

# ADJUSTABLE FULLY-DIFFERENTIAL FILTERS

**Lubomír Polášek**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xpolas19@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Jeřábek

E-mail: jerabekj@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

A fully-differential frequency filter working in the current mode is presented in this contribution. It was designed by transformation method starting from single-ended circuit. Adjustability of the natural frequency of the filter is given by Digitally Adjustable Current Amplifier (DACA) element, which is briefly described. PSpice simulation results are included.

## 1 ÚVOD

V práci je využito prvků, které pracují v proudovém módu [1], anglicky Current Mode (CM). Výsledný navržený filtr je diferenční [2], což znamená, že má dva rozdílné vstupy a dva rozdílné výstupy. Výsledný signál je daný rozdílem dvou výstupních signálů. Filtry využívající diferenční signály jsou odolnější vůči vnějšímu působení, mají větší šířku pásma a zlepšují potlačení zdrojového šumu.

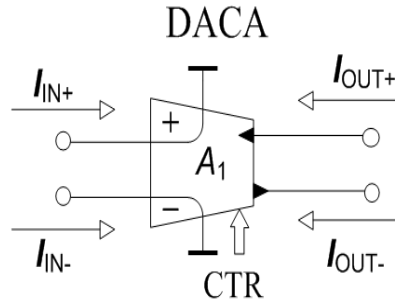
## 2 ROZBOR

### 2.1 PROUDOVÝ ZESILOVAČ DACA

Prvek DACA [3] (Digitally Adjustable Current Amplifier) je aktivní proudový prvek, který je základním prvkem při vytvoření přeladitelného filtru. Tento prvek má dva rozdílné vstupy a také dva rozdílné (invertované) výstupy. Výstupní proudy tekoucí tímto prvkem jsou určitým způsobem zesíleny. Prvek DACA doposud nebyl vyroben ve funkční verzi a jeho zesílení můžeme uvažovat od 1 do 50 s krokem 1. Prvek můžeme charakterizovat popisem

$$I_{OUT+} = -I_{OUT-} = 0,5 \cdot A_I (I_{IN+} - I_{IN-}), \quad (1)$$

kde  $A_I$  je proudové zesílení prvku, které lze nastavovat.  $I_{IN+}$  a  $I_{IN-}$  jsou proudy vstupující do prvku a  $I_{OUT+}$  a  $I_{OUT-}$  jsou výstupní proudy, které jsou vůči sobě invertovány. Schématická značka je na obrázku 1.



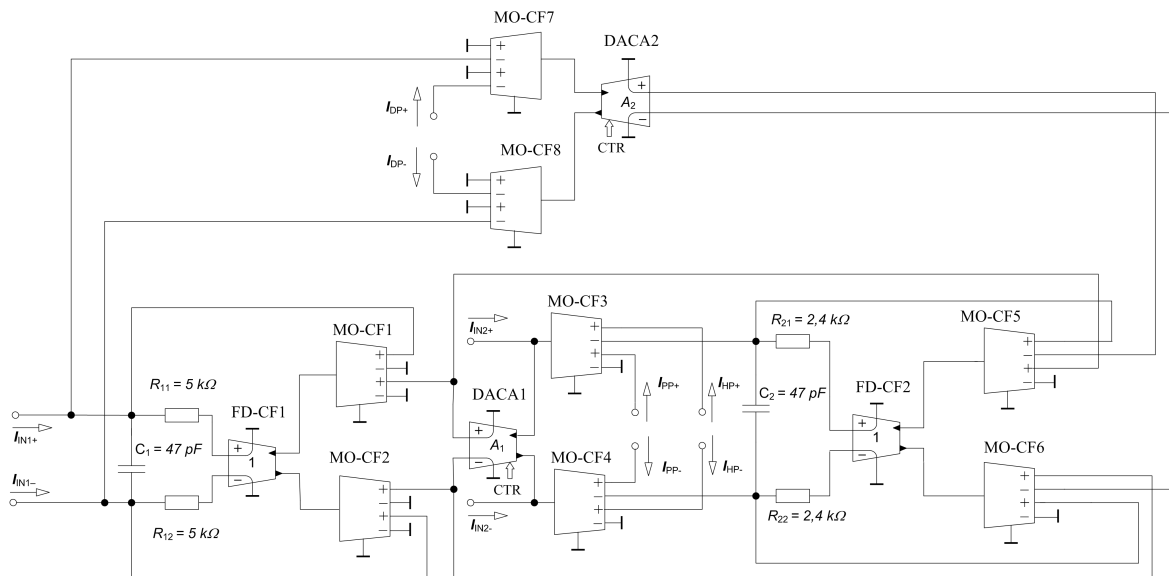
**Obrázek 1:** Schematická značka proudového zesilovače DACA

## 2.2 NAVRŽENÝ DIFERENČNÍ FILTR S MOŽNOSTÍ ŘÍZENÍ MEZNÍHO KMITOČTU

Pro realizaci filtru, u kterého by šlo pomocí změny zesílení prvku DACA [3] měnit pouze  $f_0$ , jsem vycházel z nediferenčního zapojení a také z grafu signálových M-C toků [3]. Charakteristická rovnice tohoto obvodu vypočítaná programem SNAP je

$$D(p) = p^2 C_1 C_2 + 2 \cdot p C_1 G_2 A_1 + 4 \cdot G_1 G_2 A_1 A_2, \quad (2)$$

kde musí platit, že zesílení na prvcích DACA je  $A_1 = A_2$ , abychom měnili mezní kmitočet filtru.



