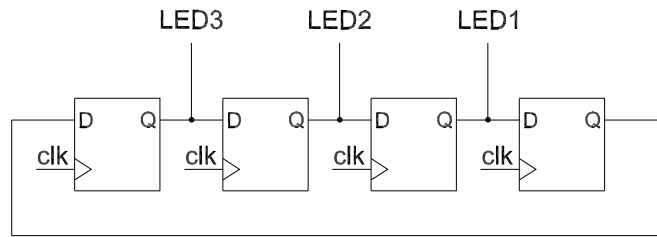


Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet

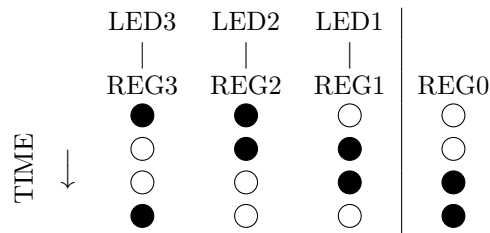


Datum för tentamen	2018-06-07
Sal (2)	G32(35) <u>G34(18)</u>
Tid	14-18
Kurskod	TSEA22
Provkod	TEN1
Kursnamn/benämning Provnamn/benämning	Digitalteknik Skriftlig tentamen
Institution	ISY
Antal uppgifter som ingår i tentamen	6
Jour/Kursansvarig Ange vem som besöker salen	Mattias Krysander
Telefon under skrivtiden	073-2701825
Besöker salen ca klockan	15 och 17
Kursadministratör/kontaktperson (namn + tfnr + mailaddress)	Oscar Gustafsson 013-284059 oscar.gustafsson@liu.se
Tillåtna hjälpmedel	Inga
Övrigt	Totalt: 50 poäng Preliminära betygsgränser: Betyg 3: 21 poäng Betyg 4: 31 poäng Betyg 5: 41 poäng Visning 10.00-11.00 den 15/6 på Oscar Gustafssons kontor på DA.
Antal exemplar i påsen	

Uppgift 1. Ett cykellyse har tre lysdioder där ljuset “rinner” från ena sidan till den andra. Ett sätt att realisera detta är att använda fyra stycken D-vippor enligt nedanstående figur där LED x motsvarar en lysdiod.

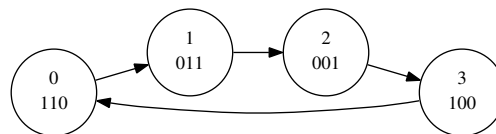


Om vipporna laddas med värdena 1,1,0,0 kommer lamporna tändas i en cyklisk sekvens enligt (svart prick motsvarar hög signal och att motsvarande LED lyser):



Konstruera en krets med identisk funktion till det som beskrivs ovan, men med minimalt antal D-vippor. Valfria grindar och inverterare finns tillgängliga. Onödigt komplicerade lösningar ger poängavdrag. (5 poäng)

Lösning.



Med Graykodning av tillstånden

Tillståndskodning:

Tillstånd	Kodning, q_1q_0
0	00
1	01
2	11
3	10

Funktionstabell:

q_1	q_0	q_1^+	q_0^+	LED3	LED2	LED1
0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1

$$q_1^+$$

$$q_0$$

	0	1
0	0	1
1	0	1

$$q_0^+$$

$$q_0$$

	0	1
0	1	1
1	0	0

$$q_1^+ = q_0$$

$$\text{LED3}$$

$$q_0$$

	0	1
0	1	0
1	1	0

$$q_0^+ = q_1'$$

$$\text{LED2}$$

$$q_0$$

	0	1
0	1	1
1	0	0

$$\text{LED3} = q_0'$$

$$\text{LED1}$$

$$q_0$$

	0	1
0	0	1
1	0	1

$$\text{LED2} = q_1'$$

$$\text{LED1} = q_0$$

Med binärkodning av tillstånden

Tillståndskodning:

Tillstånd	Kodning, q_1q_0
0	00
1	01
2	10
3	11

Funktionstabell:

q_1	q_0	q_1^+	q_0^+	LED3	LED2	LED1
0	0	0	1	1	1	0
0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0

q_1^+
 q_0

	0	1
0	0	1
1	1	0

q_0^+
 q_0

	0	1
0	1	0
1	1	0

$$q_1^+ = q_0'q_1 + q_1'q_0 = q_0 \oplus q_1$$

LED3
 q_0

	0	1
0	1	0
1	0	1

$$q_0^+ = q_0'$$

LED2
 q_0

	0	1
0	1	1
1	0	0

$$\text{LED3} = q_0q_1 + q_0'q_1' = (q_0 \oplus q_1)' = (q_1^+)'$$

$$\text{LED2} = q_0'$$

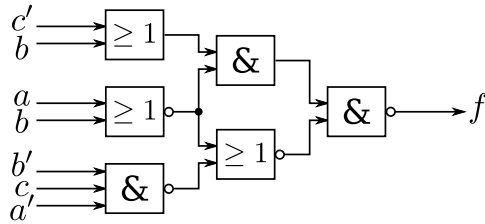
LED1
 q_0

	0	1
0	0	1
1	1	0

$$\text{LED1} = q_0'q_1 + q_1'q_0 = q_0 \oplus q_1 = q_1^+$$

Uppgift 2.

- a) Konstruera en förenklad variant av följande krets. Valfria grindar och inverterare får användas. Inverterade insignaler finns tillgängliga. (4 poäng)



Lösning.

$$\begin{aligned}
 f &= (((c' + b)(a + b)'((a + b)' + (b'ca')'))')' \\
 &= (((c' + b)a'b')(a'b' + b + c' + a)')' \\
 &= ((c'a'b' + \underbrace{ba'b'}_{=0})(\underbrace{a'b' + b + c' + a}_{=a'+b})')' \\
 &= ((c'a'b')(\underbrace{a' + a + c' + b}_{=1})')' \\
 &= ((c'a'b')(1)')' \\
 &= ((c'a'b')0)' \\
 &= 1
 \end{aligned}$$

b) Konstruera en treingångars NAND-grind med enbart tvåingångars NAND-grindar. (1 poäng)

Lösning.

$$\begin{aligned}
 f &= (abc)' \\
 &= (a(bc)'')'
 \end{aligned}$$

Uppgift 3. Konstruera en krets som tar ett positivt tal $X = \langle x_2, x_1, x_0 \rangle$, där $X \leq 5$, samt en kontrollsignal, s , och räknar ut en utsignal $Y = \langle y_3, y_2, y_1, y_0 \rangle$. För utsignalen gäller

$$Y = \begin{cases} 10 - X, & s = 0 \\ \min\{X^2 - X, 15\}, & s = 1 \end{cases}$$

där den sista ekvationen betyder att kretsen ska räkna ut $X^2 - X$, men om svaret är större än 15 så blir $Y = 15$. Ni behöver bara konstruera kretsarna som skapar utsignalerna y_2 , y_1 och y_0 , dvs ej kretsen för y_3 . Till er konstruktion får ni endast använda NAND-grindar. Inverterade insignaler antas vara tillgängliga. För full poäng krävs en korrekt funktionstabell, Karnaughdiagram, minimala Booleska uttryck och ett kretsschema som utnyttjar eventuell grinddelning. (10 poäng)

Lösning.

Funktionstabell:

X	s	Y	$y_3y_2y_1y_0$
(0	0	10	1010)
(0	1	0	0000)
1	0	9	1001
1	1	0	0000
2	0	8	1000
2	1	2	0010
3	0	7	0111
3	1	6	0110
4	0	6	0110
4	1	12	1100
5	0	5	0101
5	1	15	1111
6,7	-	-	-

Strikt tolkning, 0 icke-positivt

		y_3 x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	-	-	0	1
	01	1	0	0	0
	11	-	-	-	-
	10	0	1	1	0

		y_2 x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	-	-	0	0
	01	0	0	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	1	1	1

$$\begin{aligned}
 y_3 &= x_2'x_1's + x_2'x_0's' + x_2s \\
 &= ((x_2'x_1's)'(x_2'x_0's')'(x_2s)')'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \underline{x_1x_0} + x_2 \\
 &= ((x_1x_0)'x_2)'
 \end{aligned}$$

		y_1			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	-	-	0	0
	01	0	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	0	1	0

		y_0			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	-	-	0	1
	01	0	0	0	1
	11	-	-	-	-
	10	0	0	1	1

$$\begin{aligned}
 y_1 &= x_1s + \underline{x_1x_0} + x_2x_0's' + \underline{x_2x_0s} \\
 &= ((x_1s)' \underline{(x_1x_0)'(x_2x_0's')'(x_2x_0s)'})'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= x_0s + \underline{x_2x_0s} \\
 &= ((x_0s)' \underline{(x_2x_0s)'})'
 \end{aligned}$$

