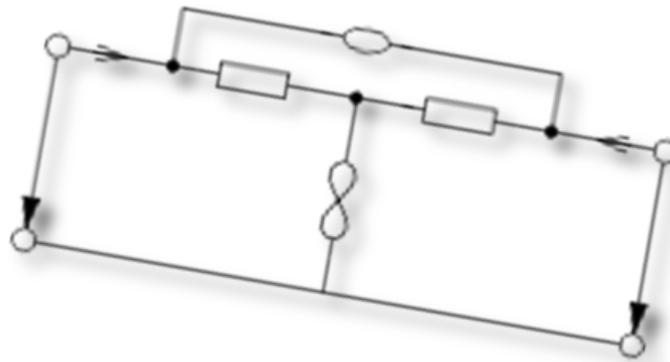


Schaltungstechnik I

Übungsklausur, 18/19.01.2010

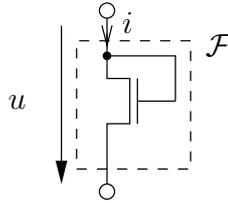


Es gibt 90 Punkte und 90 Minuten Zeit. Also ein Punkt pro Minute. Erlaubte Hilfsmittel sind: Schreibutensilien und 5 Blätter DIN-A4 Formelsammlung Wir wünschen euch alles Gute bei der Probeklausur und natürlich auch für eure richtigen Klausuren. Bei Fragen könnt Ihr uns auch während der Semesterferien gerne per E-Mail erreichen:

- Fabian Steiner, <fabian.steiner@mytum.de>
- Bernd Huber, <berndhuber@mytum.de>

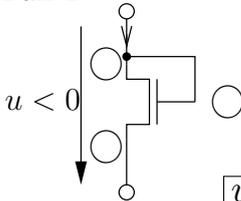
Aufgabe 1 (MOSFET als Eintor – 35Pt)

Gegeben sei ein nichtlinearer Zweipol \mathcal{F} , der sich aus folgender Beschaltung eines n-Kanal MOS-Transistors vom Anreicherungstyp ($U_{th} > 0$) ergibt. Der n-Kanal FET wird durch die gleichen Gleichungen wie unter Aufgabe 3 beschrieben.



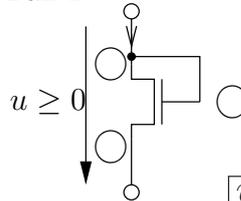
1. Tragen Sie die (g), (s) und (d) - Anschlüsse des Transistors für den Fall $u < 0$ und $u > 0$ ein. Welchen Wert hat jeweils die Gate-Source-Spannung u_{gs} ? (eventuell als Funktion von u !)

Fall 1:



$u_{gs} =$

Fall 2:



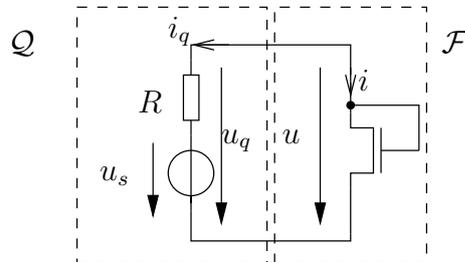
$u_{gs} =$

2. Zeigen Sie nun, dass das Eintor folgende Leitwertbeschreibung aufweist. Unterscheiden Sie dabei die Fälle $u < 0$, $0 < u < U_{th}$ und $u > U_{th}$.

$$i = g(u) = \begin{cases} 0 & u \leq U_{th} \\ \frac{1}{2}\beta(u_{gs} - 1V)^2 & u > U_{th} \end{cases}$$

3. Zeichnen Sie die Kennlinie des Eintors \mathcal{F} für den Fall $\beta = 1mA/V^2$ und $U_{th} = 1V$.

4. Bestimmen Sie allgemein eine Beschreibung für das duale Element zu \mathcal{F} bezüglich der Dualitätskonstante R_d als Funktion von U_{th} , β und R_d .



5. Bestimmen Sie rechnerisch den Arbeitspunkt U_{AP} , I_{AP} der Zusammenschaltung von Quelle und Eintor \mathcal{F} mit der Beschreibung aus obiger Gleichung. Es gelte $U_0 = 5V$, $\Delta u_s(t) = 0$, $R = 1k\Omega$, $\beta = 1mA/V^2$ und $U_{th} = 1V$.

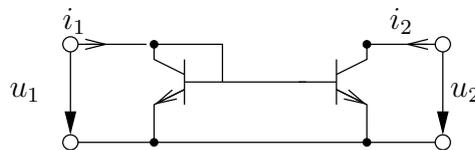
6. Leiten Sie eine linearisierte Beschreibung von \mathcal{F} im Arbeitspunkt mit den Zahlenwerten aus der vorherigen Teilaufgabe her.

7. Nun soll das Kleinsignalverhalten der gesamten Schaltung betrachtet werden, mit $\Delta u(t) \neq 0$. Geben Sie ein Kleinsignal-Ersatzschaltbild (KS-ESB) der gesamten Schaltung an.

8. Berechnen Sie, mit den Zahlenwerte aus den vorangegangenen Teilaufgaben, mittels der Kleinsignalnäherung die Spannung $u(t)$ in Abhängigkeit der Zeit, wenn $u_s(t) = 5V + 0.12V \cos(\omega t)$.

Aufgabe 2 (Stromspiegel) – 10Pt

Gegeben sei das folgende nichtlineare Zweitor:



Durch die äußere Beschaltung des Zweitors sei sichergestellt, daß sich beide Transistoren im Vorwärtsbetrieb befinden und identische Eigenschaften haben.

