

F6: Analys av sekventiella kretsar

- **Innehåll:**
 - Introduktion till sekventiella kretsar
 - Tillståndsmaskinens struktur
 - Analys av tillståndsmaskin med D-vippor
 - Karakteristiska ekvationer
 - Analys av tillståndsmaskin med JK-vippor

1 (19)

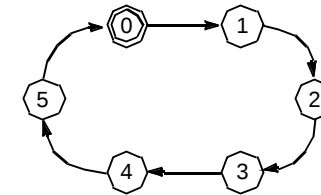
Exempel: Räknare

- **Specifikation:**

Konstruera en digital krets som räknar från 0 till 5 och som därefter börjar om på 0 igen.

Räknesekvens: 0, 1, 2, 3, 4, 5, 0, 1, 2, ...

Tillståndsgraf för räknaren:

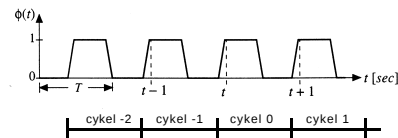


2 (19)

Uppdelning av tiden

- **Klocksignal**

Tiden delas upp i lika långa perioder (T) med hjälp av en klocksignal (ϕ).



- **Cykel**

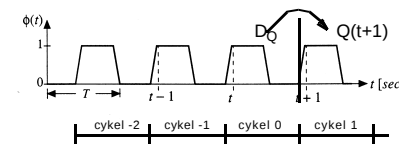
Tiden delas upp till en sekvens av cykler där varje cykel är av längden T.

3 (19)

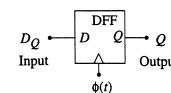
Minneselement

- **Funktion**

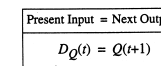
Ett minneselement har till uppgift att lagra en bit så att dess värde kan föras över från en cykel till den påföljande cykeln.



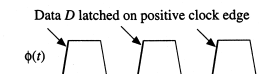
- **Komponent - D-vippa**



(a) State element



(b) State behavior

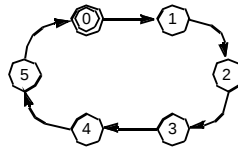


(b) Data synchronization

4 (19)

forts. Exempel: räknare

Tillståndsgraf



• Antal bitar i tillståndsmminnet

Räknaren ska räkna från 0 till 5. Vi väljer att koda talen binärt, d.v.s.

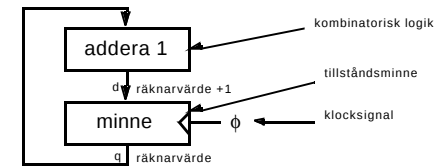
Tal	kod
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101

Det krävs alltså tre bitar i tillståndsmminnet.

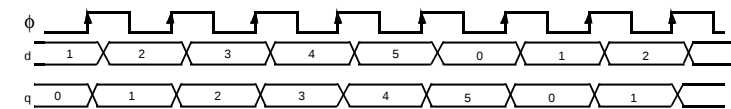
5 (19)

forts. Exempel: räknare

• Struktur

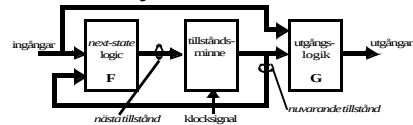


• Tidsdiagram



6 (19)

Klockade synkrona tillståndsmaskiner

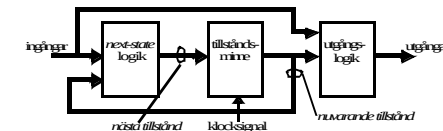


- Kombinatoriska nät
 - beräkna nästa tillstånd (*next-state logic*)
 - beräkna värden på utgångarna (utgångslogik)
- Tillståndsmminne
 - minneselement i form av flanktriggad vippa (t.ex D-vippa, JK-vippa)
 - klockas av en gemensam klocksignal (klockad synkron)
- Tillståndsmaskin kallas också för sekvensnät, FSM (Finite State Machine)
- Interna signaler
 - nästa tillstånd: det tillstånd maskinen kommer att ha efter nästa klockflank
 - nuvarande tillstånd: det tillstånd som maskinen har lagrat i sitt minne

7 (19)

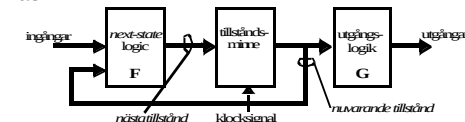
Moore- och Mealy-maskiner

• Mealy-maskin



nästa tillstånd = F(nuvarande tillstånd, ingångar)
utgångar = G(nuvarande tillstånd, ingångar)

