

# UNIVERSAL KHN FILTER WITH CDTA

**Jan Miksl**

Bachelor Degree Programme (1), FEEC BUT  
E-mail: xmiksl00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Roman Šotner  
E-mail: xsotne00@stud.feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

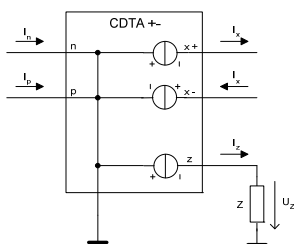
This paper deals with the concept, modeling and analysis of the KHN filter using CDTA. Firstly, the CDTA element, its block structure, schematic symbol as well as its circuit features are defined. Secondly, the multifunctional CDTA KHN filter structure is simulated using ideal CDTA models, third-level models and models based on macromodels of attainable components (AD 844, MAX 435). The results are compared with simulation of standard KHN filter structure with operational amplifiers. The advantages and disadvantages of CDTA component used in KHN filter are mentioned at the end of this project.

## 1. ÚVOD

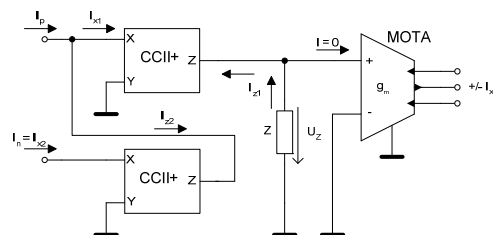
V posledních letech vlivem modernizace rostou požadavky na zpracování signálu, rychlosti přenosu a také rostou požadavky na pracovní pásmo kmitočtů, na kterém jsou signály zpracovávány. Byl navržen nový aktivní prvek CDTA [1] (Current Differencing Transconductance Amplifier) pracující v proudovém režimu (CM) a využívající diferenci proudů na vstupu. Prvek CDTA byl popsán a simulován na základě teoretických předpokladů a doposud ještě nebyl zařazen do hromadné výroby. V případě, že se tak stane, najde široké uplatnění např. filtry, analogové násobičky, oscilátory a jiné.

### 1.1. MODEL CDTA

Behaviorální model CDTA (obr. 1) má diferenční nízkoimpedanční proudové vstupy  $p$ ,  $n$ . Rozdíl vstupních proudů  $\Delta I = I_Z = I_p - I_n$  teče ze  $z$  terminálu do vnější zátěže  $Z$ . Napětí  $U_Z$  na  $z$  terminálu je převedeno transkonduktancí  $g_m$  na proud  $I_x$ , platí  $I_x = \pm g_m U_Z$  a párově vytéká výstupními terminály  $x$ .



**Obrázek 1:** CDTA behaviorální model

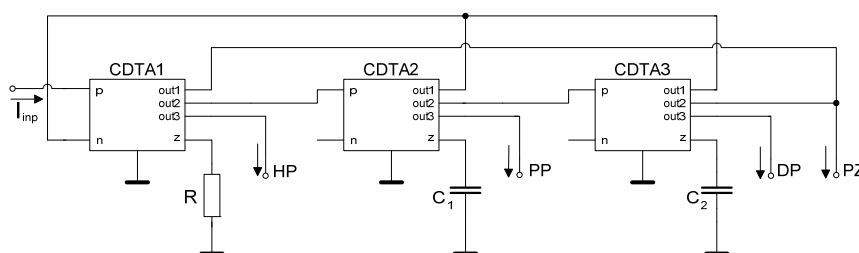


**Obrázek 2:** Realizace s CCII+ a OTA

Transkonduktanci CDTA lze v některých případech řídit také elektronicky přes pomocný port, který však není zobrazen. CDTA lze realizovat s proudovými konvejory druhé generace (CCII+) a více výstupovým transkonduktorem (OTA). Konstrukce CDTA s těchto dílčích aktivních bloků je na obr. 2.

## 2. KHN MULTIFUNKČNÍ FILTR S CDTA PRVKY

Zapojení na obr. 3 [4] bylo modifikováno pro dosažení všech hlavních přenosových funkcí, tj. horní (HP), pásmové (PP), dolní propusti (DP) a pásmové zadržky (PZ). V [2] jsou výstupní odezvy sledovány na kondenzátorech, praktičtější však je odebírat výstupní proudy na specifických výstupech CDTA zvlášť.



**Obrázek 3:** Multifunkční KHN filtr s prvky CDTA v CM

Přenosové funkce filtru jsou podobné jako [2], [4], jmenovitě

$$K_{HP}(s) = \frac{s^2}{s^2 + \frac{R_1 g_1 g_3}{C_1} s + \frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}, \quad K_{PP}(s) = \frac{\frac{R_1 g_1 g_3}{C_1} s}{s^2 + \frac{R_1 g_1 g_3}{C_1} s + \frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}, \quad (1), (2)$$

