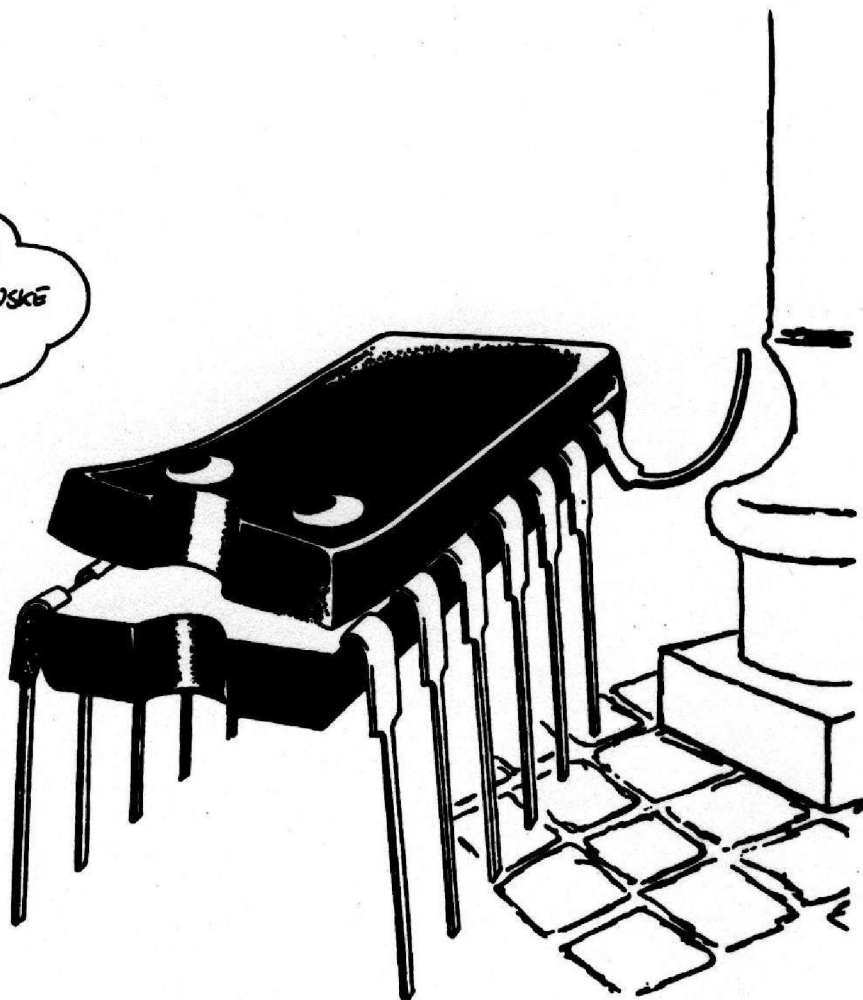
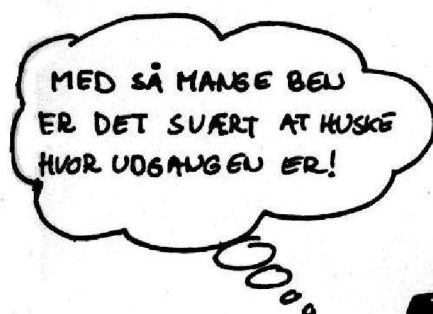


# ELEKTRONIK i FOLKESKOLEN

3. UDGAVE

LÆRERTEKST



ISBN 87-85220-00-0

DANMARKS LÆRERHØJSKOLE  
FYSISK INSTITUT  
1978

## INTRODUKTION

### TIL "ELEKTRONIK I FOLKESKOLEN" 3. UDGAVE

Dette materiale til undervisning i valgfaget elektronik på 8. og 9. klassetrin, består af tre dele:

- 1) Elevtekst (123 sider). ISBN 87-85220-02-7.
- 2) Lærertekst (201 sider + 10 sider indledning).  
ISBN 87-85220-00-0.
- 3) Teknisk Appendix (51 sider). ISBN 87-85220-04-3.

Elev- og lærertekst er opdelt i 5 kapitler, hvoraf de tre første (+ måske noget af kapitel 4) dækker undervisningen på 8. klassetrin, mens resten af kapitel 4 samt kapitel 5 er tiltænkt 9. klassetrin:

	<u>Elevtekst</u>	<u>Lærertekst</u>
Kapitel 1: Frekvens og toner (FT)	E 1 - E 9	L 1 - L 19
Kapitel 2: Kontrol og styring (KS)	E 10 - E 25	L 20 - L 52
Kapitel 3: Signaler og forstærkning (SF)	E 26 - E 43	L 53 - L 93
Kapitel 4: Radiomodtagning (RM)	E 44 - E 52	L 94 - L 129
Kapitel 5: Elektronisk tælling (ET)	E 53 - E 123	L 130 - L 201

Bagest i Teknisk Appendix findes en fortegnelse over de materialer, der er nødvendige til undervisningen, samt et overslag over omkostningerne.

Der er redegjort for de pædagogiske og faglige tanker og ideer bag materialet i indledningen og i forbindelse med de enkelte delemner i lærerteksten. Her vil vi blot fremhæve, at der er tilstræbt en nøje overensstemmelse med fagets formål, som de er præciseret i "Bekendtgørelse nr. 658 af 28. november 1975".

Flere steder i lærerteksten er der indsat "tillægsopgaver" til eleven. Disse opgaver falder i stil og sværhedsgrad lidt uden for opgaverne i elevteksten, og skal - som materialet ellers - benyttes som læreren finder det rigtigst.

Alle dele af materialet må kopieres og mangfoldiggøres af enhver interesseret til ethvert undervisnings-, studie- eller orienteringsformål eller lignende.

DERIMOD ER DET STRENGT FORBUDT PÅ NOGEN MÅDE AT KOPIERE ELLER CITERE NOGEN DEL AF MATERIALET I KOMMERCIELT ØJEMED AF HVAD ART TÆNKES KAN.

I tvivlstilfælde skal skriftlig henvendelse rettes til:

Danmarks Lærerhøjskole

Fysisk Institut

Emdrupvej 115 B

2400 København NV.,

der alene kan træffe beslutninger i sådanne tilfælde.



I udarbejdelsen af materialet har blandt andre deltaget:

Jørgen Ambjørnsen	Mogens Jensen
Bent Andersen	Kai Støvring Jensen
Børge Bay	Frede Løfvall
Egon Ditlevsen	John Off
Oscar Ekstrøm	Erling Persson
Johannes Hvas	Per Tværgård
Jørgen Jensen	Povl Vedelsby,

der besidder ejendomsretten til materialet.

I læseårene 1976/77 og 1977/78 har følgende deltaget i forsøgsundervisningen:

Bodil Jørgensen, Vestre Skole, Middelfart  
Marius Bøgh Mortensen, Østre Skole, Middelfart  
Hans-Jørgen Hørning, Kjellerup Skole, Kjellerup  
Søren Nørgård, Fårvang Skole, Fårvang  
Harald Oksbjerg, Lyshøjskolen, Kolding  
Per Rysbjerg, Thisted Borgerskole, Thisted  
Arne Slagor, Statens Pædagogiske Forsøgscenter, Rødovre.

#### Specielt om 3. udgave:

Denne adskiller sig fra 2. udgave på følgende punkter:

- 1) I kapitel 1-4 er der rettet fejl og foretaget mindre ændringer i såvel elev- som lærertekst.  
2. og 3. udgave kan for disse kapitlers vedkommende bruges sammen uden problemer.
- 2) Kapitel 5 er fuldstændig omarbejdet i både elev- og lærertekst. De to udgaver kan ikke bruges sammen.
- 3) Teknisk Appendix er ændret i overensstemmelse med ændringerne i kapitel 5, ligesom dele af det nu er flyttet til kapitel 5 i 3. udgave af lærerteksten.

Ideerne til det reviderede kapitel 5 er fremsat af forfattergruppe og forsøgslærere i forening, mens den egentlige udformning af såvel elev- som lærertekst er foretaget af:

Kai Støvring Jensen, Sjælsøskolen, Birkerød  
Povl Vedelsby, DLH, Fysisk Institut.

Jørn Lyngesen, DLH, Fysisk Institut har ydet os værdifuld faglig bistand og hjælp ved korrekturlæsningen.  
Manuskriptet er renskrevet af Winnie Burchard, DLH, og tegningerne er tegnet af Povl Vedelsby.

Danmarks Lærerhøjskole  
Fysisk Institut  
April 1978  
Povl Vedelsby

### INDLEDNING,

som handler om motivation og om nogle erfaringer fra elektronikundervisningen.

De fleste lærere har vel på ét eller andet tidspunkt spekuleret på, hvorfor nogle skoleelever i vort moderne, industrialiserede samfund er så vanskelige at motivere.

En af forklaringerne herpå kan være følgende:

Disse elever møder alt for sjældent udfordringer, som de føler sig direkte motiveret for at tage op. Intet af det, de sættes til eller får tilbud om i skolen, er nødvendigt for, at de kan blive møtte den dag, eller for at andre primære behov kan blive opfyldt. For mange elever er det en sjælden oplevelse, at det, de beskæftiger sig med, kan bruges straks - og af dem selv. De kan måske heller ikke se nogen sammenhæng mellem de færdigheder, som skolen ønsker opøvet, og det arbejde, som de måske i en usikker og fjern fremtid vil komme til at beskæftige sig med. Tidligere tiders situation, hvor børnene som en selvfølge gik i forældrenes fodspor, forekommer sjældent.

Når nogle elever alligevel virker velmotiverede i skolen, er en væsentlig grund måske, at de ønsker at leve op til forældrenes og lærernes forventninger - altså en indirekte motivation.

Når andre elever fungerer dårligt, kan det skyldes, at de har haft så mange negative oplevelser i og uden for skolen, at forældres og læreres forventninger ikke er tilstrækkelig til at give dem den nødvendige motivation.

Men hvis vi i skolen kan give eleverne en direkte motivation gennem selve undervisningen, så er dette også meget bedre en enhver indirekte motivation.

Denne intention har været væsentlig ved udarbejdelsen af det foreliggende undervisningsprogram i elektronik. Materialet er blevet prøvekørt med adskillige elevhold - både af arbejdsgruppen og af specielle forsøgslærere. Det er med en vis undren - men med tilfredshed -, at vi har konstateret en tendens til, at materialet ikke blot passer godt til velfungerende elever, men at også de dårligt tilpassede eller ligefrem adfærdsvanskelige elever synes at befinde sig godt under dette undervisningsprogram.

Og hvad kan grunden så være til, at tingene tilsyneladende fungerer?

De elever, der volder besvær i traditionelle undervisningssituationer, savner tilstrækkelig motivation.

*"Hvis en elev keder sig, så vil han være modtagelig for ethvert tilbud om forandring, da han ikke ønsker (søger) noget bestemt. Tilbudet fra kammerater er for hans "mål" lige så passende som undervisningstilbudet, og da kammeraternes tilbud antalsmæssigt overstiger lærerens, så er sandsynligheden stor for forstyrrende adfærd - set fra lærerens synspunkt." \**

Hvad kan læreren så gøre for at motivere denne elev?

- Han kan
- a) forsøge at gøre undervisningen spændende, varieret og underholdende,
  - b) prøve at gøre undervisningen mere praktisk betonet eller
  - c) stille eleven over for udfordringer, idet han forsøger at engagere eleven i problemløsninger og at appellere til hans kreative evner.

Undervisningsprogrammets tilsyneladende gode resultater med disse elever kan skyldes, at det indeholder elementer fra alle tre punkter.

Hele undervisningsforløbet kan - på grund af selve arbejdsprocessen, blinkene, lydene, gruppesamarbejdet og ikke mindst kampen for at få noget til at virke - blive spændende, varieret og underholdende. I mange afsnit bestemmer eleven individuelt sin egen udformning af det, der skal fremstilles (en printtegning, en tones højde og klangfarve, en forstærkningsfaktor osv.). Han har også ofte mulighed for at følge sine egne intentioner og praktiske ønsker i valg af opgaver og undersøgelser. Han er altså til en vis grad herre over sit eget arbejde. Programmets opgaver stilles sådan, at eleven stadig udfordres og tvinges til at løse problemer. Når det lykkes bedst, er det ikke lærerens, men elevens egne problemer, han giver sig

i kast med. De er opstået af hans egen situation, og han har måske oven i købet selv formuleret dem. Det er det induktive princip med deraf følgende direkte motivation.

*"Læreren skal skabe tvivl, skal rejse spørgsmål og etablere konflikter hos sine elever. Den fremkaldte tilstand af konflikt kan kun afklares af eleven selv ..... Det betyder, at der vil være overensstemmelse mellem konfliktafklaringen - der først og fremmest er elevens mål - og det mål, som læreren har opstillet for sin undervisning." \**

Når alt dette er sagt, bør det ikke skjules, at forsøgslærerne af og til har oplevet, at eleverne har reageret med modvilje og surhed på grund af den savnede styring. De har også beskyldt undervisningen for at være "fusket" ("hvorfor ikke straks gå til de gennemprøvede opstillinger?") og efterlyst mere "professionelle" hjælpemidler som byggesæt, indbygningskasser osv. Vi mener dog, at den valgte linie byder på den sundeste udfordring, og at eleverne kan forfølge deres "professionelle" ønsker i deres hobbyarbejde hjemme.

Det skal heller ikke være nogen hemmelighed, at den meget fleksible form kan føre til, at læreren pludselig føler, at det hele flyder, og at han har brug for 2 hoveder og 6 hænder. Det er dog sikkert en risiko, man må lære at leve med eller imødegå - enhver efter sit eget temperament.

Følgende læseplan fra Birkerød (1976) dækker i det store og hele de intentioner, der har ligget til grund for arbejdet.

\* Citater fra: Tom Plough Olsen: Nysgerrighed og indlæring.  
D.E. Berlynes teori. (Munksgaard).  
(Side 17 og side 45).

## LÆSEPLAN

### for valgfaget elektronik i folkeskolen

#### 1. Citat fra bekendtgørelse nr. 658 af 28. november 1975:

"Bekendtgørelse om undervisningen i folkeskolens valgfag"

§ 1. Der kan tilbydes eleverne på 8.-10. klassetrin undervisning i følgende fag og omner: maskinskrivning, fotolære, drama, filmkundskab, historie, geografi, biologi, formning, musik, håndarbejde, sløjd, hjemkundskab, motorlære samt kendskab til uddannelsesforhold og til vilkårene i arbejdslivet (arbejdskendskab).

Stk. 2. Der kan endvidere tilbydes eleverne undervisning i andre værkstedsfag, herunder i elektronik, under forudsætning af, at undervisningen tilrettelægges som værkstedsundervisning med overvejende vægt på fagets praktisk-tekniske sider.

Stk. 3. I faget arbejds-kendskab indgår besøg og praktikophold i virksomheder og institutioner efter de herom fastsatte bestemmelser.

§ 10. Formålet med undervisningen i elektronik er, at eleverne erhverver viden om grundlæggende elektroniske kredsløb og deres funktioner og et praktisk kendskab til fagets arbejdsmetoder.

Stk. 2. Det skal tilstræbes, at eleverne opnår nogen færdighed i at konstruere og opbygge simple enheder, således at de får et grundlag for selvstændigt at løse elektroniske opgaver og problemer.

Stk. 3. Undervisningen skal medvirke til, at eleverne får forståelse for elektronikkens betydning i samfundet.

#### 2. Generelle bemærkninger

Den teoretiske beskrivelse af elektroniske kredse bygger på de grundlæggende love og sammenhænge, der kendes fra elektricitets- og magnetismelæren. Denne bygger imidlertid selv på en række idealiserede modeller, der kun i en vis udstrækning er gyldige i praksis, og elektronik er - ligesom andre naturvidenskabelige fag - derfor et fag, hvor viden og erfaring i udstrakt grad hentes gennem eksperimenter.

Målet for arbejde med elektronik er oftest at frembringe kredsløb med specifikke funktioner. Set i denne sammenhæng vil det i reglen være særdeles upraktisk - og undertiden umuligt - at beskrive kredsløbet ved hjælp af grundelementerne (strøm, spænding og komponenter). Tænk f.eks. blot på det virvar af komponenter, der findes i en almindelig transistorradio: Det er ikke hensigtsmæssigt at beskrive radioen ved f.eks. at fortælle hvilken strøm, der løber gennem hver enkelt komponent. Mere rimeligt er det at berette om radioens funktion (f.eks. hvor mange stationer, den kan tage, hvor højt den kan spille etc.). Herefter kan man beskrive hvilke grundlæggende elektroniske kredsløb (enheder), radioen er sammensat af, og

man kan beskrive de enkelte enheders funktion i helheden. Det er således muligt at beskrive forholdene i den enkelte enhed detaljeret uden at miste overblikket, og uden at lade sig distrahere af komponenter, der hører til i andre enheder i radioen.

Skolefaget elektronik er placeret som et værkstedsfag, og formålet med undervisningen er centreret omkring "grundlæggende elektroniske kredsløb og deres funktioner" og "fagets arbejdsmetoder". Det vil derfor være naturligt i så vid udstrækning som muligt at adoptere de faglige beskrivelses- og betragtningsmåder, og anvende dem i skoleundervisningen.

### 3. Faglige og metodiske synspunkter

En undervisning, der lægger hovedvægten på enheder, kredsløb, funktioner og arbejdsmetoder, kan realiseres efter følgende retningslinier:

Man lader eleverne starte et undervisningsforløb med - efter en forskrift - at opbygge en elektronisk kreds ved hjælp af grundkomponenter - uden nødvendigvis at have kendskab til disse og til deres specifikke funktion. Her efter undersøger eleverne - gennem mere eller mindre stærkt strukturerede opgaver - enhedens funktion bl.a. ved hjælp af det til rådighed værende relevante måleapparat.

Der bør lægges vægt på, at eleverne erkender sammenhængen mellem ændringer i komponenter og komponentværdier, og de deraf følgende ændringer i enhedernes funktion. Derfor skal den monterings teknik, der bruges, være så enkel, at de ønskede ændringer i en opstilling let kan foretages, og komponentsamlingen skal være tilstrækkelig stor.

Det skal tilstræbes, at eleverne gennem erkendelse af komponenternes funktion i helheden, efterhånden skaber sig praktisk anvendelige forestillinger om den enkelte komponent og dens anvendelse i andre sammenhænge.

Efterhånden som elevernes erfaringsområde udvides, bør opgaverne struktureres mindre og mindre stramt under hensyntagen til den enkelte elevs evner og formåen. Opgaverne bør formuleres på en sådan måde, at eleverne inspireres til - under fornøden vejledning - at forfølge egne ideer, til at udvide og ændre de lærerforeslåede forsøg, til selv at finde på forsøg, og herigennem at få bekræftet - eller afkræftet - deres ideer (teorier) ad eksperimentel vej. Ligeledes bør elevernes medindflydelse på karakteren af opgaverne øges i takt med deres faglige indsigt og kendskab til arbejdsmetoder og -muligheder.

Der kan i undervisningen indlægges en række "opfinderfaser", hvor eleverne udfordres til selvstændigt at prøve (afprøve) deres erhvervede kunnen på praktiske problemer - eventuelt selvvalgte - af passende sværhedsgrad.

Undervisningen kan således hvile på et induktivt, analytisk princip, hvor eleverne gennem studiet af de funktionelle egenskaber også når ned i detaljerne til et niveau, der afhænger af den enkelte elev.

Dette arbejdsprincip er særdeles nyttigt i elektronikken - såvel som i fysikken - og vil medvirke til at øge elevernes lyst til at lære, træne deres evne til selvstændig vurdering og stillingtagen, ligesom det vil appellere til deres fantasi og skabertrang. Det faglige niveau kan tilpasses den enkelte elev således, at alle elever får mulighed for at opleve et udviklende og skabende undervisningsforløb.



