

Institutt for informatikk

IN 1080

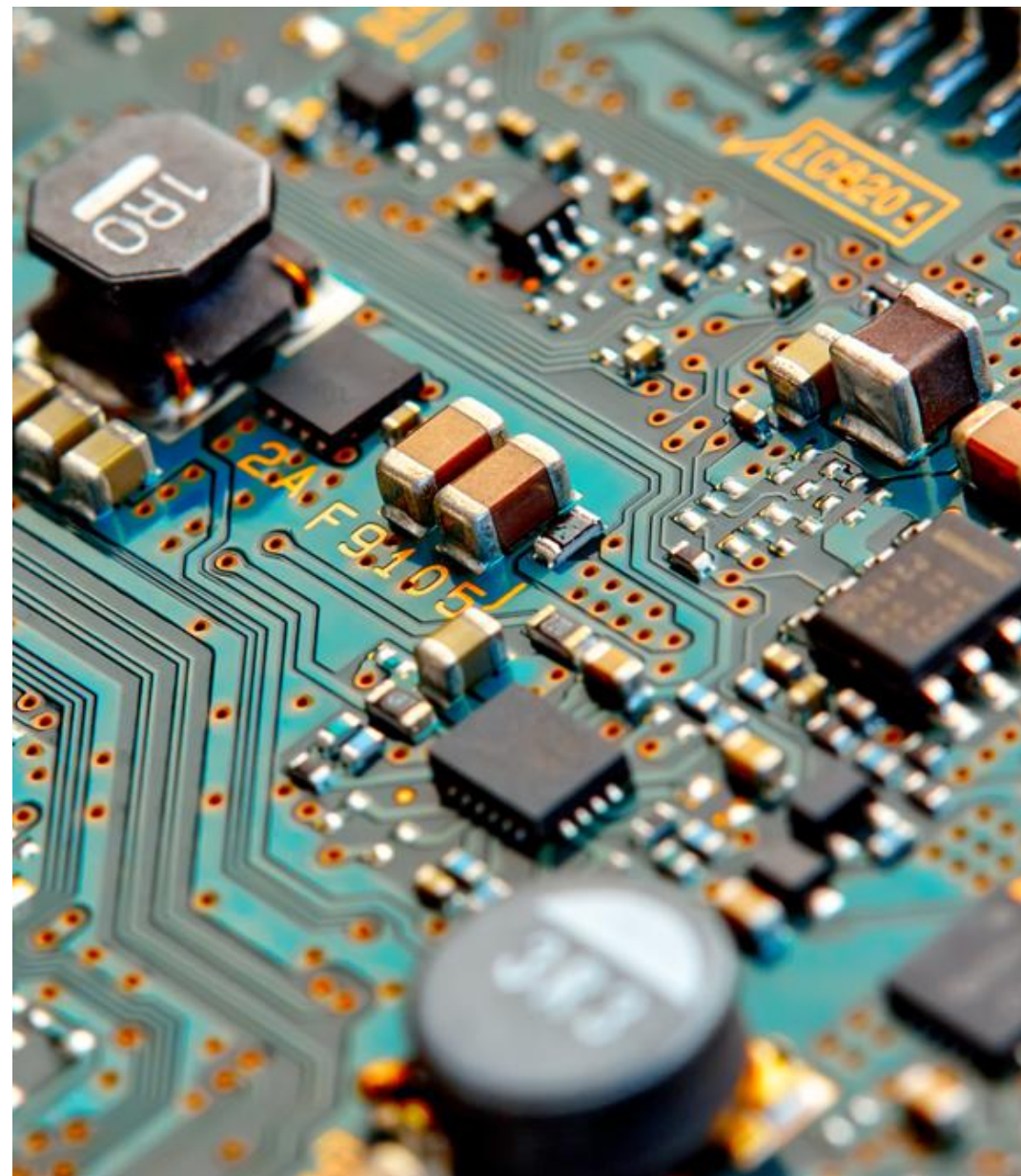
Mekatronikk

Del 1: Analog elektronikk

Forelesning 6



UNIVERSITETET
I OSLO



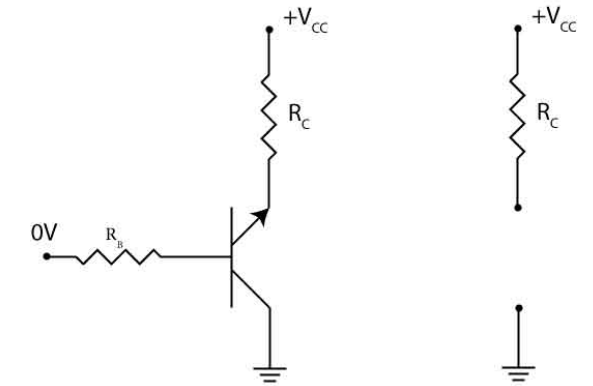
Om dagens forelesning

- Temaer i denne forelesningen er
 - Grunnleggende om transistorer
 - CMOS-transistorer
 - NAND, NOR og NOT-porter med CMOS
 - Operasjonsforsterkere

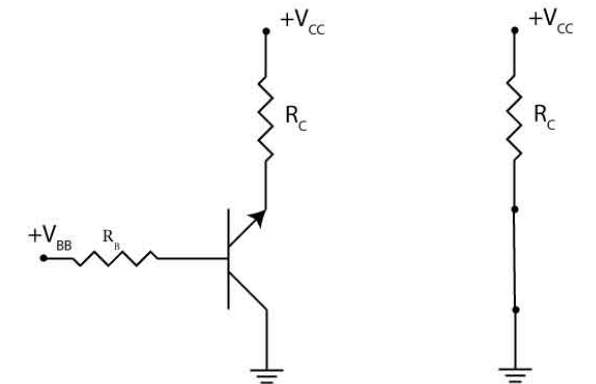


Transistorer

- 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)
- Transistoren bruker en strøm eller spenning for å variere resistansen
 - Man kan derfor tenke på en transistor som en strøm- eller spenningsstyrt resistor
 - Resistoren kan så brukes til å kontrollere og variere strømstyrke
 - Når transistoren brukes som bryter, er resistansen enten veldig høy (åpen bryter) eller veldig lav (lukket bryter)
 - Transistoren bruker en veldig liten strøm eller en spenning til å slå av og på en mye større strøm
- Man også lage dioder og kondensatorer av bare transistorer



Transistor as an open switch

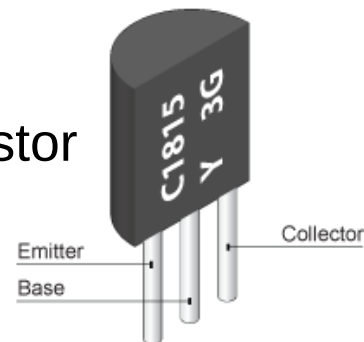


Transistor as a close switch

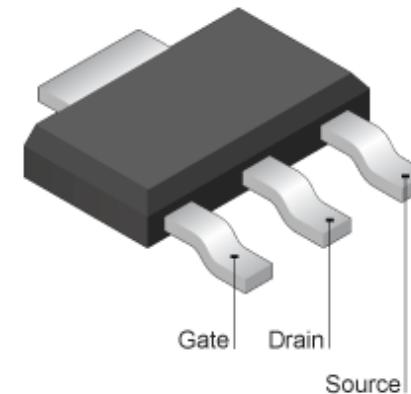
Transistortyper

- Transistorer lages i mange ulike teknologier og for forskjellig bruk
- To hovedtyper
 - **Bipolare** (BJT) brukes hovedsaklig til forsterkere i analoge kretser
 - **Felteffekttransistorer** (FET) er mest utbredt og brukes i digitale kretser, i likerettere, strømforsyninger og styring av elektriske motorer
 - Finnes mange varianter av FET, f.eks. CMOS, MOSFET, PowerFET
- Transistoren har tre terminaler (tilkoblinger)
 - I en **bipolar** transistor heter terminalene **base**, **kollektor** og **emitter**
 - I en **felteffekttransistor** heter terminalene **gate**, **drain** og **source**
 - I en **bipolar** transistor brukes en (liten) strøm gjennom basen til å kontrollere en (stor) strøm fra emitter til kollektor
 - I en **felteffekttransistor** går det ingen strøm gjennom gaten, men spenningen på gaten kontrollerer mengden strøm fra source til drain

Bipolar transistor



Felteffekttransistor



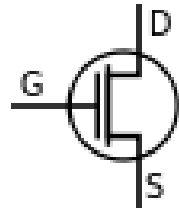
CMOS

- CMOS er en type FET som lages i to varianter: PMOS og NMOS
 - Som regel lages PMOS og NMOS transistorene parvis på en og samme integrerte krets
 - Det er plass til flere milliarder CMOS-transistorer på en enkelt integrert krets
 - CMOS finnes også som enkelttransistor for å tåle store strømmen
 - Dere skal bruke en NMOS transistor til å styre en motor i en obligatorisk oppgave
 - PMOS og NMOS styres på litt forskjellig måte
- En CMOS transistor har tre terminaler: G(ate), S(ource) og D(rain)
 - Spenningen på Gate brukes til å styre og endre resistansen mellom Source og Drain
 - Det går ingen strøm inn i Gaten, dvs uendelig høy resistans mellom G og S og mellom G og D
 - Spenningene til G, D og S målt i forhold til et felles referansepunkt kalles V_G , V_D og V_S
 - Spenningsforskjellen mellom Gate og Source betegnes V_{GS}

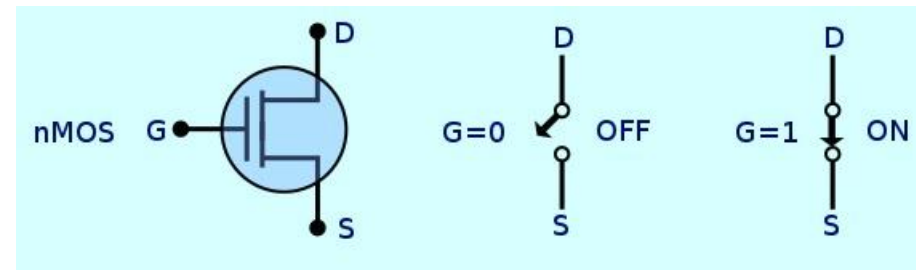


NMOS

- Hvis $V_G - V_S > 0,7\text{v}$ (altså $V_{GS} > 0,7\text{v}$) **leder** transistoren, dvs at det er **lav** motstand mellom Source og Drain og det kan gå strøm
- Hvis $V_G - V_S \leq 0,7\text{v}$ **sperrer** den, dvs at det er **høy** motstand mellom S og D og det går ingen eller en veldig liten strøm
- Spenningen $V_{GS} = V_{th} = 0,7\text{v}$ kalles ofte for **terskelspenning**, fordi den sier når transistoren går fra å lede til å sperre (eller omvendt)
- På en NMOS-transistor er Source-terminalen nesten alltid koblet mot jord eller nærmest jord (hva «nærmest jord» betyr skal vi se på i forbindelse med logiske porter)
- I en digital krets vil spenningen V_{GS} enten være 0v (logisk '0') eller 3.3v (logisk '1')
- Transistoren kan derfor ses på som en bryter som enten er åpen (høy motstand mellom S og D) eller lukket (lav motstand mellom S og D)



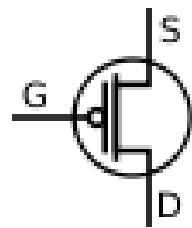
Symbol for NMOS-transistor



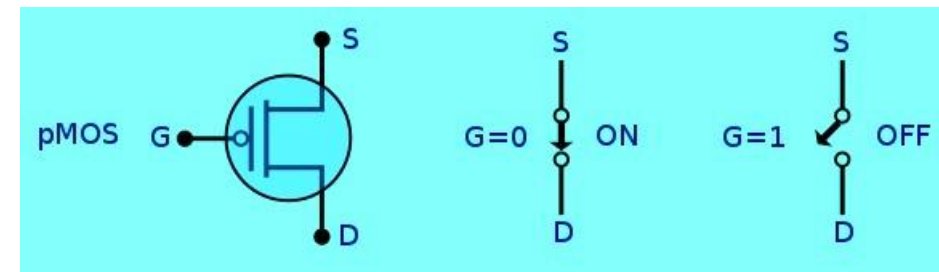
NMOS-transistor brukt som bryter har to tilstander: 'off' eller 'on'

PMOS

- PMOS-transistoren er nesten lik NMOS-transistoren, men Drain og Source har «byttet plass»: Source er øverst mens Drain er nederst
- Hvis $V_S - V_G > 0,7\text{v}$ (altså $V_{GS} > 0,7\text{v}$) **leder** transistoren, dvs **lav** motstand mellom S og D
 - Mao: Hvis Gate-spenningen er mer enn 0,7v lavere enn Source-spenningen vil PMOS-transistoren lede
- 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
- På en PMOS-transistor er Source-terminalen enten koblet til forsyningsspenningen (ofte kalt V_{dd} , typisk 3,3 eller 5 volt) eller nærmest forsyningsspenningen (hva «nærmest jord» betyr skal vi se på i forbindelse med logiske porter)



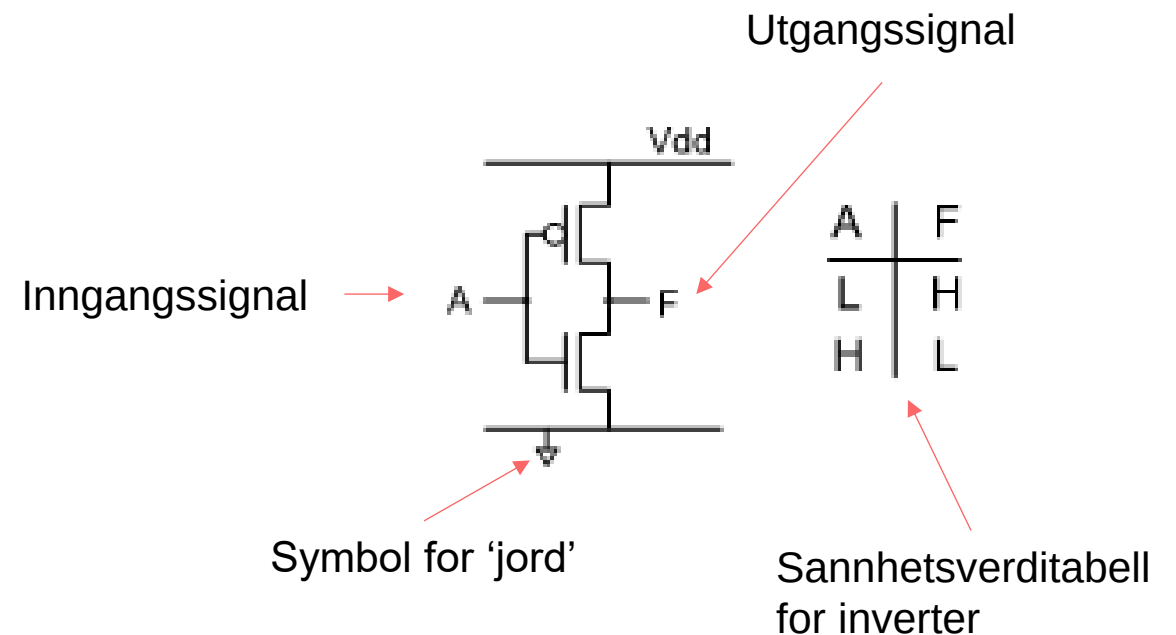
Symbol for PMOS-transistor.
Merk ringen på gate'n, som symboliserer PMOS



PMOS-transistor brukt som bryter har to tilstander: 'on' eller 'off'

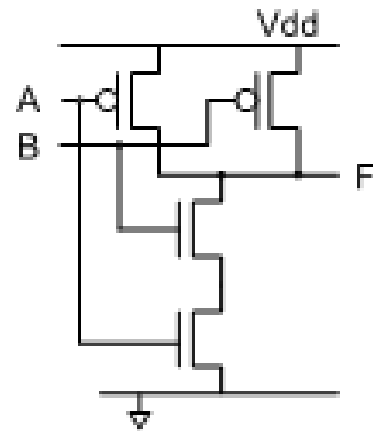
Digitale porter: NOT

- Den enkleste typen av digitale porter er **inverteren**
- Et signal som bare kan ha én av to mulige verdier kalles gjerne **digitalt** eller **binært**
- En inverter tar som input et binært signal som enten er logisk '0' eller logisk '1' og gir et utgangssignal som er det inverterte av inngangssignalet
- Man kan lage en inverter vha to transistorer: én PMOS og én NMOS-transistor
- Vi antar i det videre at 5 volt betyr '1' ('logisk høy') og 0 volt betyr '0' ('logisk lav')
- Spenningsforsyningen antas $V_{dd} = 5\text{v}$ og $V_{th} = 0,7\text{v}$



Digitale porter: NAND-port

- En NAND-port utfører en logisk NAND-operasjon på to binære inngangssignaler
- Man kan lage en NAND-port av to PMOS- og to NMOS-transistor
- Vi antar som i forrige eksempel at 5 volt betyr '1' (eller logisk høy) og 0 volt betyr '0' (eller logisk lav)
- Spenningsforsyningen antas $V_{dd} = 5\text{v}$ og terskelspenningen $V_{th} = 0,7\text{v}$

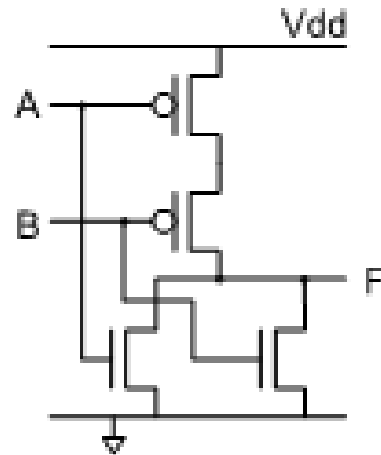


A	B	F
L	L	H
L	H	H
H	L	H
H	H	L

← Sannhetsverditabell
for NAND-port

Digitale porter: NOR-port

- En NOR-port utfører en logisk NOR-operasjon på to binære inngangssignaler
- Man kan lage en NOR-port av to PMOS- og to NMOS-transistor
- Vi antar som i forrige eksempel at 5 volt betyr '1' (eller logisk høy) og 0 volt betyr '0' (eller logisk lav)
- Spenningsforsyningen antas $V_{dd} = 5\text{v}$ og terskelspenningen $V_{th} = 0,7\text{v}$

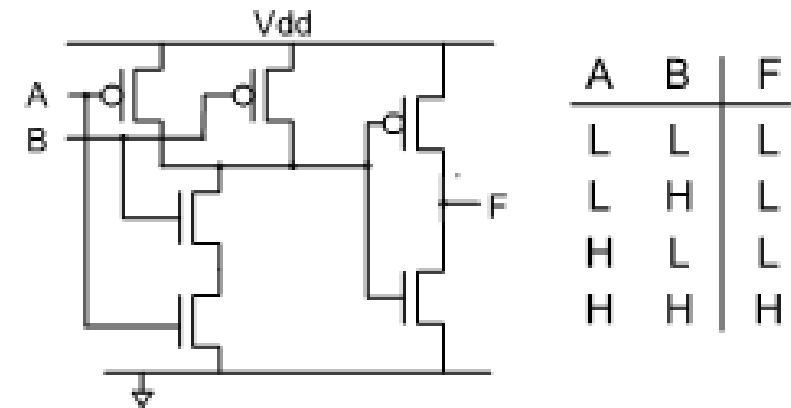


A	B	F
L	L	H
L	H	L
H	L	L
H	H	L

← Sannhetsverditabell
for NOR-port

Digitale porter: AND-port

- En AND-port kan lages vha en NAND-port og en inverter
 - I praksis lager man ikke AND-porter på denne måten; man omskriver istedenfor de Boolske uttrykkene, slik at de kan implementeres direkte med NAND- eller NOR-porter
- NAND og NOR-funksjonene kalles for *universelle*, som betyr at hver av dem kan brukes til å uttrykke alle andre Boolske funksjoner (dvs AND, OR, NOT, XOR, XNOR, NAND/NOR)



Digitale porter: OR-port

- En OR-port kan lages vha en NOR-port og en inverter
 - I praksis lager man heller ikke OR-porter på denne måten; man omskriver istedenfor de Boolske uttrykkene, slik at de kan implementeres direkte med NAND- eller NOR-porter

