

# **OBSAH**

<b>1. KRYŠTÁLOVÝ REFERENČNÝ OSCILÁTOR</b>	<b>2</b>
MERANIE PARAMETROV NÁHRADNEJ SCHÉMY KRYŠTÁLOV	2
REALIZÁCIA OSCILÁTORA	5
MERANIE LADIACEJ CHARAKTERISTIKY XCO	7
<b>2. FILTER S DVOJITÝM T ČLÁNKOM</b>	<b>8</b>
TEORETICKÝ ROZBOR DVOJITÉHO T ČLÁNKU	8
POZNÁMKA K ZAPOJENIU ČLÁNKOV DO SÉRIE	14
VÝBER SÚČIASTOK PRE FILTER	17
MECHANICKÁ KONŠTRUKCIA	19
POUŽITÁ LITERATÚRA	20
PRÍLOHY	21

## 1. KRYŠTÁLOVÝ REFERENČNÝ OSCILÁTOR

Pri konštrukcii kryštálového referenčného oscilátora sa vychádzalo z už postaveného LC oscilátora, ktorý bol predmetom môjho semestrálneho projektu v treťom ročníku. Pôvodná myšlienka bola len nahradiť LC rezonančný obvod kryštálom. Nastal však na problém, lebo oscilátor sa samostatne nevedel rozkmitať. Pri skúmaní príčin tohoto javu som použil počítačovú simuláciu v programe MicroCAP V, kde sa pomerne jednoducho dá experimentovať so všetkými prvkami obvodu až kým sa nedosiahnú požadované výsledky.

Naeditovať kryštálový oscilátor do simulátora nerobí problémy, jediná vec ktorou sa treba zaoberať sú modely súčiastok. Čím presnejšie budú prvky obvodu popísané ich modelmi, tým vernejšie budú získané výsledky zo simulácie.

V oscilátore je použitý sovietsky tranzistor KT3120 a v oddelovacom zosilňovači 2T382A, ktoré sa iba mierne líšia svojou tranzitnou frekvenciou ( $\sim 2\text{GHz}$ ). Ďalej sú v oscilátore použité rýchle schottkyho obmedzovacie diódy a varikap na jemné doladenie frekvencie XCO. Konkrétne parametre ich modelov získane meraním z [2] sú:

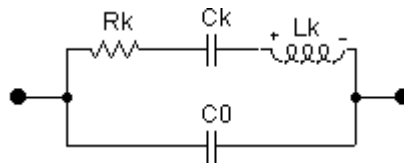
```
.MODEL KT3120 NPN (bf=250 eg=1.11 rc=0 mjc=.33 cjs=1e-12 ise=1
e-16 ne=1.5 rbm=1 xti=3 br=1 cjc=1e-12 vaf=50 vjc=.75 var=100
isc=1e-16 nc=2 vtf=1000 xcjc=1 kf=0 is=1e-14 rb=0 tr=1e-11 vje
=.75 nr=1 ikr=1 irb=1 xtf=0 mjs=.5 fc=.5)
.MODEL KB109 D (is=1e-14 cjo=6.185e-11 vj=3.259 rl=1e12 m=1.19
6 fc=.5)
.MODEL DSC0TTKY D (is=1e-14 cjo=0 rl=5e13 m=.5 fc=0)
```

Môj príspevok k tejto úlohe bol zmerať parametre modelu použitého kryštálového rezonátora a overiť správnosť merania v praxi.

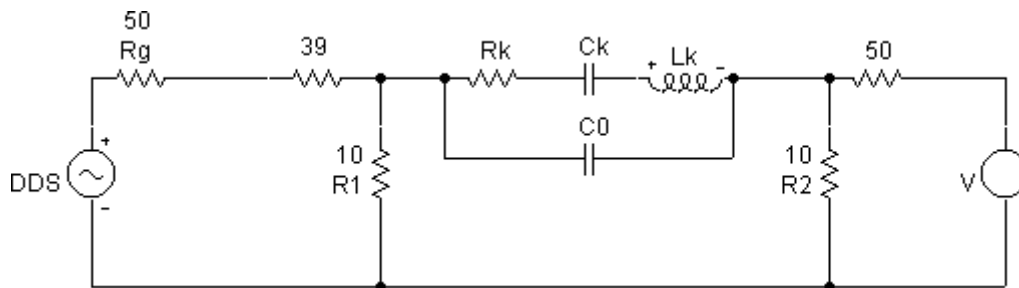
### **MERANIE PARAMETROV NÁHRADNEJ SCHÉMY KRYŠTÁLOV**

Náhradná schéma kryštáloveho rezonátora pozostáva zo štyroch prvkov – sériového rezistoru  $R_K$ , rezonančnej kapacity  $C_K$ ,

rezonančnej indukčnosti  $L_k$  a kapacity držiaka  $C_0$  ako vidno na nasledujúcom obrázku:

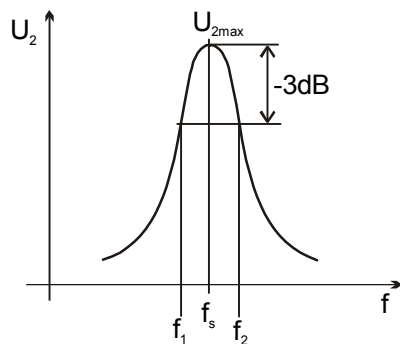


Na meranie ich parametrov použijeme nasledovne zapojený prípravok:



**Postup merania je nasledovný:**

1. Zmeriame rezonančnú frekvenciu  $f_s$  (z maxima napätia na voltmetri). Ako generátor bol použitý modul priamej číslicovej syntézy s integrovaným obvodom AD9850 (analog devices) riadený z osobného počítača. S bežným generátorom by sa takéto meranie nedalo uskutočniť kôli malej stabilite frekvencie a nemožnosti jemne ladiť frekvenciu v okolí rezonancie s presnosťou jednotiek hertzov. DDS umožňuje v celom jej pracovnom rozsahu nastaviť frekvenciu s presnosťou 0,1Hz, čo je pre tento účel prinajmenšom dostatočujúce. Výstupné napätie meriame v milivoltmetrom. Od presnosti určenia maxima a poklesu o 3dB závisí presnosť určenia ostatných parametrov kryštálu.



AD9850 (analog devices) riadený z osobného počítača. S bežným generátorom by sa takéto meranie nedalo uskutočniť kôli malej stabilite frekvencie a nemožnosti jemne ladiť frekvenciu v okolí rezonancie s presnosťou jednotiek hertzov. DDS umožňuje v celom jej pracovnom rozsahu nastaviť frekvenciu s presnosťou 0,1Hz, čo je pre tento účel prinajmenšom dostatočujúce. Výstupné napätie meriame v milivoltmetrom. Od presnosti určenia maxima a poklesu o 3dB závisí presnosť určenia ostatných parametrov kryštálu.

- Určíme šírku pásma pre pokles o 3dB -  $f_2, f_1$ . Odtiaľto môžeme skontrolovať správnosť stanovenia  $f_s$  podľa vzťahu  $f_s = (f_2+f_1)/2$  a určiť šírku pásma  $B_{-3} = f_2-f_1$ .
- Zmeriame  $R_k$ . Na generátore nastavíme frekvenciu  $f_s$ . Namiesto kryštálu zapojíme trimer s hodnotou odporu 50-100 $\Omega$  (približná odhadnutá hodnota sériového odporu kryštálu). Trimrom nastavíme rovnakú výchylku na voltmetri ako bola pri pripojenom kryštále. Trimer odpojíme a zmeriame ohmmetrom jeho hodnotu. Získaný údaj je hodnota  $R_k$
- Vypočítame efektívnu a skutočnú kvalitu rezonátora podľa vzťahov

$$Q_{ef} = \frac{f_s}{B_{-3}} = \frac{\omega_s L_k}{R_1 + R_2 + R_k} \quad Q = \frac{\omega L_k}{R_k}$$

- Vypočítame hodnotu  $L_k$  podľa vzťahu

$$L_k = \frac{Q_{ef}}{\omega_s} (R_1 + R_2 + R_k)$$

- Z Thomsonovho vzťahu vypočítame hodnotu rez. kapacity

$$C_k = \frac{1}{\omega_s^2 L_k}$$

- Zmeriame hodnotu kapacity držiaka  $C_0$  na nízkofrekvenčnom mostíku (musí platiť  $f \ll f_s$ , napr. 1kHz, aby meranie nebolo ovplyvnené rezonančnou časťou kryštálu)

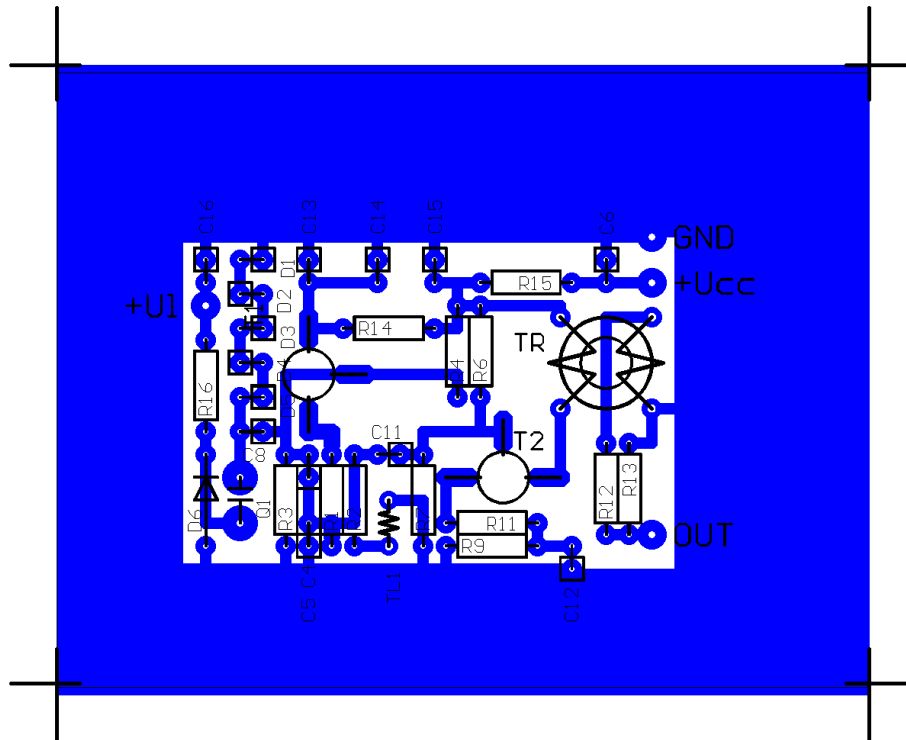
Meral som štyri kryštály, ktoré boli neskôr použité do oscilátorov, namerané hodnoty pre jednotlivé kusy sú v tabuľke na nasledujúcej strane

	$f_s$ (Hz)	$f_1$ (Hz)	$f_2$ (Hz)	$B_{-3}$ (Hz)	$L_k$ (mH)	$C_k$ (fF)	$R_k$ ( $\Omega$ )	$C_0$ (pF)	$Q_{ef}$	$Q$
Q1	10000400	10000235	10000555	320	16.570	15.3	13.3	4.0	31251	78246
Q2	10738600	10738385	10738815	430	15.405	14.3	21.6	3.1	24973	48097
Q3	10738600	10738426	10738779	353	15.563	14.1	14.5	3.2	30421	72381
Q4	10700805	10700675	10700939	264	21.352	10.4	15.4	2.5	40533	93174

## REALIZÁCIA OSCILÁTORA

Oscilátory sú zabudované v komerčne dostupnej krabičke z pocínovaného plechu s rozmermi 65x90x22mm, na ktorej sú upevnené výstupný BNC konektor, BNC konektor pre vstup ladiaceho napätia a zdiery pre pripojenie napájacieho napätia.

Plošný spoj je osadený podľa nasledujúceho obrázku



Plošný spoj v mierke 1:1 je uvedený v prílohe

Oba oscilátory sú navrhnuté tak, aby bolo možné kľúčové súčiastky (kryštál, väzobné kondenzátory, rezistory na nastavenie prac. bodu) v prípade potreby jednoducho vymeniť vyťahnutím z „päťice“.

Prvý z oscilátorov má možnosť jemného doladenia jeho výstupnej frekvencie varikapom (viď meranie ladiacej charakteristiky).

U druhého oscilátora je možné experimentovať s odberom signálu buď priamo z rezonátora, alebo z emitora oscilačného tranzistora (sledovanie amplitúdy výstupného signálu, skreslenie výstupného signálu, zaťaženie kryštálového rezonátora a pod). V tomto prípade niesú osadené súčiastky D6, R16, C16 a kryštál sa pripojí na zem.

Mojou úlohou bolo tieto oscilátory postaviť a v súčasnej forme sú určené na meranie ich vlastností a rôzne experimenty, ktoré sú predmetom riešenia v ďalších prácach.

### Zoznam použitých súčiastok

R1	4R7	C4	680p
R2	560	C5	1n
R3	15k	C6	33n
R4	15k	C8	C1206
R6	18k	C11	22p
R7	3k3	C12	6n8
R9	220	C13	33n
R11	10	C14	100M
R12	100	C15	47M
R13	100	C16	33n
R14	100		
R15	100	Q1	kryštál (vid text)
R16	100k		

D1-D5 nízkovýkonové schottkyho diódy

D6 varikap KB109

T1 KT3120

T2 2T382A

TL1 tlmivka (v prípade potreby)

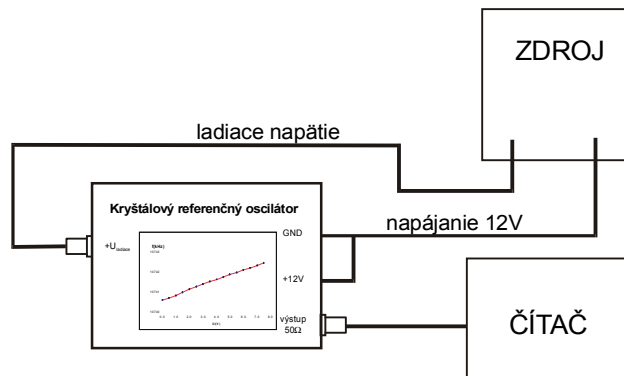
TR výstupný transformátor

primár (L2) 44 závitov drôt 0.25mm

sekundár (L1) 11 závitov drôt 0.25mm

toroid  $\phi$ 10mm zelený

## MERANIE LADIACEJ CHARAKTERISTIKY XCO



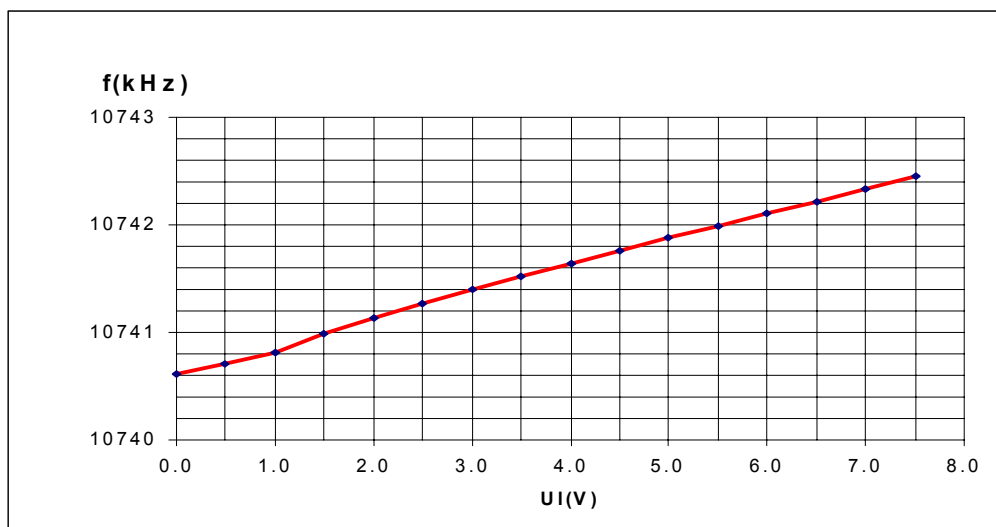
### Použité prístroje:

- Regulovateľný napájací zdroj AUL310 (ZPA Košíře)
- Univerzálny čítač BM640 (Tesla Brno)
- Meraný oscilátor

Meranie je veľmi jednoduché, všetky prístroje sa zapoja, zapnú a po ustálení (v tomto prípade som začal merať po 5 hodinách) sa bod po bode zmeria ladiaca charakteristika

### Zmeraná ladiaca charakteristika XCO

(detailnejšia charakteristika je v prílohe)

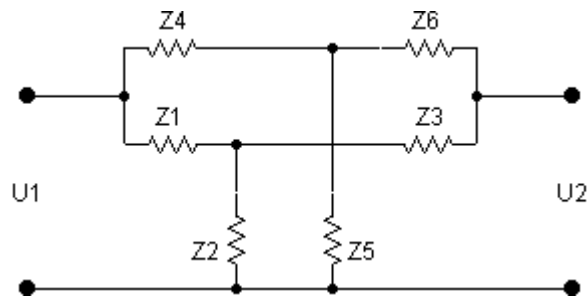


## 2. FILTER S DVOJITÝM T ČLÁNKOM

Predmetom môjho ročníkového projektu bola aj realizácia filtra pre fázový záves. Úlohou daného filtra je potláčať produkty vznikajúce z číslicového fázového detektora s pracovnou frekvenciou 10kHz o frekvenciách 10kHz, 20kHz a 40kHz. Zvolený bol dvojitý T článok, lebo je to jediný jednoduchý pasívny RC štvorpól, u ktorého sa dá dosiahnuť teoreticky nulový prenos na rezonančnej frekvencii. Reálne je veľkosť maximálneho tlmenia určená použitými súčiastkami a realizáciou filtra. Čím viac sa hodnoty súčiastok približujú teoretickým a čím viac sa navzájom zhodujú tým lepšie výsledky dostávame.

### TEORETICKÝ ROZBOR DVOJITÉHO T ČLÁNKU

Dvojitý T článok je štvorpól v zapojení:



kde Z1-Z6 sú všeobecné impedancie. Prenos takéhoto článku je daný vzťahom:

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2 Z_5 \left( Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} + Z_4 + Z_6 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_5} \right)}{(Z_1 + Z_2) D_2 + (Z_4 + Z_5) D_1 + Y_L D_1 D_2} \quad (1)$$

$D_1$  a  $D_2$  sú determinanty impedančných rovníc jednotlivých T článkov

$$D_1 = Z_1 Z_2 + Z_1 Z_3 + Z_2 Z_3 \quad D_2 = Z_4 Z_5 + Z_4 Z_6 + Z_5 Z_6 \quad (2), (3)$$

pokiaľ sa jedná o nezaťažený článok je prenos len

$$A = \frac{U_2}{U_1} = \frac{Z_2 Z_5 \left( Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} + Z_4 + Z_6 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_5} \right)}{(Z_1 + Z_2) D_2 + (Z_4 + Z_5) D_1} \quad (4)$$



Selektívne vlastnosti ale nevykazujú všetky dvojité T články. Aby sme mohli stanoviť podmienky pre selektívny účinok takýchto obvodov budeme najprv hľadať podmienky pre nulový prenos napätia. Prenos A je rovný nule ak je čitateľ zlomku rovný nule t.j.

$$0 = Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} + Z_4 + Z_6 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_5} \quad (5)$$

Prvé tri členy v rovnici patria prvkom prvého T článku a druhé tri prvkom druhého T článku. Označme preto

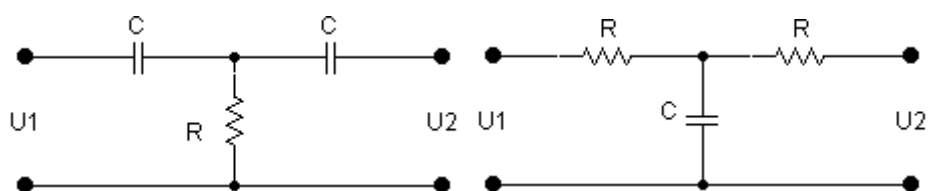
$$Z_{t1} = Z_1 + Z_3 + \frac{Z_1 Z_3}{Z_2} \quad Z_{t2} = Z_4 + Z_6 + \frac{Z_4 Z_6}{Z_5} \quad (6),(7)$$

A potom možno rovnicu (5) napísať ako

$$0 = Z_{t1} + Z_{t2} \quad (8)$$

Z rovnice (8) vidno, že nulový prenos môžeme dosiahnuť ak reálne a imaginárne časti oboch impedancií  $Z_t$  majú rovnakú veľkosť ale opačné znamienko. To znamená, že jedna z impedancií musí mať kladné a druhá záporné znamienko. Z toho vypláva, že pre dosiahnutie nulového prenosu je potrebné kombinovať články s kladnou a zápornou impedanciou.

Týmto podmienkam vyhovujú a pre danú realizáciu boli použité články v nasledujúcej konfigurácii

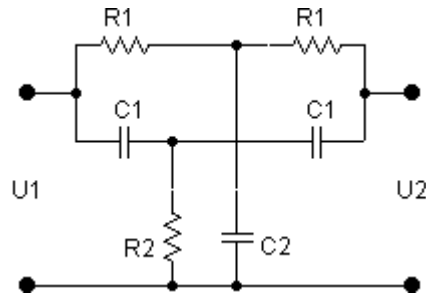


pre ktorých impedancie  $Z_t$  platia vzťahy

$$Z_{t1} = \frac{2}{j\omega C} - \frac{1}{\omega^2 C^2 R} \quad (9)$$

$$Z_{t2} = 2R + j\omega CR^2 \quad (10)$$

a ich kombináciou vznikol dvojitý T článok v nasledujúcej konfigurácii



ktorého prenos napätia je

$$A = \frac{\frac{R_1}{j\omega C_2} \left( \frac{2}{j\omega C_1} - \frac{1}{\omega^2 C_1^2 R_1} + 2R_2 + j\omega C_2 R_2^2 \right)}{\left( \frac{1}{j\omega C_1} + R_1 \right) \left( \frac{2R_2}{j\omega C_2} + R_2^2 \right) + \left( \frac{1}{j\omega C_2} + R_2 \right) \left( \frac{2R_1}{j\omega C_1} - \frac{1}{\omega^2 C_2^2} \right)} \quad (11)$$

Pre dosiahnutie nulového prenosu musí byť čitateľ (11) rovný nule ako už bolo spomenuté a dostávame nasledovné podmienky pre hodnoty prvkov filtra

$$2\omega_0^2 C_1^2 R_1 R_2 = 1 \quad \text{a súčasne} \quad \omega_0^2 C_1 C_2 R_2^2 = 2$$

$$(12), (13)$$

ktorých splnenie vedie ku vzťahu

$$C_2 R_2 = 4 C_1 R_1 \quad (14)$$

V praxi sa často používa voľba  $R_2 = 2R_1$  a  $C_2 = 2C_1$  a potom platí vzťah

$$\omega_0^2 C_1 R_2 = 1 \quad (15)$$

odkiaľ dostávame frekvenciu pre nulový prenos

$$f = \sqrt{\frac{1}{4\pi^2 R_2 C_1}} \quad (16)$$

Pre filter, ktorý som realizoval boli zvolené tri sériovo zapojené články na potlačanie vyšších harmonických zložiek z diskretného fázového detektora, ktorý pracuje na frekvencii 10kHz.

Kôli jednoduchosti výberu pasívnych súčiastok je filter realizovaný s kondenzátormi rovnakej kapacity ( $C_1 = 1\text{nF}$  a  $C_2 = 2 \cdot C_1 = 2\text{nF}$ ) a ku nim sú potom vypočítané hodnoty rezistorov nasledovné:

### Pásmo 10kHz

$$R_1=15,91\text{k}\Omega, R_2=7,955\text{k}\Omega$$

$$C_1=1\text{nF}, C_2=2\text{nF}$$

### Pásmo 20kHz

$$R_1=7,955\text{k}\Omega, R_2=3,978\text{k}\Omega$$

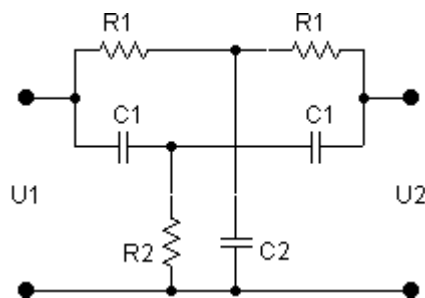
$$C_1=1\text{nF}, C_2=2\text{nF}$$

### Pásmo 40kHz

$$R_1=3,978\text{k}\Omega, R_2=1,989\text{k}\Omega$$

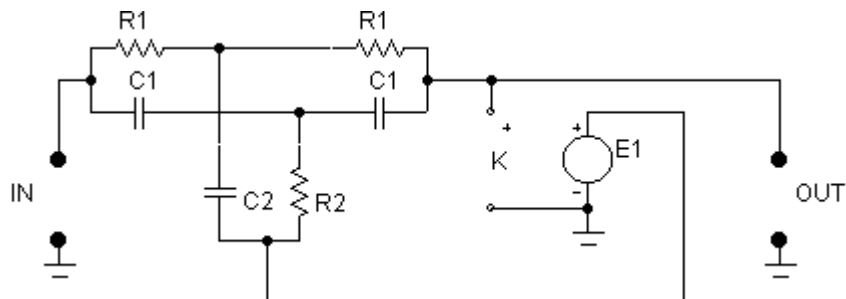
$$C_1=1\text{nF}, C_2=2\text{nF}$$

Obyčajný pasívny filter s dvojitým T článkom má prvky  $R_2$  a  $C_2$  uzemnené ako vidno z obrázku.



