

# ELECTRONICALLY ADJUSTABLE OSCILLATOR EMPLOYING COMMERCIALY ACCESSIBLE CURRENT MODE MULTIPLIERS

**Jan Miksl**

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xmiksl00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Roman Šotner

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

**Abstract:** Presented paper deals with design, analysis and validation of oscillator based on current-mode active elements. Proposed circuit was designed with commercially available devices know as two and four quadrant current-mode multipliers. Due to the utilization of mentioned active elements simple electronic adjusting of application is possible. In this case oscillation frequency and oscillation condition are controllable by DC voltage. Control analyses in OrCAD PSpice tool confirmed assumptions and tunable features.

**Keywords:** current mode, analog multiplier, electronic adjusting, SNAP, OrCAD computer simulation

## 1. ÚVOD

V současnosti celkem narůstají nároky kladené na zařízení v oblasti zpracování signálů, především směrem k vyšším rychlostem, nižšímu napájení a příkonu při dobrých dynamických vlastnostech. Jednou z oblastí je také variabilnost obvodu a možnost elektronické kontroly jeho důležitých parametrů. Existuje celá škála aktivních elementů [1] či jejich modifikací dovolujících elektronické řízení parametru aktivního elementu a tím i aplikace. Zde je ukázána principiálně jednoduchá koncepce oscilátoru s možností řízení oscilační podmínky (CO) i oscilačního kmitočtu pomocí proudového přenosu aktivních prvků nastaveném externí stejnosměrnou veličinou (DC napětím, proudem).

## 2. OSCILÁTOR S PROUDVÝMI NÁSOBIČKAMI

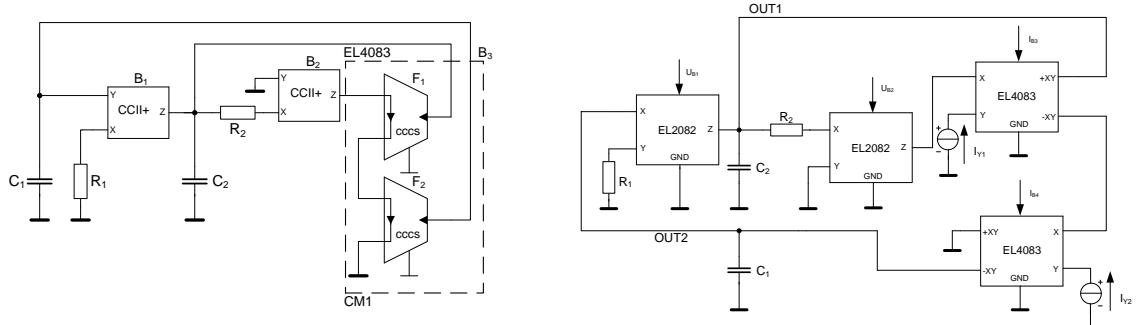
### 2.1. NÁVRH

Jako základní stavební bloky obvodu jsou použity integrátory (bezeztrátový a ztrátový) s proudovými násobičkami typu EL2082 [2] a EL4083 [3]. Obvod je navržen na principu ztrátového a bezeztrátového integrátoru. Ideální zapojení určené pro symbolickou analýzu je na obr. 1. Podstata je zde ihned patrná a tkví v použití dvou proudových konvektorů s možností řízení proudového přenosu a tzv. distributoru proudu (sledovače proudu s dvěma výstupy shodné polarity). Vhodnou volbou přenosů zpětných vazeb lze docílit uváděných možností, ale díky absenci komerčně dostupného prvku se shodnou polaritou výstupních proudů je nutná čtvrtá násobička EL4083 ve funkci invertoru, viz finální zapojení analyzované v OrCAD na obr. 2. Generovaný signál jsou napětí s fázovým posuvem 90° v obou vysoko-impedančních uzlech (pro impedanční oddělení jsou ještě nutné napěťové sledovače). Charakteristická rovnice obvodu určená pomocí programu SNAP je tvaru

$$\Delta Y = B_1 B_2 B_3 + s(C_1 R_1 - C_1 R_1 \cdot B_2 B_3) + s^2(C_1 C_2 R_1 R_2) = 0 \quad (1)$$

Odtud získáváme oscilační podmínku a oscilační kmitočet

$$C_1 R_1 = C_1 R_1 B_2 B_3 \Rightarrow B_2 B_3 = 1, \quad f_c = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{B_1 B_2}{C_1 C_2 R_1 R_2}}. \quad (1), (3)$$

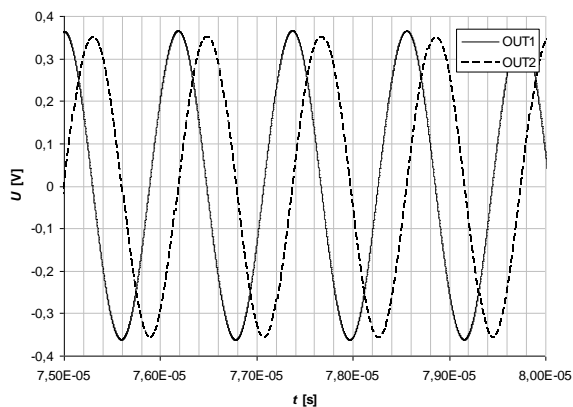


**Obr. 1.** Ideální zapojení pro symbolickou analýzu. **Obr. 2.** Skutečné zapojení s makromodely.

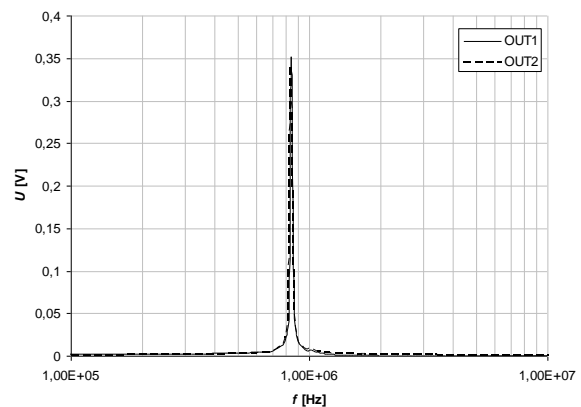
Proudový přenos EL2082 (prakticky se jedná o CCII- s uzemněnou napěťovou vstupní svorkou) je úměrný stejnosměrnému řídicímu napětí, které v rozsahu  $U_{B1} = 0 - 2 \text{ V}$  odpovídá přímo proudovému přenosu. Druhý typ násobičky skutečně disponuje oběma proudovými vstupy a vstupně-výstupní násobící charakteristiku má ve všech kvadrantech. Nevýhodou je, že z principu [3] neumožňuje v zapojení nastavitelného zesilovače proudu zesílení větší jak 1. Můžeme proto mluvit pouze o proudovém zeslabovači  $0 < B \leq 1$ , kde se přenos řídí vztahem  $B = I_{Y1}/(2I_{B3})$  [3].

## 2.2. SIMULACE

Návrh oscilátoru byl proveden na kmitočet 1 MHz. Hodnoty pasivních součástek je vhodné volit  $R_1, R_2 = 1000 \text{ } \Omega$ ,  $C_1, C_2 = 159,15 \text{ pF}$ . V praxi jsou hodnoty odporů sníženy o  $95 \text{ } \Omega$ , kvůli vstupním impedancím prvků EL2082, tedy na hodnoty  $R_1, R_2 = 905 \text{ } \Omega$ . Kapacity pak  $C_1, C_2 = 160 \text{ pF}$ . Ostatní parametry jsou voleny následovně:  $U_{B1} = 1 \text{ V}$ ,  $U_{B2} = 1,02 \text{ V}$  a  $I_{B3} = 1 \text{ mA}$ ,  $I_{B4} = 1 \text{ mA}$ . při napájecím napětí  $V_{CC} = \pm 5 \text{ V}$ . Výhodou zapojení je, že se neuplatní vstupní impedance prvků EL4083, které jsou závislé na hodnotě řídicího proudu  $I_{B3}, I_{B4}$  a při případném přeladování zapojení by se projevil nežádoucím vlivem. Výstupní oscilace makromodelu v PSpice jsou ukázány na obr. 3. a spektra signálů na obr. 4. Oscilační kmitočet získaný ze simulací je 842 kHz. Významný podíl na odchylce reálného oscilačního kmitočtu od teoretické hodnoty je způsoben impedancemi ve vysoko-impedančních uzlech, které reálné aktivní elementy snižují a tím spolu s parazitními kapacitami způsobí, že symbolická ideální oscilační podmínka a kmitočet jsou ovlivněny dalšími parazitními prvky o čemž svědčí podrobnější symbolická analýza.



**Obr. 3.** Výstupní oscilace.



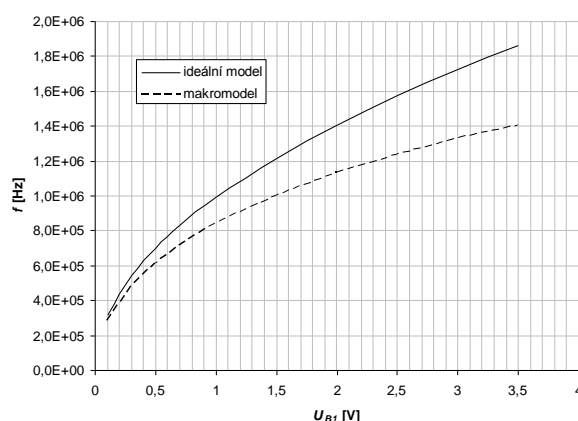
**Obr. 4.** Spektrum výstupních oscilací.

### 2.3. MOŽNOST ELEKTRONICKÉHO PŘELAĐOVÁNÍ

Jak již bylo zmíněno, u navrženého oscilátoru je možné elektronicky přelaďovat výstupní oscilace změnou parametru  $B_1$ , tedy změnou napětí  $U_{B1}$ . Podle katalogového listu EL2082 [1] lze řídicí napětí měnit v rozmezí -1 až +7 V. Použitelný rozsah je však podle simulací v rozmezí 0,1 – 3,5 V, protože od hodnoty 3,5 V již k přelaďování nedochází. Oscilace je v tomto intervalu možno řídit od 250 kHz až do 1,4 MHz. Ladící charakteristika je ukázána na obr. 5, naměřené hodnoty jsou uvedeny v tabulce 1. Nutno podotknout, že při ladění a pro dosažení nízkého zkreslení (THD) byla v každém bodě změny  $B_1$  nutná jemná změna  $CO$  (tedy  $B_2$ ), aby se udržela stejná úroveň výstupních kmitů a nízké THD. Je to možné díky oblejšímu přechodu mezi lin. a nelin. oblastí vstupně-výstupní charakteristiky aktivních elementů. Přelaďování v užším rozsahu je možné i bez větší změny amplitudy, ale v širším rozsahu je třeba obvod automatického řízení zisku  $B_2$  z výstupní amplitudy, což je však díky napěťovému řízení celkem jednoduché. Nevýhoda je, že změna  $B_2$  ( $CO$ ) ovlivní i oscilační kmitočet, viz (2) a (3).

$U_{B1}$ [V]	$f_{ideal}$ [Hz]	$f_{PSpice}$ [Hz]
0,1	3,15E+05	2,80E+05
0,3	5,45E+05	4,78E+05
0,5	7,03E+05	6,11E+05
0,7	8,32E+05	7,15E+05
1	9,95E+05	8,42E+05
1,5	1,22E+06	1,00E+06
2	1,41E+06	1,13E+06
2,5	1,57E+06	1,24E+06
3	1,72E+06	1,33E+06
3,5	1,86E+06	1,40E+06

Tab. 1. Teoretické a analyzované hodnoty oscilačních kmitočetů.



Obr. 5. Ladící charakteristika (teoretický a simulovaný průběh v PSpice).

### 3. ZÁVĚR

V této práci byl navržen oscilátor s proudovými násobičkami EL2082 a EL4083 s možností elektronického řízení oscilační podmínky i kmitočtu výstupních oscilací. Kmitočet je možno přelaďovat v rozmezí od 0,25 MHz až do 1,4 MHz pouhou změnou DC napětí. Ukázány jsou časové průběhy a také spektra signálů a je ověřeno elektronické řízení. Elektronické řízení  $CO$  je dobré pro snadnější implementaci AGC. Neshoda oscilačních kmitočetů ideálního předpokladu a simulace s makromodely je dána reálnými vlastnostmi proudových násobiček. Nevýhodou oscilátoru je složitější zapojení a větší množství aktivních bloků, to však je dáno nutností inverze signálu. V praxi by se elementy udělaly na čipu s adekvátní polaritou výstupu. V nejbližší době se předpokládá výroba a experimentální ověření.

### REFERENCE

- [1] BIOLEK, D., SENANI, R., BIOLKOVA, V., KOLKA, Z. Active elements for analog signal processing: Classification, Review, and New Proposal. *Radioengineering*, 2008, vol. 17, no. 4, pp. 15 – 32.
- [2] Analog Device, EL 2082 - Current-Mode Multiplier, Datasheet 1996, 14s, Dostupné z WWW: <http://www.elantec.com>
- [3] Analog Device, EL 4083 - Current-Mode Multiplier, Datasheet 1996, 14s, Dostupné z WWW: <http://www.elantec.com>