

## VÝKONOVÝ ZESILOVAČ

302 - 4R

1. Na nepájivém kontaktním poli sestavte výkonový zesilovač dle schématu
2. Změřte a zakreslete průběhy napětí  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$ .  
( $u_1$  – sinusového charakteru a frekvenci **1 kHz**)
3. Stanovte maximální výkon dodávaný **do zátěže**.
4. Změřte a nakreslete **charakteristiku** maximálního dodávaného výkonu v závislosti na hodnotě napájecího napětí.
5. Porovnejte **chování OZ** a koncového stupně na **skokové změny** vstupního signálu  $u_1$ .

16

MOŘKOVSKÝ TOMÁŠ

M4

3

2000 - 2001

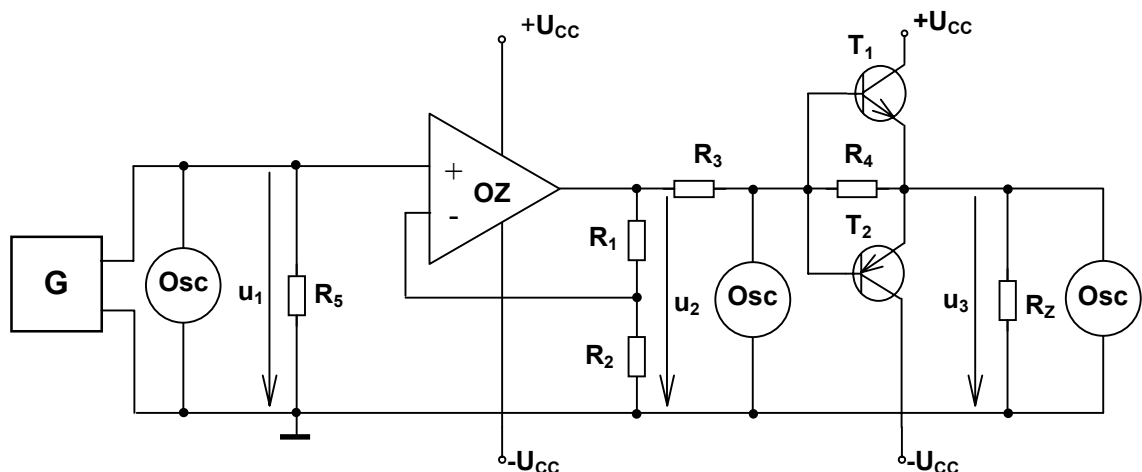
16. 2. 2001

23. 2. 2001

4

# SCHÉMA

Obr. 1 Schéma zapojení měřeného výkonového zesilovače:



## POUŽITÉ PŘÍSTROJE

OZN.	PŘÍSTROJ	TYP	EVID. Č.	POZNÁMKA
$U_{CC(+)}$	Zdroj sym. napětí	BK 125	560	$\pm 15 \text{ V}^*$
$U_{CC(-)}$	Zdroj sym. napětí	BK 125	3	$\pm 15 \text{ V}^*$
G	Generátor funkcí	SFG 8205 A	198	Zkreslení $< 1\%$
Osc	Osciloskop	Tesla BM 584	84-5/391	Analogový
DMM	Dig. multimetr	RTO DMM-3800-18	OTE2-720	$\delta = 2\%$
OZ	Operační zesilovač	---	---	Přípravek
$R_1, R_2$	Rezistory drát.	207/10	---	$\delta = 0,2\%$
$R_3, R_4$	Rezistory metal.	207/5	---	$\delta = 0,2\%$
$R_5$	Rezistory drát.	207/10	---	$\delta = 0,2\%$
$R_Z$	Zatěžovací R	207/15 – 2W	---	$\delta = 0,2\%$
$T_1$	Tranzistor	KD135 NPN	---	$U_{CE} = 45 \text{ V}$
$T_2$	Tranzistor	KD136 PNP	---	$I_C = 1,5 \text{ A}$

\* Těmito zdroji byl napájen OZ – možnost vyrovnávání offsetu OZ

## POSTUP MĚŘENÍ

1. Vyučující zadal hodnoty součástek  $R_1 = 3,83 \text{ k}\Omega$  ,  $R_2 = 1 \text{ k}\Omega$  - (zesílení OZ  $A_U = 4,83$ ). Hodnoty ostatních rezistorů byly dány:  $R_3 = R_4 = 55,6 \Omega$  ,  $R_5 = 100 \text{ k}\Omega$  a  $R_Z = 15,5 \Omega$ .
2. Na vstup zesilovače jsme připojili vstupní napětí  $u_1$  z generátoru funkcí **SIN**  $f = 1 \text{ kHz}$  – velikost napětí byla volena tak, aby výstupní signál  $u_3$  byl co nejméně zkreslen a v rámci možností nejvyšší. Charakteristika jednotlivých napětí viz GRAFY – základní měření jsme prováděli přibližně na  $\pm 7 \text{ V}$ .
3. Maximální výkon do zátěže jsme měřili pro napětí  $\pm 5 \text{ V}$  až  $\pm 10 \text{ V}$ , postupně po jednom voltu. Hodnoty výstupního napětí  $u_3$  jsme odečítali z osciloskopu (špička-špička => napětí poloviční). Následně jsme odečtenou hodnotu napětí přepočítali na efektivní a s společně s hodnotou zatěžovacího rezistoru  $R_Z$  jsme vypočetli výkon dodávaný do zátěže.
4. Zhodnocení a odhady chyb

