

Univerza v Ljubljani
Fakulteta za elektrotehniko



Seminarska naloga

ANALIZA IN REALIZACIJA VF FILTRA

Ljubljana, 10.1.2002

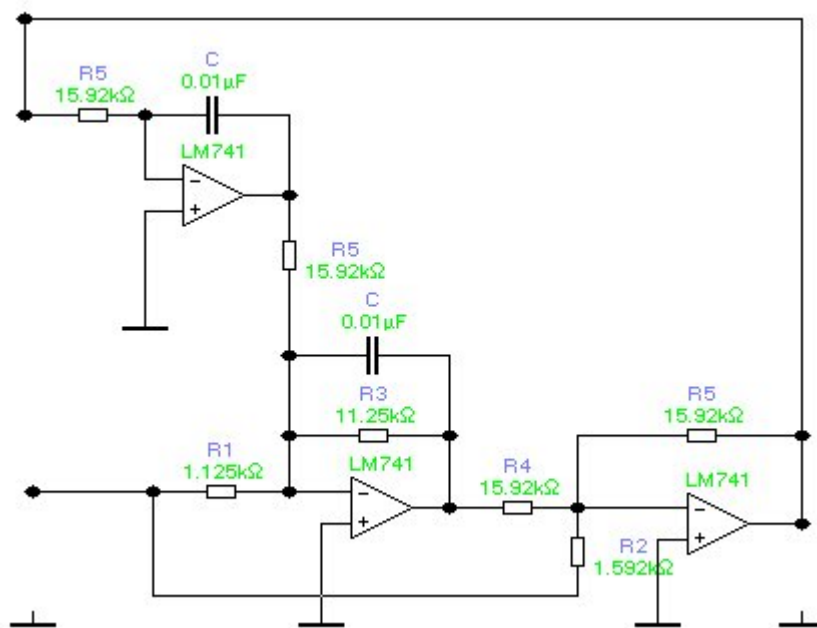
Avtor: Janez Sterle
Mentor: Anton Umek

KAZALO:

1	UVOD:	3
2.	ANALIZA VEZJA:	3
3.	PRAKTIČNI DEL:	6
	Izvedba VF sita drugega reda:	6
3.1	Butterworthov potek:	6
3.2	Čebišev potek:	9
4.	MERITEV	10

1 UVOD:

Naloga, ki sem si jo zadal, je bila analiza in realizacija visoko frekvenčnega sita drugega reda (*Slika 1*). Seminar je sestavljen iz dveh delov. V prvem, analitičnem delu sem analiziral izbrano vezje, ter pripravil parametre za izračun filtra. V drugem, praktičnem delu, pa sem se lotil konkretne izdelave filtra, ter seveda na koncu izmeril njegove značilne parametre.



Slika 1. Primer izvedbe VF sita 2. reda

2. ANALIZA VEZJA:

Splošna enačba, s katero zapišemo VF filter n-tega reda, je:

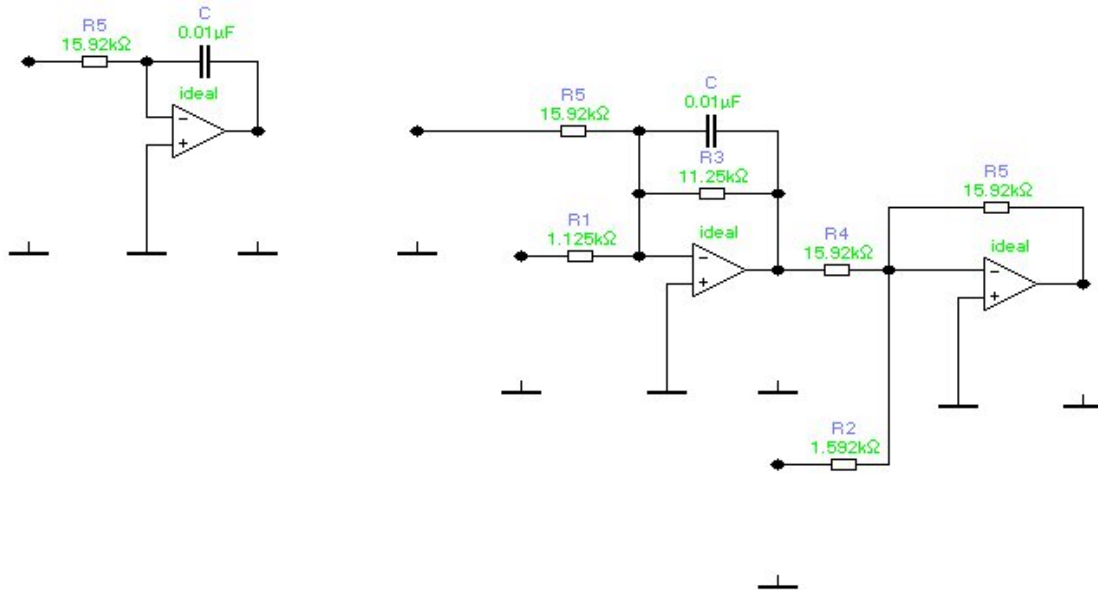
$$[1.] \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{G * s^n}{s^n + a_{n-1} * s^{n-1} + \dots + a_1 * s + a_0}$$