Tu je však možnosť doplniť celý filter o zosilňovač, čím sa stane aktívny a výrazne sa zlepšia jeho vlastnosti.

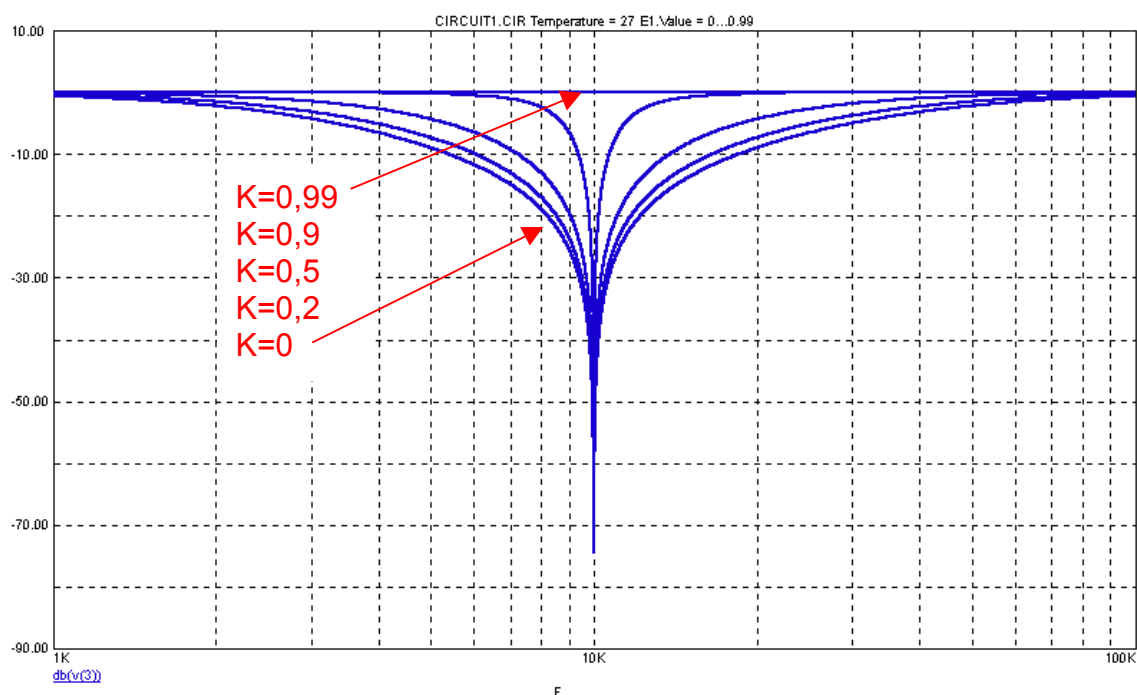
V tomto prípade sa do bodov, kde boli  $R_2$  a  $C_2$  uzemnené zavedie spätná väzba. Potom bude článok vyzeráť nasledovne:



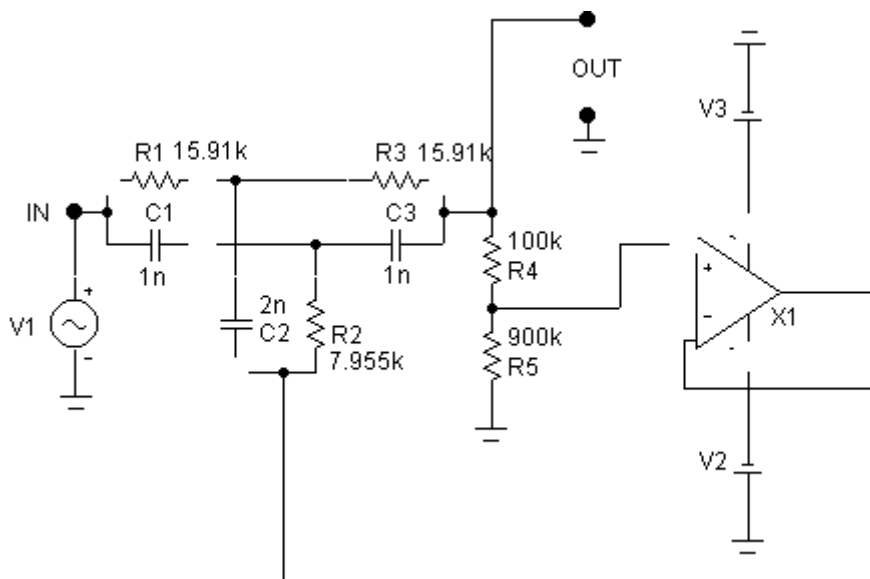
kde K je zosilňovač (realizovaný napätím riadeným zdrojom napätia). Zosilnenie K nadobúda hodnoty menšie ako 1, jeho

zvyšovaním sa zužuje prenosová krivka, až v limitnom prípade  $K=1$  obvod stráca selektívne vlastnosti a začína kmitať.

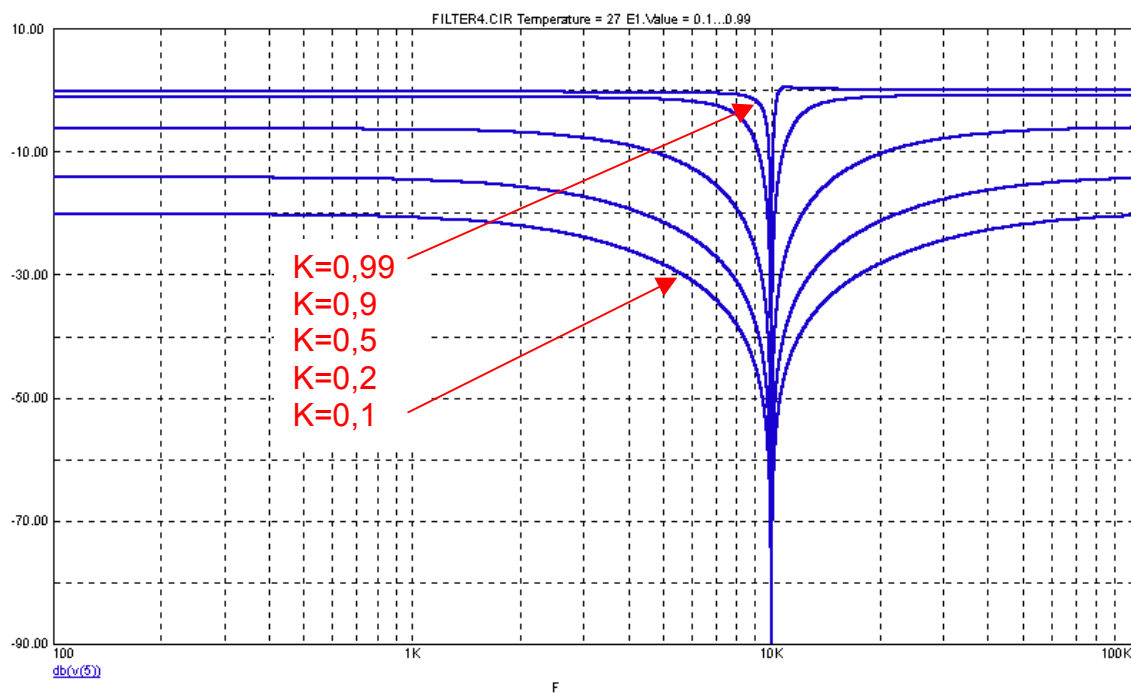
Amplitúdovo frekvenčná charakteristika aktívneho článku získaná simuláciou v programe MicroCAP V je na nasledujúcom obrázku, parameter simulácie je zosilnenie  $K$ :



Tieto úvahy boli zatiaľ len na teoretickej úrovni, pri praktickej realizácii je riadený zdroj nahradený kvalitným operačným zosilňovačom v neinvertujúcom zapojení (použil som nízkošumový OZ typ NE5534). Potom bude zapojenie vyzerať nasledovne:

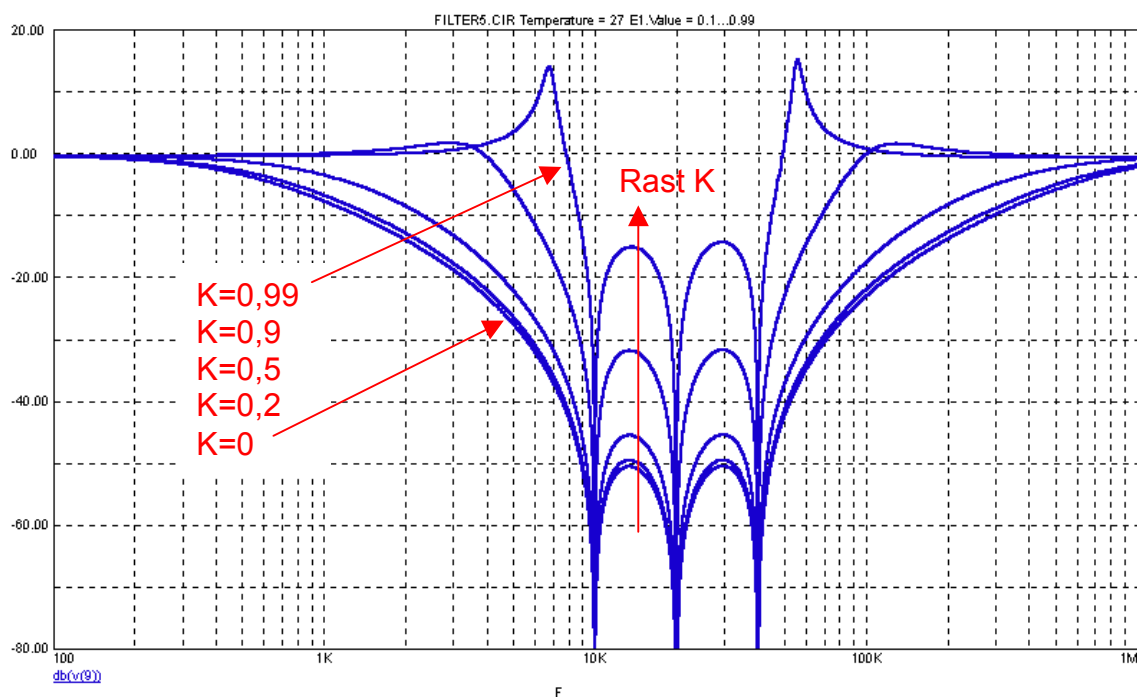


Použitie neinvertujúceho operačného zosilňovača ale prináša problém, pretože nemôžeme dosiahnuť zosilnenie menšie ako 1. Tento problém sa dá veľmi jednoducho vyriešiť tak, že sa operačný zosilňovač zapojí ako napäťový sledovač a na vstupe bude mať delič napätia z dvoch rezistorov, ktorých pomerom budeme určovať prenos K. Výsledok simulácie reálneho obvodu s OZ je na nasledujúcom obrázku:



Úlohou celého filtra je ale potláčať tri diskkrétne zložky spektra fázového detektora o frekvenciách 10kHz, 20kHz a 40kHz. Preto sú zapojené tri dvojité T články s týmito kritickými frekvenciami do série. Zapojenie celého filtra je uvedené v prílohe.

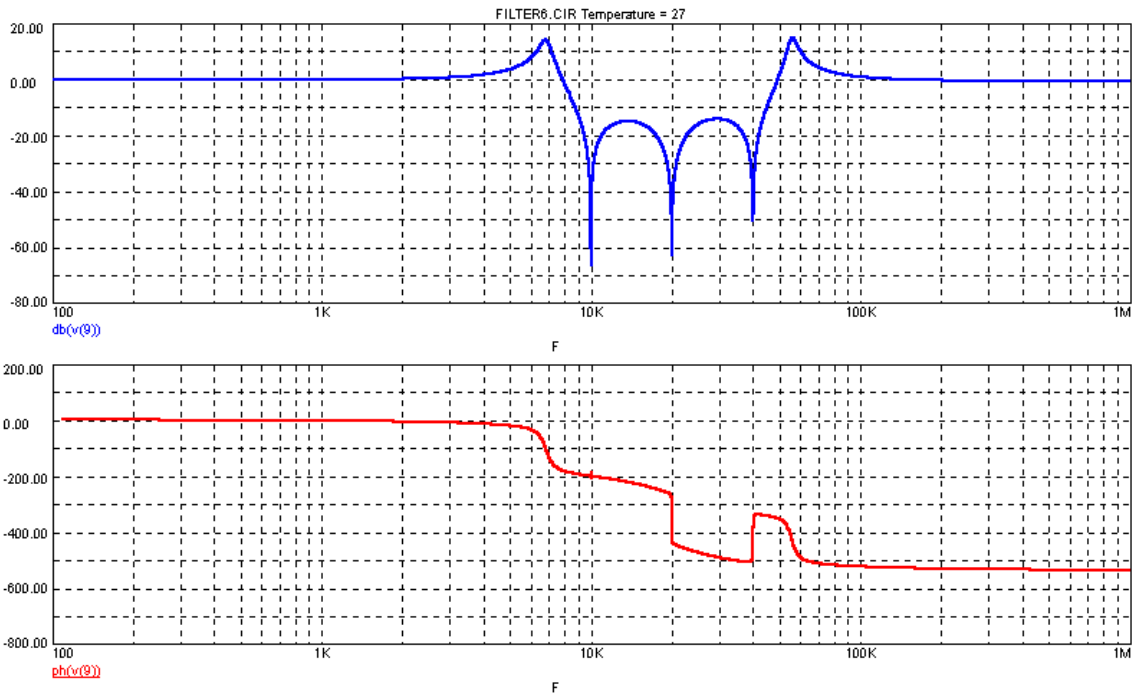
Simulácia už kompletneho filtra je na obrázku:



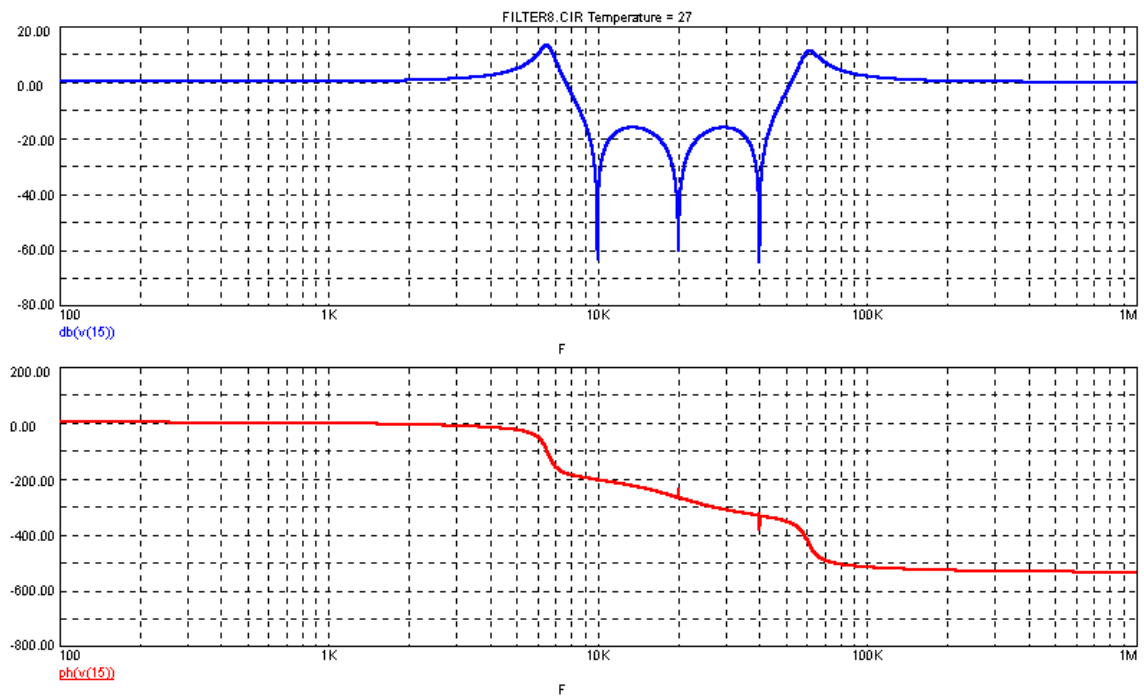
Praktické merania amplitúdovo frekvenčnej charakteristiky som robil pomocou prístroja NEUTRIK A02, ktorý dokáže komplexne zmerať a vyhodnotiť vlastnosti štvorpólu v oblasti audio frekvencií do 100kHz a výsledky meraní sú v prílohe.

### **POZNÁMKA K ZAPOJENIU ČLÁNKOV DO SÉRIE**

Z hľadiska použitia tohoto filtra za fázovým detektorom je zaujímavá aj jeho fázovo frekvenčná charakteristika, ktorá bude ovplyvňovať výsledné vlastnosti celého fázového závesu. Odsimulovaná ff charakteristika je na nasledujúcom obrázku:



V predchádzajúcich úvahách a výpočtoch, sme však mlčky predpokladali, že T-článok je napájaný zo zdroja napätia s nulovým vnútorným odporom a výstup nie je zaťažný, teda nebol zohľadnený vplyv vstupnej a výstupnej impedancie pri radení článkov do série. Tento vplyv možno vidieť z nasledujúcej simulácie, kde je medzi každý článok vradený zosilňovač s jednotkovým zosilnením na impedančné prispôbenie.



Ako vidno amplitúdovo frekvenčná charakteristika nezaznamenala takmer žiadne zmeny, kdežto fázovo frekvenčná charakteristika je pomerne hladká bez skokových zmien fáz ako to bolo v predošlom prípade.



## VÝBER SÚČIASTOK PRE FILTER

---

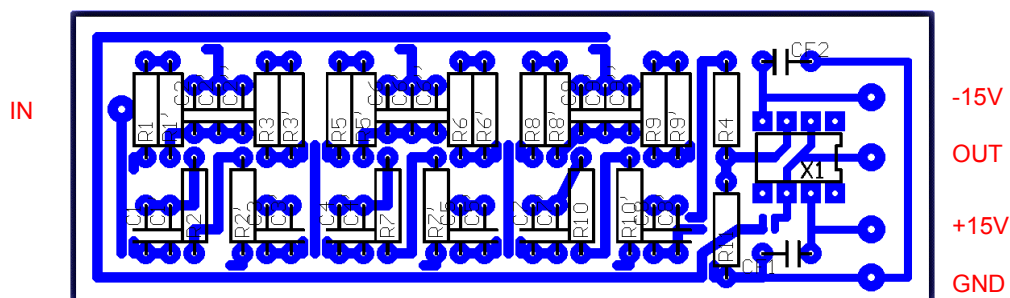
Aby sme dosiahli vysokú presnosť rezonančnej frekvencie a tým aj takmer ideálne potlačenie napätia na príslušnej frekvencii bolo potrebné výberu pasívnych prvkov filtra venovať zvýšenú pozornosť vzhľadom na to, že majú mierne povedané „neobvyklé“ hodnoty. V literatúre, ktorá sa venuje problematike dvojitého T článkov často nachádzame „čarovné“ slovné spojenie „všetky pasívne prvky musia byť vybraté s toleranciou 1%, alebo lepšou“. Toto riešenie je síce dobré, ale ťažko realizovateľné pretože požadované hodnoty pasívnych prvkov sa často ani nepribližujú štandardným hodnotám napríklad z rady E192.

Tento problém sa dá vyriešiť viacerými spôsobmi. Prvý z nich je opísaný v literatúre [1]. Autor tu uvádza pomerne jednoduchú metódu ako zmenou jedného prvku možno s použitím mostíka nastaviť aj nulový prenos aj presnú rezonančnú frekvenciu dvojitého T článku, ktorý môže byť osadený bežnými prvkami s toleranciou 10-20%. V mojej práci som tento problém riešil druhým spôsobom a síce meraním a skladaním každého prvku z viacerých súčiastok. Pre jednoduchosť som rezistory zložil zo sériovej kombinácie dvoch rezistorov a kapacity z dvoch alebo troch paralelne zapojených kondenzátorov. Je to veľmi výhodné, lebo výsledná hodnota sa získa len jednoduchým sčítaním skutočných (zmeraných) hodnôt prvkov. Na získanie konečnej hodnoty je použitý jeden rezistor (kondenzátor) s približnou požadovanou hodnotou a jeden malý (rádovo menší) nastavovací rezistor (kondenzátor, sú označené  $R_x'$  resp.  $C_x'$ ,  $C_x''$ ), ktorým sa maximálne priblížime požadovanej hodnote. U rezistorov som takto s uspokojujúcimi výsledkami vystačil s radou E24, kondenzátory boli použité všetky rovnakej kapacity 1nF (zvitkové TESLA v prevedení J tj. odchýlka 5%) doladené malým keramickým kondenzátorom.

V prípade, že nepoužijeme súčiastky s rovnakými hodnotami, ktoré nespĺňajú požiadavku  $R_2=2R_1$  a  $C_2=2C_1$  nuly prenosovej funkcie nebudú nuly ale iba nejaký konečný útlm. Túto vlastnosť je vidieť aj na praktickom meraní postaveného filtra.

“Nuly” sú v tomto prípade útlmy iba okolo  $-45\text{dB}$ . Pokiaľ bude zosilnenie  $K$  dostatočne malé, filter sa nebude chovať tak, že potláča iba diskkrétne zložky 10, 20 a 40kHz, ale bude potláčať celé pásmo od 10kHz do 40kHz. Preto bude potrebné filter používať s nastavením  $K=0,95-0,995$ , kde je potlačenie pomerne výrazné (20-40dB).

Filter som postavil na jednostrannú dosku plošného spoja, podľa obrázku:



(plošný spoj v mierke 1:1 je v prílohe)

Dosku plošného spoja som navrhol tak, aby bolo možné jednoduchým zasunutím rezistorov do zdierok meniť prenos zosilňovača.

Na plošnom spoji sú vytvorené skratovacie prepojky. Používajú sa na meranie hodnôt súčiastok pri osadzovaní. Po priletovaní súčiastky je možné presne odmerať jej hodnotu (vid' ladenie filtra a požiadavky na presnosť použitých prvkov). Ak nieje dobrá je ju možné dostaviť malým sériovým odporom, alebo malým paralelným kondenzátorom. Po osadení a zmeraní všetkých súčiastok sa prepojky preletujú cínom, čím sa zapojí celý filter.

## Zoznam použitých súčiastok:

C1	1nF	R1	15.91k
C2	1nF	R2	7.955k
C3	1nF	R3	15.91k
C4	1nF	R5	7.955k
C5	1nF	R6	7.955k
C6	1nF	R7	3.978k
C7	1nF	R8	3.978k
C8	1nF	R9	3.978k
C9	1nF	R10	1.989k
C3'	1nF	R11	podľa zosilnenia K
C4'	1nF	R4	podľa zosilnenia K
C5'	1nF	R1'	na dostavenie presnej hodnoty
C6'	1nF	R2'	na dostavenie presnej hodnoty
C7'	1nF	R3'	na dostavenie presnej hodnoty
C8'	1nF	R5'	na dostavenie presnej hodnoty
C9'	1nF	R6'	na dostavenie presnej hodnoty
C2''	doladovací	R7'	na dostavenie presnej hodnoty
C6''	doladovací	R8'	na dostavenie presnej hodnoty
C9''	doladovací	R9'	na dostavenie presnej hodnoty
CF1	100M/25V	R10'	na dostavenie presnej hodnoty
CF2	100M/25V		
X1	NE5534		

## **MECHANICKÁ KONŠTRUKCIA**

---

Celý filter je zabudovaný do dostupnej univerzálnej plechovej krabičky s rozmermi 65x90x22mm, ktorá je veľmi vhodná na zapúzdrenie takýchto zariadení a hlavne je žiakuvzdorná (počíta sa s využitím filtra na cvičeniach na našej fakulte).

Vstup a výstup filtra je vyvedený na BNC konektor, napájanie na rôznofarebné zdierky.

## **POUŽITÁ LITERATÚRA**

---

- [1] Filip M. – Ladění dvojitého článku RC  
Sdělovací technika 3/1967 strana 110
- [2] Kudják V. – rukopisné poznámky k oscilátorom
- [3] Kudják V. – Cascade of Twin T Notch Filters in the PLL  
Rádioelektronika 97, Bratislava 23.-24.4. 1997, str. 21-24
- [4] Eichler, Žalud – Selektivní rádioelektronická zařízení, SNTL

## **PRÍLOHY**

---

1. Schéma zapojenia XCO (1. varianta s doladovaním)
2. Schéma zapojenia XCO (2. varianta bez doladovania)
3. Ladiaca charakteristika XCO
4. Plošný spoj a osadenie súčiastok XCO
5. Schéma zapojenia filtra
6. Plošný spoj a osadenie súčiastok filtra
7. Zmerané amplitúdovo frekvenčné charakteristiky filtra
8. Fotografia vyrobených modulov