



MĚŘENÍ – Laboratorní cvičení z měření

Měření parametrů operačních zesilovačů

část 3-7-1 Teoretický rozbor

Výukový materiál

Číslo projektu: CZ.1.07/1.5.00/34.0093

Šablona: III/2 Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT

Sada: 1

Číslo materiálu: VY_32_INOVACE_



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

NÁZEV DUM

Předmět: MĚŘENÍ

Ročník: 3.

Jméno autora: Ing. Jaroslav Drexler

Škola: VOŠ a SPŠ Šumperk, Gen. Krátkého 1

Anotace : Rozbor měření základních parametrů operačních zesilovačů a způsob jejich měření.

Klíčová slova: operační zesilovač, napět'ová nesymetrie, proudová nesymetrie, klidový proud, proud nakrátko.

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Jaroslav Drexler
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

POUŽITÉ ZDROJE

1. BEN - technická literatura. *Elektrotechnická měření*. Dotisk 1.vydání. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2003. 256 s. ISBN 80-7300-022-9.
2. Konstrukční katalog lineárních integrovaných obvodů, TESLA elektronické součástky koncern Rožnov pod Radhoštěm 1980

*Autorem materiálu a všech jeho částí, není-li uvedeno jinak, je Ing. Jaroslav Drexler
Financováno z ESF a státního rozpočtu ČR.*

Teoretický rozbor úlohy:

U operačních zesilovačů nejčastěji měříme následující statické parametry:

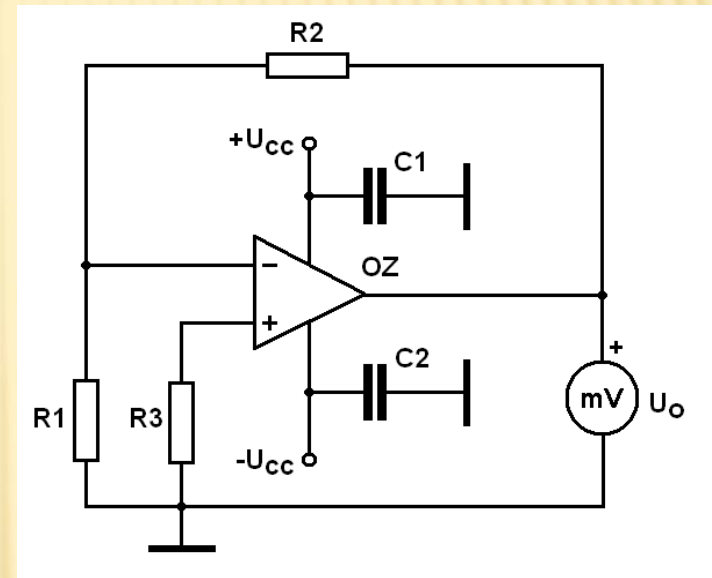
1. Napěťová nesymetrie vstupů U_{IO}
2. Citlivost U_{IO} na změnu U_{CC} SVR
3. Proudová nesymetrie vstupů I_{IO}
4. Vstupní klidové proudy vstupů I_{IB-} I_{IB+}
5. Napájecí proud I_{CC}
6. Příkon P
7. Mezní (jmenovité) výstupní napětí $\pm U_{O max}$
8. Výstupní proud nakrátko $\pm I_{OS}$

1. Napěťová nesymetrie vstupů U_{IO}

Postup měření:

Napěťová nesymetrie U_{IO} se odečte pomocí napětí na výstupu OZ s milivoltmetrem. Odečítaný údaj U_0 je zvětšený v poměru zpětnovazebního odporu R_2 a odporu propojeného se zemí R_1 . Poměr odporů se používá dle typu operačního zesilovače $R_2/R_1 = 100$ až 1000 . Odpor R_3 do kladného vstupu je z důvodů kompenzace shodný s odporem R_1 .

