

Oscilátor řízený napětím (VCO)

(c) ing. Ladislav Kopecký, 2007

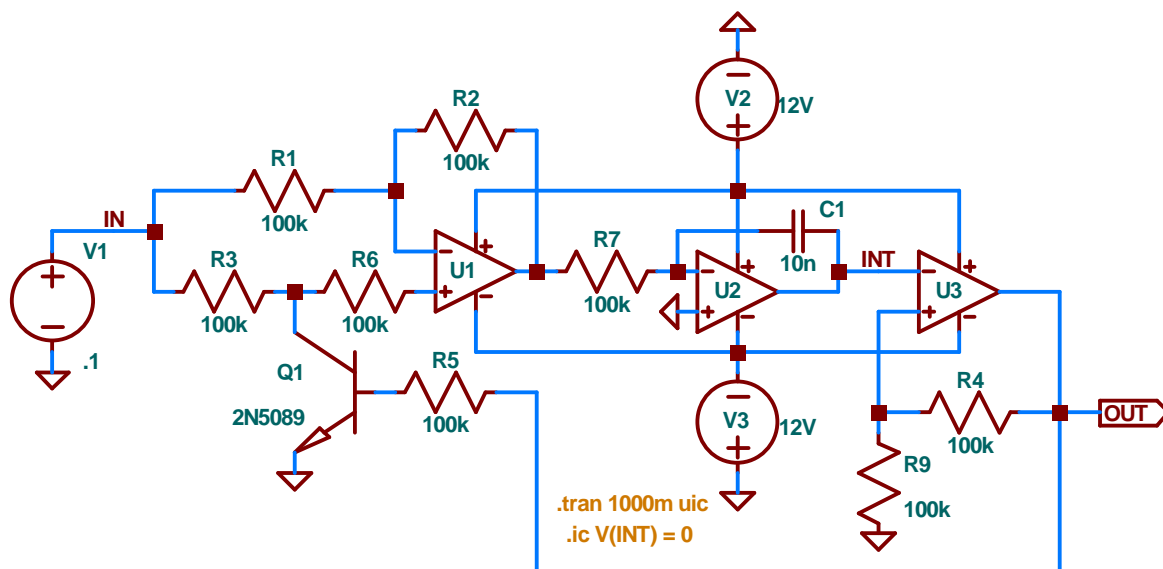
Úvod

Nedávno jsem objevil vynikající program pro simulaci analogových obvodů, který lze zdarma stáhnout z internetu. Jedná se o program SwitcherCADIII od americké firmy Linear Technology, která jej poskytuje zdarma svým zákazníkům jako pomůcku pro aplikaci jejich součástek, především obvodů pro spínané zdroje. Program však je použitelný i pro jiné účely, dokonce obsahuje i behaviorální modely nejběžnějších logických obvodů.

Po seznámení se s tímto programem jsem jej začal používat při svých výzkumech rezonančních impulzních oscilátorů. Pro rezonanční řízení vícefázových motorů je výhodné používat fázový závěs. Pro tento účel se mi osvědčil obvod CMOS 4046. Problém nastal tehdy, když jsem chtěl elektroniku pro řízení vícefázového motoru nasimulovat programem SwitcherCADIII, protože vhodný obvod se v knihovně nenachází. Je tam sice behaviorální model VCO, který je hlavním obvodem fázového závěsu, ale ten se choval tak nevyzpytatelně, že jsem na jeho použití rezignoval a rozhodl se vymyslet vlastní konstrukci VCO. Zde je výsledek mého úsilí.

Popis funkce

Zapojení na obr. 1 se skládá ze tří částí: z obvodu absolutní hodnoty (R1, R2, R3, R5, R6, Q1, U1), Millerova (invertujícího) integrátoru (R7, C1, U2) a komparátoru s hysterezí (R4, R9, U3).



Obr. 1. Napětím řízený oscilátor.

Předpokládejme, že kondenzátor C1 je vybit, na výstupu integrátoru je 0V a výstup komparátoru je v kladné saturaci. V tom případě je tranzistor Q1 sepnut a obvod absolutní hodnoty má přenos -1 . Pokud je na vstupu (IN) kladné napětí, je na vstupu integrátoru stejně velké napětí s opačným znaménkem a jeho výstup roste směrem ke kladné saturaci. Jakmile je dosaženo překlápěcí úrovně komparátoru, tranzistor Q1 je rozepnut, obvod absolutní hodnoty má nyní přenos $+1$ a na vstupu integrátoru je napětí stejné jako na vstupu co do velikosti i polarity. Výstupní napětí integrátoru nyní klesá k záporným hodnotám. Po překlopení komparátoru se děj opakuje.

Nyní odvodíme vztah mezi napětím na vstupu U_{in} a frekvencí na výstupu f_o . Integrátor realizuje funkci

$$u_o(t) = -\frac{1}{RC} \int u_i(t) dt + U_{co}$$

Je-li na vstupu integrátoru konstantní napětí $-U_{in}$, překlápěcí úroveň komparátoru je U_k , a T je perioda výstupní frekvence, potom obdržíme následující rovnici:

$$2U_k = T/2 \cdot (1/RC) \cdot U_{in} ,$$

odkud dostaneme výsledný vztah pro výstupní frekvenci:

$$f_o = U_{in}/(U_k \cdot 4RC) = U_{in} \cdot K_f$$

V našem případě je

$$U_k = 6V, R = 100k, C = 10n \text{ a } U_{in} = 0.1V.$$

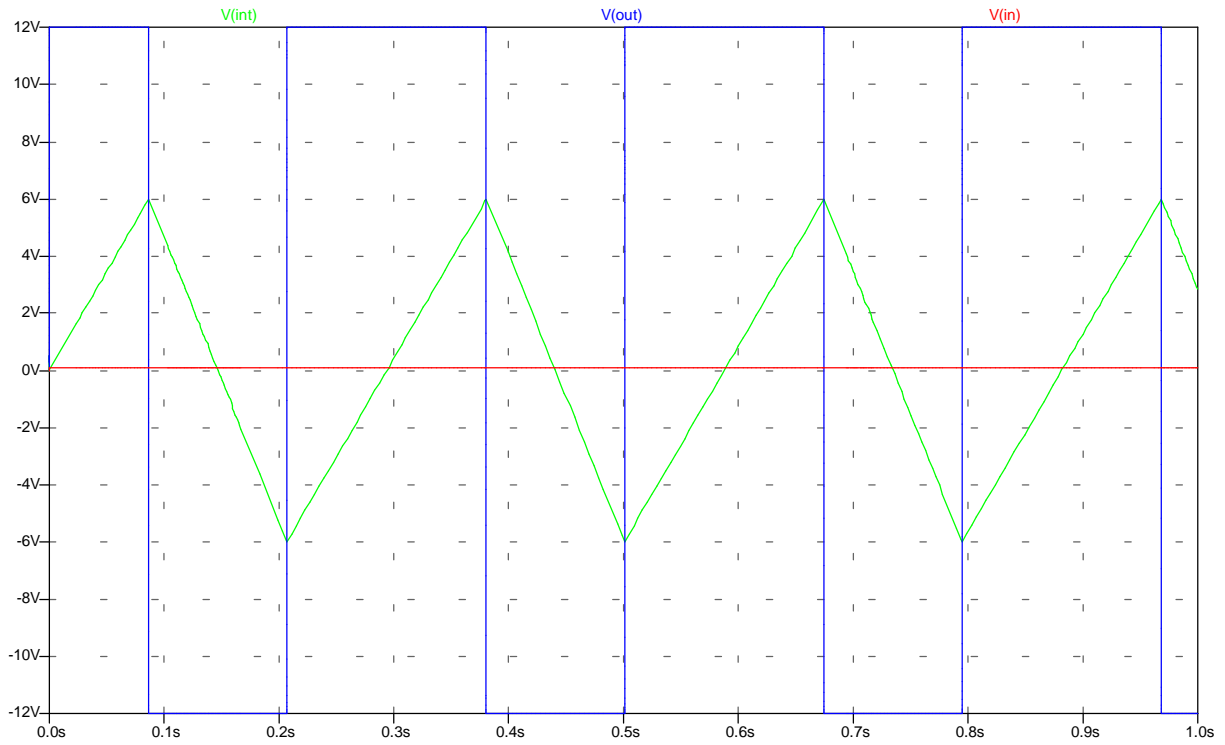
Konstanta

$$K_f = 1/(U_k \cdot 4RC) = 1/(24 \cdot 10^5 \cdot 10^{-8}) = 1/(24 \cdot 10^{-3}) = 41,66 \text{ Hz/V}.$$

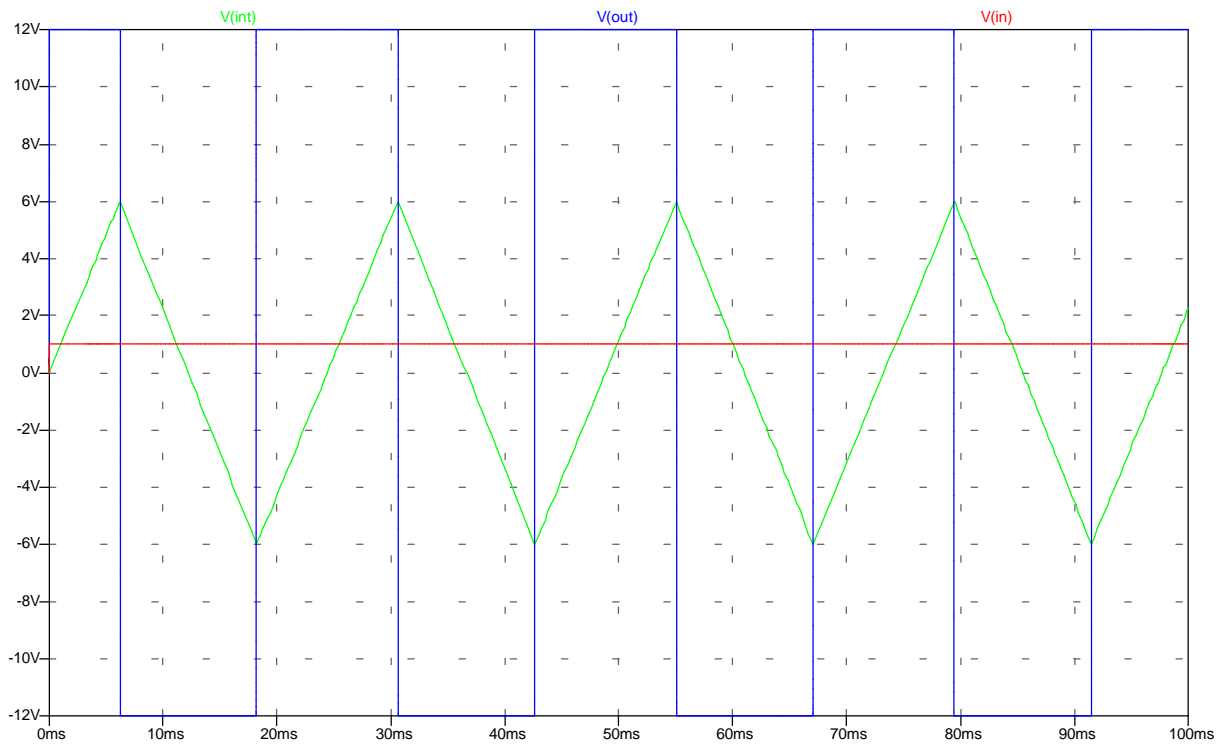
Frekvence je v našem případě

$$f_o = U_{in} \cdot K_f = 0,1 \cdot 41,66 = 4,166 \text{ Hz}.$$

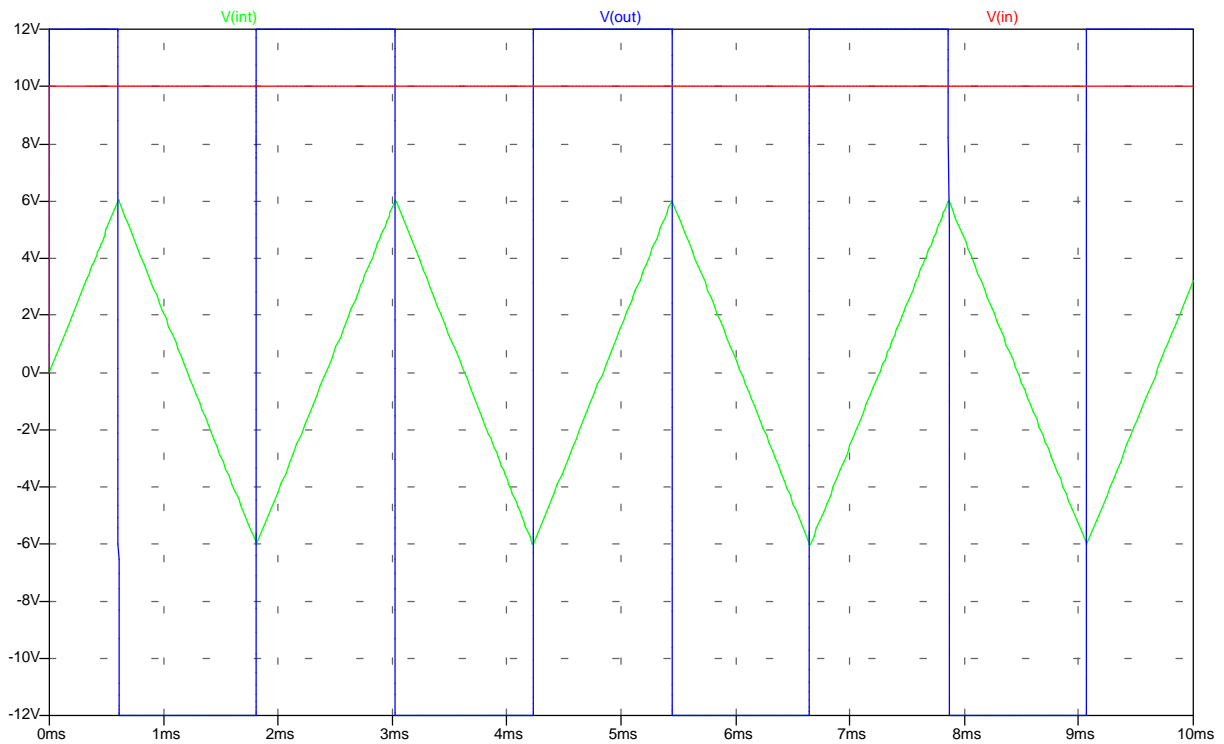
O tom, že je tomu skutečně tak, se můžeme přesvědčit na následujícím obrázku.



Obr. 2. Grafický výstup simulace pro $U_{in} = 0,1V$



Obr. 3. Grafický výstup simulace pro $U_{in} = 1V$



Obr. 4. Grafický výstup simulace pro $U_{in} = 10V$

Závěr

Z výsledků simulace vyplývá, že tento převodník U/f má rozsah použití téměř od 0V do napájecího napětí s dobrou linearitou. Nelinearita se výrazněji projevuje pouze při napětích blízko nuly (obr.2) a zřejmě souvisí s jakostí použitých operačních zesilovačů. Převodník funguje pouze pro kladná vstupní napětí, výstupem je střídavý obdélníkový signál a pro svoji funkci potřebuje symetrické napájení.