



Elektronik II

3. Große Übung

G. Kemnitz

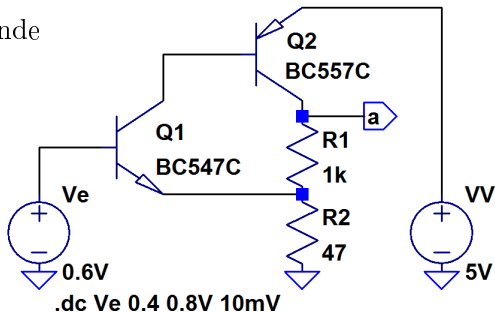
Institut für Informatik, Technische Universität Clausthal
20. Mai 2015



Transistorverstärker, Toleranzen

Aufgabe 2.14: Transistorverstärker

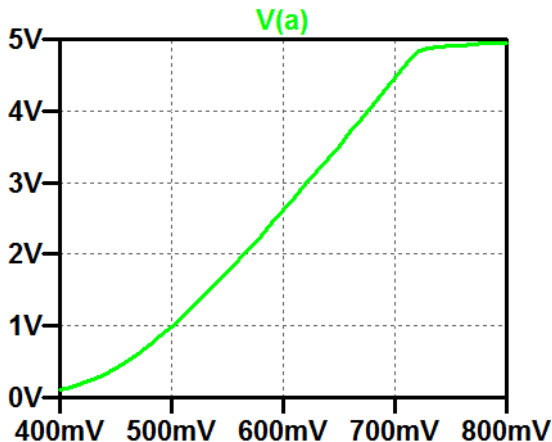
Gegeben ist der nachfolgende Transistorverstärker.



- 1 Bestimmen Sie die Übertragungsfunktion und legen Sie über den Gleichanteil von U_e den Arbeitspunkt in die Mitte des Verstärkerbereichs.
- 2 Bestimmen Sie die Verstärkung, den Eingangswiderstand und den Ausgangswiderstand im gewählten Arbeitspunkt.



1. Transistorverstärker, Toleranzen



Arbeitspunkt: $V_e=600\text{mV}$

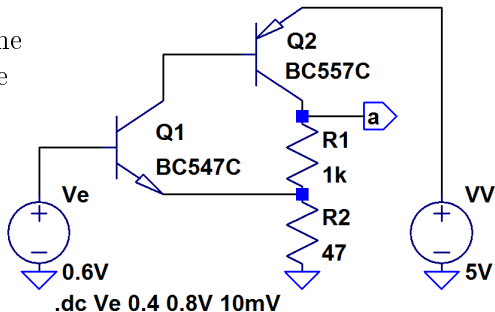
Transfer_function: 17.7395 transfer

ve#Input_impedance: 1.17664e+007 impedance

output_impedance_at_V(a): 192.961 impedance

Aufgabe 2.18

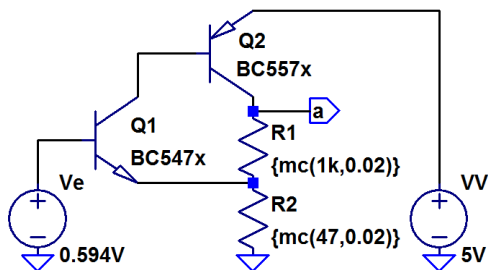
Die Widerstände sollen eine Toleranz von $\pm 2\%$ und die Verstärkungen einen Toleranzbereich von $450 \pm 30\%$ haben.



Bestimmen Sie die Toleranzbereiche

- des Gleichanteils der Ausgangsspannung und
- der Spannungsverstärkung

im Arbeitspunkt, einmal im Bezug auf jeden streuenden Parameter einzeln und einmal für alle streuenden Parameter zusammen.



```

.step param run 1 100 1
.model BC547x ako:BC547C
+ NPN(Bf={mc(458.7, 0.5)})
.model BC557x ako:BC557C
+ PNP(Bf={mc(516.7, 0.5)})
.meas vamin min(V(a))
.meas vamax max(V(a))
.op
    
```

Ergebnisse:

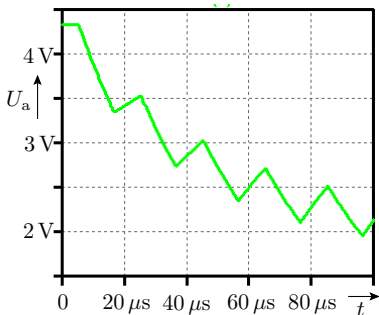
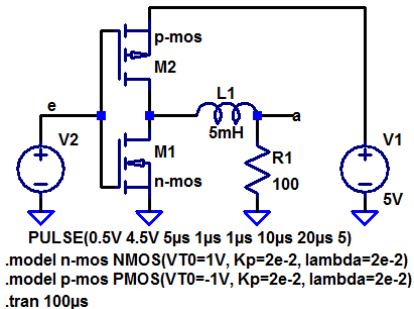
- nur Bf von Q1 $\pm 50\%$: $2,50288 \leq V(a) \leq 2,50289$
- nur Bf von Q2 $\pm 50\%$: $2,19623 \leq V(a) \leq 2,68476$
- nur R1 $\mp 2\%$: $2,45641 \leq V(a) \leq 2,54091$
- nur R2 $\mp 2\%$: $2,45608 \leq V(a) \leq 2,54933$
- zusammen: $2.164 \leq V(a) \leq 2.714$

Bestimmung Verstärkungsbereich analog, nur mit `.tf` und `min(Transfer_function)` ...



Glättungsinduktivität

Beispielsimulation aus der Vorlesung



- Verkürzen Sie die Signalperiode der Quelle auf $0,1 \cdot \tau$.
- Erhöhen Sie die Anzahl der simulierten Perioden auf 40 und die Simulationszeit auf $4 \cdot \tau$.



2. Glättungsinduktivität

- Untersuchen Sie die mittlere Ausgangsspannung, die sich nach $4 \cdot \tau$ in Abhängigkeit von der relativen Pulsbreite

$$\eta = \frac{t_{\text{ein}}}{t_{\text{ein}} + t_{\text{aus}}}$$

einstellt.

- Füllen Sie dazu die nachfolgende Tabelle aus:

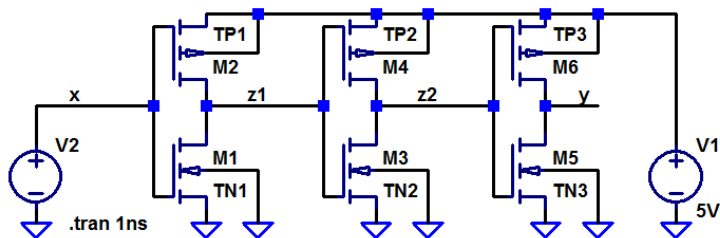
η	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
\bar{U}_a									



CMOS-Inverter



Aus der Vorlesung



```
PULSE(0 5V 50p 50p 50p 350p 800p 2)
```

```
.model myNMOS NMOS(VT0=0.73V Kp=69μ lambda=33m tox=25n CJ=360μ CJSW=250p)
```

```
.model myPMOS PMOS(VT0=-0.75V, Kp=23μ, lambda=55m tox=25n CJ=340μ CJSW=220p)
```

```
.model TN1 ako:myNMOS l=1μ w=1μ ad=1.5p as=1.5p pd=5μ ps=5μ
```

```
.model TP1 ako:myPMOS l=1μ w=2μ ad=3p as=3p pd=7μ ps=7μ
```

```
.model TN2 ako:myNMOS l=1μ w=1μ ad=1.5p as=1.5p pd=5μ ps=5μ
```

```
.model TP2 ako:myPMOS l=1μ w=2μ ad=3p as=3p pd=7μ ps=7μ
```

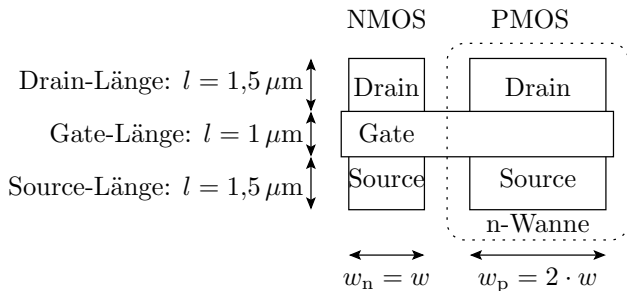
```
.model TN3 ako:myNMOS l=1μ w=2μ ad=3p as=3p pd=7μ ps=7μ
```

```
.model TP3 ako:myPMOS l=1μ w=4μ ad=6p as=6p pd=11μ ps=11μ
```

l/w – Kanallänge / -breite in m; ad / as – Fläche des Drain- / Source-Gebiets in m^2 ; pd / ps – Umfang des Drain- / Source-Gebiets in m.



Aufgabe: Geometrie und Verzögerung



Gesucht: Verzögerung von z_1 nach z_2 für die Transistorbreiten:

	Inverter 1	Inverter 2	Inverter 3
Schaltung 1	$w = 1 \mu\text{m}$	$w = 1 \mu\text{m}$	$w = 1 \mu\text{m}$
Schaltung 2	$w = 1 \mu\text{m}$	$w = 1 \mu\text{m}$	$w = 4 \mu\text{m}$
Schaltung 3	$w = 1 \mu\text{m}$	$w = 2 \mu\text{m}$	$w = 4 \mu\text{m}$



3. CMOS-Inverter

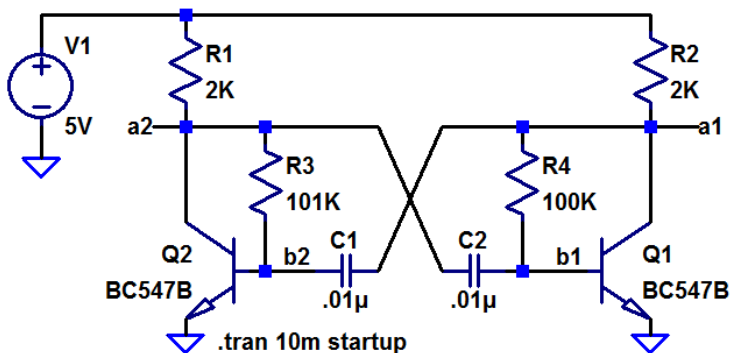
Zusammenstellen der Parameterwerte:

$w = 1$	Kanal- länge (l)	Kanal- breite (w)	Source- Fläche (as)	Source- Umf. (ps)	Drain- Fläche (ad)	Drain- Umf. (pd)
NMOS						
PMOS						
$w = 2$						
NMOS						
PMOS						
$w = 4$						
NMOS						
PMOS						



Astabiler Multivibrator

Astabiler Multivibrator

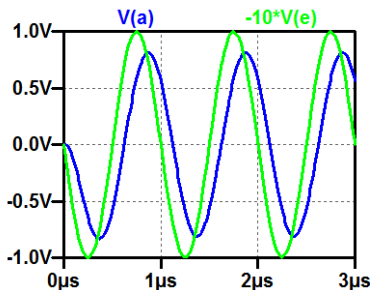
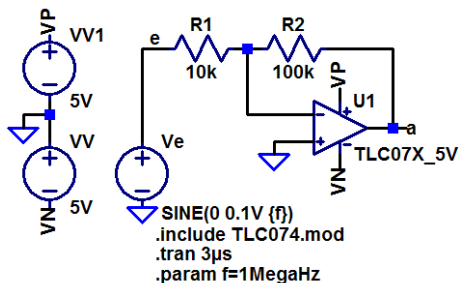


- Simulieren Sie die dargestellte Schaltung.
- Was passiert, wenn Sie $R_3 = R_4 = 100 \text{ k}\Omega$ wählen?
- Ändern Sie die Schaltung so, dass die relative Pulsbreite η bei gleicher Periode am Ausgang 25% beträgt.



Grenzfrequenz Verstärker

Beispielsimulation aus der Vorlesung



- Bestimmen Sie für die Frequenzen 300 kHz, 1 MHz, 3 MHz und 10 MHz durch Simulation die Ausgangsamplitude und die Verzögerung.

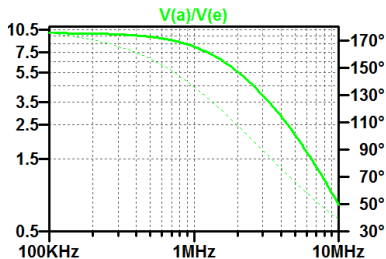
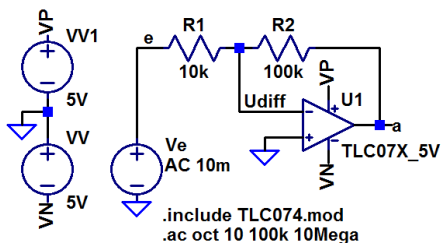


5. Grenzfrequenz Verstärker

- Errechnen Sie aus der Ausgangsamplitude und der Verzögerung die Verstärkung und Phasenverschiebung.

f	300 kHz	1 MHz	3 MHz	10 MHz
Amplitude von u_a				
Verzögerung von u_e nach u_a				
Betrag der Verstärkung				
Phasenverschiebung Verstärkung				

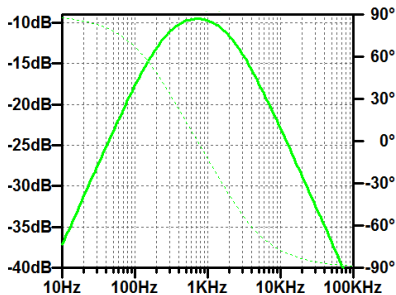
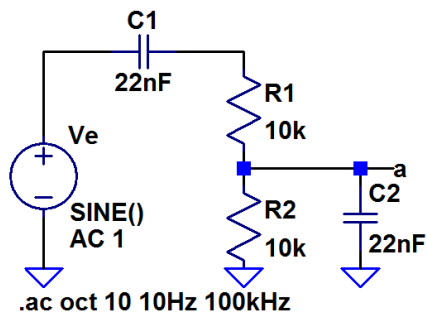
Ergebniskontrolle mit AC-Simulation





Frequenzgang

Beispiel aus der Vorlesung



- Stellen Sie die Gleichung für das Verhältnis aus Ausgangs- und Eingangsspannung als Funktion von $j\omega$ auf.
- Ersetzen Sie $j\omega$ durch die komplexe Variable s .

- Kontrollieren Sie, dass Sie die Funktion der Schaltung auch mit einer spannungsgesteuerten Spannungsquelle mit der Laplace-Transformierten als Übertragungsfunktion simulieren können.

