

# Cvičení 7: Tranzistor MOSFET – charakteristiky, pracovní bod

---

## **C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET**

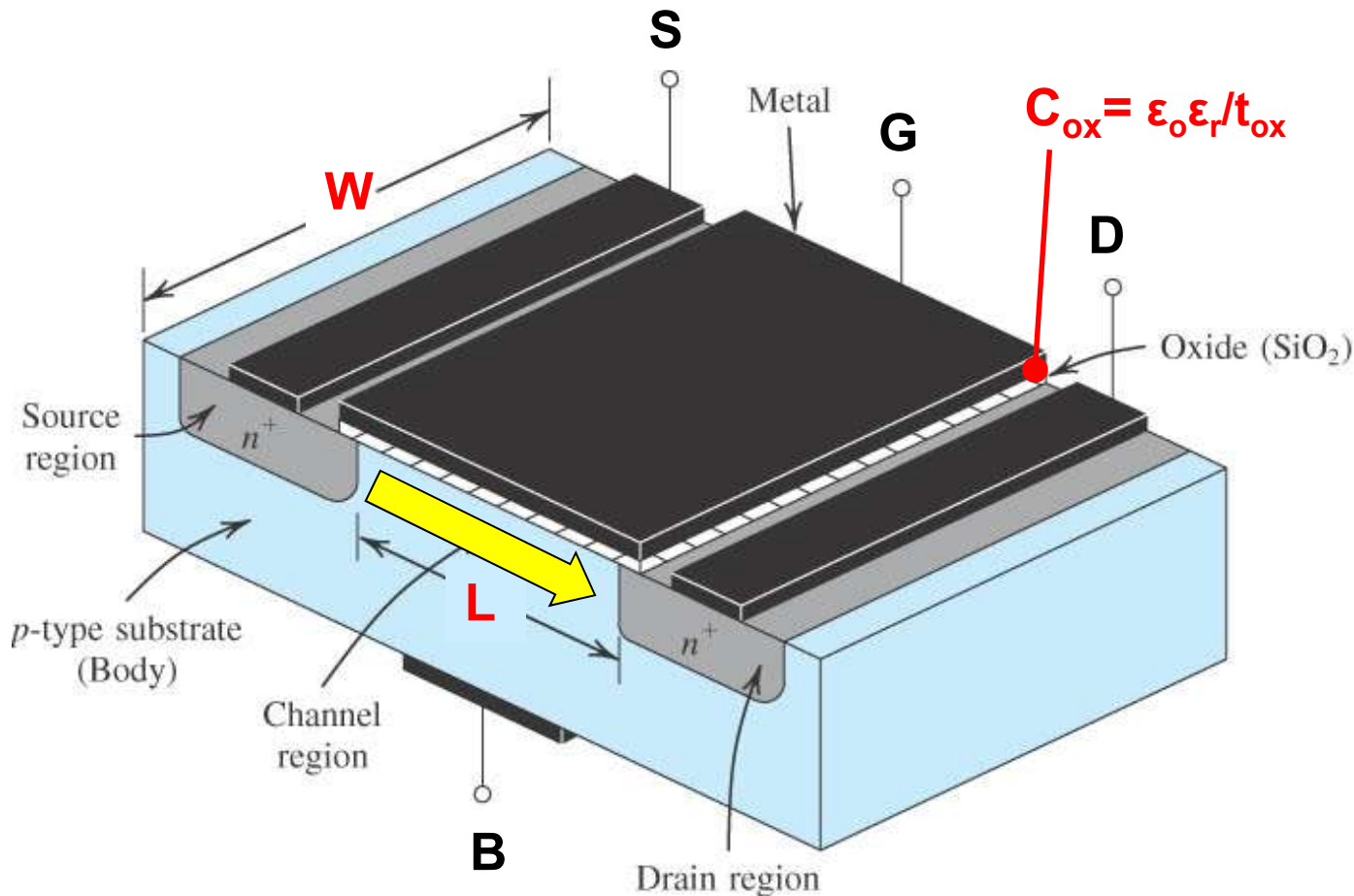
Úplný model tranzistoru MOSFET (PSpice-Level 1) a jeho parametry  
Vliv parametrů tranzistoru na tvar výstupní V-A charakteristiky  
(PSpice/Excel)

## **C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET**

Mezní parametry tranzistoru MOSFET  
Analýza obvodu pro nastavení pracovního bodu tranzistoru  
MOSFET graficko-početní metodou (Příklad CP7.1/Excel)  
Stanovení polohy pracovního bodu MOSFETu analyticky s užitím  
úplného modelu MOSFETu (Příklady CP7.2-5)

## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

Struktura N-MOSFETu a hlavní parametry ovlivňující jeho V-A charakteristiku



*L* – délka kanálu

*W* – šířka kanálu

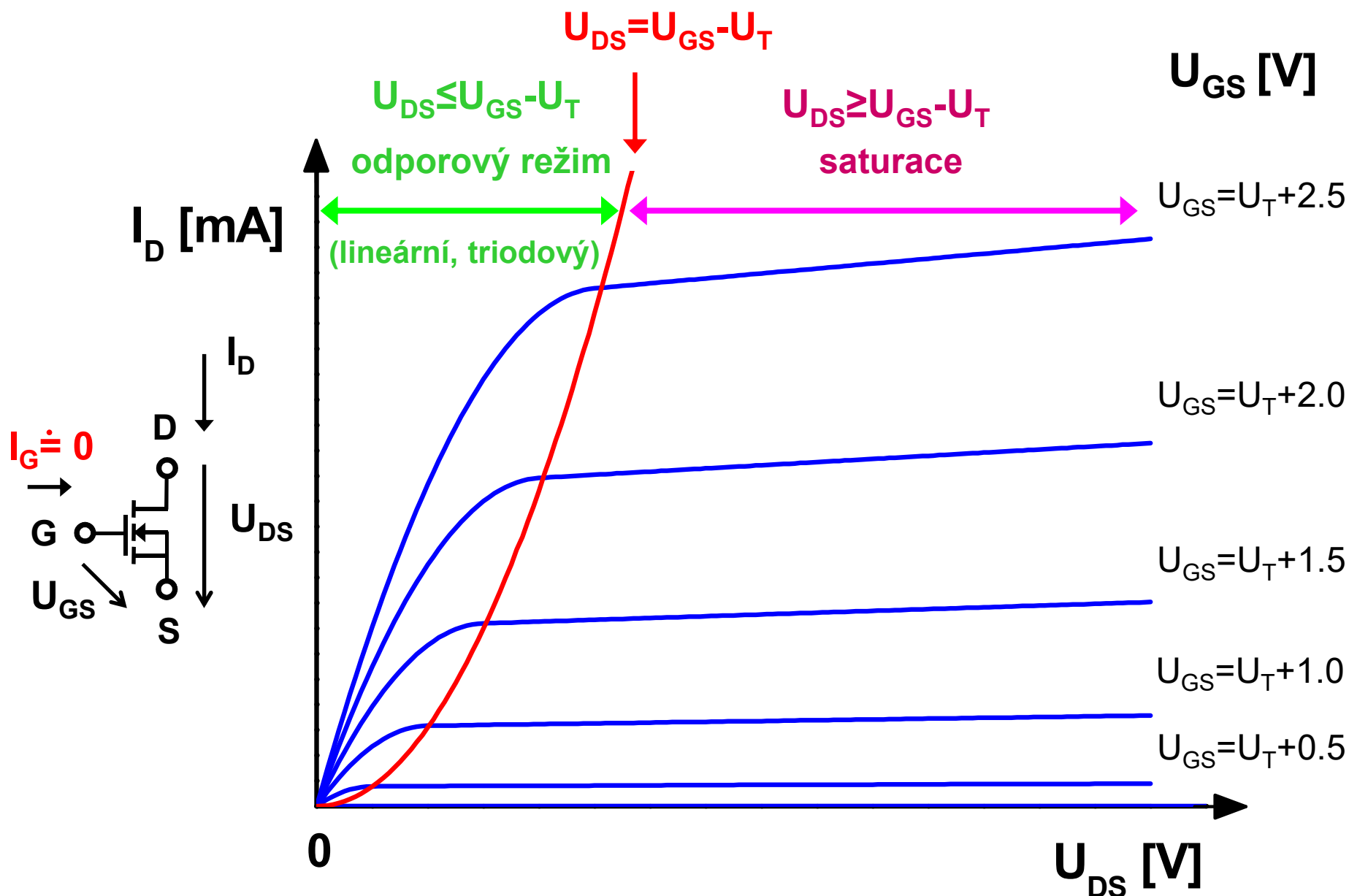
*C*<sub>ox</sub> – kapacita oxidu na jednotku plochy

$\epsilon_0$  – permitivita vakua

$\epsilon_r$  – relativní permitivita oxidu

*t*<sub>ox</sub> – tloušťka oxidu

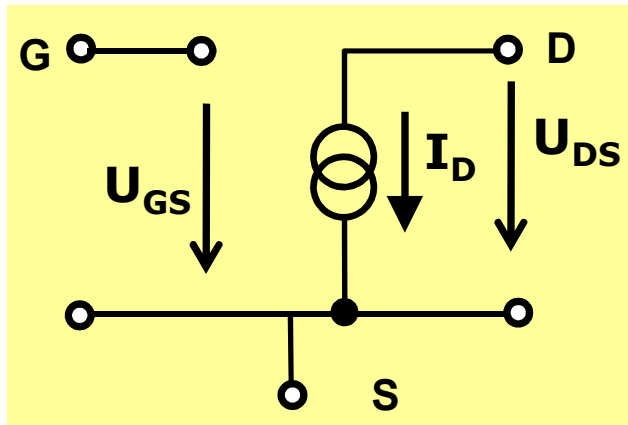
## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET



## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

### MOSFET – statický model PSpice Level 1 (Schichman-Hodges)

bez uvážení zkrácení kanálu (Earlyho jevu)



**Odporový režim**  $U_{DS} \leq U_{GS} - U_T$

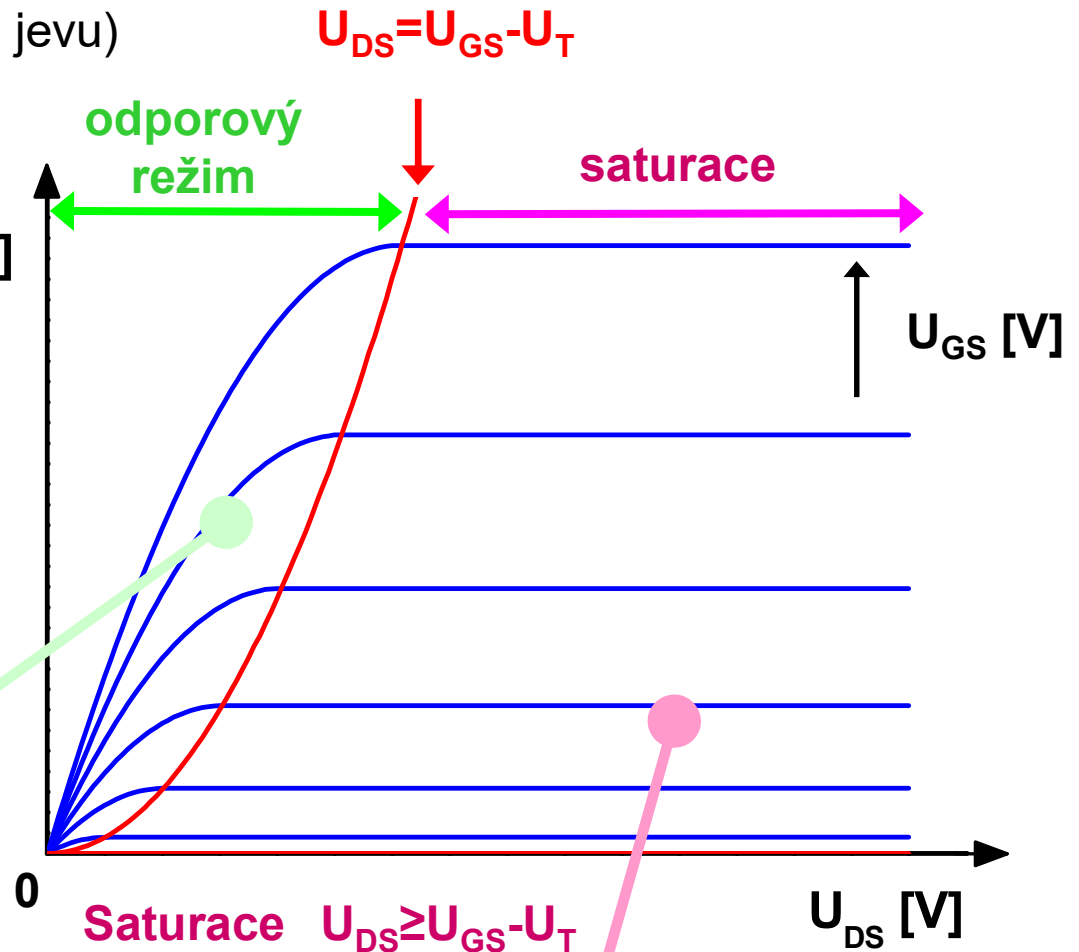
$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (U_{GS} - U_T) U_{DS} - \frac{1}{2} U_{DS}^2 \right]$$

