

Beszéd sávszűrő

elektroakusztika * elektroakusztika

Beszédsávszűrő

A vezeték és a vezeték nélküli telefóniarendszerek egyik nélkülözhetetlen láncszeme a beszédsávszűrő. A telekommunikációs rendszerekben a szűrők funkciója a modulációs sávzélesség korlátozása. Az amatőr gyakorlatban sokszor a beszédérthetőség javítása vagy a beszédnek a háttérzajból, háttérzenéből történő kiemelése a feladata. Az ilyen célból az erősítőrendszerbe iktatott frekvenciaszelektív áramköröket jelenlétszűrőknek is szokás nevezni. Egy ilyen, a szokásos jelenlétszűrők jellemzőit meghaladó tulajdonságokkal bíró áramkört mutatunk be.

Alapfogalmak, a szűrő működése

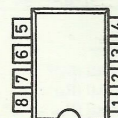
Az emberi beszéd alapharmonikusainak frekvenciatartománya mintegy 200 ... 4000 Hz. A távbeszélő-technikában a beszédsáv nemzetközi szabványban rögzített tartománya ennél szűkebb, 300 ... 3400 Hz. Az erősítőláncba beiktatott beszédsávszűrő feladata az, hogy az e tartományon belüli frekvenciájú jelekre nézve minél kisebb, a hangfrekvenciás sáv további tartományai pedig minél nagyobb csillapítással rendelkezzen, tehát a beszédsávon kívüli frekvenciakomponenseket a lehető legjobban elnyomja.

Az ismertetett szűrőrendszer az 1. ábra tömbvázlata szerint épül fel. A rendszer alapja két kaskádba kapcsolt aktív szűrő. A 2. blokk egy 300 Hz törésponti frekvenciájú felüláteresztő, míg a 3. egy 3,4 kHz törésponti frekvenciájú aluláteresztő szűrőegység. Az 1. jelű erősítő elsődleges feladata az impedanciaillesztés. Az aktív szűrőket ugyanis azzal a feltételezéssel szokás méretezni, hogy vezérlésük 0 impedanciás ponttól történik. A bemeneti erősítő ezt igen jó közelítéssel biztosítja, miközben bemeneti ellenállása kedvezően nagy. Mint később látni fogjuk, ez a fokozat feszültségerősítésre is használható.

A szűrőmodul áramköri felépítése

Az áramkör kapcsolási rajza az 1. ábra fokozatainak feltüntetésével a 2. ábrán látható. A bemeneti erősítőt az IC₁, viszonylag alacsony zajú műveleti erősítő és annak a beszédsávban gyakorlatilag frekvenciafüggetlen passzív visszacsatoló és munkapont-beállító hálózata képezi.

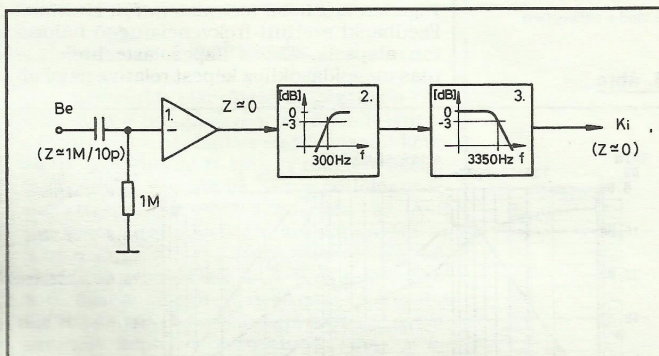
A jel a DC-leválasztást biztosító C₁ kondenzátoron keresztül jut az IC neminvertáló bemenetére. A szűrőegységet akár egy meg-



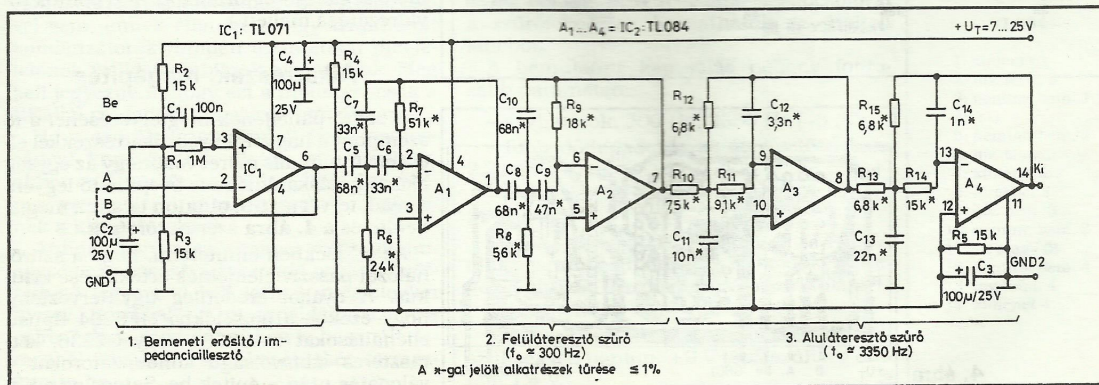
TL071

- 1: offset komp.
- 2: invertáló bem.
- 3: neminvertáló bem.
- 4: -U (vagy 0)
- 5: offset komp.
- 6: kimenet
- 7: +U
- 8: (n. c.)

1. ábra



2. ábra



elektroakusztika * elektroakusztika

Alkatrészjegyzék

Ellenállás:

- 1 db 2,4 kΩ (R₄)*
- 1 db 5,6 kΩ (R₃)*
- 3 db 6,8 kΩ (R₁₂, 13, 14)*
- 1 db 7,5 kΩ (R₁₀)*
- 1 db 9,1 kΩ (R₁₁)*
- 4 db 15 kΩ (R₂...5)
- 1 db 15 kΩ (R₄)*
- 1 db 18 kΩ (R₆)*
- 1 db 51 kΩ (R₇)*
- 1 db 1 MΩ (R₁)*

Kondenzátor:

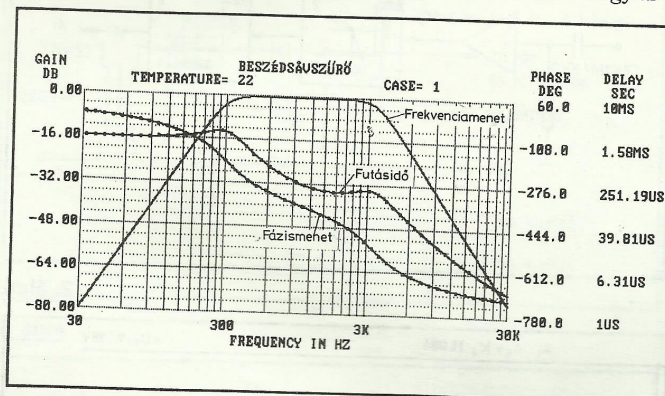
- 1 db 1 nF (C₁₀)*
- 1 db 3,3 nF (C₁₂)*
- 1 db 10 nF (C₁₁)*
- 1 db 22 nF (C₁₃)*
- 1 db 22 nF (C₁₄)*
- 2 db 33 nF (C₆, 7)*
- 1 db 47 nF (C₃)*
- 3 db 68 nF (C₅, 8, 10)*
- 1 db 100 nF (C₁)
- 3 db 100 μF/25 V (C₂ ... 4)

Féltvető:

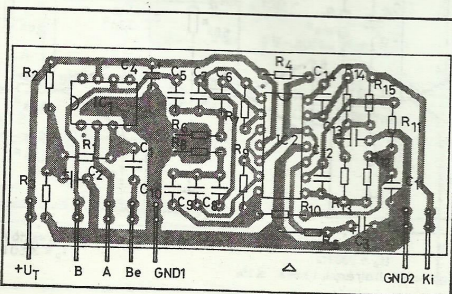
- 1 db TL071 (IC₁)
- 1 db TL084 (IC₂)

*: lásd a szövegben

3. ábra



4. ábra



lévő készülékbe utólag is beépíthető modul egységként, az egyszerűbb kezelhetőség érdekében egytelepes táplálásúra alakítottam ki. Ez a hagyományos műveleti erősítőknél úgy érhető el, ha azok munkapontját a tápfeszültség felére állítjuk be. Jelen esetben mindegyik fokozat neminvertáló bemenetét kell erre a feszültségszintre emelni. Az első fokozatban érdemes az úgynevezett zajmentes előfeszítést alkalmazni. Ennek az a lényege, hogy az R₂, R₃ által felére osztott tápfeszültséget mint munkaponti feszültséget R₁ csatolja a bemenetre. Az osztón átfolyó – igaz, 1 mA-nál is kisebb – áram okozta termikus zajt C₂ söntöli. Mivel a bifet-bemenetű OPA bemeneti árama csak nA nagyságrendű, a relative nagy R₁-en gyakorlatilag nem folyik áram, így azon az ebből adódó zaj sem keletkezik. R₁ egyben a rendszer bemeneti ellenállását 1 MΩ-ban határozza meg.

A bemeneti erősítőt követő aktív szűrők negyedfokú, maximálisan lapos karakterisztikájú szűrőáramkörök (Butterworth approximáció), amelyek két másodfokú felüláteresztő alaptagból és két másodfokú aluláteresztő alaptagból állnak. Mind a négy alaptag a többszörös visszacsatolású, végtelen erősítésű technika (MFB; Multiple-Feedback) szerinti frekvenciafüggő hálózaton alapszik. Ezt a kapcsolástechnikát – más megoldásokhoz képest relative nagy al-

katrészigénye ellenére – azért választottam, mert a toleranciaviszonyai igen kedvezőek, azaz a passzív elemek értékészorására kevésbé érzékeny, mint például a gyakran alkalmazott Sallen-Key típusú áramkör.

A szűrőfokozatok munkapontját az R₃, R₅ osztó állítja be. Az invertáló bemenetek a C₃ hűdítő-kondenzátornak köszönhetően hangfrekvenciás szempontból földpotenciálon vannak.

A kapcsolási rajzon látható, hogy a frekvenciafüggő hálózatok elemei (a csillaggal jelölt alkatrészek) könnyen beszerezhetőek, hiszen a feltüntetett ellenállás-, illetve kapacitásértékek az E24 sor tagjai. Ez azonban ne tévesszen meg senkit! A szűrő csak akkor működik megfelelően, ha a tényleges értékek 1%-on belül megközelítik a számított értékeket. A csillaggal jelölt RC-elemeket feltétlenül válogatni kell, ezért az áramkör megépítésébe csak azok vágnak bele, akiknek lehetőségük van ellenállások és kapacitások ilyen pontosságú mérésére!

A szűrők approximációja az 5%-os sorozat elemértékeihez ragaszkodva csak némi kompromisszum árán történhetett meg. A felső törésponti frekvencia kissé „lejjebb csúszott”, a –3 dB-es pont kb. 3350 Hz. Az áteresztősáv platója sem teljesen lapos, hullámossága nagyjából 0,1 dB (Rauch-jelle-gű), a csillapítás pedig ezen a szakaszon nem 0, hanem 0,4 dB. Szerencsére ez a csekély minőségromlás nem befolyásolja az áramkör használhatóságát. A 0,4 dB-es beiktatási csillapítás az 1. fokozat erősítésének erre az értékre történő beállításával kompenzálható (lásd később).

A megtervezett áramkört számítógépes hálózatanalízisnek vettem alá; eredménye a 3. ábrán látható. A gondosan válogatott alkatrészekkel megépített prototípus bemérése igazolta a feltüntetett frekvenciame-netet. (A mérés a Be pontra csatlakoztatott szintgenerátor és a Ki pontra kötött szint-mérő segítségével történt, az A–B pontok rövidrezárása mellett.)

Alkatrészek, megépítés

A szűrő paneljének megtervezésénél a fő szempont a hagyományos alkatrészekkel elérhető minimális méret volt, hogy az egység akár egy táskarádióba is beépíthető legyen. A nyák tervét a 159. oldalon találjuk meg, a beültetés a 4. ábra szerint történik.

Az előzőekben említettem, hogy a szűrő-hálózat passzív elemeinek értékűrése kritikus. A nyákat eredetileg úgy terveztem, hogy ezekbe a pozíciókba MF0204 típusú ellenállásokat és C2235 vagy C2236, két-raszteres lábtávolságú kondenzátorokat – válogatás után – építék be. Sajnos az emlí-

elektroakusztika * elektroakusztika

tett ellenállásokat nem sikerült a megadott értékekkel beszerezni, így egyeseket be R534 és MF0207 típusokat. Mivel a katalógusok ezek beforrasztásához minimálisan 10 mm furattávolságot írnak elő, a kivezetésekre az 5.a szerinti „lírát” hajlítottam.

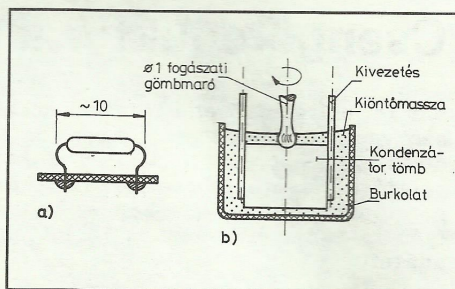
Nagyobb problémát okoztak a kondenzátorok. A szükségesnél jóval többet vásároltam a „J” jelű (azaz 5%-os) sorozatokból, de nem tudtam kiválogatni olyan példányokat ezekből, amelyek a névleges kapacitásértéket 1%-ra megközelítenék.

Kényszerűségből kipróbáltam tehát az 5.b-n ábrázolt értékbeállító módszert. Ehhez egy nagy fordulatszámú mini-drill és egy 1 mm átmérőjű fogászati gömbmaró szükséges. Először a kondenzátorok közül kiválogatjuk azokat, amelyek kapacitása meghaladja a névleges értéket. Ezután a munkába vett kondenzátort a két kivezetés között középtájon megfúrjuk. Amint a tokot kitöltő műanyag réteget áttörtük és a maró eléri a keményebb kondenzátortömböt, újból ellenőrizzük a kapacitást, majd nagyon óvatosan mélyítsük az üreget! A művelet közben sűrűn mérjük kapacitást. Vigyázzunk, nehogy a szerszám „megszaladjon”, mert az drasztikus kapacitáscsökkenéshez vezet! Ha a névleges értéket elértük, akkor egy, a gyógyszerárakban beszerezhető gumilabdával fújjuk ki a furatból a spént, majd kapcsoljuk egy néhány kΩ-os ellenálláson keresztül a kondenzátort a névleges feszültségét (63 v. 100 V) megközelítő DC-tápfeszültségre. Ezután gondosan, a kivezetéseket többször rövidre zárva süssük ki, majd ellenőrzésképpen mérjük meg újra a kapacitását. Ha megfelelő, akkor a furatot töltjük ki körömlakkal. A lakk megszáradása után a kondenzátort beforrasztható a helyére.

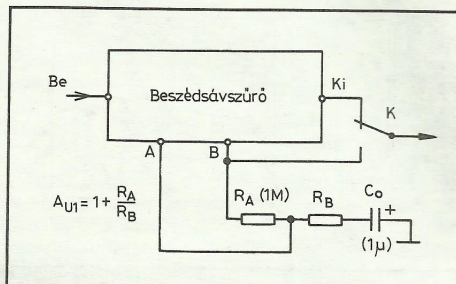
Tudom, hogy a fenti, meglehetősen brutálisnak, szakszerűtlennek tűnő eljárás nem találkozik az alkatrészgyártók, de az elektronikában jártas más szakemberek tetszésével sem; ennek ellenére az így trimmerelt kondenzátorok minden tekintetben megfelelőek, kellően stabilnak bizonyultak. Meg kell jegyezni, hogy ezt a módszert csak a REMIX megadott típusainál próbáltam ki.

Ha a szűrőhálózat elemeit kellő pontossággal kiválogattuk, illetve trimmereltük, akkor az áramkör beállítás nélkül üzemképes; paramétereit, karakterisztikáit megfelelőnek a kívánalmaknak.

Ahhoz, hogy a szűrőpanel mint modul egység egy később tervezendő nyákba beültethető legyen, el kell látni a megfelelően merev „lábakkal”. A mintapéldányba erre a célra 7 db, a modultévékben is használt, lemezből kivágott csatlakozótűskét forrasztottam be.



5. ábra



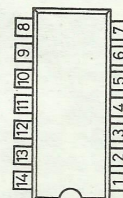
6. ábra

Alkalmazás

A túlvezérlés elkerülése érdekében a szűrőmodul a hangfrekvenciás átviteli láncba valahol elől – például az első fokozatot követően – kell beiktatni. Ha egy meglévő készülékbe utólag építjük be, akkor pótlólagos feszültségerősítés nem szükséges, az A-B pontokat egyszerűen rövidre zárjuk. Ha az 1. fokozattól $A_u > 1$ feszültségerősítést követelünk meg, akkor az A-B és a föld közé a 6. ábrán látható visszacsatoló hálózatot kell beiktatni. A feszültségerősítés az ábrán szereplő képlettel számítható. Hogy a fokozat kimeneti ellenállása ne növekedjen meg túlságosan, $A_u > 10$ erősítést nem célszerű beállítani. A K kétállású kapcsolóval a szűrőfokozatok kiiktathatók az átviteli láncból.

A bemutatott kapcsolás néhány fontosabb paramétere:

- sávhatárok: 300 Hz, 3350 Hz (-3 dB);
- futásidő-ingadozás az áteresztősávban: 2,2 ms;
- fázisszög-ingadozás az áteresztősávban: 324°;
- tápfeszültség-tartomány: +7 ... +25 V; alulról a műveleti erősítők működőképessége, felülről C_4 feszültségtűrése korlátozza;
- áramfelvétel +9 V-ről: 11 mA;
- a maximális megengedett effektív jelfeszültség a B ponton, +9 V tápfeszültség esetén: 1,4 V.



TL084

- 1: kimenet 1
- 2: inv. bem. 1
- 3: neminv. bem. 1
- 4: +U
- 5: neminv. bem. 2
- 6: inv. bem. 2
- 7: kimenet 2
- 8: kimenet 3
- 9: inv. bem. 3
- 10: neminv. bem. 3
- 11: -U (vagy 0)
- 12: neminv. bem. 4
- 13: inv. bem. 4
- 14: kimenet 4

Passzív hangfrekvenciás szűrő

Elsősorban műsorvevő rádiókészülékek amatőrvevővé átalakítása során (pl. a közismert VEF206 esetében) vehetjük hasznát az 1. ábrán bemutatott passzív hangfrekvenciás szűrőnek.

Ezt a szűrőt a vevőkészülék hangszóró-kimenete és a hangszóró (vagy fejhallgató) közé kell kapcsolni. Ki- és bemeneti impedanciája kb. 4Ω , és a hangfrekvenciás jeleket $300 \dots 3000$ Hz között engedi át.

A szűrő bemenetén egy tranzisztros zsebrádióba való ellenütemű kimeneti transzformátort találunk fordított bekötésben. E transzformátor impedancia-áttele: $600 + 600/3,2\Omega$. A transzformátor a rádiókészülék kis impedanciás kimenetét illeszti a szűrő kb. 600Ω -os bemeneti impedanciájához. A $C_1-C_2-L_1$ 3 pólusú Chebyshev felüláteresztő szűrőt alkot, a sárfrekvencia 300 Hz. A felüláteresztő szűrő kimenete közvetlenül az L_2-L_4 és C_3-C_9 tagokból álló elliptikus aluláteresztő szűrő bemenetére csatlakozik. E szűrő sárfrekvenciája 3000 Hz, kimenetét egy, a bemenetivel megegyező, transzformátor illeszti a hangszóróhoz.

A hangfrekvenciás szűrő átviteli görbéjét a 2. ábra mutatja.

A szűrő tekercseinek induktivitása: $L_1 = 220$ mH, $L_2 = 39$ mH, $L_3 = 22$ mH és $L_4 = 27$ mH. A tekercseket célszerűen kis fazékmagokra lehet elkészíteni. A fazékmagokon általában feltüntetik az ún. A_L -értéket, melynek segítségével ki lehet számítani az adott induktivitás megvalósításához szükséges menetszámot. A menetszám meghatározására az alábbi képlet szolgál:

$$n = \sqrt{\frac{L \cdot 10^6}{A_L}}$$

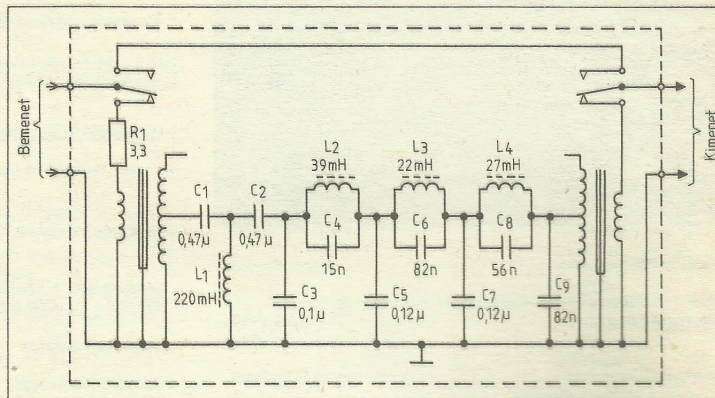
ahol az L az induktivitás mH-ben, az A_L pedig az adott fazékmag jellemzője nH/menet²-ben. Például $A_L = 630$ -as fazékmagot használva esetünkben az $L_1 = 590$ menet, $L_2 = 249$ menet, $L_3 = 187$ menet és az

Amatőr kapcsolások

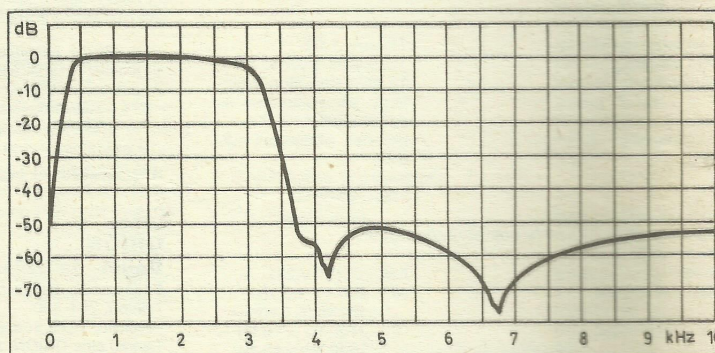
$L_4 = 207$ menet. A tekercsek elkészítéséhez szükséges huzal átmérőjét úgy kell megállapítani, hogy a tekercs a csévetestet lehetőleg teljesen „megtöltse”.

A passzív hangfrekvenciás szűrőt akár a készülékbe, akár külön dobozba szerelhetjük be. Utóbbi esetben a szűrő kikapcsolóját akár el is hagyhatjuk.

(Practical Wireless 1986/12.)



1. ábra. Passzív hangfrekvenciás szűrő



2. ábra. A passzív HF-szűrő átviteli görbéje