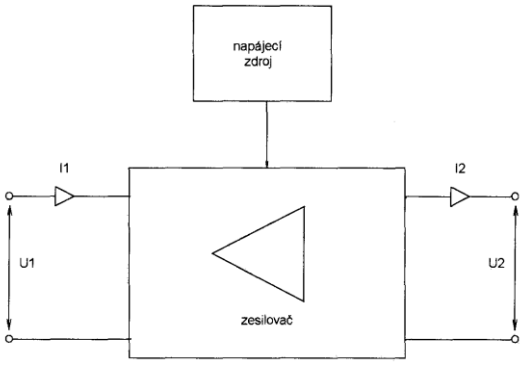
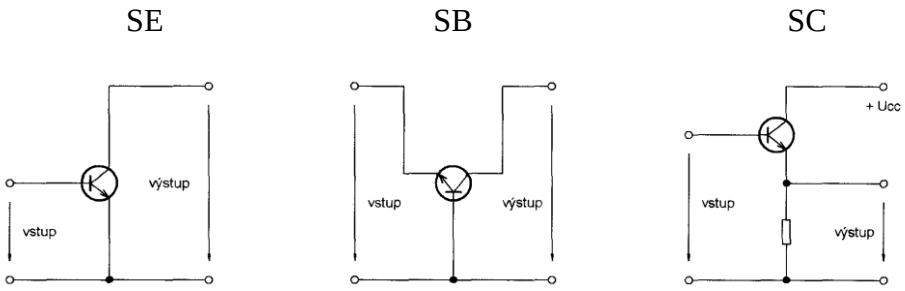
Nízkofrekvenční zesilovače

Zesilovač je elektronické zařízení, které zesiluje elektrický signál. Má vstup a výstup, je to tedy čtyřpól, na jehož vstupní svorky přivádíme signál, který chceme zesílit.



Jelikož má tranzistor pouze tři vývody, je jeden z nich využíván společně pro vstup i výstup. Hovoříme tedy o třech základních zapojeních – se společným emitorem (SE), společnou bází (SB) a společným kolektorem (SC).



Nejčastěji se využívá zapojení se společným emitorem, které má velké proudové, napěťové i výkonové zesílení. Zapojení se společným kolektorem nalezneme u zesilovačů, kde je požadován nízký výstupní odpor. Zapojení se společnou bází se pro svůj malý vstupní odpor používalo ve vstupních vf obvodech, kvůli anténnímu přizpůsobení.

Zesilovač ke své činnosti vyžaduje napájení. Část energie se mění ve ztrátové teplo a mluvíme tedy o jeho účinnosti. Součin výstupního napětí a proudu udává výkon, který je zesilovač schopen odevzdat do zátěže.

Proudový zesilovací činitel h_{21e} je základním parametrem, který charakterizuje vlastnosti tranzistoru. Vyjadřuje proudové zesílení tranzistoru, tj. kolikrát větší proud protéká kolektorem než bází. Je to bezrozměrné číslo, pohybuje se mezi 100 až 900.

Vlastnosti zesilovače

Zesílení je bezrozměrnou jednotkou a udává, kolikrát se změní příslušný parametr (napětí, proud, výkon).

$$A_U = \frac{\Delta U_2}{\Delta U_1} \qquad A_I = \frac{\Delta I_2}{\Delta I_1} \qquad A_P = \frac{\Delta P_2}{\Delta P_1}$$

Napěťové a proudové zesílení vyjádříme v decibelech takto: $A_{(dB)} = 20 \log A$

Výkonové zesílení vyjádříme v decibelech takto: $A_{P(dB)} = 10 \log A_P$

Šířka pásma je rozsah kmitočtů, který je zesilovač schopen přenést. V této souvislosti hovoříme o dolním a horním mezním kmitočtu, který odpovídá poklesu zesílení o 3 dB.

Nelineární zkreslení je způsobeno nelinearitou aktivních součástek a způsobuje tvarovou změnu výstupního signálu oproti vstupnímu. Označuje se písmenem k a udává se v procentech. (Čím vyšší číslo, tím je zesilovač méně kvalitní.) Třída **Hi-Fi je do 1%** (0,7%).

