

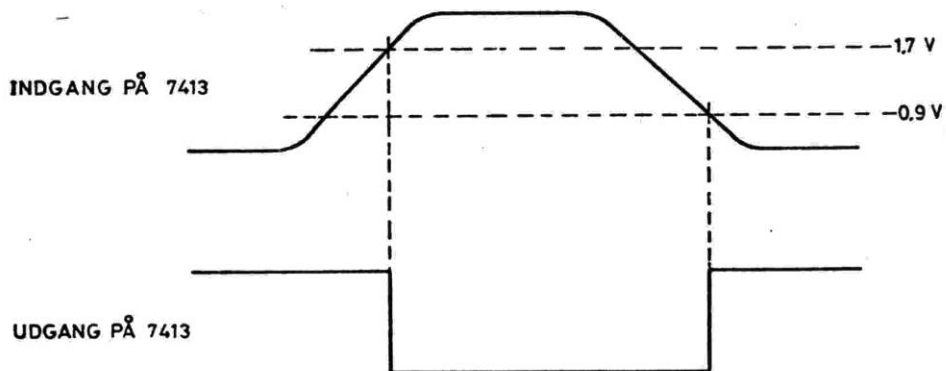
3.2.2 Impulsformere

Tællerne i 74-serien stiller bestemte krav til indgangssignalerne for at tælle korrekt.

Således kan impulserne fra ensretteren (ET 26 side E 109) ikke umiddelbart anvendes. Man siger, at ensrettersystem og tællersystem ikke er kompatible.

Signalerne fra AMV'en i kapitel 1 er sædvanligvis heller ikke TTL-kompatible.

En tilfældig signalgenerator kobles til TTL-tællerne gennem en interface-enhed, der former impulserne, så de bliver TTL-kompatible. Denne funktion som interface-enhed har 7413 og 74132.



Her er det netop schmitt-trigger-funktionen, der er afgørende. Selv om indgangsspændingen vokser og aftager langsomt, sker omslaget på kredsens udgang meget hurtigt, når indgangsspændingen passerer skiftespændingerne.

Kravene til den langsomt varierende spænding, hvis "kanter skal rettes op" er, som det fremgår af tegningen, at den varierer mellem spændinger mindre end 0.9 V og større end 1.7 V.

Vil man omdanne en sinus, der svinger symmetrisk omkring 0 V, til firkanter, skal sinusamplitudens spids-spids værdi således være mindst 3.4 V.

En særlig interface-funktion er omsætningen af impulser fra en mekanisk kontakt til prel-frie TTL-impulser:

Inden de to metalflader i en kontakt falder til ro mod hinanden, kan man forestille sig, at det bevægelige metalstykke "hopper" nogle gange på det faste stykke, og derved skaber adskillige,

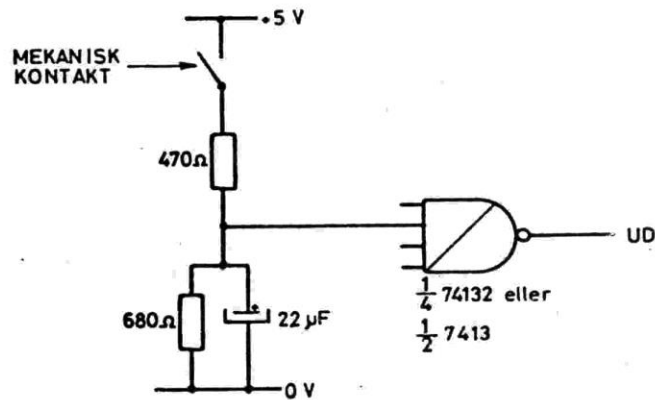
kortvarige forbindelser inden den endelig kontaktslutning finder sted. Dette vil virke som om kontakten ikke afgiver én, men mange impulser.

Samme fænomen kan man forestille sig frembragt af mikroskopiske ujævnheder i kontaktmaterialernes overflader.

Vi taler om kontaktprel.

Man kan let se virkningen af kontaktprel, hvis man kobler en telefondrejeskive (eller anden slutte-kontakt) ind direkte mellem en tællers indgang og nul. Tælleren viser altid større tal end det, der er drejet.

I start-stop-gaten

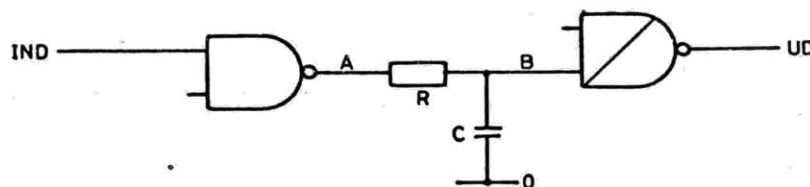


er tidskonstanten tilpasset sådan, at prellet udglattes. Samtidig får selve impulsen også "bløde" kanter, der derefter "rettes op" i schmitt-triggeren.

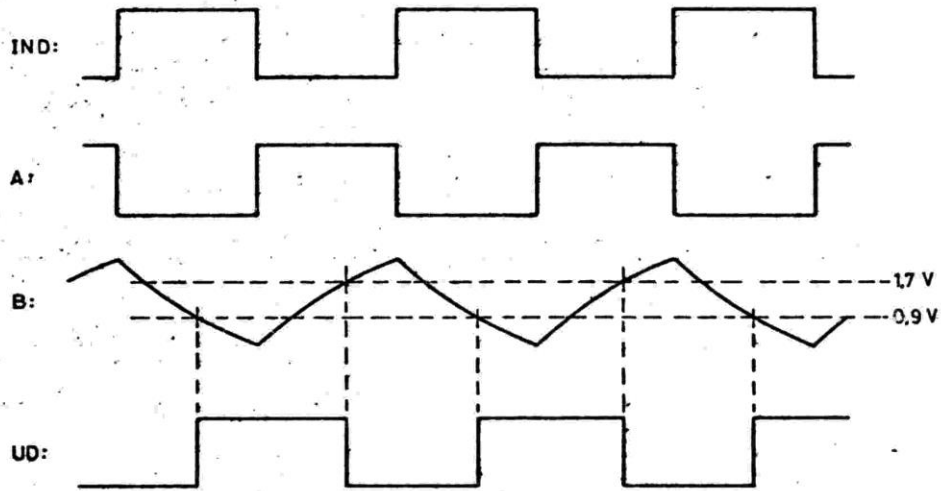
3.2.3 Andre anvendelser af 7413/132

De her viste kredsløb anvendes ikke direkte i elevteksten, men kan måske være af interesse under videregående eksperimenter:

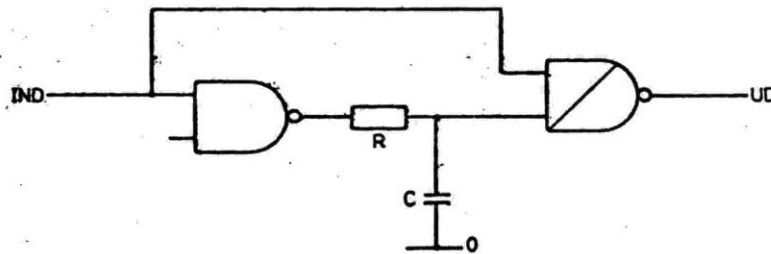
1) En "impulsforsinker":



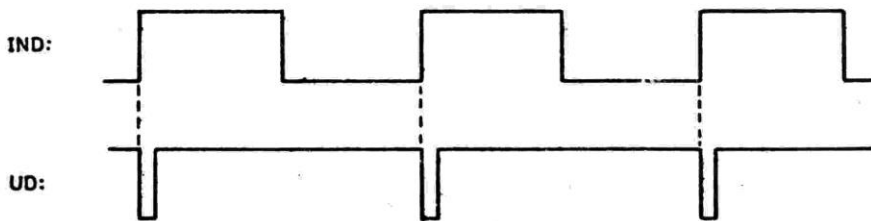
Beskrivelse af funktionen:



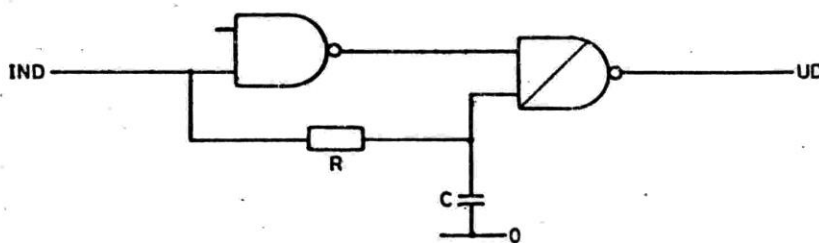
2) En "detektor for positivt gående kanter":



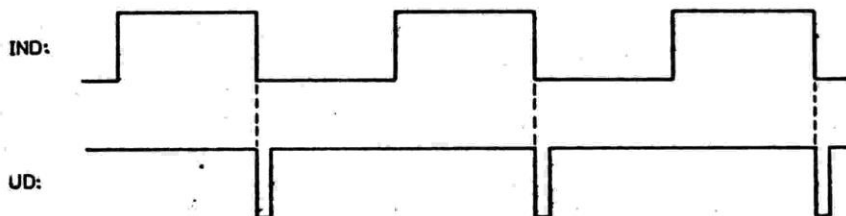
Kredsløbet analyseres på samme måde som ved "impulsforsinkereren".
Resultatet er:



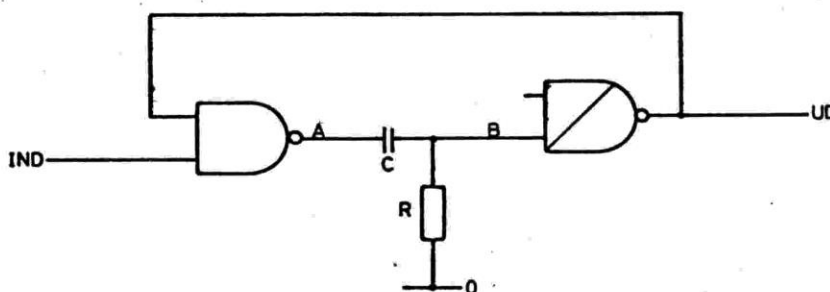
3) En "detektor for negativt gående kanter":



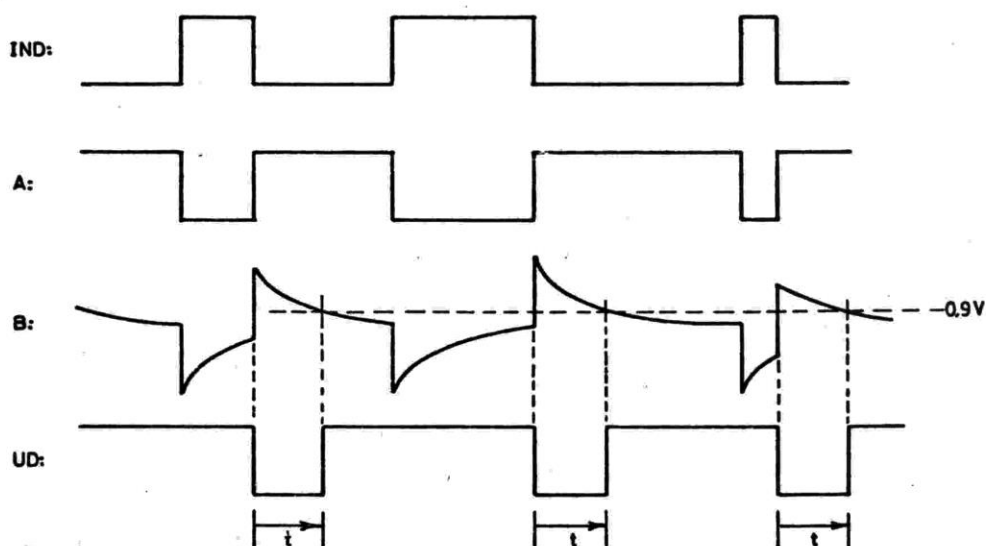
Beskrivelse af funktionen:



4) En monostabil multivibrator.



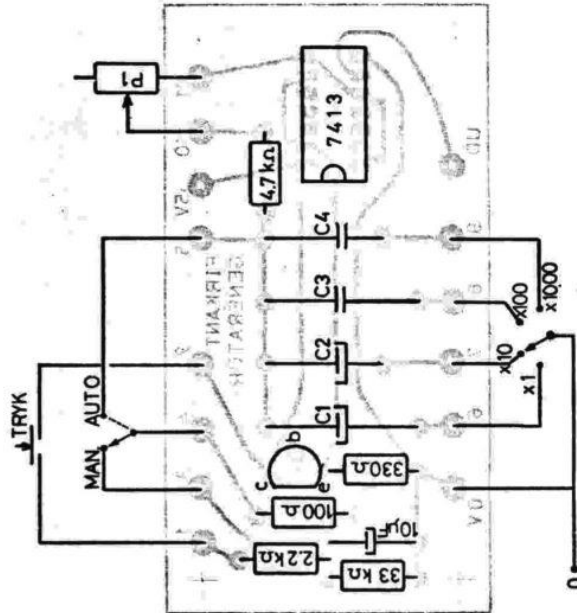
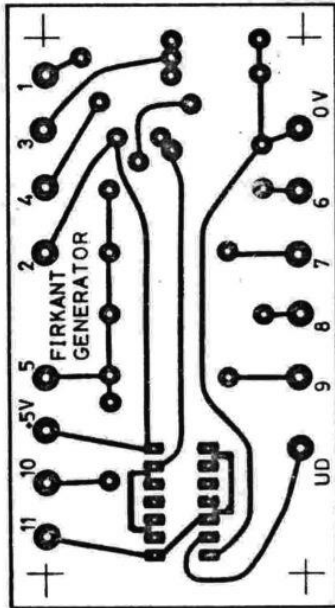
Beskrivelse af funktionen:



Udgangsimpulserne får en fast længde (t), bestemt af R og C , uafhængigt af indgangsimpulserne.

Kredsen 74121 er "født" som monostabil, og skal blot forsynes med R og C for at fungere. Denne kreds omtales side L 166.

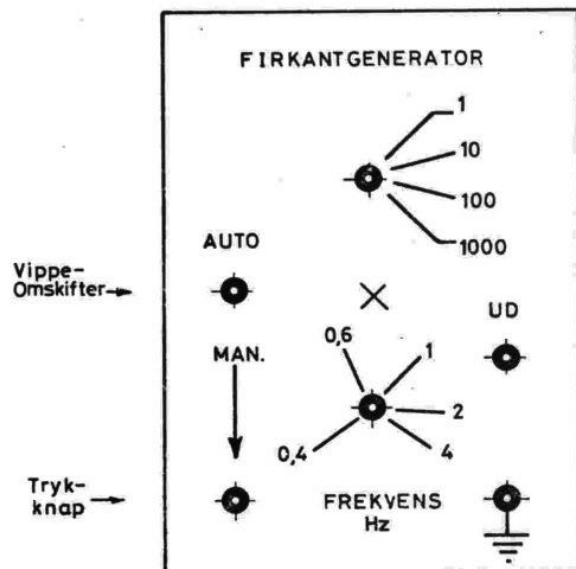
Print og komponentplacering:



Vi har monteret generatoren i en metalkasse TEK0 type BC/1, og forpladeskiltet nedenfor er tegnet til denne.

Nødvendige komponenter m.v.:

- | | |
|--|----------------|
| 1 stk. 2.2 kΩ | P1: 47 kΩ lin. |
| 1 stk. 33 kΩ | C1: 47 μF |
| 1 stk. 100 Ω | C2: 4.7 μF |
| 1 stk. 330 Ω | C3: 470 nF |
| 1 stk. 4.7 kΩ | C4: 47 nF |
| 1 stk. BC 547B | 1 stk. 10 μF |
| 1 stk. 7413 | |
| 1 stk. 14-ben sokkel | |
| 14 stk. printspyd | |
| 1 omskifter 1 x 4 stillinger | |
| 1 en-polet vippeomskifter | |
| 1 trykknop | |
| 2 knapper (til omskifter og variabel modstand) | |
| 1 monteringskasse TEK0 BC/1 | |
| 4 telefonbøsninger. Heraf monteres to på kassens bagside til 5 V spændingsforsyning. | |



3.3 NØJAGTIGE TIDSIMPULSER

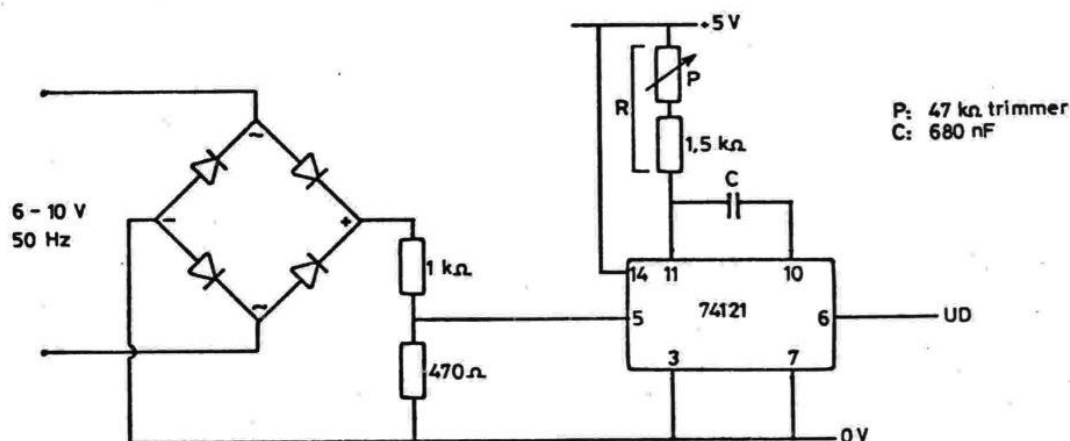
3.3.1 Impulser med lysnettets frekvens

I forbindelse med 5 volt spændingsforsyningen i afsnit 2.6 (side L138) viste vi, hvordan man kan skaffe sig 100 Hz impulser fra lysnettet. Man er naturligvis ikke bundet til spændingsforsyningen, men kan lave impulserne separat som beskrevet i elevteksten ET 26, side E 109.

Mens firkantgenerators med 7413/132 hverken er nøjagtige eller stabile, er lysnetffrekvensen så præcis, at den med rimelig nøjagtighed kan anvendes f.eks. som "frekvensnormal" i et digitalur, eller som leverandør af impulser til styring af en frekvenstæller. Dette sidste behandles nærmere i afsnit 3.4.3.

Systemet, der er beskrevet i ET 26 fungerer udmærket, men kan forbedres noget med hensyn til "falske" impulser, såkaldte transienter, der kan optræde på lysnetspændingen. Transienter kan f.eks. stamme fra en motor, der starter eller stopper, fra lysstofrør mm.

Det forbedrede system ser sådan ud:



Numrene på tegningen svarer til kredsens bennumre.

74121 er en monostabil multivibrator (datablad i Teknisk appendix side T 40), hvor længden t_p af udgangsimpulsen (den tid, udgangen er HØJ), bestemmes af R og C:

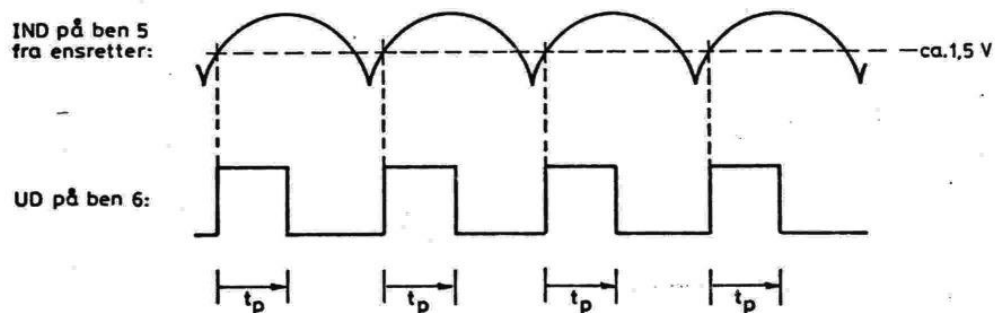
$$t_p = \text{ca. } 0.7 \cdot RC.$$

Indgangen (ben 5) har schmitt-trigger virkning. Det er derfor ikke nødvendigt at sætte en speciel impulsformer imellem ensretter og indgang. Schmitt-triggerens øvre og nedre skiftespændinger er typisk 1.55 V og 1.35 V, altså kun 0.2 V hysteres. Vi bruger en "gennemsnitsværdi" på 1.5 V.

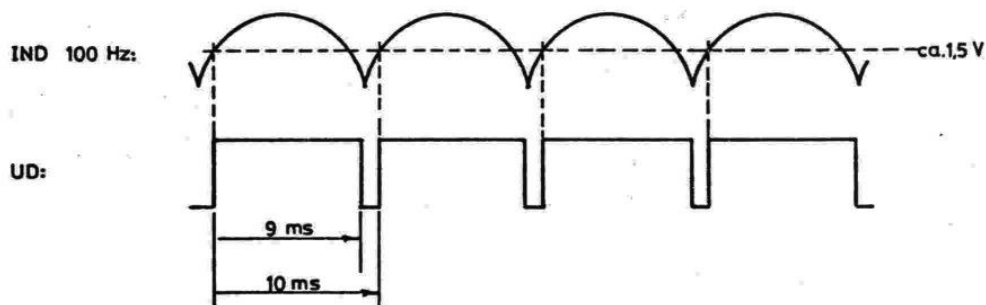
74121 har flere faciliteter end vi har brug for her. Disse sættes ud af funktion ved at gøre ben 3 LAV.

Kredsen triggles, når indgangen går HØJ.

Impulsforløbet kan skitseres sådan:



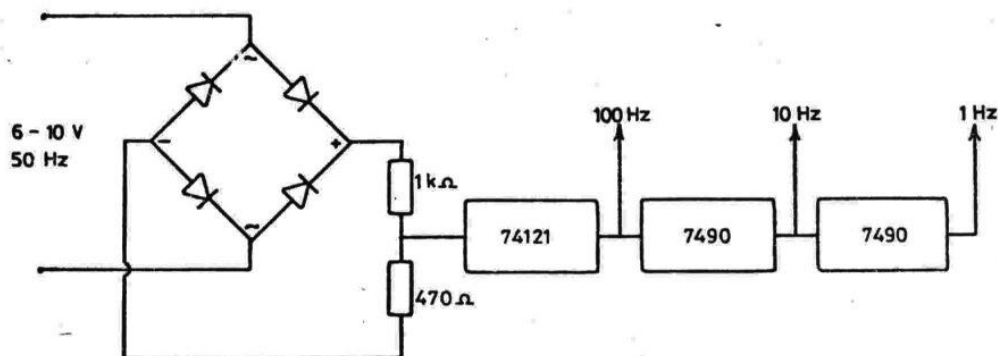
Finessen ved systemet er, at 74121 er ufølsom overfor yderligere impulser på indgangen i den periode, hvor udgangen er HØJ. Den kan altså ikke triggles igen, før udgangen er blevet LAV. Vi justerer derfor tidskonstanten RC med trimmeren, sådan at udgangen er HØJ næsten hele tiden, svarende til duty-cycle på ca. 90%:



Dette er en ganske let operation at foretage, når signalerne iagttages på et skop.

Nu kan transienter kun frembringe "falske" impulser, hvis de kommer i det korte tidsrum, hvor udgangen er LAV.

Følgende opstilling, der vises som principdiagram, er i praksis fortrinlig som nøjagtig sekundgenerator til f.eks. et digitalur eller som styregenerator for en frekvenstæller, der skal kunne åbne i 1, $\frac{1}{10}$ og $\frac{1}{100}$ sekund:



Overvej muligheden af at fremstille (eller lade en elev fremstille) et specielt print til denne opstilling, så man kan disponere over en "nøjagtig generator-enhed med flere frekvenser".

Næste afsnit omhandler et print til eksperimentalbrug - timingmodul - der kun indeholder 74121 med dens ydre komponenter.

3.3.2 Timingmodul

Til eksperimenter kan det være bekvemt at råde over et print i modulstørrelse, der indeholder den monostabile multivibrator 74121 plus komponenter.

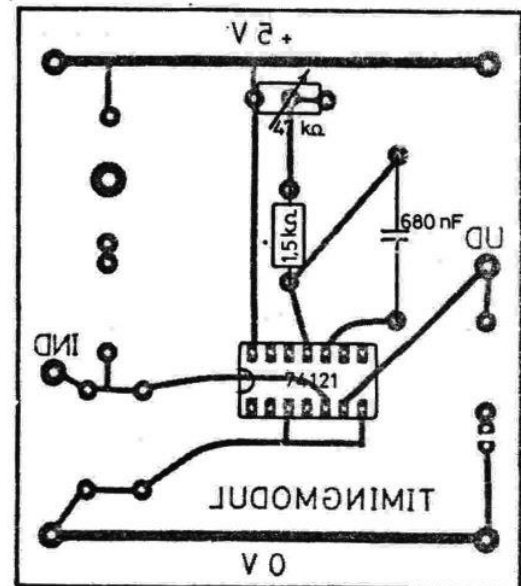
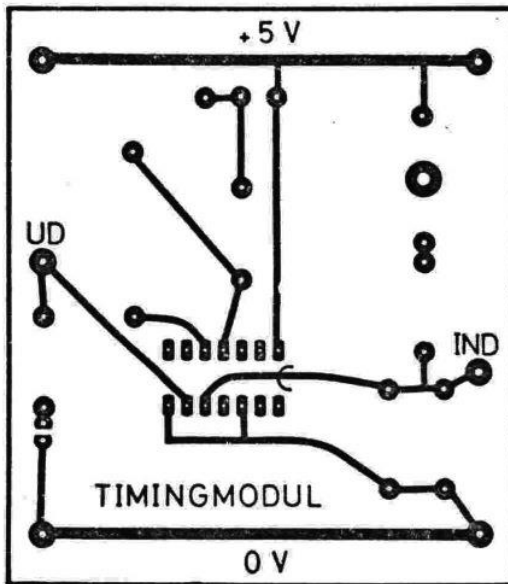
Dette modul har vi døbt timingmodul.

Det kan anvendes på to måder:

- 1) I forbindelse med 100 Hz fra lysnettet som omtalt i det foregående.
- 2) Det kan forsynes med en tryknap, og afgiver da ved tryk én impuls med ganske bestemt længde.

Dette kræver, at der monteres komponenter til en prelfanger i forbindelse med schmitt-triggerindgangen på ben 5.

Først beskriver vi timingmodul som impulsformer til lysnetfrekvensen (altså uden prelfanger):



Komponentliste:

- 1 stk. 1.5 k Ω .
- 1 stk. 14-ben sokkel.
- 6 stk. printspyd.
- 1 stk. 680 nF.
- 1 stk. 47 k Ω trimmer.
- 1 stk. IC 74121.

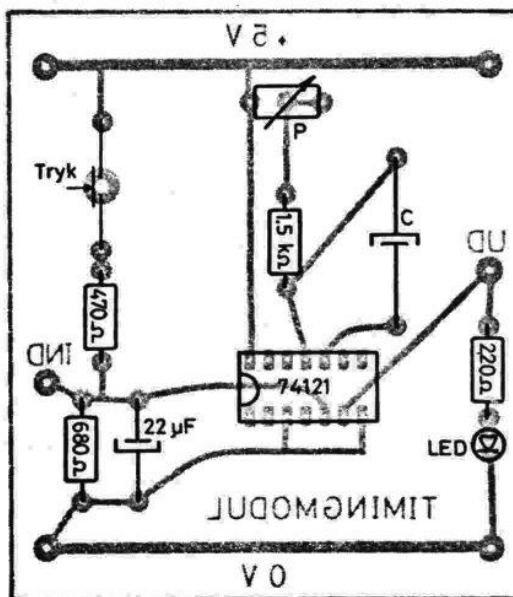
Kun de viste komponenter anbringes i printet. Resten af hullerne bruges senere.

Impulserne til indgangen kommer fra en ensretterdel, der anbringes enten i forbindelse med transformatoren til 5 V spændingsforsyningen eller sømmes op på kanten af modulsommen og derfra forbindes til bordets vekselstrømsklemmer.

Når systemet er justeret som beskrevet i 3.3.1, har man en nøjagtig 100 Hz-generator til rådighed, hvor udgangsimpulserne passer direkte til alle de øvrige TTL-kredse.

Når timingmodulet skal bruges som "manuel" impulsgiver ved hjælp af en trykknop, skal printet forsynes med disse komponenter:

- 1.5 k Ω modstand, og
- 47 k Ω trimmer skal blive siddende.
- De 680 nF udskiftes med f.eks.
- 1 stk. 100 μ F.
- Yderligere monteres:
- 1 stk. 470 Ω .
- 1 stk. 680 Ω .
- 1 stk. 22 μ F.
- 1 stk. trykknop.
- 1 stk. 220 Ω .
- 1 stk. LED.



Trimmeren justeres, så der på udgangen kommer én impuls af f.eks. 1 sekunds varighed. Dette vil være muligt med $C = 100 \mu\text{F}$. Andre impulslængder, der ikke kan fås ved justering af trimmeren, kræver udskiftning af C .

LED'en + 220 Ω er det sædvanlige HØJ/LAV - "måleapparat". LED'en lyser i timingperioden, hvor udgangen er HØJ.

Enheden kan nu bruges til f.eks. at åbne "køkkenbordstølleren" (som omtales i afsnit 3.4.2) i 1 sekund.

I denne udformning har modulet fortrinsvis pædagogisk interesse. Nøjagtigheden er ikke overvældende, idet impulslængden jo er bestemt af opladningstiden for en elektrolytkondensator, hvis restladning, lækstrøm og temperaturafhængighed kan forårsage noget forskellige impulslængder fra gang til gang.

3.3.3 Faselås-princippet

Vi kan nu fremstille 100 Hz firkantimpulser med samme frekvensnøjagtighed som lysnetfrekvensen.

