

SIMPLE CHAOTIC OSCILLATOR

Jan Mašek

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xmasek09@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Petržela

E-mail: petrzelj@feec.vutbr.cz

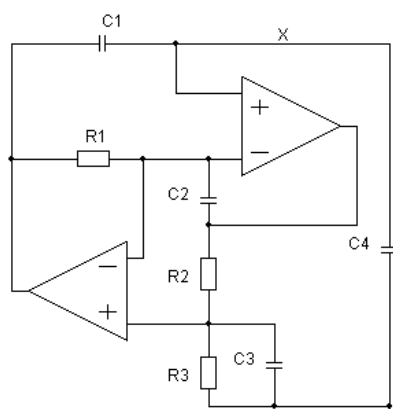
ABSTRACT

This paper shows circuitry realization of the chaotic oscillator, which is defined by a single third-order differential equation. The linear part of the vector field is represented by a third-order admittance function. The parallel connection of this functional block with piecewise linear (PWL) and polynomial resistor forms final oscillator, which generates chaotic waveforms and its function is easy to understand. Final educational device and practical measurements are discussed.

1. ÚVOD

Je známé, že mnoho reálných fyzikálních systémů lze popsat obecně soustavou diferenciálních rovnic. Vhodnou cestou k modelování dynamických jevů vznikajících v těchto systémech je vytvoření elektronického obvodu, který bude vykazovat stejné chování jako modelovaný systém. Jednou z vlastností chaotického oscilátoru je extrémní citlivost na počáteční podmínky a parametry obvodu. Chaotický oscilátor se bude skládat z admitance třetího řádu, která je tvořena Antoniovým impedančním konvertorem. Nelinearita vyskytující se v diferenciální rovnici je do obvodu zavedena ve formě rezistoru s PWL nebo polynomiální ampér-voltovou charakteristikou.

2. REALIZACE CHAOTICKÉHO OSCILÁTORU



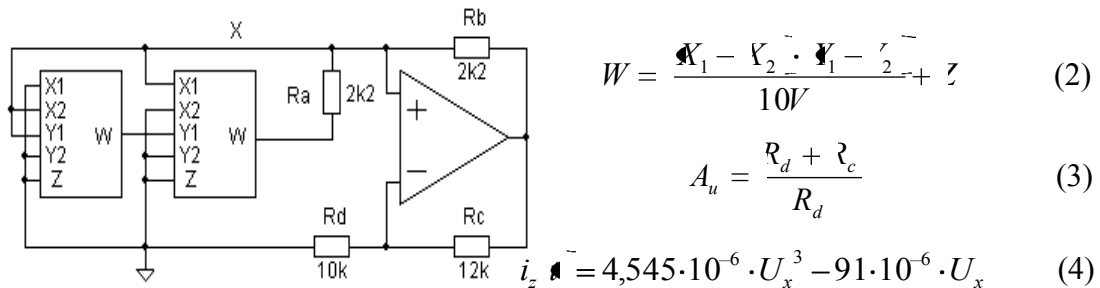
Obr. 1: Zapojení admitance

Admitanci třetího řádu odpovídá rovnice (1), přičemž je nutné vypočítat hodnoty koeficientů a_3 až a_0 . Tyto koeficienty jsou funkcemi impedancí, které jsou v jednotlivých větvích Antoniova konvertoru zapojeny. Zvolený charakter impedancí je patrný na Obr.1. Parametr s reprezentuje komplexní kmitočet. Pro praktické zapojení je potřeba provést rovněž kmitočtové a impedanční odnormování.

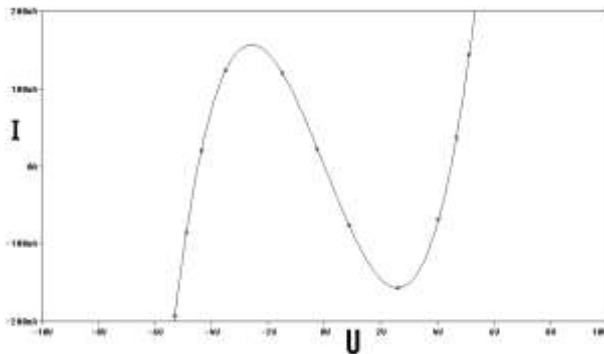
$$Y(s) = a_0 \cdot s^0 + a_1 \cdot s + a_2 \cdot s^2 + a_3 \cdot s^3 = \frac{r_4 \cdot s + \frac{r_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2}{R_3} \cdot s^2 + r_1 \cdot R_2 \cdot C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot s^3}{1}$$

IMPEDANČNÍ MĚNIČ S POLYNOMIÁLNÍ CHARAKTERISTIKOU

Nelinearita je zde způsobena polynomiální funkcí tvořenou za pomoci dvou násobiček. Z přenosové funkce násobiček – rovnice (2) a ze zesílení neinvertujícího zesilovače - rovnice (3) lze dle I. Kirhoffova zákona pro ampérvoltovou charakteristiku měniče odvodit vztah dle rovnice (4).



Obr. 2: Zapojení polynomiálního impedančního měniče

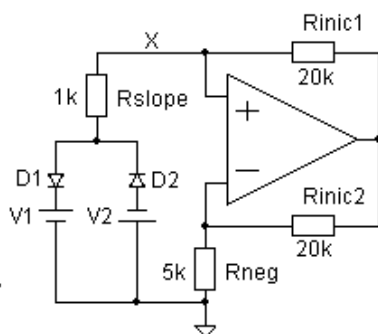


Obr. 3: A-V charakteristika – dle rovnice (4)

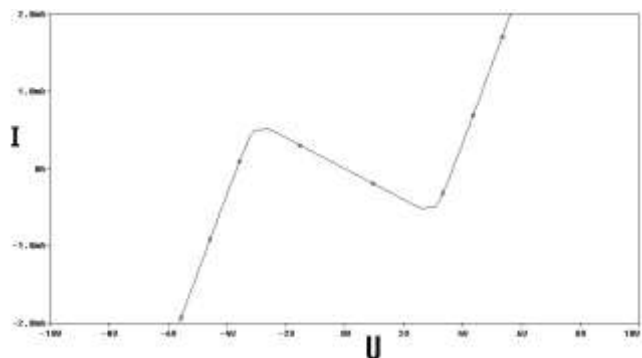
Možnost změny chaotických průběhů lze zaručit změnou velikostí rezistorů Ra a Rb. A-V charakteristika na Obr. 3 odpovídá velikostem rezistorů ve schématu na Obr. 2. Pracovní oblast se pohybuje v řádech stovek [uA] a jednotek [V].

IMPEDANČNÍ MĚNIČ S PWL CHARAKTERISTIKOU

Nelinearitu zde způsobuje paralelní větev rezistoru Rslope, která se aktivuje nastaveným předpětím Schotkyho diod D₁ a D₂. Větev v zapojení neinvertujícího zesilovače s rezistorem Rneg zajišťuje negaci ampérvoltové charakteristiky tohoto rezistoru, stejně jako je tomu u polynomiálního impedančního měniče s rezistorem Rd. Možnost změny chaotických průběhů lze zaručit změnou velikostí rezistorů Rslope a Rneg.



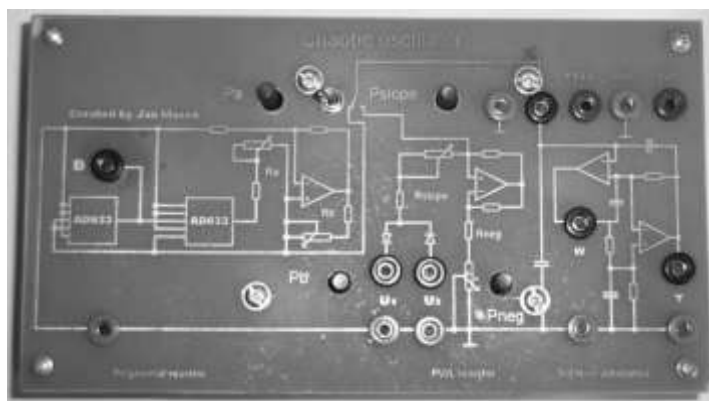
Obr. 4: Zapojení PWL měniče



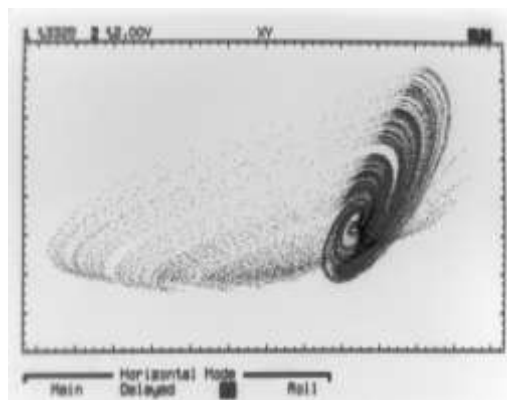
Obr. 5: A-V charakteristika PWL měniče

3. PRAKTICKÉ MĚŘENÍ

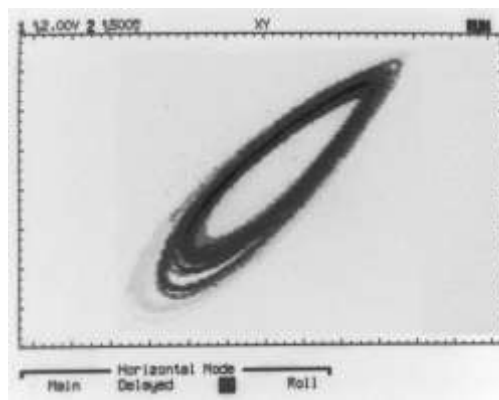
Na Obr. 6 je měřicí přípravek. Admittance je tvořena za pomoci obvodu TL072, jako operačních zesilovačů v impedančních měničích bylo využito obvodů AD711 a násobičky tvoří obvody AD633. Všechny integrované obvody jsou napájeny symetrickým napětím $\pm 15V$. Parametry oscilátoru lze měnit potenciometry Pa a Pb při zapojení polynomiálního měniče a v případě měniče PWL lze parametry měnit předpětím U_1 , U_2 a potenciometry Pslope a Pneg. Chaotické průběhy lze sledovat mezi body X, Y a W. K měření průběhů na Obr.7 a Obr. 8 byl použit osciloskop HP-54603B.



Obr. 6: Měřicí přípravek



Obr. 7: Chaotický průběh I



Obr. 8: Chaotický průběh II

4. ZÁVĚR

O chaotických signálech se dnes mluví stále více v souvislosti s využitím v komunikačních systémech. V současné době je modulování chaotickým systémem tématem intenzivního výzkumu.

LITERATURA

- [1] Petržela, J., Pospíšil, V.: Nonlinear resistor with polynomial AV characteristics and its application in chaotic oscillator. Radioengineering, Vol. 13 No. 2, 2004, pp 20-25.
- [2] Itoh, M.: Synthesis of electronics circuits for simulation nonlinear dynamics. International Journal of Bifurcation and Chaos, 2001, Vol 11, No. 3, pp. 605-655.