

Názov cvičenia:

Meranie na operačnom zosilňovači (OZ)

Cieľ: naučiť žiakov zistiť z katalógu potrebné parametre OZ, odmerať napäťovú nesymetriu, amplitúdovú a fázovú frekvenčnú charakteristiku OZ, nakresliť pomocou programu Excel frekvenčné charakteristiky, vyhodnotiť odmerané hodnoty napäťovej nesymetrie a frekvenčné charakteristiky

Úlohy:

1. Odmerajte na OZ:
 - vstupnú napäťovú nesymetriu
 - amplitúdovú a fázovú frekvenčnú charakteristiku
2. Pojednajte o nameraných frekvenčných charakteristikách
3. Porovnajte odmerané parametre katalógovými údajmi

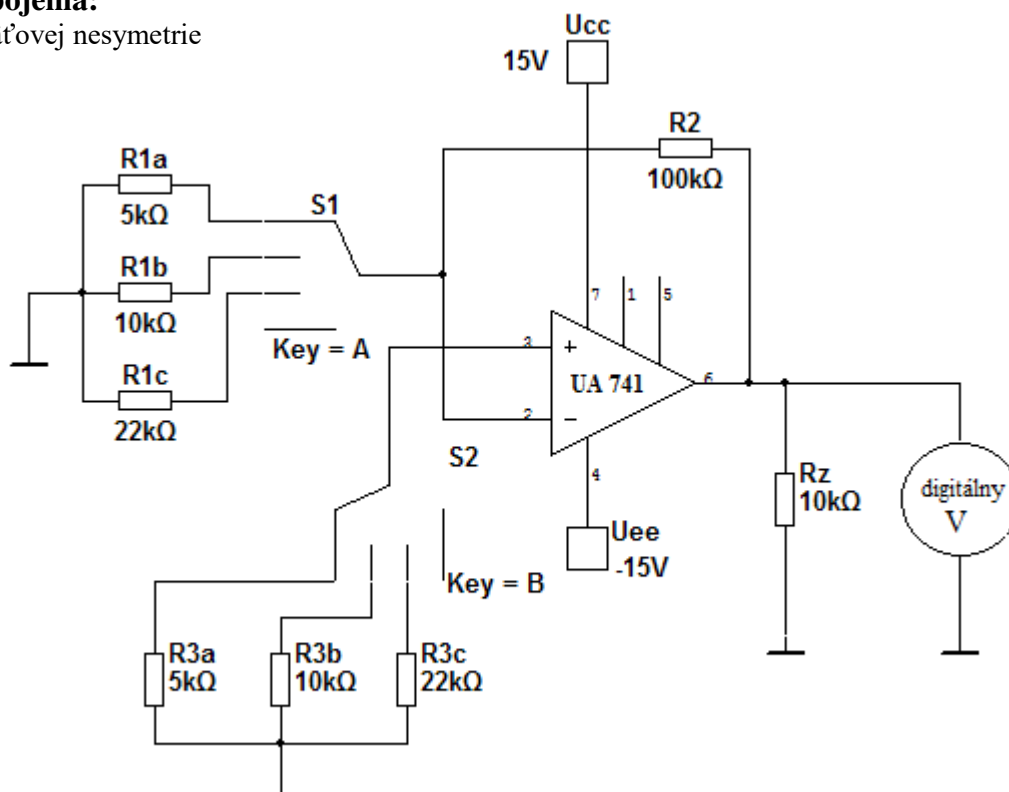
Teoretický úvod: vid' zadanie OZ

Katalógové údaje OZ UA 741

- *Maximálne napájacie napätie:* $\pm 22V$
- *Maximálne rozdielové napätie na vstupoch:* $\pm 30V$
- *Maximálne vstupné napätie:* $\pm 15V$
- *Prevádzková teplota:* -40 do $+105\text{ }^{\circ}\text{C}$
- *Vstupné offsetové napätie:* $5mV$
- *Vstupný offsetový prúd:* $30nA$
- *Napájací prúd:* $2,8mA$
- *Maximálne výkonová strata:* $0,5W$
- *Výstupný napájací prúd:* $40mA$
- *Vstupný odpor:* $2M\Omega$
- *Celkové harmonické skreslenie (THD):* $0,06\%$

Schéma zapojenia:

Meranie napäťovej nesymetrie



Súpis meracích prístrojov a pomôcok:

U_{cc} , U_{ee} – zdroj symetrického napätia *DIAMETRAL P230R51D*

Digitálny V – voltmeter *AXIOMET AX585B*

Prípravok s OZ

Prípojné vodiče

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt:

$R_2 = 100 \text{ k}\Omega$ $R_1 = R_3$

OZ	R_1 (k Ω)	A_U (-)	U_{cc} (V)	U_2 (mV)	$U_{vst\text{katalóg}}$ (mV)	U_{vst} (mV)
MAA741	22	4,55	± 15	7,72	5	1,697
MAA741	10	10	± 15	13,51	5	2,97
MAA741	5	20	± 15	24,88	5	5,47

Príklad výpočtu:

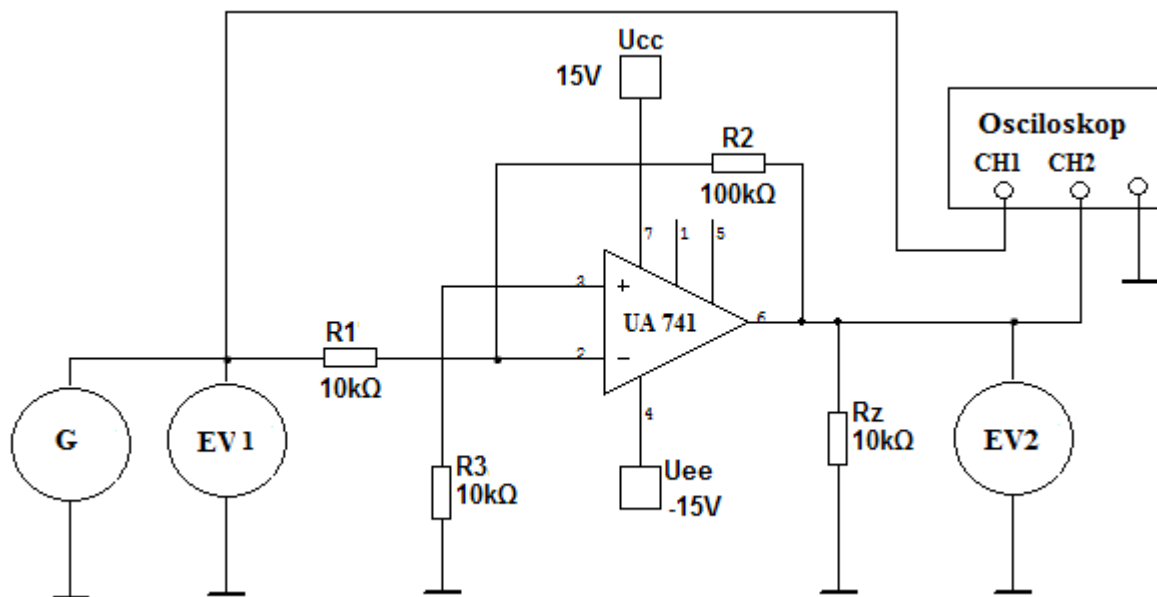
$$A_U = \frac{R_2}{R_1} = \frac{100}{22} = 4,55 (-)$$

$$U_{vst} = \frac{U_2}{A_U} = \frac{7,72}{4,55} = 1,697 \text{ (mV)}$$

Postup pri meraní napät'ovej nesymetrie: *Napät'ová nesymetria je napätie, ktoré vznikne medzi invertujúcim a neinvertujúcim vstupom. Každý OZ potrebuje zdroj symetrického napätia. Podľa katalógu by mal mať OZ napájanie 22V, čo znamená, že mi stanovíme optimálne vst. napätie 15V (na obidvoch zdrojoch). Zapojíme si obvod, na vstupe použijeme presné odpory s čo najvyššou triedou presnosti, aby sa veľmi nelíšili od nominálnej hodnoty-kvôli vplyvu na rovnakú napät'ovú nesymetriu – hodnoty 5k, 10k, 22k. K meraniu potrebujeme aj Multimeter na meranie js. napätia. Katalóg nám hovorí, že napät'ová nesymetria pre náš OZ je 5mV (vst. offsetové napätie). Dávame pozor na napájacie napätie, aby bolo pokiaľ možno rovnaké, pretože má vplyv na nesymetriu vstupov. Odmeriame výstupné napätie pri každom z 3 odporov, prepočítame => keďže prúd je rovnaký, tak ako pomer R_2/R_1 . Vydelíme výst. napätie s napät'ovým prenosom a vypočítame tak vst. napätie.*

Schéma zapojenia:

Meranie amplitúdovej a fázovej frekvenčnej charakteristiky



Súpis meracích prístrojov a pomôcok:

U_{cc} , U_{ee} – zdroj symetrického napätia *DIAMETRAL P230R51D*

G – generátor *VOLTCRAFT MS-9160*

$EV1$, $EV2$ – elektronické voltmetre *UNI-T UT632*

Osciloskop KIKUSUI OSCILLOSCOPE 40 MGHZ 5041

Prípravok s OZ

Prípojné vodiče

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt:

$U_{cc} = \pm 15 \text{ V}$ $U_1 = 100 \text{ mV}$

f [kHz]	0,01	0,1	0,5	1	10	50	100	200	300	500
U_2 (mV)	1000	1000	1000	1000	1000	880	670	378	250	135
d (diel)	4	2,5	2	5	5	1,6	1,6	1,2	1,3	0,5
D (diel)	8	5	4	10	10	3,8	4,8	4,9	6,5	3,9
a_u (dB)	20	20	20	20	20	18,89	16,52	11,55	9,54	2,61
φ (°)	180	180	180	180	180	151,58	120	88,16	72	46,15

Príklad výpočtu:

$$a_u = 20 \cdot \log \frac{U_2}{U_1} = 20 \cdot \log \frac{1000}{100} = 20 \text{ (dB)}$$

$$\varphi = \frac{d}{D} \cdot 360^\circ = \frac{5}{10} \cdot 360^\circ = 180^\circ$$

Postup pri meraní: meranie amplitúdovej aj fázovej frekvenčnej charakteristiky

Potrebujeme **generátor** s harmonickým priebehom, možnosťou zmeny frekvencie s čítačom; **2-kanálový osciloskop** na meranie φ posunov; **EV** (máme dva v jednom vst/výst. U); **napätie zdroja**, kt. potrebuje **OZ = zdroj symetrického napätia**. Najefektívnejšie z hľadiska frekvenčného pásma je použiť **SV**. Naše zapojenie nám **10x zosilňuje** (pomer $\Rightarrow A_u = R_2/R_1$). Na výstupe máme zosilnený signál, ale s **opačným znamienkom**. Potrebujeme 15V napätie, aby sme **nepoškodili** OZ mali by sme zdroje **zapnúť spoločne**. Vstupné napätie na **EV₁** nastavíme na **100mV** (vyšlo nám 10x zosilnenie) a generátorom nastavíme **predpísanú** frekvenciu. Ideme merať fázový posun. Tu je veľmi dôležitá **kalibrácia osciloskopu** (vid'. PL1 meranie φ). **V skratke zhrniem:** V režime polohy zeme **GND** uzemníme obidva priebehy a snažíme sa nastaviť signály presne - zároveň s horizontálnou osou. Signál dáme naspäť do AC (striedavého signálu) a správne nastavíme amplitúdy variabilnou citlivosťou, aby boli rovnaké. Tu to sa to dá urobiť aj bez toho φ je jasne viditeľný. Meriame pre ďalšie predpísané frekvencie. Vypočítame napäťový zisk zosilňovača. Určíme šírku pásma **B₃**.

Vyhodnotenie: zostavte graf závislosti zosilnenia (dB) od frekvencie (f) a fázy (φ) od frekvencie(f)), vyhodnoťte vstupnú napäťovú nesymetriu podľa katalógu, uveďte dolné a horné postranné pásmo OZ (napíšte, ako sa určujú) a z neho vypočítajte šírku prenášaného pásma OZ (napíšte vzťah), vyhodnoťte fázu OZ, zdôvodnite znamienko fázy OZ

Vstupná napäťová nesymetria (U_{vst}) nám po meraní vyšla **1,697 až 5,47 mV**, tým pádom nám podľa katalógu vst. ofsetové nap. tie **vyhovuje**. Na výstupe máme zosilnený signál, ale s **opačným znamienkom**, pretože sa jedná o invertujúce zapojenie. Všetky frekvencie, ktoré **klesnú pod 0,707 V** (alebo pod -3db) - OZ už **neprenesie**.

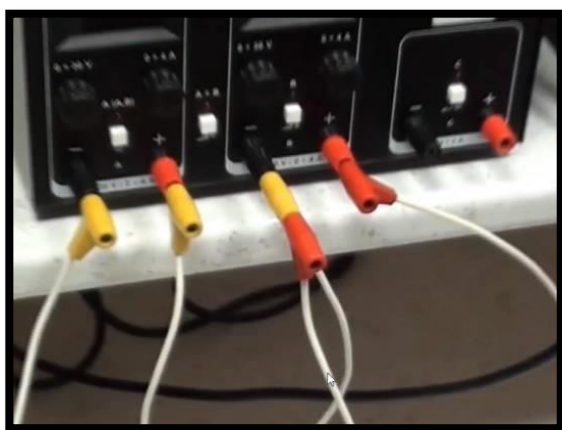
Operačný zosilňovač (OZ) je **lineárny, js. aj striedavý diferenciálny** zosilňovač. Má 2 vstupy a 1 výstup. Je to obvod, ktorý zvyšuje úroveň vstupného signálu, pri zachovaní **tvaru** signálu. OZ je vysoko **odolný** voči **rušivým** signálom a má **stabilnú SV**.

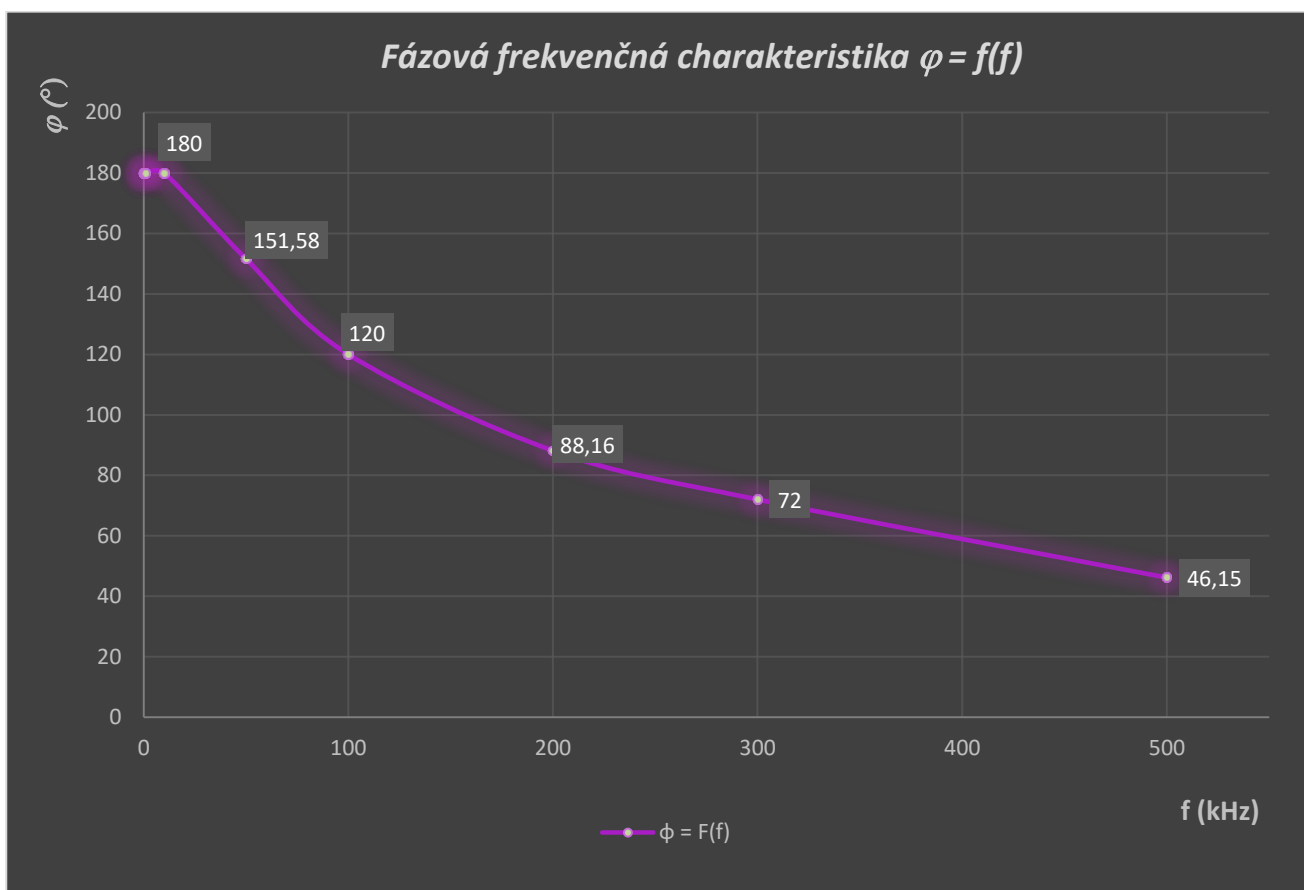
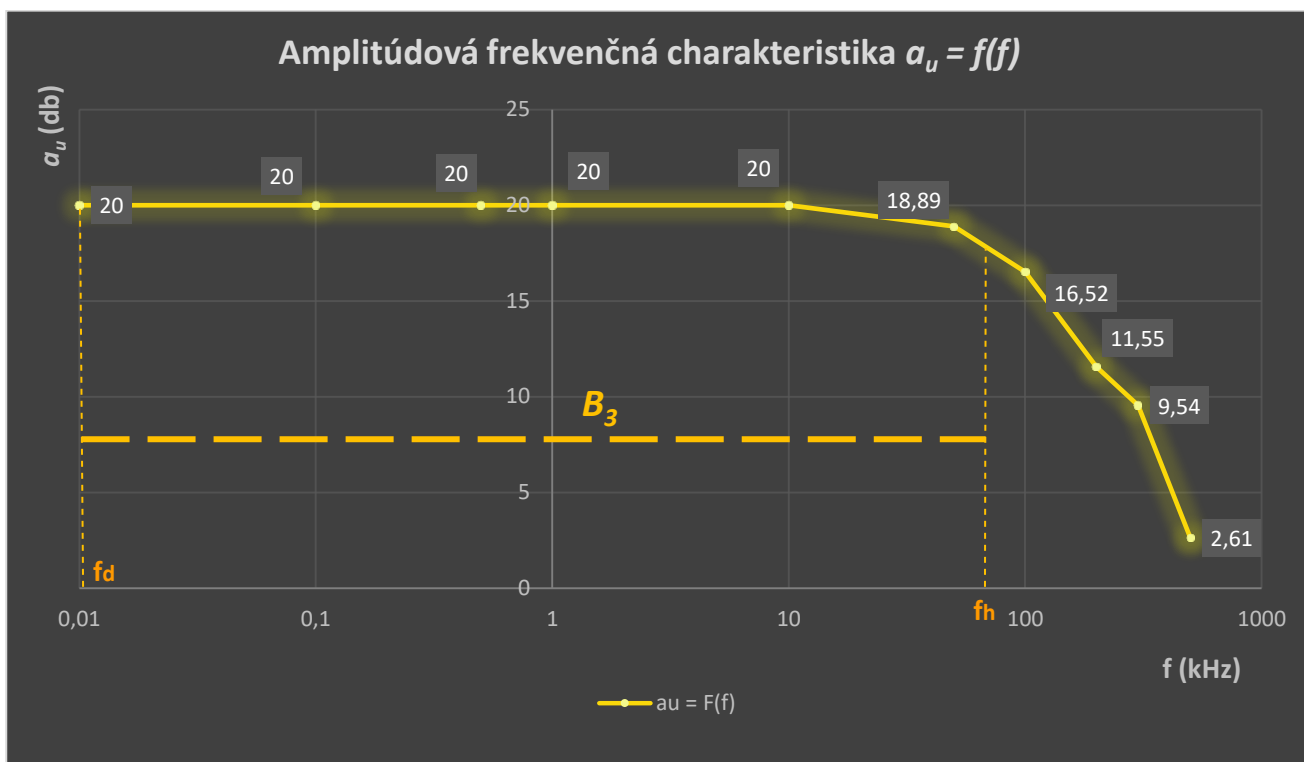
Zapojenie s OZ môže byť: **Invertujúci** otáča fázu o **180°** a je označený - ; **neinvertujúci** má vstupné napätie vo fáze s výstupným. \rightarrow Existujú zapojenia ako Integrátor/Derivátor.

Ideálny OZ má nekonečne veľké frekvenčné pásmo, nekonečný napäťový prenos, nekonečne veľký R_{vst} a nulový $R_{výst}$. **Skutočný** OZ zosilní (patrične) a zhruba neskreslí signál s **frekvenčným pásmom** od 1Hz do 1MHz. Jeho **napäťový prenos** od 10^5 do 10^7 . Charakteristickou vl. OZ je veľká **citlivosť** na rozdiel od vst. napätí. Prenosové vl. obvodov závisia od prvkov obvodu SV.

Ako vytvoríme zdroj symetrického napájania ?

Máme 1. ZDROJ a 2. ZDROJ. **Plus mínus 1.Z a 2.Z spojíme vodičom a je jedno z ktorej svorky, ale odtiaľto potiahnem spoločnú zem. Potom - 1. ZDROJA dám na OZ na - svorku a + z 2. ZDROJA dám na + svorku OZ.**





$$B_3 = f_h - f_d = 0,01 - 85 = \underline{\underline{84,99 \text{ kHz}}}$$