



KTH Informations- och kommunikationsteknik

Omtentamen med lösningar i IE1204/5 Digital Design Fredag 10/4 2015 8.00-12.00

Allmän information

Examinator: Ingo Sander.

Ansvarig lärare: William Sandqvist, tel 08-7904487 / Fredrik Jonsson
Tentamensuppgifterna behöver inte återlämnas när du lämnar in din skrivning.

Hjälpmedel: Inga hjälpmedel är tillåtna!

Tentamen består av tre delar med sammanlagt 12 uppgifter, och totalt 30 poäng:

Del A1 (Analys) innehåller åtta korta uppgifter. Rätt besvarad uppgift ger för sex av uppgifterna en poäng och för två av uppgifterna två 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**. Del B rättas bara om det finns minst 11p från tentamens A-del.

OBS! I slutet av tentamenshäftet finns ett inlämningsblad för del A1, som kan 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.**

Betyg ges enligt följande:

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

Resultatet beräknas meddelas före måndagen den 4/5 2015.

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 $f(x, y, z)$ beskrivs med hjälp av ekvationen:

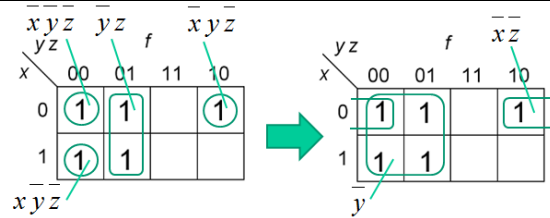
$$f(x, y, z) = \overline{x} \overline{y} \overline{z} + \overline{y} z + x \overline{y} \overline{z} + \overline{x} y \overline{z}$$

Ange funktionen som minimal summa av produkter.

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

1. Lösningförslag

$$\begin{aligned} f(x, y, z) &= \overline{x} \overline{y} \overline{z} + \overline{y} z + x \overline{y} \overline{z} + \overline{x} y \overline{z} = \{Kmap\} = \\ &= \overline{y} + \overline{x} \overline{z} \end{aligned}$$

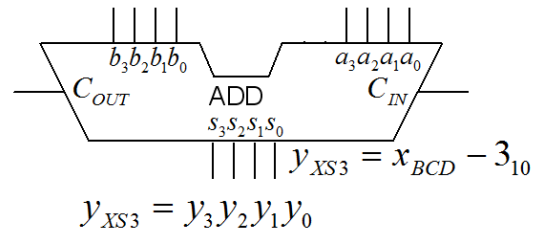
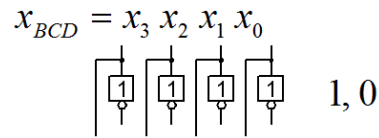


2. 2p/1p/0p

När siffrorna 0 ... 9 kodas med den vanliga 4 bitars binärkoden kallas detta för BCD-kod (binärkod för 10 ... 15 ingår ej i bcd-koden). Ibland används en 4 bitars kod där BCD-kodorden minskats med 3, så kallad "excess-3 kod", XS3-kod.

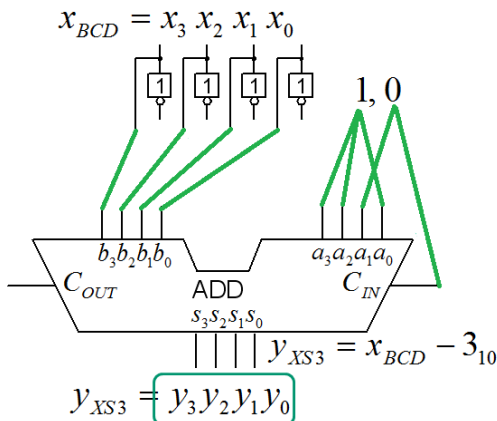
$$(y_3 y_2 y_1 y_0)_{XS3} = (x_3 x_2 x_1 x_0)_{BCD} - 3_{10}$$

a) Använd en fyra bitars adderare och vid behov inverterare för att göra en BCD → XS3 kodomvandlare. Subtraktionen ska göras med tvåkomplementmetoden. Konstanterna 0 och 1 finns tillgängliga. Rita din lösning i figuren på svarsblanketten.



b) Vilken **binär** XS3 kod har BCD-siffran 9?

2. Lösningförslag a) $-3=1101$.



b) BCD 9 är 1001. XS3 koden blir $1001 - 0011 = 0110$.

3. 1p/0p

Givet är ett Karnaughdiagram för en funktion av fyra variabler $y = f(x_3, x_2, x_1, x_0)$.

Ange funktionen som **minimerad** 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 ¹	3 ⁰	2 ¹
	01	4 ¹	5 ⁰	7 ¹	6 ⁻
	11	12 ¹	13 ⁻	15 ⁰	14 ¹
	10	8 ¹	9 ¹	10 ⁰	11 ¹

3. Lösningsförslag

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

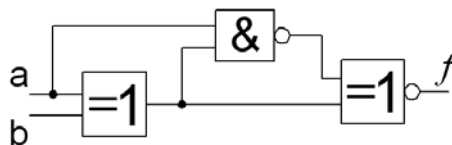
➔

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

$$\bar{x}_0 + \bar{x}_2x_1 + x_3x_2x_1$$

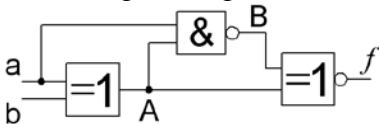
4. 2p/1p/0p

Figuren visar ett grindnät bestående av tre grindar.



- a) Ange den logiska funktionen f :s sanningstabell.
- b) Ange ett **förenklat uttryck** för funktionen $f = f(a,b)$.

4. Lösningsförslag



a)

a	b	A	B	f
0	0	0	1	0
0	1	1	1	1
1	0	1	0	0
1	1	0	1	0

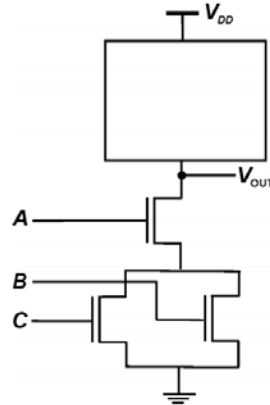
b)

$$f = \overline{a \cdot (a \oplus b) \oplus (a \oplus b)}$$

$$f = \bar{a} \cdot b$$

5. 1p/0p

Ange den logiska funktion som realiseras av CMOS kretsen i figuren. Bara "Pull-down" nätet visas, "Pull-up" nätet symboliseras av fyrkanten överst i figuren.

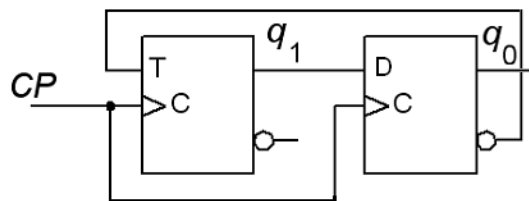


5. Lösningförslag

Pull Down nätet ger inverterad funktion. A är seriekopplad (·) med parallellkopplade (+) B och C.

$$\overline{V_{OUT}} = A \cdot (B + C) \quad V_{OUT} = \overline{A \cdot (B + C)} = \{dM\} = \overline{A} + \overline{(B + C)} = \overline{A} + \overline{B} \cdot \overline{C}$$

6. 1p/0p

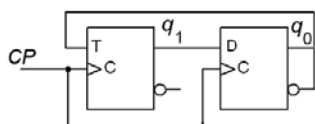


Ett sekvensnät (en räknare) med en T-vippa och en D-vippa startar i tillståndet q_1q_0 00. Ange räknesekvensen för de följande tre klockpulserna.

6. Lösningförslag

$$q_1^+ = T \cdot \overline{q_1} + \overline{T} \cdot q_1 \quad T = \overline{q_0} \Rightarrow q_1^+ = \overline{q_0} \cdot \overline{q_1} + \overline{\overline{q_0}} \cdot q_1 = \overline{q_0} \overline{q_1} + q_0 q_1 = \overline{q_0} \oplus q_1$$

$$q_0^+ = q_1$$



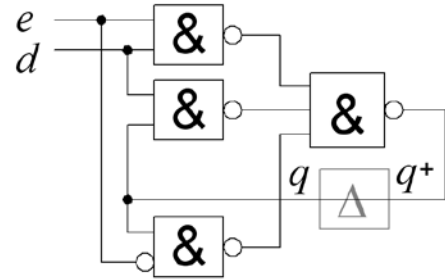
q_1q_0	$\overline{q_1} \oplus q_0$	$q_1^+q_0^+$
00	1	10
10	0	01
01	0	00
00	1	10

00 → 10 → 01 → 00 ...

7. 1p/0p

Figuren visar en slags *asynkron låskrets*. Den kallas för Earle latch (men den finns inte med i kursmaterialet). Tag fram kretsens karakteristiska funktion.

$$q^+ = f(q, e, d) = ?$$



7. Lösningförslag

$$q^+ = f(q, e, d) = \overline{(e \cdot d)} \cdot \overline{(q \cdot d)} \cdot \overline{(e \cdot q)} = \{dM\} = ed + qd + \bar{e}q$$

8. 1p/0p

Nedan följer VHDL-koden för en 2:1 MUX. Tyvärr har en del av koden fallit bort, detta markeras med (????)

Svara med att göra kodraden komplett!

```
ENTITY MUX_2_1 IS
PORT (   d_in   : IN   STD_LOGIC_VECTOR(1 downto 0) ;
        a      : IN   STD_LOGIC ;
        d_out  : OUT  STD_LOGIC ) ;
END MUX_2_1 ;
```

```
ARCHITECTURE beh OF MUX_2_1 IS
BEGIN
  d_out <= ( NOT a AND d_in(0) ) OR ( ???? ) ;
END beh ;
```

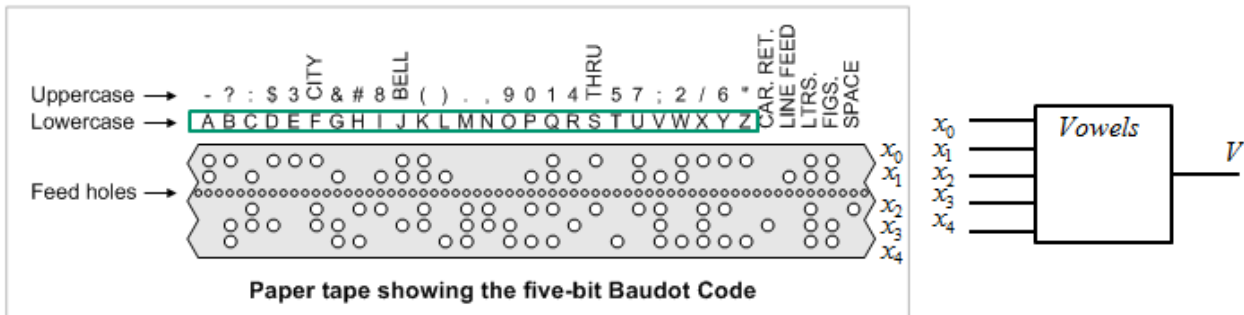
8. Lösningförslag

```
d_out <= ( NOT a AND d_in(0) ) OR ( a AND d_in(1) ) ;
```

Del A2: Konstruktionsmetodik

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

9. 5p

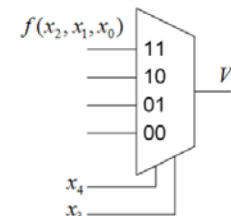


Figuren visar en hålremsa med Baudot-kod. Din uppgift är att göra en avkodare för vokaler (våra svenska vokaler Å Ä Ö ingår inte, Y ska anses vara vokal) som ger utsignalen $V=1$ bara när koden motsvarar en **vokal**. Utgå ifrån att det avkodaren ska läsa är en redigerad remsa med endast det engelska alfabetets bokstäver **A ... Z** (endast bokstäver från raden "Lowercase"). Inga av specialtecknen (car. return, line feed, ltrs ...) kan förekomma. Hål = 1, inget hål = 0.

a) (1p) Ställ upp **sanningstabellen** $V = f(x_4, x_3, x_2, x_1, x_0)$, eller som Karnaughdiagram direkt. Ange don't care. Ett kodord saknas på figurens remsa – vilket? – det kan också användas som don't care.

b) (2p) **Minimera funktionen** V och uttryck den som summa av produkter (SoP). Använd don't care.

c) (2p) För att reducera antalet grindar skaffar man en multiplexor. Realisera funktionen V med en **4:1 MUX** och minimerat antal **valfria grindar**. Som selektvariabler ska x_4 och x_3 användas.



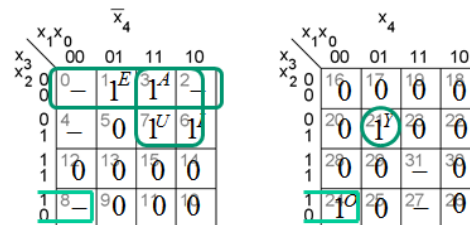
9. Lösningförslag

a) $V = 1$ för
 A(3), E(1), I(6), O(24), U(7), Y(21).
 V är don't care för
 BLANK(0), LF(2), CR(8), SP(4),
 LTRS(31), FIGS(27).

Det är koden BLANK, "inga hål" 00000 som inte finns med på figurens remsa. Den don't care positionen kommer inte till användning i lösningen.

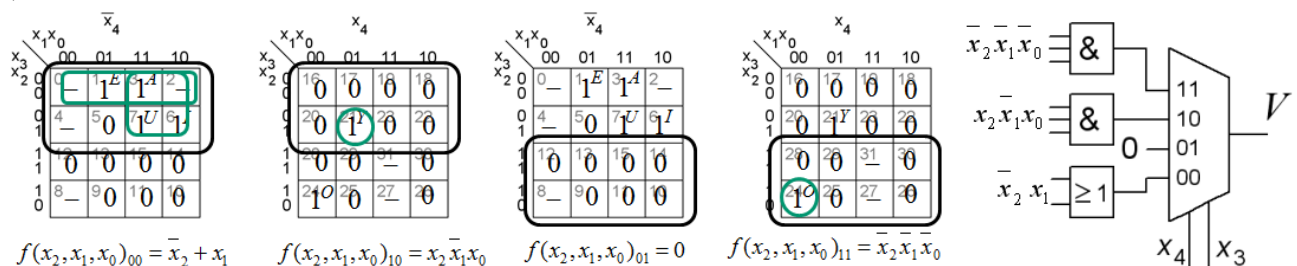
b)

A	00011	3	O	11000	24	BLANK	00000	0	SP	00100	4
E	00001	1	U	00111	7	LF	00010	2	LTRS	11111	31
I	00110	6	Y	10101	21	CR	01000	8	FIGS	11011	27



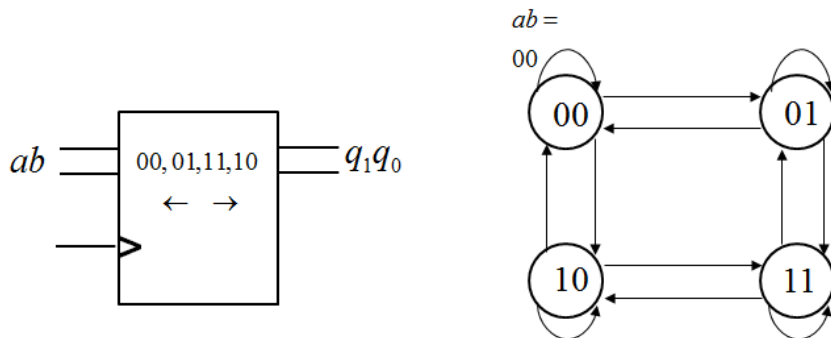
$$V = \bar{x}_4 \bar{x}_3 \bar{x}_2 + \bar{x}_4 \bar{x}_3 x_1 + x_3 \bar{x}_2 x_1 \bar{x}_0 + x_4 \bar{x}_3 x_2 \bar{x}_1 x_0$$

c)



10. 5p

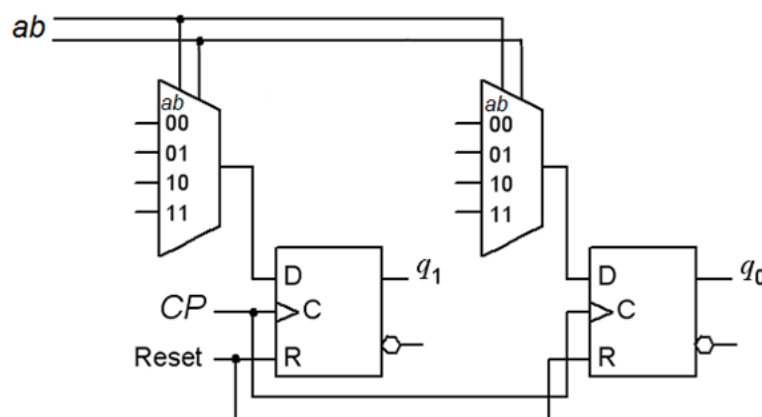
En räknare (en Moore-automat) räknar Graykod upp ”→” 00 01 11 10 eller ned ”←” 00 10 11 01. Med två insignaler ab (00 01 11 10) styr man till vilket tillstånd räknaren ska räkna, för att sedan bli kvar i det tillståndet tills ab ändras. Välj att följa upp/ner sekvensen så att det önskade tillståndet ab nås efter så få steg som möjligt – om valet upp/ner inte innebär någon skillnad i antalet steg så väljer man att följa upp ”→” sekvensen.



a) (1p) Rita färdigt det påbörjade tillståndsdigrammet. Sätt ut villkor för alla tillståndsovergångarna.

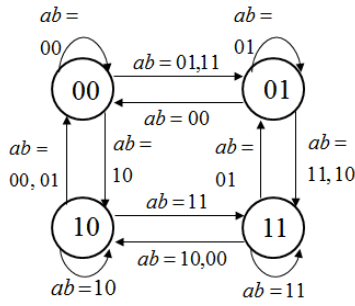
b) (2p) Skriv tillståndstabell utifrån tillståndsdigrammet. Tag fram minimerade uttryck för nästa tillstånd. $q_1^+ q_0^+ = f(q_1 q_0, ab)$ $q_1^+ = f(q_1 q_0, ab)$ $q_0^+ = f(q_1 q_0, ab)$

c) (2p) Realisera **nästa tillståndsavkodaren** med två stycken 4:1 multiplexorer. Styrsignalerna a och b är anslutna till multiplexorernas selektingångar. Ta fram minimerade **funktionsuttryck för multiplexorernas dataingångar**. Se figuren.



10. Lösningsförslag

a) b)



$$q_1^+ q_0^+ = f(q_1 q_0, ab)$$

$q_1 q_0$	ab	$q_1^+ q_0^+$
00	00	00
00	01	01
00	11	11
00	10	10
01	00	01
01	01	11
01	11	11
01	10	11
10	00	00
10	01	11
10	11	10
10	10	00

$q_1 q_0$	ab	q_1^+
00	00	0
00	01	0
00	11	1
00	10	1
01	00	0
01	01	1
01	11	1
01	10	1
10	00	0
10	01	1
10	11	1
10	10	1

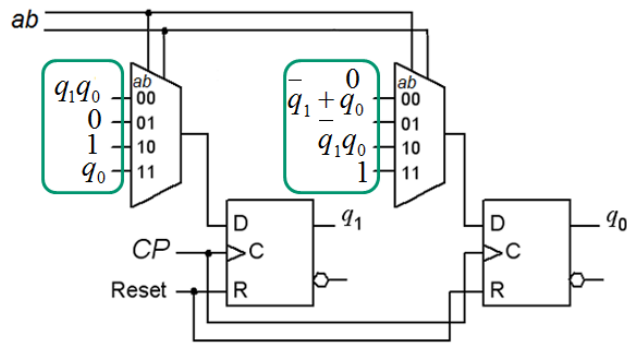
$q_1 q_0$	ab	q_0^+
00	00	0
00	01	1
00	11	1
00	10	0
01	00	0
01	01	1
01	11	1
01	10	1
10	00	0
10	01	0
10	11	0
10	10	0

$$q_1^+ = aq_0 + aq_1 + \bar{a}\bar{b} + q_1q_0\bar{b}$$

$$q_0^+ = b\bar{q}_1 + bq_0 + ab + a\bar{q}_1q_0$$

c)

q_1^+	$ab = 00$	q_1^+	$ab = 01$	q_1^+	$ab = 10$	q_1^+	$ab = 11$	q_0^+	$ab = 00$	q_0^+	$ab = 01$	q_0^+	$ab = 10$	q_0^+	$ab = 11$
q_0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
q_1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1
	q_1q_0		0		1		q_0		0		$\bar{q}_1 + q_0$		\bar{q}_1q_0		1

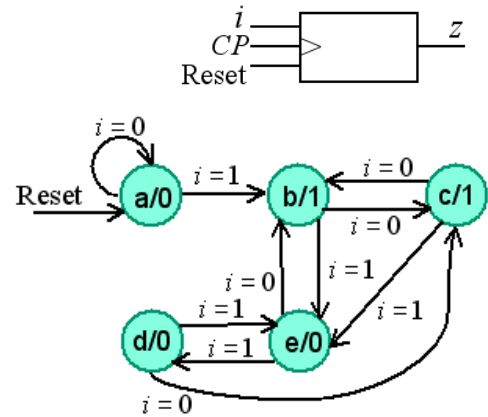


Del B. Designproblem

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

11. 5p Synkron seriell tvåkomplementerare.

a) (1p) Ett synkront sekvensnät, en Moore-automat, har tillståndsdigrammet till höger. Tillståndsminimera, ställ upp den minimerade tillståndstabellen och rita det minimerade tillståndsdigrammet. (Detta kan mycket väl visa sig vara väl använd tid inför uppgiftens delfråga b).



b) (1p) Snabbmetoden för att ta tvåkomplementet av ett binärtal innebär att man, i riktning från minst signifikanta biten till den mest signifikanta, **kopierar** alla bitar till och med den första ettan och därefter **inverterar** alla följande bitar.

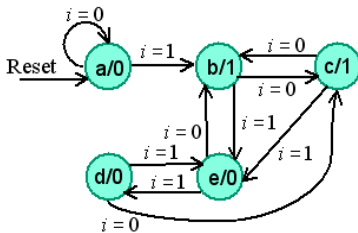
Ett synkront sekvensnät, en Moore-automat, får på ingången i för varje klockpuls, bitarna seriellt i denna ordning. Efter varje klockpuls ska sekvensnätets utgång z ange motsvarande bit *kopierad* eller *inverterad* enligt regeln. Efter varje fullständigt dataord 0-ställs kretsen (asynkront) med Reset.

Tag fram sekvensnätets tillståndstabell och rita tillståndsdigram.

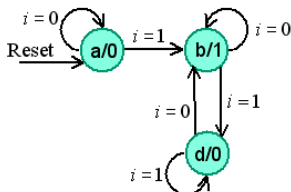
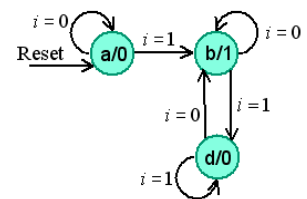
(2p) Tag fram **kodad tillståndstabell** (välj kod själv) och ange minimerade funktioner för **nästa tillstånd** och **utsignal**.

(1p) **Rita kretsschema** med användande av valfria grindar och D-vippor med asynkron Reset-ingång.

11. Lösningsförslag



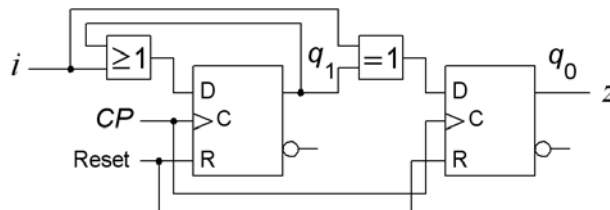
(ade)(bc) (a)(bc)(de)
 $a_0 \rightarrow (ade)$ $a_1 \rightarrow (bc)$ $d_0 \rightarrow (bc)$ $d_1 \rightarrow (de)$
 $d_0 \rightarrow (bc)$ $d_1 \rightarrow (ade)$ $e_0 \rightarrow (bc)$ $e_1 \rightarrow (de)$
 $e_0 \rightarrow (bc)$ $e_1 \rightarrow (ade)$ $b_0 \rightarrow (bc)$ $b_1 \rightarrow (de)$
 $c_0 \rightarrow (bc)$ $c_1 \rightarrow (de)$
 (a)(bc)(de) (a)(bc)(de) a b d



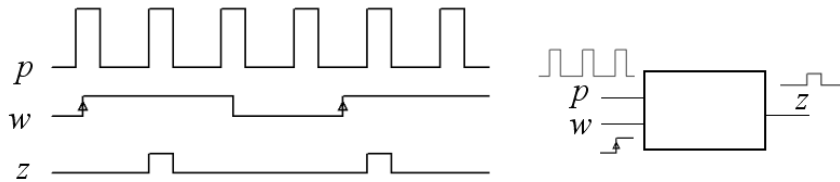
$q_1^+ q_0^+$	$q_1^+ q_0^+$	q_1^+	q_0^+
$q_1 q_0$	$0 \quad i \quad 1$	z	
a 00	a00 b11	0	$0 \quad 1$
b 11	b11 d10	1	$0 \quad -$
d 10	b11 d10	0	$1 \quad 1$
01	-- --	-	$1 \quad 1$

$q_1^+ = q_1 + i$
 $q_0^+ = \bar{q}_1 i + q_1 \bar{i} = q_1 \oplus i$
 $y = q_0$

Tillståndskodningen är valfri, med undantag för a som måste ha koden 00 pga asynkron reset.



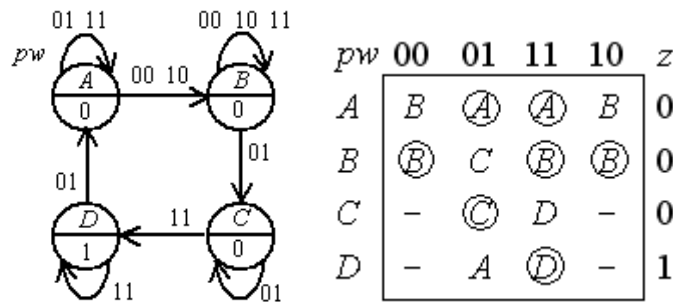
12. (5p) Asynchronous edge triggered pulse gate



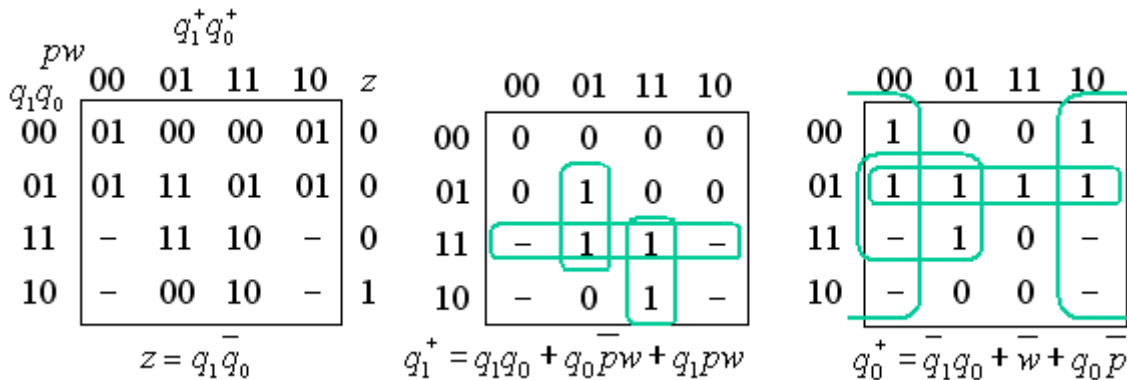
Ett asynkront sekvensnät har två ingångar och en utgång. På ena ingången finns ett pulståg p , på den andra ingången finns en långsam signal w (i jämförelse med p). Så fort som möjligt, efter varje positiv flank hos w , ska utgången z ”släppa igenom” den efterföljande pulsen (en komplett puls) från p . Utgången z är 0 övrig tid. Se figurens exempel.

Svaret ska innehålla ett **tillståndsdigram**, vid behov minimerad, **flödestabell**, och en lämplig **tillståndstilldelning** med en **excitations-tabell** som ger **kapplöpningsfria** nät. Du skall även ta fram de **hasardfria** uttrycken för **nästa tillstånd** samt ett uttryck för **utgångsvärdet**, men Du behöver inte rita grindnäten.

12. Lösningförslag



Tillstånden kan graykodas. Två av don't care tillstånden beror på att signalen w är långsam och därför är $w = 1$ under hela pulser från p . De övriga två don't care tillstånden skulle kräva dubbeländring av ingångssignalen.



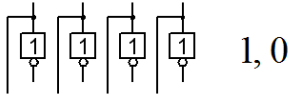
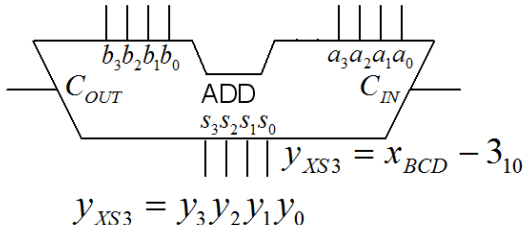
Inlämningsblad för del A Blad 1

(tages loss och lämnas in tillsammans med lösningarna för del A2 och del B)

Efternamn: _____ Förnamn: _____

Personnummer: _____

Skriv in dina svar för uppgifterna från del A1 (1 till 8)

Fråga	Svar												
1 1p	$f(x, y, z) = \{SoP\}_{\min} = ?$												
2 1+1p	<p>a)</p> $x_{BCD} = x_3 x_2 x_1 x_0$   <p>$y_{XS3} = y_3 y_2 y_1 y_0$</p>												
b) $x_{BCD} = 9 \rightarrow y_{XS3} = ?_2$ (svara med ett binärtal)													
3 1p	$y = f(x_3, x_2, x_1, x_0) = \{SoP\}_{\min} = ?$												
4 1+1p	<p>a) Sanningstabell</p> <table border="1" style="display: inline-table; margin-right: 20px;"> <tr> <td>ab</td> <td>f</td> </tr> <tr> <td>00</td> <td></td> </tr> <tr> <td>01</td> <td></td> </tr> </table> <table border="1" style="display: inline-table;"> <tr> <td>ab</td> <td>f</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td></td> </tr> </table> <p>b) Förenklat funktionssamband $f(a, b) = ?$</p>	ab	f	00		01		ab	f	10		11	
ab	f												
00													
01													
ab	f												
10													
11													
5 1p	$V_{OUT} = f(A, B, C) = ?$												
6 1p	$q_1 q_0 = 00,$												
7 1p	$q^+ = f(q, e, d) = ?$												
8 1p	$d_{out} \leq (\text{NOT } a \text{ AND } d_{in}(0)) \text{ OR } (\quad) ;$												

Nedanstående del fylls i av examinatorn!

Del A1	Del A2		Del B		Totalt	
Poäng	9	10	11	12	Summa	Betyg