L – délka kanálu

W – šířka kanálu

$C_{ox}$  – kapacita oxidu na jednotku plochy

$\mu_n$  – pohyblivost elektronů



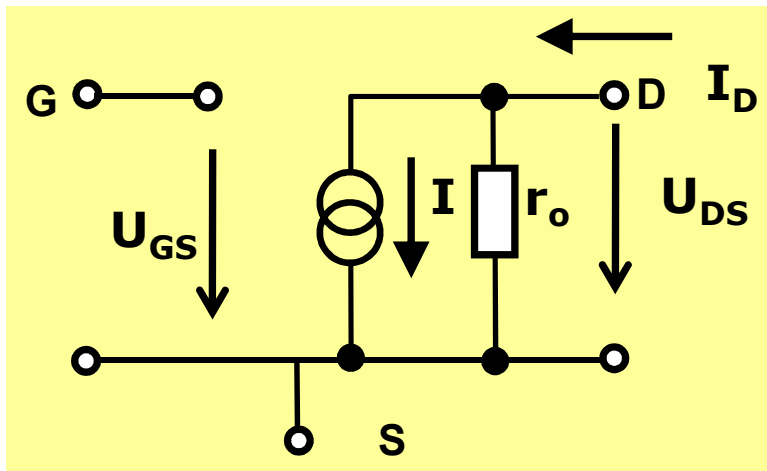
$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2$$

## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

### MOSFET – statický model PSpice Level 1 (uvážení zkrácení L)

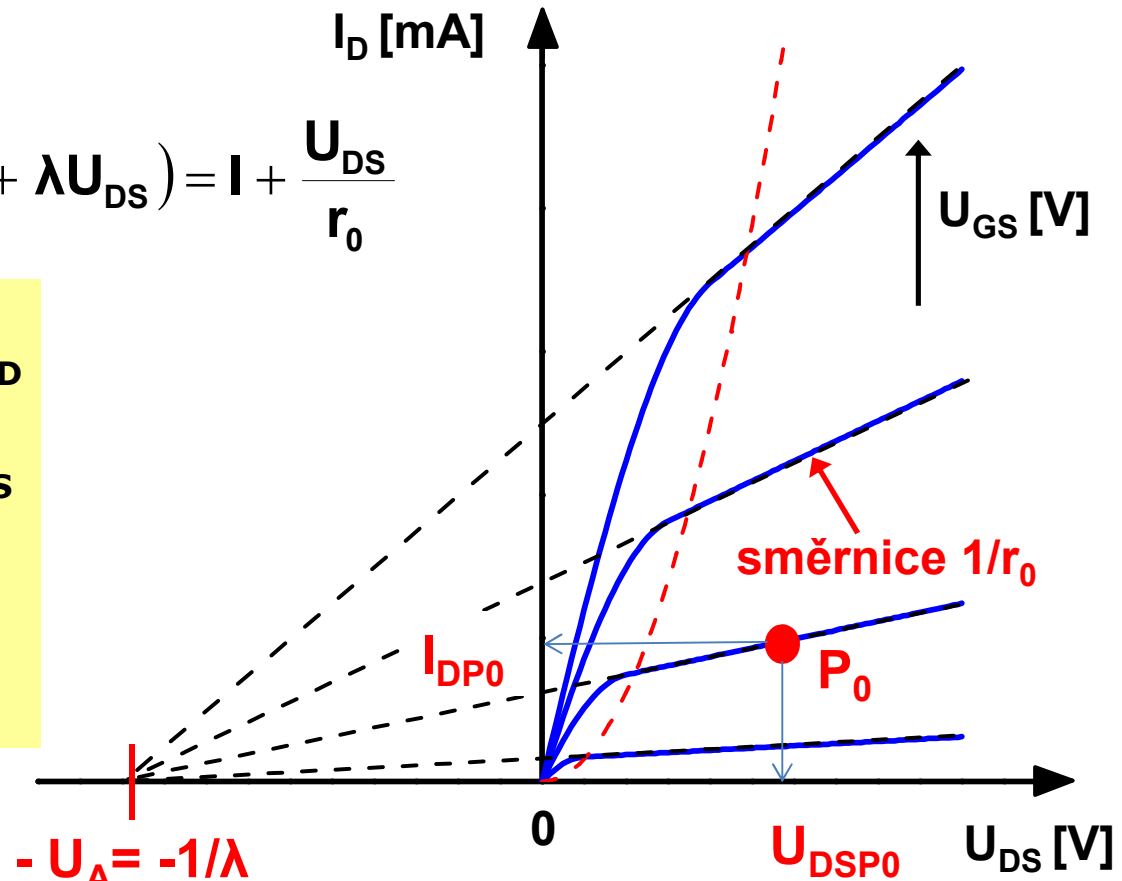
Pro oblast saturace platí

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2 (1 + \lambda U_{DS}) = I + \frac{U_{DS}}{r_o}$$



$$I = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2$$

$$r_o = \left[ \lambda \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2 \right]^{-1} = \frac{U_A + U_{DSP_0}}{I_{DP_0}}$$



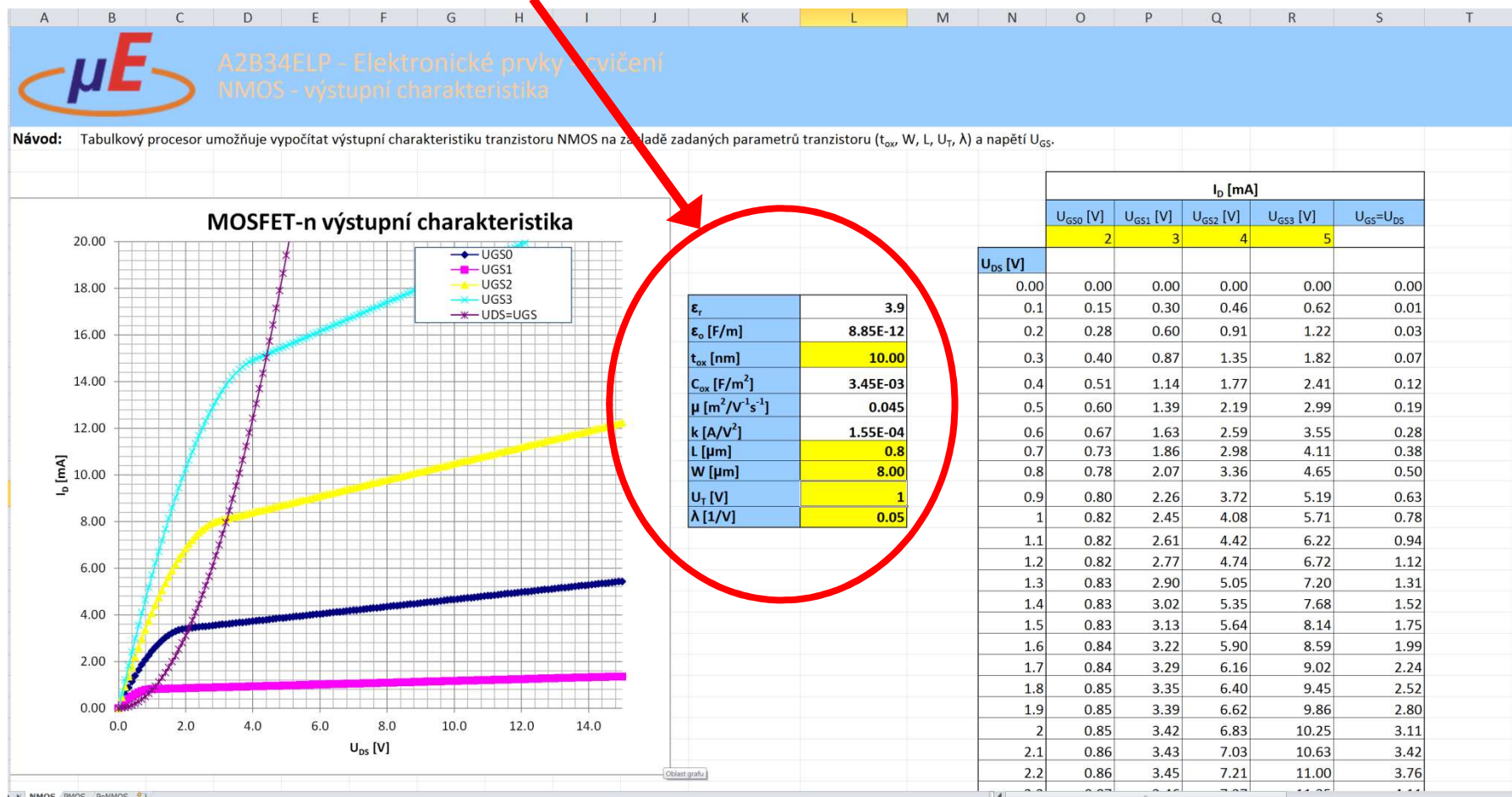
$U_A$  Earlyho napětí

$\lambda = 1/U_A$  koeficient modulace délky kanálu

# C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

## Excel – listy **NMOS** a **PMOS**

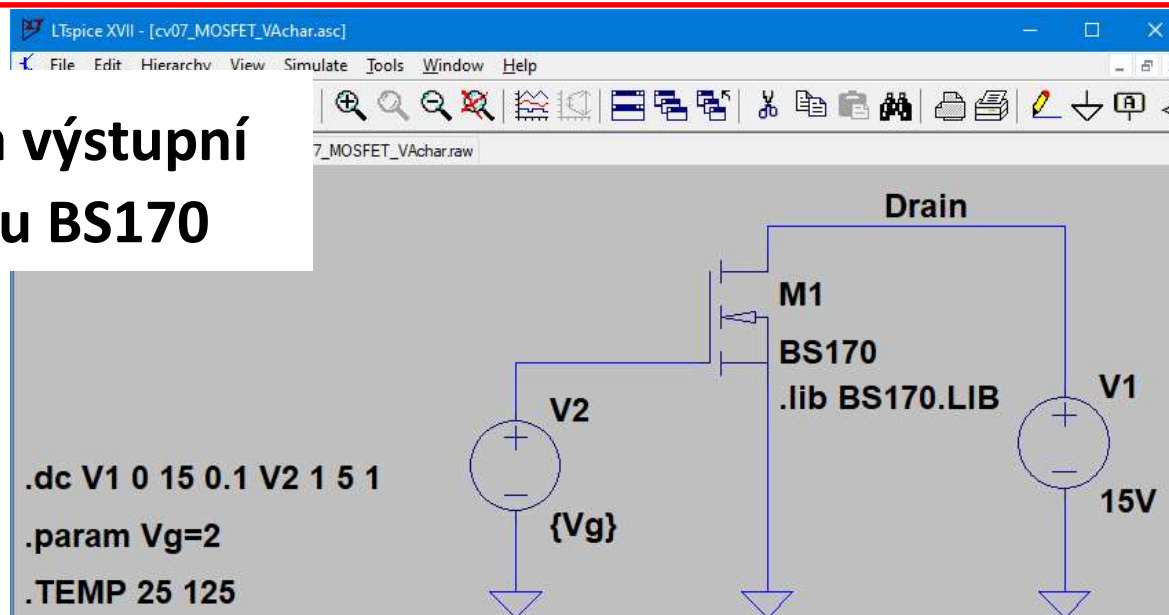
Tabulkový procesor umožňuje vypočítat výstupní charakteristiku tranzistoru NMOS (PMOS) na základě zadaných parametrů tranzistoru ( $t_{ox}$ ,  $W$ ,  $L$ ,  $U_T$ ,  $\lambda$ ) a napětí  $U_{GS}$ .



## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

### LTSpice vliv teploty na výstupní charakteristiku tranzistoru BS170

cv07\_MOSFET\_VAchar.asc



The dialog box shows the DC sweep configuration. The 1st Source is V1, and the 2nd Source is V2. The sweep is linear, ranging from 0 to 15 with an increment of 0.1.

Syntax: `.dc [<oct,dec,lin>] <Source1> <Start> <Stop> [<Incr>] [<source2> ...]`

Command: `.dc V1 0 15 0.1 V2 1 5 1`

The dialog box shows the DC sweep configuration. The 1st Source is V1, and the 2nd Source is V2. The sweep is linear, ranging from 1 to 5 with an increment of 1.

Syntax: `.dc [<oct,dec,lin>] <Source1> <Start> <Stop> [<Incr>] [<source2> ...]`

Command: `.dc V1 0 15 0.1 V2 1 5 1`



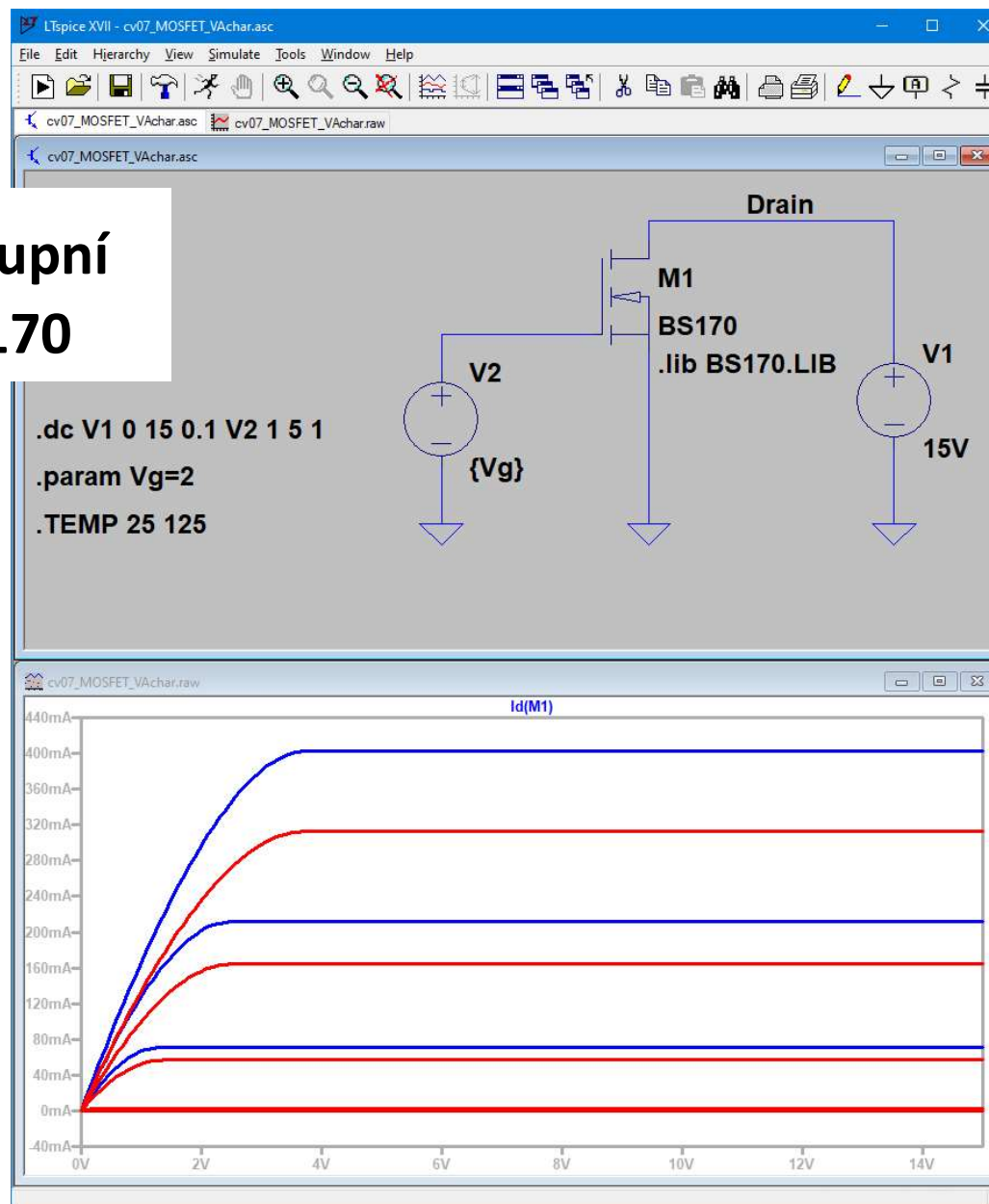
## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

### LTSpice vliv teploty na výstupní charakteristiku tranzistoru BS170

cv07\_MOSFET\_VAchar.asc

— +25 degC

— +125 degC

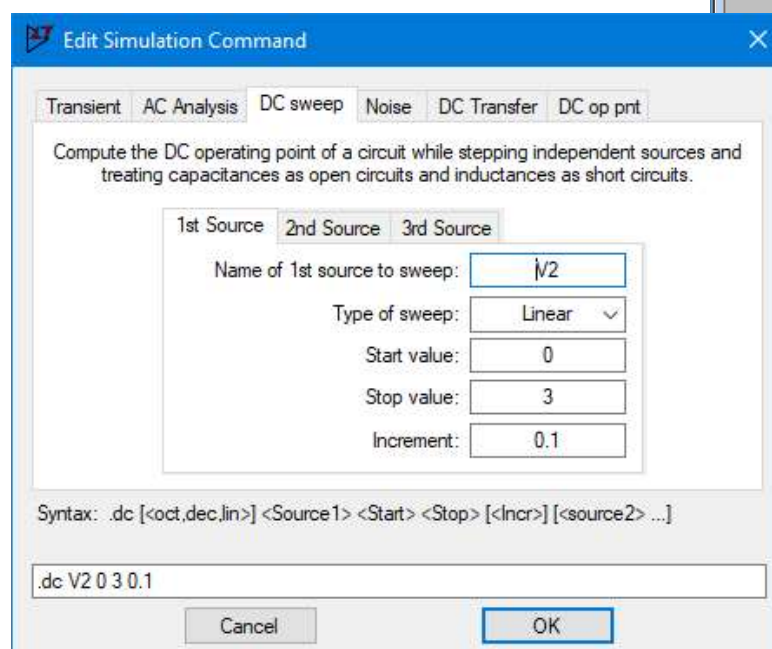




## C7.1 Výstupní charakteristika tranzistoru MOSFET

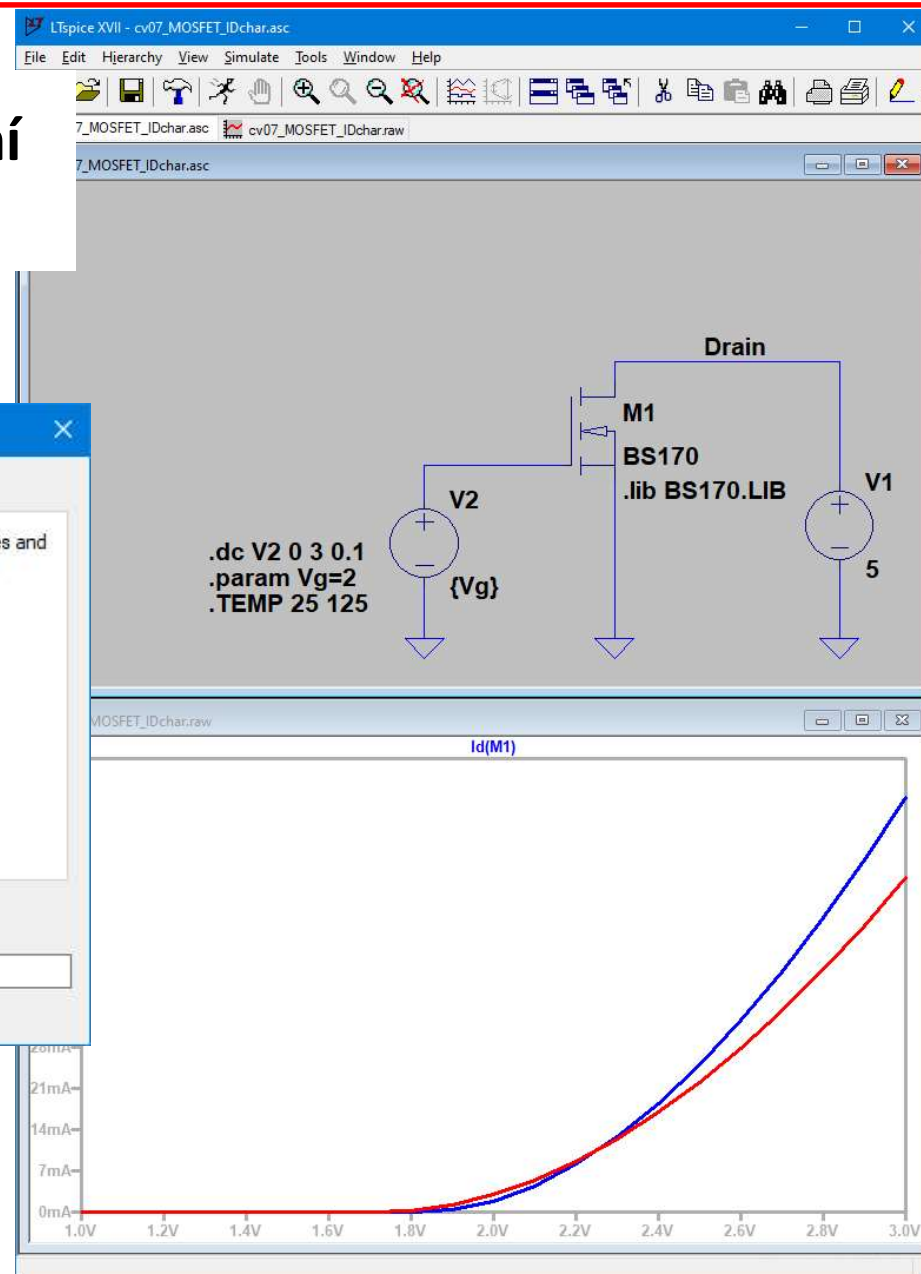
**LTSpice** vliv teploty na převodní charakteristiku tranzistoru BS170

**cv07\_MOSFET\_IDchar.asc**

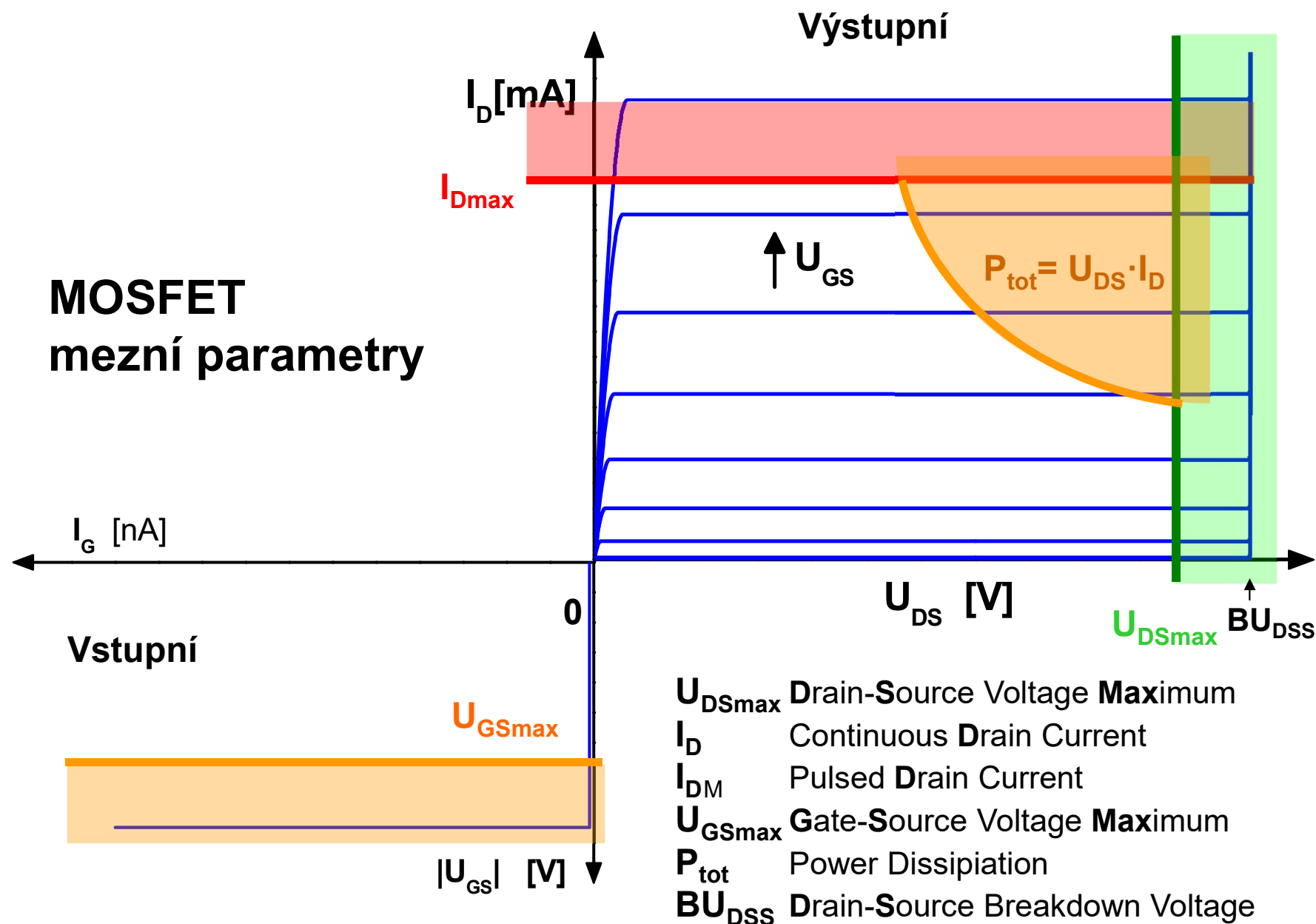


— +25 degC

— +125 degC



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET



# C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

## MOSFET – katalogový list

Maximální napětí Drain-Source

Maximální hodnota  $I_D$  – trvale

Maximální hodnota  $I_D$  – pulzně

Maximální napětí Gate-Source

Maximální ztrátový výkon

Průrazné napětí Drain-Source

Prahové napětí

Statický odpor D-S v sepnutém stavu

Strmost

Vstupní kapacita

Spínací/vypínací zpoždění

### SOT23 N-CHANNEL ENHANCEMENT MODE VERTICAL DMOS FET

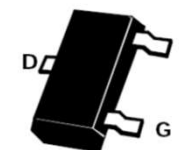
ISSUE 3 - JANUARY 1996

#### FEATURES

- \* 60Volt  $V_{DS}$
- \*  $R_{DS(ON)} = 5\Omega$

PARTMARKING DETAIL - MV

BS170F



SOT23

#### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS.

PARAMETER	SYMBOL	VALUE	UNIT
Drain-Source Voltage	$V_{DS}$	60	V
Continuous Drain Current at $T_{amb}=25^\circ\text{C}$	$I_D$	0.15	mA
Pulsed Drain Current	$I_{DM}$	3	A
Gate Source Voltage	$V_{GS}$	$\pm 20$	V
Power Dissipation at $T_{amb}=25^\circ\text{C}$	$P_{tot}$	330	mW
Operating and Storage Temperature Range	$T_j, T_{stg}$	-55 to +150	$^\circ\text{C}$

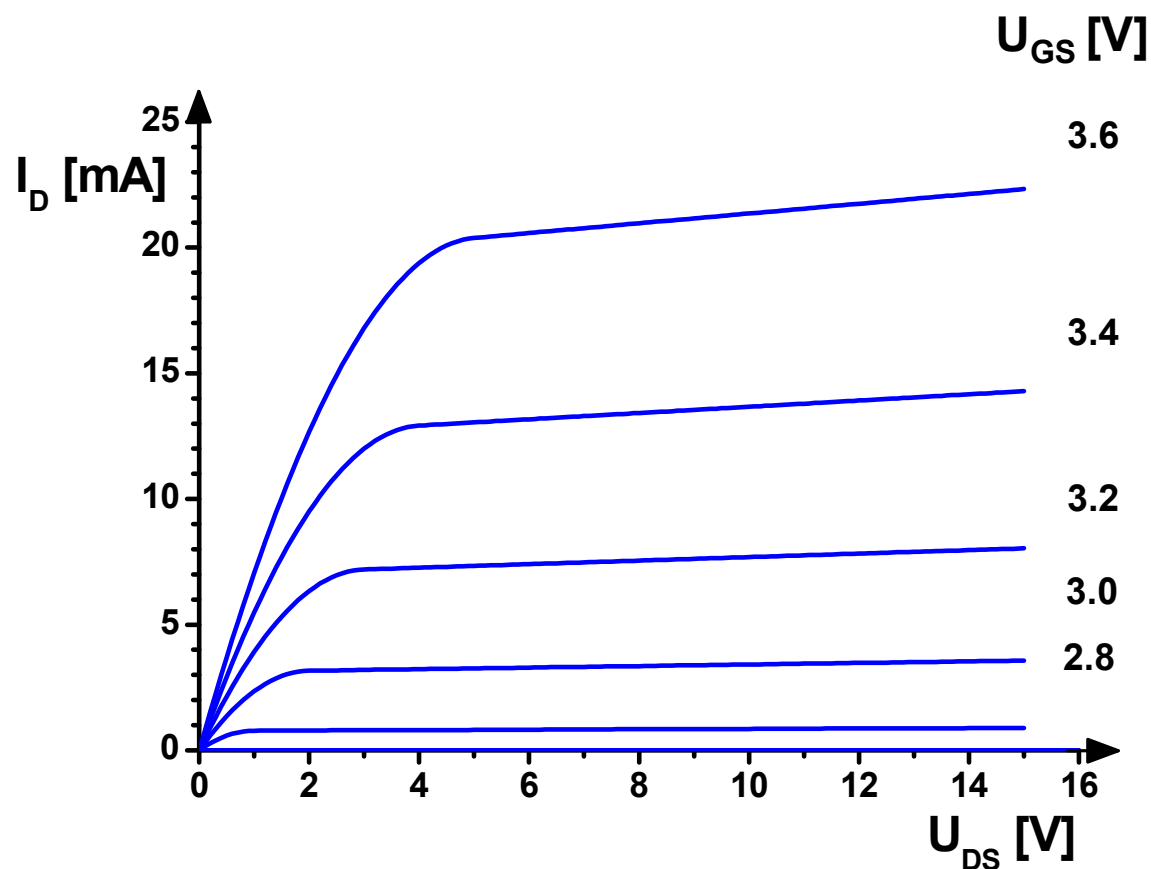
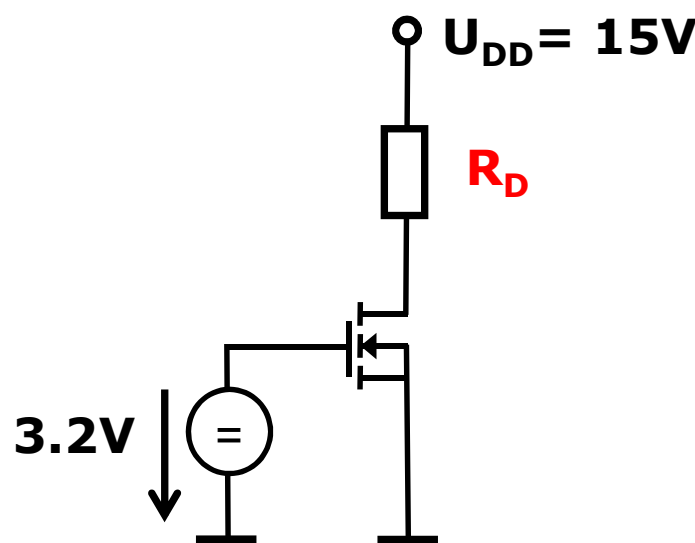
#### ELECTRICAL CHARACTERISTICS (at $T_{amb} = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise stated).

PARAMETER	SYMBOL	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT	CONDITIONS.
Drain-Source Breakdown Voltage	$BV_{DSS}$	60	90		V	$I_D=100\mu\text{A}$ , $V_{GS}=0\text{V}$
Gate-Source Threshold Voltage	$V_{GS(th)}$	0.8		3	V	$I_D=1\text{mA}$ , $V_{DS}=V_{GS}$
Gate-Body Leakage	$I_{GSS}$			10	nA	$V_{GS}=15\text{V}$ , $V_{DS}=0\text{V}$
Zero Gate Voltage Drain Current	$I_{DSS}$			0.5	$\mu\text{A}$	$V_{DS}=25\text{V}$ , $V_{GS}=0\text{V}$
Static Drain-Source On-State Resistance (1)	$R_{DS(on)}$			5	$\Omega$	$V_{GS}=10\text{V}$ , $I_D=200\text{mA}$
Forward Transconductance (1)(2)	$g_{fs}$		200		mS	$V_{DS}=10\text{V}$ , $I_D=200\text{mA}$
Input Capacitance (2)	$C_{iss}$		60		pF	$V_{DS}=10\text{V}$ , $V_{GS}=0\text{V}$ , $f=1\text{MHz}$
Turn-On Delay Time (2)(3)	$t_{d(on)}$			10	ns	$V_{DD}=-15\text{V}$ , $I_D=600\text{mA}$
Turn-Off Delay Time (2)(3)	$t_{d(off)}$			10	ns	

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.1:

Určete polohu pracovního bodu  $P_0$  tranzistoru MOSFET pro hodnoty odporu  $R_D$   $1\text{k}\Omega$  a  $10\text{k}\Omega$ . Vlastnosti tranzistoru jsou dány výstupní charakteristikou.



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

Řešení:

1. Popsat obvod ve shodě s charakteristikou

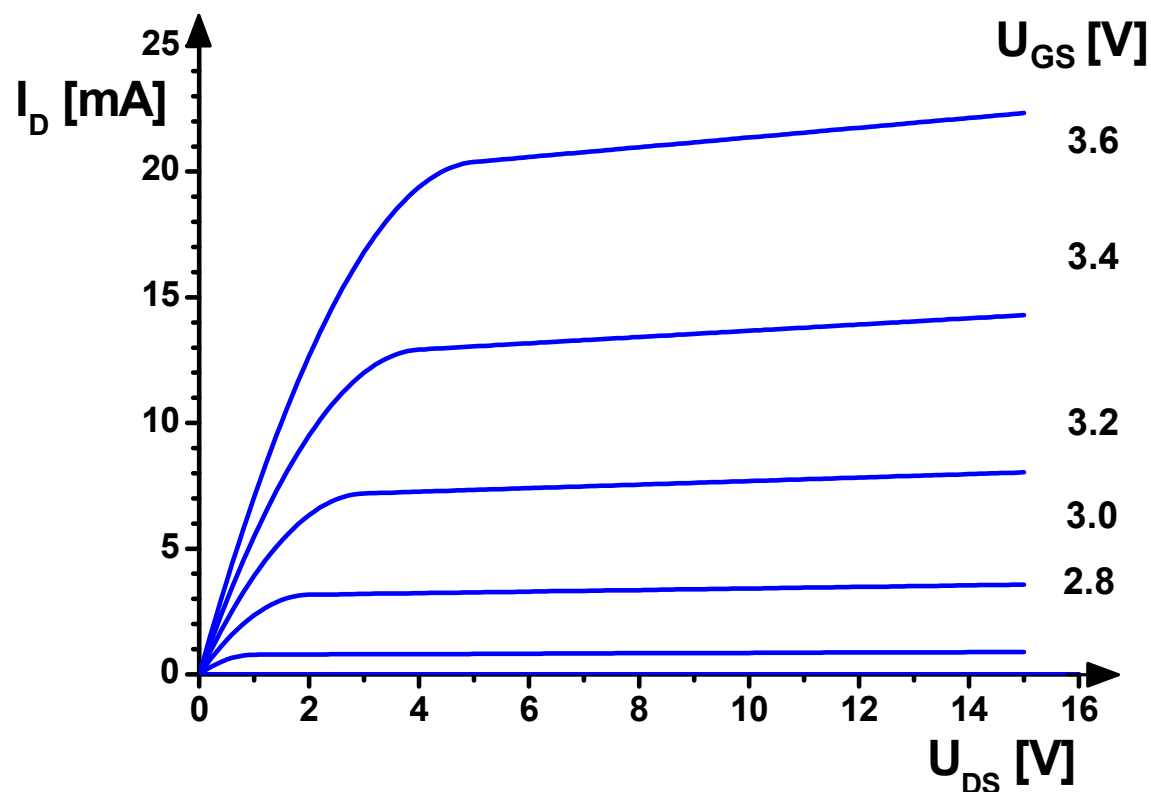
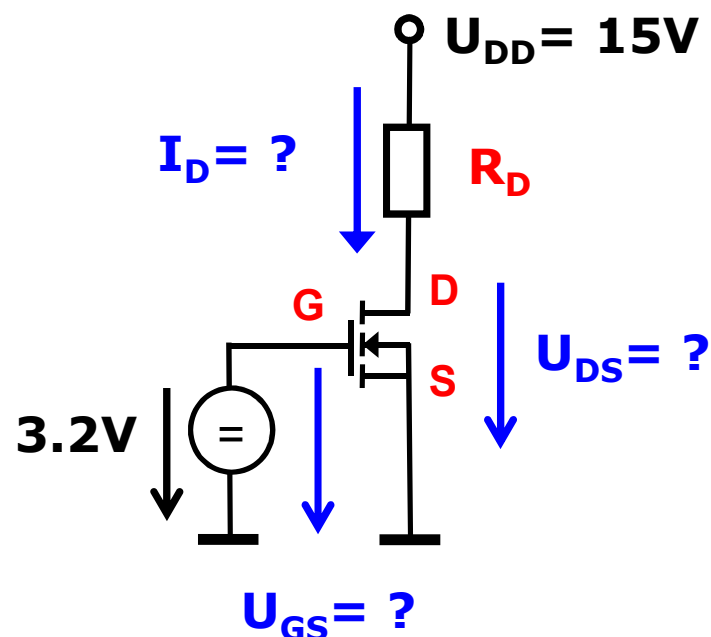
2. Sestavit obvodové rovnice

$$U_{DD} = R_D I_D + U_{DS} \quad (1)$$

$$U_{GS} = 3.2 \text{ V} \quad (2)$$

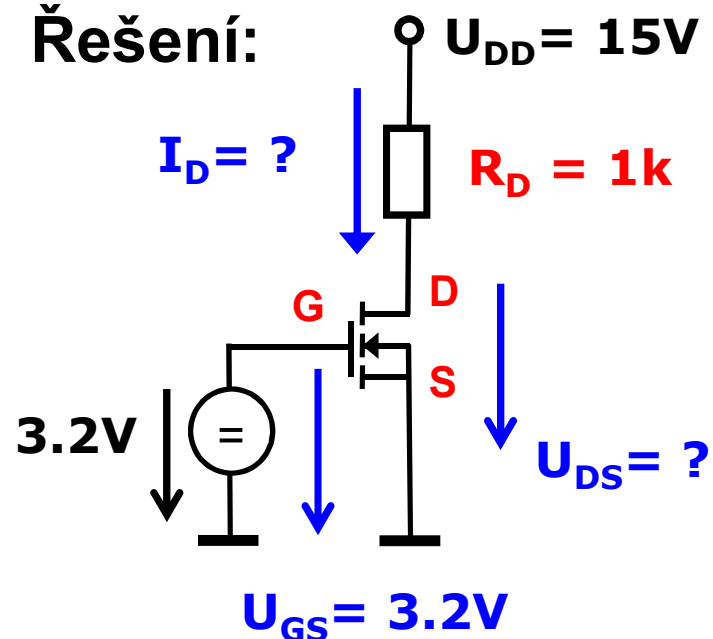
$$I_D = f(U_{GS}, U_{DS}) \quad (3)$$

výstupní charakteristika  
zadaná graficky



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

Řešení:



Pracovní bod tranzistoru  $P_0$  je dán průsečíkem grafu rovnice (1) s vrstevnicí výstupní charakteristiky pro  $U_{GS0} = 3.2V$ .

$$P_0 = [U_{GS0}, U_{DS0}, I_{D0}]$$
$$P_0 = [3.2V, 7.5V, 7.5mA]$$

1. Popsat obvod ve shodě s charakteristikou

2. Sestavit obvodové rovnice

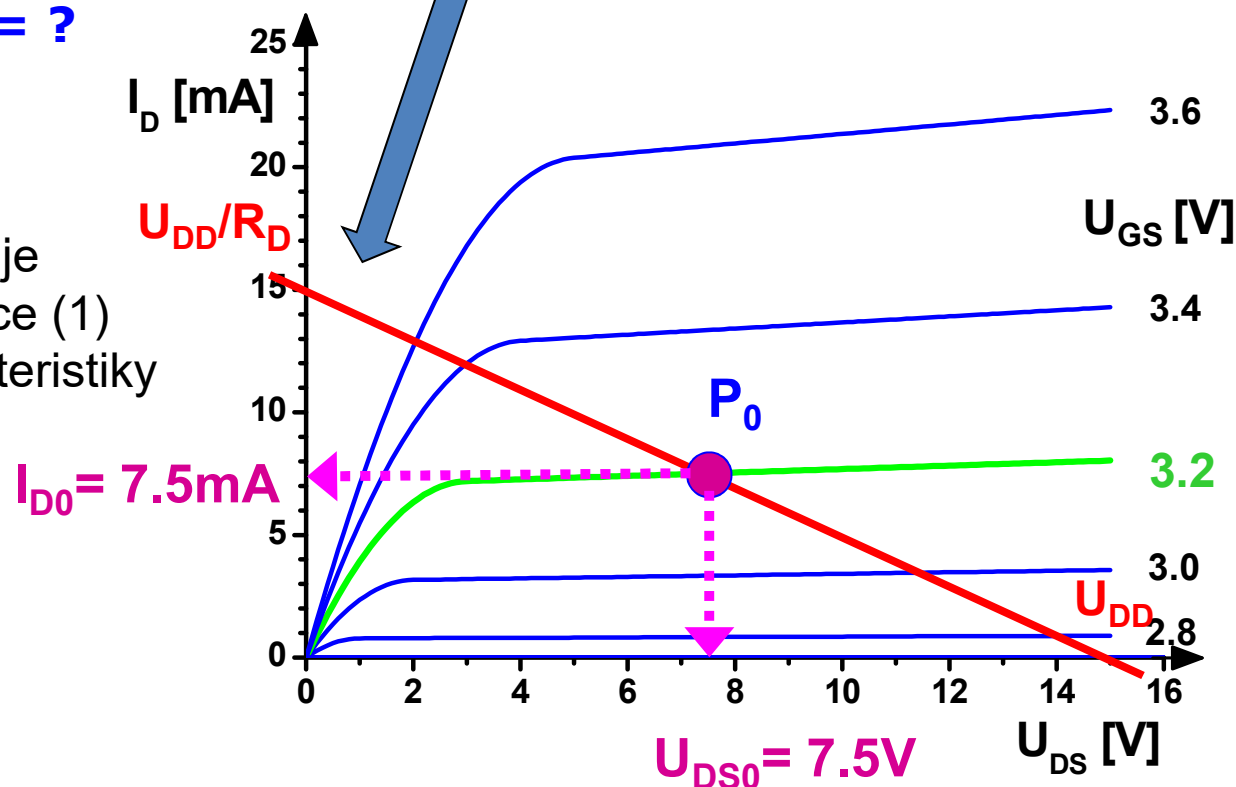
3. Grafické řešení

$$U_{GS0} = 3.2V$$

$$I_D = (U_{DD} - U_{DS}) / R_D \quad (1)$$

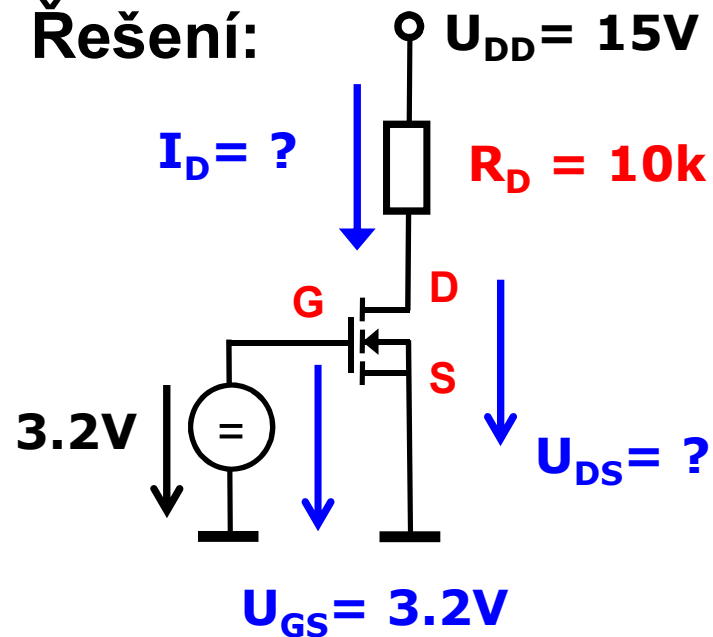
vybrat danou vrstevnici charakteristiky pro  $U_{GS0}$

vynést graf (1) v charakteristice



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

Řešení:



Pracovní bod tranzistoru  $P_0$  je dán průsečíkem grafu rovnice (1) s vrstevnicí výstupní charakteristiky pro  $U_{GS0} = 3.2V$ .

$$P_0 = [U_{GS0}, U_{DS0}, I_{D0}]$$

$$P_0 = [3.2V, 0.5V, 1.45mA]$$

1. Popsat obvod ve shodě s charakteristikou

2. Sestavit obvodové rovnice

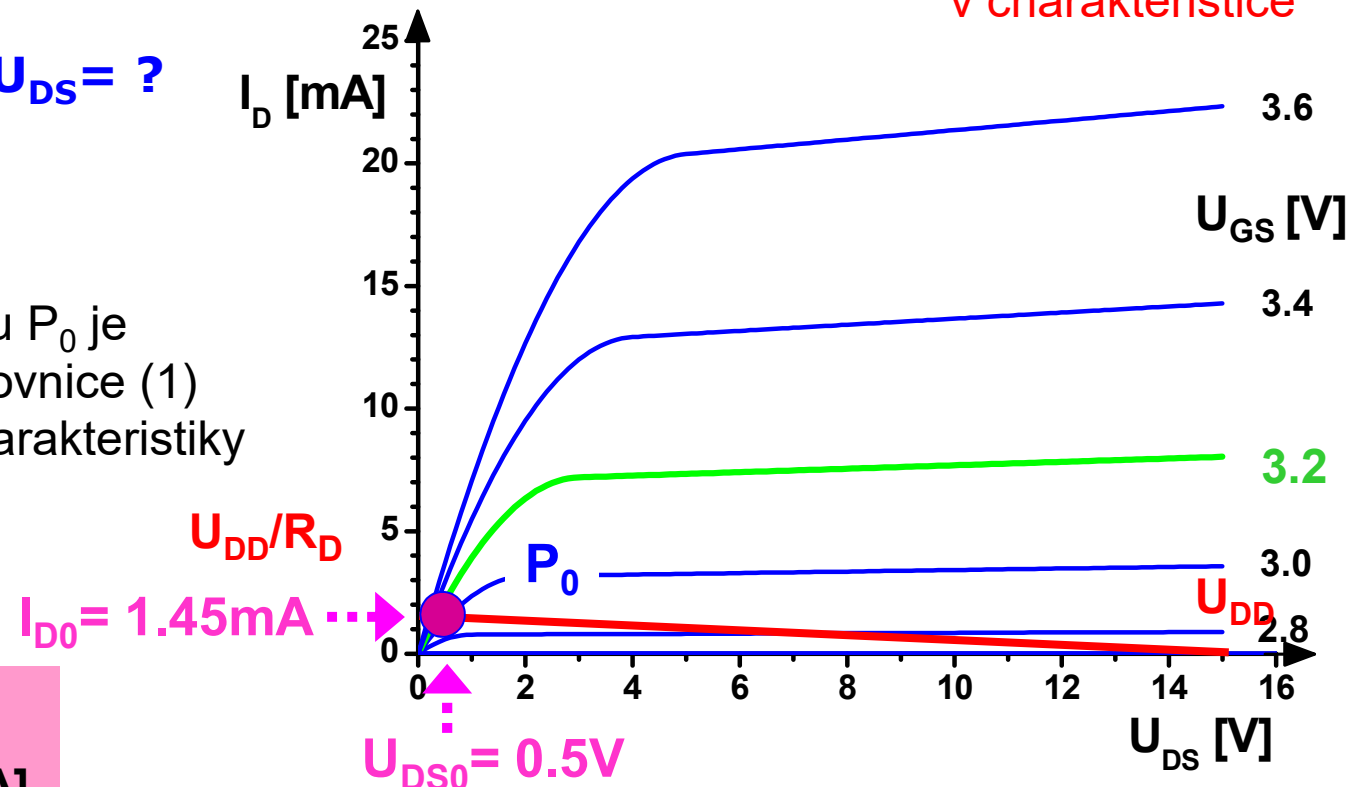
3. Grafické řešení

$$U_{GS0} = 3.2V$$

$$I_D = (U_{DD} - U_{DS}) / R_D \quad (1)$$

vybrat danou vrstevnici charakteristiky pro  $U_{GS0}$

vynést graf (1) v charakteristice

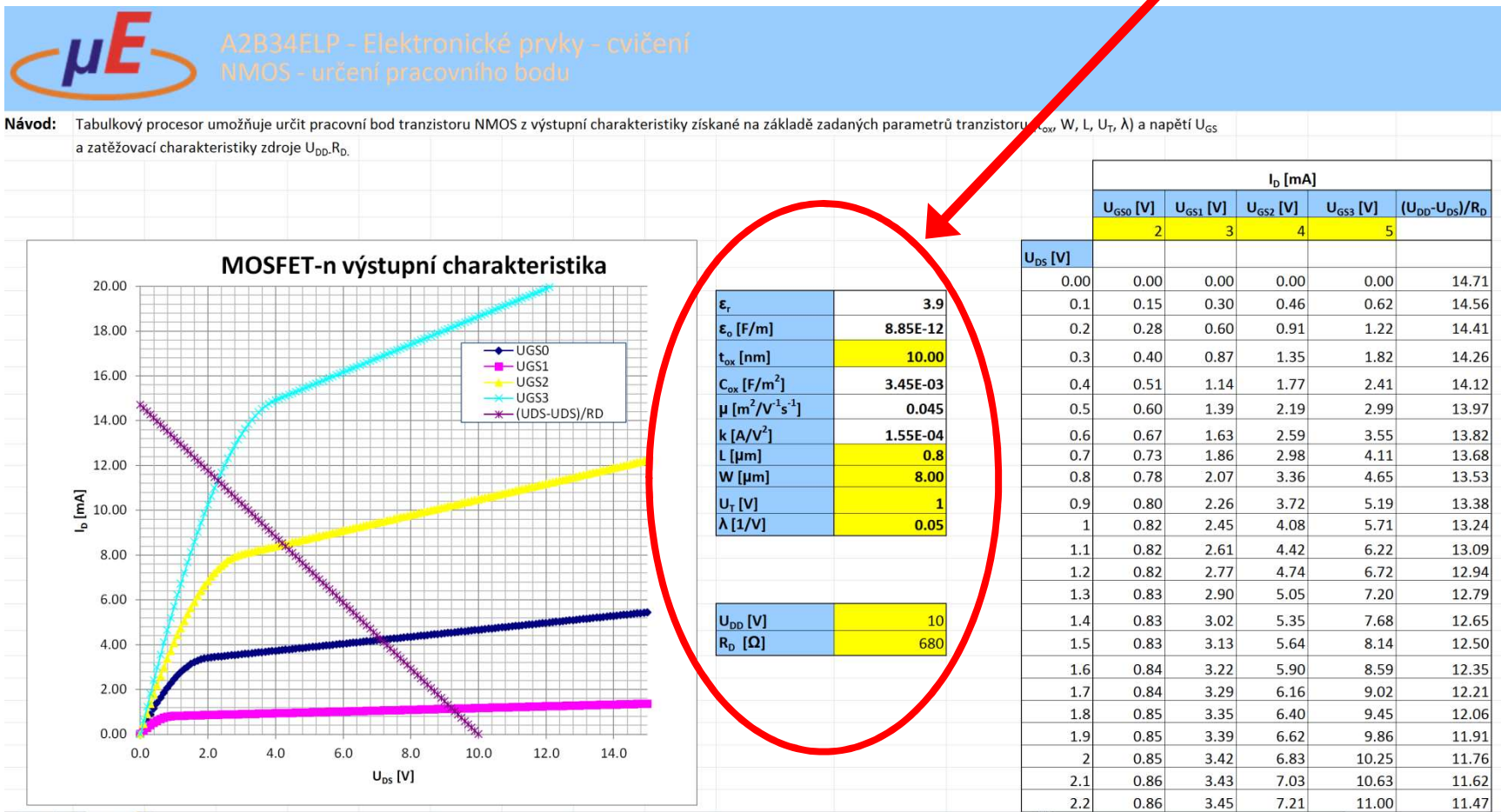




## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Excel – list PoNMOS

Tabulkový procesor umožňuje určit pracovní bod tranzistoru NMOS z výstupní charakteristiky získané na základě zadaných parametrů tranzistoru ( $t_{ox}$ ,  $W$ ,  $L$ ,  $U_T$ ,  $\lambda$ ) a napětí  $U_{GS}$  a zatěžovací charakteristiky zdroje  $U_{DD}$ - $R_D$ .

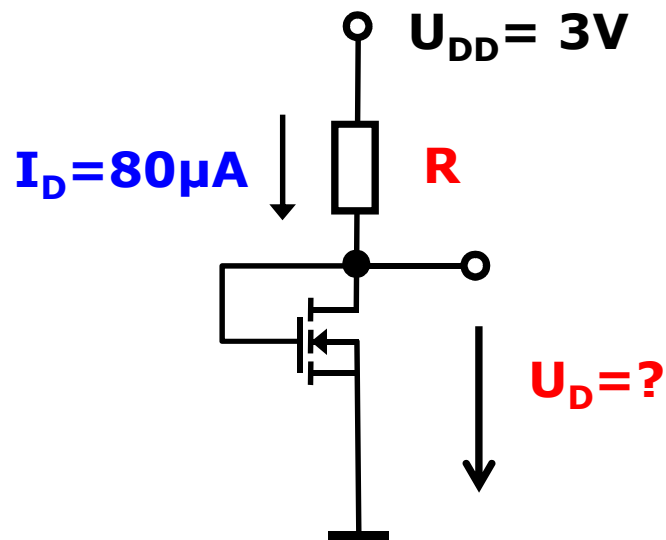


## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

---

### Příklad CP7.2:

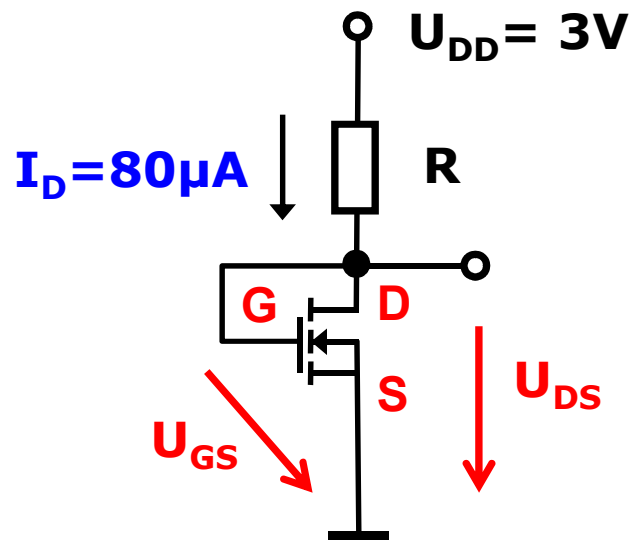
Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I_D = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U_D$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.2:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I_D = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U_D$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).



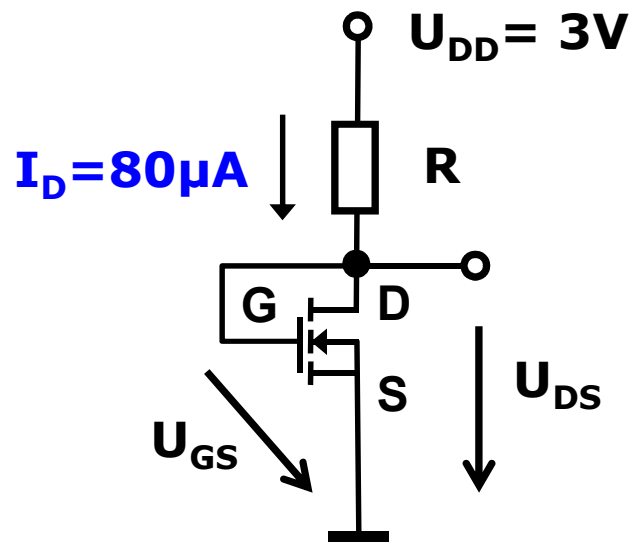
Postup řešení:

1. Správně popsat obvod

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.2:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I_D = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U_D$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).



Postup řešení:

1. Správně popsat obvod
2. Určit stav tranzistoru

$$U_{GS} = U_{DS}$$



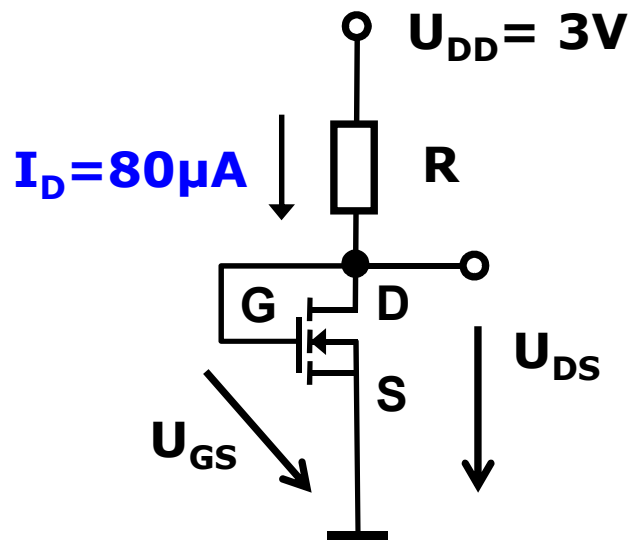
**SATURACE**

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2$$

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.2:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I_D = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U_D$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).



Postup řešení:

1. Správně popsat obvod
2. Určit stav tranzistoru
3. Výpočet  $U_{DS}$  a  $R$

$$U_{GS} = U_{DS}$$

$$I_D = \frac{1}{2} \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} (U_{GS} - U_T)^2$$



$$U_{DS} = U_T + \sqrt{\frac{2I_D}{k_n' (W/L)}}$$

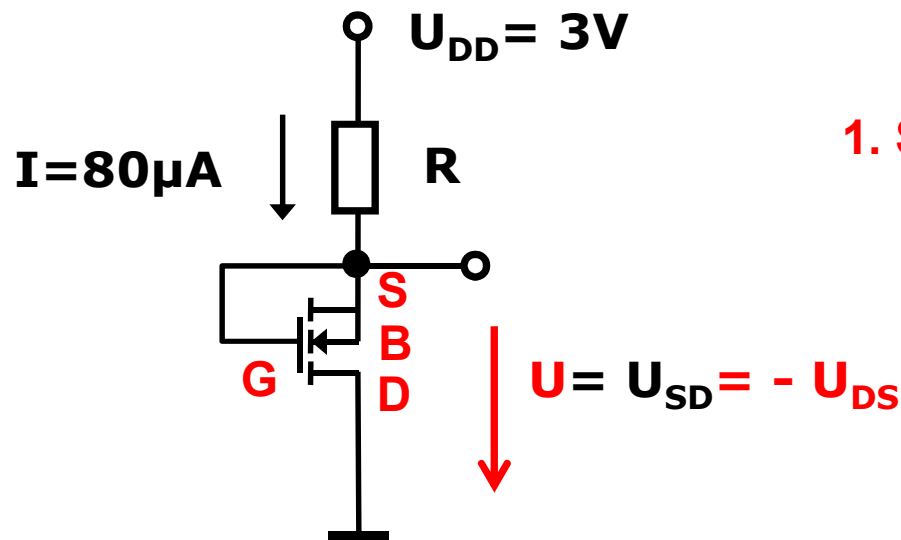
$$U_{DS} = 0.6\text{V} + \sqrt{\frac{2 \times 80}{200 \times (4/0.8)}} = 0.6\text{V} + 0.4\text{V} = 1\text{V}$$

$$R = \frac{U_{DD} - U_{DS}}{I_D} = \frac{3 - 1}{80 \times 10^{-6}} \Omega = 25\text{ k}\Omega$$

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.3:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda=0$ ).

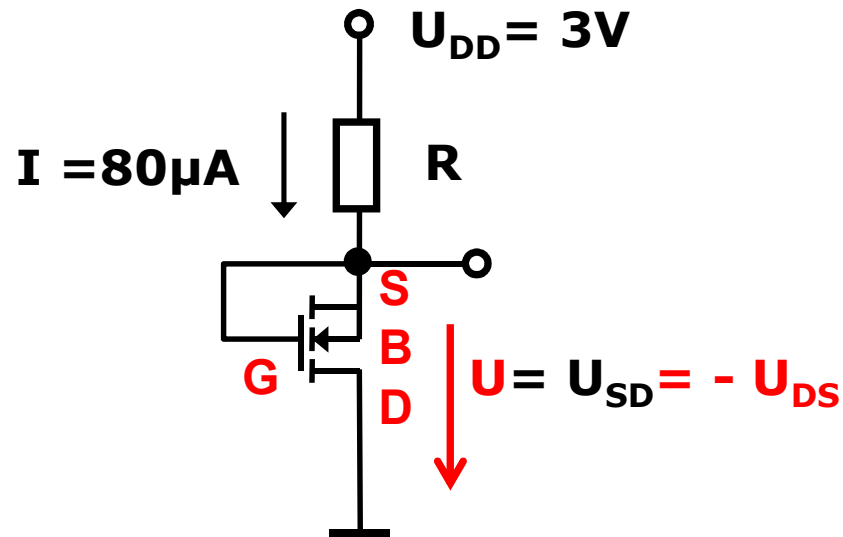


1. Správně popsat obvod

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.3:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).



1. Správně popsat obvod
2. Určit režim tranzistoru

Mezi Drain a Source je přiloženo záporné napětí. Současně Source je propojen se substrátem (Bulk).



Přechod S-B ( $N^+P$ ) je zkratován a přechod B-D ( $PN^+$ ) je polarizován propustně.



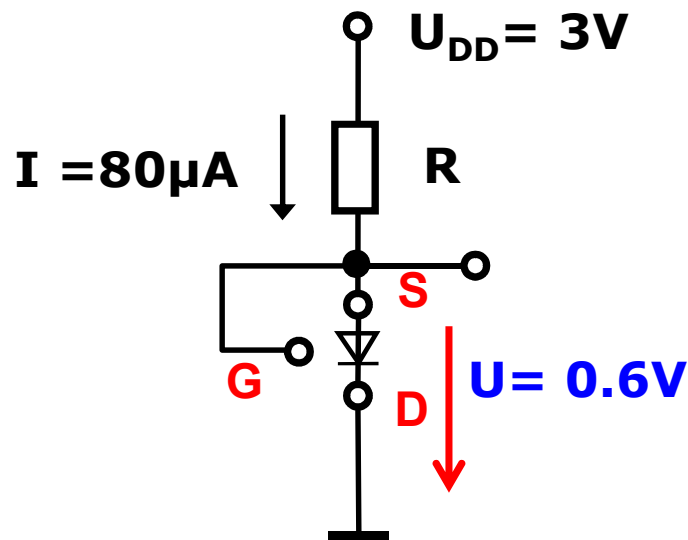
Tranzistor se chová tak, jako by mezi SD byla zapojena propustně polarizovaná dioda.



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.3:

Navrhněte hodnotu odporu  $R$  tak, aby  $I = 80\mu\text{A}$ . Určete hodnotu napětí  $U$ . Parametry tranzistoru NMOS jsou:  $U_T = 0.6\text{V}$ ,  $k_n' = \mu_n C_{ox} = 200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L = 0.8\mu\text{m}$ ,  $W = 4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda = 0$ ).

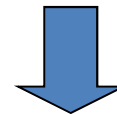


1. Správně popsat obvod

2. Určit režim tranzistoru

3. Doplnění odpovídajících modelů a řešení

Mezi S a D je propustně polarizovaná dioda (předpokládáme, že tranzistor je křemíkový)  $\Rightarrow U_{SD} \approx 0.6\text{V}$



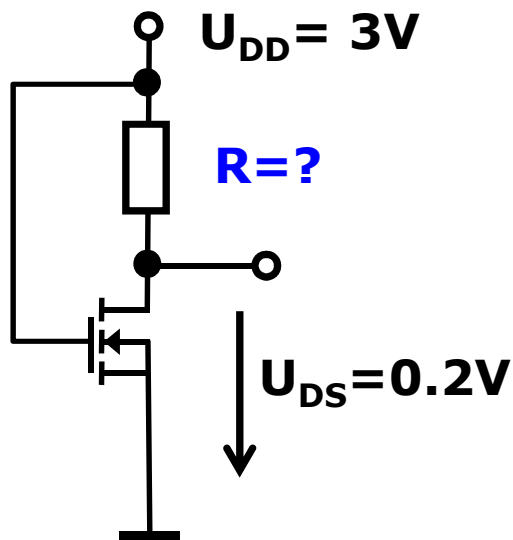
$$R = \frac{U_{DD} - U_{SD}}{I} = \frac{3\text{V} - 0.6\text{V}}{80\mu\text{A}} = 30\text{k}\Omega$$

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

---

### Příklad CP7.4:

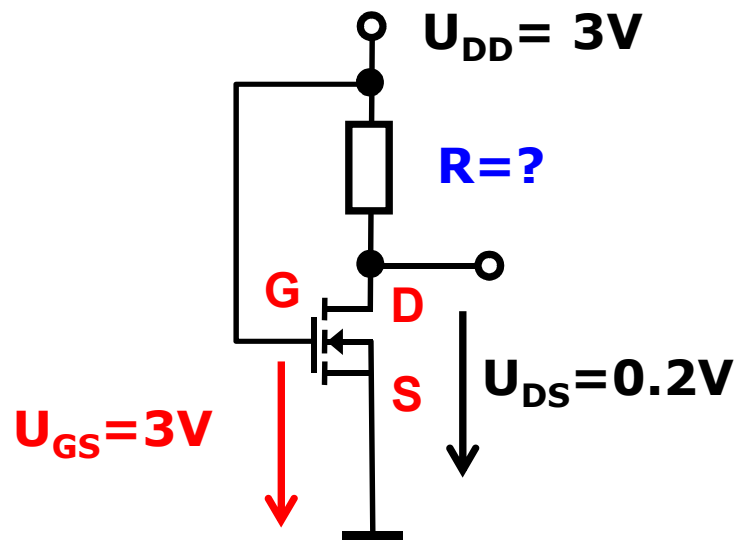
Určete hodnotu odporu  $R$ , aby napětí  $U_{DS}=0.2\text{ V}$ . Parametry tranzistoru jsou:  $U_T=0.6\text{ V}$ ,  $k_p'=\mu_p C_{ox}=200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L=0.8\mu\text{m}$ ,  $W=4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda=0$ ).



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.4:

Určete hodnotu odporu  $R$ , aby napětí  $U_{DS}=0.2\text{ V}$ . Parametry tranzistoru jsou:  $U_T=0.6\text{ V}$ ,  $k_p'=\mu_p C_{ox}=200\mu\text{A/V}^2$ ,  $L=0.8\mu\text{m}$ ,  $W=4\mu\text{m}$ . Zanedbejte vliv modulace kanálu ( $\lambda=0$ ).



Postup řešení:

1. Správně popsat obvod
2. Určit stav tranzistoru

$$U_{GS} - U_T > U_{DS}$$



**ODPOROVÝ REŽIM**

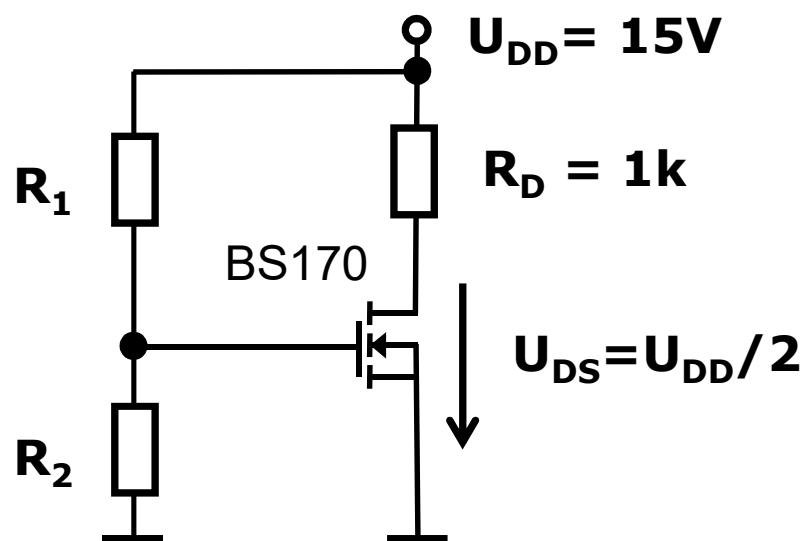
$$I_D = \mu_n C_{ox} \frac{W}{L} \left[ (U_{GS} - U_T) U_{DS} - \frac{1}{2} U_{DS}^2 \right]$$

Je-li  $U_{DS} \ll U_{GS} - U_T$ , lze zanedbat

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

Navrhnete hodnoty odporů  $R_1$  a  $R_2$  tak, aby se napětí  $U_{DS}$  tranzistoru BS170 rovnalo polovině napájecího napětí  $U_{DD}$ .



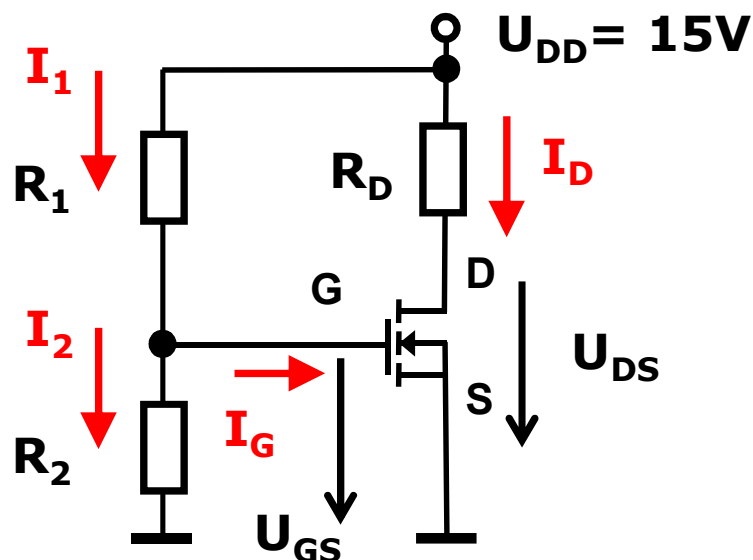
Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1mA, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15V, U_{DS}=0V$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10V, I_D=200mA$	Forward Transconductance	200	mS

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

Postup řešení: **1. Popsat obvod**



Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

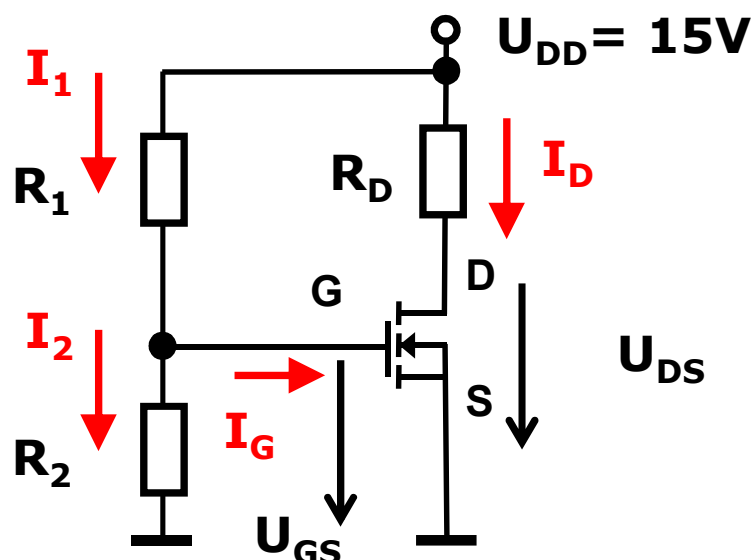
PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1mA, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15V, U_{DS}=0V$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10V, I_D=200mA$	Forward Transconductance	200	mS

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

Postup řešení: 1. Popsat obvod

2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází



A.  $I_G < 10 \text{ nA} \Rightarrow I_G \approx 0, I_1 = I_2$

B.  $U_{DS} = U_{DD}/2 = 7.5\text{V} \Rightarrow$

$I_D = (U_{DD} - U_{DS})/R_D = 7.5\text{V}/1\text{k}\Omega = 7.5\text{mA}$

Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

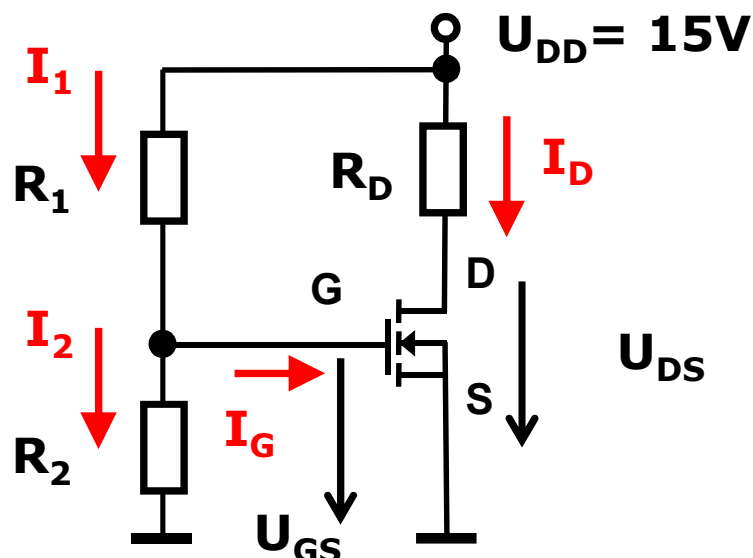
PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1\text{mA}, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15\text{V}, U_{DS}=0\text{V}$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10\text{V}, I_D=200\text{mA}$	Forward Transconductance	200	mS

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

Postup řešení: 1. Popsat obvod

2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází



A.  $I_G < 10 \text{ nA} \Rightarrow I_G \approx 0, I_1 = I_2$

B.  $U_{DS} = U_{DD}/2 = 7.5 \text{ V} \Rightarrow$

$$I_D = (U_{DD} - U_{DS})/R_D = 7.5 \text{ V}/1 \text{ k}\Omega = 7.5 \text{ mA}$$

C.  $U_{GS} = ??$

$$U_{GS(th)} = 0.8 \text{ až } 3 \text{ V} \Rightarrow U_T \approx 1.9 \text{ V}$$

$$I_D \sim g_m(U_{GS} - U_T) \Rightarrow U_{GS} \approx U_T + I_D/g_m$$

$$U_{GS} \approx 1.9 + 7.5 \text{ mA}/200 \text{ mA/V} = 1.94 \text{ V}$$

$$U_{DS} > U_{GS} - U_T \Rightarrow \text{SATURACE}$$

Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

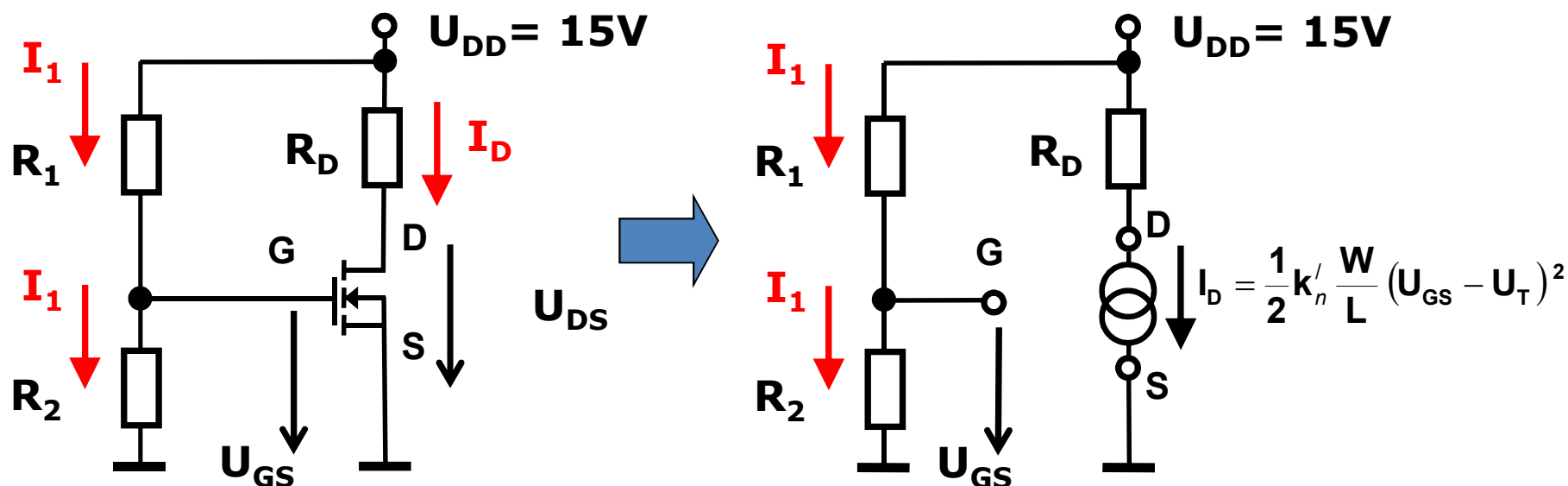
PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1 \text{ mA}, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15 \text{ V}, U_{DS}=0 \text{ V}$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10 \text{ V}, I_D=200 \text{ mA}$	Forward Transconductance	200	mS



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

- Postup řešení:
1. Popsat obvod
  2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází
  3. Náhrada tranzistoru jeho modelem pro saturační oblast



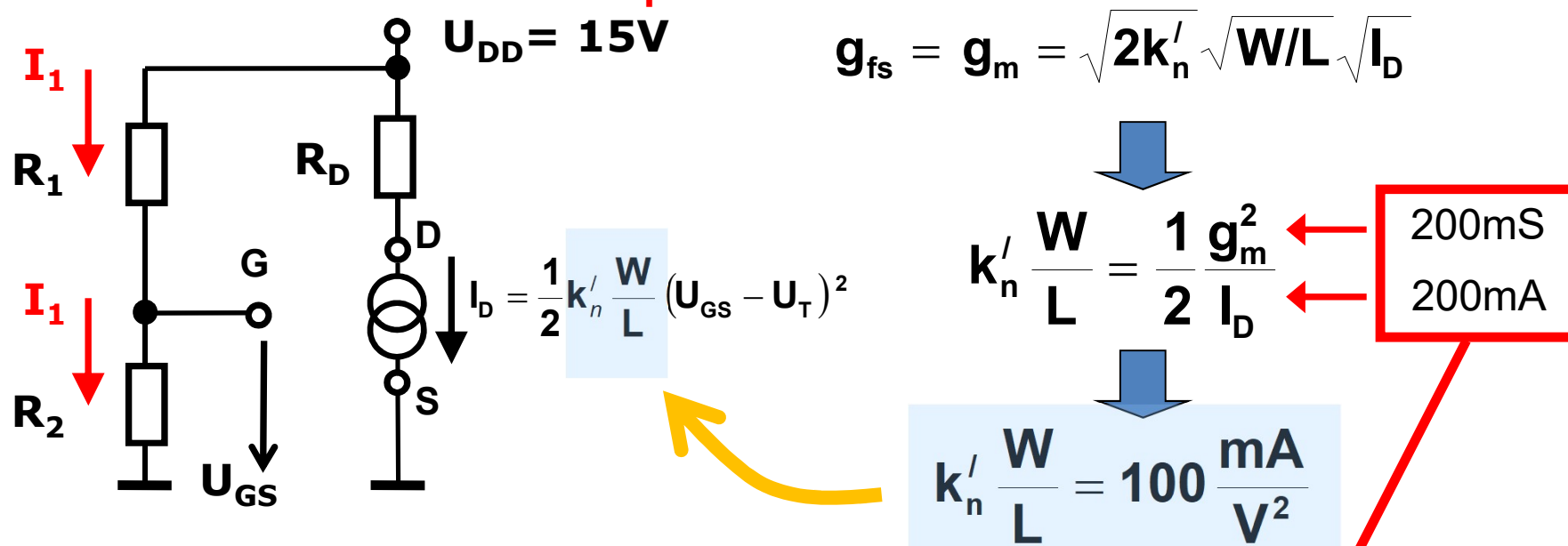
Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1mA, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15V, U_{DS}=0V$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10V, I_D=200mA$	Forward Transconductance	200	mS

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

- Postup řešení:
1. Popsat obvod
  2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází
  3. Náhrada tranzistoru jeho modelem pro saturační oblast
  4. Stanovení parametrů modelu



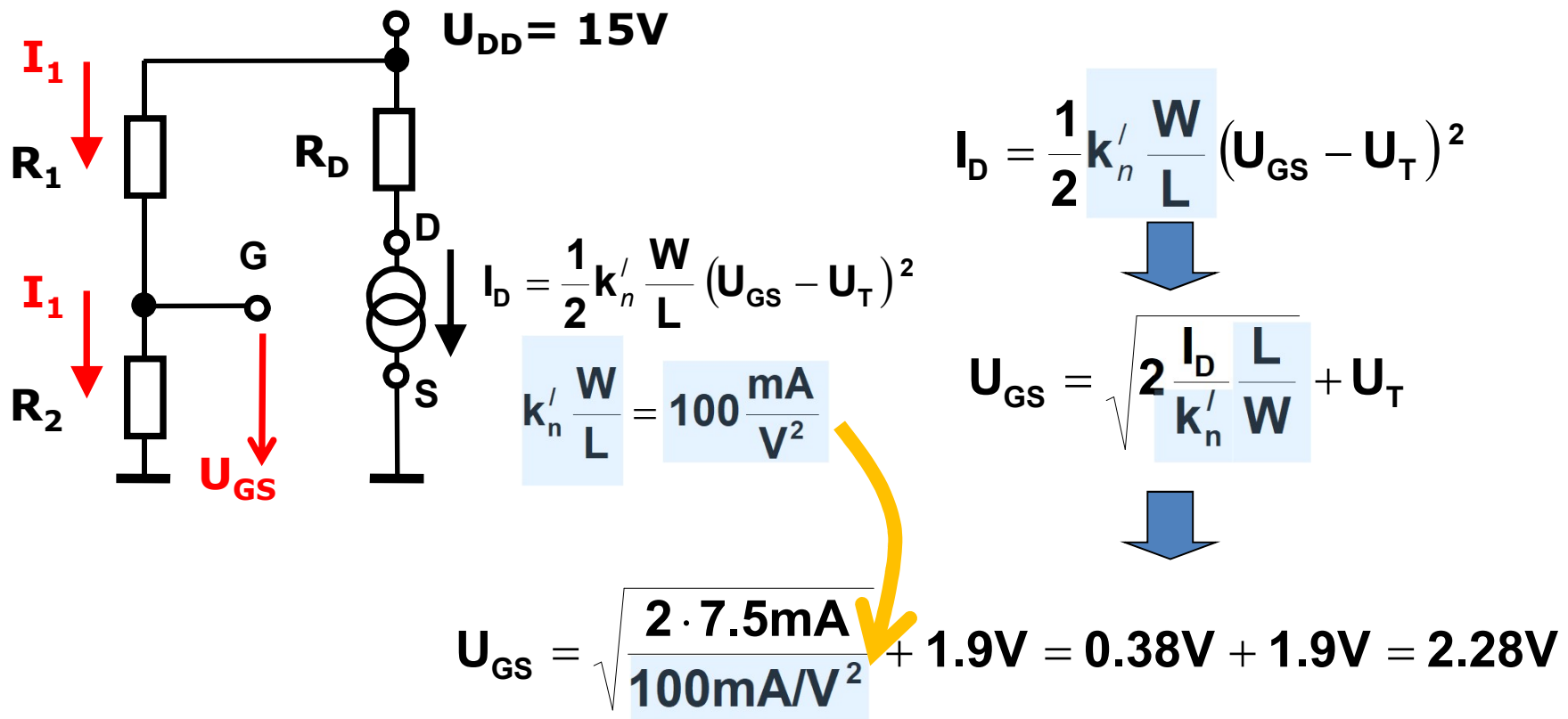
Vybrané parametry z katalogového listu tranzistoru BS170F

PARAMETRY@podmínky				
$U_{GS(th)}$	$I_D=1mA, U_{DS}=U_{GS}$	Gate-Source Threshold Voltage	0.8 - 3	V
$I_{GSS}$	$U_{GS}=15V, U_{DS}=0V$	Gate-Body Leakage	10	nA
$g_{fs}$	$U_{DS}=10V, I_D=200mA$	Forward Transconductance	200	mS

## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

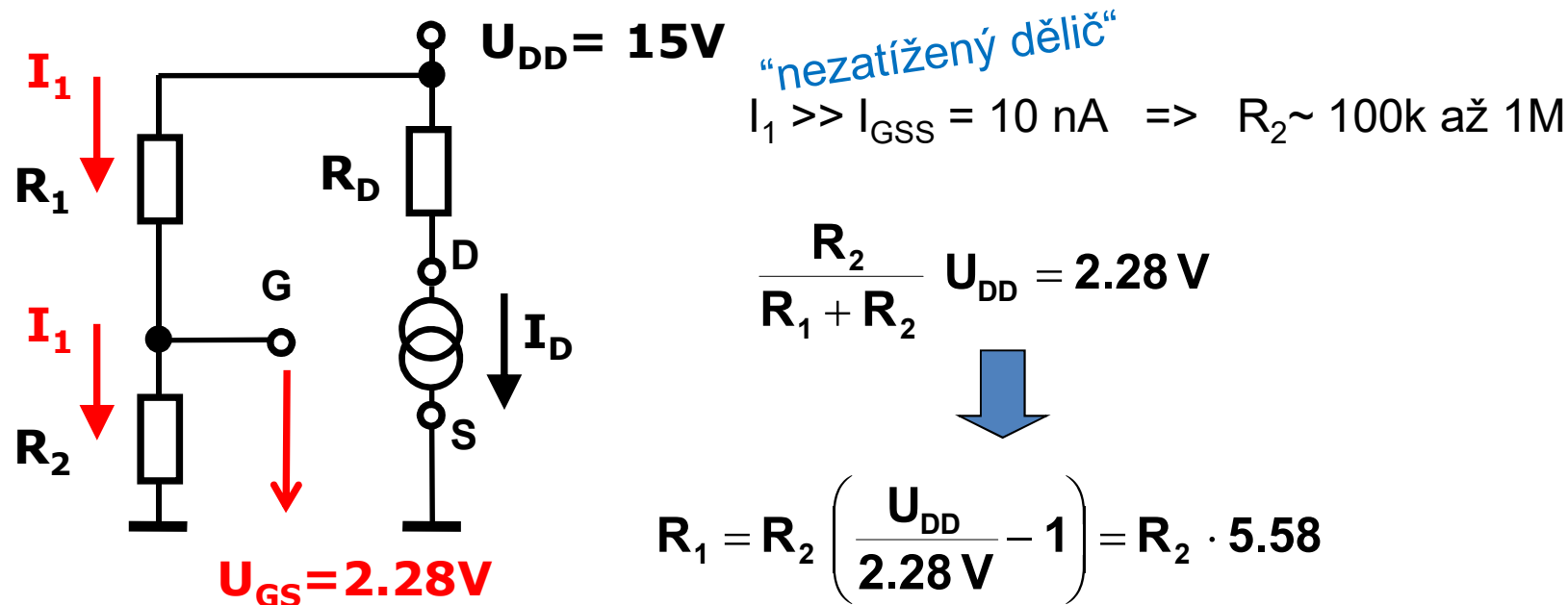
- Postup řešení:
1. Popsat obvod
  2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází
  3. Náhrada tranzistoru jeho modelem pro saturační oblast
  4. Stanovení parametrů modelu
  5. Výpočet  $U_{GS}$  a návrh odporového děliče  $R_1 R_2$



## C7.2 Určení/nastavení pracovního bodu tranzistoru MOSFET

### Příklad CP7.5:

- Postup řešení:
1. Popsat obvod
  2. Odhadnout stav, ve kterém se tranzistor nachází
  3. Náhrada tranzistoru jeho modelem pro saturační oblast
  4. Stanovení parametrů modelu
  5. Výpočet  $U_{GS}$  a návrh odporového děliče  $R_1 R_2$



Volíme-li  $R_2 = 100k$ , pak je  $R_1 = 560k$  a  $I_1 = 23\mu A$