Za VF filter drugega reda dobi zgornja enačba naslednjo obliko:

$$[2.] \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{G * s^2}{s^2 + s * a_1 + a_0}$$

Torej, poiskati moramo prevajalno funkcijo našega vezja (*slika 1*), ki bo imela obliko iz enačbe [2].

Vezje iz *slike 1*. vsebuje dve povratni zanki, zato ga moramo pred pričetkom računanja prevajalne funkcije, razkleniti. *slika 2*.



Slika 2. Razklenjeno vezje

Analiza razklenjenega vezja (slika 2.) nam da:

Prevajalno funkcijo povratne vezave:

$$G_1(s) = -\frac{X_c}{R_5} ; \quad X_c = \frac{1}{sC}$$

Impedanco:

$$Z_1 = \frac{X_c * R_3}{X_c + R_3}$$

Iz vezja razvidni izhodiščni enačbi sta:

$$-\frac{u_2}{R_5} = \frac{u_3}{R_4} + \frac{u_1}{R_2}$$

$$-\frac{u_3}{Z_1} = \frac{u_2 * G_1(s)}{R_5} + \frac{u_1}{R_1}$$

Ob združitvi obeh enačb in upoštevanju prevajalne funkcije povratne vezave dobimo:

$$\frac{u_2}{R_5} = \frac{Z_1}{R_4} * \frac{u_2 * G(s)}{R_5} + \frac{Z_1}{R_4} * \frac{U_1}{R_1} - \frac{u_1}{R_2}$$

In malo premetavanja....

$$u_2 \left(\frac{1}{R_5} - \frac{Z_1 * G(s)}{R_4 * R_5} \right) = u_1 \left(\frac{Z_1}{R_1 R_4} - \frac{1}{R_2} \right)$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{R_2 * Z_1 - R_1 R_4}{R_1 R_2} * \frac{R_5}{R_4 - Z_1 * G(s)}$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{R_2 R_3 R_5 - R_1 R_4 R_5 * (1 + s C R_3)}{R_1 R_2 R_4 * (1 + s C R_3) + \frac{R_1 R_2 R_3}{s C R_5}}$$

$$\frac{u_2}{u_1} = \frac{(R_2 R_3 R_5 - R_1 R_4 R_5) s C R_5 - R_1 R_3 R_4 R_5^2 s^2 C^2}{R_1 R_2 R_3 + R_1 R_2 R_4 R_5 C s + R_1 R_2 R_3 R_4 R_5 C^2 s^2}$$

...pa imamo rezultat:

$$[3] \quad \frac{u_2}{u_1} = \frac{s \frac{(R_2 R_3 - R_1 R_4) R_5}{R_1 R_2 R_3 R_4 C} + s^2 \left(-\frac{R_5}{R_2} \right)}{s^2 + s \frac{1}{R_3 C} + \frac{1}{R_4 R_5 C^2}}$$

Če v enačbo [3] namesto s vstavimo $j\omega$, dobimo prevajalno funkcijo našega vezja:

$$[4] \quad G(j\omega) = \frac{\frac{(R_2 R_3 - R_1 R_4) R_5}{R_1 R_2 R_3 R_4 C} (j\omega) + (j\omega)^2 \left(-\frac{R_5}{R_2} \right)}{(j\omega)^2 + (j\omega) \frac{1}{R_3 C} + \frac{1}{R_4 R_5 C^2}}$$

Ob izbiri uporov $R_2 R_3 = R_1 R_4$, postane prevajalna funkcija našega vezja $G(j\omega)$ identična tisti iz enačbe [2].

Iz enačbe [4] sledi:

$$G = -\frac{R_5}{R_2} = -\frac{R_5 R_3}{R_4 R_1} \quad a_0 = \frac{1}{R_4 R_5 C^2} \quad a_1 = \frac{1}{R_3 C}$$

$$[5] \quad G(j\omega) = \frac{G(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + (j\omega) a_1 + a_0}$$

Torej naše izbrano vezje je VF filter drugega reda.

3. PRAKTIČNI DEL:

Vezje na *sliki 1*. nam omogoča realizacijo VF sita drugega reda. Ob ustrezno izbranih elementih vezja, ima lahko Butterworthov ali pa Čebišev potek. Če želimo imeti filter, ki bo zagotavljal čim bolj položno ojačanje v prepustnem delu, bomo izbrali Butterworthov potek, če pa želimo imeti čim večji produkt ojačanja s pasovno širino ob določeni valovitosti ojačanja v prepustnem pasu, izberemo Čebišev potek.

Izvedba VF sita drugega reda:

Mejno frekvenco f_c sem postavil pri 1KHz, ter določil, da naj bo ojačitev desetkratna

$G = 10$. Velikost kondenzatorja sem izbral $0.01\mu F$. Iz enačbe $K = \frac{100}{f_c * C'}$ sem

določil parameter K, ki ga potrebujemo pri izbiri vrednosti uporov. Vrednosti uporov sem seveda določil iz tabel, ki so priložene literaturi (*Tabela 3-50, str. 122*)

3.1 Butterworthov potek:

Izbrani parametri vezja:

$$f_c = 1KHz$$

$$G = 10$$

Izbrani elementi vezja:

$$C = 0.01\mu F \quad \dots 10\% \text{ toleranca}$$

Izračunani elementi vezja:

$$R_1 = 1.125K\Omega$$

$$R_2 = 1.592K\Omega$$

$$R_3 = 11.25K\Omega$$

$$R_4 = 15.92K\Omega$$

$$R_5 = 15.92K\Omega$$

Dejansko uporabljeni elementi vezja:

$$R_1 = 1.11K\Omega$$

$$R_2 = 1.58K\Omega$$

$$R_3 = 11.24K\Omega$$

$$R_4 = 15.92K\Omega \quad \dots \text{upoštevana } 5\% \text{ toleranca}$$

$$R_5 = 15.84K\Omega$$

$$R_5 = 16.00K\Omega$$

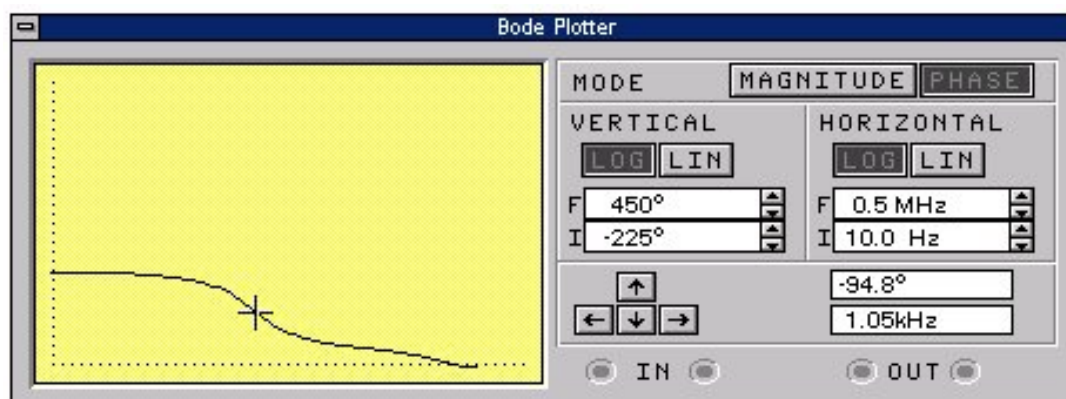
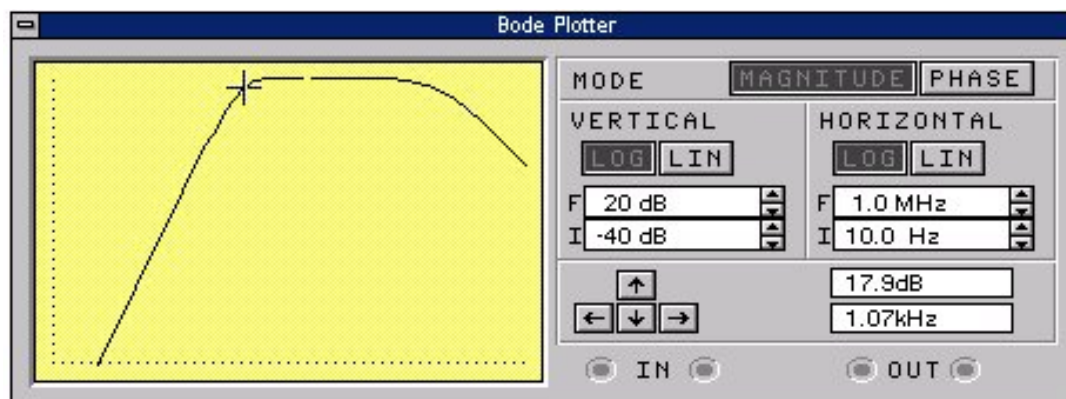
$$R_5 = 15.97K\Omega$$

