www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

Ing. M. Beran

S m ě š o v a č e

Směšovače /měniče kmitočtů/ slouží k získávání mezifrekvenčního kmitočtu z kmitočtu přijímaného a kmitočtu pomocného /oscilačního/. Pomocný kmitočet se získává v místním oscilátoru. Interferencí přijímané vlny s vlnou oscilační dostaneme vlnu rozdílovou - mezifrekvenční. Jsou tedy směšovače podstatnou částí superheterodynu /superhetu/.

Interference se používalo již v samých počátcích příjmu netlumených vln. Rozdílový kmitočet se volil tak malý, aby byl slyšitelný ve sluchátkách /cca 1 000 Hz/. Takovýto přijímač, jehož cílem bylo učinit netlumené vlny slyšitelnými, se nazýval heterodyn. Jeho princip si dal patentovat již v r. 1905 Fessenden. Byl to velký pokrok v radiotelegrafii.

U superheterodynu se volí rozdílový kmitočet oproti heterodynu poměrně vysoký /desítky až stovky kHz/, který se teprve po zesílení mění v kmitočet slyšitelný /nízkofrekvenční/. Směšování vlny přijímané s vlnou oscilační se říkalo první detekce, kdežto přeměny mezifrekvenčního kmitočtu v kmitočet nízkofrekvenční druhá detekce.

Směšování je možno provádět dvojím způsobem: Součtovým a součinovým.

Součtové /aditivní/ směšování je způsob starší, méně dokonalý. Přijímaná /vstupní/ i oscilační frekvence se přiváděla na řídicí mřížku elektronky /obvykle triody, ale i pentody/. Aby vznikl rozdílový kmitočet, bylo nutno pracovat v místě značného zakřivení charakteristiky elektronky. Toho se dosáhlo vhodně voleným předpětím. V anodovém okruhu elektronky vznikly mezifrekvenční kmitočty dva - součtový a rozdílový. K dalšímu zpracování /zesílení/ se však obvykle používal kmitočet rozdílový.

Součtové směšování bylo však hodně nedokonalé. Směšovala se nejen vlna přijímaná a oscilační, ale i dvě různé vlny přijímané, dokonce i vyšší harmonické kterékoliv z přijímaných vln s vlnou oscilátoru. Tím vznikalo mnoho interferenčních hvizdů. Proto se před směšovací stupeň předřazoval ještě jeden laděný stupeň vysokofrekvenční.

Součinové /multiplikativní/ směšování je dokonalejší a později výhradně používaný způsob. Spočívá v tom, že anodový proud směšovací elektronky je úměrný součinu signálu přijímaného a oscilačního /pomocného/. Z tohoto součinu dvou střídavých napětí vzniká kmitočet rozdílový - mezifrekvenční. Ovšem též i kmitočet součtový, který se však nevyužívá.

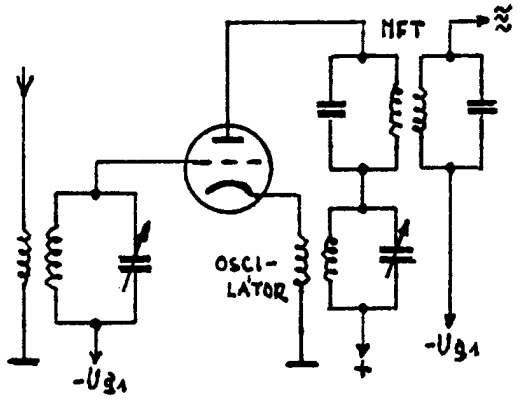
Základními požadavky na směšovače jsou tyto vlastnosti:

a/ mezifrekvenční kmitočet bez harmonických;
b/ oscilátor a směšovač nesmí vyzařovat do antény;
c/ regulace citlivosti /hlasitosti/ nesmí mít vliv na činnost oscilátoru.

Nejdůležitější způsoby zapojení směšovačů jsou tyto:

www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

a/ Směšovač s triodou



Obr. 1. Principiální zapojení.

