

# Aufgaben zum Tutorium 3

## "Elektronische Schaltungen"

### SS 2012

## Aufgabe 12

Gegeben ist ein CMOS – Verstärker nach Bild 12.1. Die Spannungsquelle liefert ein sinusförmiges Signal mit  $u_g = 30 \text{ mV}$  Effektivwert. Der Innenwiderstand der Quelle ist  $R_g = 1 \text{ M}\Omega$ . Die Transistoren haben folgende Daten:

$U_{thn} = 2 \text{ V}$ ,  $U_{thp} = -2 \text{ V}$ ,  $\beta_n = \beta_p = 1 \text{ mA / V}^2$ ,  $I_n = I_p = 1 \mu\text{m}$ ,  $w_n = 5 \mu\text{m}$ ,  $\mu_n = 1200 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  
 $\mu_p = 400 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\epsilon_{ox} = 4,6 (4,52)$ ,  $t_{ox} = 20 \text{ nm}(24\text{nm})$ ;  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As / Vm}$ . Die Early-Spannung der beiden Transistoren ist  $|U_A| = 400 \text{ V}$ . Die Werte der Widerstände sind  $R = 10 \text{ M}\Omega$ ,  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ .

Die Versorgungsspannung ist  $U_b = 12 \text{ V}$ .

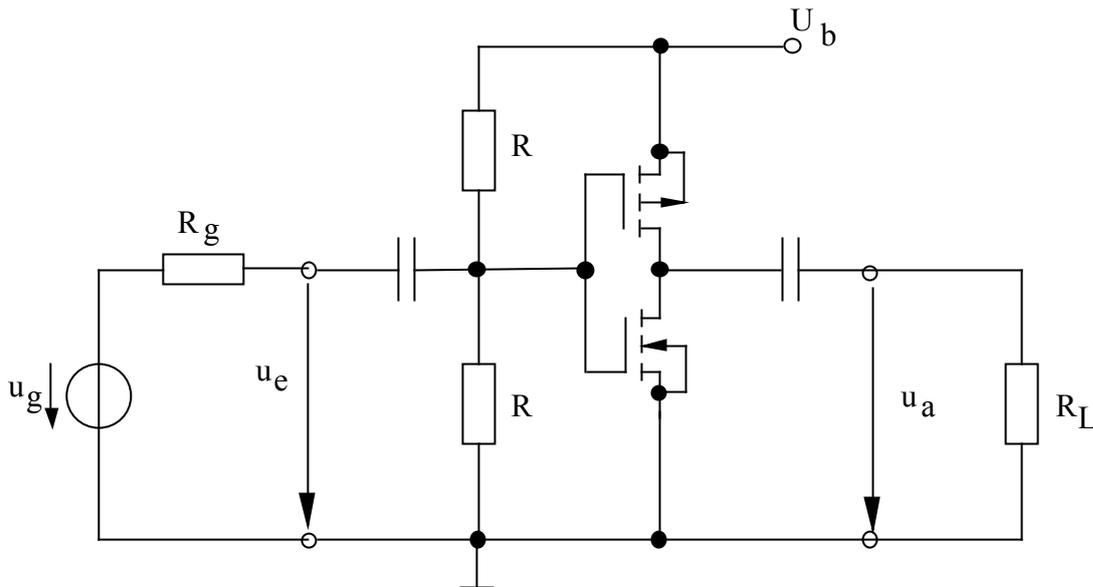


Bild 12.1

- 12.1 Bestimmen Sie für den Arbeitspunkt der Schaltung folgende Größen:  $U_{DS}$ ,  $U_{GS}$ ,  $I_D$
- 12.2 Berechnen Sie den Eingangswiderstand  $r_{ein}$  und die Eingangsspannung  $u_e$  der Schaltung !
- 12.3 Berechnen sie die Steilheit  $S$  und die Spannungsverstärkung  $A$  der Schaltung im Arbeitspunkt !
- 12.4 Berechnen Sie folgenden Kapazitäten:  $C_{GSn}$ ,  $C_{GSp}$  und  $C_{ein}$  der CMOS - Schaltung !
- 12.5 Die Signalfrequenz der Quelle ist  $f = 20 \text{ kHz}$ . Berechnen Sie den kapazitiven Blindeingangswiderstand  $X_C$  der CMOS - Schaltung für diese Frequenz!

### Aufgabe 13

Gegeben sei die Schaltung mit einem n-Kanal Sperrschicht-FET nach Bild 13.1. Der Innenwiderstand  $R_g$  der Spannungsquelle beträgt  $10\text{k}\Omega$ . Der Eingangsstrom des Transistors sei vernachlässigbar klein. Die Kondensatoren können für Wechselstrom als Kurzschluss betrachtet werden.

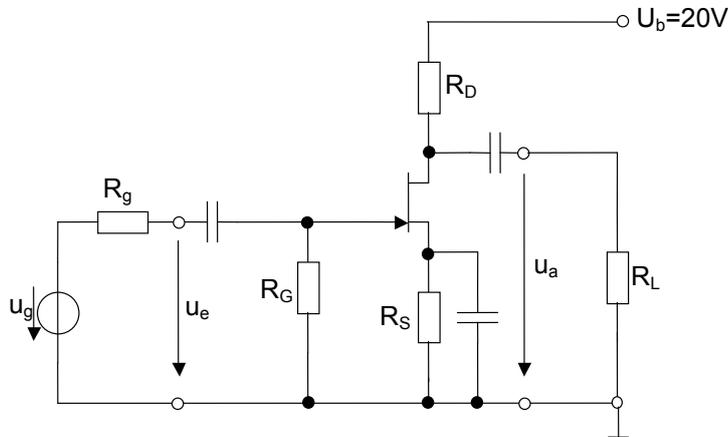


Bild 13.1

Der Transistor hat ein Kennlinienfeld nach Bild 13.2

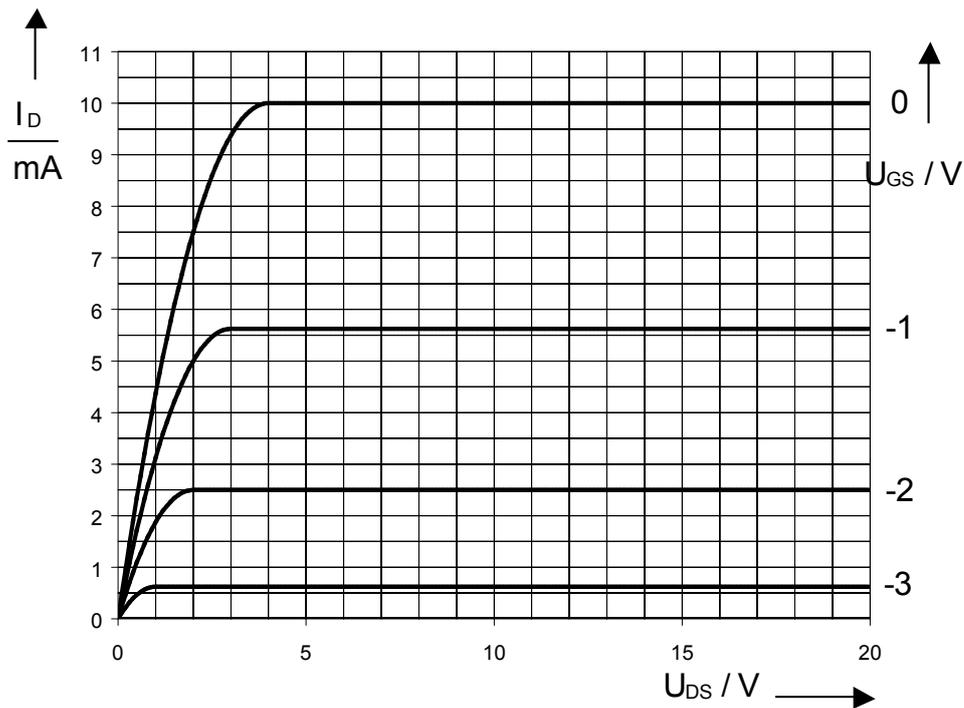


Bild 13.2

- 13.1 In welcher Grundschaltung wird der JFET betrieben?
- 13.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.3 Lesen Sie aus dem Kennlinienfeld den Drainstrom  $I_{D0}$  ab !
- 13.4 Der Transistor soll bei  $U_{GS} = -2\text{V}$  betrieben werden. Berechnen Sie den Wert des dazu erforderlichen Widerstands  $R_S$  ! ( $I_D = 2,5\text{ mA}$ )
- 13.5  $R_D = 3,6\text{ k}\Omega$ . Tragen Sie die Lastgerade in das Kennlinienfeld ein und markieren Sie den Arbeitspunkt! Berechnen Sie die Drain-Source Spannung im Arbeitspunkt!

- 13.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 13.1 !
- 13.7 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der Schaltung wenn  $R_G = 820 \text{ k}\Omega$  ist !
- 13.8 Ermitteln Sie aus dem Kennlinienfeld graphisch die Schwellenspannung  $U_{th}$  des Transistors und tragen Sie die Konstruktion in Bild 13.3 ein !  
(siehe Skript S. 63, bitte zuerst die Achsen beschriften)

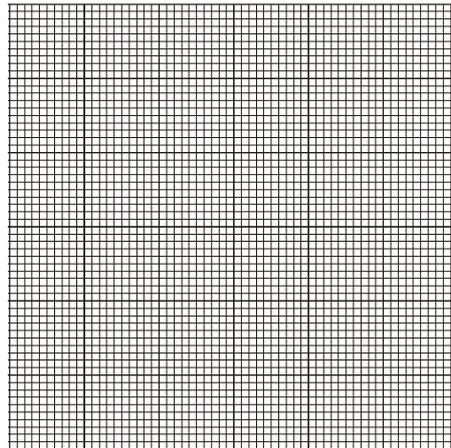


Bild 13.3

- 13.9 Berechnen Sie die Steilheit  $S$  im Arbeitspunkt und die Spannungsverstärkung  $A$  der Schaltung, wenn  $R_L = 10 \text{ M}\Omega$  ist !
- 13.10 Tragen Sie die Lastgerade für den Betrieb mit Wechselspannungen für die angegebenen Widerstandswerte ( $R_D = 3,6 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 10 \text{ M}\Omega$ ) in das Kennlinienfeld ein!

## Aufgabe 14

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung mit einem selbstleitenden n-Kanal MOSFET nach Bild 14.1. Für den Transistor sind folgende Werte im Datenblatt angegeben:  $U_{th} = -1,5 \text{ V}$ ,  $I_{D0} = 5 \text{ mA}$ .

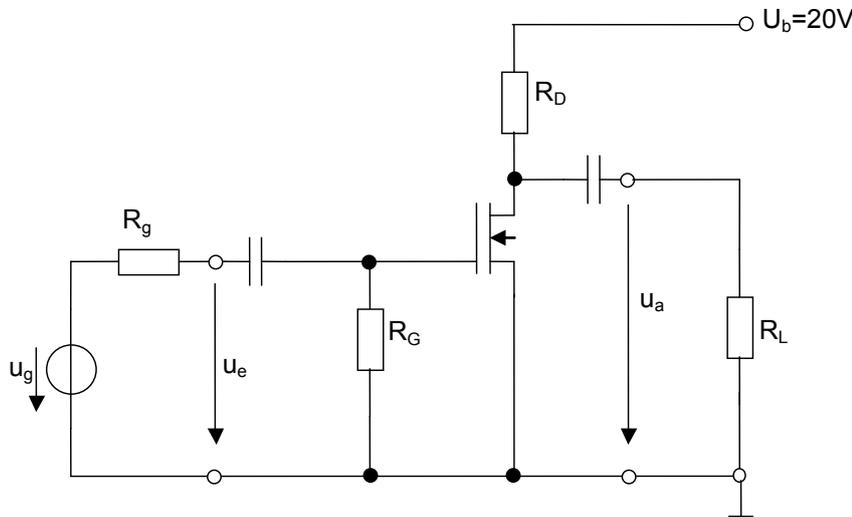


Bild 14.1

- 14.1 In welcher Grundschialtung wird der MOSFET betrieben?
- 14.2 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1 !
- 14.3 Bei einer punktwisen Aufnahme der Kennlinie wird bei einer angelegten Gate-Source-Spannung  $U_{GS} = 2 \text{ V}$  eine Drain-Source-Spannung  $U_{DS} = 2 \text{ V}$  gemessen. In welchem Bereich des Kennlinienfeldes (linear oder Sättigung) befindet sich der gemessene Punkt ? Berechnen Sie den zu diesem Punkt gehörigen Drainstrom  $I_D$  !
- 14.4 Die Schaltung soll bei  $U_{GS} = 0 \text{ V}$  betrieben werden. Welchen Wert muss  $R_D$  annehmen, damit der Arbeitspunkt der Schaltung bei der Hälfte der Versorgungsspannung liegt ?
- 14.5 Berechnen Sie die Steilheit  $S$  im Arbeitspunkt.
- 14.6 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 14.1
- 14.7 Die Signalquelle hat eine Leerlaufspannung  $u_g = \pm 0,1 \text{ V}$  und einen Innenwiderstand  $R_g = 510 \text{ k}\Omega$ . Welchen Wert muss der Widerstand  $R_G$  annehmen, damit die Eingangsspannung  $u_e$  im Bereich  $u_e = \pm 0,05 \text{ V}$  liegt ?
- 14.8 Die Schaltung soll eine Mindestspannungsverstärkung  $A_{min} = 10$  nicht unterschreiten. Welchen Wert darf der Lastwiderstand  $R_L$  minimal annehmen, damit die geforderte Bedingung eingehalten wird !
- 14.9 Die Schaltung in Bild 14.1 soll durch Hinzufügen eines Bauelements so verändert werden, dass der Arbeitspunkt der Schaltung bei  $U_{GS} = -0,5 \text{ V}$  liegt.
  - Wie kann das erreicht werden?
  - Berechnen sie den Drainstrom und die Drain-Source-Spannung für den neuen Arbeitspunkt.
  - Welches Bauelement muss verändert werden, damit der Arbeitspunkt wieder bei  $U_{DS} = 10 \text{ V}$  liegt
  - Berechnen Sie die Verstärkung der so veränderten Schaltung ( $R_L = \text{Wert aus 14.8}$ )

### Aufgabe 15

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 15. Die Stromverstärkung der Transistoren ist  $B = \beta = 100$ . Die Basis-Emitter-Spannung der beiden Transistoren ist  $U_{BE} = 0,7 \text{ V}$ .  
 Werte:  $R_{C1} = 100 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C2} = 12 \text{ k}\Omega$ ,  $R_B = 330 \text{ k}\Omega$ ,  $R_E = 1,8 \text{ k}\Omega$ , und  $U_b = 12 \text{ V}$ .

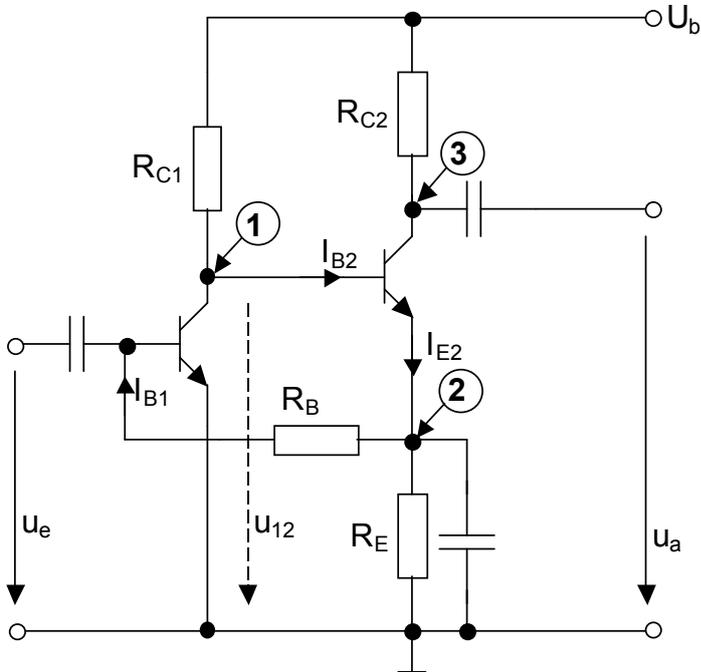


Bild 15

- 15.1 Skizzieren Sie das Großsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.2 Berechnen Sie die Gleichspannungen an den Punkten 1, 2 und 3 !
- 15.3 Skizzieren Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der gesamten Schaltung!
- 15.4 Berechnen Sie den Eingangswiderstand  $r_e$  der Schaltung !
- 15.5 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand  $r_a$  der Schaltung !
- 15.6 Berechnen Sie die Spannungsverstärkung  $A = u_a / u_e$  der Schaltung !

## Aufgabe 16

Gegeben ist eine Verstärkerschaltung nach Bild 16.1.

Die Widerstände haben die Werte:  $R_1 = 15 \text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 3 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C1} = 4,7 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{E1} = 1,0 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{C2} = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $R_{E2} = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $R_L = 10 \text{ k}\Omega$ . Die Kondensatoren können für Wechselspannungen als Kurzschluss betrachtet werden. Der Stromverstärkungsfaktor der beiden Transistoren ist  $B = \beta = 400$ .

(Annahme:  $U_{BE1} = U_{BE2} = 0,7 \text{ V}$ ,  $I_q \gg I_{B1}$ ,  $I_{C1} \approx I_{E1}$ ,  $I_{B2} \ll I_{C1}$ ,  $I_{C2} \approx I_{E2}$ ,  $r_{CE1}, r_{CE2} \rightarrow \infty$ ,  $U_T = 26 \text{ mV}$ )

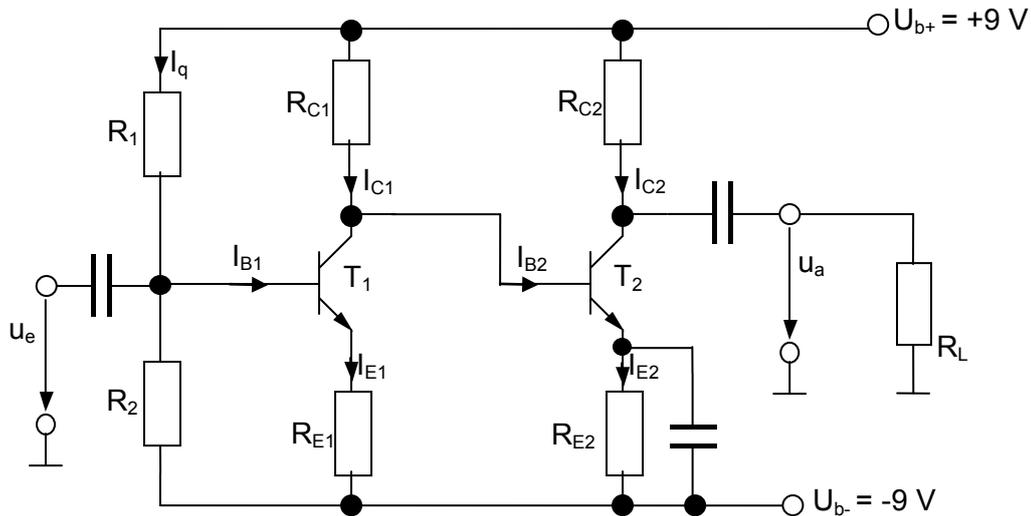


Bild 16.1

- 16.1 In welchen Grundschaltungen werden die Transistoren betrieben?
- 16.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.3 Berechnen Sie den Arbeitspunkt ( $I_{C1}$  und  $U_{CE1}$ ) und die Steilheit  $S_1$  für Transistor 1
- 16.4 Berechnen Sie den Arbeitspunkt ( $I_{C2}$  und  $U_{CE2}$ ) und die Steilheit  $S_2$  für Transistor 2
- 16.5 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild der Schaltung in Bild 16.1
- 16.6 Berechnen Sie den Eingangswiderstand der 2. Verstärkerstufe  $r_{e2}$ .
- 16.7 Berechnen Sie den Ausgangswiderstand 2. Verstärkerstufe  $r_{a2}$ .
- 16.8 Berechnen Sie die Gesamt-Spannungsverstärkung  $A_g$  der Schaltung in Bild 16.1!

## Aufgabe 17

Untersucht werden soll eine Verstärkerschaltung bestehend aus einem JFET und Widerständen. Verwendet werden soll der BF245B (siehe Datenblatt, Bild 17.2).  $R_G=250\text{k}\Omega$ .

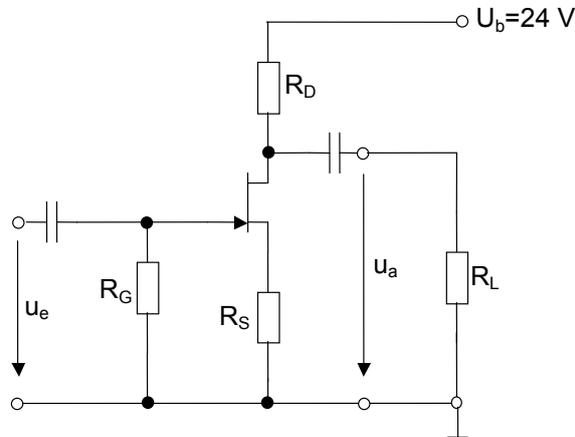


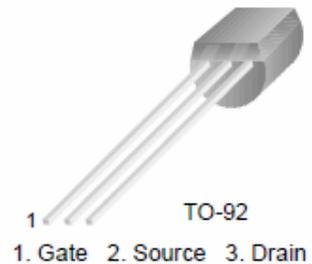
Bild 17.1

- 17.1 In welcher Grundschaltung wird der Verstärker in Bild 17.1 betrieben?
- 17.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild!
- 17.3 Zeichnen Sie das Kleinsignalersatzschaltbild!
- 17.4  $U_b$  beträgt 24V. Berechnen Sie den maximal zulässigen Strom, den das Bauteil laut Datenblatt bei 25°C verträgt bevor es wegen Überhitzung kaputt geht. Vernachlässigen Sie den Spannungsabfall über  $R_D$  und  $R_S$ !
- 17.5 Zwischen Gate und Source liegt bei einem JFET eine Diode. Wird diese in der Schaltung nach Bild 17.1 in Durchlassrichtung oder in Sperrrichtung betrieben?  
Welcher Strom fließt nun laut Datenblatt in das Gate des Transistors?
- 17.6 Wie groß ist der maximale Strom  $I_D$ , den der Transistor laut Datenblatt bei typischer Ansteuerung treiben kann.
- 17.7 Welche Funktion hat  $R_G$ ?
- 17.8 Könnte man diese Schaltung auch als Grundschaltung ohne Stromgegenkopplung betreiben? Begründen Sie!
- 17.9 Wie groß ist  $U_{th}$  laut Datenblatt (max)?
- 17.10 Welche Einheit hat der Steilheitskoeffizient  $\beta$ ?  
Berechnen Sie die Steilheit des Transistors wenn  $U_{GS} = -4\text{V}$  ist und  $U_{th}$  den Wert aus 17.9 hat.

# BF245A/BF245B/BF245C

## N-Channel Amplifiers

- This device is designed for VHF/UHF amplifiers.
- Sourced from process 50.



## Absolute Maximum Ratings $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
$V_{DG}$	Drain-Gate Voltage	30	V
$V_{GS}$	Gate-Source Voltage	-30	V
$I_{GF}$	Forward Gate Current	10	mA
$P_D$	Total Device Dissipation @ $T_A=25^\circ\text{C}$ Derate above $25^\circ\text{C}$	350 2.8	mW mW/ $^\circ\text{C}$
$T_J, T_{STG}$	Operating and Storage Junction Temperature Range	- 55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

## Electrical Characteristics $T_a=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Max.	Units
<b>Off Characteristics</b>					
$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdown Voltage	$V_{DS} = 0, I_G = 1\mu\text{A}$	-30		V
$V_{GS}$	Gate-Source	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 200\mu\text{A}$	-0.4 -1.6 -3.2	-2.2 -3.8 -7.5	V
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cut-off Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 10\text{nA}$	-0.5	-8	V
$I_{GSS}$	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -20\text{V}, V_{DS} = 0$		-5	nA
<b>On Characteristics</b>					
$I_{DSS}$	Zero-Gate Voltage Drain Current	$V_{GS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0$	2 6 12	6.5 15 25	mA
<b>On Characteristics</b>					
$g_{fs}$	Common Source Forward Transconductance	$V_{GS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1\text{KHz}$	3	6.5	mmhos

Bild 17.2

Hertzstr. 16  
D-76187 Karlsruhe

Telefon: +49 608 44961  
Fax: +49 757925  
E-Mail: [info@ims.kit.edu](mailto:info@ims.kit.edu)  
Web: <http://www.ims.kit.edu>

## Lösungen zum Tutorium 3 in Elektronische Schaltungen

Name:.....Vorname:.....Matr.Nr.:.....

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 17