

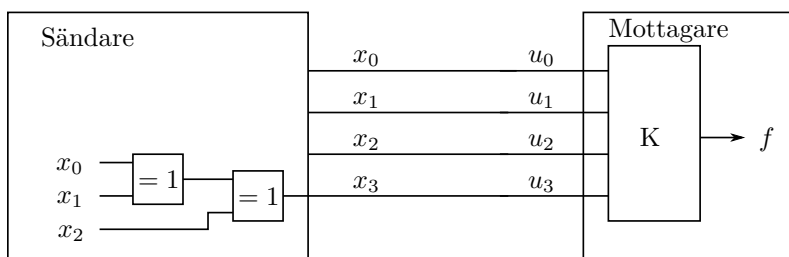
# Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet



<b>Datum för tentamen</b>	2017-08-18
<b>Sal (1)</b>	<u>TER4(40)</u>
<b>Tid</b>	14-18
<b>Kurskod</b>	TSEA22
<b>Provkod</b>	TEN1
<b>Kursnamn/benämning</b> <b>Provnamn/benämning</b>	Digitalteknik Skriftlig tentamen
<b>Institution</b>	ISY
<b>Antal uppgifter som ingår i tentamen</b>	6
<b>Jour/Kursansvarig</b> Ange vem som besöker salen	Mattias Krysander
<b>Telefon under skrivtiden</b>	073-2701825
<b>Besöker salen ca klockan</b>	15 och 17
<b>Kursadministratör/kontaktperson</b> (namn + tfnr + mailaddress)	Mattias Krysander 073-2701825 mattias.krysander@liu.se
<b>Tillåtna hjälpmedel</b>	Inga
<b>Övrigt</b>	Totalt: 50 poäng Preliminära betygsgränser: Betyg 3: 21 poäng Betyg 4: 31 poäng Betyg 5: 41 poäng  Visning 10.00-10.30 den 6/9 på Mattias Krysanders kontor på DA.
<b>Antal exemplar i påsen</b>	



**Uppgift 1.** Ett ord  $(x_2, x_1, x_0)$  ska skickas från en sändare till en mottagare.



Vid överföring kan fel inträffa som leder till att en av bitarna i det skickade ordet  $(x_2, x_1, x_0)$  inte är samma som i det mottagna ordet  $(u_2, u_1, u_0)$ . För att upptäcka fel i överföringen används en fjärde signal  $x_3$ , en så kallad paritetsbit, och en kombinationskrets  $K$  i mottagaren som ni ska konstruera. Kretsen  $K$  ska fungera så att  $f = 1$  om och endast om det mottagna ordet  $(u_3, u_2, u_1, u_0)$  skiljer sig i en bit från det skickade ordet  $(x_3, x_2, x_1, x_0)$ . Två exempel på fel är

Exempel 1:  $(x_3, x_2, x_1, x_0) = (0, 0, 0, 0)$  och  $(u_3, u_2, u_1, u_0) = (0, 0, 1, 0)$

Exempel 2:  $(x_3, x_2, x_1, x_0) = (1, 1, 0, 0)$  och  $(u_3, u_2, u_1, u_0) = (0, 1, 0, 0)$

Notera att  $x_i$  inte är insignal till  $K$ . Valfria grindar och inverterare får användas. Ni får anta att det kan bli fel i som mest en bit i överföringen. (5 poäng)

**Lösning.** Ett givet ord  $(x_2, x_1, x_0)$  ger följande ord

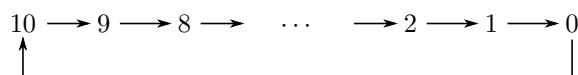
$x_2x_1x_0$	$x_3x_2x_1x_0$
000	0000
001	1001
010	1010
011	0011
100	0110
101	0101
110	0110
111	1111

Vid korrekt överföring kan vi se i tabellen att alla ord  $(u_3, u_2, u_1, u_0) = (x_3, x_2, x_1, x_0)$  har ett jämnt antal 1:or. Vid fel i överföringen byter en bit värde och det blir ett udda antal ettor i  $(u_3, u_2, u_1, u_0)$ . Kretsen  $K$ 's funktionstabell är alltså

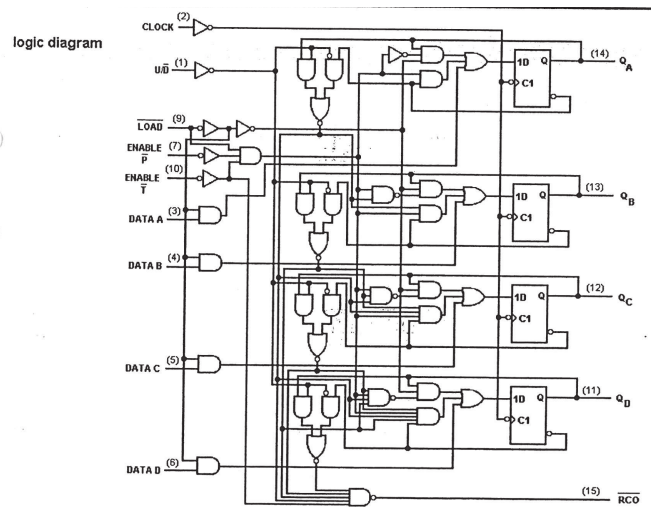
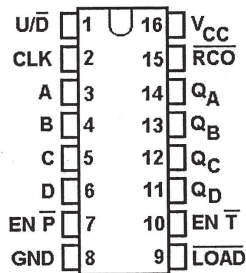
$u_3u_2u_1u_0$	$f$	$u_3u_2u_1u_0$	$f$
0000	0	1000	1
0001	1	1001	0
0010	1	1010	0
0011	0	1011	1
0100	1	1100	0
0101	0	1101	1
0110	0	1110	1
0111	1	1111	0

Det Booleska uttrycket blir  $f = (u_3 \oplus u_2) \oplus (u_1 \oplus u_0)$ .

**Uppgift 2.** Konstruera en synkron sekvenskrets med den reversibla räknaren LS669, valfria grindar och inverterare så att räknaren autonomt genomlöper följande sekvens:



För full poäng krävs en minimal lösning samt att alla insignaler till räknaren är angivna. Datablad på LS669 följer nedan. A är minst signifikant bit.

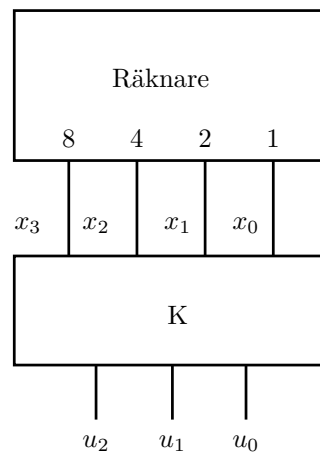


(5 poäng)

**Lösning.** Endast räknaren behövs som ska inkopplas på följande sätt:

- $U/\bar{D} = 0$  (Räknar ner)
- CLK = klocksignal
- $A = 0, B = 1, C = 0, D = 1$  (Laddar 10)
- $EN \bar{P} = 0, EN \bar{T} = 0$  (Räknar)
- $GND = 0, V_{CC} = 1$
- $\overline{LOAD} = \overline{RCO}$  (Laddar när räknaren är på 0)

**Uppgift 3.** Kvadratroten ur 2 med 9 decimaler är  $\sqrt{2} = 1,414213562$ . Konstruera en kombinationskrets (K) som när den drivs från en binärräknare som räknar 0-9, sekventiellt genererar ovanstående siffror  $u = (u_2, u_1, u_0)$  där  $u_2$  är mest signifikant bit.



Tillåtna komponenter är NAND-grindar och inverterare. Grinddjupet ska vara högst 2 plus eventuella inverterare. För full poäng krävs Karnaughdiagram, minimerade uttryck och uppritat grindnät. (10 poäng)

**Lösning.** Funktionstabell:

$x$	$u$
0	001
1	100
2	001
3	100
4	010
5	001
6	011
7	101
8	110
9	010
f.ö.	—

$u_2$

$x_3, x_2 \backslash x_1, x_0$	00	01	11	10
00	0	1	1	0
01	0	0	1	0
11	-	-	-	-
10	1	0	-	-

$u_1$

$x_3, x_2 \backslash x_1, x_0$	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	1	0	0	1
11	-	-	-	-
10	1	1	-	-

$$u_2 = x_3x'_0 + x_1x_0 + x'_3x'_2x_0 = ((x_3x'_0)'(x_1x_0)'(x'_3x'_2x_0)')'$$

$$u_1 = x_3 + x_2x'_0 = (x'_3(x_2x'_0)')$$

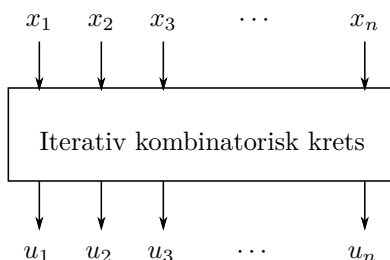
$u_0$

$x_3, x_2 \backslash x_1, x_0$	00	01	11	10
00	1	0	0	1
01	0	1	1	1
11	-	-	-	-
10	0	0	-	-

$$u_0 = x'_3x'_2x'_0 + x_2x_0 + x_1x'_0 = ((x'_3x'_2x'_0)'(x_2x_0)'(x_1x'_0)')$$

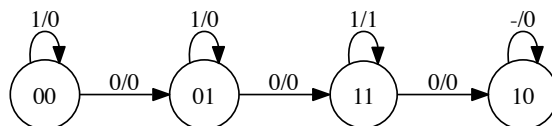
Totalt krävs 3 inverterare och 10 NAND-grindar.

**Uppgift 4.** Konstruera ett iterativt kombinatoriskt nät med insignaler  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  och utsignaler  $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)$  så att  $u_j = 1$  om och endast om  $x_j = 1$  och exakt två av ingångarna  $x_1, x_2, \dots, x_{j-1}$  är noll. Antag att  $n \geq 5$ .



Använd AND-, OR-grindar och inverterare. För full poäng krävs tillståndsdigram med minimalt antal tillstånd och kretsschema med minimerade celler. (10 poäng)

**Lösning.** Tillståndsdigram med nodmarkeringar  $q_1q_0$  och bågmarkeringar  $x_i/u_i$ .



Starttillståndet är  $q = 00$ .

$q_1q_0$	$q_1^+q_0^+/u$	
	$x = 0$	$x = 1$
00	01/0	00/0
01	11/0	01/0
11	10/0	11/1
10	10/0	10/0

Cell 1:  $q_1q_0 = (0, 0)$ :

$$\begin{aligned} q_1^+ &= 0 \\ q_0^+ &= x'_1 \\ u_1 &= 0 \end{aligned}$$

Cell 2:  $q_1q_0 \in \{(0, 0), (0, 1)\}$ :

$$\begin{aligned} q_1^+ &= q_0x'_2 \\ q_0^+ &= x'_2 + q_0 \\ u_2 &= 0 \end{aligned}$$

Cell 3:  $q_1q_0 \in \{(0, 0), (0, 1), (1, 1)\}$ :

$$\begin{aligned} q_1^+ &= q_0x'_3 + q_1 \\ q_0^+ &= q'_1x'_3 + q_0x_3 \\ u_3 &= q_1x_3 \end{aligned}$$

Cell  $k \in \{4, 5, \dots, n - 1\}$ :

$$\begin{aligned} q_1^+ &= q_0 x'_k + q_1 \\ q_0^+ &= q'_1 x'_k + q_0 x_k \\ u_k &= q_1 q_0 x_k \end{aligned}$$

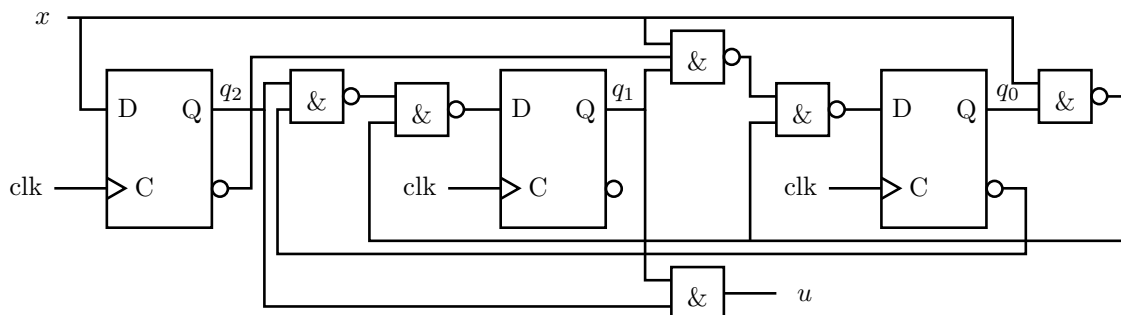
Cell  $n$

$$u_n = q_1 q_0 x_n$$

Komponentåtgång:

- Cell 1: 1 inverterare
- Cell 2: 1 inverterare, 1 AND-grind och 1 OR-grind
- Cell 3 –  $(n - 1)$ : 2 inverterare, 4 AND-grindar, 2 OR-grindar
- Cell  $n$ : 1 AND-grind

**Uppgift 5.** Betrakta följande sekvenskrets med den synkroniserade insignalen  $x$



Observera att det finns en AND-grind på utgången.

- Rita tillståndsdigrammet för ovanstående Moore-krets.
- Rita tillståndsdigrammet för den minimala synkrona Mealy-kretsen som utför samma funktion som ovanstående krets. Om starttillståndet i kretsen ovan är  $(q_2, q_1, q_0) = (0, 0, 0)$  vad blir motsvarande starttillstånd i Mealy-kretsen?
- Konstruera kretsen i b) med ett minimalt antal D-vippor, AND-, OR-grindar och inverterare.

(10 poäng)

**Lösning.**

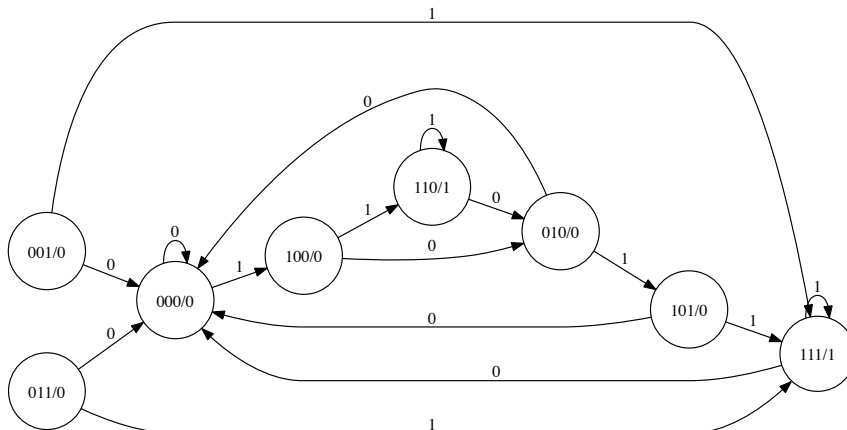
- De Booleska uttrycken är

$$\begin{aligned} q_0^+ &= ((xq_0)'(xq'_2q_1)')' = xq_0 + xq'_2q_1 \\ q_1^+ &= ((q_2q'_0)'(xq_0)')' = q_2q'_0 + xq_0 \\ q_2^+ &= x \\ u &= q_2q_1 \end{aligned}$$

Tillståndstabellen är

$q_2 q_1 q_0$	$q_2^+ q_1^+ q_0^+$		$u$
	$x = 0$	$x = 1$	
000	000	100	0
001	000	111	0
010	000	101	0
011	000	111	0
100	010	110	0
101	000	111	0
110	010	110	1
111	000	111	1

och motsvarande Mooregraf:



b) Motsvarande Mealy-tabell:

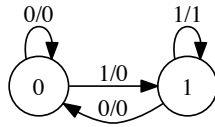
$q_2 q_1 q_0$	$q_2^+ q_1^+ q_0^+ / u$	
	$x = 0$	$x = 1$
000	000/0	100/0
001	000/0	111/1
010	000/0	101/0
011	000/0	111/1
100	010/0	110/1
101	000/0	111/1
110	010/0	110/1
111	000/0	111/1

Tillståndsminimering ger ekvivalensklasserna  $\{000, 010\}$  och  $\{001, 011, 100, 101, 110, 111\}$ . Kalla tillstånden för 0 respektive 1:

$q$	$q^+ / u$	
	$x = 0$	$x = 1$
0	0/0	1/0
1	0/0	1/1

Graf:





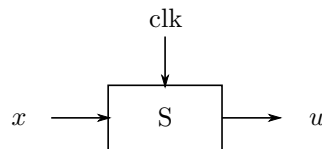
c) De Booleska uttrycken är

$$q^+ = x$$

$$u = xq$$

och kan realiseras med en D-vippa och en AND-grind.

**Uppgift 6.** Information inkommer synkront och sekventiellt på ingång  $x$  till den synkrona sekvenskretsen,  $S$ . Efter varje mottaget block om 4 bitar ska blocket uppträda i serieform på utgången  $u$  i omvänd bitföljd. Under utmatning av block  $n + 1$  måste block  $n + 1$  tas om hand på ingången. Vad som finns på utgången under de fyra första klockintervallen efter uppstart spelar ingen roll.

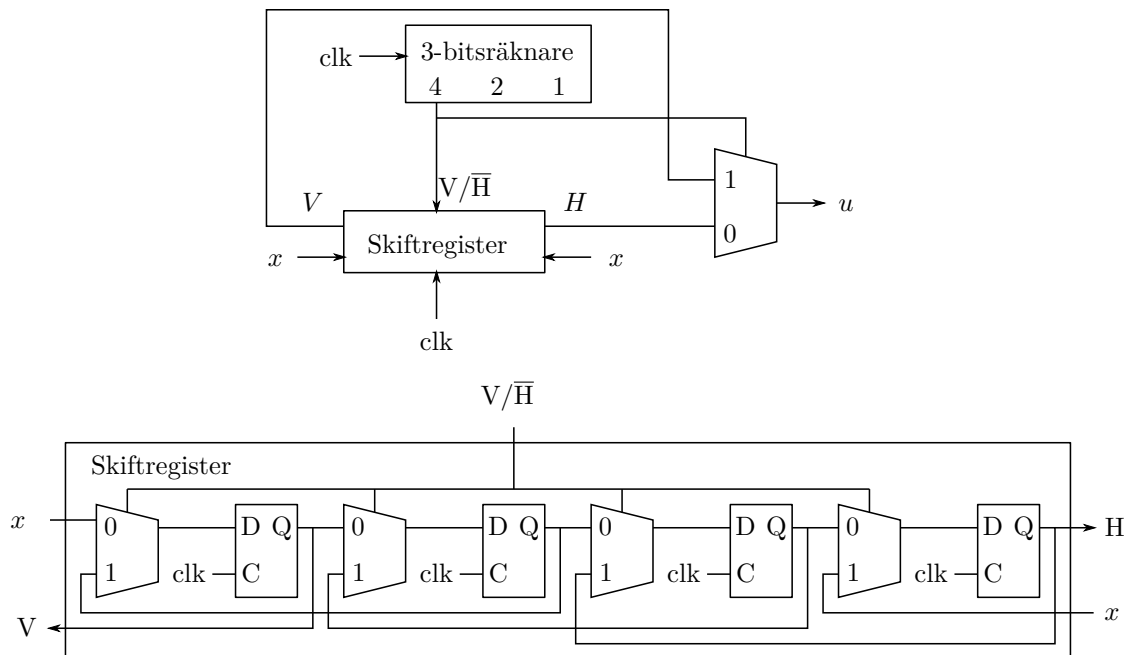


Exempel:

$x:$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$\dots$
$u:$	-	-	-	-	$x_4$	$x_3$	$x_2$	$x_1$	$x_8$	$\dots$

Konstruera  $S$  med D-vippor, valfria räknare, multiplexrar, grindar och inverterare. Klumpiga lösningar ger poängavdrag. (10 poäng)

**Lösning.** Följande krets har korrekt funktion om räknare och vippor initieras med 0.



Skiftregistret skiftas först åt höger fyra gånger och sedan åt vänster fyra gånger innan allt upprepas.  
Utsignalen är högervärdet, H, vid högerskift och vänstervärdet, V, vid vänsterskift.