## Elektronik 2

FS 24 Guido Keel (Michael Lehmann)

Autoren:

Authors

Version: 1.0.20240228

https://github.com/P4ntomime/elektronik-2



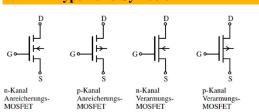
## Inhaltsverzeichnis

1

Feldeffekt-Transistoren		2	1.3 MOS-FETs	
1.1	FET-Typen und Symbole	2	1.4 Verstärkerschaltungen mit FETs	
1.2	Sperrschicht-FET / Junction FET (JFET)	2	1.5 MOS-FET als Schalter	1

## 1 Feldeffekt-Transistoren

## 1.1 FET-Typen und Symbole

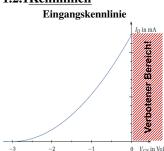


## 1.1.1Anschlüsse eines FET

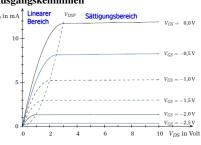
Kanal von Drain zu Source (Stromfluss), gesteuert von Gate (und Bulk)

## 1.2 Sperrschicht-FET / Junction FET (JFET)

## 1.2.1Kennlinien



## Ausgangskennlinien



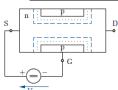
Sperrschicht-FET

n-Kanal

Sperrschicht-FET

p-Kanal

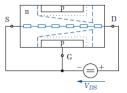
## 1.2.2Linearer Bereich (gesteuerter Widerstand)



- Für kleinen Spannung-Unterschied  ${\cal V}_{DS}$
- $V_{GS}$  ändert Dicke der Raumladungszone (Kanal)
- ullet n-Kanal JFET: Je negativer  $V_{GS}$ , desto weniger Strom fliesst bzw. desto enger der Kanal

$$I_D = \frac{2 \cdot I_{DSS}}{V_p^2} \left( V_{GS} - V_p - \frac{V_{DS}}{2} \right) V_{DS}$$

## 1.2.3<u>Sättigungs-Bereich (Stromquelle)</u>



- Für hohes  $V_{DS}$  wird leitender Kanal abgeschürt → Strom kann nicht weiter steigen (Stromquelle)
- Übergang gest. Widerstand zu Stromquelle @  ${\cal V}_{DSP}$
- $\Rightarrow V_{DSP} = V_{GS} V_p \ (V_p = \text{Pinch-Off-Spannung})$

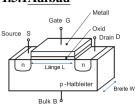
$$I_D = \frac{I_{DSS}}{V_p^2} \cdot (V_{GS} - V_p)^2$$

Verstärkungsmass Transkonduktanz:

$$g_m = \frac{2 \cdot I_{DSS}}{V_p^2} \cdot (V_{GS} - V_p) = \frac{2}{|V_p|} \cdot \sqrt{I_{DSS} \cdot I_D} \qquad [g_m] = S$$

## 1.3 MOS-FETs

## 1.3.1Aufbau



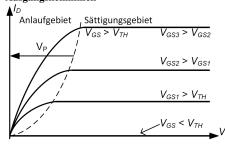
- L Länge des Transistors
- W Breite des Transistors
- · N-Kanal FET: Drain und Source sind n-dotiert
- · Kanal ist p-dotiert

## 1.3.2Kennlinien

## $I_D$

# Eingangskennlinie

## Ausgangskennlinien



## 1.3.3Bereiche

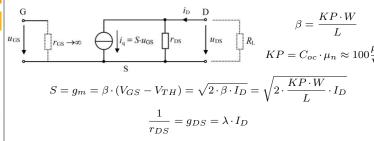
- Sperrbereich:  $V_{GS} < V_{TH}$
- Linearer (Widerstands-)Bereich / Anlaufbereich:  $V_{GS} > V_{TH}$
- Sättigungsbereich (Stromquelle):  $V_{DS} > V_{GS} V_{TH}$

## **Anlaufbereich (Linearer Bereich)**

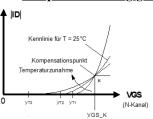
Sättigungsbereich (Stromquelle)

$$I_{D,lin} = \beta \cdot (V_{GS} - V_{TH} - \frac{V_{DS}}{2}) \cdot V_{DS} \qquad \qquad I_{D,sat} = \frac{\beta}{2} \cdot (V_{GS} - V_{TH})^2$$

## 1.3.4 Kleinsignal-Ersatzschaltung



## 1.3.5Temperaturabhängigkeit der Übrtragungskennlinie



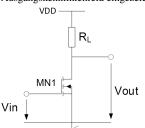
Für den n-Kanal FET gilt:

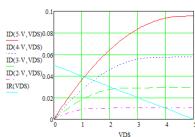
- Threshold-Spannung  $V_{TH}$  sinkt mit 1-2  $\frac{\mu V}{K}$
- $\beta$  sinkt mit steigender Temperatur
- Im Kompensationspunkt bleibt  $I_D$  für fixes  $v_{GS}$ konstant

## 1.4 Verstärkerschaltungen mit FETs

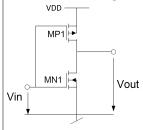
## 1.4.1Source-Schaltung mit Lastwiderstand

Um den Arbeitspunkt der Schaltung zu bestimmen, wird die Lastgerade von  $R_L$  in das Ausgangskennlinienfeld eingezeichnet





## 1.4.2Push-Pull / Digitaler Inverter



- $V_{in}$  geht auf NMOS und PMOS
- · Ermöglicht grössere Verstärkung

Für  $V_{in} pprox rac{V_{DD}}{2}$  gilt:

 $A_{V0} = -(g_{m1} + g_{m2}) \cdot (r_{DS1}||r_{DS2})$ 

## 1.5 MOS-FET als Schalter

offen:  $R_{FET} = \infty$ geschlossen:  $R_{FET} = R_{DS(on)}$ 

## 1.5.1 Verlustleistung / Erwärmung

$$P_V = R_{DS} * I_{DS}^2 = 0 \,\mathrm{W}$$

 $\Delta T = R_{th} \cdot P_V$