

Názov cvičenia:

Dolnopriepustný RC článok

Cieľ: naučiť študentov odmerať a vyhodnotiť útlmovú, fázovú a fázorovú frekvenčnú charakteristiku dolnopriepustného filtra

Úlohy:

1. Odmerajte:

- útlmovú a fázovú frekvenčnú charakteristiku a fázorovú frekvenčnú charakteristiku dolnopriepustného filtra (integračný článok)

2. Vypočítajte:

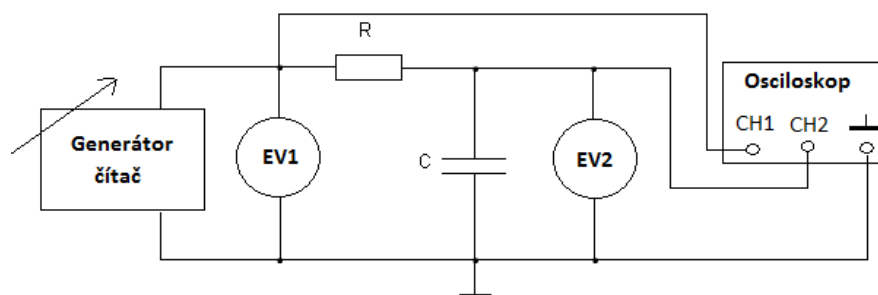
- útlmovú frekvenčnú $a_u = F(f)$ a fázovú $\varphi = F(f)$ charakteristiku predloženého filtra

3. Nakreslite:

- útlmovú $a_u = F(f)$ a fázovú $\varphi = F(f)$ frekvenčnú charakteristiku a fázorovú frekvenčnú charakteristiku $A_U(f_n) = |A_U|e^{\pm j\varphi}$ na milimetrový papier alebo cez program Excel pre odmerané hodnoty

4. Porovnajte odmerané a vypočítané hodnoty dolnopriepustného filtra

Schéma zapojenia:



Použité prístroje a pomôcky:

G+Č – generátor + čítač typ

EV1, EV2 – elektronické voltmetre typy

OSC – dvojkanálový osciloskop typ

prípojné vodiče

Tabuľka nameraných a vypočítaných hodnôt:

Predmet práce :

Frekvenčný filter – **integračný článok** – $R = \dots 68 \dots \Omega$ a $C = \dots 0,47 \dots \mu F$

Hraničná frekvencia filtra: dosadte konkrétne hodnoty do vzťahu

$$f_m = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot 68 \cdot 0,47 \cdot 10^{-6}} = 4,979 \quad (\text{kHz})$$

Odmerané - $U_1 = \text{konšt.} = 1 \text{ V (pri } f_m)$

f (kHz)	0,84	1,98	3,29	4,85	5,97	7,43	9,56	13,08
U ₂ (V)	1,4	1,2	0,9	0,707	0,6	0,5	0,4	0,3
A _u (-)	1,4	1,2	0,9	0,707	0,6	0,5	0,4	0,3
a _u (dB)	2,92	1,58	-0,91	-3,01	-4,43	-6,02	-7,95	-10,46
D (diel)	2,35	4,97	3	4,07	3,32	2,7	5,22	3,8
d (diel)	-0,09	-0,31	-0,29	-0,48	-0,48	-0,43	-0,92	-0,7
φ (°)	-13,78	-22,45	-34,8	-42,45	-52,05	-57,33	-63,45	-66,32

**Vypočítané**

f/f_m (-)	0,17	0,4	0,66	0,97	1,19	1,49	1,92	2,63
A_u (-)	0,98	0,93	0,83	0,72	0,64	0,56	0,46	0,35
a_u (dB)	-0,12	-0,64	-1,57	-2,89	-3,87	-5,09	-6,71	-8,97
φ (°)	-9,64	-21,8	-33,42	-44,13	-49,96	-56,13	-62,49	-69,18

Vzorce: Integračný článok

Pre odmerané hodnoty: $U_1 = \text{konšt.} = 1 \text{ V}$

$$\text{Napät'ový prenos } A_u(\omega) = \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} \quad (-) \qquad a_u(\omega) = 20 \log A_u(\omega) \quad (\text{dB})$$

$$\text{Fázový posuv } \varphi = -\frac{d}{D} \cdot 360^\circ$$

Napät'ový prenos $A_u(\omega)$ – je pomer výstupného napätia $U_2(\omega)$ k vstupnému napätiu $U_1(\omega)$. Kvôli lepšiemu znázorneniu sa napät'ový prenos používa v logaritmickej mierach, v decibeloch (dB), potom hovoríme o útlmovej charakteristike.

Napät'ový prenos integračného článku sa dá odvodiť z pomerov impedancií, na ktorých pôsobia napätia $U_1(\omega)$ a $U_2(\omega)$. *Pre vypočítané hodnoty:*

$$A_u(\omega) = \frac{U_2(\omega)}{U_1(\omega)} = \frac{1}{1 + j\omega RC} = \frac{1}{1 + j\omega\tau} \quad (-)$$

$\tau = R \cdot C$ (s) je časová konštanta.

Pretože A_u je komplexné číslo, obsahuje reálnu a imaginárnu zložku, takže môžeme písať:

a) absolútna hodnota napät'ového prenosu

$$A_u = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}} \quad (-) \qquad a_u = 20 \cdot \log \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f}{f_m}\right)^2}} \right) \quad (\text{dB})$$

b) fázový posuv napät'ového prenosu

$$\varphi = -\arctg \frac{f}{f_m} \quad (^\circ)$$

Postup pri meraní: Meranie útlmovej frekvenčnej charakteristiky:

Vhodne si zvolíme pasívne súčiastky (R, C), tak aby hraničná frekvencia f_m mohla byť v rozmedzí 3-5 kHz, určite nie 1 kHz, kvôli osciloskopu, prepočítame vzťahom.

Zapojíme si obvod pre Integračný článok, kde budeme potrebovať Generátor s čítačom, nemôžeme použiť Zdroj, lebo budeme meniť frekvencie, 2 Elektronické voltmetre, pozor! nie Metex (kvôli sieťovej frekvencii 50 Hz) a tienené vodiče s BNC koncami.

V prvom rade si musíme na generátore nastaviť nami vypočítanú medznú frekvenciu a vstupné napätie U_1 na EV1 si nastavíme generátorom konštantnú hodnotu 1V. Ak je obvod správne naladený na výstupe by nám mal ukazovať EV2 okolo 0,707 V. Ak by to tak nebolo tak z toho dôvodu, že sme počítali s nominálnymi hodnotami súčiastok. Hodnoty keď ich nameriame, tak sa budú líšiť o tolerancie dané výrobcom. Ak by sme však tomu chceli predísť, tak by sme museli na generátore ladiť blízku frekvenciu našej vypočítanej a hľadať kedy sa bude výstupné napätie bude rovnať 0,707 V, aby meranie bolo presnejšie. Práve výstupné napätie sa mení zmenou frekvencie. Vypočítaná a nameraná medzná frekvencia sa budú teda líšiť.

Z hodnôt vstupného a výstupného napätia sme si vypočítali napäťový prenos $A_u = \frac{U_2}{U_1}$ ale ak $U_1 = 1V$, tak výstupné napätie $U_2 = A_u$.

Keďže do útlmovej charakteristiky sme potrebovali a_u v decibeloch, tak sme si ho vypočítali zo vzťahu $a_u = 20 \cdot \log A_u$. Vychádzali nám záporné čísla, pretože to bol pokles v decibeloch a pri hraničnej frekvencii f_m nám pokles vychádzal približne -3 db. Prevedieme zopár meraní s frekvenciami vyššími kde nám výstupné napätie klesá a nižšími, kde stúpa od medznej frekvencie a zostrojíme graf útlmovej charakteristiky.

Meranie fázového posuvu, fázovej charakteristiky:

Základom je veľmi dôležitá **kalibrácia osciloskopu**. V režime GND uzemníme obidva kanály CH1 a CH2 na stred obrazovky, čiže zároveň s osou x. Obidva kanály prepne do režimu AC. Následne do Mode Dual (režim prvého aj druhého kanála). Generátorom si naladíme príslušnú frekvenciu, nastavíme si časovú základňu, aby na obrazovke bolo vidieť aspoň 1 periódu. Vhodnú vstupnú citlivosť pre CH1 aj CH2, tak aby signály mali rovnakú amplitúdu.

Budeme sa snažiť nastaviť signál, tak aby sme mali začiatok periódy na priesečník osi x a y. Sčítavame dieliky na osi x a konkrétne nás bude zaujímať perióda (D) jedného priebehu sínusoidy a fázový posun (d), čiže rozdiel medzi začiatkami dvoch priebehov. Fázový posun bude v záporných hodnotách, pretože z teórie o dolnej priepusti vieme, že je v intervale $\langle 0^\circ; -90^\circ \rangle$. **Výstupný signál bude za vstupným !** Následne sme si pomocou vzťahu pre výpočet uhla $\varphi = -\frac{d}{D} \cdot 360^\circ$ vypočítali hodnotu uhla. Pri našej medznej frekvencii by nám tento uhol mal výjsť približne -45° . Prevedieme zopár meraní s frekvenciami vyššími, kde fázový posun a uhol sa bude znižovať a nižšími, kde sa bude zvyšovať od medznej frekvencie a zostrojíme graf fázovej charakteristiky.

Vyhodnotenie:

Elektrické filtre sú dvojbrány, ktoré signály.....určitej frekvenčnej oblasti prepúšťajú, kým signály mimo tejto oblasti tlmia.....

Rozdelenie filtrov:

-**PASÍVNE**.....obsahujú iba**pasívne**..... súčiastky a to ...**RL**... a ...**RC**...
-**AKTÍVNE**.....okrem**reaktančných**..... súčiastok aj **zosilňovacie** súčiastky a to**operačné zosilňovače**.....

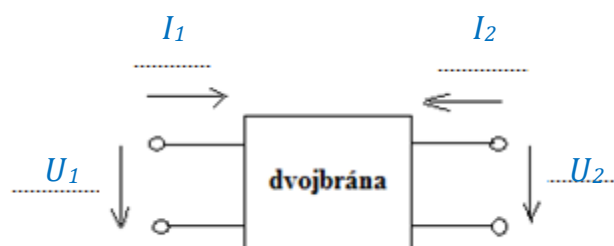
Uved'te využívanie filtrov v bežnom živote:

-**rádiové prijímače**.....
-**zdroje**.....
-**reproduktorová výhybka**.....

Rozdelenie lineárnych analógových filtrov:

- **dolnopriepustný** – prepúšťa **nižšie frekvencie, ako je hraničná frekvencia**
- **pásmová zadrž** - zadržiava pásmo frekvencií v okolí hraničnej frekvencie
- **pásmová priepust** - **prepúšťa pásmo frekvencií v okolí hraničnej frekvencie**
- **hornopriepustný** - prepúšťa vyššie frekvencie ako je hraničná frekvencia

Dopíšte do obr. 1 chýbajúce premenné



Pre výstupný prenos platí vzťah

$$A_U(\omega) = \frac{U_2}{U_1} \quad (-)$$

$$a_U(\omega) = 20 \log A_u \quad (dB)$$

Frekvenčné charakteristiky určujú vzťahy medzi**napäťovým prenosom**..... v závislosti od**frekvencie**.....

Napište matematické vyjadrenie pre frekvenčnú charakteristiku v zložkovom (súčtovom) tvare a exponenciálnom tvare:

$$A(\omega) = \dots\dots R_e\{A(\omega)\} + jI_m\{A(\omega)\} \dots\dots \text{súčtový tvar}$$

$$A(\omega) = \dots\dots A(\omega) = |A(\omega)| \cdot e^{j\varphi(\omega)} \dots\dots \text{exponenciálny tvar}$$

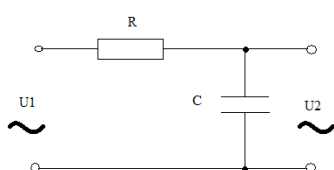
Určte matematicky z predchádzajúcich vzťahov:

- **amplitúdovú frekvenčnú funkciu** $|A(\omega)| = \sqrt{R_e\{A(\omega)\}^2 + I_m\{A(\omega)\}^2}$
- **fázovú frekvenčnú funkciu** $\varphi = \arctg I_m\{A(\omega)\} / R_e\{A(\omega)\}$

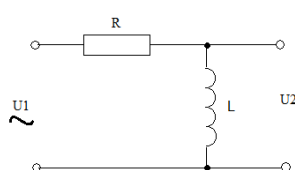
Hraničná (medzná) frekvencia filtra je frekvencia..... **pre, ktorú bude obvod pracovať**.....

a dá sa vypočítať: $f_m = \dots\dots 1/2\pi RC \dots\dots = \dots\dots 1/2\pi \cdot L/R \dots\dots (Hz.)$, τ je..... **časová** **konštanta**.....(s.) a dá sa vypočítať $\tau = \dots\dots RC = L/R \dots\dots (s.)$

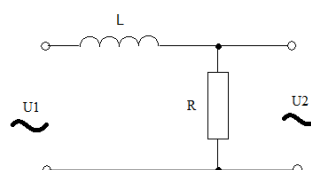
Doplňte názvy elektrických filtrov



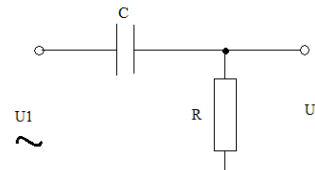
.....**RC**.....filter
... **Integračný**...článok



.....**RL**.....filter
... **Derivačný**...článok

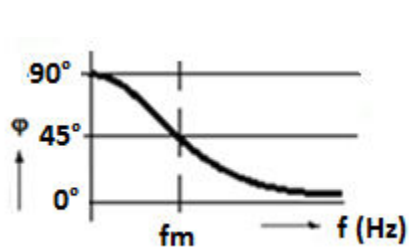


.....**LR**.....filter
... **Integračný**...článok

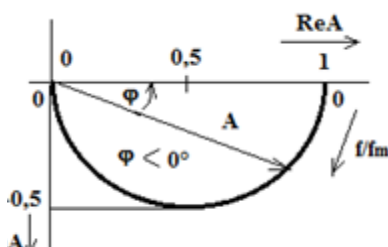


.....**CR**.....filter
... **Derivačný**...článok

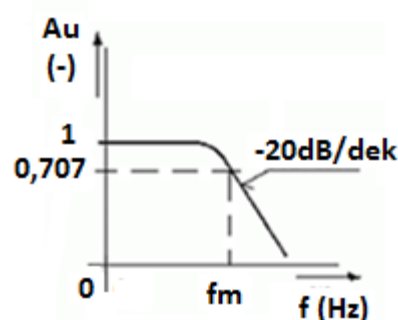
Doplňte názvy frekvenčných charakteristík a elektrických filtrov



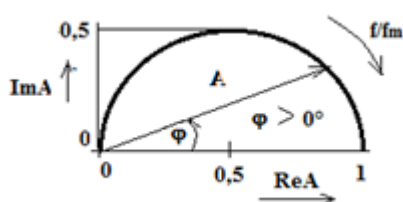
..... **fázová**.....charakteristika
pre ... **horný**...priepravný filter



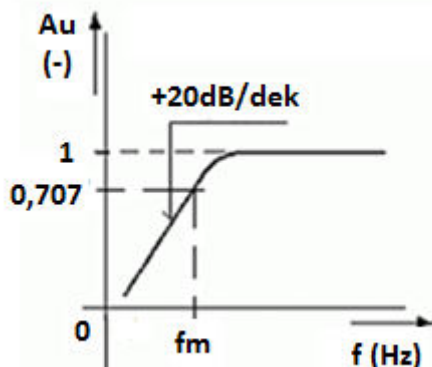
..... **fázová**.....charakteristika
pre ... **dolný**...priepravný filter



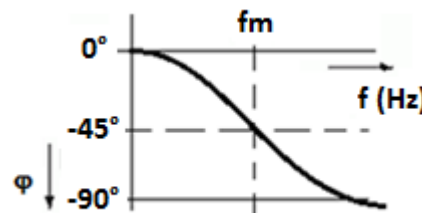
.... **útlmová**.....charakteristika
pre ... **dolný**...priepravný filter



..... **fázová**.....charakteristika
pre ... **horný**...priepravný filter



.... **útlmová**.....charakteristika
pre ... **horný**...priepravný filter



.... **fázová**.....charakteristika
pre ... **dolný**...priepravný filter

Napište meracie prístroje a zariadenia potrebné pre meranie frekvenčných charakteristík:

1. **Generátor** s možnosťou zmeny frekvencie spolu s čítačom
2. **Elektronický voltmeter** – potrebujeme ..2.. kusy, jeden zapojíme na ... **vstup**... a druhý na ... **výstup**...
3. **Osciloskop** musí byť ..2.. kanálový
4. **BNC káble, vodiče**
5. súčiastky **rezistor**..... a **kondenzátor**.....

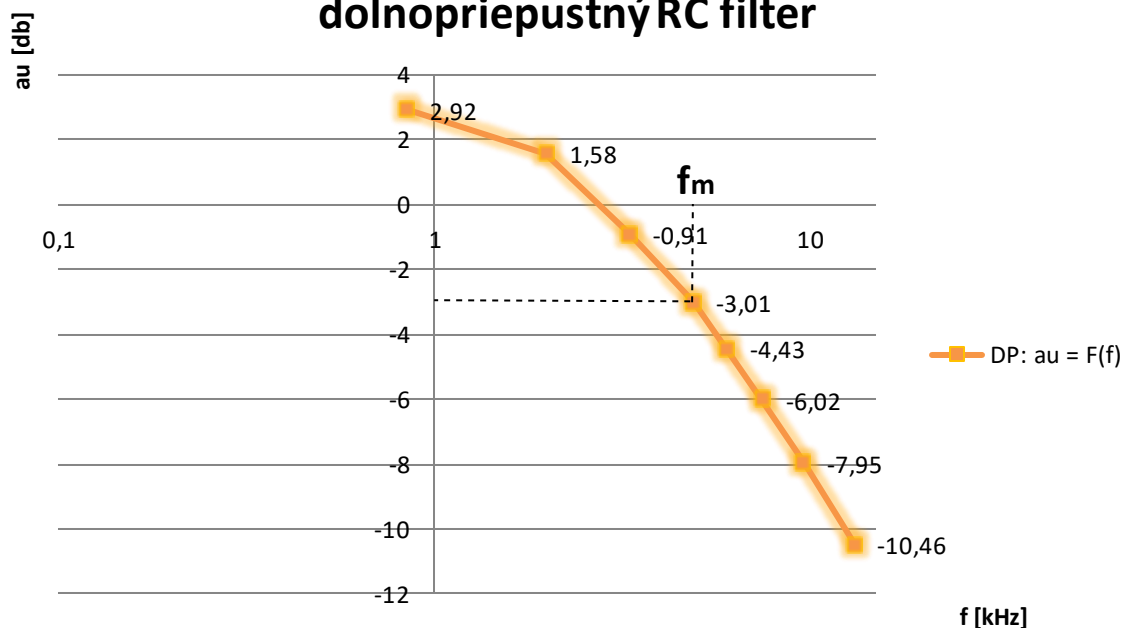
Nakreslite na milimetrový papier alebo pomocou programu Excel frekvenčné charakteristiky pre odmerané hodnoty podľa zadania. Určte z frekvenčných charakteristík $f_m = 4,85$ (.Hz.) , φ pri hraničnej frekvencii je =**-42,45°**.... (°.). Porovnajzte vypočítané a odmerané hodnoty. Uvedte dôvody rozdielných výsledkov **vplyvom tolerancií, ktoré sú dané výrobcom na daných súčiastkách**.....

Zhodnotenie práce na hodine ZER:

Stručne zhodnotte svoju aktívnu prácu na danej hodine, čím konkrétnym ste prispeli k výsledku merania a jeho vyhodnoteniu

Svoju aktívnu prácu na hodine **sám klasifikujem známku:**

Útlmová frekvenčná charakteristika pre dolnopriepustný RC filter



Fázová frekvenčná charakteristika pre dolnopriepustný RC filter

