

UiO : **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

INF1400

Sekvensiell logikk del 1



Hovedpunkter

- Låsekretser (latch'er)
 - SR latch med NOR-porter
 - S'R' latch med NAND-porter
 - D-latch
- Flip-flop
 - Master-slave D-flip-flop
 - JK flip-flop
 - T-flip-flop

Definisjoner

- Kombinatorisk logikk

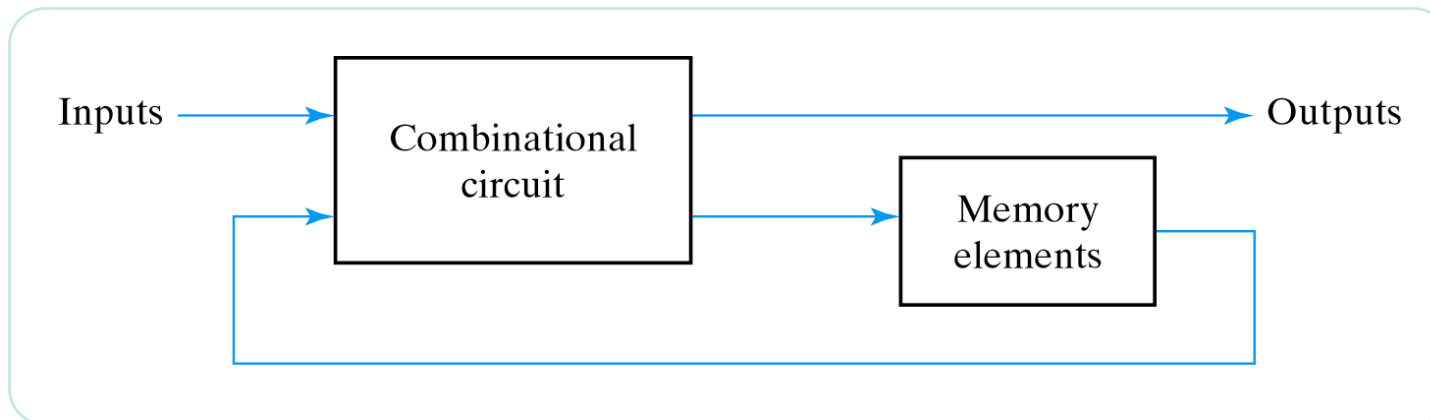
Utgangsverdiene er entydig gitt av nåværende kombinasjon av inngangsverdier.

- Sekvensiell logikk

Inneholder hukommelse (låsekretser)

Utgangsverdiene er gitt av nåværende kombinasjon av inngangsverdier, samt sekvensen av tidligere inngangs-/utgangsverdier.

Sekvensiell logikk



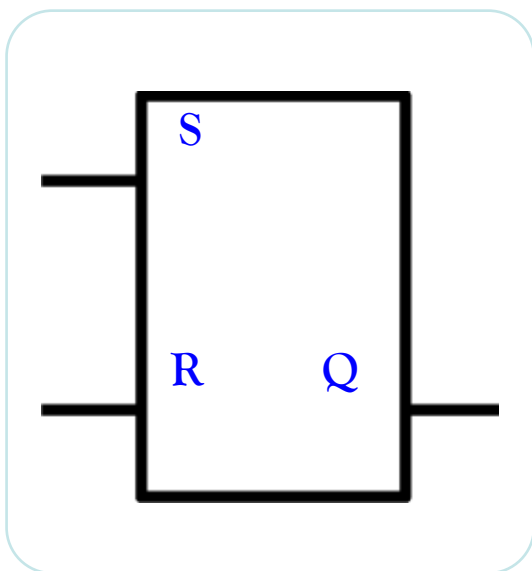
Eksempel - låsekrets

Et eksempel på et vanlig behov innen digital design.

Ønsker å ha en to-inputs krets med følgende egenskaper:

- 1) Kretsen skal sette utgangen Q til "1" hvis den får "1" på inngangen S. Når inngangen S går tilbake til "0" skal utgangen forbli "1"
- 2) Kretsen skal resette utgangen til "0" hvis den får "1" på inngangen R. Når inngangen R går tilbake til "0" skal utgangen forbli på "0".

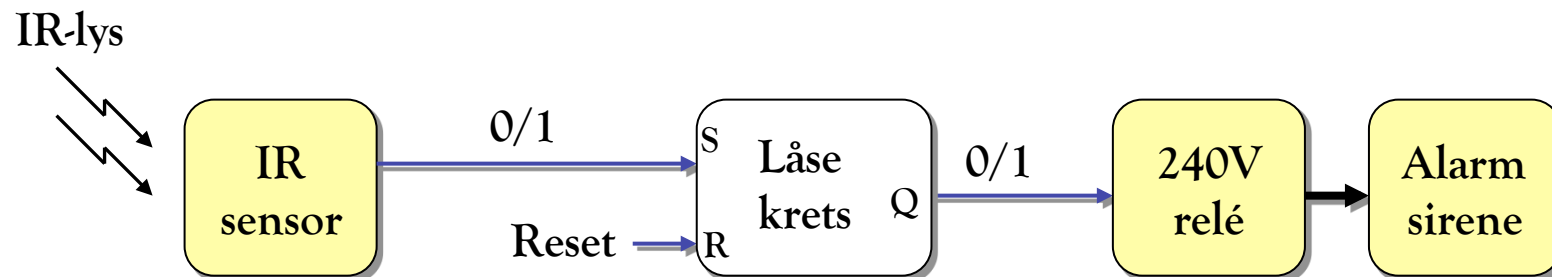
Sannhetverditabell ???



Praktiske eksempler

Logikk som behandler signaler fra fysiske sensorer:

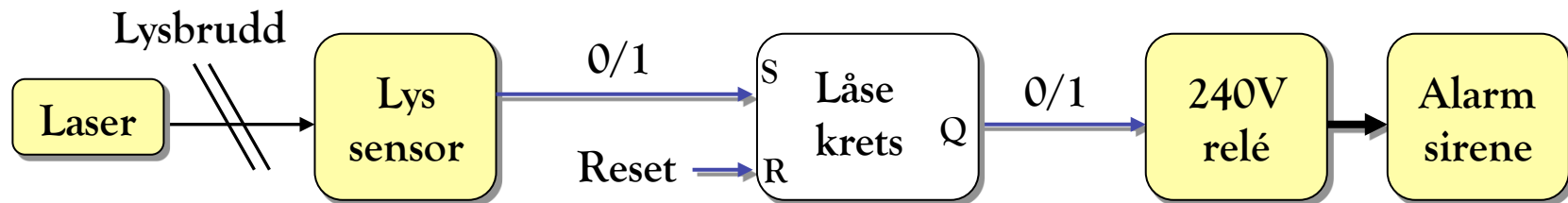
For eksempel varmfølende persondetektor:



Når IR-lyset varierer mottar logikken et "ras" av kortvarige "1"er pulser (msek). Logikken skal sette sirenen permanent på på første mottatte puls

Praktiske eksempler 2

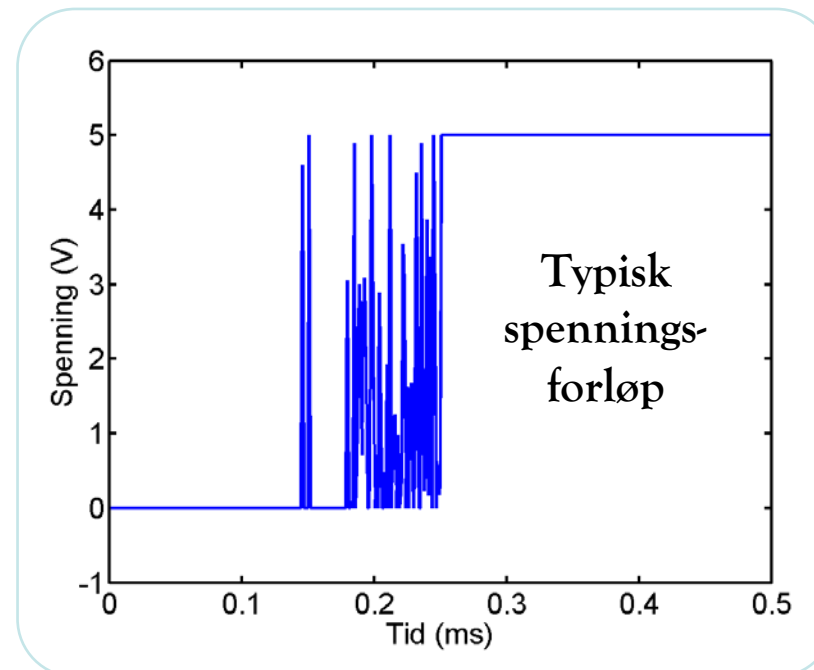
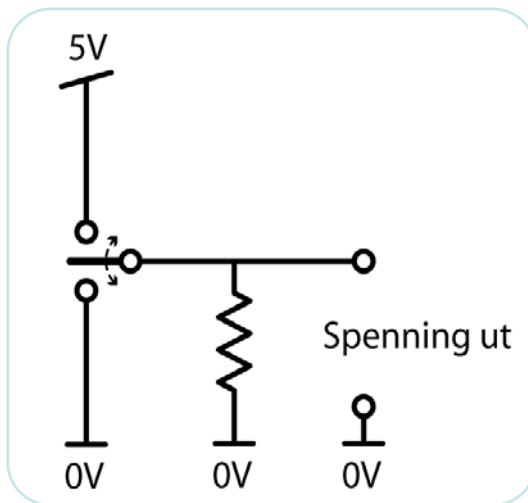
- Logikk som behandler signaler fra fysiske sensorer:
 - Laserbasert tyveridetektor



Når laserlyset blir brutt mottar logikken en eller flere '1' er pulser. Logikken skal sette sirenen permanent på første mottatte puls.

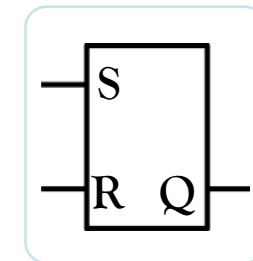
Praktiske eksempler

- Kontaktprelling fra mekanisk bryter.
- Mekaniske brytere gir ikke “rene” logiske nivå ut i overgangsfasen. Slike signaler må ofte “renses” ved bruk av låsekretser.



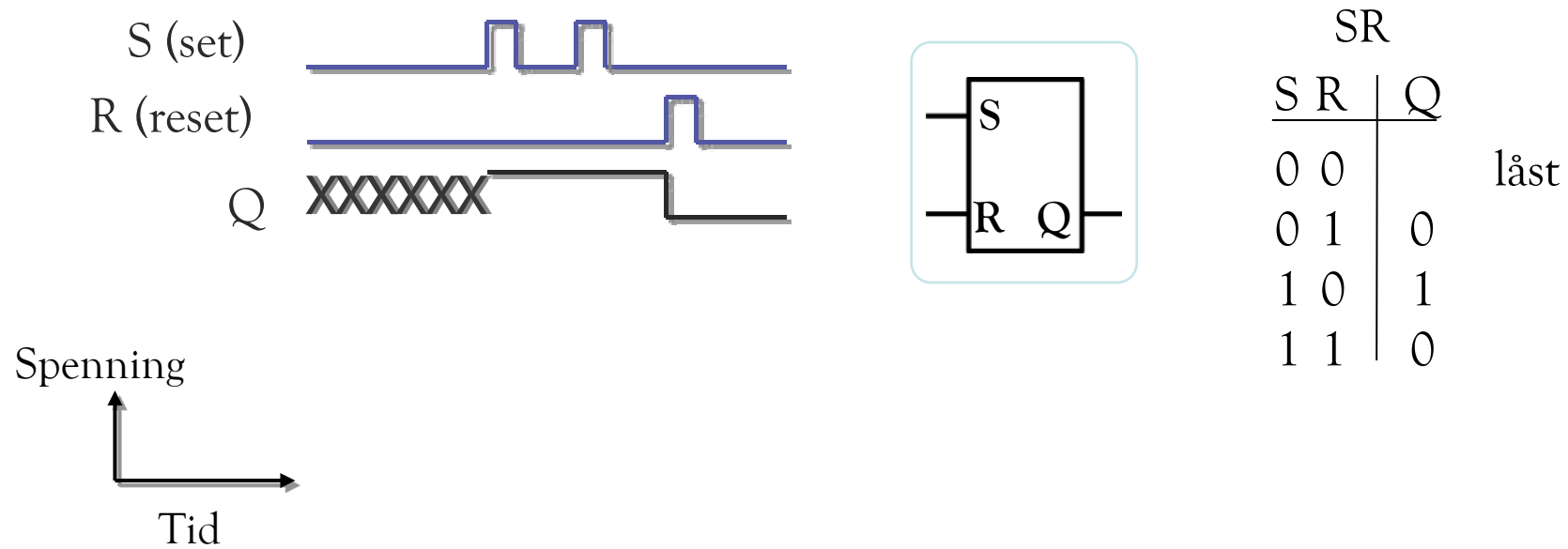
SR-latch – funksjonell beskrivelse

- 1) Kretsen skal sette Q til "1" hvis den får "1" på inngang S. Når inngang S går tilbake til "0" skal Q forbli på "1"
- 2) Kretsen skal resette Q til "0" når den får "1" på inngang R. Når inngang R går tilbake til "0" skal Q forbli på "0"
- 3) Tilstanden "1" på både S og R brukes normalt ikke

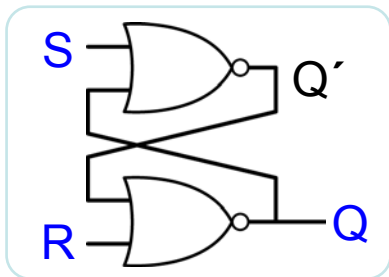


SR		Q	
S	R	Q	
0	0		låst
0	1	0	
1	0	1	
1	1	0	

SR-latch – funksjonell beskrivelse



SR-latch – Portimplementasjon NOR



Øvre NOR

S	Q	Q'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

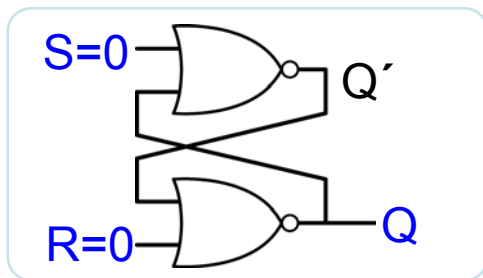
Nedre NOR

Q'	R	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

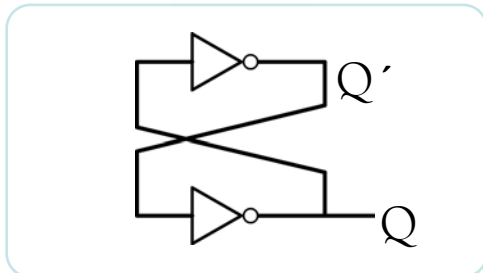
*Signalet Q' er ikke invertert av Q for tilstand $S=1, R=1$

SR-latch – Analyse

- Tilstand $S=0, R=0$: En NOR port med fast "0" inn på en av inngangene er ekvivalent med NOT



≡



Øvre NOR

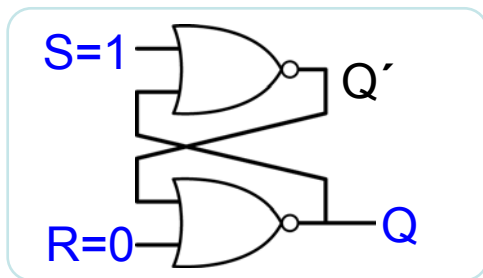
S	Q	Q'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Nedre NOR

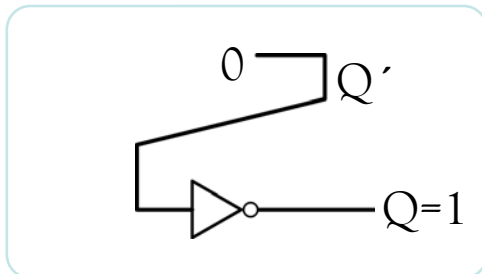
Q'	R	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-latch – Analyse

- Tilstand $S=1, R=0$: En NOR port med fast "1" inn på en av inngangene gir alltid ut "0"



||



Øvre NOR

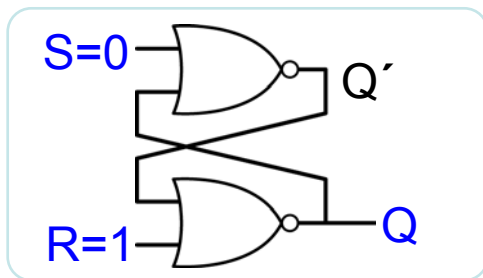
S	Q	Q'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Nedre NOR

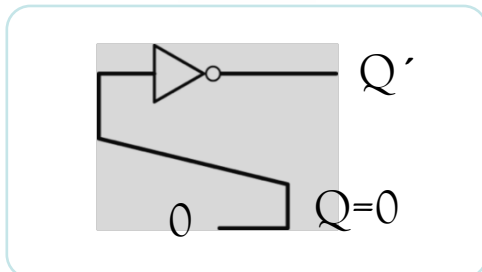
Q'	R	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-latch – Analyse

- Tilstand $S=0, R=1$: En NOR port med fast "1" inn på en av inngangene gir alltid ut "0"



≡



Øvre NOR

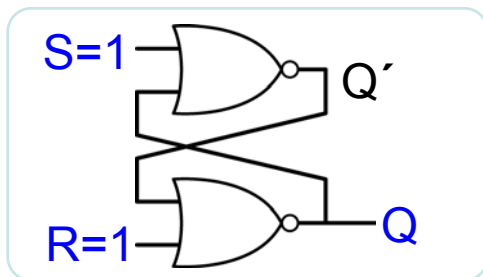
S	Q	Q'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Nedre NOR

Q'	R	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

SR-latch – Analyse

- Tilstand $S=1, R=1$: En NOR port med fast "1" inn på en av inngangene gir alltid ut "0"



Øvre NOR

S	Q	Q'
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Nedre NOR

Q'	R	Q
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

I denne tilstanden er utgang Q' ikke den inverterte av Q. Denne tilstanden brukes normalt ikke

SR-latch oppsummering

Tilstand $S=0, R=0$ gir ?

Tilstand $S=0, R=1$ gir 0

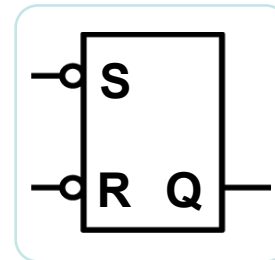
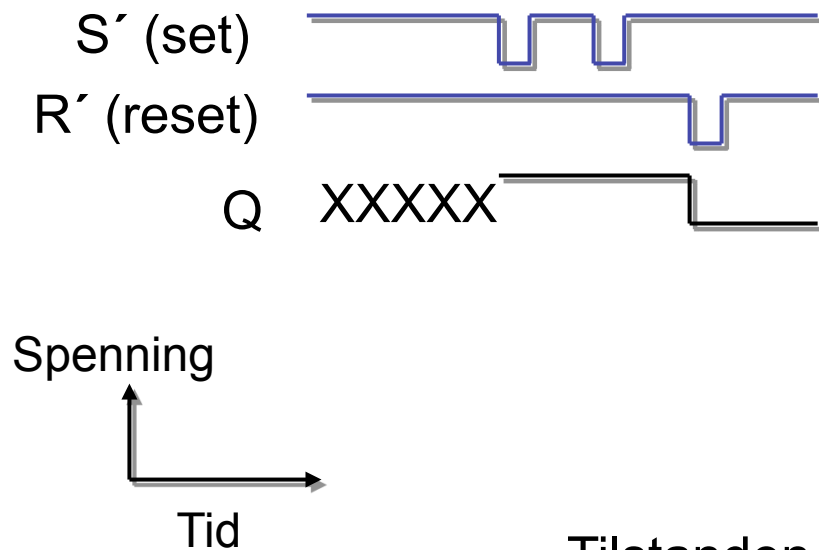
Tilstand $S=1, R=0$ gir 1

Tilstand $S=1, R=1$ gir 0

SR		Q
S	R	Q
0	0	låst
0	1	0
1	0	1
1	1	0

S'R'Latch

S'R' latch – lik funksjon som SR latch, men reagerer på "0" inn (negativ logikk)

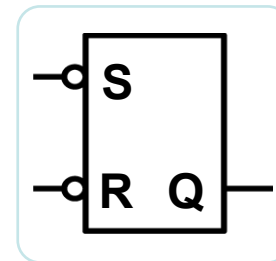
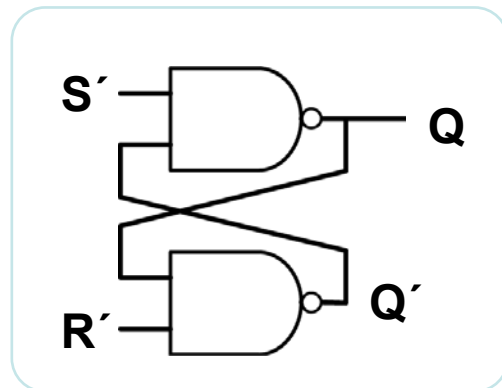


S'	R'	Q
1	1	låst
1	0	0
0	1	1
0	0	1

Tilstanden $S' = 0, R' = 0$ brukes normalt ikke

S'R'Latch – Portimplementasjon NAND

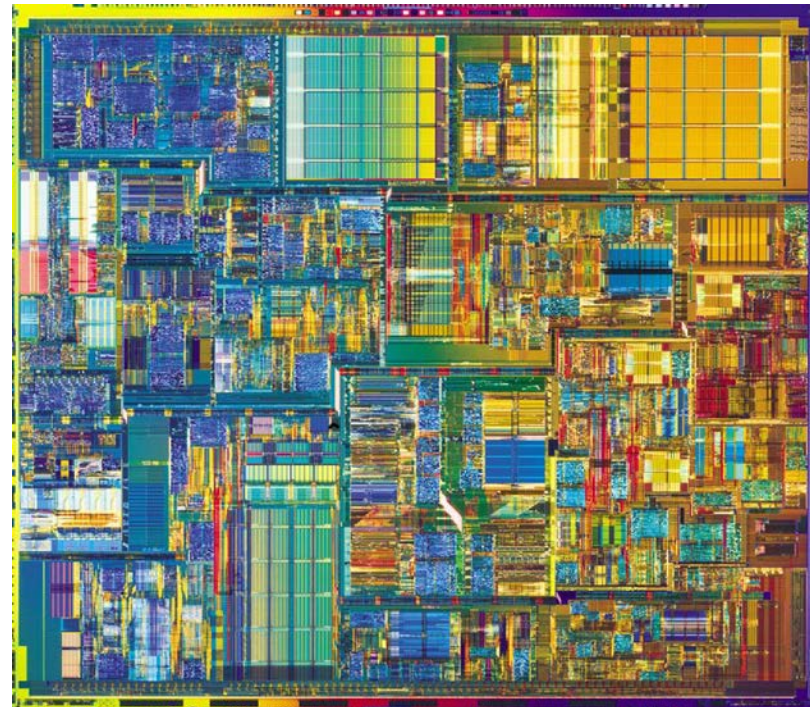
Kretsen kan analyseres på samme måte som for SR latch



S'	R'	Q
1	1	uforandret
1	0	0
0	1	1
0	0	1

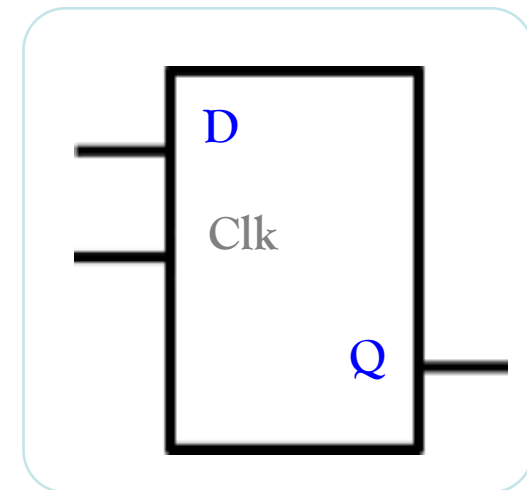
Synkron logikk

- I større digitale system har man behov for å synkronisere dataflyten. Til dette bruker vi et globalt klokkesignal
- Uten global synkronisering ville det vært total kaos



D-Latch

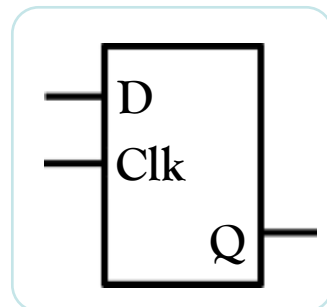
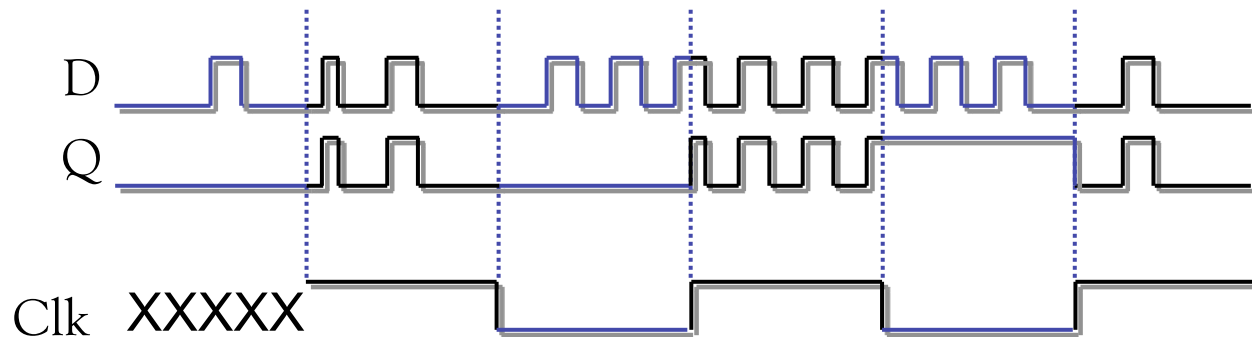
- Dataflyten gjennom en D-latch kontrolleres av et klokkesignal
 - 1) Slipper gjennom et digital signal så lenge klokkeinngangen er "1" (transparent)
 - 2) I det øyeblikket klokkeinngangen går fra "1" til "0" låser utgangen seg på sin nåværende verdi. Forandringer på inngangen vil ikke påvirke utgangsverdien så lenge klokkesignalet er "0"



D-Latch

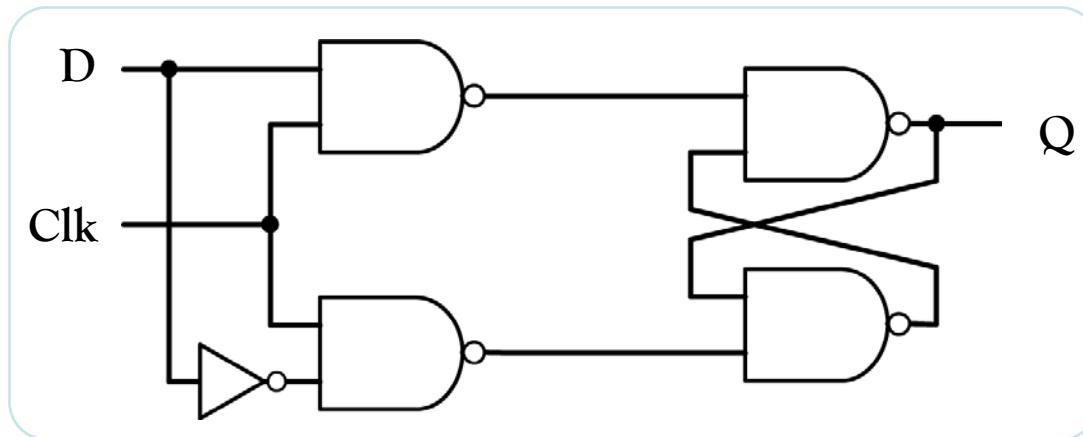
Clk = 1 : kretsen slipper gjennom signalet

Clk = 0 : kretsen holder (låser) utgangssignalet



Logisk verdi på D i det øyeblikk Clk går i fra "1" til "0" bestemmer verdien som holdes på Q

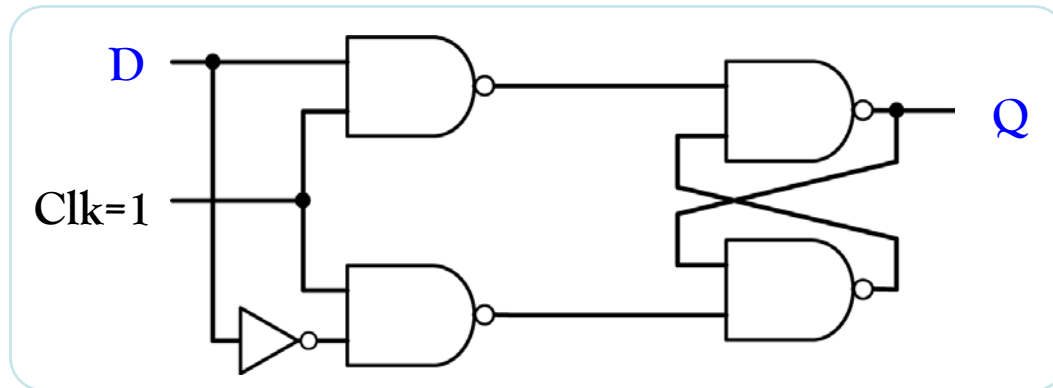
D-latch – implementasjon



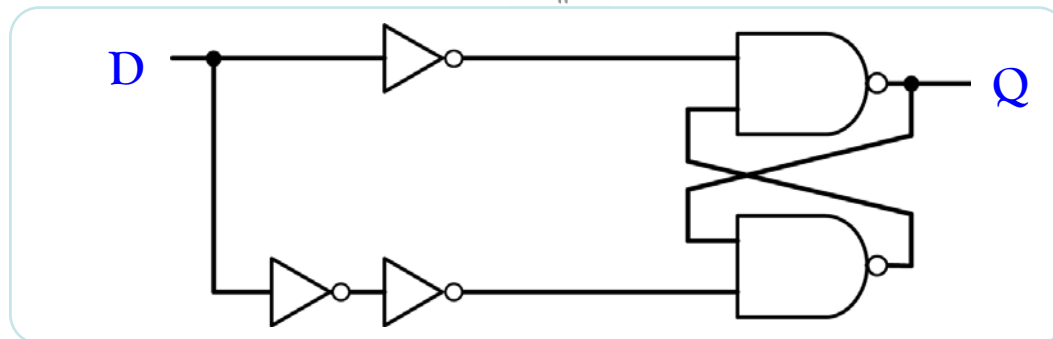
D-latch – analyse

Tilstand 1: Clk = 1

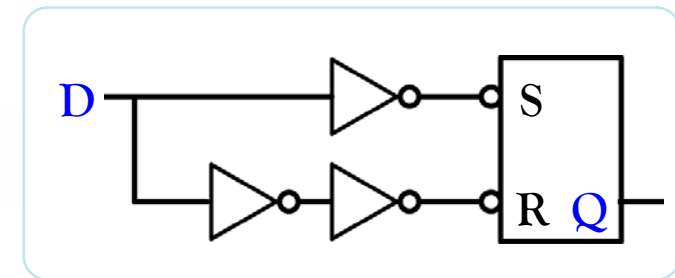
NAND med fast “1” på en inngang er ekvivalent med NOT



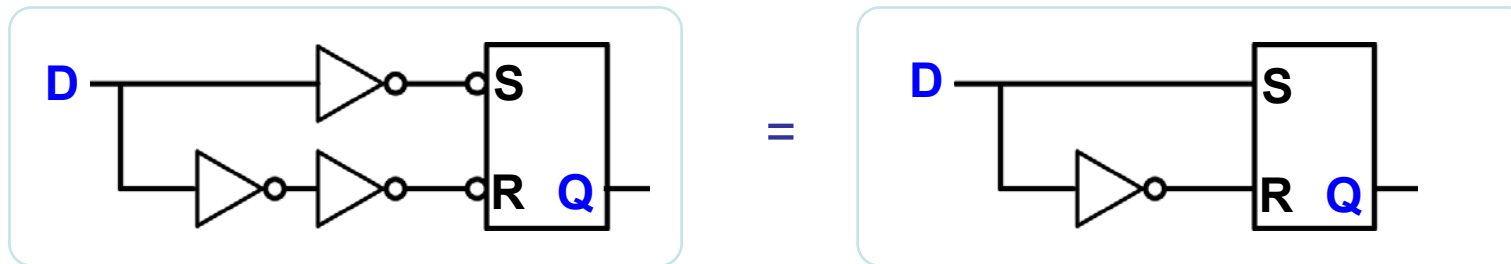
|||



≡



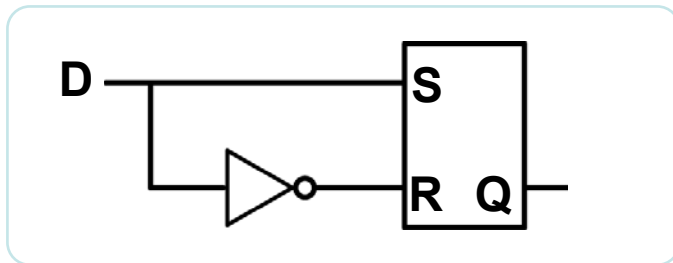
D-latch – analyse tilstand 1 fortsetter



Dette er en $S'R'$ latch med inverterte innganger

Tilstand $S'=R'$ oppstår aldri, og kretsen er ekvivalent med en $S''R''$ eller SR latch

D-latch – analyse tilstand 1 fortsetter



SR		Q	
S	R	Q	
0	0	0	uforandret
0	1	0	
1	0	1	
1	1	0	

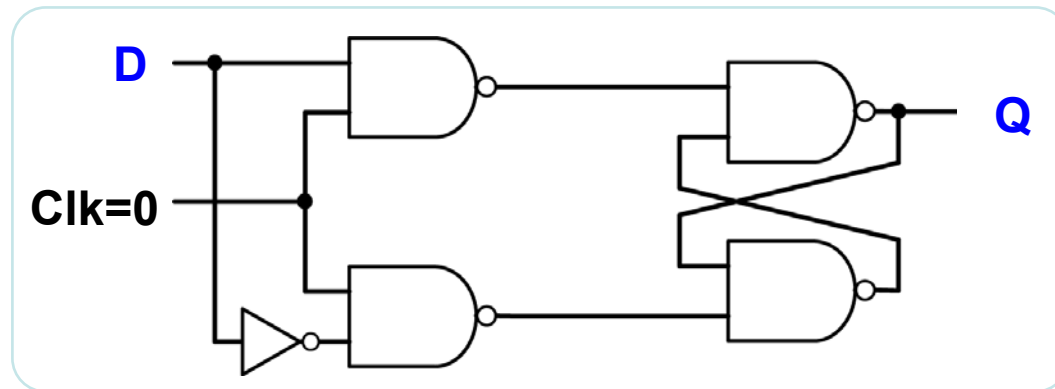
S og R vil alltid være forskjellige

Fra sannhetstabellen ser vi at $Q=S=D$, kretsen slipper signal D rett gjennom (transparent)

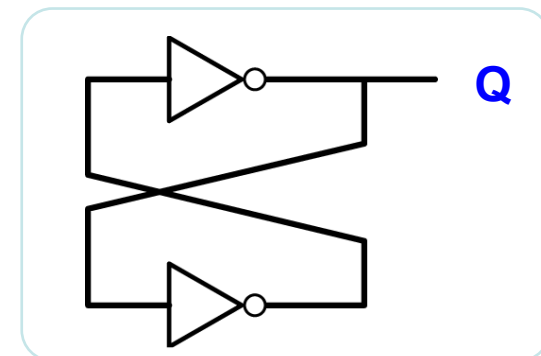
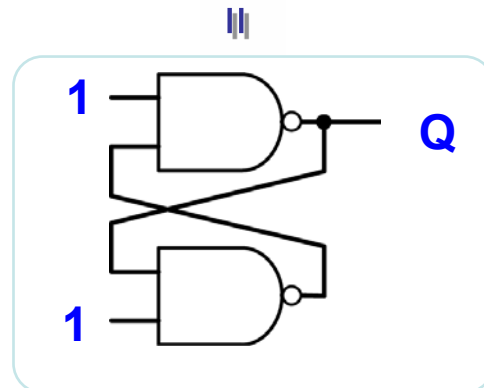
D-latch – analyse tilstand 2

Tilstand 2: Clk = 0

NAND med "0" på en inngang gir alltid ut "1"



NAND med "1" på en inngang er ekvivalent med NOT. Får stabil låsekrets. Utgang holdes.



Flip-flop

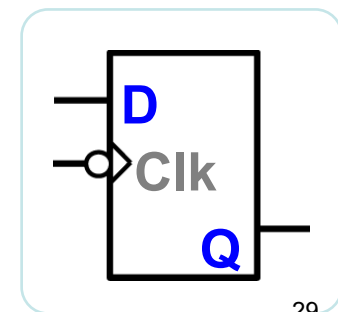
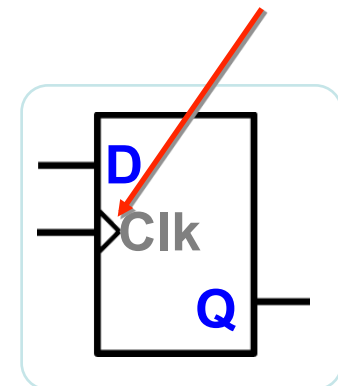
Flip-Flop'er kommer i to varianter:

- Positiv flanketrigget
- Negativ flanketrigget

På en **positiv flanketrigget Flip-Flop** kan utgangen kun skifte verdi i det øyeblikk klokkesignalet går fra "0" til "1".

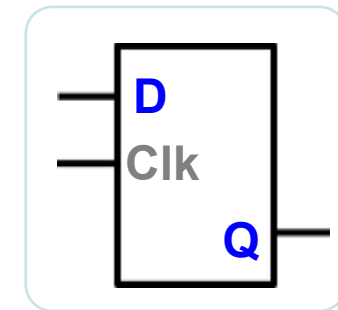
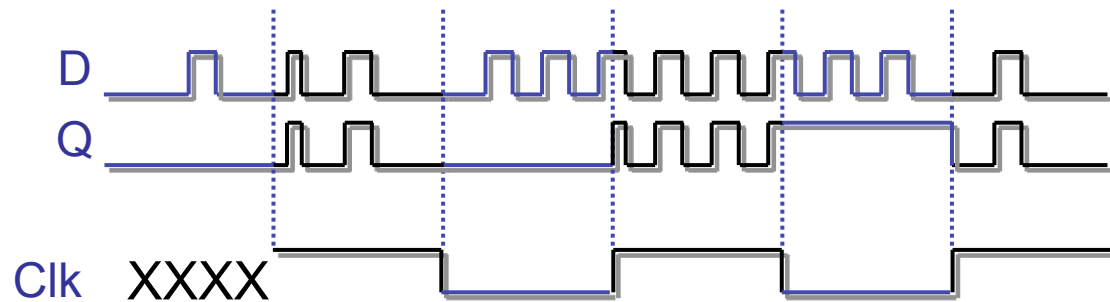
På en **negativ flanketrigget Flip-Flop** kan utgangen kun skifte verdi i det øyeblikk klokkesignalet går fra "1" til "0".

Hakk, indikerer flanketrigget

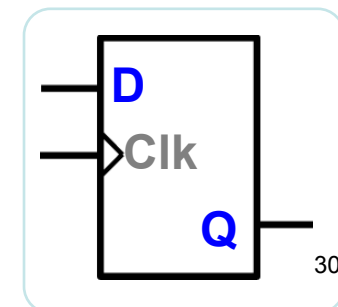
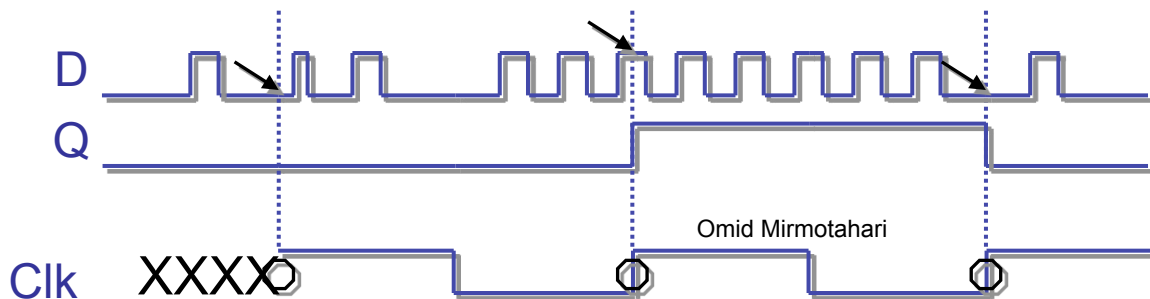


D-Flip-Flop

En D latch er transparent for Clk=1



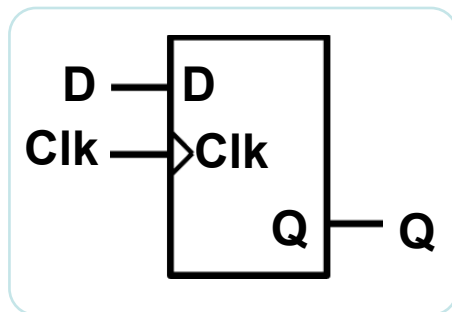
En positiv flanke-triggeret D flip-flop sampler verdien på D i det øyeblikk Clk går fra "0" til "1" (positiv flanke). Denne verdien holdes fast på utgangen helt til neste positive flanke



Omid Mirmotahari

Karakteristisk tabell/ligning

For flip-flop'er kan man generelt beskrive neste utgangsverdi $Q(t+1)$ som funksjon av nåværende inngangsverdi(er), og nåværende utgangsverdi $Q(t)$



Karakteristisk tabell for D flip-flop

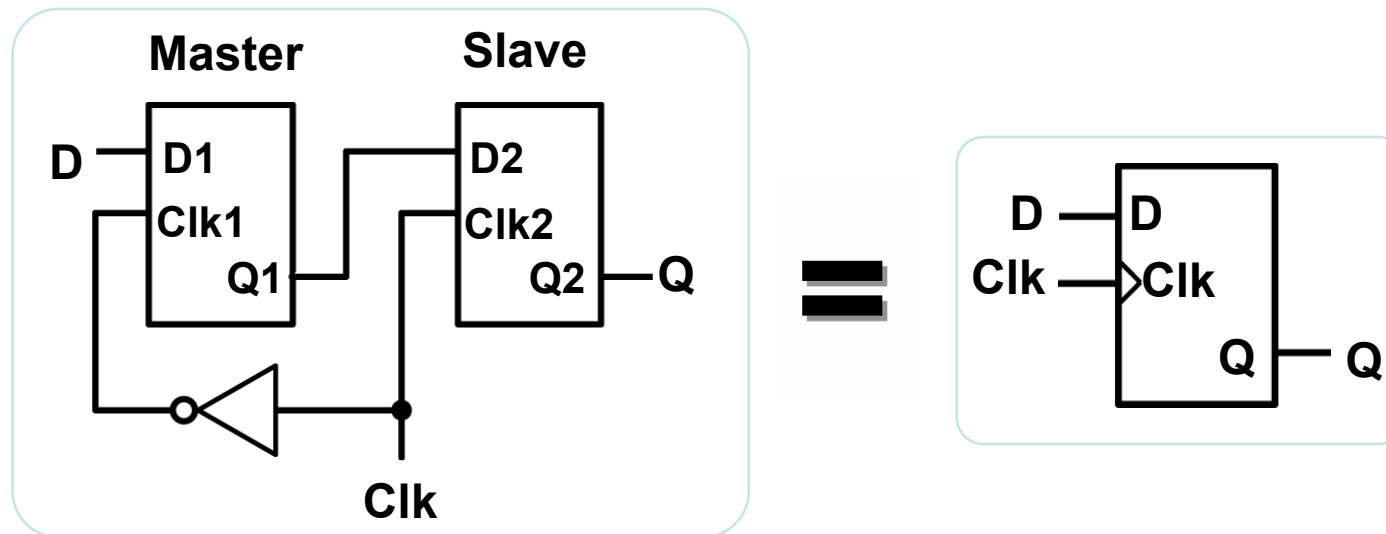
D	Q(t+1)
0	0
1	1

Karakteristisk ligning for D flip-flop

$$Q(t+1) = D$$

D-Flip-Flop

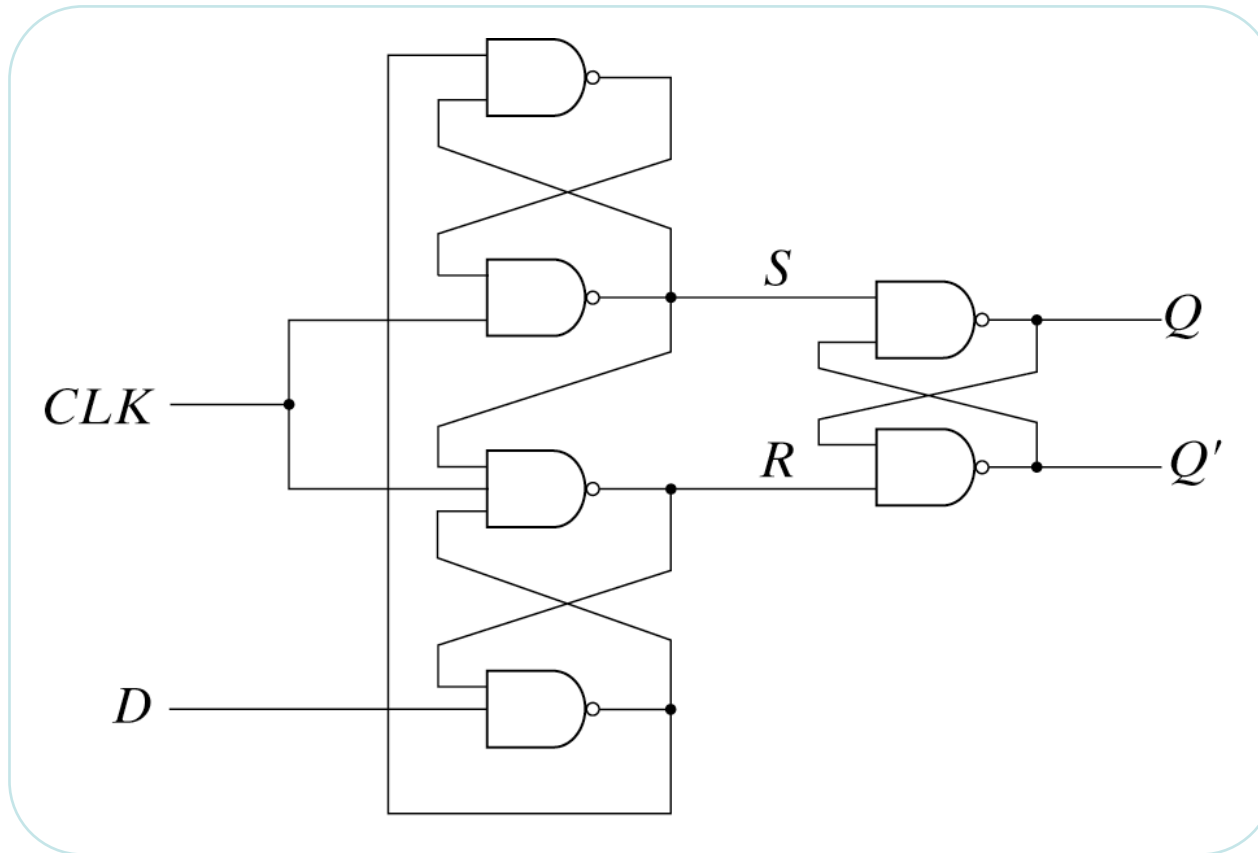
En positiv flanketrigget D flip-flop kan lages av to D-latcher (Master-Slave)



Under Clk=0 er første D latch (master) transparent

Under Clk=1 er siste D latch (slave) transparent

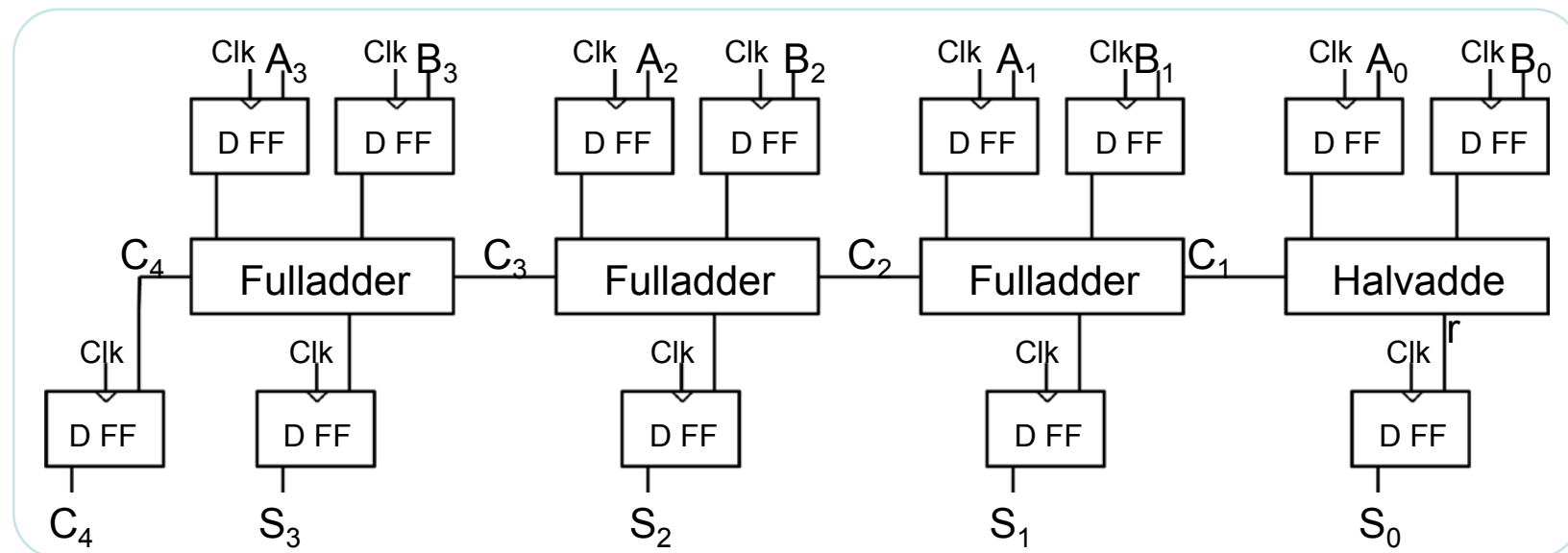
D-Flip-Flop – kompakt versjon



D-Flip-Flop, eksempel

En rippeladder vil i et kort tidsrom gi gal sum ut.

Styring av signalflyt med D flip-flops kamuflerer dette

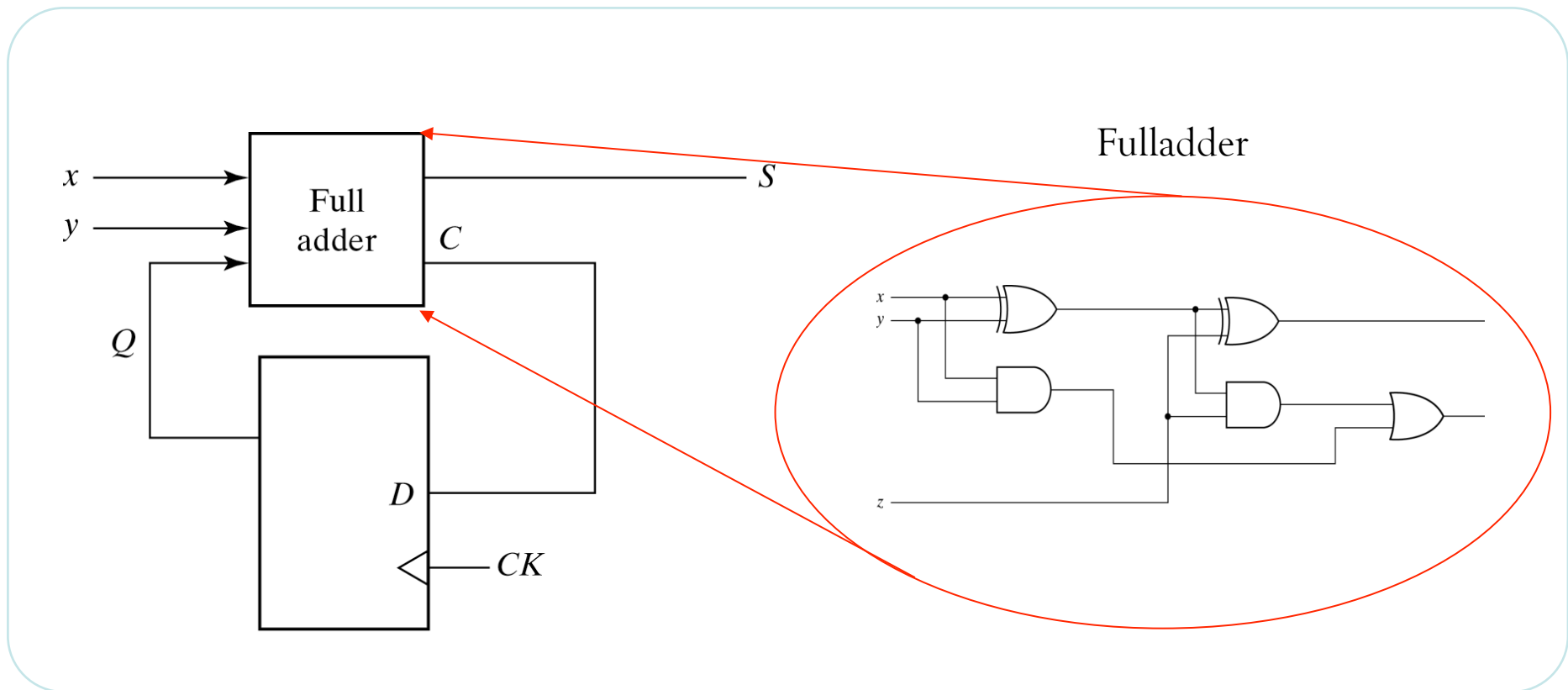


På positiv Clk flanke kommer nye data inn til adderen. I samme øyeblikk leses forrige (stabiliserte) sum ut.

Omid Mirmotahari

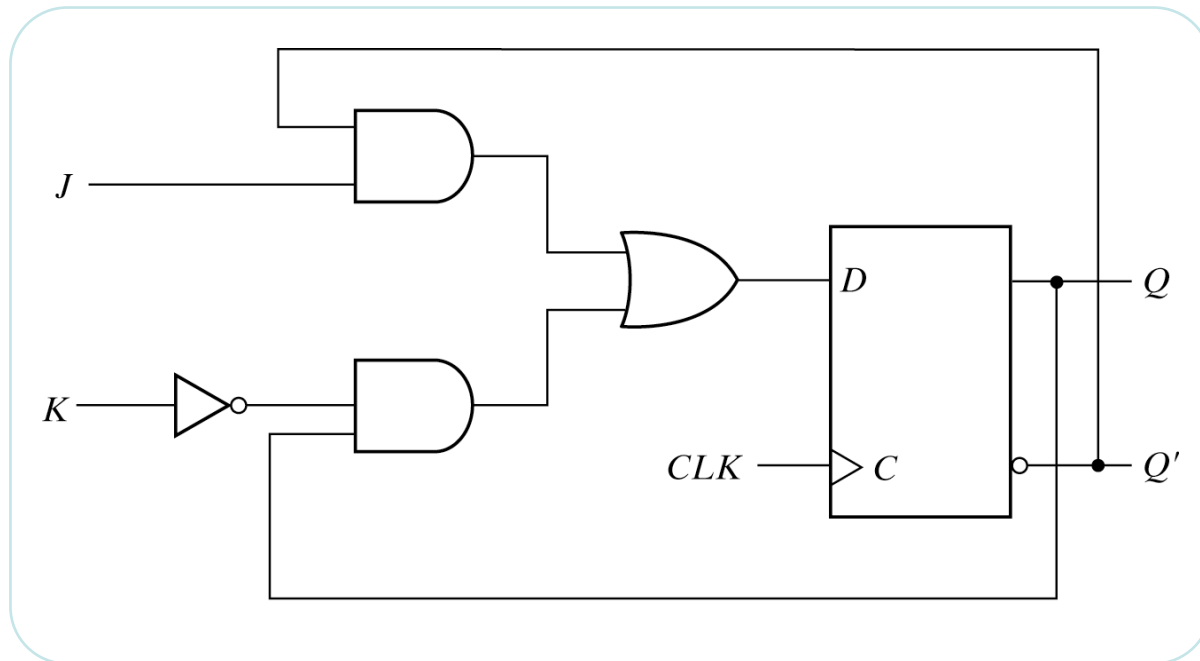
D-Flip-Flop, eksempel

Seriell adder

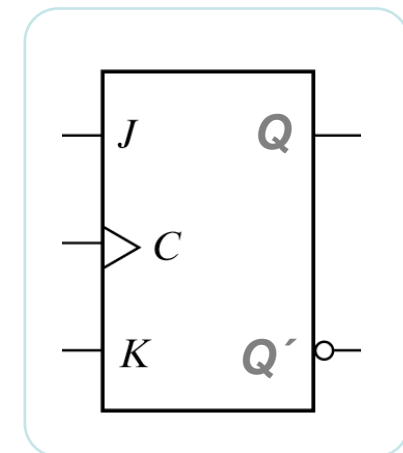


JK Flip-Flop

Kretsoppbygging



Grafisk symbol



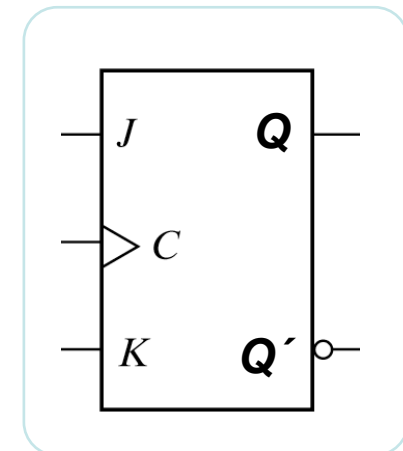
JK Flip-Flop

En JK flip-flop har følgende egenskaper

- J=0, K=0: Utgang låst
- J=0, K=1: Resetter utgang til "0"
- J=1, K=0: Setter utgang til "1"
- J=1, K=1: Inverterer utgang $Q \rightarrow Q'$

Utgangen kan kun forandre verdi på stigende klokkeflanke

En JK flip-flop er den mest generelle flip-floppen vi har

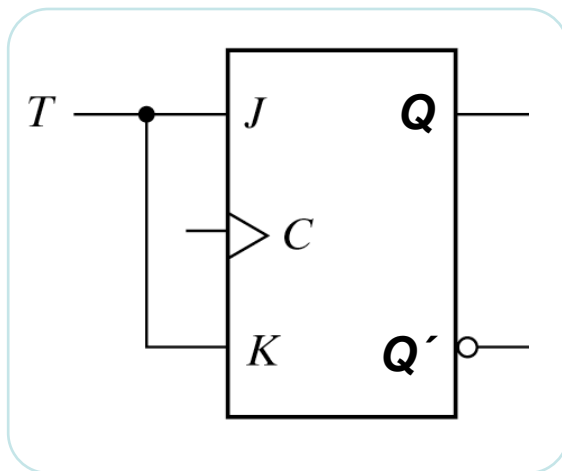


J	K	Q(t+1)
0	0	Q(t)
0	1	0
1	0	1
1	1	Q'(t)

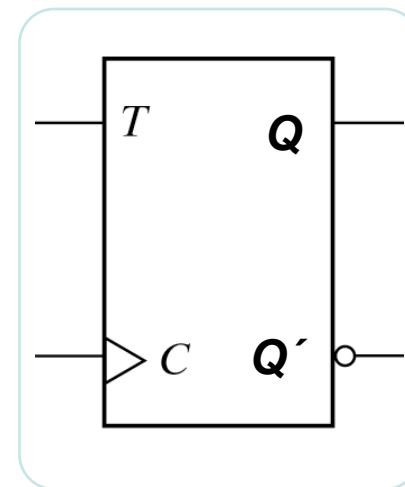
$$Q(t+1) = JQ'(t) + K'Q(t)$$

T Flip-Flop

Kretsoppbygging



Grafisk symbol



T Flip-Flop

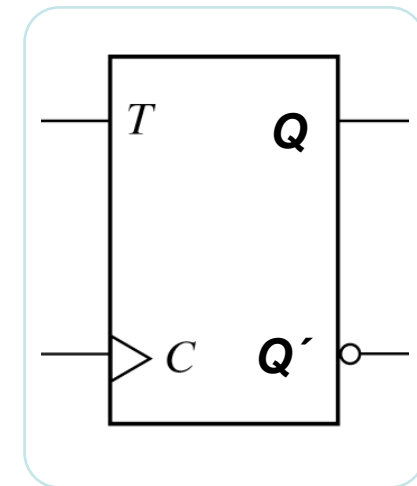
En T flip-flop har følgende egenskaper

$T=0$, Utgang låst

$T=1$, Inverterer utgang $Q \rightarrow Q'$

Utgangen kan kun forandre verdi på stigende klokkeflanke

Det er lett å lage tellere av T flip-flop'er



T	Q(t+1)
0	Q(t)
1	Q'(t)

$$Q(t+1) = T \oplus Q(t)$$