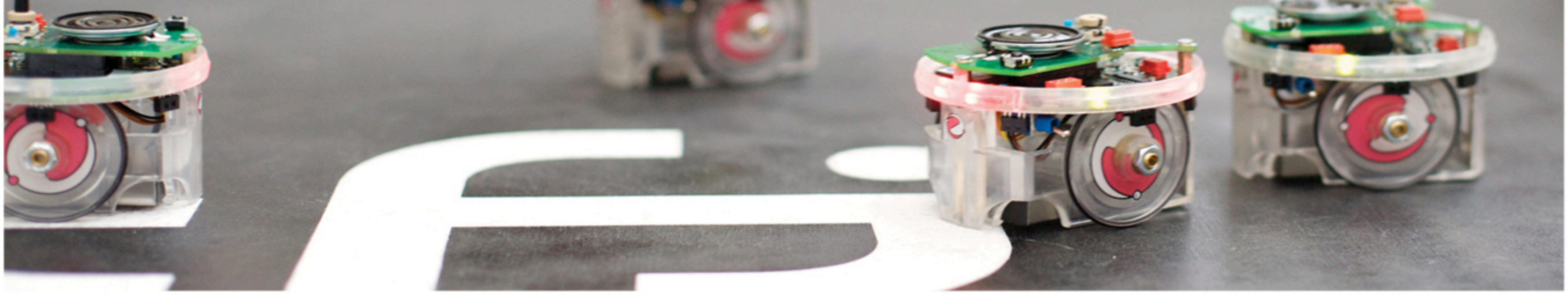


UiO : **Institutt for informatikk**

Det matematisk-naturvitenskapelige fakultet

INF1400

Tilstandsmaskin

Hovedpunkter

- Tilstandsmaskin
- Tilstandstabell
- Tilstandsdiagram
- Analyse av D-flip-flop tilstandsmaskin
- Reduksjon av antall tilstander
- Tilordning av tilstandskoder
- Designprosedyre for tilstandsmaskin basert på D flip-floper

Tilstandsmaskin

- Engelsk: Finite State Machine

- Tilstandsmaskiner er en metode til å beskrive systemer med logisk og dynamisk (tidsmessig) oppførsel.

- Brukes mye innen:
  - Logiske/digitale styresystemer
  - Sanntidssystemer
  - Telekommunikasjon
  - Kompilatorteknikk
  - Digitalteknikk

Tilstandsmaskin

Modellen av en tilstandsmaskin består av:

Tilstandsmaskin

En tilstandsmaskin er et

Tilstanden systemet befinner seg i, pluss evt. inngangsverdier bestemmer utgangsverdiene

Tilstandsmaskins-konseptet gir en enkel og oversiktlig måte å designe avanserte system på

Sentrale begreper for tilstandsmaskin

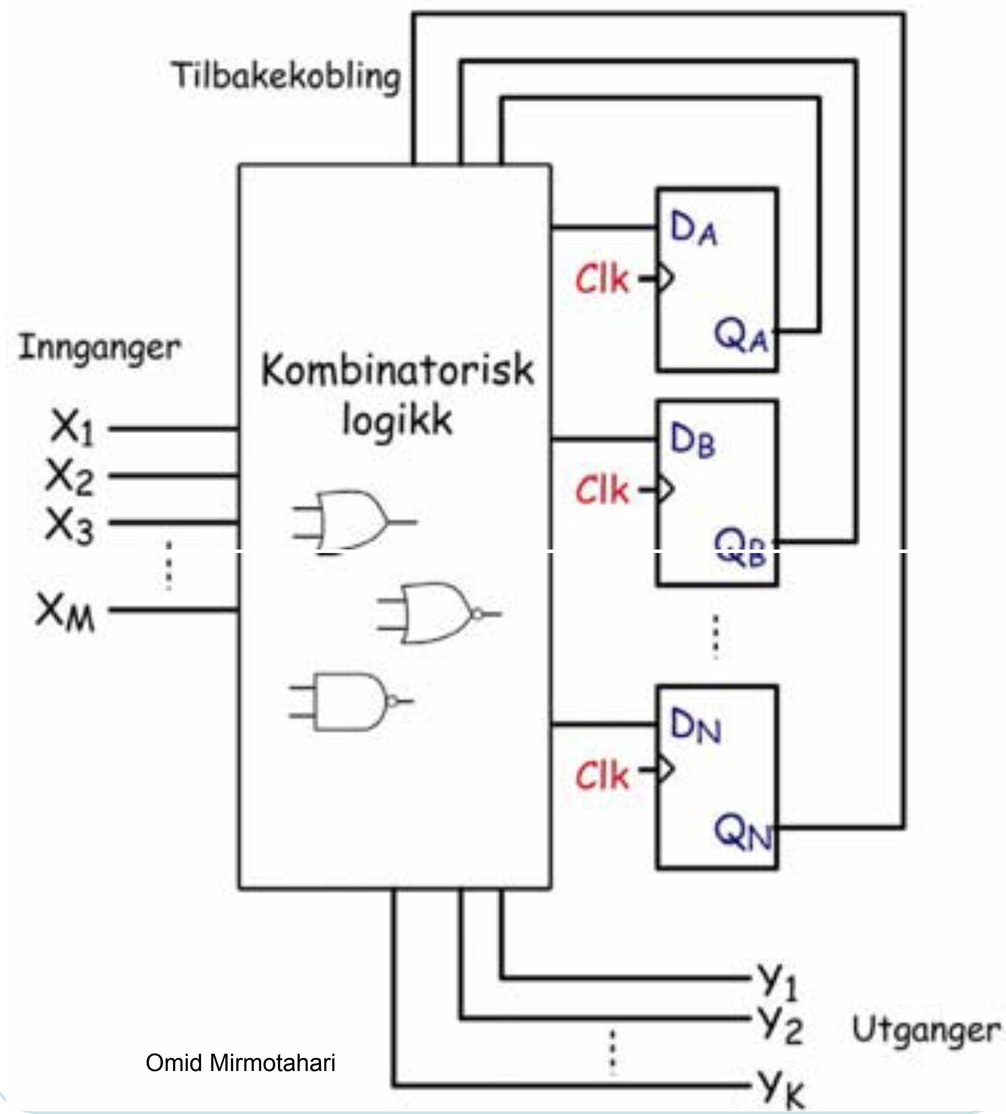
Tilstand:
- er et begrep som benyttes til å beskrive systemets status / tilstand.
- er et verdisett/attributter som beskriver systemets egenskaper.

- Hendelser:
  - er et begrep som benyttes om innganger/påvirkninger på systemet
  - kan beskrives som en plutselig og kortvarig påvirkning av systemet.

- Aksjoner:
  - er det som kommer ut av systemet. Det vil si resultatet
  - er en respons på en hendelse

Tilstandsmaskin

Generell tilstands-maskin basert på D flip-flops



Utgangssignalene er en funksjon av nåværende tilstand pluss evt. inngangsverdier

Tilstandsdiagrammer

- For å visualisere oppførselen til systemer brukes gjerne tilstandsdiagrammer
    - Sirkler angir tilstander
    - Piler angir tilstandsendring
    - Hendelse og aksjoner settes over piler som angir tilstandsendringen

Eksempel: Brusautomat

Eksempel: Brusautomat

Eksempel: Brusautomat

- Hendelser:
  - {
- Aksjoner:
  - {
- Tilstander:
  - {

Implementasjon og kretsdesign

- Nå skal vi gjennom en rekke eksempler for implementasjon av tilstandsmaskiner.
- Vi skal lære om tilstandstabell.
- Vi skal se på noen forenklinger med med hensyn på reduksjon av tilstander
- Vi skal ta hensyn til ubrukte tilstander

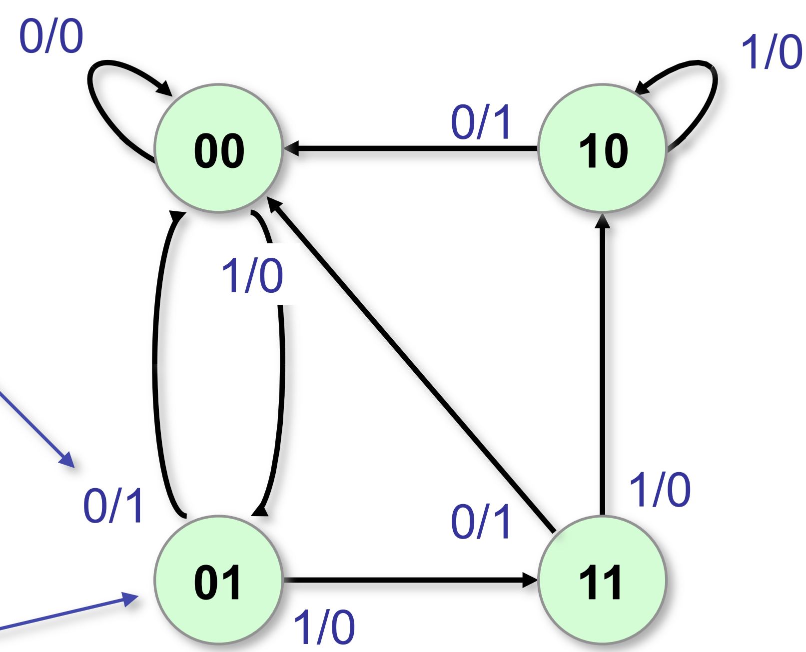
Tilstandsdiagram

Tilstandsdiagram = grafisk illustrasjon av egenskapene til en tilstandsmaskin

Eksempel nr.1:

Inngangsverdi x som medfører ny tilstand, samt utgangsverdi y for opprinnelig tilstand med inngangsverdi x

x / y



Tilstand

$Q_A Q_B$

Tilstandstabell

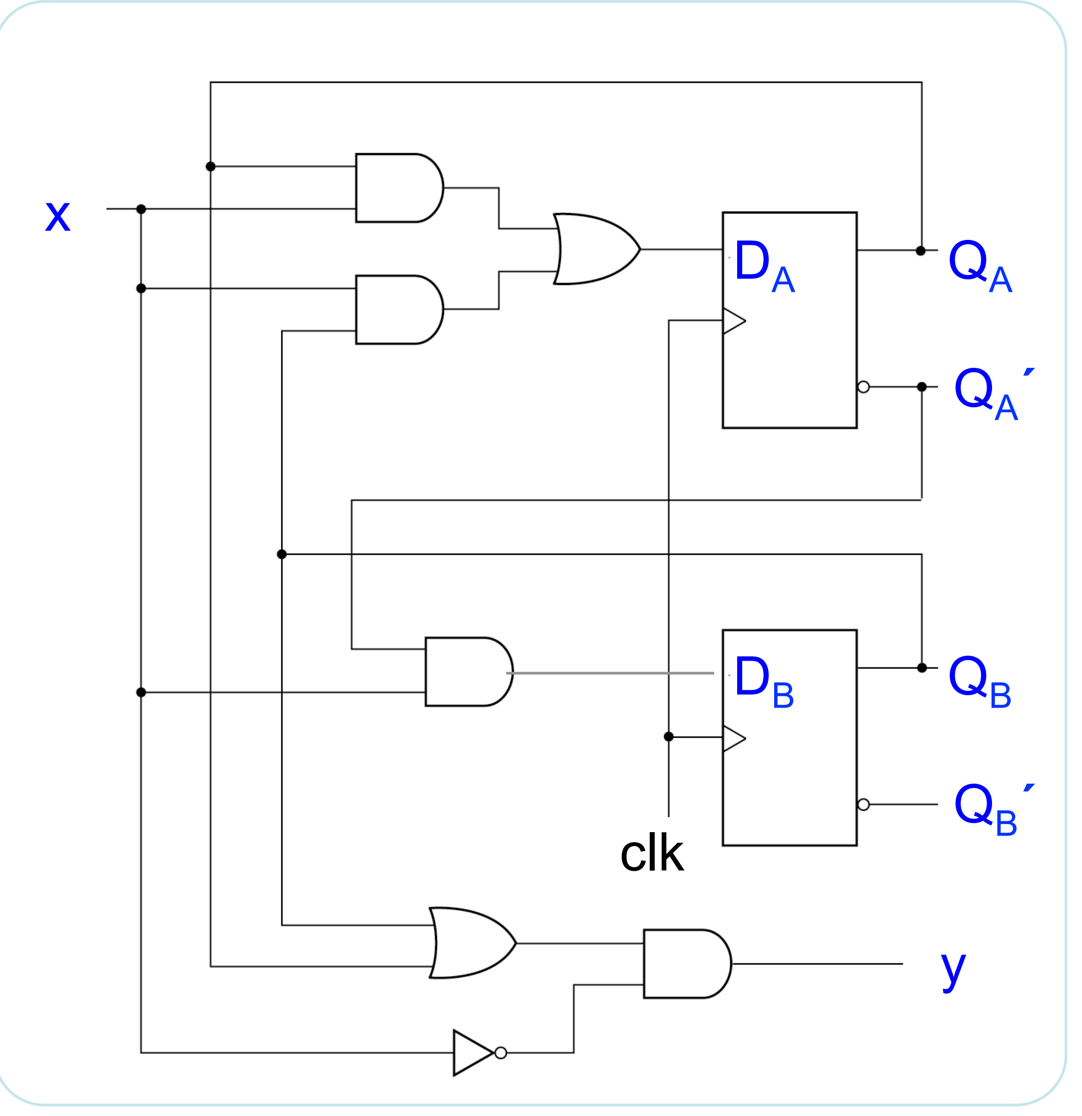
Tilstandstabell = sannhetstabell for tilstandsmaskin

Eksempel nr.1: En inngang, en utgang og 2 stk. D flip-flops

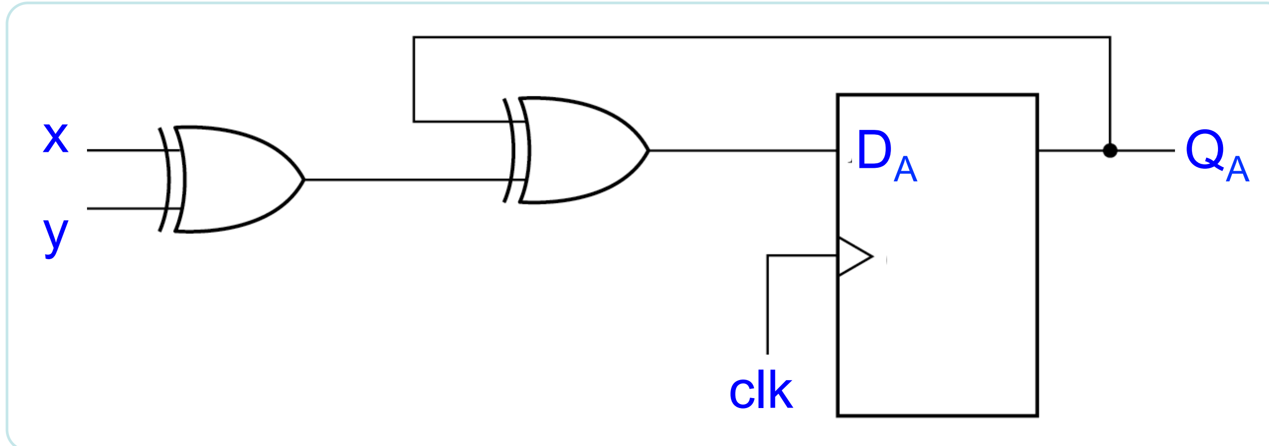
Nåværende tilstand Q_A	Q_B	Inngang x	Neste tilstand Q_A	Q_B	Utgang for nåværende tilstand y
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	1
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0

Eksempel nr.1

Tilstandsmaskin der utgang y er en funksjon av tilstanden gitt av verdiene til Q_A og Q_B, samt inngangen x



Eksempel nr.2



To innganger x og y, en utgang som bare er gitt av tilstanden Q_A

Nåværende tilstand	Innganger		Neste tilstand
Q_A	x	y	Q_A
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Eksempel nr.2

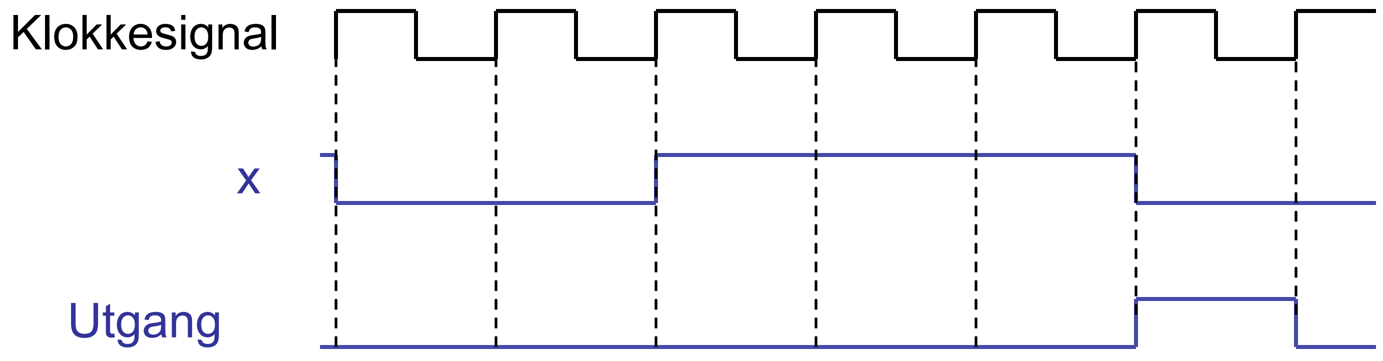
Tilstandsdiagram

*Merk at i dette tilfelle er utgangsverdien kun avhengig av tilstanden (uavhengig av inngangsverdiene)

Eksempel nr.3 – design av sekvensdetektor

Ønsker å lage en krets som finner ut om det har forekommet tre eller flere ”1”ere etter hverandre i en klokket bit-sekvens x

Klokket bit-sekvens: Binært signal som kun kan skifte verdi synkront med et klokkesignal



Eksempel nr.3 – design av sekvensdetektor

Tilstandsdiagram

Velger å ha 4 tilstander. Lar hver tilstand symbolisere antall ”1”ere som ligger etter hverandre i bit-sekvensen.

Inngang: bit-sekvens x

Utgang: gitt av tilstanden, ”0” for tilstand 0-2, ”1” for tilstand 3

Eksempel nr.3

Bruker D flip-flops

D_A og D_B settes til de verdiene man ønsker at Q_A og Q_B skal ha i neste tilstand

Nåværende tilstand Q_A	Q_B	Inngang x	Neste tilstand Q_A	Q_B	Utgang for nåværende tilstand y
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
0	1	1			
1	0	0			
1	0	1			
1	1	0			
1	1	1			

D_A =

D_B =

y =

Eksempel nr.3

Forenkler uttrykkene med Karnaugh-diagram

$D_A = Q_A x + Q_B x$

$D_B = Q_A x + Q_B{'} x$

$y = Q_A Q_B$

x

Reduksjon av tilstander

En tilstandsmaskin gir oss en eller flere utgangssignal som funksjon av en eller flere inngangssignal

Hvordan dette implementeres internt i maskinen er uinteressant sett utenifra

I noen tilfeller kan man fjerne tilstander (forenkle designet) uten å påvirke inngangs/utgangs-funksjonene

Reduksjon av tilstander

Hvis to tilstander har samme utgangssignal, samt leder til de samme nye tilstandene gitt like inngangsverdier, er de to opprinnelige tilstandene like. En tilstand som er lik en annen tilstand kan fjernes.

Reduksjon av tilstander

Eksempel:

Tilstand G er lik tilstand E

Nåværende tilstand	Inngang	Neste tilstand	Utgang
A	0	B	0
A	1	B	0
B	0	C	0
B	1	D	0
C	0	A	0
C	1	D	0
D	0	E	0
D	1	F	1
E	0	A	0
E	1	F	1
F	0	G	0
F	1	F	1
G	0	A	0
G	1	F	1

Reduksjon av tilstander

Eksempel:

Fjerner tilstand G.
Erstatter hopp til G
med hopp til E

Nåværende tilstand	Inngang	Neste tilstand	Utgang
A	0	B	0
A	1	B	0
B	0	C	0
B	1	D	0
C	0	A	0
C	1	D	0
D	0	E	0
D	1	F	1
E	0	A	0
E	1	F	1
F	0	E	0
F	1	F	1

Reduksjon av tilstander

Eksempel:

Nåværende tilstand	Inngang	Neste tilstand	Utgang
A	0	B	0
A	1	B	0
B	0	C	0
B	1	D	0
C	0	A	0
C	1	D	0
D	0	E	0
D	1	F	1
E	0	A	0
E	1	F	1
F	0	E	0
F	1	F	1

Nå er tilstand F lik tilstand D

Fjerner tilstand F

Reduksjon av tilstander

Eksempel:

Har fjernet tilstand F

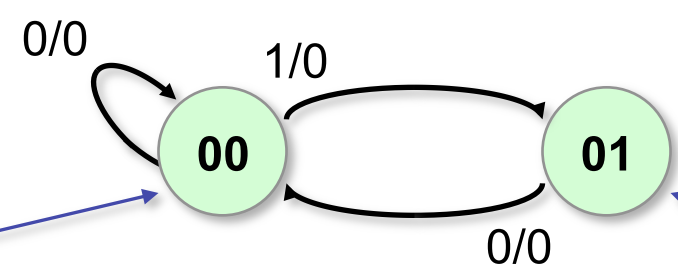
Nåværende tilstand	Inngang	Neste tilstand	Utgang
A	0	B	0
A	1	B	0
B	0	C	0
B	1	D	0
C	0	A	0
C	1	D	0
D	0	E	0
D	1	D	1
E	0	A	0
E	1	D	1

Tilordning av tilstandskoder

I en tilstandsmaskin med M tilstander må hver tilstand tilordnes en kode basert på minimum N bit der $2^N \geq M$

Kompleksiteten til den kombinatoriske delen avhenger av valg av tilstandskode

Anbefalt strategi for valg av kode: prøv-og-feil i tilstandsdiagrammet



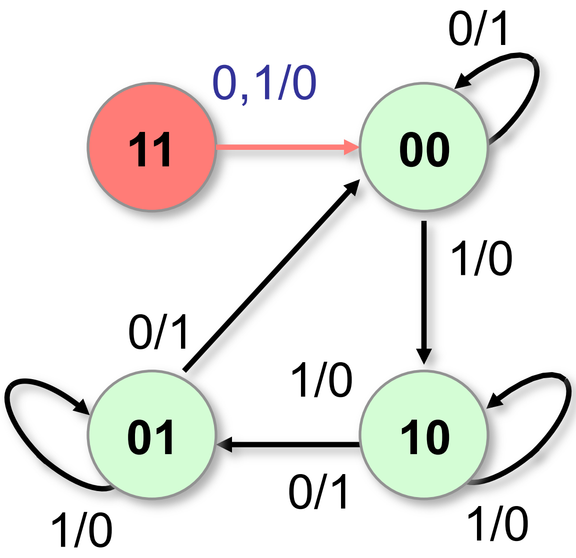
Tilstand nr.1
Kode: 00

Tilstand nr.2
Kode: 01

Ubrukte tilstander

I en tilstandsmaskin med N flip-flopper vil det alltid finnes 2^N tilstander. Designer man for M tilstander der $M < 2^N$ vil det finnes ubrukte tilstander.

Problem: Under oppstart (power up) har man ikke full kontroll på hvilken tilstand man havner i først. Havner man i en ubrukt tilstand som ikke leder videre til de ønskede tilstandene vil systemet bli låst.



Løsning: Design systemet slik at alle ubrukte tilstander leder videre til en ønsket tilstand.

Generell designprosedyre basert på D flip-flops

1) Definer tilstandene, inngangene og utgangene
2) Velg tilstandskoder, og tegn tilstandsdiagram
3) Tegn tilstandstabell
4) Reduser antall tilstander hvis nødvendig
5) Bytt tilstandskoder hvis nødvendig for å forenkle
6) Finn de kombinatoriske funksjonene
7) Sjekk at ubrukte tilstander leder til ønskede tilstander
8) Tegn opp kretsen

Design eksempel nr.4

Designer en teller som teller sekvensen 5,4,3,2,1,0. Etter 0 skal telleren gjenta sekvensen (telle rundt). Telleren skal kunne resettes til 5 med ett reset signal.

1) Velger en tilstand for hvert tall ut. Systemet har 1 reset inngang, og trenger 3 utganger for å representere tallene 5 til 0.

2) Velger tilstandskoder som direkte representerer tallene ut. Tallene ut blir gitt av tilstandene

Eksempel nr.4

2) Tegner tilstandsdiagram

Eksempel nr.4

3) Tegner tilstandstabell

4) Ingen reduksjons-mulighet

5) Velger å ikke bytte tilstandskoder da utgangene i såfall må omformes

	Nåværende tilstand / utgang			Inngang	Neste tilstand		
	Q_A	Q_B	Q_C	R	Q_A	Q_B	Q_C
	0	0	0	0	1	0	1
	0	0	0	1	1	0	1
	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	1	1	1	0	1
	0	1	0	0	0	0	1
	0	1	0	1	1	0	1
	0	1	1	0	0	1	0
	0	1	1	1	1	0	1
	1	0	0	0	0	1	1
	1	0	0	1	1	0	1
	1	0	1	0	1	0	0
	1	0	1	1	1	0	1
Ubrukte tilstander	1	1	0	0	X	X	X
	1	1	0	1	X	X	X
	1	1	1	0	X	X	X
	1	1	1	1	X	X	X

Eksempel nr.4

6) Setter inn i karnaughdiagram og finner forenklede funksjoner

D_A

$Q_A Q_B$ \ $Q_C R$	00	01	11	10
00	1	1	1	0
01	0	1	1	0
11	x	x	x	x
10	0	1	1	1

D_B

$Q_A Q_B$ \ $Q_C R$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	1
11	x	x	x	x
10	1	0	0	0

D_C

$Q_A Q_B$ \ $Q_C R$	00	01	11	10
00	1	1	1	0
01	1	1	1	0
11	x	x	x	x
10	1	1	1	0

$D_A = R + Q_A{'}Q_B{'}Q_C{'} + Q_A Q_C$

$D_B = Q_B Q_C R' + Q_A Q_C{'}R'$

$D_C = Q_C{'} + R$

Eksempel nr.4

6) Sjekker at ubrukte tilstander leder til ønskede tilstander – ok

Nåværende tilstand / utgang			Inngang	Neste tilstand		
Q_A	Q_B	Q_C	R	Q_A	Q_B	Q_C
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1

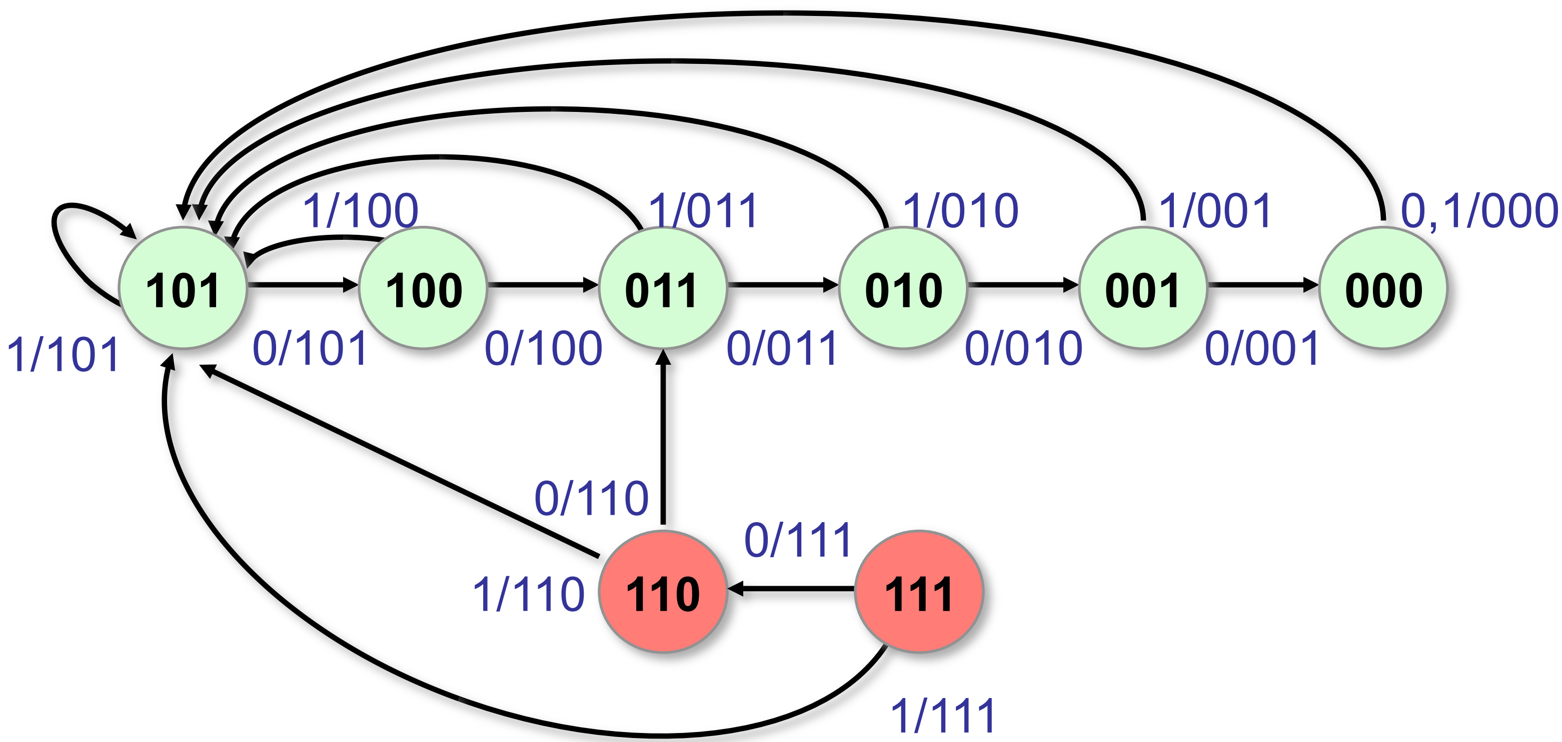
$$D_A = R + Q_A{'}Q_B{'}Q_C{'} + Q_A Q_C$$

