

# MULTIFUNCTIONAL TUNED ACTIVE FILTER

**Roman Šotner**

Master Degree Programme (1), FEEC BUT

E-mail: xsotne00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Tomáš Dostál

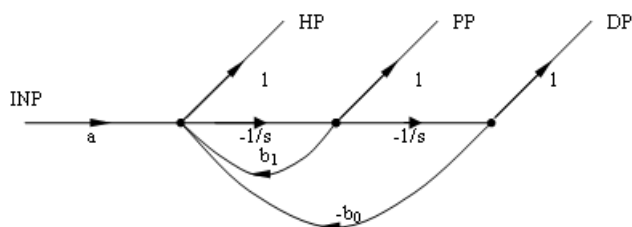
E-mail: dostal@feec.vutbr.cz

## ABSTRACT

Universal multifunctional (low-pass, high-pass, band-pass) second-order active filter, based on multi-loop feedback state-variable structure, with operational transconductance amplifier (OTA) LM 13700 and voltage summers are presented. Mentioned circuit is discussed (tuning and adjustable quality  $Q$ ). Simulations in PSpice and experimental results are presented.

## 1. ÚVOD

Na obr. 1 je celkem známý [1], [2] graf signálových toků filtru využívajícího celkem tři aktivní bloky. První ve funkci vstupní sumace a další jako invertující integrátory. Funkci aktivních bloků zastávají klasické napěťové operační zesilovače (OZ). Přeladění je možné souběžnou změnou  $R$  nebo  $C$  v integrátorech (dolní propusti 1. řádu).

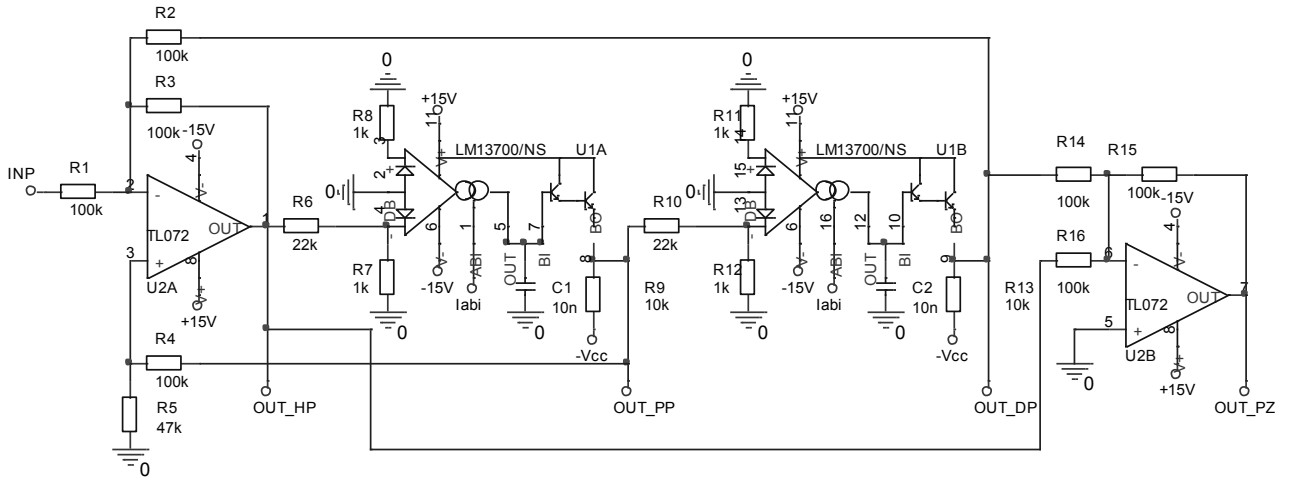


**Obrázek 1:** Graf signálových toků více-funkčního filtru 2. řádu

Použije-li se ve stejné struktuře (obr. 1) místo OZ transadmitanční zesilovač (OTA) se sledovačem, lze snadno získat elektronicky laditelný filtr, kde mezní (popř. střední) kmitočet filtru je řízen proudem (např. u LM 13700 přibližně platí  $g_m = 19,2 \cdot I_{abi}$ ), nebo napětím (přes rezistor). Zapojení je na obr. 2 a na příslušných výstupech je možné obdržet horní (HP), pásmovou (PP) a dolní (DP) propust nebo pásmovou zádrž (PZ). Podobnou tematikou využití OTA ve filtrech se zabývá např. [4].

