

Prof. Ing. Tomáš D o s t á l, DrSc.
Katedra technických studií,
Vysoká škola polytechnická Jihlava
Tolstého 16, 586 01, Jihlava
dostal@vpsj.cz, tel: 567 141 188, mobil: 777 194 307

Posudek oponenta doktorské disertační práce

Ing. Lukáše Langhammera

Plně diferenční kmitočtové filtry s moderními aktivními prvky

Ke zvolenému námětu a aktuálnosti práce

Téma předkládané doktorské disertační práce (DP) Ing. Langhammera považuji za aktuální a pro odbornou veřejnost zajímavé. Aktivní RC filtry (AF), pracující v proudovém módu (CM), s novými funkčními bloky (FB) jsou vhodné pro vyšší kmitočtová pásma, s příznivými parametry a možností jejich elektronického nastavování. Zvláště plně diferenční (FD) struktury AF nejsou dosud v odborné literatuře dostatečně zpracovány a jsou předmětem výzkumu na řadě pracovišť, protože tyto filtry vynikají mimořádnými vlastnostmi. I na školícím pracovišti doktoranda (KTO FEKT VUT Brno) se těmto obvodům věnuje náležitá pozornost s pozoruhodnými výsledky, na které doktorand vhodně navázal (zejména na práce svého školitele). Tyto AF-CM vyžadují specifické přístupy návrhu, výběr vhodných nově zavedených FB, s více branami na vstupu i výstupu. Vedle návrhu těchto FD-CM je také důležité studium vlivu reálných součástek a parazitních jevů, což DP neobsahuje.

K rozboru současného stavu

Rozbor současného stavu řešené problematiky provádí doktorand v kap. 1 a to v přiměřeném rozsahu vzhledem k tématu a cílům DP. Doktorand mohl zde více popsat rozpracovanost řešené problematiky na školícím pracovišti, při jeho příchodu do řešitelského kolektivu. Podrobněji rozebrat, na které práce a jak navázal, obzvláště pak na práce svého školitele a dalších odborníků.

K náplni a stanoveným cílům DP

Na základě provedeného rozboru současného stavu si Ing. Langhammer stanovuje v kap. 2 pro svoji DP tyto **hlavní cíle**:

- 1) Navrhnout nová zapojení filtrů typu FD-AF-CM (BP, LP) s nestandardními vícebranovými FB (především s využitím OTA, TIA, CC, CF, CA a DACA).
- 2) Ověřit vlastnosti nových filtrů typu FD a porovnat je s obdobnými původními filtry typu SISO.
- 3) Ukázat a ověřit možnosti přechodu mezi prototypem SISO a odvozeným FD.
- 4) Využít metody grafů MC, k získání základních parametrů navrhovaných filtrů (f_0 , Q), k návrhu a modifikaci těchto obvodů.
- 5) Navrhnout a ověřit možnosti vhodné změny a elektronického nastavování parametrů filtrů typu FD-AF-CM.
- 6) Body 2 a 3 ověřit simulacemi v obvodovém simulátoru na počítači.
- 7) Vybraná zapojení ověřit experimentálním měřením.

Stanovené cíle DP považuji za přiměřené a dostačující, i když by bylo vhodné v této práci dále pokračovat. Navržené obvody podrobit toleranční a citlivostní analýze, hlubšímu studiu parazitních jevů a vlivu reálných FB. Dále je možné uváděná zapojení FD-AF-CM vhodně modifikovat a popřípadě navrhnout úplně nová. Po bližším prostudování předložené DP mohu konstatovat, že vytýčené cíle byly splněny.

K formě zpracování a odborného vyjadřování

Předložená DP Ing. Lukáše Langhammera je napsaná v angličtině, s velmi dobrým odborným vyjadřováním. DP obsahuje 149 stran textu a 6 stran příloh, což svědčí o rozsáhlé výzkumné a publikační činnosti doktoranda. DP má všechny náležitosti a členění požadované prováděcím předpisem pro její zpracování. Obsahuje původní výsledky vědecké práce autora. Neshledal jsem, že by doktorand při vypracování DP porušil etické principy publikování. Řádně cituje použité zdroje informací.

