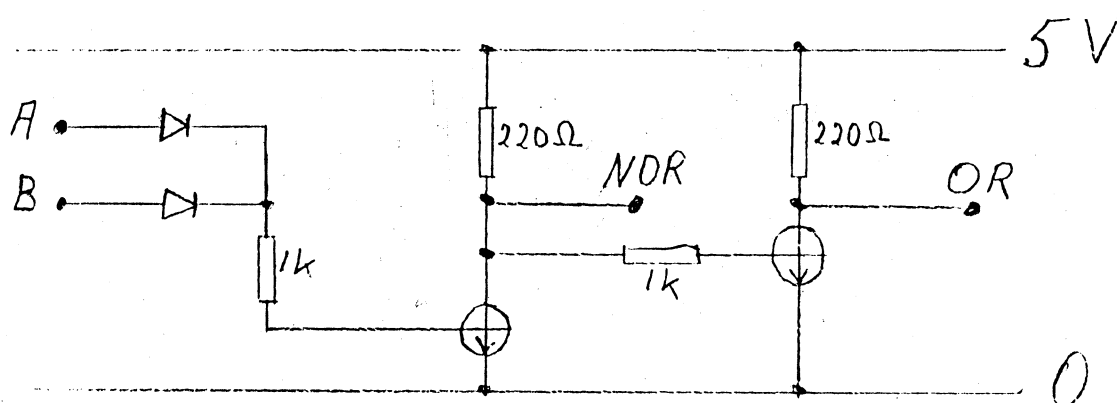


Gates.

Foretag en undersøgelse af følgende opstilling (den findes færdigfremstillet på sømbræt).



Undersøgelsen skal gå ud på, om punktet mærket "OR" er højt (H) eller lavt (L) i følgende fire tilfælde:

- 1) når både A og B er H - d.v.s. forbundet med 5 V.
- 2) når A er H, men B er L - d.v.s. forbundet med nul.
- 3) når A er L, og B er H.
- 4) når begge er L.

Indfør resultaterne i følgende skema:

A	B	OR
H	H	
H	L	
L	H	
L	L	

Skemaet, som du har udfyldt, kaldes et sandhedsskema.

Kredsens navn er OR-gate.

Prøv at forklare

- 1) hvorfor kredsen fungerer, som den gør:

- 2) hvorfor den har fået netop dette navn:

Undersøg derefter punktet mærket "NOR", og udfyld sandhedsskema.

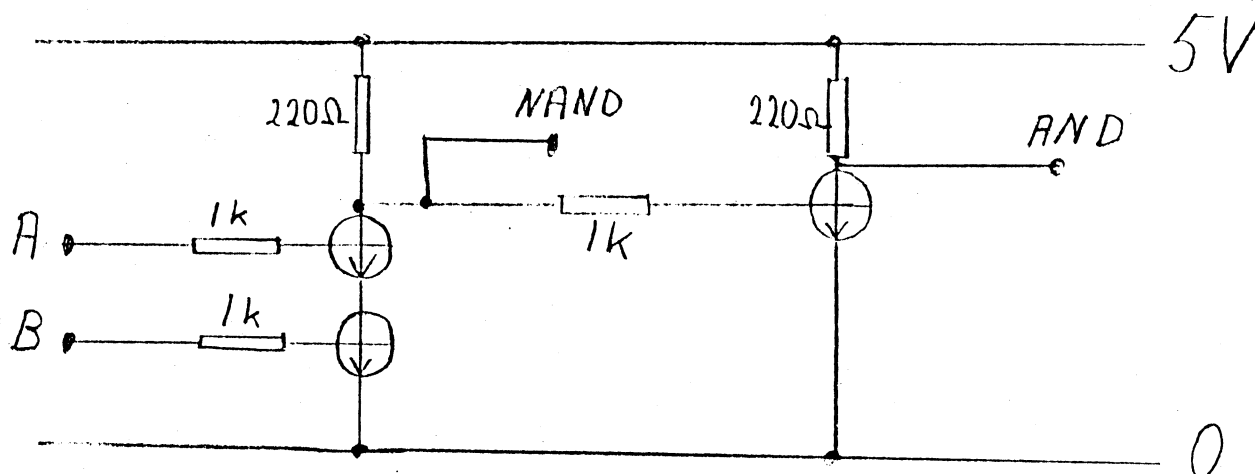
A	B	NOR
H	H	
H	L	
L	H	
L	L	

Kredsens navn er NOR-gate.

Forklar!

Læg mærke til, at et NOR-gate er det simpleste, og at man kommer fra dette til et OR-gate ved at tilføje et ekstra transistortrin, et såkaldt inverter-trin.

To kredse med andre egenskaber ses her:



Undersøg dem og udfyld sandhedsskemaer.

A	B	AND
H	H	
H	L	
L	H	
L	L	

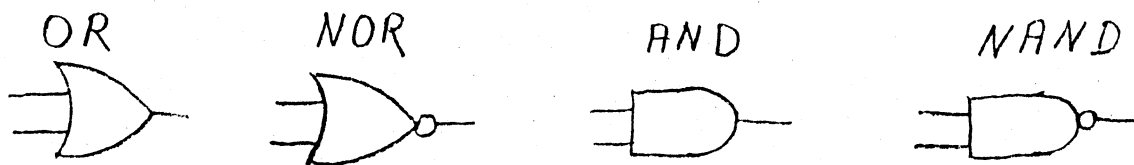
A	B	NAND
H	H	
H	L	
L	H	
L	L	

Kredsens navne er AND-gate og NAND-gate. Forklar funktionen og navnene:

Læg mærke til, at der også her er anvendt et inverter-trin.

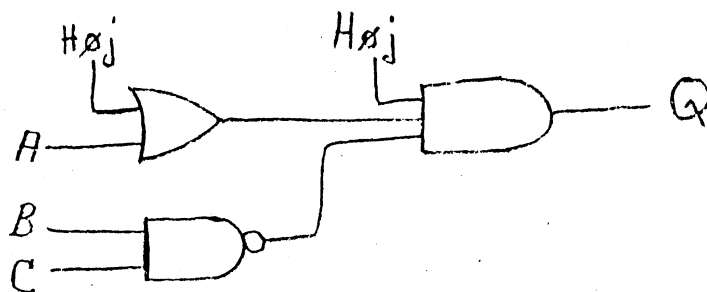
De viste gates har alle haft to indgangsterminaler (to inputs).  
Man kan også fremstille gates med tre, fire eller flere inputs.

Symbolerne for de fire gates er følgende (her tegnet som 2-input-gates)



Disse kredse og mange andre, der kun arbejder med H og L kaldes logiske kredse. I visse fremstillinger anvendes tallet 1 i stedet for H og tallet 0 i stedet for L.

Opgave:



Prøv uden at lave opstillingen at udfylde sandhedsskema for ovenstående kombination af gates (der er plads til et par hjælpepunkter, hvis du har brug for det)

A	B	C		Q
H	H	H		
H	H	L		
H	L	H		
H	L	L		
L	H	H		
L	H	L		
L	L	H		
L	L	L		

Opgave:

A	B	C	D	Q
H	H	L	L	L
Alle andre tilf.				H

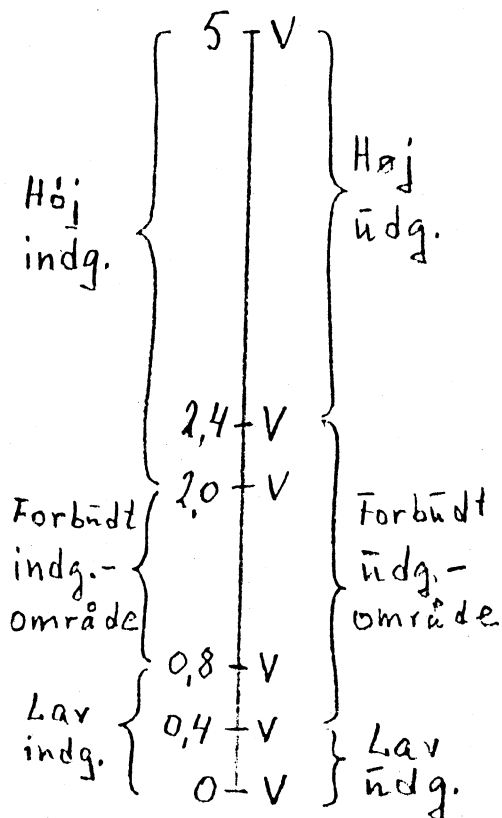
Prøv at skitsere en kombination af gates med fire indgange A, B, C og D og en udgang Q, der passer med ovenstående sandhedsskema:

## Integrerede kredse.

De tidligere nævnte gates og mange andre - også mere indviklede - kredse kan købes færdigfremstillet som såkaldte integrerede kredse (IC = integrated circuits).

Vi vil kun beskæftige os med kredsene fra 74-serien. Alle disse er logiske kredse og har nummerbetegnelser, der begynder med 74.

Kredsene kræver en driftspænding på 5 V DC ( $+0,25$  V), men det er ikke nødvendigt at give en indgang netop denne spænding, for at den kan blive H, blot spændingen er 2 V, vil den af kredsen opfattes som H. Tilsvarende gælder, at alle spændinger mellem 0 V og 0,8 V opfattes L af en indgang. Området mellem 0,8 V og 2 V er "forbudt" område, som ikke anvendes.



For at udgange med sikkerhed skal kunne anvendes til andre kredsers indgange, stilles der endnu større krav til disse, idet en høj udgang altid vil være over 2,4 V og en lav under 0,4 V.

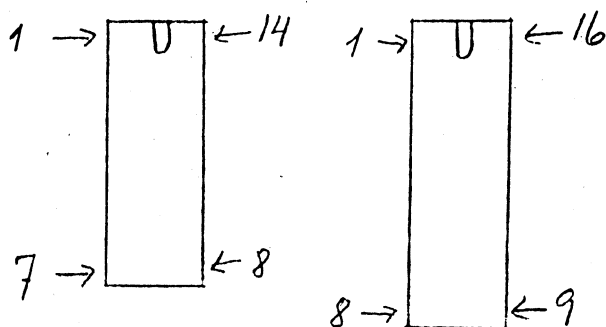
Vi vil arbejde med kredsene i en prøvebænk, som netop giver 5 V som driftspænding. Endvidere har den en række lampedrivtrin, så man kan undersøge om udgange er H eller L.

Der findes også to bøsninger, som med tilhørende kontakter efter behag kan gøres H eller L. Endelig er der en bøsning, som giver impulser (enten 100 Hz eller variabel).

IC'erne har 14 (eller 16) ben, og de anbringes i en sokkel med 16 huller - d.v.s. at der undertiden bliver 2 huller til overs.

Anbringelsen må foregå meget omhyggeligt, da benene let bukker, og ved udtagningen må man forsigtigt lempe dem ud med en skruetrækker og ikke med fingrene.

Benene har numre, og en IC (set ovenfra) har benene anbragt som vist på tegningen.



For at lette oversigten anvender vi her den regel, at hakket ved siden af ben 1 altid vendes opad (mod lampe-drivtrin)

En indgang, der hverken er forbundet til H eller L (altså er svævende), vil normalt

kunne regnes for H. Dog bør man ikke stole på dette, men foretage en rigtig forbindelse til H, når man har brug for det.

De anvendte kredse kaldes TTL-kredse (Transistor-Transistor-Logik). Andre kredse kan f.eks. være opbygget med dioder og transistorer (DTL-kredse) eller med resistorer og transistorer (RTL-kredse). Flere muligheder har været brugt, og endnu flere vil sikkert komme.

### Afprøvning af IC-gates.

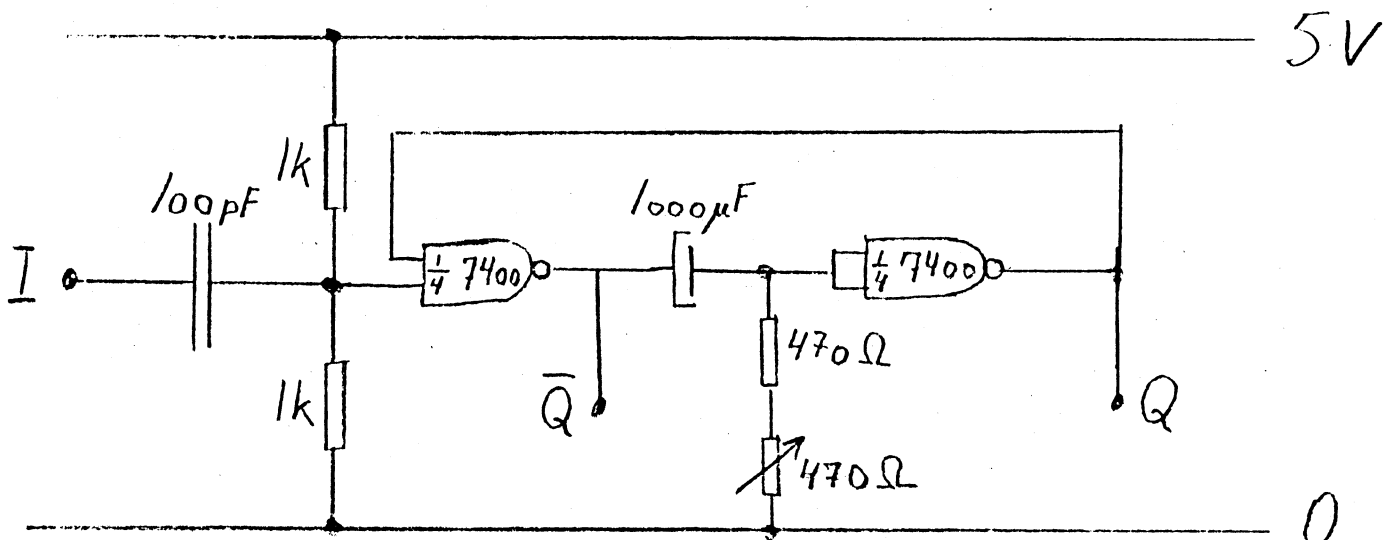
De gennemgåede gates kan blandt andet findes i følgende IC'er:

OR	7432
NOR	7402
AND	7421
NAND	7400

Afprøv de enkelte kredse i prøvebanken, idet du finder de nødvendige oplysninger i databladene ( $V_{CC}$  står for driftspændingen 5 V og GND står for "ground", altså 0 V)

Opstil eksemplet side 3 og afprøv det.

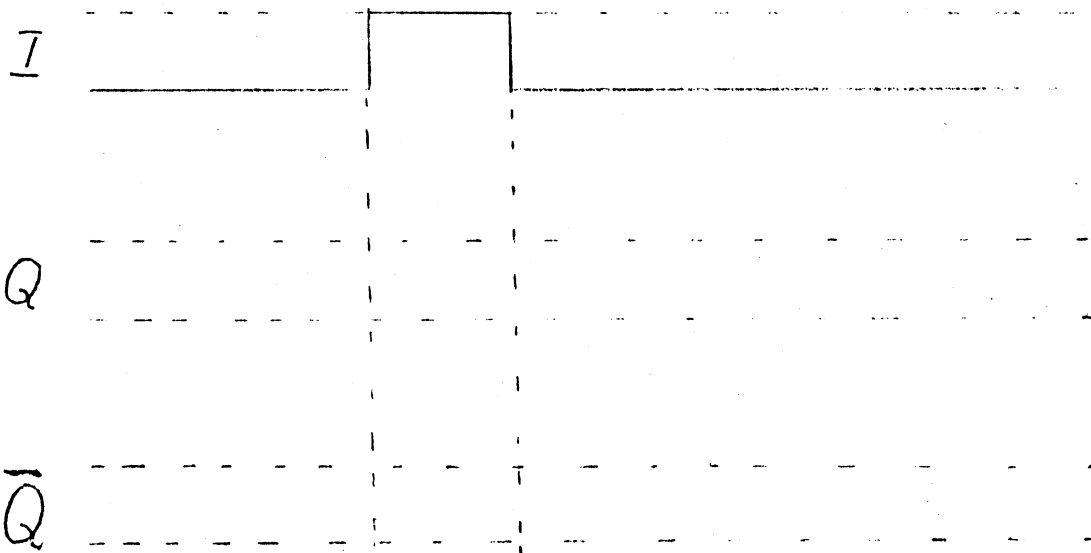
Opstil dit løsningsforslag side 4 og afprøv det.

Monostabil multivibrator

Byg ovenstående kredsløb (findes delvis færdigt på sømbræt). Tilslut udgangene  $Q$  og  $\bar{Q}$  til hver sit lampedrivtrin, og undersøg hvordan de afhænger af spændingen på indgangen  $I$  i følgende tilfælde:

- når  $I$  holdes fast L
- når  $I$  går fra L til H
- når  $I$  holdes fast H
- når  $I$  går fra H til L

Tegn nedenstående diagram færdigt.



Prøv at forstå kredsens funktion - herunder navnet "monostabil multivibrator".

Kommentarer:

Undersøg og overvej også betydningen af den variable modstand (den er maximal, når den er drejet helt til højre).

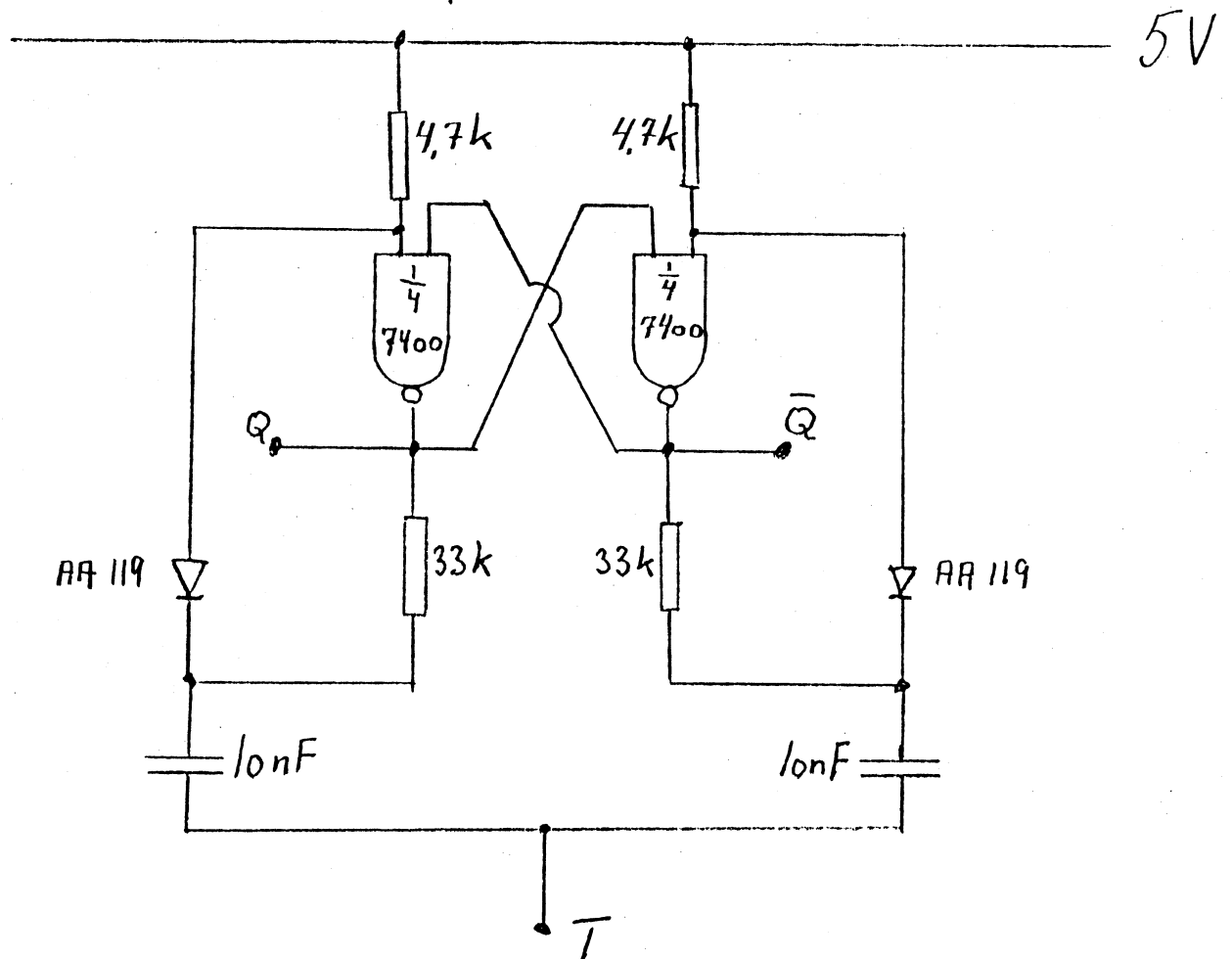
Kommentarer:

Forsøg til slut at konstatere, om kredsen er påvirkelig fra indgangen, mens udgangsimpulsen varer.

Kommentarer:

Den monostabile multivibrator er velegnet til at give en impuls (H eller L) med en i forvejen bestemt varighed. Vi vil senere anvende en færdigfremstillet monostabil multivibrator (74121) som indgang til en impulstæller, idet vi vil sætte den til at lukke op for tælleren i præcis 1 sekund, hvorved de indkomne impulsers frekvens direkte måles i hz (impulser pr. sekund).



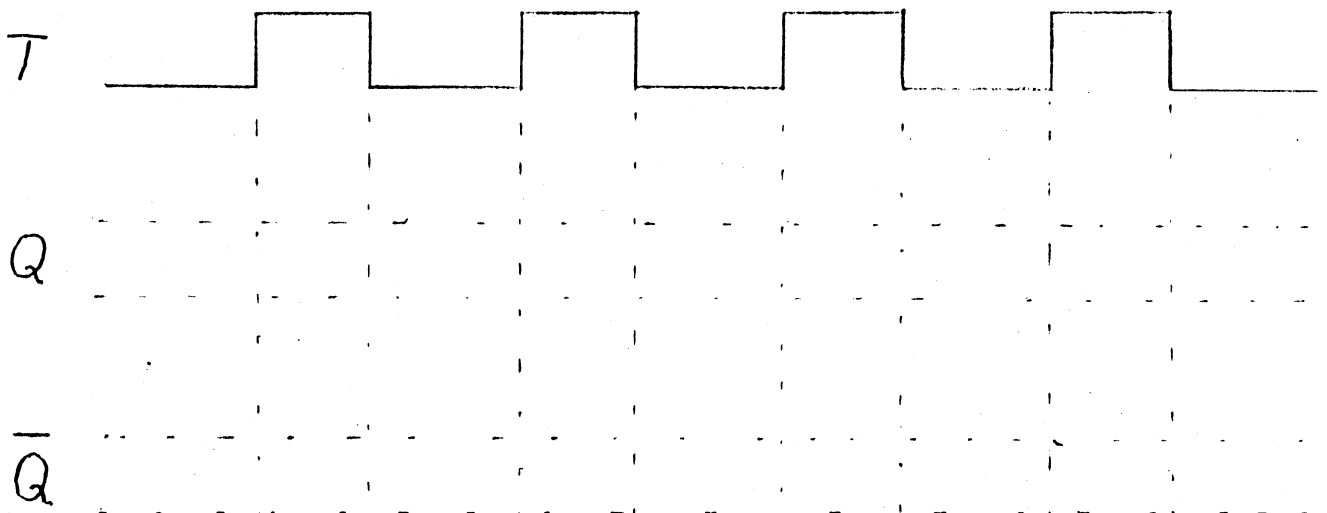
Flip-flop.

Byg ovenstående opstilling (findes delvis færdig på sømbræt).

Tilslut udgangene  $Q$  og  $\bar{Q}$  til hver sit lampedrivtrin, og læg mærke til, hvad der sker, når indgangen  $T$  skifter mellem H og L og mellem L og H.

For rigtigt at kunne forstå, hvad der sker, er det nok også nødvendigt at sætte de fire indgange på de to NAND-gates til hver sit lampedrivtrin.

Tegn nedenstående diagram færdigt.

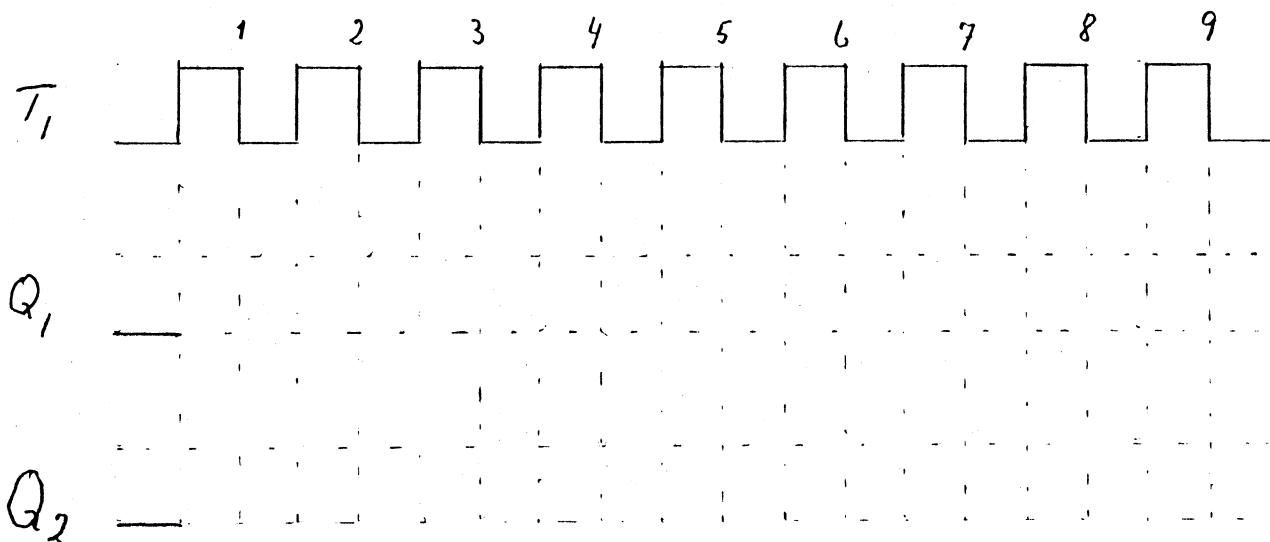


Kredsen hedder en bistabil multivibrator eller en flip-flop. Der findes flere forskellige typer af flip-flops. I denne udformning kaldes den en T-flip-flop, hvor T står for toggle (eng. toggle switch = vippeomskifter).

Vi har nu begyndelsen til en tæller, idet f.eks. Q-udgangen skifter, hver gang der kommer en negativ (nedadgående) impuls på T-indgangen. Tællerens begrænsning ligger i, at den kun kan tælle til 1, altså markere tallene 0 og 1.

Prøv at udvide kapaciteten med yderligere en flip-flop (samme 7400 kan anvendes, idet den indeholder fire NAND-gates). Den nye flip-flop skal nu triggles (på sin T-indgang) af den førstes Q-udgang, d.v.s. den vil skifte, hver gang den førstes Q-udgang går fra H til L, altså med den halve frekvens.

Tegn nedenstående diagram, hvor de to flip-flops Q-udgange,  $Q_1$  og  $Q_2$  begge starter med L:



Kan det passe, at der skal 4  $T_1$ -impulser til, før begge Q-udgangene er lave?

Hvor lang tælle-cyclus kunne vi få, hvis vi i alt anvender

- a) 3 flip-flops?
- b) 4 flip-flops?
- c) 8 flip-flops?

Hvor mange flip-flops skal anvendes, hvis vi ønsker en tælle-cyclus på 1024?

Hvis vi anvender 4 flip-flops efter hinanden, og alle Q-udgangene starter på L, hvor mange negative impulser er der da kommet i nedenstående tilfælde, hvor ringene forestiller lamperne i de respektive lampedrivtrin?

N.B. På tegningen er den første flip-flops udgang  $Q_A$ , der tæller enere, anbragt til højre som ved normale tal. Signalet går nu videre mod venstre til næste ciffer.

$Q_D$   
○  
mørk

$Q_C$   
○  
lys

$Q_B$   
○  
lys

$Q_A$   
○  
mørk

Resultat \_\_\_\_\_ impulser

Og i følgende tilfælde:

$Q_D$   
○  
lys

$Q_C$   
○  
mørk

$Q_B$   
○  
lys

$Q_A$   
○  
lys

Resultat \_\_\_\_\_ impulser

Hvordan ville lamperne se ud, hvis der var kommet 12 impulser?

$Q_D$   
○

$Q_C$   
○

$Q_B$   
○

$Q_A$   
○

Og 15 impulser?

$Q_D$   
○

$Q_C$   
○

$Q_B$   
○

$Q_A$   
○

Tæller.

IC'en 7493 har 4 flip-flops, hvoraf kun de 3 er kædet sammen.

Du kan se på data-bladet, hvordan den fjerde kobles til.

Endvidere kan du se, hvordan man ved hjælp af "reset" kan nulstille alle udgangene.

Sæt kredsen op med Q-udgangene til hver sit lampedrivtrin ( $Q_A$  til højre) og foretag en afprøvning.

Hvor langt kan der tælles, hvis yderligere en 7493 kobles på?  
Prøv!

