

# A-/AB-osztályú hangerősítő – stabilizált munkaponttal

Piret Endre okl. színesztévé szakmérnök, [piret@dtnetwork.hu](mailto:piret@dtnetwork.hu)

Félvezetős audio (vég-)erősítőink végfokainak elektromos munkapontját mindezekig az alkalmazott teljesítményerősítő eszközök termikus állapota határozta meg. Alkalmazunk ugyan termikus kompenzációt, pontosabban előreszabályozást a B-osztályú végfokoknál, de ez lomha, függ a környezet hőmérsékletétől, a másortól stb. A konstruktőr nem tehet mást, mint hogy a biztonság kedvéért túlméretezi a végerősítő két legdrágább alkatrészét, a hálózati transzformátort és a hűtőbordát. Különösen igaz ez az A-osztályban dolgozó végerősítők esetében. Így voltam ezzel kedvenc JLH (John Linsley Hood) típusú erősítőimmel [1] én is, minden jó tulajdonságuk mellett zavart az instabil nyugalmi áram, bár hőmegfűtás az elmúlt évek alatt sohasem fordult elő. Kerestem tehát a megoldást arra, hogy a végerősítő eszközök nyugalmi áramát elektronikusan tudjam állandó értéken tartani.

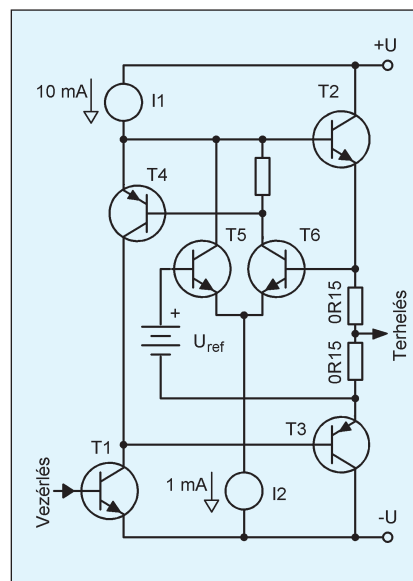
Ráakadtam D. Self közleményére [2], amely szimpatikus megoldást kínál, bár mint látni fogjuk, minimális kiegészítésre szorult. Az elv az 1. ábrán látható. Az ábra egy Lin-féle, klasszikus felépítésű erősítő két utolsó fokozatát, és a nyugalmi áramot stabilizáló áramstabilizátort mutatja. A Lin-féle topológiájú erősítő három fokozatból áll: a bemeneti differenciálerősítő fokozatból, a földelt emitterű feszültségerősítő fokozatból (ábránkon T1), és a teljesítményerősítő (általában összetett) emitterkövető ellenütemű fokozatból, amelyet itt most két tranzisztor, T2 és T3 szimbolizál.

A nyugalmi áramot a két teljesítményerősítő tranzisztor emitterében, a más okból már meglévő, két, néhány tized ohmos ellenállás érzékeli. Rajtuk az átfolyó árammal arányos feszültség keletkezik. Ha ennek a feszültségnek a középértékét állandó értéken tartjuk, a teljesítményerősítők nyugalmi árama még a váltóáramú vezérléstől függetlenül is állandó marad.

A T5, T6 tranzisztorokból és az I2 áramgenerátorból álló differenciálerősítő a két emitterellenálláson keletkező feszültséget összehasonlítja az  $U_{ref}$  referenciafeszültséggel, a keletkező hibajel vezérli a T4 tranzisztort. Ez a tranzisztor pedig változtatja a két teljesítményerősítő tranzisztor előfeszítését, így záródik az áramstabilizáló (szervo) hurok. T4 szerepe itt is ugyanaz, mint a szokásos

B-osztályú erősítőkben, csak most nem termikus, hanem elektromos vezérlést kap. Az egész áramstabilizáló áramkör „rajta ül” a nagy amplitúdójú kimenőjelen, T5 és T6 kollektorai már eleve rajta ülnek, emittereiket pedig áramgenerátor táplálja, így ezzel sincs gond. A referenciafeszültség „rajta ülését” pedig majd külön kell biztosítani.

Körülményesnek tűnt a fenti munkapontstabilizálás adaptálása a JLH típusú erősítőhöz. Ekkor jött az a gondolat, hogy megkíséreljek egy, a JLH erősítő felépítésétől merőben eltérő Lin-féle felépítésű erősítőt csinálni úgy, hogy az erősítő minősége, hangzása utolérje a JLH erősítőét.



1. ábra

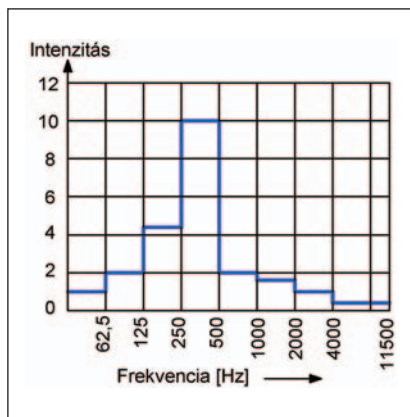
## A teljesítményerősítő fokozat működésmódja (osztálya), energetikai viszonyok

Az A-osztályban dolgozó végfokozatokat az jellemzi, hogy aktív eszköze(i) a vezérlés teljes tartományában nem zár(nak) le teljesen. Lehetnek ellenüteműek, vagy nem ellenütemű (single-ended) kivitelűek. Ez utóbbiak csak A-osztályban dolgozhatnak, míg az ellenüteműek dolgozhatnak az A-osztályú üzemen kívül AB- és B-osztályú üzemenben is.

Egy A-osztályú teljesítményerősítő maximális teljesítményének két korlátja van, egy feszültségkorlát, amely a tápfeszültség nagyságától függ, és egy áramkorlát, amelyet a nyugalmi áram határoz meg. Adott terhelőellenálláshoz optimalizált esetben mindkét korlát egyszerre lesz hatáskorlát, egyszerre fog ki a feszültség és az áram. A bökkenő csak az, hogy egy hangszóró impedanciája a frekvencia függvényében nem állandó. Egy mély-közép hangszórónak valahol a 100 Hz-től 1 kHz-ig terjedő frekvenciatartományban impedancia minimuma van. Egy névlegesen 8 ohmos hangszórónál a minimumban 5 és 6 ohm közé esik ez a szinte teljesen ohmos impedancia. Egy 10 W kimenőteljesítményű, 8 ohmra optimalizált erősítő 5,7 ohmos terhelés esetén már 6,44 V kimenőfeszültségnél, azaz 7,3 W kimenőteljesítménynél eléri az áramkorlátot, tovább vezérelve már

túlvezérlődik. Ha ez a teljesítményerősítő single-ended, akkor csak a nyugalmi áram 0,8 A-ról 1,11 A-re emelésével érhetjük el a feszültségkorlátig terjedő teljes kivezérelhetőséget a szóban forgó frekvenciasávban. Ellenütemű teljesítményerősítő fokozatnál más a helyzet: ezeknél a teljesítményerősítő eszközön átfolyó áramot nem korlátozza semmi, nincs áramkorlát, a fokozat az A-osztály áramkorlátját elérve egyszerűen átmegy B-osztályú működésbe (ez az AB-osztályú működés). Maximális kivezérlésnél, a feszültségkorlát meghaladása előtt az 5,7 ohmra leadott maximális teljesítmény 14,2 W lesz. Ez azt is jelenti, hogy egy ilyen erősítő esetünkben úgy a 8 ohmos terhelésre, mint a 5,7 ohmosra 9 V kimenőfeszültséget képes leadni, vagyis a hangnyomás mindkét terhelés esetén azonos anélkül, hogy a nyugalmi áramot megnöveltük volna.

A valódi, vagy ha tetszik, nagyáramú AB-osztályról van most szó, ahol a kisebb pillanatnyi kimenőteljesítményeknél A-osztályú az üzemmód, felette pedig B-osztályban dolgoznak a teljesítményerősítő eszközök. Az automatikus átmenet helyét a nyugalmi áram megválasztásával különböző tervezési szempontok szerint választhatjuk meg. Az átmenetnél törés van az átviteli karakterisztikában, hiszen A-osztályban mindkét teljesítményerősítő eszköz állandóan dolgozik, míg B-osztályban egyszerre csak az egyik, és így a teljesítményerősítő fokozat meredeksége a felére csökken. Ha az átmenet viszonylag nagy teljesítménynél, csak a műsor csúcsamplitúdóinál következik be, akkor ez a torzítás sokkal kevésbé irritáló, mint a tiszta B-osztályú üzemből keletkező cross-over torzítás, mely a jel nullátmeneteinél jelentkezik.



2. ábra

Még a csöves korszakban találták ki ezt az AB-üzemmódot, és akkor a cél az volt, hogy ezzel az üzemmóddal a csövek megengedett maximális disszipációját a teljes vezérlési tartományban kihasználják. Csöveknél a katódeellenállás valamennyire stabilizálta a nyugalmi áramot, félvezetőknel viszont ilyenfajta nyugalmiáram stabilizálás csak nagy kimenőteljesítmény-csökkenés árán volna megvalósítható, a már változó nyugalmiáram stabilizálás viszont ezt a problémát teljesítményvesztés nélkül oldja meg. Ha a beállítás olyan, hogy csak a 8 ohm alatti terhelőimpedenciák esetében vált működésmódot az amplitúdócsúcsokban az erősítő, akkor a torzítás megnövekedése a gyakorlatban alig mutatható ki.

Az impedanciaminimumban leadott teljesítmény maximalizálásának külön hangsúlyt ad az a tény, hogy a műsorok hangerejének is pont ebben a frekvenciasávban van maximuma. A 2. ábrán láthatjuk egy nagyzenekar hangteljesítményének frekvencia szerinti eloszlását (forrás: [3]).

Az elmondottakból az következik, hogy egy ellenütemű, 8 ohmra optimalizált, stabilizált nyugalmiáramú végfokozat körülbelül 3 dB-lel hangosabban tud szólni,

mint egy single-ended. Ez a jelenség volt az, mely a nyugalmi áramstabilizálás problémamentes megvalósításának lehetőségén túl arra ösztökélt, hogy a JLH rendszerű teljesítményerősítőket elhagyva egy ellenütemű teljesítményerősítő megvalósításába fogjak.

### Az erősítő

Ez egy alapvetően A-osztályú erősítő, mely képes AB-osztályban is működni. Felépítése a klasszikus Lin-féle felépítést követi, de két tulajdonságban eltér ettől. Az egyik ilyen tulajdonság az, hogy a globális visszacsatolás mérsékelt nagyságú (30 dB körüli), a másik pedig az eltérő kompenzációs mód, amely nagy nyílthurkú sávzélességet eredményez. A mérsékelt globális visszacsatolás miatt „feleslegessé” való erősítést helyi, egy fokozatra kiterjedő visszacsatolásokra fordítjuk. A teljes erősítő kapcsolási rajzát a 3. ábrán láthatjuk.

### A bemeneti differenciálerősítő

Ez a fokozat a JLH-típusú erősítőimből származik. T1 és T2 az erősítő elemek, T4 és T5 a szokásos áramtükör, a T3-ból kialakított áramgenerátor nagy dinamikus kimenőimpedanciája pedig a jó közösmódusú elnyomást biztosítja. T1 báziskörében az R1 ellenállás a kapacitív jellegű meghajtóimpedanciák (árnyékolt kábel) esetén jelentkező nagyfrekvenciás gerjedékenységet szünteti meg. A D3 dióda a globális visszacsatolás hálózatában lévő C6 kondenzátort védi meg a negatív egyenfeszültségektől, melyek a hátrább lévő fokozatok katasztrofális meghibásodása esetén léphetnek fel. Ez a jelenség azért lehet veszélyes, mert a fordított polarizáló feszültség hatására C6 ugyan nem megy tönkre, de ESR-je romlik, a hiba elhárítása után az erősítő




## Ageta méréstechnika



FLUKE

Tektronix

Agilent Technologies

metrix

GW INSTEK

TTP

UNI-T

RIGOL

OWON

MÉRŐMŰSZEREK, OSZCILLOSKÓPOK, ANALIZÁTOROK, JELGENERÁTOROK, TARTOZÉKOK .....

Ageta Kft. <http://shop.ageta.hu> ; email: [ageta@ageta.hu](mailto:ageta@ageta.hu) ; Tel.: 30/2564-288 ; Fax: 96/214-342
