

Zesílení akustického signálu na požadovanou úroveň

Jaké principy zesílení zvolit?

Obsah

1. Úvod.....	3
2. Základní rozdělení zesilovacích stupňů	3
2.1. Rozdělení podle úrovně signálu	3
2.2. Třídy zesilovačů	3
2.2.1. Zesilovače třídy A	5
2.2.2. Zesilovače třídy B	5
2.2.3. Zesilovače třídy AB.....	7
2.2.4. Zesilovače třídy C	8
2.2.5. Zesilovače třídy D.....	8
3. Další témata na zvážení	9



1. Úvod

Minule jsme se zabývali různými zdroji akustického signálu, které je možné použít pro kvalitní domácí poslech. Už jsme také mluvili o tom, v jaké úrovni se většinou nachází signál na výstupech daných zdrojů. Velmi často ale tato napěťová (a výkonová) úroveň nestačí pro napájení reproduktorových soustav, proto je nutné ji na potřebnou úroveň zesílit. Předmětem tohoto článku je tedy pojednání o tom, čeho si v této části audio řetězce všimnout a je zde uveden přehled několika základních zesilovacích stupňů a jednoduché zhodnocení jejich základních vlastností.

2. Základní rozdělení zesilovacích stupňů

2.1. Rozdělení podle úrovně signálu

Protože požadované zesílení ze základní úrovně, kterou dostaneme ze zdroje akustického signálu na potřebnou výkonovou úroveň pro napájení reproduktorových soustav je velmi vysoké, není většinou možné je realizovat jednoduchým jednostupňovým zesilovačem. Dalším důležitým požadavkem pro audio řetězec je možnost regulace výstupní úrovně a případně i možnost přepínání mezi více zdroji akustického signálu. Proto se většinou i v případě High-End řešení používá dvou prvků pro zesílení akustického signálu a to:

1. Předzesilovače, který umožňuje regulaci amplitudy výstupního signálu a případně možnost volby vstupu.
2. Koncového zesilovače, který má pevné parametry a slouží pro tvorbu potřebného výkonu pro napájení reprobeden.

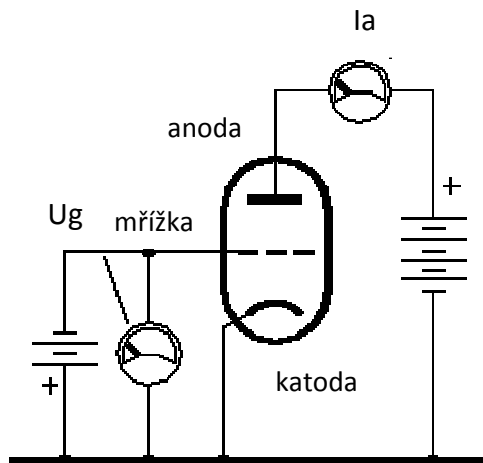
V komerčních předzesilovačích se ještě používá i obvod pro korekci frekvenční charakteristiky a to přinejmenším alespoň korekce basů a výšek. Tyto analogové korekční obvody mají ale z pohledu audiofila jednu základní nečinnost! Kdo někdy počítal anebo viděl měření frekvenčních charakteristik takovýchto korekčních obvodů, tak si určitě všiml, že posunem výsledné amplitudové charakteristiky (tj. zesílením, či zeslabením basů či výšek) se posouvá i výstupní fázová charakteristika (sousední frekvence v akustickém signálu odchází s různým časovým zpožděním)! Mění se tím výsledná barva zvuku hudebních nástrojů a ruší se tím základní požadavek audiofila, a to je věrný poslech. U High-End řešení se tedy nepoužívají.

2.2. Třídy zesilovačů

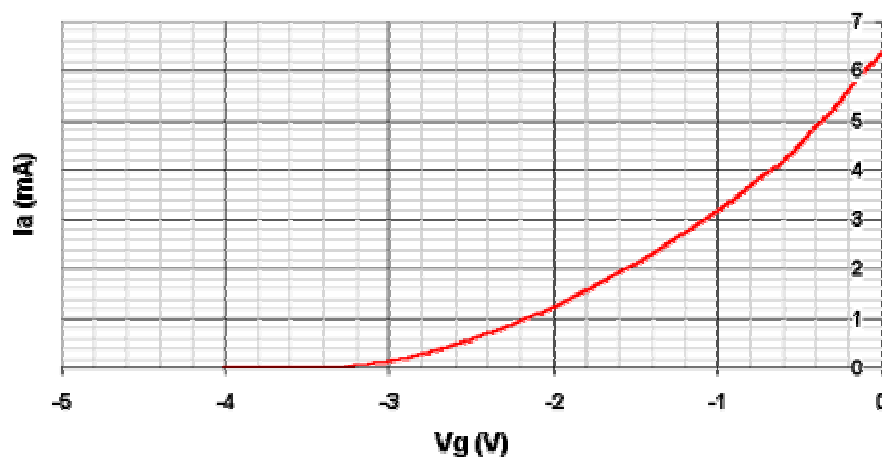
Podle způsobu zpracování nf signálu (tj. volby pracovního bodu) se zesilovače rozdělují do čtyř základních tříd. I když tříd zesilovačů je sice více (A-T), pro nf

obvody pro domácí poslech se zatím používají stejně jen tři. Pro jejich pochopení si ukážeme, co to v jednoduchosti znamená pracovní bod zesilovače.

Každý zesilovač musí hlavně obsahovat aktivní prvek (tranzistor nebo elektronku) a pak několik dalších pasivních prvků pro nastavení vlastního pracovního bodu. Na obrázku dole vidíte elektronku, jako aktivní prvek. Signál pro zesílení se v tomto zapojení připojuje na mřížku a v grafu dole ho znázorňuje hodnota V_g – záporné předpětí mřížky. Tímto malým signálem v mřížce se ovládá proud I_a z vysokého napětí na anodě. V grafu dole vidíte úroveň řídicího mřížkového napětí U_g (nebo V_g) od 0 do -4V, které ovládá anodový proud I_a v rozsahu od 0 do 6,5 mA. Výsledný průběh definuje tzv. převodní charakteristiku dané elektronky. Tuto převodní charakteristiku použijeme dále pro vysvětlení volby pracovních bodů zesilovače.

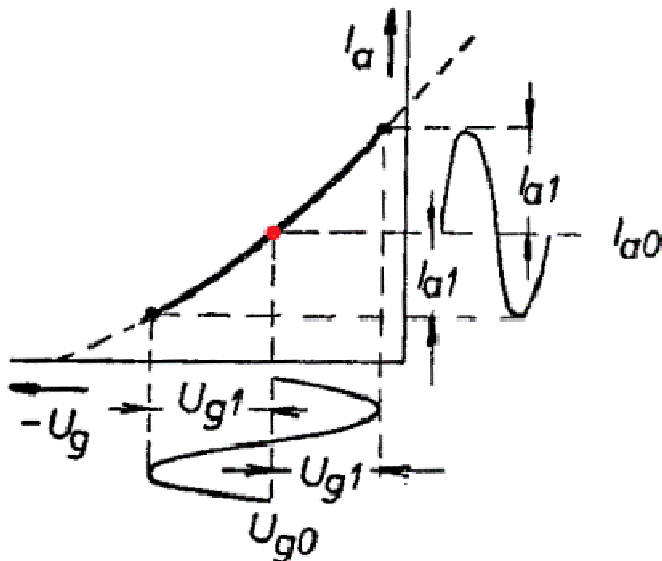


12AX7 - 250V Anode Voltage



2.2.1. Zesilovače třídy A

U zesilovačů třídy A je klidový pracovní bod nastaven do středu lineární části převodní charakteristiky aktivního prvku, viz červený bod dole.



Na tomto obrázku je znázorněn přenos sinusového signálu přivedeného na mřížku lampy. I_{a0} znázorňuje velikost klidového proudu při vstupu zesilovače bez signálu. I_{a1} znázorňují výstupní hodnoty proudu při vstupním signálu U_{g1} .

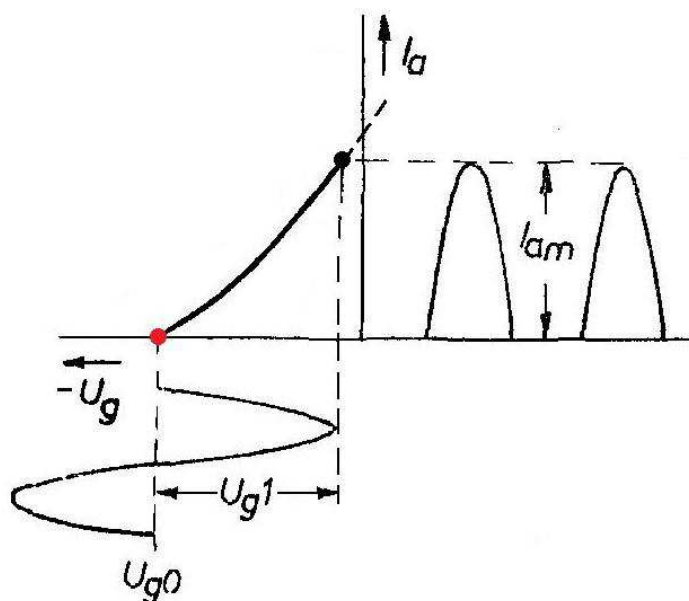
Mezi základní vlastnosti zesilovačů třídy A tedy patří:

- Ve srovnání s třídami B a C relativně malé napětí potřebné v mřížkovém obvodu k vybuzení elektronky.
- Velké napěťové i výkonové zesílení.
- Malé zkreslení přenášeného signálu i u velmi malých úrovní vstupního signálu.
- Malá účinnost. Teoreticky by mohla být až k 50%, prakticky však bud mnohem nižší. I méně než 25%.
- Konstantní odběr proudu z napájecího zdroje.

Zesilovače třídy A jsou tedy ideálním řešením pro předzesilovače, kde nepotřebujeme velké výkony a nevadí nám tedy jejich malá účinnost. Používají se sice i na koncové stupně, je ale vždy problém s výstupním výkonem, aby se mohly rozumně vybudit reproduktorové soustavy. Ty pak musí mít velmi vysokou účinnost.

2.2.2. Zesilovače třídy B

U zesilovačů třídy B je pracovní bod nastaven tak, že výstupní anodový proud v tomto bodě je nulový. Výstup zpracovává tedy jen jednu půlvlnu vstupního signálu. Aby se zpracovávaly obě, musí se použít elektronky dvě, každá na jednu půlvlnu a jedná se potom o tzv. dvojčinné zapojení.



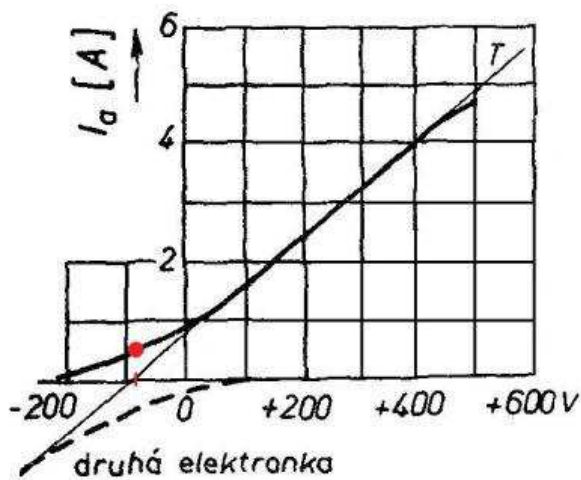
Teoretická účinnost dvojitinného zapojení může být až 78%. Praktická je kolem 60%. Je tedy mnohem lepší než u třídy A.

Mezi základní vlastnosti zesilovačů třídy B tedy patří:

- klidový proud je nulový
- anodový proud teče jen během jedné půlplny
- potřebné budicí napětí je větší (proti třídě A dvojnásobné)
- využití zesílení napětí je poloviční než ve třídě A (elektronka zesiluje jen během jedné půlplny)
- ve dvojitinném zapojení je zkreslení velkých signálů malé. Malé signály pohybující se v blízkosti nuly, kde jsou charakteristiky lamp zakřivené, jsou však velmi zkreslené. (Přechodové zkreslení popsáno níže). To je vážný problém pro audio signál, který vždy kromě základních harmonických (velkých signálů) obsahuje i velké množství ostatních harmonických signálů malých amplitud, které vytváří správnou barvu zvuku a dalších signálů o velmi malých amplitudách, které jsou různě fázově (časově) zpožděny odrazy od všech stěn a překážek v prostoru nahrávání a podávají posluchači informaci o vlastním prostoru. Pokud jsou silně zkresleny nebo chybí, nemůže si váš mozek informaci správně poskládat a slyšíte úplně něco jiného.
- anodová ztráta je v klidu nulová, její maximum je při určitém (nikoli maximálním) vybuzení

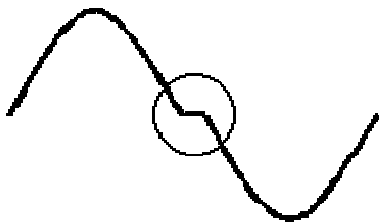
Protože charakteristika elektronky není od nuly lineární, musí se mezi oběma elektronkami dvojitinného zapojení nastavit správný pracovní bod, aby došlo ke správnému spojení činnosti obou elektronek – k minimálnímu přechodovému zkreslení. Na grafu dole vidíme převodní charakteristiku jedné elektronky plnou čarou a převodní charakteristiku druhé elektronky o opačnou půlplnu přerušovanou čarou. Aby došlo k rovnoměrnému rozdělení zpracování

signálu při průchodu nulou pro obě elektronky, musí se nastavit v tomto případě mřížkové předpětí $U_{g0} = -85V$, čemuž odpovídá proud $I_{a0} = 0,5A$. (viz. Červená tečka dole).



Toto předpětí musí být vždy stabilní. Protože tento zesilovač pracuje se silně proměnným výstupním proudem, jsou nároky na stabilitu napájecího zdroje mnohem vyšší než pro třídu A.

Na obrázku níže vidíte v kroužku možné přechodové zkreslení při špatně nastaveném pracovním proudu třídy B.



2.2.3. Zesilovače třídy AB

Abychom mohli využít přednosti zesilovače třídy B tj. výkon a účinnost a vyhnuli se problémy s malými signály kolem nuly, používáme zesilovače třídy AB. Jedná se o stejné zapojení jako u třídy B, pouze pracovní bod se zvýší dále od nuly a nastaví tak, aby signály do určité zvolené velikosti byly zpracovány ve třídě „A“ v obou elektronkách dvojčinného zapojení a zbytek větších signálů ve třídě B. Vyhneme se tím největším problémům s přechodovým zkreslením malých signálů kolem nuly (práce ve třídě A) a získáme velké zesílení s lepší účinností (práce ve třídě B). Problémům s přechodovým zkreslením se sice nevyhneme, ale posuneme jej do vyšších úrovní, kde nemá tolik vliv na změnu výsledné barvy zvuku a vyjádření prostoru a je mnohem hůře rozpoznatelné. Pokud zvolíte dostatečně vysoký výkon pro oblast práce ve třídě A, např. 0-15W ve třídě „A“ a 16-90W ve třídě „B“, snížíte sice celkovou účinnost zesilovače, ale výsledná kvalita zvuku bude excelentní a

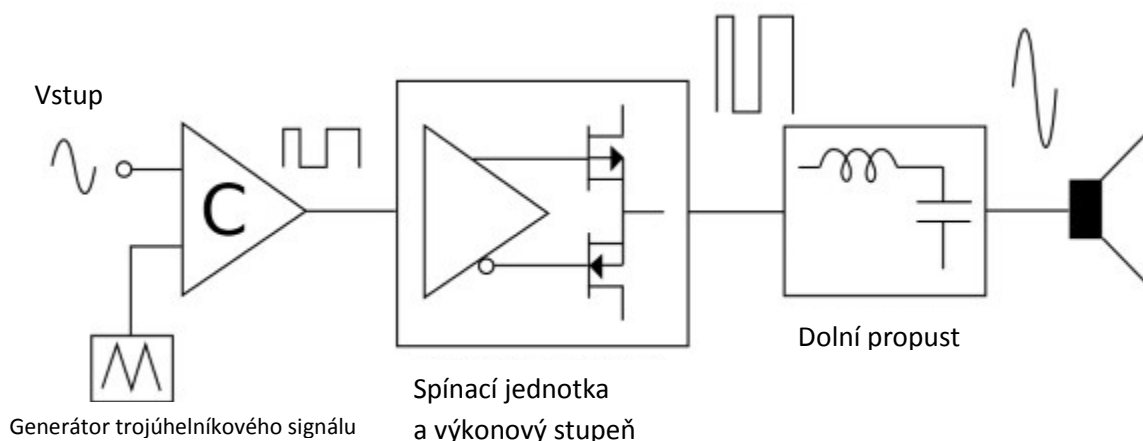
výkon dostatečný i pro použití standardních elektrodynamických reproduktorových soustav.

2.2.4. Zesilovače třídy C

Pro využití v nízkofrekvenčních zesilovačích nemá význam. Využívá se hlavně ve VF technice a dobře se uplatní pro vysílače AM a FM. Aktivní prvek není otevřen ani na polovinu periody vstupního signálu. Zesiluje jen špičky signálu. Pracovní bod C se pohybuje v aktivní oblasti po mnohem kratší dobu než je 180° a nachází se na „prodloužené“ převodní charakteristice. Vzniklé zkreslení není překážkou, jestliže je na výstupu aktivního prvku VF rezonanční obvod. Zesilovač vyžaduje větší budicí signál, ale zároveň pracuje s nejvyšší účinností. Pro audio se tímto zapojením nebudeme dále zabývat.

2.2.5. Zesilovače třídy D

Zesilovače třídy D pracují v pulsním režimu podobně jako spínané napájecí zdroje – velmi rychle (s kmitočtem mnohonásobně vyšším než je maximální přenášený kmitočet) přepínají výstup mezi maximálním a nulovým napětím. Běžný reproduktor nestačí sledovat rychlé změny, takže okamžitá výchylka membrány závisí na poměru dob vypnutí a zapnutí. Obvykle se nespolehá na vlastnosti reproduktoru, ale je použita dolní propust, která složky s vysokými kmitočty odfiltruje. Spínaný signál pro koncový stupeň se získá pomocí pulzně šířkové modulace nebo delta modulace. Hlavní výhodou celé konstrukce je účinnost, která často přesáhne i 90 %, protože výstupní tranzistory jsou během své činnosti buď zcela sepnuty, nebo úplně nevodivé. Tímto způsobem se vyloučí situace, kdy tranzistor vede částečně, kdy při poměrně velkém proudu na něm vzniká velký úbytek napětí, takže se velké množství energie musí proměnit na teplo. Moderní zesilovače třídy D poskytují stejně věrnou reprodukci jako zesilovače třídy AB.



Velikost těchto zesilovačů je velmi malá, účinnost a kvalita velmi vysoká. Používají se proto hojně v nahrávacích studiích. Pokud použijete lampový předzesilovač ve třídě A ve spojení s kvalitním koncovým zesilovačem třídy D, získáte velmi kvalitní a velmi silný zesilovač pro domácí audio.

3. Další témata na zvážení

Velkým problémem v audio zapojeních je volba aktivního prvku, kvalita napájecích zdrojů, způsob řízení výstupní úrovně audio signálu, ovlivňování jednotlivých stupňů nechtěnými vazbami a použití vazebních kondenzátorů. Tím se budeme zabývat příště.

V našem portfoliu máme zesilovač, který se snaží všem těmto problémům maximálně vyhnout.

Výběr vstupu a řízení úrovně signálu je prováděno pevnými útlumovými články spínanými relátky řízenými procesorem s možností dálkového ovládní, následuje lampový předzesilovač. Jako vazební prvky na koncový zesilovač jsou použity vysoce kvalitní audio signálové transformátory Monolithmagnetics. Koncový stupeň Hypex UcD400HG pracuje ve třídě D. I když se jedná o vysoce kvalitní studiový 400W zesilovač, je využíván z důvodů co nevyšší kvality v našem zesilovači jen cca na 50% max. výkonu. Obrázek zesilovače je níže, jednotlivé vnitřní komponenty jsou na titulní straně tohoto vydání.

Vždy, než se pro cokoliv rozhodnete, je nutné to nejdříve slyšet a případně porovnat s něčím, co už znáte. Jste srdečně kdykoliv zváni do naší poslechové místnosti v Břeclavi.

