

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za elektrotehniko in računalništvo

***REALIZACIJA BUTTERWORTHOVEGA
PASOVNEGA FILTRA Z
BIQUAD VEZJEM***

SEMINARSKA NALOGA

1. Uvod:

Električni filter je frekvenčno-selektivna naprava, ki prepušča signale nekaterih frekvenc in blokira oz. slabi signale ostalih frekvenc. Filtri lahko prepuščajo samo nizke frekvence (low-pass), samo visoke (high-pass), lahko prepuščajo oz. blokirajo frekvence določenega frekvenčnega pasu (passband oz. band-reject filtri).

Aktivni filtri so za razliko od pasivnih filtrov sestavljeni iz vsaj enega aktivnega elementa (tranzistor, krmiljeni vir, operacijski ojačevalnik), primerni so pa predvsem za nižje frekvence (do 0.5MHz), kajti pasivni filtri za nizke frekvence bi imeli prevelike tuljave in kondenzatorje. Tuljave za razliko od uporov in kondenzatorjev tudi niso primerne za realizacijo filtrov v integriranih vezjih. Z aktivnimi filtri tudi dosežemo večjo selektivnost oz. kvaliteto filtra.

2. Prenosna funkcija:

Delovanje filtra najbolje opišemo z njegovo prenosno funkcijo

$$\mu \S$$

Stopnja filtra je določena s stopnjo n imenovalca prenosne funkcije. Filter 2. stopnje ima tako prenosno funkcijo:

$$\mu \S$$

kjer je ω_p frekvenca filtra, Q_p pa kvaliteta.

3. Butterworthov nizkopasovni filter:

Prenosna funkcija Butterworthovega filtra n -tega reda je definirana

$$\mu \S$$

V splošnem je prenosna funkcija Butterworthovega filtra tipa

$$\mu \S$$

Odziv Butterworthovega nizkopasovnega filtra monotono pada, ko frekvenca narašča. Bok funkcije tudi strmeje pada, ko povečujemo red Butterworthovega filtra.

Za normaliziran primer ω_c (cuttof) = 1rad/s in za $n=2,4,6...$ lahko prevajalno funkcijo zapišemo v obliki

$$\mu \S$$

koeficiente pa izračunamo po formuli:

$$\mu \S$$

pri čemer A predstavlja ojačanje stopnje.

4. Pasovni filter:

Pasovni filter prepušča frekvenčni pas BW okrog centralne frekvence ω_0 . Razmerje $Q=\omega_0/BW$ definira kvaliteto oz. selektivnost filtra. Visoke Q ustrezajo ozkim

frekvenčnim pasovom in obratno.

Prenosna funkcija pasovnega filtra lahko izračunamo iz normalizirane nizkopasovne funkcije S s transformacijo

$$\mu \xi$$

Stopnja pasovnega filtra je dvakratna stopnji ustreznega nizkopasovnega filtra. Tipična prenosna funkcija pasovnega filtra 2. stopnje je oblike:

$$\mu \xi$$

5. Biquad pasovni filter:

Enačbo 5.11 lahko realiziramo z biquad vezjem, ki predstavlja pasovni filter 2. stopnje:

$$\mu \xi$$

Biquad vezje je zelo stabilno in preprosto za uglaševanje. Z njim lahko dosežemo kvalitete do $Q = 100$.

6. Izračun Butterworthovega pasovnega filtra 4. reda z biquad vezjem:

Filter 4. stopnje sestavimo iz dveh biquad pasovnih filtrov, s katerim lahko realiziramo prenosno funkcijo 4. stopnje. Prenosno funkcijo 4. stopnje razdelimo na produkt prenosnih funkcij 2. stopnje:

$$\mu \xi$$

Kjer E in D izračunamo:

$$\mu \xi$$

S pomočjo programa (priloga 1) izračunamo upore po gornjih formulah, za vsako stopnjo posebej:

	1. stopnja	2. stopnja
R1	= 50329.2	= 50329.2
R2	= 217393.1	= 233328.4
R3	= 15362.4	= 16488.5
R4	= 15362.4	= 16488.5
C1	= 25.0 nF	C2 = 25.0 nF
ro	= 0.31623	= 0.31623
beta	= 0.07321	= 0.06821
gama	= 1.07330	= 0.93170

7. Realizacija Butterworthovega pasovnega filtra 2. reda z biquad vezjem:

Ker je filter z večjim redom bolj občutljiv na tolerance elementov, sem realiziral samo prvo stopnjo filtra. Elementi so zaokroženi na standardne vrednosti:

R1 = 47k
R2 = 200k
R3 = R4 = 15k
C1 = 27nF

AUI=12.6dB
ff=393Hz

Za operacijski ojačevalnik sem vzel standardni LM324

Za izbrane elemente sem simuliral odziv filtra s programom SPICE (priloga 2), priložen je tudi izračunan diagram odziva.

Ojačanje stopnje je neinvertirajoče, dano z razmerjem $K=R2/R1$. Filter lahko umerimo s spreminjanjem R2 - sprememba kvalitete oz. frekvenčnega pasu $\mu \xi$, s spreminjanjem R3 nastavimo centralno frekvenco.

8. Meritve na vezju:

Izmerjena prenosna funkcija se po obliki povsem sklada z izračunom programa Spice, razlikuje se pa v centralni frekvenci (381Hz), kar je posledica 20% tolerance kondenzatorja, $f_{SP}=364\text{Hz}$, $f_{ZG}=398\text{Hz}$, izmerjeno ojačanje je 11.83dB, kvaliteta pa $381/(398-364)=11.2$