

# Forelesning nr.7 analog elektronikk

## IN 1080

CMOS-transistorer  
Operasjonsforsterkere

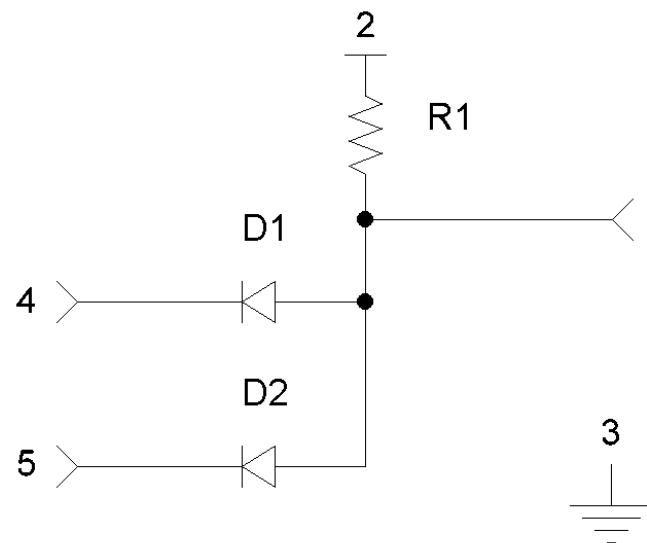
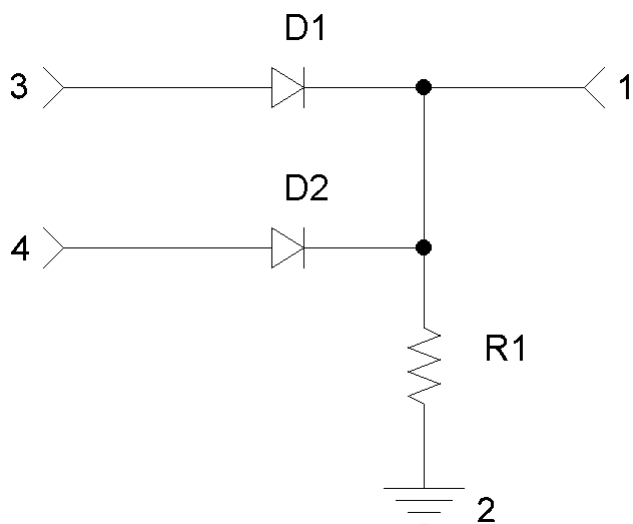


# Dagens temaer

- Litt mer om dioder
- Transistorer
  - CMOS-transistorer
  - Digitale kretser: AND, OR og NOT

## Nøtt fra forelesning 7

Hvilke Boolske funksjoner utfører de to kretsene?

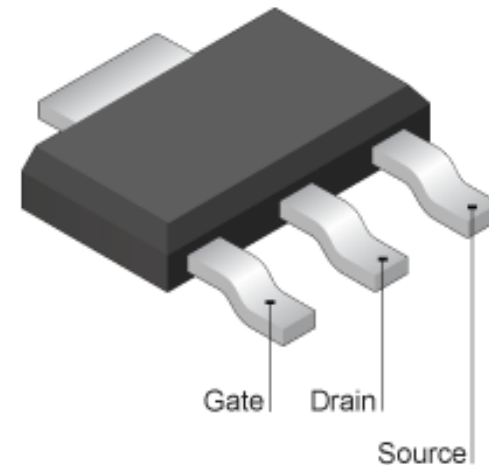
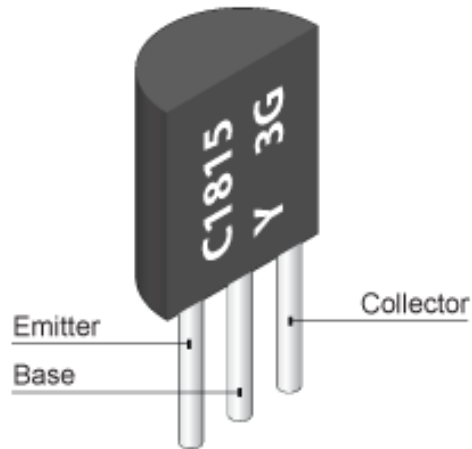


# Transistorer

- Transistoren er den viktigste typen halvleder
- En transistor brukes både i analog og digital elektronikk
  - **Strømstyrt/spenningsstyrt strømkilde:** I forsterkere og filtre i analog elektronikk;
  - **Strømstyrt/spenningsstyrt bryter** (strømkilden er enten av eller på): I logiske porter (AND, OR og NOT, NAND/NOR)
- Med transistorer kan man også lage
  - Dioder
  - Kondensatorer
  - Resistorer

# Transistortyper

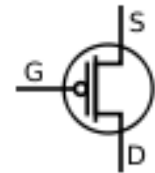
- Transistorer lages i mange ulike teknologier og for forskjellig bruk
- To hovedtyper
  - **Bipolare** (BJT) brukes hovedsaklig til forsterkere i analoge kretser
  - **Felteffektransistorer** (FET) er mest utbredt, bla i logiske porter i digitale kretser, i likerettere, strømforsyninger og styring av av elektriske motorer



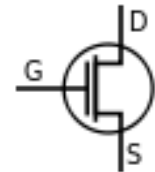
# CMOS

- CMOS er en type FET hvor man produserer to ulike typer transistorer (PMOS og NMOS) på samme integrerte krets
- CMOS-transistorer er spenningsstyrte strømbrytere
- En CMOS transistor har tre terminaler G(ate), S(ource) og D(rain)
- Det går ingen strøm inn i G
- Spenningene til G, D og S (målt i forhold til et referansepunkt, vanligvis jord) kalles  $V_G$ ,  $V_D$  og  $V_S$

PMOS

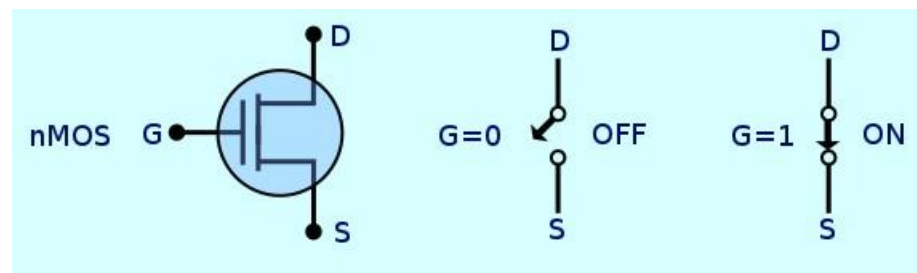
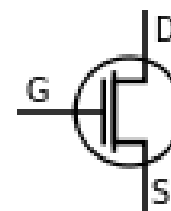


NMOS



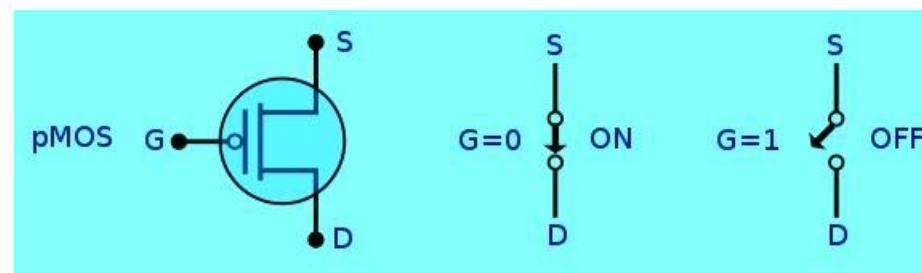
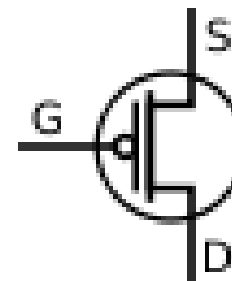
# NMOS

- NMOS: Hvis  $V_G - V_S > 0,7\text{v}$  **leder** den, dvs **lav** motstand mellom S og D
  - Mao hvis Gate-spenningen er mer enn 0,7v høyere enn Source-spenningen vil transistoren lede
- NMOS: Hvis  $V_G - V_S \leq 0,7\text{v}$  **sperrer** den, dvs **høy** motstand mellom S og D
  - Mao hvis Gate-spenningen er mindre enn 0,7v høyere enn Source-spenningen vil NMOS-transistoren sperre



# PMOS

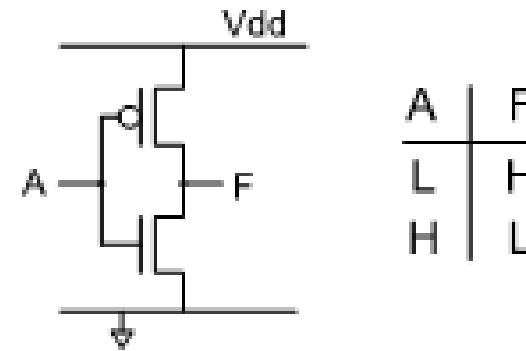
- PMOS: Hvis  $V_S - V_G > 0,7\text{v}$  **leder** den, dvs **lav** motstand mellom S og D
  - Mao: Hvis Gate-spenningen er mer enn 0,7v lavere enn Source-spenningen vil PMOS-transistoren lede
- PMOS: Hvis  $V_S - V_G \leq 0,7\text{v}$  **sperrer** den, dvs **høy** motstand mellom S og D
  - Mao: Hvis Gate-spenningen er mindre enn 0,7v lavere enn Source-spenningen vil PMOS-transistoren sperre





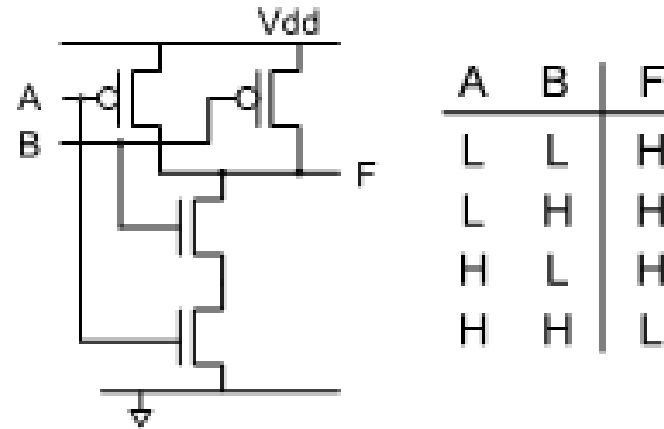
# Digitale porter: NOT

- En inverter tar som input et signal som enten er lavt, dvs logisk '0' (0v) eller høyt logisk '1' (5v) og produserer et utsignal som er det inverterte av innsignalet



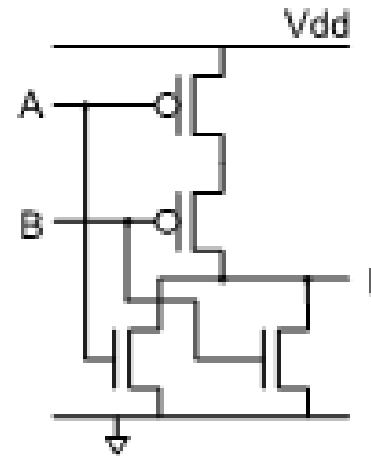
# Digitale porter: NAND-port

- En NAND-port utfører en logisk NAND-operasjon mellom to binære inputsignal (dvs signal som har kun to diskrete signalnivåer)



# Digitale porter: NOR-port

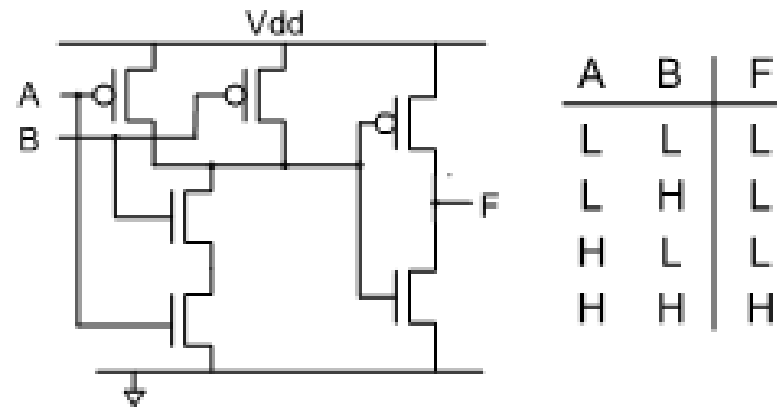
- En NOR-port utfører en logisk NOR-operasjon mellom to binære inputsignal (dvs signal som har kun to diskrete signalnivåer)



A	B	F
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

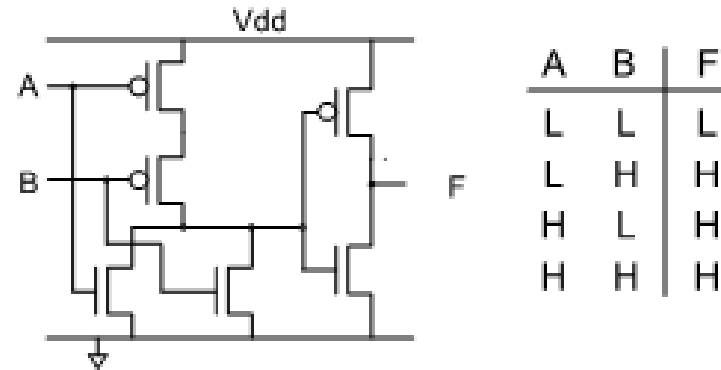
# Digitale porter: AND-port

- En AND-port konstrueres vha en NAND-port og en inverter



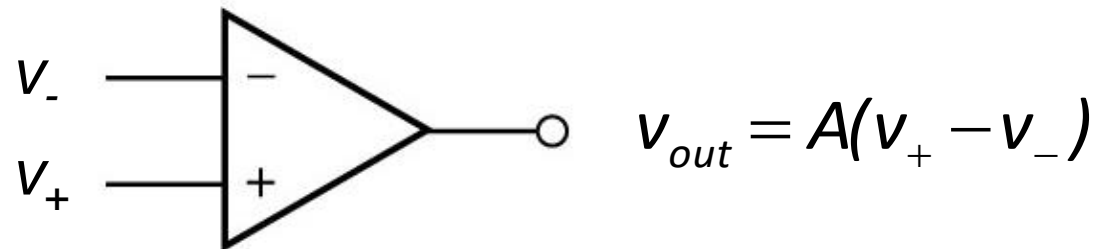
# Digitale porter: OR-port

- En OR-port konstrueres vha en NOR-port og en inverter



# Operasjonsforsterker

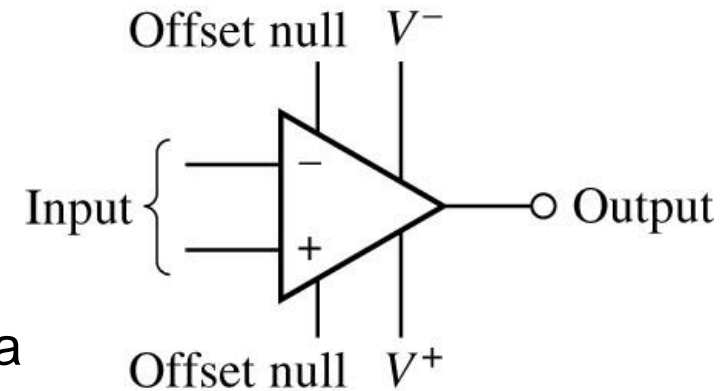
- En opamp er en spenningsforsterker med to innganger og én utgang



- Inngangene kalles hhv *inverterende* (-) og *ikke-inverterende* (+)
- $A$  er forsterkningen eller *Gain*

# Enkel opamp-modell

- Opamp'en er en aktiv enhet som trenger ekstern strømforsyning og kalibrering
- Kalibrering brukes for å rette opp små avvik og variasjoner
- Med opamp'er lager man andre typer forsterkere, bla *differensielle forsterkere* og *instrumenteringsforsterkere*



# Karakteristikk til en ideel opamp

- En *ideell* operasjonsforsterker har følgende egenskaper:

- Inngangsmotstanden  $R_i = \infty$
- Utgangsmotstanden  $R_o = 0$
- Spenningsforsterkningen  $A_v = \infty$
- Båndbredden =  $\infty$
- $V_{out} = 0$  når  $V_+ = V_-$  uavhengig av størrelsesordenen til  $V_-$