Odečteme hodnotu na milivoltmetru a přepočítáme v poměru zpětnovazebních odporů. Měření provedeme při napájení obvodu ± 15 V a ± 5 V.



$$U_{IO} = \frac{U_0 \cdot R_1}{R_2}$$

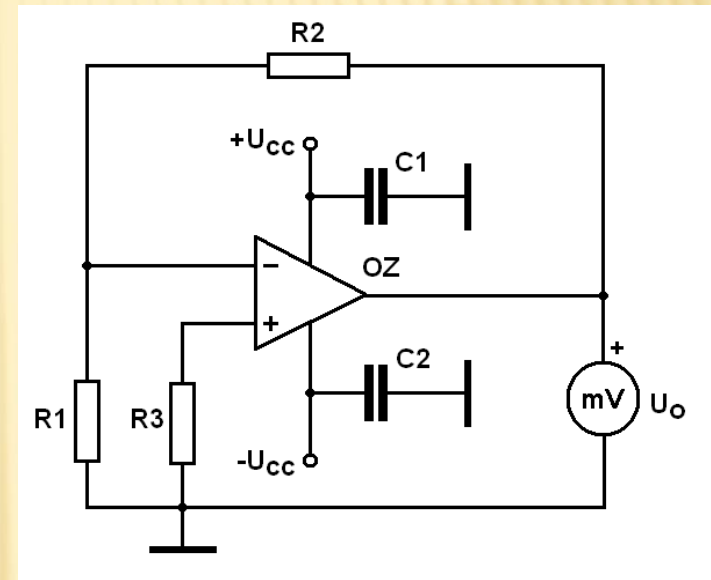
[mV; mV, Ω , Ω]

$$\begin{aligned} R_1 = R_3 &= 10 \text{ k}\Omega \pm 0,5\% \\ R_2 &= 1 \text{ M}\Omega \pm 0,5\% \\ C_1 = C_2 &= 100 \text{ nF} \end{aligned}$$

2. Citlivost U_{IO} na změnu U_{CC} SVR

Postup měření:

Měření citlivosti napětové nesymetrie vstupů na napájecí napětí se provede porovnáním dvou měření U_{IO} dle bodu 1. při napájecím napětí $U_{CC1} = \pm 15 \text{ V}$ a při napájecím napětí $U_{CC2} = \pm 5 \text{ V}$ a porovnáme rozdíly ΔU_{IO} a ΔU_{CC} .



$$SVR = \frac{\Delta U_{IO}}{\Delta U_{CC}} = \frac{U_{IO1} - U_{IO2}}{U_{CC1} - U_{CC2}}$$

$$\begin{aligned} R1 = R3 &= 10 \text{ k}\Omega \pm 0,5\%. \\ R2 &= 1 \text{ M}\Omega \pm 0,5\%. \\ C1 = C2 &= 100 \text{ nF} \end{aligned}$$

$$[\mu\text{V/V}; \mu\text{V}, \text{V}]$$

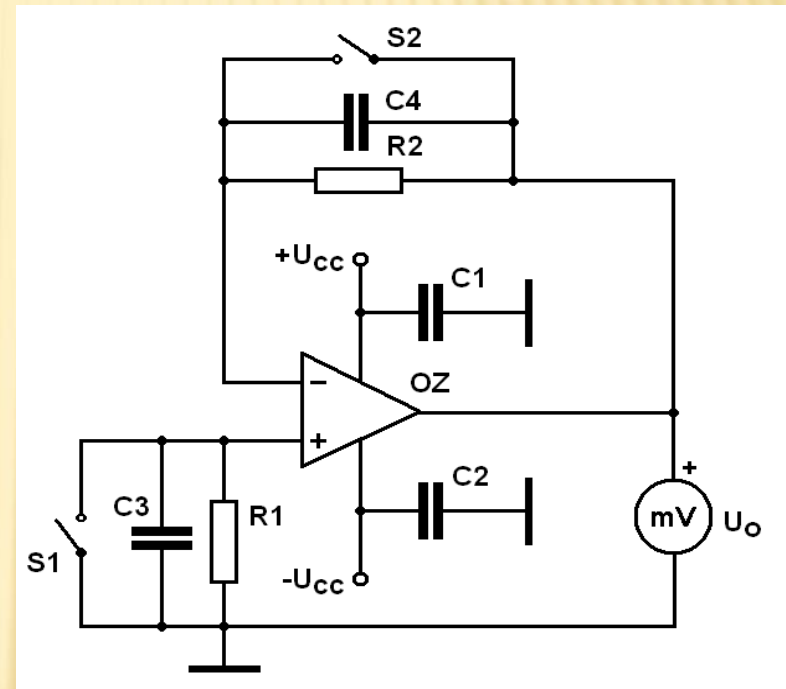
3. Proudová nesymetrie vstupů I_{IO}

Postup měření:

Proudová nesymetrie I_{IO} se odečte na výstupu OZ ss milivoltmetrem. Odečítaný údaj U_0 je zvětšený a převedený na napětí zpětnovazebním odporem R_2 . Odpor R_1 do kladného vstupu je z důvodů kompenzace shodný s odporem R_2 .

Aby nedocházelo k rozkmitání obvodu, jsou k oběma odporům paralelně připojeny kondenzátory o stejné hodnotě 10 nF. Hodnotu odporů volíme co největší (10 M Ω).

$$I_{IO} = \frac{U_o}{R_2} \quad [\text{nA}; \text{mV}, \text{M}\Omega]$$



$$R_1 = R_2 = 10 \text{ M}\Omega \pm 0,5\%$$

$$C_1 = C_2 = 100 \text{ nF}$$

$$C_3 = C_4 = 10 \text{ nF}$$

$$S_1 \text{ a } S_2 \quad \text{vypnuto (OFF)}$$

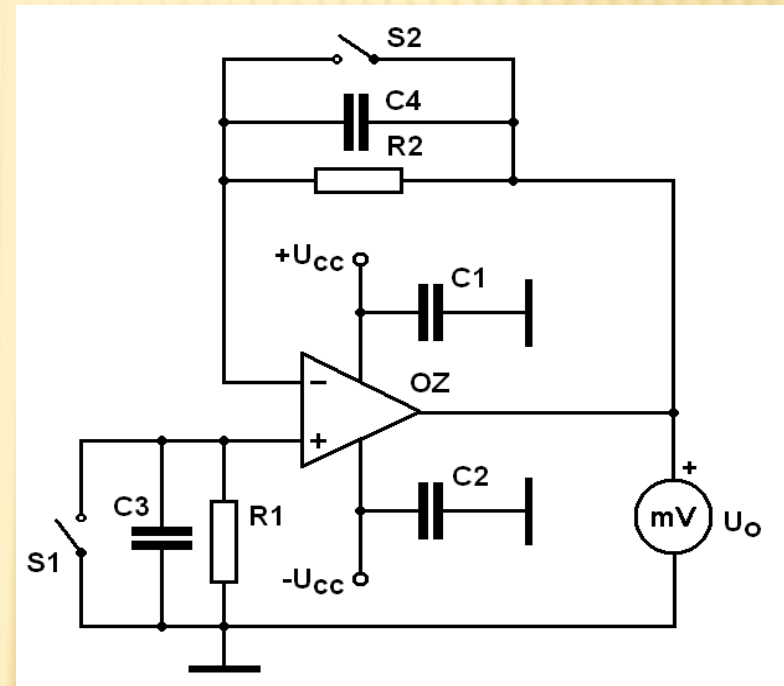
4. Vstupní klidové proudy vstupů I_{IB-} I_{IB+}

Postup měření:

Vstupní klidový proud je definován jako střední hodnota stejnosměrných proudů tekoucích mezi vstupními svorkami a zemí při nulovém vstupním signálu. Pro měření použijeme zapojení dle úlohy 3, kdy při zkratovaném odporu $R1$ spínačem $S1$, měříme napětí U_{01} a vypočteme proud I_{IB-} a při zkratovaném odporu $R2$ spínačem $S2$, měříme napětí U_{02} a vypočteme proud $-I_{IB+}$. Výsledný proud vypočítáme jako průměr proudů I_{IB} .

$$I_{IB-} = \frac{U_{01}}{R1} \quad I_{IB+} = \frac{-U_{02}}{R2} \quad I_{IB} = \frac{I_{IB+} + I_{IB-}}{2}$$

$$[\text{nA}; \text{mV}, \text{M}\Omega] \quad [\text{nA}; \text{mV}, \text{M}\Omega] \quad [\text{nA}; \text{nA}, \text{nA}]$$



$$R1 = R2 = 10 \text{ M}\Omega \pm 0,5\%$$

$$C1 = C2 = 100 \text{ nF}$$

$$C3 = C4 = 10 \text{ nF}$$

a) $S1$ a $S2$ (ON) a (OFF)

b) $S1$ a $S2$ (OFF) a (ON)

5. Napájecí proud I_{CC}

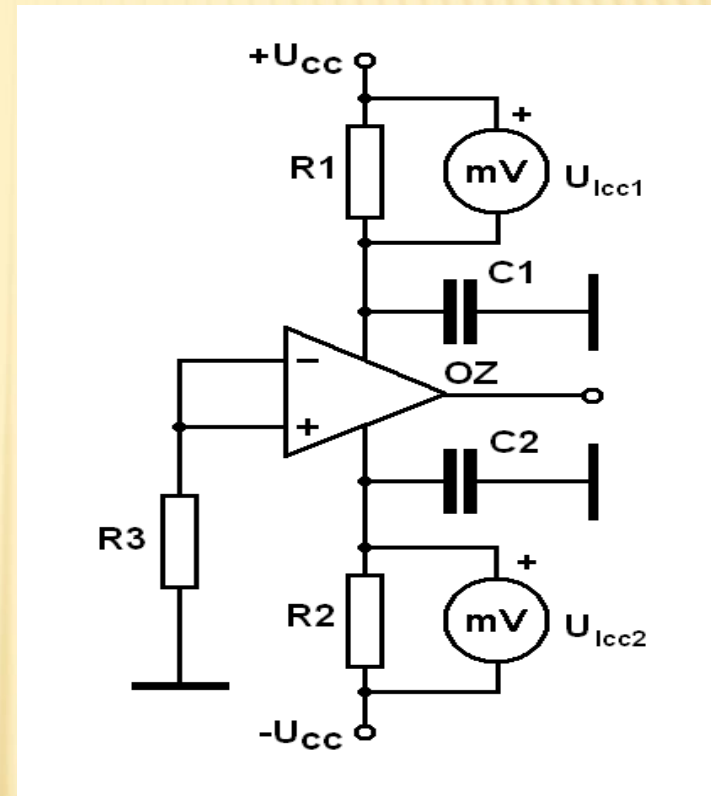
Postup měření:

Měření klidového napájecího proudu provedeme pomocí měření úbytků na malých předřadných odporech vložených do napájení operačního zesilovače. Vyhodnocuje se jen jedna polarita s vyšší hodnotou. Měříme-li dvojitý OZ, nelze měřit proud jen jednoho OZ. Potom musíme ošetřit odporem $R3$ i druhý OZ. Celkový odběr potom přepočítáme na jeden OZ.

$$+I_{CC} = \frac{U_1}{R} \quad -I_{CC} = \frac{U_2}{R}$$

[mA; mV, Ω]

[mA; mV, Ω]



$$\begin{aligned} R1 = R2 = R &= 100 \, \Omega \pm 0,5\% \\ R3 &= 1 \, \text{M}\Omega \pm 0,5\% \\ C1 = C2 &= 100 \, \text{nF} \end{aligned}$$

6. Příkon P

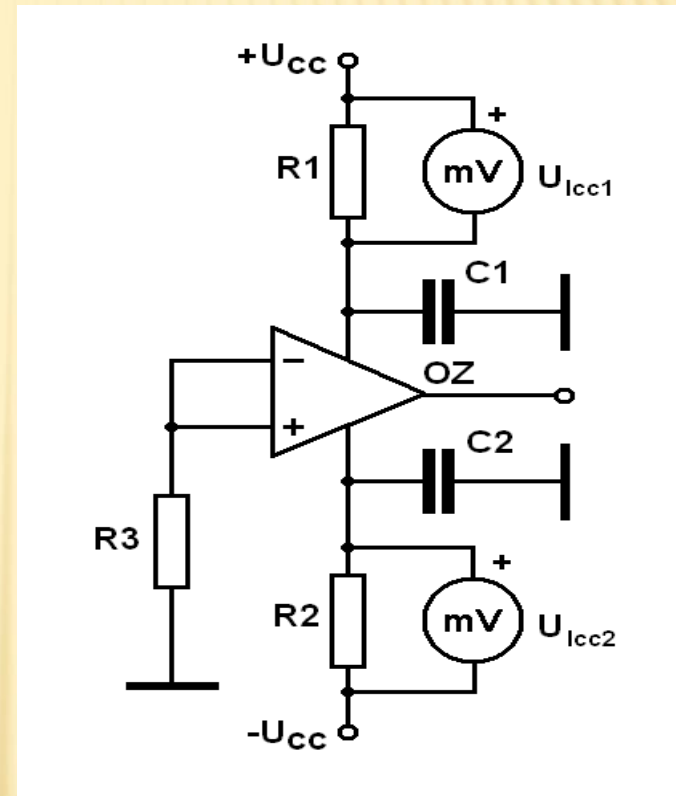
Postup měření:

Hodnotu příkonu v klidu vypočítáme z klidového napájecího proudu (viz bod 5) a z hodnoty napájecího napětí U_{CC} .

Měříme-li dvojitý OZ, nelze měřit spotřebu jen jednoho OZ. Potom musíme ošetřit odporem R3 i druhý OZ. Celkovou spotřebu potom přepočítáme na jeden OZ.

$$P = \left(|U_{CC+}| + |U_{CC-}| \right) \cdot I_{CC}$$

[mW; V, mA]

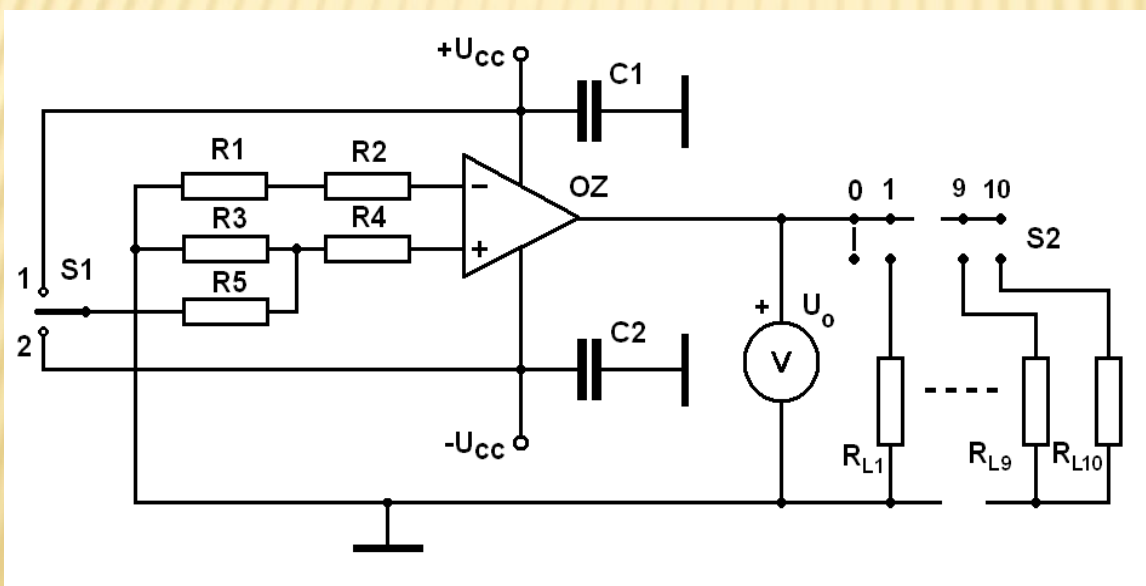


R1 = R2 = R =	100 Ω $\pm 0,5\%$
R3 =	1 M Ω $\pm 0,5\%$
C1 = C2 =	100 nF

7. Mezní (jmenovité) výstupní napětí $\pm U_{O \max}$

Postup měření:

Mezní výstupní napětí je definováno jako nejvyšší dosažitelná amplituda výstupního napětí za daných podmínek (zátěž, napájecí napětí). Provedeme měření pro $R_L = 10 \Omega, 20 \Omega, 50 \Omega, 100 \Omega, 200 \Omega, 500 \Omega, 1 \text{ k}\Omega, 2 \text{ k}\Omega, 5 \text{ k}\Omega, 10 \text{ k}\Omega$ a ∞ (R_L nezapojen). Naměřené hodnoty vyneseme do grafu. Měření provedeme pro obě polohy přepínače S1.



$R1=R3=10\Omega \pm 0,5\%$
 $R2=R4=10\text{k}\Omega \pm 0,5\%$
 $R5=10\text{k}\Omega$
 $R_{L1}=10\Omega \pm 0,5\%$
až
 $R_{L10}=10\text{k}\Omega \pm 0,5\%$
 $C1=C2=100 \text{ nF}$

7. Mezní (jmenovité) výstupní napětí $\pm U_{Omax}$

Postup měření:

Měření zahájíme při odpojené zátěži R_L a postupně připojujeme různé hodnoty zátěže. Přepínačem $S1$ vždy uvedeme obvod do kladné nebo záporné saturace. Hodnoty na výstupu OZ zapisujeme do tabulky. Při zátěži $R_L = 10 \Omega$ provedeme měření výstupního proudu nakrátko (viz bod 8).

Hodnoty zapisujeme do tabulky:

Závislost $\pm U_{Omax}$ [V] na zatěžovacím odporu R_L [Ω]												
Vzorek 1	R_L [Ω]	10	20	50	100	200	500	1k0	2k0	5k0	10k	∞
	$+U_{Omax}$ [V]											
	$-U_{Omax}$ [V]											

8. Výstupní proud nakrátko $\pm I_{Os}$

Postup měření:

Výstupní proud nakrátko se měří ve stejném zapojení jako výstupní napětí (viz. bod 7). Výstupní proud vypočítáme z měření úbytku napětí na odporu $R_L = 10 \Omega$. Hodnotu U_o odečítáme až po 5 s po ustálení teploty výstupních tranzistorů.

Pro výpočet použijeme vztah:

$$+ I_{Os} = \frac{U_o}{R} = \frac{U_o}{10} \quad [\text{mA}; \text{mV}, \Omega]$$

Vyhodnocení měření:

Naměřené a vypočtené hodnoty zapíšeme do tabulky parametrů a porovnáme hodnoty s katalogovými údaji:

Charakteristické údaje	Značka	Ideální OZ	OZ – MAA 741(MA1458)					
			Katalogové údaje		Naměřené údaje			
			nom.	min max	Hodnoty OZ1	OZ2	Vyhod- nocení	
1	Napěťová nesymetrie vstupů	U_{IO}	0 mV	2 (1) mV	<5 (<6) mV			
2	Citlivost U_{IO} na změnu U_{CC}	SVR	$0 \mu\text{V/V}$	50 (15) $\mu\text{V/V}$	<150 (<150) $\mu\text{V/V}$			
3	Proudová nesymetrie vstupů	I_{IO}	0 nA	20 (80) nA	<200 (<300) nA			
4	Vstupní klidové proudy vstupů	I_{IB-} I_{IB+}	0 nA	80 (200) nA	<500 (<800) nA			

Vyhodnocení měření:

Charakteristické údaje	Značka	Ideální OZ	OZ – MAA 741(MA1458)					
			Katalogové údaje		Naměřené údaje			
			nom.	min max	Hodnoty OZ1 OZ2	Vyhod- nocení		
5	Napájecí proud (celého obvodu)	I_{cc}	0 mA	1,2 (3) mA	<2,8 <5,6 mA			
6	Příkon (celého obvodu)	P	0 mW	35 (90) mW	<85 (<170) mW			
7	Mezní (jmenovité) výstupní napětí	$\pm U_{O_{max}}$	∞ V	13 (13) V	>10 (>10) V			
8	Výstupní proud nakrátko	$\pm I_{OS}$	∞ mA	neudáno	>25 (>15) mA			

**Porozuměl jsi problematice
a postupu měření ?**

Pokud ne, zkus to znovu !

Stiskni „Opakovat“,

Pokud ano, proveř svoje znalosti testem

ELM-3-7-2.pdf

