

Aufgabe 2 Relaxationsoszillator (26 Punkte)

Die Bauelementewerte der folgenden Schaltung werden in dieser Aufgabe so bestimmt, dass sich eine Schwingung mit vorgegebener Amplitude und Frequenz ergibt.

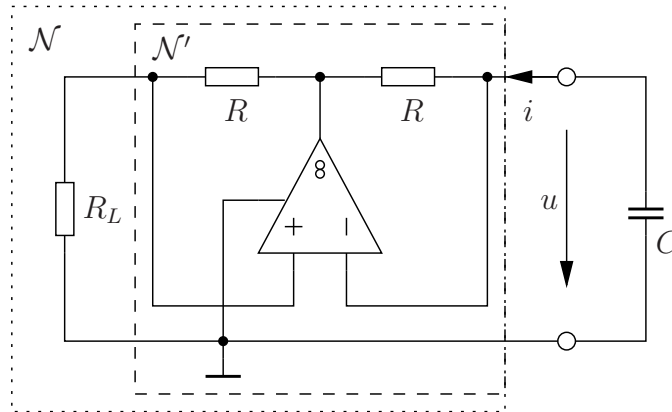


Bild 3. Oszillatorschaltung

-
- a)* Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild für
- \mathcal{N}'
- , wenn der Operationsverstärker im linearen Bereich arbeitet.

-
- b)* Wie nennt man die Schaltung
- \mathcal{N}'
- und was wird durch
- \mathcal{N}
- realisiert?

Für \mathcal{N} hat sich die Kennlinie in Bild 4 ergeben.

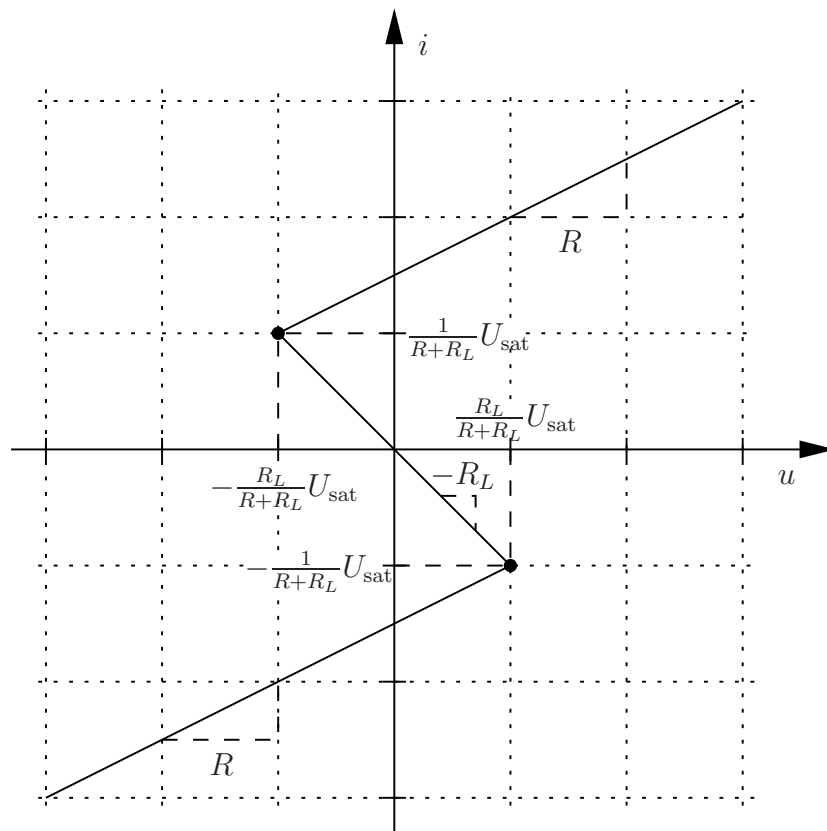


Bild 4. Kennlinie von \mathcal{N} in der u - i Ebene

c) Tragen Sie den dynamischen Pfad für jeden möglichen Startpunkt in Bild 4 ein, kennzeichnen Sie die toten Punkte und geben Sie die Spannungsamplitude u_a der auftretenden Schwingung und die Stromwerte unmittelbar vor und nach dem Sprung in Abhängigkeit von R , R_L und U_{sat} an.



d)* Wodurch lässt sich das Sprungphänomen erklären?

e)* Wie müsste man R verändern, um die Amplitude der Schwingung zu vergrößern (keine Rechnung)?

f)* Wie müsste man R wählen, um die Schwingung komplett zu unterdrücken (keine Rechnung)?

Im Folgenden seien $R_L = 3k\Omega$ und $U_{\text{sat}} = 14V$ gegeben.

g) Wählen Sie R so, dass sich eine Amplitude $u_a = 6V$ ergibt.

h) Berechnen Sie die Periodendauer der Schwingung in Abhängigkeit von C .

Hinweis: $\ln\left(\frac{2}{3}\right) \approx -0.9$



i)* Wie müsste man C ändern, um die Frequenz zu erhöhen?



Für $C = 1.4\mu\text{F}$ ergibt sich $T \approx 10\text{ms}$. Nutzen Sie in der folgenden Teilaufgabe diese Realisierung.



j)* Skizzieren Sie qualitativ den Zeitverlauf der Spannung $u(t)$ und des Stromes $i(t)$ für $t > 0$, wenn $u(t = 0) = u_a$ in Bild 5. Kennzeichnen Sie die Schwingungsperiode und Amplitude. Setzen Sie die Zeichnung so lange fort, bis das Verhalten der Schaltung erkennbar ist.

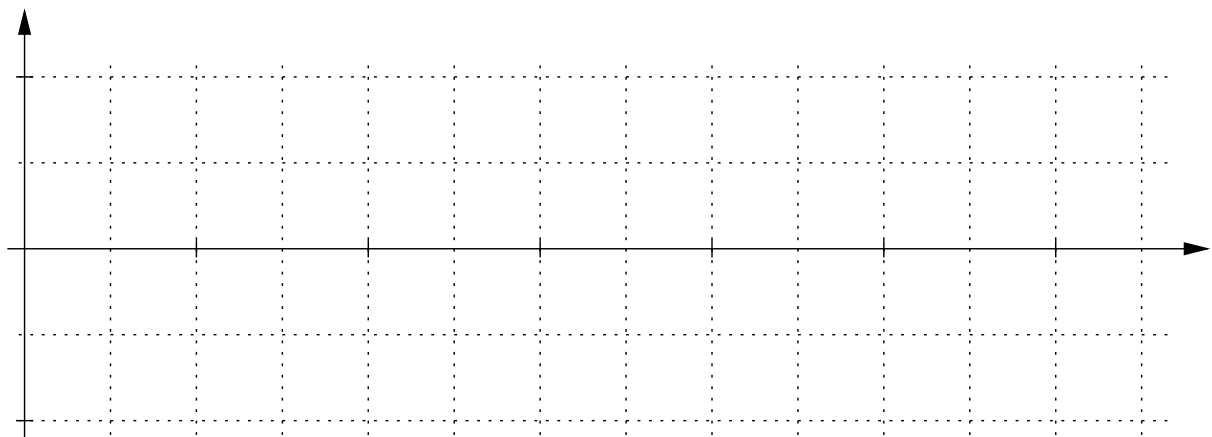


Bild 5. Zeitverlauf der Spannung u und des Stromes i

Aufgabe 1 Berechnung der Impulsantwort einer Schaltung ersten Grades (25 Punkte)

Gegeben sei folgende lineare Schaltung ersten Grades:

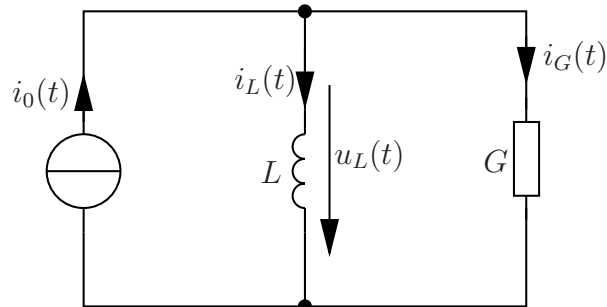


Bild 1. Schaltung ersten Grades mit einer Stromquelle

Sowohl der Leitwert G als auch die Induktivität L seien beide positiv. Die zeitabhängige Stromquelle sei abschnittsweise konstant und liefert den Strom

$$i_0(t) = \begin{cases} \frac{Q_0}{T} & \text{für } 0 \leq t \leq T, \\ 0 & \text{für } t < 0 \text{ oder } t > T > 0. \end{cases} \quad (1)$$

Zum Zeitpunkt $t = 0$ sei keine Energie in der Induktivität gespeichert und es werden nur Zeiten $t \geq 0$ betrachtet.

 a)* Wie lautet die Zustandsgröße?

 b)* Stellen Sie die Differentialgleichung für die Zustandsgröße auf.

Für die Teilaufgaben c) bis e) werden nur Zeiten $0 \leq t \leq T$ betrachtet.

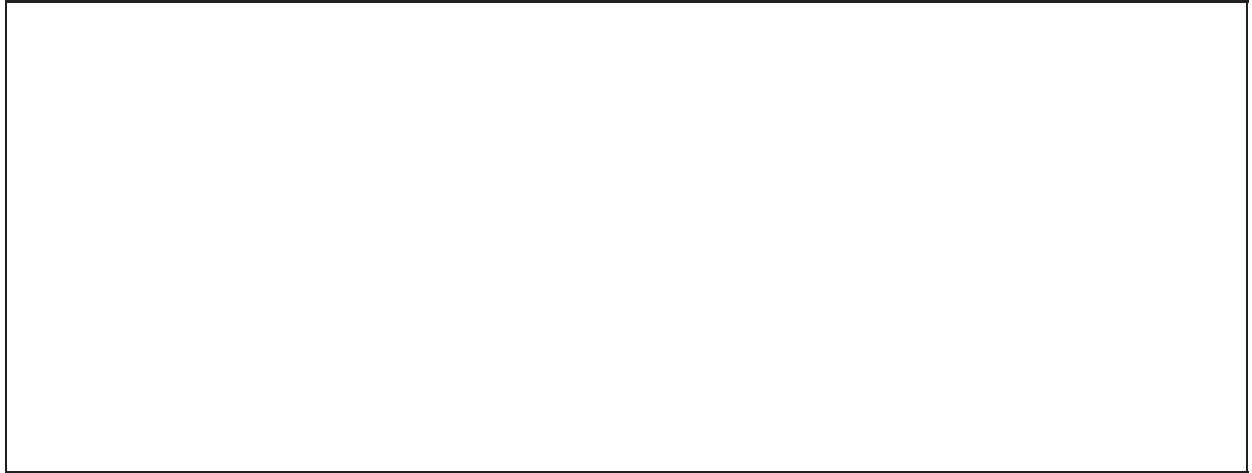
c)* Wie lautet der Zeitverlauf des Induktivitätsstromes $i_L(t)$ in diesem Zeitintervall?

d) Berechnen Sie damit den Zeitverlauf des Stromes $i_G(t)$ durch den Leitwert G .

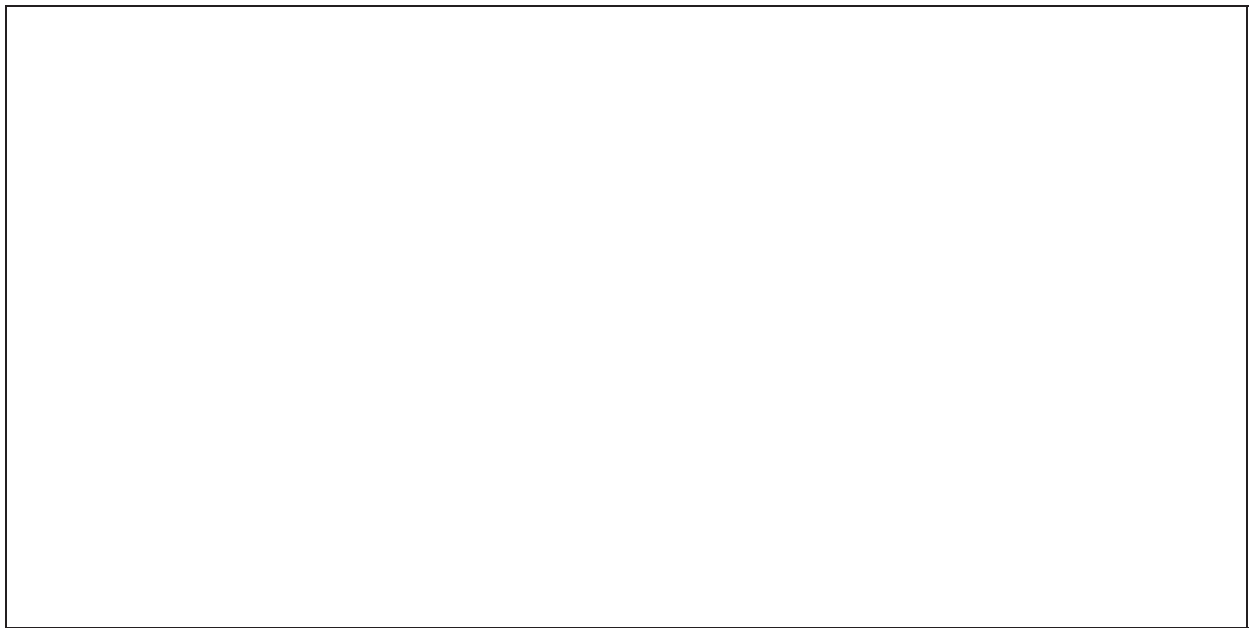
e) Welchen Wert nimmt der Strom $i_L(t)$ zum Zeitpunkt $t = T$ an?

Von nun an gelte $t > T$.

- f)* Zeichnen Sie damit die für Bild 1 gültige Ersatzschaltung.



- g) Berechnen Sie den Zeitverlauf des Stromes $i_L(t)$ für $t > T$.



- h) Bestimmen Sie den Strom $i_G(t)$ für $t > T$.



i) Skizzieren Sie den zeitlichen Verlauf des Stromes $i_G(t)$ für den gesamten Zeitbereich $0 \leq t \leq 5\tau$. Nehmen Sie an, dass $\tau < T < 2\tau$ gilt und markieren Sie relevante Punkte.



Der Strom $i_G(t)$ kann für $t > T$ auf die Form

$$i_G(t) = A(t) \frac{1 - \exp\left(-\frac{t}{\tau}\right)}{T} \quad (2)$$

gebracht werden, wobei $A(t) > 0$ exponentiell mit t abfällt und nicht von T abhängt.

j)* Welchen Zeitverlauf hat $i_G(t)$ für $T \rightarrow 0$?