Bag disse bemærkninger ligger også den forhåbning, at det selvoplevede indtryk, eleven får af den analytiske metodes brugbarhed, vil være så stærkt, at metoden vil blive anvendt på hverdagens problemer engang, når elektronikken er glemt.

### 3.1 Nogle bemærkninger om begrebet "værkstedsfag"

Begrebet værkstedsundervisning skal ses mere som led i undervisnings/indlæringsprocesserne, end som et krav i forbindelse med de elektroniske enheder, eleverne fremstiller i løbet af undervisningen, idet noget væsentligt ved en værkstedsundervisning må være, at eleverne er skabende, og at de arbejder produktivt.

Under arbejdet med eksperimentalopstillinger lærer eleverne, i et omfang, der er nødvendigt for at løse de stillede opgaver, at bruge almindeligt håndværktøj, at lodde og at anvende måleapparater. Disse færdigheder opøves også, når eleverne lejlighedsvis overfører en eksperimentalopstilling til et "trykt kredsløb", og når de eventuelt gør sådanne apparater helt færdige ved også at fremstille kabinetter. Det skal imidlertid påses, at opnåelse af færdigheder ikke bliver et mål i sig selv.

### 3.2 Overordnet emnevalg og metode

De elektroniske enheder, der danner udgangspunkt for elevernes arbejde skal være repræsentative i henseende til funktion og kredsløbsteknisk opbygning.

Der bør lægges vægt på, at eleverne kommer til at opfatte en enhed generelt som noget, der kan behandle et signal: Der lægges et signal ind på enhedens indgang, og på udgangen optræder et signal, der er resultatet af enhedens behandling af indgangssignalet. For at få systemet til at fungere, skal enheden yderligere forsynes med driftspænding. Begrebet signal opfattes bredt, rækkende fra ændring i en DC-spænding over impulser til f.eks. modulerede HF-signaler.

Yderligere bør de forskellige enheder vælges ud fra sådanne kriterier, at eleverne inspireres til at forsøge at opnå mere komplicerede og sammensatte funktioner ud fra de kendte funktioner.

Der vil ofte vise sig tekniske problemer, der kun kan løses (af eleven) på baggrund af en større viden om een eller flere detaljer i kredsløbet herunder om komponenterne. Det bør i almindelighed være sådanne konkrete problemsituationer, der motiverer en teoriundervisning, som i sit indhold bør sigte direkte mod løsningen af det aktuelle problem. Kun undtagelsesvis bør eleverne præsenteres for "færdige" løsninger på et problem. Man bør i så vid udstrækning som muligt opfordre eleverne til, på baggrund af deres praktiske erfaringer og deres viden fra bl.a. fysikundervisningen, at komme med "kvalificerede gæt" som de derefter afprøver eksperimentelt.

Den begrebsstruktur og holdning en undervisning efter disse retningslinier kan bibringe eleverne, vil hjælpe dem til selvstændigt at arbejde videre i en situation uden lærervejledning, og den vil også være relevant og nyttig om nogle år, når udviklingen iøvrigt har ændret vort syn på, hvad der er nødvendig basisviden i faget elektronik. Herigennem vil undervisningen bidrage til, at eleverne som samfundsborgere - på et vist niveau - vil kunne vurdere og forstå de elektroniske frembringelser, de uundgåeligt kommer i forbindelse med, og som samfundet i stedse voksende grad betjener sig af.



#### 4. Fagets placering og struktur

Undervisning i valgfaget elektronik tilbydes eleverne på 8.-10. klassetrin på tre niveauer, der ikke nødvendigvis behøver at følge klassetrinnene:

Niveau 1, der alene bygger på fysikundervisningens elektricitetslære, og som i faglig henseende sigter mod at give eleverne en bred orientering om elektronikkens hovedprincipper som omtalt i det foregående.

Niveau 2, der forudsætter niveau 1 (eller tilsvarende kundskaber), skal udvide elevernes erfaringsområde således, at niveau 1 og 2 tilsammen giver en rimeligt dybtgående og dækkende indsigt i fagets centrale områder og metoder.

Undervisningen på niveau 2 skal bygge på en maximal udnyttelse af de erfaringer og holdninger, eleverne har fået på niveau 1.

Niveau 3: Undervisningen her forudsætter niveau 1 og 2 (eller tilsvarende kundskaber), og er i fagligt indhold kun begrænset af de til rådighed værende økonomiske og tekniske muligheder og af elevernes evner.

#### 5. Fagligt emnevalg

##### Niveau 1:

Hovedemnerne er 1) Signaler

2) Funktionelle enheder.

- 1) Signaler: Eleverne bør vænnes til at betragte signaler som informationsbærere.  
På dette niveau kan undervisningen indskrænkes til at omfatte umodulerede signaler, fortrinsvis LF inklusive DC.  
Undervisningen skal give eleverne indhold i begreberne frekvens og amplitude, og de skal - f.eks. ud fra oscilloskopbilleder - kende kurveformerne sinus og firkant samt billedet af tale- og musiksignaler. Endvidere skal sammenhængen mellem frekvens, toner og musik belyses.
- 2) Funktionelle enheder: Eleverne bør vænnes til at betragte en enhed som bestående af en indgang, en signalbehandlingsdel og en udgang.  
Så tidligt som muligt bør blokdiagrammer indføres og anvendes ved systembeskrivelserne.  
F.eks. i forbindelse med elevernes opbygning af eksperimentelopstillinger bør de også trænes i diagramlæsning og -tegning, og de bør vænnes til at anvende og forstå den faglige terminologi.  
I den generelle beskrivelse af en enhed, bør eleverne desuden få et (kvalitativt) indblik i det faglige indhold i begreberne indgangsmodstand og udgangsmodstand.

Emnekredsen på niveau 1 bør indeholde elementer fra såvel digital- som analogelektronikken.

Undervisningen kan f.eks. bygges op omkring følgende emner:

Den astabile multivibrator,

DC-forstærkere,

AC-forstærkere.

De delemner, der nævnes i det følgende, er kun nogle få eksempler på de muligheder, der ligger i og omkring de pågældende enheder. Endvidere skal det understreges, at ved behandlingen af delemnerne vil en undervisningssituation, hvor læreren vejleder arbejdende elever/elevgrupper, og hvor samtaler elev/elev og elev/lærer imellem bliver naturlige og nødvendige elementer, være mere fordelagtig end en klasseundervisning, der kun i beskedent omfang muliggør undervisningsdifferentiering.

Den simple, astabile multivibrator (AMV) er særdeles velegnet som første emne i undervisningen. Den er let at bygge, er helt ukritisk i opbygningen, og virker med det samme (forudsat at komponenterne er placeret rigtigt og, at lodningerne er af nogenlunde kvalitet). Yderligere har den det fortrin, at eleverne uden anvendelse af måleapparater kan konstatere, at den fungerer f.eks. ved at et par pærer blinker. Dette gør den samtidig velegnet til at eksperimentere med, idet virkningen af en komponentændring bliver umiddelbart iagttagelig.

AMV'en kan f.eks. anvendes ved behandling af begreberne signal, frekvens, amplitude og udgangsmodstand. Den indbyder til undersøgelser af sammenhængen mellem komponentværdier og frekvens, og eleverne vil hurtigt "få magt" over enheden i den forstand, at de selv kan bestemme, hvad den skal kunne. Dette kan udnyttes mange steder i undervisningen, hvor der bliver behov for f.eks. en lyd giver, en takt giver, en clock-generator etc. I sin grundform er AMV'en en generator dvs. den har ingen indgang, men det vil være oplagt også at lade eleverne arbejde med en styret AMV, hvor styringen f.eks. kan komme fra enheder, der muliggør digitalisering af spænding, lys eller temperatur, eller fra forudgående kontrolenheder, der blot udnytter AMV'en som indikator.

Endelig vil AMV'en også være velegnet som objekt for analyse af kredsløbsdetaljer, hvis dette findes belejligt - eventuelt på et senere niveau i undervisningen. De emner, der kan drages frem i forbindelse hermed kan f.eks. være: Beskrivelse af AMV'en som to medkoblede forstærkertrin (positiv tilbagekobling), analyse af transistorens kontaktfunktion, op- og afladning af kondensatorerne, detaljer i kurveformerne på basis og kollektor m.m.

DC-forstærkeren er en særligt simpel forstærkertype, der ikke indeholder kondensatorer i - eller mellem - de enkelte trin, dvs. den kan behandle meget langsomme signaler (DC-signaler). Den er velegnet til undersøgelser omkring begrænsningerne i en forstærkers funktion (f.eks. sammenhængen mellem forsyningsspænding og maksimalt opnåelig udgangssignalamplitude). Den kan anvendes til at lade eleverne få indblik i transistorens funktion (lille basisstrøm styrer større kollektorstrøm) og i spændingerne omkring transistoren (hvor især begreberne høj og lav i forbindelse med lukket - på klem - åben kan fremhæves). DC-forstærkeren er velegnet til eksperimenter, der kan give eleverne idé om kondensatorens funktion som "elektricitetslager", og der åbnes herigennem for muligheder, hvor eleverne selv kan komponere et utal af styrings- og kontrolsystemer.

AC-forstærkere deles her i spændingsforstærkere (forforstærkere) og effektforstærkere (udgangsforstærkere), og anvendes især, hvor analoge signaler ønskes forstærket lineært. Her kan begreberne forstærkning, forvrængning, overstyring og frekvensgang belyses, ligesom ind- og udgangsmodstand let kan illustreres gennem enkle eksperimenter. Kondensatoren ses her som koblings-element mellem forskellige trin, og som afkobling i de enkelte trin, hvilket kan benyttes som indgang til RC-led og kondensatorens impedans. Yderligere kan eleverne i effektforstærkerens komplementærudgangstrin stifte bekendtskab med transistorer af såvel NPN som PNP type.

Effektforstærkeren kan udmærket drages ind i undervisningen på et tidligt tidspunkt, når der er behov for den, f.eks. hvis en elevgruppe ønsker at gøre tonerne fra en AMV endnu kraftigere.

Fælles for de her omtalte enheder er, at deres funktion er relativt simpel og overskuelig, at signalerne er let erkendbare og, at der er rige variations- og kombinationsmuligheder, hvor eleverne kan opfinde spændende og nyttige apparater ved anvendelse af få komponenter, dvs. for yderst beskedne midler.

## Niveau 2:

Hovedbegreberne er de samme som på niveau 1, men signalbegrebet udvides til også at omfatte højfrekvens og modulerede signaler. Funktionelle enheder udvides til mere komplicerede strukturer og sammensatte systemer. Endvidere skal eleverne her opnå en mere præcis viden om forskelle og ligheder mellem analoge og digitale enheder.

Foruden at involvere emner og begreber fra niveau 1, kan undervisningen på niveau 2 f.eks. bygges på følgende emner:

- Radiomodtagning,
- Radiosending,
- Digitale systemer.

Radiomodtagning giver eleverne mulighed for at følge en relativt kompliceret signalbehandling trin for trin, hvorunder de møder en række nye begreber som: Bærebølge, modulation/demodulation, resonans, og de får mulighed for at erkende de enkelte enheders funktion, herunder impedansforholdenes betydning.

Som eksempel på en komponent, hvis funktion kan studeres i den sammenhæng, hvori den indgår kan nævnes dioden, der indgår i dektoren. Ud fra den iagttagne funktion kan eleverne opfordres til at generalisere og forudsige diodens indvirken i andre sammenhænge, som derefter kan afprøves eksperimentelt.

Under fjernelsen af bærebølgen møder eleverne en kondensator, hvis funktion og indflydelse på signalet er umiddelbart iagttagelig. De kondensatoregenskaber eleverne udleder af disse iagttagelser, kan de sammenholde med deres tidligere erfaringer om kondensatoren således, at elevernes forestillinger om komponenten stadig uddybes, præciseres og nuanceres.

Radiosending forudsættes at foregå på samme frekvenser som radiomodtageren er indrettet til at modtage (af tekniske grunde er langbølge at foretrække) og med en så lille udgangseffekt, at forstyrrelser er udelukket. Yderligere bør systemerne indrettes sådan, at eleverne ikke umiddelbart kan bygge og anvende senderen uden for skolen, hvilket er forbudt.

Formålet med denne del af undervisningen er at komplettere elevernes erfaringer med trådløs kommunikation af data, og systemet bør derfor opbygges rimeligt korrekt set fra et teknisk synspunkt dvs. med separat styreoscillator, modulator, PA-trin og pi-led til antennen. Samtidig må de mulige konsekvenser af ukorrekt konstruktion af en sender gøres klart for eleverne.

Som modulerende signal kan man anvende f.eks. tale/musik via forstærkerenhederne fra niveau 1, men man kan også lade eleverne arbejde med/udvikle systemer, der f.eks. kan overvåge en patients temperatur eller puls og - f.eks. via en AMV omsætte disse data til en frekvens, der derefter udsendes (patientovervågningssystemer).

Indgangen til digitale systemer kan f.eks. være den ovenfor nævnte transmission af digitale data, eller problemerne omkring nøjagtig måling af senders frekvens.

Den digitale udtryksform bør indtage samme plads undervisningen igennem som den analoge. Digitale systemer bør da også først og fremmest tjene til at åbne elevernes øjne for de muligheder, der ligger i anvendelsen af integrerede digitalkredse. Dette kan betyde, at eleverne aldrig får set en bistabil multivibrator eller schmitttrigger opbygget med diskrete komponenter, men til gengæld vil de lære funktionerne at kende, og få lejlighed til at anvende dem i store, realistiske systemer.

Undervisningen kan bygges op omkring digitale sekvenskredse (især tællere og skifteregistre), der fødes med information fra f.eks. de fra det foregående kendte enheder, der kan afgive digitale signaler. Det vil i reglen være nødvendigt at anvende en "interface-enhed" i form af en integreret schmitt-trigger mellem disse og sekvenskredsene. Herunder kan schmitt-triggerens funktion undersøges. Til styringen (kontrollogikken) vil der være behov for anvendelse af forskellige gate-typer. Deres funktion kan tages op i denne konkrete sammenhæng.

Blandt de emner og problemer, der kan tages op i undervisningen, er f.eks. følgende: Hvordan kan en tæller bringes til at lukke op i et ganske bestemt tidsrum, hvordan kan man frembringe styreimpulserne hertil, og hvordan kan man gøre systemet automatisk registrerende? Simplificering af udlæsningen ved at gå fra binær- til BCD-tællere. Dekodning og decimaludlæsning. Lagring af information på magnetbånd. Her kan en elevgruppe udvikle en enhed, der muliggør indspilning af impulser på en almindelig kassettebåndoptager, mens en anden gruppe, der modtager båndet, forsøger at læse og forstå den indspillede information.

### Niveau 3:

Undervisningen skal fastholde og videreudvikle de metoder og holdninger, eleverne har erhvervet sig på de foregående niveauer.

De konkrete emner for undervisningen fastlægges i samråd med eleverne ud fra de til rådighed værende tekniske og økonomiske muligheder.

Undervisningen kan bygges på apparater og enheder med et videre brugsmæssigt sigte, herunder apparater, der tilsluttes lysnettet (eksempel: strømforsyning). Under alle omstændigheder skal relevante dele af stærkstrømsreglementet gennemgås sammen med eleverne.



## 6. Eksempel på et undervisningsforløb

Denne sekvens tænkes at finde sted i begyndelsen af undervisningen på niveau 1, og den afvikles over 3-4 måneder med en ugentlig dobbelttime.

Eleverne arbejder sammen to og to, og hvert hold bygger en astabil multi-vibrator (AMV) på sømbrædt. AMV'en forsynes med pærer som kollektorbekæmpelse, og komponenterne, der ligger klar til eleverne, er valgt sådan, at frekvensen bliver tilpas lille (f.eks.  $\frac{1}{2}$  Hz). Fortrykket til sømplanen udleveres i form af et diagram i passende størrelse, med angivelse af kondensatorernes polaritet, transistorforbindelser, driftspændingstilslutning etc.

Instruktionen af eleverne er meget kortfattet, og omhandler i det væsentlige, hvordan man skal gøre ("dette er en transistor, den skal anbringes sådan" etc.).

Under elevernes arbejde kan man demonstrere for de enkelte hold, hvordan en korrekt lodning skal udføres, og iøvrigt hjælpe til med de tekniske problemer.

I løbet af et par lektioner vil alle AMV'er være i funktion, og eleverne måler (ved tælling) frekvensen (udtrykt i blink pr. minut). Herefter foretages en udskiftning af de frekvensbestemmende basismodstande. Efter måling af den nye frekvens, har eleverne et grundlag for at forudsige (gætte) frekvensen ved andre basisresistanser, og ved hver ny værdi startes der derfor med et gæt - og derefter kontrol ved måling. De resistanser, der anvendes her, vælges af læreren for at give eleverne en rimelig chance for at opdage sammenhængen.

Opgaven vendes nu om: Eleverne skal få deres AMV til at give et bestemt antal blink pr. minut. Herunder bliver det klart (for eleverne), at modstande kun findes i ganske bestemte standardværdier men også, at mellemliggende værdier kan fås ved serie- og/eller parallelforbindelser af standardværdierne. Dette tages ikke op til generel drøftelse, men stilles som spørgsmål til de elevgrupper, der ikke kan finde den værdi, de ønsker at bruge. Herved opdager de, at to 10 kohm modstande i parallel giver samme frekvens som de ville forvente med én 5 kohm modstand etc. Til de elever, der insisterer på at ramme den forlangte frekvens nøjagtigt, udleveres en trimmodstand eller et potentiometer med en kort besked om, hvad det er. Det er derefter elevernes opgave at anbringe den variable modstand korrekt i kredsen og justere til den ønskede frekvens.

Nu anbringes en bestemt basismodstand i AMV'en, og eleverne starter en udskiftning af kondensatorerne efter samme retningslinier som ovenfor, idet man udvælger kapacitanser, der stadig holder frekvensen indenfor det synligt tællelige. Når eleverne har styr på sammenhængen kapacitans/blink pr. minut, kan man (i hvert fald overfor nogle elevgrupper) prøve at få dem til at sammenfatte deres erfaringer gennem spørgsmål som: Er der andre kombinationer af R og C, der giver samme frekvens.

Der udleveres nu kondensatorer med så lille kapacitans, at det ikke længere er muligt at se pærerne blinke. Eleverne kan nogenlunde forudsige, hvor hurtigt pærerne bør blinke, men står overfor problemet: Passer det nu også? Hvordan måler vi det? Og svinger AMV'en i det hele taget? Man lader eleverne koble en højtaler til AMV'ens udgang, således, at de nu kun høre svingningerne.

Samtidig iagttages disse på et oscilloskop, der indføres her som et apparat, hvormed man kan iagttage svingninger. Frekvensen lader man eleverne måle på en frekvenstæller, der eventuelt kan være en binær tæller med integrerede kredse, hentet fra et senere trin i undervisningen. Eleverne skal her blot instrueres om, hvordan tælleren anvendes.

Nu indføres frekvensen som antallet af svingninger pr. sekund med enheden hertz. og man lader eleverne arbejde frit med udskiftning af komponenter således, at de får en fornemmelse af sammenhængen mellem frekvens og tonehøjde. De elever, der har behov for et konkret mål, kan f.eks. stilles overfor den opgave at få AMV'en til at lyde ligesom en myg!

Hver elevgruppe får nu udleveret frekvensen svarende til én af klavertonerne indenfor midteroktaven, med besked om at justere AMV'en til præcis denne frekvens. I fællesskab kan klassen herefter spille enkle melodier med telegrafnøgler som tangenter. Spørgsmålet om at få AMV'erne til at spille gennem kun én højttaler - og med større lydstyrke - vil givetvis blive rejst, og søges løst ved samtale med eleverne under deres forsøg, hvorunder begrebet belastning (og udgangsmodstand) får umiddelbar mening, idet man erfarer, at man ikke uden videre kan koble de forskellige udgange sammen. Yderligere stilles en udgangsforstærker til elevernes rådighed således, at projektet kan føres igennem til en rimelig afslutning.

