

# Nagy visszacsatolású hangfrekvenciás teljesítményerősítő LM3886-tal

Az orosz *Ragyio* 2018/11. számában ismertetett hangfrekvenciás erősítő kapcsolás abban különbözik a megszokottól, hogy bemeneti fokozatként és negatív visszacsatolásként egy nagy bemenőellenállású erősítőt, azaz feszültségvezérelt áramgenerátort tartalmaz. A megoldás lehetővé tette, hogy az IC-nél a maximális mélységű negatív visszacsatolást alkalmazzuk.

Nagyon érdekes kérdés, figyelembe véve az erősítők kapcsolástechnikai jellemzőit, hogyan maximalizálható a hangfrekvenciás teljesítményerősítőkben a negatív visszacsatolás? Erre azért van szükség, hogy maximálisan csökkenthessük az erősítők teljesítményfokozatainak nemlineáris torzításait.

## Elmélet

Mindenek előtt emlékezni kell arra, hogy a nemlineáris torzítások gyökeres csökkentéséhez nagy negatív visszacsatolásra van szükség, ami viszont csak jelentős hurokerősítési-tényező tartálék mellett lehetséges. Határ esetben a negatív visszacsatolás száz százalékos, ami egy teljesítmény műveleti erősítő esetében azt jelenti, hogy a jeltorzítások az invertáló bemenetre mindenféle gyengítés nélkül kerülnek. A visszacsatoló hurokban magának a visszacsatolásnak kis reakcióidővel kell működnie, a visszacsatolt jelnek csak egészen kis késédelmet szabad szenvednie.

Ezek azok az alapegyszerűsítések, amelyek nyugszanak az erősítő egyéb paraméterei is. En-

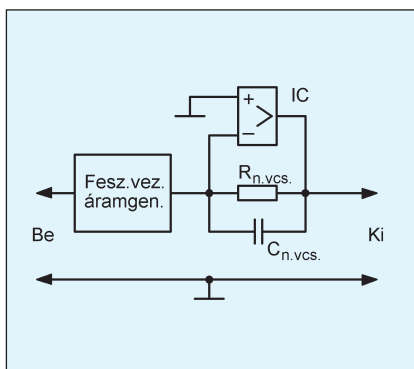
nek dacára a teljesítmény HF erősítők túlnyomó többsége ezeket a követelményeket csak részlegesen elégíti ki.

Ha a HF erősítőben nem használunk többcsatornás struktúrát, úgy csak a működési frekvenciasávban 100%-os negatív visszacsatolás, amely érinti mindazokat a fokozatokat, amelyek észrevehető nemlineáris torzításokat vihetnek a rendszerbe. Egy ilyen erősítő felépítését az **1. ábra** szemlélteti. Itt a bemeneti feszültséggel vezérelt áramforrás hozza létre az invertáló erősítő számára szükséges bemeneti áramot. Ezzel létre is jönnek a száz százalékos negatív visszacsatoláshoz szükséges körülmények. Rögtön itt kell megemlíteni, hogy a közös nemlineáris torzítások minimalizálása érdekében a feszültségvezérelt áramgenerátoros erősítők kisjelű üzemmódban kell dolgozzanak. (A maximális megengedett szinthez képest minimum -40 dB-en.) Ennek gyakorlati megvalósítása megtörténhet akár egy magas minőségű műveleti erősítővel is.

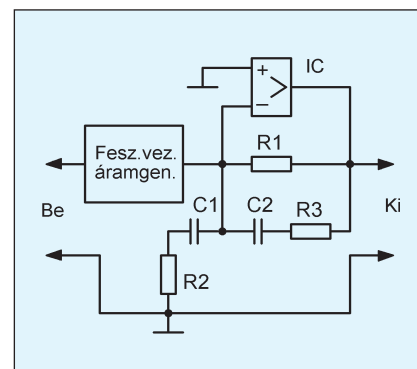
Végző soron ez egy univerzális szerkezet, amely alkalmazható bármely feszültségvezérelt áramgenerátoros erősítő IC-ben, ideértve a teljesítmény HF végfokokat is. Azonban ez utóbbiak között nagyon kevés olyan van, amely feszültség-erősítési tényezőjét  $K_U = 1$  értékre korrigálták. Pedig sok olyan kisteljesítményű műveleti erősítő van, amelyben eleve megtalálható ez a fázis-frekvencia korrekció. Az LM3886 sem rendelkezik ilyen korrekcióval, ami azért kár, mert ez az IC 4 ohmos terhelésre akár 68 W kimenőteljesítményt is le tud adni.

