

Kiváló minőségű háromdekádos hanggenerátor-torzításmérő

Kékesi István okl. villamosmérnök

A Rádiótechnika '94/1. számában részletesen leírtam a szinuszos hangfrekvenciás jelek torzításmérésének oszcilloszkópos módszerét Wien–Robinson hidas lyukszűrő segítségével. Ebből megállapítható volt, hogy e módszer, néhány %-os torzítási tényező mellett – a taglalt elhanyagolásokkal –, eléggé pontos eredményre vezet. Másrészt azonban kistorzítású rendszerek vizsgálatánál követelmény, hogy a hangfrekvenciás generátor legalább egy nagyságrenddel kisebb harmonikus torzítású legyen, mint a vizsgált objektum. Tehát pl. a HIFI-erősítő 0,5%-os torzítási tényezőjének vizsgálatához $\leq 0,05\%$ torzítású generátor szükséges. Ilyen követelményeket a szokásos Wien-hidas generátorral, folyamatos hangolás mellett, aligha lehet megvalósítani.

Mi tehát a megoldás? Vagy különleges módszerekhez kell folyamodni (mint pl. a néhány %-os torzítású jelet frekvenciában együttfutó meredek sávszűrő láncsal tovább szűrjük), vagy más elven működő generátort kell tervezni. (Az amatőrök számára – a rendkívül magas árak miatt – ma még elérhetetlen frekvenciaanalizátoroktól most tekintsünk el.)

Az egyik legjobb módszer a mindentáteresztő szűrők alkalmazása, amelyről a kedves olvasó rövid tájékoztatást kapott a Rádiótechnika '94/10. számában, a „Hangolható szűrők és oszcillátorok mindenáteresztővel” c. cikkben. Az ott közölt széles sávban hangolható generátor (átalakí-

tott változatban) bizonyult megfelelőnek e probléma megoldásához.

Működés

Az 1. ábrán látható a készülék elvi kapcsolási rajza, amelyen (összehasonlítva azt az említett cikk 10. ábrájával) felismerhető a szélessávú generátor. Az $IC_{1/1}$ és $IC_{2/2}$ két, sorbakapcsolt mindentáteresztő szűrőt alkot. Ezek mindegyike $f_0 = 1/2\pi RC$ frekvencián 90° -os fázistolást okoz anélkül, hogy az amplitúdómenet lineáris volta megváltozna. A fázistolás összege tehát 180° . E kapcsolásnál $C = C_1 = C_2 = 10$ nF, míg a $K_{1/1}$ és $K_{1/2}$ fokozatkapcsolóval kapcsolt elleállásértékek a frekvencia függvényei. Oszcillátor úgy alakítható ki e kapcsolásból, hogy az $IC_{1/2}$ kimenőjelet fázisban megfordítjuk (invertáljuk) és a bemenetre csatoljuk vissza (azonos fázisú, pozitív visszacsatolás). Ezt a célt szolgálja az $IC_{1/3}$ műveleti erősítő.

Szemben az említett cikkben közölt generátorral, melynek szintszabályozása nem megoldott, és ennél fogva a színtingadozás viszonylag nagy (néhány száz mV!), a módosított oszcillátor egy igen egyszerű szintszabályozót is tartalmaz. Ezzel a megoldással a színtingadozás néhány mV-ra csökkenthető. A komplexum a $D_1 \dots D_4$ egyenirányító hídából és a határolást végző D_5 Z-diódából áll. A berezgési

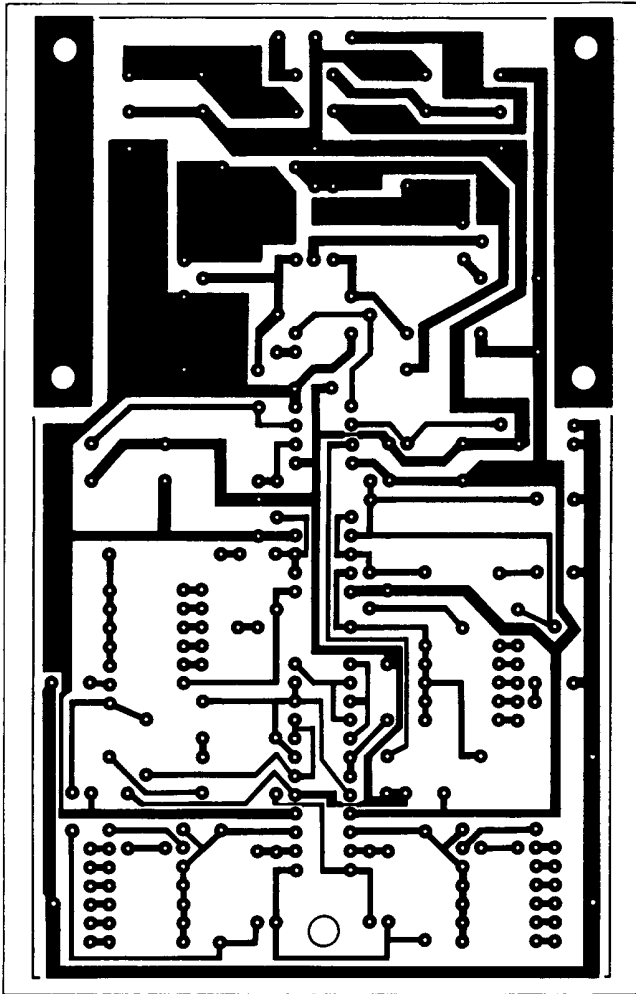
pontot P_4 -gyel lehet pontosan beállítani. A P_5 potenciométer a nagyobb frekvenciáknál tapasztalható (feltehetően az IC káros fázistolása miatt fellépő) frekvencia-amplitúdókarakterisztika egyenetlenségét hivatott kiegyenlíteni.

Ezzel a viszonylag egyszerű áramkörrel kiváló minőségű, 20 Hz...20 kHz-es sávban (egyszerre) áthangolható kistorzítású generátorhoz jutunk. Az áthangolás P_1 kettős (sztereó) potenciométerrel történik. Mivel a potméter átfogása nagy, a pontos frekvenciára állás eléggé körülményes (kis elmozdítás nagy ellenállásváltozással jár). A beállítást megkönnyíti a P_2 finomhangoló potméter.

A generátor kimeneti jelét az $IC_{1/4}$ elválasztó követőerősítőre kapcsoljuk, mely egyrészt az esetleges kapacitív terhelést választja le az oszcillátorról, másrészt a kimeneti szint tetszőleges beállítását lehetővé tevő potmétert hajtja meg. Az oszcillátor kimenőszintje kb. $3,3 \dots 4 V_{cs-cs}$ (a Z-dióda példány tényleges Zener-feszültségétől függ).

A generátor a korszerű követelményeknek megfelelően teljesítménykimenettel rendelkezik, a következő megoldásban. A hangfrekvenciás jelet $IC_{3/1}$ erősíti fel úgy, hogy a szintszabályozó potméter felcsavart állásában a kimenőjel szintje $25 V_{cs-cs}$ legyen. A visszacsatolást az ellenütemű végfoko-

	Videó és Elektronikai Alkatrészbolt 6000 Kecskemét, Magyar u. 20. Tel./fax: 76/327-763	
	Új szolgáltatásunk: EPROM és mikrokontroller égetés. Továbbra is kaphatók, ill. katalógusok alapján megrendelhetők audió, videó aktív és passzív áramköri elemek.	
Nyitva: H-P 9-12.30, 13.30-17.30, Szo 9-12-ig		 

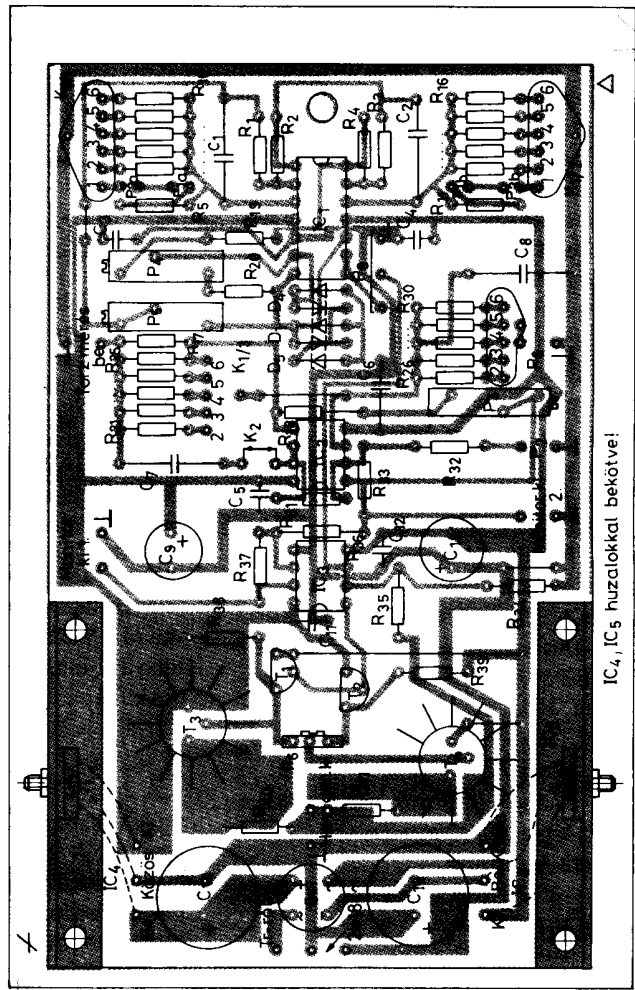


2. ábra

zat kimenetéről a műveteli erősítő invertáló bemenetére vezetjük.

A végfokozat egyenáramú beállítást nem a szokásos $2 \times 0,6$ V-os nyitófeszültséget biztosító diódás áramkör állítja elő, hanem a jóval kisebb terhelést okozó T_1 , T_2 emitterkövető. Ezáltal az IC torzítása csökken, alig növelve az oszcillátor torzítását. A P_6 -tal minimálisra állítható be a keresztelési torzítás. Ennek ára azonban az, hogy a végfokozatot szokatlanul nagy, mintegy 60 mA-es árammal kell előfeszíteni. Így elérhető, hogy a végfokozat legnagyobb terhelésénél alig nő meg a harmonikus torzítás értéke. A legkisebb terhelő-ellenállás, amellyel lezárható a hanggenerátor, 50Ω ; ennél a végfokozat áramfelvétele kb. 200 mA.

A torzításmérő rész a már említett '94/10. számban részletesen ismertett Wien-Robinson hidas lyukszűrőből áll, amelynél az R_{18} , P_3 visszacsatolással nagy oldalmeredekség állítha-



3. ábra

tó elő az $f_0 = 1/2 \cdot \pi \cdot R \cdot C$ frekvencián (amely ugyanaz, mint az oszcillátor frekvenciája). Az említett rezonanciafrekvencián a szűrő az alapharmonikus legalább 80 dB-lel elnyomja, így az összes felharmonikus tartalom marad meg csupán. Az f_0 -ra történő finomhangolás a híd P_7 -es elemével lehetséges. Tapasztalataim szerint azonban a generátor legmondosabb frekvenciabeállítása mellett is szükség van valamelyik RC-ág finom behangolására.

A lyukszűrő minimális kimenőjelére kell törekedni P_6 -tal, ill. P_7 -tel fo-

kozatosan közelítve („szukcesszív approximációval”) ezen értéket. A kimeneti jelben a mérendő készülék zaja is benne van, tehát a mért érték a THD-vel (teljes harmonikus torzítás) egyenértékű. Az alapharmonikus (+ felharmonikusok összege) K_2 kikapcsolásával mérhető a 2. monitorkimeneten, amelyre célszerű oszcilloszkópot csatlakoztatni. Mivel pl. 0,1%-os harmonikus torzításnál, 25 V_{cs-cs} alapharmonikus mellett az összes felharmonikus tartalom csupán 25 mV, szükség van az $IC_{3/2}$, tízszeres erősíté-

1. táblázat

K ₁ állásai	Funkció	Beállító elem
1.	Folyamatos hangolás 20 Hz...20 kHz	$P_1 + P_2$
2.	Harmonikus torzítás-mérés 50 Hz-en	$316 \text{ k}\Omega + 2,4 \text{ k}\Omega$
3.	Harmonikus torzítás-mérés 500 Hz-en	$31,6 \text{ k}\Omega + 0,24 \text{ k}\Omega$
4.	Harmonikus torzítás-mérés 1 kHz-en	$16 \text{ k}\Omega$
5.	Harmonikus torzítás-mérés 15 kHz-en	$1,06 \text{ k}\Omega$
6.	Harmonikus torzítás-mérés 20 kHz-en	796Ω

sű fokozatra, a jobb kiértékelhetőség és pontosabb mérés érdekében. A tízszeres nagyságú (!) felharmonikustartalommal arányos jel az 1. monitorkimeneten (ugyancsak oszcilloszkóppal) mérhető.

Már említettem, hogy a generátor pontos frekvenciabeállítása nem a leg egyszerűbb feladat, még a finomhangolóval sem. Torzításméréshez tehát fix frekvenciákat választottam, amelyeket szintén fix ellenállásokkal lehet beállítani. E frekvenciákat az 1. táblázat tartalmazza. Ez azonban nem jelenti azt, hogy az ismert f_0 -képlet alkalmazásával más frekvenciákra ne lehetne kiszámítani az ellenállásértéket. Mégis célszerűnek tartom a táblázatban foglalt frekvenciák beállítását, mert lemezjátszók, magnók jellemző adatait mérhetjük ezek segítségével.

A kiválasztott frekvenciára állítjuk a hatállású négyáramkörös fokozatkapcsolót, ezzel a generátor is és a lyukszűrő is azonos frekvencián dolgozik.

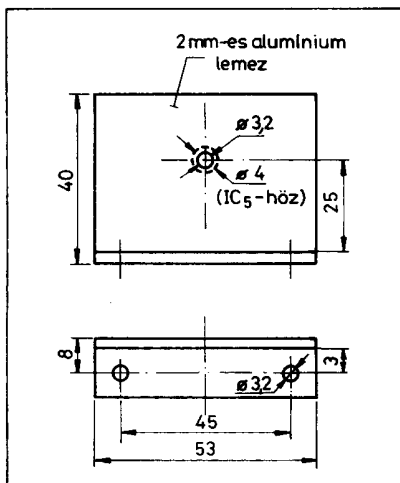
A készülék + tápfeszültségét az IC₅, IC₄ stabilizátorok biztosítják. A nyers tápfeszültséget a Tr, Gr, C₁₅, C₁₆ elemek biztosítják.

Elkészítés

A hanggenerátor-torzításmérő nyákrajzát a 2. ábrán, az alkatrész-beültetési rajzot a 3. ábrán láthatjuk. A panel elkészítése a lehető leg gondosabban kell, hogy történjen. A viszonylag bonyolult fóliarajzolatot megrajzolva, ellenőrizzük azt nagyító segítségével zárlat, szakadás, forrponatok összefolyása szempontjából. Gyorsan marasunk, hogy ne lépjen fel alámárodás. A vaskloridoldat hőmérséklete 60...70 °C legyen maratás közben. Így a maratási idő kb. 10 perc.

Maratás utáni ellenőrzéssel megelőzhető az, hogy a valahol csak részben leoldódó rézfólia zárlatot okozva, használhatatlanná tegye a panelt. Furatozás után javítsuk ki az összes fóliahibát (zárlatot éles szerszámmal szét kell vágni, a hiányzó vezetősávot átkötő húzzal helyettesíteni).

P₃, P₄, P₅ helyébe a kényelmes beállíthatóság és a kellő stabilitás érdekében lehetőleg helitrimmert használjunk. A fokozatkapcsolóval kiválasztható ellenállások feltétlenül 1%-os



4. ábra

(vagy ennél jobb) tűrésűek legyenek. (Ügyszintén C₁, C₂ és C₇, C₈ is). Ha van rá lehetőségünk, az azonos szórásirányú ellenállásokat válogassunk össze. Így jobban elősegíthetjük a torzításmérésnél a generátor-torzításmérő együttfutását.

A P₆, P₇, P₈, valamint a P₁, P₂ a készülék előlapjára kerül (K₁, K₂-vel együtt). A finombeállítás érdekében P₆, P₇ potenciométerek szintén jó minőségű helipotok vagy helitrimmereket legyenek. Utóbbiak újabban előlapra szerelhető tengelyes kivitelben, magánkereskedőknél beszerezhetőek.

A stabilizátor IC-eket hűtőlemezzel kell szerelni, tekintettel a készülék maximálisan 200...300 mA-es áramfelvételére. A hűtőlemez méreteit a 4. ábra mutatja. Figyelem! IC₅ szigetelve szerelendő a lemezre (szaggatottan ábrázolt furatátmérő a szigetelőgyűrűhöz készül). Az ellenállás-fokozatkapcsoló bekötések lehetőleg röviddek legyenek. A T₃, T₄ hűtőcsillaggal szerelendő.

Beállítás

A felkészített készülék végleges beállítását a lehetőleg fémből készült házba történő beszerelés után végezzük el, a következők szerint.

1. A hanggenerátor beállítása

P₄-gyel az oszcillátor berezgési határára állunk (K₁ 1. állásában, $f_0 = 1$ kHz-en). Eközben P₅ rövidre zárt állapotban van. Végighangolva a teljes sávot,

ellenőrizzük, hogy nem szakad-e le a rezgés. Ha igen, akkor óvatosan állítjuk P₄-et! Az IC_{1/4} kimenetén az amplitúdó 3,3...3,6 V_{cs-cs} kell legyen. A jelszint 15 kHz-től változhat némileg, amelyet ki lehet egyenlíteni P₅-tel. Ellenőrizzük, hogy a teljes sávban néhány mV-on belül azonos-e a kimenőszint a HF-kimeneten mérve.

Terheljük a kimenetet 50 Ω-mal, és állítsunk be 25 V_{cs-cs}-t, a jel torzítása nem nöhet meg (P₆-tal a keresztvezési torzítás szemre kiküszöbölendő).

2. A torzításmérő beállítása

A hanggenerátor-kimenetet kössük össze a torzításmérő bemenetével! A K₂-t kapcsoljuk ki (K₁ 1. állásban legyen). P₃-mal A=1 erősítést állítunk a 2. monitorkimeneten mérve. Kapcsoljuk vissza K₂-t és K₁-et kapcsoljuk a 4. állásba! Ekkor a monitorkimeneten észrevehetően erősen csökken a jel amplitúdója. Váltogatva állítunk P₆, P₇-tel amplitúdóminimumot.

Finomszabályozás közben észleljük, hogy a szinuszel nem tiszta: egy perióduson belül több hullámot is tartalmaz. Ezek amplitúdóját újabb hangolással minimumra kell állítani.

A hanggenerátort maximálisan terhelve, az 1. monitorkimeneten a jelet minimálisra állítjuk P₆-tal. Ellenőrizzük K₁ többi állásában is a felharmonikustartalmat! Minden állásban újra végre kell hajtani az előbb leírt procedúrát.

Az elkészített generátor-torzításmérő komplexumon mért értékeket a 2. táblázat tartalmazza. Az adatokból láthatóan a generátort kiváló tulajdonságai arra predesztinálják, hogy akár 0,1%-os torzítási tényezőjű rendszereket is vizsgálhassunk segítségével.

2. táblázat

Alapharmonikus amplitúdója: 25 V _{cs-cs}			
Frekvencia [Hz]	Felharmonikusok + zaj [mV _{cs-cs}]	k [%]	terh. k [%]
50	3	0,012	0,015
500	2,5	0,01	0,012
1 000	2	0,008	0,01
15 000	2,3	0,0092	0,014
20 000	2,8	0,0112	0,018