## 2. ANALÝZA A SIMULACE

Jako aktivní blok na místě integrátoru je použit LM 13700 (obsahuje dvojici transkonduktoru a sledovače). Výrobce [3] doporučuje „ošetřovat“ vstupy rezistory (hodnoty dle [3]) proti zemi, a proto vychází vztahy pro parametry filtru komplikovanější. Předpokládá se  $C_1 = C_2 = C$ ,  $g_{m1} = g_{m2} = g_m$ ,  $R_1 = R_2 = R_3 = R$ ,  $R_6 = R_{10}$ ,  $R_7 = R_8 = R_{11} = R_{12}$ .



**Obrázek 2:** Elektronicky přeladitelný více-funkční filtr 2. řádu

Jmenovatel přenosové funkce je

$$D(s) = s^2 + b_1s + b_0 = s^2 + \frac{\omega}{Q}s + \omega^2, \quad (1)$$

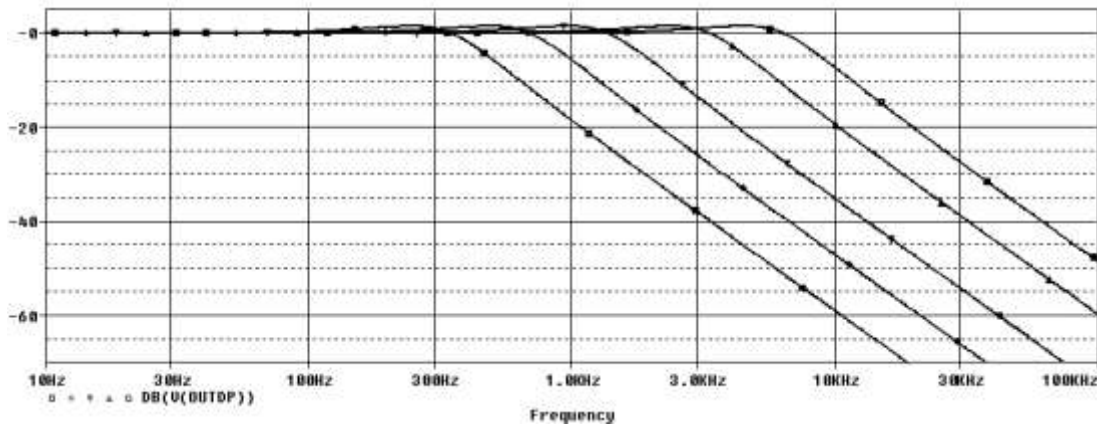
kde koeficienty jsou

$$b_1 = \frac{3g_m R_5 R_7 (R_6 + 1)}{C(R_4 + R_5)^2 (R_6 + R_7)}, \quad b_0 = \frac{g_m^2 R_7^2}{C^2 (R_6 + R_7)^2}, \quad (2)$$

a parametry filtru jsou

$$f_c = \frac{1}{2\pi} \frac{g_m R_7}{C(R_6 + R_7)}, \quad Q = \frac{(R_4 + R_5)(R_6 + R_7)}{3R_5(R_6 + 1)}. \quad (3)$$

