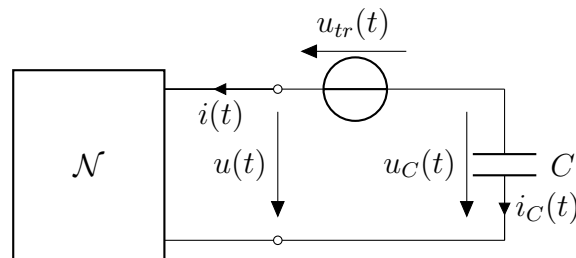


Aufgabe 1 Dynamischer Pfad - Sprungphänomene - Triggerung

Ein Student der TUM aus Studiengang Elektrotechnik möchte ein Flip-Flop entwerfen. Da er aber keine E-Lab-Sicherheitseinweisung gemacht hat, hat er keinen Zugang zu dem Auswahl der Bauteile da. Zu Hause steht ihm neben einer linearen Kapazität $C = 1\text{nF}$ und Induktivität $L = 1\text{mH}$ nur noch ein stückweise lineares, resistives Netzwerk \mathcal{N} mit folgender Widerstandsbeschreibung zur Verfügung:

$$u(t) = r(i(t)) = \begin{cases} 1\Omega \cdot (i(t) - 2\text{A}) & \text{für } i(t) \geq 1\text{A} \\ -1\Omega \cdot i(t) & \text{für } 1\text{A} > i(t) \geq -2\text{A} \\ 1\Omega \cdot (i(t) + 4\text{A}) & \text{für } -2\text{A} > i(t) \end{cases}$$

Da dieser Student in der letzten Schaltungstechnik 2 Vorlesung nicht so gut aufgepasst hat, weiß er nicht, ob dieses Netzwerk mit der Kapazität oder Induktivität beschaltet werden soll. Aus der Vorlesung kennt er nur, dass er eine Triggerung braucht und kauft eine Spannungsquelle. Dann baut er folgende Schaltung auf:



Außerdem weiß er, dass ein Flip-Flop ein digitales Speicherelement mit zwei Zuständen ist, dessen Kennlinie zwei stabile Gleichgewichtspunkte haben soll. Ferner soll zunächst $u_{tr} = 0\text{V}$ betragen.

- Er schafft leider nicht selber ein Flip-Flop zu bauen und braucht Ihre Hilfe. Skizzieren Sie zunächst die Kennlinie von \mathcal{N} in u-i-Ebene.
- Deuten Sie die Richtung aller möglichen dynamischen Pfade in dieser Kennlinie mit Pfeilen an. Kennzeichnen Sie dazu alle GGPs und charakterisieren Sie diese nach Stabilität.
- Gibt es tote Punkte? Wenn ja, zeichnen Sie diese ein.
- Ein Messwert von dem Student besagt, dass $i_C = -3\text{A}$ gilt. Zeichnen Sie dem dynamischen Pfad bis der Stromwert $i_C = 3\text{A}$ erreicht wird. Welche Besonderheit tritt dabei auf?
- Skizzieren Sie qualitativ den Verlauf von $u(t)$.
- Ist diese Schaltung ein Flip-Flop? Wenn nicht, welche Funktion erfüllt Sie?

Da der Student mit obiger Schaltung nicht zu sinnvollen Ergebnissen kommt, ersetzt er die Kapazität mit der Induktivität L (Beachten Sie die umgekehrte Orientierung von L).

g) Skizzieren Sie für diese Schaltung die Kennlinie von \mathcal{N} nochmal und deuten Sie die Richtung aller dynamischen Pfade an. Geben Sie die GGPs an und charakterisieren Sie diese.

h) Ist diese Schaltung ein Flip-Flop? Wenn nicht, welche Funktion erfüllt sie?

Nun möchte der Student wieder mit Ihrer Hilfe durch Triggerung die Flip-Flop-Schaltung von einem Zustand in den anderen übergehen lassen und die Dauer dieses Prozesses bestimmen. Dabei stellt er den Anfangswert der zweiten Schaltung als $i_L(0) = 2A$ durch eine Messung zur Verfügung.

i) Zum Zeitpunkt $t = 0$ wird die Spannungsquelle $u_{tr}(t)$ angeschlossen, die bis zum Zeitpunkt T , wann die Triggerung endet, die konstante Spannung U_0 liefert. Geben Sie $\dot{i}(t)$ in Abhängigkeit von $u(t)$ und U_0 an. Auf welcher Gerade liegen die Gleichgewichtspunkte jetzt?

j) Wie groß muss U_0 mindestens sein, damit der GGP mit $i > 0$ verlassen werden kann? Ab jetzt betrage $u_{tr} = U_0 = 2V$.

k) Zeichnen Sie das geeignete Ersatzschaltbild der verschobenen Kennlinie für $i(t) \geq 1A$. Bestimmen Sie die nötigen Parameter mittels dieses ESBs und geben Sie den Zeitverlauf von $i_L(t)$ formelmäßig an.

l) Bestimmen Sie unter Betrachtung der Intervallgrenzen den Zeitpunkt t_1 an, zu dem der erste lineare Ast verlassen wird.

m) Zeichnen Sie das geeignete ESB der verschobenen Kennlinie für $1A > i(t) \geq -2A$. Geben Sie den Zeitverlauf von $i_L(t)$ an.

n) Der Student sagt, dass die Triggerung solange durchgeführt werden soll, bis $i(t)$ negativ wird (Überlegen Sie sich wieso). Bestimmen Sie T .