Nízkofrekvenčný zosilňovač je [zosilňovač](https://sk.wikipedia.org/wiki/Zosil%C5%88ova%C4%8D), ktorého úlohou je zosilniť akýkoľvek [audio](https://sk.wikipedia.org/wiki/Audio) [signál](https://sk.wikipedia.org/wiki/Sign%C3%A1l) pre ďalšie spracovanie (napríklad budiť reprosústavu, [výkonový zosilňovač](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%BDkonov%C3%BD_zosil%C5%88ova%C4%8D&action=edit&redlink=1) alebo [napäťový predzosilňovač](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Nap%C3%A4%C5%A5ov%C3%BD_predzosil%C5%88ova%C4%8D&action=edit&redlink=1)).

**Vstupný oddeľovací stupeň**

Slúži na impedančné oddelenie vstupu zosilňovača od napájacieho signálového zdroja (aby ho nezaťažoval). Obvykle býva min. 10-násobne väčší ako výstupný odpor signálového zdroja. Vstupný odpor všeobecne: {\displaystyle R=U/I}. Tento odpor má imaginárnu zložku (kapacitnú a induktívnu), teda sa hovorí o vstupnej impedancii. Je zložený z paralelného vstupného odporu diferenčného stupňa, vstupnej kapacity a impedancií dolnej priepuste, ktorá zamedzuje prieniku vysokých frekvencií do zosilňovača.

**Diferenčný stupeň**

V preklade "porovnávací stupeň". Je založený na princípe matematického porovnávania signálov.

Je zložený obyčajne z dvoch [tranzistorov](https://sk.wikipedia.org/wiki/Tranzistor), ktoré sú napájané obvykle zdrojom prúdu (z dôvodu linearity na prenosovej charakteristike tranzistorov). Jeden je zapojený ako zosilňovač so spoločným kolektorom a druhý so spoločnou bázou. Toto usporiadanie má dôležité výhody. Zapojenie zo spoločným kolektorom má malý výstupný odpor a veľký vstupný, skoro jednotkové zosilenie, zapojenie zo spoločnou bázou má malý vstupný odpor a veľký výstupný a veľké napäťové zosilenie, čo je prioritné pre ďalšie stupne.

Jeho úlohou je porovnať a vyhodnotiť vstupný signál s výstupným. Na základe matematického odčítania sa vyhodnocuje napäťové zosilnenie ďalších stupňov. Diferenčný zosilňovač je dôležitou súčasťou vstupu zosilňovača. Od neho závisí kvalita zosilňovača a ďalšie dôležité vlastnosti. Rozoznávame symetrické a nesymetrické budenie. Pri symetrickom všeobecne platí: {\displaystyle U\_{d}=U\_{1}-U\_{2}}. Pri nesymetrickom zase {\displaystyle dU=-U\_{d}/2}. Diferenčný stupeň býva často spojený so spätnou väzbou, buď priamo alebo nepriamo cez oddeľovač. Pre diferenčný stupeň sa odvádza diferenčné zosilnenie, ktoré by malo byť čo najväčšie, aby nebol ovplyvňovaný iným blokom.:

* pre symetrické budenie:

**Aus=-(h21e\*Rc)/(2\*h11e)**

* nesymetrické budenie (súhlasné):

**Aun=Rc/(2\*Re)**

* h21e je prúdový zosilňovací činiteľ tranzistora (hybridný parameter)
* h11e je vstupná impedancia (hybridný parameter)
* Re je spoločný emitorový odpor (ideálny=zdroj prúdu)
* Rc je kolektorový odpor diferenčného tranzistoru

**Rozkmitový stupeň**

Jeho úlohou je napäťovo zosilniť diferenčné napätie z rozdielového zosilňovača tak, aby malo vhodnú napäťovú úroveň pre koncový stupeň. Býva často doplnený kompenzačným

obvodom (obvod zložený z RC členov slúži na udržanie stability NF zosilňovača. Tvorí zápornú spätnú väzbu pre frekvencie vyššie ako hraničná frekvencia NF zosilňovača). Obvykle býva tvorený tranzistormi v zapojení so spoločným emitorom s prúdovou zápornou frekvenčne nezávislou spätnou väzbou. Býva často napájaný zo zdroja prúdu a tvorí s ním tzv. prúdové zrkadlo. Jeho úlohou je napájať rozkmitový stupeň konštantným prúdom, na ktorý je presne navrhnutý. Toto usporiadanie spĺňa požiadavku linearity použitého zosilňovacieho prvku, čiže rozkmitového tranzistora. Prúdový zdroj obvykle býva zapojený ako ZPRN (zdroj prúdu riadený napätím) alebo ZPRP (zdroj prúdu riadený prúdom). Toto zapojenie je väčšinou použité v OZ, teda operačnom zosilňovači, kde má väčšie uplatnenie pre jeho inú koncepciu návrhu.