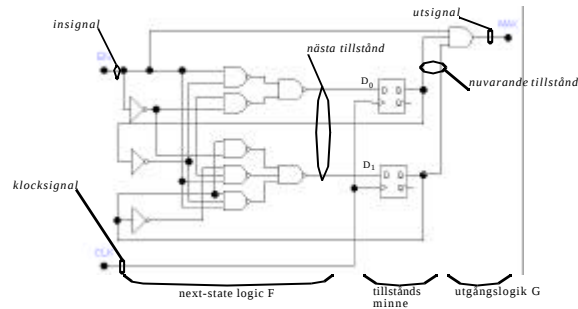
• Moore-maskin



nästa tillstånd = F(nuvarande tillstånd, ingångar)
utgångar = G(nuvarande tillstånd)

8 (19)

Analys av tillståndsmaskin med D-vippor



• Procedur för analys av tillståndsmaskin

- Bestäm *next-state* och utgångsfunktionerna F och G
- Använd F och G för att state/output tabell som specificerar nästa tillstånd och utgångar för varje kombination av ingångar och tillstånd
- Rita ett tillståndsdigram som ger en grafisk representation av state/output tabellen

9 (19)

Ekvationer för nästa tillstånd F (*excitation equations*):

$$D_0 = Q_0'EN' + Q_0'EN$$

$$D_1 = Q_1'EN' + Q_1'Q_0'EN$$

Vi använder oss av D-vippor, vars karakteristiska ekvation är $Q^+ = D$.

Övergången från *nuvarande* tillstånd till *nästa* tillstånd beskrivs av **transition** ekvationer:

$$Q_0^+ = Q_0'EN' + Q_0'EN$$

$$Q_1^+ = Q_1'EN' + Q_1'Q_0'EN$$

En **transition-tabell** fås om man utvecklar transition-ekvationerna för samtliga kombinationer av ingångar och tillstånd.

Q_1Q_0	EN	
	0	1
00	00	01
01	01	10
10	10	11
11	11	00
	$Q_1^+Q_0^+$	$Q_1^+Q_0^+$

10 (19)

Genom att tilldela varje tillstånd ett symboliskt namn gör att det blir lättare att förstå *transition*-tabellen.

Låt 00 = A, 01 = B, 10 = C, 11 = D

Transition tabell

Q_1Q_0	EN	
	0	1
00	00	01
01	01	10
10	10	11
11	11	00
	$Q_1^+Q_0^+$	$Q_1^+Q_0^+$

tillståndet S



Tillståndstabell

S	EN	
	0	1
A	A	B
B	B	C
C	C	D
D	D	A
	S+	S+

11 (19)

Genom att lägga till utgångens beteende i tillståndstabellen får man en *state/output* tabell som ger en fullständig beskrivning av tillståndsmaskinen.

Utgångsekvationen G: $MAX = Q_0'Q_1'EN$

State/output tabell:

S	EN	
	0	1
A	A, 0	B, 0
B	B, 0	C, 0
C	C, 0	D, 0
D	D, 0	A, 1
	S+, MAX	S+, MAX

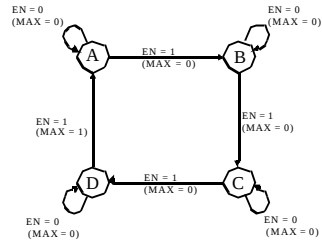
12 (19)

Tillståndsgraf

Ett tillståndsdigram (*state-diagram*) är en grafisk representation av *state/output*tabellen.

Tillståndsdigrammet består av:

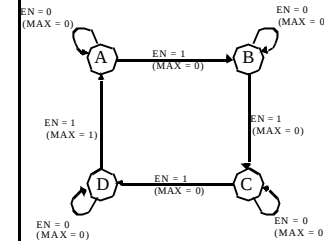
- noder (ritade som cirklar) som representerar ett tillstånd
- enkelriktade pilar som representerar en övergång till annat tillstånd
- Till varje övergång anges under vilket villkor övergången sker (värden på insignaler), samt inom parantes utsignalernas värde



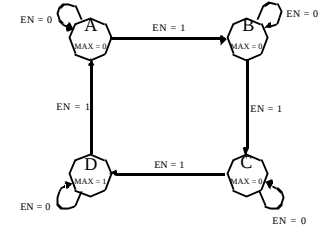
13 (19)

Tillståndsgrafer för Mealy- och Moore-maskiner

Mealy



Moore



14 (19)

Olika typer av minneselement

• Karakteristiska ekvationer

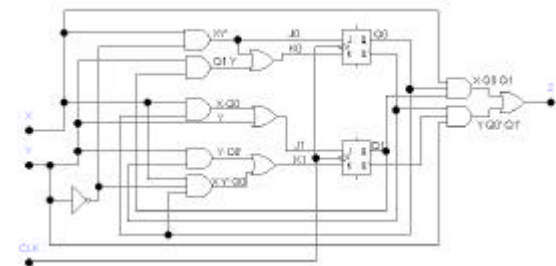
En karakteristisk funktion är en formell beskrivning av beteendet hos en latch eller vipa.

