

Lektionsuppgifter om sekvenskretsar

Uppgift 1. Den synkrona sekvenskretsen i figur 1(a) ska konstrueras. Sekvenskretsen har synkroniserade insignaler s och x och utsignal u . Kretsen skall ha två funktioner AND respektive OR. När AND-funktionen är aktiverad så ges utsignalen av

$$u(t) = x(t)x(t-1)$$

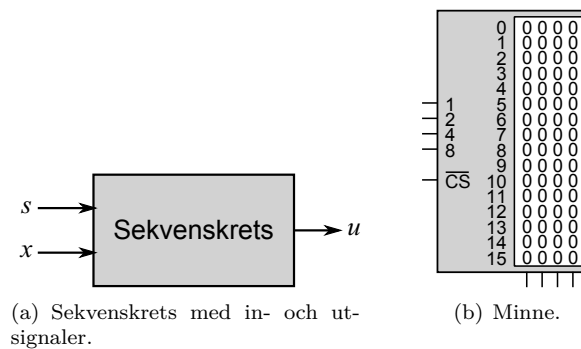
och när OR-funktionen är aktiv ges utsignalen av

$$u(t) = x(t) + x(t-1)$$

Insignalen s styr vilken funktion som är aktiverad. Om $s = 0$ så behålls samma funktion som tidigare och för varje klockintervall som $s = 1$ så byts funktionen. AND-funktionen ska vara aktiverad när systemet startas. Då kan följande sekvens erhållas där t markerar klockintervall:

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
s	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
x	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1
u	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1

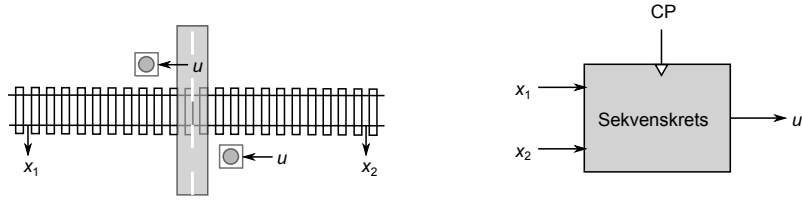
AND-funktionen är aktiv i klockintervallen 1-3 och 9-10. OR-funktionen är aktiv i klockintervallen 4-8. Notera också att $x(0) = 0$ ska användas för att beräkna korrekt värde på $u(1)$.



Figur 1: Figurer till uppgift 1.

Realisera kretsen med PROM-minnen av den typ som visas i figur 1(b) samt valfria vippor. Observera att PROM:et har en chip select signal \overline{CS} som gör att minnets utgångar blir höghomiga om $\overline{CS} = 1$ och aktiveras om $\overline{CS} = 0$. Ange också sekvenskretsens starttillstånd som gör att AND-funktionen är aktiverad från start enligt exempelsekvensen ovan.

Uppgift 2. Vid en korsning mellan en enkelspårig räls och en väg finns ett trafikljus som ska styras med hjälp av två sensorer på rälsen. Figur 2 visar en skiss över vägövergången. Den ena sensorn x_1 är belägen 1 kilometer väster om korsningen och x_2 en kilometer öster om korsning. En sensor ger utsignal ett om tåget befinner sig över sensorn och noll annars. Trafikljuset ska ha rött blinkande sken när någon del av ett tåg befinner sig mellan sensorerna och vitt blinkande sken för övrigt. Funktionen ska var densamma oavsett tågets längd, dvs både för tåg kortare och längre än avståndet mellan sensorerna. Signalen som styr trafikljuset betecknas u och ger vitt blinkande sken för $u = 0$ och rött blinkande sken för $u = 1$. Konstruera en synkron sekvenskrets med insignalerna x_1 och x_2 och utsignalen u . Ni får använda PROM och D-vippor. Bara ett tåg åt gången kan befinna sig mellan sensorerna. Klockfrekvensen är hög i förhållande till tågets rörelse. Vid start av sekvenskretsen får det antas att inget tåg befinner sig mellan sensorerna.



Figur 2: Sekvenskrets för styrning av trafikljus vid obemannad vägövergång.

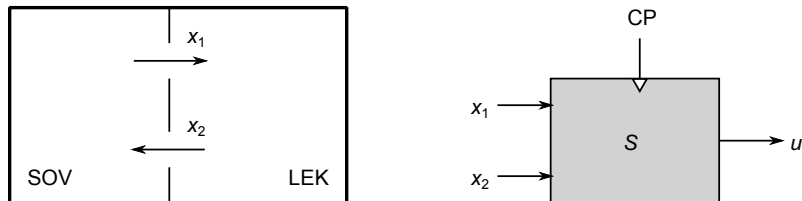
Uppgift 3. Två stycken lika parallellarbetande enheter ska normalt lämna samma utsignaler. Fel i en av enheterna resulterar i olika utsignaler. Samma felaktiga utsignalkombination kan accepteras i enstaka klockintervall, men inte i två på varandra följande. Felet betraktas då som permanent och ska indikeras.

För felindikeringen önskas en synkron sekvenskrets, S , vars insignaler ska vara de parallellarbetande enheternas utsignaler x_1 och x_2 . Sekvenskretsen ska ha en utsignal, u , för vilken ska gälla att $u = 1$ om och endast om samma felaktiga insignalkombination någon gång förekommit i två på varandra följande klockintervall. Ett exempel på korrekt beteende av sekvenskretsen illustreras av följande sekvenser

```
x1: 0 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 0
x2: 0 1 1 0 0 1 0 1 1 0 1 0 1
u : 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1
```

Konstruera S med 2 st D-vippor samt ett minimal kombinationskrets av NAND-grindar och inverterare.

Uppgift 4. En djurpark har två tigrar. Tigrarna har två utrymmen de kan vara i, kallade sovrummet och lekplatsen. I figur 3 ser du en förenklad skiss av tigrarnas värld och den sekvenskrets uppgiften kommer att handla om. All passage från sovrummet ut till lekplatsen sker genom den



Figur 3: Skiss över tigrarnas värld.

övre dörren, all passage från lekplats till sovrum genom den undre. I dörröppningarna sitter fotocellerna x_1 och x_2 , vilka ger signalen ett då de är skymda, annars noll. Konstruera en synkron sekvenskrets, S , som tänds en lampa $u = 1$ när minst en av tigrarna befinner sig på lekplatsen. När lekplatsen är tom ska lampan vara släckt. Tigrarna vänder aldrig i dörren, de går aldrig in samtidigt eller ut samtidigt och de passerar aldrig varsin dörr samtidigt. Signalerna x_1 och x_2 är studs fria och synkroniserade. Använd valfria vippor, minnen, grindar och inverterare. Klockfrekvensen är 1 MHz. Vid start av sekvenskretsen kan det antas att båda tigrarna är i sovrummet.

- Antag att signalerna x_1 och x_2 först passerar genom så kallade enpulsare som behandlas i uppgift 5.9.
- Antag nu att signalerna x_1 och x_2 inte passerar genom enpulsare.

Uppgift 5. En synkron sekvenskrets med insignal x och utsignal u skall konstrueras. Kretsen skall detektera den första förekomsten av delsekvens 10 i insignal x . Sekvenskretsen ska vara av Moore-typ. Utsignal u skall vara 0 vid starttillståndet och vid detektion bli 1 under ett klockpulsintervall för att sedan återgå till 0.

- a) Rita tillståndsdigrammet för kretsen.
- b) Bestäm de Booleska uttrycken för nästa tillstånd q^+ och utsignal u för tillståndskodningarna
 - (i) Binärkodning
 - (ii) Graykodning
 - (iii) One-hot-kodning

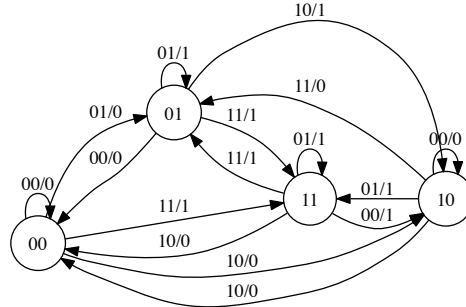
Koda tillstånden i ordning med början i starttillståndet.

- c) Efter undersökningen i b)-uppgiften kommer man fram till att binärkodning är lämpligast i detta fall. För att återställa kretsen i dess starttillstånd vill man lägga till en synkron resetsignal r som ska vara aktiv låg. Utöka tillståndsdigrammet i a)-uppgiften med den extra insignalen r , dvs betrakta nu (x, r) som insignal till systemet. Beräkna Booleska uttryck för nästa tillstånd och utsignal och jämför lösningen med den som erhöles i uppgift b) (i).

Uppgift 6. Lös uppgift 5.4 i Hemert med ett PROM som kan lagra 16 4-bitarsord av den typ som vi har i labbet samt D-vippor.

Facit

Uppgift 1. Ett tillståndsdigram för funktionen är



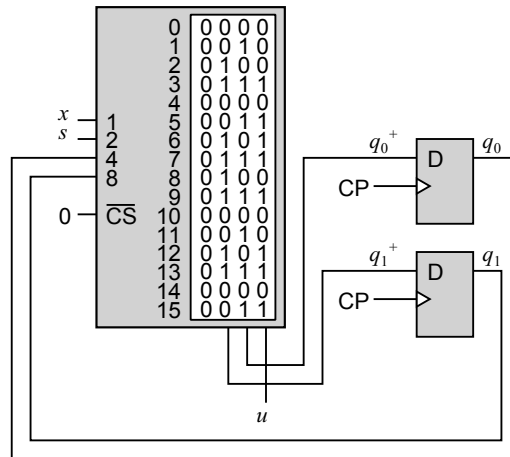
där bågarnas markering indikerar sx/u och noderna q_1q_0 . Tolkningen av q_1 är

$$q_1(t) = \begin{cases} 0 & \text{aktiv funktion var AND vid klockintervall } t - 1 \\ 1 & \text{aktiv funktion var OR vid klockintervall } t - 1 \end{cases}$$

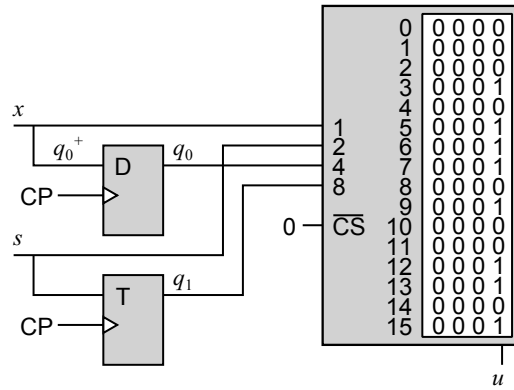
och $q_0(t) = x(t - 1)$. Starttillståndet är $(q_1, q_0) = (0, 0)$. Tillståndstabellen blir

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

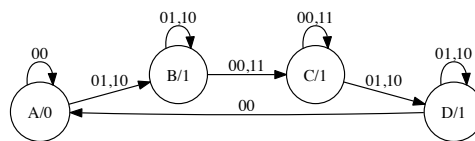
Implementeras tabellen i ett PROM blir lösningen:



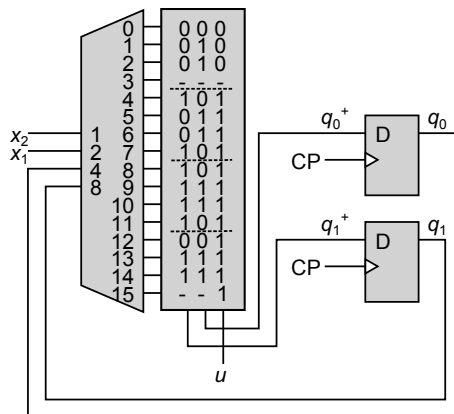
Alternativt utnyttjar vi att $q_0(t) = x(t - 1)$, dvs q_0 kan erhållas med en D-vippa som matas med x och att q_1 ges av en T-vippa med insignal s . Lösningen blir då:



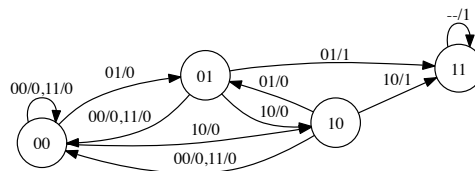
Uppgift 2. Ett tillståndsdigram för funktionen är



där bågarna markeras med x_1x_2 . Starttillståndet är A. Om tillstånden binärkodas och betecknas q_1q_0 så kan kretsen realiseras enligt



Uppgift 3. Ett tillståndsdigram för funktionen är



där tillstånden betecknas q_1q_0 och signalerna på bågarna x_1x_2/u . Starttillståndet är $(q_1, q_0) =$

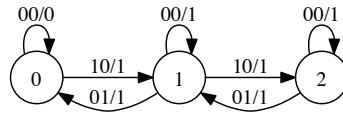
(0, 0). Kretsen kan realiseras med följande uttryck

$$\begin{aligned}
 q_1^+ &= q_1q_0 + q_0x_1'x_2 + x_1x_2' = ((q_1q_0)'(q_0x_1'x_2)'(x_1x_2')')' \\
 q_0^+ &= q_1q_0 + x_1'x_2 + q_1x_1x_2' = ((q_1q_0)'(x_1'x_2)'(q_1x_1x_2')')' \\
 u &= q_1q_0 + q_0x_1'x_2 + q_1x_1x_2' = ((q_1q_0)'(q_0x_1'x_2)'(q_1x_1x_2')')'
 \end{aligned}$$

Grinddelning ger att endast 8 NAND-grindar, 2 inverterare och 2 D-vippor krävs för att realisera kretsen.

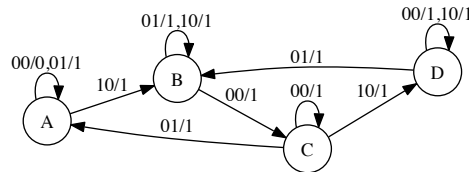
Uppgift 4. Tillståndsdigram för funktionen med och utan enpulsare där bågarna markeras med x_1x_2/u .

a) Tillståndsdigram för kretsen då insignalerna först har passerat enpulsare.



Starttillståndet är 0.

b) Tillståndsdigram då enpulsare ej används.

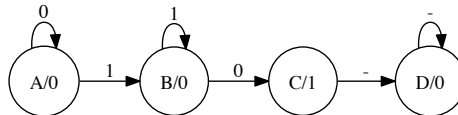


Starttillståndet är A.

Kretsarna blir vitt skilda beroende på vilka komponentval som görs.

Uppgift 5.

a) Ett tillståndsdigram för funktionen är



där bågarnas markering indikerar x och noderna q/u . Motsvarande tabell är

q^+	x		u
	0	1	
A	A	B	0
B	C	B	0
C	D	D	1
D	D	D	0

b) (i)

$$\begin{aligned}q_1^+ &= q_1 + q_0x' \\q_0^+ &= q_1 + x \\u &= q_1q_0'\end{aligned}$$

(ii)

$$\begin{aligned}q_1^+ &= q_1 + q_0x' \\q_0^+ &= q_1'q_0 + q_1'x \\u &= q_1q_0\end{aligned}$$

(iii)

$$\begin{aligned}q_3^+ &= q_3 + q_2 \\q_2^+ &= q_1x' \\q_1^+ &= q_1x + q_0x \\q_0^+ &= q_0x' \\u &= q_2\end{aligned}$$

c)

$q_1^+q_0^+$	xr				u
q_1q_0	00	01	11	10	
00	00	00	01	00	0
01	00	10	01	00	0
11	00	11	11	00	0
10	00	11	11	00	1

$$\begin{aligned}q_1^+ &= q_1r + q_0x'r = (q_1 + q_0x')r \\q_0^+ &= q_1r + xr = (q_1 + x)r \\u &= q_1q_0'\end{aligned}$$

Skillnaden mellan dessa uttryck och de i deluppgift b) (i) är att resetsignalen r multipliceras med uttrycken från uppgift b) (i). Vid realisering så måste varje AND-grind utökas med en ingång där r kopplas in (observera vid termer med endast en variabel måste en ny AND-grind läggas till). Denna metod att införa en resetsignal som är aktiv låg är generell. För att konstruera ett system med sådan resetsignal är det alltså enklare att bortse från resetsignalen vid framtagande av tillståndsdigram, tillståndstabell och Booleska uttryck. När Booleska uttryck framtagits kan resetsignalen enkelt läggas till och infogas i kretsen.

Uppgift 6. Om man kopplar in (q_2, q_1, q_0, x) på minnets ingångarna där q_2 är msb och tar ut (q_2^+, q_1^+, q_0^+, u) i den ordningen på utgångarna så ska minnesinnehållet vara:

q_2, q_1, q_0, x	q_2^+, q_1^+, q_0^+, u
0000	0000
0001	0010
0010	0000
0011	0100
0100	0000
0101	0110
0110	1000
0111	0110
1000	0001
1001	0010
1010	—
1011	—
1100	—
1101	—
1110	—
1111	—

Signalerna q_i^+ kopplas till ingångarn på D-vippor och på utgångarna finns q_i .