

## Praktikum Elektronik

### Versuch Feldeffekttransistoren

#### 1 Allgemeine Hinweise

Die Aufgaben zur Versuchsvorbereitung sind vor dem Versuchstermin von jedem Praktikumsteilnehmer als **Hausaufgaben schriftlich** auszuführen. Sie sind Bestandteil des Protokolls und werden in die Bewertung des Versuches einbezogen. Ebenso zur Vorbereitung des Praktikums gehört, sich über **alle Versuchsaufgaben** zu informieren und diese, soweit das möglich ist, theoretisch vorzubereiten. Jede Praktikumsgruppe fertigt ein Protokoll an, welches innerhalb von 2 Wochen abzugeben ist. Die im Versuch erforderlichen Diagramme sind auf Millimeterpapier zu zeichnen oder computergestützt anzufertigen.

Bei der Versuchsdurchführung sind die Messschaltungen mit Hilfe der am Versuchsplatz vorliegenden Versuchsanordnung (siehe Bild 1) aufzubauen. Dazu werden die Bauelemente, die auf Adaptern befestigt sind, in die an der Frontplatte befindlichen Buchsen gesteckt und die Messgeräte, Stromversorgungsgeräte sowie die Zusatzelemente über Schaltschnüre mit der Versuchsanordnung verbunden.

Beachten Sie:

- Auf- und Abbau der Messschaltungen und alle Veränderungen an der Messschaltung dürfen nur im spannungslosen Zustand vorgenommen werden.
- Die Polarität der elektronischen Messgeräte ist unbedingt zu beachten.
- Die Messbereiche der Messgeräte dürfen nicht überschritten werden. Bei unbekanntem Messgrößen ist zunächst der höchste Messbereich einzustellen.
- Nutzen Sie nach Möglichkeit die Strombegrenzungsfunktion der Stromversorgungsgeräte.

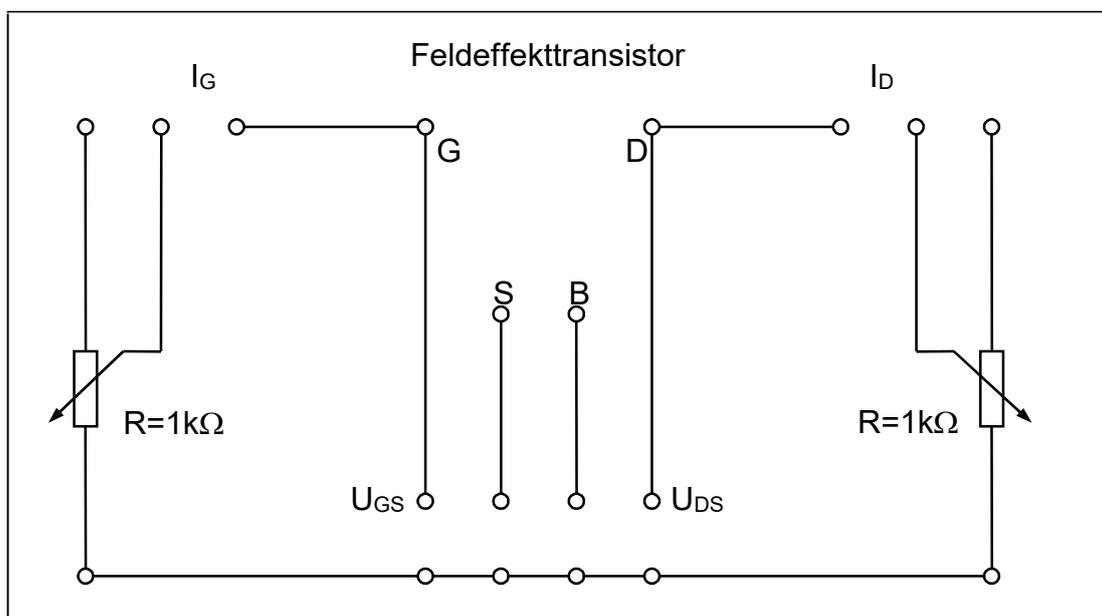


Bild 1 Versuchsanordnung zur Messung der Transistorkennlinien

## 2 Vorbereitungsaufgaben

- 2.1 Geben Sie äußere und innere Möglichkeiten zum Schutz eines FETs vor elektrostatischen Aufladungen an! Warum ist dieser Schutz notwendig?
- 2.2 Zeichnen Sie für p- und n-Kanal-MOSFETs jeweils für Verarmungs- und Anreicherungstyp den prinzipiellen Verlauf von Ausgangs- und Transferkennlinien in Sourceschaltung!

*Empfehlung: Entwerfen Sie für Ihre Unterlagen auf einer Seite eine Übersicht über alle 6 möglichen FET's (jeweils Schaltzeichen, Transfer- und Ausgangs-KL)!*

- 2.3 Erläutern Sie die Wirkungsweise eines n-Kanal-Sperrschicht-FETs!
- 2.4 Zeichnen Sie die vereinfachte Kleinsignalersatzschaltung (dyn. ESB) eines FETs (s. Übung Elektronik).  
Erklären Sie am prinzipiellen Verlauf der Kennlinien eines beliebigen von Ihnen gewählten MOS-FETs die Parameter der Schaltung!  
Kennzeichnen Sie in der Ausgangskennlinie den ohmschen und den Sättigungsbereich.
- 2.5 Bereiten Sie auf dieser Basis die Messdiagramme für die drei im Praktikum zu untersuchenden FET's vor.

*Empfehlung: - jeweils Transfer- und Ausgangskennlinie nebeneinander auf A4 quer*

Kennzeichnen Sie die prinzipiellen Grenzwerte. Konkretisieren Sie diese Werte soweit das aus den Unterlagen hervorgeht.

### 3 Versuchsaufgaben

**Hinweis:**

Ermitteln Sie zu Beginn Ihrer Messungen zum Einrichten Ihrer Diagramme und zur Orientierung immer zunächst den groben Wert der Schwellspannung  $U_{Th}$  ( $I_D \approx 0$ ). Wählen Sie jeweils selbständig eine zweckmäßige Schrittweite für  $U_{GS}$ , sodass sich etwa **5 Kennlinien** ergeben!

#### 3.1 n-Kanal-Sperrschicht-FET

3.1.1 Ermitteln Sie messtechnisch die Kennlinien des vorliegenden n-Kanal-Sperrschicht-Feldeffekttransistors (BF 244, selbstleitend) in Sourceschaltung und tragen Sie die Werte in Diagrammen auf (Messschaltung siehe Bild 2).

a) Ausgangskennlinien  $I_D$  ( $U_{DS}$ ):  $U_{DS} = 0 \dots 10V$ ,  $U_{GS} = U_{Th} \dots 0V$

**Achtung:  $I_D(max)$  bei  $U_{GS} = 0V$**

b) Transferkennlinien  $I_D$  ( $U_{GS}$ ):  $U_{GS} = U_{Th} \dots 0V$ ,  $U_{DS} = 5V, 10V$

c) Messen Sie  $I_G = f(U_{GS})$ . Erklären Sie das Ergebnis!

3.1.2 Bestimmen Sie die Schwellspannung  $U_{Th}$  (Messung bei  $U_{DS} = 10V$ ; als Schwellspannung wird definiert, wenn  $I_D$  auf  $10\mu A$  abgesunken ist) sowie die Steilheit und den Ausgangsleitwert im Arbeitspunkt  $U_{DS} = 10V$ ,  $U_{GS} = -1,5V$  aus den aufgenommenen Kennlinien!

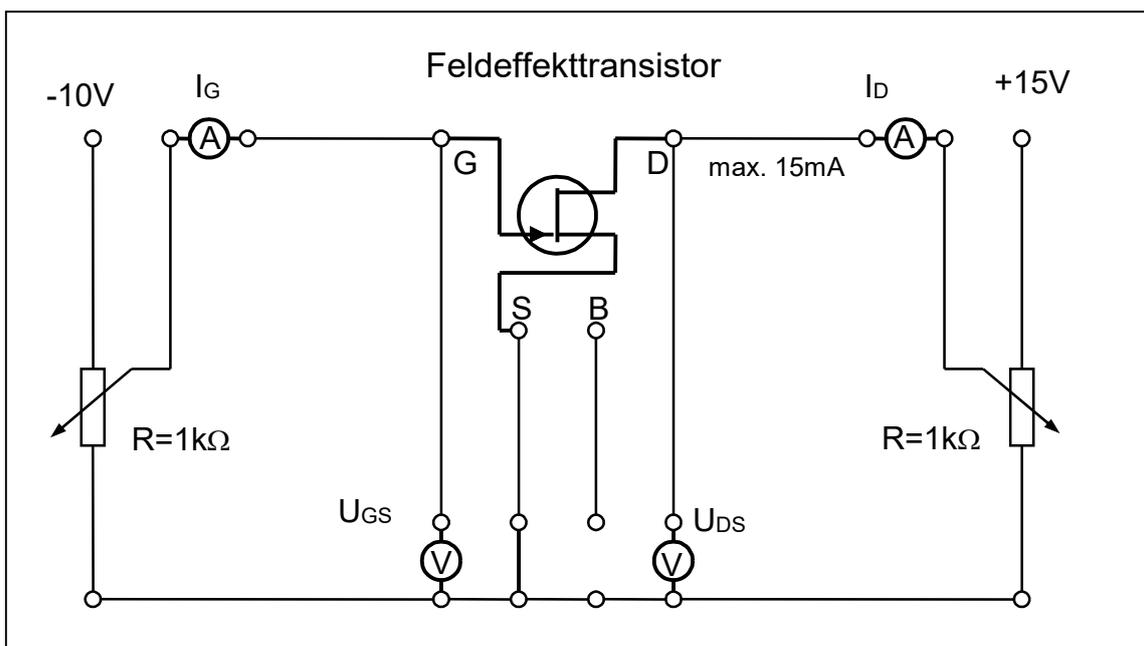


Bild 2 Messschaltung zur Aufnahme der SFET-Kennlinien in Sourceschaltung (n-Kanal)

### 3.2 n-Kanal-MOSFET

3.2.1 Ermitteln Sie messtechnisch die Kennlinien des vorliegenden n-Kanal-MOSFETs (SM 103/4, *selbstleitend, Verarmungstyp*) in Sourceschaltung und tragen Sie die Werte in Diagrammen auf (Messschaltung siehe Bild 3) :

a) Ausgangskennlinien  $I_D(U_{DS})$ :  $U_{DS} = 0 \dots 10V$ ,  $U_{GS} = U_{Th} \dots U_{GSmax}$

b) Transferkennlinien  $I_D(U_{GS})$ :  $U_{GS} = U_{Th} \dots U_{GSmax}$ ,  $U_{DS} = 5V, 10V$

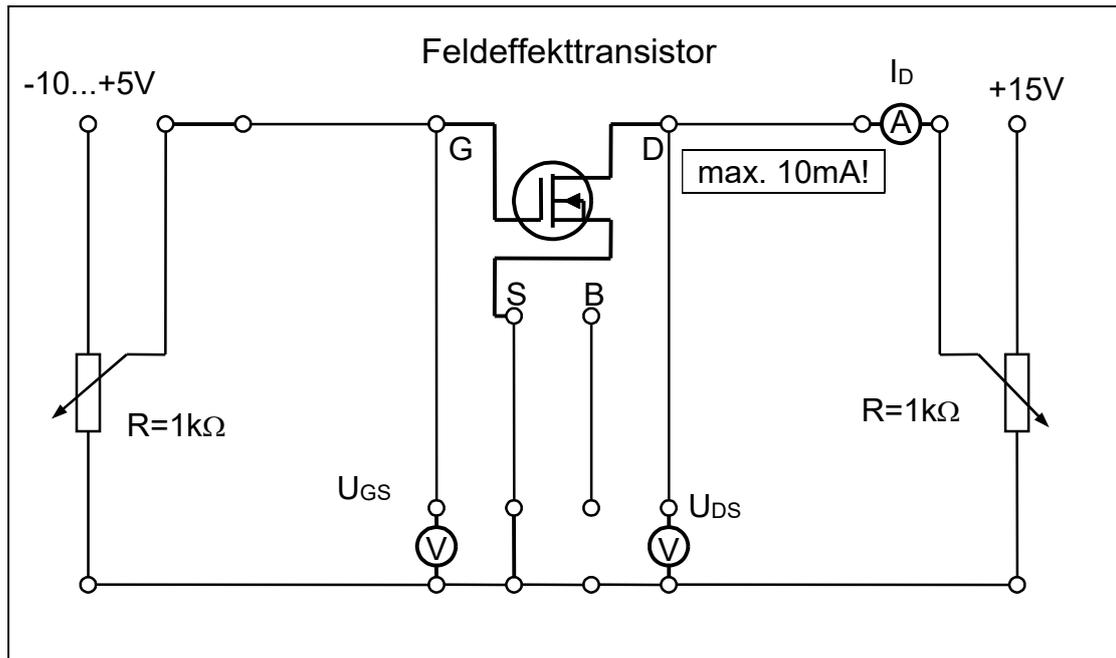


Bild 3  
Messschaltung zur Aufnahme der MOSFET-Kennlinien in Sourceschaltung (n-Kanal)

3.2.2 Bestimmen Sie die Schwellspannung  $U_{Th}$  (für  $I_D \approx 10\mu A$  bei  $U_{DS} = 10V$ ) sowie aus den aufgenommenen Kennlinien für  $U_{DS} = 10V$  die Steilheit und den Ausgangsleitwert jeweils als Funktion von  $U_{GS}$  !

### 3.3 p-Kanal-MOSFET

3.3.1 Ermitteln Sie messtechnisch die Kennlinien des vorliegenden p-Kanal-MOSFETs (*SMY 52, selbstsperrend, Anreicherungstyp*) in Sourceschaltung und tragen Sie die Werte in Diagrammen auf (Messschaltung siehe Bild 4):

a) Ausgangskennlinien  $I_D(U_{DS})$ :  $U_{DS} = 0 \dots -10 \text{ V}$ ,  $U_{GS} = U_{Th} \dots U_{GSmin}$   
Zeichnen Sie die Grenzen des ohmschen Bereiches ein!

b) Transferkennlinien  $I_D(U_{GS})$ :  $U_{GS} = U_{Th} \dots U_{GSmin}$ ,  $U_{DS} = (-0,5; -6; -10) \text{ V}$

3.3.2 Bestimmen Sie die Schwellspannung  $U_{Th}$  (für  $|I_D| \approx 10 \mu\text{A}$  bei  $|U_{DS}| = 10\text{V}$ ) sowie aus den aufgenommenen Kennlinien für  $U_{DS} = -10\text{V}$  die Steilheit und den Ausgangsleitwert jeweils in Abhängigkeit von  $U_{GS}$  !

3.3.3 Bestimmen Sie aus den gemessenen Werten

a) die Kennlinien  $R_{DS}(U_{GS})$ :  $U_{DS} = (-0.5, -6, -10) \text{ V}$ !

b) die Kennlinie  $R_{DS}(U_{DS})$ :  $U_{GS} = U_{GS min}$

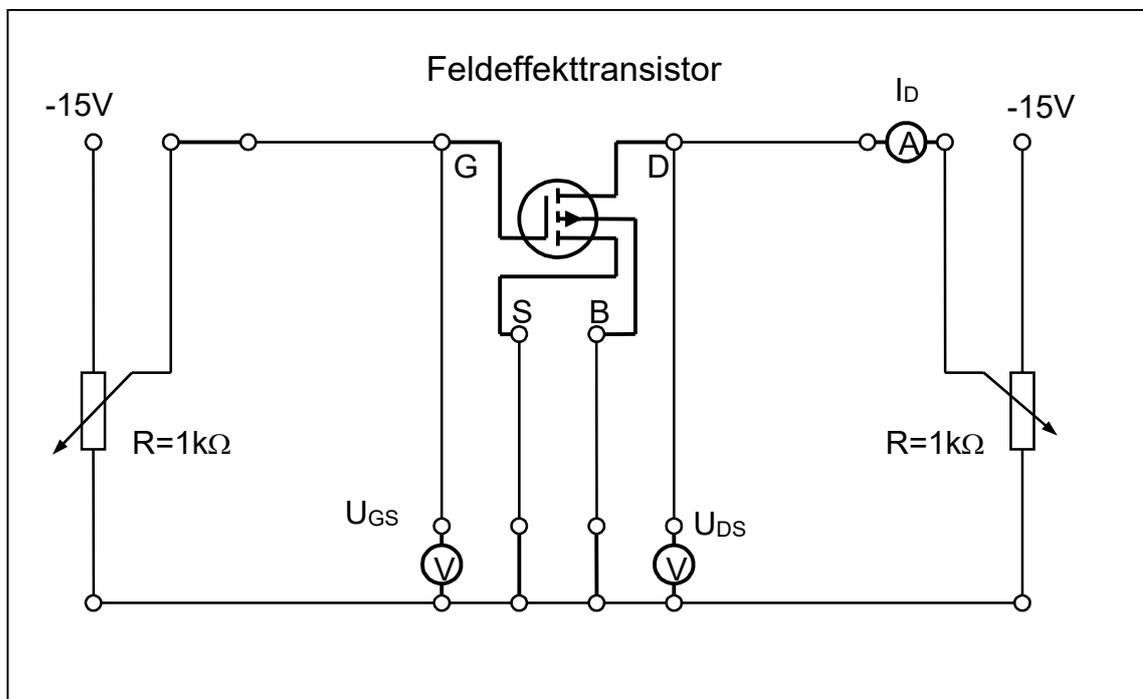


Bild 4  
Messschaltung zur Aufnahme der MOSFET-Kennlinien in Sourceschaltung (p-Kanal)

#### 4 Auszüge aus Datenblättern

##### Silizium - MOS - Feldeffekt-Transistor SM 103/104 (n-Kanal-Verarmungs-Typ, selbstleitend)

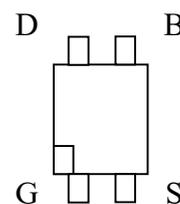
$U_{DS}$	=	20 V
$U_{GS}$	=	-15V ...+5 V
$U_{DG}$	=	30 V
$I_D$	=	10 mA
$P_{tot}$	=	150 mW
$T_{ch}$	=	+ 125 °C
$T_a$	=	0 ... 125 °C



*Hinweis:  
Ansicht bei bedrahteten  
Bauelementen stets  
,Blick von unten'*

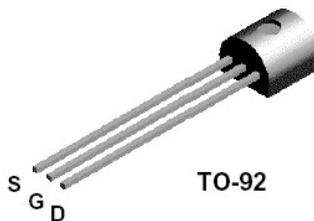
##### Silizium – MOS - Feldeffekt-Transistor SMY 52 (p-Kanal-Anreicherungs-Typ, selbstsperrend)

$U_{DS}$	=	-31 ... +0,3 V
$U_{GS}$	=	-31 ... +0,3 V
$U_{DG}$	=	-31 ... +0,3 V
$U_{SB}$	=	-15 ... +0,3 V
$U_{GB}$	=	-15 ... +0,3 V
$U_{DB}$	=	-15 ... +0,3 V
$I_D$	=	60 mA
$P_{tot}$	=	300 mW
$T_a$	=	-25 ... 85 °C



*Hinweis:  
Ansicht bei DIL-Bauformen  
stets ,Blick von oben'*

**BF244A  
BF244B  
BF244C**



**N-Channel RF Amplifier**

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

**Absolute Maximum Ratings\*** TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Value	Units
V <sub>DG</sub>	Drain-Gate Voltage	30	V
V <sub>GS</sub>	Gate-Source Voltage	- 30	V
I <sub>D</sub>	Drain Current	50	mA
I <sub>GF</sub>	Forward Gate Current	10	mA
T <sub>stg</sub>	Storage Temperature Range	-55 to +150	°C

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

**NOTES:**

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

**Thermal Characteristics** TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Characteristic	Max	Units
		BF244A / BF244B / BF244C	
P <sub>D</sub>	Total Device Dissipation Derate above 25°C	350	mW
		2.8	mW/°C
R <sub>θJC</sub>	Thermal Resistance, Junction to Case	125	°C/W
R <sub>θJA</sub>	Thermal Resistance, Junction to Ambient	357	°C/W

## N-Channel RF Amplifier

(continued)

### Electrical Characteristics

TA = 25°C unless otherwise noted

Symbol	Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Units
--------	-----------	-----------------	-----	-----	-----	-------

#### OFF CHARACTERISTICS

$V_{(BR)GSS}$	Gate-Source Breakdown Voltage	$I_G = 1.0 \mu A, V_{DS} = 0$	30			V
$I_{GSS}$	Gate Reverse Current	$V_{GS} = -20 V, V_{DS} = 0$			5.0	nA
$V_{GSS(off)}$	Gate-Source Cutoff Voltage	$V_{DS} = 15 V, I_D = 10 nA$	-0.5		-8.0	V
$V_{GS}$	Gate-Source Voltage	$V_{DS} = 15 V, I_D = 200 \mu A$	<b>244A</b>	-0.4	-2.2	V
			<b>244B</b>	-1.6	-3.8	V
			<b>244C</b>	-3.2	-7.5	V

#### ON CHARACTERISTICS

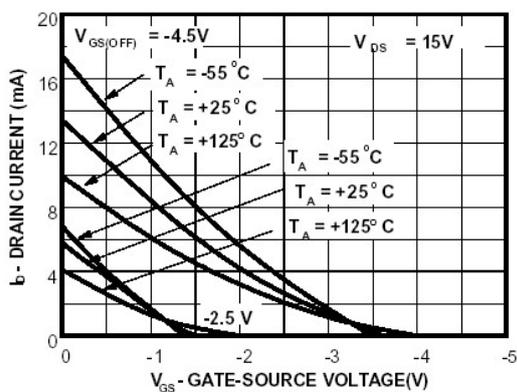
$I_{DSS}$	Zero-Gate Voltage Drain Current	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0$				
			<b>244A</b>	2.0	6.5	mA
			<b>244B</b>	6.0	15	mA
			<b>244C</b>	12	25	mA

#### SMALL SIGNAL CHARACTERISTICS

$y_{fs}$	Forward Transfer Admittance	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0, f = 1.0 kHz$ $V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0, f = 200 MHz$	3.0	5.6	6.5	mmhos mmhos
$y_{os}$	Output Admittance	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0, f = 1.0 kHz$		40		$\mu mhos$
$y_{rs}$	Reverse Transfer Admittance	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0, f = 200 MHz$		1.0		$\mu mhos$
$C_{iss}$	Input Capacitance	$V_{DS} = 20 V, V_{GS} = -1.0 V$		3.0		pF
$C_{rss}$	Reverse Transfer Capacitance	$V_{DS} = 20 V, V_{GS} = -1.0 V,$ $f = 1.0 MHz$		0.7		pF
$C_{oss}$	Output Capacitance	$V_{DS} = 20 V, V_{GS} = -1.0 V,$ $f = 1.0 MHz$		0.9		pF
NF	Noise Figure	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0, R_G = 1.0 k\Omega,$ $f = 100 MHz$		1.5		dB
$F(Y_{fs})$	Cut-Off Frequency	$V_{DS} = 15 V, V_{GS} = 0$		700		MHz

### Typical Characteristics

**Transfer Characteristics**



**Channel Resistance vs Temperature**