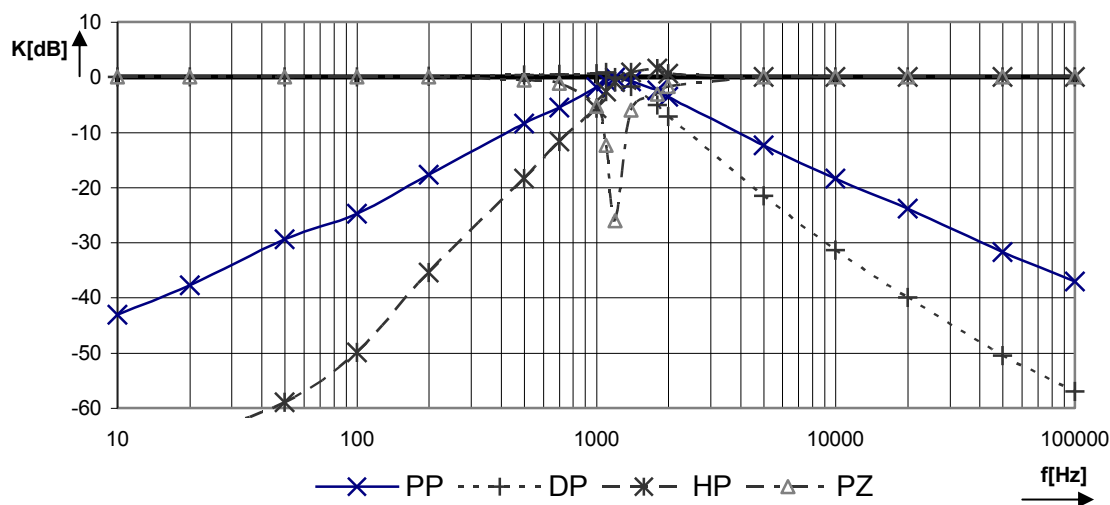
Je tedy vidět, že mezní (střední) kmitočet filtru určují prvky (R, C) integrátoru s OTA transconductance ( $g_m$ ). Kvalitu (Q) je vhodné nastavovat změnou  $R_4$  nebo  $R_5$ . Pro uváděné hodnoty součástek (řídící proud 140  $\mu$ A pro každý OTA) činí mezní kmitočet přibližně 1,8 kHz a  $Q=1,2$ . Snadno lze získat i pásmovou zadrž přidáním sumace výstupů horní a dolní propusti (obr. 2). Hlavním důvodem záměny napětového OZ za OTA je elektronické ladění (obr. 3). Docílené přeladění je přibližně od 430 Hz do 8 kHz (pro řídicí proud každého OTA 25 až 500  $\mu$ A). Pro přehlednost je zobrazen pouze výstup dolní propusti.



**Obrázek 3:** Přeladění (sledován výstup dolní propusti)

### 3. EXPERIMENTÁLNÍ VÝSLEDKY

Výše uvedené zapojení bylo ověřeno v kontaktním nepájivém poli a proměřeno. Dosažené výsledky (obr. 4) se blíží uváděným simulacím, jen se mírně liší mezní (střední) kmitočty.



Obrázek 4: Skutečně změřené přenosové charakteristiky filtru

### 4. ZÁVĚR

Vzhledem k tomu, že je LM 13700 poměrně snadno dostupný a levný nabádá to k jeho účelnému využívání (ve funkci stavebních bloků filtrů i vyšších řádů). Problémem může být relativně nízký tranzitní kmitočty 2 MHz, ale základním cílem této práce bylo ověření myšlenky (náhrada aktivních bloků ve známém zapojení) což se povedlo a pokud bude třeba pracovat ve vyšších pásmech existují aktivní bloky (třeba OTA-LT 1228), kterými lze zde použitý prvek nahradit. Pro nízkofrekvenční pásmo poskytuje filtr uspokojivé výsledky (jen dva integrované obvody spolu s několika pasivními součástkami dokáží realizovat čtyři různé přenosové funkce a výhodou je již několikrát zmiňované elektronické ladění (430 Hz až 8 kHz vyzkoušeno simulací). Někdy je účelné používat v obvodu prvky stejného typu (zde tedy jen OTA), ale vzhledem ke kmitočtům a ceně obvodu je výrazně levnější sumační zesilovače řešit jedním integrovaným obvodem (TL 072). Na vysokých kmitočtech (řádů jednotek MHz) by ale TL 072 nestačil (a pravděpodobně i LM 13700). Zde je hlavní důvod snadná dostupnost součástek a možnost ověřit vlastnosti filtru bez zvlášť dokonalých, speciálních přístrojů.

### LITERATURA

- [1] Kvasil, J.; Čajka, J.: Úvod do syntézy lineárních obvodů. SNTL, Praha, 1981
- [2] Dostál, T.: Elektrické filtry. Skripta FEKT VUT, UREL, Brno, 2004
- [3] National Semiconductors. Dual Operational Transconductance Amplifiers with Linearizing Diodes and Buffers LM13700., 2004. 26 s.
- [4] Punčochář, J.: Filtry 2. řádu s transadmitančními zesilovači. Elektronika, 8, 1997, 2 s.