Stabilita je odolnost zesilovače proti rozkmitání způsobeném parazitními kladnými zpětnými vazbami. Projevuje se to také zvýšeným odběrem z napájecího zdroje.

Výstupní výkon je takový výkon, jaký je zesilovač schopný odevzdat na příslušné impedanci při plném **sinusovém** vybuzení. **Hudební výkon** je takový výkon, kterého bychom dosáhli při plném vybuzení s hudební produkcí, což je nereálné. **Špičkový výkon** – dochází ke zkreslení.

Přeslech je nežádoucí jev, při kterém se u stereofonních zesilovačů dostává signál z jednoho kanálu do druhého. Měříme je tak, že jeden kanál vybudíme na jmenovitý výkon, přičemž měříme výstupní napětí na nevybuzeném kanálu.

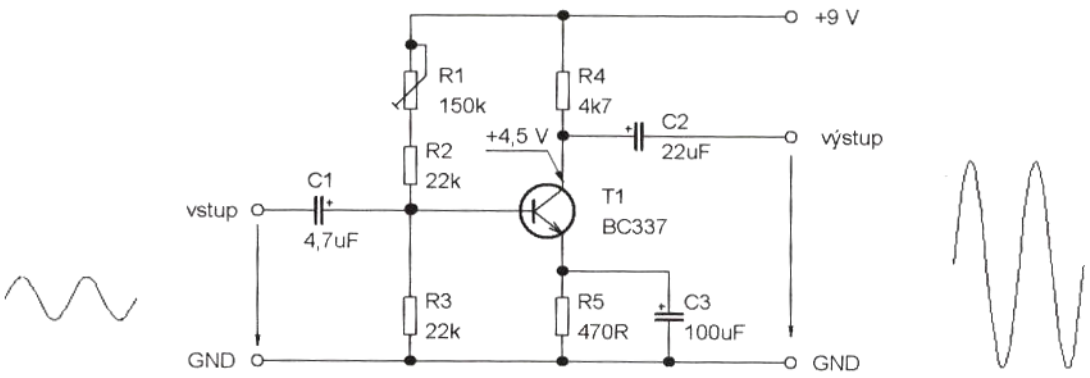
Základní rozdělení zesilovačů

Zesilovače můžeme rozdělit například na zesilovače napětí, proudu a výkonu, nízkofrekvenční, vysokofrekvenční a širokopásmové, dále podle principu činnosti do tříd A, AB, B, C, D, G, H, S a T nebo na předzesilovače a výkonové (koncové) zesilovače.

Nízkofrekvenční zesilovače slouží k zesilování slyšitelného pásma kmitočtů, tj. zhruba 20 Hz až 20 kHz. Vysokofrekvenční zesilovače se používají pro zesílení kmitočtů vyšších než 20 kHz. Širokopásmové zesilovače se používají především v měřících přístrojích (osciloskopy, měřiče kmitočtu, milivoltmetry apod.), kde je třeba pracovat se širokým spektrem kmitočtů.

Zesilovače, pracující ve třídě A, mají pracovní bod nastaven na střed lineární části převodní charakteristiky, mohou tedy s minimálním zkreslením zpracovat kladná i záporná napětí, a proto se používají k zesílení střídavého napětí. Výkonové nízkofrekvenční zesilovače pracují velice často ve třídě AB, s malým klidovým proudem, nebo B s nulovým klidovým proudem. Hlavní výhodou je zvýšení účinnosti. Aby bylo možno zesilovat obě půlvlny, používá se komplementárních tranzistorů.

Předzesilovač

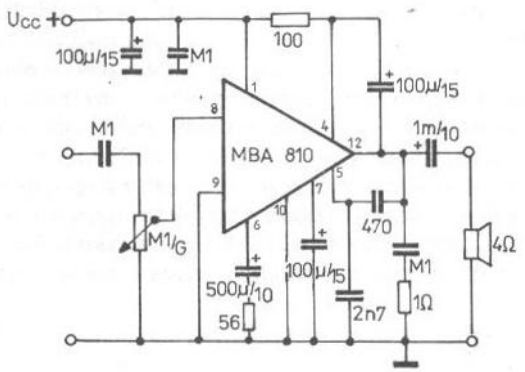


Odporový trimr R1 slouží k nastavení pracovního bodu. Abychom dosáhli co největší amplitudy výstupního napětí, nastavíme trimrem napětí v kolektoru na 4,5 V (trimrem R1 se nastaví takové napětí, aby obě půlvlny byly zesíleny bez viditelného zkreslení). Kondenzátory C1 a C2 oddělují stejnosměrné napětí v bázi, respektive kolektoru tranzistoru. Odpor R5 společně s C3 stabilizují pracovní bod tranzistoru.