Če vstavimo vrednosti **izračunanih elementov** vezja v *enačbo [4]* dobimo

$$G(s) = \frac{-10 * s^2}{s^2 + s * 8889 + 3.946 * 10^7}$$

Zgornja enačba nam da dve ničli pri $s = 0$, ter dva konjugirano kompleksna pola.

Preizkus vezja s programom EWB nam da naslednji amplitudni in fazni potek:

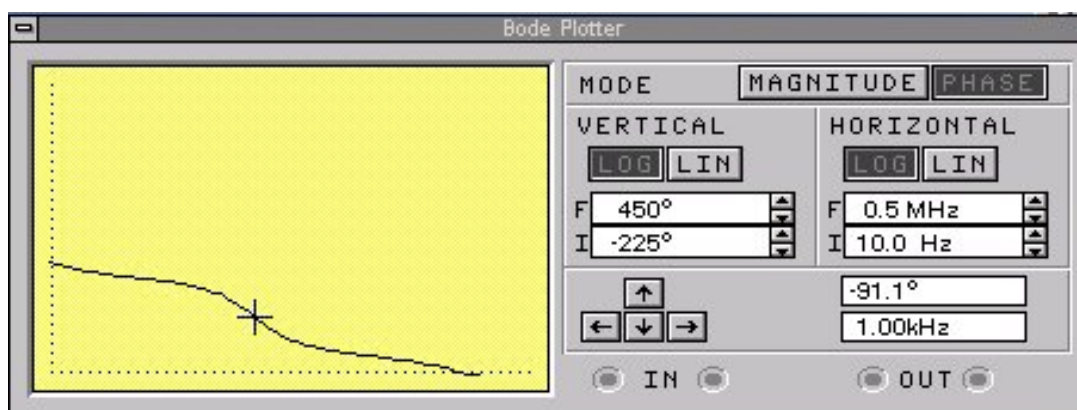
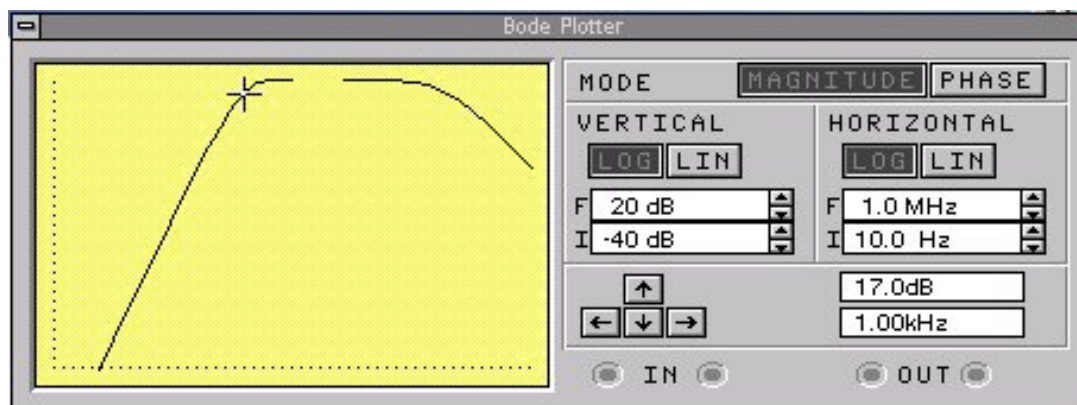


Če vstavimo vrednosti **dejansko uporabljenih elementov** vezja v *enačbo [4]* dobimo:

$$G(s) = \frac{444 * s - 10 * s^2}{s^2 + s * 8897 + 3.966 * 10^7}$$

Sedaj se je ena ničla nekoliko premaknila iz izhodišča, nekaj zamika pa tudi pri polih.

Preizkus vezja, ki je sestavljen iz dejanskih uporov, s programom EWB nam da naslednji amplitudni in fazni potek:



3.2 Čebišev potek:

Izbrani parametri vezja:

$$f_c = 1\text{KHz}$$

$$G = 10$$

Izbrani elementi vezja:

$$C = 0.01\mu\text{F}$$

Izračunani elementi vezja:

$$R_1 = 2.468\text{K}\Omega$$

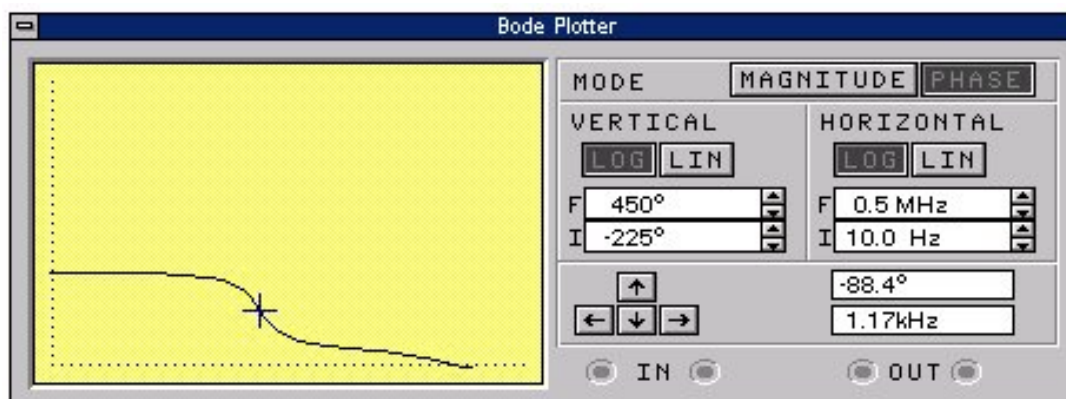
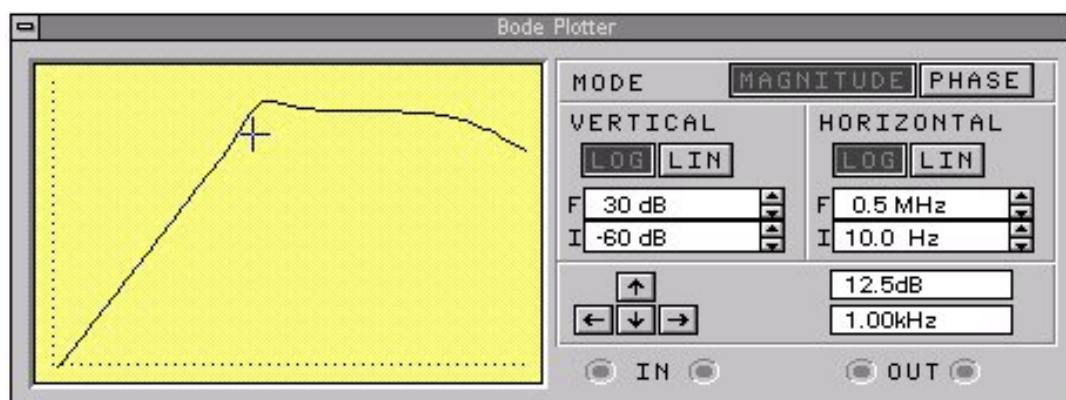
$$R_2 = 1.592\text{K}\Omega$$

$$R_3 = 17.47\text{K}\Omega$$

$$R_4 = 11.27\text{K}\Omega$$

$$R_5 = 15.92\text{K}\Omega$$

Preizkus vezja z EWB nam da amplitudni in fazni potek:



4. MERITEV