

P Á S M O V Ý K O R E K T O R

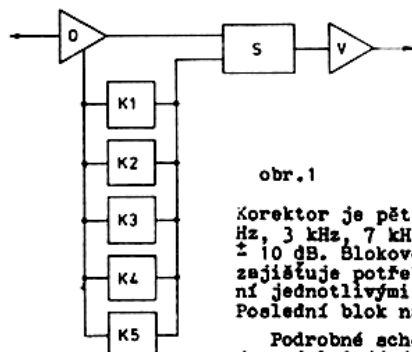
Ing. Z. Kašpar, B. Dellinger - Plzeň

ozvučování ve zvukově nevyhovujících sálech je zapotřebí poněkud rozmanitější ovlivnění kmitočtové charakteristiky přenosového řetězce, aby byl výsledný efekt optimální. Zde se dají s výhodou použít tzv. pásmové korektory, u kterých je rozsah akustických kmitočtů rozdělen do několika pásem. U nás byly publikovány pásmové korektory jen výjimečně, přičemž stavba vyžadovala komplikovanější práce, například mechanické "rozpálení" dráhy potenciometru, vinutí indukčností apod. Když se na trhu objevily potenciometry TP 600 a TP 601, u nichž lze bez problémů vyvést střed odporové dráhy /je tam nýtek/, rozhodli jsme se vyzkoušet zapojení podle katalogu firmy RIM a aplikovat ho na naše součástky.

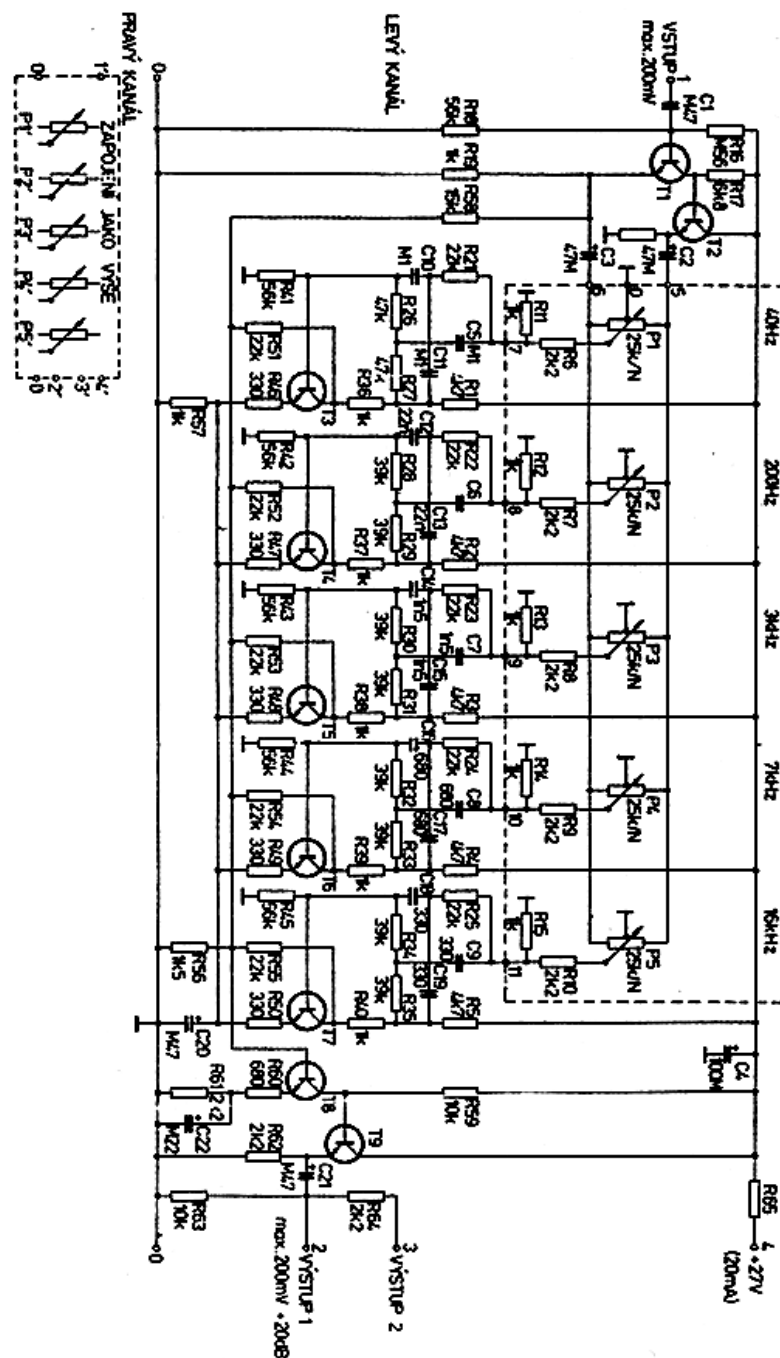
Pásmový korektor je zhotoven jako vestavná nebo samostatná jednotka vhodná pro zapojení do běžných tranzistorových reprodukcích řetězců za předzesilovače signálu. Z toho vyplývá stereofonní provedení, zesílení korektoru 0 dB, kmitočtový rozsah v lineární poloze regulátorů 30 Hz až 20 kHz \pm 1 dB, vstupní impedance asi 50 k Ω , výstupní přibližně 5 k Ω . Maximální vstupní napětí je 200 mV.

Korektor je pětipásmový s kritickými kmitočty 40 Hz, 200 Hz, 3 kHz, 7 kHz a 16 kHz, rozsah regulace je minimálně \pm 10 dB. Blokové schéma je na obr. 1. Oddělovací stupeň 0 zajišťuje potřebnou vstupní impedanci a umožňuje zatížení jednotlivými korektory K1 až K5 a směšovací stupněm S. Poslední blok na obr. 1 je výstupní zesilovač V.

Podrobné schéma jednoho kanálu korektoru je na obr. 2 /na následující stránce/. Oddělovací zesilovač je tvořen dvojicí tranzistorů T1, T2 s přímou vazbou. Z neblokovaného emitorového odporu R19 prvního tranzistoru se odebírá jednak průchozí signál, jednak signál pro potenciometry korektorů.



obr. 1



Z kolektoru se odebrá signál s opačnou fází, který se přes emitorový sledovač T2 vede na druhé části odporových drah potenciometru.



Korekční obvody jsou selektivní zesilovače s tranzistory T3 až T7 s dvojitými články T vždy mezi kolektorem a bází. Signál s příslušnou fází, souhlasnou nebo nesouhlasnou s průchozím signálem, se na selektivní zesilovače přivádí z běžné regulační potenciometru. Zesilovač prochází jen kmitočtově pásmo kolem kritického kmitočtu, který je určen známým vztahem:

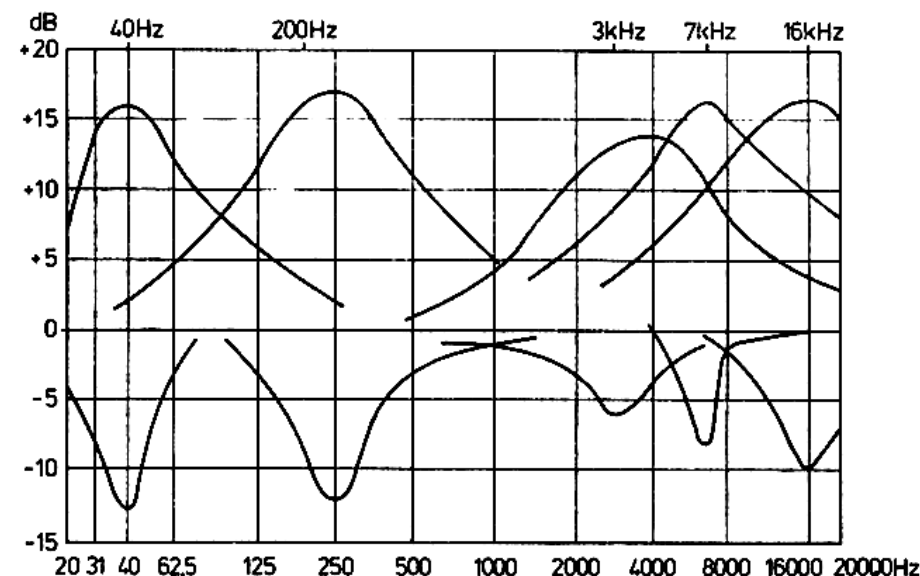
$$f_k = \frac{1}{2\pi RC}$$

Hodnoty odporů R jsou voleny s ohledem na předpětí bází tranzistorů 47k nebo 39k. Kapacita C je vypočtena a zaokrouhlena na nejbližší hodnotu s normalizovanou řady.

Směšování probíhá přes odpory v bází T8. K průchozímu signálu se přičítá signál prošlý jednotlivými selektivními zesilovači. Při fázové shodě se příslušné pásmo zdůrazní, při opačné fázi potlačí. Zapojení výstupního zesilovače je běžné. Emitorový sledovač T9 zajišťuje malou výstupní impedanci.

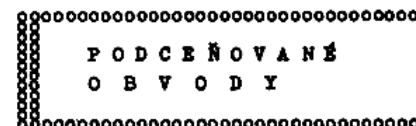
Pro stavbu jsme použili zcela nevybírané součástky, tranzistory KC509, odpory o toleranci $\pm 10\%$, kondensátory $\pm 20\%$, a to i v obvodech článků T. Přesto pásmový korektor jako celek provozně a funkčně dobře vyhoví, což je patrné z naměřených hodnot na obr. 1. Vybereme-li odpory a kondensátory článků T s větší přesností, lze očekávat větší regulační rozsah a strážnější průběhy charakteristik /menší šířky jednotlivých pásem/.

obr. 3



Vzorek pracoval na první zapnutí /oba kanály/, v žádném provozním režimu se neprojevovaly sklony k záškubům.

Pásmový korektor jsme uspořádali na dvou spojovacích deskách. Jedna, horní, nese potenciometry a odpory z jejich běžců, druhá ostatní součástky. Obě desky jsou sešroubovány v propojovacích bodech, což umožňuje snadnou demontáž při eventuelních opravách. Současné je celé dostatečně tuhé, do vhodné skřínky ho stačí přichytit čtyřmi šrouby.



PŘEPÍNAČ (SPÍNAČ)
MONO/STEREO

Úlohou tohoto ovládacího prvku ve stereofonních zesilovačích je umožnit monofonní reprodukci stereofonního signálu (L + P) a dvoukanálovou monofonní reprodukci signálu, přiváděného na jeden ze stereofonních vstupů (L nebo P).

U běžných zesilovačů se spínač mono/stereo zařazuje mezi vstupy korekčních zesilovačů hloubek a výšek, tj. za vstupní předzesilovače a přepínač zdrojů signálu. Není však správné zapojit spínač přímo mezi výstupy zdrojů signálového napětí U_0 levého a pravého kanálu podle obr. 1, protože zde zdroje jsou výstupní obvody přístrojů (magnetofonu, tuňerů) nebo výstupní obvody vstupních předzesilovačů (například korekčního zesilovače magnetické přenosky).

V rozpojeném stavu (stereofonní provoz) je vše v pořádku: každý zdroj je zatížen odporem R_z (například vstupními odpory korektorů), který konstruktér volí několiknásobně větší než vnitřní odpor zdroje R_0 . Přenos z každého zdroje na výstup je dán vztahem

$$\frac{U_z}{U_0} = \frac{R_z}{R_0 + R_z} \quad (1)$$

Pokud bude $R_z \gg R_0$ (v praxi $R_z \geq 10R_0$),

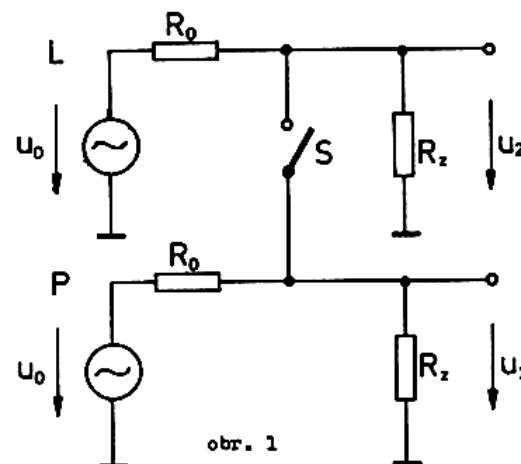
lze považovat přenos za jedničkový.

Jakmile ale spínač S sepne (monofonní provoz, připojení oba zdroje), podstatně se zatěžovací podmínky změní. Každý zdroj bude zatížen odporem, daným paralelní kombinací odporů R_0 a $0,5 R_z$. Matematicky vyjádřeno činí potom zatěžovací odpor zdroje $R_{zm} = \frac{R_0 R_z}{2R_0 + R_z}$ (2)

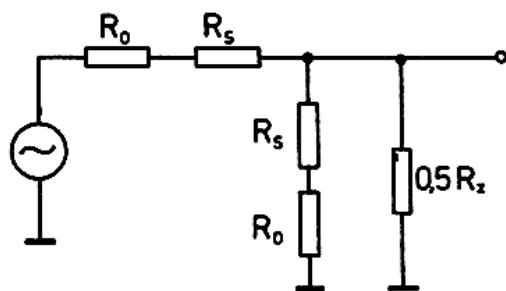
I pro $R_z \gg R_0$ dostáváme zcela nepřijatelné podmínky pro správnou činnost zdrojů. Například pro $R_0 = 10 \text{ k}\Omega$, $R_z = 100 \text{ k}\Omega$ vyjde $R_{zm} \approx 8,4 \text{ k}\Omega$ (1).

Při obvodovém řešení zesilovače bychom proto vždy měli za odpory R_0 (tj. za zdroje, před spínačem) zařadit oddělovací odpory R_g . Náhradní zapojení pro monofonní provoz ukazuje potom obr. 2 (na následující stránce). Snadno lze spočítat, že zdroj signálu je zatížen odporem

$$R_{zms} = \frac{R_z (R_0 + R_g)}{2(R_0 + R_g) + R_z} + R_g \quad (3)$$



obr. 1



obr. 2

mínající na zátudnosti spínače mono/stereo, volili právě $R_z = 10R_0$, vyšel by odpor $R_s \approx 7R_0$. Přenos při stereofonním provozu by byl

$$A_{\text{stereo}} = \frac{10R_0}{R_0 + 7R_0 + 10R_0} \approx 0,55 \text{ (-5 dB)}$$

To je dost velký útlum. Pro dosažení přenosu při stereofonním provozu alespoň 0,9 (cca -1 dB), je zapotřebí volit odpor $R_z \geq 50R_0$; pak vyjde přibližně $R_s = 5R_0$.

Zapojení spínače podle obr.1 (lhostejno, zda jsou anebo nejsou použity odslavovací odpory R_g) má ještě jednu charakteristickou vlastnost, a to pokles přenosu na polovinu (-6 dB) při přepnutí na monofonní provoz. Stačí si srovnat tvary pro výpočet přenosů:

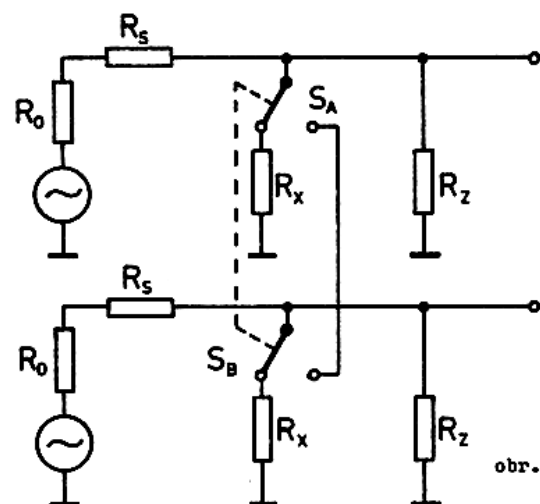
$$A_{\text{stereo}} = \frac{R_z}{R_0 + R_s + R_z} \quad (5)$$

$$A_{\text{mono}} = \frac{1}{2 + \frac{R_0 + R_s}{R_z}} = \frac{R_z}{2(R_0 + R_s + R_z)} \quad (6)$$

U běžných zesilovačů tato vlastnost příliš nevádí - úroveň se vyrovná regulátorem hlasitosti. Požadujeme-li ale, aby přepínání obou druhů provozu nemělo na úroveň vliv, musíme obvody zapojit podle obr.3. V poloze "stereo" jsou připojeny odpory R_z , které zajišťují spolu s odpory R_s a R_0 (popř. včetně R_0) stejné zatěžovací podmínky za odpory R_s jako při poloze "mono", kdy jsou kanály propojeny. Pro hodnoty odporů R_x lze odvodit vztah

$$R_x = \frac{R_z(R_s + R_0)}{R_z + R_s + R_0} \quad (7)$$

Odpor R_s se určuje z dříve uvedeného vztahu (4),



obr. 3

Budeme-li požadovat, aby zdroj signálu pracoval přibližně naprázdno

($R_{\text{zms}} \geq 10R_0$), pak dospějeme k podmínce

$$R_s \geq \frac{9R_0 - R_z + \sqrt{121R_0^2 + R_z^2}}{2} \quad (4)$$

Při aplikaci vztahu (4) je velmi důležitá též volba R_z (ve vztahu k R_0). Kdybychom totiž bezmyšlenkovitě při návrhu obvodů zesilovače, zapo-



do vztahu (7) se dosazuje skutečně použitá hodnota R_s . Je pochopitelné, že přenos obvodů přepínače mono/stereo zapojených podle obr.3 bude za předpokladu $R \geq 50R_0$ přibližně -6 dB, bude ale stejný pro obě polohy přepínače.

Příklady

Před vstupem korekčního zesilovače o $R_{\text{vst}} = 500 \text{ k}\Omega$ bude zařazen regulátor hlasitosti s potenciometrem $R = 500 \text{ k}\Omega$. Na živý konec tohoto potenciometru se budou připojovat zdroje signálu - magnetofon a výstup korekčního zesilovače pro magnetickou přenosku ($R_{\text{výst.}} = 200 \Omega$).

Kritická bude zřejmě situace při provozu s magnetofonem, protože ten smí mít podle normy ČSN výstupní impedanci až 25 k Ω . Spínač mono/stereo chceme zařadit mezi živé konce potenciometrů hlasitosti.

Ve vztahu k obr.1 bude $R_s = 25 \text{ k}\Omega$, R_z je tvořen paralelním spojením odporu potenciometru $R = 500 \text{ k}\Omega$ a $R_{\text{vst}} = 500 \text{ k}\Omega$, tj. $R_z = 250 \text{ k}\Omega$ (nejméně příznivý případ).

Vychází tedy $R_z \approx 10R_0$, což z hlediska přenosových ztrát není výhodné. Nemůžeme-li měnit zapojení, musíme se postarat o zvýšení úrovně v dalších stupních.

Ze vztahu (4) vychází $R_s \approx 173 \text{ k}\Omega$. Je to dost vysoká hodnota a neměli bychom ji volbou skutečného odporu zbytečně zvětšovat. Volíme $R_s = 180 \text{ k}\Omega$.

(Můžeme si ale dovolit volit R_s i menší, například už 100 k Ω , připustíme-li pro zdroj zátěž cca 4R $_0$.)

Pro $R_s = 180 \text{ k}\Omega$ ověříme ještě ze vztahu (5) přenos:

$A_{\text{stereo}} \approx 0,55$, tj. podle očekávání cca -5 dB.

Při $R_s = 100 \text{ k}\Omega$ bychom dostali $A_{\text{stereo}} \approx 0,67$ (cca -3,5 dB).

Prohlídka většiny zapojení továrních zesilovačů prozradí, že výrobci většinou odpory R_s zcela vypouštějí. Máme-li na vstupu zesilovače připojen stereofonní zdroj signálu (například magnetofon), pracují jeho výstupy vzájemně do svých odporů. Tady lze často hledat příčiny, proč potom dvoukanálový monofonní zvuk L + P je zkreslený a vůbec divný. Tento způsob poslechu sice většinou neprovozujeme, ale stejný efekt nastává, přepisujeme-li ze stereofonního magnetofonu stereofonní nahrávku na monofonní přístroj přes zesilovač přepnutý na "mono". A to je v praxi častý případ. Bez zásahu do zesilovače lze zjednat nápravu připojením odporů R_g do cesty signálu ze zdroje - můžeme například potřebné odpory instalovat do propojovací šňůry (do konektoru). Samozřejmě, že potom poklesne úroveň na magnetofonovém výstupu, ale v citlivosti většiny magnetofonů jsou dostatečné rezervy. -vd-