I en musikinteresseret klasse kan man gå lidt videre i "musikteori" ved ad eksperimentel vej at lade eleverne finde ud af frekvenssammenhængen mellem toner med en oktavs afstand etc.

Eleverne får nu den opgave at fremstille et print til en DC-forstærker ("darlingtonkobling" med åben basis, sikringsmodstand mellem trinnene og en pære som belastning) ud fra et printforlæg. Samtidig skal de tegne diagrammet, selvstændigt opbygge enheden på et sømbrædt, og kontrollere, at enhederne fungerer ens. Ved samtaler med eleverne mens de på sømbrædtopstillingen forsøger at finde ud af, under hvilke omstændigheder pæren kan lyse, klarlægges transistorens fundamentale funktion som strømstyrende enhed. Herunder indføres universalinstrumentet som et bekvemt redskab til at holde rede på strømme og spændinger.

Herefter får eleverne til opgave at forbinde forstærkeren med AMV'en på en sådan måde, at denne starter i det øjeblik forstærkeren - opfattet som en kontrolenhed - påvirkes. AMV'en er således nu en enhed, der blot bruges som akustisk alarm, mens forstærkeren er en styre-enhed. Eleverne instrueres om at anbringe en kondensator mellem nul og forstærkerens indgang og iagttage de ændringer i systemet, dette medfører. Heraf får eleverne de første forestillinger om en kondensators funktion, men samtidig anvendes funktionen i det aktuelle system til praktiske (timing-) formål (eksempel: Find en sådan kondensator, at apparatet kan bruges til at koge æg efter!). Her er AMV'en aktiveret under kondensatorens afladning, hvilket netop til disse formål er upraktisk, og eleverne opfordres derfor til at forsøge at frembringe den modsatte funktion. Denne opgave ligger i overkanten af, hvad de forventes at kunne løse, men den benyttes til - sammen med eleverne - at diskutere en række kredsløbstekniske muligheder - en diskussion, der i høj grad er baseret på anvendt elektricitetslære, men som i situationen er stærkt motiverende, og som yderligere uddyber elevernes praktiske kendskab til transistoren og strømmene og spændingerne i og omkring den.

Den her skitserede undervisningssekvens munder ud i, at eleverne får fri udfoldelsesmulighed i en rimelig tid til at anvende deres nyerhvervede kunnen på ideer og muligheder, som undervisningen har inspireret dem til. F.eks. kan nogle elever ønske også at bygge en AMV på print. således, at de sammen med DC-forstærkeren på print får en enhed, de kan anvende hjemme.



## KAPITEL 1

## FREKVENNS OG TONER

INDHOLD:		LÆRER- SIDER	ELEV- SIDER
FT 1	Vi bygger en astabil multivibrator på sømbræt .....	L 2	E 1
FT 2	Vi skifter modstandene ud .....	L 4	E 3
	Nogle faglige bemærkninger om AMV'ens frekvens .....	L 5	
FT 3	Vi skifter kondensatorerne ud .....	L 9	E 5
FT 4	Vi frembringer toner .....	L 10	E 6
FT 5	Vi efterligner lyde og laver et musikinstrument .....	L 13	E 8
	Sådan virker den astabile multivibrator .....	L 16	

FT 1

## VI BYGGER EN ASTABIL MULTIVIBRATOR PÅ SØMBRÆT

AMV'en er valgt som første opstilling, bl.a. fordi den er let at bygge og virker med det samme, hvis komponenterne er anbragt rigtigt, og lodningerne er af nogenlunde kvalitet. Samtidig synes eleverne, at den er sjov, fordi "den kan noget".

Udlevér en kopi af AMV-diagrammet side 2 i elevhæftet til hvert elevhold (kopieringssider i "Teknisk appendix"). Prøv at lade eleverne arbejde sammen 2 og 2 i laboratoriet. Det har den fordel, at de kan tale sammen om eksperimenterne, give hinanden ideer, og hjælpe hinanden med at holde, når der loddes.

Instruktionen af eleverne bør være meget kortfattet - noget i retning af: "Dette er en transistor, og den skal anbringes sådan" etc. Brug ikke mere end 15-20 minutter til at give eleverne en regulær brugsanvisning på, hvordan man gør! Sørg for, at eleverne forstår, at de ikke må klippe noget af komponenternes trådender (de skal jo kunne bruges igen), og hold øje med dette, når de starter i laboratoriet.

Lad være med at fortælle for meget om lodning. Det er alligevel noget man kun kan lære ved at gøre det. Gå rundt til de enkelte hold, når sømmene er banket i, og vis dem hvordan man gør: Først fortrinne sømhovedet. Hold spidsen af kolben (med lidt tin på) under sømhovedet og kom først med tinnets, når sømmet er varmt. Kom så tin på trådene, og smelt tråden fast ved sømhovedet. Iagttag jævnligt elevernes loddeteknik og sørg for, at de fra starten får gode loddevaner. En traditionel fejl er, at de kommer en stor klat tin på kolben, og så prøver ligesom at klistre de to emner sammen.

Hvis en AMV ikke straks fungerer, så prøv følgende:

1. Er transistorerne vendt rigtigt?
2. Er elektrolytkondensatorerne vendt rigtigt?

3. Er der dårlige lodninger? Tag fat i ledninger og trådender, og rusk i dem.

Erfaringsmæssigt er dette de hyppigste fejlkilder!

Vi foreslår, at man bruger batterier (2 x 4.5V) til drift af opstillingerne, så langt det er muligt.

Hvis man anvender jævnspændingen i elevbordene, skal man være opmærksom på, at flere AMV'er kan synkronisere hinanden (blinke i samme takt, selvom de burde køre forskelligt). Prøv at anbringe 1000  $\mu$ F tværs over bordklemmerne.

Vi har valgt transistoren BC 547 B, fordi den - mens dette skrives - er en af de billigste standardtransistorer på markedet. Den kan umiddelbart erstattes af et stort antal transistorer med andre typebetegnelser, f.eks. BC 107,8,9. - BC 171,72,73. - BC 237,38,39. - BC 546,48,49,50. I tidsskriftet "Elector" (f.eks. nr. 9, januar 1976) findes en fortegnelse over anvendelige transistorer (kaldet TUN = Transistor Universal NPN). Se yderligere TA 5 i "Teknisk appendix".

Kun et par steder i dette program skal eleverne anvende en PNP transistor. Vi har derfor valgt at forsøge at gøre eleverne fortrolige med den almindeligste NPN-type og foreslår, at man slet ikke omtaler typeforskellene, og i hvert fald venter med det til PNP-typen optræder.

Endelig en bemærkning om plus, minus og nul: Eleverne møder i 8. klasse med lidet anvendelige begreber om strøm og spænding. Vi har valgt i almindelighed at benytte den "nederste" ledning i diagrammerne som reference for spænding, dvs. som 0 V. Herved får den "øverste" ledning spændingen +9 V. Prøv at få eleverne til efterhånden at opfatte nul-ledningen som et referencepunkt - som det sted, vi altid måler spændingsforskelle fra. Dette skal føre frem imod, at vi senere kan tale om spændinger i forskellige punkter i kredsen - med nul som underforstået reference.

FT 2

## VI SKIFTER MODSTANDENE UD

Nu skal eleverne til at eksperimentere! Den langsomme AMV er her uovertruffen, fordi eleverne uden brug af måleapparater umiddelbart kan se på pærerne, hvilken indflydelse resistanserne har på frekvensen.

Der er herigennem lagt op til elevernes første uformelle møde med begrebet "signal" og med begrebet "frekvens", som de kan måle simpelthen ved at tælle blink pr. minut.

Ved at udskifte basismodstandene får de fleste elever ret hurtigt hold på AMV'en i den forstand, at de selv kan begynde at bestemme, hvad den skal kunne.

Gættefasen er vigtig, idet eleverne her selv skal forsøge at systematisere, generalisere og derefter anvende en eksperimentelt erhvervet viden, med umiddelbar kontrol af om deres tankegang var rigtig.

Vi spørger nu, om eleverne kan "ramme" en bestemt frekvens (et bestemt antal blink pr. minut).

Nogle elever vil her bede om "skæve" modstandsværdier. Benyt lejligheden til en snak med disse elever om standardværdier, og led deres tanker hen på serie- og parallelforbindelser. Lad dem derefter selv prøve sig frem, og grib kun ind, hvis det ser ud til at gå helt galt.

Til de elever, der insisterer på at ramme den forlangte frekvens helt nøjagtigt, udleverer man en variabel modstand (trimmer eller potentiometer) med en kort besked om, hvad det er. Derefter må eleven selv prøve at klare resten.

Lad være med at forlange, at eleverne skal lære modstandenes farvekode udenad. Det er gold viden, der glemmes, hvis man ikke bruger den hver dag. Tag eventuelt nogle kopier af side E 4, og hæng dem op på strategiske steder i lokalet.

Hvis nogle elever får den idé at bruge basismodstande med forskellige resistanser, er det en god idé blot at lade dem prøve, i stedet for at fortælle dem, hvad der vil ske. Sørg så til gengæld for, at eleverne kommer til at "stå til regnskab" for deres forsøg ved at forlange, at de gør sig klart, hvad der sker. Vær generelt så imødekommende som muligt overfor elevernes egne ideer - det er under arbejdet med disse, at de virkelig lærer selv at formulere problemer, og til at komme med forslag til deres løsninger, når de spørger om noget. Hvis f.eks. en elev spørger, om man kan bruge en variabel modstand, - så giv ham en, og lad ham prøve sig frem. Det samme gælder, hvis nogen allerede her begynder at tale om toner og højttalere.

Arbejdet med FT 2 giver eleverne en række tal, der er velegnede som udgangspunkt for samtaler. Man kan f.eks. lave et skema på tavlen, og lade eleverne notere deres resultater i skemaet. På side 6 er vist et skema, hvor 2 elektronikhold (14 elevhold) har noteret deres resultater. Eleverne er almindeligvis også interesserede i de andre holds resultater, og diskuterer dem uopfordret. Skemaet kan også bruges som grundlag for klassesamtaler, som helt naturligt vil komme til at dreje sig om sammenhængen mellem resistans og frekvens, om komponenttolerancer og om serie- og parallelforbindelser, ligesom elever, der har fundet på spændende eller særprægede løsninger, får lejlighed til at fortælle om, hvad de har gjort. Sådanne samtaler vil med fordel kunne anvendes i begyndelsen af undervisningsforløbet, men vil senere, når spredningen mellem elevernes standpunkter bliver større, være mindre hensigtsmæssige.

#### Nogle faglige bemærkninger:

For en symmetrisk AMV ( $R_1=R_2=R$  og  $C_1=C_2=C$ ), kan frekvensen tilnærmest beregnes ved:

$$f = \frac{1}{1,4 \cdot R \cdot C}$$

Med  $R = 10 \text{ k}\Omega$  og  $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$  fås  $f = 0.71 \text{ Hz}$  svarende til 43 blink pr. minut i én af pærerne.

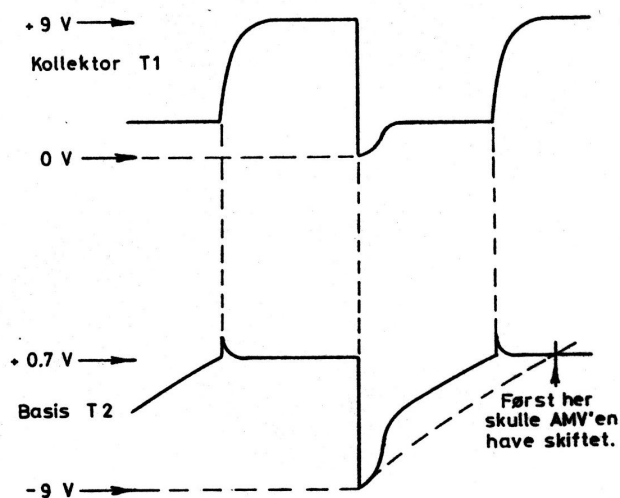
$C_1 = C_2 = 100 \mu F$	$R_1 = R_2 = 10 k\Omega$ Blink pr. minut		$R_1 = R_2 = 4,7 k\Omega$ Blink pr. minut		$R_1 = R_2 = 2,2 k\Omega$ Blink pr. minut		$R_1 = R_2 = 22 k\Omega$ Blink pr. minut		50 blink pr. minut	
	Målt	Målt	Gæt	Målt	Gæt	Målt	Forslag til modstande	Antal blink pr. minut (målt)		
Michael Morten	30	59	100	133	15	14				
Lars Michael	32	60	125	120	14	14	Halvhende RNV 6,8 k $\Omega$ 4,7 k $\Omega$	49		
Erling Bo	30	62	120	128	15	14	6,8 k $\Omega$	44		
Kim Harm	31	62	130	134	10	14	3,3 k $\Omega$	70		
Morten Jan	32	62	120	124	14	15	2,2 k $\Omega$ + 3,3 k $\Omega$ (serie)	50		
Allan Jan	30	62	124	138	12	13	6,8 k $\Omega$	42		
Lars Bent	31	64	120	126	15	16	6,8 k $\Omega$	46		
Morten Peter	31	62	124	144	15	15	2,2 k $\Omega$ + 3,3 k $\Omega$ (serie)	50		
Anne Helle	30	60	125	132	13	14	6,8 k $\Omega$	43		
Steen Morten	32	64	140	140	15	14	3,3 k $\Omega$ + 1,5 k $\Omega$ (serie)	56		
Christian Christian	32	62	124	127	15	15	4,7 k $\Omega$ + 1,5 k $\Omega$ (serie)	49		
Erik Morten	31	62	124	126	12	14	6,8 k $\Omega$	42		
Stig Jeppe	37	71	140	127	12	14	Halvhende RNV 6,8 k $\Omega$ 4,7 k $\Omega$	49		
Søren Lars	32	64	128	140	15	15	4,7 k $\Omega$ + 1,5 k $\Omega$ (serie)	49		

Alle eleverne måler (side L 6) væsentligt lavere frekvens, nemlig omkring 31 blink/minut ( $0.52 \text{ Hz}$ ). De anvendte modstande har  $\pm 5\%$  tolerance, og afvigelsen kan måske skyldes, at kondensatorerne afviger betragteligt fra den nominelle værdi. Indsættes  $C = 140 \mu\text{F}$  i formlen i stedet for  $100 \mu\text{F}$ , forklares resultaterne. Dette ligger inden for tolerancen på standardkondensatorerne:  $-10\%$  til  $+100\%$ . At elevernes resultater alligevel er så ensartede, kan måske forklares ved, at kondensatorerne stammer fra samme "sending" (?).

Når  $R$  gøres større, bliver frekvensen i almindelighed højere, end man umiddelbart ville forvente.

Dette skyldes, at transistorerne - med pærer som kollektormodstande - ikke lukker helt op, når basismodstandene bliver store, og basisstrømmene dermed tilsvarende små. Med  $R = 22 \text{ k}\Omega$  kan kurveformen se ud som vist på skitsen.

Øverst ses kurveformen på kollektoren på én af transistorerne, og nederst kurveformen på basis af den anden transistor. Med endnu større værdi af  $R$  lukker transistorerne endnu mindre op, og afvigelserne fra den forventede frekvens bliver større. Afhængigt af transistorerne vil man undertiden kunne se begyndelsen til de viste kurveformer allerede ved  $R = 10 \text{ k}\Omega$ . En kurveform som på skitsen, vil på AMV'ens pærer ytre sig ved, at de først lyser kraftigt op, og derefter holder en mindre, men konstant lysstyrke indtil næste skifte, jfr. iøvrigt TA 5.



Disse forhold har naturligvis ingen væsentlig betydning for opgaven og dens resultater, men bør holdes i erindring, hvis f.eks. en elev - ved at anvende meget store basismodstande - ikke kan få en meget langsom AMV til at fungere.



Tilsvarende viser det sig, at hvis man anvender for små basismodstande, lukker begge transistorer op samtidig (dvs. begge pærer lyser). Det billede, vi forsøger at give eleverne af AMV'en, har således et begrænset gyldighedsområde, der kan udtrykkes ved:

$$\text{ca. } 1 \text{ k}\Omega \leq R \leq \text{ca. } 22 \text{ k}\Omega.$$

I sidste kolonne på side L 6 har nogle elever valgt at gøre AMV'en usymmetrisk ("haltende"). Den teoretiske frekvens er her:

$$f = \frac{1}{0,7(R_1C_1 + R_2C_2)}$$

Man vil igen kunne se, at de målte og beregnede frekvenser stemmer udmærket overens, hvis man antager, at  $C_1 = C_2$  ca. 140  $\mu\text{F}$  i stedet for 100  $\mu\text{F}$ .

Bemærk endelig, at  $f = 60$  blink/minut (1 Hz) måske kan inspirere elever, der tænker på digitalure!

FT 3

## VI SKIFTER KONDENSATORERNE UD

I denne opgave beholder man hele tiden de samme basismodstande ( $10\text{ k}\Omega$ ). Eleverne udskifter kondensatorerne efter samme retningslinier, som de udskiftede modstande i FT 2, idet de angivne kapacitanser dog stadig holder frekvensen så lav, at man kan tælle blinkene. Der er stadig tale om elektrolytkondensatorer, der skal poles rigtigt.

Det er set, at AMV'en fungerer, selv om kondensatorerne er vendt forkert, men med en frekvens, der afviger meget fra den forventede.

Nogle elever kan efter denne opgave have behov for en stærkere udfordring. Prøv f.eks. følgende:

*Når  $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$ , og  $C_1 = C_2 = 100\text{ }\mu\text{F}$ , blinker en pære i din AMV \_\_\_\_\_ gange pr. minut.*

*Kan du finde andre sæt af modstande og kondensatorer, der giver det samme antal blink pr. minut?*

I denne opgave sammenfattes elevernes erfaringer fra FT 2 og FT 3, og man kan overveje at drøfte begrebet tidskonstant med nogle af eleverne.

Der kan på dette tidspunkt vise sig tegn på "loddetræthed" hos enkelte elever. Det er for besværligt hele tiden at lodde komponenterne af og på, og man opfinder derfor sindrige monteringsmetoder som f.eks. at hæfte komponenterne på med krokodillensb, at sno trådenderne fast omkring sømmene etc.

Prøv at undgå sådanne metoder. Fortæl eleverne, at selvom det måske fungerer lige nu, kan der ske så mange uventede ting i en elektronisk kreds, at det, der måtte stamme fra dårlige elektriske forbindelser, på forhånd skal udelukkes. Det betaler sig at holde en vis, professionel standard!

FT 4

## VI FREMBRINGER TONER

I denne opgave anvendes begreberne "frekvens" og "svingninger", og eleverne møder enhederne "nF" og "Hz".

Undgå at forklare begreberne ved klassegennemgang, men forsøg at lade eleverne selv få indhold i dem gennem arbejdet med opgaven, og giv de enkelte elever den nødvendige hjælp til at komme over de uforståelige punkter.

Prøv at få de elever, der magter det, til at give et bud på, hvor mange blink pr. minut der vil komme med 680 nF, inden de prøver det. Har de nogen idé om, hvor hurtige blink øjet kan skelne? (Film, TV-billeder).

Hvordan kan man nu overhovedet vide, at AMV'en stadig fungerer, man kan jo ikke se pærerne blinke?

Oscilloskopet kan her indføres - ikke som et egentligt måleapparat - men som en indretning, der kan bruges, når man skal se på signaler.