$$D_B = Q_B Q_C R{'} + Q_A Q_C{'} R{'}$$

$$D_C = Q_C{'} + R$$

Eksempel nr.4

6) Alle ubrukte tilstander leder til ønskede tilstander, viser med diagram

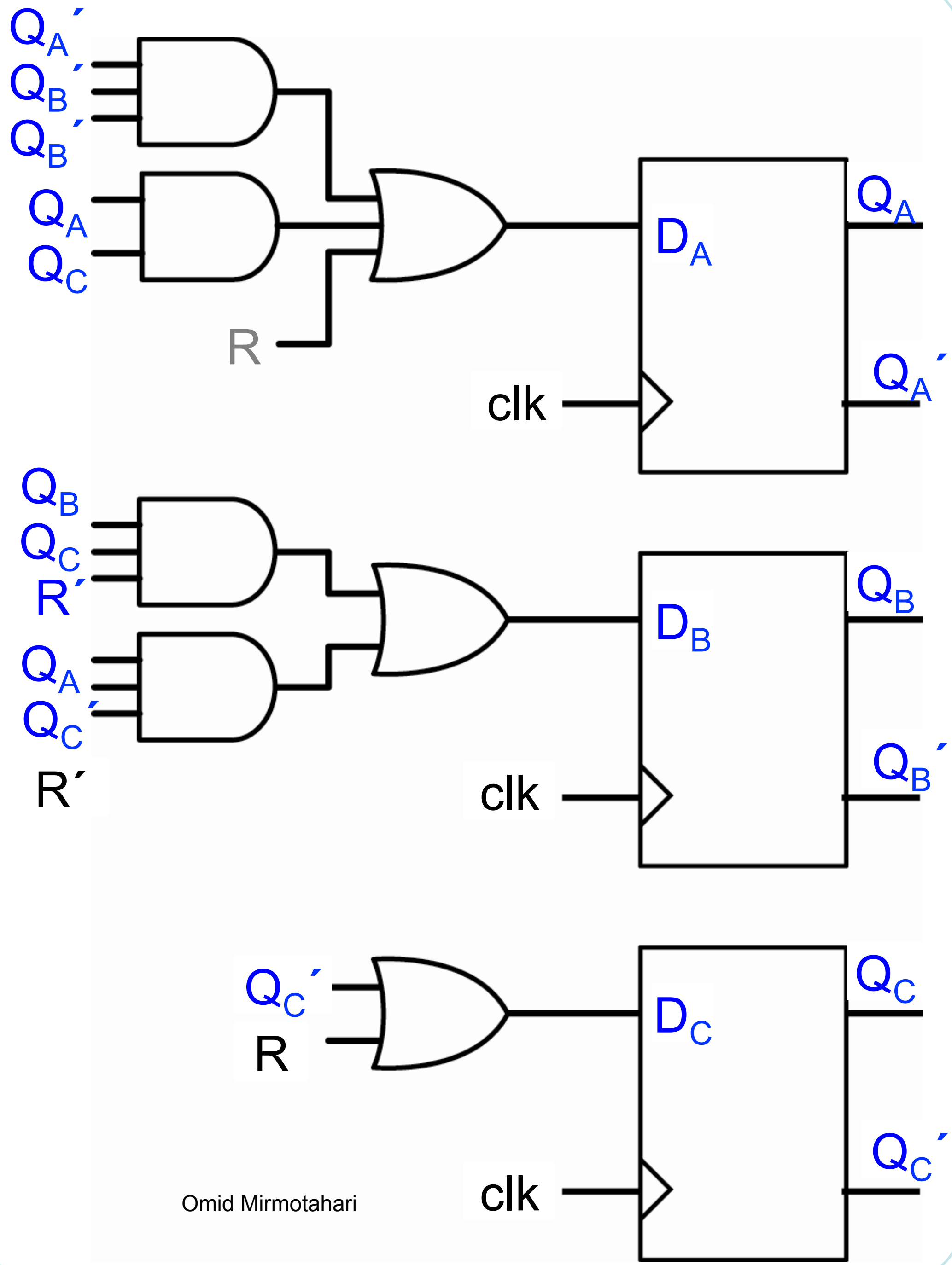


Eksempel nr.4

7) Tegner opp krets

Q_A, Q_B og Q_C blir tellerens utganger

Telleren resettes ved å sette R=1

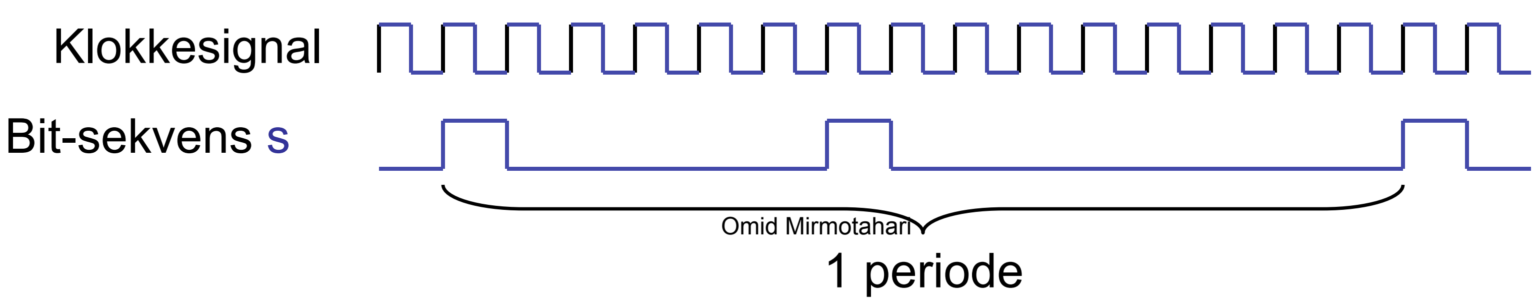


Eksempel nr.5 - trafikklys

Ønsker å bruker tilstandsmaskin for å styre trafikklys

Krysset har to vanlige trafikklys A og B. Disse styres med de binære signalene R_A, G_A, Gr_A samt R_B, G_B, Gr_B. Setter man G_A til ”1” lyser det grønt i lys A osv.

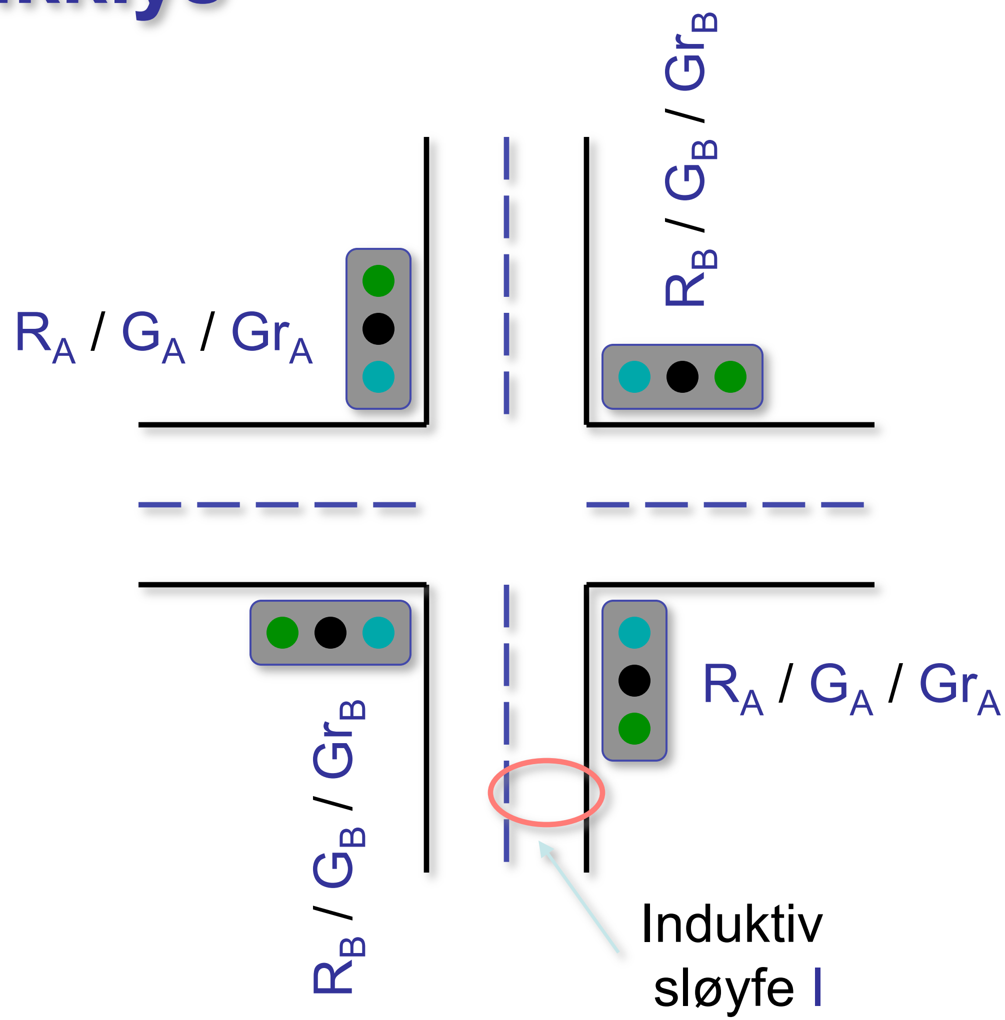
For å generere lyssekvensene bruker vi en repeterende bit-sekvens s som vist under. Avstanden mellom ”1”er pulsene gir intervallene mellom skifte fra grønt i lys A til grønt i lys B og motsatt.



Eksempel nr.5 - trafikklys

Systemet har en induktiv sensor i bakken som registrerer biler den ene veien. Bil over sensoren gir I=1 ellers har vi I=0

Vi ønsker at bil registrert av sensoren skal gi grønt lys i A så fort som mulig



Eksempel nr.5

1,2) Velger følgende forenklede tilstander:

00 - Grønt lys i A, rødt lys i B

01 - Gult lys i A og B. Skifter mot grønt lys i B.

10 - Rødt lys A, grønt lys i B

11 - Gult lys i A og B. Skifter mot grønt lys i A.

Innganger: s, I

Utganger: R_A, G_A, Gr_A, R_B, G_B, Gr_B

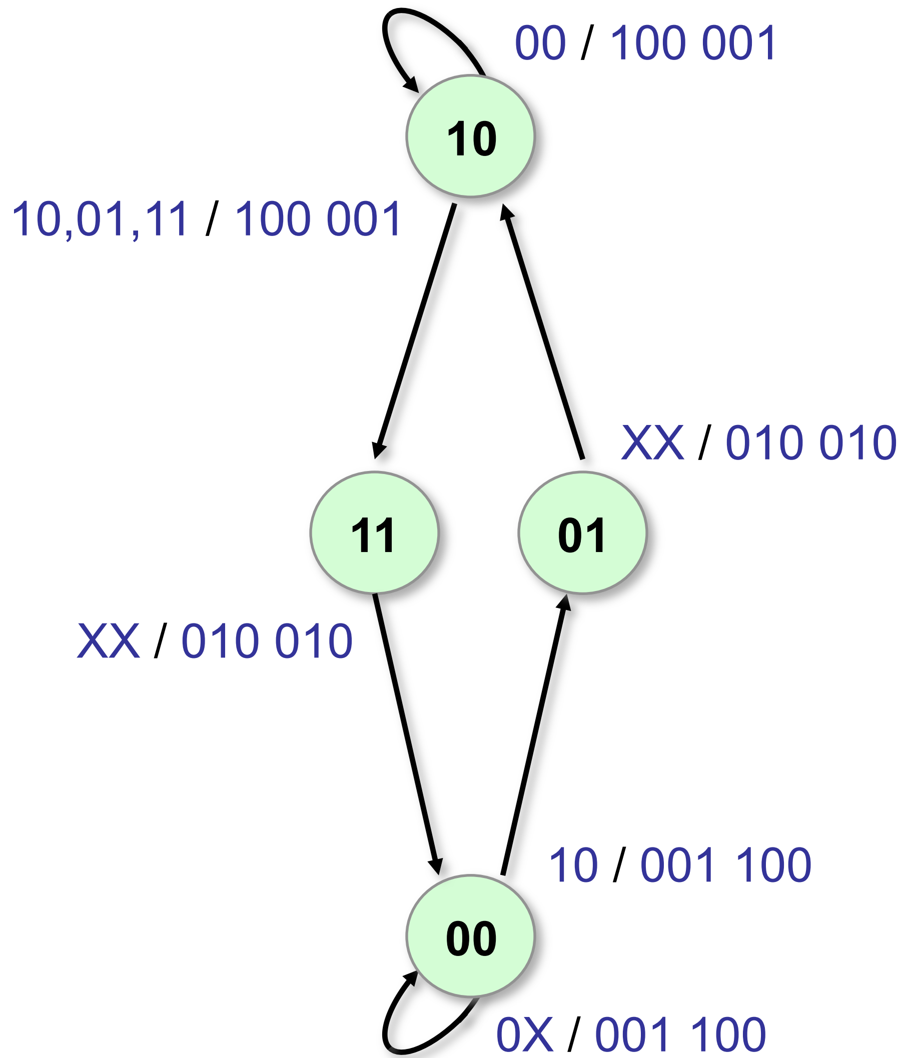
Lar utgangene kun være en funksjon av tilstanden

Eksempel nr.5

2) Tilstandsdiagram

X – don't care

sI / $R_A G_A Gr_A$ $R_B G_B Gr_B$



6) Finner kombinatoriske funksjoner

$$D_A = Q_A \oplus Q_B$$

$$D_B = Q_A Q_B{'} I + Q_B{'} s I{'}$$

$$R_A = Q_A Q_B{'}$$

$$G_A = Q_B$$

$$Gr_A = Q_A{'} Q_B{'}$$

$$R_B = Gr_A$$

$$G_B = G_A$$

$$Gr_B = R_A$$

Nåværende tilstand		Innganger		Neste tilstand		Utganger					
Q_A	Q_B	s	I	Q_A	Q_B	R_A	G_A	Gr_A	R_B	G_B	Gr_B
0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0

Eksempel nr.5

7) Tegner opp krets

$D_A = Q_A \oplus Q_B$

$D_B = Q_A Q_B{'} I + Q_B{'} s I{'}$

$R_A = Q_A Q_B{'}$

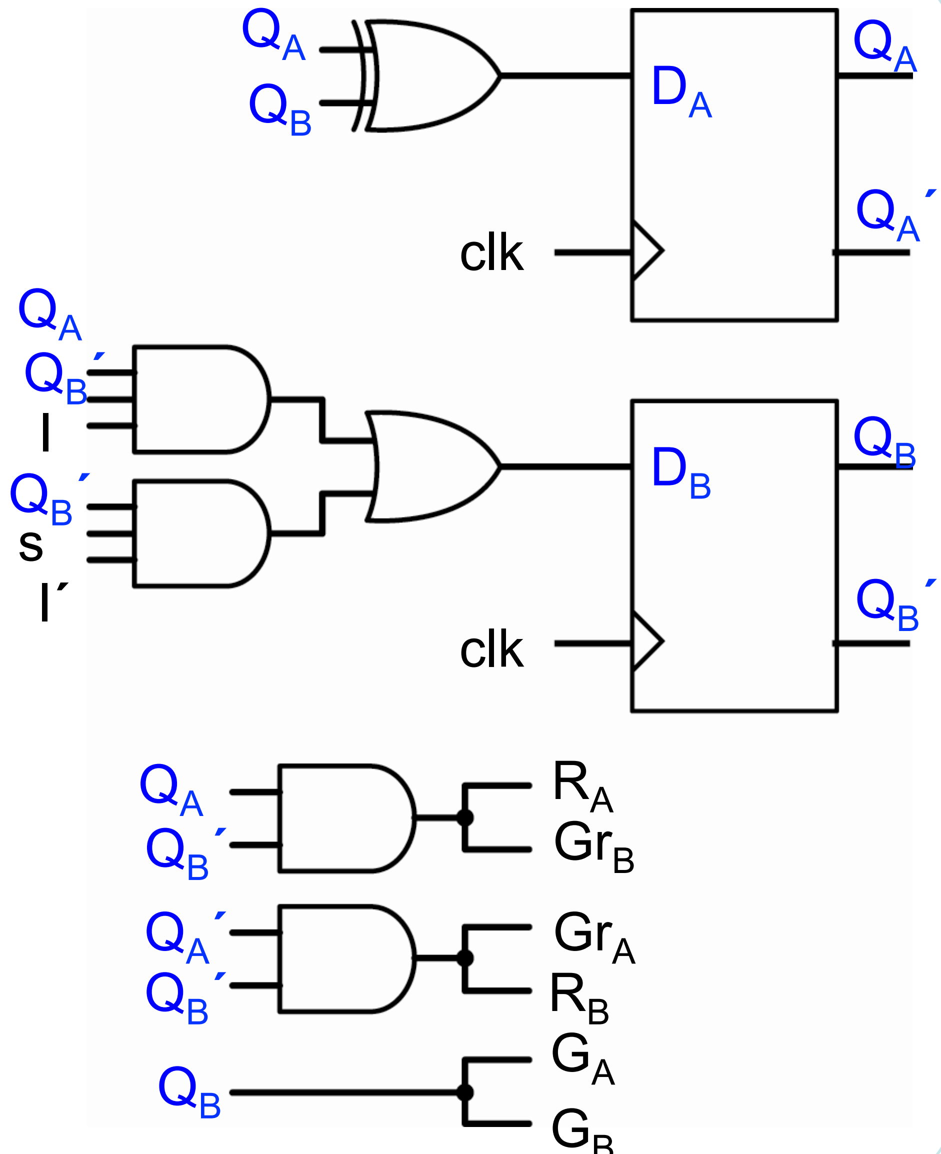
$G_A = Q_B$

$Gr_A = Q_A{'} Q_B{'}$

$R_B = Gr_A$

$G_B = G_A$

$Gr_B = R_A$



Oppsummering

- Tilstandsmaskin
- Tilstandstabell
- Tilstandsdiagram
- Analyse av D flip-flop basert tilstandsmaskin
- Reduksjon av antall tilstander
- Tilordning av tilstandskoder
- Designprosedyre for tilstandsmaskin basert på D flip-flops