

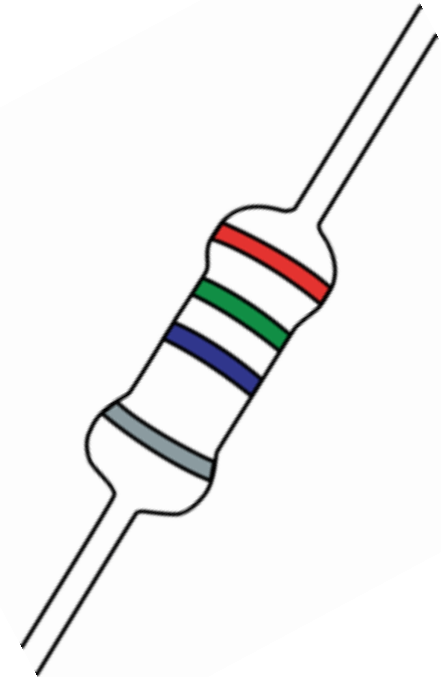
nMOSFET - förstärkare

- Gemensam Source
- Gemensam Drain
- Differentiell förstärkare

- Dubbel matningsspänning

- Operationsförstärkare

Kompendium (med övningar) om transistorer & kretsar på hemsidan!



Lab 5 & Projekt

Laboration 5 – vanlig lab utan rapport

Projekt VT

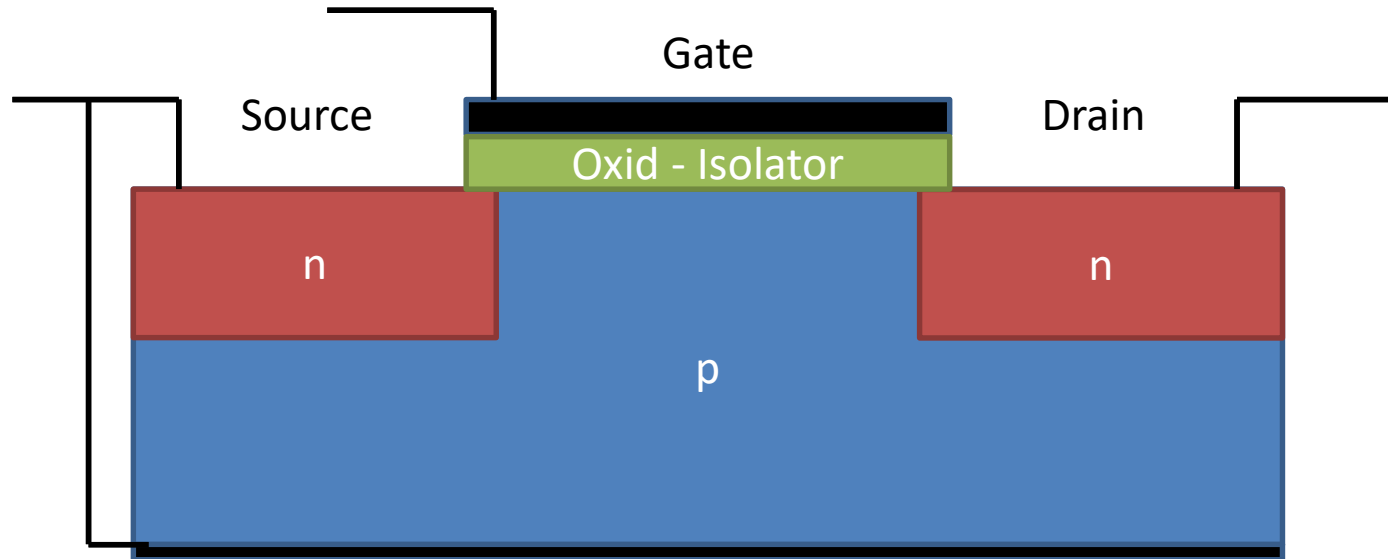
Är du tilldelad en projektgrupp?

Gästföreläsning - Onsdag

- **LTH:s rektor Viktor Öwall**
- Professor I Digital Elektronik
- Från enkla NAND/NOR till datorer och maskininlärning



MOSFET – Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

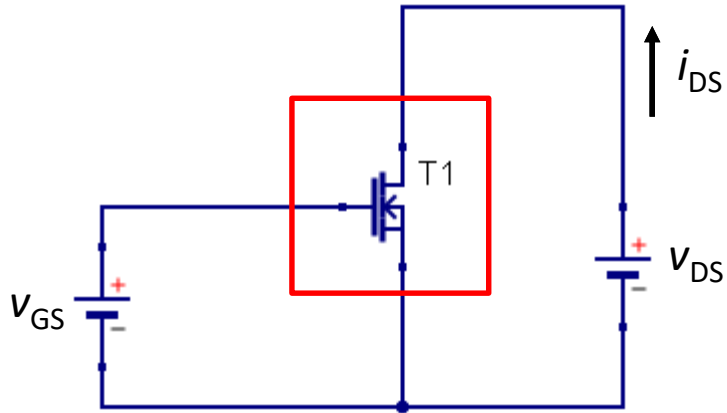


Metall-Isolator-Halvledare

Positiv spänning mellan gate och source inducerar kanal. $V_{GS} > V_T$

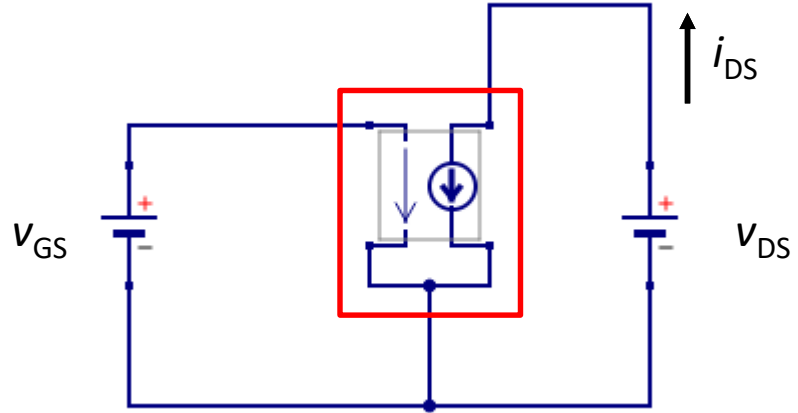
Positiv spänning mellan drain och source ger upphov till en ström i_{DS}

Triod / Mättnadsområdet: $v_{DS} > v_{gs} - V_{T0}$



$$v_{DS} < v_{DS,sat}$$

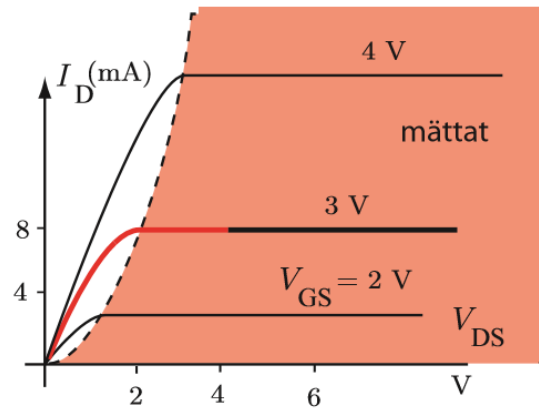
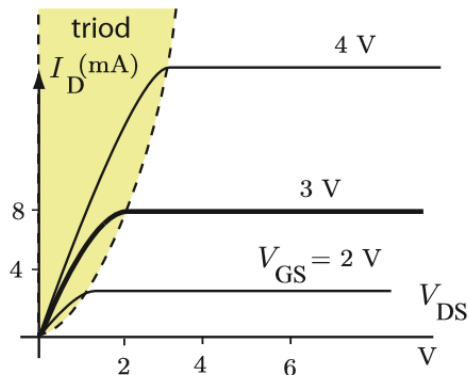
$$i_{DS} = K_{lin}(v_{GS} - v_T)v_{DS}$$



$$v_{DS} > v_{DS,sat}$$

$$i_{DS} = K_{sat}(v_{GS} - v_T)$$

Analog Elektronik



2N7000 – ~ 10 μm L_g

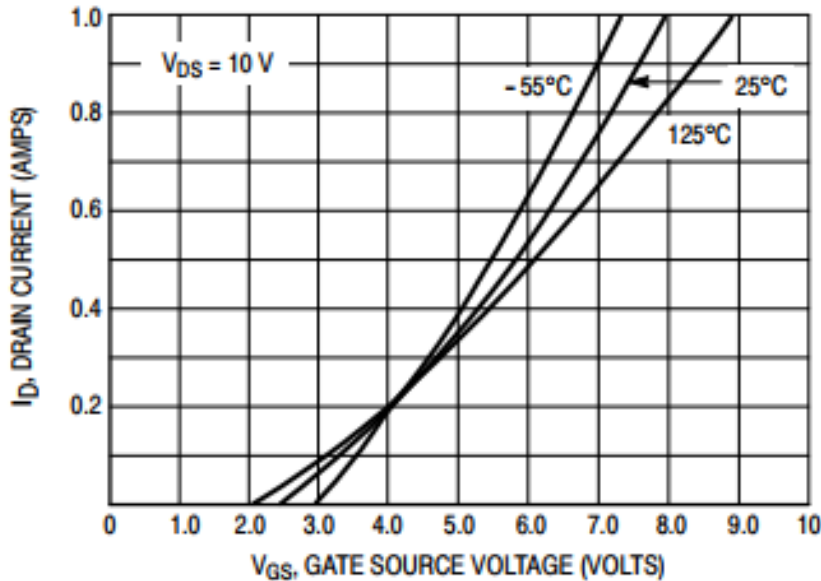


Figure 2. Transfer Characteristics

Diskreta komponenter - μm -långa strukturer

Höga spänningar (10-60V!)

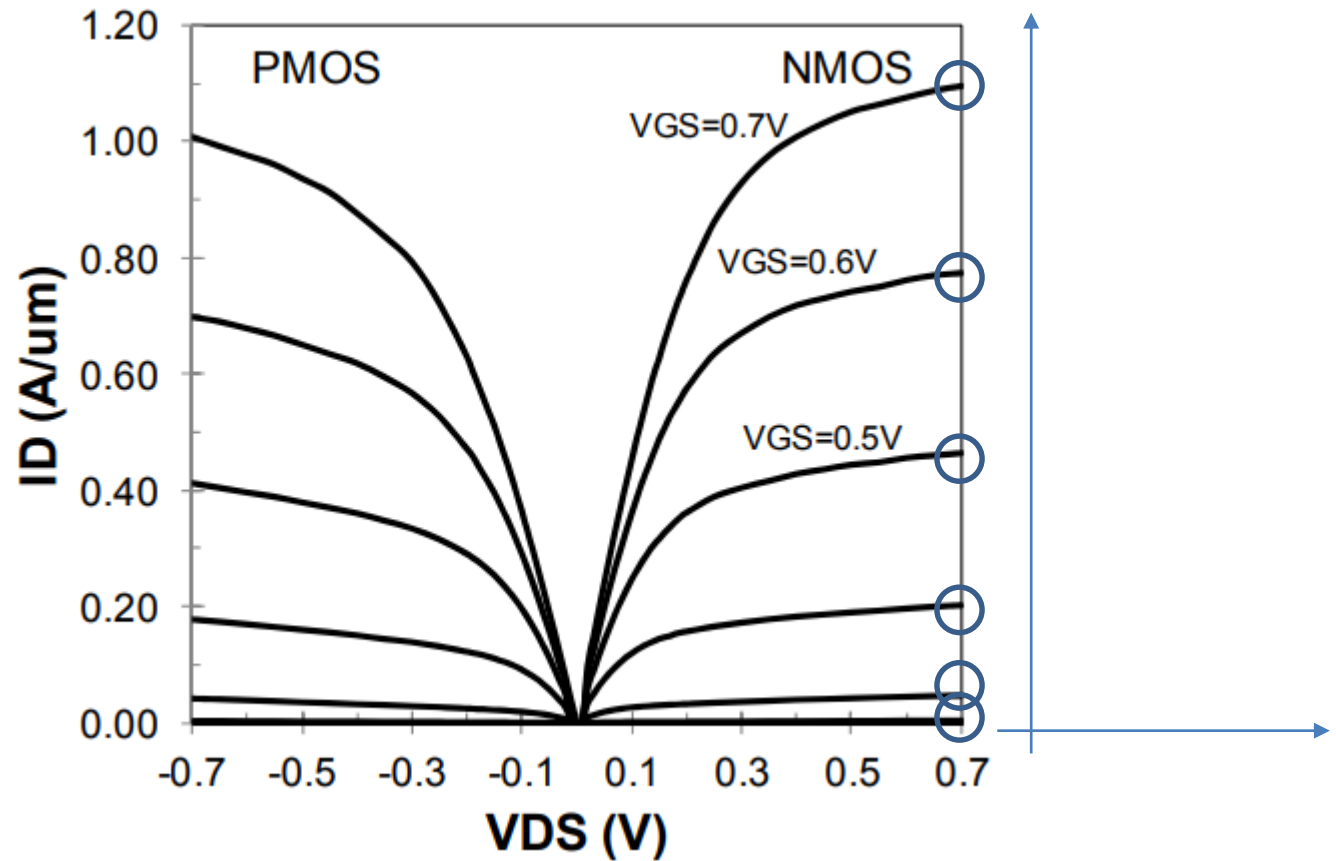
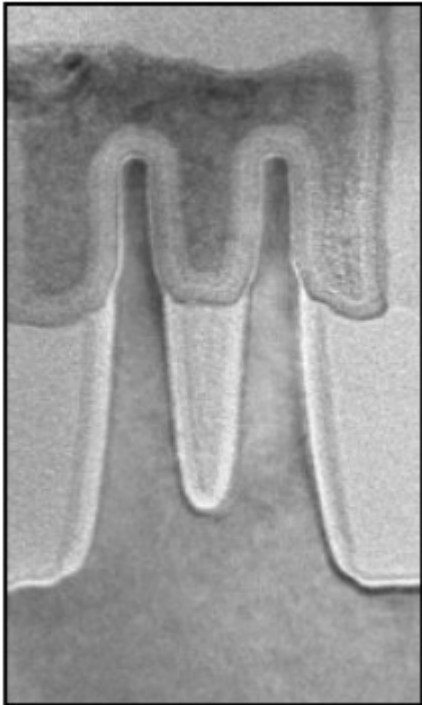
Kvadratisk förhållande – spänning ström i mättnadsområdet

$$i_{ds} \approx K(v_{gs} - v_t)^2$$

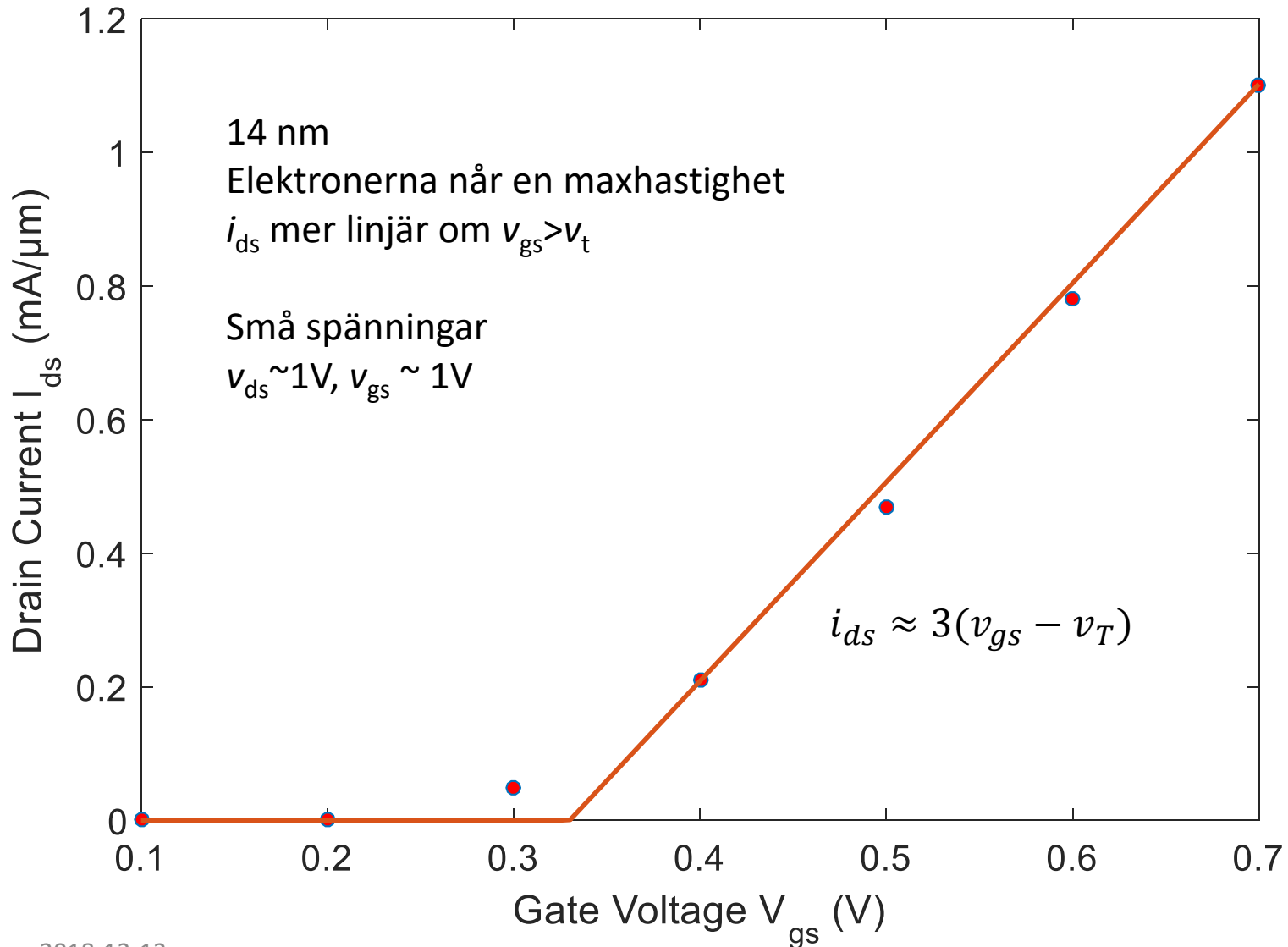
Den kvadratiske ekvationen finns i alla standardläroböcker

Noggrann för (stora) (40 år gamla) MOSFETs

Modern CMOS-transistor (14 nm)



Nanoelektronik



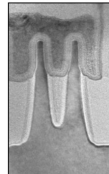
Vanliga nMOS Transistormodeller

$$R_{on} = \frac{1}{K(v_{gs} - V_T)}$$

Linjära området

$$v_{ds} \ll (v_{gs} - v_T)$$

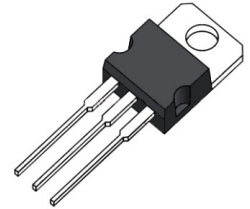
Integrerad transistor - *nm*



$$i_{ds} \approx K_{sat}(v_{gs} - v_T)$$

$$i_{ds} = K_{sat}(v_{gs} - v_T) \underbrace{(1 + \lambda v_{ds})}$$

Diskret transistor - *μm*



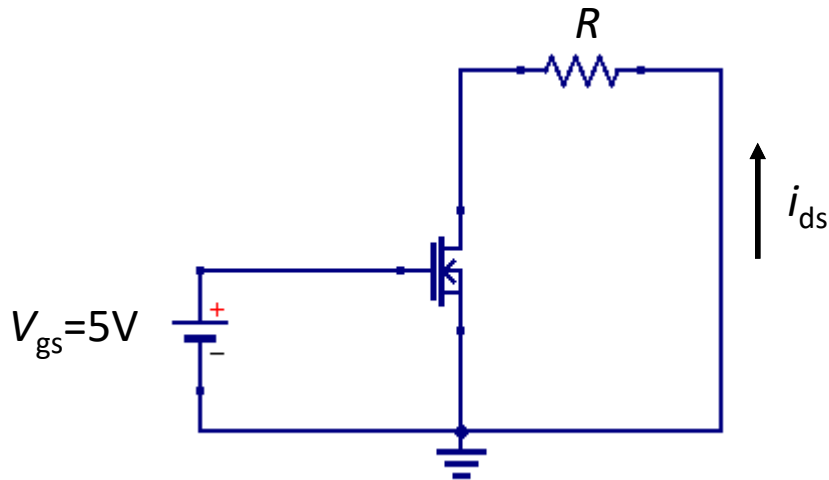
$$i_{ds} \approx K_{diff}(v_{gs} - v_T)^2$$

$$i_{ds} = K_{diff}(v_{gs} - v_T)^2 (1 + \lambda v_{ds})$$

1. 'Gissa' strypt, linjär eller **mättnadsområdet**
2. Ersätt transistor med ekvivalent kretsmodell
3. Lös med nodanalys, Thevenin etc..
4. Kontrollera operationsområdet $v_{ds} > (v_{gs} - v_T), v_{gs} > v_T$

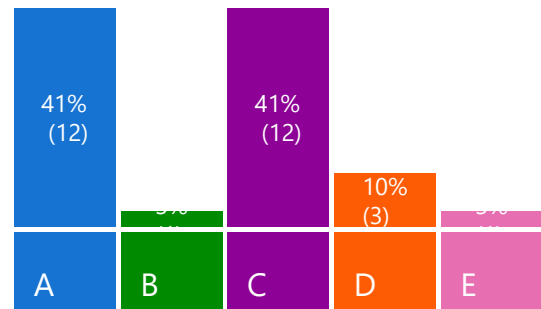
MOSFET

Transistorn har $V_T=2V$
Vad blir strömmen i_{ds} ?



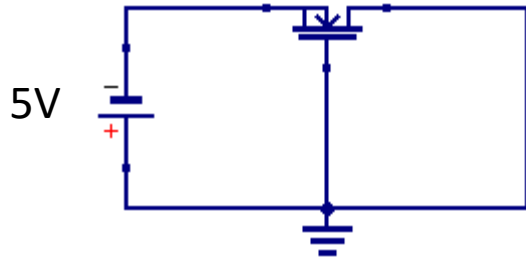
- A. $i_{ds} = K(5 - 2)$
- B. $i_{ds} = K(2 - 5)$
- C. $i_{ds} = 0$
- D. Kan ej bestämmas då v_{ds} okänd.
- E. ??

Nano.participoll.com



MOSFET

Vad blir V_{GS} och V_{DS} ?

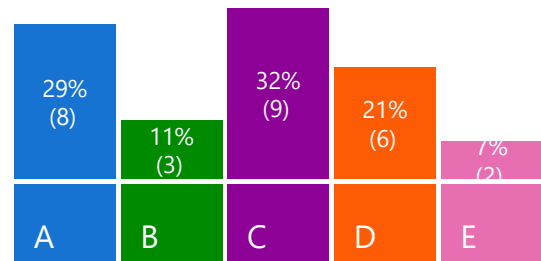


- A. $V_{GS} = -5V, V_{DS} = 0V$
- B. $V_{GS} = 5V, V_{DS} = 0V$
- C. $V_{GS} = 0V, V_{DS} = 0V$
- D. $V_{GS} = 5V, V_{DS} = 5V$
- E. ???

Nano.participoll.com

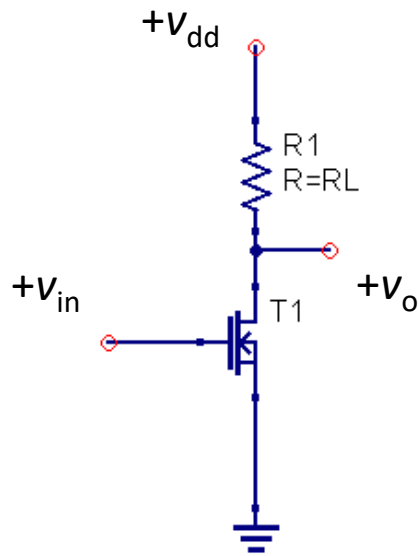
2018-12-12

Föreläsning 5, Elektronik 2018



vote at nano.participoll.com

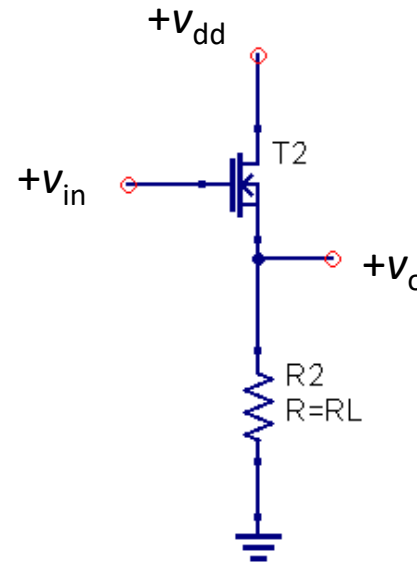
Gemensam source / Gemensam Drain



$$v_o = v_{dd} - K_{sat}R_L(v_{in} - v_t)$$

$$R_o = R_L$$

Ger spänningsförstärkning
Hög utresistans



$$v_o \approx v_{in} - v_t$$

$$R_o \approx \frac{1}{K}$$

Spänningsförstärkning 1:1
Låg utresistans

Strömkälla

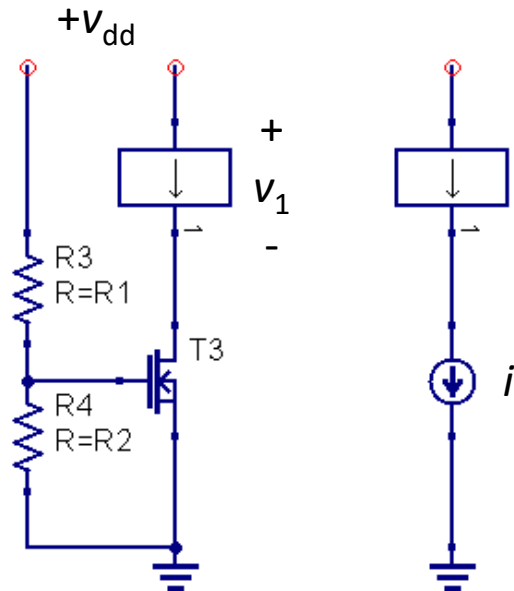
$$v_g = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{dd}$$

$$i_S = K_{sat}(v_g - v_S - v_T)$$

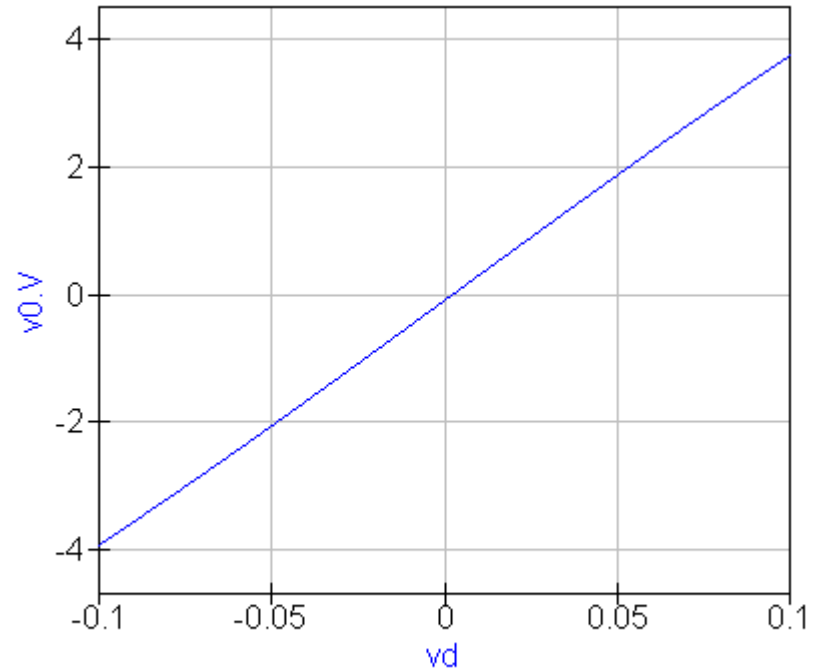
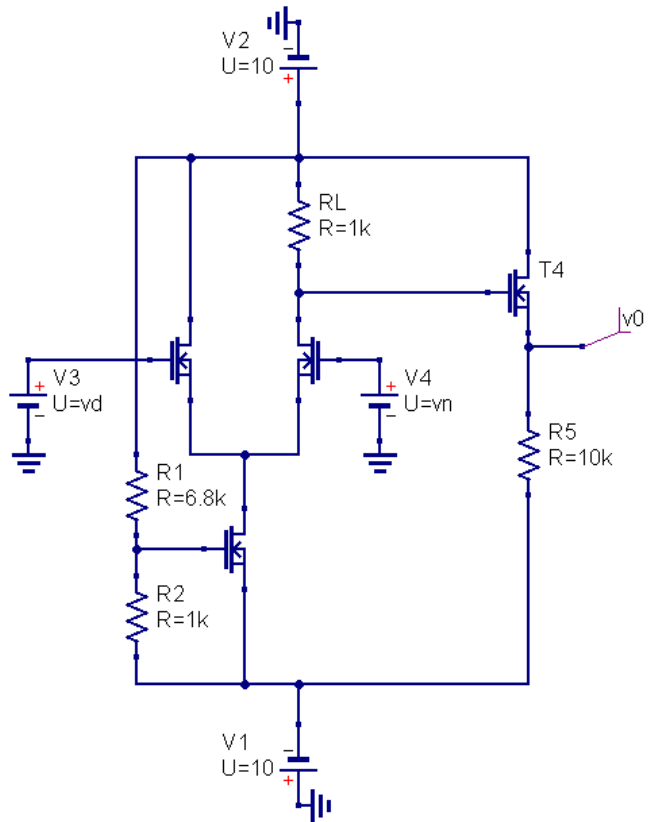
Så länge transistorn är mättad:

$$v_{dd} - v_1 - v_g > v_t$$

v_1 – spänningsfall över delkrets där strömmen i_s passerar.



Väldigt Enkel op-amp - implementering



$$A_d \sim 20 \times$$

Analogelektroniken – hur gör vi en op:amp mycket bättre...

dc-simulering

DC1

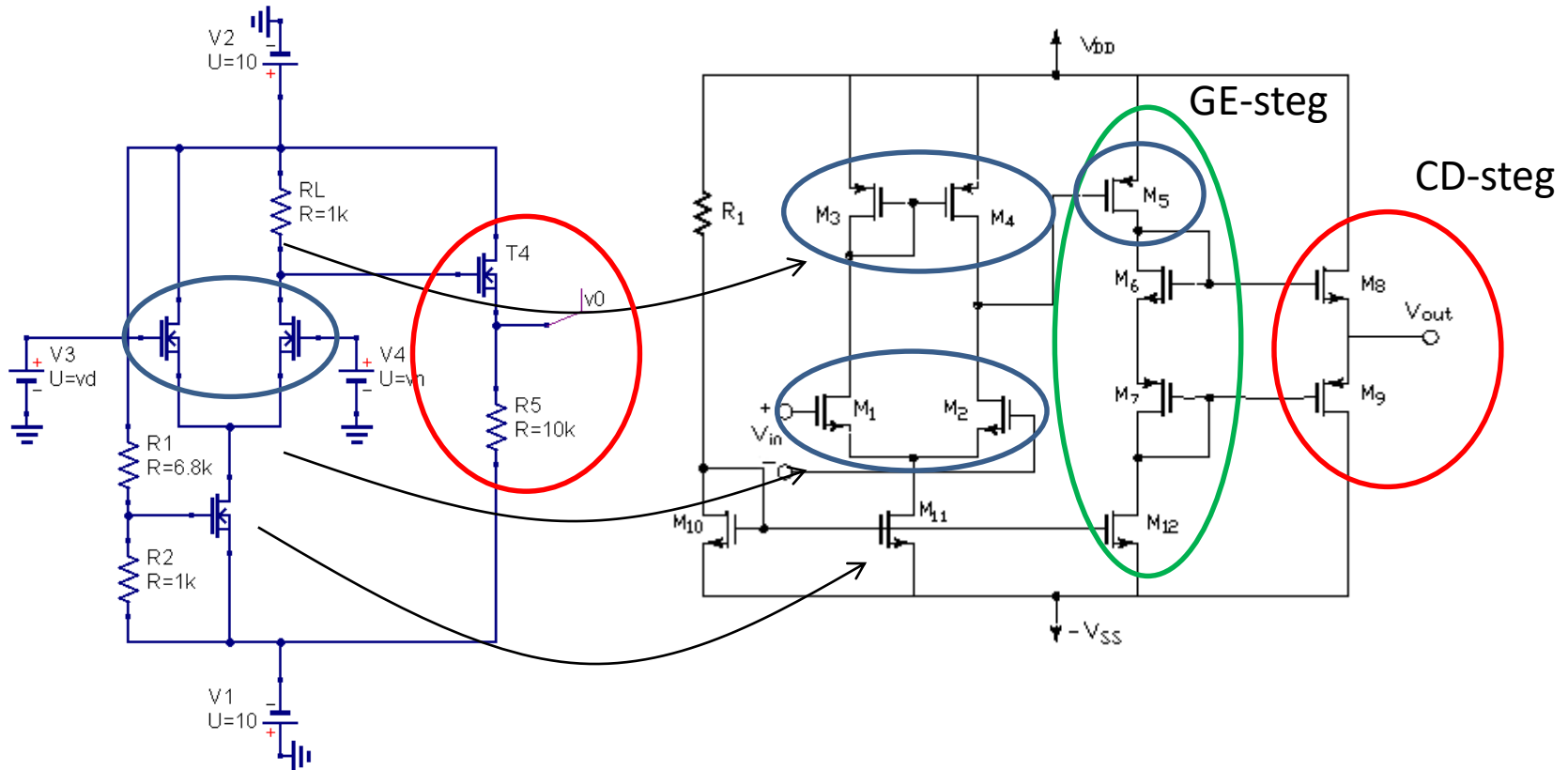
Parametersv

SW1
Sim=DC1
Type=lin
Param=vd
Start=.1
Stop=-0.1
Points=30

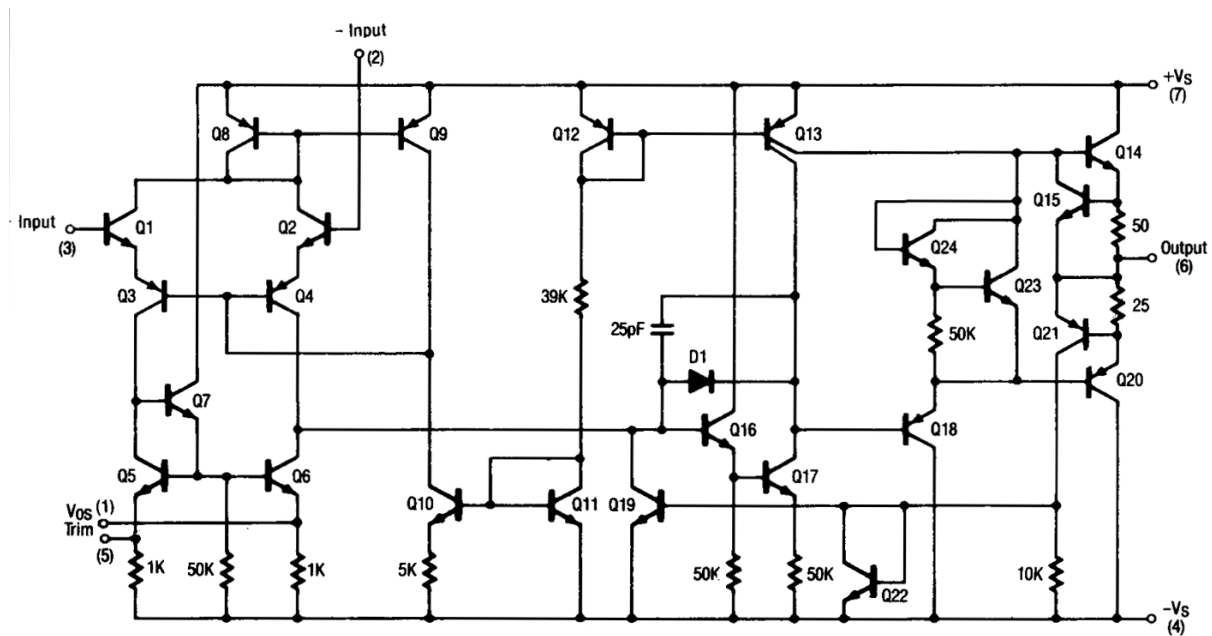
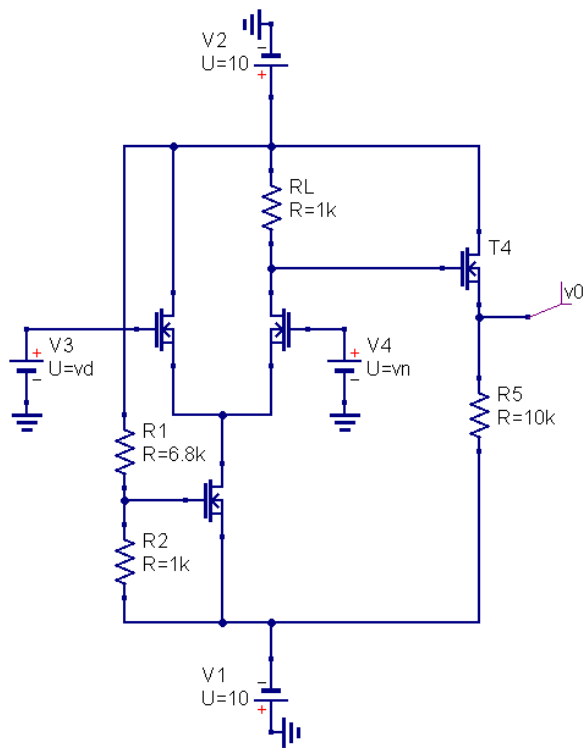
Ekvation

Eqn1
vn=-vd

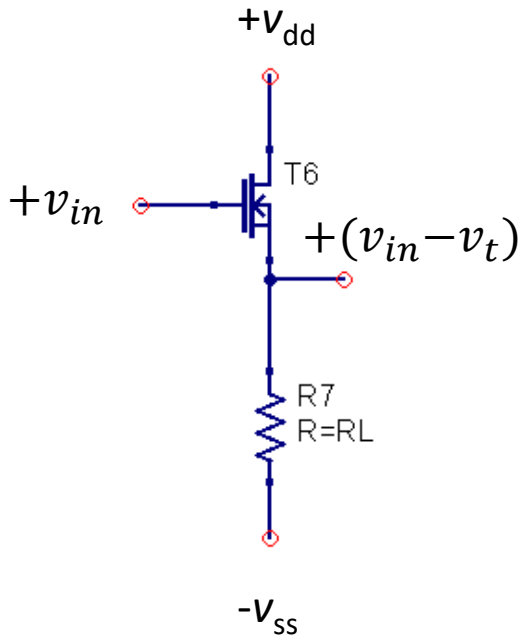
Bättre op-amp - implementering



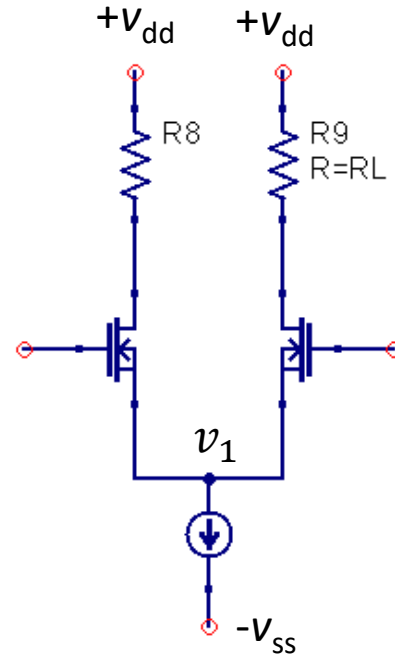
Riktig op-amp - implementering



Dubbel matningsspänning



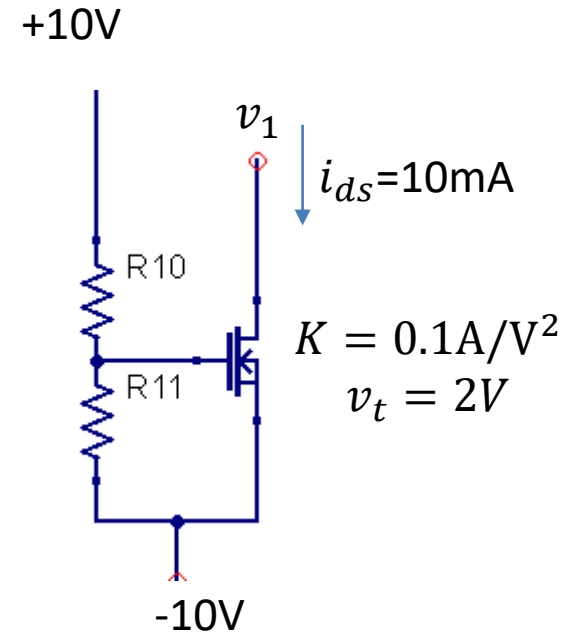
För att $v_{in} - v_t$ ska kunna bli negativ krävs att jord ersätta med $-v_{ss}$



$$v_{dg} = v_1 - v_g > v_t$$

$$v_1 > v_t + v_g$$

$$v_1 > -5.7V$$



$$v_{gs} - v_t = 0.3V$$

$$v_g - v_s - v_t = 0.3$$

$$v_g - (-10) - 2 = 0.3$$

$$v_g = -7.7V$$