



KTH Informations- och kommunikationsteknik

Tentamen med lösningar IE1204-5 Digital Design Måndag 23/10 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

Tentamensuppgifterna måste 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 13/11 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 $f(x, y, z)$ är angiven som:

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

Ange funktionen som produkt av summer (maxtermer).

$$f(x, y, z) = \{PoS_{Maxterms}\} = ?$$

1. Lösningsförslag.

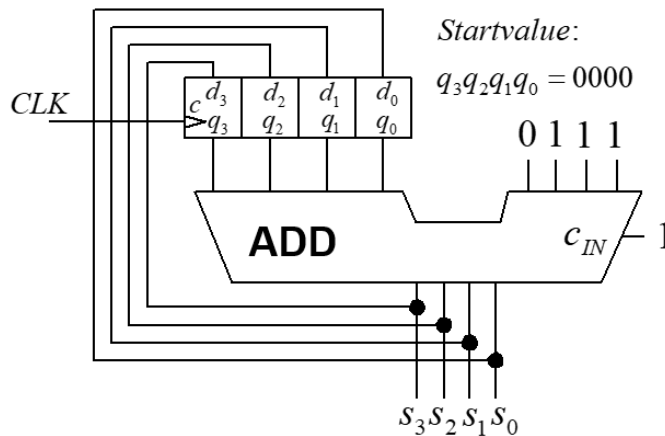
$$\begin{aligned} f(x, y, z) &= y(\overline{x \oplus z}) + x \oplus z = \overline{xy\bar{z}} + xy\bar{z} + \overline{xz} + x\bar{z} = \\ &= \overline{xy\bar{z}} + xy\bar{z} + \overline{xy\bar{z}} + \overline{xy\bar{z}} + xy\bar{z} + xy\bar{z} \end{aligned}$$

| | | | | | |
|-----|------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | | f | | | |
| | yz | | | | |
| x | | 00 | 01 | 11 | 10 |
| 0 | | 0 | $\overline{xy\bar{z}}$ | $\overline{xy\bar{z}}$ | $\overline{xy\bar{z}}$ |
| 1 | | $\overline{xy\bar{z}}$ | 0 | $xy\bar{z}$ | $xy\bar{z}$ |

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

2. 1p/0p

En räknare består av fyra D-vippor och en 4-bits adderare. Vipporna klockas samtidigt. Se figuren. Räknaren startar med vipporna 0-ställda $q_3q_2q_1q_0 = 0000$. Vad blir räknesekvensen från start och för de följande fyra klockpulserna? $s_3s_2s_1s_0 = \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots ?$



2. Lösningsförslag.

$$0000 + 0111 + 1 = \mathbf{1000} \rightarrow 1000 + 0111 + 1 = (1)\mathbf{0000} \rightarrow \mathbf{1000} \rightarrow \mathbf{0000} \rightarrow \mathbf{1000} \dots$$

3. 1p/0p

Två stycken tvåkomplement 4-bitstal är (hexadecimalt) $x = B_{16}$ och $y = E_{16}$. Vad blir subtraktionen $s = x - y$? Ange svaret s som ett decimalt tal med tecken $\pm s_{10} = ?$

3. Lösningsförslag.

$$x = B_{16} = -5 \quad y = E_{16} = -2. \quad s_{10} = (-5) - (-2) = -3$$

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 produkt av summer, på **PoS** 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 1 |
| 01 | 4 - | 5 - | 7 0 | 6 0 |
| 11 | 12 0 | 13 1 | 15 0 | 14 - |
| 10 | 8 1 | 9 0 | 11 0 | 10 - |

4. Lösningförslag.

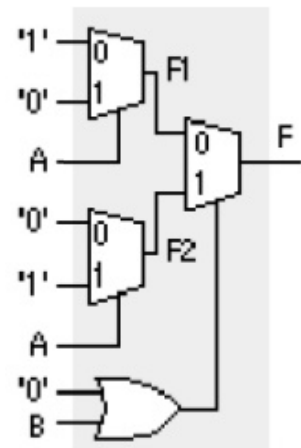
| | | | | |
|----------|----------|------|------|------|
| | x_1x_0 | | | |
| | 00 | 01 | 11 | 10 |
| x_3x_2 | | | | |
| 00 | 0 - | 1 1 | 3 0 | 2 1 |
| 01 | 4 - | 5 - | 7 0 | 6 0 |
| 11 | 12 0 | 13 1 | 15 0 | 14 - |
| 10 | 8 1 | 9 0 | 11 0 | 10 - |

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

5. 1p/0p

ACT1 är billiga programmerbara kretsar med multiplexorer. Figuren visar hur ett logikelement ser ut. Vilken funktion $F(A, B)$ är det som realiseras med detta logikelement? Svara med funktionen på minimerad SoP-form.

$$F(A, B) = \{SoP\}_{\min} = ?$$



5. Lösningförslag.

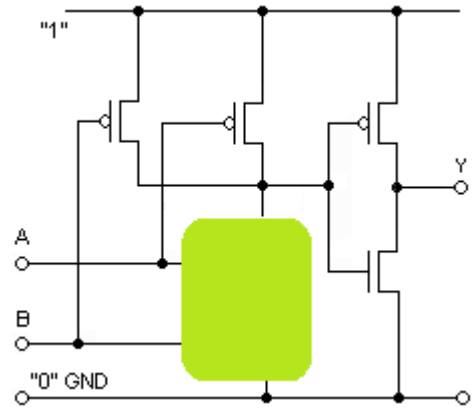
$$F1 = A \cdot 0 + \bar{A} \cdot 1 = \bar{A} \quad F2 = A \cdot 1 + \bar{A} \cdot 0 = A$$

$$F = B \cdot F2 + \bar{B} \cdot F1 = B \cdot A + \bar{B} \cdot \bar{A} \quad \text{xnor}$$

6. 1p/0p

Vilken funktion realiserar CMOS-grinden? Tyvärr har en del av PullDown nätet blivit oläsligt (täckt med grön färg), men det går säkert att räkna ut grindens funktion ändå?

$Y(A, B) = ?$

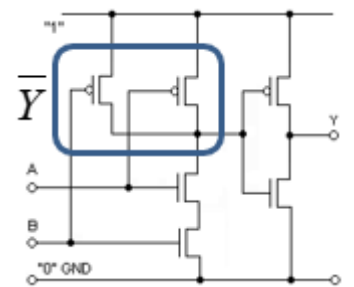


6. Lösningsförslag.

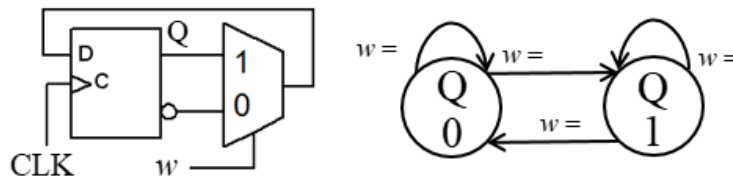
Grinden avslutas med en inverterare.

PullUp-nätet före inverteraren realiserar därför \bar{Y} .

$\bar{Y} = \bar{A} + \bar{B}$ $Y = \overline{\bar{A} + \bar{B}} = \{dM\} = A \cdot B$

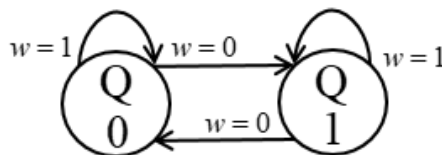


7. 1p/0p

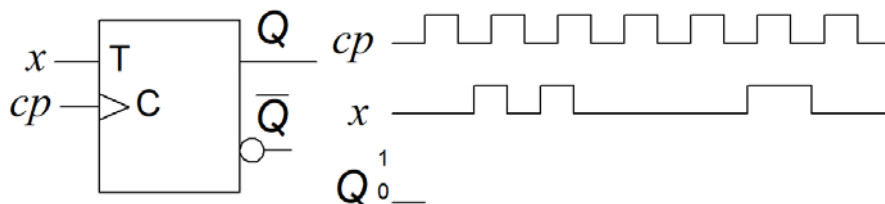


Rita in övergångsvilkoren för w vid pilarna i tillståndsdigrammet. Svara i figuren på svarsblanketten.

7. Lösningsförslag.

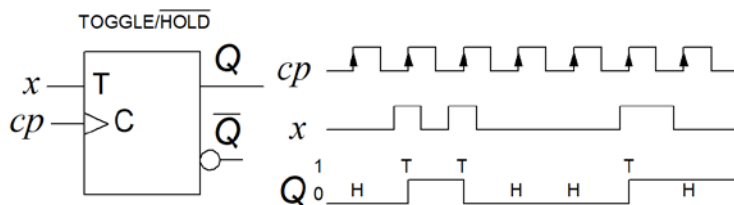


8. 1p/0p



En T-vippa startar med $Q = 0$. Signalen x är ansluten till T-ingången. Rita färdigt tidsdiagrammet för utsignalen Q . Svara i figuren på svarsblanketten.

8. Lösningsförslag.



9. 1p/0p

Funktionen f i Karnaughdiagrammet ska användas till ett asynkront sekvensnät. Två hoptagningar (termer) har gjorts i diagrammet. Ange den ytterligare term som måste läggas till för att funktionen ska kunna bli fri från hasard.

| | | | | | |
|------|------|-----|----|----|----|
| | | f | | | |
| | ba | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 |

$HazardCover = ?$

9. Lösningsförslag.

$HazardCover = \bar{d}b$

| | | | | | |
|------|------|-----|----|----|----|
| | | f | | | |
| | ba | 00 | 01 | 11 | 10 |
| dc | 00 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 01 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 0 | 0 | 1 | 1 |

10. 1p/0p

VHDL koden nedan beskriver en typ av "frekvensdelare". Antag att **Input clock** clk har frekvensen 100 MHz. Vad blir då frekvensen för **Output clock** $cout$?

```

ENTITY clk_div IS
PORT (
    cout    :out std_logic; -- Output clock
    clk     :in  std_logic; -- Input clock
);
END ENTITY;

ARCHITECTURE rtl OF clk_div IS
    SIGNAL flipflop_q :std_logic;
BEGIN
    PROCESS(clk) BEGIN
        IF (rising_edge(clk)) THEN
            flipflop_q <= not flipflop_q;
        END IF;
    END PROCESS;
    cout <= flipflop_q;
END ARCHITECTURE;

```

10. Lösningsförslag.

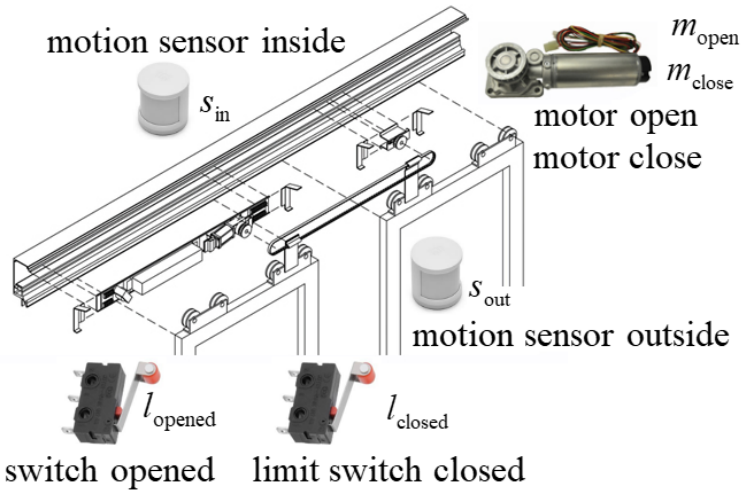
$flipflop_q <= not\ flipflop_q;$ innebär att en D-vippas inversutgång ansluts till D-ingången. Vippan togglar, vilket ger en frekvensdelning till hälften. Frekvensen för $cout$ blir $f_{clk}/2 = 100/2 = 50\text{ MHz}$.

Del A2: Konstruktionsmetodik

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

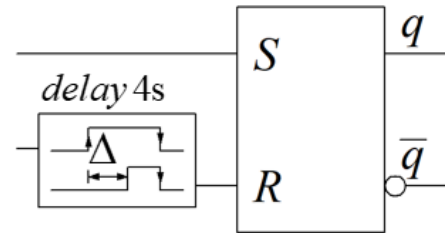
11. 4p

Automatic sliding door

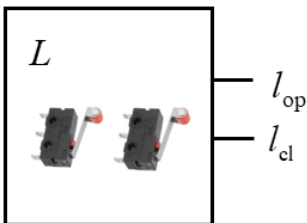
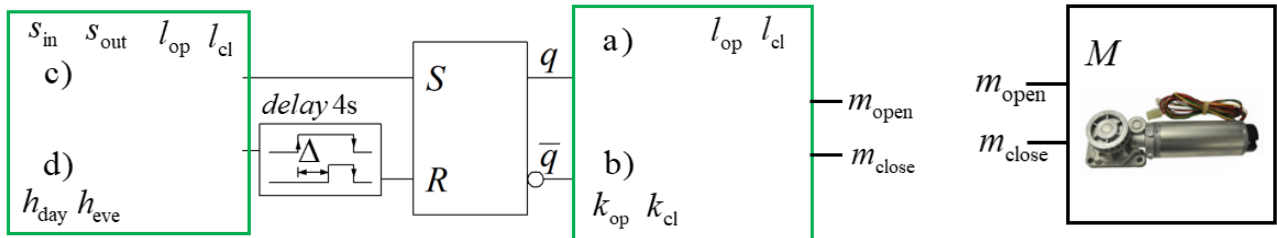


En automatisk dörr styrs med en SR-låskrets. S ingången ska öppna dörren, R ingången ska stänga dörren, men efter minst 4s fördröjning (en sådan fördröjningskrets ingår redan i figuren och behöver inte konstrueras).

Du ska i steg a) b) c) d) konstruera de logiknät som behövs. Använd valfria grindar. Logiknäten behöver inte minimeras, men sträva efter att inte använda onödigt många grindar.



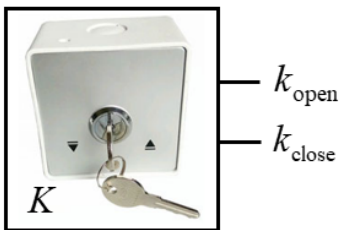
Blockschemat nedan visar var grindnäten för de olika deluppgifterna (a, b, c, d) passar in i konstruktionen.



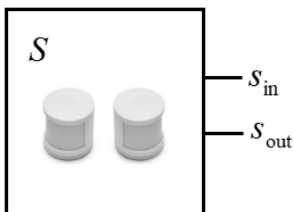
a) Signalen q ska öppna dörren genom att $m_{open} = 1$ tills dörren når gränslägesbrytaren l_{opened} (limit switch). Signalen \bar{q} ska stänga dörren genom att $m_{close} = 1$ tills dörren når gränslägesbrytaren l_{closed} (limit switch).

$l_{opened} = 0$ när dörrarna nått öppet läge. $l_{opened} = 1$ alla andra lägen.
 $l_{closed} = 0$ när dörrarna nått stängt läge. $l_{closed} = 1$ alla andra lägen.

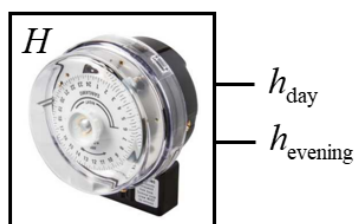
Rita det grindnät som behövs för denna funktion.



b) En operatör ska kunna öppna och stänga dörren direkt, med en nyckel omkopplare, K , oavsett signalerna från SR-låskretsen.
 $k_{\text{open}} = 1$ dörren ska öppnas.
 $k_{\text{close}} = 1$ dörren ska stängas.
 När $k_{\text{open}} = 0$ och $k_{\text{close}} = 0$ har operatören ingen påverkan på funktionen. Inför grindar för denna funktion.



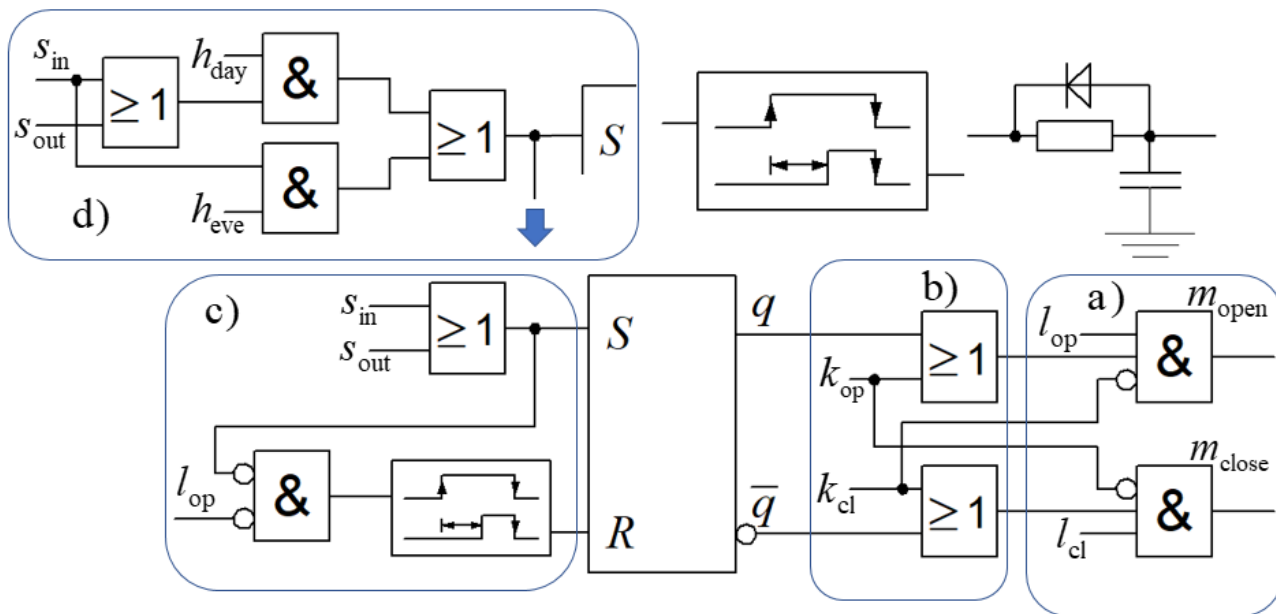
c) Rörelsesensorerna s_{out} och s_{in} blir = 1 när *någon* person närmar sig respektive sensor. Detta ska styra låskretsens S -ingång så att dörren öppnas.
 Om *ingen* person påverkar sensorerna, och om dörren är *helt öppen*, ska detta styra R -ingången (efter 4s fördröjningen) så att dörren stängs.



Rita det grindnät som behövs för denna funktion.
d) Man skaffar ett tidur, H , (med 2 separata händelser/utsignaler per dygn) för att styra hur dörren manövreras under dygnet.
 $h_{\text{day}} = 1$ under ”dagtid”. Dörren ska då öppnas med rörelsesensorerna för besökare *för att gå in* i lokalen och *för att lämna* lokalen. $h_{\text{day}} = 0$ övrig tid (dvs. under natten).
 $h_{\text{evening}} = 1$ under 30 minuter efter det att lokalen stängts. Dörren ska då vara *stängd* för nya besökare *utifrån*, men dörren ska *öppnas* med rörelsesensorn för besökare som *lämnar* lokalen. $h_{\text{evening}} = 0$ övrig tid.

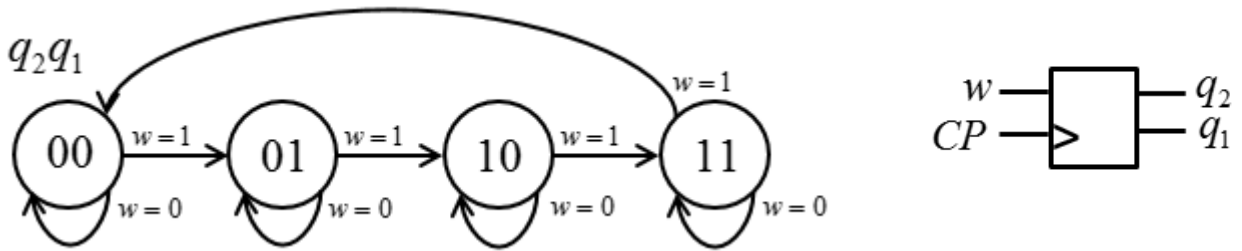
Rita det grindnät som behövs för denna funktion.

11. Lösningförslag



12. 6p

Konstruera en synkron binärkodsräknare med en insignal w som följer tillståndsdigrammet nedan.



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

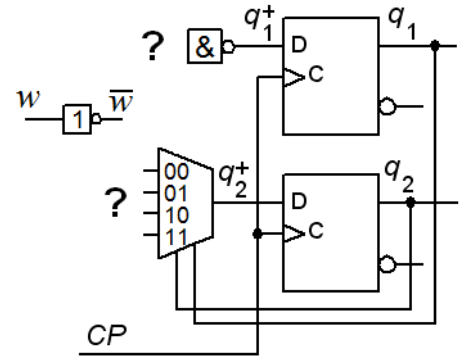
$$q_2^+ q_1^+ = f(w q_2 q_1)$$

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

$$q_2^+ = ? \quad q_1^+ = ?$$

b) (1p) Realisera sekvensnätet med D-vippor. Använd NAND-grindar för funktionen q_1^+ enligt figuren.

(1p) Använd en 4:1 Multiplexor för funktionen q_2^+ enligt figuren. Svaret måste motiveras. Rita din lösning.

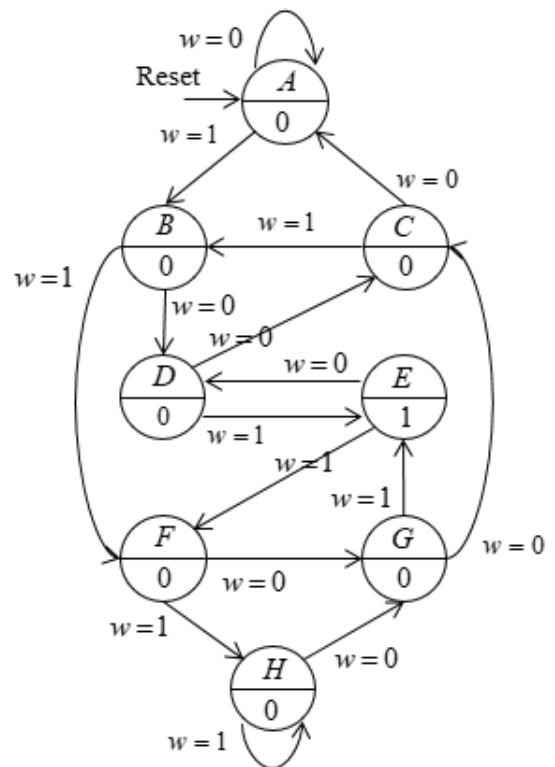


$$q_2^+(q_2 q_1, w): \text{mux}_{00} = ?, \quad \text{mux}_{01} = ? \quad \text{mux}_{10} = ?, \quad \text{mux}_{11} = ?$$

c) (2p) Till höger visas ett tillståndsdigram för **ett helt annat** synkront sekvensnät med åtta tillstånd (A ... H).

Tillståndsminimera detta.

Svara med det minimerade sekvensnätets **tillståndstabell** och **tillståndsdigram**.

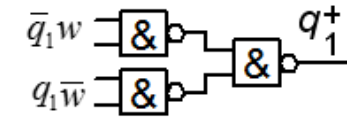


12. Lösungsansatz.

a) (1p)

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

b) (1p)



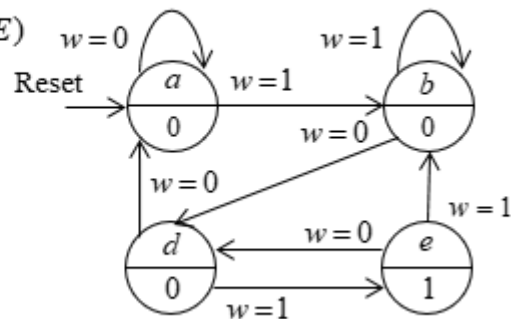
(1p)

| $q_2 q_1$ | q_2^+ | | |
|-----------|---------|-----|-------------|
| | w | 0 | |
| 00 | 0 | 0 | = 0 |
| 01 | 0 | 1 | = w |
| 11 | 1 | 0 | = \bar{w} |
| 10 | 1 | 1 | = 1 |

(1p) $q_2^+ = q_2 \bar{w} + q_2 \bar{q}_1 + \bar{q}_2 q_2 w$ $q_1^+ = \bar{q}_1 w + q_1 \bar{w} = q_1 \oplus w$

c) (2p)

| state | 0 | 1 | out | (ABCDEFGH)(E) | | | |
|-------|---|---|-----|---|---|---|---|
| A | A | B | 0 | (ABCFH)(DG)(E) | | | |
| B | D | F | 0 | (AC)(BFH)(DG)(E) | | | |
| C | A | B | 0 | a, b, d, e | | | |
| D | C | E | 0 | state 0 1 out | | | |
| E | D | F | 1 | a <table border="1"><tr><td>a</td><td>b</td><td>0</td></tr></table> | a | b | 0 |
| a | b | 0 | | | | | |
| F | G | H | 0 | b <table border="1"><tr><td>d</td><td>b</td><td>0</td></tr></table> | d | b | 0 |
| d | b | 0 | | | | | |
| G | C | E | 0 | d <table border="1"><tr><td>a</td><td>e</td><td>0</td></tr></table> | a | e | 0 |
| a | e | 0 | | | | | |
| H | G | H | 0 | e <table border="1"><tr><td>d</td><td>b</td><td>1</td></tr></table> | d | b | 1 |
| d | b | 1 | | | | | |

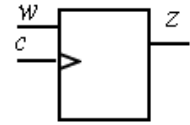


Del B. Designproblem

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

13. 5p

En sekvensdetektor ska upptäcka varje gång en följd av minst två nollor ..00.. eller minst två ettor ..11.. uppträder inuti en sekvens av synkrona bitar som inkommer till ingången w .



Sekvensnätet startar med $w = 0$ och därmed anses att en nolla 0 har inkommit.

Utsignalen z ska vara '1' i ett klockpulsintervall direkt efter det att delsekvenserna har uppträtt.

w : 010101101010001010

z : 000000010000011000

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

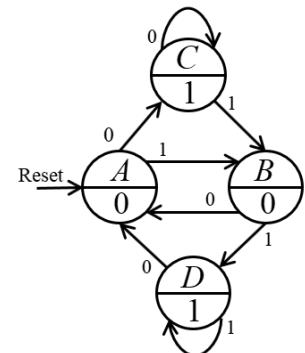
a) (2p) Rita **tillståndsdigram** och ställ upp **tillståndstabell**.

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

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

13. Lösningsförslag.

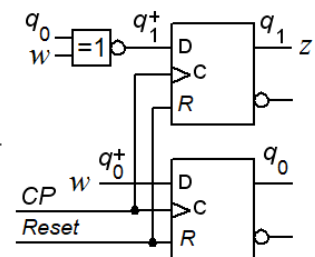
| | w | | z | $q_1^+ q_0^+$ | | q_1^+ | | q_0^+ | |
|---|-----|---|-----|---------------|----|---------|-----------|---------|---|
| | 0 | 1 | | $q_1 q_0$ | 0 | 1 | $q_1 q_0$ | 0 | 1 |
| A | C | B | 0 | A:00 | 10 | 01 | 00 | 1 | 0 |
| B | A | D | 0 | B:01 | 00 | 11 | 01 | 0 | 1 |
| C | C | B | 1 | D:11 | 00 | 11 | 11 | 0 | 1 |
| D | A | D | 1 | C:10 | 10 | 01 | 10 | 1 | 0 |



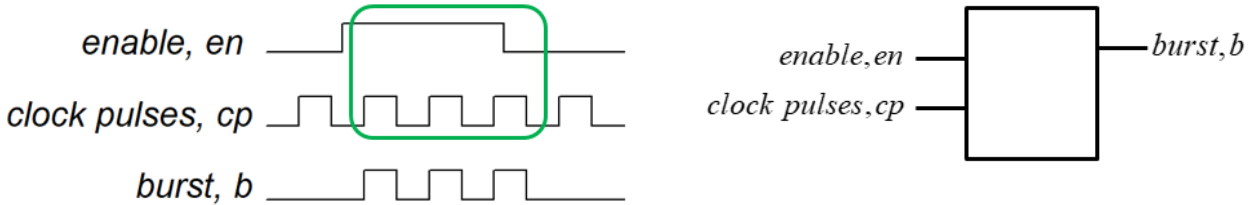
$$q_1^+ = \overline{q_0} w + q_0 \overline{w}$$

$$q_0^+ = w$$

$$z = q_1$$



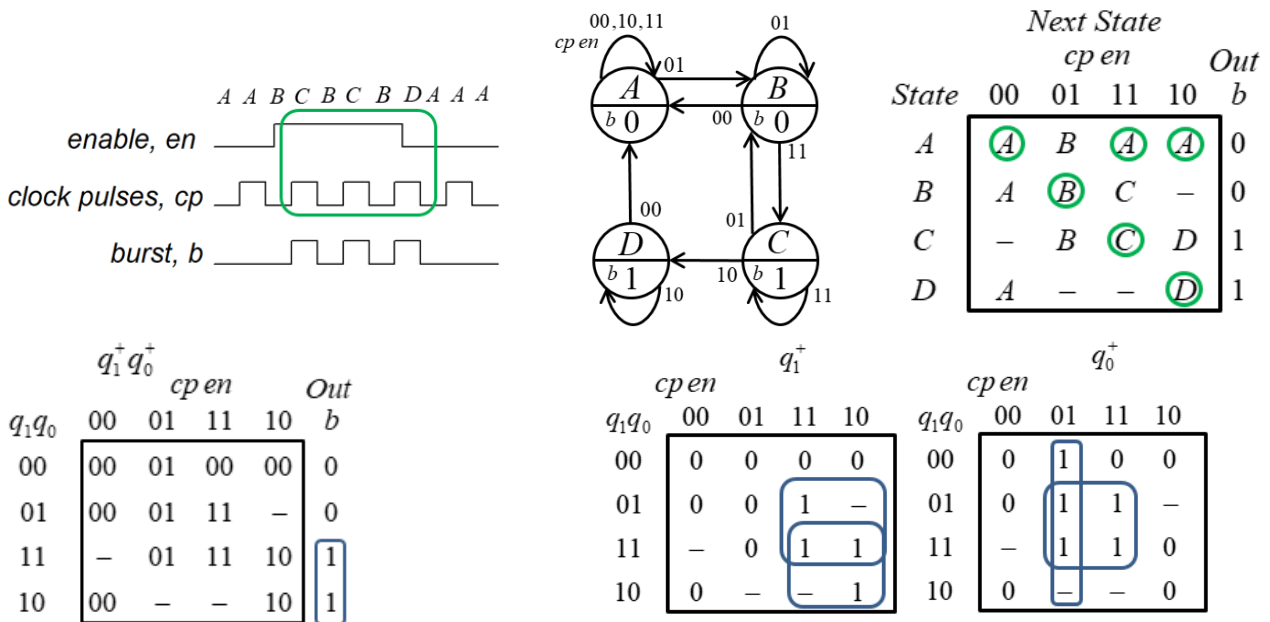
14. 5p Synkroniserad pulsskur (burst).



Ett **asynkront sekvensnät** har två ingångar, *enable en* och *clock pulses cp*. Så länge $en = 1$ ska fullständiga pulser (synkrona med cp) sändas ut på en utgång *burst b*. Detta ska ske så fort en fullständig puls ($cp = 1$) är möjlig. Om en blir 0 under en pågående puls ska även denna puls sändas ut fullständigt. Signalen en är alltid längre än en cp puls och pulserna en kommer med långt tidsmellanrum. Se tidsdiagrammet för ett typiskt förlopp.

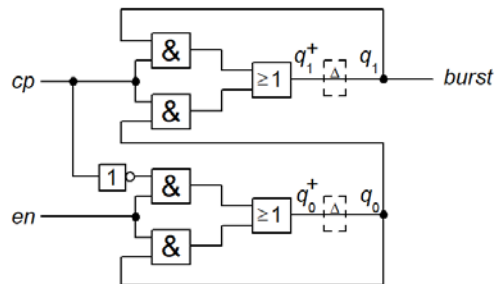
- (2p) Rita **tillståndsdigram** och ställ upp en korrekt **flödestabell** för sekvensnätet.
- (2p) Gör en lämplig **tillståndstilldelning** med en **excitations-tabell** som ger nät som är **fria från kritisk kapplöpning** (kommentera hur Du uppnått detta). Du skall även ta fram de **hasardfria uttrycken**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

14. Lösningsförslag.



All state transitions have Hamming distance 1 when Gray code is used. Extra hazard cover is not needed.

$$q_1^+ = q_0 cp + q_1 cp \quad q_0^+ = \overline{cp} \cdot en + q_0 \cdot en \quad b = q_1$$



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 | $f(x, y, z) = \{POS_{Maxterms}\} = ?$ |
| 2 | $s_3s_2s_1s_0 = \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \quad \dots$ |
| 3 | (Tvåkomplementtal) $B_{16} - E_{16} = \pm s_{10} = ?$ |
| 4 | $Y = \{POS\}_{min} = ?$ |
| 5 | $F(A, B) = \{SOP\}_{min} = ?$ |
| 6 | $Y(A, B) = ?$ |
| 7 | |
| 8 | |
| 9 | $HazardCover = ?$ |
| 10 | $f_{cout} = \quad [MHz]$ |

Nedanstående del fylls i av examinatorn!

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