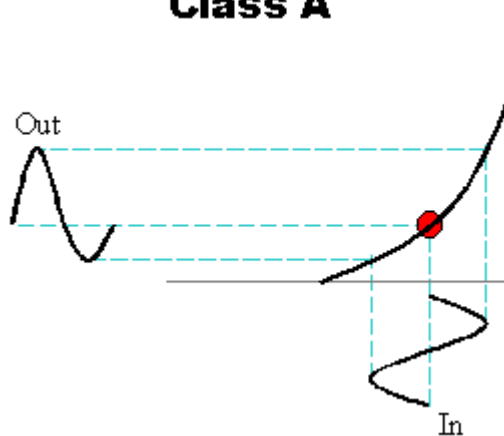


# Třídy zesilovačů

## Třída A

Podívejte se na obrázek vlevo. bod je umístěný uprostřed charakteristiky, tj. anodový proud protéká. Signálem In měníme jeho na pracovním anodovém odporu signál Out. Vidíme, že oproti vstupnímu signálu je zkreslený.

## Class A

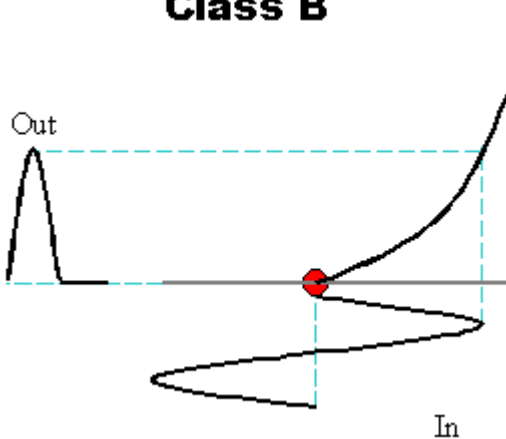


Červený převodní stále velikost a vzniká

Zkreslení bude tím menší,

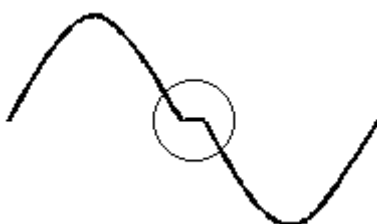
čím bude mít vstupní signál menší rozkmit. Proto třída A pracuje se zanedbatelným zkreslením pouze při velmi malých signálech. Pro velké signály bude již zkreslení značné a může dosahovat až hodnoty kolem 10 %. Jediná možnost, jak zkreslení snížit, je zavedení silné záporné zpětné vazby. Příklad provedení ["Áčkového" zesilovače](#) s předzesilovačem. Výkon bude kolem 10 - 15 W.

## Class B



## Třída B

Zesilovač ve třídě B zesiluje každou půlvlnu zvlášť». Pracovní bod je nastaven těsně před bod otevření výkonové elektronky. Na obrázku vidíme, jak je zesílena kladná půlvlna. Zápornou půlvlnu zesilujeme tak, že nejdříve obrátíme její polaritu fázovým invertorem, osazeným například elektronkou ECC83 a výstup invertujeme vhodným zapojením výstupního transformátoru. Výhodou je mnohem vyšší účinnost, a to až 65% oproti třídě A, kde nepřesáhne 10%. Navíc zesilovač ve třídě A odebírá stále značný proud, i když není vůbec vybuzen, ve třídě B bez buzení žádný proud neprotéká. A tak pro výkon 100W použijeme buďto 2ks EL34 ve třídě B nebo 8ks EL34 ve třídě A. Navíc výstupní transformátor ve třídě A bude mít mnohem větší rozměry, protože musí mít vzduchovou mezeru s ohledem na stejnosměrné sycení. Lampové zesilovače ve třídě B mají dle našeho názoru mnohem pěknější zvuk. Viz zapojení [100W konce](#) pro komba, 12AX37 je použita jako fázový invertor.

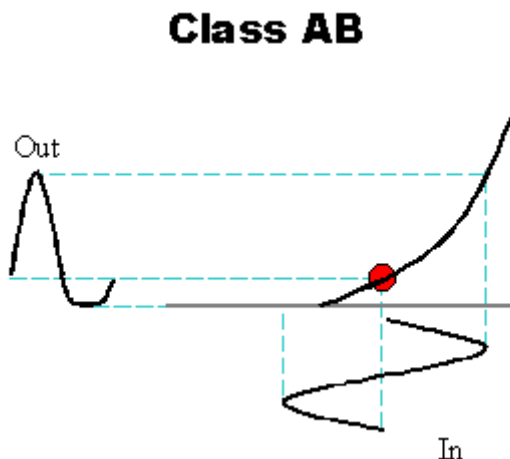


## Nevýhoda:

Nastavení pracovního bodu na počátek převodní charakteristiky způsobuje přechodové zkreslení. Projevuje se jako zvláštní "chrastění" při malých hlasitostech. Jev je patrnější spíše u

tranzistorových zesilovačů osazených bipolárními tranzistory. Lze jej například odstranit úpravou zapojení tak, aby při malých signálech pracoval budič ve třídě A s takovým výkonem, aby byl schopen převzít při malých signálech funkci koncového stupně. Příkladem může být známý Transiwatt TW140. Nevýhodou je vysoká kolektorová ztráta budiče, který se silně zahřívá.

## Třída AB



Pracovní bod nenastavíme na počátek převodní charakteristiky, ale dovolíme, aby výkonovým stupněm tekla jistý klidový proud. V tomto případě ale musíme zajistit, aby jeho velikost byla stálá i při změně pracovních podmínek koncového stupně. U elektronek se mění převodní charakteristika v závislosti na velikosti anodového napětí, u tranzistorů je situace podobná - počátek převodní charakteristiky je závislý na teplotě čipu. Proto je nutná teplotní kompenzace klidového proudu. Pro dosažení vysokých výkonů je třeba třídy kombinovat a to nastavením napětí budiče do třídy A, výkonového budiče do AB a koncových tranzistorů do B.

## Nové principy audiozesilovačů

Většina zesilovačů je navrhována stále ještě na čistě analogovém principu. Domníváme se, že dnešní prudký pokrok v technologiích si zaslouží pozornost i při návrhu koncových zesilovačů. Zcela jistě budou nahrazeny rozměrné a těžké transformátory impulsními zdroji. U těch není velký problém zhotovit více sekundárních odboček pro napájení zesilovačů např. třídy "AB+C".

## Třída AB+C

V mnoha případech nám nevyhovuje ani třída B, a to tam, kde požadujeme maximální možnou účinnost - výkony nad 1kW, autozesilovače s omezenou možností chlazení atd. Zesilovač má koncový stupeň konstruován tak, aby se při maximálním výkonu otvíraly další výkonové stupně, které zvýší napájecí napětí po dobu, kdy je požadován vysoký výkon. Zapojení dosahují energetické účinnosti kolem 80%. Firma SEAC již má takovýto koncový stupeň v testovacím provozu.

Jistě jste si všimli faktu, že zesilovače velkého výkonu "hřejí" i při zpracování malého výkonu podstatně více, než zesilovače nízkého výkonu. Jev je způsobený napájením koncového stupně velkým napětím, a tak se podstatná část výkonu zdroje spotřebovává na ohřátí výkonových tranzistorů. Při plném výkonu jsou už poměry lepší, zesilovač je dokonce "chladnější" než při tzv. kritickém buzení, ležícím zhruba v polovině jmenovitého sinusového výkonu (uvažujeme přirozený hudební signál). Proto je energeticky výhodné napájet koncový stupeň ze zdroje nižšího napětí a vyšší napětí připínat pouze v případě potřeby vyššího výstupního výkonu. Tak je problém vyřešen např. u TDA7294V. Elegantnější je zapojení, ve

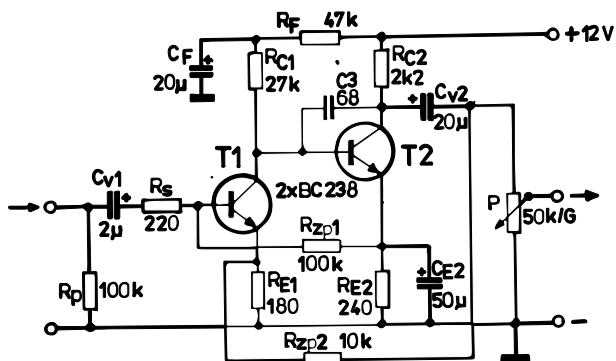
kterém pracují koncové tranzistory téměř do limitace a poté jejich funkci převezmou tranzistory připojené na zvýšené napájecí napětí. Tak se výkonové ztráty rozloží na všechny tranzistory výkonového stupně. Protože do maximálního výkonu většinou nepracují zesilovače trvale, nároky na chlazení se prudce sníží. V případě většího zájmu o tuto konstrukci jsme schopni v poměrně krátké době dodat stavebnici.

## Třída "D"

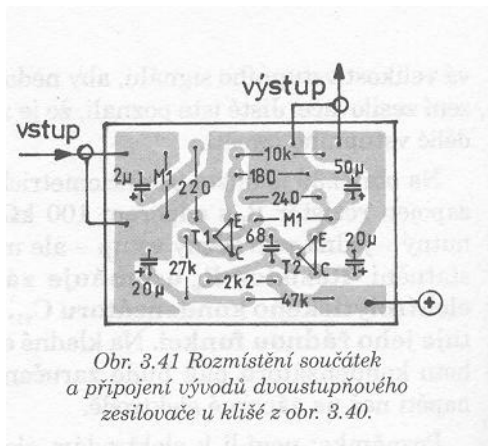
Nejlepší by ale bylo, aby koncové tranzistory nehrály vůbec. Jak bylo již výše uvedeno, klasický zesilovač má účinnost asi 60%, zbývajících 40% ohříváme chladič koncových tranzistorů. Koncové tranzistory zde pracují vlastně jako odpory, mění svoji velikost na základě odchylky okamžité hodnoty na výstupu zesilovače od hodnoty požadované, která přichází na vstup. Uvažujme například kladnou půlvlnu. Je -li z nějakého důvodu na výstupu napětí menší než požadované, výkonové tranzistory kladné větve sníží svůj odpor a propustí na výstup vyšší proud, který na impedanci reproduktoru vyvolá vyšší napětí. Tranzistor se zahřívá. Musíme tedy hledat stav, ve kterém se tranzistor zahřívát nebude. Příklad, kdy jím neteče žádný proud je nezajímavý. Druhý případ nastane, když jím sice proud protéká, ale jeho odpor je tak malý, že na něm vzniká pouze zanedbatelný úbytek napětí. To by ovšem znamenalo, že například tranzistor v kladné větvi bude propouštět plné napájecí napětí do reproduktoru. Tento stav jistě nechceme. Lepší myšlenka je ale tranzistor sepnout na velmi krátkou dobu a způsobit tak jisté vychýlení membrány reproduktoru požadovaným směrem. Vychýlení bude úměrné časovému trvání tohoto impulsu. V případě, výskytu impulsu s periodickým opakováním, bude membrána vychýlena stále. Někdo sice může namítnout, že bude kmitat. Ano, ale pouze tehdy, je -li frekvence impulsu taková, abyžto to membrána stihla. V případě řízení šířky impulsu vstupním signálem, dosáhneme stejného efektu jako u klasického zesilovače. Ovšem v praxi to tak jednoduché není. Frekvence impulsů by určitě způsobovala silné rušení. Proto je nutno spínací frekvenci odfiltrovat speciálním filtrem. Spínací frekvence musí být co možná nejvyšší, ale vzhledem k použitelnosti součástek je nutno volit kompromis. Pro použití běžných tranzistorů, samozřejmě typu MOS lepší použitelné frekvence někde v pásmu 100kHz až 1MHz. Nejnižší spínací kmitočet se dá stanovit z Shannon - Kotělnikova kritéria. Podle něj nejvyšší kmitočet přenesený šířkovou modulací bude rovněž polovině kmitočtu modulačního. Budeme -li tedy chtít přenášet pásmo do 20kHz, vyjde modulační frekvence 40kHz. Tuto frekvenci by bylo ale velmi složité odfiltrovat. Proto je nutno zvolit spínací kmitočet co nejvyšší, nám se osvědčily frekvence mezi 100 - 200 kHz. Tak jako u všeho, i zde jsou jisté nevýhody:

- Pro nízké zkreslení je nezbytná linearizace pomocí záporné zpětné vazby. Tato vazba však nemůže být frekvenčně nezávislá, její hodnota musí klesat se vzrůstajícím kmitočtem. V oblasti vysokých kmitočtů se sice nemusíme obávat zkreslení, to bude "odfiltrováno" výstupní propustí. Zvedne se však úroveň šumu. Ten se však bude projevovat pouze ve výškách.
- Je větší možnost průniku vf rušení na výstup zesilovače. Proto by měla být konstrukce dobře stíněna nebo umístěna v plechové skřínce.

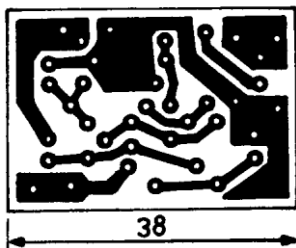
# Dvoustupňový tranzistorový zesilovač



Obr. 3.35 Úplné schéma dvoustupňového napětového zesilovače s přínou vazbou.  $T1 = T2$  = libovolný tranzistor z řady BC, KC.



Obr. 3.41 Rozmístění součástek a připojení vývodů dvoustupňového zesilovače u klišé z obr. 3.40.



Obr. 3.40 Klišé plošných spojů dvoustupňového napětového zesilovače podle schéma z obr. 3.35.