

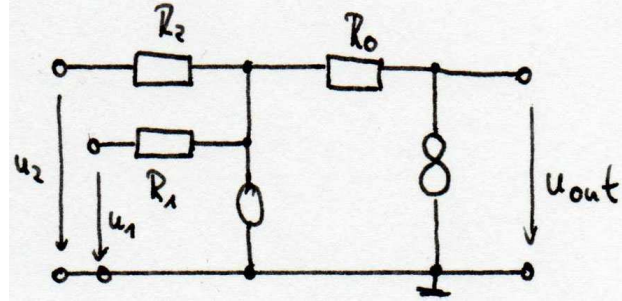
ST1-TUTORÜBUNG – LÖSUNG ZU BLATT 10

1. Addiererverstärker

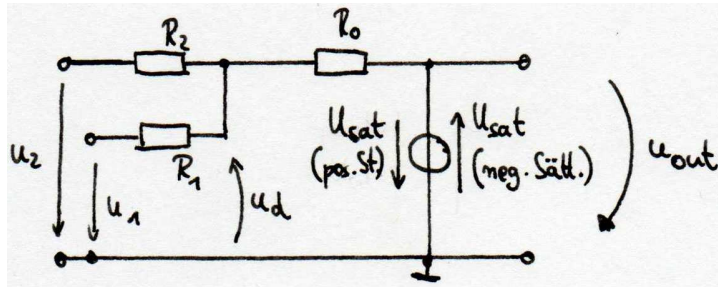
a) $|u_{out}| \leq U_{sat}$

b) $u_{out} = -u_0$
 $u_{out} = -R_0 i_0$

c) $i_0 = i_1 + i_2 = \frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2}$
 $u_{out} = -R_0 \left(\frac{u_1}{R_1} + \frac{u_2}{R_2} \right) = -2,5 a \cdot u_1 - 4 a \cdot u_2$



d) $u_{out} = -5u_1 - 8u_2 = -10,5V$, also $|u_{out}| > U_{sat}$: Operationsverstärker nicht im linearen Bereich. Zur Überprüfung, ob positive oder negative Sättigung zunächst ESB:



Positive Sättigung: Erfüllt sein muss $u_d > 0$.

$$u_d = -u_0 - U_{sat}$$

$$u_d = -R_0 \left(\frac{u_1 + u_d}{R_1} + \frac{u_2 + u_d}{R_2} \right) - U_{sat}$$

$$u_d = -5u_1 - 5u_d - 8u_2 - 8u_d - U_{sat}$$

$$u_d = -\frac{1}{14}(2,5V + 8V + 10V) < 0$$

Widerspruch, also kein positiver Sättigungsbereich.

Negative Sättigung: Erfüllt sein muss $u_d < 0$.

$$u_d = -u_0 + U_{sat}$$

Gleiche Rechnung wie für positiven Sättigungsbereich (bis auf Vorzeichen bei U_{sat}) liefert:

$$u_d = -\frac{1}{14}(2,5V + 8V - 10V) < 0$$

Bedingung also erfüllt, d.h. $u_{out} = -U_{sat}$.

e) $u_{out} = -5u_1 - 8u_2 = -9V$, also $|u_{out}| < U_{sat}$: Operationsverstärker im linearen Bereich.

f) Linearer Bereich: $|u_{out}| \leq U_{sat}$

$$u_{out} = -5u_1$$

$$|-5u_1| \leq U_{sat}$$

$$|u_1| \leq \frac{1}{5}U_{sat} = 2V \text{ mit } u_{out} = -5u_1$$

Positive Sättigung: Wenn $u_d > 0$ erfüllt, gilt

$$u_d = -5u_1 - 5u_d - 8u_d - U_{sat}$$

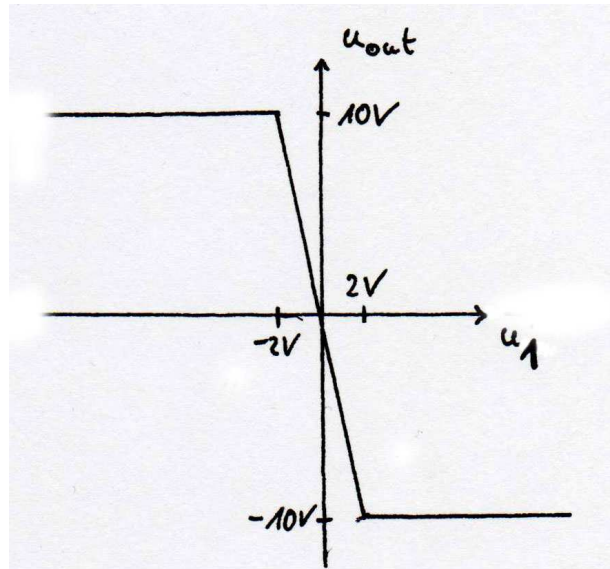
$$u_d = -\frac{1}{14}(5u_1 + U_{sat}) > 0$$

$$u_1 < -\frac{1}{5}U_{sat} = -2V \text{ mit } u_{out} = U_{sat}$$

Negative Sättigung: Wenn $u_d < 0$ erfüllt, gilt

$$u_d = -\frac{1}{14}(5u_1 - U_{sat}) < 0$$

$$u_1 > \frac{1}{5}U_{sat} = 2V \text{ mit } u_{out} = -U_{sat}$$

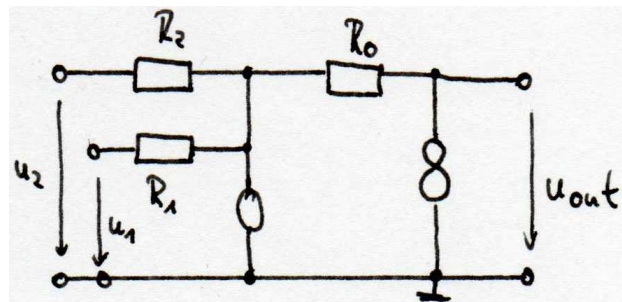


2. Wahr oder falsch?

- a) Wahr. Das Nullor-ESB ist bezüglich der Polung der Tore symmetrisch. (Allerdings lässt sich in der Praxis i.d.R. nur mit einer von beiden Polungen sicherstellen, dass der Op-Amp tatsächlich im linearen Bereich arbeitet.)
- b) Falsch. Das Shichman-Hodges-Modell gilt für Feldeffekttransistoren in jedem Betriebsbereich. Den Begriff Vorwärtsbetrieb gibt es nur bei Bipolartransistoren.
- c) Wahr, ihre Kennlinie liegt nur auf den Achsen der u - i -Ebene (d.h. für alle Punkte der Kennlinie ist die im Bauteil umgesetzte Leistung $P = U \cdot I = 0$).
- d) Falsch.

3. Op-Amp-Schaltung

- a) Genau gleiches ESB.
Deshalb auch genau gleiche Formel:
 $u_{out} = -5u_1 - 8u_2$



- b) $u_{out} = -5u_1 - 8u_2 = -10,5V$
- U_{Sat} wird unterschritten.
Man könnte also vermuten, dass sich der OpAmp in negativer Sättigung befindet.

- c) Positive Sättigung: Erfüllt sein muss $u_d > 0$.

$$u_d = u_0 + U_{sat}$$

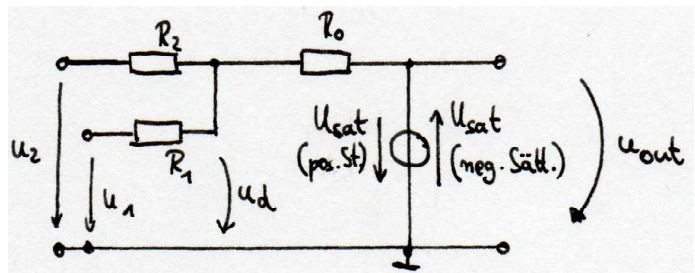
$$u_d = R_0 \left(\frac{u_1 - u_d}{R_1} + \frac{u_2 - u_d}{R_2} \right) + U_{sat}$$

$$u_d = 5u_1 - 5u_d + 8u_2 - 8u_d + U_{sat}$$

$$u_d = \frac{1}{14}(2,5V + 8V + 10V) > 0$$

Bedingung also erfüllt, d.h. $u_{out} = U_{sat}$.

Dies widerspricht der Vermutung aus b).



d) Negative Sättigung: Erfüllt sein muss $u_d < 0$.

$$u_d = u_0 - U_{sat}$$

Gleiche Rechnung wie für positiven Sättigungsbereich (bis auf Vorzeichen bei U_{sat}) liefert:

$$u_d = \frac{1}{14}(2,5\text{ V} + 8\text{ V} - 10\text{ V}) > 0$$

Widerspruch, also keine negative Sättigung.

Dies widerspricht der Vermutung aus b).

e) Linearer Bereich: $|u_{out}| \leq U_{sat}$

$$u_{out} = -5u_1$$

$$|-5u_1| \leq U_{sat}$$

$$|u_1| \leq \frac{1}{5}U_{sat} = 2\text{V} \text{ mit } u_{out} = -5u_1$$

Positive Sättigung: $u_d > 0$

$$u_d = 5u_1 - 5u_d - 8u_d + U_{sat}$$

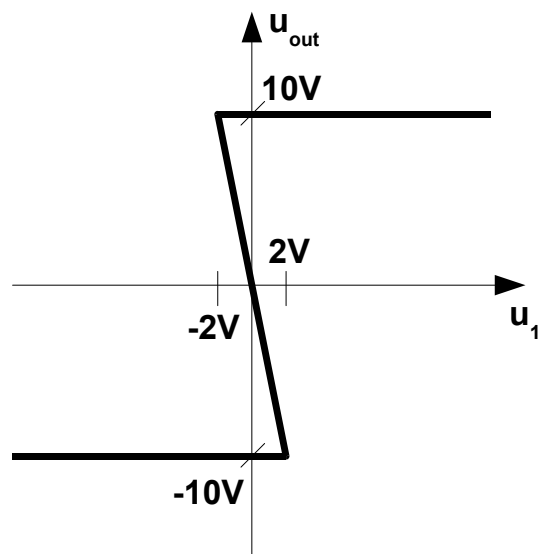
$$u_d = \frac{1}{14}(5u_1 + U_{sat}) > 0$$

$$u_1 > -\frac{1}{5}U_{sat} = -2\text{V} \text{ mit } u_{out} = U_{sat}$$

Negative Sättigung: $u_d < 0$

$$u_d = \frac{1}{14}(5u_1 - U_{sat}) < 0$$

$$u_1 < \frac{1}{5}U_{sat} = 2\text{V} \text{ mit } u_{out} = -U_{sat}$$



4. Wahr oder falsch?

a) Falsch. Dies wurde in Aufgabe 3 gezeigt.

b) Wahr. Vgl. Skript Kapitel 6.3.2, Abschnitt „Nichtlineare Analyse“.

c) Wahr. Vgl. Aufgabe 1.