



KTH Informations- och kommunikationsteknik

Omtentamen med lösningar IE1204-5 Digital Design Torsdag 13/4 2017 14.00-18.00

Allmän information (TCOMK, Ask for an english version of this exam if needed)

Examinator: Ingo Sander.

Ansvarig lärare: Kista, William Sandqvist tel 08-7904487

Ansvarig lärare: Valhallavägen, Ahmed Hemani tel 08-7904469

*Tentamensuppgifterna behöver **inte** återlämnas när du lämnar in din skrivning.*

Hjälpmedel: Inga hjälpmedel är tillåtna!

Tentamen består av tre delar med sammanlagt 14 uppgifter, och totalt 30 poäng:

Del A1 (Analys) innehåller tio korta uppgifter. Rätt besvarad uppgift ger en poäng. Felaktig besvarad ger 0 poäng. Det totala antalet poäng i del A1 är **10 poäng**. För **godkänt på del A1 krävs minst 6p, är det färre poäng rättar vi inte vidare.**

Del A2 (Konstruktionsmetodik) innehåller två metodikuppgifter om totalt **10 poäng**. För att bli **godkänd på tentamen** krävs **minst 11 poäng** från A1+A2, *är det färre poäng rättar vi inte vidare.*

Del B (Designproblem) innehåller två friare designuppgifter om totalt **10 poäng**.

OBS! I slutet av tentamenshäftet finns ett inlämningsblad för del A1, som ska avskiljas för att lämnas in tillsammans med lösningarna för del A2 och del B.

För ett godkänt betyg (**E**) krävs **minst 11 poäng på hela tentamen**. Vid exakt 10p från A1(6p)+A2(4p) erbjuds komplettering (FX) till godkänt.

Betyg ges enligt följande:

0 –	11 –	16 –	19 –	22 –	25
F	E	D	C	B	A

Resultatet beräknas meddelas före fredagen den 5/5 2017.

Del A1: Analysuppgifter

Endast svar krävs på uppgifterna i del A1. Lämna svaren på inlämningsbladet för del A1 som du hittar på sista sidan av tentahäftet.

1. 1p/0p

En funktion $f(x, y, z, w)$ är angiven som:

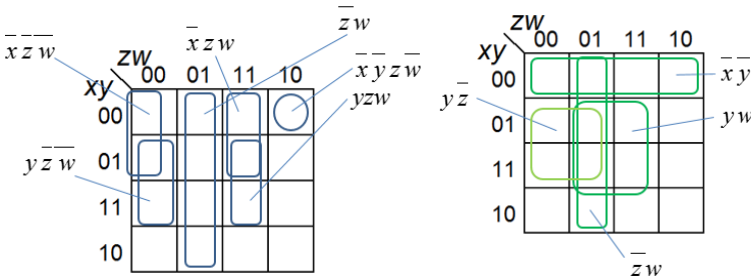
$$f(x, y, z, w) = y(z \oplus w) + \bar{z}w + xz\bar{w} + xz\bar{w} + x\bar{y}z\bar{w}$$

Ange funktionen som minimerad summa av produkter.

$$f(x, y, z, w) = \{SoP\}_{\min} = ?$$

1. Lösningförslag.

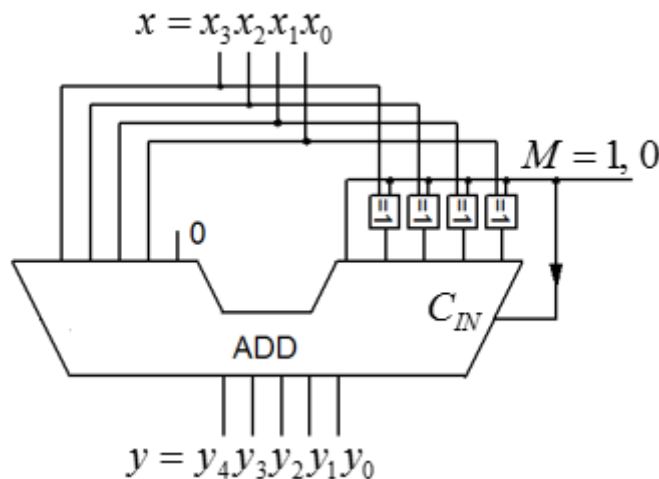
$$f(x, y, z, w) = y(z \oplus w) + \bar{z}w + xz\bar{w} + xz\bar{w} + x\bar{y}z\bar{w} = yz\bar{w} + y\bar{z}w + \bar{z}w + xz\bar{w} + xz\bar{w} + x\bar{y}z\bar{w}$$



$$f(x, y, z, w) = \{SoP\}_{\min} = \bar{x}y + \bar{z}w + yw + y\bar{z}$$

2. 1p/0p

En 5-bits adderare är kopplad så att den **multiplicerar** ett binärt teckenlöst 4-bitstal $x = x_3x_2x_1x_0$ med en konstant k , $y = k \cdot x$. En styrsignal M (med 4 XOR-grindar) byter mellan två värden på konstanten, $M = 0 \rightarrow k_0$ eller $M = 1 \rightarrow k_1$. Vilka värden har konstanterna k_0 och k_1 ? (Tips! prova med något tal x och se vad motsvarande y blir för $M = 1$ respektive $M = 0$).



2. Lösningsförslag.

Med $M = 0$ blir $y = (2 \cdot x + 1 \cdot x) = 3 \cdot x$. Med $M = 1$ blir $y = (2 \cdot x - 1 \cdot x) = 1 \cdot x$. $k_0 = 3$ och $k_1 = 1$.

3. 1p/0p

Två tvåkomplement 16-bitstal är (hexadecimalt) $x_{16} = \text{FFFC}$ och $y_{16} = 0004$. Vad blir summan av de två talen $s = x + y$? Ange svaret s som ett decimaltal med tecken och belopp $\pm s_{10} = ?$

3. Lösningsförslag.

FFFC motsvarar -4, 0004 motsvarar +4. Summan blir 0 som är ett positivt tal. $s = +0_{10}$

4. 1p/0p

Ett Karnaughdiagram för en funktion av fyra variabler $Y = f(x_3, x_2, x_1, x_0)$ ges nedan.

Ange funktionen minimerad Y_{\min} som en summa av produkter, på **SoP** form.

”-” i diagrammet står för ”don’t care”.

		x_1x_0			
		00	01	11	10
x_3x_2	00	0 -	1 1	3 0	2 -
	01	4 -	5 -	7 0	6 1
	11	12 0	13 1	15 0	14 0
	10	8 1	9 0	11 0	10 -

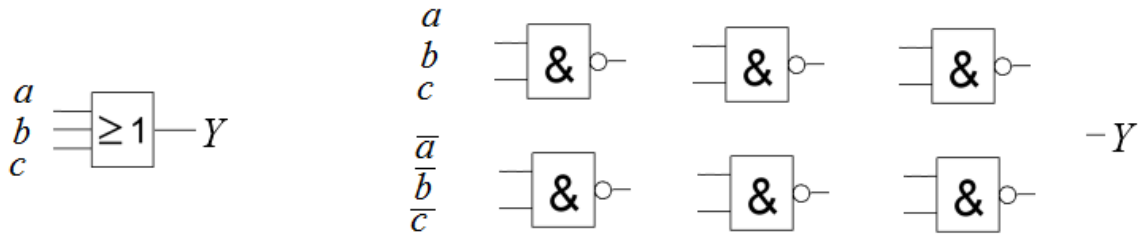
4. Lösningsförslag.

		x_1x_0			
		00	01	11	10
x_3x_2	00	0 -	1 1	3 0	2 -
	01	4 -	5 -	7 0	6 1
	11	12 0	13 1	15 0	14 0
	10	8 1	9 0	11 0	10 -

$$Y_{\min} = f(x_3, x_2, x_1, x_0) = \bar{x}_3 \bar{x}_1 + \bar{x}_3 \bar{x}_0 + \bar{x}_2 \bar{x}_0 + x_2 \bar{x}_1 x_0$$

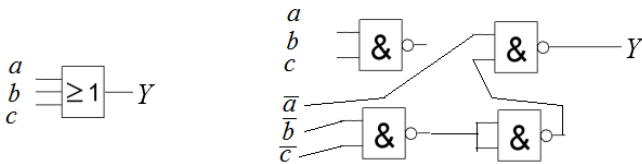
5. 1p/0p

Man behöver en tre-ingångars OR-grind till tre variabler $a b c$. Man har bara tillgång till två-ingångars NAND-grindar (max 6 st.). Hur ska dessa kopplas? Man har också tillgång till variablernas inverser $\bar{a} \bar{b} \bar{c}$ om detta kan vara till hjälp. Rita kopplingsschemat med grindar i svarsformuläret.



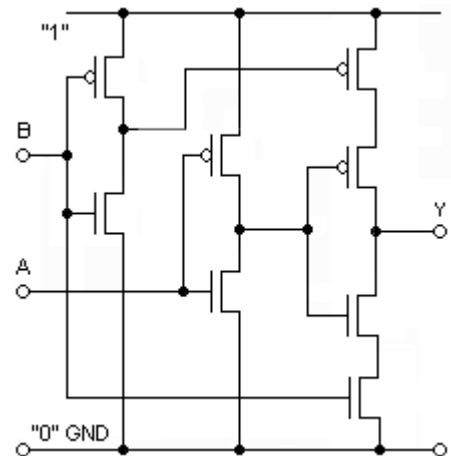
5. Lösningförslag.

$$Y = \overline{\overline{\overline{a}} \cdot (b \cdot c)} = \{dM\} = a + b + c \text{ tex.}$$



6. 1p/0p

Three-state logic. Vad behöver göras med ingång A eller B för att grindens utgång Y ska försättas i högimpedansläget, three-state?



6. Lösningförslag.

$B = 0 \rightarrow Y = \text{three-state}$

7. 1p/0p

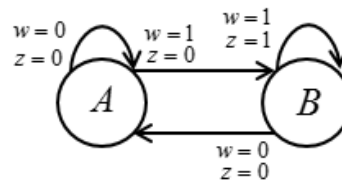
Figurens tillståndstabell gäller en synkron Mealy-automat. Rita färdigt tillståndsdiagrammet. Svara i figuren på svarsblanketten.

State	Next State		Out z	
	w=0	w=1	w=0	w=1
A	A	B	0	0
B	A	B	0	1

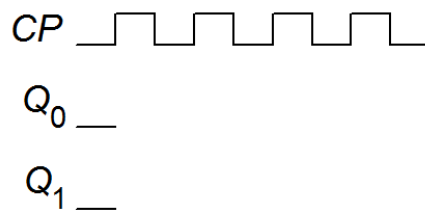
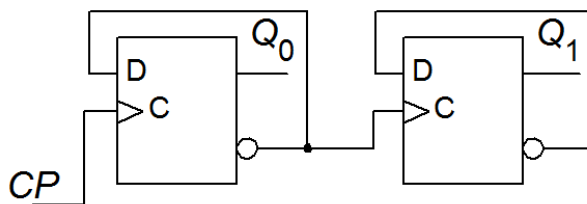


7. Lösningförslag.

State	Next State		Out z	
	w=0	w=1	w=0	w=1
A	A	B	0	0
B	A	B	0	1

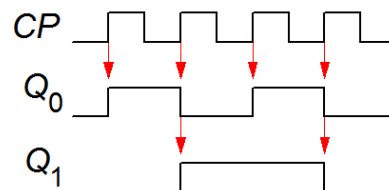
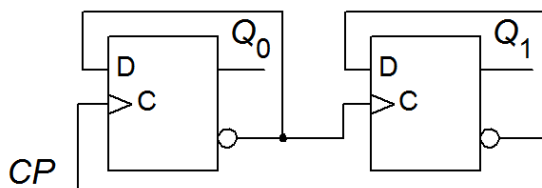


8. 1p/0p



En asynkron räknare enligt figuren ovan startar med tillståndet $q_1q_0 = 00$. Rita färdigt tidsdiagrammet. Svara i figuren på svarsblanketten.

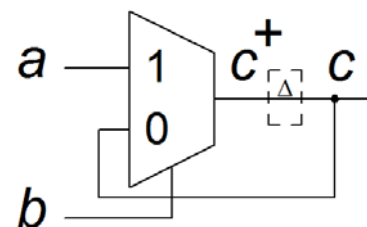
8. Lösningförslag.



9. 1p/0p

Figuren visar ett slags asynkron låskrets konstruerad med en multiplexor. Tag fram sambandet mellan nuvarande tillstånd c och nästa tillstånd c^+ . Δ symbolen sammanfattar all fördröjning i kretsen.

$c^+ = f(a,b,c) = ?$



9. Lösningförslag.

$$c^+ = f(a,b,c) = b \cdot a + \bar{b} \cdot c$$

10. 1p/0p

VHDL koden nedan beskriver en typ av räknare. Antag att räknaren startar på `count = 0`. Vad blir räknevärdet efter 12 klockpulser?

```
bcd:
PROCESS (clk)
BEGIN
    IF rising_edge(clk) THEN
        IF (count = 5) THEN
            count <= 0;
        ELSE
            count <= count+1;
        END IF;
    END IF;
END PROCESS;
```

10. Lösningförslag.

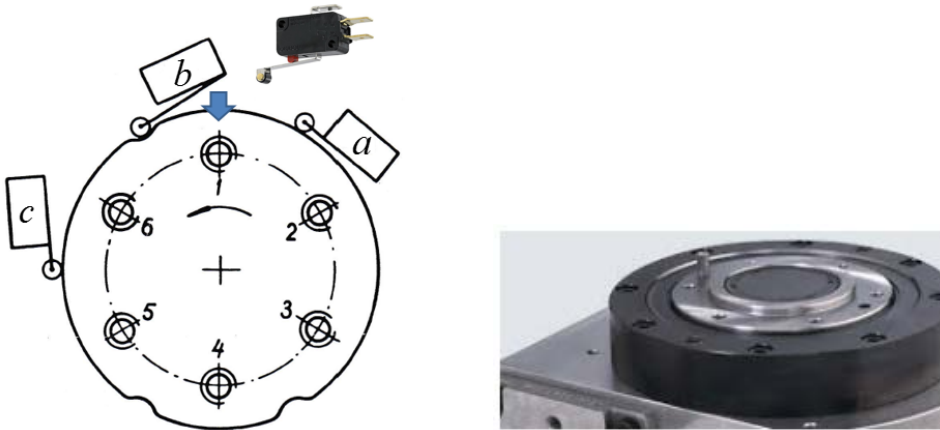
→1→2→3→4→5→0→1→2→3→4→5→**0**

Del A2: Konstruktionsmetodik

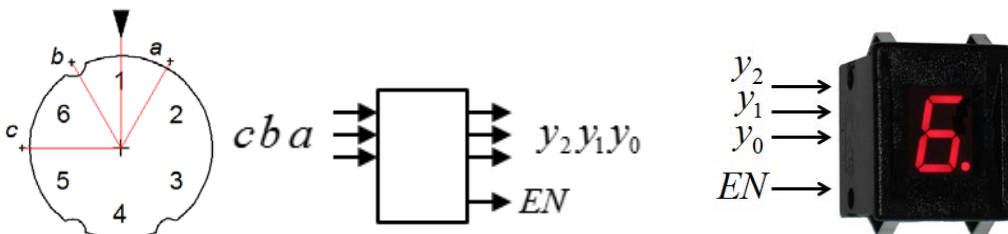
Observera! Del A2 rättas endast om Du är godkänd på del A1

11. 5p

En verktygsmaskin har ett indexbord med sex lägen 1, 2, 3, 4, 5, 6 fördelade längs varvet med 60° delningsvinkel. Bordets läge känns av med tre switchar a b c mot tre fördjupningar längs bordets omkrets. När en switch är i en fördjupning blir signalen '0', och för övrigt '1'. Ett exempel: när indexbordet befinner sig i läge 1 (vid pilen i figuren) blir a och c '1' (mot omkretsen) och b blir '0' (i en fördjupning).



Man vill indikera bordets läge med en sifferdisplay som har ingångar för binärkod $y_2y_1y_0$. Displayen har också en enable ingång EN . För att visa siffror krävs att $EN = '1'$, displayen blir släckt när $EN = '0'$.



a) (2p) Tag fram sanningstabellen för sambandet mellan läget i binärkod och switcharna $y_2y_1y_0 = f(c,b,a)$.

b) (1p) När bordet håller på att växla läge ska displayen hållas släckt ($EN = 0$).

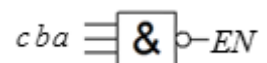
Konstruera ett kombinatoriskt nät (grind) för denna funktion $EN = f(c,b,a)$.

c) (2p) Konstruera nätet $y_2y_1y_0 = f(c,b,a)$ minimera med hjälp av Karnaughdiagram och utnyttja don't care. Använd NAND-grindar. Rita nätet.

11. Lösningsförslag

a) Don't care är "000" som *inte* kan förekomma från switcharna. Eftersom displayen ska vara *släckt* när bordet roterar kan också "111" användas som don't care (en "felaktig" siffra skulle ändå inte synas).

b) $EN = '0'$ när bordet roterar ($c = b = a = '1'$). Det kräver en NAND-grind.



c) Inspektion av tabellen ger att $y_1 = b$

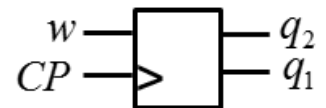
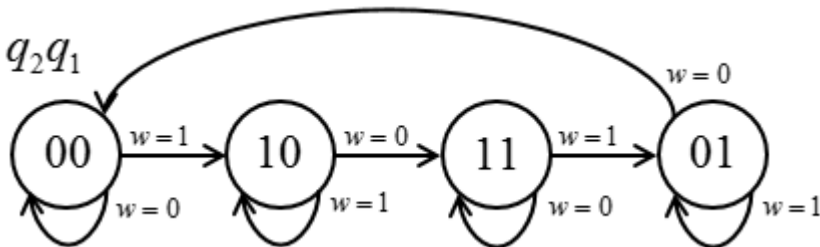
cba	$y_2y_1y_0$				$y_2y_1y_0 = f(c,b,a)$
000	---				
101	001				cba $y_2y_1y_0$
011	010				001 101
110	011				010 110
100	100				011 010
001	101				100 100
010	110				101 001
111	---				110 011

$y_2 = f(c,b,a)$	$y_1 = f(c,b,a)$	$y_0 = f(c,b,a)$																								
c/ba 00 01 11 10	c/ba 00 01 11 10	c/ba 00 01 11 10																								
0 <table border="1"><tr><td>-</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>-</td><td>0</td></tr></table>	-	1	0	1	1	0	-	0	0 <table border="1"><tr><td>-</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>-</td><td>1</td></tr></table>	-	0	1	1	0	0	-	1	0 <table border="1"><tr><td>-</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>-</td><td>1</td></tr></table>	-	1	0	0	0	1	-	1
-	1	0	1																							
1	0	-	0																							
-	0	1	1																							
0	0	-	1																							
-	1	0	0																							
0	1	-	1																							

$y_2 = \overline{b}\overline{a} + \overline{b}c + \overline{a}c$ $y_1 = b$ $y_0 = \overline{b}a + bc$

12. 5p

Konstruera ett synkront sekvensnät med en insignal w som följer tillståndsdigrammet nedan.



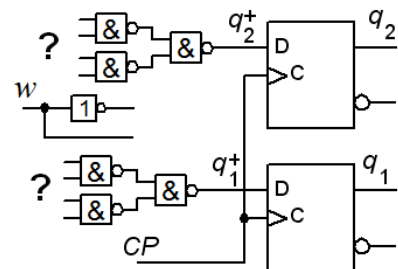
a) (1p) Ställ upp den kodade tillståndstabellen.

$q_2^+ q_1^+ = f(w q_2 q_1)$

(1p) Tag fram minimerade uttryck för nästa tillstånd.

$q_2^+ = ?$ $q_1^+ = ?$

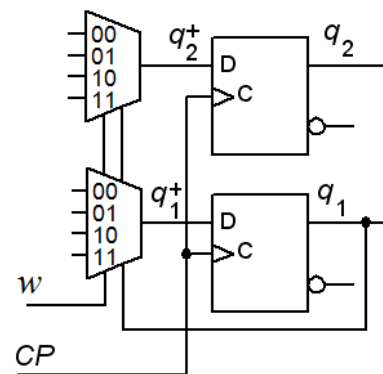
(1p) Realisera sekvensnätet med D-vippor och NAND-grindar enligt figuren. Rita din lösning.



b) (2p) Realisera sekvensnätet med D-vippor och 4:1 Multiplexorer enligt figuren. Svaret måste motiveras.

$q_2^+ : mux_{00} = ?, mux_{01} = ? mux_{10} = ?, mux_{11} = ?$

$q_1^+ : mux_{00} = ?, mux_{01} = ? mux_{10} = ?, mux_{11} = ?$



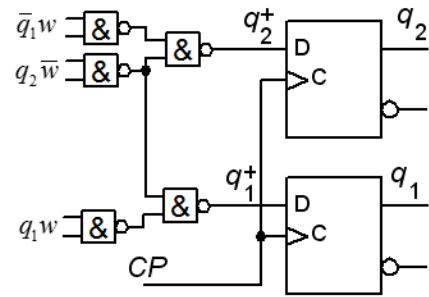
12. Lösningförslag.

a)

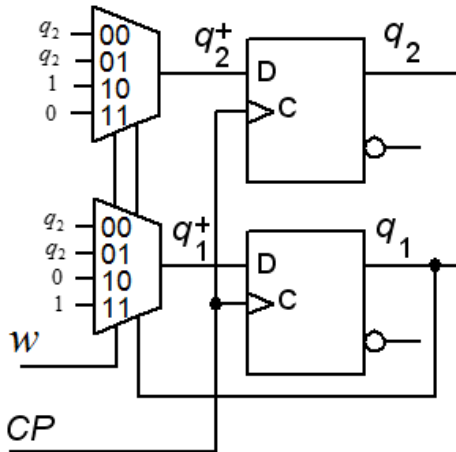
$q_2 q_1$	$q_2^+ q_1^+$	
	$w = 0$	$w = 1$
00	00	10
01	00	01
11	11	01
10	11	10

$q_2 q_1$	q_2^+	
	$w = 0$	$w = 1$
00	0	1
01	0	0
11	1	0
10	1	1

$q_2 q_1$	q_1^+	
	$w = 0$	$w = 1$
00	0	0
01	0	1
11	1	1
10	1	0



b)



$w q_1$	q_2^+		q_2
	$q_2 = 0$	$q_2 = 1$	
00	0	1	q_2
01	0	1	q_2
11	0	0	0
10	1	1	1

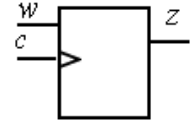
$w q_1$	q_1^+		q_1
	$q_2 = 0$	$q_2 = 1$	
00	0	1	q_2
01	0	1	q_2
11	1	1	1
10	0	0	0

Del B. Designproblem

Observera! Del B rättas endast om Du har mer än 11p på del A1+A2.

13. 5p Synkront sekvensnät. Detektor för viss sekvens.

En sekvensdetektor ska upptäcka varje gång en delsekvens ... 1010 ... uppträder inuti en sekvens av synkrona bitar som inkommer till ingången w .



Sekvensdetektorns utsignal z ska vara '1' i ett klockpulsintervall direkt efter det att delsekvensen har uppträtt. Vid start är insignalen $w = '0'$. Se figuren.

$w \dots 011010100011010111$
 $z \dots 000000101000000100$

Sekvenskretsen är utförd som en Moore-automat med positivt flanktriggade D-vippor.

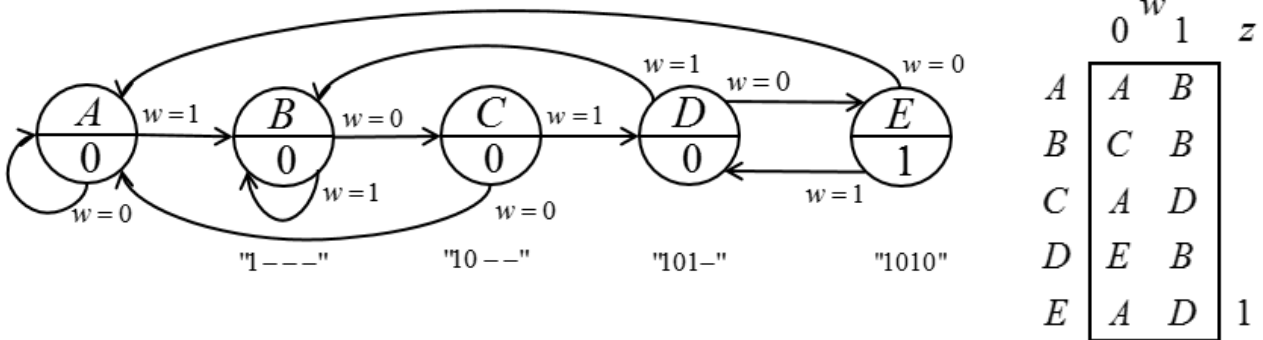
a) (2p) Rita **tillståndsdigram** och ställ upp **tillståndstabell**.

b) (2p) Ställ upp **kodad tillståndstabell**, använd **binärkod** som tillståndskod. Tag fram minimerade uttryck för **nästa tillståndsavkodare** och **utgångsavkodare**.

c) (1p) Rita schema, använd valfria grindar.

13. Lösningförslag.

a)



b)

$q_2 q_1 q_0$	$q_2^+ q_1^+ q_0^+$	w	z
000	000	001	0
001	010	001	0
010	000	011	0
011	100	001	0
100	000	011	1

$q_2 q_1$	$q_0 w$	q_2^+	q_1^+	q_0^+
00	00	01	11	10
00	0	0	0	0
01	0	0	0	1
11	-	-	-	-
10	0	0	-	-

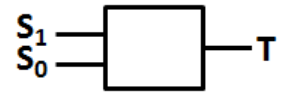
$q_2 q_1$	$q_0 w$	q_1^+	q_0^+
00	00	01	11
00	0	0	0
01	0	1	0
11	-	-	-
10	0	1	-

$q_2 q_1$	$q_0 w$	q_0^+
00	00	01
00	0	1
01	0	1
11	-	-
10	0	1

$$z = q_2 \quad q_2^+ = q_1 q_0 \bar{w} \quad q_1^+ = q_2 w + q_1 \bar{q}_0 w + \bar{q}_1 q_0 \bar{w} \quad q_0^+ = w$$

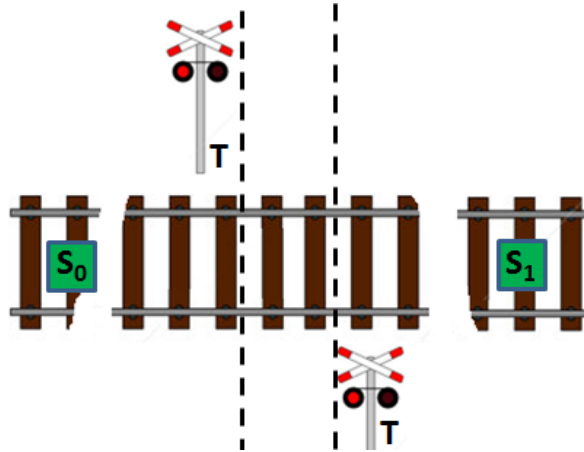
c) Schema visas ej i lösningen.

14. 5p Varningssignal för järnvägs korsning.



En väg korsar en järnväg utan bommar. Vid korsningen finns trafikljus T som ska varna när ett tåg finns i närheten. Två sensorer S_0 och S_1 upptäcker när tåg passerar över dem ($S = '1'$).

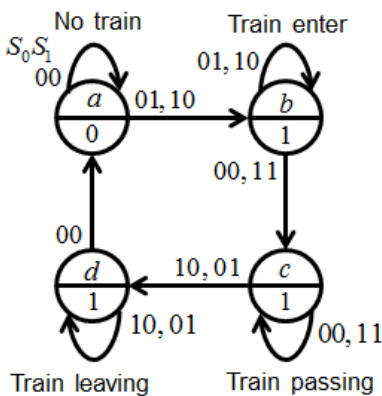
Konstruera ett **asynkront sekvensnät** som håller trafikljuset tätt ($T = '1'$) så länge det finns en del av ett tåg på sträckan mellan S_0 och S_1 .



Tågen kan komma från båda riktningarna. Tåget kan vara både kortare eller längre än avståndet S_0 - S_1 . Endast *ett* tåg åt gången passerar mellan S_0 och S_1 .

- a) (2p) Rita **tillståndsdigram** och ställ upp en korrekt **flödestabell** för sekvensnätet.
- b) (2p) Gör en lämplig **tillståndstilldelning** med en **excitations-tabell** som ger nät som är **fria från kritisk kapplöpning** (kommentera hur Du uppnått detta). Du skall även ta fram de **hasardfria uttrycken** för nästa tillstånd (kommentera hur Du uppnått detta) samt ett **uttryck för utgångsvärdet**.
- c) (1p) Rita grindnätet. (Använd valfria grindar).

14. Lösningförslag.

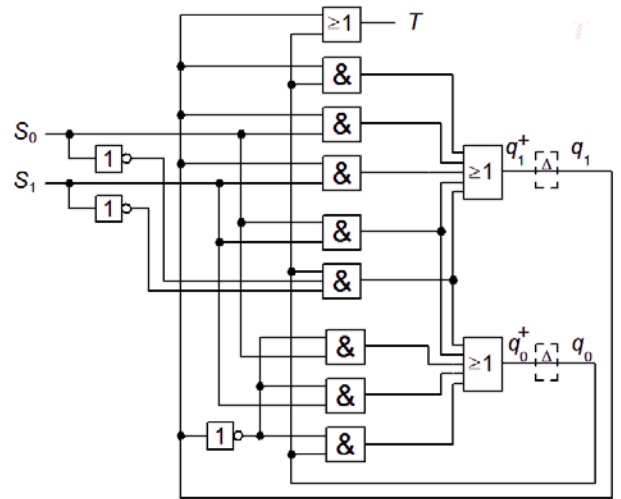


$S_0 S_1$	00	01	11	10	T
a	a	b	-	b	0
b	c	b	c	b	1
c	c	d	c	d	1
d	a	d	-	d	1

$S_0 S_1$	$q_1^+ q_0^+$				T
$q_1 q_0$	00	01	11	10	T
00	00	01	-	01	0
01	11	01	11	01	1
11	11	10	11	10	1
10	00	10	-	10	1

$S_0 S_1$	q_1^+			
$q_1 q_0$	00	01	11	10
00	0	0	-	0
01	1	0	1	0
11	1	1	1	1
10	0	1	-	1

$S_0 S_1$	q_0^+			
$q_1 q_0$	00	01	11	10
00	0	1	-	1
01	1	1	1	1
11	1	0	1	0
10	0	0	-	0



All state transitions have Hamming distance 1 when Gray code is used. Hazard cover in yellow is needed.

$$q_0^+ = S_0 S_1 + q_0 \bar{S}_0 \bar{S}_1 + \bar{q}_1 S_0 + \bar{q}_1 S_1 + \bar{q}_1 q_0 \quad q_1^+ = S_0 S_1 + q_0 \bar{S}_0 \bar{S}_1 + q_1 S_0 + q_1 S_1 + q_1 q_0 \quad T = q_0 + q_1$$

Lycka till!

Inlämningsblad för del A Blad 1

(ta loss och lämna in som blad 1 tillsammans med lösningarna för del A2 och del B)

Efternamn: _____ Förnamn: _____

Personnummer: _____ Blad: **1**

Skriv in dina svar för uppgifterna från del A1 (1 till 10)

Fråga	Svar
1	$f(x, y, z, w) = \{SoP\}_{\min} = ?$
2	$M = 0 \quad k_0 = ? \qquad \qquad \qquad M = 1 \quad k_1 = ?$
3	$FFFC+0004 = \pm s_{10} = ?$
4	$Y = \{SoP\}_{\min}$
5	
6	$B, A ? \rightarrow Y = \text{three-state}$
7	
8	
9	$c^+ = f(a, b, c) = ?$
10	Efter 12 klockpulser står räknaren på:

Nedanstående del fylls i av examinatorn!

Del A1 (10)	Del A2 (10)		Del B (10)		Totalt (30)	
Poäng	11	12	13	14	Summa	Betyg