

Nízkofrekvenční elektronika (BNFE, SNFE, KNFE)

Laboratorní úloha č. 1 - protokol

Vstupní nízkofrekvenční zesilovač

Jméno a příjmení: Šimon Roubal Studijní skupina: EKT-04
Datum a čas měření: 1.3.21 Hodnocení vyučujícího:

ZADÁNÍ, POZNÁMKY K MĚŘENÍ A VYPRACOVÁNÍ PROTOKOLU

1. **Stanovte měřením skutečnou citlivost přípravku** pro všechny polohy přepínače S_1 nastavujícím citlivost přípravku. Měřte hodnoty jak pro zesílení pomocí OZ (Operační Zesilovač), **tak** pro zesílení pomocí DP (Diskrétní Prvky). Toto je přepínatelné přepínačem S_2 . Citlivost je vstupní napětí U_1 o frekvenci $f = 1$ kHz, která je potřebná pro dosažení výstupního napětí $U_2 = 1$ V. Při měření dbejte na to, aby byly vypnuty frekvenční korekce (S_3 musí být v poloze VYP). Generátor signálů není schopen vyvinout napětí 10 V. Proto při měření citlivosti 10 V odečtěte napětí potřebné pro $U_2 = 0,5$ V. (Nezapomeňte však, že výsledek je potřeba před uvedením do tabulky zdvojnásobit.)

Všechny hodnoty měřte a uvádějte v RMS.

Tab. 1 Vstupní citlivost zařízení ($U_2 = 1$ V)

Nastavená citlivost	OZ (Operační Zesilovač)	DP (Diskrétní Prvky)
	U_1 [mV]	U_1 [mV]
10 mV	9,7	9
100 mV	100	92,5
1 V	990	915
10 V	9880	9120

2. **Změřte modulovou kmitočtovou charakteristiku** pro zesílení pomocí OZ a DP. Při měření zvolte citlivost přípravku 100 mV. Měření charakteristik provádějte zvlášť, nepřepínejte mezi zesilovači během měření. Dbejte na to, aby vstupní napětí odpovídalo vstupnímu napětí U_1 změřenému v úkolu 1 pro zvolenou citlivost a zesilovač. Modul přenosu A_U vypočítejte podle vzorce (1).

$$A_U = 20 \log \frac{U_2}{U_1} . \quad (1)$$

Tab. 2 Modulová charakteristika zesilovačů (Vstupní citlivost 100 mV, vstupní napětí U_1 odpovídá výsledkům z úkolu 1)

frekvence f [Hz]	OZ		DP	
	U_2 [V]	A_U [dB]	U_2 [V]	A_U [dB]
20	0,972	19,75	0,877	78,92
30	0,989	-19,86	0,900	79,76
40	0,992	-19,93	0,933	20,07
50	0,994	-19,95	0,952	20,25
100	0,977	-19,97	0,987	20,56
500	0,978	19,98	0,998	20,66
1k	0,998	19,98	0,999	20,67
5k	0,975	19,78	0,997	20,60
10k	0,970	19,78	0,963	20,35
15k	0,819	18,26	0,921	19,96
20k	0,718	17,72	0,868	19,44

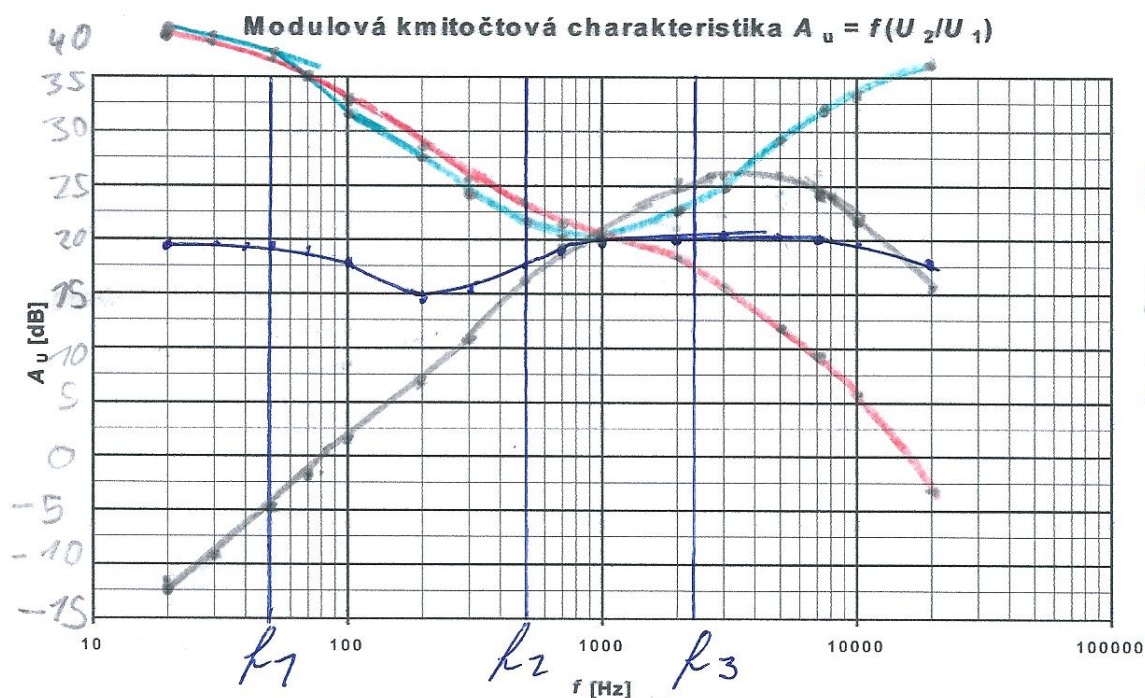
3. Změřte modulovou kmitočtovou charakteristiku frekvenčních korekcí. Měření provádějte s OZ. Frekvenční korekce zapnete spínačem S_3 a mezi jednotlivými korekcemi můžete přepínat přepínačem S_4 . Citlivost nastavte na 100 mV. Při měření mějte zapnuté zesílení pomocí operačního zesilovače. Dbejte na to, aby vstupní napětí odpovídalo vstupnímu napětí U_1 pro OZ změřenému v úkolu 1. Modul přenosu vypočítejte podle vzorce (1).

Tab. 3 Modulová charakteristika korekcí (Vstupní citlivost 100 mV, vstupní napětí U_1 odpovídá výsledkům z úkolu 1)

frekvence f [Hz]	RIAA		Fyziologická korekce		Zdůraznění řeči		Rock preset	
	U_2 [V]	A_U [dB]	U_2 [V]	A_U [dB]	U_2 [V]	A_U [dB]	U_2 [V]	A_U [dB]
20	9,06	39,74	10,02	40,01	0,024	-72,39	0,97	79,73
30	8,43	38,51	9,27	39,28	0,035	-9,77	0,95	79,55
50	7,74	37,07	7,22	37,77	0,059	-9,58	0,9	79,08
70	5,95	35,49	5,76	35,2	0,084	-1,51	0,84	78,48
100	4,65	33,30	4,33	33,72	0,72	7,58	0,74	77,38
200	2,67	28,53	2,37	27,49	0,23	7,23	0,55	74,8
300	1,95	25,8	1,7	24,60	0,35	10,88	0,5	75,56
500	1,47	22,98	1,22	21,72	0,58	15,26	0,7	73,84
700	1,79	27,57	1,03	20,58	0,8	18,06	0,88	78,89
1k	1,03	20,25	1,03	20,25	1,1	20,82	0,96	79,64
2k	0,75	19,50	1,32	22,23	1,79	25,05	1,02	20,73
3k	0,58	15,26	1,74	24,89	2,06	26,27	1,03	20,25
5k	0,38	11,59	2,66	28,49	2	26,02	1,02	20,77
7k	0,28	8,94	3,55	31	1,77	29,65	1	20
10k	0,19	5,57	4,77	33,46	1,37	22,34	0,95	79,55
20k	0,107	-3,09	7,05	36,96	0,57	7,77	0,25	17,8

4. Sestrojte modulovou kmitočtovou charakteristiku $A_U = f(U_2/U_1)$ pro všechny naměřené průběhy do jednoho grafu. Ocejchujte vhodně osu Y a zakreslete průběhy modulů všech frekvenčních korekcí. U charakteristiky RIAA vyznačte asymptotické průběhy o strmosti 0 a -20 dB/dek. Vyznačte a odečtěte odpovídající lomové frekvence (jsou 3 a lze je srovnat s předpokládaným průběhem z přednášek).

Lomové frekvence korekce RIAA $f_1 = 50$ Hz, $f_2 = 500$ Hz, $f_3 = 2120$ Hz.



Graf 1 Modulová kmitočtová charakteristika měřených korekcí zesilovače.

5. Určete vstupní impedanci přípravku. Do přívodu mezi generátor a přípravek do série vložte cejchovaný proměnný odpor. Tím vznikne mezi generátorem a zesilovačem napěťový dělič. Nastavte hodnotu vloženého odporu na 0Ω a na generátoru nastavte sinusový vstupní signál o frekvenci $f = 1$ kHz a takovou amplitudou, aby výstupní signál U_2 byl roven jmenovitému výstupnímu napětí 1 V. Poté zvětšujte vložený odpor, dokud výstupní napětí neklesne na hodnotu 0,5 V. Dále na stupnici odporu přímo odečtete velikost vstupního odporu (Ten se rovná samozřejmě jen modulu vstupní impedance. Imaginární složku nejsme schopni rozlišit.) Korekce mějte během měření vypnuté, vstupní citlivost nastavte na 100 mV.

Tab. 4 Změřená vstupní impedance ($f = 1$ kHz, vstupní citlivost 100 mV)

Zapojení	Vstupní odpor
OZ	22
DP	27 kΩ

6. **Určete přebuditelnost přípravku** se zvolenou vstupní citlivostí 100 mV pro oba typy zesilovačů. Přebuditelnost je míra linearity zesilovače. Na vstup přiveďte signál o frekvenci $f = 1\text{ kHz}$ a postupně zvětšujte jeho napětí. Sledujte tvar výstupního signálu na osciloskopu. Jakmile se na výstupním signálu začne projevovat limitace, odečtěte velikost výstupního signálu $U_{2\text{lim}}$. Jmenovité napětí zařízení je $U_{2\text{jmen}} = 1\text{ V}$. Výpočet přebuditelnosti proveďte podle vzorce (2).

$$P = 20 \log \frac{U_{2\text{lim}}}{U_{2\text{jmen}}} \quad (2)$$

Výstupní limitní napětí

$U_{2\text{lim OZ}} = 10,02\text{ V}$, $U_{2\text{lim DP}} = 3,99\text{ V}$

Přebuditelnost

$P_{\text{OZ}} = 20,02\text{ dB}$, $P_{\text{DP}} = 10,86\text{ dB}$

7. **Změřte harmonické zkreslení vstupního zesilovače** pro zesílení pomocí OZ i DP. Naměřené hodnoty srovnajte. Se zvolenou citlivostí 100 mV a signálem o frekvenci $f = 1\text{ kHz}$ měřte zkreslení na výstupu přípravku nízkofrekvenčním milivoltmetrem. Nejdříve nastavte na milivoltmetru měření harmonického zkreslení „harm. Dist.“ a potvrďte stiskem „Enter/loc“. Pomocí tlačítek „Freq“ nastavte požadovanou frekvenci a multifunkčním voličem vyberte postupně měření U_2 (Level [V]), k_2 (Dist at 2*f [%]) a k_3 (Dist at 3*f [%]). Dále změřte pro stejné hodnoty vstupního napětí i THD+N [%]. Nastavte na milivoltmetru měření harmonického zkreslení „THD+N“ a potvrďte stiskem „Enter/loc“. Proveďte pro každý typ zesilovače 5 měření. A to pro velmi malé napětí, nelimitované napětí, napětí těsně před limitací, limitované výstupní napětí a hodně ořezané výstupní napětí (limitaci sledujte na osciloskopu). Závislost graficky vynesete. V závěru zdůvodněte, kdy má THD+N velké a kdy naopak malé hodnoty.

Tab. 5 Harmonické zkreslení vstupního zesilovače ($f = 1\text{ kHz}$, Citlivost 100 mV)

Zesílení	U_1 [mV]	U_2 [mV]	k_2 [%]	k_3 [%]	THD+N [%]
DP	10	108	0,036	0,011	0,6
DP	100	1080	0,47	0,036	—
DP	300	3290	7,35	0,47	7,42
DP	500	4590	10,77	8,71	12,7
DP	800	5740	16,78	79,37	25,7
OZ	10	99,8	0,077	0,076	3,59
OZ	300	2990	0,004	0,007	0,025
OZ	1000	9960	0,057	0,046	0,777
OZ	1500	72100	0,262	73,55	74,3
OZ	2000	72900	0,75	27,39	23,7

chybí údaj

POUŽITÉ MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE

GEN nízkofrekvenční funkční generátor Agilent 33220A

NMV nízkofrekvenční milivoltmetr Grundig MV100

OSC digitální osciloskop Agilent DSO3102A 100 MHz

NZ napájecí zdroj MCP M10-DP-305E (napájení přípravku $\pm 15V$)

měřený přípravek „Vstupní zesilovač“

vstupní cejchovaný proměnný odpor 100 k Ω

propojovací vodiče 4 x BNC-BNC

ZÁVĚR

(Zde každý student čitelně doplní své individuální hodnocení výsledků měření a potvrdí jej svým podpisem. Je třeba podrobně komentovat každý bod měření, každou měřenou charakteristiku nebo jednotlivý výsledek. Závěr by měl vždy přehledně shrnovat technické parametry měřeného přípravku a jejich vyhodnocení.)

- V první části jsme stanovili a porovnali statickou cizlovou zesílení. Přičteme se OZ jen jako více přímý než zesílení z distributivních součástí.
- Z modulační charakteristik vyplývá, že zesílení je limitováno saturací. OZ je stabilní na nízkých a středních frekvencích, DP na středních a vysokých.
- RIAA charakteristika odpovídá standardizovanému publiku. Standardizovaná křivka je nepřetržitá v limitních frekvencích. Rock preset obsahuje vstupy normované zesílení, protože se v bodě nastavení celé jednotky.
- ve čtvrtém bodě jsme tyto charakteristiky vyhodnotili
- v pátém bodě jsme změřili vstupní impedanci pomocí proměnného odporu, 22 k Ω pro OZ a 27 k Ω pro DP
- v šestém bodě jsme změřili maximální zesílení, tedy nadejde ke zkrácení signálu. 20,02 dB pro OZ, 70,86 dB pro DP
- v poslední části jsme změřili harmonické zkreslení. Ze výsledků vyplývá, že k velkému zkreslení dochází u DP při vstupních napětích nad 100 mV a u OZ nad 1 V.

Použito