AMV'ens frekvens måles på en frekvenstæller. De fleste skoler har nu en tæller, der kan bruges (f.eks. fra Impo eller Søren Frederiksen, eller måske en "rigtig" frekvenstæller). Vis eleverne, hvordan man bruger apparatet, eventuelt ved at de "følger med", når en langsom AMV tilsluttes, og lad dem tælle over 10 sekunder.

Det er bekvemt at have mere end én tæller til rådighed for eleverne, og man kan da selv fremstille det nødvendige antal efter et modulsystem, der passer til - og anvendes i - kapitlet "Elektro-nisk tælling". På side L 177 er der en byggevejledning.

Frekvens defineres som "svingninger pr. tid". Enheden 1 hertz (1 Hz) er 1 svingning pr. sekund (= 60 svingninger pr. minut). Blink pr. minut - eller pr. 10 sekunder - er således også et udtryk for frekvensen, blot ikke målt i Hz. I et forsøg på at holde elevernes begreber nogenlunde klare, har vi - uden dog at sige det helt skarpt - ladet frekvens og hertz høre sammen.

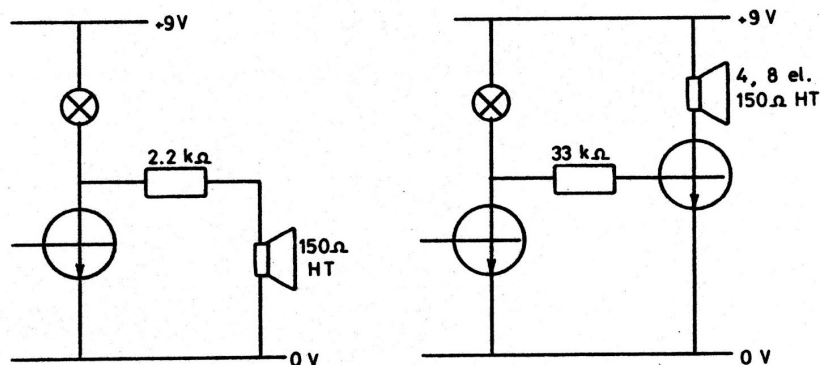
Til sidst skal vi omtale tilslutning af en højttaler til AMV'en:

Det væsentlige er her, at eleverne indser, at man ikke ukritisk kan gøre hvad som helst. AMV og højttaler skal passe sammen. Et

af formålene med denne sekvens er at give eleverne en (omend meget løs) fornemmelse af begrebet udgangsmodstand (-impedans).

Når en højttaler sluttes til AMV'ens udgang, kan man for det første konstatere, at man nu kan høre svingningerne. Øret kan altså nu i nogen grad erstatte øjet som detektor for svingninger. For det andet ser man, at pærerne lyser anderledes, når højttaleren tilsluttes. Vi ændrer altså AMV'en, når vi tilslutter højttaleren, og for at undgå dette, må højttaleren "tilpasses" AMV'en.

I opstillingen nedenfor til venstre afsættes det meste af effekten i  $2.2\text{ k}\Omega$  modstanden, dvs. lydstyrken bliver lille. Til gengæld ændres AMV'ens frekvens næsten ikke (typisk 2%). I opstillingen til højre bruger vi et højttalerdrivtrin, der ikke belaster AMV'en, og som samtidig giver kraftig lyd (hvilket ikke altid er en fordel i klassen!).



Man vil udmærket kunne belyse forskellige muligheder for højttalertilslutninger gennem en elevopgave, der f.eks. kan have følgende forløb:

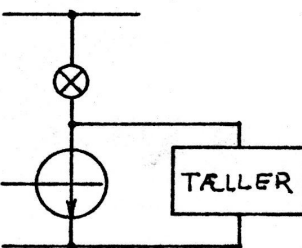
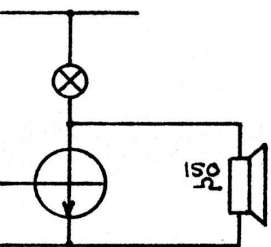
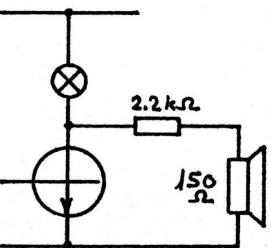
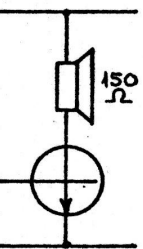
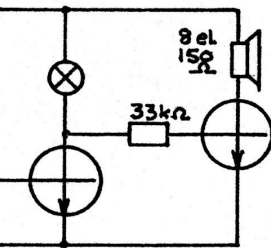
Eleverne måler AMV'ens frekvens (ubelastet). Derefter enes man om, hvilke tilslutningsmuligheder, man ønsker at undersøge. Tilslutningerne etableres, og for hver tilslutning måles frekvensen.

På side L 12 er der givet nogle resultater fra en sådan elevundersøgelse. Tal som disse vil kunne bruges som grundlag for samtaler med eleverne om, at "tingene skal passe sammen", en samtale, som vil kunne fortsættes i forbindelse med FT 5, hvis man kobler alle AMV'er sammen til et musikinstrument.

AMV frekvens. Målt med frekvens-tælleren anbragt over højttaleren i tilfældene 2-5.

$$R_1 = R_2 = 10 \text{ k}\Omega$$

$$C_1 = C_2 = 470 \text{ nF}$$

	Hold 1	Hold 2	Hold 3	Hold 4	Hold 5	Hold 6
<p>1</p> 	146 Hz	145 Hz	153 Hz	155 Hz	148 Hz	151 Hz
<p>2</p> 	171 Hz	182 Hz	186 Hz	194 Hz	192 Hz	195 Hz
<p>3</p> 	150 Hz	146 Hz	154 Hz	158 Hz	156 Hz	153 Hz
<p>4</p> 	192 Hz	184 Hz	183 Hz	204 Hz	213 Hz	190 Hz
<p>5</p> 	145 Hz	148 Hz	156 Hz	149 Hz	138 Hz	149 Hz

FT 5

## VI EFTERLIGNER LYDE OG LAVER ET MUSIKINSTRUMENT

I denne opstilling kan man ikke beregne frekvensen ud fra formelen side L 5, og AMV'en svinger ikke længere "pænt firkantet". Det spiller imidlertid ingen rolle her, hvor det blot drejer sig om at få toner med en bestemt frekvens frem, - om det lyder som et horn eller en klarinet er underordnet.

Med de angivne komponenter er det typiske frekvensområde (fundet eksperimentelt) fra 150 Hz til 700 Hz.

Jo større resistans, der drejes ind med 10 k $\Omega$  potentiometeret, jo mere forvrænget bliver kurveformen.

Det kan være ret svært at indstille de højere frekvenser nøjagtigt, idet selv en lille ændring af potentiometeret giver en stor ændring i frekvensen, når den variable modstand er drejet næsten ud. Selv med "køkkenbordstælleren" fra kapitel 5 er det dog i alle tilfælde muligt at indstille frekvensen indenfor de par procent, der skal til for at få "instrumentet" til at lyde nogenlunde i stemning.

Man kan i løbet af denne opgave drøfte begrebet "tonekarakter" med eleverne - eventuelt som et fællesforsøg: Brug f.eks. UF 1 forstærkeren som monitorforstærker, og lad eleverne se signalet over højttaleren, mens de lytter til det. Prøv først at sende en ren sinus ind, og bemærk dens "flade" karakter i sammenligning med de mere "spændende" toner fra AMV'en. Prøv også at lytte til sinus'en, når forstærkningen drejes op til overstyring.

Der er et ret stort spillerum for ideer i denne opgave, f.eks. fra en vurdering af, hvad frekvensen af en fiskekutter mon er, til "-hvor høje toner kan jeg høre"? Eleverne har de nødvendige forudsætninger for selvstændigt at angribe problemerne, og man bør give dem den nødvendige frihed til, at de - hvis de kommer med ideer af denne eller lignende art - kan anvende deres viden, og prøve kræfter med et sådant problem.

Man kan bemærke, at AMV'ens kurveform ændres noget, når en højttaler tilsluttes som vist side L 12, nr. 3, dvs. overtoneindholdet og dermed tonekarakteren ændres. Selvom tilslutningsmulighed nr. 5 giver den kraftigste tone, kan det derfor godt være, at nr. 3 simulerer den ønskede lyd bedst. Det må afgøres ved eksperimenter fra situation til situation.

"Ambulancelyden" reproduceres ganske godt med en "lille terts" (f.eks. E - G). For at finde frekvensen af toner, der ikke er angivet på side E 9, må man huske, at forholdet mellem frekvenserne af to nabotoner ( $\frac{1}{2}$  tones afstand) er  $\sqrt[12]{2} = \text{ca. } 1.0595$ . Dvs. at frekvensen af tonen E<sub>s</sub> er:

$$f_{E_s} = \sqrt[12]{2} \cdot f_D = 311 \text{ Hz}$$

(NB: På side E 9 er frekvenserne angivet til nærmeste hele tal. Kun kammertonen A = 440 Hz er helt præcis).

Forholdet mellem frekvensen af to toner med en oktavs forskel bliver således 2. Hvis eleverne ikke kan finde frekvensen af tonen d ud fra den hjælp, der ligger i tabellen side E 9, kan man foreslå dem at indstille én AMV til D = 294 Hz, lytte sig frem på en anden AMV til én oktav højere, og derefter måle  $f_d$ .

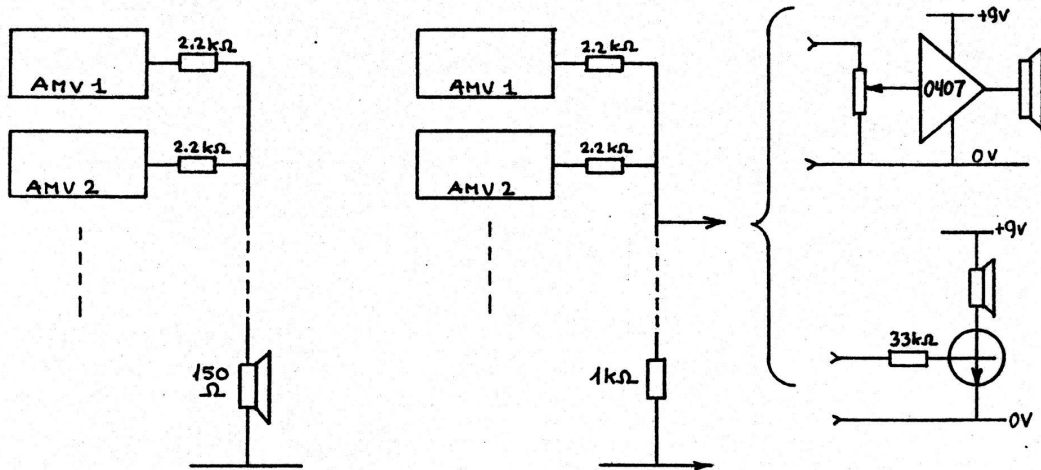
På tilsvarende måde kan man foreslå interesserede elever at undersøge frekvensforholdet for de almindelige, kendte intervaller.

Eksempler: Kvart (f.eks. C - F). Frekvensforhold = 4:3  
Kvint ( " C - G). " = 3:2

Musikinstrumentet tænkes i første omgang at bestå af et antal helt uafhængige AMV'er med hver sin højttaler, batteri m.v., hvor eleverne har fundet ud af at anbringe f.eks. en telegrafnøgle som "tangent". Læreren griber en taktstok, og dirigerer - som et højdepunkt i elektronikundervisningen - radioens pause-signal - udsat for AMV'er!

Herefter rejser enten eleverne eller læreren spørgsmålet om at få tonerne ud gennem kun én højttaler. På næste side er vist nogle muligheder, som kan diskuteres med eleverne efter deres evner.





Hvis eleverne finder på at anbringe "tangenterne" i AMV'ernes udgange (i serie med 2,2 k $\Omega$ -modstanden), kan man komme ud for, at der høres en "syngen" i højttaleren selv om ingen af tangenterne er trykket ned. Dette skyldes en "kapacitiv" overføring af signalerne fra AMV'erne, via de få pF mellem tangentens to dele, til forstærkerens indgang.

Det er ikke muligt at køre alle AMV'erne på samme batteri, idet en RC-afkobling mellem de enkelte AMV'er - på grund af den relativt store strøm til pærerne - vil kræve en for lille resistans. I dette tilfælde må man eksperimentere med modstande i stedet for pærer i transistorernes kollektorer. Prøv med 1 k $\Omega$  som udgangspunkt.

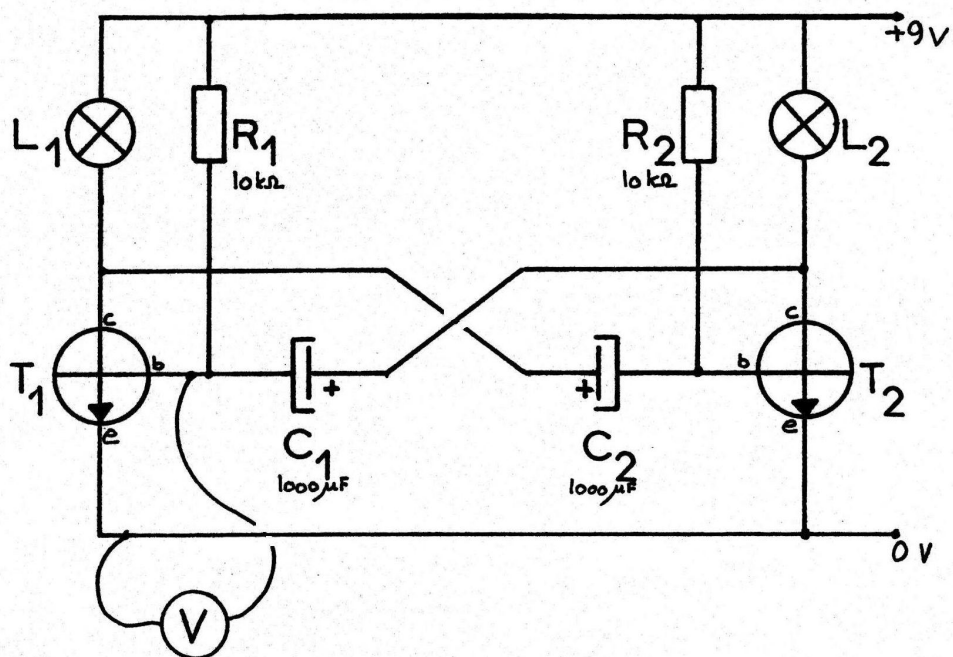
Der findes mange andre melodier, der kan spilles med et begrænset antal toner, f.eks. "Tordenskjold" og "Pedersen og Pallesen" og mange andre. Musik skal der til - spil selv!

---

De følgende fire sider stammer fra 1. udgaven af "Elektronik i Folkeskolen". Det er sider, der viste sig uegnede for det store flertal af elever, men som vi mener kan være af interesse for læreren selv (og måske for en enkelt elev). Derfor er de medtaget her, og de skal - som resten af materialet - benyttes på den måde, læreren selv finder rigtig.

### SÅDAN VIRKER DEN ASTABILE MULTIVIBRATOR

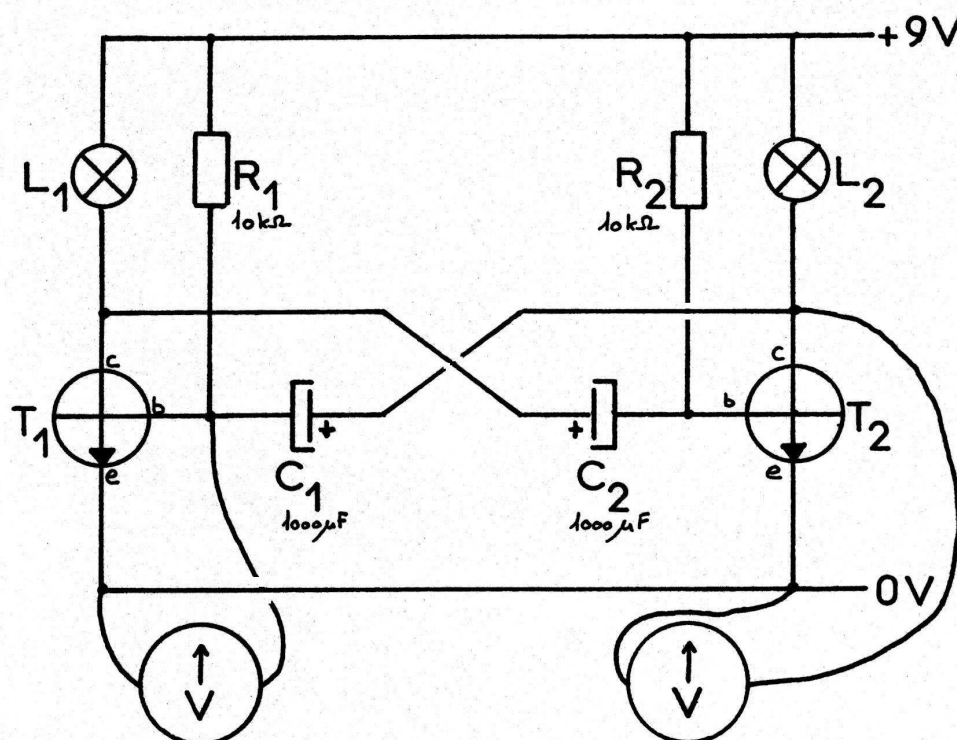
Vi vil undersøge en "langsom" AMV, med de komponentværdier, der er angivet på figuren, og for at måle basisspændingen anbringer vi et voltmeter mellem nul og basis på T1. Brug et voltmeter, der kan give udslag til begge sider eller eventuelt et oscilloskop.



Iagttag hvordan basisspændingen ændrer sig, og besvar følgende spørgsmål:

Hvor stor er den største basisspænding?	
Hvor stor er den mindste basisspænding?	
Hvor stor er basisspændingen, når $L_1$ lyser?	
Hvad sker der med basisspændingen, når $L_1$ er slukket?	

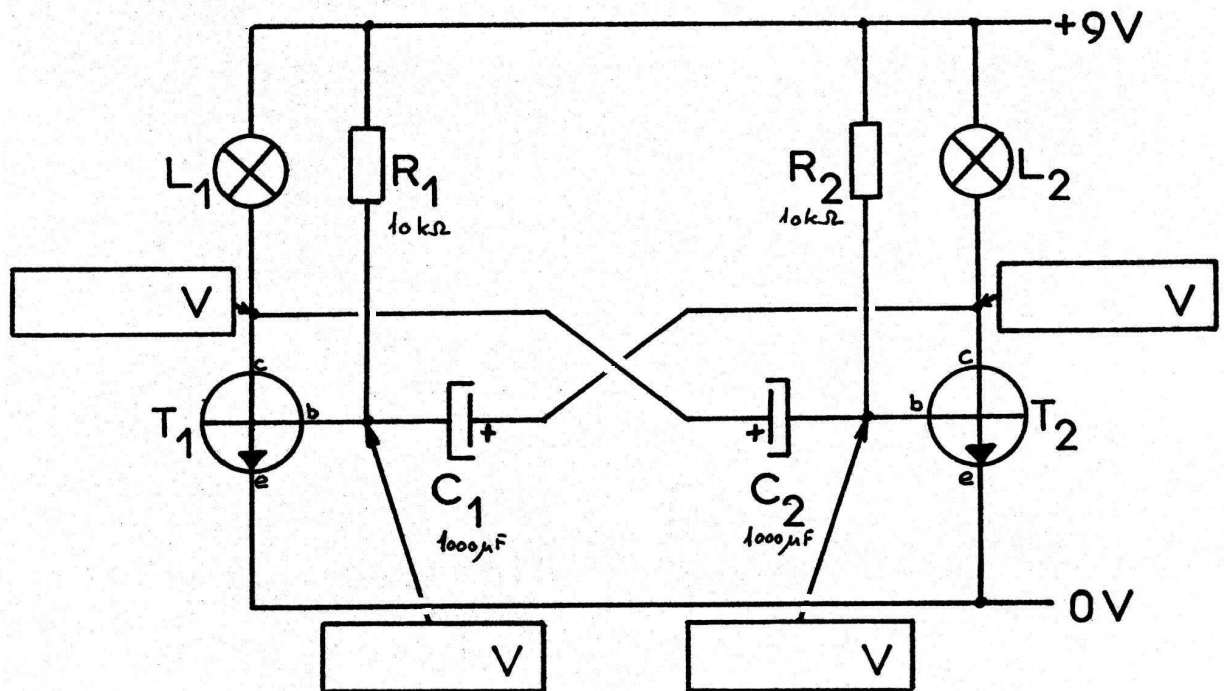
Derpå forbinder vi endnu et voltmeter (der kan give udslag til begge sider - eventuelt et oscilloskop) til AMV'en. Det "nye" voltmeter måler altså spændingen på transistor T<sub>2</sub>'s kollektor:



Iagttag nu begge voltmetrene, og besvar følgende spørgsmål:

Hvad sker der med T <sub>2</sub> 's kollektorspænding, når L <sub>2</sub> tænder?	
Hvad sker der samtidig med T <sub>1</sub> 's basisspænding?	
Hvad sker der med spændingen på C <sub>1</sub> 's <u>pluspol</u> , når L <sub>2</sub> tænder?	
Hvad sker der samtidig med spændingen på C <sub>1</sub> 's <u>minuspol</u> ?	
Hvornår falder T <sub>1</sub> 's basisspænding fra 0,8 V til ca. -8 V?	

På denne figur tænker vi os, at L1 lyser og at L2 er slukket:



Skriv på figuren, hvor stor spændingen er de fire steder.

Med disse resultater kan vi nu svare på spørgsmålene:

- Hvad sker der, mens L1 lyser, og L2 er slukket? og
- Hvad sker der, når den astabile multivibrator skifter?

Lige når L2 slukker, er spændingen på T2's basis ca.  $-8\text{ V}$ , dvs. der er ca.  $17\text{ V}$  over R2. Der løber derfor strøm gennem R2, hvorved spændingen vokser på minus-siden af C2. Egentlig vokser denne spænding op mod  $+9\text{ V}$ , men når den er nået op på ca.  $0.8\text{ V}$ , åbner T2.



Herved falder T2's kollektorspænding, og dermed også spændingen på +siden af C1, fra 9 V til ca. 0 V. Spændingen over en kondensator kan ikke ændres pludseligt. Derfor må spændingen på minus-siden "falde med ned", og da den startede med at være knap 1 volt, falder den altså til ca. -8 volt.

Det betyder, at T1 bliver lukket, og L1 slukker.

Så starter der en afladning af C1 gennem R1, og det hele gentager sig på samme måde, som vi forklarede for C2 og R2.

Hvis skolen har et 2-stråle oscilloskop, kan du direkte se det, der sker: De to indgange på oscilloskopet skal forbindes til AMV'en i stedet for instrumenterne på figuren side L 17, og det vil være lettere at få billedet til at stå roligt på skærmen, hvis man lader multivibratoren køre noget hurtigere. vælg nogle værdier af R og C, der får den til at svinge med f.eks. 1000 Hz.

Prøv nu at give en forklaring på det, du så, da du arbejdede med AMV'en nemlig, at hvis du gør R eller C større, så svinger den med en mindre frekvens:

---

---

---

---

---

---

---

---

## KAPITEL 2

## KONTROL OG STYRING

INDHOLD:	LÆRER- SIDER:	ELEV- SIDER:
Introduktion .....	L 21	
KS 1 Vi bygger et apparat på print .....	L 23	E 10
Om printfremstilling .....	L 23	
KS 2 Vi bygger det samme apparat på sømbret .....	L 26	E 11
KS 3 Vi laver en alarm .....	L 27	E 12
KS 4 Vi laver en fugtighedskontrol .....	L 29	E 13
KS 5 Vi ændrer alarmen, så den bliver ved et stykke tid .....	L 30	E 15
KS 6 Vi koger æg .....	L 30	E 16
Nogle faglige bemærkninger til KS 5 og 6 .....	L 32	
KS 7 Vi laver et apparat med den om- vendte funktion .....	L 37	E 17
KS 8 Vi laver tilbygningen på print .....	L 39	E 18
KS 9 Vi laver en kundemelder .....	L 40	E 19
KS 10 Vi laver en tyverialarm .....	L 41	E 20
KS 11 Vi lader en langsom AMV styre en hurtig AMV .....	L 45	E 21
KS 12 Vi laver en AMV på print .....	L 49	E 24
Modulpapir .....		E 25
Tillægsopgaver:		
KS 3A Vi undersøger kontrolenhedens udgang .....	L 28	
KS 10A Vi måler på tyverialarmen .....	L 43	
KS 12A Vi bygger en sirene .....	L 50	
Elevblade .....	L 51	



## INTRODUKTION

Dette kapitel giver lærer og elever mulighed for at komme vidt omkring i elektronikken - med tilhørende mulighed for at det hele går i opløsning.

Vi har derfor lagt en relativt stram og knapt formuleret kurs, der kan benyttes som "sigtelinie". MEN: Lad være med at benytte den som andet og mere. Det er vor hensigt, at eleverne skal se nogle muligheder, og høste nogle erfaringer, der hurtigst muligt kan sætte dem selv i gang i overensstemmelse med deres individuelle evner og fantasi.

Til støtte for læreren i denne undertiden noget komplicerede - men fascinerende - undervisningssituation, har vi her indsat nogle "tillægsopgaver", der på forskellig måde uddyber, supplerer og belyser de ting, eleverne arbejder med, og som kan kopieres og uddeles til den eller de elever, der måtte have behov for det.

De centrale, faglige begreber i kapitlet er følgende:

1. Beskrivelse af nogle ON-OFF-enheders funktion, og sammenkobling af enheder til større og mere komplicerede strukturer.
2. Gennem anvendelse opdager eleverne transistorens kontaktfunktion.
3. Gennem anvendelserne får eleverne en (meget løs) første idé om kondensatorens funktion som "elektricitetslager".
4. Gennem målinger - og anvendelse af resultaterne - kan (nogle af) eleverne få et forhold til begrebet "spænding".

Uanset hvilket niveau den enkelte elev formår at nå, forestiller vi os, at elevernes motivation for "at få noget mere at vide" er, at de hurtigt kommer på sporet af nogle - i praksis nyttige og anvendelige - kontrol- og styringsmuligheder.

De enkelte punkter ovenfor uddybes i den følgende detaljerede gennemgang af stoffet.

Det er på sin plads at nævne, at man må være forberedt på en vis belastning af komponentsamlingen m.v. i løbet af dette kapitel.

Nogle elever vil erfaringsmæssigt få relativt omfattende ideer til "spændende" og "indviklede" systemer, som de gerne vil bygge - f.eks. på ét, stort print - og tage med hjem.

Samtidig har de "gode ideer" en udpræget tendens til at brede sig blandt eleverne - hvilket alt i alt kan blive en ganske kostbar historie!

Prøv at give disse elever så lang en line som det er praktisk muligt - det er jo netop et tegn på, at undervisningen er ved at lykkes, når eleverne selv begynder at skabe noget.

KS 1

## VI BYGGER ET APPARAT PÅ PRINT

Som ved AMV'en kaster vi også her eleverne ud i at fremstille et ukendt apparat, hvis funktion og anvendelsesmuligheder de selv skal finde ud af gennem løsning af en række opgaver.

Apparatet er en følsom (men ikke temperaturstabil) DC-forstærker (en slags darlingtonkobling). Modstanden på 1 k $\Omega$  er indsat som "sikring", idet en direkte forbindelse mellem A og B ellers ville brænde begge transistorer af øjeblikkeligt.

Nu kan man roligt kortslutte A og B.

Vi har i elevteksten med overlæg ikke skrevet noget om, hvad apparatet kan - eller hvordan eleverne skal betjene det. Deres første reaktion vil være, at det ikke virker (fordi pæren ikke lyser), men de skal nok finde ud af det!

Apparatet skal bygges på print efter det forlæg, der findes i elevbladene. Vi vil derfor komme med nogle praktiske bemærkninger om printfremstilling i fysiklokalet:

### OM PRINTFREMSTILLING:

Printplade fås med basismateriale af pertinax eller glasfiber. Pertinax er billigst og lettest at bearbejde med håndværktøj. Samtidig slider det ikke nær så meget på borene som glasfiber. Glasfiber anvendes især ved meget høje frekvenser, eller når der kræves stor mekanisk stabilitet (professionelle apparater). Pertinax-printrester kan købes billigt i bundter á halve eller hele kilo. Pladerne skal deles i mindre stykker, før eleverne kan bruge dem. Delingen sker lettest, hvis man har en klippemaskine (en parallelklipper), men der er andre metoder:

Pladen varmes (til godt håndvarm) over en gasflamme eller på en brødrister, og kan derefter klippes på en foto-beskæresaks. Man kan ridse på begge sider med en skarp kniv (kobberlaget skal ridses helt igennem), og derefter knække pladen over en bordkant eller lignende.

Endelig kan pladen saves ud med en nedstryger og rettes af med en fil eller med sandpapir. Denne metode giver dog ikke særligt pæne printplader.

Når pladen har den rigtige størrelse, renses kobbersiden først med fint ståluld, og derefter eventuelt med acetone, og nu må der ikke mere sættes fedtede fingre på den.

Pladen sættes fast bag på printtegningen med et par stykker tape, og de steder, hvor der skal bores hul, afmærkes gennem tegningen og ned i kobberet med en syl, ridsespids eller lignende spids genstand.

Nu tegnes kredsløbet på kobberet med en spritskriver. Farven skal ligge tæt og ubrutt, så der ikke kommer "huller" i det færdige print. I almindelighed kan en billig spritskriver klare arbejdet, men selv inden for samme fabrikat og typenummer har der vist sig forskelle fra perfekt til ubrugelig, så dette kræver altså et forarbejde af læreren. Se iøvrigt materialelisten.

Det har i nogle tilfælde vist sig, at når det tegnede print ligger i nogle dage, krakelerer farven, med det resultat, at den falder af, når printet kommer i ætsebadet, så printet ødelægges. Prøv derfor at arrangere det sådan, at eleverne har tid nok til at ætse printet samme dag, de tegner det.

Til ætsningen kan man bruge en opløsning af 1 kg ferrichlorid i 1 liter vand. Ferrichloriden kommer i store klumper. Læg dem i den plastbøtte eller -spand (der skal høre et låg til), hvori ætsningen skal foregå, hæld vandet over, og lad det stå et par dage. Så opløses det uden besvær. Tilsæt eventuelt lidt koncentreret saltsyre.

Ætsetiden er med denne væske 20-30 minutter, når væsken er frisk og ikke for kold. Når ætsetiden bliver længere, er det på tide at fremstille en ny portion.

Ferrichlorid sviner! Både når det ligger i klumperne og når det er opløst. Det sætter "rustpletter" på tøj, gulve, i vasken og alle vegne, og selv om eleverne er omhyggelige, kan det ikke undgås, at der kommer pletter hist og her.

Et print kan ætzes før eller efter, at hullerne er boret, og af hensyn til køen ved boremaskinen, kan man dele eleverne. Alle skal dog have boret mindst ét hul i printet. Herigennem stikkes et stykke lakisoleret Cu-tråd. Printet kan nu hænges ned i ætsebadet - og let fiskes op igen - når tråden bøjes over bøttens kant.

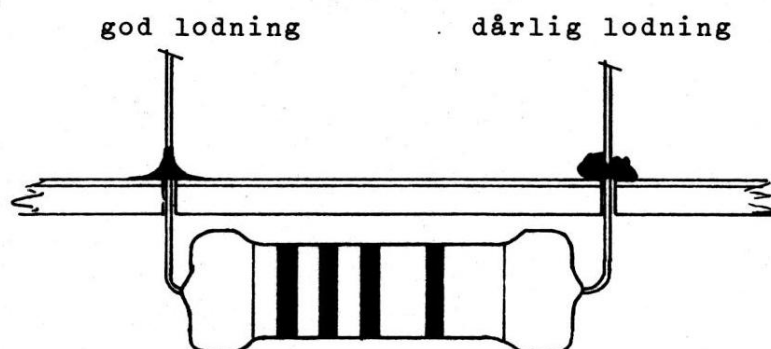
Iøvrigt går ætsningen væsentligt hurtigere, hvis man bevæger printet op og ned i badet. Man skal blot passe på ikke at lave skrammer i farven på de andre print!

Når badet ikke er i brug skal man huske at sætte låget på bøtten. Dampene fra badet kan skade de andre ting i lokalet.

Når printet er færdigættet, skylles det grundigt i rindende vand (blød stråle, så det ikke sprøjter), hvorefter farven renses af med sprit, fortynder eller lignende.

De fleste komponenter går fint i 1 mm huller. Printspyd kan tilsyneladende ikke komme ind i et 1 mm hul, men hvis man varmer dem med loddekolben, presses de let på plads - og sidder godt fast (men dette kan kun lade sig gøre i en pertinaxplade).

Herefter er der klar til lodning:



Betingelserne for en god lodning: Renlighed, varme og tålmodighed - og vær ikke bange for, at transistorerne tager skade, de skal nok holde til det.

KS 2

## VI BYGGER DET SAMME APPARAT PÅ SØMBRÆT

Der er to årsager til, at eleverne også skal bygge denne enhed på et sømbræt:

1. Det er fundamentalt i elektronikken (og iøvrigt i alle discipliner, der beskæftiger sig med elektricitet), at man kan tegne, læse og forstå et diagram. Eleverne skal lære at se sammenhængen mellem et diagram og det færdige apparat - både når dette er udformet som et print, og når det står som sømbræt.  
Det er i alle tilfælde det samme apparat, men hver måde at præsentere det på har sin fordel. Eleverne skal efterhånden lære at vælge den mest hensigtsmæssige præsentationsform af en idé, et apparat eller et problem.
2. Eleverne kommer til at eksperimentere meget med dette apparat, hvorfor det er hensigtsmæssigt at have en sømbrætudgave.  
Samtidig kan enhver lille tilbygning og snedig opfindelse, der frembringes under eksperimenterne, straks og let overføres til print og bygges på de allerede eksisterende enheder. Dette giver eleverne en brugsnær virkelighedsførelse af deres arbejde.  
Set fra et fagligt synspunkt er denne fremgangsmåde netop essensen af en fornuftig arbejdsmetode.

Man vil her - som i det følgende - møde det problem, at eleverne forekommer relativt uvillige til at udføre diagramtegningen og andet tegnearbejde blot nogenlunde omhyggeligt. Vi finder denne del af faget så vigtig, at læreren opfordres til at forlange præcision og omhu af eleverne.



KS 3

## VI LAGER EN ALARM

Denne opgave handler især om kontrolenhedens udgang.

Vi indfører begrebet blokdiagram som en velegnet metode til at beskrive strukturen i et apparat, hvor det er funktionen og ikke detaljerne, vi interesserer os for.

I undervisningssituationen er blokdiagrammet en hensigtsmæssig beskrivelsesmåde, når vi ønsker at fortælle noget om sammenkobling af funktionelt velkendte enheder (AMV, kontrolenhed, højttaler og efterhånden flere).

Når sammenkoblingen skal udføres i praksis, er vi imidlertid nødt til også at se på detaljerne, dvs. på selve kredsløbsdiagrammet.

Den stillede opgave kan løses ved, at man anbringer AMV'en parallelt med pæren i kontrolenheden, eller lader AMV'en erstatte pæren.

Elevernes problem i denne opgave er deres ukendskab til begrebet spændingsforskel og til spændingsdeling, begge dele nødvendige forudsætninger for, at de følgende opgaver om kontrol og styring - og iøvrigt de fleste elektroniske opgaver i bred almindelighed - kan løses af eleverne under anvendelse af reflektiv tænkning.

Det vil derfor være nødvendigt, at man drøfter disse ting igen med eleverne, mens de arbejder med denne opgave. Spørgsmål som: "Hvor stor er spændingsforskellen over pæren, når den er tændt/slukket?" og "... over transistoren, når pæren er tændt/slukket?" kan følges op af elevernes egne målinger af kollektorspændingen og eventuelt af tillægsopgave KS 3A.

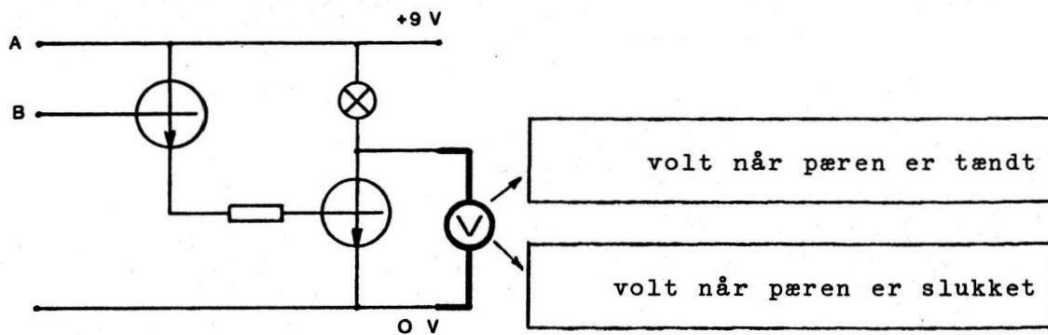
Opgaven må imidlertid ikke udvikle sig til "voltmetereksercits". Prøv hellere at følge en linie, hvor det er behovet, der foranlediger en boring i problemerne. Der bliver rig lejlighed til at vende tilbage til dem "hen ad vejen".

KS 3A

## VI UNDERSØGER KONTROLENHEDENS UDGANG

Mål spændingsforskellen mellem 0 V og kollektoren (det kalder vi for kollektorspændingen), når du rører ved A og B, og når du ikke gør det.

Skriv måleresultaterne på tegningen.



Nu skal du fortælle, hvad du mener, der vil ske, når du laver den opstilling, der er tegnet nederst på siden:

---



---

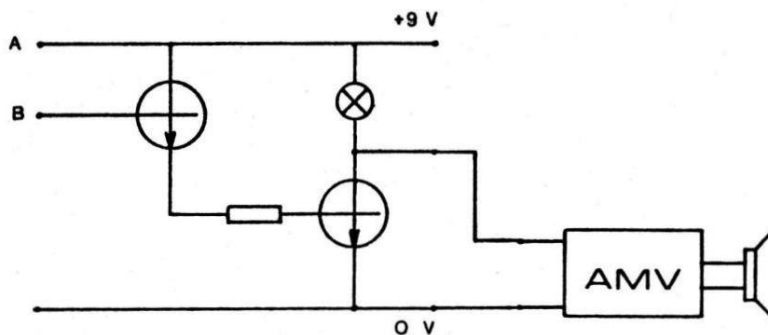


---



---

Er du sikker på, at du har tænkt det ordentligt igennem?  
Så prøv om det passer i virkeligheden!



KS 4

## VI LAGER EN FUGTIGHEDSKONTROL

I denne opgave interesserer vi os især for kontrolenhedens indgang, og finder ud af, at der skal være en spændingsforskel på ca. 1.4 V mellem 0 V og B, før pæren begynder at lyse.

Når eleverne begynder at få lidt hold på "spændingsforskel", kan man overveje at indføre dem i det elektroniske "slangsprog", og blot tale om "spænding" i et punkt - underforstået i forhold til nul.

Den printstørrelse, der er vist i elevteksten, er ret tilfældig. Brug de stumper, der altid bliver tilovers fra de "rigtige" print.

Vis eleverne, hvordan man bruger et ohm-meter, og lad dem undersøge printet for kortslutninger mellem "kammene". Fejl i print (både kortslutninger og afbrydelser) kan være hårfine, og næsten usynlige. De fleste fejl kan imidlertid afsløres, hvis man ser igennem printet mod en kraftig pære.

Det kan undertiden knibe med at få pæren til at lyse ved at ånde på printet.

Hvis dette er tilfældet, kan man fugte en finger lidt, og berøre kobberbanerne. Pæren vil da lyse, og slukke igen efter kort tid.

I andre tilfælde har følsomheden næsten været for stor: Det mindste "pust" startede apparatet. Man kan give mulighed for at "vælge" følsomhed, ved at lade eleverne lægge en enkelt kobberbane yderligere på printet uden for kammene og isoleret fra disse.

Ved at forbinde denne bane plus én af kammene med A og B kan man formentlig finde en kombination, der fungerer tilfredsstillende.

KS 5 OG 6

## VI ÆNDRER ALARMEN, SÅ DEN BLIVER VED ET STYKKE TID og VI KOGER ÆG

Der er to formål med disse opgaver:

1. At udnytte en oplagt mulighed for at præsentere en komponent (kondensatoren) på en måde, der nærmer sig det ideelle, nemlig i en sammenhæng, hvor dens funktion er direkte og let erkendelig, og hvor kredsløbet ikke er mere indviklet, end at de fleste elever samtidig kan få en fornemmelse af, at kondensatoren kan "gemme" elektricitet, dvs. fungere som et - omend ikke særligt holdbart - batteri.
2. I apparatmæssig henseende bliver alarmen ikke så lidt mere anvendelig. Eleverne får flere valgmuligheder at tage stilling til.

Vi mener, at det er forsvarligt at benytte vendinger som at "fylde kondensatoren op med elektricitet" eller at "lynoplade" den, når A og B forbindes med en ledning.

Hvis man rører ved A og B med fingrene, er det ikke en "lynopladning". Elektriciteten skal jo gennem modstanden i fingrene, og derfor vil det tage nogen tid at "fylde kondensatoren op". Når man har sluppet A og B, bliver pæren ved med at være tændt i et stykke tid. Det må skyldes, at elektriciteten "siver" ud af kondensatoren igen - som af et batteri, der bliver slidt.

Man må her tage stilling til, på hvilken måde man vil tale om disse ting med den enkelte elev: Er hans begreber så klare, at han kan magte både "elektricitet, der bevæger sig" (dvs. strøm), og spænding, eller skal man nøjes med (som elevteksten gør) at slå fast, at når spændingen er over en vis værdi, så ....?

Erfaringsmæssigt er elevernes kundskaber i elektricitetslære fra 7. klasse yderst beskedne og uanvendelige, hvorfor man også må se det perspektiv i elektronikken, at den skal hjælpe eleverne til et mere brugsnært elektricitetsbegreb. Dette synspunkt må i nogen grad styre den måde, man vil gå ind i de "elektriske" detaljer på.

Til ægkogeapparatet er det usandsynligt, at eleverne kan finde netop den kondensator, der er "beregnet" at skulle bruges.

Vi foreslår da en fremgangsmåde som beskrevet for modstandenes vedkommende på side L 4.

Når ægapparatet er færdigt, er det en træffende og realistisk kontrol af det, at lade eleven koge et æg efter det, - og lade ham spise det!

Apparatet kan "kalibreres" i kapacitans. Man kan f.eks. måle og tegne et kapacitans - tid - diagram, som (med nogen usikkerhed) kan anvendes til at bestemme kapacitansen af en ukendt kondensator.

Både i prøveundervisningen og i forsøgsundervisningen har den forløbne del af materialet taget så lang tid, at det på dette tidspunkt er ved at være juletid.

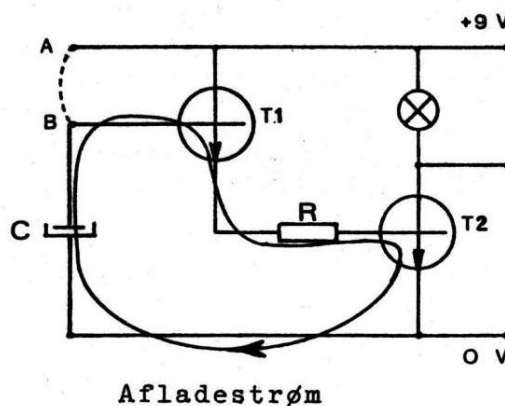
Vær opmærksom på, at der i kontrolenheden ligger ideer til en "elektronisk julegave" (en overløbsalarm til fotoskyllevasken, et ægkogeapparat, et tetrækkeapparat eller andet, hvor tiden ikke behøver at være særdeles nøjagtig).

Fugtighedskontrollen i KS 4 kan bruges som "fup-alkotester" til Nytårsaften, hvor den ædru lader som om han ånder på pladen, mens den knap så ædru (der ikke kender "fidusen") faktisk ånder på den, hvorefter apparatet reagerer - sprit eller ikke sprit!

Med fugtighedskontrolpladen mellem A og B og en kondensator mellem O og B får man iøvrigt en udmærket illustration af kondensatorens opladningstid: Fra det øjeblik, man ånder på pladen, går der et stykke tid, før kontrolenhedens pære begynder at lyse op.

### NOGLE FAGLIGE BEMÆRKNINGER TIL KS 5 OG 6:

Når A og B forbindes med en ledning, "lynoplades" kondensatoren til 9V. Når ledningen fjernes igen, begynder kondensatoren at aflade ad den viste strømvej, og den forsyner derved T1 med tilstrækkelig basisstrøm til at holde systemet tændt i et stykke tid.



Afladningen standser, når spændingen i B er faldet til ca. 1.4 volt, svarende til spændingsfaldet over de to "serieforbundne" basis-emitterdioder.

I T1's emitter sidder modstanden på 1 k $\Omega$  i serie med T2's basis-emitterdiode. Kondensatoren "ser" altså ind i en emitterfølger, dvs. ind i en meget stor resistans. Afladetiden bliver derfor mange gange større end hvis afladningen skete gennem en modstand på 1 k $\Omega$  alene.

Afladningstiden afhænger af så mange ting, at vi ikke kan angive en formel til beregning af den, men kun kan gøre opmærksom på nogle af de forhold, der spiller ind.

Tiden afhænger af:

- |                              |   |
|------------------------------|---|
| 1. Kondensatoren C:          | Større kapacitans giver længere tid.<br>En dårlig kondensator, eller en kondensator med særligt stor lækstrøm kan give <u>væsentligt</u> kortere tider end forventet. |
| 2. Strømforstærkningen i T1: | Jo større strømforstærkning jo længere tid.   |
| 3. Modstanden R:             | Jo større resistans, jo længere tid.  |
| 4. Temperaturen:             | Tiden vokser (lidt) med stigende temperatur.  |



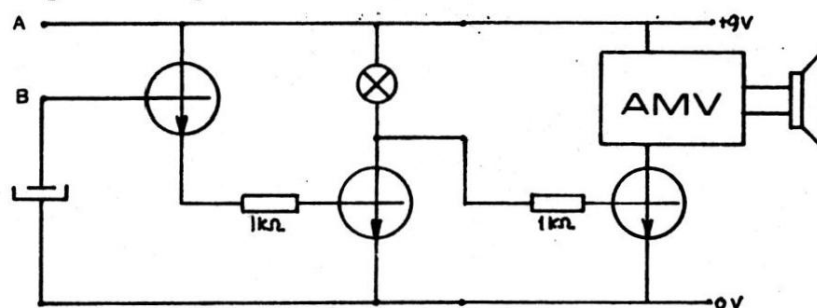
Ad 1:

Hvis kondensatoren var ideel, ville afladningstiden være ligefrem proportional med kapacitansen, dvs. pæren ville være tændt ca. dobbelt så lang tid med  $C = 100 \mu\text{F}$  som med  $C = 47 \mu\text{F}$ .

Kondensatoren er ikke ideel! Når der er spænding over den, går der en lækstrøm i den, der bevirker, at afladningen sker hurtigere. Tiden bliver som følge heraf kortere.

Denne lækstrøm kan være endog meget stor for elektrolytkondensatorer, der har ligget ubrugte i lang tid. Når kondensatoren derefter "står under spænding" i et stykke tid, regenereres den, og vinder sine normale egenskaber tilbage. Dette illustreres ved følgende målinger med en helt ny  $47 \mu\text{F}/25 \text{ V}$  - elektrolyt (af Philips fabrikat):

"Måleopstillingen" så sådan ud:



Afladetiden  $t$  måles fra det øjeblik kortslutningen mellem A og B fjernes, til AMV'en går igang. Dette er ikke særligt nøjagtigt, men brugbart!

De fire målinger er foretaget umiddelbart efter hinanden:

$C = 47 \mu\text{F}$	$t$
1. måling	43 s
2. måling	63 s
3. måling	70 s
4. måling	72 s

3. og 4. måling giver samme resultat inden for måleusikkerheden, og kondensatoren må nu anses for at være regenereret.

Endelig må man også her huske, at der er stor tolerance på elektrolytter (+ 100% til -10% af den påstemplede værdi ifølge Philips' opgivelser).

Ad 2

Indgangsmodstanden af en emitterfølger er omtrentligt:

$$R_{ind} = R \cdot F,$$

hvor  $R$  er den samlede resistans i emitteren (dvs. serieforbindelsen af  $1\text{ k}\Omega$ -modstand plus modstand i basis-emitterstrækningen i  $T_2$ ), og  $F$  er transistorens forstærkningstal ( $F = I_c/I_b$ ).

Jo større forstærkningstal transistoren har, jo større bliver  $R_{ind}$ , og jo længere tid tager afladningen.

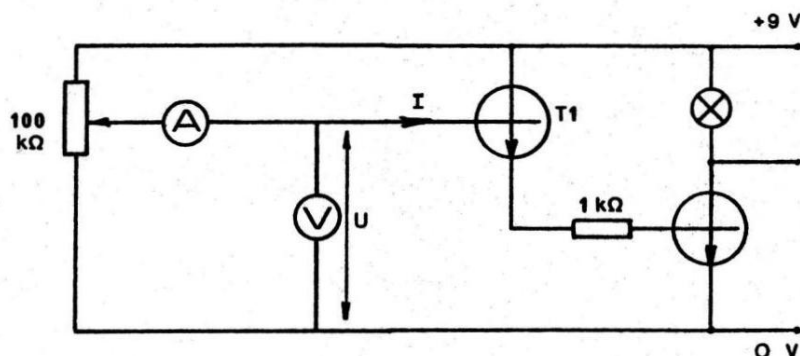
Med en kondensator på  $10.0\text{ }\mu\text{F}$  ( $\pm 0.1\text{ }\mu\text{F}$ ) er der målt følgende:

$F$ (for $T_1$ )	$T$
250	9 s
290	10 s
350	12 s
440	14 s

hvor forstærkningstallet for de fire transistorer af typen BC 547 B er målt ved  $I_b = 10\text{ }\mu\text{A}$  og  $U_{ce} = 9\text{ V}$ .

Hvis man vil grave dybere i problemerne, er det nyttigt at se på kontrolenhedens indgangskaraktistik, dvs. strøm-spændingskaraktistikken for indgangen:

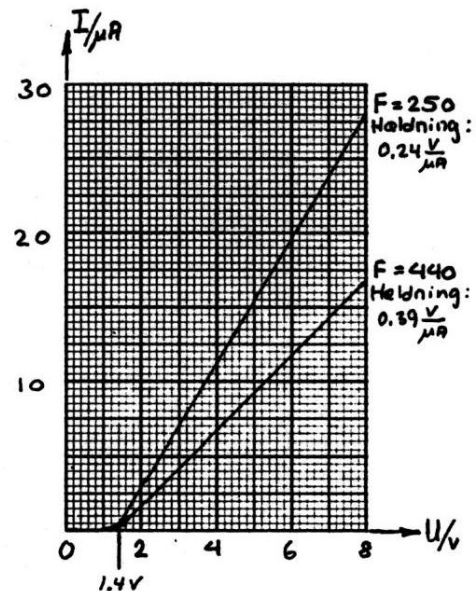
Vi har målt karakteristikken på den viste måde, hvor begge instrumenter var digitalinstrumenter - og hvor det især spiller en rolle, at voltmeteret har meget stor indre modstand ( $10\text{ M}\Omega$ ):



Målingerne blev foretaget med to forskellige BC 547 B, med  $F = 250$  og  $F = 440$ .

Resultaterne er vist på tegningen:

Karakteristikken er næsten retlinet, men der er ikke proportionalitet mellem strøm og spænding, - basis skal op på ca. 1.4 V før systemet "lukker op".



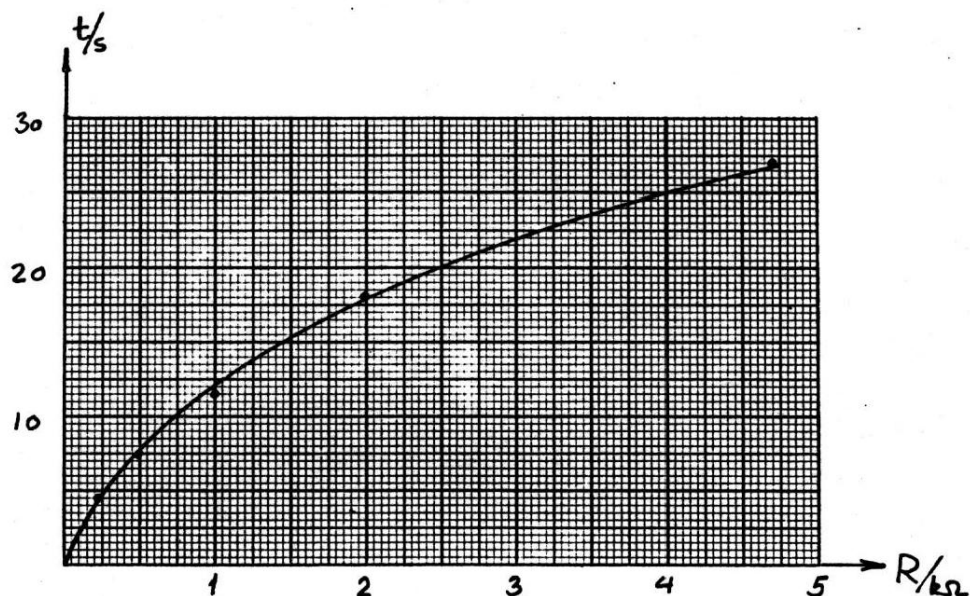
Da der i en portion BC 547 B - transistorer kan ventes en spredning i  $F$  fra ca. 200 til ca. 450 (ifølge databladet), vil dette alene give en spredning på tiderne på omkring en faktor 2.

### Ad 3

I alle elevopgaver er modstanden  $R$  holdt konstant på  $1 k\Omega$ . Vi ønsker at "tegne et portræt" - så skarpt som muligt - af kontrolenheden, og har derfor valgt ikke at "gå ind" i den. Der kan imidlertid være elever, for hvem dette ville være naturligt og ønskeligt, og vi vil derfor kort referere nogle målinger, der viser, hvad man kan forvente med andre værdier af denne modstand, der (næsten) lige så godt som kondensatoren kunne bruges til at ændre tiderne:

Målingerne er foretaget med samme opstilling som på side L 33, med  $C = 10.0 \mu F$ , en transistor med  $F = 350$ , og med forskellige (almindelige 5%) modstande for  $R$ .

Resultaterne er vist på grafen på næste side:

Ad 4

Effekten af voksende temperatur af T1 er en forøgelse af afladningstiden. Afhængigheden er imidlertid i praksis så lille, at apparatets anvendelse som "køkkenur" ikke forringes nævneværdigt af denne grund.

I denne forbindelse skal det nævnes, at tiden er i det væsentlige uafhængig af driftspændingen i området  $U = 7 - 10 \text{ V}$ .

Alt i alt betyder disse ting, at det som nævnt er vanskeligt at forudsige tiden for en given opstilling. Som en grov tommelfingerregel kan man - når alle forhold tages i betragtning - forvente noget i retning af 1-2 sekunder pr.  $\mu\text{F}$ .

Den nøjagtige værdi af kondensatoren i ægkogeapparatet kan derfor kun findes ved forsøg, og den må forventes at skulle være et sted mellem  $135 \mu\text{F}$  og  $270 \mu\text{F}$  (forudsat en kogetid på  $4\frac{1}{2}$  minut).

KS 7

## VI LAGER ET APPARAT MED DEN OMVENDTE FUNKTION

I KS 3A får apparatet den omvendte funktion, men på en måde, der ikke er fagligt tilfredsstillende (men i høj grad pædagogisk tilfredsstillende, fordi den fører til en situation, der kan inspirere eleverne til at søge forklaringer på et højere niveau).

Her vil vi frembringe den omvendte funktion på sædvanlig måde, dvs. gennem et invertertrin, der samtidig - uden yderligere forklaringer - præsenterer en transistor og dens funktion som kontakt. Det er hensigtsmæssigt at lade basismodstanden høre med til kontakten som "sikring".

Det er ikke tanken, at eleverne skal bygge den enlige pære på, som vist på diagrammet side E 17, men snarere løse opgaven ved en vekselvirkning mellem eksperimenter og ideer, der måske kommer ved at de ser på diagrammet. Når deres opstilling virker, skal de indtegne løsningen på diagrammet.

Kontrolenheden kan nu beskrives som to elektroniske kontakter i "serie". Den første (T1) slutter, når basis (f.eks. gennem fingrene) bliver lagt på +9V, dvs. T2-kontakten slutter. Men derved kommer dens kollektor på nul, og det betyder, at den sidste kontakt (inverteren) er afbrudt.

Vi prøver altså at beskrive funktionen alene ved basisspændingen: Kontakten er sluttet, når basis er "høj", dvs. forbundet til + gennem en modstand. Når basis ikke er forbundet til +, er den "lav", og kontakten er afbrudt.

Det er klart, at vi her "begår" en ganske grov tilnærmelse: Om kontakten er sluttet eller afbrudt afhænger jo af, hvor stor kollektorstrøm der skal løbe. For en bestemt basismodstand får vi en bestemt, største basisstrøm  $I_b$ , dvs. vi kan højst trække

en kollektorstrøm  $I_c = F \cdot I_b$ . Prøver vi at trække en større kollektorstrøm, vil det virke som om kontakten ikke er helt sluttet.

Man kan forestille sig, at der er elever, der vil spørge, om man kan bruge andre modstande end  $1\text{ k}\Omega$  som basismodstand i den elektroniske kontakt.

Dette kan benyttes som anledning til en enkel undersøgelse, som eleverne selv kan gå i gang med, med f.eks. følgende som udgangspunkt:

Hvad vil det sige, at kontakten er sluttet?

Eleven skal her præcisere kollektorspændingen. Om han tænker på en ideel kontakt, eller er klar over, at der er et restspændingsfald over den elektroniske kontakt, er underordnet, blot han udtrykker, at kollektoren er "lav" på den sluttede kontakt. Konklusionen er, at man med et voltmeter over transistoren kan afgøre, om kontakten er sluttet eller afbrudt.

Det er klart, at man med en pære som kollektormodstand også har en indikator for kontaktens tilstand gennem lysstyrken. Denne er dog ikke så fintmærkende som voltmeteret.

Dette bliver særlig klart, når eleven begynder at sætte andre resistanser i basis: Voltmeteret registrerer ændringerne før de kan ses på lysstyrken.

Når resistansen bliver større end omkring  $30\text{ k}\Omega$ , er kontakten hverken tændt eller slukket. Den er "på klem", og der sker en deling af spændingen mellem kontakt og pære.

Går man den modsatte vej (mindre resistans), viser voltmeteret, at kontakten kun i meget begrænset omfang nærmer sig mere til det ideelle ( $U = 0$ ), og det kan slet ikke ses på lysstyrken.



KS 8

## VI LAVER TILBYGNINGEN PÅ PRINT

Dette er første gang eleven selv skal lave "lay-out" til et print, og vi vil igen anbefale, at man sørger for, at arbejdet bliver udført ordentligt:

Der vil formentlig være elever, der mener, at de umiddelbart kan tegne printet på kobberpladen "på fri hånd" - det kan de i almindelighed ikke, - men de skal have lov at prøve - og så være forberedt på at måtte lave det om! Eleverne magter bl.a. slet ikke endnu at kunne forestille sig printet fra begge sider på én gang, og da inverteren er usymmetrisk, vil det uvægerligt gå galt, hvis man ikke på forhånd har tegnet det hele omhyggeligt ned.

I dette tilfælde er printet så enkelt, at der næppe opstår de store problemer. Printet skal imidlertid ikke være meget mere kompliceret, før det ved fejlfunktion og -finding viser sig af stor betydning, at der er udført et omhyggeligt forarbejde efterfulgt af sirlig tegning og montering/lodning.

Det kan være en hjælp at bruge gennemsigtigt papir (kalkepapir, "smørrebrødspapir") til at tegne diagrammet på, og derefter vende det om for at blive helt klar over komponentplaceringen.

Det kvadrerede papir, vi har indsat nederst på side E 18 (og som findes i et større stykke til eventuel kopiering side E 25), kaldes MODULPAPIR. Det er inddelt i tiendedele tommer svarende til komponenternes standardmål: En almindelig modstand "fylder" 5 tern, der er to tern mellem benene på et trimmepotentiometer, en 100 nF kondensator (af "lakridskonfekttypen") fylder 4 tern etc. Se iøvrigt skitserne side E 25.

Modulpapiret side E 18 er for stort til formålet. Eleverne må selv afgrænse det nødvendige areal efter den til rådighed værende printplade.

KS 9

## VI LAYER EN KUNDEMELDER

Eleven skal her benytte sin viden fra KS 4 om, at spændingen i kontrolenhedens punkt B skal op over ca. 1.4 V, før pæren lyser, eller - hvis inverteren er koblet til - dens pære slukker. Opgaven kan således løses på (mindst) to måder, og hvilken af dem eleven vælger (falder over) i første omgang, er mindre væsentligt.

Hovedproblemet er den spændingsdeling, der skal finde sted omkring indgangen ved hjælp af fotomodstand (LDR) og variabel modstand (potentiometer, anvendt som variabel modstand). I en serieforbindelse af de to modstande vil det største spændingsfald lægge sig over den af modstandene, der i et bestemt øjeblik har den største resistans. Når vi ved hjælp af lys kan ændre på resistansen, er det klart, at vi også kan flytte op og ned på spændingsfaldene og, at vi ved at indstille den variable modstand passende, kan flytte lige omkring den kritiske værdi 1.4 V. Det er forventeligt, at kun et fåtal af eleverne kan følge en sådan tankegang - endsige selv finde ud af det, som elevteksten lægger op til. Meningen er, at der ud af "den svære" opgave skal fremspringe en dialog mellem lærer og elev(er), hvorunder læreren stiller hjælpende spørgsmål, og forsøger (igen!) at give begrebet spænding et fornuftigt indhold.

Den almindelige type LDR-modstande kan f.eks. monteres i en stump 16 mm elektriskerrør (der først skal lunes over en tændstik), som bevikles med sort tape, eller i et rør, viklet af sort papir eller karton. Herved opnås god retningsvirkning, og afskærmning fra fremmed lys.

Der kan opnås en meget stor følsomhed i denne opstilling. Eksempelvis kan den indstilles således, at afbrydelse af lyset fra en lommelygte på 15 meters afstand er tilstrækkelig til at få enheden til at reagere.

KS 10

## VI LAGER EN TYVERIALARM

Udgangssituationen er, at

pære 2 er tændt, dvs. kollektor T3 er lav, og

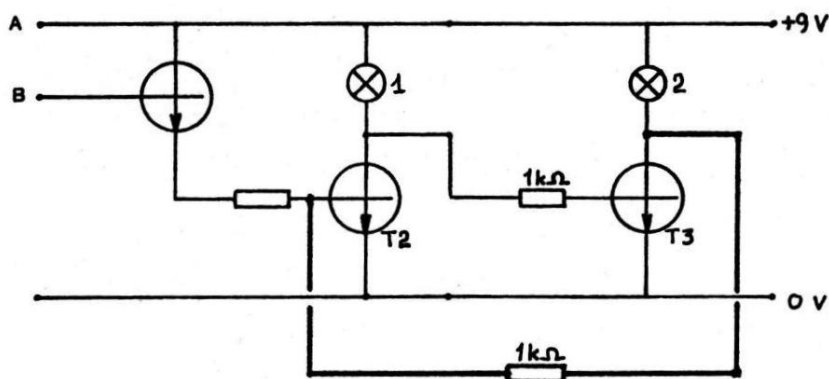
pære 1 er slukket, dvs. basis T2 er lav.

Når alarmen starter, er

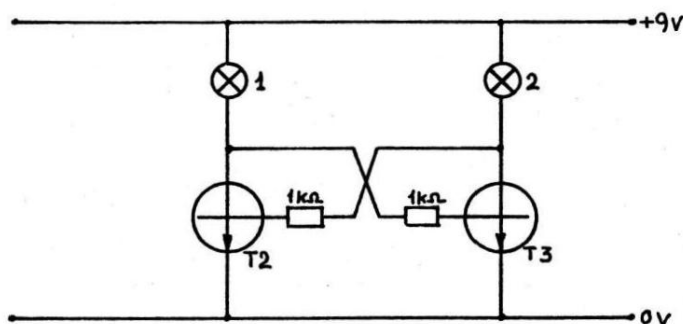
kollektor T3 høj, og

basis T2 også høj.

For at "låse" systemet fast i denne tilstand, skal vi derfor blot føre T3's høje kollektorspænding tilbage til basis på T2 (selvfølgelig via en modstand, f.eks.  $1\text{ k}\Omega$ ):



Hvis man tegner systemet omkring T2 og T3 på en lidt anden måde, genkender man den almindelige bistabile multivibrator (RS-flip-flop, der behandles side L 152).



Bemærkningerne fra KS 9 (side L 40) om elevernes muligheder for selvstændigt at løse opgaven, gælder også her: Opgaven kan give

anledning til frugtbare samtaler mellem lærer og elev(er), samtaler, der - som det ses - igen koncentrerer omkring spændingsbegrebet, og som føres på et niveau, der giver eleven ideer til selv at løse opgaven i sidste ende. I et forsøg på at hjælpe læreren med at "styre" elevernes tanker i en for problemets løsning hensigtsmæssig retning, har vi indsat tillægsopgave KS 10A (side L 43-44), hvor vi - meget løsagtigt - indfører begreberne høj og lav for eleverne.

Disse begreber er i virkeligheden ret avancerede, idet de kun har relation til en bestemt situation. F.eks. vil spændingen 0.8 V være "høj" på en basis (idet den er tilstrækkelig til, at transistoren "aktiveres"), mens den vil være "lav" på en kollektor (hvor den nemlig vil indikere, at transistorkontakten i det væsentlige er sluttet).

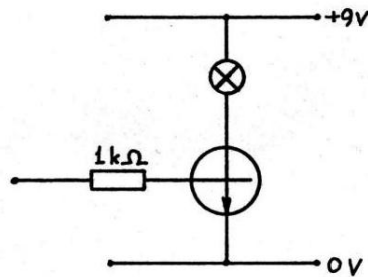
På den anden side er det vor opfattelse, at begreberne er så hensigtsmæssige i beskrivelsen af netop disse ON-OFF systemer, at det i hvert fald er værd at forsøge at give dem indhold for eleverne. Senere - når der skal arbejdes med integrerede digitalkredse, vil begreberne høj og lav blive brugt i udstrakt grad, og på en mindre tvivlsom måde.

Vi tager i dette materiale ikke den bistabile multivibrator op til selvstændig behandling. Den dukker først op igen som del af en integreret kreds, og bliver dér anvendt som en rent funktionel enhed. Ønsker man at gøre noget ved flip-flop'en med diskrete komponenter, er tiden derfor måske inde nu, og under alle omstændigheder må man overveje, om eleverne ville få udbytte af at sammenligne diagrammet side L 41 (nederst) med AMV'ens diagram. Forskellen er i det væsentlige kun, at AMV'ens kondensatorer er blevet udskiftet med modstande, og da kondensatorer - gennem op- og afladning "har noget med tid at gøre", er det ikke så forunderligt, at AMV'en "kan blive ved", mens flip-flop'en ikke kan.

KS 10A

## VI MALER PÅ TYVERIALARMEN

Her er transistorkontakten igen:



Kontakten er sluttet, når basis føres til +9 V.  
Så siger vi, at basis er HØJ.

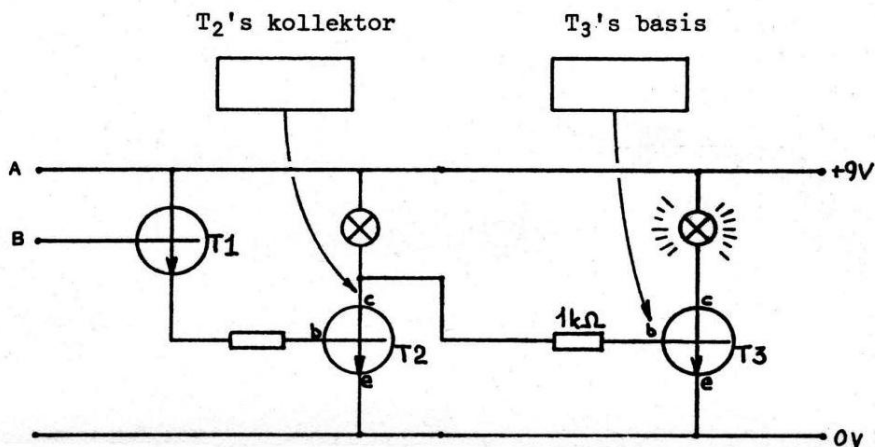
Kontakten er afbrudt, når basis føres til nul.  
Så siger vi, at basis er LAV.

Er kollektoren HØJ eller LAV, når basis er LAV?

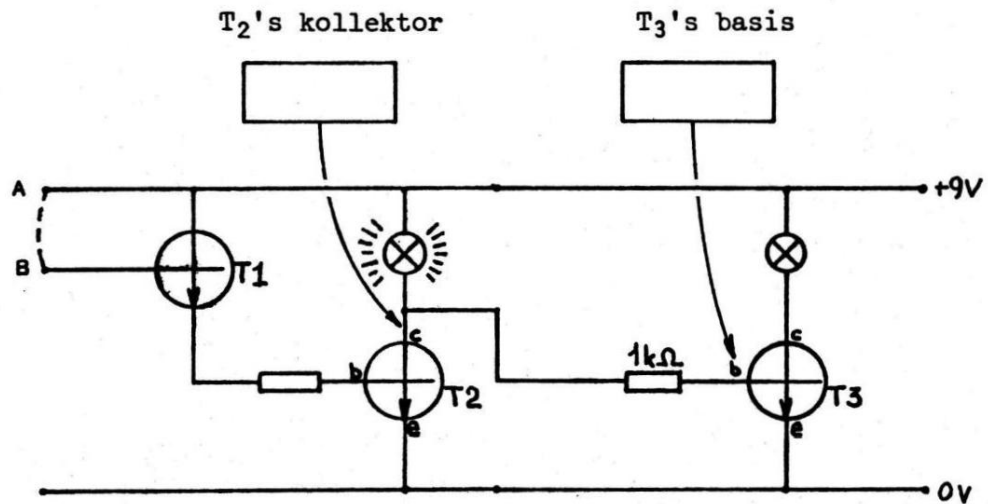
Hvad er kollektoren, når basis er HØJ?

Her er kontrolenheden med invertertrin:

Skriv i de to firkanter, om stederne er HØJE eller LAVE.



Nu rører vi ved A og B:  
 Er stederne nu HØJE eller LAVE?  
 Skriv det i firkanterne!



Det er altså  $T_2$ 's kollektor, der styrer  $T_3$ 's basis igennem modstanden på  $1k\Omega$ .

Når alarmen skal blive ved, når tyven har startet den, skal  $T_2$ 's basis blive ved med at være HØJ.  
 Det må kunne klares med en modstand på  $1k\Omega$  fra en HØJ kollektor!

Find ud af, hvordan det kan gøres.

Tegn din løsning på diagrammet.



KS 11

## VI LADER EN LANGSOM AMV STYRE EN HURTIG AMV

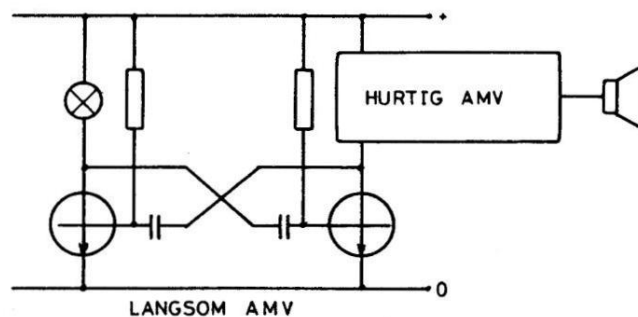
Denne opgave er tænkt som "appetitvækker", med et par eksempler til at sætte eleverne i gang.

Nedenfor giver vi flere eksempler i form af diagrammer med meget kortfattede kommentarer.

Her er vi på et område, hvor komponenttolerancer m.v. gør det vanskeligt at give "skudsikre" opstillinger, og det er iøvrigt vor erfaring, at det "samarbejde", der kan komme i stand mellem lærer og elever, hvor man eksperimenterer og finder ud af tingene i fællesskab, kan blive både inspirerende og frugtbart for begge parter. Derfor er vi ikke gået mere i detaljer, men har holdt os til skitseforslag.

Opgaven har som formål dels at lade eleven eksperimentere med alle de kendte enheder på én gang, og med sammenkobling af dem, og dels at give eleven mulighed for at eksperimentere med et system til et bestemt (selvvalgt) formål ved anvendelse af al sin viden om spænding, styring, AMV'er, kondensatorer etc.

Den metode, vi tidligere (f.eks. i KS 3) har brugt til at "styre" en AMV, og som også danner indledningen til denne opgave:

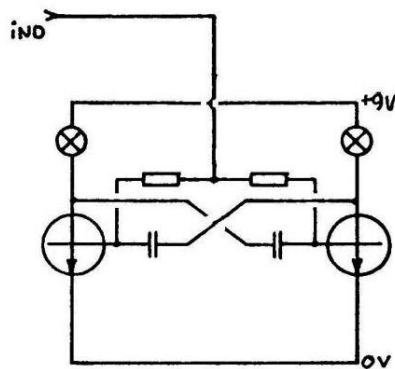


er ikke fuldt tilfredsstillende.

Dels udgør den hurtige AMV plus eventuelt drivtrin med højttaler en kraftig belastning af den langsomme AMV, og dels kan dette at

styre en enhed ved at slutte og bryde driftstrømmen, skabe yderligere problemer i elevernes forståelse af begreberne signalspænding og driftspænding og forskellen imellem dem. Vi prøver at imødegå begge dele ved at indføre egentlig elektronisk styring:

- 1) Ved at anbringe en "kontakt" i emitteren på den ene af AMV'ens transistorer (side E 22), og
- 2) Ved at styre "på basis":



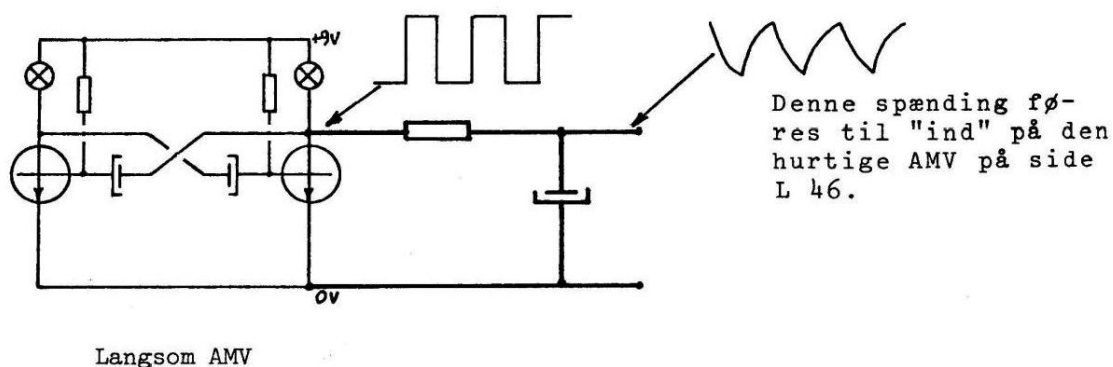
Hurtig AMV

Ved denne sidste metode opnår vi samtidig at kunne "frekvensmodulere" AMV'en: Dens frekvens vokser - stort set lineært - med voksende spænding på "ind". En varierende indgangsspænding vil derfor give tilsvarende variationer i frekvensen.

Hvis indgangsspændingen bliver mindre end omkring 1 volt, stiger frekvensen imidlertid igen pludseligt. Til frembringelse af en "jævn" sirenetone, må spændingen derfor ikke blive for lille. Prøv at eksperimentere med systemet ved at tilslutte en variabel spændingsforsyning mellem nul og "ind".

Det er klart, at en LDR-modstand anbragt mellem "ind" og +9 V vil frembringe en lysafhængig frekvens, og med en NTC-modstand får vi tilsvarende en temperaturafhængig frekvens.

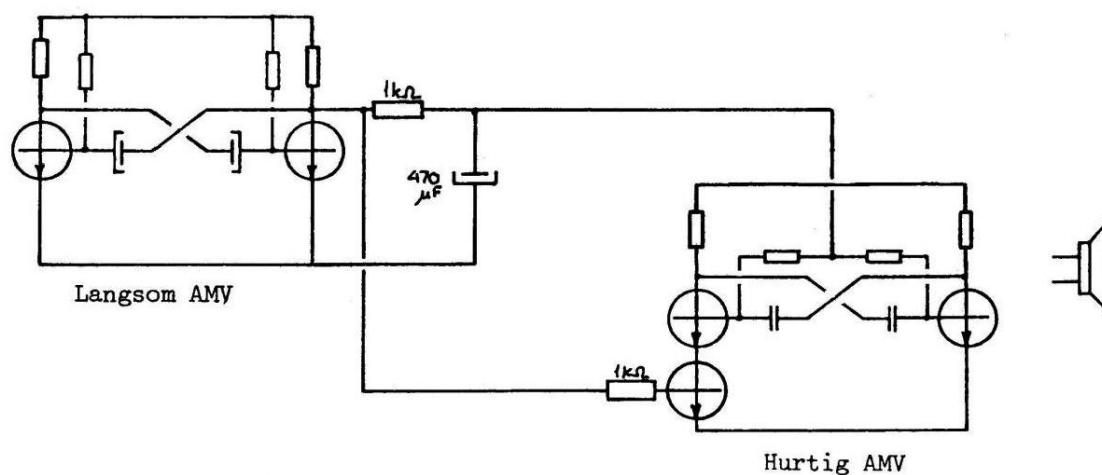
Hvis man "glatter" udgangsspændingen fra en langsom AMV lidt ud, kan denne styre den hurtige AMV som sirene:



1 k $\Omega$ , 470  $\mu$ F i integrationsleddet kan bruges som udgangsværdier for eksperimenter.