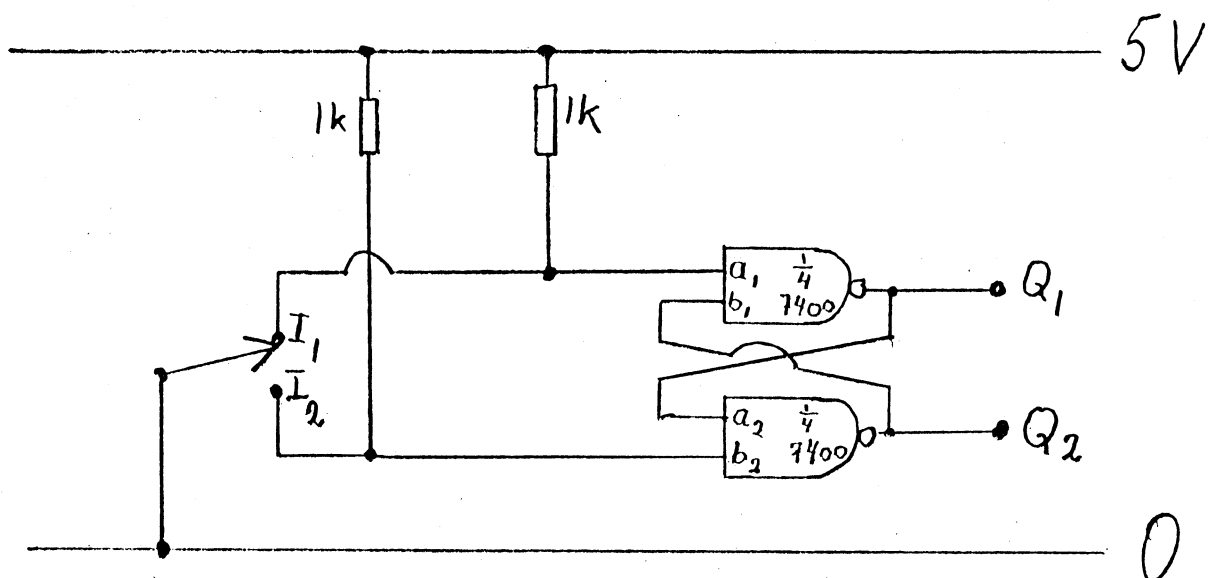
Lad opstillingen blive stående, den skal bruges i det følgende.

Kontakt-prel.

En almindelig kontakt vil, når den skifter, på grund af gnister udsende en række impulser, som uønsket kan blive registreret af en tæller.

For at en tæller skal kunne fungere præcist, er det derfor nødvendigt, at den aktiviseres af en prel-fri kontakt.

En sådan kontakt kan være opbygget som nedenstående tegning viser, hvor  $Q_1$  eller  $Q_2$  efter frit valg kan anvendes som impuls giver.



Udfyld (uden at lave opstillingen) nedenstående sandhedsskema.

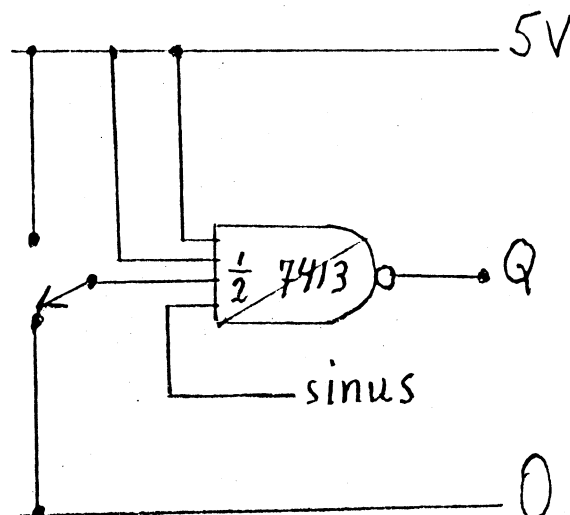
	$I_1$	$I_2$	$a_1$	$b_1$	$Q_1$	$a_2$	$b_2$	$Q_2$
Udgangsstilling	L							
Skift		L						
Prel på $I_2$		H						
uden at $I_1$ ændres		L						

Kan du indse, at de to sidste impulser (prel) ikke får betydning for udgangene  $Q_1$  og  $Q_2$ ?

De omskifterkontakter, der sidder i prøvebænkene, er netop gjort prel-fri efter ovenstående system.

### Schmitt-trigger.

Sinus-impulser er ikke velegnede til at trigge IC-kredse med, men de kan omformes ved hjælp af en såkaldt Schmitt-trigger. Den findes i flere udgaver. Vi anvender 7413, som er et dobbelt 4-input NAND-gate med specielle egenskaber. Tilslut den som vist på tegningen,



hvor to indgange er gjort H, den tredje er forbundet til kontakten, der kan skifte mellem H og L, og den fjerde modtager sinus-impulser.

Ud fra sandhedsskemaet for et NAND-gate kan ses, at udgangen i den viste opstilling til stadighed vil være H, så længe den tredje indgang er gjort L, men

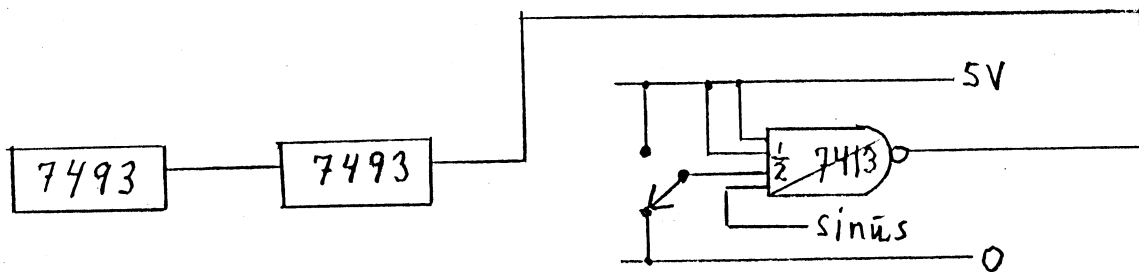
hvis den gøres H, vil udgangen skifte mellem H og L i takt med sinus-impulserne.

Iagttag såvel indgangsimpulserne (muligvis ikke helt sinus-formede) som Schmitt-triggerens udgangsimpulser på oscilloskop, og tegn dem nedenfor.

Indgang

Udgang

Prøv nu som vist på tegningen at sende udgangsimpulserne fra 7413 ind i den tidligere opstillede 2 x 4 flip-flop, idet du gør den tredje indgang høj i netop 1 sekund ved hjælp af den pelfri kontakt.



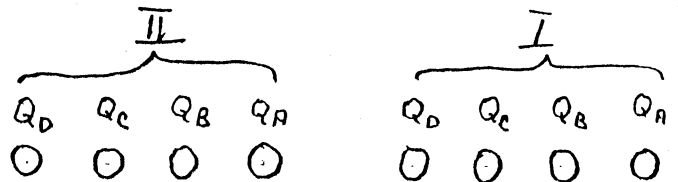
Hvor mange impulser blev registreret?

\_\_\_\_\_ impulser.

Hvor lang tid var kontakten i virkeligheden sluttet?

\_\_\_\_\_ sekund.

Hvordan skal lamperne se ud, hvis kontakten er sluttet i præcis 1 sekund?



I 2 sekunder? Prøv!



I 3 sekunder? Prøv!



Lad opstillingen blive stående.

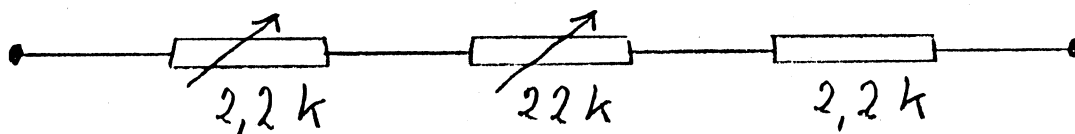
Frekvens-tæller.

Hvis vi med nogenlunde stor sikkerhed kunne åbne for den forrige opstilling i netop 1 sekund, ville den kunne anvendes som frekvens-tæller for sinus-impulser med andre frekvenser end de anvendte 100 Hz.

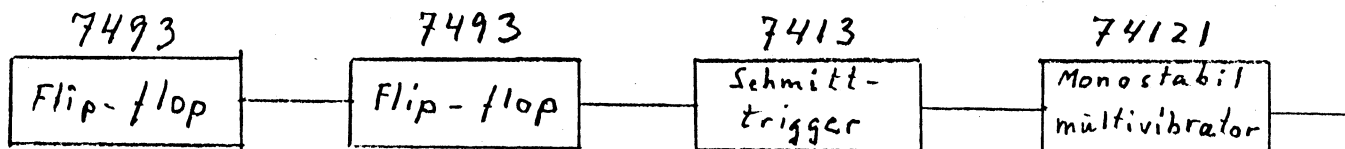
Dette kan opnås med en monostabil multivibrator. Vi anvender 74121. I data-bladet kan du se

- 1) hvordan RC-leddet skal anbringes
- 2) hvordan en "lyt" skal anbringes for at blive polet korrekt
- 3) hvilke begrænsninger der er for RC-leddets størrelse

En variabel modstand, der kan anvendes i RC-leddet, og som har følgende udseende, findes færdig på sømbræt:



Indret den monostabile multivibrator, så dens Q-udgang åbner præcis i 1 sekund. Dette kan gøres ved at lade den træde i stedet for den manuelt betjente kontakt ved Schmitt-triggerens tredje indgang og sørge for, at der slipper præcis 100 impulser igennem, når der anvendes 100 Hz.



Inden du anvender frekvens-tælleren til kontrol af en tonegenerator, må du først sætte denne til et skop og justere impulshøjden (spids-spids) til at være ca. 4 V. Hvorfor?

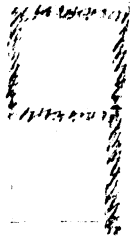
Prøv nu at kontrollere tonegeneratorens frekvens-skala.

Er der en grænse for, hvor høje frekvenser der kan måles?

Udlæsning med lystal.

Da det er besværligt at arbejde i det såkaldte binære talsystem (to-tal-systemet), vil vi ændre vores tæller, så den anvender ti-tal-systemet og udskriver resultaterne med lysende tal.

I stedet for 7493, som har en tælle-cyclus på 16, vil vi nu gå over til at anvende en anden flip-flop, nemlig 7490, som har en tælle-cyclus på 10. Prøv at sammenligne de to flip-floppers sandhedsskemaer.

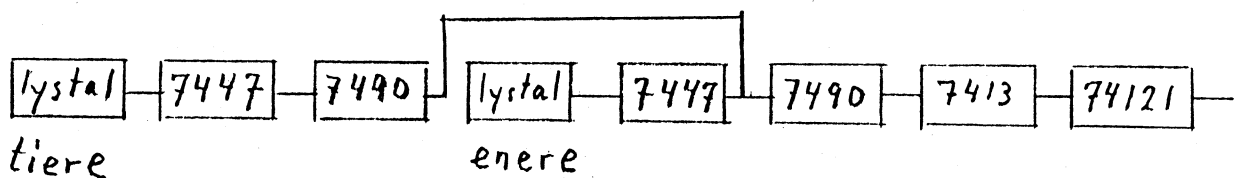


Lystallene, vi bruger er såkaldte 7-segment-tal, som har syv lysdioder, der ved passende kombination kan vise alle tal fra 0 til 9 (f.eks. 9 som på tegningen).

Imidlertid kan tallene ikke styres direkte af 7490, men der må ind imellem anbringes en såkaldt dekoder (7447), der styres af 7490, og som selv styrer tallene.

Inden du går i gang med opstillingen, må du lige have en praktisk oplysning, som ikke fremgår klart af data-bladene: Lystallene kan ikke tåle 5 V. Der må derfor sættes en modstand imellem. Dette kan f.eks. lade sig gøre ved at sætte  $V_{CC}$  på ben 4 i stedet for ben 3, som data-bladet opgiver, og til gengæld anbringe en modstand på 68 ohm (findes færdig) mellem ben 3 og 4.

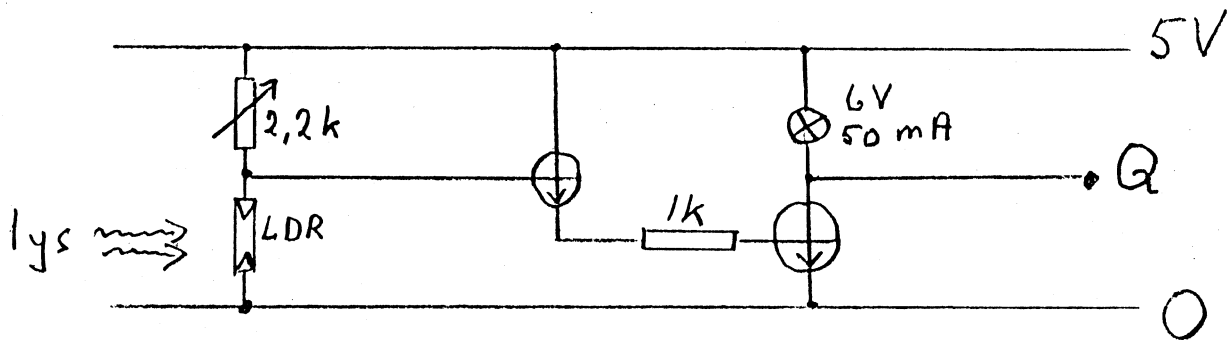
Byg nu opstillingen op som vist på tegningen.



Kontroller om 74121 stadig lukker op i 1 sekund, og brug opstillingen som frekvenstæller ved en ny kontrol af tonegeneratorens frekvensskala.

Hvordan går det ved høje frekvenser?

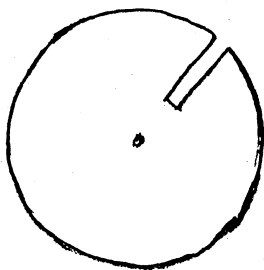


Passage-tæller.

I ovenstående opstilling (findes på sømbræt) belyses LDR-modstanden med en reuterlampe eller laserlampe. Indstil den variable modstand på 2,2 k, så Q-udgangen skifter både når der skygges for lyset med en hånd, og når hånden tages væk igen. Sæt den i forbindelse med tælleren (naturligvis uden om 74121), og anvend den som passage-tæller af forskellige genstande.

Forklar funktionen:

Prøv at indstille den, så den bliver mest mulig følsom (d.v.s. kan reagere på meget hurtige passager). Hvad bliver i dette tilfælde  $V_{BE}$  på den første transistor?  $V_{BE} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ V.}$



Hvis du har tid og lyst, så prøv, om den kan indrettes som omdrejningstæller for en skive med slids.

Kan opstillingen ændres, så en lampe lyser, eller en højttaler hyler, når der er sket et bestemt antal passager?

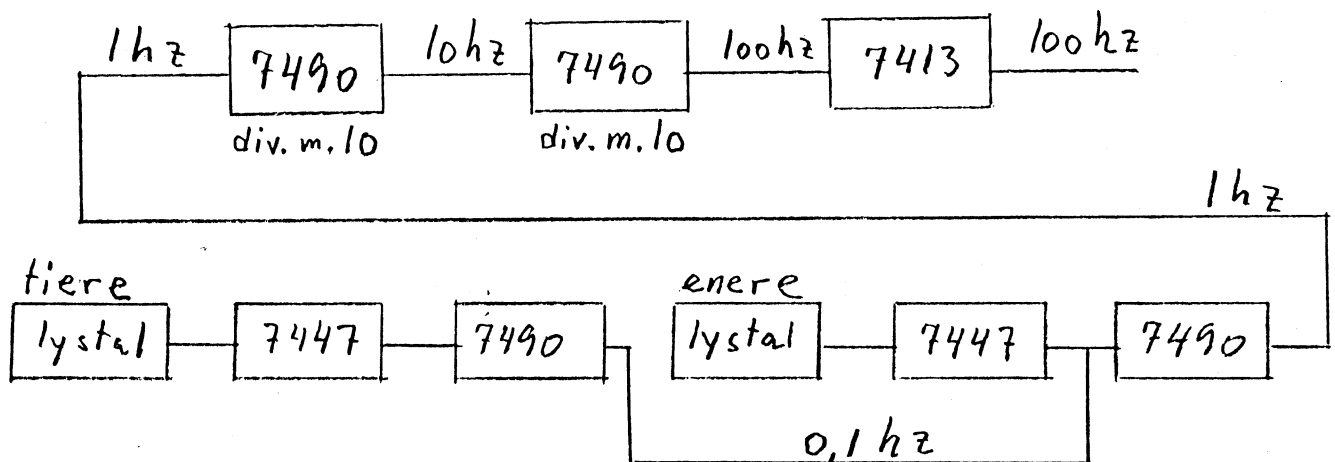
Forklar et eller flere eksempler:

Digital-ur.

Hvis vores tæller modtager en impuls hvert sekund, er den omdannet til et ur. Dette kan lade sig gøre, hvis vi sender vores 100 hz-impulser fra prøvebanken (gennem en Schmitt-trigger 7413) ind i en flip-flop 7490, som jo har en tælle-cyclus på 10. Det vil sige, at dens sidste Q-udgang ( $Q_D$ ) vil gå L, når den modtager impuls nr. 10. Frekvensen 100 hz bliver derved omdannet til 10 hz, og man kalder derfor ofte 7490 for en "divider med 10".

Hvis vi derefter lader impulserne gå ind i en ny 7490, bliver frekvensen nedsat til 1 hz, og disse impulser kan nu trække vores tæller.

Udfør opstillingen som vist nedenfor.



Desværre har uret den skavank, at det tæller helt op til 99, før det viser 00. Vi vil naturligvis hellere have, at det tæller til 59 og derefter går på 00.

Det bliver nu din opgave at ændre opstillingen, så der tælles på denne måde. Ud fra sandhedsskemaerne kan du finde ud af, hvordan den 7490, der hører til tierne, tvinges til at nulstilles i samme øjeblik tallet prøver på at vise 6.

Indføj dit løsningsforslag på tegningen ovenfor, og gennemprøv det.

Du er nu sikkert i stand til at bygge uret færdigt, så det viser både timer, minutter og sekunder. Muligvis er der ikke tid til at udføre opstillingen, men prøv at tegne et løsningsforslag her: