

Försättsblad till skriftlig tentamen vid Linköpings universitet



Datum för tentamen	2019-03-19
Sal (2)	<u>G35(5)</u> TER1(149)
Tid	8-12
Utb. kod	TSEA22
Modul	TEN1
Utb. kodnamn/benämning Modulnamn/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	Mattias: 073-2701825
Besöker salen ca klockan	9 och 11
Kursadministratör/kontaktperson (namn + tfnr + mailaddress)	Eva Zurawski 013 - 28 6806 eva.zurawski@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 8/4 på Mattias Krysanders kontor på DA.
Antal exemplar i påsen	

Uppgift 1. Blandade småuppgifter.

- a) Omvandla det decimala talet 154 till ett binärt tal. (1 poäng)
- b) Omvandla det binära talet 100100100111001111 till ett hexadecimalt tal. (1 poäng)
- c) Omvandla det decimala talet 14679 till ett BCD-tal. (1 poäng)
- d) Ge exempel på absorption, consensus och De Morgans lag i form av booleska uttryck. (3 poäng)

Lösning.

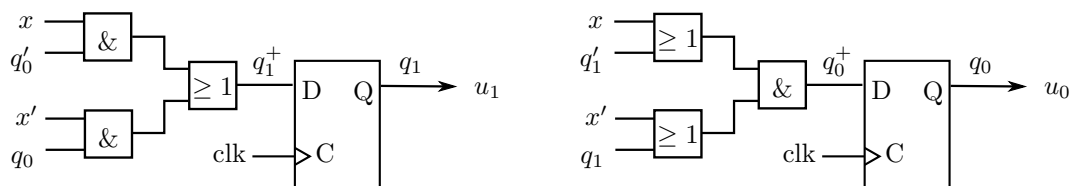
- a) $128 + 16 + 8 + 2 = 10011010$
- b) 249CF
- c) 0001 0100 0110 0111 1001
- d)

$$ab + a = a$$

$$ab + a'c = ab + a'c + bc$$

$$(ab)' = a' + b'$$

Uppgift 2. Den okända sekvenskretsen. Figuren nedan visar en sekvenskrets.



- a) Skriv uttryck för q_1^+ och q_0^+ . Förenkla så långt som möjligt. (2 poäng)
- b) Skriv upp tillståndstabell och rita tillståndsdiagram för kretsen. (3 poäng)
- c) Vilken funktion utför kretsen? (1 poäng)

Lösning.

- a)

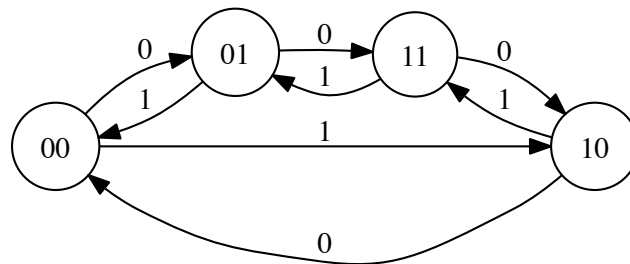
$$q_1^+ = xq_0' + x'q_0 = x \oplus q_0$$

$$q_0^+ = (x + q_1')(x' + q_1) = xq_1 + x'q_1' = (x \oplus q_1)'$$

- b)

xq_1q_0	$q_1^+q_0^+$
000	01
001	11
010	00
011	10
100	10
101	00
110	11
111	01

Tillståndsdigrammet blir



- c) Kretsen är en 2-bitars reversibel Graykodsräknare där $x = 0$ ger uppräknning och $x = 1$ nedräknning.

Uppgift 3. Kombinationskrets. En funktion är given enligt följande:

$$f(x_4, x_3, x_2, x_1, x_0) = \Sigma(2, 4, 8, 16, 22, 25, 26) + d(0, 6, 9, 12, 15, 18, 20, 23, 24, 30)$$

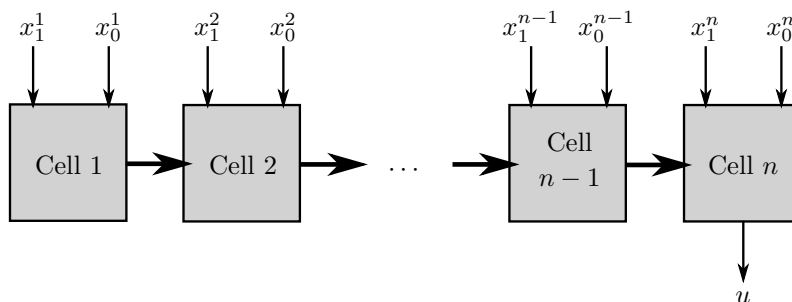
Skriv funktionerna f och f' på minimal SP-form. Ni behöver inte rita upp kretsarna. (8 poäng)

Lösning. De sökta funktionerna är

$$f(x_4, x_3, x_2, x_1, x_0) = x_3'x_0' + x_3x_2'x_1' + x_4x_1x_0'$$

$$f'(x_4, x_3, x_2, x_1, x_0) = x_3x_2 + x_1x_0 + x_3'x_0 + x_4'x_3x_1$$

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

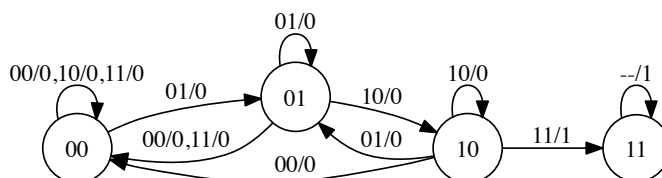


Låt $x^i = (x_1^i, x_0^i)$ tolkas som talen 0, 1, 2 eller 3 där x_1^i är mest signifikant bit. Utsignalen u ska vara 1 om och endast om det finns en delsekvens 1, 2, 3 som insignal till cellerna. Även om siffrorna upprepas, t ex 1, 1, 2, 2, 2, 3 är det en giltig sekvens. Ni får anta att antal celler är $n \geq 5$. Här följer några exempel på insignaler och korrekt utsignal när $n = 10$:

$$\begin{aligned}
 x = (x^1, x^2, \dots, x^{10}) = (0112230101) &\Rightarrow u = 1 \\
 x = (1102013301) &\Rightarrow u = 0 \\
 x = (\underline{123}0000000) &\Rightarrow u = 1 \\
 x = (01010101\underline{23}) &\Rightarrow u = 1 \\
 x = (\underline{1222223}123) &\Rightarrow u = 1
 \end{aligned}$$

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. Tillståndsdigram med nodmarkeringar q_1q_0 och bågmarkeringar $x_1^i, x_0^i/u$.



Starttillståndet är $q = 00$.

q_1q_0	$q_1^+q_0^+/u$			
	$x_1x_0 = 00$	$x_1x_0 = 01$	$x_1x_0 = 11$	$x_1x_0 = 10$
00	00/0	01/0	00/0	00/0
01	00/0	01/0	00/0	10/0
11	11/1	11/1	11/1	11/1
10	00/0	01/0	11/1	10/0

Cell 1: $(q_1, q_0) = (0, 0)$

$$\begin{aligned}
 q_1^+ &= 0 \\
 q_0^+ &= x_1'x_0
 \end{aligned}$$

Cell 2: $(q_1, q_0) \in \{(0, 0), (0, 1)\}$

$$q_1^+ = q_0 x_1 x'_0$$

$$q_0^+ = x'_1 x_0$$

Cell 3: $(q_1, q_0) \in \{(0, 0), (0, 1), (1, 0)\}$

$$q_1^+ = q_0 x_1 x'_0 + q_1 x_1$$

$$q_0^+ = x'_1 x_0 + q_1 x_0$$

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

$$q_1^+ = q_0 x_1 x'_0 + q_1 x_1 + \underline{q_1 q_0}$$

$$q_0^+ = x'_1 x_0 + q_1 x_0 + \underline{q_1 q_0}$$

Cell n :

$$u = q_1 q_0 + q_1 x_1 x_0$$

Det är möjligt att grinddelade de understrukna termerna i den generella cellen.

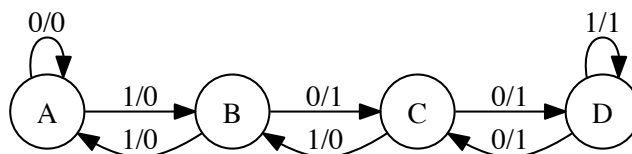
Uppgift 5. Sekvenskrets. Konstruera en synkron sekvenskrets som har en synkroniserad insignal x och en utsignal u med följande funktion. När kretsen startas ska utsignalen vara $u = 0$. Utsignalen ska slås på om en puls med ett udda antal ettor i rad inkommer på x och slås av om ett udda antal nollor i rad inkommer på x . Här följer ett exempel på kretsens funktion:

$$x : 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ \underline{1} \ \underline{1} \ \underline{1} \ \underline{0} \ \underline{1} \ 0 \ 0 \ 1 \ 1 \ \underline{0} \ \underline{0} \ \underline{0} \ 1$$

$$u : 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 0$$

I exemplet är de grupper av udda antal ettor respektive udda antal nollor som växlar utsignalens värde understrukna. Till er konstruktion har ni D-vippor, NAND-grindar och inverterare. För full poäng krävs tillståndsdigram med angivet starttillstånd, tillståndstabell, Karnaughdiagram, minimala booleska uttryck samt uppritad krets. (10 poäng)

Lösning. Tillståndsdigram med bågmarkeringar x/u .



Tillstånden representerar:

- A) Jämmt antal ettor
- B) Udda antal ettor
- C) Udda antal nollor
- D) Jämmt antal nollor

Binär- eller Gray-kodning av tillstånden är lämplig. Starttillståndet är A.

Binärkodning ger:

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

$$q_1^+ = (q_1 x' + q_0 x' + q_1 q_0)'' = ((q_1 x')'(q_0 x')'(q_1 q_0)')'$$

$$q_0^+ = (q_1 x + q_0' x + q_1 q_0')'' = ((q_1 x)'(q_0' x)'(q_1 q_0')')'$$

$$u = q_1^+$$

Graykodning ger:

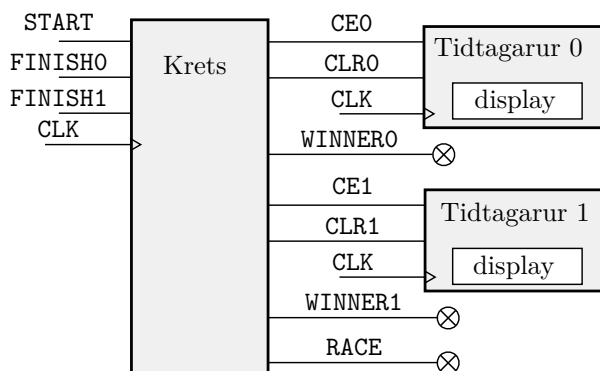
$q_1 q_0$	$q_1^+ q_0^+$	
	$x = 0$	$x = 1$
00	00	01
01	11	00
11	10	01
10	11	10

$$q_1^+ = (q_0 x' + q_1 q_0')'' = ((q_0 x')'(q_1 q_0')')'$$

$$q_0^+ = (q_1' q_0' x + q_1' q_0 x' + q_1 q_0 x + q_1 q_0' x')'' = ((q_1' q_0' x)'(q_1' q_0 x')'(q_1 q_0 x)'(q_1 q_0' x')')'$$

$$u = q_1^+$$

Uppgift 6. Bilbanan. Ett *synkront* tidtagningssystem för en bilbana med två banor ska konstrueras enligt följande skiss.

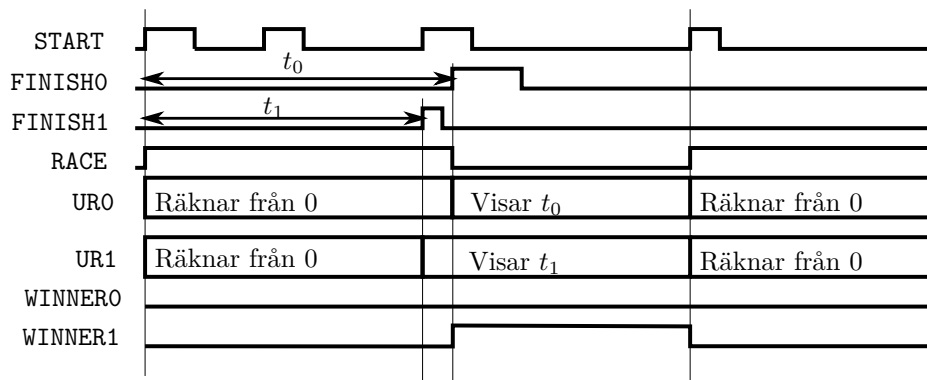


En bil ska köra på vardera bana och tiden det tar för bilarna att åka från start till mål ska mätas med respektive tidtagarur.

Insignalerna till kretsen är en styrsignal *START* som startar tidtagningen när en avstudsad tryckknapp trycks ned, dvs går från 0 till 1, samt två optiska givare *FINISH1* och *FINISH0*, en på vardera bana som blir hög när en bil passerar respektive sensor.

Utsignalerna från systemet ska dels styra två tidtagarur med insignalerna count enable *CE* och synkron clear *CLR*. Om både *CE* och *CLR* aktiveras nollställs tidtagaruret. Det ska finnas en lysdiod som indikerar när loppet är igång *RACE* samt en lysdiod för varje bana *WINNER0* och *WINNER1* som när loppet är över indikerar vem som vunnit.

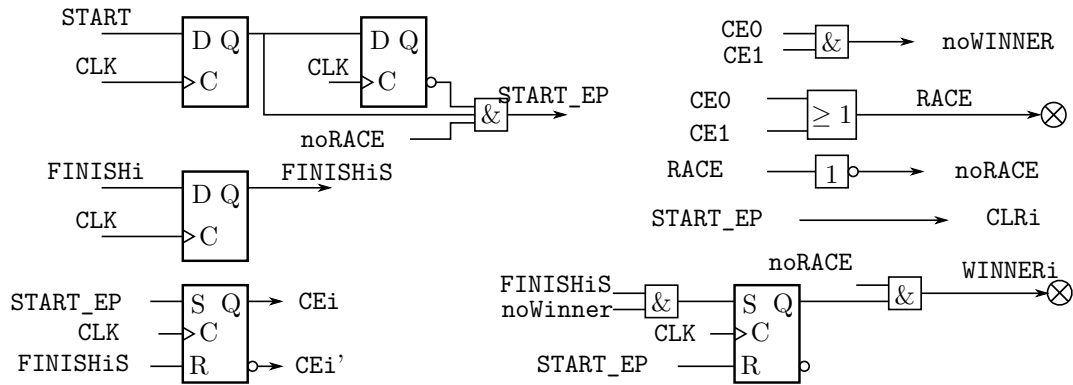
Ett exempel på hur kretsen ska fungera visas nedan:



Systemet ska fungera så att ett lopp endast kan startas då det inte pågår ett lopp. Ett lopp ska startas genom att knappen trycks ned och då börjar båda tidtagaruren räkna tid från 0 samtidigt som *RACE*-dioden tänds. Under hela loppet är dioderna *WINNER1* och *WINNER0* släckta. Tidtagningen stoppas och körtiden visas när respektive sensor *FINISH0* och *FINISH1* blir 1. När båda bilarna har nått målet släcks *RACE*-lampan och vinnaren indikeras genom att tända motsvarande lampa, dvs *WINNER1* eller *WINNER0* tänds. I det osannolika fallet att båda bilarna kommer in samtidigt spelar det ingen roll vilken av *WINNER*-lamporna som tänds. Nu kan ett nytt lopp startas genom att trycka på knappen.

Till er konstruktion har ni de två tidtagaruren i figuren samt valfria vippor, valfria grindar och inverterare. Alla insignaler är asynkrona. Klockfrekvensen är hög, dvs fördröjning av enstaka klockpulser spelar ingen roll om hårdvaran kan förenklas. Poängavdrag ges till onödigt komplicerade lösningar. Asynkrona resetsignaler behöver inte tas med i kretsen men ange hur vipporna ska initieras för att tidtagningen ska kunna startas direkt med en knapptryckning. (10 poäng)

Lösning. Det finns många olika lösningar. Här presenteras en variant.



START synkroniseras och enpulsas. START_EP kan bara aktiveras när noRACE = 1. FINISH1 och FINISH0 synkroniseras och utsignalerna är FINISH1S och FINISH0S.

Två SR-vippor med tillstånden CE_i håller informationen om bil *i* är i racet eller ej. Båda bilarna startas samtidigt genom att START_EP = 1 och bil *i* går i mål när FINISH_iS = 1.

När båda bilarna är på banan indikeras detta med noWINNER = 1. Ett race pågår om någon av bilarna är på banan, dvs

$$\text{RACE} = \text{CE1 or CEO}$$

CLR_i aktiveras vid start med START_EP.

Slutligen används en SR-vippa/bana WINNER_i för att indikera vinnaren av loppet. Vid loppets starts nollställs WINNER_i genom att START_EP aktivieras. Om bil *i* går i mål först så är alla bilar fram till dess på banan, dvs noWINNER = 1 och FINISH_iS = 1. Då sätts WINNER_i-vippan. Vinnaren visas först när alla bilar är i mål, dvs då noRACE = 1.

Vid initiering är det lämpligt att alla vippor och tidtagur är nollställda.

Notera att med denna lösning är det enkelt att bygga ut kretsen för att hantera fler banor genom att kopiera kretsarna indexerade *i*.