

Oscilátor s Wienovým článkem (H2)

Semestrální práce z předmětu EO

Ondřej Jirman a Zdeněk Horák

Zadání

Navrhněte oscilátor podle obrázku tak, aby jeho vlastní kmitočet byl 5kHz. Práce by měla obsahovat tyto části:

1. odvození podmínek oscilací a z nich vztah pro kmitočet oscilací a poměrů odporů R_3 a R_4
2. návrh parametrů a velikostí součástek v obvodu stabilizace amplitudy
3. kontrola funkčnosti oscilátoru, jeho parametrů (kmitočet oscilací) a funkce stabilizátoru amplitudy pomocí přechodové analýzy programu SPICE
4. rozbor a porovnání dosažených výsledků s předpoklady

Typ operačního zesilovače je libovolný, např. 741. Volte symetrické napájecí napětí ± 10 V.

Schéma

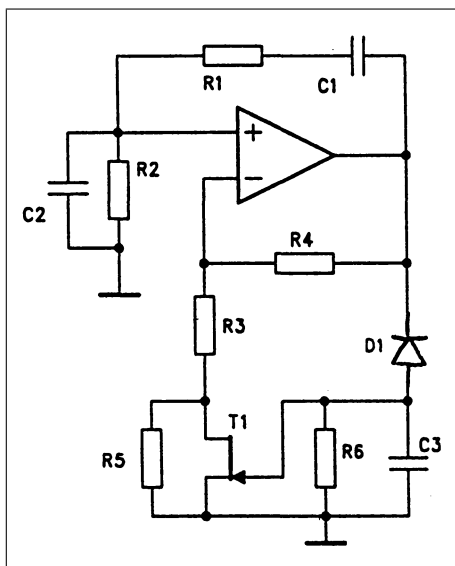


Schéma 1: Zapojení oscilátoru

Odvození podmínek oscilací

Zapojení obsahuje neinvertující zesilovač se zavedenou kladnou zpětnou vazbou, ve které je zapojen Wienův člen – pásmová propust. (R_1, R_2, C_1, C_2)

Přenos Wienova členu je při $R = R_1 = R_2$ a $C = C_1 = C_2$:

$$X_C = \frac{1}{j\omega C} \quad (1)$$

$$Z_1 = R + X_C \quad (2)$$

$$Z_2 = \frac{RX_C}{R + X_C} \quad (3)$$

$$A_{u_{zv}} = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC - \omega^2 R^2 C^2} \quad (4)$$

Přenos zesilovače je:

$$A_{u_z} = 1 + \frac{R_4}{R_3^*} \quad (5)$$

Přenos zesilovače s otevřenou smyčkou zpětné vazby je:

$$A_{u_{ozv}} = A_{u_z} A_{u_{zv}} \quad (6)$$

Aby byla splněna podmínka oscilací musí být splněna rovnice:

$$A_{u_{ozv}} = 1 \quad (7)$$

Dosazením z (4), (5) a (6) do (7) dostaneme:

$$\frac{R_3^* + R_4}{R_3^*} \cdot \frac{j\omega RC}{1 + 3j\omega RC - \omega^2 R^2 C^2} = 1 \quad (8)$$

Nejprve vypočteme kmitočet oscilací takto:

$$\Im\{A_{u_{ozv}}\} = 0 \quad (9)$$

$$1 - \omega_0^2 R^2 C^2 = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{RC} \quad (10)$$

$$f_0 = \frac{1}{2\pi RC} \quad (11)$$

Nyní již můžeme určit hodnotu odporů v určujícím zesílení zesilovače tak, že dosadíme ω_0 do (8) a vyjádříme hodnotu odporu R_3^* :

$$\begin{aligned}\frac{R_3^* + R_4}{3R_3^*} &= 1 \\ R_3^* &= \frac{1}{2}R_4\end{aligned}\quad (12)$$