1. Wie sollte sich ein idealer Stromspiegel verhalten? Durch welche Torgleichungen wird er beschrieben und wie lassen sich diese schaltungstechnisch realisieren?

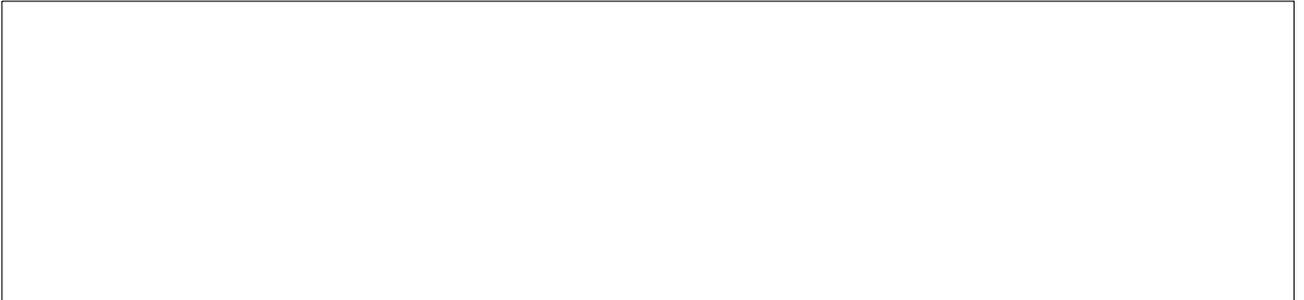
2. Zeichnen Sie das Großsignal-Ersatzschaltbild des npn-Transistors im Vorwärtsbetrieb.

3. Zeichnen Sie das Ersatzschaltbild des Zweitors unter Verwendung des Transistor-Ersatzschaltbildes aus Teilaufgabe 1).



Im folgenden soll die Leitwertsbeschreibung des Zweitors bestimmt werden. **Hinweis:** Verwenden Sie das Ersatzschaltbild aus Teilaufgabe b).

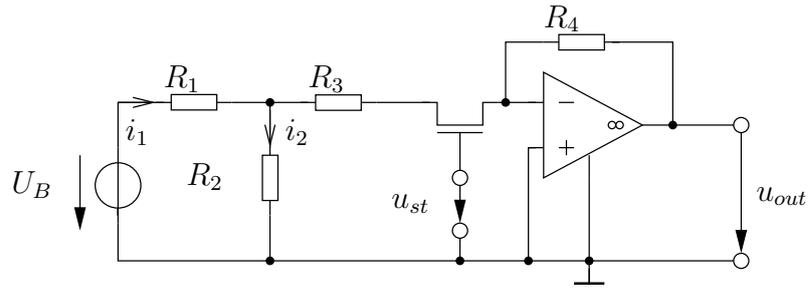
4. Bestimmen Sie i_1 in Abhängigkeit von u_1 .



5. Bestimmen Sie i_2 in Abhängigkeit von u_1 .



Aufgabe 3 (Operationsverstärker mit MOSFET – 45Pt)



Sei U_B , $R_1 = R_2 = R_4 = 2R$ und $R_3 = R$ gegeben. Der Operationsverstärker arbeite im linearen Bereich. Für den FET gelte folgende Leitwertbeschreibung:

$$i_g = 0$$

$$i_d = \begin{cases} 0 & U_{gs} - 1V \leq 0 \\ \beta((u_{gs} - 1V)u_{ds} - \frac{1}{2}u_{ds}^2) & 0 \leq u_{gs} - 1V \leq 0 \\ \frac{1}{2}\beta(u_{gs} - 1V)^2 & 0 \leq u_{gs} - 1V \leq u_{ds} \end{cases}$$

1. Begründen Sie, warum der linke Anschluss des FETs der Drain-Anschluss sein muss.

2. Welche Beziehung besteht zwischen i_1, i_2, i_d ?

3. Geben Sie i_2 in Abhängigkeit von i_d , u_{ds} und R an und berechnen Sie daraus i_1 in Abhängigkeit dieser Größen.

4. Bestimmen Sie die virtuelle Quellengleichung der vorliegenden Schaltung. Finden Sie hierzu einen Ausdruck für u_{ds} in Abhängigkeit von U_B , R , i_d .

Nun sei $\beta = 2 \cdot 10^{-3} \frac{A}{V^2}$, $u_{st} = 2V$, $R = 250\Omega$ und $U_B = 8V$.

5. Geben Sie u_{gs} an und zeichnen Sie die zugehörige $u_{ds} - i_d$ -Kennlinie. Berechnen Sie dazu zumindest keine geeignete Funktionswerte. Kennzeichnen Sie im Diagramm die verschiedenen Arbeitsbereiche. (Wählen Sie als Wertebereich für die u_{ds} -Achse $[0V; 5V]$ und für die i_d -Achse $[0mA; 10mA]$.)

6. Zeichnen Sie die virtuelle Quellenkennlinie in das $u_{ds} - i_d$ -Diagramm ein und markieren den Arbeitspunkt des FET. In welchem Bereich arbeitet der FET?

7. Gib u_{out} in Abhängigkeit von i_d an.

8. Bestimmen Sie i_d am Arbeitspunkt graphisch und berechne daraus u_{out} .

9. Für welche Werte von u_{st} arbeitet der FET im Sperr-, linearen und Sättigungsbereich? Zeichnen Sie die FET Kennlinie für den Grenzfall zwischen lin. Sättigungsbereich in das Diagramm ein.



10. Stellen Sie einen Zusammenhang zwischen u_{out} und u_{st} auf (Fallunterscheidung!) und lösen Sie ihn für Sperr- und Sättigungsbereich nach u_{out} auf. Wie verhält sich u_{out} für große u_{st} ?

