányossága ellenére — élményt nyújtó kvadrofónikus információátvitelt biztosít zenei és hangjáték műsornál egyaránt. Ismerve a jelenlegi gyártási nehézségeket, olyan eljárás bevezetését látjuk könnyen megvalósíthatónak, ahol az áramköri egységek (dekóderek) integrált áramköri megoldása biztosított, mind mátrix, mind diszkrét eljárás esetében.

Meggyőződésünk, hogy ahogyan a HiFi sztereó technika, úgy a kvadrofónia is nagy ízlésformáló, népművelő eszköz lehet, amennyiben olcsó, szélesebb rétegek számára elérhető áron sikerül készüléket fejleszteni. Ezért a további kutatásfejlesztési munkák során is az egyszerű, könnyen gyártható, minimális anyag és munkaidő-igényű berendezések megvalósítását tartjuk fontos, követendő célnak.

I R O D A L O M

- [1] *B. B. Bauer*: A kompatibilis SQ lemez. Audio 1971/10.
- [2] *B. B. Bauer és társai*: Sztereó-kvadró kompatibilitás. JAES 1971. szept.
- [3] *R. Itoh*: QS kódoló szabvány a kompatibilis négycsatornás mátrixhoz. JAES 1972. ápr.
- [4] *B. B. Bauer és társai*: Az SQ mátrixok jövője... JAES 1973/5.
- [5] *H. Bode és R. Moog*: Nagypontosságú fázistoló QS rendszertechnika kézikönyv. JAES 1972. aug.
- [6] *U. Schmidt*: Kvadrofón-technika. Funktechnik 1973/16. 17. 18. 19.