Ez az IC stabilan, gerjedésre való hajlam nélkül csak  $K_U > 10$  érték esetében tud dolgozni. De ha már  $K_U = 5$ , akkor túlterhelés esetén az erősítő már nem működik stabilan,  $K_U = 2$  esetében pedig gerjedésre való hajlandóság lép fel. Vagyis, ha arra törekszünk, hogy a negatív visszacsatoló hurokban növeljük a visszacsatolt jel szintjét, akkor az erősítő instabillá válik.

A stabilitásra elsősorban a magasabb (több mint 100 kHz) frekvenciákon van szükség. Ezért a magasabb frekvenciákon külön be kell állítani a szükséges visszacsatolás mélységét, az alacsonyabb (hang-)frekvenciákon pedig gyakorlatilag 100%-os negatív visszacsatolást alkalmazhatunk. Egy ilyen kompromisszumos variáns rajza látható a **2. ábrán**. Itt a műveleti erősítő IC-t frekvenciafüggő negatív visszacsatoló láncsal látjuk el, amely az R2C1 és R3C2 osztóláncból áll. Itt  $R3/R2 \approx C1/C2 \approx 10$ . A hangfrekvenciákon ez az osztó gyakorlatilag nem működik, a visszacsatolás az R1 ellenálláson át történik. Ennek köszönhetően áll be a 100%-os negatív visszacsatolás.



1. ábra



2. ábra

## Az áramkör

Az előző elvek alapján működik a **3. ábrán** látható HF teljesítményerősítő is. Itt a bemeneti feszültségvezérelt áramerősítő és a teljesítményerősítő két külön fokozatban lett megvalósítva.

Ebben a megoldásban a negatív visszacsatolás mélysége mintegy 26 dB-lel (azaz hússzor) nagyobb, mint az IC-re megadott típuskapcsolásban. Ugyanakkor a magasabb frekvenciákban kevésbé mély, azaz az erősítőnek kisebb hurokerősítési tartaléka van. Esetünkben csökken a nemlineáris torzítás szintje, javul a jel-zaj arány, ugyanakkor a negatív visszacsatoló hurok reakcióideje a frekvenciafüggő osztó vágási frekvenciájával lesz kapcsolatban.

### Az erősítő főbb jellemzői

Kim. telj.: 29 W/8 ohm

51 W/4 ohm

HF harm. torz. max: 0,01%

Kim. ellenállás: 0,01 ohm

Frekvenciasáv: 0...20 kHz

A negatív visszacsatoló lánc kimeneti ellenállása a katalóguslap szerint körülbelül megegyezik a visszacsatolási láncot földelő ellenállás nagyságával, ez ott 1 kohm. A mi esetünkben ezt a kimeneti ellenállást a 2R1 ellenál-

lás határozza meg, melynek értéke 5,1 kohm. Ugyanakkor elmondható róla, hogy ez az érték elég alacsony ahhoz, hogy az IC bemeneti karakterisztikája egyenletlenségének, illetve az IC és az ellenállás zajáramának hatását ellensúlyozni tudja.

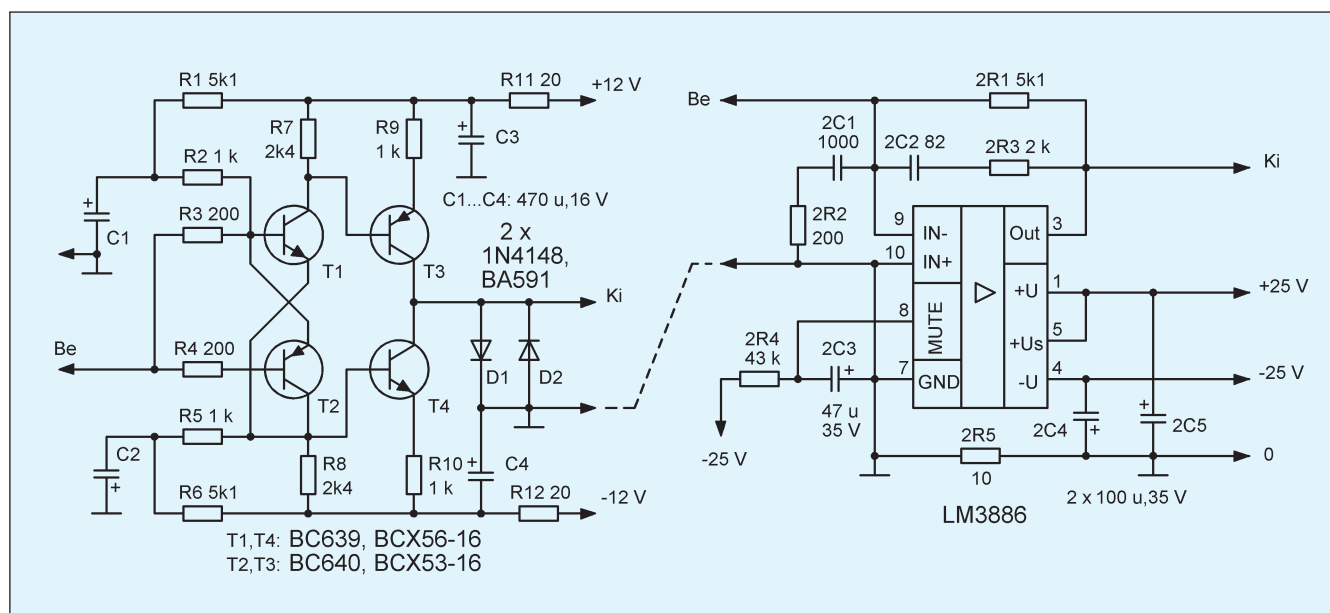
Néhány szó a feszültségvezérelt áramerősítő fokozatról, melyet komplementer tranzisztorokkal alakítottak ki. Ezek szimmetrikus erősítő struktúrát alkotnak, helyi negatív visszacsatolással, amely megnöveli a fokozat kimeneti ellenállását. Az erősítő bemenetére adott jel T1 és T2 tranzisztorok bázisára kerül. Itt a feszültségerősítés nagysága  $K_{U1} = R7/R5 = R8/R2$ . A két tranzisztor kollektoráról a jel a T3 és T4 bázisára kerül. Ez utóbbiak a kollektoráramkörökkel „kétirányú” áramforrást képeznek. Az e két tranzisztorból jövő áramjelek összeadódnak, és az LM3886 IC bemenetére kerülnek. Az IC párhuzamos negatív visszacsatolással van ellátva az 5,1 kohmos 2R1 ellenállás révén. A feszültségvezérelt áramerősítő erősítési tényezőjének meredeksége esetünkben 5 mA/V értékre adódik. Végeredményként a HF-erősítő feszültségerősítési tényezője 25 lesz ( $K_U = 2R1 \times 5 \text{ mA/V}$ ).

A T1 és T2 tranzisztorok kol-

lektoráramát R5, R6, illetve az R1, R2, valamint a tápfeszültség értéke ( $\pm 12 \text{ V}$ ) határozzák meg. Ebből következik, hogy a tápfeszültség értékének megváltozása a feszültségvezérelt áramgenerátor üzemmódját is megváltoztatja. Vagyis az áramgenerátor kimeneti áramának egyenáramú összetevője erős függésben van a tápfeszültség pontosságával és stabilitásával. Ezért a tápfeszültségnek nagy stabilitásúnak kell lennie!

Az áramgenerátor beállítását könnyen elvégezhetjük, ha egy 200 ohmos terhelő ellenállást kötünk a kimenetére. Ekkor 5 mA/V meredekség esetében az ellenálláson eső kimeneti feszültség a bemeneti feszültséggel lesz egyenlő ( $K_U = 1 = 200 \text{ ohm} \times 5 \text{ mA/V}$ ). A beállítás során kös-sük ki a D1 és D2 diódákat!

Nagy amplitúdójú magas frekvenciás jelek esetében (ha a teljesítményerősítő kimenetén a jel amplitúdója nagyobb mint 30 V) az erősítő fázis-frekvencia korrekciója elégtelennek bizonyulhat. Azonban esetünkben a hangfrekvenciás jelekhez nem társulhatnak erős efféle jelek. Következésként a teljesítményerősítő lineáris üzemmódja során, azaz ha nincs túlterhelve, az erősítő stabilitása az öngerjedéssel szem-



3. ábra