1. Zapojte předzesilovač dle obrázku (měření na zesilovači) a nastavte na generátoru 1 kHz a 100 mV
2. Jemným doladěním trimrem R1 nastavte co největší nezkreslené výstupní napětí
3. Na výstupu sledujte osciloskop a zvyšujte napětí generátoru, až dojde k limitaci (zkreslení)
4. Pomocí milivoltmetru změřte vstupní a výstupní napětí a vypočítejte napěťové zesílení (nelze použít digitální voltmetr!)
5. Postupně snižujte a poté zvyšujte kmitočet generátoru při zachování stejného vstupního napětí, změřte výstupní napětí zesilovače, naměřené hodnoty zapisujte do tabulky, pokračujte tak dlouho, dokud zesílení neklesne o 3dB
6. Z naměřených hodnot nakreslete kmitočtovou charakteristiku zesilovače

Výkonové zesilovače

*s **MBA 810***



Integrovaný obvod MBA810 má 12 vývodů (chladiče tedy nejsou považovány za vývody). Výrobce doporučuje napájecí napětí blokovat keramickým kondenzátorem 100nF. Keramický kondenzátor je nezbytný a umisťuje se co nejblíže (mechanicky) k integrovanému obvodu. Jeho úkolem je zkratovat vf proud proti zemi. V opačném případě může vzniknout zpětná vazba, která způsobuje nestabilitu, popřípadě rozkmitání. Vstupní signál se přivádí na vývod č.8 přes vazební kondenzátor. Je třeba zaručit, aby vývod č.8 byl spojen se zemí přes odpor ne větším než 100kΩ. Použijeme-li potenciometr, můžeme ho využit jako regulátor hlasitosti. Kvůli nelineární charakteristice lidského ucha, musíme použít logaritmický potenciometr (G). Z vývodu č.12 odebíráme výstupní výkon přes oddělovací kondenzátor. Čím vyšší kapacitu použijeme, tím lépe projdou nejnižší kmitočty. Z výstupu proti zemi je zapojen BOUCHEROTTŮV člen. Tvoří jej RC člen 1Ω a 100nF, který zamezuje případnému rozkmitání zesilovače. Chladící pásky je třeba uzemnit (spojit s -).

Technické parametry:

Ucc obvodu	5 – 20 V
Max. proud	3 A
Max. provozní teplota	155 °C
Teplotní rozsah obvodu	-30 °C až + 85 °C
Šířka pásma	50 Hz – 120 kHz
Zátěž	4 Ω

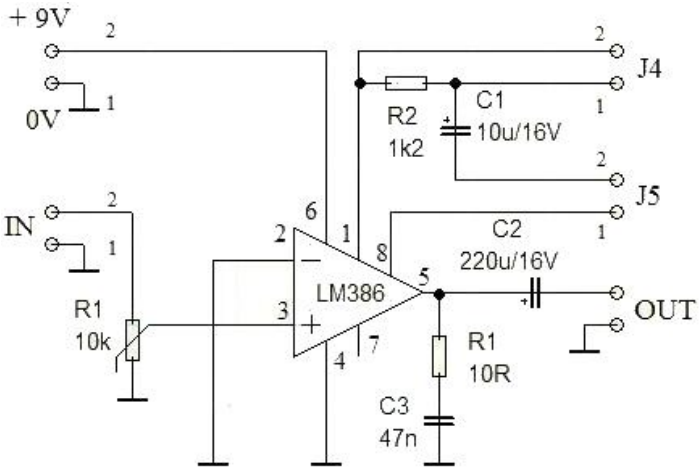
---

*s **LM 386***

Velmi jednoduchý integrovaný zesilovač LM 386 v pouzdru DIL 8 s minimem součástek a nastavitelným ziskem. Při malém vybuzení je schopný dosáhnou zkreslení 0,2%.