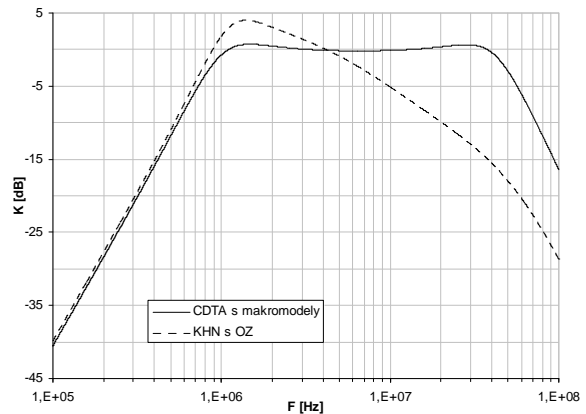
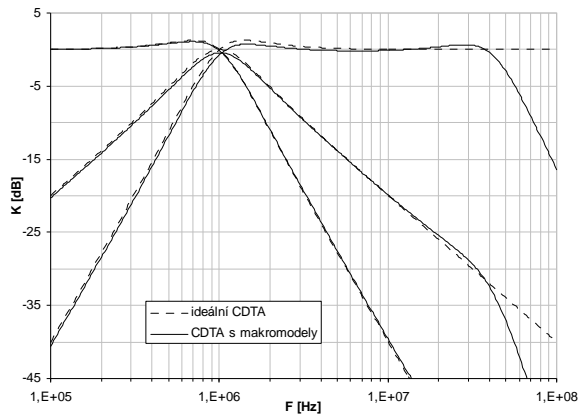
$$K_{DP}(s) = \frac{\frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}{s^2 + \frac{R_1 g_1 g_3}{C_1} s + \frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}, \quad K_{PZ}(s) = \frac{s^2 + \frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}{s^2 + \frac{R_1 g_1 g_3}{C_1} s + \frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}. \quad (3), (4)$$

Pro charakteristický kmitočet a činitel jakosti platí

$$\omega_c = \sqrt{\frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}, \quad Q = \frac{C_1}{R_1 g_1 g_3} \sqrt{\frac{R_1 g_1 g_2 g_3}{C_1 C_2}}. \quad (5), (6)$$

## 3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

Pro model prvku CDTA jsou použity dva transimpedanční zesilovače AD 844 a transkonduktory MAX435 (paralelní vstupy). U MAX 435 se nastavuje strmost transkonduktance  $g_m$  změnou velikosti externího odporu  $R_{TZ}$ . Modulové frekvenční charakteristiky (srovnání s ideálními modely CDTA a CDTA s makromodely AD 844 [7] a MAX 435 [6]) jsou na obr. 4. a na obr. 5. je srovnání HP filtru s CDTA v CM a známého zapojení KHN [3] s OZ typu OPA 603 [5]. Obvod je navržen na  $f_c = 1$  MHz, a pasivní prvky zvoleny  $C_{1,2} = 1$  nF,  $R = 1$  k $\Omega$ ,  $g_1 = 1$  mS, a z (5) určené  $g_2 = g_3 = g = 6,3$  mS.



**Obrázek 4:** Srovnání modulů (HP, PP, DP) **Obrázek 5:** Srovnání s KHN filtrem s OZ

#### 4. ZÁVĚR

Prvek CDTA nabízí poměrně jednoduchou realizaci filtrů pracujících v proudovém režimu. Simulace prokázaly, že kmitočtové vlastnosti struktury KHN filtru s prvky CDTA jsou o poznání lepší než vlastnosti KHN filtru s OZ pracujícími v napěťovém módu. Jelikož prvek CDTA ještě nebyl zařazen do hromadné výroby, tak všechny zde uvedené výsledky byly získány pomocí simulací a teoretických předpokladů. V praxi se však může stát, že struktura prvku CDTA nebude pracovat úplně přesně podle těchto předpokladů. Je totiž docela složitá a mohou se zde projevit parazitní vlivy, které naruší správnou funkčnost. Dalším předmětem zkoumání budou citlivosti, vliv změny transkonduktance  $g_m$  na změnu mezního kmitočtu a s tím související elektronické ladění.

#### LITERATURA

- [1] BIOLEK, D. CDTA - building block for CM analog signal processing. In Proceeding of European conference on circuit theory and design ECCCTD'03, Krakow (Poland), 2003, p. III- 397 - 400.
- [2] KESKIN, A. U., BIOLEK, D., HANCIOGLU, E., BIOLKOVA, V. Current – mode KHN filter employing current diffrencing transconductance amplifiers. International Journal of Electronics and Communications. vol. 60, 2006, pp. 443-446.
- [3] KERVIN, W. J.; HUELSMAN, L. P.; NEWCOMB, R. W.: State variable synthesis for insensitive integrated circuit transfer functions. IEEE-SC, 1967, vol. 2, no. 2, pp. 87-92.
- [4] DOSTÁL, T.; SMEJKAL, V.; SLEZÁK, J. Realization of Arbitrary Transfer Current Characteristic Using Transconductors CDTA. In Proc. of the 18th int. conf. Radioelektronika 2008. Praha: CS section IEEE, 2008. p. 23-26. ISBN: 978-1-4244-2087-2.
- [5] Texas Instruments Inc., High Speed, Current-Feedback, High Voltage Operational Amplifier OPA 603, datasheet, 12 p., 2000, dostupné z www: <http://www.ti.com>
- [6] Maxim Dallas Semiconductor, Wideband Transconductance amplifiers MAX 435 - 436, datasheet, 15 p., dostupné z www: <http://www.maxim-ic.com>
- [7] Analog Devices, Monolithic Op Amp AD 844, Data Sheets. 2003, 16 s., Dostupné z WWW: <http://www.analog.com/>