Om $X = 0$ inkluderas

		y_3			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	1	0	0	1
	01	1	0	0	0
	11	-	-	-	-
	10	0	1	1	0

		y_2			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	0	0	0	0
	01	0	0	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	1	1	1

$$\begin{aligned}
 y_3 &= x_2x_1's + x_2x_0's' + x_2s \\
 &= ((x_2x_1's)' (x_2x_0's')' (x_2s)')'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_2 &= \underline{x_1x_0} + x_2 \\
 &= ((x_1x_0)' x_2')'
 \end{aligned}$$

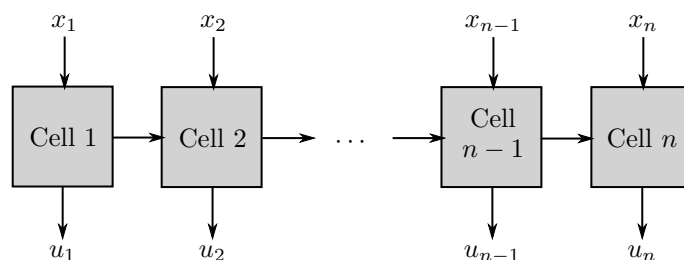
		y_1			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	1	0	0	0
	01	0	1	1	1
	11	-	-	-	-
	10	1	0	1	0

		y_0			
		x_0s			
		00	01	11	10
x_2x_1	00	0	0	0	1
	01	0	0	0	1
	11	-	-	-	-
	10	0	0	1	1

$$\begin{aligned}
 y_1 &= x_1s + \underline{x_1x_0} + \underline{x'_1x'_0s'} + \underline{x_2x_0s} \\
 &= ((x_1s)' \underline{(x_1x_0)'(x'_1x'_0s')'(x_2x_0s)'})'
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 y_0 &= x_0s + \underline{x_2x_0s} \\
 &= ((x_0s)' \underline{(x_2x_0s)'})'
 \end{aligned}$$

Uppgift 4. Konstruera ett iterativt kombinatoriskt nät med struktur enligt:

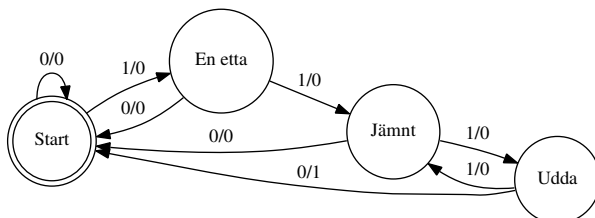


Utsignal u_i ska vara 1 om och endast om $x_i = 0$ och insignalerna till cellerna direkt till vänster om cell i består av en grupp av ett udda antal ettor, dock minst tre stycken. Ett exempel för $n = 20$ är

x_i : 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 0
 u_i : 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Ni har tillgång till AND-, OR-grindar och inverterare. För full poäng krävs tillståndsdigram med minimalt antal tillstånd, tillståndstabell, Booleska minimerade uttryck för alla celler och kretsschema med minimerade celler. (10 poäng)

Lösning.



