

Unipolární tranzistor

unipolární = na přenosu proudu se podílí pouze jeden typ nosičů

- řízení pohybu nosičů náboje elektrickým polem → tranzistory řízené el. polem FET (Field Effect Tranzistor)

dle provedení se rozlišují:

- tranzistory s přechodovým hradlem JFET (Junction FET)
- tranzistory s izolovaným hradlem MOSFET (Metal Oxide Semiconductor FET)
- vedení proudu se uskutečňuje v tzv. kanále
 - kanál typu N (nosiči proudu jsou elektrony)
 - kanál typu P (nosiči proudu jsou díry)

Unipolární tranzistor – JFET

Elektrody:

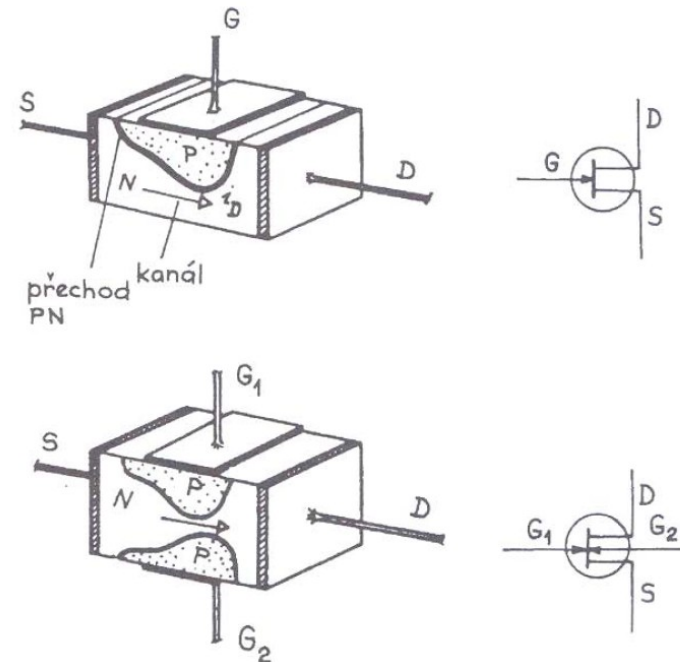
- S – source (emitor)
- D – drain (kolektor)
- G – gate (řídící elektroda)

Přechod P⁺N

při záporném napětí U_{GS} rozšiřování
oblasti prostor. náboje do N

→ změna tloušťky vodivého kanálu

→ změna velikosti proudu I_D

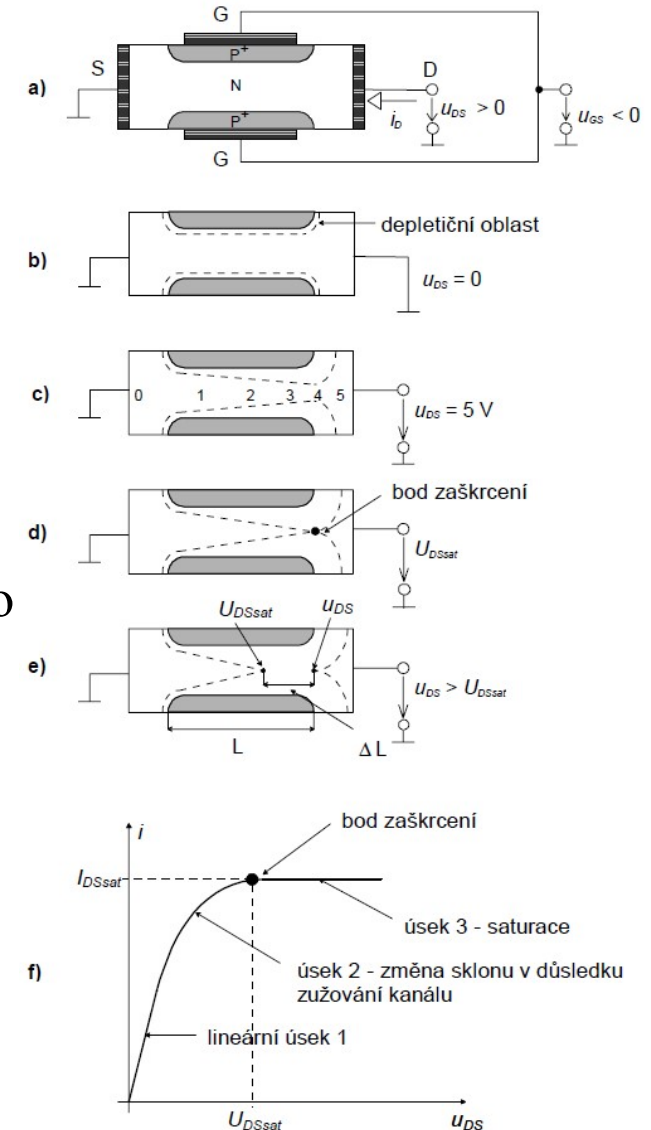


Tranzistor JFET s N kanálem
(princip a schématická značka)

Unipolární tranzistor – JFET

Činnost tranzistoru pro $U_{GS} = 0$ V

- vytvoření depletiční oblasti – ad b)
(rozšířeno do N)
- s rostoucím U_{DS} rozšiřování depletiční oblasti na straně D („závěrněji“ pólovaný přechod); proud I_D vzrůstá lineárně s rostoucím napětím U_{DS} – chování jako rezistor;
- při zvýšení napětí U_{DS} dojde vlivem konečného odporu kanálu k rozdělení potenciálu – ad c); vzrůstá odpor kanálu a I_D narůstá pomaleji
- při U_{DSsat} je kanál zaškrčen a proud I_D zůstává konstantní i při dalším navyšování U_{DS} – ad d)



Unipolární tranzistor – JFET

Činnost tranzistoru pro $U_{GS} < 0$ V

- depletiční oblast je rozšířena i při $U_{DS} = 0$ V
→ menší vodivost kanálu než při $U_{GS} = 0$ V
→ k zaškrvení kanálu dojde při menším napětí U_{DS} , tzn. U_{DSsat} je menší
- při $U_{GS} = U_P$ je depletiční oblast rozšířena přes celý kanál → $I_D = 0$ A

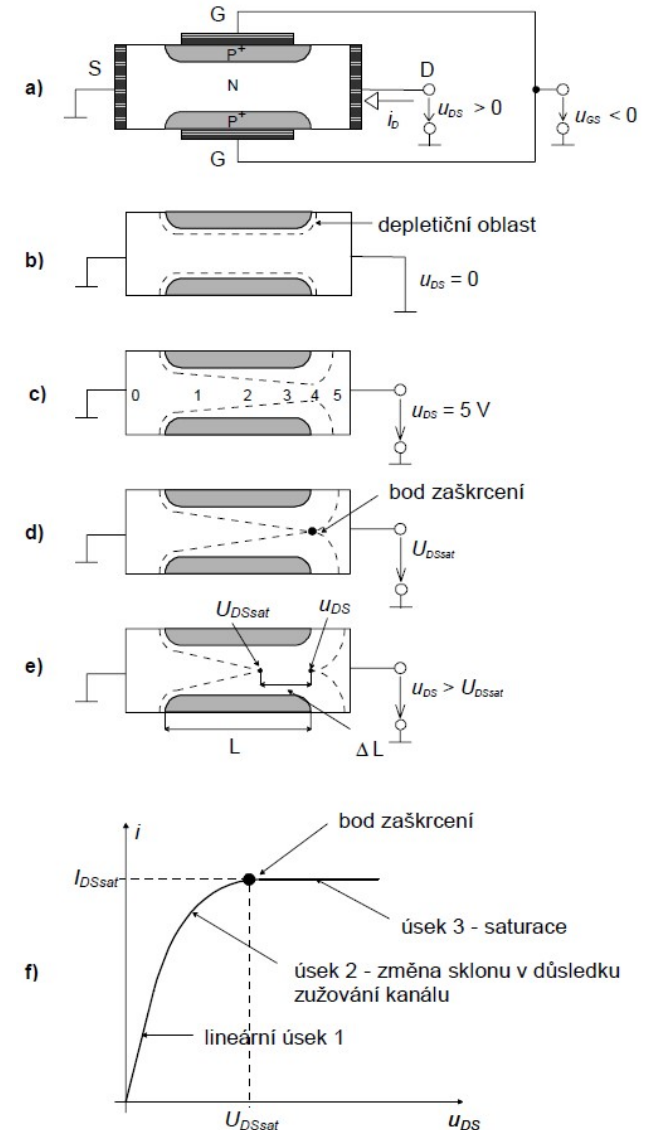
$$U_P = U_T - \text{prahové napětí (treshold)}$$

saturační napětí

$$U_{DSsat} = U_{GS} - U_P$$

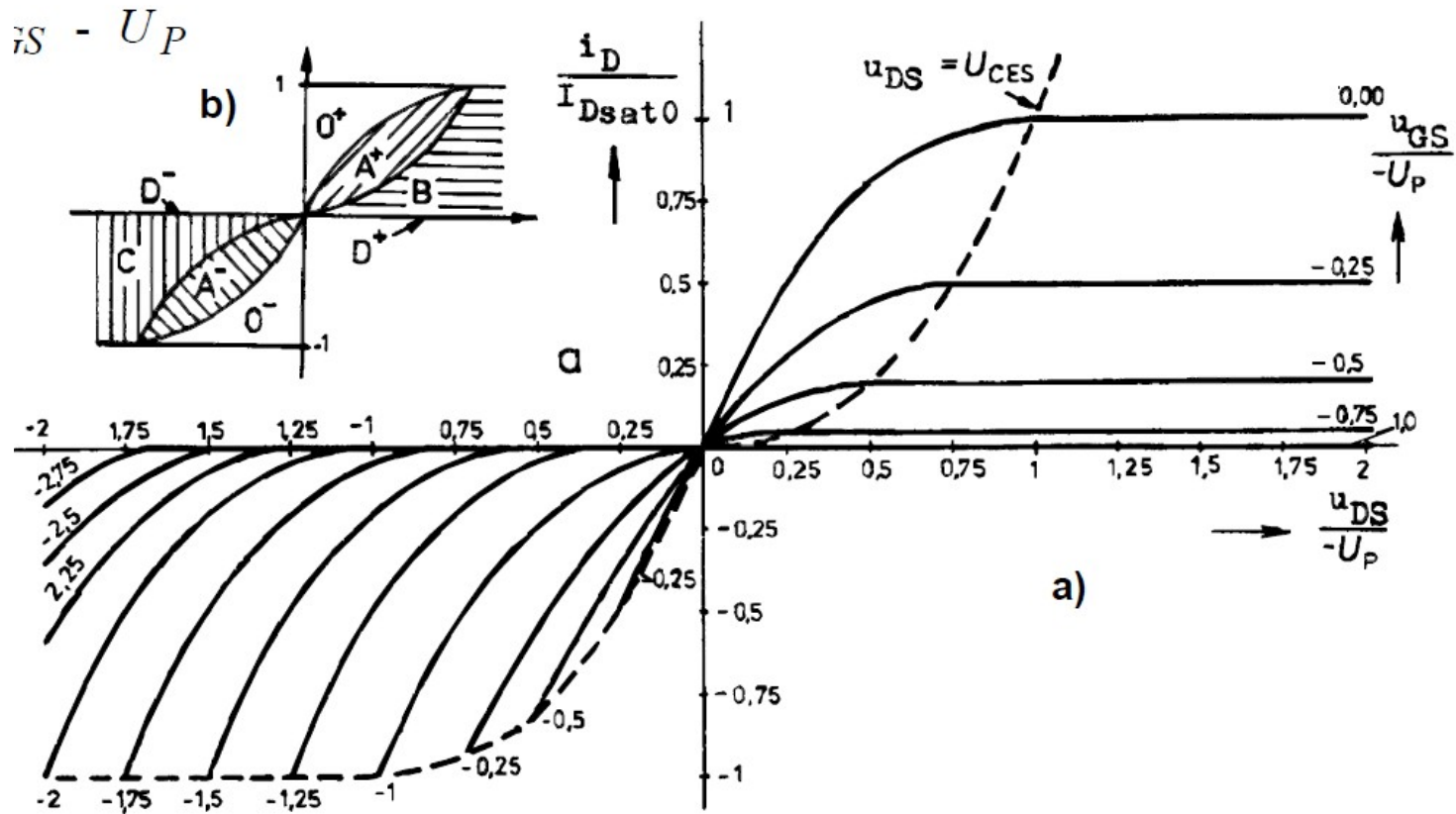
proud v saturačním režimu

$$I_D = I_{DSat0} \left(1 - \frac{U_{GS}}{U_P} \right)^2$$



Unipolární tranzistor – JFET

Normované výstupní charakteristiky

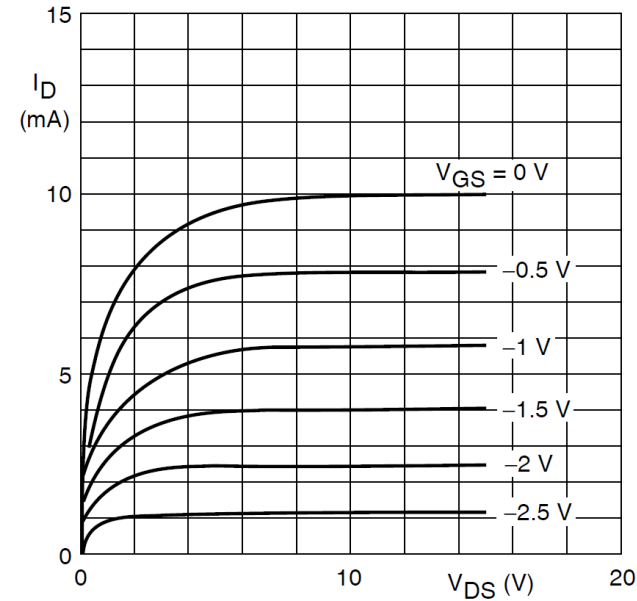
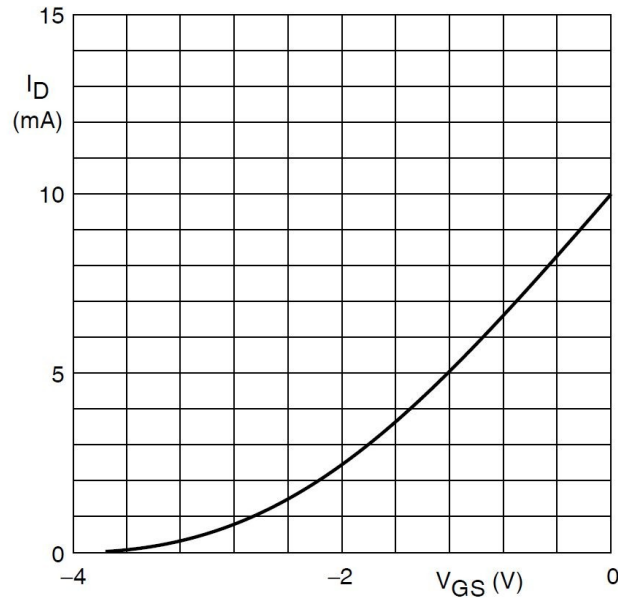


Unipolární tranzistor – JFET

převodní charakteristika

výstupní charakteristika

BF245B (BF545B)



Strmost hradla:

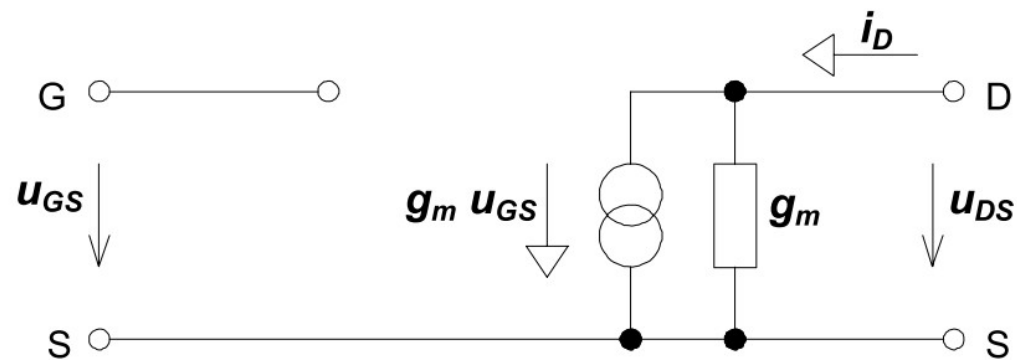
$$g_m = \left. \frac{\partial i_D}{\partial u_{GS}} \right|_{u_{DS}=\text{konst}} \quad (\text{až } 3,5 \text{ mA/V})$$

Napětový zes. činitel:

$$\mu_g = - \left. \frac{\partial u_{DS}}{\partial u_{GS}} \right|_{i_D=\text{konst.}}$$

Unipolární tranzistor – JFET

malosignálový model



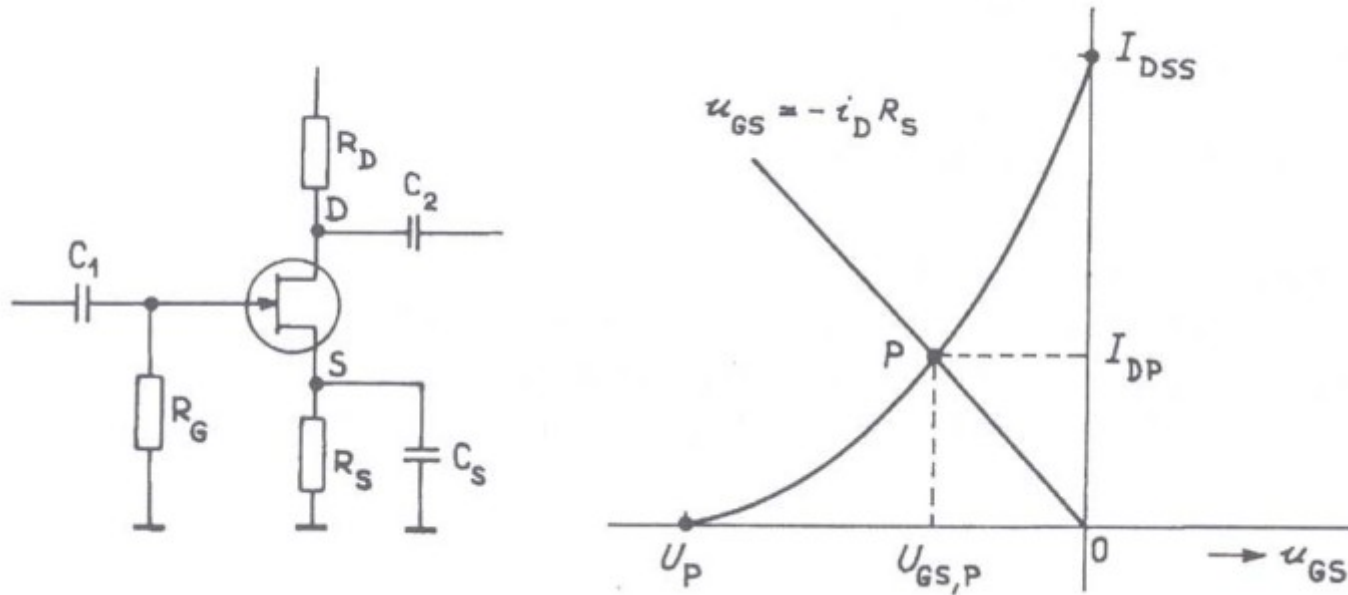
g_m – obdobný význam jako β u bipolárního tranzistoru

velikost vstupního odporu cca $10^{11} \Omega$

zapojení tranzistoru: SS, SG, SD (SE, SB, SC)

Unipolární tranzistor – JFET

ukázka zapojení

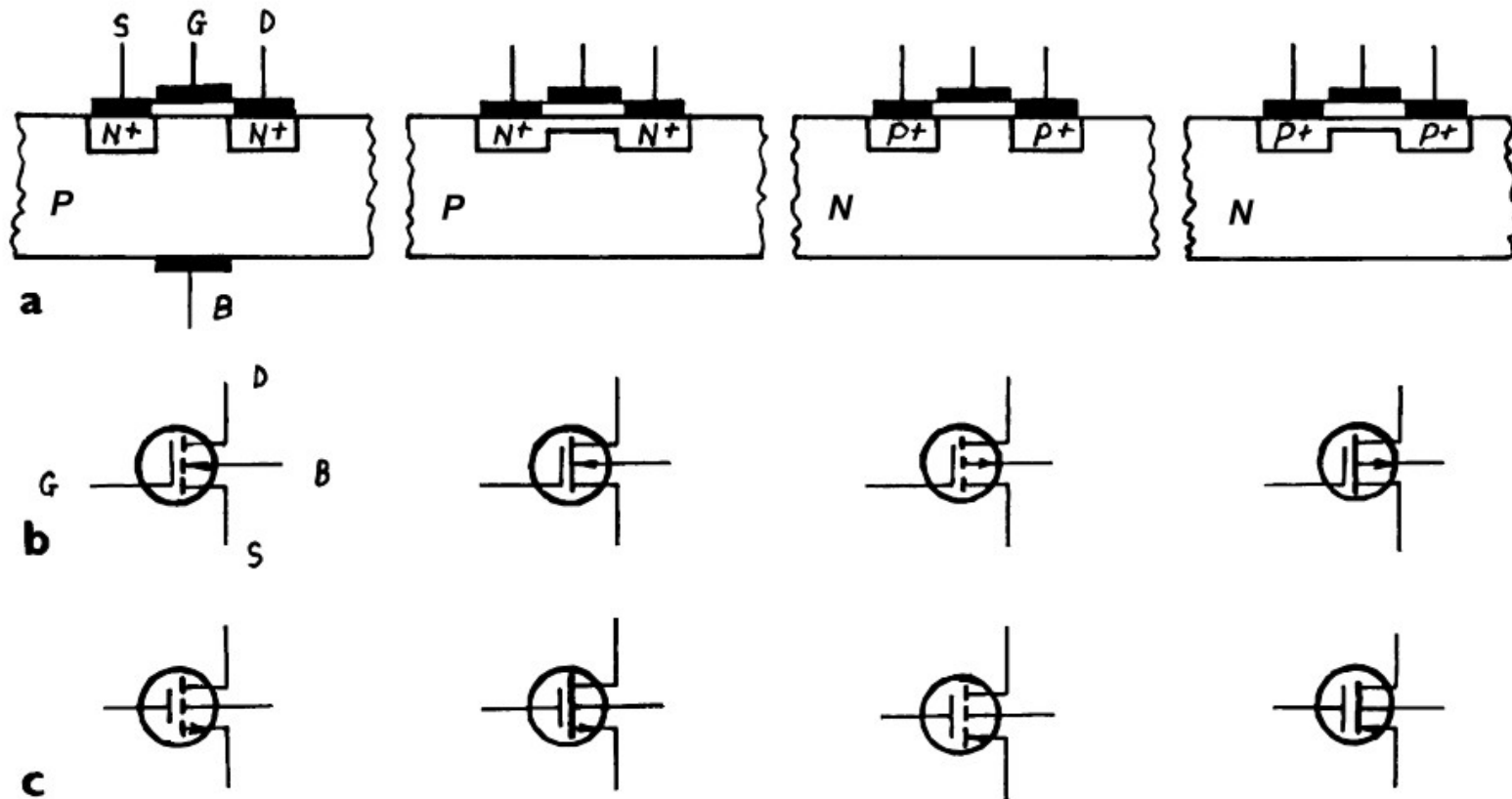


záporné předpětí na G se realizuje rezistorem R_S

Unipolární tranzistor – MOSFET

NMOS

PMOS



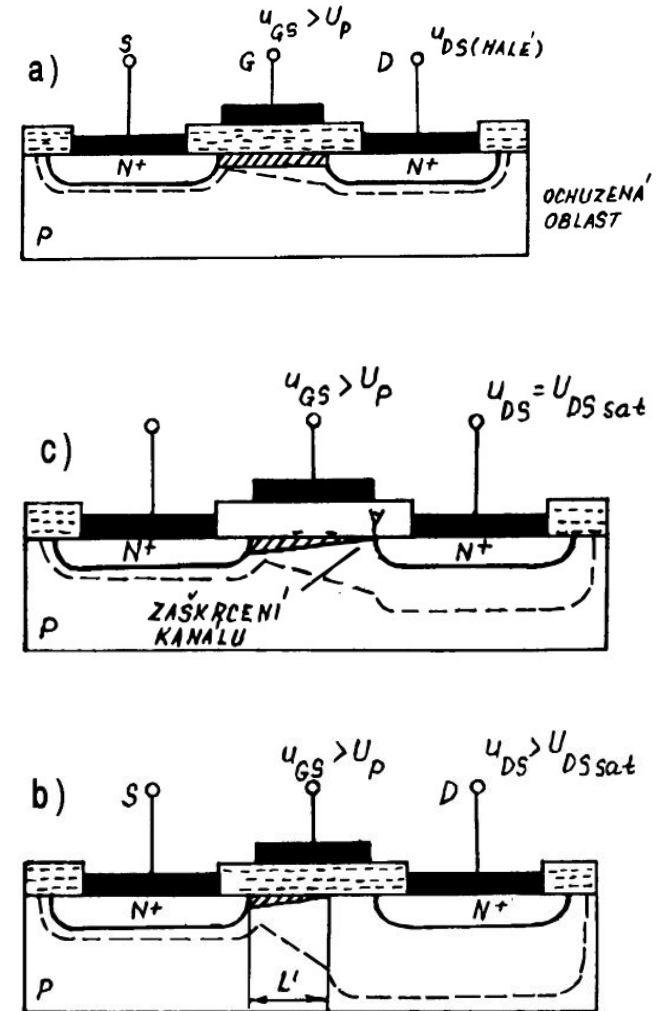
Unipolární tranzistor – MOSFET

Činnost tranzistoru – indukovaný kanál:

- $U_{GS} = 0 \text{ V}$ a $U_{DS} > 0 \text{ V}$,
proud I_D velmi malý (jednotka nA)
- $U_{GS} > U_P$ a $U_{DS} > 0 \text{ V}$
pod G vytvořena inverzní vrstva (N)
kanálem teče proud I_D s rostoucím
 U_{GS} roste velikost I_D
- při překročení $U_{DS} > U_{DSsat}$
zůstává velikost I_D konstantní
(snižuje se rozdíl napětí mezi D a G)
- tranzistor pracuje v obohacovacím
režimu (enhancement mode)

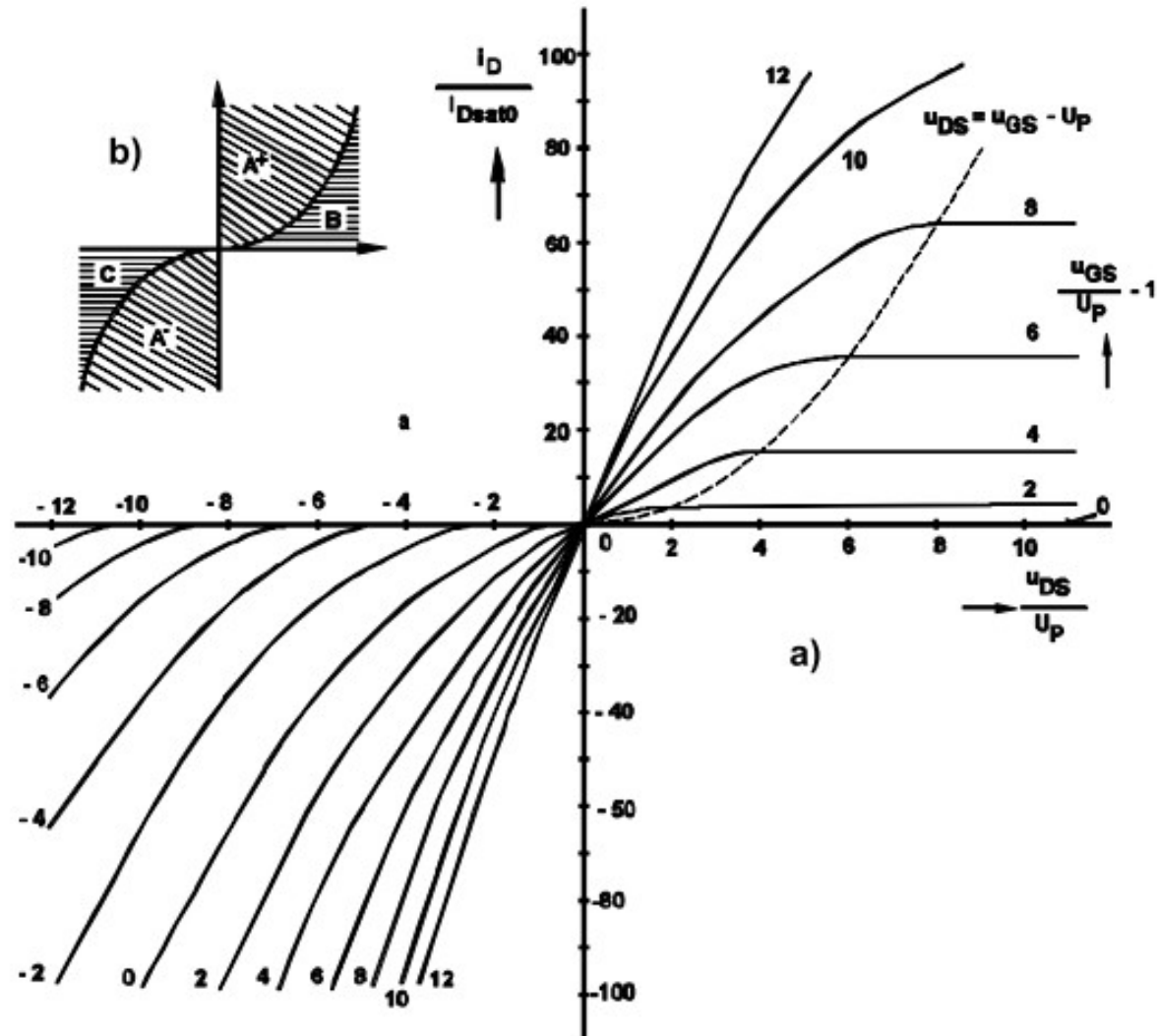
saturační napětí: $U_{DSsat} = U_{GS} - U_P$

satur. proud: $I_D = I_{Dsat0} \left(\frac{U_{GS}}{U_P} - 1 \right)^2$



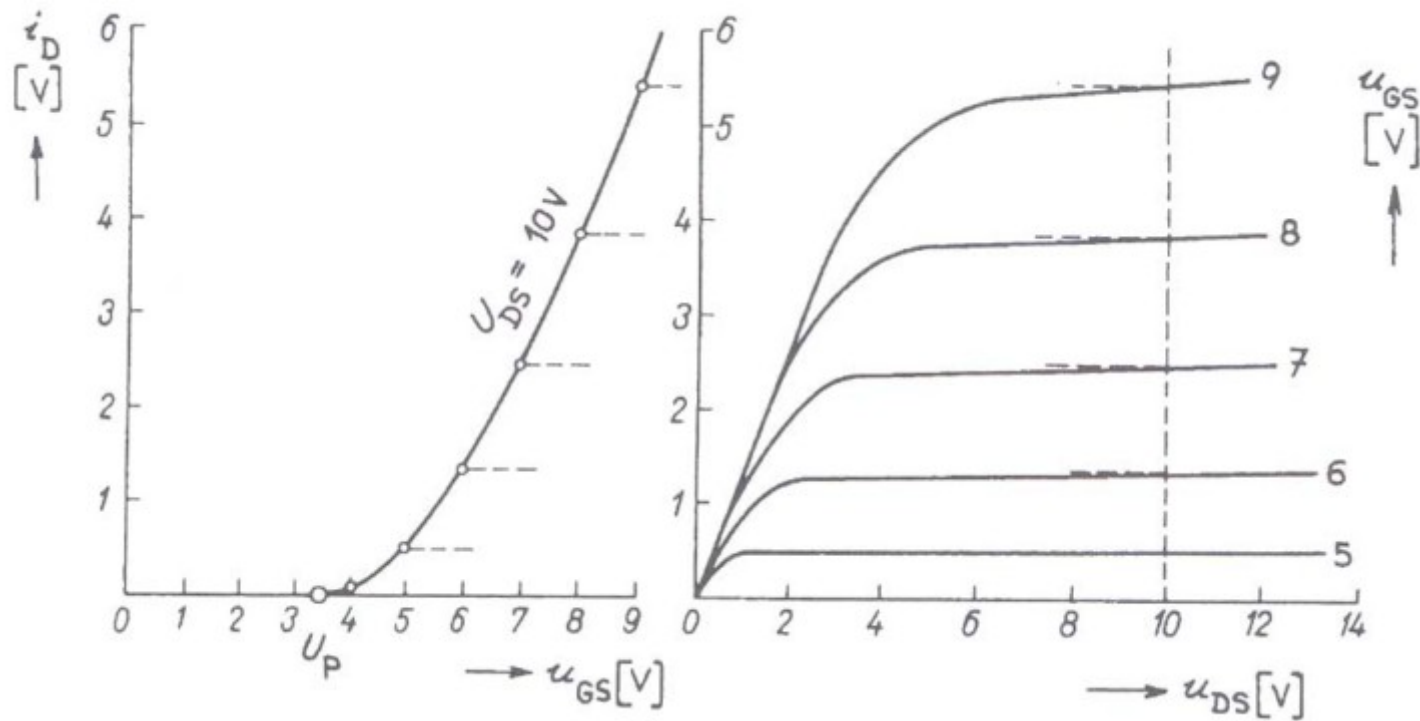
Unipolární tranzistor – MOSFET

Normované výstupní charakteristiky



Unipolární tranzistor – MOSFET

Převodní a výstupní charakteristika



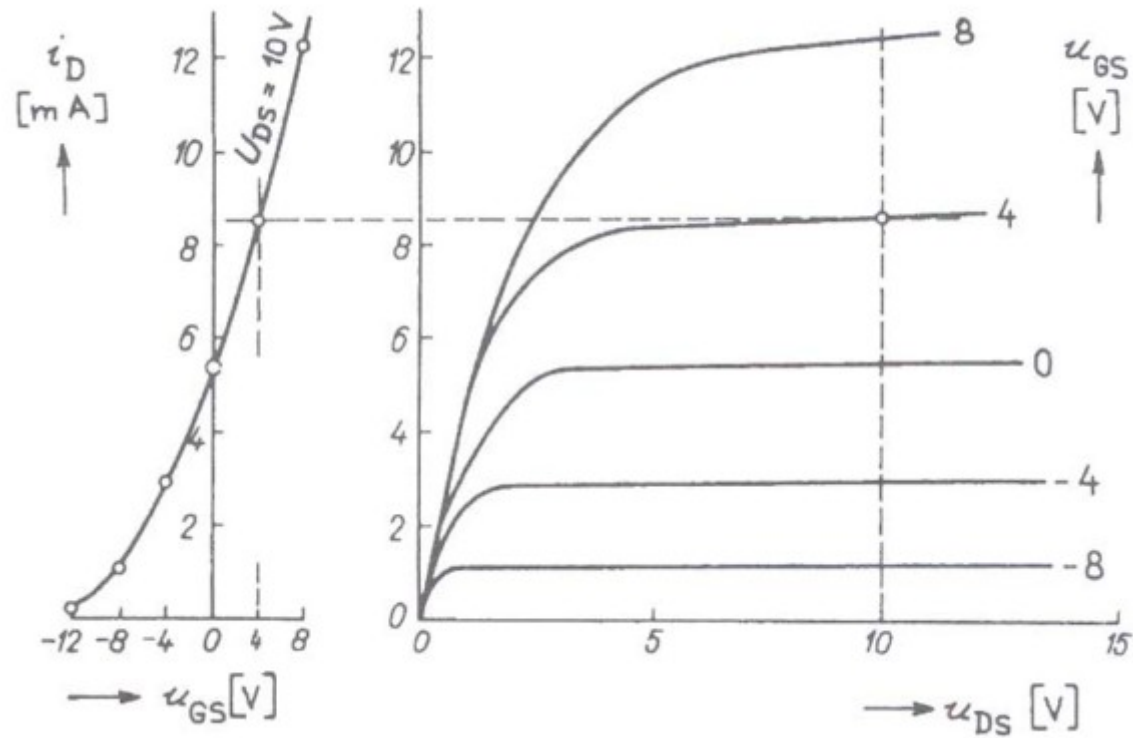
Unipolární tranzistor – MOSFET

Činnost tranzistoru – trvalý kanál:

- difúzí nebo iontovou implantací vytvořen vodivý kanál mezi D a S
- proud I_D i při $U_{GS} = 0$ V
- tranzistor pracuje v ochuzovacím režimu (depletion mode)
- U_P – prahové napětí
dojde k zániku kolektorového proudu

Unipolární tranzistor – MOSFET

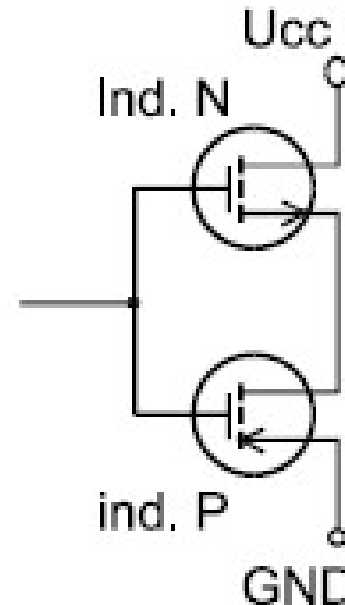
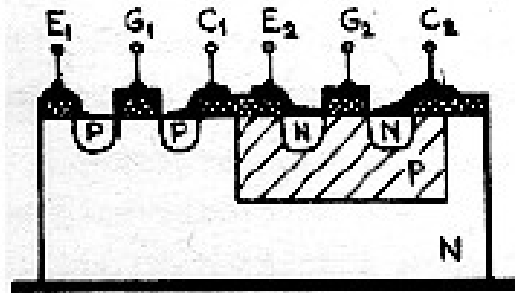
Převodní a výstupní charakteristika



CMOS struktura

Complementary MOS

- vysoká spínací rychlost
- malé napájecí napětí
- malý příkon



Literatura – hlavní zdroj informací pro unipolární tranzistory:

Musil, V. a kol.: *Elektronické součástky*. 2. vyd. Brno: VUT, 1996.

ISBN 80-214-0821-9.(Skriptum)