

SKT – Laborbericht

Laborversuch Nr 3:

FELDEFFEKTTRANSISTOREN

Gruppe : A1
Protokollführer : Timo Klecker
Versuchszeitpunkt : 26.05.2003 (11.00 Uhr bis 15.00 Uhr)

Benutzte Geräte :

PHILIPS	Netzteil PE 1535	U_{DS} (bis 40 V) (Aufgabe 1.1)
HAMEG	Dreifachnetzteil	U_{GS} und $+U_B, -U_B$ (Aufgabe 2)
HAMEG	Funktionsgenerator $R_G = 50\Omega$	Meßsignal, 1KHz
LEADER	Millivoltmeter ($R_i = 10M\Omega$)	Wechselspannungsmessung
SIEMENS	Multizet A1001	Gleichstrommessung
FLUKE	Multimeter 77 ($R_i > 1M\Omega$)	Spannungen, Widerstände
SIEMENS	x-y-Schreiber	Kennlinien

Vorbereitung für die Versuche :

Um einer Überlastung der FETs vorzubeugen wurde die Verlustleistungshyperbel in die Datenblätter eingezeichnet.

Die Daten für die Verlustleistungshyperbel bekommt man aus der einfachen Formel:

$$I_{DSS} = \frac{P_{tot}}{U_{DS}}$$

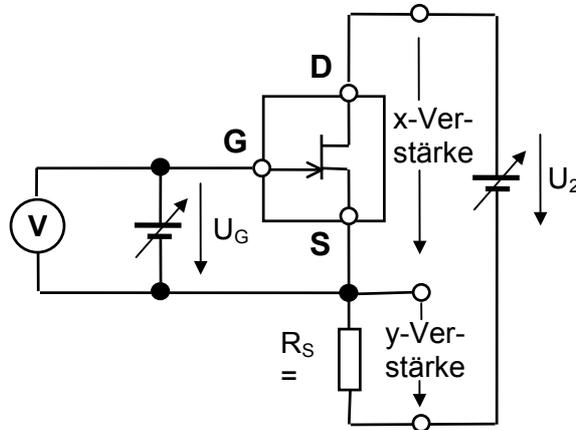
Die Hyperbelpunkte wurden für $0V \leq U_{DS} \leq 25V$ und $P_{tot} = 200mA$ berechnet und in die vorgefertigten Datenblätter eingezeichnet, die für die Aufnahme der Kennlinienfelder der Schaltungen bestimmt waren.

Anhang :

Seite 1 :	Ausgangskennlinienfeld Schaltung 1.1
Seite 2 :	Ausgangskennlinienfeld Schaltung 1.2
Seite 3 :	Steuerungskennlinienfeld Schaltung 1.3
Seite 4 :	Ausgangskennlinienfeld Schaltung 2
Seite 5 - 8 :	Laboraufgabenzettel

Schaltung 1 : J-FET 2N3819

1.1 Ausgangskennlinienfeld J-FET 2N3819 :



Der Widerstand in der Schaltung wird benötigt um einen Spannungsabfall zu erzeugen, der proportional zu I_{DS} ist, da der X-Y-Schreiber ist nur in der Lage ist Spannungen aufzunehmen.

Bei der Schaltung 1 sind zwei verschiedene Messungen durchzuführen. Zunächst wurden die Ausgangskennlinien für alle Parameter ($U_{GS} = \{0V, -0.5V, -1V, -2V, -3V, -4V\}$) aufgenommen. Dieses passierte durch langsames erhöhen von U_{DS} . Danach wurde in der Schaltung der Drain und der Source Ausgang des FET vertauscht und die Messung wurde erneut vorgenommen. Daraus ergaben sich 2 Kennlinienfelder für den FET. Beim ersten Kennlinienfeld wurde die berechnete Verlustleistungshyperbel durch zu schnelles erhöhen von U_{DS} zweimal durchbrochen, der FET hat dabei glücklicherweise keinen Schaden genommen.

Die Aufgenommenen Kennlinienfelder sind im Anhang auf den Seiten (Anhang # 1 und Anhang # 2) zu finden.

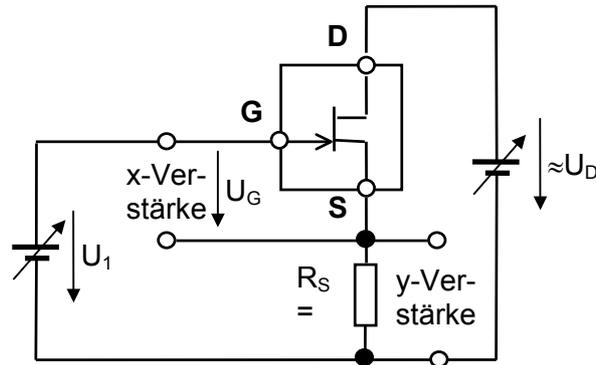
Ermittlung der dynamischen Ausgangswiderstände

Für $U_{DS} = 0V$ und $U_{DS} = 10V$ lassen sich die dynamischen Ausgangswiderstände durch anlegen von Tangenten an die Kennlinien im Ausgangskennlinienfeld ermitteln. Die Berechnung lässt sich durch die Formel

$$r_{DS} = \frac{\Delta U_{ds}}{\Delta I_{DS}} \quad \text{Beschreiben.}$$

U_{GS}	$\Delta U_{DS} [V]$	$U_{DS} = 0V$		$\Delta U_{DS} [V]$	$U_{DS} = 10V$	
		$\Delta I_{DS} [mA]$	$r_{DS} [\Omega]$		$\Delta I_{DS} [mA]$	$r_{DS} [k \Omega]$
0	0,5	4	125	20,5	0,5	41
-0,5	0,5	3	167	23,5	0,5	47
-1	0,5	2,5	200	28	0,5	56
-2	0,5	1,5	333	17,5	0,25	70
-3 und -4	0,5	0,75	667	5	0,025	200

1.3 Steuerkennlinienfeld J-FET 2N3819 :



Mit dieser Schaltung haben wir die Steuerkennlinie des J-FET aufgenommen, und die Steilheit berechnet.

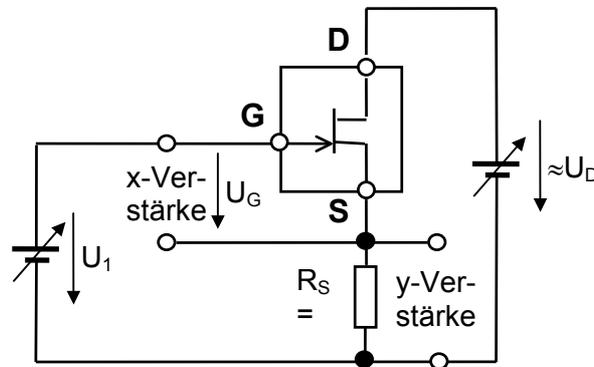
Die Steilheit gibt an, um wie viel mA sich der Drainstrom ändert, wenn die Steuerspannung (U_{GS}) um 1V geändert wird. Aus der Steuerkennlinie des J-FET für $U_{DS} = 5V(\text{const.})$ ergeben sich laut folgender Formel:

$$S = \frac{\Delta I_{DS}}{\Delta U_{GS}}$$

I_D [mA]	ΔU_{DS} [V]	ΔI_{DS} [mA]	S [mS]
1	3	7	2,33
2	2,5	8	3,20
3	2,75	9	3,27
4	2,25	9,5	4,22
8	1,25	6,5	5,20
9,2	0,5	2,8	5,60

Schaltung 2 : MOSFET BSS110

Messanordnung :



Wie bei Versuch 1 haben wir die Verlustleistungshyperbel vorhab in das Koordinatensystem gezeichnet, die wir mit der Formel

$$I_{DSS} = \frac{P_{tot}}{U_{DS}}$$

bestimmt haben.

Der J-FET 2N3819 aus Schaltung 1 wurde durch den MOSFET BSS110 ersetzt.

Wir haben dann die Ausgangskennlinien des MOS-FET mit dem Kennliniensreiber aufgenommen.

Bei dem Versuch wurde U_{DS} nun langsam stetig erhöht, während der X-Y-Schreiber den Strom I_D über den Widerstand R_S (da der X-Y-Schreiber nur in der Lage ist Spannungen aufzunehmen), und die Spannung U_{DS} erfasste und darstellte.

Hierbei war ebenfalls ein durchstoßen der Verlustleistungshyperbel zu vermeiden.

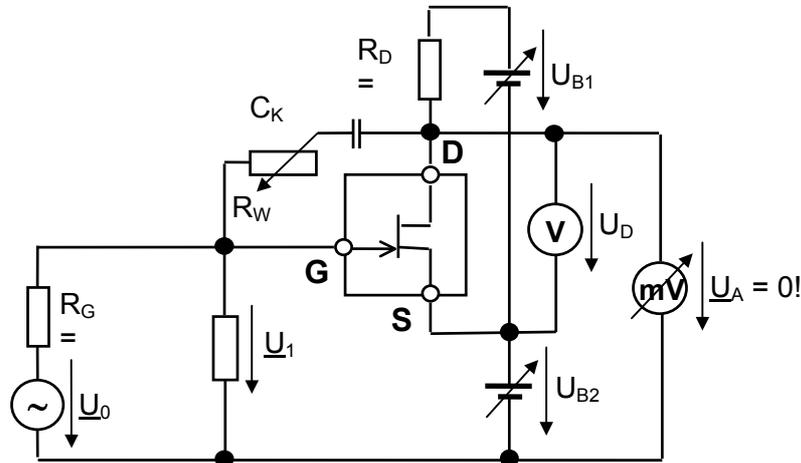
Das aufgenommene Kennlinienfeld ist im Anhang zu finden.

Das Ausgangskennlinienfeld zeigt Ähnlichkeiten zu den in Versuch1 aufgenommenen Kennlinienfeldern. Zwei Unterschiede sind hier aber sichtbar:

- es handelt sich hier um einen p-Kanal FET, d.h. die Steuerspannungen U_{GS} und der Strom I_D laufen entgegengesetzt den n-Kanal FET.
- Die Kennlinien zeigen auch deutlich, das der MOS-FET deutlich höhere Ströme I_D ab kann als der J-FET.

Schaltung 3 : KLEINSIGNALPARAMETER DES J-FET

Messanordnung :



Die Steilheit S ist in Abhängigkeit von dem Drainstrom I_D zu messen.

Die Schaltung wurde aufgebaut. Bei der Messung war zu beachten, dass U_{DS} konstant auf 5V zu halten war. Dieses ließ sich über U_{B2} nachregeln. Mit dem Wendepotentiometer wurde der Widerstand R_W so eingestellt, dass U_A gegen Null ging. Der Widerstandswert wurde notiert um daraus die Steilheit zu ermitteln:

$$S = \frac{1}{R_W}$$

I_D [mA]	R_W [Ω]	S [mS]
1	400	2,50
2	310	3,23
3	260	3,85
4	240	4,17
8	180	5,56
9,2	168	5,95

Aufgaben :

Für die Meßschaltungen zu Aufgabe 3 ist die aufgestellte Behauptung $s = \frac{1}{R_w}$ zu beweisen (Benutzung des Wechselspannungersatzschaltbildes für FET und Meßschaltung).

Die Formel $S = 1/R_w$ ergibt sich aus dem Ersatzschaltbild der FET.

Der von der Konstantstromquelle (in Abhängigkeit von $U_{gs} * S$) erzeugte Strom an D wird ($U_{ds}=0!$ --> $I_{rds} = I_{rd} = 0$) über R_w in die Eingangsquelle zurückgeführt.

Die Eingangsquelle hebt diesen Strom auf, man nennt dieses Gegenkopplung.

Im Fall maximaler Gegenkopplung gilt ($U_1=U_{gs}$), daraus folgt:

$$U_{gs} * S = \frac{U_1}{R_w} \Rightarrow U_1 * S = \frac{U_1}{R_w} \text{ (falls } U_1 = U_{gs} \text{)} \Leftrightarrow S = \frac{1}{R_w}$$

Warum ist ein exakter Null-Abgleich nicht möglich?

Nur gegenphasige Signale heben sich auf. Um den Strom $U_{DS} = 0$ zu bekommen, müssen also genau gegenphasige Signale ankommen. Dieses kann bei dieser Schaltung allerdings nicht vorkommen, da der Arbeitspunkt dann nicht mehr eingehalten werden kann.

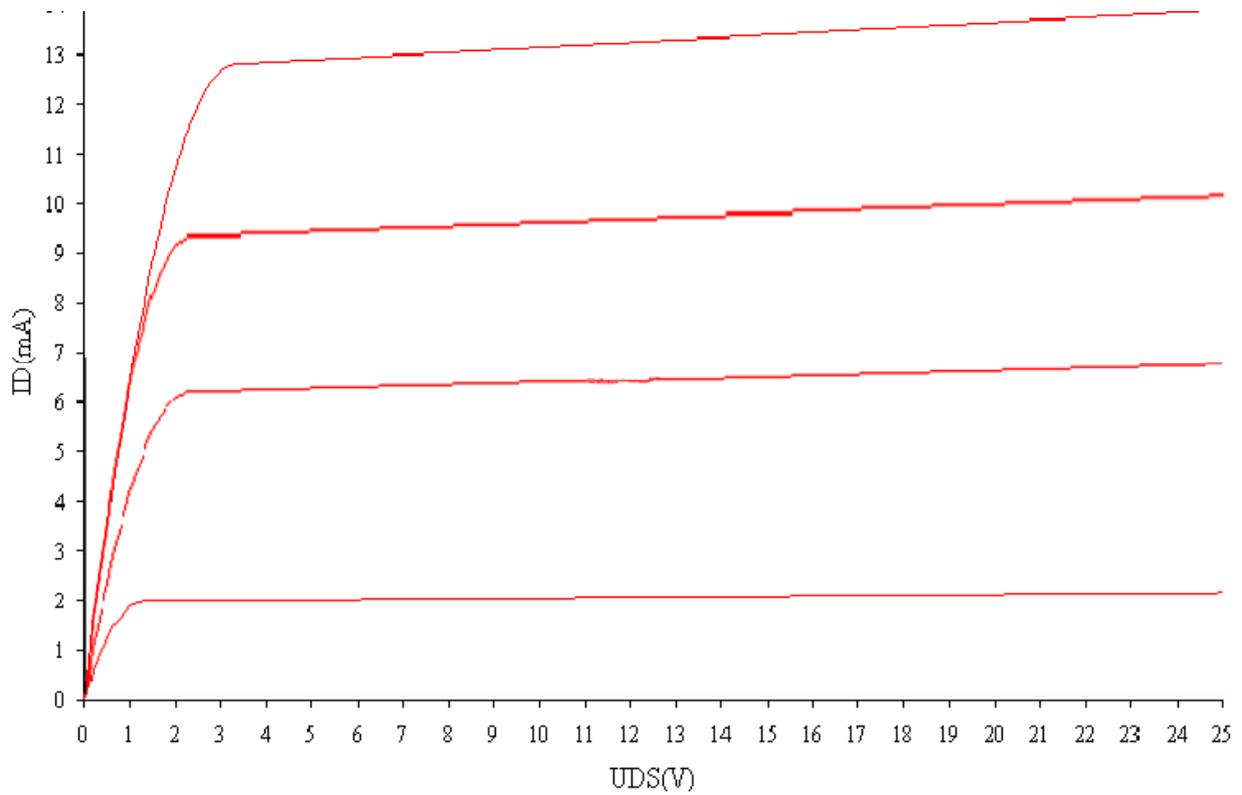
Die so ermittelten s-Werte sind den entsprechenden Meßwerten gemäß Pkt. 3 gegenüberzustellen.

I_D [mA]	S (Widerstand) [mS]	S (Steuer K-linie) [mS]
1	2,50	2,33
2	3,23	3,20
3	3,85	3,27
4	4,17	4,22
8	5,56	5,20
9,2	5,95	5,60

Die S-Werte, die aus den beiden verschiedenen Messmethoden hervorgehen weisen eine recht gute Übereinstimmung auf. Die Fehler, die aufgetreten sind, weisen auf eine zu geringe Auflösung der Steuerkennlinie hin.

Um bessere Übereinstimmung zu erlangen, müsste man die Steuerkennlinie nochmals aufnehmen. Dabei sollte dann auf eine grössere Skalierung der Achsen geachtet werden.

Simulierte Kennlinien :



Steuerkennlinie:

$U_{DS} = 10V$