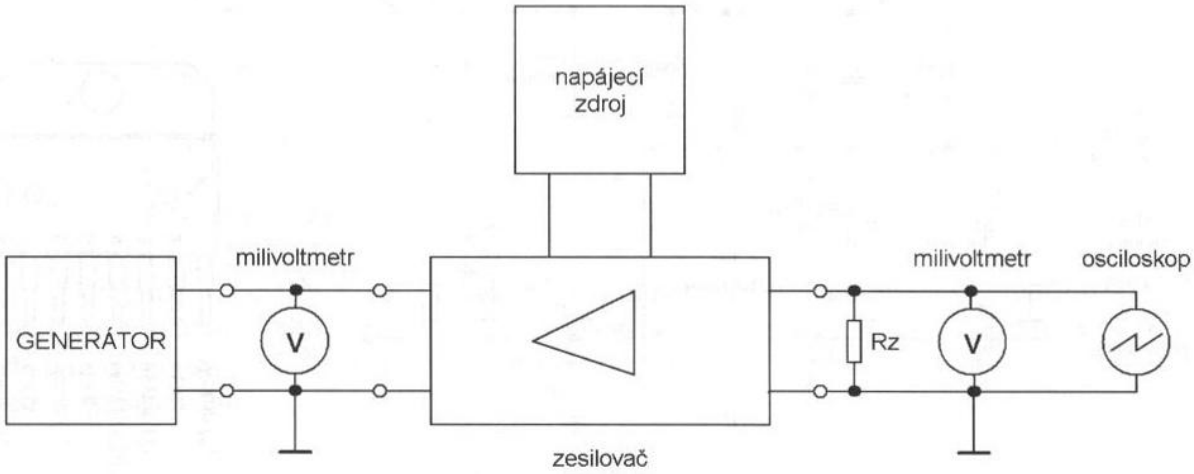
Technické parametry:

Ucc obvodu	6 – 16 V
Max. proud	250 mA
Max. výkon	1 W
Zátěž	8 - 32 Ω



Propojky J4 a J5 slouží k nastavení zesílení: bez osazení je zesílení 20x, J5 50x, J4 i J5 bude zisk 200x.
Pro zdůraznění basů, je třeba zapojit mezi vývody 5 a 1 sériový obvod R 10k Ω a C 33 nF.