Med Graykodning av tillstånden

Tillståndskodning:

Tillstånd	Kodning, q_1q_0
Start	00
En etta	01
Jämmt	11
Udda	10

Funktionstabell:

q_1	q_0	x_i	q_1^+	q_0^+	u_i
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	1
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0

		q_1^+ q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	0

$$q_1^+ = q_0x_i + q_1x_i$$

		u_i q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	0	0	0
	1	1	0	0	0

$$u_i = q_1q_0'x_i'$$

Första cellen: ($q_1 = q_0 = 0$)

$$\begin{aligned} q_1^+ &= 0 \\ q_0^+ &= x_1 \\ u_1 &= 0 \end{aligned}$$

Andra cellen: ($q_1 = 0$)

$$\begin{aligned} q_1^+ &= q_0x_2 \\ q_0^+ &= q_0'x_2 + x_2 = x_2 \\ u_2 &= 0 \end{aligned}$$

Tredje cellen: ($q_1q_0 \neq 10$)

		q_0^+ q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	1	1	0
	1	0	1	0	0

$$q_0^+ = q_0'x_i + q_1'x_i$$

$$q_1^+ = q_0 x_3$$

		00	01	11	10
q_1	0	0	0	1	0
	1	-	-	1	0

$$q_0^+ = q_1' x_3$$

		00	01	11	10
q_1	0	0	1	1	0
	1	-	-	0	0

$$u_3 = q_0 x_3$$

		00	01	11	10
q_1	0	0	0	0	0
	1	-	-	0	0

$$q_0^+ = q_1' x_3$$

$$u_3 = 0$$

Med binärkodning av tillstånden

Tillståndskodning:

Tillstånd	Kodning, $q_1 q_0$
Start	00
En etta	01
Jämnt	10
Udda	11

Funktionstabell:

q_1	q_0	x_i	q_1^+	q_0^+	u_i
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	0	0	1
1	1	1	1	0	0

		q_1^+ q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	0	1	0
	1	0	1	1	0

		q_0^+ q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	1	0	0
	1	0	1	0	0

$$q_1^+ = q_0x_i + q_1x_i$$

$$q_0^+ = q_0'x_i$$

		u_i q_0x_i			
		00	01	11	10
q_1	0	0	0	0	0
	1	0	0	0	1

$$u_i = q_1q_0x_i'$$

Första cellen: ($q_1 = q_0 = 0$)

$$\begin{aligned} q_1^+ &= 0 \\ q_0^+ &= x_1 \\ u_1 &= 0 \end{aligned}$$

Andra cellen: ($q_1 = 0$)

$$\begin{aligned} q_1^+ &= q_0x_2 \\ q_0^+ &= q_0'x_2 \\ u_2 &= 0 \end{aligned}$$

Tredje cellen: ($q_1q_0 \neq 11$)

$$q_1^+$$

$$q_0x_3$$

	00	01	11	10
0	0	0	1	0
1	0	1	-	-

$$q_0^+$$

$$q_0x_3$$

	00	01	11	10
0	0	1	0	0
1	0	1	-	-

$$q_1^+ = q_0x_3 + q_1x_3$$

$$q_0^+ = q_0'x_3$$

$$u_3$$

$$q_0x_3$$

	00	01	11	10
0	0	0	0	0
1	0	0	-	-

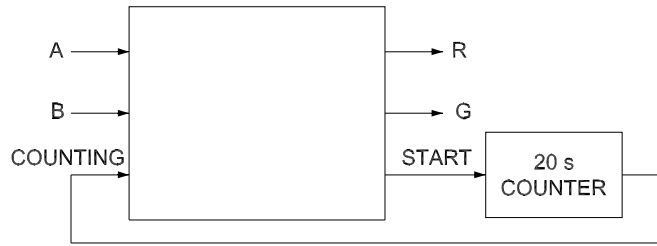
$$u_3 = 0$$

Uppgift 5. En synkron sekvenskrets för styrning av ett trafikljus ska konstrueras. Två sensorer (A och B i figuren) används för att styra trafikljuset som skall gå från rött till grönt när en cykel har passerat sensorerna. En cykel anses ha passerat sensorerna om sekvensen $00 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 01 \rightarrow 00$ fås från $\langle A, B \rangle$. Notera att varje steg i sekvensen kan ske under mer än en klockcykel så $00 \rightarrow 10 \rightarrow 10 \rightarrow 10 \rightarrow 11 \rightarrow 11 \rightarrow 01 \rightarrow 00$ är också en korrekt sekvens.



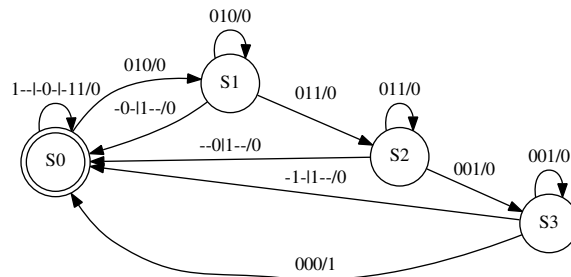
Från början är trafikljuset på rött ($R = 1$). När sekvensen har detekterats slår ljuset om till grönt ($G = 1$) i 20 sekunder. Sedan återgår det till rött. Om en till cykel passerar under tiden det är grönt så börjar **inte** de 20 sekunderna om. Vi utgår från att bara en cykel i taget kan passera sensorerna, men om en felaktig sekvens kommer in skall kretsen återgå till att söka av efter en korrekt insekvens, utan att slå om till grönt.

Det finns en räknare som hanterar de 20 sekundernas väntan. Den har en insignal, START, som när den går hög aktiverar signalen COUNTING i 20 sekunder. Efter 20 sekunder går COUNTING låg igen tills nästa gång START går hög. En översikt av systemet visas nedan och er uppgift är att konstruera den tomma lådan. Klockfrekvensen är hög så enstaka klockcyklars fördröjning är acceptabelt.



Till er konstruktion har ni valfria vippor, inverterare samt PROM av valfri storlek. Det behövs ej någon Chip Enable (CE) till sagda PROM. För full poäng krävs korrekt tillståndsdiagram, tillståndstabell, krettschema och minnesinnehåll. Insignalerna behöver inte synkroniseras. (10 poäng)

Lösning. Notera först att $G = \text{COUNTING}$ och $R = G'$, således behöver vår tillståndsmaskin bara styra START.



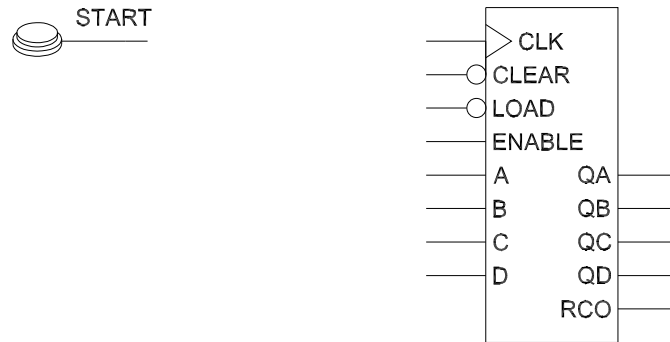
Tillståndskodning:

Tillstånd	Kodning, q_1q_0
S0	00
S1	01
S2	10
S3	11

Funktionstabell, tillika PROM-innehåll:

COUNTING	q_1	q_0	A	B	q_1^+	q_0^+	START
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	1	0	0	1	0
0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0
0	0	1	1	1	1	0	0
0	1	0	0	0	0	0	0
0	1	0	0	1	1	1	0
0	1	0	1	0	0	0	0
0	1	0	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	1	1	1	0
0	1	1	1	0	0	0	0
0	1	1	1	1	0	0	0
1	-	-	-	-	0	0	0

Uppgift 6. Nedan finns en fyrabitarsräknare och en startknapp illustrerade. Dessa skall användas tillsammans med valfria vippor, grindar och inverterare till att konstruera en räknare med funktion enligt följande. När knappen *START* trycks ned ska sekvensen 1, 2, 2, 3, 4, 4, 5, 6, 6, 1, 2, 2, ... börja att räknas. Detta gäller oavsett hur länge *START* hålls nedtryckt (minst en klockcykel). Nästa gång *START* trycks ned ska räknaren sluta att räkna (men inte börja om). Om *START* återigen trycks ned börjar räknaren från början på sekvensen osv. *D* och *QD* är de mest signifikanta bitarna. Prioriteten för kontrollsignalerna är $CLEAR > LOAD > ENABLE$, dvs om både *CLEAR* och *LOAD* är aktiva så kommer *CLEAR* att ske. *CLEAR* är asynkron emedan *LOAD* och *ENABLE* är synkrona. Asynkrona lösningar ger stora poängavdrag. (10 poäng)



Lösning.