

# Konstruktion av sekvenskretsar

Föreläsning 6

Digitalteknik, TSEA22

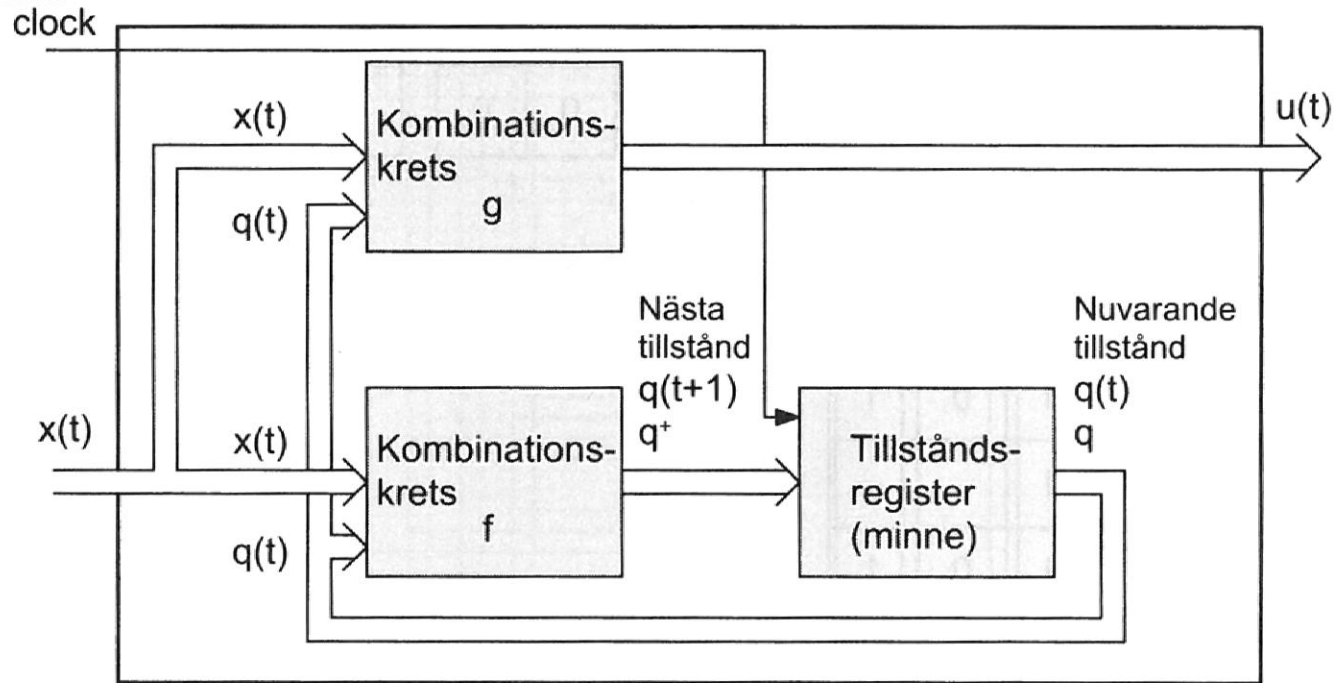
Mattias Krysander

Institutionen för systemteknik

# Dagens föreläsning

- Konstruktion av sekvenskretsar
  - Mealy-typ
  - Moore-typ
- Jämförelse mellan Mealy och Moore
- Asynkrona insignaler till sekvenskretsar

# Mealy-modellen



Utsignalerna beror både på insignalerna  $x(t)$  och det nuvarande tillståndet  $q(t)$

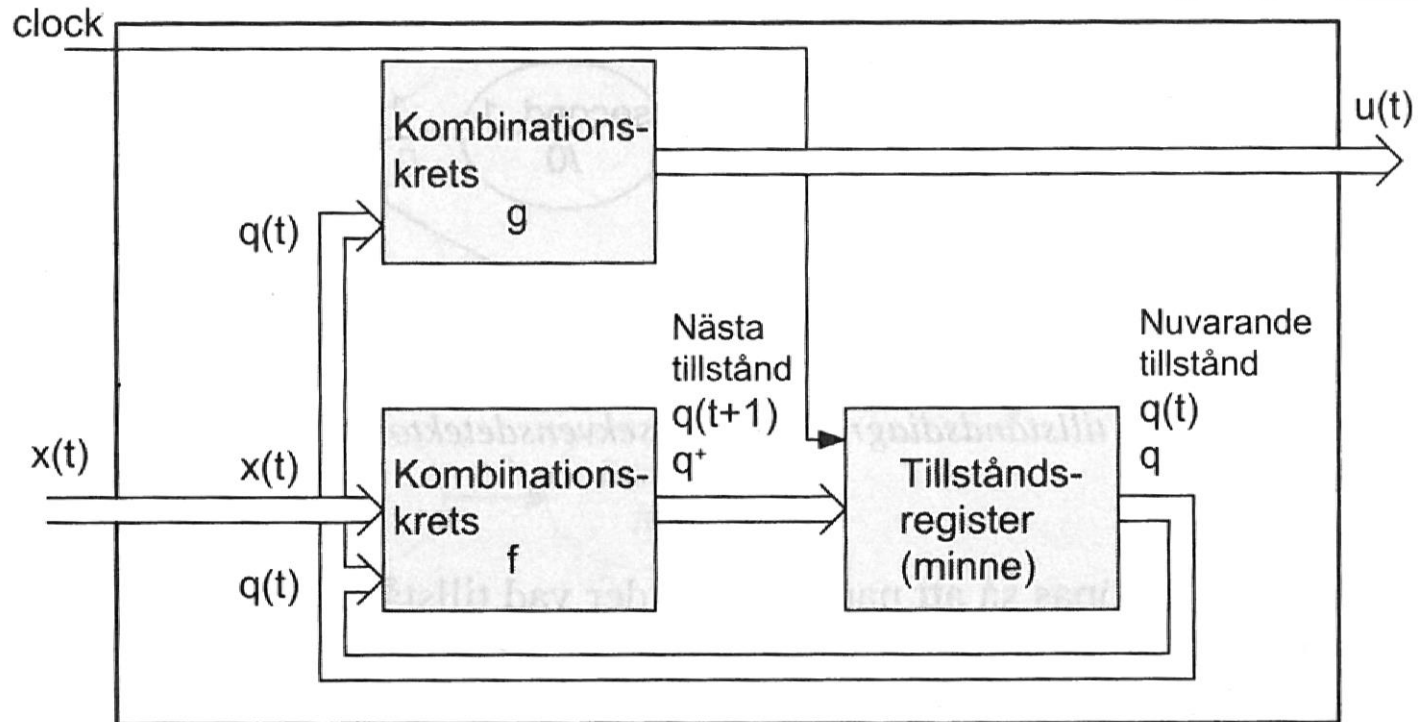
$$q(t+1) = f(q(t), x(t))$$

$$q^+ = f(q, x)$$

$$u(t) = g(q(t), x(t))$$

$$u = g(q, x)$$

# Moore-modellen



Utsignalen  $u(t)$  beror **bara** på det nuvarande tillståndet  $q(t)$ .

$$q(t+1) = f(q(t), x(t))$$

$$q^+ = f(q, x)$$

$$u(t) = g(q(t))$$

$$u = g(q)$$

# Analys av sekvenskretsar

Följande steg kan användas för att bestämma funktionen hos en given sekvenskrets.

1. Kretsschema
2. Booleska uttryck för nästa tillstånd och utsignaler
3. Tillståndstabell
4. Tillståndsdiagram
5. Specifikation

# Realisering av sekvenskretsar

1. Specifikation
2. Tillståndsdigram
3. Tillståndskodning
4. Tillståndstabell
5. Booleska uttryck för nästa tillstånd och utsignaler
6. Kretsschema

# Tillståndskodning

- Exempel på några standardkodningar:

Tillstånd	Binärkod	Gray-kod	One-hot-kod
S0	00	00	0001
S1	01	01	0010
S2	10	11	0100
S3	11	10	1000

- Olika kodning ger olika kombinationskretsar med olika komplexitet.
- One-hot kräver fler vippor men kan ge enklare kombinationskretsar.
- Går inte att på förhand veta vilken kodning som ger enklast nät.

# Jämförelse mellan Mealy och Moore

Alla beteenden som kan modelleras av en Mealy-maskin kan modelleras av en Moore-maskin och omvänt.

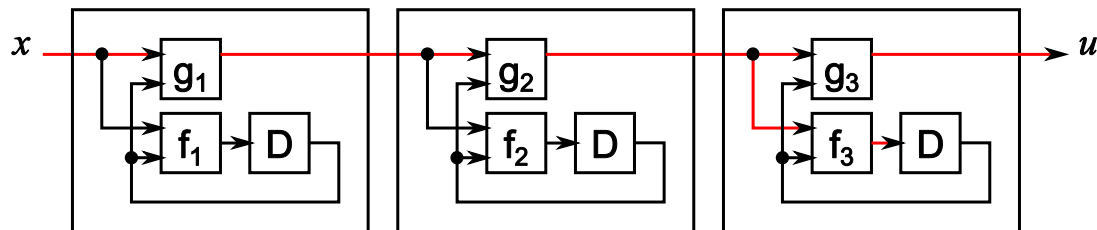
- Enda skillnaden är fördröjningen av utsignalen hos Moore-maskinen med 1 klockpuls.
- Mealy-maskinen har ofta färre tillstånd
  - Olika utsignaler för varje tillståndsövergång istället för varje tillstånd
- Moore säkrare
  - Byter utsignal vid klockans flank (synkroniserad utsignal)



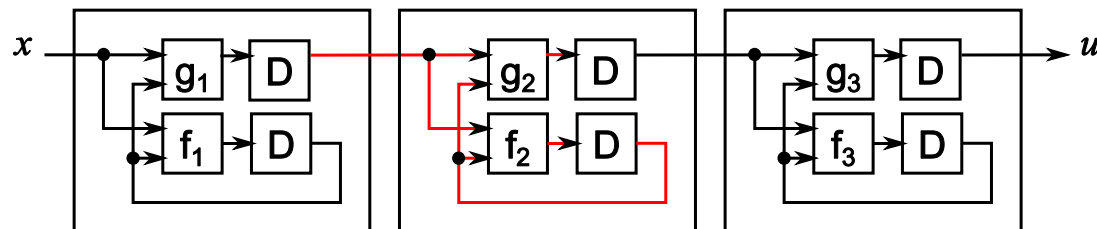
# Kaskadkoppling av sekvenskretsar

- Kaskadkopplade Mealy-kretsar ger större grinddjup (längsta signalväg markerat med **rött** i figuren)
- Stort grinddjup = stor tidsfördröjning = låg klockfrekvens
- Kaskadkopplade Moore-kretsar kan klockas snabbare.

Kaskadkopplade Mealy-kretsar

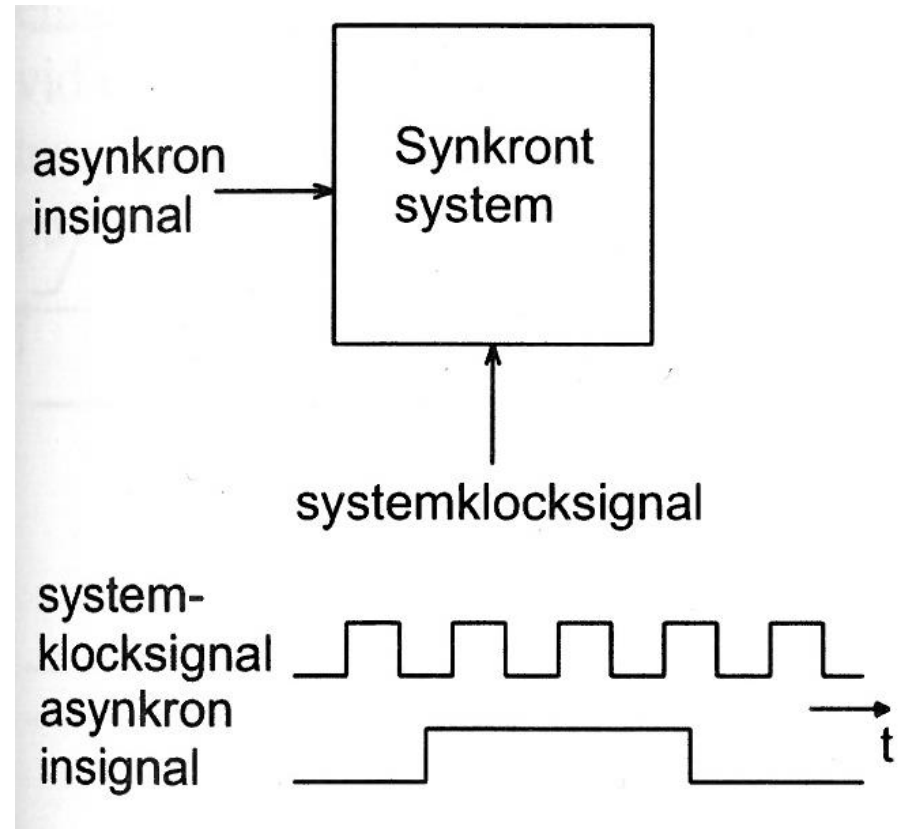


Kaskadkopplade Moore-kretsar



# Asynkrona insignaler

- Teori om synkrona sekvenskretsar gäller **ej** om insignaler är asynkrona.
- Asynkrona insignaler
  - Brytare
  - Sensorer
  - Processorer med annan systemklocka



# Problemet med asynkrona insignaler

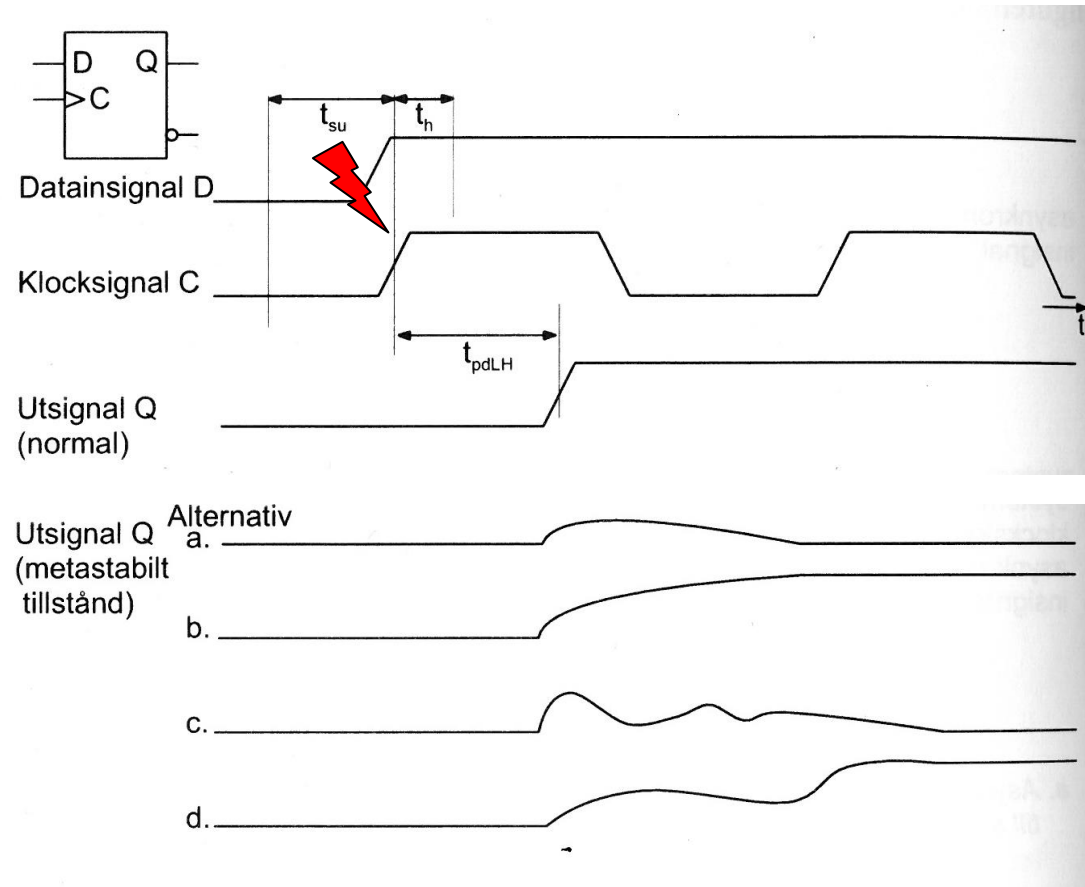
Inställningstid(set-up time):  $t_{su}$

Hålltid (hold time):  $t_h$

Fördröjning (propagation delay from low to high):  $t_{pdLH}$

Ingångssignalen får ej ändras under inställningstid + hålltid

Utsignal för en D-vippa i metastabilt tillstånd

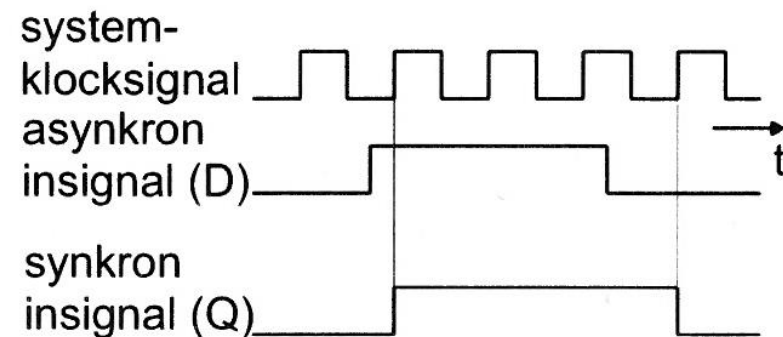
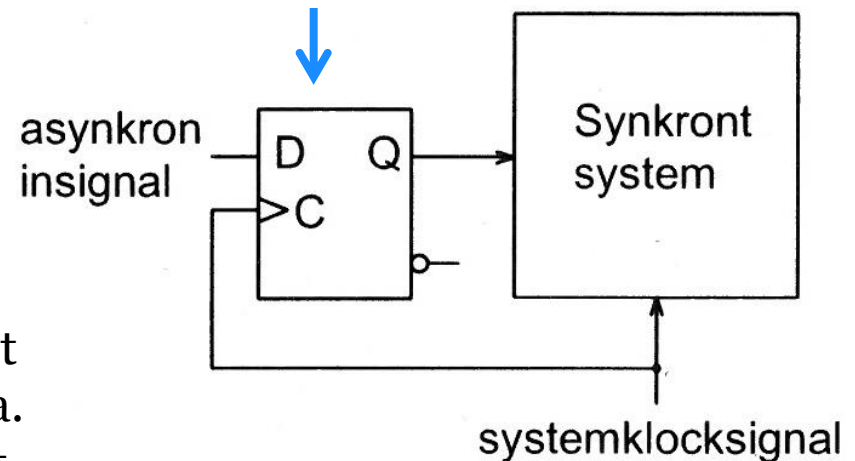


# Synkronisering av asynkrona insignaler

- Inför en så kallad synkroniseringsvippa på ingången.

## Ytterligare åtgärder

- Två kaskadkopplade synkroniseringsvippor.
- Bara en asynkron insignal i taget påverkar tillståndsövergångarna.
- Tillståndsövergångar där endast ett tillstånd ändras.



# Digitalteknik

## Mattias Krylander

[www.liu.se](http://www.liu.se)