NB! den beskriver inte det timingmässiga beteendet (t.ex om den är flank-triggad eller ej)

Typ av minneselement	Karakteristiska ekvation
flank-triggad D-vippa	$Q^+ = D$
Master/Slave SR vippa	$Q^+ = S + R \cdot Q$
flank-triggad JK vippa	$Q^+ = J \cdot Q' + K' \cdot Q$
T vippa	$Q^+ = Q'$
T vippa med enable	$Q^+ = EN \cdot Q' + EN' \cdot Q$

15 (19)

Analys av tillståndsmaskin med JK-vippor



Bestäm *excitation* ekvationerna:

$$\begin{aligned} J_0 &= \\ J_1 &= \\ K_0 &= \\ K_1 &= \end{aligned}$$

16 (19)

Excitation ekvationer:

$$\begin{aligned} J_0 &= X \cdot Y' \\ J_1 &= X \cdot Q_0 + Y \\ K_0 &= X \cdot Y' + Y \cdot Q_1 \\ K_1 &= Y \cdot Q_0' + X \cdot Y' \cdot Q_0 \end{aligned}$$

Ta fram transition ekvationerna genom att substituera ekvationerna ovan i karakteristiska ekv. för JK-vippan ($Q^+ = J \cdot Q' + K' \cdot Q$)

Transition ekvationer:

$$\begin{aligned} Q_0^+ &= J_0 \cdot Q_0' + K_0' \cdot Q_0 \\ &= X \cdot Y' \cdot Q_0' + (X \cdot Y' + Y \cdot Q_1)' \cdot Q_0 \\ &= X \cdot Y' \cdot Q_0' + X' \cdot Y' \cdot Q_0 + X' \cdot Q_1' \cdot Q_0 + Y' \cdot Q_1' \cdot Q_0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_1^+ &= J_1 \cdot Q_1' + K_1' \cdot Q_1 \\ &= (X \cdot Q_0 + Y) \cdot Q_1' + (Y \cdot Q_0' + X \cdot Y' \cdot Q_0)' \cdot Q_1 \\ &= X \cdot Q_1' \cdot Q_0 + Y \cdot Q_1' + X' \cdot Y' \cdot Q_1 + Y' \cdot Q_1 \cdot Q_0' + X' \cdot Q_1 \cdot Q_0 + Y \cdot Q_1 \cdot Q_0 \end{aligned}$$

Utgångsfunktionen G:

$$Z = X \cdot Q_0 \cdot Q_1 + Y \cdot Q_0' \cdot Q_1'$$

Tilldela varje tillstånd ett symboliskt namn A - D:

00 = A, 01 = B, 10 = C, 11 = D

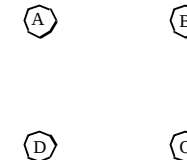
Transition tabell

Q ₁ Q ₀	X Y			
	00	01	10	11
00	00,0	10,1	01,0	10,1
01	01,0	11,0	10,0	11,0
10	10,0	00,0	11,0	00,0
11	11,0	10,0	00,1	10,1
	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z

Tillståndstabell

State (S)	X Y			
	00	01	10	11
A	A,0	C,1	B,0	C,1
B	B,0	D,0	C,0	D,0
C	C,0	A,0	D,0	A,0
D	D,0	C,0	A,1	C,1
	S+, Z	S+, Z	S+, Z	S+, Z

Tillståndsgraf:



Transition tabell

Q ₁ Q ₀	X Y			
	00	01	10	11
00	00,0	10,1	01,0	10,1
01	01,0	11,0	10,0	11,0
10	10,0	00,0	11,0	00,0
11	11,0	10,0	00,1	10,1
	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z	Q ₁ +Q ₀ +, Z

Tillståndstabell

State (S)	X Y			
	00	01	10	11
A	A,0	C,1	B,0	C,1
B	B,0	D,0	C,0	D,0
C	C,0	A,0	D,0	A,0
D	D,0	C,0	A,1	C,1
	S+, Z	S+, Z	S+, Z	S+, Z

Tillståndsgraf:

