



LABORATIONER I DIGITALTEKNIK

för kurserna

TSEA22, lab 1-4

TSEA51, lab 1-3

TDDC75, lab 1,2

Detta häfte innehåller laborationsuppgifter i digitalteknik och används i kurserna TSEA22, TSEA51 och TDDC75. Läs igenom dokumentet "Allmänna anvisningar för laborationer i digitalteknik" som finns länkat från kurshemsidan innan ni börjar med att lösa uppgifterna.

"Allmänna anvisningar för laborationer i digitalteknik" ger råd och stöd för laborationernas genomförande. Vid konstruktion, följ det tillvägagångssätt som beskrivs i avsnitten 3.1 (Konstruktion) och 3.2 (Uppkoppling).

Läs och begrundat även avsnitt 3.3 (Felsökning) inför varje laboration. (Bäst förståelse erhålls sedan man "bekantat" sig med utrustningen). De fel som är svårast att hitta vid laborationerna är de rent mekaniska. **Dessa uppstår p.g.a. att materielen inte behandlas tillräckligt varsamt.** Sträcks sladdarna för hårt finns risk att det blir glapp i kontaktstiften och i sladdkontakten. När konstruktionerna kopplas ner är det av största vikt att varje sladd lossas genom att **dra i kontakten** (inte i sladden) och **rakt upp**. Lösa stift, avbrott och dåliga kontakter ger upphov till s.k. intermittenta fel. Dessa är mycket svårfunna, eftersom de har ett slumpmässigt beteende, och drabbar efterföljande laboranter.

Till laborationerna ska du inte bara medföra ett klart och tydligt kopplingsschema för varje uppgift utan också de fullständiga lösningarna. Har du inte förberett uppgifterna till aktuell laboration så går det inte att klara uppgifterna på utsatt tid. Får du problem med förberedelsen av någon uppgift kan du få hjälp av lektionsassistenten.

Uppgifterna ska redovisas för laborationsassistenten och godkännas av denne.

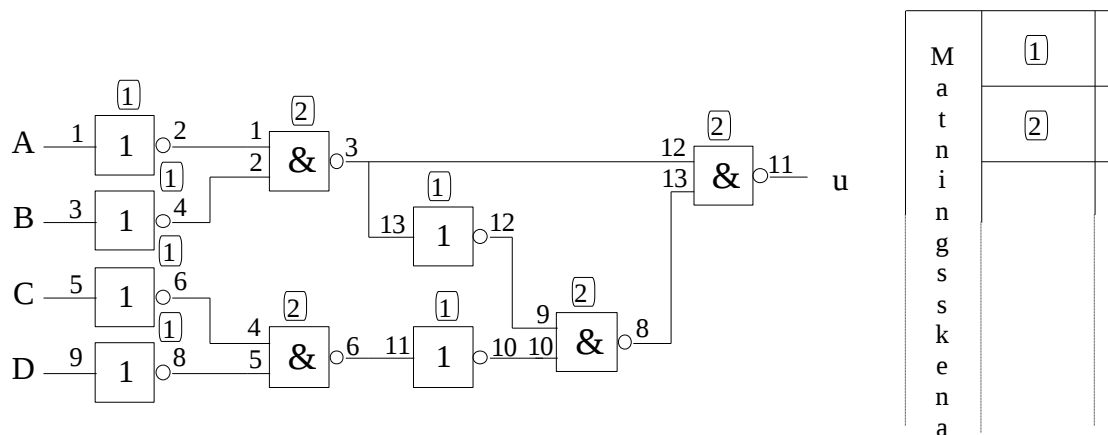
Godkända hela laborationer, men inte ströuppgifter, kan tillgodoräknas från ett läsår till nästa.

Uppgift 1: Undersökning och förenkling av givet kombinatoriskt nät.

Koppla upp nedanstående kombinatoriska nät. Ingångsvariablerna A, B, C, och D simuleras med skjutomkopplare. Utsignalen registreras med hjälp av en lysdiod.

Variera ingångsvariablerna enligt funktionstabellen. Komplettera funktionstabellen. Tänd lysdiod ger $u = 1$.

Logiskt kopplingsschema:



		<u>+5 V</u>	<u>jord</u>
Kapsel 1	SN74LS04	14	7
Kapsel 2	SN74LS00	14	7

Funktionstabell:

D	C	B	A	u	D	C	B	A	u
0	0	0	0		1	0	0	0	
0	0	0	1		1	0	0	1	
0	0	1	0		1	0	1	0	
0	0	1	1		1	0	1	1	
0	1	0	0		1	1	0	0	
0	1	0	1		1	1	0	1	
0	1	1	0		1	1	1	0	
0	1	1	1		1	1	1	1	

Rita Karnaughdiagram med hjälp av funktionstabellen.

BA					
DC		00	01	11	10
	00				
	01				
	11				
	10				

Realisera funktionen med ett minimalt antal NAND-grindar. Inverterar är ej tillåtna.

Logiskt kopplingsschema:

Koppla upp nätet och verifiera funktionen genom att fylla i en funktionstabell.

Funktionstabell:

Uppgift 2: Konstruera ett kombinatoriskt nät som realiserar funktionen $f = x_1(x_2 + x_3)$.

a) använd SN74LS00 (NAND)

b) använd SN74LS02 (NOR)

Koppla upp och verifiera nätets funktion genom att fylla i en funktionstabell.

a) Logiskt kopplingsschema:

Funktionstabell:

x_1	x_2	x_3	u
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

b) Logiskt kopplingsschema:

Funktionstabel:

x_1	x_2	x_3	u
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Uppgift 3: Konstruera ett kombinatoriskt nät som realiserar funktionen $f(x_1, x_2, x_3, x_4) = \Sigma(0, 1, 2, 3, 6, 7, 9, 13, 14, 15)$. Använd ett minimalt antal NAND-grindar och inverterare.

Koppla upp och verifiera nätets funktion genom att fylla i en funktionstabell.

Karnaughdiagram:

Logiskt kopplingsschema:

Funktionstabell:

x_1	x_2	x_3	x_4	u	x_1	x_2	x_3	x_4	u
0	0	0	0		1	0	0	0	
0	0	0	1		1	0	0	1	
0	0	1	0		1	0	1	0	
0	0	1	1		1	0	1	1	
0	1	0	0		1	1	0	0	
0	1	0	1		1	1	0	1	
0	1	1	0		1	1	1	0	
0	1	1	1		1	1	1	1	

Uppgift 4: Konstruera en krets som visar ett binärt tal $x = (x_3, x_2, x_1, x_0)$ på en 7-segmentsdisplay hexadecimalt. Insignalerna hämtas från skjutomkopplare och kretsen konstrueras med PROM samt modulen med **fyra** 7-segmentsdisplayer. Följande tal ska visas på en av de fyra displayen för motsvarande binärtal:



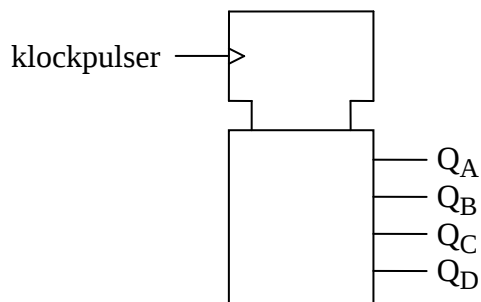
Logiskt kopplingsschema och minnesinnehållet i PROM:en:

Koppla upp kretsen, programera PROM:en och kontrollera funktionen genom att se vad displayen visar för samtliga insignalkombinationer.

Uppgift 5: Undersökning av räknare

5.1 Beskrivning av räknaren 74LS160

TTL-familjen innehåller ett flertal olika räknare. En räknare är ett sekvensnät som i takt med en klockpulssignal växlar från ett räkneläge till ett annat.



Du ska undersöka den synkrona dekadräknaren 74LS160. Som framgår av namnet har denna räknare 10 räknelägen.

Antal inräknade klockpulser	Räkneläge			
	Q _D	Q _C	Q _B	Q _A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	0	0	0	0
11	0	0	0	1
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.

Räkneläget ändras vid positiv flank på klockpulsen.

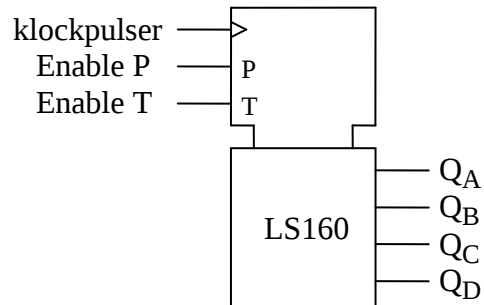
Klockpulser:



Förutom klockingången och räknelägesutgångarna Q_DQ_CQ_BQ_A har räknaren ett flertal andra in- och utgångar. Jämför nedanstående beskrivning med databladen i "Allmänna anvisningar . . .".

ENABLE-ingångar

För att räknaren överhuvud taget ska kunna räkna krävs att Enable-ingångarna P och T aktiveras.



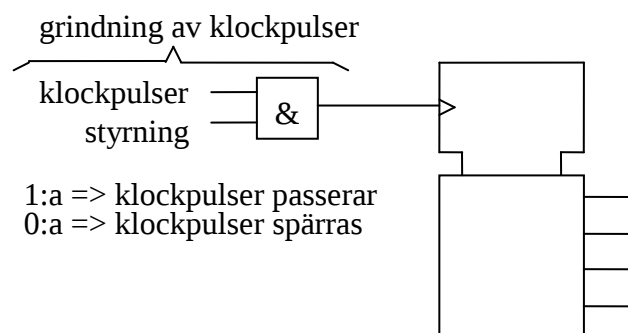
Enable P och T aktiveras med en 1:a.

Enable

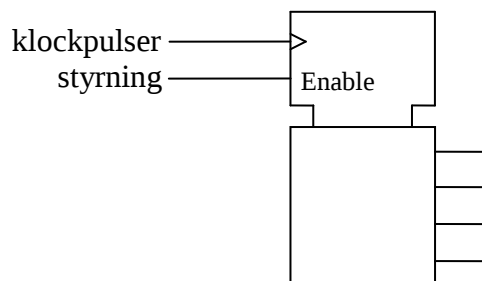
P	T	Räknarens funktion
0	0	Ingen ändring av räknarläget
0	1	- " -
1	0	- " -
1	1	Räknaren ändrar läge vid positiv flank

Enable-ingångarna används för att starta och stoppa räknaren. **Start och stopp av räknaren får aldrig ske genom grindning av klockpulser.**

FEL:

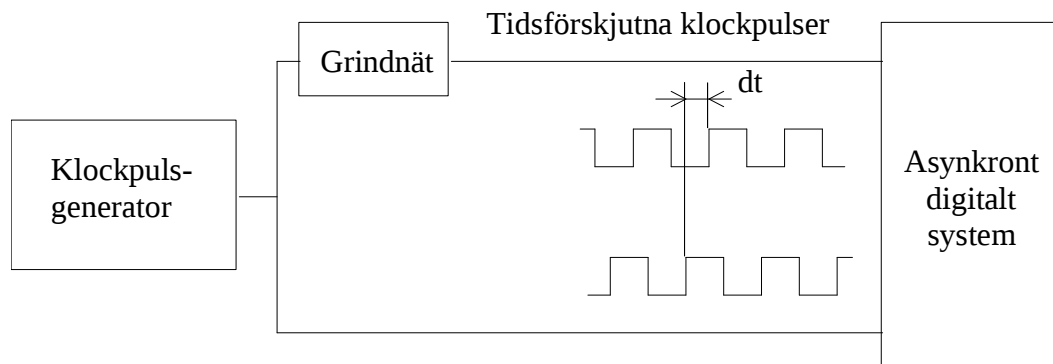


RÄTT:



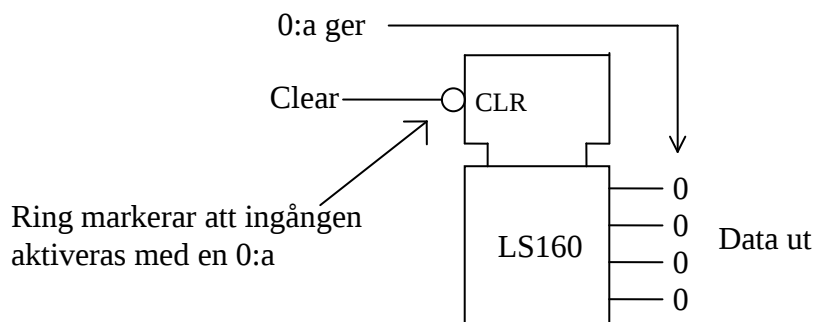
Grindning av klockpulser leder i bästa fall till att ditt digitala system blir asynkront. Systemet kan dock p.g.a. styrningen ta emot ofullständiga klockpulser och kan då hamna i vilket läge som helst eller, i värsta fall, t.o.m. erhålla utgångsvärden i det förbjudna området mellan logiskt noll och logiskt ett.

Även om systemet inte spårar ur blir det ändå asynkront, eftersom klockpulserna är tidsförskjutna. Alla dina teoretiska kunskaper i digitalteknik gäller synkrona nät.



CLEAR-ingången

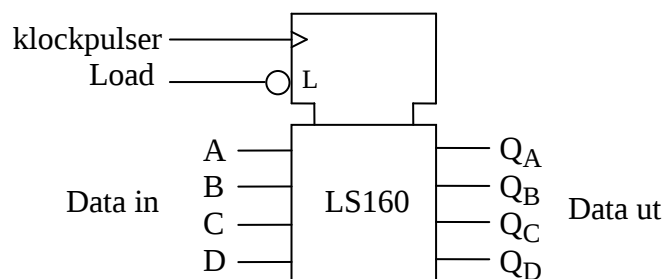
När Clear-ingången aktiveras nollställs räknaren oberoende av klockpulser och Enable-ingångar. Clear-ingången aktiveras med en nolla. Eftersom Clear-ingången verkar utan klockpulser sägs Clear-funktionen vara asynkron.



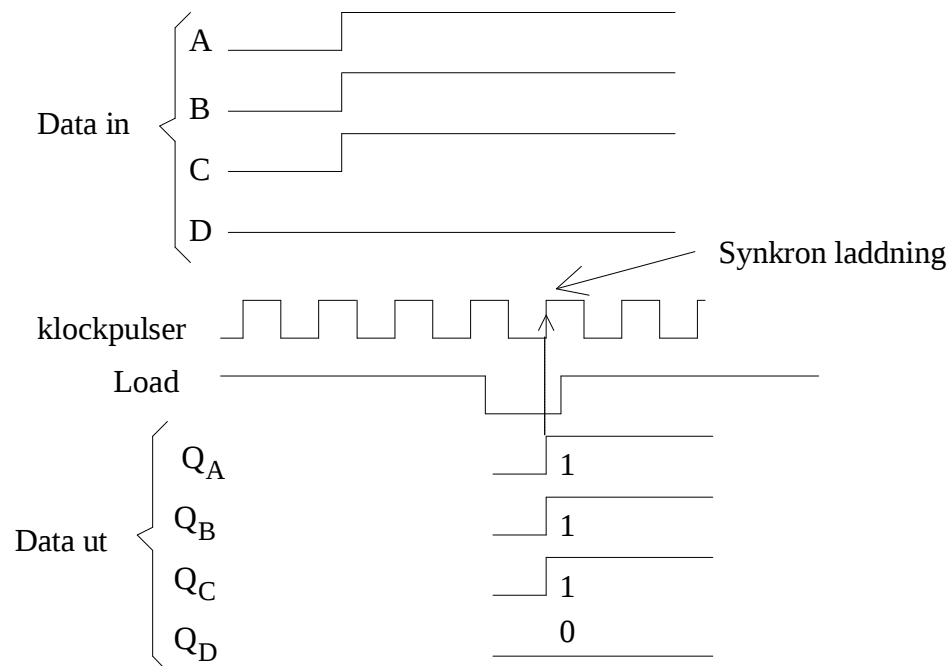
Clear-ingången används t.ex. för manuell nollställning av räknaren.

LOAD-ingången

Med hjälp av Load-ingången kan räknaren laddas med data som anges av de fyra dataingångarna. Load-ingången aktiveras med en nolla och laddning sker vid klockpulsens positiva flank.

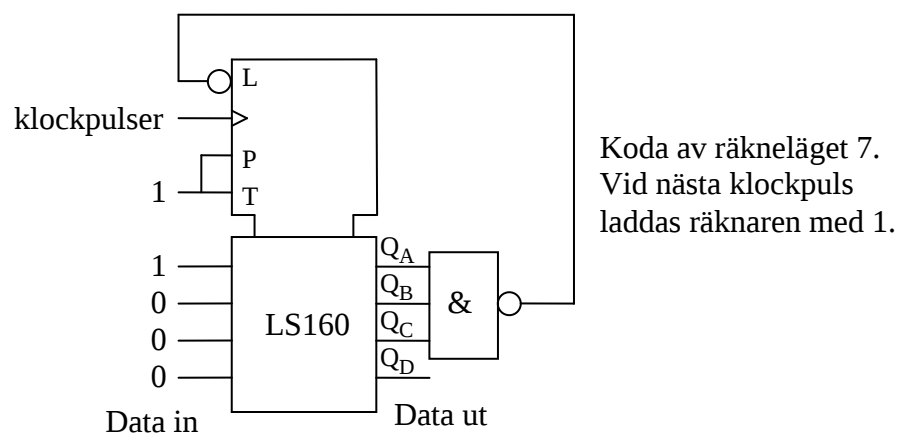
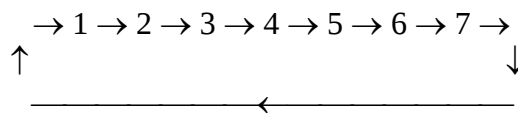


Exempel:



Laddningen sker synkront och **oberoende av Enable-ingångarna**.

Exempel: Räknaren 74LS160 ska räkna runt i sekvensen

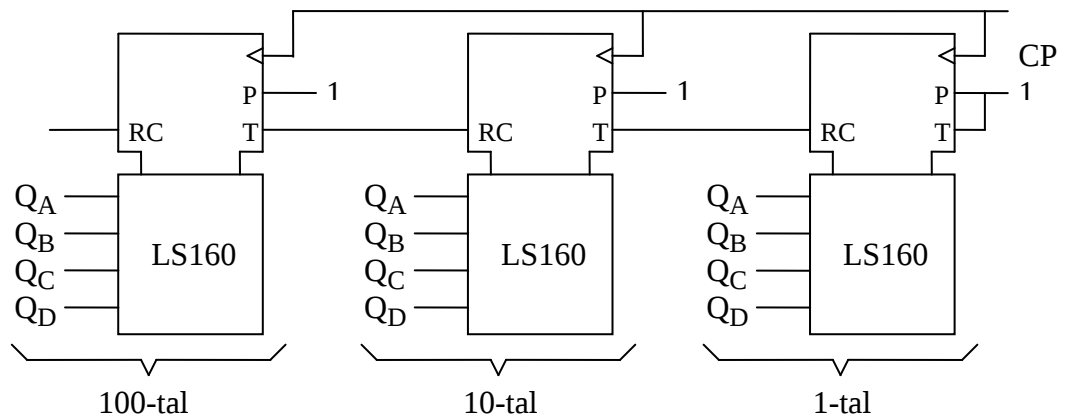


Kaskadkoppling

Dekadräknaren 74LS160 kan seriekopplas (kaskadkopplas) med flera LS160 så att en räknare med flera dekader erhålls. Vid kaskadkoppling används Enable-ingångarna, P och T, samt utgången Ripple Carry. Använd datablad i "Allmänna anvisningar . . ." för att ta reda på vad som skiljer funktionen för P från funktionen för T:

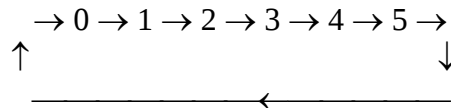
.....

.....



5.2 Programmering av räknare

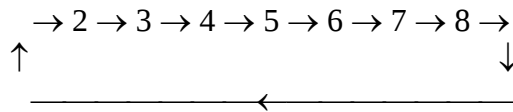
Uppgift 1: Koppla upp en räknare med sex räknelägen



Använd NAND-grindar. För övergången 5 → 0 får clear-ingången inte användas eftersom denna ingång är asynkron. Räknaren klockas manuellt från den studs fria tryckomkopplaren.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 2: Koppla upp en räknare med sju räknelägen

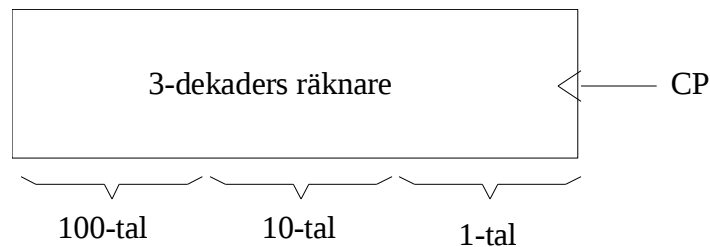


Använd så få NAND-grindar och inverterare som möjligt. Räknaren klockas manuellt.

Logiskt kopplingsschema:

5.3 Kaskadkoppling

Uppgift: Koppla upp en räknare med tre dekader.

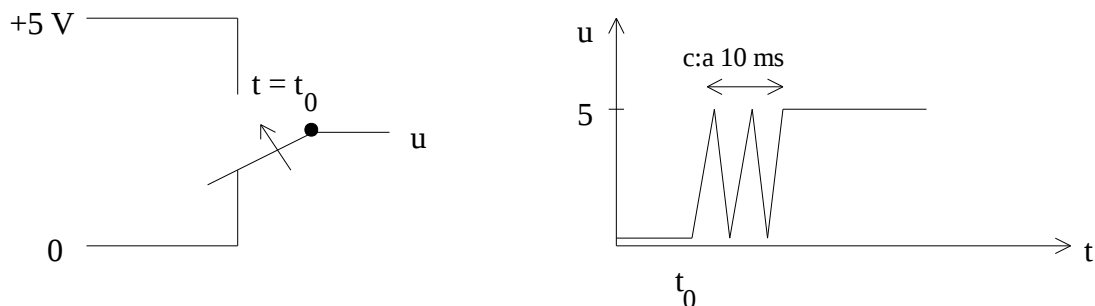


Kontrollera funktionen. Klockpulser tas från den speciella klockgeneratorn. Dekadräknaren ska användas i uppgift 6 och 7.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 6: Uppmätning av effekter från oavstudsade omkopplare

När en mekanisk omkopplare sluts eller bryts uppstår alltid kontaktstudsar. När omkopplaren skjuts från logiskt noll till logiskt ett erhålles slutning till +5 V enligt:



När skjutomkopplaren förs från logiskt ett till logiskt noll erhålls slutning till jord.

Du ska utföra mätningar på de fyra skjutomkopplarna som finns monterade på en modul. Signalen från skjutomkopplaren ska användas som klockpuls till den dekadräknare (3 dekader) som du kopplade upp i uppgift 5.3. Komplettera dekadräknaren med manuell nollställning.

Gör fem mätningar på varje skjutomkopplare.
Fyll i tabellen.

Skjutomkopplare							
1		2		3		4	
0 → 1	1 → 0	0 → 1	1 → 0	0 → 1	1 → 0	0 → 1	1 → 0

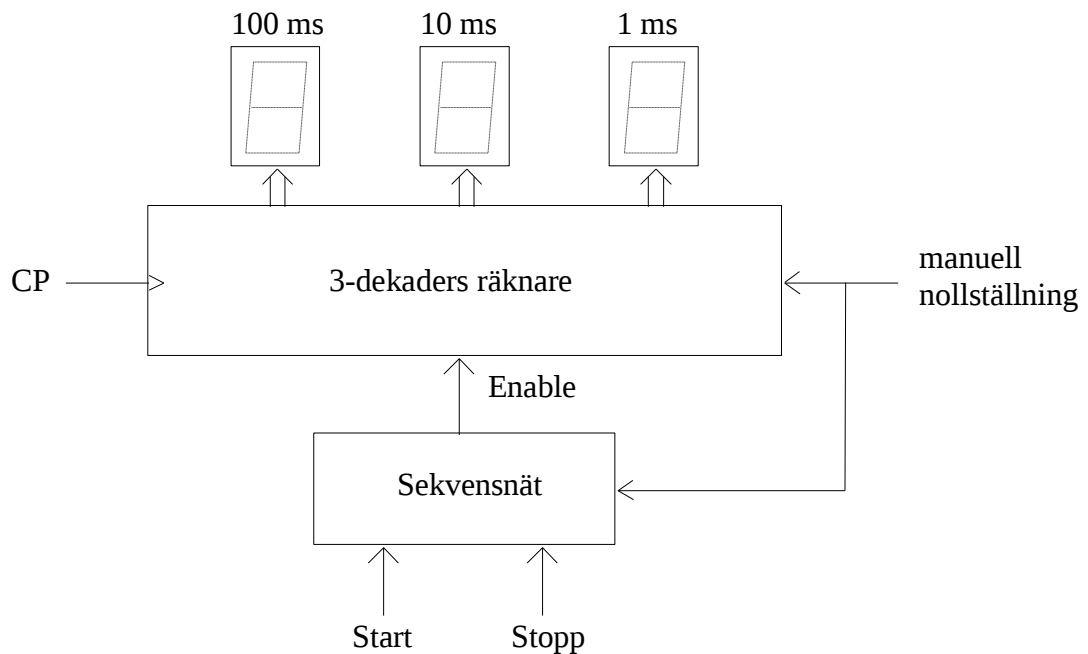
Gör om mätningen med de studs fria skjutomkopplarna.

Slutning 0 → 1. Dekadräknaren visar

Slutning 1 → 0. Dekadräknaren visar

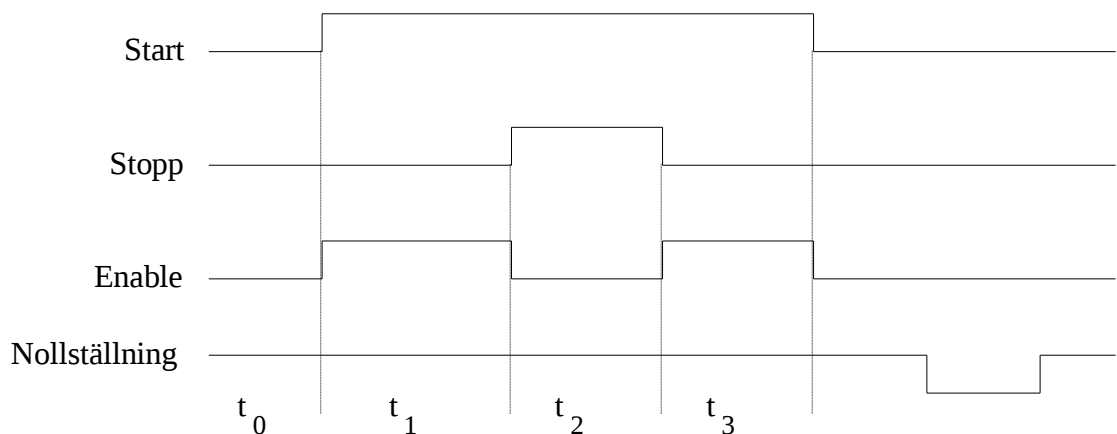
Uppgift 7: Uppmätning av reaktionstid

Du ska mäta reaktionstiden för din laborationskamrat. Reaktionstiden ska kunna avläsas direkt i ms. Använd 3-dekadersräknaren från uppgift 5.3.

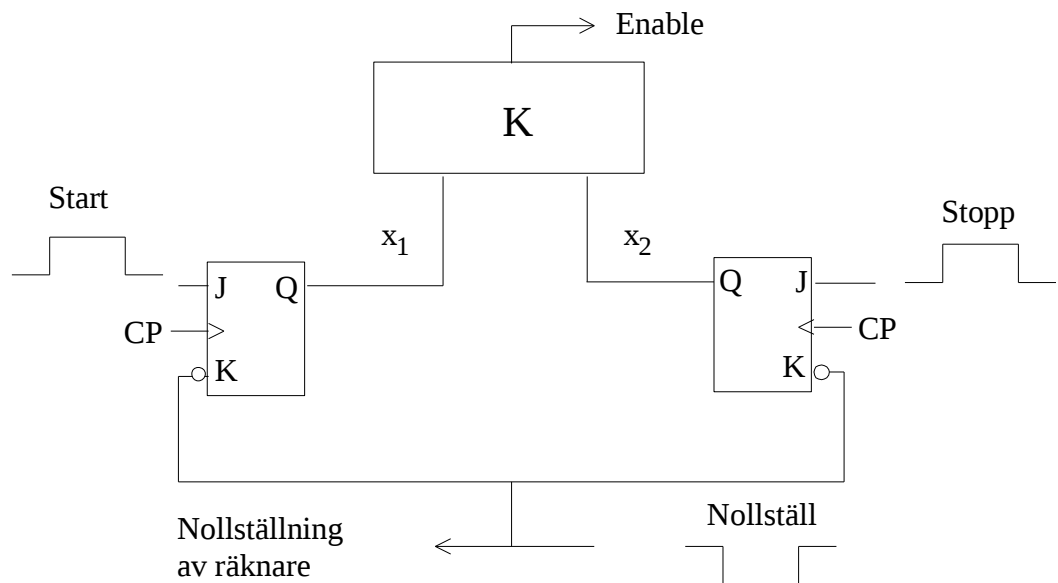


Startknappen manövreras av försöksledaren. Välj en studsfri skjutomkopplare som startknapp. Stoppknappen sköts av försökspersonen. Välj en studsfri tryckomkopplare som stoppknapp. Sekvensnätet styr Enable-ingångarna som startar och stoppar räknarna.

Pulsschema:

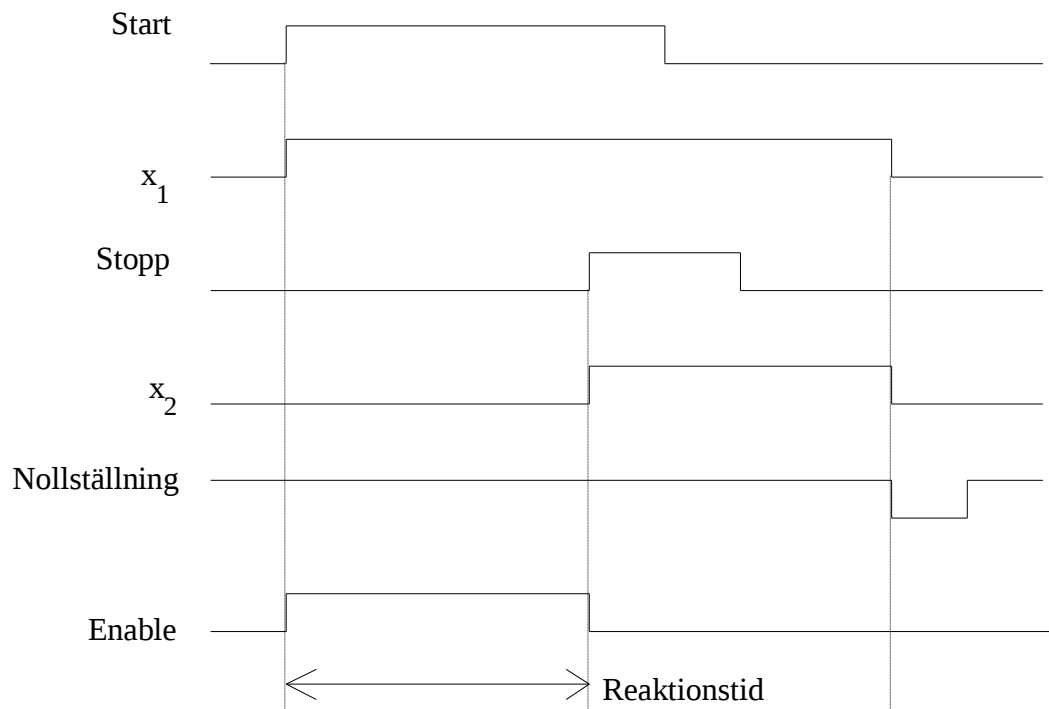


Räknaren ska endast räkna klockpulser (ms) under tiden t_1 . Av pulsschemat framgår att insignalerna Start och Stopp har samma värden i tidsområdena t_1 och t_3 . Räknaren kommer att räkna klockpulser även i detta tidsområde. För att klara detta problem fångas insignalerna upp av två vippor.



Observera att vipporna aktiveras med logiskt ett medan de återställs med logiskt noll. Återställningssignalen används också till räknarna. När vipporna nollställs får Start och Stopp inte vara aktiverade (måste alltså vara logiskt noll).

Pulsschema:



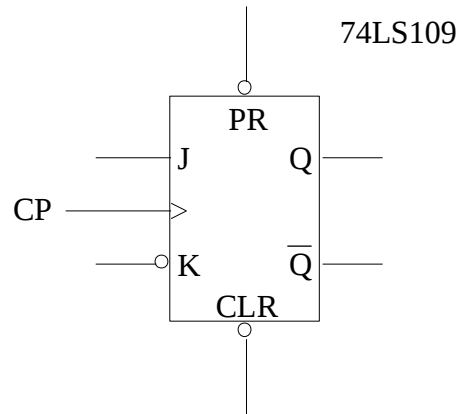
Konstruera det kombinatoriska nätet med insignalerna x_1 , x_2 och utsignalen Enable. Om x_2 kommer före x_1 ska räknaren ej startas.

Logiskt kopplingsschema:

Gör 10 mätningar på din kamrat:

	Reaktionstid i ms		
	Person 1	Person 2	Person 3
Medelvärde:			

Uppgift 8: Konstruera en synkron upp/ned-räknare. Räknaren ska ha åtta räknelägen (0 - 7). Upp/ned-funktionen styrs av en signal x . $x = 0$ ger uppräkning medan $x = 1$ ger nedräkning. Använd JK-vippor, NAND-grindar och inverterare. Observera att JK-vippan 74LS109 har inverterad K-ingång. Vippans asynkrona ingångar ska inte användas men måste likväl anslutas. Till vad?



Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 9: Ett kombinationslås ska konstrueras som ett synkront sekvensnät enligt Moore. Låset har två osynkroniserade insignaler och en utsignal. Insignalerna hämtas från de två studs fria skjutomkopplarna (det övre läget ger logiskt ett och det nedre logiskt noll) och utsignalen avläses på en lysdiod.

Låset öppnas om skjutomkopplarna manövreras i sekvens enligt 1 - 3

- 1) Båda i nedre läget
- 2) Vänster i nedre läget, höger i övre läget
- 3) Vänster i övre läget, höger i övre läget

vilket markeras av att lysdioden tänds. Låset ska förbli öppet ända tills båda omkopplarna förs till nedre läget, varefter nya öppningsförsök ska kunna göras. Vid felaktiga manövreringar ska nya öppningsförsök kunna göras först sedan båda omkopplarna förts till nedre läget.

Konstruera sekvensnätet. Använd JK-vippor, NAND-grindar och inverterare. Insignalerna måste synkroniseras.

Kontrollera först funktionen genom manuell klockning från en studs fri tryckomkopplare. Anslut därefter kristalloskallatorn (på spänningskennan) inställd på 8 MHz. För att kunna se hur nätet beter sig ska tillståndvariablerna anslutas till var sin lysdiod, alt logikprob.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 10a: Konstruera en synkron upp/ned-räknare. Räknaren ska ha 16 räknelägen (0 - 15). Räkneriktningen bestäms av signalen x så att $x = 0$ ger uppräkning och $x = 1$ nedräkning. Använd PROM, D-vippor och grindar. Ange minnesinnehållet.

Utsignalerna måste givetvis vara enligt Moore.

Uppgift 10b: Nollställ PROMen genom att i PROG-mode samtidigt trycka på de tre röda knapparna.

Logiskt kopplingsschema för uppgift 10a:

Uppgift 11a: Konstruera sekvensnätet i uppgift 9 med hjälp av PROM och D-vippor. Ange minnesinnehållet.

Uppgift 11b: Nollställ PROMen genom att i PROG-mode samtidigt trycka på de tre röda röda knapparna.

Logiskt kopplingsschema för uppgift 11a:

Uppgift 12: Konstruera en elektronisk tärning. Resultatet av ett tärningskast ska visas på en 7-segmentindikator.

Tärningen ska ha två utfallsrums:

$$U_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 6, 6\}$$

$$U_2 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

Utfallsrums ska kunna väljas med en omkopplare. I utfallsrums U_1 är sannolikheten att få en 1:a

$$P(1) = 1/8$$

Sannolikheten att få en 6:a är

$$P(6) = 3/8$$

I utfallsrums U_2 är alla sannolikheter lika

$$P = 1/6$$

Använd valfria kretsar ur labsatsen. **Klockan får inte grindas.**

Logiskt kopplingsschema:

Kontrollera tärningens funktion genom att utföra minst 50 försök i varje utfallsrum.

Fyll i tabellen:

$$U_1 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 6, 6\}$$

	Antal	Sannolikhet
1		
2		
3		
4		
5		
6		
	_____	_____

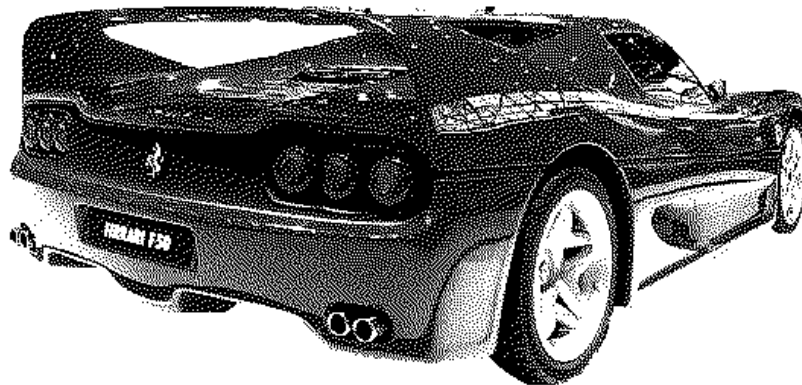
Summa: Summa = 1,0

$$U_2 = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$$

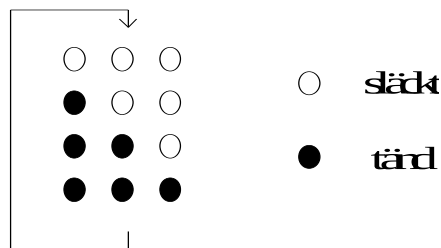
	Antal	Sannolikhet
1		
2		
3		
4		
5		
6		
	_____	_____

Summa: Summa = 1,0

Uppgift 13: Konstruera ett sekvensnät som styr körriktnings- och bromsljussystemet för en Ferrari F50. Bakre ljussystemet består av två uppsättningar om vardera tre lampor.



Vid högersväng ska den vänstra lampuppsättningen vara släckt medan den högra ska genomlöpa nedanstående sekvens. Sekvensen ska alltid börja med att den inre lampan tänds. Växlingsfrekvensen ska vara c:a 1 Hz. Vid vänstersväng ska motsvarande växling ske på den vänstra lampuppsättningen.



Vid inbromsning ska samtliga lampor tändas. Vid samtidig inbromsning och sväng ska svängsignalen fungera normalt, medan de tre lamporna i den andra gruppen ska lysa kontinuerligt.

Använd lysdioder för att simulera de två lampgrupperna. Körriktningsvisare och bromspedal simuleras med tryck- och skjut-omkopplare.

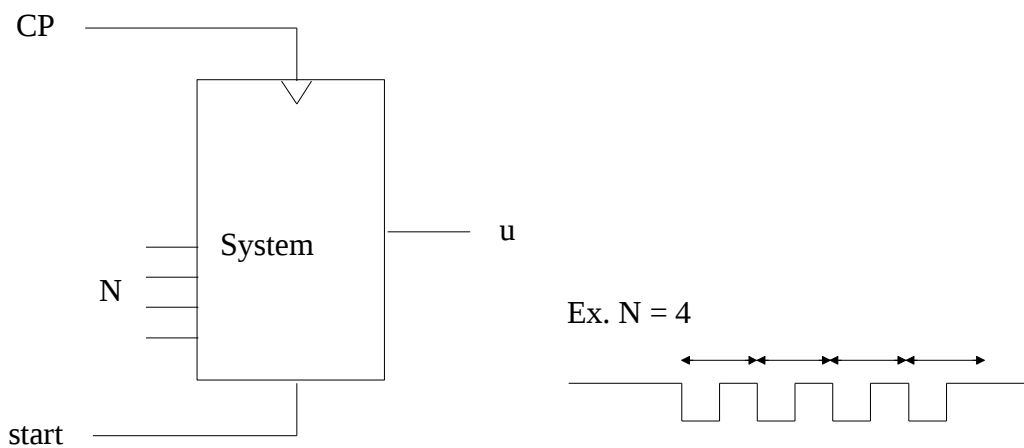
Använd valfria kretsar ur lab-satsen.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 14: Konstruera ett system som väljer ut ett förutbestämt antal klockpulser från en självsvängande klocka. Antalet klockpulser, N , ska kunna väljas i området 1 - 9. Antalet ställs in med fyra skjutomkopplare.

Använd en studsfri tryckomkopplare som startknapp. (Tänk på att detta är en asynkron insignal). Funktionen ska vara oberoende av den tid startknappen hålls nedtryckt.

Utsignalen u ska normalt vara hög. Utsignalen ska innehålla exakt N st klockpulser.



Använd valfria kretsar ur lab-satsen.

Logiskt kopplingsschema:

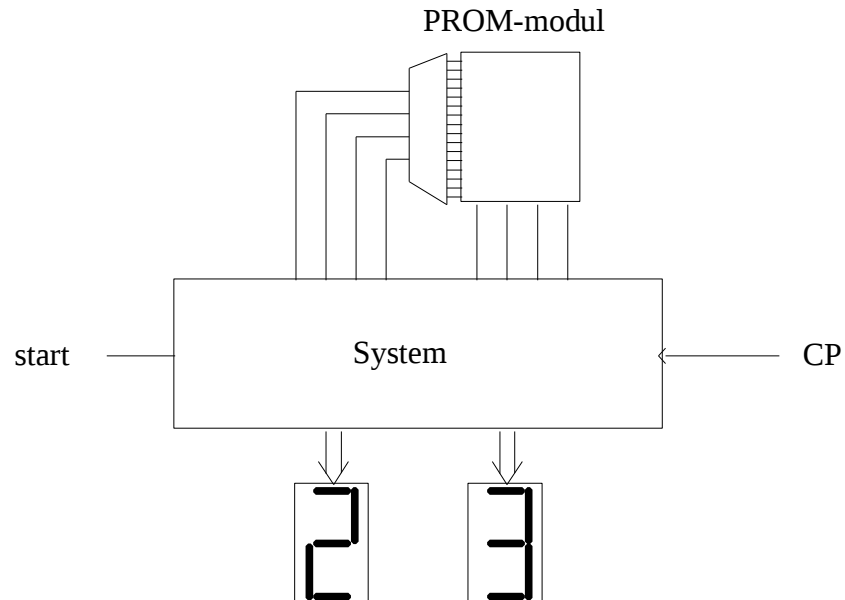
Uppgift 15: Konstruera en synkron autonom räknare som genomlöper sekvensen

q ₁	q ₂	q ₃
	↓	
0	0	0
0	0	1
0	1	0
0	1	1
1	0	0
1	0	1
1	0	0
0	1	1
0	1	0
0	0	1

Använd valfria kretsar ur lab-satsen, dock ej PROM.

Logiskt kopplingsschema:

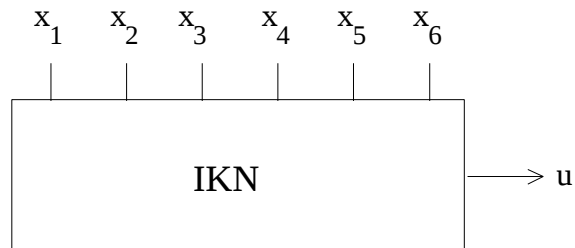
Uppgift 16: Minnesinnehållet i labsatsens PROM ligger kvar även vid spänningsbortfall. Konstruera ett digitalt system som räknar totala antalet ettor i PROMet. Resultatet ska presenteras i NBCD-form. Varje räkning ska startas med **en** knappetryckning, vilken alltså inkluderar såväl nollställning som start.



Använd valfria kretsar ur lab-satsen.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 17: Konstruera ett iterativt kombinatoriskt nät med utsignalen u , sådant att $u = 1$ om och endast om det bland insignalerna $X = \langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \rangle$ finns minst två sammanhängande ettor.



Använd NAND-grindar. Varje cell får fysiskt utgöras av högst en kapsel. Olika celler får inte dela kapsel. (För att åstadkomma detta krävs att kodningen väljs med omsorg t.ex. som 01 - 11 - 10).

Rita kopplingsschema för allmän cell samt randceller.

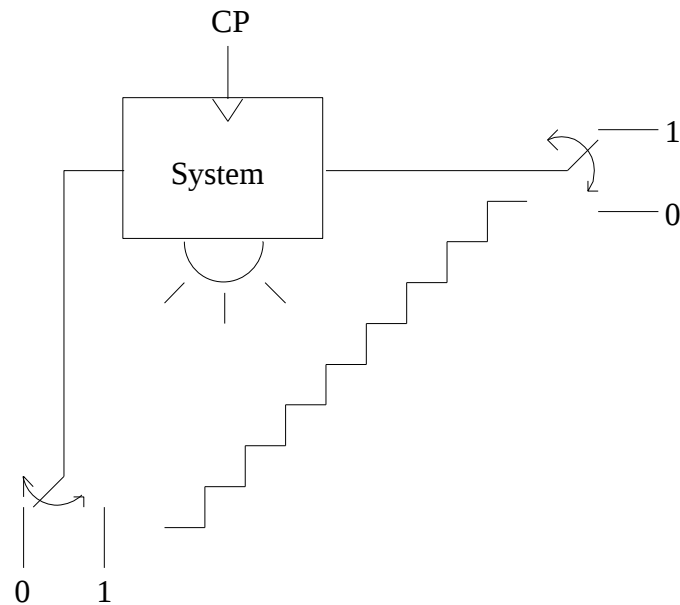
Uppgift 18: Konstruera ett nät som via en studsfri tryckomkopplare styr en reversibel räknare (74LS669) på följande sätt:

Varar en knapptryckning 8 klockpulsintervall **eller mer** ska räknaren nollställas.
Varar en knapptryckning mellan 1 och 7 klockpulsintervall ska räkneriktningen växla. När ingen knapptryckning görs ska räknaren räkna i vald riktning.
Vid "lång" tryckning ska räknaren nollställas så fort tiden överskridit 7 st klockpulsintervall och förbli noll så länge knappen hålls nedtryckt.

Använd valfria kretsar ur lab-satsen. Tänk på att insignalen är asynkron.

Logiskt kopplingsschema:

Uppgift 19: Konstruera en trappbelysning som består av ett digitalt system, en lampa samt två omkopplare placerade högst upp respektive längst ner i trappan. Manövreras en omkopplare när ljuset är släckt ska detta tändas och omvänt. För att spara energi ska belysningssystemet dessutom förses med en timer som automatiskt släcker ljuset c:a 15 s efter det att det tänts. Även om automatisk släckning skett ska inga extra åtgärder behöva vidtagas nästa gång man ska tända.



Du har tillgång till alla labsatsens kretsar. Använd skjutomkopplare som "strömbrytare" och en lysdiod som lampa.

Logiskt kopplingsschema: