

Aufgaben zum Tutorium 3

"Elektronische Schaltungen"

SS 2013



Geht wählen!
10.-14. Juni 2013

***UStA**

Karlsruher Institut für Technologie

Studierendenparlament und Fachschaften

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), $t_{ox} = 20 \text{ nm}$ (24nm); $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ As/Vm}$. 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 $U_b = 12 \text{ V}$.

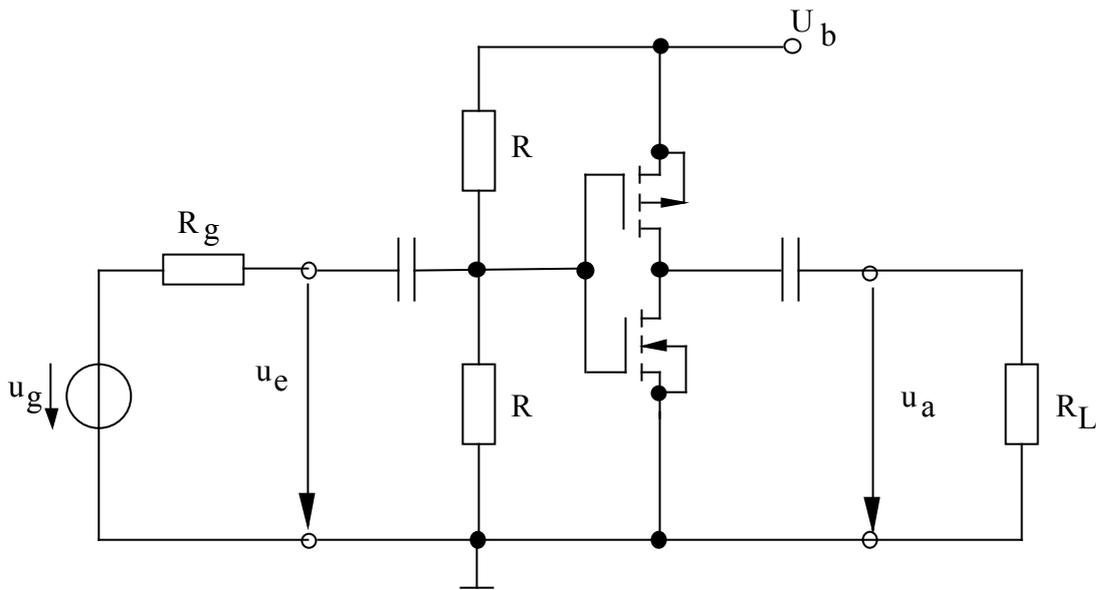


Bild 12.1

- 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.

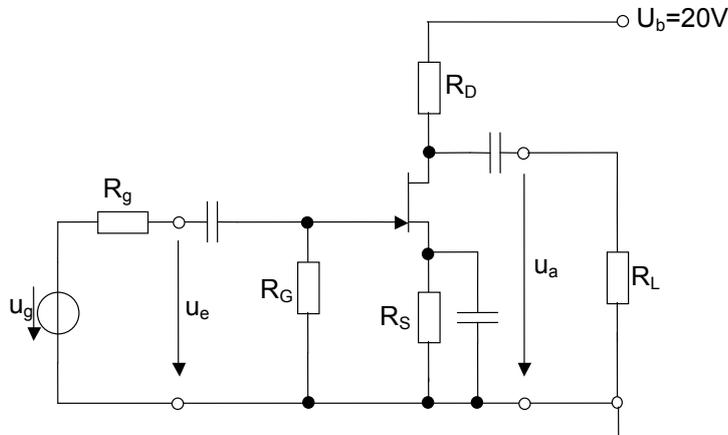


Bild 13.1

Der Transistor hat ein Kennlinienfeld nach Bild 13.2

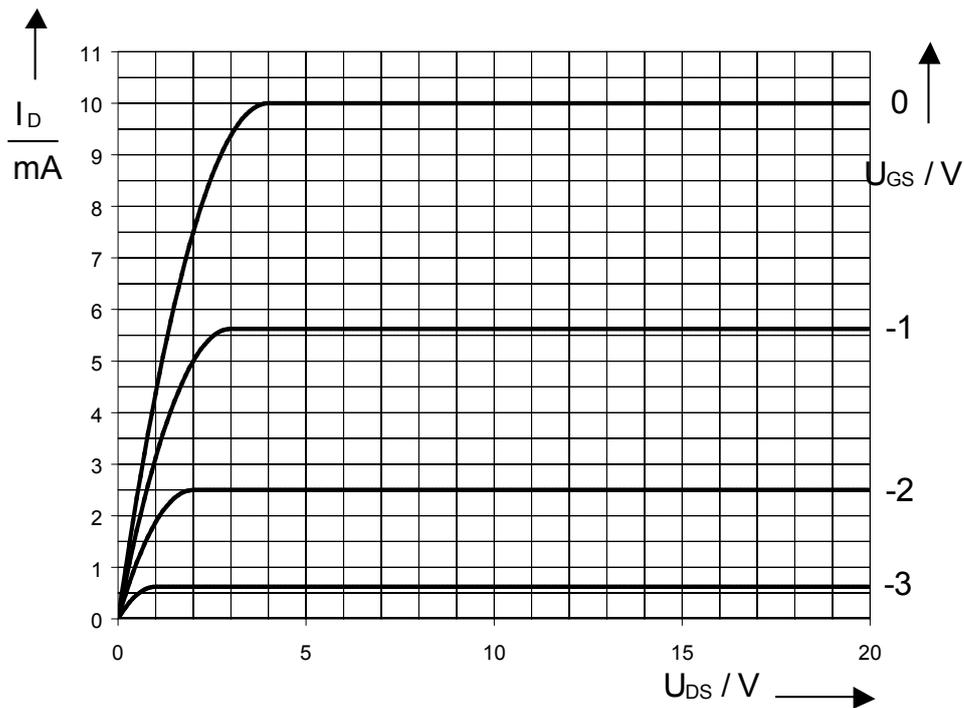


Bild 13.2

- 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 Schwellspannung U_{th} des Transistors und tragen Sie die Konstruktion in Bild 13.3 ein !
(siehe Skript S. 63, bitte zuerst die Achsen beschriften)

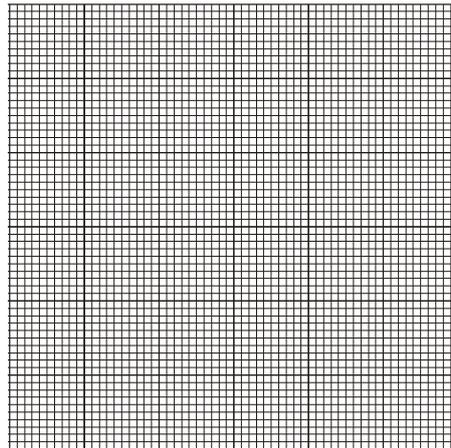


Bild 13.3

- 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: $U_{th} = -1,5 \text{ V}$, $I_{D0} = 5 \text{ mA}$.

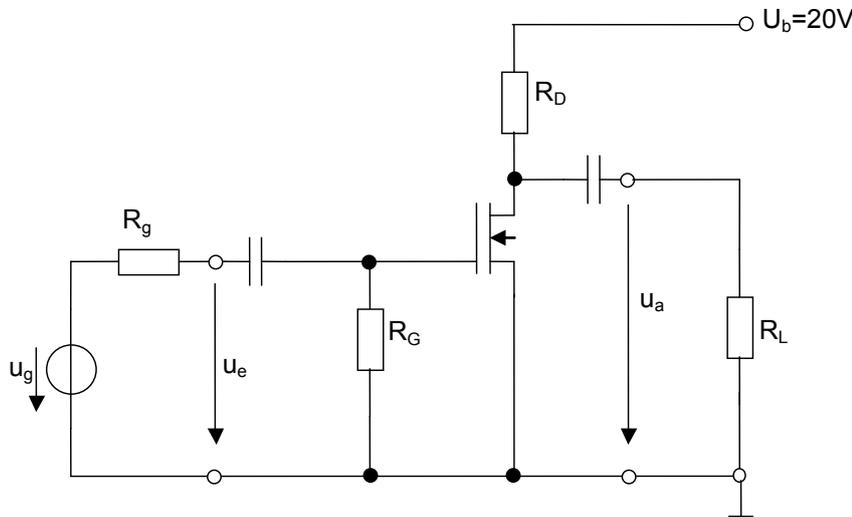


Bild 14.1

- 14.1 In welcher Grundschaltung 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 $U_b = 12 \text{ V}$.

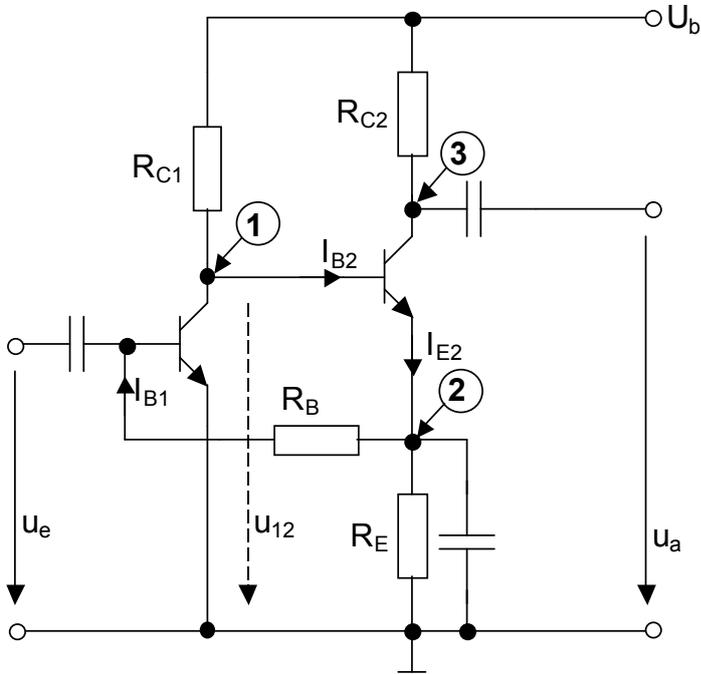


Bild 15

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

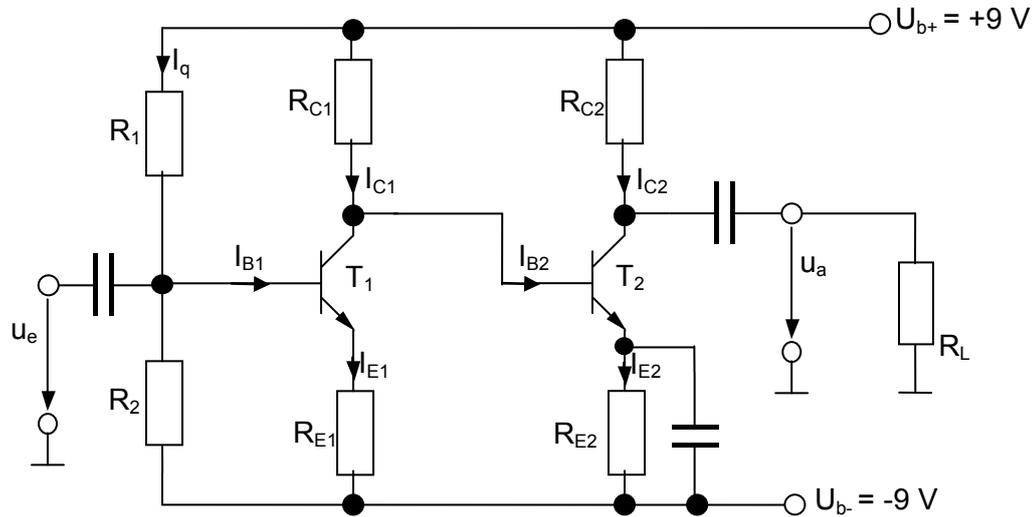


Bild 16.1

- 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.

Verwendet werden soll der 2N3819 (siehe Datenblatt, Bild 17.2). $R_G=200\text{k}\Omega$.

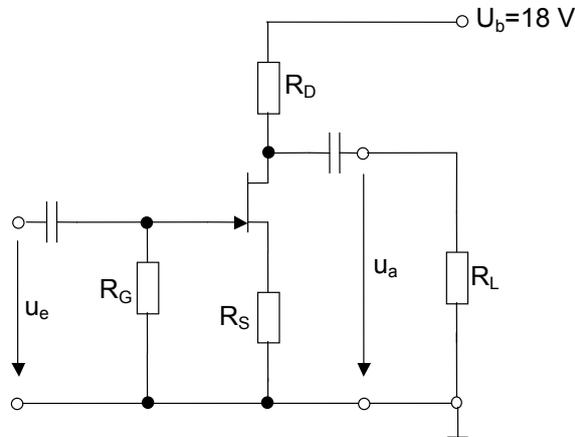


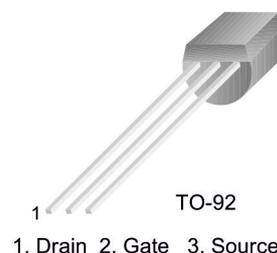
Bild 17.1

- 17.1 In welcher Grundschaltung wird der Verstärker in Bild 17.1 betrieben?
- 17.2 Zeichnen Sie das Großsignalersatzschaltbild!
- 17.3 U_b beträgt 18V. Berechnen Sie den maximal zulässigen Strom, den das Bauteil laut Datenblatt verträgt bevor es wegen Überhitzung kaputt geht. Vernachlässigen Sie den Spannungsabfall über R_D und R_S !
- 17.4 Warum ist bei dieser Schaltung R_S unverzichtbar, um die Funktionstüchtigkeit des JFET zu garantieren?
- 17.5 Zwischen Gate und Source liegt bei einem JFET eine Diode. Wird diese in Durchlassrichtung oder in Sperrichtung betrieben? Welcher Strom fließt somit laut Datenblatt in das Gate des Transistors?
- 17.6 Welche Spannung fällt über dem Widerstand R_G ab? Wie groß wäre das Potential am Gate bei idealer Betrachtung des Transistors?
- 17.7 Wie groß ist I_{D0} laut Datenblatt (max)?
- 17.8 Wie groß ist U_{TH} laut Datenblatt (max)?
- 17.9 Welche Einheit hat der Steilheitskoeffizient β ? Berechnen Sie die Steilheit des Verstärkers wenn $U_{GS} = -6\text{V}$ ist.
- 17.10 Beurteilen Sie aus Ihrer Erfahrung mit Bipolartransistoren: Liegt die Steilheit des JFET höher oder niedriger als gängige Steilheiten eines Bipolartransistors? Welche Aussage kann man daher bezüglich der Verstärkung einer JFET-Source Schaltung, vgl. mit der Verstärkung einer Bipolar-Emitterschaltung machen?

2N3819

N-Channel RF Amplifier

- This device is designed for RF amplifier and mixer applications operating up to 450MHz, and for analog switching requiring low capacitance.
- Sourced from process 50.



Epitaxial Silicon Transistor

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

Symbol	Parameter	Ratings	Units
V_{DG}	Drain-Gate Voltage	25	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	-25	V
I_D	Drain Current	50	mA
I_{GF}	Forward Gate Current	10	mA
T_{STG}	Storage Temperature Range	-55 ~ 150	$^\circ\text{C}$

* This ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.

NOTES:

- 1) These rating are based on a maximum junction temperature of 150 degrees C.
- 2) These are steady limits. The factory should be consulted on applications involving pulsed or low duty cycle operations.

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

Symbol	Parameter	Test Condition	Min.	Typ.	Max.	Units
Off Characteristics						
$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdwon Voltage	$I_G = 1.0\mu\text{A}, V_{DS} = 0$	25			V
I_{GSS}	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -15\text{V}, V_{DS} = 0$			2.0	nA
$V_{GS(off)}$	Gate-Source Cutoff Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 2.0\text{nA}$			- 8.0	V
V_{GS}	Gate-Source Voltage	$V_{DS} = 15\text{V}, I_D = 200\mu\text{A}$	-0.5		-7.5	V
On Characteristics						
I_{DSS}	Zero-Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0$	2.0		20	mA
Small Signal Characteristics						
gfs	Forward Transfer Conductance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$	2000		6500	μmhos
goss	Output Conductance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			50	μmhos
Y_{fs}	Forward Transfer Admittance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$	1600			μmhos
C_{iss}	Input Capacitance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			8.0	pF
C_{rss}	Reverse Transfer Capacitance	$V_{DS} = 15\text{V}, V_{GS} = 0, f = 1.0\text{KHz}$			4.0	pF

Thermal Characteristics $T_A=25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Max.	Units
P_D	Total Device Dissipation Derate above 25°C	350 2.8	mW mW/ $^\circ\text{C}$
$R_{\theta JC}$	Thermal Resistance, Junction to Case	125	$^\circ\text{C/W}$
$R_{\theta JA}$	Thermal Resistance, Junction to Ambient	357	$^\circ\text{C/W}$

* Device mounted on FR-4 PCB $1.5'' \times 1.6'' \times 0.06''$

Bild 17.2

Lösungen zum Tutorium 3 in Elektronische Schaltungen

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

Gruppe:.....

Lösung Aufgabe 17