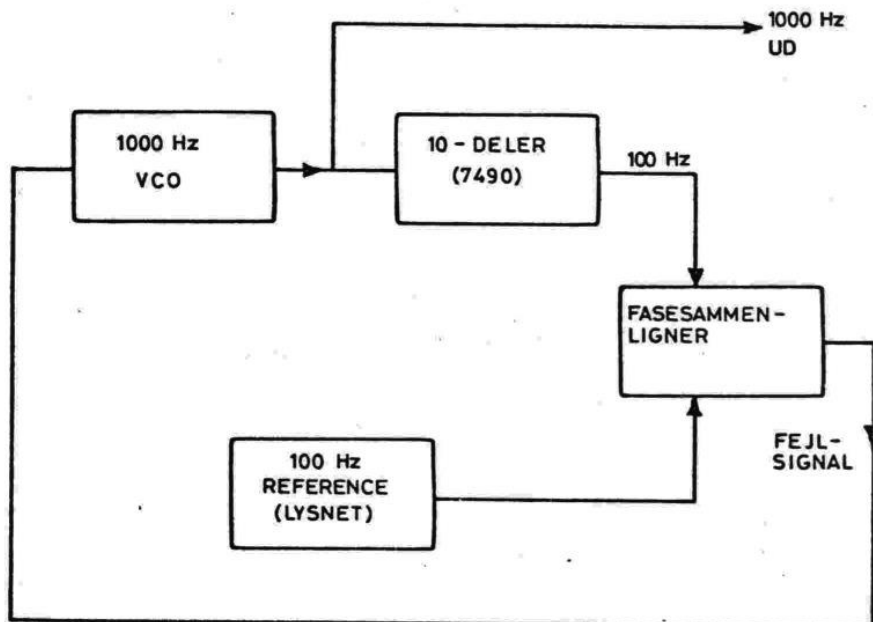
Ved neddeling gennem én eller flere tællere kan vi også få lavere frekvenser (10 Hz, 1 Hz, minutimpulser, timeimpulser etc.) med samme relative nøjagtighed.

Det er nærliggende at spørge, om vi ikke også kunne bruge lysnetfrekvensen som "frekvensnormal" til frekvenser større end 100 Hz f.eks. 1000 Hz, 10.000 Hz eller mere.

Den nemmeste metode til fremskaffelse af 1000 Hz er at lave en almindelig firkantgenerator med 7413/132 - og så acceptere den nøjagtighed og stabilitet, der kommer ud af det. Det er den løsning, man vel i almindelighed vil vælge i elevopgaverne.

Ved at bruge et lidt mere kompliceret kredsløb kan vi imidlertid få den almindelige 1000 Hz generator til at svinge med samme relative frekvensnøjagtighed som lysnetfrekvensen (eller en anden "referencefrekvens").

Princippet i dette kredsløb kan illustreres sådan:



Systemet kaldes et faselåst kredsløb (PLL = Phase Locked Loop).

Dets funktion kan beskrives på følgende måde:

1000 Hz VCO'en kan være en almindelig, hurtig firkantgenerator med 7413/132, hvis frekvens - som omtalt i afsnit 3.2.1 - kan justeres med en spænding udefra.

De 1000 Hz deles på sædvanlig måde ned til 100 Hz, der i første omgang kun får samme - ikke særligt store - nøjagtighed som 1000 Hz-generatoren.

Ved hjælp af lysnetfrekvensen fremstiller vi nøjagtige 100 Hz firkantimpulser.

Hvis de to 100 Hz frekvenser er næsten - men ikke helt - lige store, får vi en langsomt varierende faseforskel mellem dem. Denne forskel omsættes i fasesammenligneren til en jævnspænding - et fejlsignal - hvis størrelse afhænger af faseforskellen.

Nu fører vi fejlsignalet tilbage til VCO'en således, at dennes frekvens ændres i overensstemmelse med størrelsen af fejlsignalet.

Hvis de to 100 Hz frekvenser ikke er helt lige store, får vi altså et fejlsignal, der "trækker" 1000 Hz-generatoren "på plads", indtil 100 Hz-frekvenserne bliver nøjagtigt lige store.

De 100 Hz er frembragt ved en helt præcis 10-deling fra VCO'en, hvilket betyder, at selve VCO'en nu svinger på 1000 Hz med samme relative nøjagtighed som lysnetfrekvensen.

Vi er ikke begrænset til at lade VCO'en køre på 1000 Hz, men kunne have valgt både højere og lavere frekvenser.

Ligeledes er vi ikke bundet til at bruge en 10-deler, men kunne have valgt en hvilken som helst divisor ved passende kobling af én eller flere 7490 eller 7493.

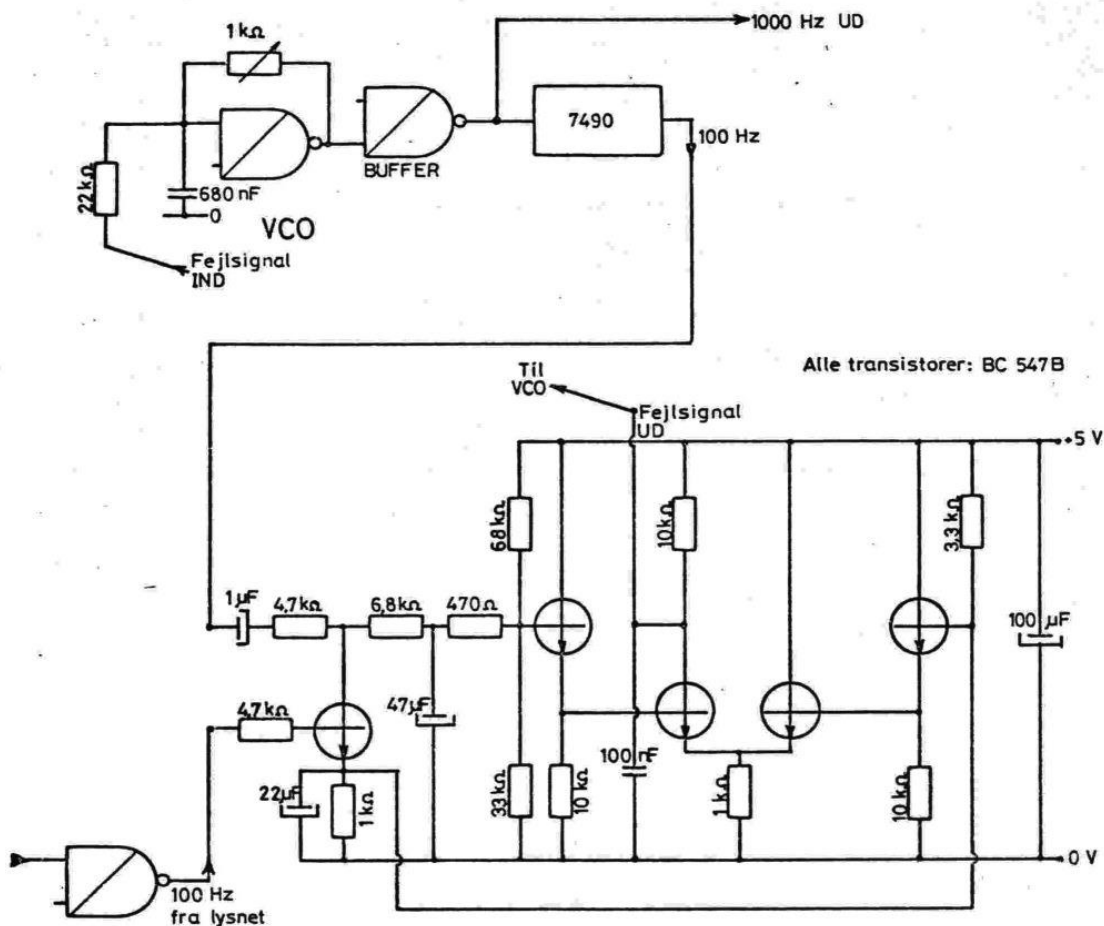
Har vi i almindelighed således blot én nøjagtig og stabil referencefrekvens, kan vi ud fra denne ved frekvenssyntese i et PLL-system, frembringe en hvilken som helst anden frekvens med samme relative nøjagtighed og stabilitet som referancefrekvensen.

Det PLL-system, der nu skal beskrives, er beregnet for den lærer og elev, der har mod på at eksperimentere, og som har brug for en nøjagtig 1000 Hz frekvens (eller måske 10 kHz etc.).

Vi pointerer: Systemet fungerer, men er ikke optimeret i teknisk henseende.

Selve fasesammenligneren er taget fra en (fortrinlig) artikel i Populær Radio og TV-teknik (nr. 11 (1974) side 8, nr. 12 (1974) side 25), hvor en detaljeret funktionsbeskrivelse findes.

Diagrammet ser sådan ud:



Fasesammenligneren kan bygges på et sømbræt, men kan også let laves på et print i modulstørrelse.

Hele PLL-systemet kræver da kun tre moduler (gatemodul, tællermodul og fasemodul) plus 100 Hz-impulser fra lysnettet.

Justering:

Lav alle forbindelser mellem enhederne undtagen ledningen fra fejlsignaludgangen til VCO'ens indgang.

Sæt både et skop og en frekvenstæller på 1000 Hz-udgangen.

Justér VCO'en ved hjælp af trimmeren til omkring 1050 - 1100 Hz.

Når fejlsignalet så føres til VCO-indgangen, kan man på skopet se, hvordan frekvensen begynder at svinge ind mod 1000 Hz, og hvis man allerede i første omgang har været så heldig at få indstillet VCO'en inden for det område, hvor den kan "fanges", vil man kunne se, at signalet pludselig står helt stille på skopet og, at frekvenstælleren viser nøjagtigt 1000 Hz (med det forbehold, der omtales i afsnit 3.4.4).

Nu er VCO'en faselåst til lysnetfrekvensen.

Hvis faselås ikke indtræder straks, må man justere VCO-frekvensen,

indtil det lykkes.

Hele systemet kan nu opfattes som én generatorenhed, der afgiver en nøjagtig 1000 Hz-frekvens.

3.4 TÆLLERE

Vi anvender tæller kredse 7490 og 7493. Begge typer indeholder 4 flip-flops, der blot er koblet forskelligt inde i kredsen. I begge kredse skal den første flip-flop (A) forbindes til de øvrige ved en udvendig ledning fra ben 12 til ben 1.

Optælling kan kun finde sted, når mindst én af Reset-indgangene er LAV, og nulstilling foretages ved at gøre begge Reset-indgangene HØJE.

7493 er en 4-bit binær tæller (bit = binary digit = binært ciffer), og kan følgelig registrere op til 2^4 impulser.

7490 er en BCD-tæller (BCD = Binary Coded Decimal). Den tæller til 9, og begynder forfra på den 10. impuls.

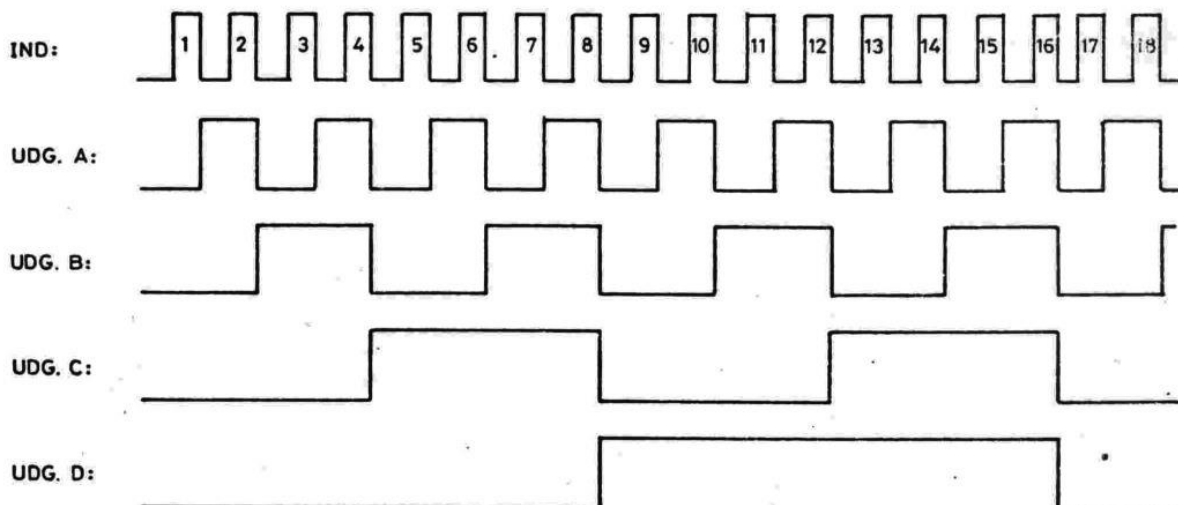
Den tæller altså i vort sædvanlige 10-tal system, men viser de enkelte decimaltal i binær kode. Heraf betegnelsen BCD.

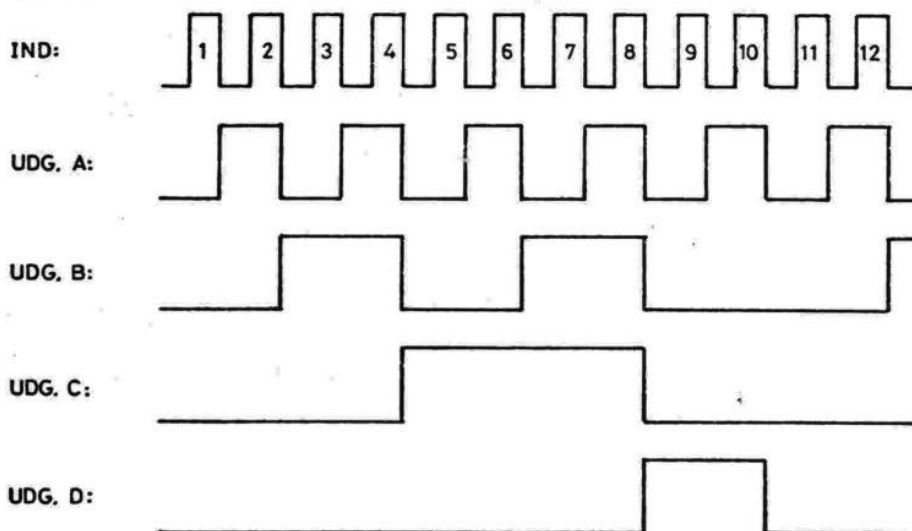
Tællermodulet kan uden ændringer bruges til begge kredse.

Kredsenes funktion beskrives lettest ved at tegne den tidslige sammenhæng mellem impulserne på indgangen og udgangene, hvilket man f.eks. kan gøre ved at iagttage lysdioderne på udgangene:

Impulsforløb for 7493:

7493:



Impulsforløb for 7490:7490:

Bemærk, at indgangsimpulserne registreres i tælleren på den nedadgående kant. I elevteksten taler vi normalt mere "udflydende" om en impuls, men det vil i mange tilfælde være nødvendigt med en præcisering som ovenfor, der helt klart fortæller, hvornår i det tidslige forløb, begivenheden indtræffer.

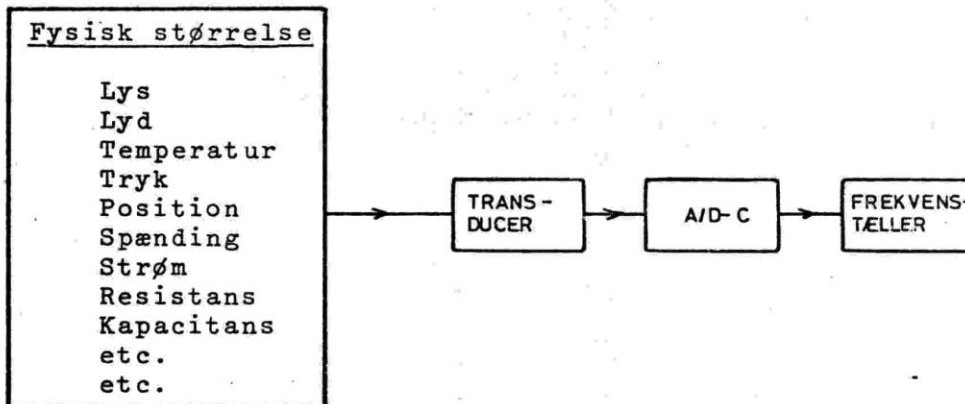
3.4.1 Digitalmåling af fysiske størrelser

Et digitalt målesystem består af følgende enheder:

- 1) En transducer, der omsætter den fysiske størrelse til en analog elektrisk spænding (eller strøm).

Tænk f.eks. på en NTC-modstand (temperatur - resistans -

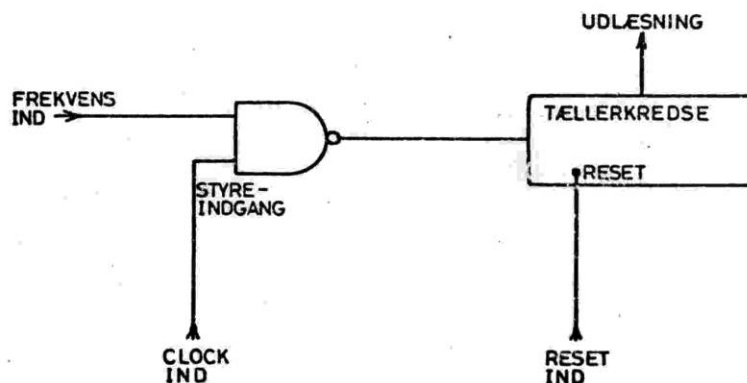
Digitalmålesystemet kan beskrives generelt ved følgende blokdiagram:



Vi vil ikke komme ind på de forskellige transducertyper. Ej heller på "rigtige" - og i dag højt udviklede - A/D-Convertere. Til gengæld vil vi gøre lidt mere ud af frekvenstællerne, der er en fælles byggeklods i alle systemer.

3.4.2 Frekvenstællere

Princippet i en frekvenstæller illustreres ved følgende blokdiagram:



Systemet fungerer på denne måde:

- 1) Der skal komme et signal på "Reset ind", så tælleren nulstilles.
- 2) Der skal komme et signal på "Clock ind", der åbner gaten i et nøjagtigt tidsrum (f.eks. i 1 sekund), og derefter lukker den igen.

I dette tidsrum tæller tælleren antallet af impulser, der kom på "Frekvens ind".

- 3) Nu må der ikke ske noget i et stykke tid. Vi skal jo have tid til at aflæse tællerresultatet. Dette tidsrum vil vi kalde displaytid.
- 4) Hele forløbet gentages fra 1).

Styreimpulserne til "Reset ind" og "Clock ind" kan frembringes på to måder:

- 1) Med "håndkraft".
- 2) Automatisk ved hjælp af en "Clock-generator".

"Håndkraft-metoden" gør - sammen med udlæsning alene ved hjælp af lysdioderne - systemet enkelt og overskueligt, og fokuserer på dets principielle funktion som beskrevet ved blokdiagrammet på foregående side. I denne form har det vist sig særdeles anvendeligt ved elevernes frekvensmålinger på AMV'en i kapitel 1.

3.4.2.1 Beskrivelse af en modultæller

I en modulskinne (se side L 138) anbringes fire tællermoduler med 7493 (eller 7490).

Alle Reset-indgangene på modulerne loddes sammen med monterings-tråd. Denne forbindes så til nul med en prøveledning med krokodillennæb. Så klares Reset-funktionen ved lige at løfte krokodillennæbbet af, og sætte det på igen.

Clock-impulsen, der åbner gates, frembringer vi med en kontakt med prelfanger.

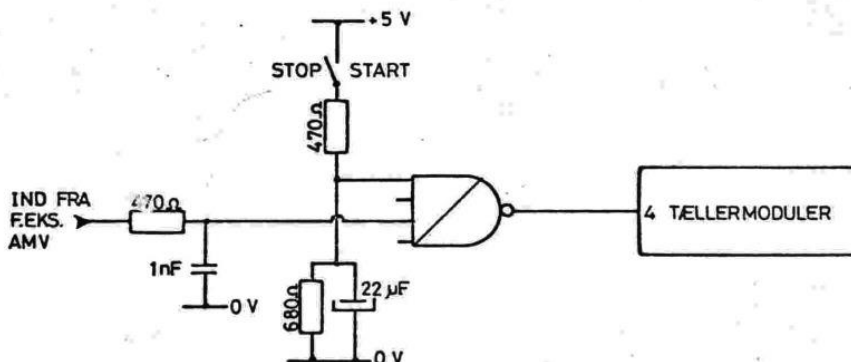
Det kan betale sig at bruge gatemodul type 2 (elevtekst side E 79), hvor komponenterne til prelfangeren samt en vippeafbryder monteres permanent på printet.

Dette start-stop-print anbringes også i modulskinnen til venstre for tællermodulerne.

Impulserne til "Clock ind" frembringes nu ved at slutte kontakten i en bestemt tid, f.eks. 10 sekunder, der måles med tilstrækkelig nøjagtighed på et armbåndsur med sekundviser.

Nu kan man bruge al den tid, man vil, til at aflæse tællerresultatet (displaytid), hvorefter man letter på Reset-krokodillennæbbet, og foretager en ny måling.

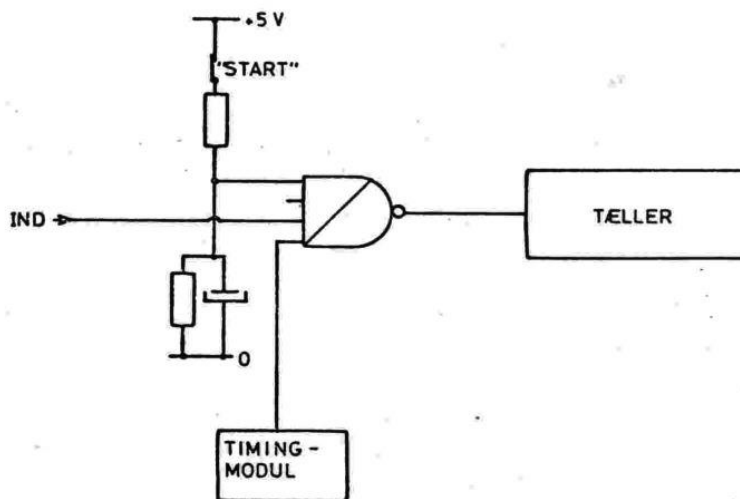
Vi har haft megen glæde af at have nogle tællere af denne type til rådighed ved 1. års-undervisningen.



Dette er diagrammet af den fuldstændige modultæller (på grund af sin primitivitet undertiden også kaldet en "køkkenbordstæller"). 470 Ω-modstanden og de 1 nF, der er vist i indgangen, har undertiden været nødvendige ved særligt "vanskelige" impulser fra AMV'en.

Hvis 470 Ω/1 nF ikke er nok, så prøv med f.eks. 10 nF.

Hvis man foretrækker et system, hvor tælleren kun er åben i 1 sekund (hvilket ikke er praktisk muligt med blot nogen nøjagtighed med håndkraft), er følgende opstilling en god løsning:



Timingmodulet som "manuel" impulsgiver er beskrevet side L 170. Det indstilles her til at afgive en impuls af 1 sekunds varighed. Sekundimpulsen, der åbner gaten, starter i det øjeblik, der tryk-

kes på trykknappen på timingmodulet. Her skal start-stop kontakten være sluttet.

Lysdioden på udgangen af timingmodulet medvirker til at gøre systemets funktion overskuelig og let forståelig.

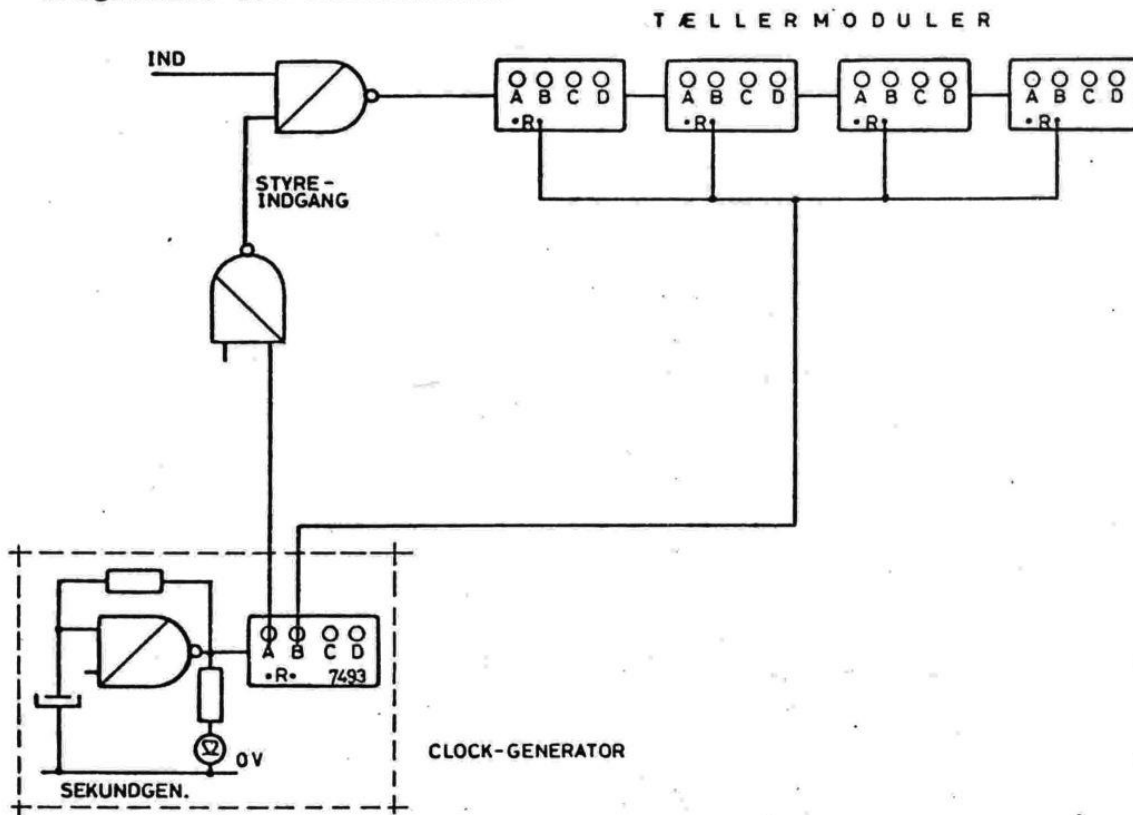
Det er en god idé at bruge start-stop-gaten som styregate for tælleren. Dels har vi så direkte adgang til schmitt-trigger funktionen, og dels kan vi blot ved at fjerne ledningen fra timingmodulet gå over til f.eks. 10 sekunders åbningstid igen.

3.4.2.2 Beskrivelse af en automatisk frekvenstæller

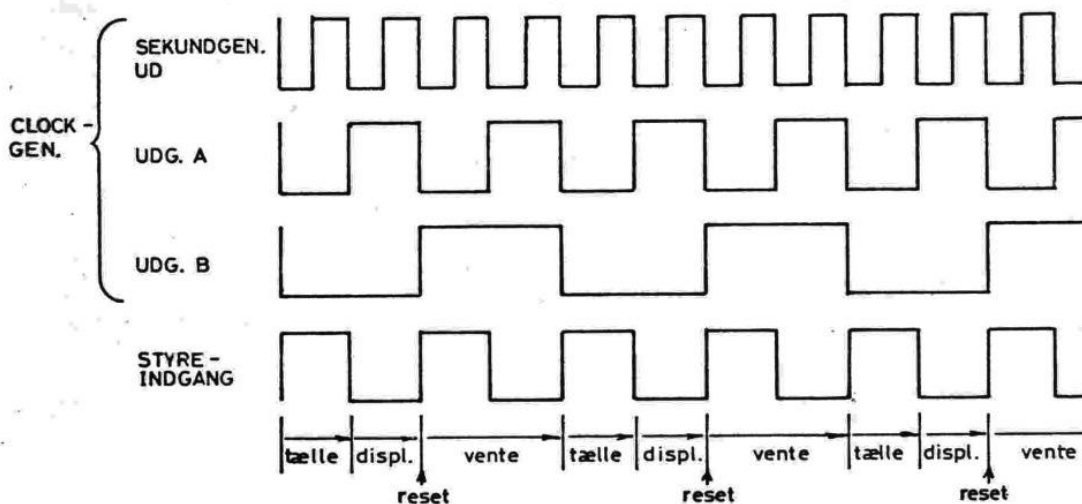
Her skal Reset- og Clock-impulserne komme i rigtig rækkefølge og med passende mellemrum.

Den enhed, der frembringer disse impulser, kalder vi for en Clock-generator.

Systemet i elevteksten ET 24 (side E 104) er et eksempel på en meget enkel udformning af et automatisk system. Her gengiver vi diagrammet fra elevteksten:



Den logiske beskrivelse af systemet får vi bedst og lettest ved at betragte impulsforløbene i sammenhæng i samme tidslige skala:



Tælleren tæller når: Styreindgangen er HØJ og samtidig B er LAV.
 Displaytiden fås når: Styreindgangen er LAV og samtidig B er LAV.
 Tælleren Reset'er når: B er HØJ - uafhængigt af A.

Dette system har to iøjnefaldende ulemper:

- 1) Sekundgeneratoren er hverken nøjagtig eller stabil.
- 2) Det er ikke muligt at benytte kortere åbningstider for styregaten. Tænker man sig nemlig, at vi lod Clock-generatoren køre på f.eks. 10 Hz, ville tællertiden godt nok blive $\frac{1}{10}$ sekund - men det ville displaytiden også. Vi får altså ikke tid nok til at aflæse tællerresultatet.

I afsnit 3.4.3 giver vi en idé til, hvordan man kan lave en styreløgnik, der kan få tælleren til at arbejde med vilkårligt små åbningstider, og samtidig give en displaytid af den længde, vi selv ønsker.

3.4.3 Et styreløgnik-system

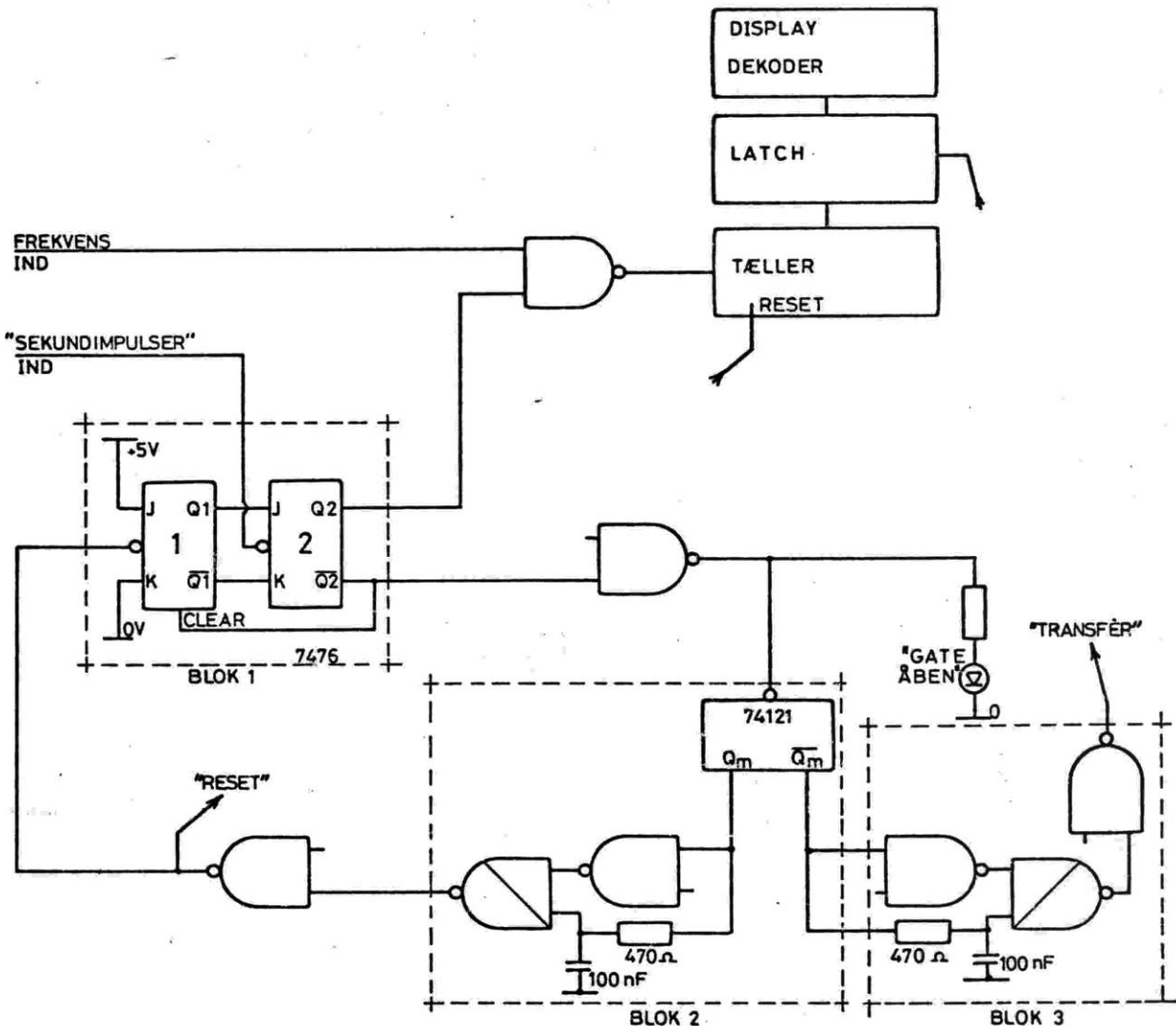
Her giver vi en kort beskrivelse af et logik-system, der kan styre en frekvenstæller. Det kan levere impulser til Reset, til tællergatens styreindgang og til en hukommelse.

Tiderne styres af lysnetfrekvensen, og tællertiden kan gøres kortere end $\frac{1}{100}$ sekund ved anvendelse af PLL-systemet fra afsnit 3.3.3.

Problemet, der skal løses - og som er løst med nedenstående diagram - er følgende:

- 1) Når tælleren har været åben i f.eks. $\frac{1}{100}$ sekund, skal hele systemet "låses" fast, så vi kan nå at aflæse tælleresultatet.
- 2) Efter en passende tid skal der komme en Reset-impuls, der dels nulstiller tælleren, og dels "låser systemet op igen", så det bliver klar til den næste $\frac{1}{100}$ sekund-impuls.

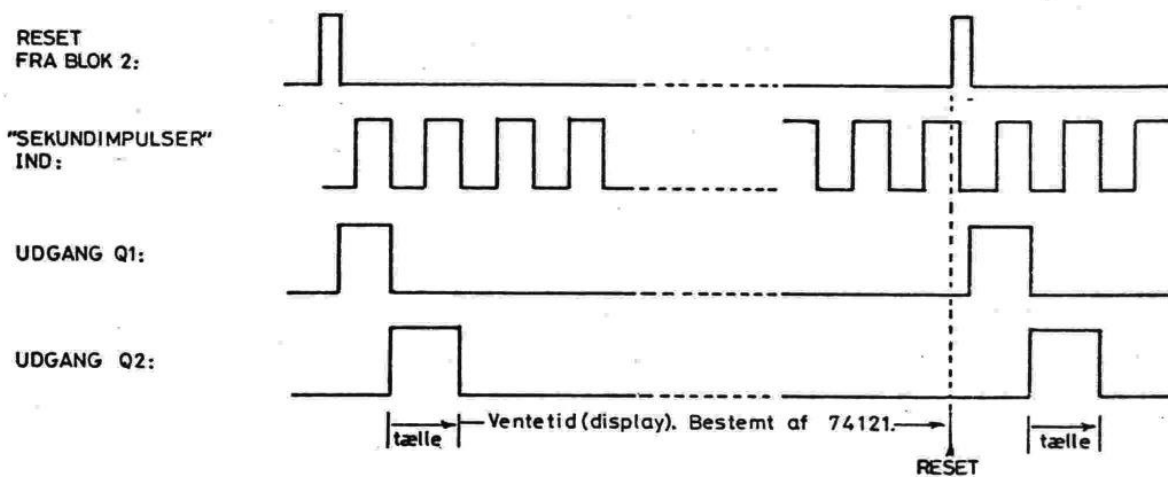
I diagrammet af styrelogikken har vi indrammet de centrale blokke, og skal kort beskrive deres funktion:



Blok 1 udfører "låsefunktionen", og er bygget med kredsen 7476, der indeholder to flip-flops (Datablad i Teknisk appendix side T 39).

Her har vi anvendt standardbetegnelsen "Q" for en udgang, og " \bar{Q} " for den inverterede udgang. J og K er betegnelsen for to "signalindgange" på denne specielle flip-flop-type.

Funktionen afprøves let, når kredsen anbringes i en 16-ben prøveplade, og beskrivelsen kan bedst illustreres ved impulsforløbet:



Ventetiden indtil den næste Reset-impuls kommer og "låser op", bestemmes af blok 2, dvs. af tidskonstanten i den monostabile multivibrator 74121.

Dens udgang (Q_m) er koblet til en "detektor for negativt gående kanter" (jfr. side L 162), der leverer kortvarige Reset-impulser til såvel "låsen" som til selve tælleren.

Blok 3 har følgende funktion:

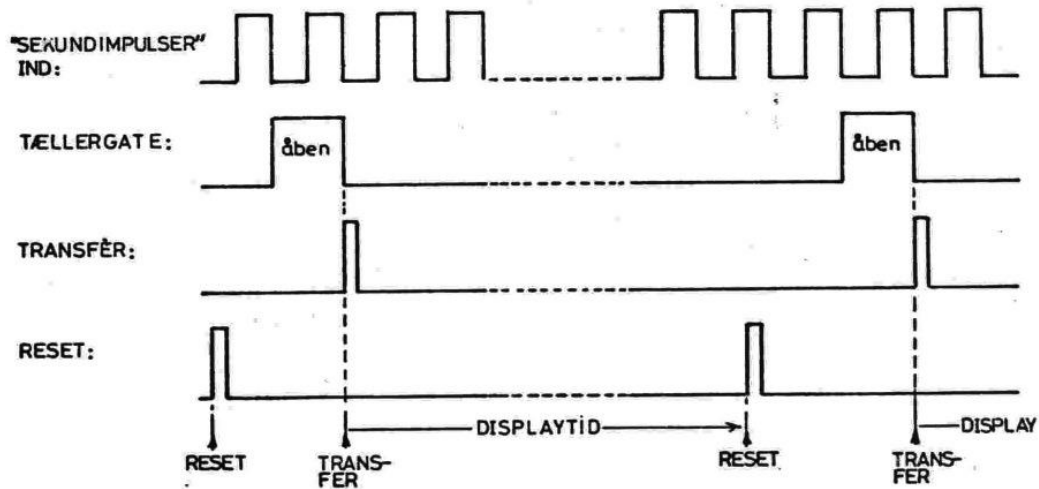
Hvis man ikke ønsker at se displaytallene (eller lysdioderne) blinke under optællingen, kan man anbringe en "hukommelse" - en såkaldt Latch, 7475 - mellem hver tællerkreds og dekoder i udlæsesystemet. Latchen er behandlet i tillægsopgave 4.6 side L 199.

Pointen her er, at først når optællingen er slut, afgiver blok 3 en impuls - transfér-impulsen - der overfører tællerresultatet til display'et. Tællerresultatet bliver altså stående i display'et, indtil der foreligger et nyt resultat.

Hvis man udelader Latch'en, bliver blok 3 naturligvis overflødig.

Nedenfor er hele systemet beskrevet i sammenhæng ved hjælp af impulsforløbene.

Beskrivelse af styrelogikkens funktion i en automatisk registrerende frekvenstæller:



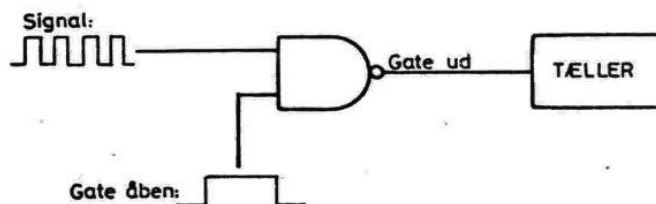
3.4.4 Hvad viser en frekvenstæller?

De signaler, der skal tælles i tælleren, kommer i en kontinuerlig strøm på styregatens indgang.

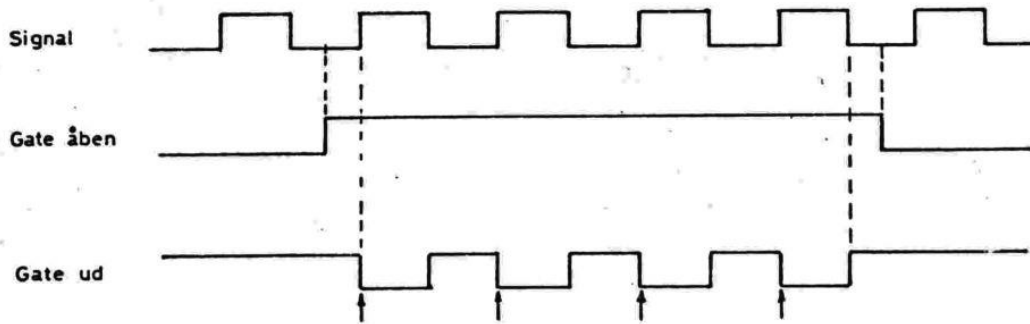
Gaten åbner og lukker i en bestemt takt, der alene er bestemt af Clock-generatoren.

Det vil derfor være tilfældigt, hvordan signalerne kommer i forhold til gatens åbnings-impulser, og dette forhold vil medføre en vis usikkerhed i tællerresultatet, som de følgende bemærkninger vil vise.

Det system, vi arbejder med, ser sådan ud:

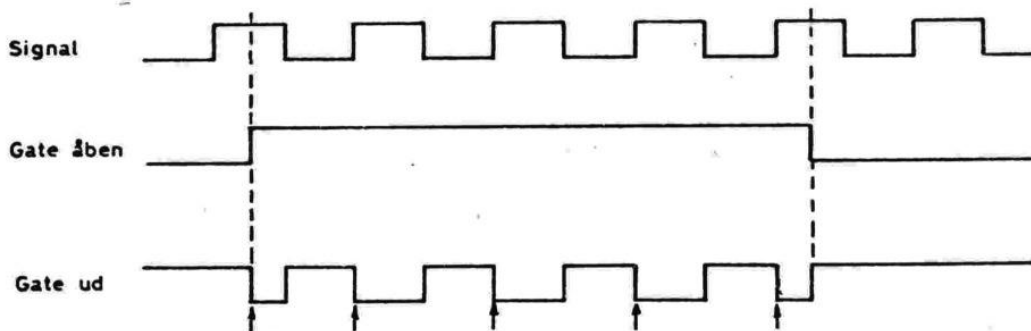


Vi kan skitsere impulsforløbet sådan:



Her registrerer tælleren 4 impulser (markeret med pile). I den tid, gaten var åben, var der netop 4 hele svingninger i signalet. Tælleren har altså registreret det korrekte antal.

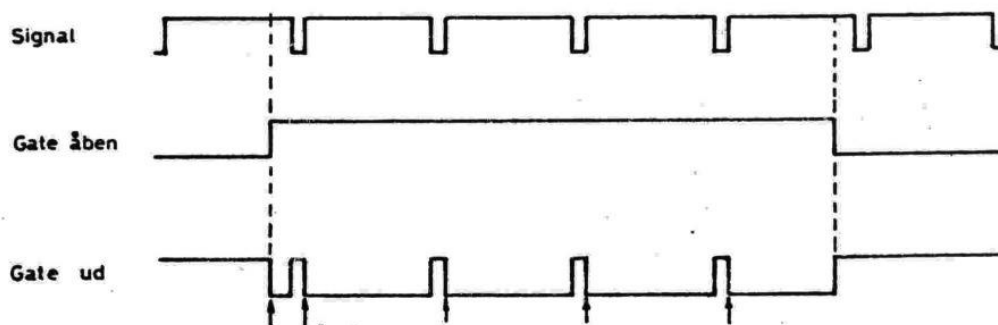
Nu er det som nævnt tilfældigt, hvornår gate-åben impulsen starter i forhold til signalet, så ved den næste måling kan det f.eks. se sådan ud:



Her registrerer tælleren altså 5 impulser.

I halvdelen af et stort antal målinger vil tælleren vise 4, og i den anden halvdel viser den 5, dvs. i gennemsnit 4.5.

Duty cycle for signalererne ovenfor er 0.5 (signalindgangen er HØJ i halvdelen af perioden). Betragter vi nu et signal med samme frekvens som før, men med større duty cycle (her ca. 0.8):



ser vi, at chancen for, at gate-åben-impulsen kommer på et tidspunkt hvor signalet er i tilstanden HØJ, er større end før. Nu vil tælleren registrere 5 hyppigere end 4, i gennemsnit 4.8.

Havde vi haft svingninger med lille duty cycle, ville tælleren tilsvarende have vist 4 hyppigere end 5.

Lad os som eksempel tænke os, at vi vil måle på 10 kHz firkant-svingninger med duty-cycle 0.5. Tællergaten åbnes i $\frac{1}{1000}$ sekund. Tælleren vil da vise skiftevis 10 og 11, med 10.5 som gennemsnit ved mange målinger.

3.5 NTC-MODSTANDE

3.5.1 Resistansen som funktion af temperaturen

De almindelig kulfilm-modstande, vi bruger, har en lille, negativ temperaturkoefficient af størrelsesorden $-2.5 \cdot 10^{-4}$ pr. grad celcius, således at resistansen aftager med voksende temperatur. I området fra -50° til $+110^{\circ}$ foregår det nogenlunde lineært efter udtrykket:

$$R(t) = R(25)(1 - 2.5 \cdot 10^{-4}(t - 25))$$

hvor t er temperaturen i grader celcius, $R(25)$ er resistansen ved stuetemperatur og $R(t)$ er resistansen ved temperaturen t . Kulfilm-modstandens temperaturafhængighed er så lille, at vi i almindelighed ser bort fra den.

NTC-modstanden (også kaldet NTC thermistoren) fremstilles af specielle metallegeringer, der giver den en meget stor, negativ temperaturkoefficient (NTC = Negative Temperature Coefficient). I et område omkring stuetemperatur varierer R med temperaturen på denne måde:

$$R(T) = A \cdot e^{\frac{B}{T}}$$

hvor A og B er konstanter, mens T er den absolutte temperatur i grader kelvin (K). ($T = t + 273$).

Når vi i elevteksten omtaler en 1 k Ω NTC, mener vi, at resistansen ved 25 grader celcius, R_{25} , er 1 k Ω .

B , der måles i K, opgives i databøgerne.

For den 1 k Ω NTC, vi anvender, angives B til:

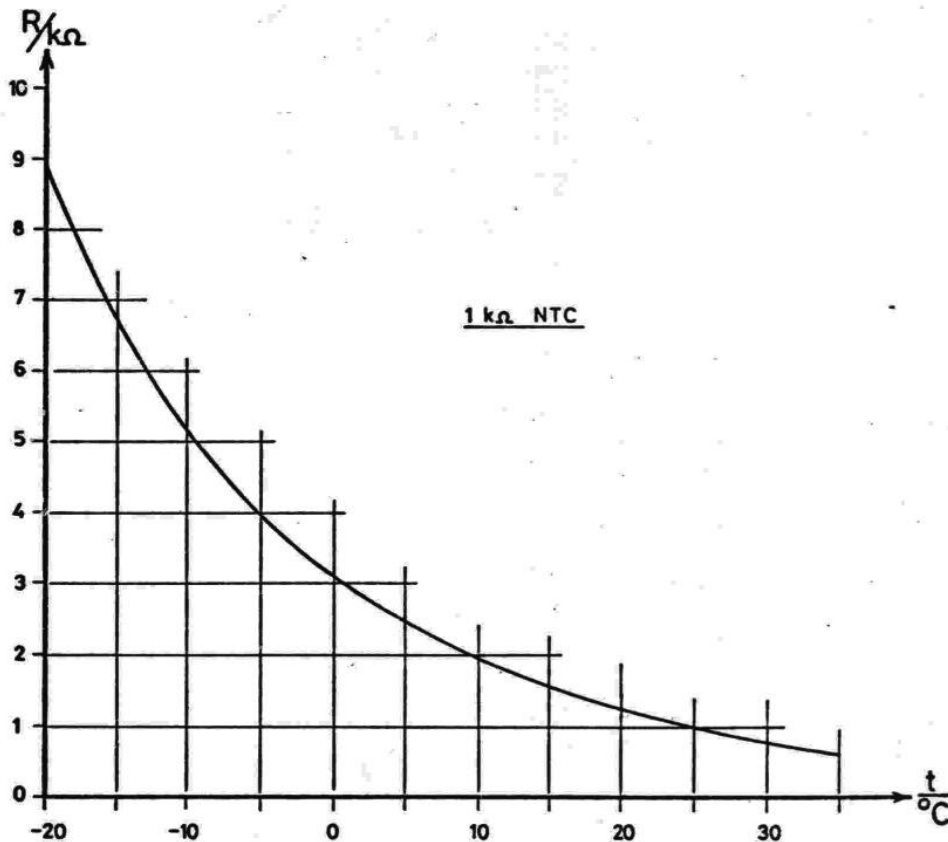
$$B = 3680 \text{ K.}$$

Tolerancen på B opgives til $\pm 5\%$, mens tolerancen på R_{25} er så stor som $\pm 20\%$.

Ud fra de opgivne værdier kan vi beregne A:

$$A = 4.33 \cdot 10^{-3} \Omega.$$

Følgende graf viser resistansen (beregnet) som funktion af temperaturen:



3.5.2 NTC-modstanden i digitaltermometeret

Ved at måle resistansen af NTC-modstanden, får vi et mål for modstandens temperatur.

Når NTC-modstanden er omgivet af luft, bliver målingerne fluktuerende. Det er da nærliggende at dyppe NTC-modstanden i en væske, hvor vand er det nemmeste at få fat på.

Det går godt så længe kun selve NTC-modstanden er neddyppet. Så snart dens (uisolerede) tilledninger også kommer ned i vandet, vil dets ledningsevne udgøre en parallelmodstand til NTC'en, hvorved den samlede resistans bliver mindre. Jo mere af NTC'ens ben, der kommer ned under vand, jo mindre bliver resistansen.

Fænomenet er let iagttageligt, når NTC'en udgør en del af en hurtig firkantgenerator (ET 22 side E 97):

Jo længere modstanden (og dens ben) kommer ned i vandet, jo højere bliver frekvensen. I helt rent, destilleret vand bør fænomenet ikke optræde, og i en kuldeblanding (is + salt) bør det være mest udpræget.

Da det ved justeringen af termometeret er bekvemt at kunne anbringe NTC'en i en væske med bestemt temperatur, kan man gøre følgende:

- 1) Benytte petroleum, olie eller lignende, hvis ledningsevne er meget lille.
- 2) Isolere NTC'en og dens ben ved lakering eller indstøbning i araldit eller en plast/siliconemasse ("akvarielim"), alt efter, hvilke muligheder man har.

Blot bør man undgå en alt for tyk støbemasse omkring selve NTC'ens hoved. Temperaturændringer udenfor skal registreres i NTC'en så hurtigt som muligt. En tyk støbemasse vil forøge den termiske tidskonstant.

Tilbage står problemet med at "linearisere" termometeret.

Resistansen er en stærkt ulinear funktion af temperaturen, beskrevet ved grafen side L 186). Samtidig er den hurtige firkantgenerators frekvens f også afhængig af R , idet den er omtrentligt proportional med $\frac{1}{R}$ (jfr. formlen side L155).

Den kombination af NTC-modstand med andre modstande, vi laver i elevteksten side E 99, er et forsøg på at tilpasse den resulterende resistans temperaturkarakteristik til firkantgeneratorens $\frac{1}{R}$ - afhængighed, således at den enkle digitaludlæsning af temperaturen, der beskrives i elevteksten, bliver rimeligt nøjagtig.

Det skal tilføjes, at de 1100 Hz, der er nævnt som udgangspunkt i elevteksten, måske skal ændres, hvis den NTC-modstand man får fat i, har større afvigelse fra 1 k Ω ved 25 grader, end de eksemplarer, vi har anvendt.

Dette vil være en spændende eksperimentel (og måske også teoretisk) udfordring for den virkelig interesserede elev (og lærer).

4. TILLÆGSOPGAVER M.M.

4.1 EKSEMPEL PÅ SYSTEMUDVIKLING: ET TRAFIKFYR

Det følgende er ikke formuleret som en egentlig elevopgave. Det er medtaget her, fordi det rummer en klar illustration af, hvordan man, med udgangspunkt i kravet om en specifik funktion, kan arbejde sig frem mod opbygningen af et system med den ønskede funktion.

Enkelte elever vil kunne følge teksten, og det endelige system vil kunne bygges af alle, der kender symbolerne.

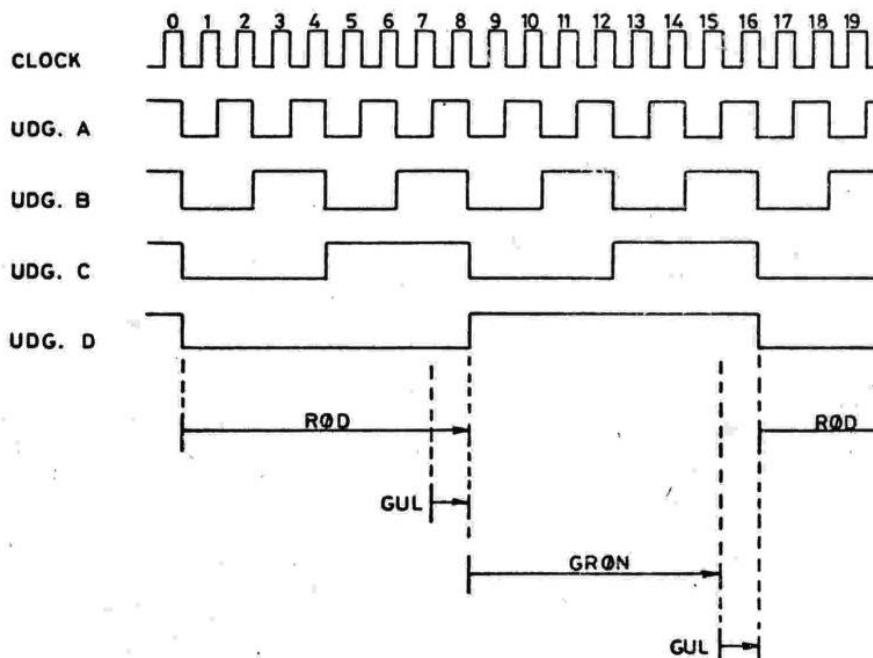
At beskrive et trafikfyrs funktion er en enkel sag, fordi antallet af begivenheder er så få (rød, gul og grøn), og fordi begivenhederne gentages helt monotont.

Det er derfor naturligt at starte med en Clock-generator, der netop leverer et monotont "tog" af impulser.

Sender vi disse impulser ind i en tæller (7493), får vi ialt fem impulstog til rådighed. De har alle forskellig impuls længde, men kommer tidsmæssigt præcist i forhold til hinanden.

På en tegning af impulsforløbene kan vi så prøve at udvælge og karakterisere de tidsrum, hvor vi ønsker henholdsvis rød, gul og grøn.

Lad os starte med at se trafikfyret fra den ene vej, og løse den del af problemet først. Derefter ser vi på den krydsende vej.



På impulsdiagrammet har vi foretaget udvælgelsen af de forskellige lysperioder udfra ønsket om at:

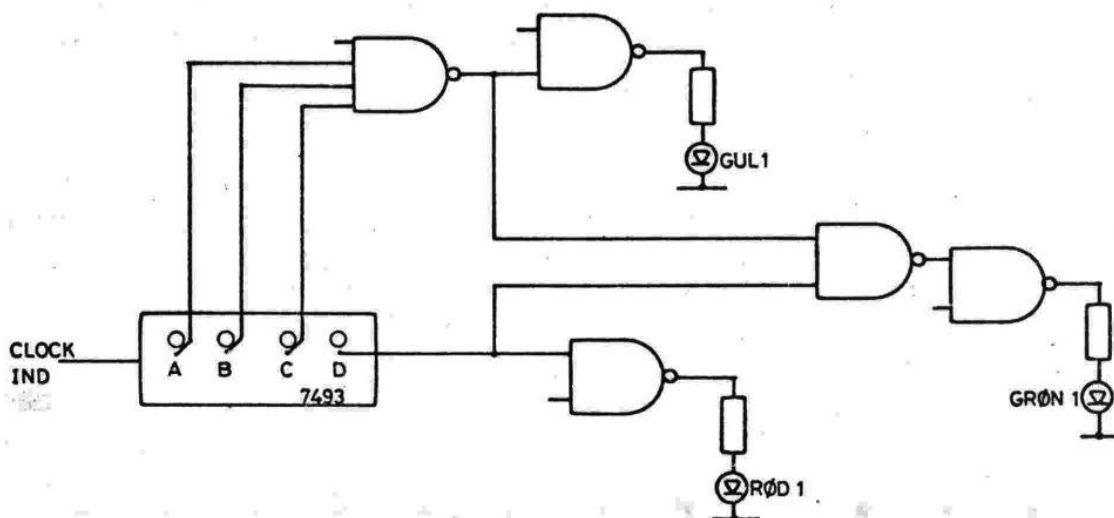
- 1) Gul skal være tændt et stykke tid sammen med rød, før rød slukker.
- 2) Gul må ikke tænde før grøn slukker.
- 3) Rød- og grønperioderne skal være stort set lige lange. (Her bliver grøn én gul-periode kortere end rød).

Varigheden af en hel rød, gul, grøn-sekvens kan vi indrette efter ønske, ved at vælge Clock-frekvensen derefter.

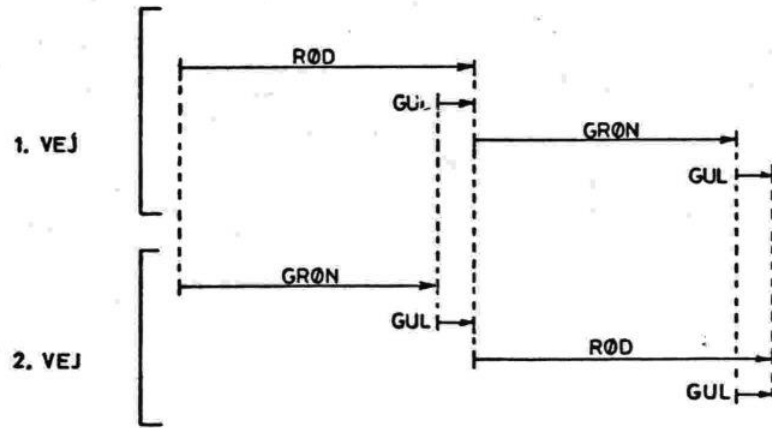
Af tegningen kan vi nu aflæse de betingelser, vi skal konstruere systemet efter, idet vi skal sørge for, at betingelserne bliver entydige:

- 1) Rød skal lyse, når D er LAV.
- 2) Gul skal lyse, når både A, B og C er HØJE.
- 3) Grøn skal lyse, når D er HØJ undtagen når samtidig både A, B og C er HØJE.

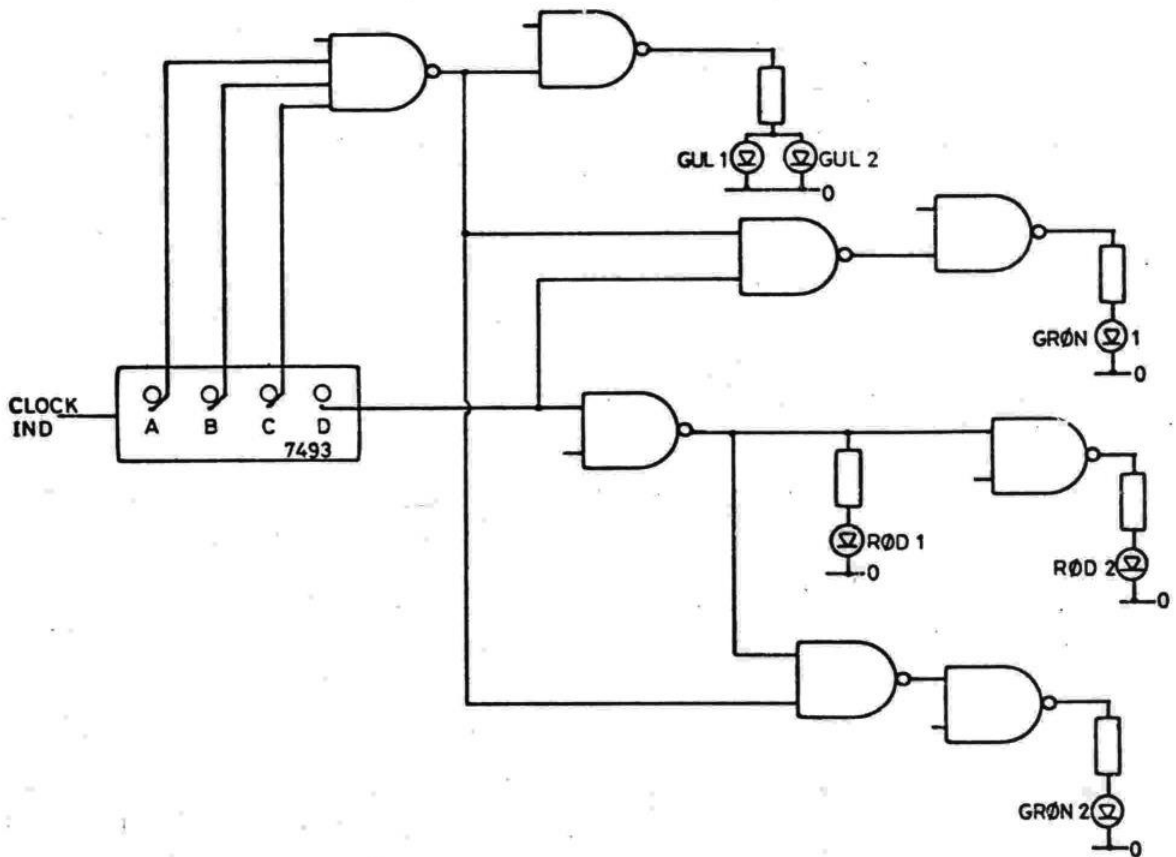
Ved et "logisk puslespil" finder man frem til, at et system, der opfylder disse tre betingelser, kan laves på følgende måde:



Set fra den anden vej skal sekvensen se sådan ud i forhold til den første vej:



Det samlede problem har denne løsning:



Hele systemet kan altså til eksperimentalbrug opbygges af 2 gatemoduler type 1 (med 7400 eller 74132),

1 gatemodul type 2, og

1 tællermodul med 7493.

Der bruges én gate til Clock-generatoren, der nok ikke bør køre hurtigere end $\frac{1}{3}$ Hz, hvis systemet skal være realistisk.

Der bliver således én gate i overskud.

Lysdioder fås i såvel rød som gul og grøn farve.

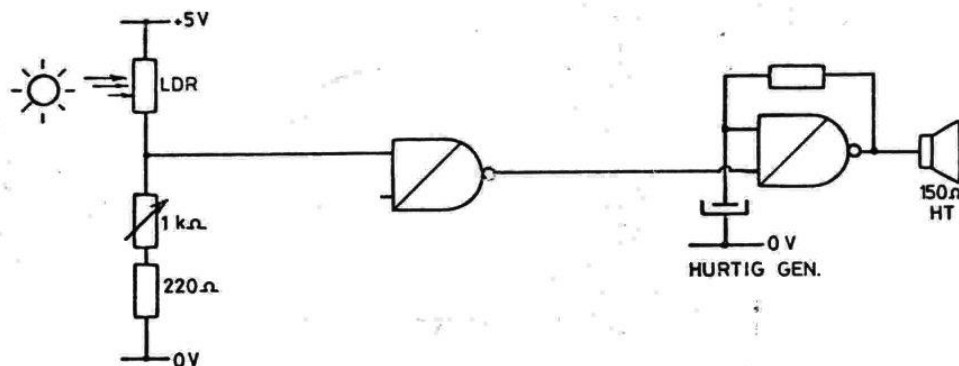
Modstandene kan som sædvanlig være 220 Ω . De to gule LED'er, der køres parallelt, kan dog nøjes med 100 Ω .

Ønsker man kraftigere lys end lysdioderne giver, kan man bruge farvede pærer, der så må kobles ind i systemet via transistoriserede lampedrivtrin på sædvanlig måde.

Herefter kan man gå videre ved f.eks. at prøve at gøre grønperioden for den ene vej længere end for den anden, og man kan forsøge at indrette det sådan, at systemet kun skifter til grønt, hvis man trykker på "for gående", eller hvis en bil passerer hen over en føler anbragt i vejen etc.

4.2 EKSEMPLER PÅ ANVENDELSE AF FLIP-FLOP'EN

Følgende opstilling kan bruges som "kundemelder":



Når der er lys på LDR'en er dens modstand lille, og gate-indgangen bliver HØJ.

Dens udgang er derfor LAV, og blokerer den hurtige firkantgenerator.

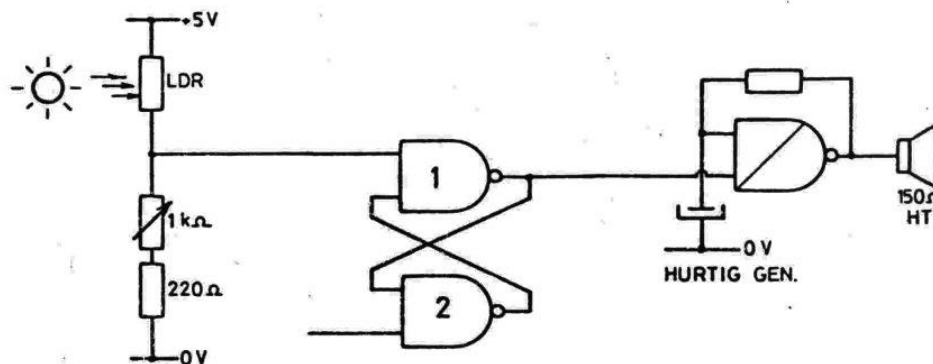
Når der passerer noget gennem lysstrålen, bliver LDR'ens modstand større, og gate-indgangen bliver nu trukket LAV gennem 1 kΩ trimmeren + de 220 Ω.

På grund af schmitt-trigger-gatens hysteresese kan man komme ud for, at lysstyrke og trimmer bliver indstillet sådan, at alarmen fortsætter, når den først er startet.

Så kan systemet bruges som tyverialarm.

Denne metode til at få alarmen til at blive ved, er imidlertid noget usikker, og ikke altid let at få indstillet.

I stedet for indsætter vi en flip-flop:



Ved hjælp af den svævende indgang på gate 2 kan man

- 1) gøre systemet "klar" til at modtage en tyv, og
- 2) stoppe alarmen, når tyven er afsløret.

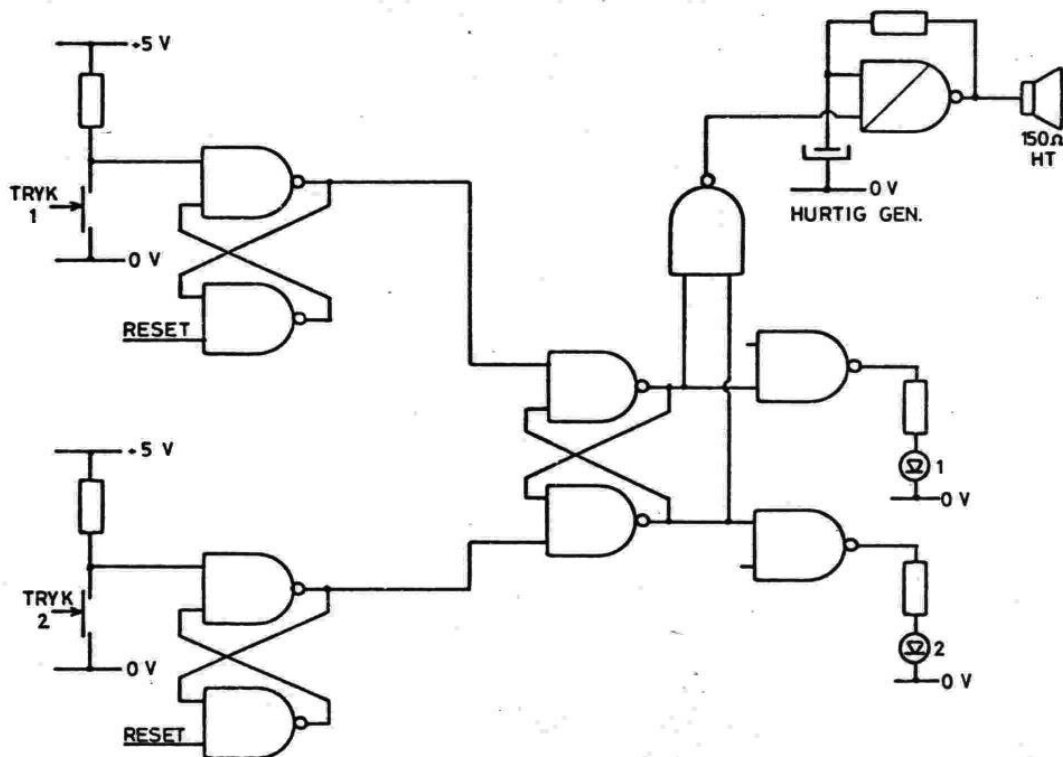
Find ud af, hvad man skal gøre, og skriv en brugsanvisning for apparatet.

Her er et system, der f.eks. kan bruges i en spørgeleg med 2 deltagere:

Dommeren stiller et spørgsmål, og den deltager, der mener at have det rigtige svar, trykker på sin knap.

Så skal der lyde en hyletone, og en lampe skal lyse ud for den deltager, der har trykket.

Systemet kan laves på denne måde:



Hyletonen skal tiltrække publikums opmærksomhed. Det virker bedst, hvis det f.eks. er en afbrudt tone, en sirenetone eller lignende. Lav det selv.

Hele systemet virker på den måde, at når en af deltagerne har trykket, bliver det låst fast: Ingen af deltagerne kan nu ændre på det med deres trykknapper. De to Reset-indgange bør kobles sammen og anbringes hos dommeren. Så er det kun ham, der kan slukke LED'erne og standse hyletonen.

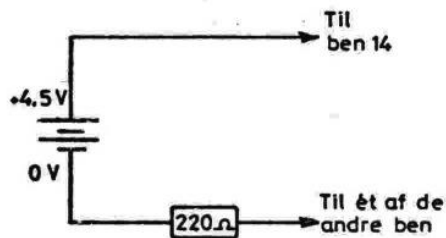
Find ud af, hvorfor systemet virker på denne måde. Gør det ved f.eks. at tegne impulsforløbene.

4.3 VI UNDERSØGER ET LYSTAL

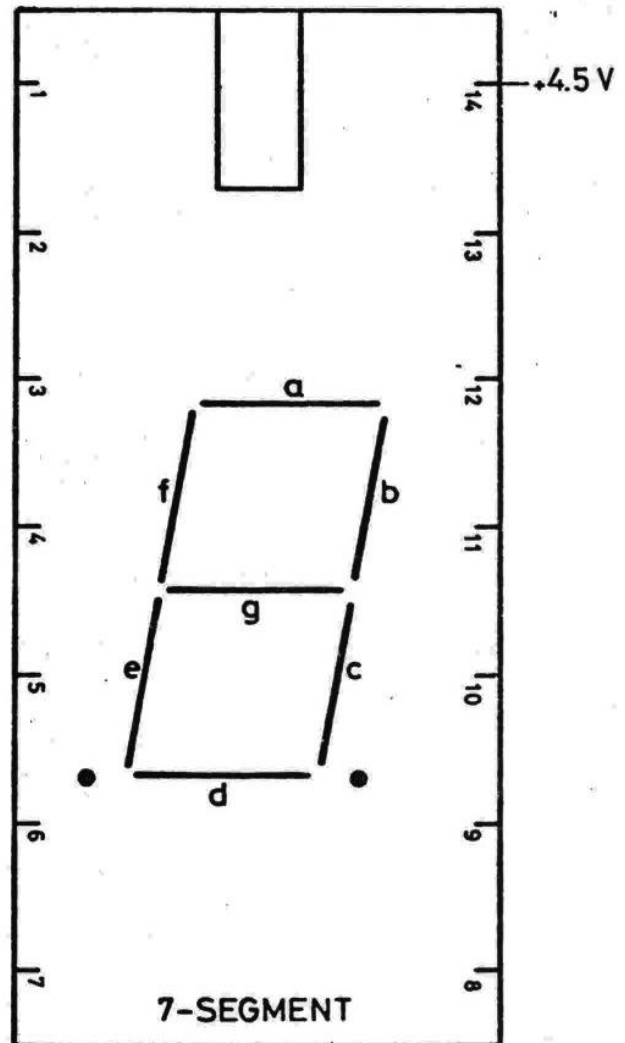
Anbring et 7-segment lystal i en 14-ben prøveplade.

Klip tegningen ud (eller få en anden af din lærer), og anbring den på pladen.

Forbind et 4.5 V batteri sådan:



Du skal huske modstanden på 220 Ω .
Den forhindrer, at lystallet brænder af!



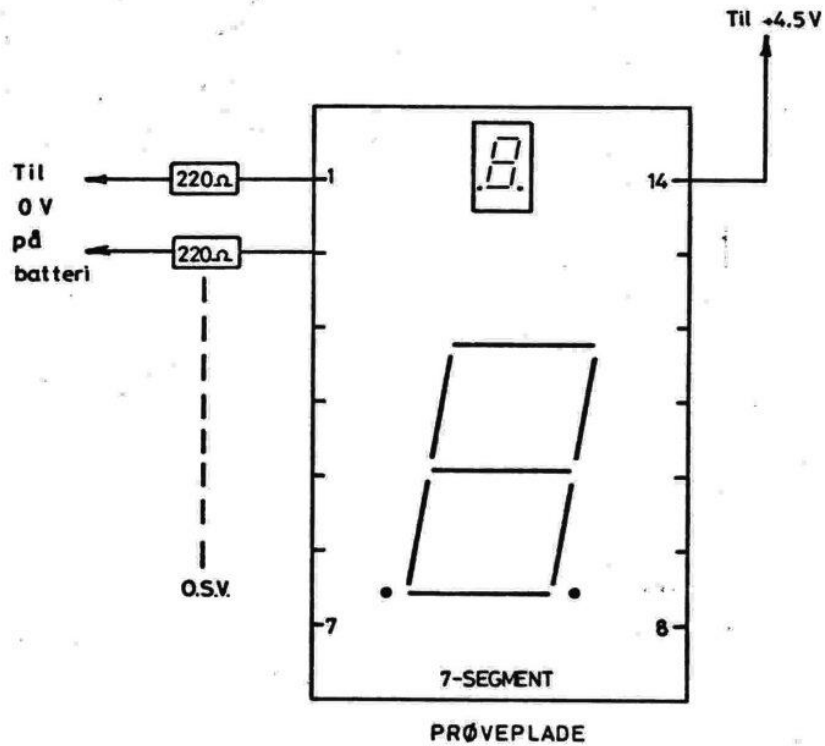
Nu forbinder du ledningen med modstanden fra batteriet til hvert af de andre ben - eet af gangen.

Skriv på tegningen hvilke ben de forskellige segmenter hører til.

Prikkerne forneden på lystallet bruges som komma, når der er flere tal ved siden af hinanden.

Skriv også hvilket ben kommaet hører til.

Hvis du vil prøve at få flere segmenter til at lyse på samme tid, kan du gøre sådan:



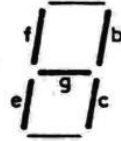
hvor du lodder 220 Ω -modstande fast på de ben på prøvepladen, som du får brug for.

HUSK: De lystal, vi arbejder med, skal have +spænding på ben 14. De forskellige segmenter lyser, når du gør de tilsvarende indgange LAVE gennem en modstand. Segmenterne skal kun have ca. 2 volt over sig. Derfor skal du altid huske 220 Ω -modstandene. Hvis du glemmer dem, brænder segmenterne af!

4.4 VI LAVER EN HØJ/LAV-INDIKATOR

7-segment lystallet kan vise andet end tal.

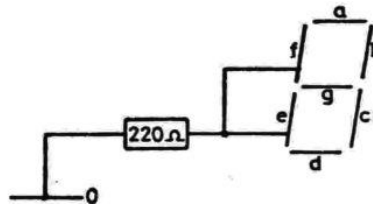
Hvis f.eks. segmenterne b, c, e, f og g lyser, får vi bogstavet H:



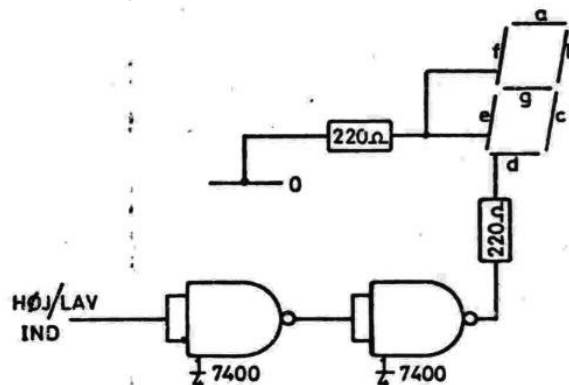
og med d, e og f får vi et L:



Segmenterne e og f skal lyse i begge tilfælde.
Det klarer vi sådan:



Vi laver nu en enhed, der sørger for, at d lyser, når indgangen er lav:



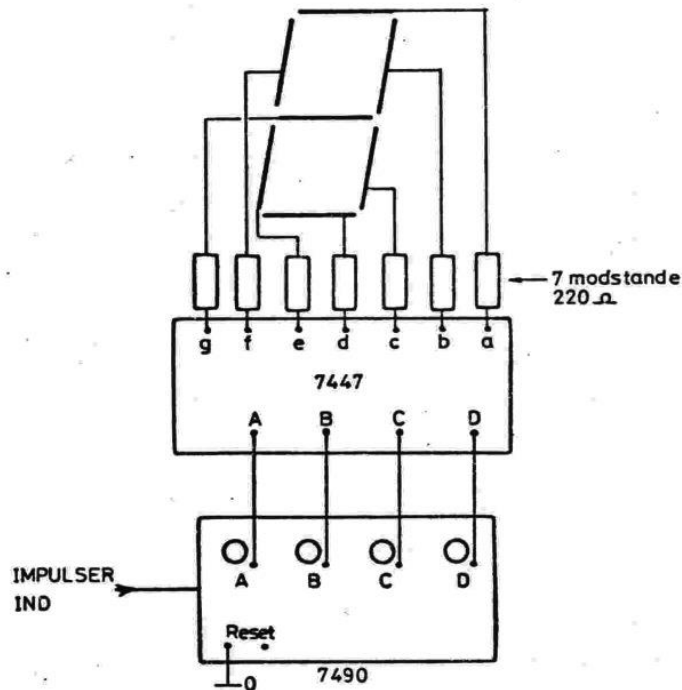
Nu tegner du videre på figuren sådan, at segmenterne b, c og g lyser, når indgangen er høj!

4.5 VI UDLÆSER TÆLLEREN MED LYSTAL

Det tal, der står i en tæller, udlæser vi i reglen ved hjælp af lysdioderne på tællermodulet. Det kalder vi for et lysdiodedisplay.

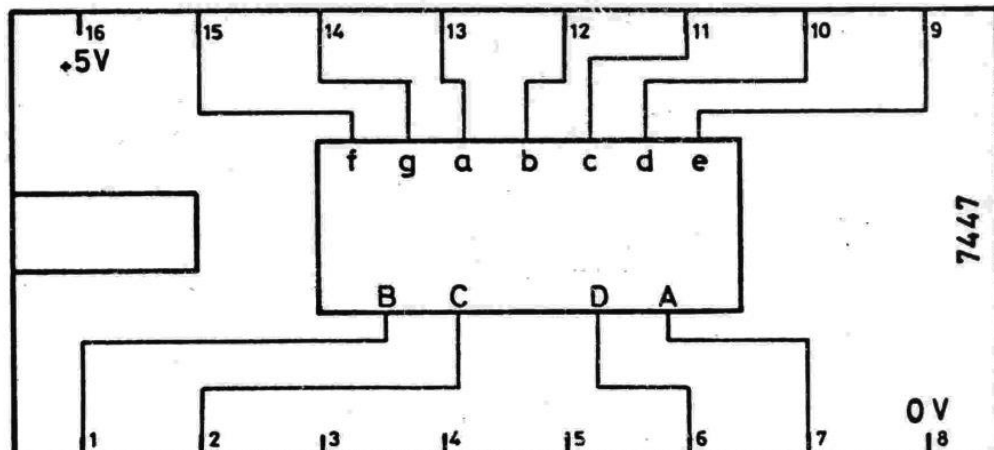
Hvis vi vil udlæse ved hjælp af 7-segment-tal, skal vi bruge en dekoder, 7447. Så udlæser vi tælleren på et 7-segment display.

Prøv at lave denne opstilling:



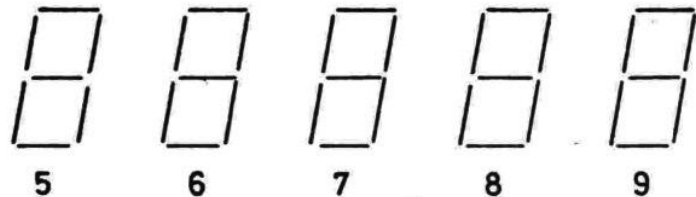
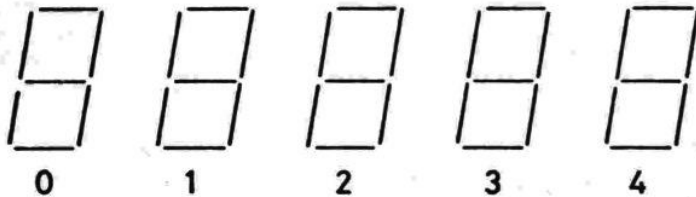
7447 har 16 ben, så du skal bruge en 16-ben prøveplade.

Benene på 7447 er anbragt sådan:



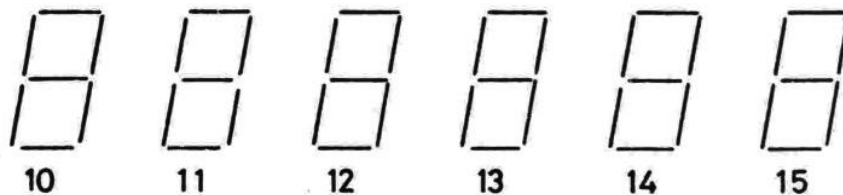
Ben nr. 3, 4 og 5 er forbundet til noget inde i kredsen, men det skal vi ikke bruge her.

De segmenter, som dekoderen tænder, skal du trække op med en kraftig streg:



Undersøg hvordan dekoderen reagerer, hvis du bruger tælleren 7493 i stedet for 7490.

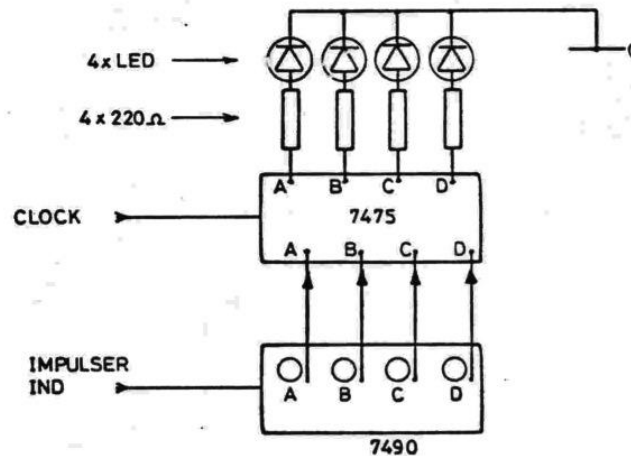
Tegn de segmenter, dekoderen bruger for vores decimaltal 10, 11, 12, 13, 14 og 15.



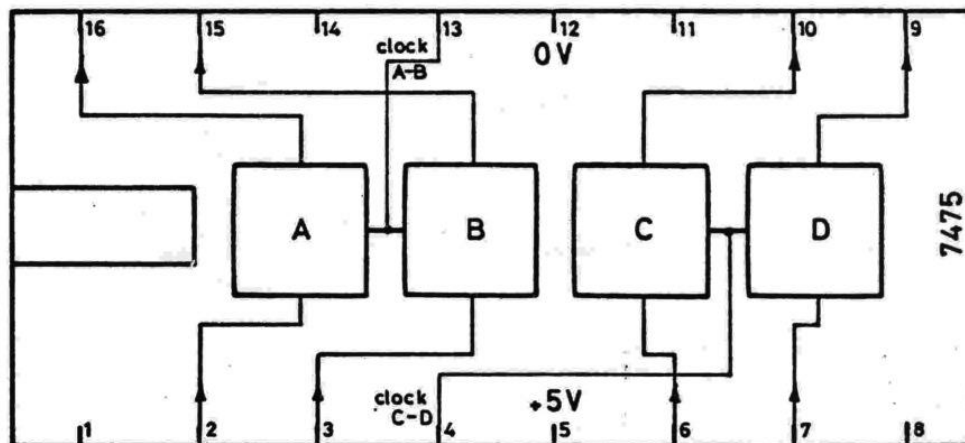
4.6 VI FORSYNER TÆLLEREN MED HUKOMMELSE

En frekvenstæller bliver meget mere bekvem at arbejde med, hvis vi indretter den sådan, at tællerresultatet bliver "stående" i display'et lige indtil der kommer et nyt resultat.

Det kan vi klare med en "hukommelse", 7475, der indeholder fire flip-flops - på denne måde:



Forbindelserne til 7475 er anbragt sådan:



Klip tegningen ud (eller få en anden), og anbring den på 16-ben prøvepladen.

Du kan godt sende signalerne fra 7475 ind i en dekoder, og videre til et lystal.

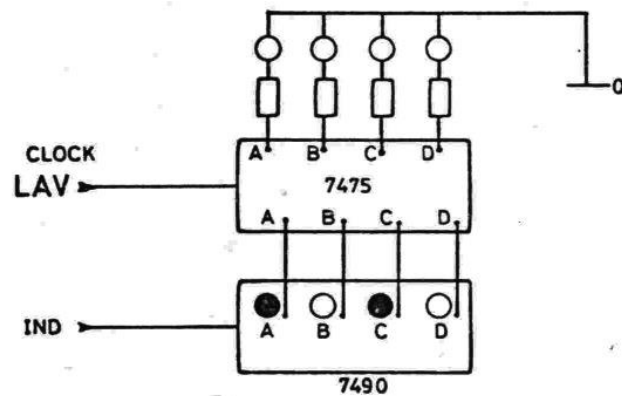
For ikke at få for mange ledninger, kan du også nøjes med at lodde de fire modstande og lysdioder fast på prøvepladen. Så får du samme udlæsning som på tælleren.

Du skal også lodde en ledning fast mellem ben 4 og ben 13. De skal være forbundet hele tiden.

Vi kalder dem for clock-indgangen.

For at finde ud af, hvordan systemet virker, kan du gå frem sådan:

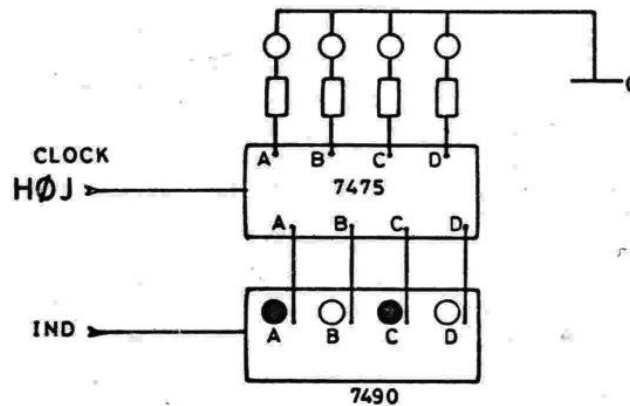
Du lægger clock-indgangen LAV, og læser et tal ind i tælleren. Lad os sige, at tallet er 5 (en "ener" og en "firer"):



Vis på figuren, hvordan lysdioderne på udgangene af 7475 opfører sig.

Så gør du clock-indgangen HØJ.

Tegn det, der nu sker:



Hvad skal vi altså gøre, for at føre tællerens indhold over på udgangen af 7475?

Gør clock-indgangen LAV igen.

Nulstil tælleren.

Hvad sker der på udgangen af 7475?

Læs et nyt tal ind i tælleren.

Overfør tallet til 7475-udgangen.

Gør clock-indgangen HØJ.

Nulstil tælleren.

Hvad sker der denne gang på udgangen af 7475?

Hvad sker der, hvis vi prøver at overføre et tal fra tælleren til hukommelsen, selv om der står et andet tal i den i forvejen?

Prøv det, og skriv, hvad der sker:

ALTSÅ:

Vi overfører tal fra tæller til hukommelse ved at:

Vi kan "beskytte" tal i hukommelsen ved at:
