



## Elektronika a Mikroelektronika A4B34EM

### 6. přednáška

- Unipolární tranzistory
- Aplikace a vlastnosti

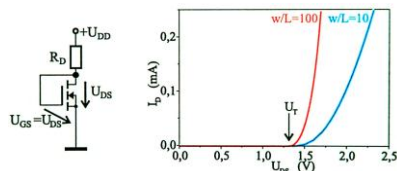


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## MOSFET aplikace

### Diodové zapojení MOSFETu

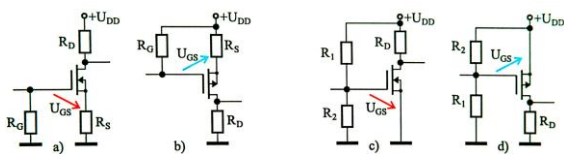


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Nastavení pracovního bodu

- Nastavení pracovního bodu tranzistoru se zabudovaným kanálem pro  $U_{GS} \ll 0$ :

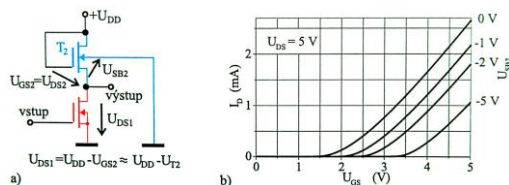


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zapojení z aktivní zátěží

- Tranzistor T2 je v diodovém zapojení – aktivní zátěž
- Charakteristika ukazuje vliv předpětí source-substrát na převodní charakteristiku



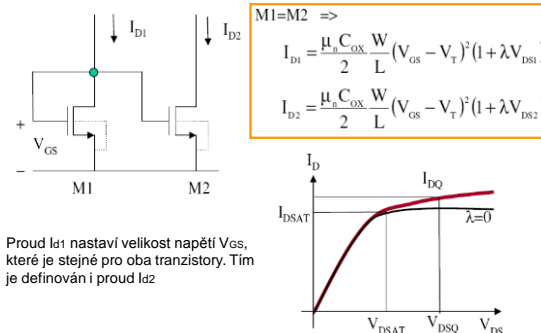
Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Proudová zrcadla a základní zesilovací stupně



## Proudové zrcadlo



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Princip činnosti

Oba tranzistory mají shodné vlastnosti  
Tranzistory jsou v aktivním režimu

$$I_{D2} = \frac{\mu_n C_{OX}}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_T)^2 (1 + \lambda_2 V_{DS2})$$

$$I_{D2} = \frac{\mu_n C_{OX}}{2} \left( \frac{W}{L} \right)_2 (V_{GS} - V_{T2})^2 (1 + \lambda_2 V_{DS2})$$

$$I_{D1} = \frac{K_{P2} (V_{GS} - V_{T2})^2 (1 + \lambda_2 V_{DS2})}{K_{P1} (V_{GS} - V_{T1})^2 (1 + \lambda_1 V_{DS1})} N I_{D1}$$

Chyba:  $\approx \lambda_2 V_{DS2} - \lambda_1 V_{DS1}$   $\lambda \propto \frac{1}{L}$

Chyba:  $\approx K_{P2} - K_{P1}$

Chyba:  $\approx V_{T2} - V_{T1}$

Zvýšením délky kanálu se redukuje chyba nepřesnosti zrcadlení

Chyba může být minimalizována správným layoutem

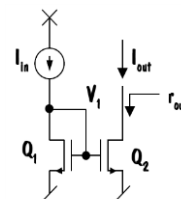


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Jednoduché proudové zrcadlo CMOS

- Použití:**
  - Zdroj proudu
  - Násobička proudu
  - Aktivní zátěž s vysokým odporem



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Základní zesilovací stupeň CMOS



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným sourcem

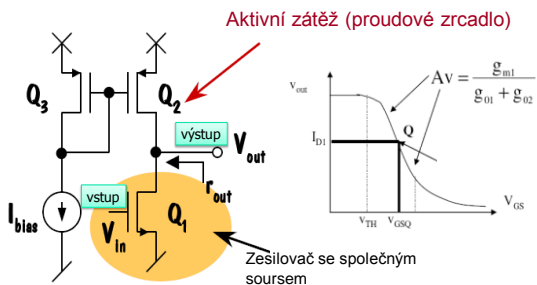
- Nejpoužívanější zesilovací stupeň, zejména vyžadujeme-li vysoký výstupní odpor
- Aktivní zátěž zajišťuje vysoko-impedanční zatížení bez nutnosti použití odporu vysoké hodnoty nebo vysokého napájecího napětí
- Pomocí aktivní zátěže je při daném napájecím napětí dosaženo většího zisku (zesílení)
- Např.: při zátěži  $1M\Omega$  a požadavku na proud  $100\mu A$  bychom potřebovali napájecí napětí  $1M\Omega \times 100\mu A = 100V$



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným sourcem

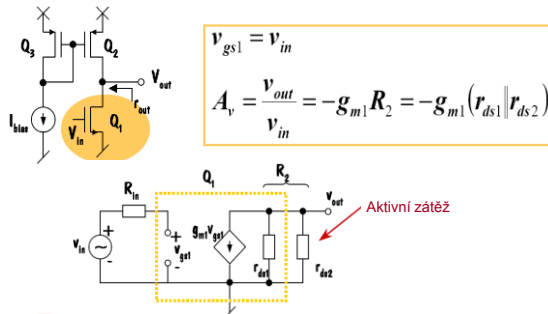


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným sourcem Model pro malý signál

Tranzistory Q2 a Q3 musí být v aktivním režimu



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným drainem sledovač

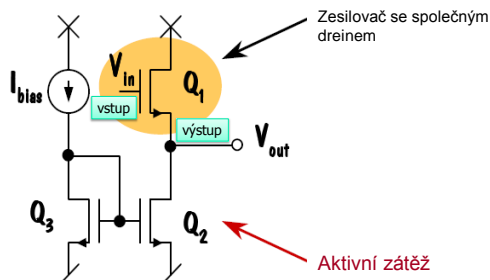
- Nejčastější použití – napěťový buffer (napěťový sledovač)
- Napěťový zisk se ideálně blíží jedné
- Proudový zisk  $\gg 1$



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným drainem sledovač

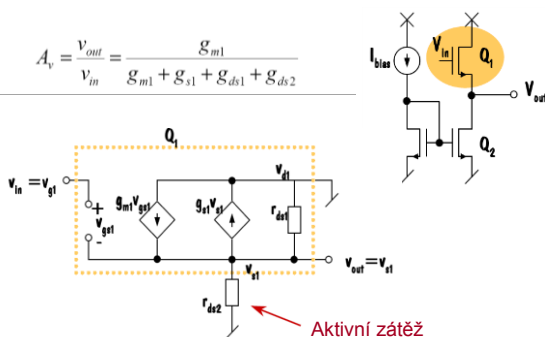


Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným drainem Model pro malý signál

$$A_v = \frac{v_{out}}{v_{in}} = \frac{g_{m1}}{g_{m1} + g_{s1} + g_{ds1} + g_{ds2}}$$



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným gatem

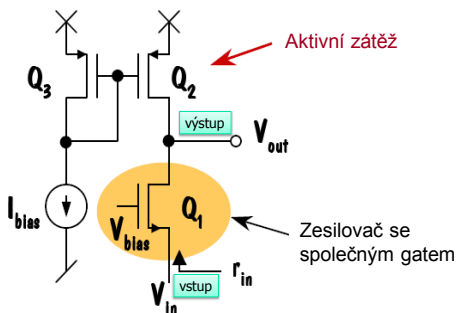
- Zesilovač SG vykazuje malý vstupní odpor
- Příklad použití:
  - Terminátor datové linky se vstupní impedancí  $50\Omega$
  - První stupeň zesilovače kde je nutné zesílit proud místo napětí



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL



## Zesilovač se společným gatem



Jiří Jakovenko – Elektronika a Mikroelektronika - Katedra mikroelektroniky – ČVUT FEL