

COMPARATIVE STUDY OF FILTERS KERVIN-HUELSMAN-NEWCOMB AND TOW-THOMAS

Pavel Vyskočil

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xvysko03@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Dostál

E-mail: dostal@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

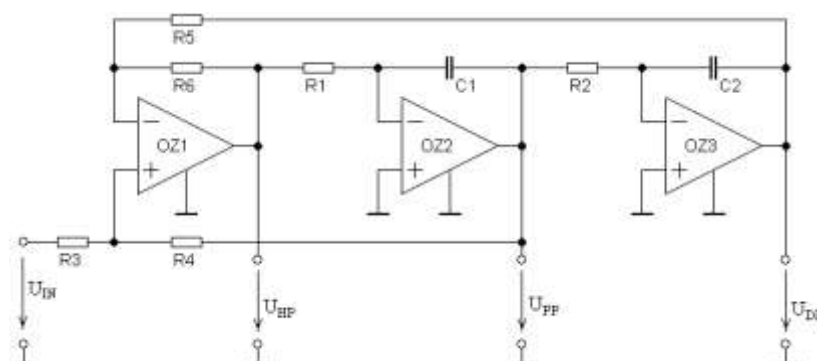
In this paper, a comparative study of two second order multifunction active filters is presented. A voltage feedback amplifier is used as the active component. The influence of passive components and amplifier parameters was considered. Comparison and evaluation of both filters was based on simulation results.

1. ÚVOD

Příspěvek se zabývá porovnáním dvou uvedených struktur multifunkčních aktivních filtrů druhého řádu. Aktivním prvkem je v obou případech operační zesilovač s napěťovou zpětnou vazbou (VFA), dále označovaný jako OZ. Filtry budou navrženy pro zvolené parametry. Simulacemi bude testován vliv jednotlivých pasivních a aktivních obvodových součástek na parametry a vlastnosti filtrů. Důraz bude kladen především na vliv parametrů OZ, mezi které patří tranzitní kmitočet f_T , napěťové zesílení otevřené smyčky A_0 , výstupní odpor R_{OUT} a vstupní impedance sestávající z paralelní kombinace vstupního odporu R_{IN} a kapacity C_{IN} .

2. POPIS FILTRŮ

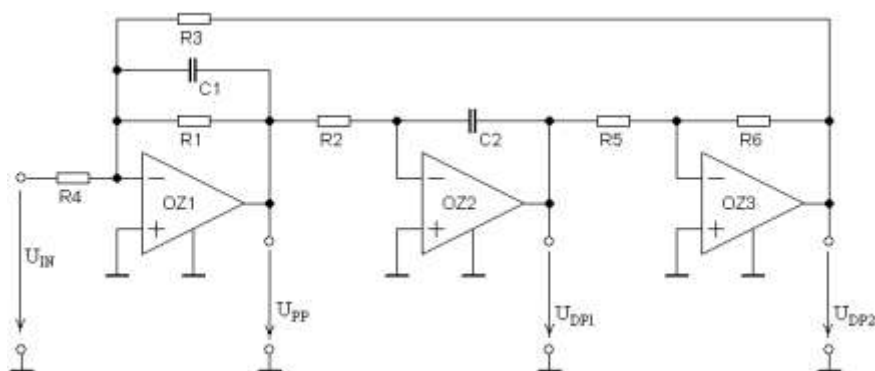
V obou případech se jedná o aktivní filtry druhého řádu se třemi aktivními prvky (TAB). Tyto bkvady se třemi aktivními prvky mají univerzálnější použití, a to díky třem výstupům operačních zesilovačů, na kterých realizují různé typy filtrů [1].