Dosazením z (12) do (5) dostaneme požadovaný přenos zesilovače:

$$A_{u_{z0}} = 1 + \frac{R_4}{\frac{1}{2}R_4} = 3 \quad (13)$$

Návrh hodnot součástek obvodu stabilizace amplitudy

Jádrem obvodu stabilizace amplitudy je tranzistor N-JFET. (T_1) Nejdůležitější pro správný návrh stabilizačního obvodu je znalost závislosti $r_{ds} = f(U_{GS})$:

$$r_{ds} = \frac{K}{U_T - U_{GS}} \quad (14)$$

Konstantu K vypočteme jako:

$$K = U_T r_{ds_{on}} \quad (15)$$

Určíme hodnotu odporu R_3^* :

$$R_3^* = R_3 + \frac{r_{ds}R_5}{r_{ds} + R_5} \quad (16)$$

Nyní můžeme určit závislost zesílení zesilovače na napětí U_{GS} dosazením z (16) do (5):

$$A_{u_z}(U_{GS}) = 1 + \frac{R_4((U_T - U_{GS})R_5 + K)}{R_5((U_T - U_{GS})R_3 + K) + R_3K} \quad (17)$$

Nyní můžeme konečně určit hodnoty součástek stabilizačního obvodu. Zvolíme hodnotu odporu R_4 a použijeme tranzistor BF245C, který má tyto parametry:

$$r_{ds_{on}} = 250\Omega \quad (18)$$

$$U_T = -3V \quad (19)$$

$$R_4 = 10k\Omega \quad (20)$$

Před zapnutím obvodu ($U_{GS} = 0$) je nutné, aby byla splněna podmínka oscilací (13):

$$A_{u_z}(0) \geq A_{u_{z0}} \quad (21)$$

$$A_{u_z}(-3) \leq A_{u_{z0}} \quad (22)$$

volíme např.:

$$A_{u_z}(0) = 1,05A_{u_{z0}} = 3,15 \quad (23)$$

$$A_{u_z}(-3) = 0,95A_{u_{z0}} = 2,85 \quad (24)$$

Dosadíme z (17) a vyřešíme pro proměnné R_5 a R_3 soustavu rovnic:

$$A_{u_z}(0) = 3,15 \quad (25)$$

$$A_{u_z}(-3) = 2,85 \quad (26)$$

řešením jsou hodnoty:

$$R_3 = 4500\Omega \quad (27)$$

$$R_5 = 1000\Omega \quad (28)$$

Zbývá vypočítat hodnoty součástek R_6 a C_3 . Budeme volit $\tau = RC > 10000/f_0$. Tomu odpovídají hodnoty součástek, např.:

$$R_6 = 220\text{k}\Omega \quad (29)$$

$$C_3 = 10\mu\text{F} \quad (30)$$

Hodnoty součástek

R_1	1k Ω
R_2	1k Ω
R_3	4,5k Ω
R_4	10 Ω
R_5	1k Ω
R_6	220k Ω
C_1	33nF
C_2	33nF
C_3	10 μ F
T_1	BF245C

SPIICE Analýza

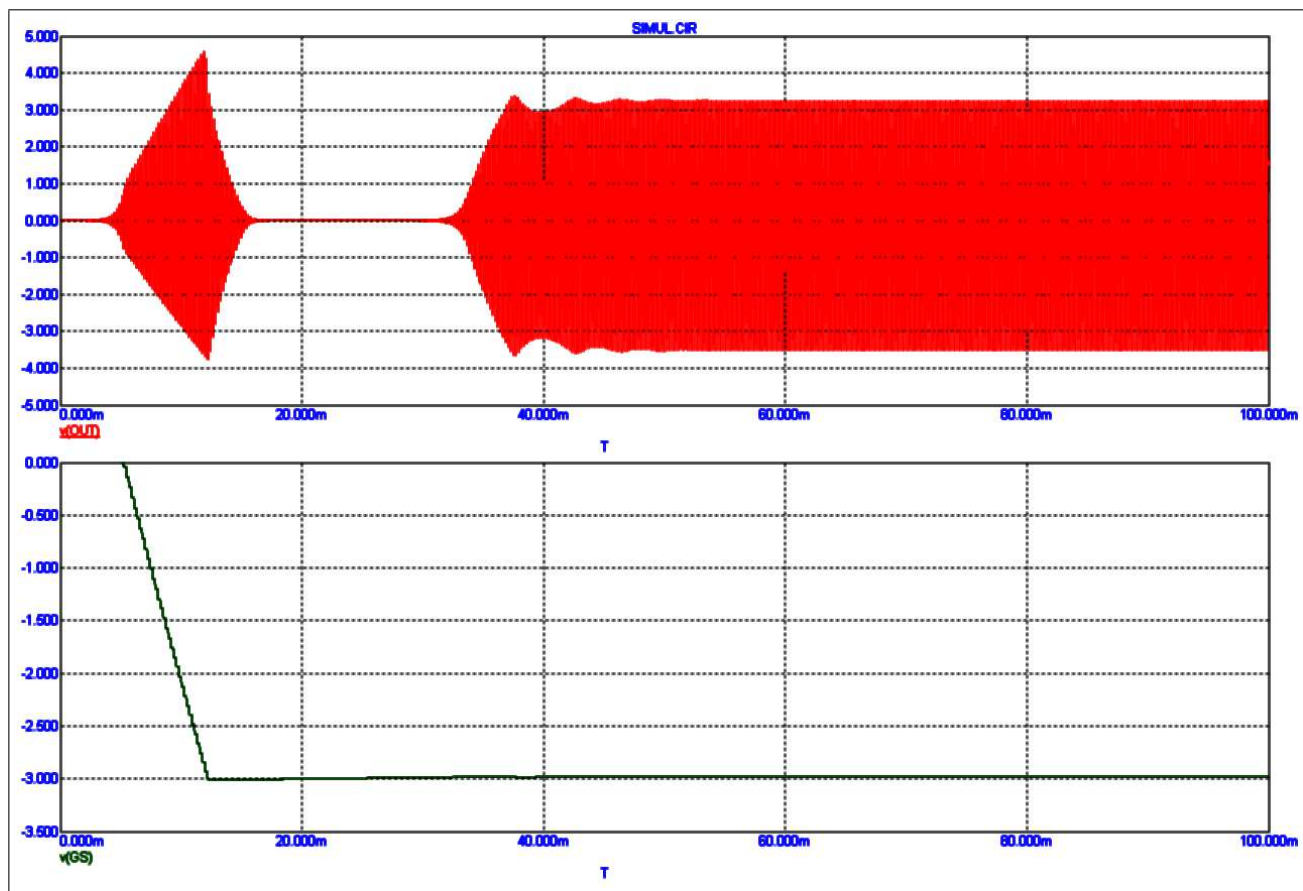
Zdrojový kód

```
* eo (H2)
C1 6 OUT 33N
C2 1 0 33N
C3 GS 0 10U
D1 GS OUT 1N4148
J1 7 GS 0 BF245A
R1 6 1 1000
R2 0 1 1000
R3 7 2 4500
R4 2 OUT 10K
R5 7 0 1000
R6 1 8 10MEG
R7 GS 0 220K
V1 VC 0 10
V2 VE 0 -10
V3 8 0 PULSE (0 10 0 0 0 1e-9 1)
X1 1 2 VE OUT VC LM741A
```

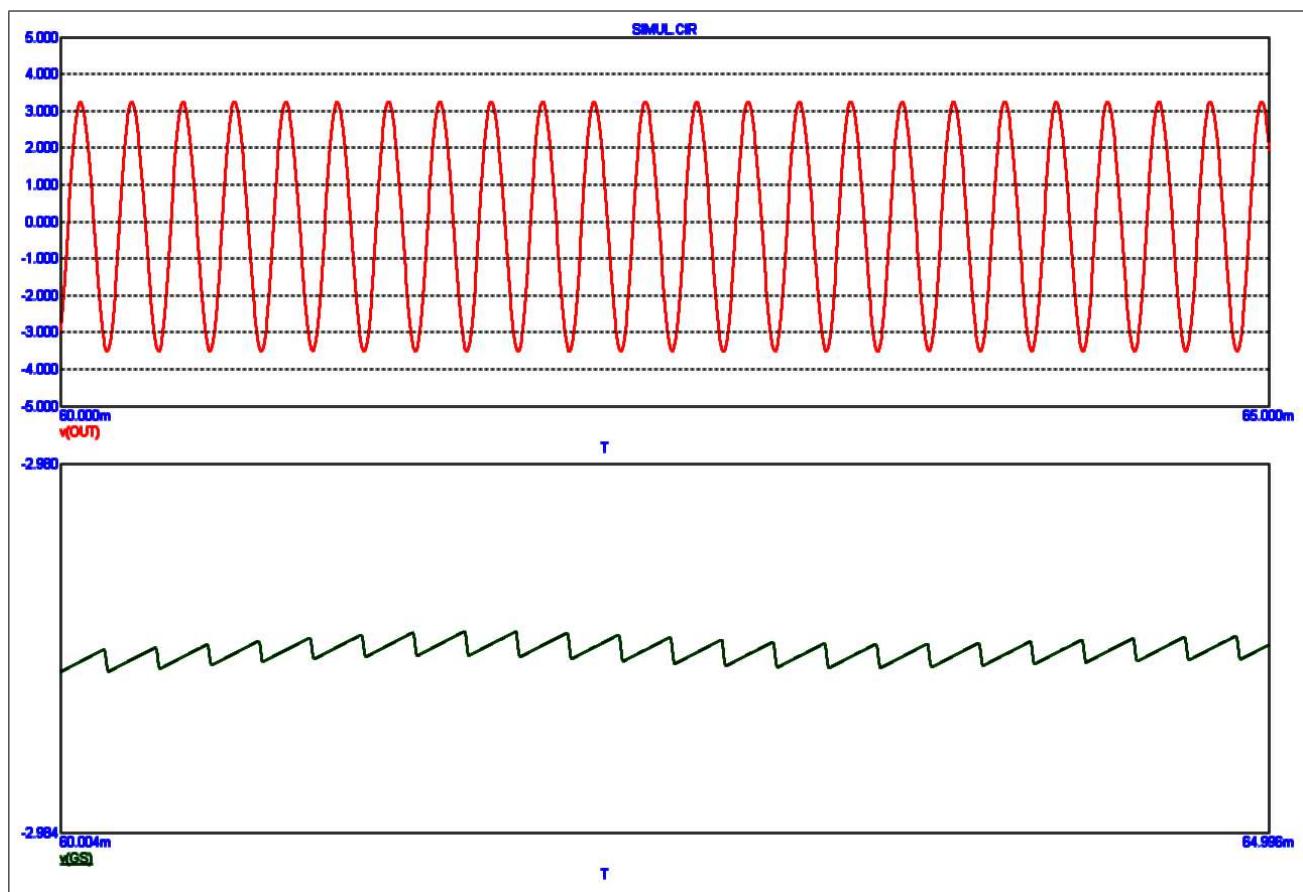
Výsledky analýzy

Přechodová analýza programu *MicroCap 7.1* potvrdila správnost návrhu oscilátoru. Oscilátor kmital s frekvencí 4,7 kHz (chyba byla způsobena zaokrouhlením na koupitelné součástky (E6)) Amplituda kmitů byla 3,3 V. Obvod stabilizace amplitudy fungoval přesně podle teoretických výpočtů. Toto graficky dokumentují následující obrázky. Obrázky obsahují v horní polovině průběh výstupního napětí a v dolní polovině průběh řídicího napětí tranzistoru v obvodu stabilizace amplitudy.

Přechodová analýza



Přechodová analýza 1: Průběh náběhu kmitů výstupního napětí po zapojení napájení



Přechodová analýza 2: Detail stabilizovaných kmitů výstupního napětí

Závěr