

Sekvenskretsar

◆ Innehåll

- Synkrona sekvenskretsar
- Tillståndsdigram / tillståndstabell
- Definition av Moore- och Mealy-maskiner
- Tillståndskodning
- Syntes av sekventiell logik
- Räknare

Sekvenskretsar – Exempel



Exempel: Bankomat

Sekvens av operationer för att göra ett uttag:

- Sätt in kortet
- Mata in PIN-kod
- Mata in storleken på uttaget
- Vänta på pengarna
- Ta ut kort och pengar

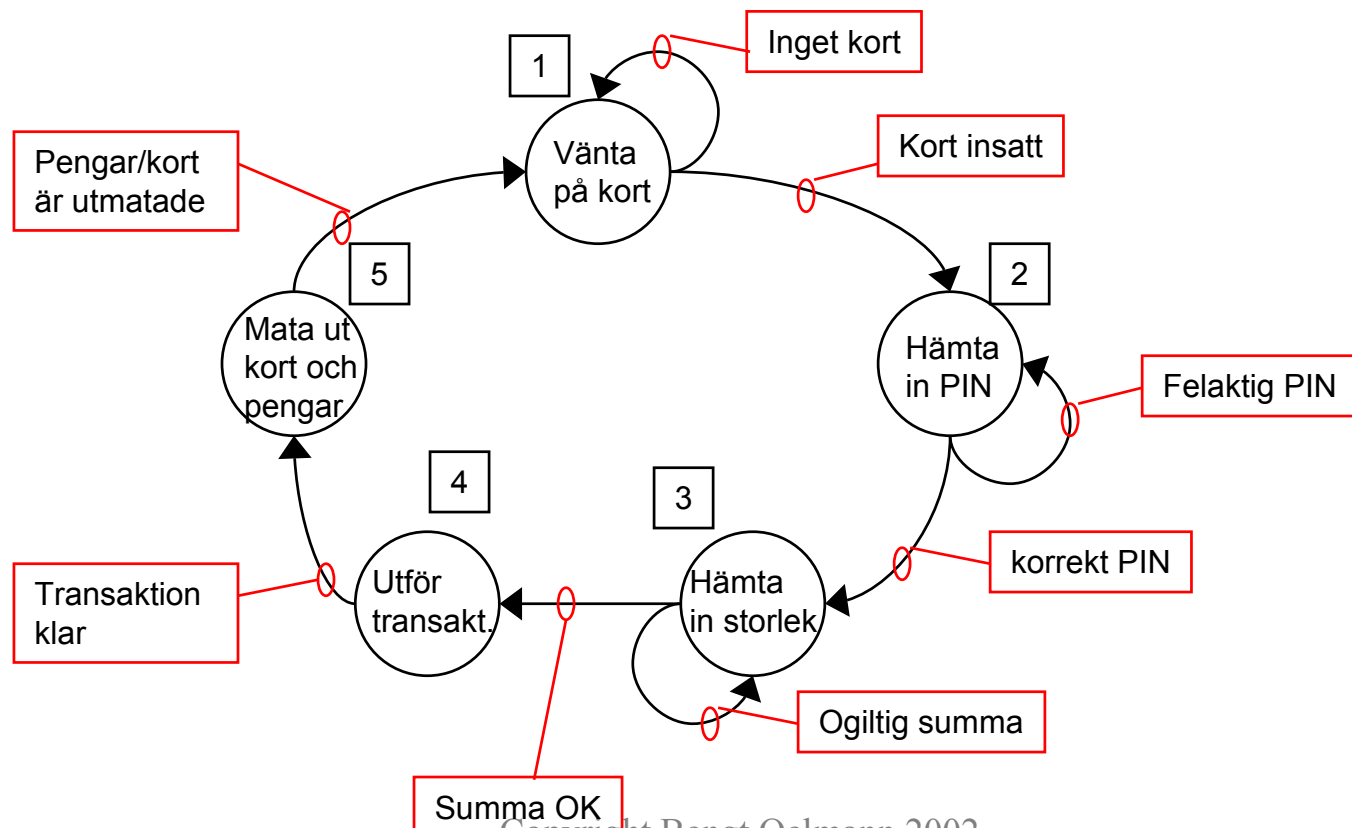
Forts. Exempel – Tillståndsdigram

"Operationer" utförda av dig:

1. Sätt in kortet
2. Mata in PIN-kod
3. Mata in storleken på uttaget
4. Vänta på pengarna
5. Ta ut kortet och pengarna

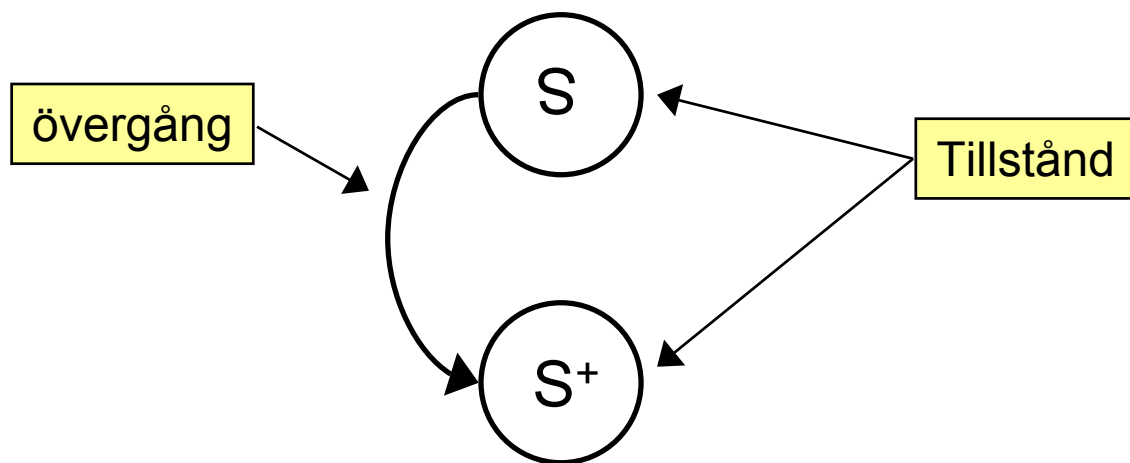
"Operationer" utförda av maskinen:

1. Vänta på kortet
2. Hämta in PIN-kod
3. Hämta in storleken på uttaget
4. Utför transaktionen
5. Mata ut kortet och pengarna



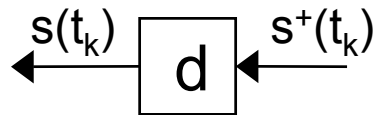
Tillståndsdigram

- ◆ Tillståndsdigram (*eng. State Transition Graph*)
 - Visar varje individuellt tillstånd
 - Samtliga möjliga sekvenser av tillstånd
sekvensnätet kan ha



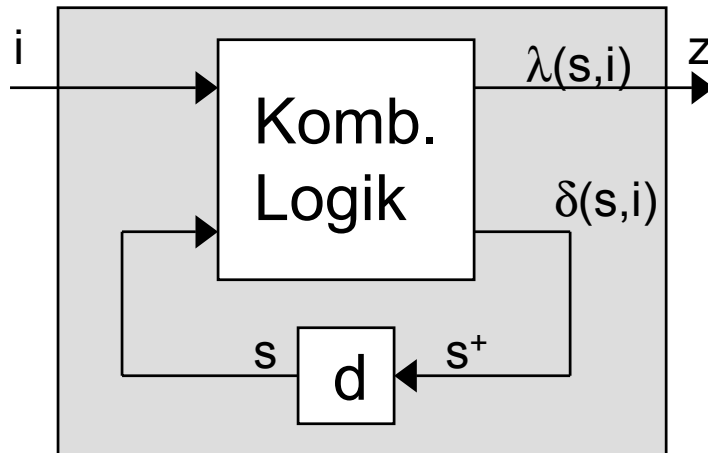
Tillståndsmaskin (*eng. Finite-State Machine*)

- Implementerar ett tillståndsdigram
- Består av
 - Tillståndsminne – innehåller maskinens tillstånd (s)

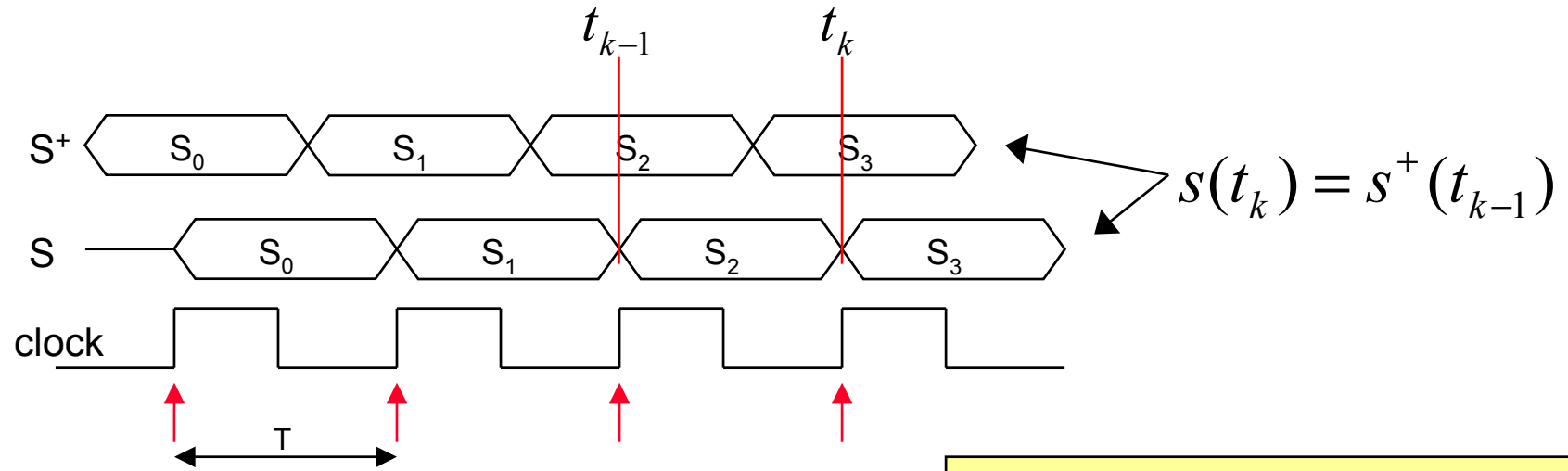
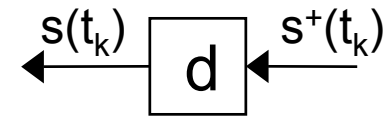


$$s(t_k) = s^+(t_{k-1})$$

- Funktion för att beräkna nästa tillstånd (δ)
- Funktion för att beräkna utgångarnas värde (λ)



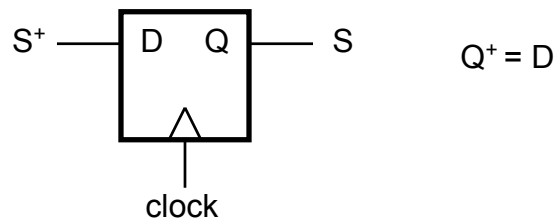
Tillståndsminne



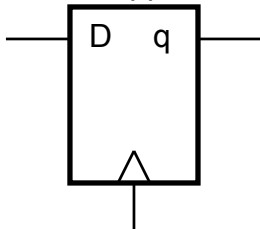
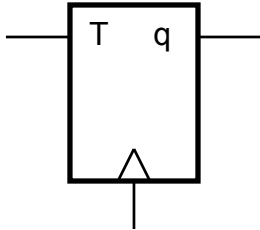
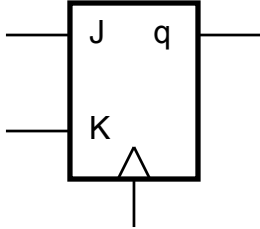
Klocksignalen delar upp tiden i steg

- ett tidsdiskret system
- minnet fördröjer signalen en klockcykel
- alla förändringar i minnet sker samtidigt på aktiv flank
- klockfrekvensen $f = 1/T$

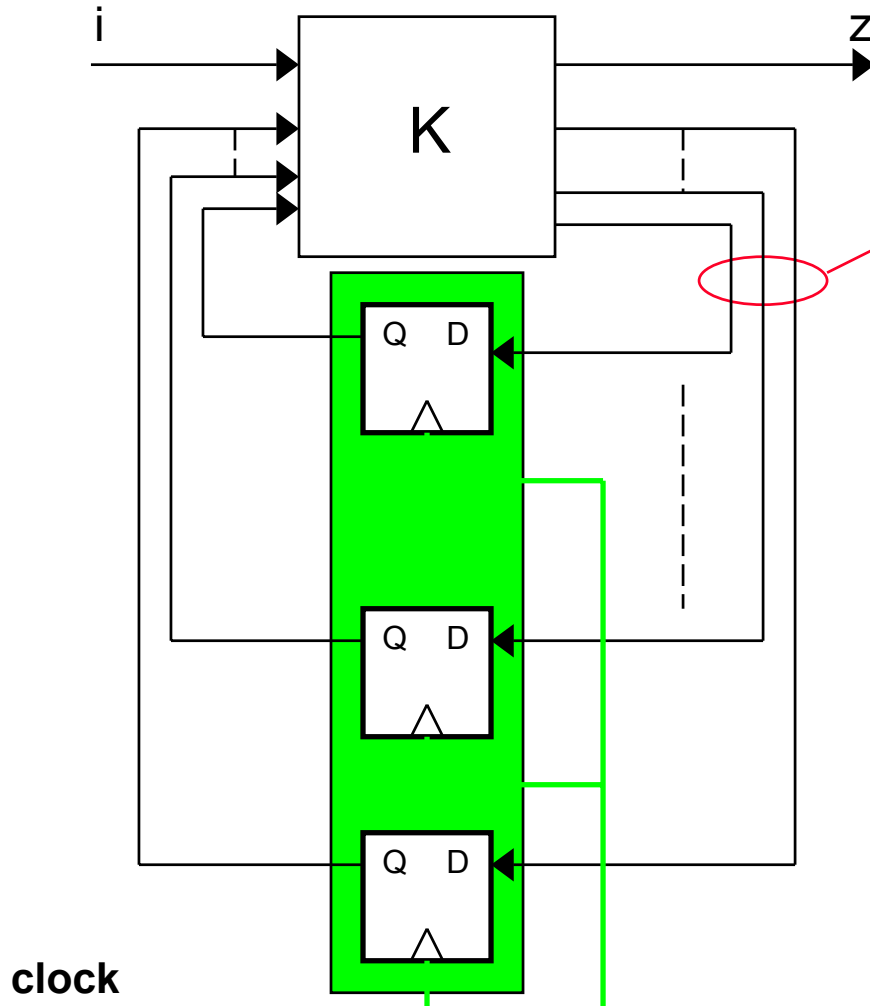
Synkront D-element som tillståndsminne



Typer av minneselement

Symbol	Karakteristisk ekvation	Syntestabell																				
D-vippa 	$q^+ = D$	<table><tr><th>q</th><th>q+</th><th>D</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	q	q+	D	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0					
q	q+	D																				
0	0	0																				
0	1	1																				
1	1	1																				
1	0	0																				
T-vippa 	$q^+ = T \cdot \overline{q} + \overline{T} \cdot q$	<table><tr><th>q</th><th>q+</th><th>T</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	q	q+	T	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1					
q	q+	T																				
0	0	0																				
0	1	1																				
1	1	0																				
1	0	1																				
JK-vippa 	$q^+ = J \cdot \overline{q} + \overline{K} \cdot q$	<table><tr><th>q</th><th>q+</th><th>J</th><th>K</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>-</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>-</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>-</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>1</td></tr></table>	q	q+	J	K	0	0	0	-	0	1	1	-	1	1	-	0	1	0	-	1
q	q+	J	K																			
0	0	0	-																			
0	1	1	-																			
1	1	-	0																			
1	0	-	1																			

Synkron tillståndsmaskin

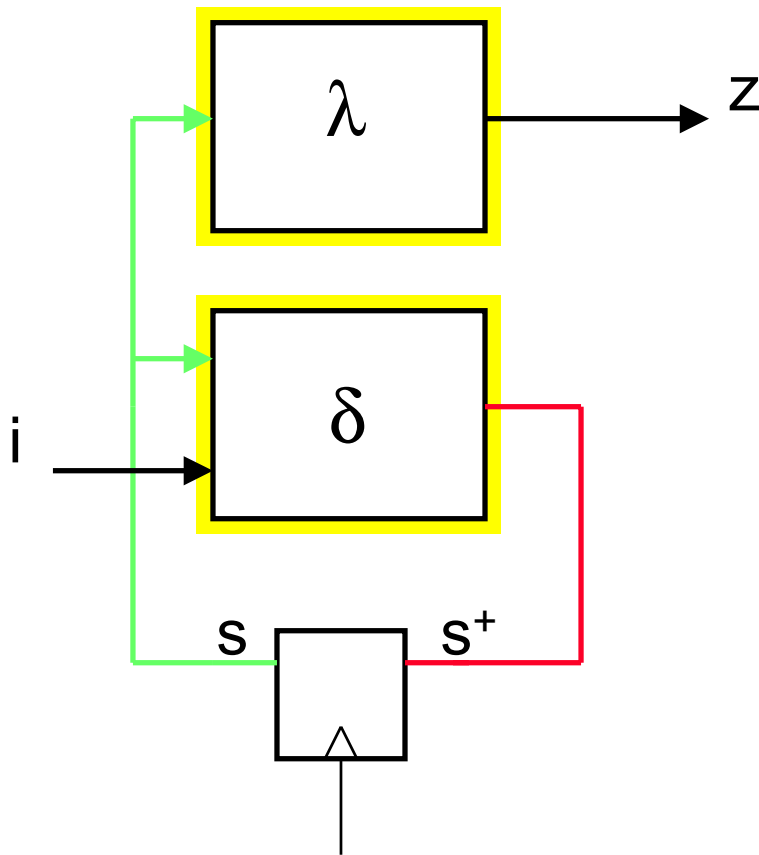


Tillståndet kodat i digitalt tal
- Binär kodning med n bitar kan representera 2^n tillstånd

Exempel på kodning:

Tillstånd	Kod
S0	00
S1	01
S2	10
S3	11

Moore-maskin – struktur



Utsignalfunktionen:

$$z = \lambda(s)$$

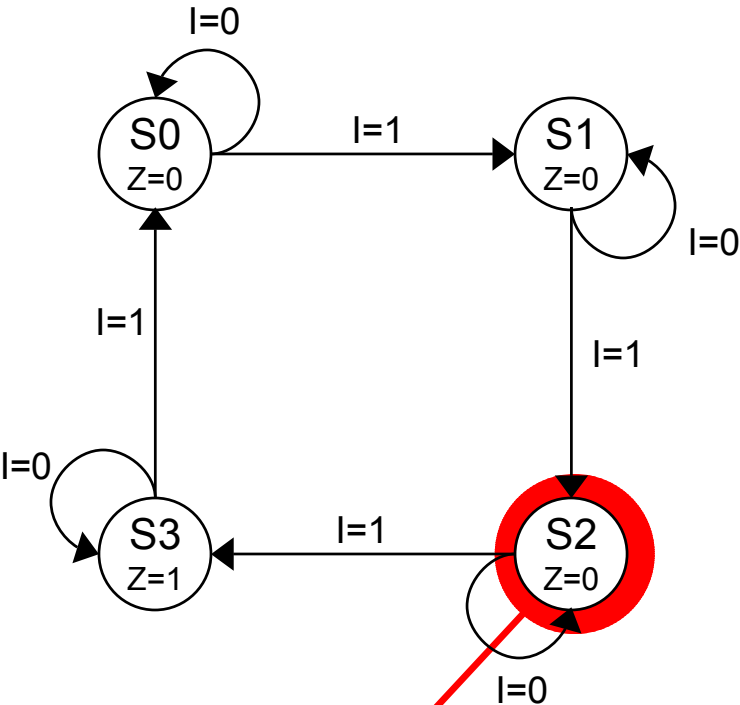
d.v.s: utgången beror
endast av tillståndet s .

Nästatillstånds-funktionen:

$$s^+ = \delta(i, s)$$

d.v.s: nästa tillstånd beror av
värdet på ingångarna och nuvarande
tillstånd s

Moore-maskin – tillståndsdigram och tabell



≡

S	I		Z
	0	1	
S0	S0	S1	0
S1	S1	S2	0
S2	S2	S3	0
S3	S3	S0	1

S^+

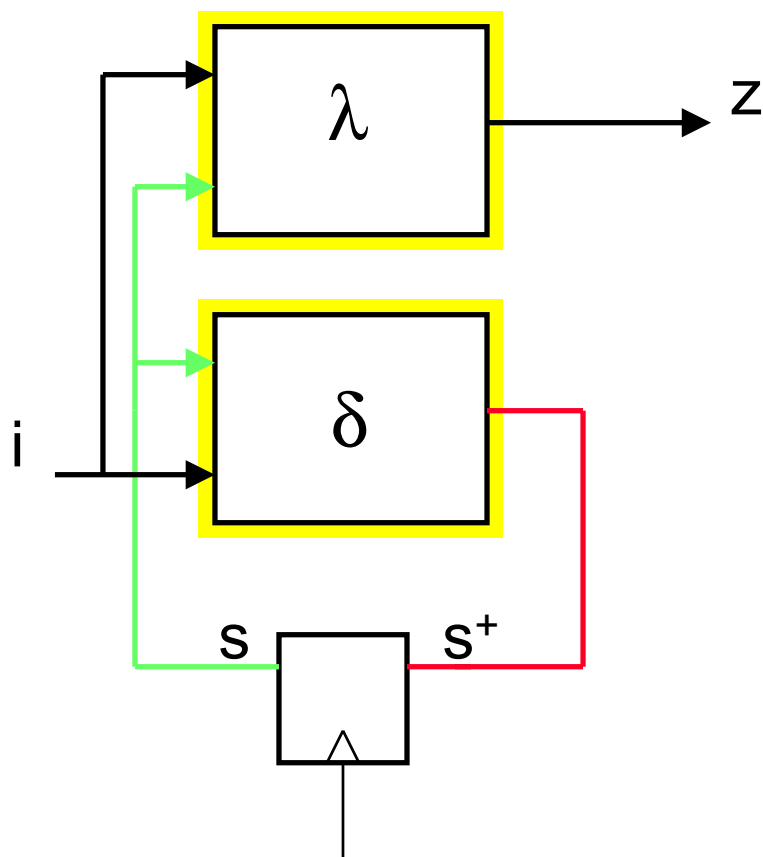
Nuvarande
tillstånd

Nästa
tillstånd

Utsignalvärde
För ett givet tillstånd
är det oberoende av I.

Utsignalen anges i
"tillståndscirkeln"

Mealy-maskin – struktur



Utsignalfunktionen:

$$z = \lambda(i, s)$$

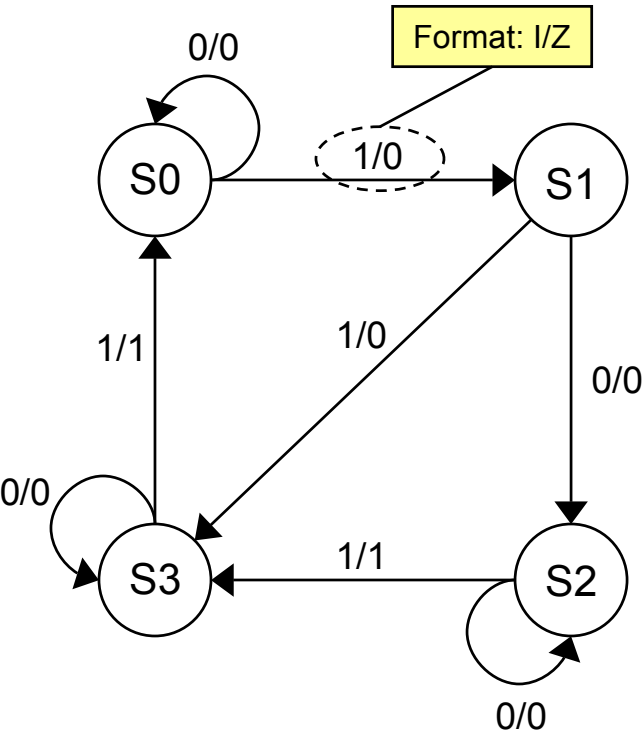
d.v.s: utgången beror både av s och i .

Nästatillstånds-funktionen:

$$s^+ = \delta(i, s)$$

d.v.s: nästa tillstånd beror av värdet på ingångarna och nuvarande tillstånd s

Mealy-maskin – tillståndsdigram och tabell



≡

	I	
S	0	1
S0	S0,0	S1,0
S1	S3,0	S2,0
S2	S2,0	S3,1
S3	S3,0	S0,1

Nuvarande
tillstånd

S^+, Z

För $I=1$ fås ett annat
nästa tillstånd och
utsignal

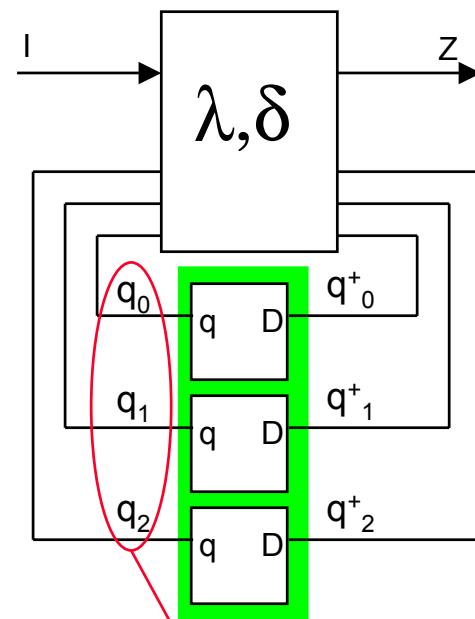
För $I=0$ fås ett nästa
tillstånd och utsignal

Utgången Z är beroende av
Nuvarande tillstånd OCH ingångsvärdet

Tillståndskodning

Tillstånd	Binär	Gray	One-hot	Almost One-hot
INIT	000	000	00001	0000
A0	001	001	00010	0001
A1	010	011	00100	0010
OK0	011	010	01000	0100
OK1	100	110	10000	1000
	$q_2 q_1 q_0$	$q_2 q_1 q_0$	$q_4 q_3 q_2 q_1 q_0$	$q_3 q_2 q_1 q_0$

Symboliskt namn ges
en binär kod

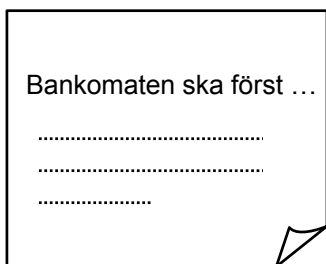


$$Q = \{q_2, q_1, q_0\}$$

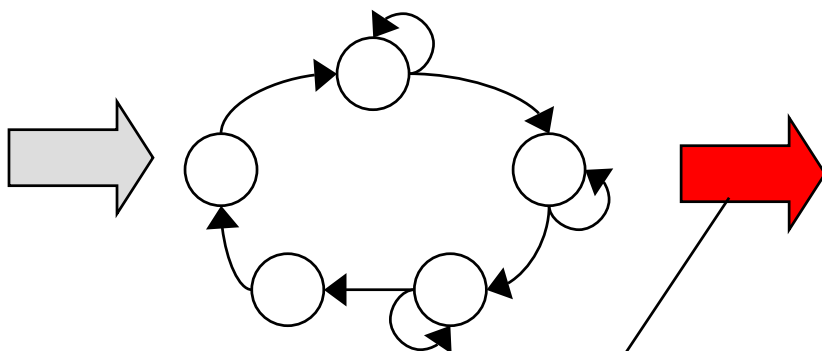
Q är det kodade tillståndet

Syntes av tillståndsmaskin – översikt

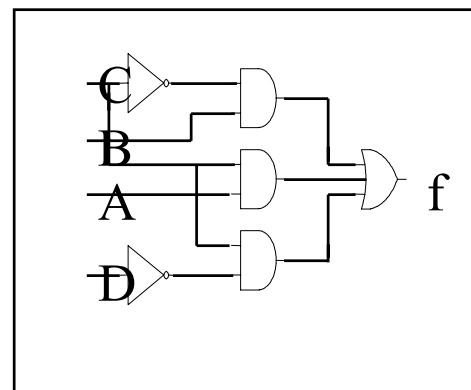
Specifikation



Otvetydig funktionell specifikation av tillståndsmaskinen



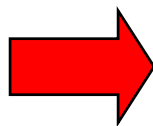
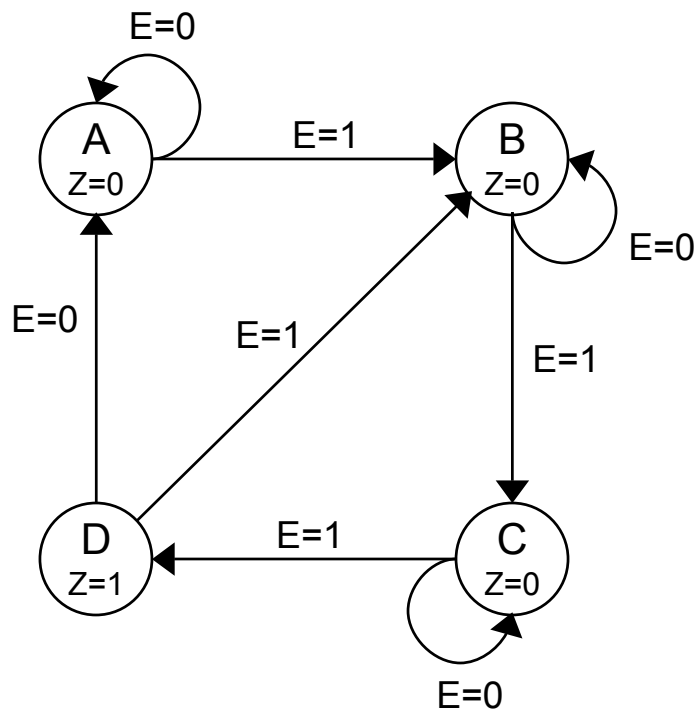
Kombinatoriska nät med logiska grindar



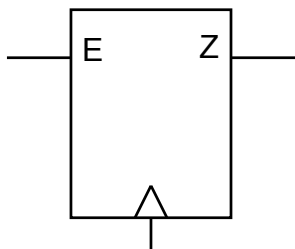
Procedur för syntes:

- Konstruera en tillståndstabel
- Tilldela varje tillstånd en kod (tillståndskodning)
- Konstruera en transitionstabel
- Bestäm minnestyp (vilken vippa ska användas)
- Konstruera en excitationstabel
- Ta fram logiska uttryck för λ och δ .
- Konstruera ett schema som visar grindar och vippor

Tillståndstabell



S	E		Z
	0	1	
A	A	B	0
B	B	C	0
C	C	D	0
D	A	B	1
S ⁺			



En Moore-maskin

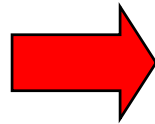
Transitionstabelle

Tillstånd (S)	Binär (Q)
A	00
B	01
C	10
D	11
	$q_1 q_0$

Tillstånden kodas med binär kod

S	E		Z
	0	1	
A	A	B	0
B	B	C	0
C	C	D	0
D	A	B	1
	S^+		

S byts ut mot Q



Transitionstabelle			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1
	Q^+		

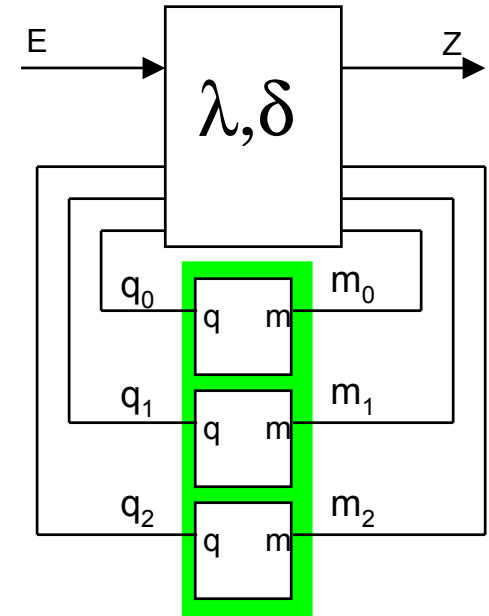
Excitationstabelle

Transitionstabellen ger relationen mellan Q och Q^+
 $Q^+ = f(Q, E)$

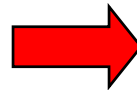
Egentligen vill vi veta relationen mellan Q och M ,
 där M är insignalerna till minneselementen.

$$M = f(Q, E)$$

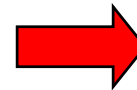
Specialfall: Då D-vippor används så är $M=Q^+$.
 Karakteristiska ekvationen är $Q^+=D$.



Transitionstabelle			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1
Q^+			



Syntestabelle för D-vippa		
q	q ⁺	D
0	0	0
0	1	1
1	1	1
1	0	0



Excitationstabelle			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1
D			

Excitationstabelle für T-vippa

Transitionstabelle			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1
		Q ⁺	



Syntestabelle für T-vippa		
q	q ⁺	T
0	0	0
0	1	1
1	1	0
1	0	1



Excitationstabelle			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	00	11	0
10	00	01	0
11	11	10	1
		T	

Logiskt uttryck för δ -funktionen då D-vippor används

Excitationstabell			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1

$Q=\{q_1, q_0\}$ $D=\{d_1, d_0\}$

$q_1 q_0$ E	00	01	11	10
0	0 0	1 1	0 3	0 2
1	1 4	0 5	1 7	1 6

$$d_0 = f(E, q_1, q_0)$$

$$d_0 = \overline{E} \overline{q_1} q_0 + E q_1 + E \overline{q_0}$$

$q_1 q_0$ E	00	01	11	10
0	0 0	0 1	0 3	1 2
1	0 4	1 5	0 7	1 6

$$d_1 = f(E, q_1, q_0)$$

$$d_1 = \overline{E} \overline{q_1} q_0 + q_1 \overline{q_0}$$

Logiskt uttryck för λ -funktionen

Excitationstabell			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	01	10	0
10	10	11	0
11	00	01	1

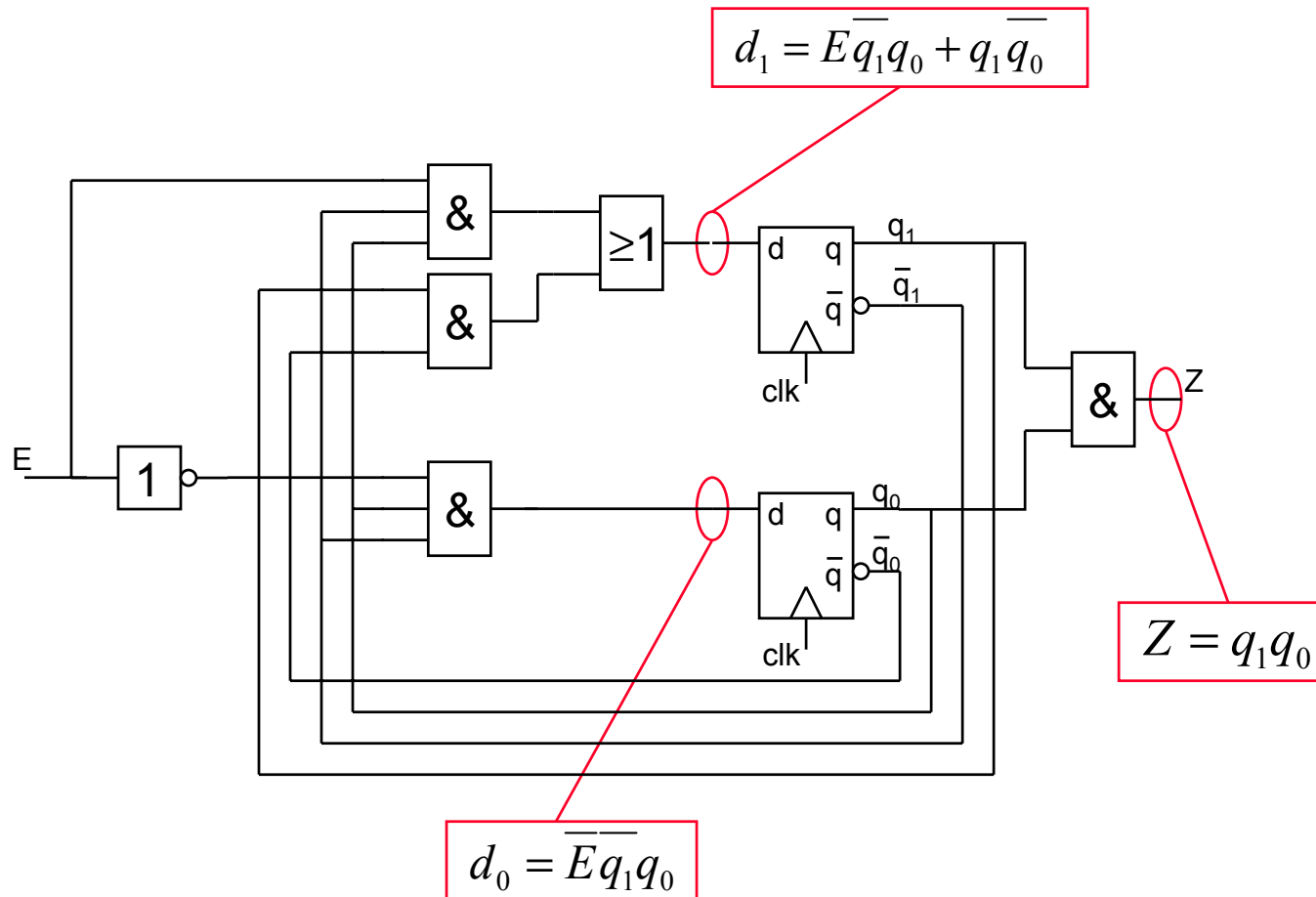
Q={q₁,q₀} D={d₁,d₀}

q ₁ q ₀	00	01	11	10
	0	0	1	0

$$Z=f(q_1,q_0)$$

$$Z = q_1 q_0$$

Schema för tillståndsmaskin med D-vippor



Logiskt uttryck för δ -funktionen då T-vippor används

Excitationstabell			
Q	E		Z
	0	1	
00	00	01	0
01	00	11	0
10	00	01	0
11	11	10	1

$\{q_1, q_0\} \quad T = \{t_1, t_0\}$

E	$q_1 q_0$			
	00	01	11	10
0	0 0	0 1	1 3	0 2
1	1 4	1 5	0 7	1 6

$$t_0 = f(E, q_1, q_0)$$

$$t_0 = \overline{E}q_1q_0 + E\overline{q_1} + E\overline{q_0}$$

E	$q_1 q_0$			
	00	01	11	10
0	0 0	0 1	1 3	0 2
1	0 4	1 5	1 7	0 6

$$t_1 = f(E, q_1, q_0)$$

$$t_1 = Eq_0 + q_1q_0$$

Räknare

- ◆ Räknar antalet inkommande klockpulser
- ◆ De är sekvenskretsar
- ◆ Olika typer av räknare
 - Modulo- 2^n räknare
 - Räknare med *enable*
 - Upp- och nedräknare

Modulo- 2^n räknare

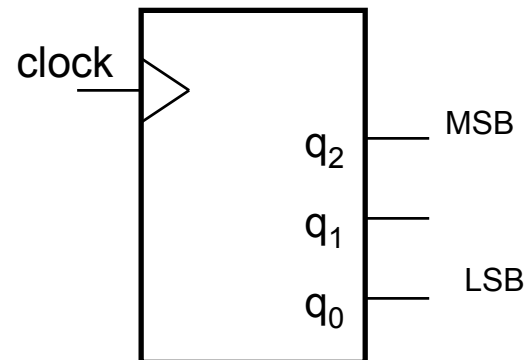
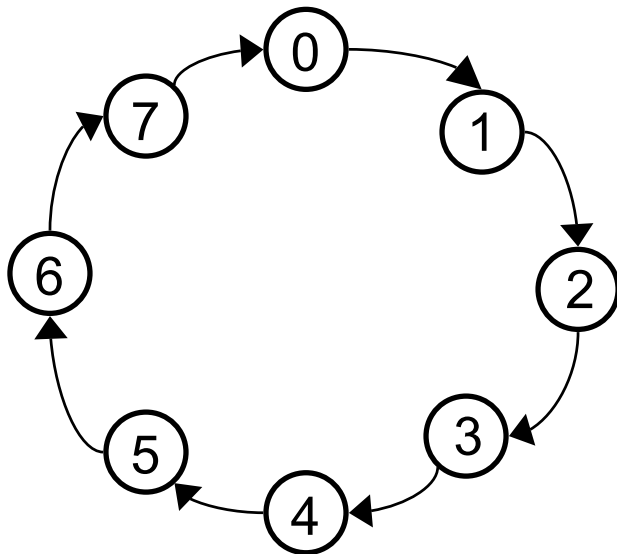
Max. värde för ett n-bitars tal

- ◆ Generellt

- Räknar sekvensen ...0, 1, ... 2^n-1 , 0, ...

- ◆ Exempel: Modulo-8 (2^3) räknare

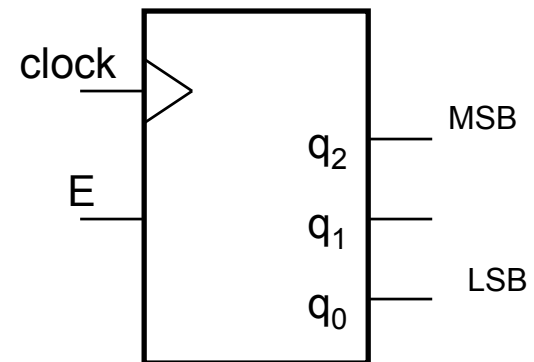
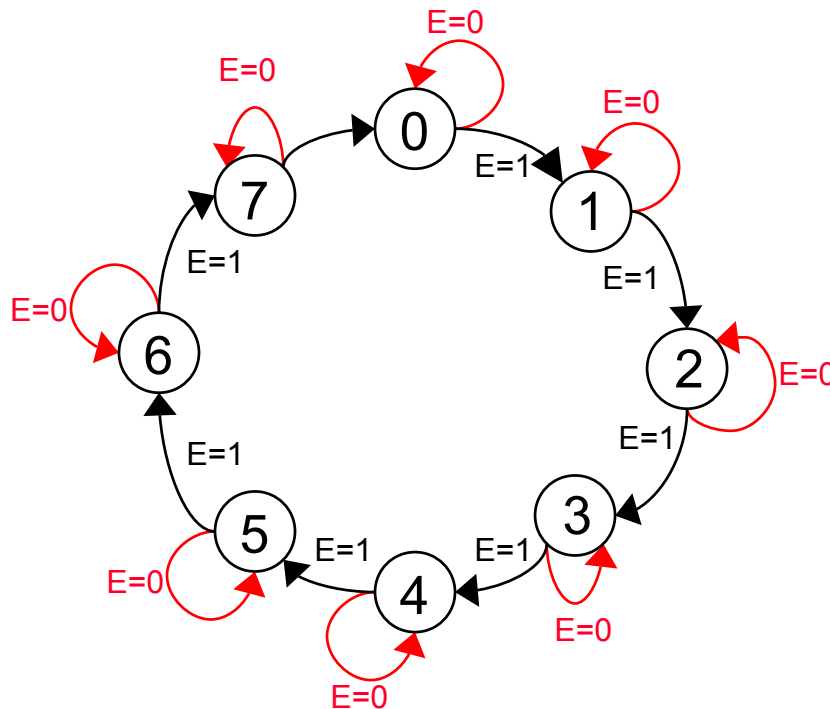
- Räknar sekvensen ...0, 1, ... 7, 0, ...



Räknare med *enable*

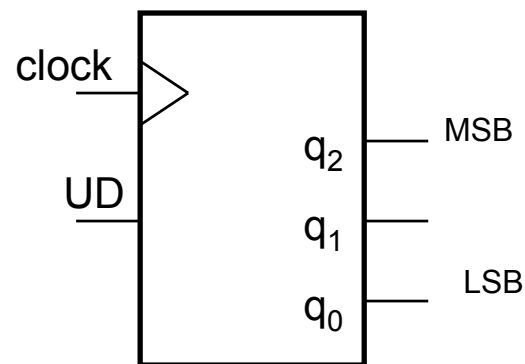
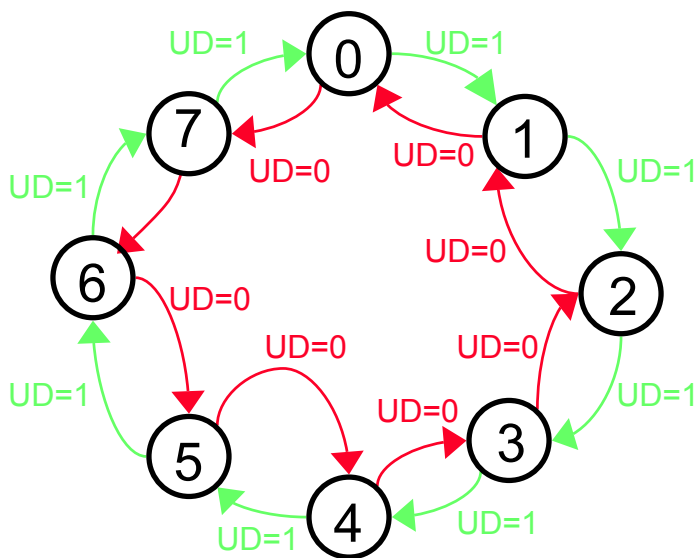
◆ Funktion

- Med en *enable* signal kan man styra om räknaren ska räkna eller inte



◆ Funktion

- Med en styrsignal UD (upp eller ned) kan man välja om räknaren ska räkna upp eller ned



SLUT på Föreläsning 4

◆ Innehåll

- Minneselement
- Tillståndsdigram / tillståndstabel
- Definition av Moore- och Mealy-maskiner
- Tillståndskodning
- Syntes av sekvenskretsar
- Räknare