Měření na zesilovači

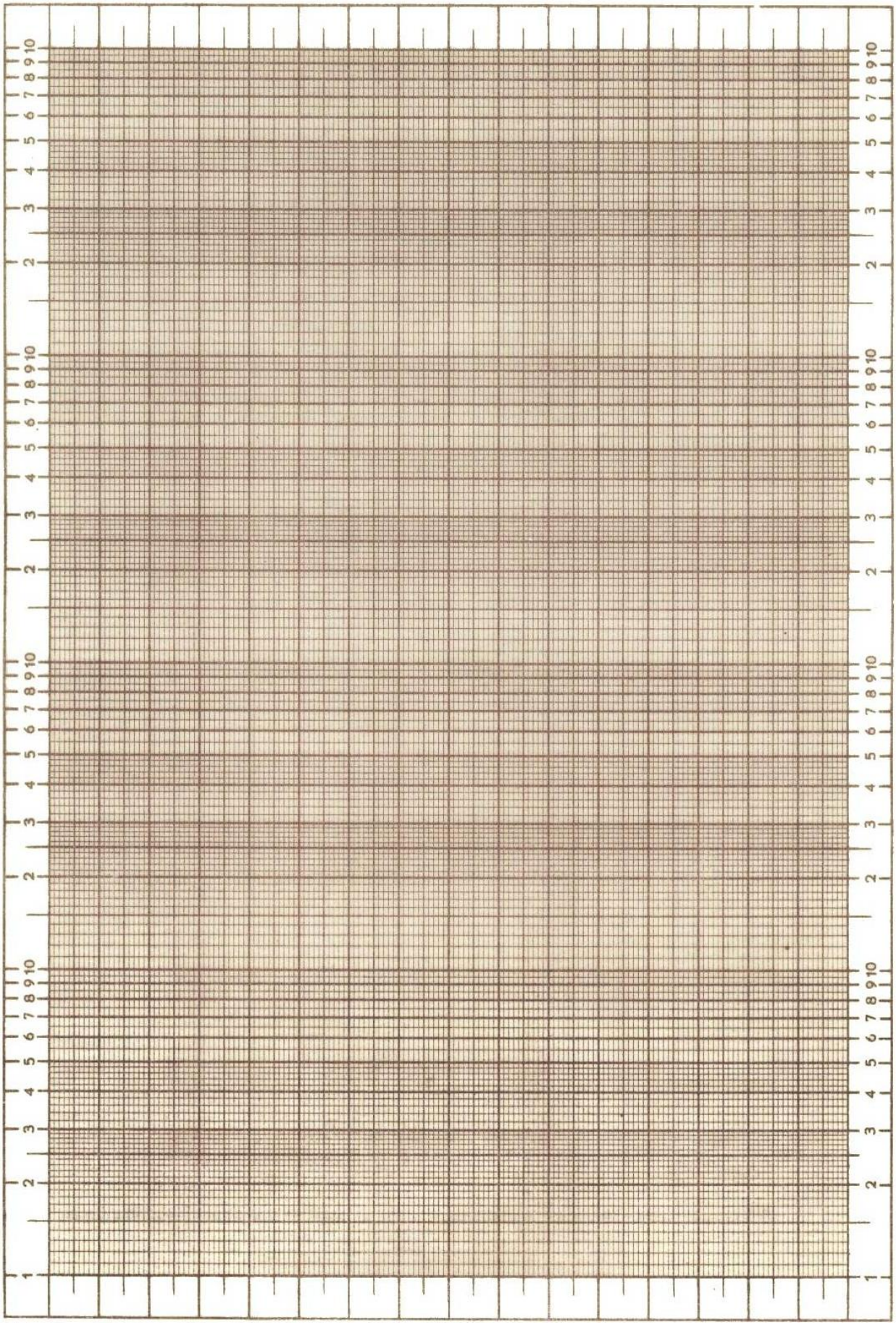


1) Na zdroji nastavte napětí 12 V a zdroj vypněte
2) Na generátoru nastavte 1 kHz a jeho výstupní napětí na 50 mV
3) Na výstup připojte místo reproduktoru umělou zátěž R_z hodnoty 8 Ω
4) Rozsahy všech měřících přístrojů nastavte na vyšší rozsahy
5) Zapojte zesilovač dle obrázku
6) Zapněte zdroj a sledujte na osciloskopu „lupnutí“
7) Postupně zvyšujte napětí generátoru, dokud nebude patrné zkreslení výstupního signálu na osciloskopu; Nyní změřte zkreslení, na měřicím přístroji HM 8027
8) Změřte výstupní napětí, vypočítejte zesílení a výstupní výkon
9) Nastavte na generátoru takové napětí, aby na výstupu zesilovače byl výkon 500 mW
10) Změřte přenosovou charakteristiku a nakreslete graf přenosové charakteristiky

Přenosová charakteristika

$$Au(dB) = 20 \log \frac{U_2}{U_1}$$

Naměřené hodnoty		Vypočítané hodnoty		
f [Hz]	U2 [V]	Au	Au [dB]	Δ Au [dB]
10				
15				
20				
25				
30				
40				
50				
60				
80				
100				
200				
300				
400				
500				
600				
700				
800				
900				
1000				
2000				
3000				
4000				
5000				
6000				
7000				
8000				
9000				
10000				
11000				
12000				
13000				
14000				
15000				
17000				
19000				
22000				
26000				
30000				
35000				



Literatura:

[1] KOTISA, Zdeněk. *NF zesilovače : 1. díl Předzesilovače*. první vydání. Praha : BEN, 2001. 92 s. ISBN 80-7300-030-X.

[2] MALINA, Václav. *Poznáváme elektroniku 1* . Druhé vydání. České Budějovice : Kopp, 1995. 173 s. ISBN 80-85828-25-1.

[3] SOBOTKA, Bohumír, a kolektiv autorů. *Dílenská příručka : Elektroika I.*. Plzeň : SOUE a U, 2006.