Obrázek 1: Schéma zapojení filtru Kervin-Huelsman-Newcomb

Základní stavební strukturou tohoto druhu filtrů jsou dva integrátory ve smyčce, a to invertující a neinvertující. Filtry se pak liší obvodovým řešením této struktury. Filtr Kervin-Huelsman-Newcomb (KHN) (obr. 1) na svých výstupech realizuje filtry typu horní

propust (HP), pásmová propust (PP) a dolní propust (DP). Filtr Tow-Thomas (TT) (obr. 2) pak realizuje filtr typu PP a dva filtry typu DP, s opačnou fází [1].



Obrázek 2: Schéma zapojení filtru Tow-Thomas

3. SIMULACE

Filtry byly navrženy pro kmitočty pólu ($f_p = 1; 100 \text{ kHz}$) a jakosti pólu ($Q_p = 1; 10$). Pro simulace byl použit program OrCAD 10.3 (editor Capture) [2]. OZ byly modelovány jednopólovým modelem 3. úrovně [3].

3.1. PARAMETRICKÉ ANALÝZY

Při parametrických analýzách byly krokovány hodnoty jednotlivých parametrů OZ (f_T , A_0 , R_{OUT} , R_{IN} a C_{IN}) a sledovány jejich vlivy na parametry filtrů a průběhy amplitudových a fázových kmitočtových charakteristik. Na jejich základě byl popisován vliv jednotlivých parametrů na chování filtrů. Parametry přitom byly krokovány v rozmezí reálných hodnot, které dosahují dostupné operační zesilovače.

3.2. CITLIVOSTNÍ ANALÝZY

Pomocí citlivostních analýz byl zkoumán jak vliv parametrů OZ na parametry filtru, tak vliv obvodových součástek. Nejednalo se tedy o kmitočtové charakteristiky, ale o parametry filtru, na které je navržen, tedy kmitočet a jakost pólu, mezní kmitočet, šíří pásma a přenosy v propustném pásmu. Jako nominální hodnoty pro parametry OZ byly pro simulace zvoleny hodnoty odpovídající reálnému OZ a to AD8019 [4]. Pro vyhodnocování vlivu jednotlivých parametrů OZ a obvodových součástek byla použita pokročilá citlivostní analýza, jejímž výstupem jsou semirelativní citlivosti parametrů filtru na zmíněné prvky. Bylo tak možné vyhodnotit, které parametry a obvodové součástky dominantně ovlivňují parametry filtru. Dále byly pomocí Worst-Case analýz určovány, pro všechny kombinace návrhů, maximální odchylky parametrů filtru vlivem všech prvků. Pro rezistory je uvažována tolerance 1%, pro kapacitory 5% a pro parametry OZ pak 30% [3].

4. VÝSLEDKY ANALÝZ A POROVNÁNÍ FILTRŮ

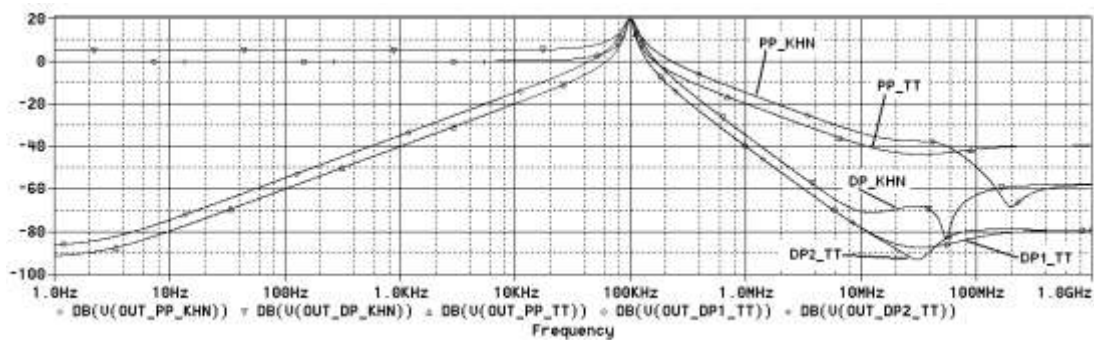
Jak ukázaly výsledky jednotlivých analýz, mají parametry OZ dominantní vliv na tvar kmitočtových charakteristik filtrů. Omezují maximální dosažitelný útlum a kmitočet pólu, a tím pádem i maximální kmitočtový rozsah, ve kterém filtr pracuje správně s odpovídajícími parametry. Na druhou stranu, na parametry filtru jako jsou kmitočet pólu, jakost pólu a přenos v propustném pásmu, mají dominantní vliv pasivní obvodové součástky. Jejich tolerancemi jsou pak dominantně určeny přesnosti těchto parametrů, to však za předpokladu, že nejsou nominální hodnoty těchto parametrů ovlivněny aktivními prvky. To je především vlivem velikosti tranzitního kmitočtu OZ na kmitočet pólu filtru.

