

ELECTRONICALLY RECONFIGURABLE FREQUENCY FILTERS

Adam Gajdos

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xgajdo12@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jan Jerabek

E-mail: jerabekj@feec.vutbr.cz

Abstract: This article presents designed reconnection-less filter with electronically reconfigurable type and parameters of its transfer function. The Filter uses VDCC (Voltage Differencing Current Conveyor) and CA (Current Amplifier) as active elements. This paper includes also results of computer simulations of designed circuit.

Keywords: current amplifier, reconfigurable frequency filters, Voltage Differencing Current Conveyor

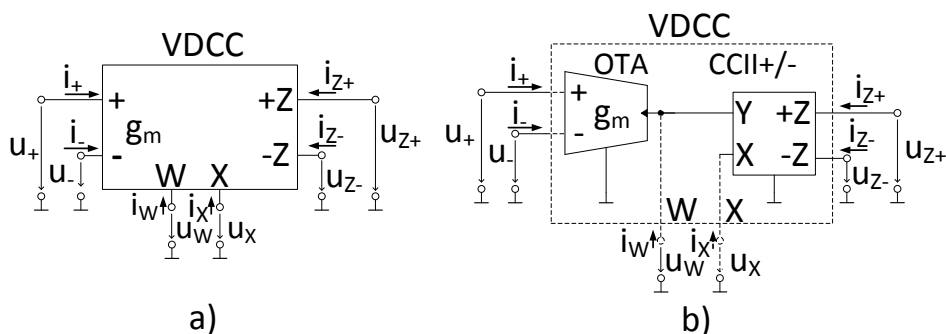
1. ÚVOD

Kmitočtové filtry se využívají zejména k odstranění, potlačení či zesílení některých složek spektra signálu [1]. Tyto filtry mají většinou jeden vstup a více výstupů [2], na kterých se nachází různé přenosové funkce nebo naopak mají více vstupů a jeden výstup [3], kdy při buzení do jednotlivých vstupů dostáváme různé přenosové funkce. V těchto případech je bohužel nutné vždy přepojit výstup resp. vstup, abychom mohli změnit přenosovou funkci obvodu. To ovšem není vždy možné nebo výhodné, například při implementaci na čipu.

Tato práce popisuje využití parametrů aktivních prvků, z nichž se skládá samotný filtrační obvod, pro změnu přenosové funkce bez nutnosti jakéhokoliv přepojení [4]. Obvod tedy bude mít pouze jeden vstup a výstup. Filtrační obvod umožňuje mimo změny přenosové funkce, také změnu mezního kmitočtu a činitele jakosti nezávisle na sobě.

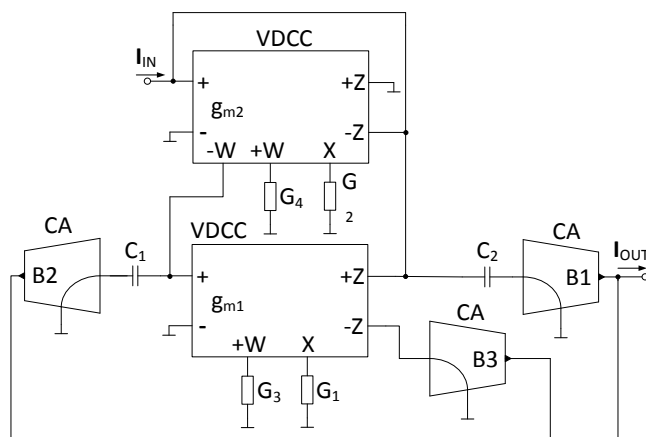
2. NÁVRH OBVODU

Navržený obvod využívá tři proudové zesilovače CA a 2 aktivní prvky VDCC. Říditelným parametrem proudového zesilovače je zesílení B , kterým je vynásoben vstupní proud. Prvek VDCC je složen s operačního transkonduktančního zesilovače (OTA), ten může mít i více výstupů (BOTA, MOTA) a proudového konvejeoru druhé generace (CCII). Říditelným parametrem VDCC je tedy transkonduktance g_m . Vnitřní struktura VDCC je vidět na Obr. 1.



Obrázek 1: a) Schematická značka VDCC b) Vnitřní struktura VDCC

Schéma zapojení obvodu je na Obr. 2. Obvod realizuje přenosové funkce typu iDP, PP, iHP, iPZ, iFČ pouhou změnou zesílení B u jednotlivých proudových zesilovačů. Za pomoci proudových zesilovačů lze také realizovat dolní nebo horní propust s nastavením přenosu v nepropustného pásma.



