

## Hangminőség – felsőfokon

## Professzionális hangfrekvenciás IC-k 27.

Sipos Gyula okl. IC-szakmérnök

## Néhány szó az AD797-ről

Fokozottabb igények esetén – némileg magasabb költségek mellett – választhatunk az Analog Devices kínálatából egy olyan erősítőt, amelynek specifikálásakor már eltekintettek a torzítás százalékos megadásától; ugyanis mind a zaj, mind pedig a torzítás oly alacsony értékű, hogy megállapításuk már mérési gondokat okoz, a manapság az elektronikai iparban rendelkezésre álló legjobb mérőműszerek okozta zaj-, illetve érzékenységi korlátok miatt. Ez végül is nem is rossz ajánlólevél...

A mini-DIP tokban forgalmazott AD797 típusú *Ultralow Distortion, Ultralow Noise Op Amp* elnevezésű műveleti erősítő belső kapcsolását nem tartalmazza a katalógus, de végül is számunkra elsősorban a műszaki paraméterek a fontosak.

## Legfontosabb jellemzői:

- Kis bemeneti zajfeszültség:  $0,9 \text{ nV}/\sqrt{\text{Hz}}$  (1 kHz),  $50 \text{ nV}_{\text{pp}}$  (0,1 Hz...10 Hz)
- Kis torzítás: -120 dB (20 kHz-nél)
- Jellemelkedési sebesség: 20 V/ $\mu\text{s}$
- Nagyjelű sáv szélesség: 280 kHz
- Erősítés-sáv szélesség szorzat: 110 MHz ( $A_u=1000$ -nél)
- Kisjelű sáv szélesség ( $A_u=10$ -nél): 8 MHz
- Tápfeszültség-tartomány:  $\pm 5 \text{ V} \dots \pm 15 \text{ V}$
- Kimeneti áram: max. 50 mA

A műszaki paramétereiből látható, hogy nem túl sok ilyen áramkörrel találkozhattunk a múltban. Ahol tehát igen jó minőségű erősítőre van szükségünk és vállaljuk az ezzel kapcsolatos költségnövekményt, ezt az erősítőt használhatjuk céljaink elérésére. A költségek nem csupán az IC vonatkozásában jelentkeznek, hanem az összes alkatrészt igen nagy gondal kell kiválasztanunk. Az IC által keltett zaj már közelítőleg csak akkora, mint az áramkörben használt ellenállások eredő zaja, így a valóban jó minőségű áramkörhöz csakis kitűnő, kiszajú el-

lenállásokat használhatunk. Ezek általában az 1%-os vagy jobb minőségű ellenállások valamely gyártmányának a kiválasztását jelentik. A használatos kondenzátorokkal ugyanez a helyzet, az olcsó árkategóriájú elkókat el kell felejtenünk és lehetőleg polikarbonát fólia, csillám- vagy hasonló (stabil) szigetelésű, jó minőségű, kis zajú kondenzátorokat használjunk.

Ügyelnünk kell arra, hogy a maratószerzőtől gondosan tisztítsuk meg a nyomtatottáramkört lemezt, ennek hiányában ugyanis a maratási folyamat – lassan ugyan, de – tovább folytatódik és sustorgást, percegést, zajt termel. Hasonlóképpen fontos az alkatrészek forrasztás előtti gondos letisztítása, előőnozás és a végső forrasztás gondos kivitele. Alkatrészeink minőségén sokat ronthatunk egy hőszokk útján, amit az elhúzó, pepecselgető forrasztási művelet jelent. Pákánk hegye mindig tiszta legyen, és alkalmazunk jó minőségű forrasztóónt, szükség esetén a folyamat meggyorsítására kevés gyantát is.

Néhány, szinte nevetségesen egyszerű fogás nehezen beszerzett alkatrészeink élettartamát, áramköreinek minőségét ugrásszerűen megnöveli. S hogy ez mennyire döntő lehet, egy hazai készülék exportja hiúsult meg azon, hogy a (francia) vevő az átadott mintakészülék kézi forrasztásait gyenge minőségűnek találta; a nyomtatott áramkörök maratószerzőtől való megtisztítását nem ítélte megfelelőnek, s klímakamra segítségével bizonyította be, hogy a gyorsított (trópusi) vizsgálat során a készülék nyomtatott áramkörti panelja – a fentiek miatt – a párás levegőben szinte „kivirágzott” s teljesen üzemképtelen lett. Amatőr körülmények között a legtöbb, amit tehetünk az, hogy az áramkört az üzembehelyezés, bemérés után alaposan le kell mosni alkoholban (denaturált szeszből, izopropil-alkoholban), majd a teljes száradás után le kell fűjni védőlakkal (akrilán-lakkal). Ez a gondoskodás minden áramkörünkél meghálálja a fáradságot, de különösen ebben az esetben kiemelten fontos; ha mindezt nem végezzük el, vagy nem

járunk el elegendő gondossággal, áramköreink nem lesznek képesek a kívánatos alacsony zajszinten, kis torzítással dolgozni, az IC képességei nem használhatók ki.

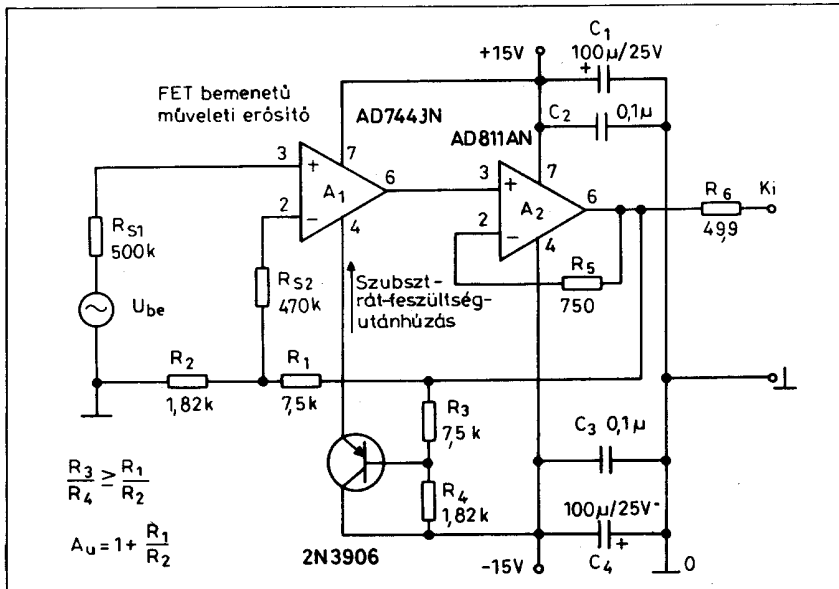
Belátható, hogy az AD797 is bármely olyan szerepkörben felhasználható hangfrekvenciás áramköreinkben, ahol eddig hagyományos minőségű, bipoláris tranzisztor bemenetű műveleti erősítőt használtunk, vagy amely kapcsolásban ugyan FET bemenetű erősítőt használtunk, de az adott kapcsolat természete folytán a bipolárisra történő helyettesítés nem okoz gondot.

## A JFET erősítők torzítása

Erősítőépítés során többen is tapasztalhatták, hogy erősítőjük bemeneti fokozatában valamely jó minőségű, (a katalógus szerint) kis torzítású, FET bemenetű műveleti erősítőt használva, meghatározott áramkörökben vagy bizonyos körülmények között az erősítő jól hallhatóan, nem is csekély mértékben torzított. A kétségtelenül rendszeresen és garantáltan fellépő torzítási jelenség alapot adott mindenféle mendemondákra, a cégek, katalógusok szavahiűségének kétségbevonására. Ilyenkor megrendül a bizalom akár a legjobb kapcsolat iránt is. Pedig a magyarázat és a megoldás nem is túl bonyolult.

A FET bemenetű műveleti erősítőkben leginkább p-csatornás duál JFET eszközt találunk, bipoláris pnp/npn félvezetők népes társaságában. A FET nagy bemeneti impedanciájú és kis torzítású műveleti erősítő létrehozását tette lehetővé, így ezek a műveleti erősítők igen népszerűek amatőreink körében – csak éppen néha igencsak torzítanak, és kevesen tudják, miért, és hogyan lehet a torzítást megszüntetni.

A megfigyelések és tapasztalatok azt mutatták, hogy a JFET bemenetű erősítők akkor torzítanak, ha meghajtásuk nagy forrásimpedanciáról történik. Sajnálatos, hogy már ilyen nagy impedanciának számít a hangkorrektorokban tipikusan alkalmazott 47 k $\Omega$ -os bemeneti illesztőtárg, nem is beszél-



10. ábra

ve a 100 kΩ...1 MΩ terhelőimpedanciát kívánó egynémely más áramköről, jelforrásról. A torzítás lecsökken, jószerével eltűnik, ha a forrásimpedanciát lényegesen (1–2 nagyságrenddel) lecsökkentjük.

A jelenség magyarázata a jFET bemenetű integrált áramkör felépítéséből adódik. A bipoláris áramkör integrált struktúrájától némileg idegen jFET eszközök a szubsztrát valamely alkalmas felületdarabján, egy szigetelőpadkán foglalnak helyet. Ezáltal a jFET-ek összes elektródája és a szubsztrát között egy 3...5 pF nagyságú parazita kondenzátor alakul ki, amely kondenzátor azonban az IC belső felépítésének jellegzetességei folytán nemlineáris, feszültségfüggő viselkedésű; mégpedig nagyobb feszültségkülönbség esetén csökkenő kapacitásértéket mutat. Ennek akkor van számunkra jelentősége, ha a szubsztrát és

a bemeneti jFET-ek között észlelhető kondenzátor sarkain valamely vezérlőfeszültség jelenik meg. Lényeges nagyságú (torzított) váltakozó feszültség azonban itt csak akkor léphet fel, ha az áramkör kritikus – bemeneti – részén jelentős forrásimpedancia található. Ekkor megjelenik a bemeneten és hozzáadódik a hasznos jelhez, eltorzítva azt. Láthatjuk, hogy voltaképp nem az IC erősítő része torzít, hanem egy parazita, nemlineáris kondenzátor „életre keltésével”, töltésével-kisütésével már az IC bemenetén torz jel jelenik meg. Megelőzhető a torzítás, ha a parazita kondenzátor mindkét fegyverzetén minden időpillanatban azonos feszültség van jelen.

A 10. ábrán látható kapcsolásban az A<sub>1</sub> erősítő valamely jFET bemenetű műveleti erősítő. A szubsztrát általában – mini-DIP tok esetén – a 4. lábra, illetve más tokozás stb. esetén a negatív

tápfeszültség csatlakozási pontjára van belsőleg kötve. Ehhez képest a két bemeneti pont valamely más (pozitívabb) potenciálon van, így ez a feszültség jelenik meg a parazita kondenzátoron is. Ha most az IC-t valamely hangfrekvenciás jellel vezéreljük, a nem-invertáló bemeneten a vezérlőjel, az invertáló bemeneten pedig a negatív visszacsatolást következtében a visszacsatolt jelhányad jelenik meg. Ez a két jel azonban a kondenzátor sarkain mint erőteljes második harmonikus torzítást tartalmazó közösmódusú vezérlőjel jelenik meg. Értéke számunkra mindaddig közömbös, amíg itt az áramköri impedancia csekély, ugyanis a kis impedancián előálló – a töltő-kisütő áramból eredő – váltakozó feszültség értéke igen kicsi, hatása elhanyagolható. Nagyobb áramköri impedancia folytán azonban a keletkezett feszültség nagysága és hatása a kis vezérlő-(visszacsatolt-) jelhez képest már jelentős lehet és egy hányada az áramkör felépítéséből következő valamely útvonalon a bemenetre beszűrődhet. Azt, hogy a torzítás éppen mekkora lesz, fejtörés útján nagyon nehéz eldönteni, mert az függ az alkalmazott IC típusától (magától a példánytól is), a konkrét kapcsolástól, az alkalmazott tápfeszültségektől és a vezérlőjel átlagos szintjétől.

A bemeneti impedancia – az IC két bemenetére vonatkozó – szimmetrizálásával és a parazita bemeneti impedancia egyfajta kompenzálásával a torzítás jelentős mértékben lecsökkenthető. Tulajdonképpen a parazita kondenzátor közösmódusú feszültségvezérlését kell megszüntetni, ekkor nem keletkezik feszültségváltozás a kondenzátor sarkain és ezáltal nem léphet fel ott torz jel sem. Ennek legegyszerűbb módja a szubsztrát feszültségutánhúzása, közösmódusú vezérlése éppen akkor jellel, mint amekkora a két bemeneten jelenik meg.

## Nagy Évkönyv-akció!

Az akcióban tehát 2-4-6... egyforma vagy különböző példányt lehet vásárolni.

### A RÁDIÓTECHNIKA ÉVKÖNYVE

1990, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 kötetek közül

**2 db most összesen 500 Ft-ért kapható.**

'90... '97-ig, 8 db csak 1950 Ft

Személyesen a szerkesztőségben, Bp. IX., Lónyay u. 44., V. em. 54., 09-14 óráig

✉ 1374 Bp., Pf. 603.

Tel./fax: 217-0262

Az ábrán a megoldás luxuskivitele látható. A jFET bemenetű erősítő kimenetén egy egységnyi erősítésű, fázist nem fordító puffere erősítőt találunk, amelynek kimenetéről vezet a negatív visszacsatolás – hagyományos módon – az R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> ellenállások útján az A<sub>1</sub> invertáló bemenetére. A kimenőjel egy – R<sub>3</sub>, R<sub>4</sub> ellenállások által meghatározott hányada – azonban egy emitterkövető bázisára kerül, amely emitterkövető az A<sub>1</sub> 4. pontjára, azaz a negatív tápfeszültségpontra, vagyis a szubsztrátra csatlakozik. Így ezen a ponton a kimeneti jel egy csekély hányada is megjelenik, vezérelve a kondenzátor egyik fegyverzetét, míg a másik fegyverzeten a két bemeneti ponton jelentkező hasznos jel van jelen, azonos polaritással. Belátható, hogy így a szubsztrát mintegy utánhúzást szenved el, rajta lovagol a kimenőfeszültség egy hányadán. Mindez azt eredményezi, hogy az osztásviszonyok helyes beállítása útján a bemeneti kondenzátor két sarkán minden időpillanatban azonos feszültség van jelen, így a kondenzátor a külső szemlélő számára úgy viselkedik, mintha ott sem lenne. A minél tökéletesebb kompenzáláshoz az IC mindkét bemenetén kb. azonos impedanciát

kell biztosítanunk, továbbá az emitterkövető osztójának finombeállítására szükség lehet. (Kiinduló értéként elfogadhatjuk azt, hogy a szubsztráton megjelenő váltakozó komponensnek meg kell egyeznie a két bemeneten megjelenő jel nagyságával.)

Az egyszerűsített kapcsolásban a második – puffert, egyébként szinte tetőleges típusú műveleti erősítő – IC egyszerűen elhagyható és az osztó a szokott helyre, az A<sub>1</sub> erősítő kimenetére köthető. A paraméterek javulása így egy hajszálnyival kisebb lesz, mivel ekkor már az emitterkövető és az IC egymásra hatása nem zérus. Mindenesetre, a mérések azt mutatták, hogy ezzel az egyszerű fogással (1 tranzisztor + 3 ellenállás) az erősítő torzítása legkevesebb egy nagyságrenddel csökkenthető, illetve a kapcsolat „hozza” a katalógusban (leírásban) megadott értékeket.

Egy konkrét mérés során a parazita szubsztrátkondenzátor vezérléséből eredő k<sub>2</sub>=0,3% (második harmonikus) torzítást ezzel a módszerrel (egy beiktatott segéderősítővel, az ábra szerinti kapcsolásban) sikerült 0,005%-nál kisebb értékre lecsökkenteni, ami az adott kapcsolásban azt jelentette, hogy

ez a torzítási komponens gyakorlatilag az áramkörü zajok szintjére csökkent, jőszerivel megszűnt, illetve a még fennmaradó – kedvezően csekély mértékű – hányad az erősítő egyéb részeinek hagyományos okokra visszavezethető torzításából ered.

A fentebb leírt jelenség mindenesetre arra inti a néha túl bátran, ötletszerűen és nem is a beszerzés kényszerűségei okából helyettesítő amatőrt, hogy egy esetleges saját elgondolások alapján véghezvitt minőségjavító intézkedés könnyen fordulhat a visszájára, mert gyakorta nem is az elsődleges paraméterek azok, amelyek egy kapcsolat eredő minőségét meghatározzák, hanem a – nem ritkán – tolokodó módon fellépő sajnálatos, másodlagos hatások.

Ilyen és ehhez hasonló okokra vezethető vissza az általában igen jó eredménnyel – és hihetetlen mennyiségben – utánépített Quad 405-ös erősítő néhány példányának sajnálatosan gyenge minősége. Amatőreink beszámoló szerint ez más, szintén bevált, de túlhelyettesített, a kellő megfontolások mellőzéseivel, házilag túlságosan is átkonstruált egyéb kapcsolással is megtörtént.

(Folytatjuk)

**PEER**  
**TRONIC**

**1024 Budapest, Lövház u. 3.**  
Tel.: 212-5681, tel./fax: 316-3851  
H-Cs: 10-17 óráig, P: 10-14 óráig

<p><b>* ÚJ * PT 5105N</b> <b>Univerzális RLC mérő</b></p> <p>R: 20Ω - 20 MΩ; L: 200μH-20H C: 200pF-20mF; Fr.: 2 kHz-15 MHz; DCV: 20V; °C: -20 - +750°C;</p> <p>Kijelző 3 1/2LCD, Signálkimenet Dióda teszt, Szakadásvizsgálat</p> <p style="text-align: right;"><b>* ÚJ * 26.000,-</b></p>	<p><b>KLUBTAGOKNAK</b></p> <p><b>PT 1038A 3x100MHz Oszilloszkóp</b> 307.000,- 180.000,-</p> <p><b>PT 2620</b>                    <b>45.200    24.000,-</b> Vezetékezőképesség mérő /RS 232 interfésszel</p> <p><b>PT 2630</b>                    <b>72.800    36.000,-</b> Oldott Oxigén mérő / RS 232 interfésszel</p> <p><b>PT 2660 Hőmérő/RS 232 interf.</b> <b>48.200    24.000,-</b></p> <p style="text-align: center;">AMIG A KÉSZLET TART!</p>	<p><b>M 97B * ÚJ *</b> <b>AC/Clamp Adapter</b></p> <p>ACA 50-300 A (MAX. NYÍLÁS 30mm)</p> <p style="text-align: right;"><b>3.800,- * ÚJ *</b></p>
--	---	---

	YX-360TRA	M 838 A	M 92A	M 890G	MY 64	MY 68	MY 8013A	MY 6243	PT 5105N	HGL 4200	C 266
Kijelző	ANALÓG	1,999	1,999	1,999	1,999	3,999	1,999	1,999	1,999		1,999
Méréseljárás	man.	man.	man	man.	man.	aut/man.	man.	man	man	man	man
Egyéb jel.:	hangjelzés, dB skála	hőmérséklet -20-1370 °C		hőmérséklet -50-1000°C	hőmérséklet -50-1000°C	memória barograph			RLC mérő hőmérséklet -20-750°C	AC/DC Lakartfogó adapter	AC Lakartfogó
Tr=Tranzisztor Sz=Szakadás	D, Tr, Sz,	D, Tr, Sz,	D, Tr, Sz,	D, Tr, Sz,	D, Tr, Sz,	D, Tr, Sz,			D, Sz, SignOut,		
AC Volt	0,1-1000 V/	200mV-750V	200mV-700V	2mV-700V	2mV-700V	3,26V-750V	-	-	-	-	750V
DC Volt	0,1-1000 V/	200m-1000V	200m-1000V	200m-1000V	200m-1000V	328m-1000V	-	-	20V	-	1000V
AC Amper	-	-	2mA-20A	2mA-20A	2mA-20A	328mA-10A	-	-	-	400 A	200-1000A
DC Amper	50μA - 10A	200μA-10A	200μA-20A	200mA-20A	200mA-20A	328mA-10A	-	-	-	400 A	-
Ellenállás	2mΩ-20MΩ	200Ω-2MΩ	200Ω-20MΩ	200-200MΩ	200-200MΩ	328Ω-328MΩ	-	-	20Ω-20MΩ	-	200Ω-20KΩ
Kapacitás	-	-	-	2nF-20μF	2nF-20μF	328nF-32,8μF	200pF-20mF	2n-200μF	200pF-20mF	-	-
Frekvencia	-	-	-	20kHz	20kHz	32,8k-200kHz	-	-	2kHz - 15 MHz	-	-
Induktívitás	-	-	-	-	-	-	-	2mH-2H	200μH-20H	-	-
tartozék		Hőmérő- szonda		Hőmérő- szonda	H.szonda G.papucs	Gumi- papucs	Gumi- papucs	Gumi- papucs			Hord- táska
Nettó ÁR	2.240,-	2.880,-	3.840,-	6.000,-	6.640,-	8.680,-	9.200,-	11.200,-	26.000,-	13.960,-	6.980,-

A megrendeléseket postai utánvétellel is teljesítjük.      A fenti árak az ÁFA-t nem tartalmazzák.      Az árváltoztatás jogát fenntartjuk!