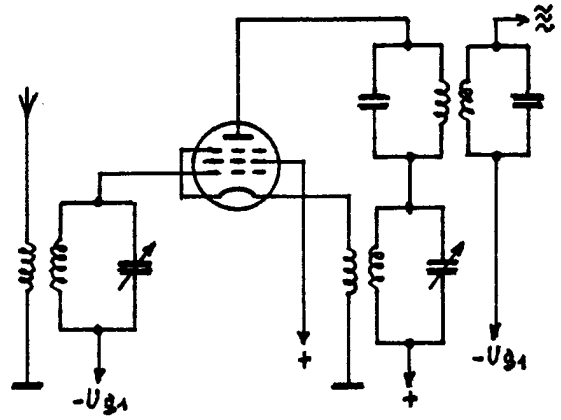
Tento způsob aditivního směšování je velice nedokonalý a používal se pouze v počátcích stavby superhetů. Protože na mřížku elektronky je přiváděn jak vstupní, tak i oscilační kmitočet, je velké nebezpečí rozkmitání vstupního obvodu oscilátorem. To se projeví množstvím hvizdů, případně i syčením /zejména směrem k vyšším kmitočtům/. Tomu se odpomáhalo neutralizací mezi mřížkou a oscilátorem. Obvykle však stačilo zařadit do přívodu k mřížce odpor /tlumicí/ cca 500 až 1 000 ohmů a vhodně rozmístit součástky a spoje /dostatečná vzdálenost vstupních cívek od cívek oscilátorových, stíněné spoje a pod./.

Schema na obr. 1. je pouze principiální. Při užití ladicího duálu pro více vlnových rozsahů bychom museli v oscilátorové sekci zařadit příslušné padingové kondensátorky, umožňující souběh oscilátoru se vstupem.

Jelikož mezi mřížkou a anodou není žádné stínění, vznikají další interference mezi oscilátorem a mezifrekvenčním kmitočtem. To působí další hvizdy při ladění, takže příjem na takto koncipovaný superhet nebyl nikterak příjemný. Z toho důvodu byly superhety ve svých počátcích pokládány za horší přijímače, než přijímače s přímým zesílením přijímaného signálu, i když oproti nim vynikaly podstatně lepší selektivitou i citlivostí.

Předpětí pro řídicí mřížku bylo u přímožhavených bateriových triod získáváno z tzv. mřížkové baterie. U nepřímožhavených síťových triod bylo možno předpětí získat spádem napětí na katodovém odporu.

b/ Směšovač s pentodou



Obr. 2. Principiální zapojení

Jde v podstatě o stejné zapojení, jako s triodou. Zde však nevznikají interference mezi oscilátorem a mezifrekvencí, neboť mezi anodou /která nese mf kmitočet/ a katodou /která má napětí oscilátoru/ je dokonalé stínění /g3/. Ovšem nebezpečí rozkmitání vstupního obvodu oscilátorem je stejné. Vznikají ale interference mezi harmonickými oscilátoru a harmonickými kmitočty, přicházejícími přímo z antény.

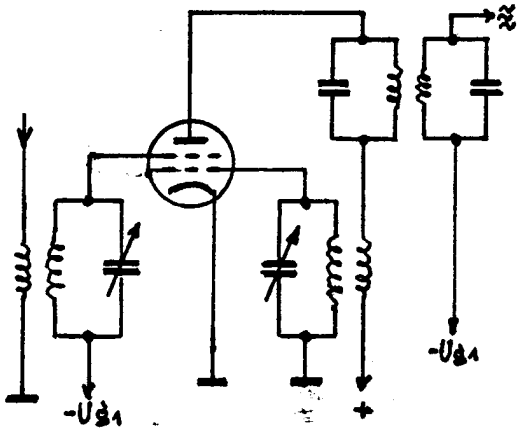
Někdy se tohoto směšovače používalo ve speciálních zařízeních pro jeho poměrně malý šum.

www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

c/ Směšovač s tetrodou

Zapojení tohoto směšovače je prakticky stejné, jako směšovače s pentodou. Má i stejné nedostatky. Používal se v době, kdy ještě nebyly zkonstruovány pentody. Typickou ukázkou použití tohoto zapojení směšovače je přijímač Telefunken T300 /viz SN 27/.

d/ Směšovač s dvoumřížkovou elektronkou



Obr. 3. Princip zapojení

Je to nejjednodušší multiplikativní způsob směšování a tudíž nejméně dokonalý. Dvoumřížkovou elektronkou zde míníme elektronku s tzv. prostorovou mřížkou, nikoliv tedy stíněnou tetrodu, o které bylo pojednáno výše ad c/. Dvoumřížkové elektronky byly velmi populární koncem dvacátých let, neboť vystačily s velmi nízkým anodovým napětím /10 - 30V/. Měly však velmi malou strmost, takže později byly vytlačeny pentodami. Ty sice pracovaly s podstatně vyšším anodovým napětím, avšak i při velmi nízkém anodovém napětí měly větší zesílení, než elektronky dvoumřížkové.

Kromě běžně definované strmosti elektronky jakožto závislosti změn anodového proudu na změnách napětí řídicí mřížky /mA/V/ rozlišujeme tzv. směšovací strmost v oblasti vysoké frekvence /Ugl/ a mezifrekvence /I A/. Směšovací strmost dvoumřížkové elektronky činí cca 0,1 mA/V, kdežto u dokonalých směšovacích elektronek činí běžně 0,75 mA/V.

Protože jsou mezi mřížkami a anodou velké kapacity, umožňuje to dostat se jak oscilátorovému, tak mezifrekvenčnímu kmitočtu až do antény. To se projeví množstvím hvizdů při ladění. Tomuto nežádoucímu vyzařování se zabraňovalo předřazením vf stupně. Nezabránilo se však tím pronikání přijímané frekvence do mezifrekvenčního filtru /MFT - mf transformátoru/, čímž dochází k velkému množství interferencí s mf kmitočtem a jeho harmonickými, oscilačními kmity a jeho harmonickými s přijímaným kmitočtem.

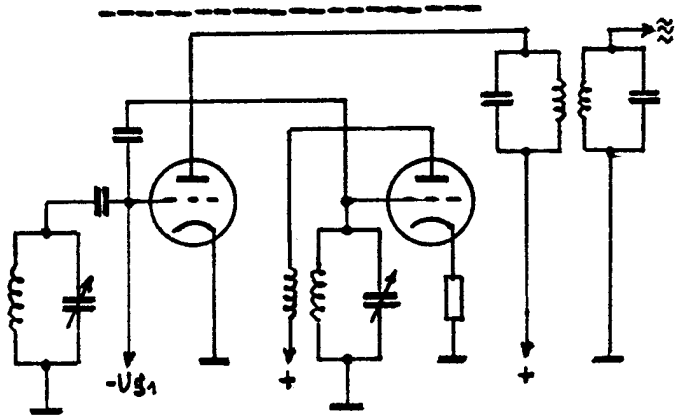
Aby se tomu zabránilo, bývá primár prvního MFT úmyslně velmi nízké jakosti /Q/, čehož se dosahovalo malou indukčností spolu s paralelní velkou kapacitou /cca 5 - 10 nF/. Navíc amplituda oscilátoru se uměle snižovala přídavným ssacím vinutím. Jako příklad tohoto zapojení viz např. Telefunken T500 /SN 11/.

Místo dvoumřížkové elektronky s prostorovou mřížkou lze sice použít i stíněné tetrody ve stejném zapojení, jako je na obr. 3, ale i zde jsou velké potíže se vzájemně kapacitně se ovlivňujícími mřížkami. V době užívání tetrod /u přímozesilujících přijímačů/ se již začalo s konstrukcí speciálních směšovacích elektronek, takže tetrod se jako směšovaček nepoužívalo. Avšak

www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

používalo se jich v zapojeních s odděleným oscilátorem ve velkých /luxusních/ superhetech počátku třicátých let.

e/ Dvoulampový směšovač

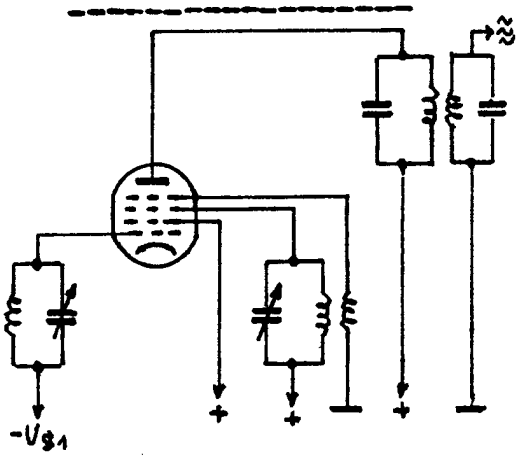


Obr. 4. Principiální zapojení.

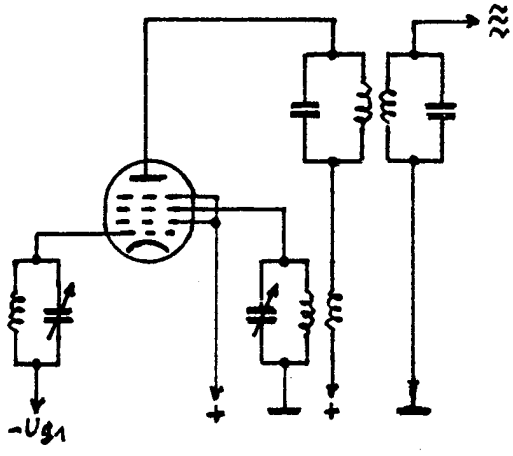
Tohoto způsobu směšování se používalo již v první polovině dvacátých let u velkých sedmilampových superhetů, osazených přímožhavenými triodami. Obvykle první trioda jako předzesilovací vf stupeň /zamezení vyzařování do antény/, druhá jako vlastní směšovač /tzv. první detekce/, třetí jako oscilátor, čtvrtá až šestá mf zesilovač a konečně sedmá jako audion /tzv. druhá detekce/. Pokud byl vyžadován poslech na reproduktor, následoval ještě jedno až dvouelektronkový nf zesilovač. K navázání oscilátoru na směšovač se obvykle používalo 2 variometrů. Typickým příkladem je např. sedmilampový superhet, popsaný v Radioamatéru č. 11, roč. 25, str. 5 a následujících číslech. Protože triody měly velké kapacity mezi mřížkami a anodami, téměř nezesilovaly vlny pod 1 000 m, používalo se mf kmitočtů velmi nízkých, 30 - 75 kHz /10 000 - 4 000 m/.

Jakmile byly vyvinuty stíněné tetrody, začalo se jich též v tomto zapojení používat, ovšem jen ve velkých /luxusních/ přijímačích. V té době se oscilační elektronka považovala za dosti velký přepych, neboť byla elektronkou pomocnou, která se na zesílení přístroje přímo nepodílela. Příkladem takovéhoto zapojení tetroda - trioda je velký superhet Telefunken T600.

f/ Směšovač s hexodou



Obr. 5. S obyč. hexodou.



Obr. 6. S fading. hexodou.

Hexoda byla první elektronkou, zkonstruovanou speciálně pro směšování kmitočtů. Má 4 mřížky: První od katody je řídicí, druhá a čtvrtá stínicí, třetí je tzv. mřížka rozdělovací. Nemá tedy mřížku brzdicí, takže má stejné nectnosti, jako stíněná

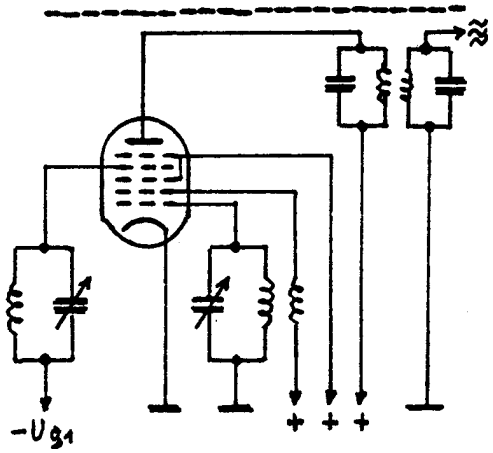
www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

tetroda. Zapojení na obr. 5 s obyčejnou hexodou, která má všechny mřížky vyvedeny na patici, se používalo jen krátce. Nevznikají zde interference mezi harmonickými přijímané vlny a vlnou oscilační. Vlivem kapacit mezi mřížkami vznikají však nežádoucí vazby mezi oscilátorem a mezifrekvencí, což se projevuje hvizdy. Zesílení hexody je poměrně malé, neboť její vnitřní odpor je nízký. Znamená to malý výkon směšování i malou selektivitu.

Lepší výsledky dává zapojení na obr. 6 s tzv. fadingovou hexodou se spojenými stínicími mřížkami /obvykle uvnitř elektronky/. Avšak ani u tohoto způsobu směšování, stejně jako u všech předchozích, nelze měnit citlivost /ručně či automaticky - AVC/, neboť řídicí napětí působí na veškerý elektronový proud elektronky, což má za následek rozlaďování oscilátoru.

Tomu se dá odpomoci samostatným /odděleným/ oscilátorem, což ovšem vyžaduje další elektronku /zpravidla triodu/. V polovině třicátých let to bylo řešení dosti nereálné, i když se ho také používalo. Dokonce ještě v létech 1937/38 např. u přijímače Telefunken Arie. Předtím jen u velkých superhetů Telefunken /Gala koncert, Grand koncert, Big Ben - s elektronkami AH1 a AC2/. Vývoj ovšem spěl ke spojení směšovací a oscilační elektronky v jedné baňce - ke vzniku tzv. oktody.

g/ Směšovač s pentagridem



Obr. 7. Princip zapoj.

Pentagrid, jak název napovídá, je elektronka s pěti mřížkami. Je to vlastně heptoda, liší se však od normálních heptod vnitřním uspořádáním mřížek. Pentakgrid má první mřížku řídicí, druhá mřížka zde zastupuje anodu oscilátoru, třetí a pátá jsou mřížky stínicí, kdežto čtvrtá je řídicí mřížkou vstupního laděného obvodu.

Směšovač s pentagridem umožňuje řízení citlivosti, což u všech předcházejících zapojení možné nebylo. To je velká výhoda. Také oproti hexodě vykazuje méně hvizdů, neboť mezi oscilátorem a mezifrekvencí je stínění. Má však poněkud větší šum.

h/ Směšovač s hexodou v pentagridovém zapojení

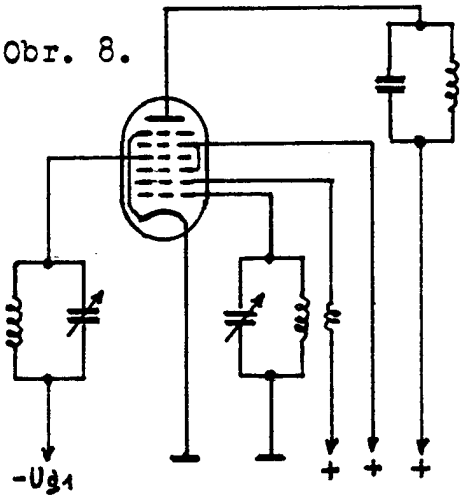
Zapojení je zcela shodné s předchozím /viz obr. 7/ pouze s tím rozdílem, že tu chybí pátá mřížka. Vyžaduje však neutralizaci vstupní mřížky. Má též velký šum.

Typickými hexodami jsou např. lampy E448, RENS1224 /neřízené/; řízené /fadingové/ např. E449 a RENS1234 /zde změnou předpětí v rozmezí -2 až -15V se dosáhne změny zesílení 1 : 100/. Z lamelových např. AH1.

www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

i/ Směšovač s oktodou

Obr. 8.

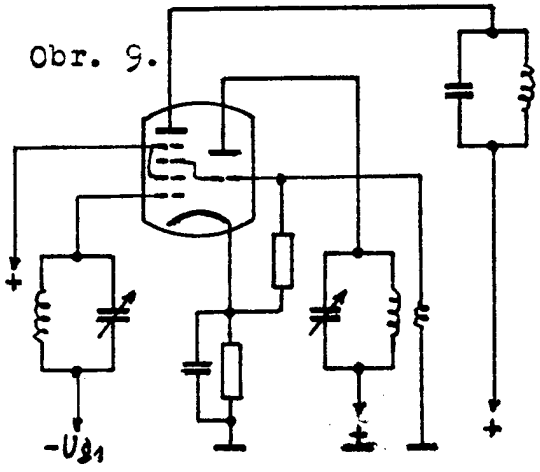


Zkonstruování oktody znamenalo vyvrcholení vývoje směšovacích elektronek. První mřížka je oscilační, druhá zastává funkci anody oscilátoru. Třetí a pátá jsou mřížky stínicí, čtvrtá je mřížka řídicí /tzv. rozdělovací/, šestá je mřížka brzdicí. Je tedy oktoda tvořena triodou a hexodou nad sebou /hexoda zde však pracuje jako pentoda/.

Změna mřížkového předpětí zde nemá vliv na kmitočet oscilátoru, čímž je umožněno řízení zesílení v širokých mezích. Protože oktoda má velký vnitřní odpor, má i velké zesílení. Navíc se vyznačuje malým šumem. Pro tyto své vynikající vlastnosti se její používání velmi v polovině třicátých let rozšířilo. Typickým příkladem oktod je např. elektronka AK1 pro čtyřvoltové a EK1 pro šestivoltové žhavení.

j/ Směšovač s triodou - hexodou

Obr. 9.



I když oktoda splňovala všechny požadavky, kladené na kvalitní směšování, přeci jen se ukázalo, že výhodnější je hexodu od triody v jedné baňce zcela oddělit /nad společnou katodou/. Oba systémy byly dokonale od sebe odstíněny, což umožňovalo dobrou funkci i v nejkratších pásmech krátkých vln.

Těchto sdružených elektronek se pak používalo až do konce výroby elektronkových rozhlasových přijímačů. Jejich další výhodou bylo, že se daly použít i v dalších stupních superhetů. Např. hexoda jako mezifrekvenční zesilovač, trioda jako ní předzesilovač. Tak bylo možno vyrábět lidové superhety s pouhými třemi elektronkami /např. Phileta, Talisman a pod./. Typické hexody - triody jsou např. ACH1, ECH3, ECH11, ECH21,

k/ Směšovač s triodou - heptodou

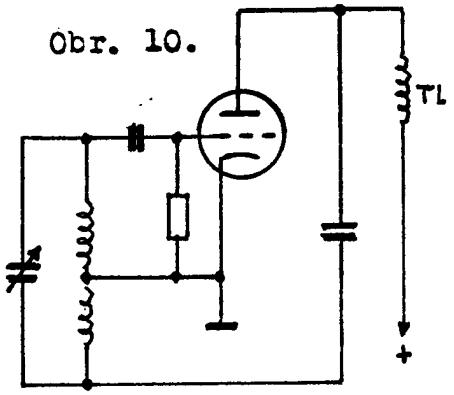
Zapojení je stejné, jako s triodou - hexodou. Pátá mřížka heptody je uvnitř elektronky spojena s katodou, třetí mřížka však bývá vyvedena samostatně /není uvnitř spojena s řídicí mřížkou triody/. Jsou to např. ECH4, ECH81 a pod.

www.radiohistoria.sk - len pre osobné použitie

Po druhé světové válce byly vyvinuty tzv. miniaturní heptalové elektronky /se sedmikolíkovou paticí/, které však neumožňovaly užití hexody - triody v jedné baňce. Pro směšování byla zkonstruována heptoda /např. 6H31/, jako oscilátoru se užívalo obvykle pentody, zapojené jako trioda /např. 6F31/. Používání miniaturních elektronek nepřineslo zvláštních výhod /místa v přijímačích bylo tak jako tak nadbytek/, naopak vedlo k velkému počtu elektronek v jednom přijímači /6 až 7/. Proto nakonec heptalové elektronky byly nahrazeny elektronkami novalovými /s 9 kolíky/, které sdružování systémů v jedné baňce bez problémů umožňovaly. /Zejména si to vynutila začínající výroba televizních přijímačů, které i tak měly elektronek požehnaně/.

Ve všech výše uvedených způsobech směšování se používalo oscilátorů s induktivní zpětnou vazbou, s laděným obvodem buď mřížkovým nebo anodovým. Jsou to nejrozšířenější oscilátory v továrně vyráběných přijímačích. Ojediněle se však vyskytují i oscilátory v tříbodovém zapojení /viz obr. 10/.

Obr. 10.



U tříbodového zapojení oscilátoru je laděný obvod zapojen mezi řídicí mřížku a anodu. Katoda je připojena k odbočce cívky. Napětí v obou částech cívky jsou v protifázi, což umožňuje vznik oscilací. Stupeň zpětné vazby závisí na volbě odbočky. Je-li příliš blízko k jednomu či druhému konci cívky, pak oscilátor přestane pracovat. Na správné volbě odbočky závisí i rovnoměrnost a stabilita oscilátoru.

Poznámka: Celá tato stať o směšovačích je určena k přehledné orientaci začínajících sběratelů. Zevrubnější poučení najdeme v rozsáhlé literatuře, která je této tématice věnována. /Různých zapojení směšovačů a oscilátorů je daleko více, než je v přehledu uvedeno/.