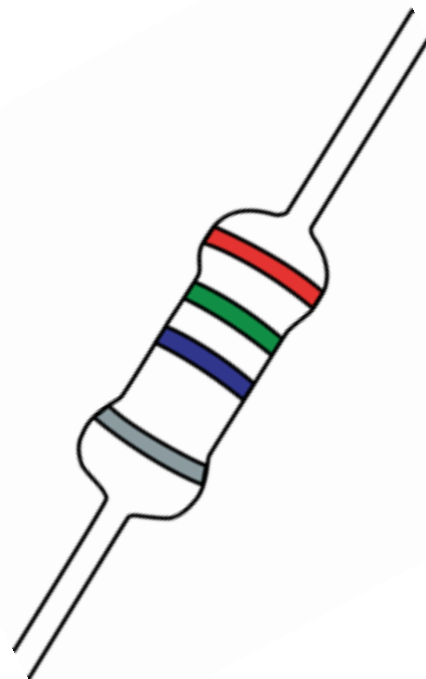


## nMOSFETs

- Gemensam Source
- Gemensam Drain
- Differentiell förstärkare
  
- Dubbel matningsspänning
  
- Operationsförstärkare



# Lab 4

---

## Anmälan på hemsidan

Projektnummer du får vid anmälan – vilket projekt du ska göra finns på hemsidan / laborationer

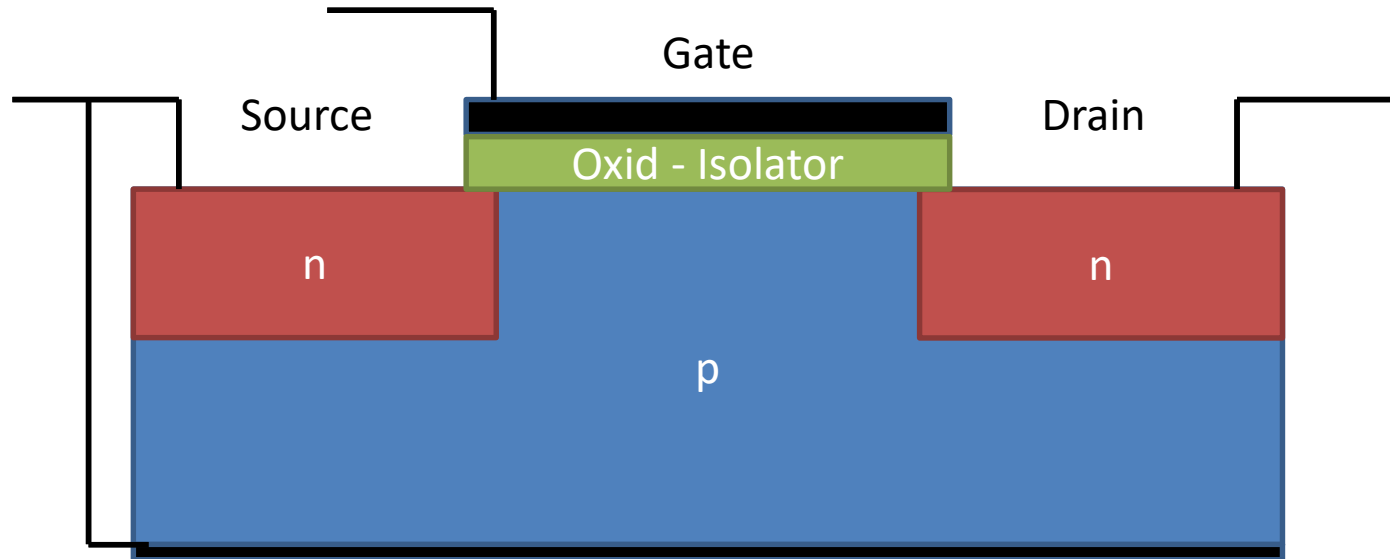
## För att bli godkänd

- Du ska demonstrera en *fungerande* krets - se till att ha kopplat upp den innan!
  - Du ska presentera vad du gjort – **7** minuters presentation. (ppt)
    - **(RGB) projektor. Ta med laptop eller ppt/pdf på USB.**

**Frågestunder för laboration 4: Tisdag  
28/11 och onsdag 29/11 13-15 i  
lablokaler.**

# MOSFET – Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor

---

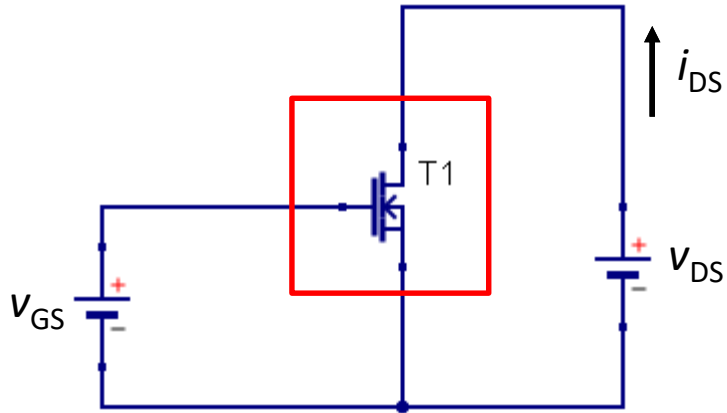


Metall-Isolator-Halvledare

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

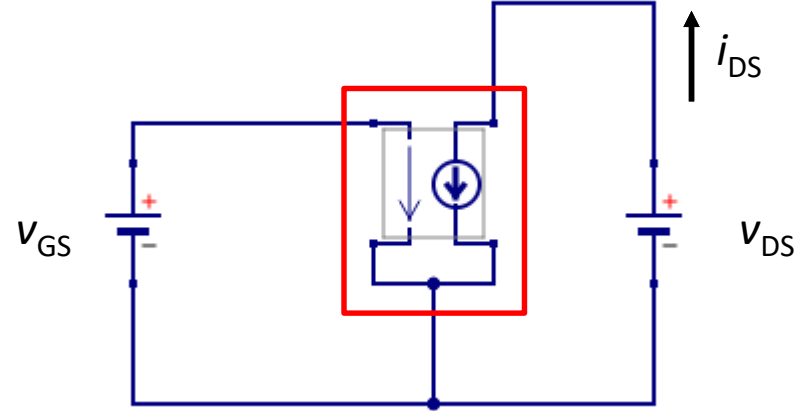
Positiv spänning mellan drain och source ger upphov till en ström  $i_{DS}$

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



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

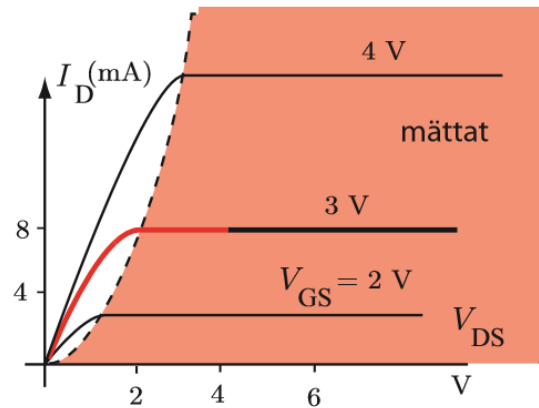
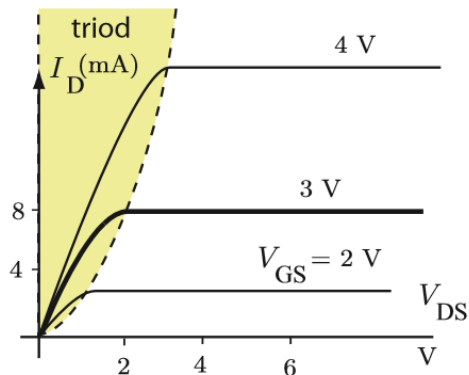
$$i_{DS} = K[2(v_{GS} - V_{T0})v_{DS} - v_{DS}^2]$$



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

$$i_{DS} = K(v_{GS} - V_{T0})^2$$

Analog Elektronik



# 2N7000 – ~ 10 $\mu\text{m}$ $L_g$

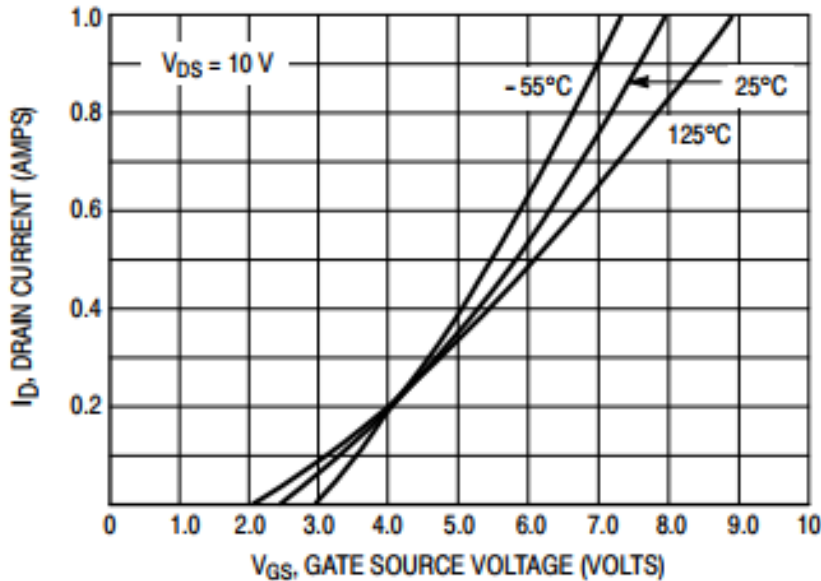


Figure 2. Transfer Characteristics

Diskreta komponenter -  $\mu\text{m}$ -långa strukturer

Höga spänningar (10-60V!)

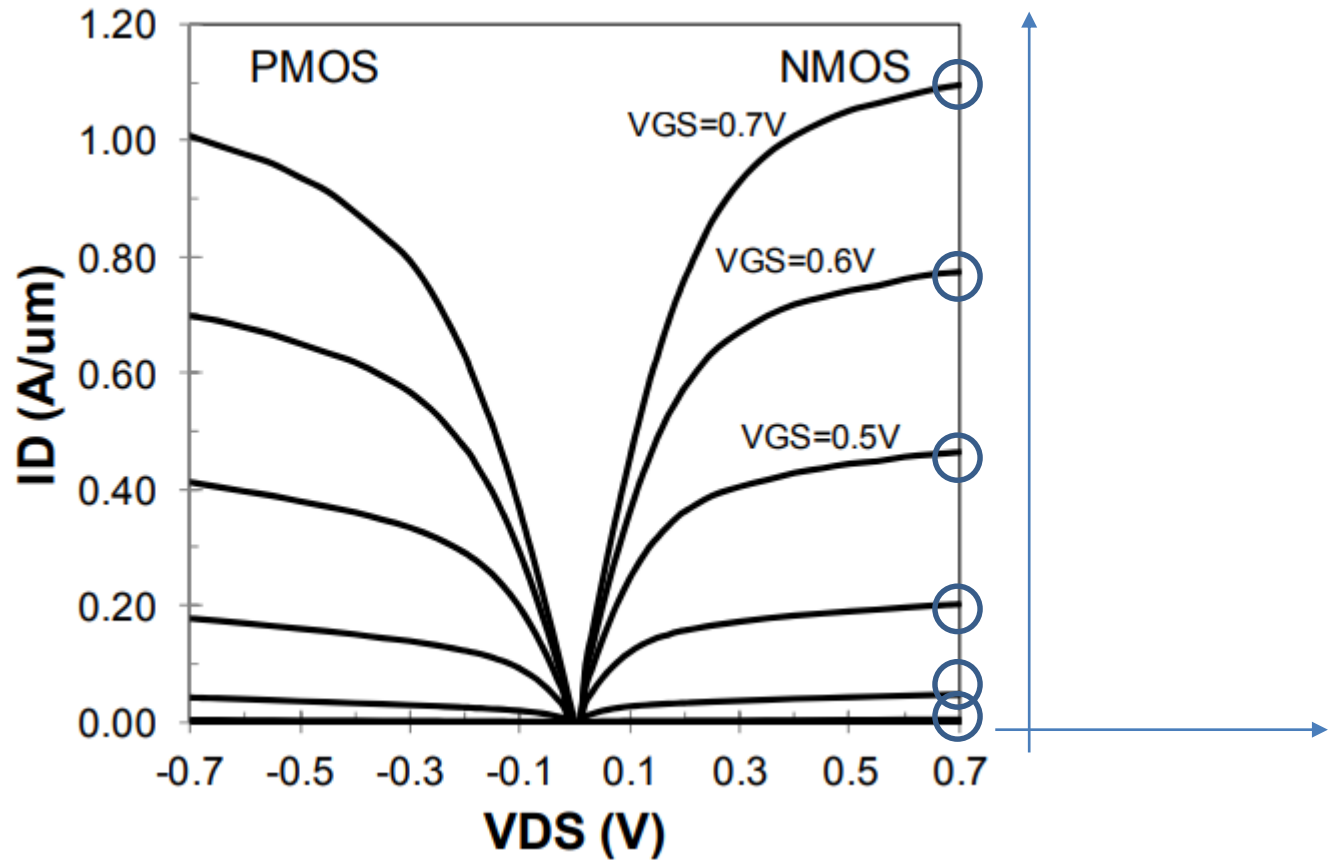
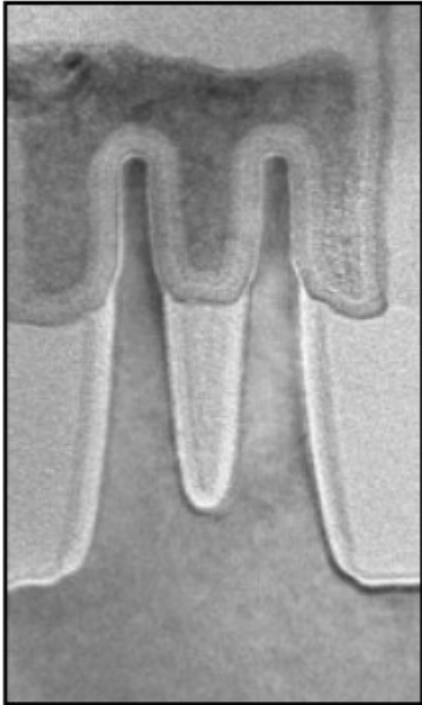
Kvadratisk förhållande – spänning ström i mättnadsområdet

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

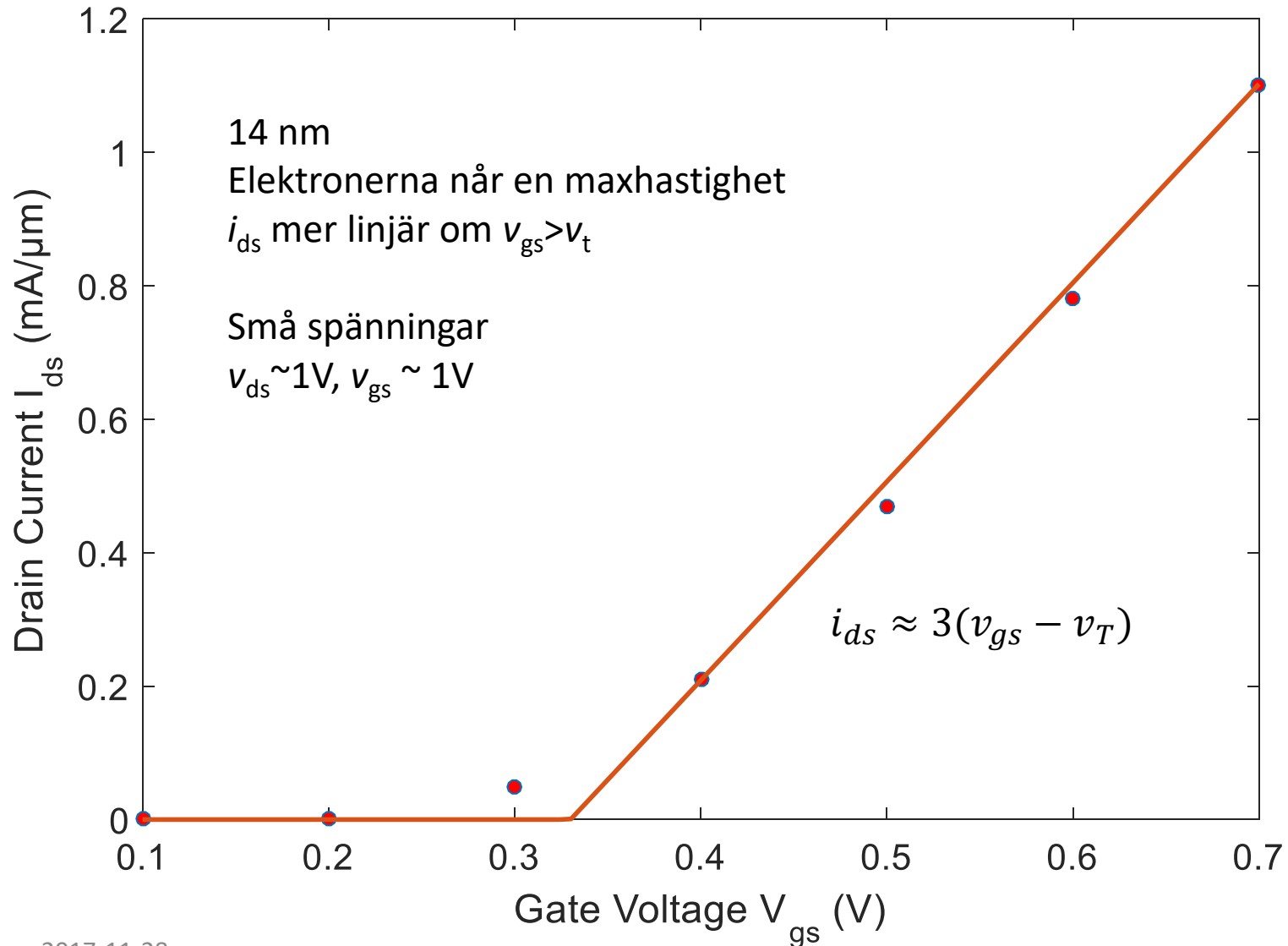
Den kvadratiske ekvationen finns i alla standardläroböcker

Noggrann för (stora) (40 år gamla) MOSFETs

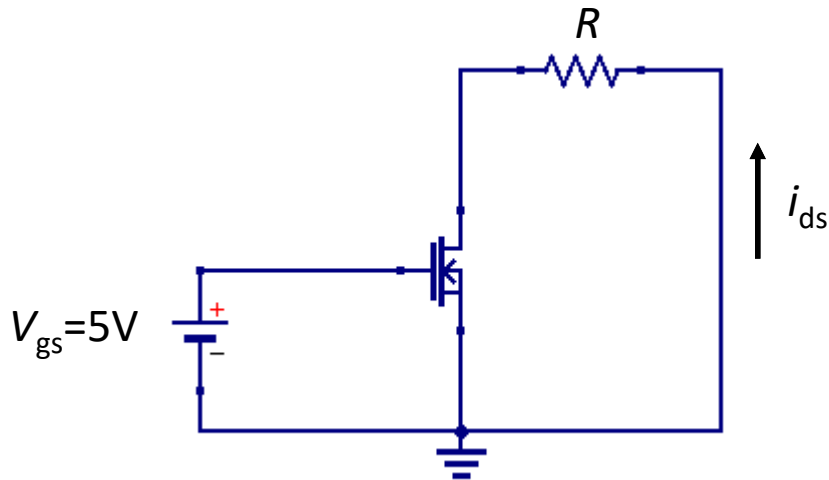
# Modern CMOS-transistor (14 nm)



# Nanoelektronik



# MOSFET



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

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



# MOSFET

---

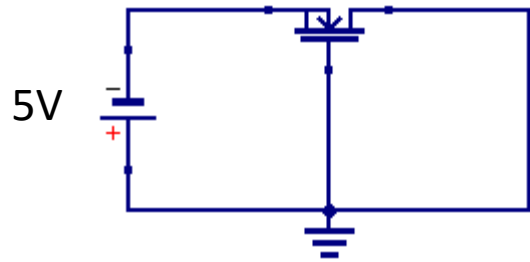
## Analys av transistor-kretsar:

Analoga förstärkare – *antag* att transistorn är mättad

1. Välj modell:  $i_{ds} = k(v_{gs} - v_t)^2$  eller  $i_{ds} = K(v_{gs} - v_t)$
2. Bestäm  $v_s$  och  $v_g$ . Skriv ner KCL på okända noder. Beräkna potentialer/stömmar

*(Kontrollera mättnad:  $v_{ds} \geq v_{gs} - v_t$ )*

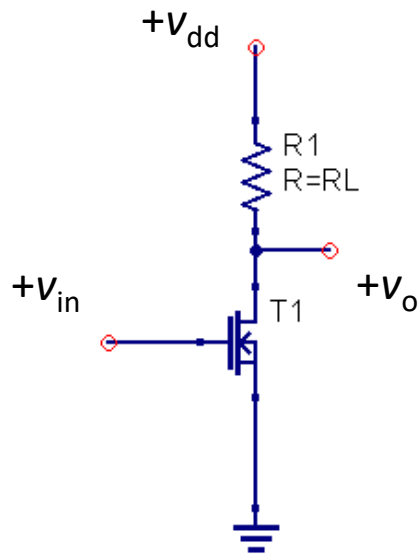
# MOSFET



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. ???

# Gemensam source / Gemensam Drain

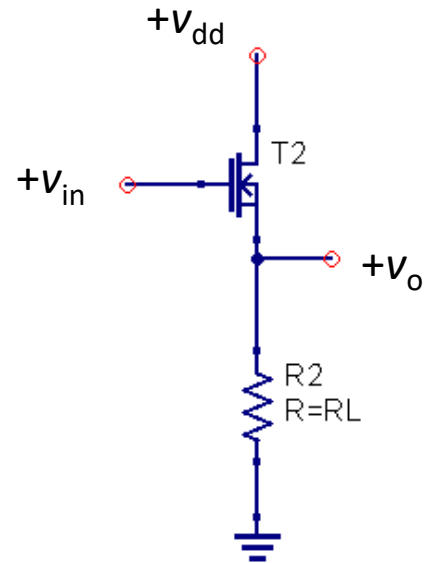


$$v_o = v_{dd} - KR_L(v_{in} - v_t)^2$$

$$R_o = R_L$$

Ger spänningsförstärkning  
Hög utresistant

2017-11-28



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

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

Spänningsförstärkning 1:1  
Låg utresistans



# Strömkälla

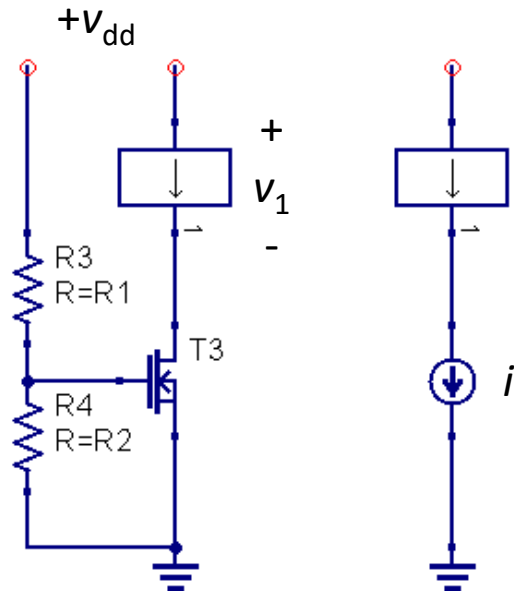
$$v_g = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_{dd}$$

$$i_s = K(v_g - v_s - v_t)^2$$

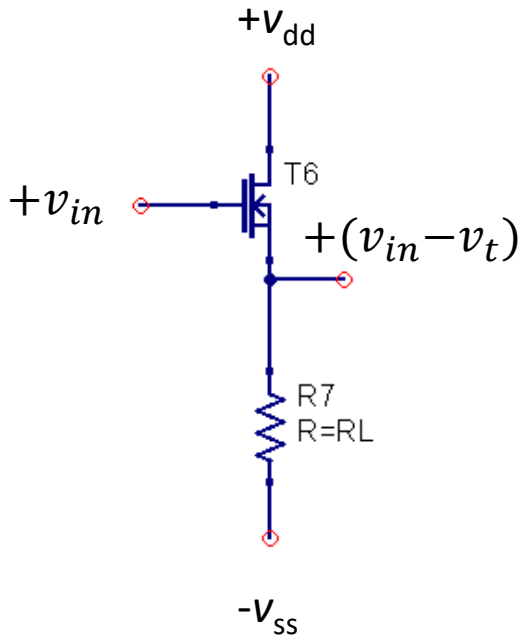
Så länge transistorn är i mättad:

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

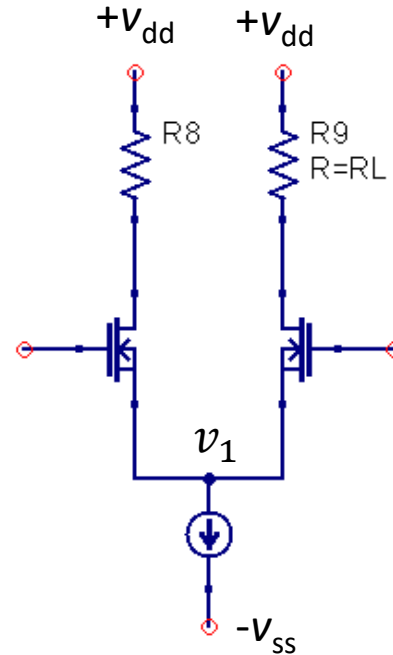
$v_1$  – spänningsfall över delkrets där strömmen  $i_s$  passerar.



# Dubbel matningsspänning



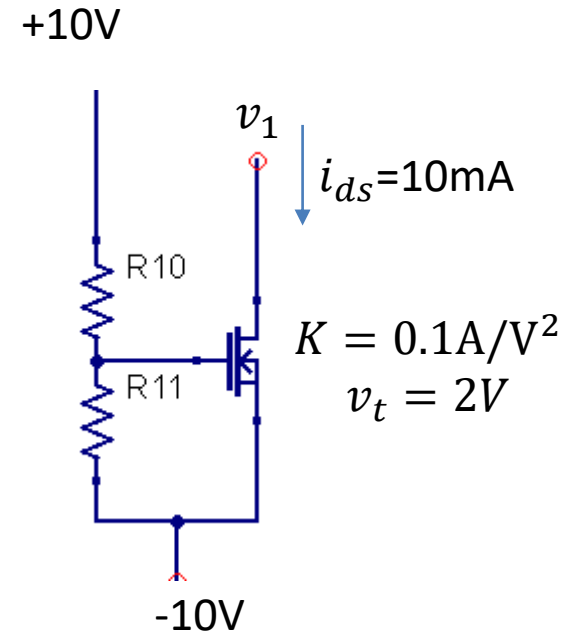
För att  $v_{in} - v_t$  ska kunna bli negativ krävs att jord ersätta med  $-V_{ss}$



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

$$v_1 > v_t + v_g$$

$$v_1 > -5.7V$$



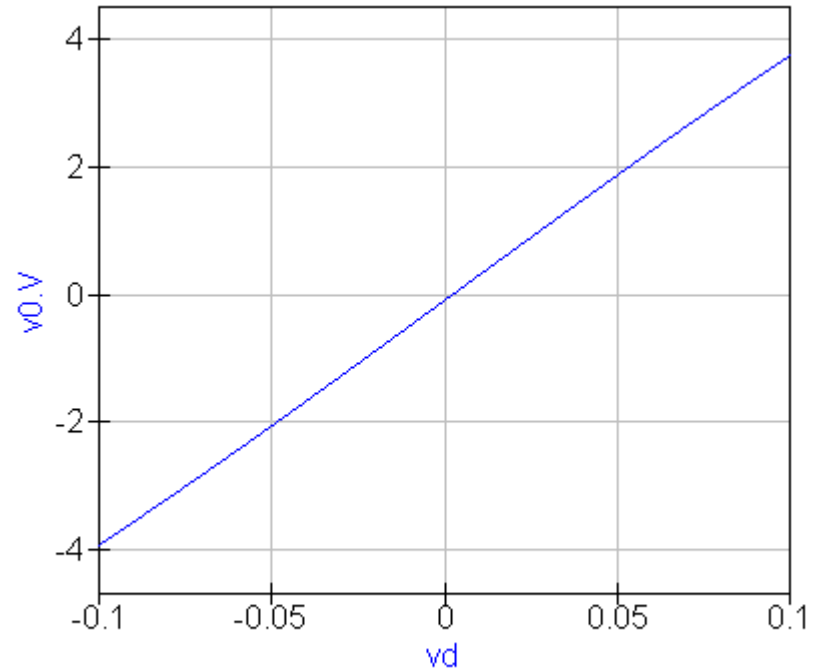
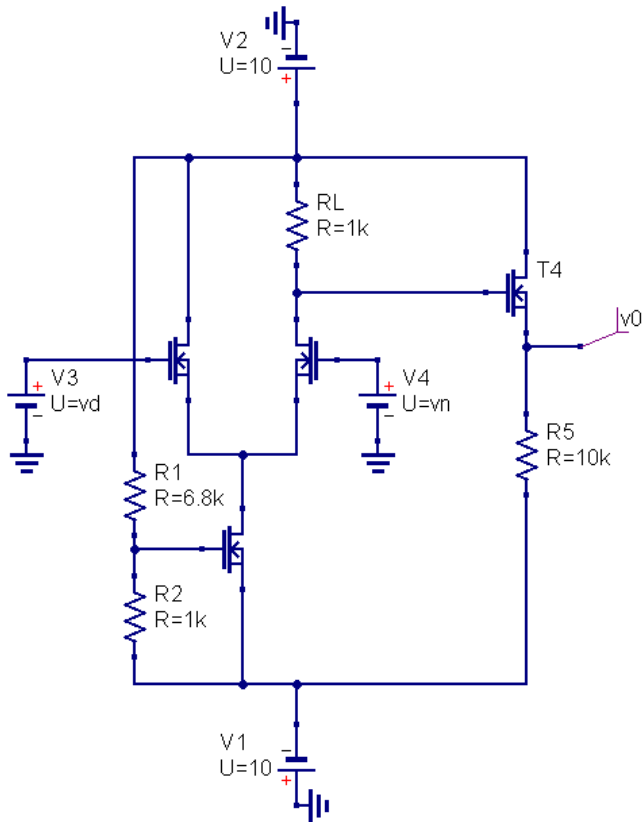
$$v_{gs} - v_t = 0.3V$$

$$v_g - v_s - v_t = 0.3$$

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

$$v_g = -7.7V$$

# Rudimentär op-amp



$$A_d \sim 20 \times$$

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

dc-simulering

DC1

Parametersvep

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

Ekvation

Eqn1  
vn=-vd

# Nästa Vecka:

Jag ska till San Francisco & San Diego.

Med och organiserar två två konferanser om elektronik.  
IEDM – den viktigaste konferansen om transistorer



HOME CALL FOR PAPERS SPEAKER INFORMATION REGISTRATION PROGRAM PRESS ABOUT ARCHIVE CONTACTS

## IEDM Conference 2017 December 2-6

Join us for IEDM 2017, the world's pre-eminent forum for reporting technological breakthroughs in the areas of semiconductor and electron device technology, design, manufacturing, physics, and modeling.

CONFERENCE PROGRAM



- Tisdag – Johannes Svensson föreläser om digital och CMOS
- Onsdag – LTHs rektor Viktor Öwall (och professor i Digital Elektronik) föreläser om digital elektronik