Po formální a grafické stránce má DP velmi pěknou úroveň. Je napsána čtivě, bez překlepů a s minimem pravopisných a stylistických chyb. Obrázky a schémata jsou v DP kreslena dle zavedených zvyklostí a norem. Vytknul bych mu jen nejednotné a někde chybné značení proudových vstupů bloků MOCF (např. obr. 5.4a aj.) a DOCF (např. obr. 6.54a aj.). DACA v zapojení na obr. 6.7b, obr. 6.18b a obr. 6.29b, měly mít stejnou značku, jak jste ji zavedl na obr. 5.9b. Podivné je číslování tabulek, obzvláště v autoreferátu je to matoucí, např.: Table IIIII a Table IVV na str. 20. Při popisu experimentů není dostatečně popsáno měřicí pracoviště a použité přístroje.

Dále bych doktorandovi vytknul užití příliš moc zkratk a zbytečně nových pojmů, někdy i zmatečných a dublujících se. Např. v popisu výstupů FB: single ended (SE) a singl output (SO) nebo jaký je rozdíl mezi balanced output / differential output / double output. I ústřední pojem „plně diferenční“ (FD) obvod odpovídá podle mne již dávno vžitému pojmu: obvod typu DIDO. Osobně bych v obvodech v CM zavedl jinou terminologii, odpovídající více funkci FB. Např. místo proudový sledovač FD-CF nebo DO-CF, bych použil název proudový distributor (viz dále). Doporučuji upřesnit používanou terminologii v této oblasti a sjednotit ji v CM i ve VM.

K původnímu přínosu DP

Předložená DP bezesporu obsahuje řadu původních přínosů v oblasti moderních filtrů. Většina kapitol však vychází z publikací, kde Ing. Langhammer byl spoluautorem. Z mého pohledu je pak těžké blíže a odpovědně určit jeho vlastní podíl. V DP tak doktorand dostatečně nečiní. Proto bych mu doporučil, aby během obhajoby svůj osobní podíl bez ostychu více zvýraznil (s užitím 1. osoby j.č.).

Za hlavní přínos disertanta považuji:

1. Propracování metody, zavedenou jeho školitelem, pro syntézu a návrh obvodů s použitím grafů MC a její ověření na dalších vlastních aplikacích.
2. Modifikace známé transformace nesymetrické soustavy (SE) na symetrickou (FD), záměna plovoucího C za dva zemněné, což je výhodné z hlediska citlivostí a realizace v integrované formě.
3. Nové obvody FD-AF-CM získané transformací z nesymetrických prototypů SE-AF-CM.
4. Úspěšné použití zatím velmi málo využívaných speciálních (i vícebranových) FB, jako jsou: CDTA, CITA, MOTA, DACA, FDCF, MOCF, FDCC, UCC, UVC, DVCC, MOCF a OTRA.
5. Ověření navržených symetrických obvodů FD-AF-CM a jejich porovnání s nesymetrickými prototypy SE-AF-CM, simulacemi na počítači (s využitím programů SNAP a PSpice).
6. Praktická realizace vybraných funkčních vzorků FD-AF-CM a jejich experimentální ověření.

K publikaci jádra DP

Většinu myšlenek uváděných v DP diplomant již publikoval, převážně však jako spoluautor článků v domácích (3,4) a mezinárodních časopisech (1,3). Také i v příspěvcích na domácích (2,3) a mezinárodních konferencích (0,9). Za nejvýznamnější považuji články [136], [140] a [141]. Stálo by za úvahu získané poznatky o tomto druhu filtrů souhrnně publikovat v renomovaném časopise (např. Radioengineering).

Z příložených čtyř reprintů, ze seznamu publikací (DP s. 148) a z bodového hodnocení tvůrčích aktivit (141,4 bodu) vyplývá, že Ing. Langhammer je pracovník s příkladnou vědeckou erudicí.

Připomínky zásadnějšího odborného rázu

V DP uváděná metoda syntézy je založena na využití vyhodnocovacího vztahu pro determinant grafů MC. Postrádám však její podrobnější obecný rozbor, lepší vysvětlení a zdůvodnění proč použil tuto metodu. Dále pak diskuzi jaké další metody by se daly také vhodně využít, například přidružená transformace VM→CM prototypů. I když doktorand platnost použité transformace soustavy SE na symetrickou FD dokazuje experimenty ověřenou aplikací na navrhované obvody, bylo by přesvědčivější dokázat to i simulacemi jednoduchých FB na obr. 8.1 a obr. 8.2 ve SNAPu.

K získání obdobných filtrů pracujících v CM se nám více osvědčila bloková syntéza prezentovaná jednoduššími grafy signálových toků Masonova typu (SFG). K požadované proudové přenosové funkci sestrojíme SFG (bez vlastních smyček) a ten přímo realizujeme s použitím základních FB: proudový integrátor, proudová násobička (konstantou), proudový sumátor (sčítačka) a proudový distributor (rozdělovač I). Tato metoda SFG se hodí i k přímé syntéze filtrů vyšších řádů, struktur s integrátory a obvodů s více smyčkami zpětných vazeb (MFS). K syntéze těchto složitějších obvodů se grafy MC příliš nehodí, protože neodpovídají tokům signálů a hůře se vyhodnocují. Vámi uváděný postup, využívající grafy MC s vlastními smyčkami je podle mého názoru vhodný jen pro obvody nízkých řádů.

Pro dokonalý rozbor a srovnání navržených obvodů bude zapotřebí doplnit výzkum o podrobnější studium vlivu parazitních jevů a reálných součástek na ještě vyšších kmitočtech, než jen v pásmu do 1 MHz. Také i o další citlivostní a toleranční analýzu. Pro studium a srovnání vlivu tolerancí hodnot pasivních součástek bude vhodné použít modely ideálních FB. Teprve pak studovat vliv reálných parametrů aktivních prvků. Vhodné by také bylo provést citlivostní analýzu před a po optimalizaci dynamického rozsahu navržených obvodů a z tohoto hlediska je srovnat. Na dalších experimentech přesvědčivě dokázat, že obvody FD mají větší dynamický rozsah, potlačení soufázového signálu a menší harmonické zkreslení.

Otázky k obhajobě:

1. O jaká témata, byste rozšířil pokračování vaší odborné práce? Které další funkční bloky by byly vhodné pro vyšší kmitočtová pásma a které dávají lepší možnosti elektronického přeladování a nastavování parametrů AF? Jaké další analýzy lze použít k podrobnějšímu porovnání vlastností navrhovaných obvodů?
2. Definujte proudový mód, diskutujte jeho výhody a nevýhody. Uveďte způsoby získání obvodů v CM. Vysvětlete přidruženou transformaci VM→CM. Pracují obvody s OTA (např. zapojení na obr. 6.62) v CM?
3. Uveďte různé možnosti syntézy filtrů 2. a vyšších řádů v CM. Jaké stavební bloky tvoří bikvady CM? Vysvětlete, jak se dá při syntéze využít blokový přístup a grafy signálových toků? Ukažte, jak by se grafová metoda, uváděná v DP, dala použít přímo pro filtr DP 5. řádu.
4. V čem je výhoda metody grafů signálových toků? Porovnejte Coatesovy grafy s vlastními smyčkami, Masonovými grafy (bez nich) a grafy MC. Vysvětlete, proč a jak jste tuto metodu použil při syntéze vašich obvodů. Na příkladu grafu MC s více smyčkami (dotýkajícími i nedotýkajícími se) objasněte blíže vztah (4.2) k určení determinantu a subdeterminantů grafu.
5. Jaký je rozdíl mezi plně diferenčním FB, dvojbranem a čtyřpólem, respektive n-branem a n-pólem? Proč nevystačíte s dřívějším dělením dvojbranů na typy: SISO, DIDO, DIMO aj.
6. Jak definujeme a třídíme konvejory. Co soudíte o třídění CC na generace a co by bylo vhodnější?

Závěr

Disertační práce Ing. Lukáše Langhammera svým rozsahem i kvalitou splňuje uznávané požadavky k udělení akademického titulu doktora (Ph.D) v oboru Teleinformatika. Práce splnila veškeré stanovené cíle, obsahuje původní nové myšlenky, má všechny náležitosti prováděcího předpisu a studijního řádu, proto ji **doporučuji přijat k obhajobě**.

Ing. Langhammer prokázal, že je schopen tvůrčí vědecké práce, nové poznatky přiměřeně publikoval převážně na konferencích. Je mi známo, že příspěvky, kde byl Ing. Langhammer spoluautorem, byly pozitivně přijaty odbornou veřejností. Při obhajobě by měl doktorand jasně prokázat svůj osobní podíl na uvedených společných publikacích a vhodně reagovat na podstatné připomínky a dotazy.

V Jihlavě dne 26. října 2016

