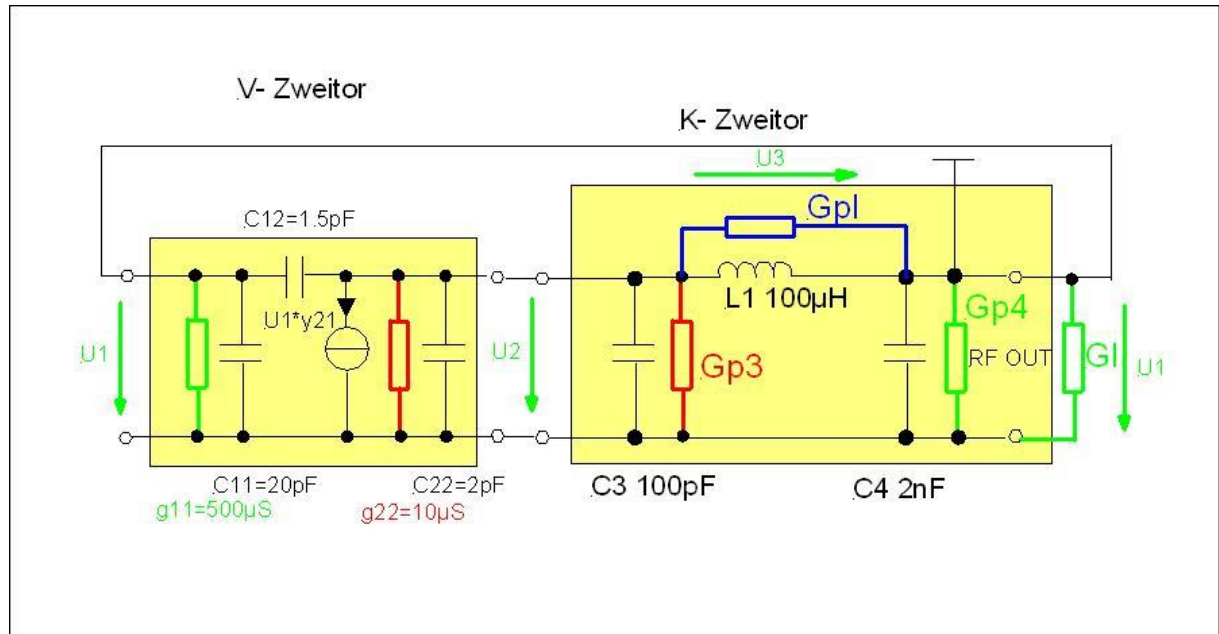
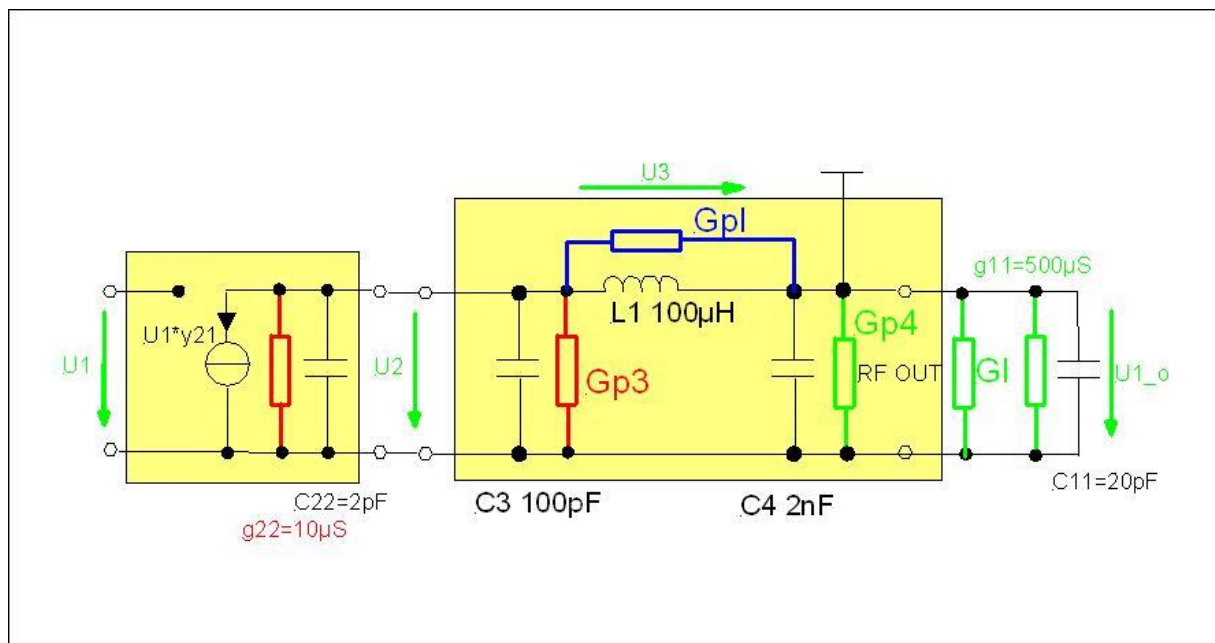


## Lösungen zur Oszillatorübung

Es beginnt mit der formalen Ersatzschaltung für den Transistor und der restlichen Kleinsignalerersatzschaltung (Siehe auch Einführung in die Oszillatoren). Die Belastung der Stromquelle durch die Verluste der Kondensatoren und der Spule werden durch jeweils zum Blindelement parallel liegende Wirkleitwerte  $G_p$  ausgedrückt:



Die Wirkleitwerte einer Farbe liegen parallel zueinander und lassen sich daher durch aufaddieren zusammenfassen. Die geeignete Stelle zum Auftrennen der  $k*v$  Schleife liegt innerhalb des Transistorersatzschaltbildes zwischen Basis und Kollektor.  $Y_{12}$  ist klein gegenüber dem Leitwert von  $L_1$ , welcher parallel dazu liegt. Somit ist der Strom durch  $y_{12}$  vernachlässigbar klein und hier kann getrennt werden ohne dass der an der Trennstelle fließende Strom durch eine neue Quelle und eine neue Belastung nachgebildet werden muss. Der Eingangsleitwert des Transistors liegt am Ausgang des K-Netzwerkes und kann auch dort eingezeichnet werden. Das erleichtert das Zusammenfassen. Nach dem erneuten Umzeichnen sieht es aus wie folgt:



Zur Berechnung von  $U_2$  muss die an den Klemmen der Stromquelle wirksame Belastung ermittelt werden. Die rot markierten Leitwerte liegen bereits direkt an diesen Klemmen. Der blau dargestellte Wirkleitwert belastet die

Stromquelle nicht direkt, sondern über ein Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}_1$ . Die grünen zusammengefassten Wirkleitwerte belasten die Quelle über ein Übersetzungsverhältnis  $\ddot{u}_2$ . Zur Erläuterung der Übersetzungsverhältnisse wurden in der Masche mit den drei Wirkleitwerten die drei Spannungen  $U_{1_0}$ ,  $U_2$  und  $U_3$  definiert.

Erregt die Stromquelle den Resonator aus  $L_1$  und der Reihenschaltung von  $C_{322}$  und  $C_{411}$  auf seiner Resonanzfrequenz, dann ist seine Impedanz maximal und rein reell. Der induktive Blindleitwert von  $L_1$  hat an der Resonanzstelle den gleichen Betrag wie der kapazitive Blindleitwert der Reihenschaltung von  $C_3$  und  $C_4$ . Nur die Phasenlage beider ist um  $180^\circ$  verschieden und dadurch heben sie sich auf. Es verbleiben die Wirkleitwerte, welche die Verluste darstellen.

Es gilt nach dem Maschensatz:

$$U_3 = U_2 + (-U_{1_0})$$

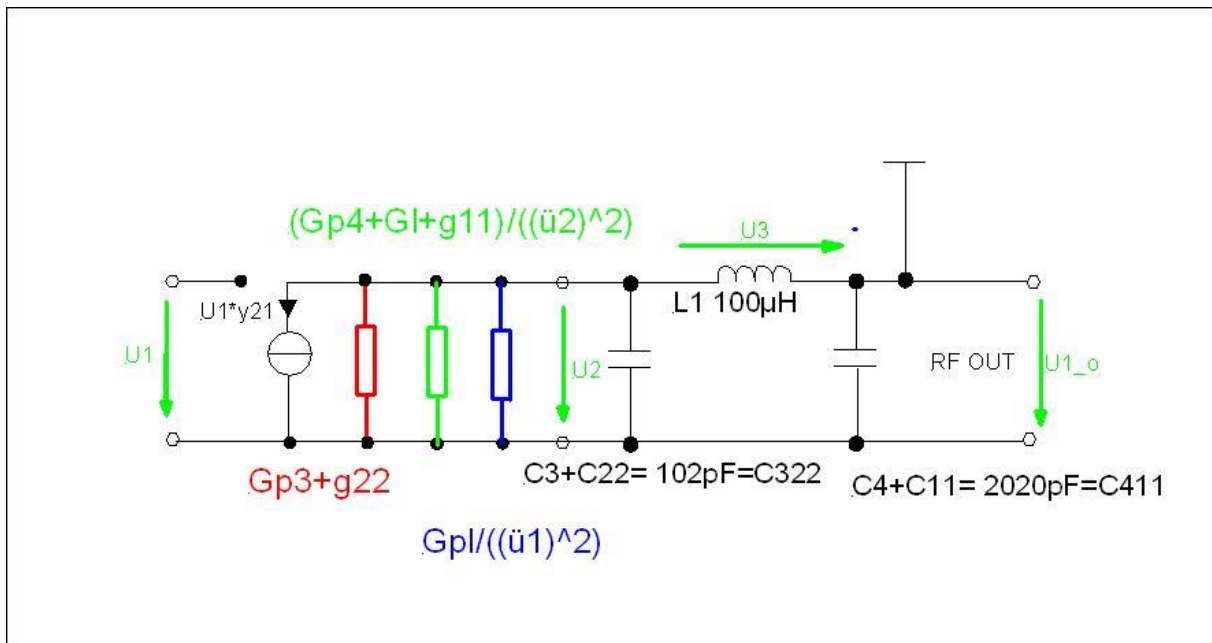
Das Übersetzungsverhältnis 1 ergibt sich jetzt wie folgt:

$$\ddot{u}_1 = \frac{U_3}{U_2} = \frac{C_{322} + C_{411}}{C_{411}} = \frac{102 \text{ pF} + 2020 \text{ pF}}{2020 \text{ pF}} = \underline{\underline{1.05}}$$

Das Übersetzungsverhältnis 2 berechnet sich folgendermaßen:

$$\ddot{u}_2 = \frac{U_2}{U_{1_0}} = \frac{C_{411}}{C_{322}} = \frac{2020 \text{ pF}}{102 \text{ pF}} = \underline{\underline{19.8}}$$

Durch das Quadrat von  $\ddot{u}_1$  dividiert erscheint der blaue Wirkleitwert an den Klemmen der Stromquelle. Durch das Quadrat von  $\ddot{u}_2$  dividiert erscheint der grüne Wirkleitwert an den Klemmen der Stromquelle:



Jetzt wird erst einmal die Resonanzfrequenz berechnet.

Mit

$$C_{ges} = \frac{C_{322} \cdot C_{411}}{C_{322} + C_{411}} = \frac{102 \text{ pF} \cdot 2020 \text{ pF}}{102 \text{ pF} + 2020 \text{ pF}} = \underline{\underline{97.1 \text{ pF}}}$$

erhalten wir:

$$f_{Res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_{ges}}} = \frac{1}{2\pi\sqrt{100\mu \frac{Vs}{A} \cdot 97.1 \text{ p} \frac{As}{V}}} = \underline{\underline{1.615 \cdot \text{MHz}}}$$

Die Verlustleitwerte errechnen sich wie folgt:

$$G_{P3} = \frac{B_{C3}}{Q_C} = \frac{\omega_{Res} \cdot C_3}{150} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1.615 \text{ MHz} \cdot 100 \text{ pF}}{150} = \underline{6.766 \mu\text{S}}$$

und

$$G_{P4} = \frac{B_{C4}}{Q_C} = \frac{\omega_{Res} \cdot C_4}{150} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1.615 \text{ MHz} \cdot 2000 \text{ pF}}{150} = \underline{135.312 \mu\text{S}}$$

und

$$G_{Pl} = \frac{B_{L1}}{Q_L} = \frac{1}{90 \cdot \omega_{Res} \cdot L_1} = \frac{1}{90 \cdot 2 \cdot \pi \cdot 1.615 \text{ MHz} \cdot 100 \mu\text{H}} = \underline{10.948 \mu\text{S}}$$

Jetzt kann  $v_u$  errechnet werden:

$$v_u = \frac{y_{21}}{y_2} = \frac{y_{21}}{G_2(1 + jQv)}$$

Q ist die Kreisgüte und v die Verstimmung. Bei der Resonanzfrequenz ist die Verstimmung 0 und man erhält für die dann maximale Spannungsverstärkung:

$$v_{uMAX} = \frac{y_{21}}{y_{2RES}} = \frac{y_{21}}{G_2(1 + j0)} = \frac{y_{21}}{G_2} = \frac{y_{21}}{\frac{(G_{P4} + G_{Last} + g_{11})}{\ddot{u}_2^2} + \frac{G_{Pl}}{\ddot{u}_1^2} + G_{P3} + g_{22}}$$

Einsetzen der Werte liefert:

$$v_{uMAX} = \frac{y_{21}}{\frac{(G_{P4} + G_{Last} + g_{11})}{\ddot{u}_2^2} + \frac{G_{Pl}}{\ddot{u}_1^2} + G_{P3} + g_{22}} = \frac{40 \text{ mS}}{\frac{135.312 \mu\text{S} + 1 \text{ mS} + 500 \mu\text{S}}{392.04} + \frac{10.948 \mu\text{S}}{1.10} + 6.76 \mu + 10 \mu\text{S}}$$

$$v_{uMAX} = \frac{40 \text{ mS}}{4.17 \mu\text{S} + 9.95 \mu\text{S} + 16.766 \mu\text{S}} = \frac{40 \cdot 10^3}{30.89} = \underline{1295}$$

Mit  $k = \frac{1}{\ddot{u}_2} = \frac{1}{19.8}$  ergibt sich die Kleinsignalschleifenverstärkung im Anschwingmoment:

$$k \cdot v_{uMAX} = \frac{1295}{19.8} = \underline{65.4}$$

Versuchen Sie doch einmal, dass mit einer Kleinsignal PSPICE Simulation zu überprüfen. Dazu können Sie den zuletzt gezeichneten Stand der Schaltung eingeben oder auch den davor erstellten. Die spannungsgesteuerte Stromquelle wird in PSPICE mit G abgekürzt.