## TABULKY

**TAB. 1** Hodnoty použitých součástek.

Součástka	Hodnota	Typ	Poznámka
$R_1$	3,83 k $\Omega$	0207/10	Drátový
$R_2$	1 k $\Omega$	0207/10	Drátový
$R_3$	55,6 $\Omega$	0207/7	Metalizovaný
$R_4$	55,6 $\Omega$	0207/7	Metalizovaný
$R_5$	100 k $\Omega$	0207/10	Drátový
$R_Z$	15,5 $\Omega$	0207/20	Drátový
$T_1$	PNP	KD 135	---
$T_2$	NPN	KD 136	---

**TAB. 2** Maximální výkony na zátěži při různém napájecím napětí.

$\pm U_{CC} [\text{V}]$	5	6	7	8	9	10
$U_{3p-p} [\text{V}]$	1,16	2,60	4,00	5,50	7,00	9,00
$U_{3ef} [\text{V}]$	0,410	0,919	1,414	1,945	2,475	3,182
$P_Z [\text{mW}]$	10,9	54,5	129	243	395	653

## PŘÍKLAD VÝPOČTU

- a) **Napět'ové zesílení OZ** (vztah platí pro neinvertující zapojení)

$$A_U = 1 + \frac{R_1}{R_2} = 1 + \frac{3830}{1000} = \underline{\underline{4,83}}$$

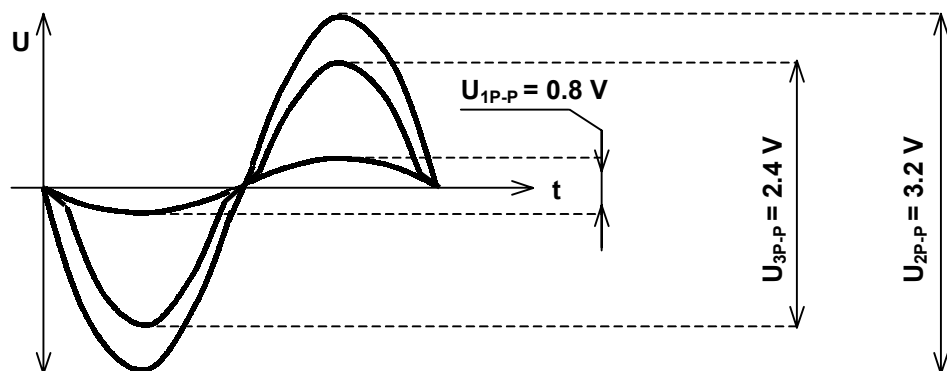
- b) **Maximální výkon na zátěži**

$$P = \frac{U_{ef}^2}{R_Z} = \frac{\left(\frac{U_{p-p}}{2 \cdot \sqrt{2}}\right)^2}{R_Z} = \frac{\left(\frac{9}{2 \cdot \sqrt{2}}\right)^2}{15,5} = \underline{\underline{653 \text{ mW}}}$$

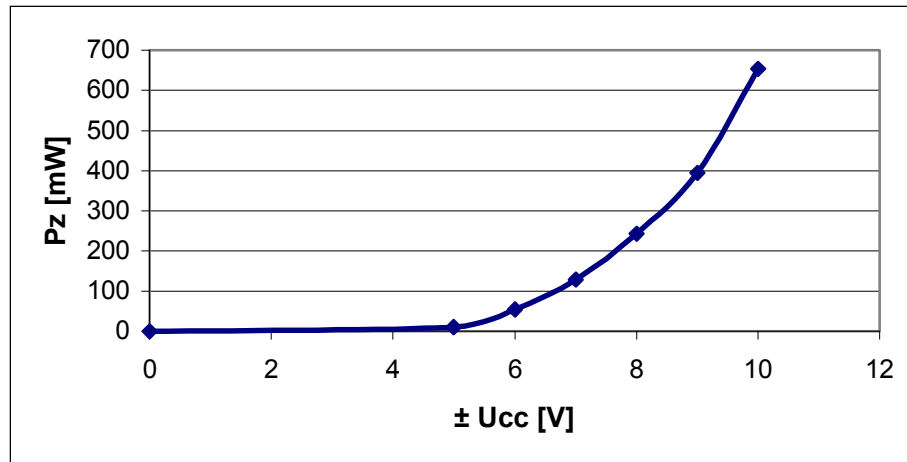
**Pozn.:** uvedený výpočet je pro hodnotu vstupního napětí o velikosti  $\pm 10 \text{ V}$ .  
(9 V jsme odečetli z obrazovky osciloskopu)

## GRAFY

Tvary jednotlivých napět'ových signálů  $u_1$ ,  $u_2$ ,  $u_3$



## Závislost dodávaného výkonu do zátěže na změnách napájecího napětí



## ZÁVĚR

### Chyby měření

Při měření vznikaly chyby následkem nevyrovnaného offsetu operačního zesilovače, ty jsme ale eliminovali různými zdroji (zapojeny do série) pro kladné a záporné napětí a proto je lze téměř zanedbat. Určitá chyba mohla vzniknout změnou pracovní teploty součástek, zejména při měření max. výkonu do zátěže – tak do 3 %. Významné chyby ovšem vznikaly na odečtu z osciloskopu (5-10 %) a následně při výpočtu efektivní hodnoty výstupního napětí  $u_3$ , protože jsme použili vztah pro výpočet efektivní hodnoty harmonického signálu (chyba také 5-10 %). Celková chyba tedy může být 10-20 %.

### Zhodnocení

Měřením jsme objevili příčinu zkreslování signálu – způsobovaly ji tranzistory zapojené výstupu v komplementárním zapojení (skutečné parametry nebyly shodné). Tato chyba se projevovala zkreslením výstupního signálu.