Z hlediska univerzality a menší náročnosti na velikost tranzitního kmitočtu operačního zesilovače je výhodnější filtr Kervin-Huelsman-Newcomb. Naopak z hlediska lepších dosažitelných parametrů filtru, především většího kmitočtového rozsahu a menší citlivosti na vstupní impedanci OZ, je výhodnější filtr Tow-Thomas. Výsledky Worst-Case analýz jsou srovnatelné pro oba filtry, kdy odchylky parametrů filtrů jsou v rozmezí 5 až 8 % (při uvažovaných tolerancích prvků). Každý z filtrů disponuje jistými výhodami i nevýhodami, jejich ohodnocení je však závislé na aplikaci, ve které má být filtr použit.

Pro ukázkou uvádím, jaký je potřebný minimální f_T pro dosažení daného kmitočtu pólu. f_{Tmin} je určen pro $f_p = 100$ kHz a $Q_p = 1$; 10 u obou filtrů pro výstup PP. Podmínkou je maximální odchylka hodnoty f_p od navržené 0,1 % (0,5 %).

KHN:	$f_{Tmin} = 104$ MHz (20 MHz)	pro obě jakosti pólu,
TT:	$f_{Tmin} = 163$ MHz (31,6 MHz)	pro $Q_p = 10$,
	$f_{Tmin} = 212$ MHz (41 MHz)	pro $Q_p = 1$.

Na obr. 3 jsou uvedeny průběhy amplitudových kmitočtových charakteristik výstupů dolních a pásmových propustí obou filtrů pro stejné parametry [4] použitého modelu. Parametry filtru jsou $f_p = 100$ kHz a $Q_p = 10$. Rozdílnost je patrná především na vyšších kmitočtech.



Obrázek 3: Amplitudové kmitočtové charakteristiky obou filtrů pro PP a DP

5. ZÁVĚR

V příspěvku byly uvedeny některé výsledky analýz a porovnány uvedené vícefunkční filtry. Především byl zkoumán vliv obvodových součástek a parametrů aktivních prvků (VFA) na vlastnosti a parametry filtrů. Příspěvek je dílčí problematikou mé diplomové práce, ve které se zabývám vícefunkčními filtry s moderními aktivními prvky, jako jsou zde uvedené VFA, ale i operační zesilovače s proudovou zpětnou vazbou (CFA) a transkonduktanční zesilovače (OTA). Dále je její součástí i návrh elektronického řízení jejich parametrů.

LITERATURA

- [1] DOSTÁL, T. *Elektrické filtry*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 2004. 136 stran. ISBN 80-214-2561-X.
- [2] KOLKA, Z. *Analýza elektronických obvodů programem OrCAD PSpice*. Elektronická skripta FEKT VUT v Brně.
- [3] KOLKA, Z. *Teorie elektronických obvodů – Počítačová cvičení*. Elektronická skripta FEKT VUT v Brně.
- [4] AD8019 – Low Distortion, Voltage Feedback Amplifiers. Datasheets, Analog Devices, 2001. Dostupný na WWW: <<http://www.analog.com>>.