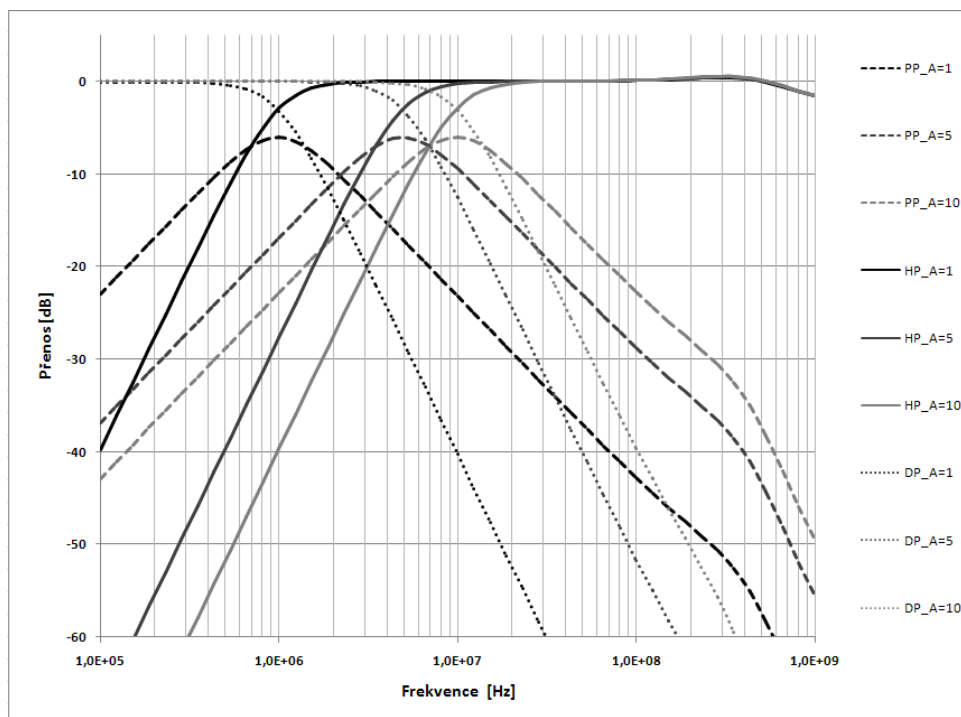
**Obrázek 2:** Plně diferenční filtr pro změnu mezního kmitočtu

Přenosové funkce tohoto obvodu jsou popsány následujícím způsobem

$$\frac{I_{DP}}{I_{IN1}} = \frac{4G_1 G_2 A_1 A_2}{D(p)}, \quad \frac{I_{PP}}{I_{IN1}} = \frac{2pC_2 G_1 A_1}{D(p)}, \quad \frac{I_{HP}}{I_{IN2}} = \frac{p^2 C_1 C_2}{D(p)}. \quad (3)$$

## 2.3 VÝSLEDKY SIMULACE

Na obrázku 3 jsou výsledky simulace pro všechny přenosové funkce podle rovnic (3) získané programem OrCAD, které uvažují reálné vlastnosti aktivních prvků MO-CF a DACA, tj. makromodel třetí úrovně aktivních prvků. Mezní kmitočety byly zvoleny 1 MHz, 5 MHz a 10 MHz, čemuž odpovídají zesílení na prvcích DACA  $A_1 = A_2 = 1; 5; 10$ .



**Obrázek 3:** Kmitočtová charakteristika pásmové propusti (PP), horní propusti (HP) a dolní propusti (DP) uvažující makromodel třetí úrovně aktivních prvků.

## 3 ZÁVĚR

V práci byl prezentován diferenční kmitočtový filtr, u kterého lze měnit mezní kmitočty  $f_0$  pomocí proudového zesilovače DACA. Navržený filtr je multifunkční, umožňuje realizaci funkcí typu PP, HP a DP. Výsledné průběhy byly realizovány pomocí programu OrCAD.

## REFERENCE

- [1] DOSTÁL, T.; ČAJKA, J.; VRBA, K. Transformace umožňující získávat přidružené obvody v proudovém módu. *Elektrorevue* [online]. 16. 6. 2000 [cit. 24. 11. 2009]. Dostupný z WWW: <http://elektrorevue.cz/clanky/00023/index.html>.
- [2] CASAS, O.; PALLÁS-ARENY, R. *Basics of analog differential filters*. Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, 1996.
- [3] JEŘÁBEK, J.; VRBA, K. Návrh přeladitelného kmitočtového filtru s proudovými aktivními prvky za pomoci metody grafu signálových toků. *Elektrorevue* [online]. 1. 9. 2009 [cit. 24. 11. 2009]. Dostupný z WWW: <http://www.elektrorevue.cz/file.php?id=200000340-ca1bbcb159>.