Obrázek 2: Schéma zapojení filtrační struktury

Přenosová funkce obvodu z Obr. 2 je

$$K(p) = \frac{I_{OUT}}{I_{IN}} = \frac{-p^2 B_1 C_1 C_2 G_3 G_4 + p B_3 C_1 G_3 G_4 g_{m2} - B_2 G_1 G_4 g_{m1} g_{m2}}{p^2 C_1 C_2 G_3 G_4 + p C_1 G_2 G_3 g_{m2} + G_1 G_4 g_{m1} g_{m2}}. \quad (1)$$

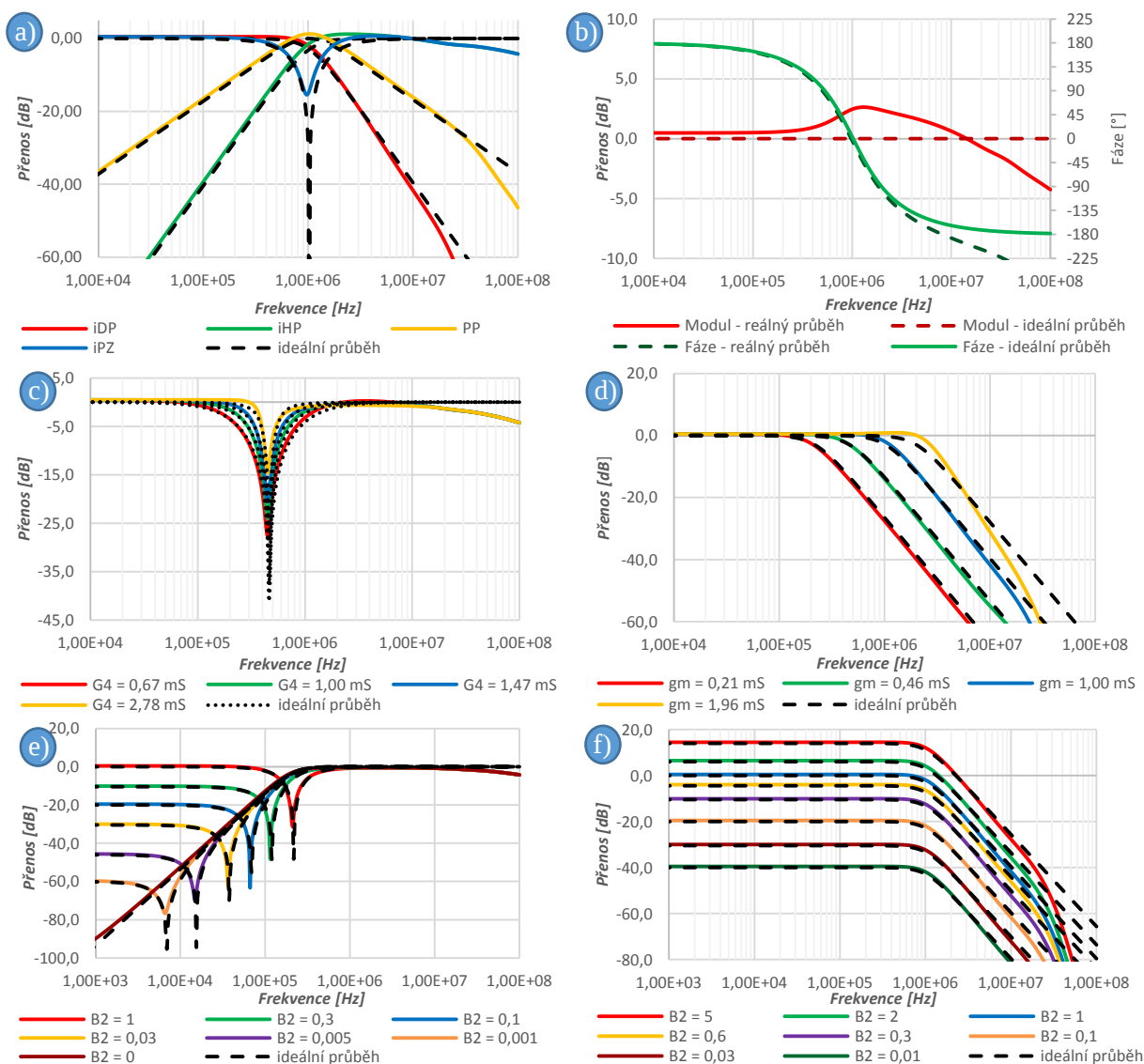
Jednotlivé přenosové funkce filtru jsou dány řízením zesílení B_1 až B_3 takto:

iHP - když $B_1 > 0$ a zároveň $B_2 = 0$, $B_3 = 0$. Zesílení přenosu v propustném pásmu je říditelné za pomoci B_1 ; **PP** - když $B_3 > 0$ a zároveň $B_1 = 0$, $B_2 = 0$. Zesílení propustného pásma je říditelné za pomoci B_3 ; **iDP** - když $B_2 > 0$ a zároveň $B_1 = 0$, $B_3 = 0$. Zesílení propustného pásma je říditelné za pomoci B_2 ; **iPZ** - když $B_1 = B_2 > 0$ a zároveň $B_3 = 0$. Zesílení propustného pásma je říditelné za pomoci $B_1 = B_2$; **iFČ** - když $B_1 = B_2 = B_3 > 0$. Zesílení je říditelné za pomoci $B_1 = B_2 = B_3$; **iHP s nulou v nepropustném pásmu** - když $B_1 > B_2 > 0$ a zároveň $B_3 = 0$. Zesílení propustného pásma je říditelné za pomoci B_1 a zesílení nepropustného pásma je dáno B_2 ; **iDP s nulou v nepropustném pásmu** - když $B_2 > B_1 > 0$ a zároveň $B_3 = 0$. Zesílení propustného pásma je říditelné za pomoci B_2 a zesílení nepropustného pásma je dáno B_1 .

Z koeficientů jmenovatele přenosové funkce jsou odvozeny vztahy pro úhlový kmitočet $\omega_0^2 = G_1 g_m^2 / C_1 C_2 G_3$ (kdy g_{m1} a g_{m2} musí být v rovnosti, aby byla možná změna mezního kmitočtu a zároveň nedocházelo ke změně činitele jakosti) a činitel jakosti $Q^2 = C_2 G_1 G_4^2 / C_1 G_2^2 G_3$. Z rovnic je jasné, že lze nezávisle na sobě řídit mezní kmitočet $f_m = \omega_0 / 2\pi$ a činitel jakosti Q , s výjimkou PP, kdy změna činitele jakosti způsobí i změnu zesílení, což je vlastnost obvodu, která není žádoucí. Činitel jakosti lze ladit změnou vodivosti G_2 nebo G_4 . Z rovnic jsou vyjádřeny vztahy pro výpočet kapacit C_1 a C_2 , kdy hodnoty zbylých prvků jsou voleny následovně $f_m = 1\text{MHz}$, $Q = 0,707$, vodivosti $G_1 = G_3 = 0,4\text{mS}$, $G_2 = G_4 = g_m = 1\text{mS}$. Hodnoty vypočtených kapacit jsou $C_1 = 225\text{pF}$ a $C_2 = 113\text{pF}$. Pro simulace byly využity modely univerzálního proudového konveju UCC jako stavební prvek VDCC a obvod EL2082 reprezentující proudový zesilovač CA. Výsledky simulací jsou na Obr. 3.

3. ZÁVĚR

Tento článek popisuje jedno ze zapojení filtračních obvodu mé diplomové práce. Jak je vidět, z výsledků simulací, obvod se ve většině případů blíží ideálním průběhům a má tedy i potenciál k realizaci a skutečnému měření. Velkou výhodou tohoto obvodu oproti klasickým filtrům je plynulý přechod mezi přenosovými funkcemi a možnost regulace zesílení v propustném i nepropustném pásmu.



Obrázek 3: Výsledky simulací navrženého obvodu z programu OrCAD PSpice: a) Výstupy simulací přenosových funkcí obvodu b) Výsledek simulace přenosové funkce iFČ c) Ladění činitele jakosti u přenosové funkce iPZ ($f_m = 450$ kHz z důvodu nižšího útlumu v nepropustném pásmu na vyšších kmitočtech) d) Ladění mezního kmitočtu u přenosové funkce iDP e) Ladění nuly nepropustného pásma u iHP ($f_m = 218$ kHz) f) Ladění zesílení propustného pásma iDP ($f_m = 1,02$ MHz)

REFERENCE

- [1] DOSTÁL, T. Elektrické filtry. 1.vyd. Brno: FEI VUT, 2001. s. 96, ISBN 80-214-0877-4.
- [2] JEŘÁBEK, J., VRBA, K. SIMO type low-input and high-output impedance current mode universal filter employing three universal current conveyors. AEU - International Journal of Electronics and Communications, roč. 64, 6. vyd., 2010, s. 588-593.
- [3] MINAEI, S., YUCE, E., CICEKOGLU, O. Electronically tunable multi-input single-output voltage-mode filter. Proceedings of the 2005 European Conference on Circuit Theory and Design, roč. 3, 2005, s. 401-404, ISBN: 0-7803-9066-0.
- [4] ŠOTNER, R., PETRŽELA, J., JEŘÁBEK, J., DOSTÁL, T. Reconnection-less OTA- based Biquad Filter with Electronically Reconfigurable Transfers. Elektronika Ir Elektrotechnika, roč. 21, 2015, č. 3, s. 33-37, ISSN: 1392-1215.