**Stabilizačný stupeň**

Jeho úlohou je stabilizovať potrebný pracovný prúd cez koncové tranzistory. Tento prúd sa často nazýva priečny prúd alebo pokojový pretože tečie priečne cez výkonové koncové tranzistory. Je typický pre AB triedu zapojenia koncového stupňa. Tento prúd je nesmierne dôležitý pre prekonanie prechodového skreslenia, ktoré vzniká pri striedavom otváraní koncových tranzistorov v dvojčinnom zapojení. Aby nedošlo k tomuto skresleniu koncové tranzistory sú stále (to znamená aj pri striedavom otváraní a zatváraní) budené konštantným jednosmerným napätím, ktoré zabezpečuje stabilizačný stupeň. Toto napätie sa volá -predpätie- pre koncové tranzistory. Obvykle býva 0,5 – 0,7 V pre bipolárne a 4 – 6 V pre unipolárne závisí od použitých koncových tranzistorov. Stabilizačný stupeň tvorí obvykle Jeden až dva tranzistory (niekedy až štyri tranzistory, ich počet závisí od potrebného predpätia) zapojené tak aby vytvárali tzv. tranzistorovú Zenerovu diódu. Toto usporiadanie má lepšie stabilizačné vlastnosti ako samotná Zenerova dióda. Jeho výhodou je že umožňuje jednoduchú reguláciu predpätia. Čo je veľmi dôležité pre nastavenie vhodného pracovného bodu koncových tranzistorov. Ďalšou dôležitou výhodou je, že umožňuje teplotnú kompenzáciu zmeny pokojového prúdu, ktorý sa zväčšuje pri zvyšujúcej sa teplote PN prechodu tranzistora, to pri konštantnom budiacom napätí, ktoré zabezpečuje stabilizačný stupeň. Tento jav je spôsobený väčším uvoľnením voľných nosičov náboja v PN prechode v závislosti od teploty. Tento jav sa u niektorých unipolárnych tranzistorov uplatňuje veľmi málo, alebo dokonca majú tzv. záporný teplotný koeficient. To znamená že pri stúpajúcej teplote PN prechodu klesá [pokojový prúd](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Pokojov%C3%BD_pr%C3%BAd&action=edit&redlink=1) cez koncové tranzistory. Túto vlastnosť majú len unipolárne tranzistory, preto sa pri realizácii koncového stupňa unipolárnymi tranzistormi používa ako stabilizátor predpätia len samotná Zenerova dióda, alebo len rezistor napájaný zo zdroja prúdu. Odhliadnuc od tejto skvelej vlastnosti unipolárnych koncových tranzistorov sa v kvalitnejšej koncepcii koncového zosilňovača používajú bipolárne. Bipolárne tranzistory majú naproti unipolárnym viacero výhod ktoré prevyšujú, a predurčujú ich pre častejšie použitie v zosilňovačoch. Niektoré z nechcených vlastností unipolárnych tranzistorov sú:

1. veľká vstupná kapacita 500 p-1,5 nF (z toho dôvodu majú nižšie medznú frekvenciu niekedy už pri 10 kHz)
2. majú menšiu strmosť (zlá odozva na impulzový signál)
3. zložitosť pri ich paralelnom radení (z dôvodu ich väčšieho rozdielu budiaceho napätia pri rovnakom type tranzistora)
4. pre ich veľké otváracie napätie je potrebné zosilňovač napájať vyšším napätím ako rovnaký zosilňovač, ale postavený na základe bipolárnych. Napájacie napätie rozkmitového a budiaceho stupňa sa preto volí obvykle 6 – 10 V vyššie. Táto nevýhoda sa najviac prejavuje na zložitosti napájacieho zdroja a na účinnosti zosilňovača ako celku. Z toho vyplýva že dva rovnaké zosilňovače z ktorých jeden je osadený bipolárnymi koncovými tranzistormi a druhý MOS-FET-mi a sú napájané rovnakým napätím, odovzdá menší výkon zosilňovač, ktorý je osadený MOS-FET-mi. V jednoduchých konštrukciách sa môže zvoliť rovnaké napätie na koncovom a rozkmitovom stupni, ale musíme počítať s menším výstupným výkonom.

Toto sú jedny z najdôležitejších dôvodov, prečo výrobcovia používajú viac bipolárne koncové tranzistory. Nevýhoda bipolárnych tranzistorov je kladný teplotný koeficient, ktorý sa ale dá potlačiť vhodným konštrukčným usporiadaním stabilizačného tranzistora. Zlá vlastnosť kladného teplotného koeficientu u koncových tranzistorov sa stáva výhodou pre stabilizačný tranzistor, ktorý je umiestnený priamo na chladič s koncovými tranzistormi. Funkcia tohoto zapojenia je nasledovná:

Ak stúpne teplota koncových tranzistorov, stúpne aj pokojový prúd, čo je neprijateľné. To môže spôsobiť ďalšie oteplenie čo spôsobí ďalší nárast pokojového prúdu čo spôsobí ďalšie oteplenie. Tento dej sa opakuje až na hranicu tepelného prierazu koncového tranzistora, ktorý sa zničí a môže spôsobiť spálenie kmitacej cievky reprosústavy. Toto je absolútne neprijateľné a z toho dôvodu zosilňovač obsahuje ďalšie ochranné obvody, ktoré chránia reprosústavu a koncový stupeň. Ale to už je externá ochrana. Internú ochranu tvorí práve náš stabilizačný tranzistor ktorý sa zohrieva spolu s výkonovými a aj u neho sa uplatní tento efekt. To spôsobí že sa viac otvorí, tým napätie na kolektore a emitore poklesne. Tento pokles spôsobí pokles predpätia koncových tranzistorov a ten zase následný pokles pokojového prúdu, ktorý stúpol pri teplote. Ten spôsobí pokles jednosmerného výkonu na tranzistore a tým aj pokles teploty. Tento dej sa opakuje a tak automaticky chráni koncové tranzistory proti tepelnému prierazu. Napriek tomuto premyslenému samo-ochrannému obvodu zosilňovača, sa kvalitné zosilňovače chránia ďalšími ochrannými obvodmi, ktoré chránia reprosústavu proti istému zničeniu ak by sa dostalo napájacie napätie na výstup pri tepelnom prieraze koncových tranzistorov.

**Ochranný stupeň (limiter)**

Slúži na ochranu reprosústavy pri prebudení zosilňovača. To znamená, že pri každej väčšej amplitúde na vstupe zosilňovača, ktorá spôsobí tzv. odrezanie (obmedzenie) výstupnej amplitúdy. Tento jav často nastáva u výkonových zosilňovačov, a je sprevádzaný veľkým skreslením signálu na výstupe, čo je nechcený jav. Ochranný limiter sa nazýva preto, lebo pri limitácii môže dôjsť k prerazeniu koncových tranzistorov a on ich dokáže v určitom prípade ochrániť. Pretože tranzistor v limitácii stráca schopnosť riadenia a spätná väzba nedokáže riadiť výstupné napätie. Tento jav je sprevádzaný priečnym prúdom, ktorý má všetky nechcené vlastnosti opísané vyššie, ktoré vedú k zničeniu tranzistorov.

**Oddeľovací stupeň koncových tranzistorov**

Nachádza sa medzi rozkmitovým stupňom a koncovým stupňom. Slúži na prispôsobenie vysokej výstupnej impedancie rozkmitového stupňa k nízkej vstupnej impedancie koncových tranzistorov koncového stupňa.

(Poznámka: stabilizačný stupeň je súčasťou rozkmitového stupňa)

Oddeľovací stupeň koncových tranzistorov je tvoria väčšinou komplementárne dvojice tranzistorov zapojených podobne ako koncové čiže so spoločným kolektorom. Zapojenie zo spoločným kolektorom nie je náhodné pretože má vynikajúce vlastnosti pre toto použitie. To znamená vysoký vstupný odpor a nízky výstupný, ktorý môže spoľahlivo vybudiť koncový stupeň. Oddeľovací stupeň sa preto často nazýva budič. Budič a koncový stupeň majú približne jednotkové zosilnenie! Obvykle je zaužívané pravidlo že výkon incidujúceho budiaceho tranzistora má byť približne desatinou výkonu koncového tranzistora, ale nie vždy je to potrebné.

**Koncový stupeň**

Jeho úlohou je zosilniť signál prúdovo. V zapojení tranzistora SC (so spoločným kolektorom).Má tiež ako budiaci stupeň skoro jednotkové zosilnenie. Všeobecne je tvorený

bipolárnymi alebo unipolárnymi tranzistormi v dvojčinnom zapojení. Bližšie o vlastnostiach je v časti: stabilizačný stupeň.

Koncové stupne sa rozdeľujú podľa zapojenia na:

* komplementárne
* kvázikomplementárne
* prúdové zrkadlo

**Nízkofrekvenčný zosilňovač** je [zosilňovač](https://sk.wikipedia.org/wiki/Zosil%C5%88ova%C4%8D), ktorého úlohou je zosilniť akýkoľvek [audio](https://sk.wikipedia.org/wiki/Audio) [signál](https://sk.wikipedia.org/wiki/Sign%C3%A1l) pre ďalšie spracovanie (napríklad budiť reprosústavu, [výkonový zosilňovač](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=V%C3%BDkonov%C3%BD_zosil%C5%88ova%C4%8D&action=edit&redlink=1) alebo [napäťový predzosilňovač](https://sk.wikipedia.org/w/index.php?title=Nap%C3%A4%C5%A5ov%C3%BD_predzosil%C5%88ova%C4%8D&action=edit&redlink=1)).