Hvis sirenetonen ikke er "jævn", kan det skyldes, at styrespændingen kommer ned under ca. 1 V (se bemærkningerne ovenfor). Det kan klares ved, at man lader den langsomme AMV "halte" på en sådan måde, at de 470  $\mu$ F ikke når at aflade helt så meget, dvs. ved f.eks. at gøre kondensatoren i den langsomme AMV's venstre side mindre. Herved bliver den højre pære tændt - og aflader de 470  $\mu$ F - i kortere tid.

Ved at eksperimentere med frekvenserne af de to AMV'er, kan man opnå forskellige lydeffekter, som f.eks. en "almindelig" sirene, en "McCloud-lyd" etc. I denne kobling fås f.eks. en "afbrudt" sirenetone:

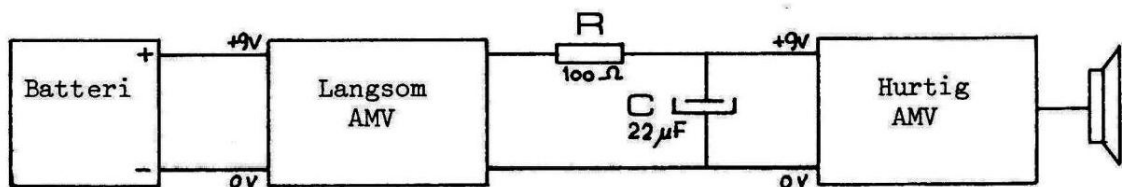


Her er kontakten kun sluttet, når udgangen på den langsomme AMV er HØJ, dvs. når tonen i den hurtige er på vej op i frekvens. Der bliver afbrudt for den faldende del af sirenetonen. Hvis man kobler kontakten til den anden transistor i den langsomme AMV, fås den modsatte effekt.

Endelig kan den langsomme AMV også forsynes med en elektronisk kontakt, og derigennem styres fra kontrolenheden, der således kan sætte hele systemet igang, når den tilsluttede "føler" påvirkes.

I mange af de apparater, der kan komme ud af denne sekvens, er der ikke brug for at kunne se AMV'en køre. Pærerne kan da erstattes med f.eks. 1 k $\Omega$  modstande, hvilket betyder mindre driftstrøm.

Herved spares ikke blot på batteriet, men det er nu praktisk muligt at indsætte et RC-lavpasfilter til afkobling af strømforsyningen i de tilfælde, hvor man konstaterer, at den langsomme AMV begynder at skifte hurtigere, idet den trigges af de "dyk" i batterispændingen, der ledsager skiftene i den hurtige AMV. Prøv med disse værdier:



Afkoblingsfiltre af denne type vil eleverne møde flere gange sidenhen - det er en generel metode til at forsøge at fjerne uønskede koblinger, med mindre man kører de to enheder på hvert sit batteri - hvorfor der kan være grund til at fremhæve og påpege filtrets funktion for eleverne.

KS 12

## VI LAGER EN AMV PÅ PRINT

Inden man lader eleverne gå igang med denne opgave, må man overveje, om den skal erstattes af den følgende opgave (ES 12A) eller om man vil tilbyde dem begge (eller eventuelt ingen af dem!).

Nogle elever har på dette tidspunkt "udviklet" systemer, de gerne vil tage med hjem. Det er for disse elever "AMV på print"-opgaven er medtaget, og formentlig vil den ikke indskrænke sig alene til AMV'en, men til både en langsom, en hurtig, et højt-talerdrivtrin plus hvad der ellers måtte være opfundet. Det bør kun være økonomien, der begrænser elevens muligheder her.

Som tidligere fremhævet er det en erfaring, at eleverne skal "holdes i ørerne" med hensyn til at tegne printet med korrekt komponentplacering, hulafstande etc.

Ligeledes vil eleverne hævde, at det er umuligt at undgå "lus" på printet - hvilket det næppe er, og eleven bør her lære at udnytte printets muligheder. Eksempelvis at bruge en komponent som "lus", og at føre en kobberbane en "lang" omvej for at komme uden om andre baner.

KS 12A

## VI BYGGER EN SIRENE

(Elevblade side L 51-52)

Eleverne kan her få mulighed for at møde en ny enhed, hvis - i denne forbindelse - eneste fortrin er, at den med ganske enkle midler giver en kraftig og hæsleg sirenetone i højttaleren.

Enheden kan imidlertid udnyttes til at lade eleverne møde stort set alle de ting, de har oplevet (lært) i det foregående påny, men i en anden, og ændret situation, dvs. den kan anvendes som test ved en undersøgelse af, om eleverne har fået fat i en fornuftig arbejdsmetode, når de skal angribe et elektronisk problem.

For første gang i programmet anvendes en PNP transistor, der defineres ved, at pilen peger ind i transistoren - og som iøvrigt er uinteressant i denne sammenhæng.

Opstillingen er stort set problemfri. Den fungerer med alle de PNP-silicium transistorer, vi har kunnet få fat i, f.eks.

BC 557, BC 160, BC 328, 2N 3906, BD 136, BD 138 og mange andre. Af disse er BC 160, BC 328 og BD-typerne "effekttransistorer", og de giver den kraftigste lyd (NB: BC 328 og BC 557 anvendes i udgangsforstærkeren, som eleverne skal bygge senere).

Som det ofte er tilfældet (f.eks. i billede 4 side L 12) kan højttalerens impedans og egenresonans (omkring 300 Hz) spille en generende rolle, der her viser sig ved, at tonen "springer" på vejen ned. Højttaleren kan da dæmpes med f.eks. 22  $\Omega$  parallelt med den. Herved nedsættes lydstyrken lidt, men sirenen bliver mere jævn.

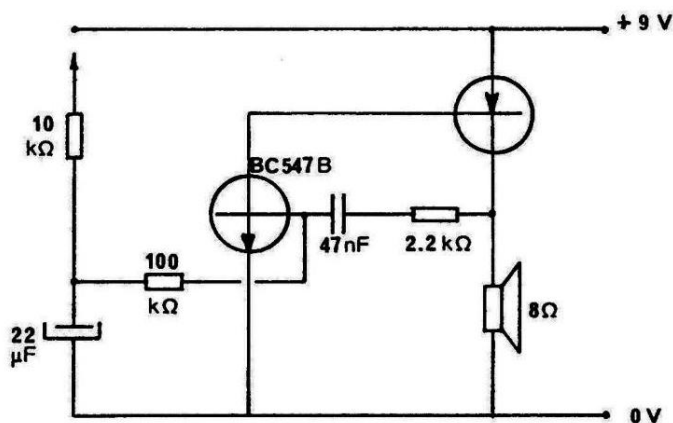
Sirenes kurveform er meget "kantet". Det vil derfor sikkert være nødvendigt med et lavpasfilter mellem sirenen og den langsomme AMV, der styrer den, når de to enheder kører på samme batteri. Prøv med  $R = 100-1000 \Omega$  og  $C = 22-100 \mu F$ , og sæt 1 k $\Omega$  modstande i AMV'en i stedet for pærer.



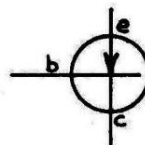
KS 12A

## VI BYGGER EN SIRENE

Byg dette apparat på et sømbræt:

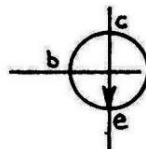


Transistoren, der ser sådan ud:  
hedder en PNP-transistor.



Den med pilen hedder altid emitter.

I NPN-transistoren, som du kender:  
peger pilen bort fra basis.



Din lærer vil give dig den PNP-transistor, du skal bruge.

Først når batteriet er tilsluttet, forbinder du 10 kΩ modstanden til +9 V.

Hvad vil du gøre for at lave tonen højere eller dybere?

Tænk dig om, og prøv om det passer!

Skriv resultatet her:

Der er TO forskellige frekvenser i apparatet:

Den, du lige har pillet ved, og  
den, der har noget at gøre med, hvor hurtigt tonen stiger  
og falder.

Så snart kontakten sluttet, skal tonen meget hurtigt stige  
helt op, og så snart du slipper, skal tonen hurtigt falde.

Hvordan vil du klare det?

Skriv her, hvad du gjorde:

Du skal lave et system, der giver en vedvarende sirenetone,  
hvis der kommer vand i kælderen!

Tegn diagrammet her, når det virker, som det skal:

### KAPITEL 3                      SIGNALER OG FORSTÆRKNING

INDHOLD:	LÆRER- SIDER	ELEV- SIDER
Introduktion .....	L 54	
SF 1 Vi bygger en udgangsforstærker .....	L 56	E 26
SF 2 Vi afprøver udgangsforstærkeren .....	L 56	E 28
SF 3 Vi lytter til signaler .....	L 62	E 32
SF 4 Vi bygger en sinusgenerator .....	L 65	E 33
SF 5 Vi lytter til sinussvingninger .....	L 69	E 35
SF 6 Vi undersøger en højttaler som signalgenerator .....	L 69	E 36
SF 7 Vi bygger et samtaleanlæg .....	L 70	E 37
SF 8 Vi bygger en forforstærker .....	L 73	E 38
SF 9 Vi eksperimenterer med elektromagnetiske signaler .....	L 91	E 40
SF 10 Vi eksperimenterer med elektronisk slagtpøj .....	L 93	E U2
Tillægsopgaver:		
SF 8A Vi måler forstærkningen .....	L 76	
Elevblade .....	L 79	
SF 8B Vi eksperimenterer med forstærkningen .....	L 76	
Elevblade.....	L 82	
SF 8C Vi måler frekvensgangen .....	L 85	
Elevblade .....	L 87	
SF 8D Vi eksperimenterer med frekvensgangen .....	L 85	
Elevblade .....	L 89	

## INTRODUKTION

Dette kapitel handler om "intelligente" signaler med frekvens i det hørbare område, og om lineær forstærkning af disse signaler.

Det centrale er således signalerne og den information, de bærer, medens vi hverken ønsker (eller prøver) at "trænge ind" i en forstærker. Den enkelte transistors funktion og virkemåde i et forstærkertrin bliver følgelig ikke behandlet, hvorfor begreber som arbejdslinie og arbejds punkt ikke er medtaget.

Set i denne sammenhæng er det beklageligt, at vi ikke har kunnet finde frem til en tilstrækkeligt pålidelig og prisbillig integreret udgangsforstærker, som i langt højere grad ville medvirke til den ønskede begrebsdannelse af forstærkeren som en black-box, der blot har den egenskab, at den kan forstærke signaler, hvorved disse - og ikke selve forstærkeren - bliver det væsentlige.

Vi vil derfor opfordre læreren til, hvis han selv har kendskab til en pålidelig IC-udgangsforstærker, at anvende den, og lade den erstatte de to første elevopgaver (SF 1 og SF 2).

Det vigtigste er, at eleverne starter med at bygge en udgangsforstærker, som de derefter bliver "fortrolige" med, ved at anvende den i en række situationer.

Pointen er, at selvom vi byggede en forstærker op fra grunden ved - på traditionel vis - at starte med sammenhængen mellem basisstrøm og kollektorstrøm, og derfra videre til arbejdslinie etc. ville eleverne (i almindelighed) alligevel ikke have en chance for at forstå blot de grovere træk af udgangsforstærkerens virkemåde.

Erfaringen (bl.a. fra prøve- og forsøgsundervisningen med første udgaven af dette materiale) viser,

- at eleverne kan udføre målinger af  $I_b/I_c$ -sammenhængen,
- at de (med kraftig hjælp) kan bringes til at anvende Ohms lov,
- at de kan beregne transistorens forstærkningstal og,
- at de (efterhånden) kan bringes til at indse betydningen af den retlinede del af  $I_b-I_c$ -karakteristikken, MEN at det for (stort set) alle elever kræver en sådan grad af styring, at det næppe opfylder formålet med undervisningen, OG (hvilket er endnu værre):

Det, vi på denne måde trækker eleverne igennem, har tilsyneladende ingen brugsværdi, når de skal til at anvende det på den "virkelige" forstærker. Både lærer og elever oplever, at tiden (og undervisningen) er spildt.

Det, vi nu prøver, er at tage forstærkeren for givet, og i stedet beskæftige os dels med hvor signalerne kan komme fra, og dels med at iagttage hvordan forstærkeren behandler dem.

I en sådan strukturering efter "generatortyper", er den signalgenerator, der består af en antenne for modtagning af radiosignaler, en særligt kompliceret (og spændende) generator, som vi følgelig har valgt at give en speciel behandling i næste kapitel (radiomodtagning).

Til sidst vil vi gøre opmærksom på, at læreren kan overveje at tage skridtet fuldt ud, og som fundamental "byggeblok" i den analoge elektronik indføre den integrede operationsforstærker. Dette skridt ville ikke blot lette - og udvide - arbejdsmulighederne omkring AC-signalforstærkning, men kunne - allerede ved kontrol og styring - give en række muligheder af både pædagogisk og faglig art, som ellers ikke ville være praktisk realisable.

Vi har endnu ikke fundet tiden moden til et sådant skridt, men ønsker hermed blot at påpege den udvikling, der givetvis vil ske i de kommende år.

SF

L 56

SF 1     **VI BYGGER EN UDGANGSFORSTÆRKER, og**

SF 2     **VI AFPRØVER UDGANGSFORSTÆRKEREN**

Forstærkeren er taget fra Philips "Application note No. 208", men er blevet tilpasset, så der nu kun anvendes modstande fra E6-rækken, ligesom de ivrige komponenter er gængse værdier, der for de flestes vedkommende bruges i forvejen. Yderligere er printet her udformet på en måde, der gør det lettere for eleverne selv at tegne det på printpladen.

De begrebsmæssige problemer ved forstærkeren ligger først og fremmest omkring "indgang", "udgang" og "nul". Selvom "nul" på ind- og udgang og batteriets minus alle fører til samme kobberbane på printet, er det ikke trivielt for eleverne, at man kunne klare sig med kun ét fælles printspyd til alle "nullerne".

For at præcisere, at både ind- og udgang tages mellem to terminaler, har vi valgt den viste udformning af printet, med separate printspyd til nul for ind- og udgang. Yderligere har batteriets minus fået sit eget printspyd for at markere, at batteriet ikke direkte har noget med signalerne at gøre, men blot skal være der, fordi forstærkeren jo skal have "noget at leve af".

Dette fører os til et andet begrebsmæssigt problem:

Eleverne har svært ved at skelne mellem signalspændinger og driftspændinger (dvs. de spændinger, der stammer fra batteriet, og som er nødvendige for bl.a. at give transistorerne de korrekte arbejds punkter).

Vi har valgt på dette niveau at konstatere, at der er brug for et batteri og at fremhæve signaler som "noget", man kan se på et oscilloskop.

Både gennem den meget detaljerede afprøvning af forstærkeren, og gennem de senere anvendelser af den, er der lagt op til, at eleverne mange gange skal koble forstærkeren ind i en opstilling, tilslutte batteri, højttaler, forforstærker, oscilloskop m.m., hvorved de opnår en vis fortrolighed med begreberne. Vi vil

SF

L 57

alligevel råde læreren til, når lejlighed, gives, gennem samtaler med eleverne at hjælpe dem med at få afklaret og præciseret signal, signalspænding (i forhold til nul), indgang og udgang. Det er bl.a. også med dette formål for øje, at vi (side E28) lader eleverne starte afprøvningen af forstærkeren med at markere de afgørende steder på printets komponentside (med f.eks. en spritskriver).

Udgangsforstærkeren er mere kompliceret end de printapparater, som eleverne tidligere har lavet. Der er derfor god grund til at indskærpe, at de skal være omhyggelige med at fremstille printet, med at anbringe komponenterne de rigtige steder (og vende dem rigtigt) og med lodningerne.

De to "fortykkelser" på printbanerne foroven og forneden, tjener et formål, og bør tegnes som vist. De er nemlig "kølefiner" for udgangstransistorerne. Når disse opvarmes ved kraftig udstyring, ledes varmen gennem kollektorbenene på transistorerne til de store kobberarealer - og dermed væk.

Afprøvningen af forstærkeren er "obligatorisk" stof, som eleverne sædvanligvis vil tage meget alvorligt (hvilket der reelt også er god grund til!). Sørg for, at alle elever i hvert fald denne ene gang får set en sinussvingning, og får set, hvad vi mener med forvrængning - ikke blot af cross-over typen, men også - og især - overstyring og, at de lægger mærke til ændringen i tonen, når forstærkeren overstyres. Man kan komme i den situation (f.eks. på grund af oscilloskopmangel), at enkelte elever i resten af dette kapitel nøjes med at "lytte" sig frem til, om forstærkeren nu er god nok.

Omkring afprøvningen af forstærkeren er der følgende at bemærke:

1. Kortslutning af udgangen vil i almindelighed medføre, at udgangstransistorerne (BC 328/38) "står af". Elevteksten fortæller dette helt klart, men det skader ikke, at eleverne bliver gjort opmærksom på det endnu en gang.

Hvis man på et tidspunkt er blevet træt af at udlevere nye udgangstransistorer, kan man som en "sikring" forlange, at eleverne monterer en modstand (f.eks. 4,7  $\Omega$ ) i serie med udgangen. Dette nedsætter udgangseffekten, men beskytter samtidig transistorerne.



2. Larmen fra et antal forstærkere, der afprøves samtidig, kan blive formidabel. Det er en mulighed at erstatte højttalerne med  $10\ \Omega$  modstande - men gør det kun i yderste nødsfald. Eleverne synes ikke om det!

3. Spids-spids-værdien af indgangssignalet angives side E 30 til ca. 100 mV. På dette tidspunkt kender eleverne ikke betegnelsen spids-spids (den præciseres først i opgave SF 8A, side L 79), og vi har ikke ønsket at give en længere redegørelse på dette sted i elevteksten. Det er derfor overladt til læreren at komme med en kort, mundtlig forklaring.

4. Amperemeteret, der indsættes til måling af batteristrømmen, kan - når forstærkeren udstyres kraftigt - give anledning til signalforvrængning og selvsving. Dette skyldes instrumentets indre modstand.

Hvis man på dette tidspunkt har konstateret, at forstærkeren ser ud til at køre fornuftigt, kan amperemeteret fjernes fra kredsen, hvorefter forholdene formentlig bliver "normale".

Man kan komme ud for, at cross-over forvrængningen kun kan fjernes som beskrevet side E 31, når amperemeteret tages ud af kredsen, men afslut under alle omstændigheder afprøvningen af forstærkeren med at kontrollere tomgangsstrømmen som beskrevet i punkt 6 side E 31.

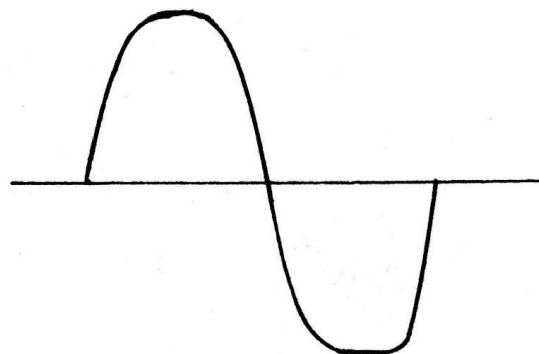
Bemærk i denne forbindelse, at et nedslidt batteri også kan give problemer af den beskrevne art. Den  $100\ \mu\text{F}$  kondensator, der er anbragt tværs over spændingsforsyningen på forstærkeren, har til formål at hjælpe på dette. I svære tilfælde kan man forsøge at udskifte denne kondensator med én på  $470\ \mu\text{F}$  - der er plads til den på printet.

Husk, at et batteri kontrolleres ved, at man måler dets polspænding mens det er belastet. Dets EMK (tomgangs spænding) siger ikke nok om dets tilstand. I teknisk appendix har vi angivet den korrekte "testprocedure" for nogle almindeligt anvendte batterityper.

Forstærkeren (som vi har døbt UF 1) kan afgive effekten  $1\ \text{W}$  i  $8\ \Omega$ . Sinussignalet er da forvrænget ca. 10%. Hvor meget dette er, kan man få en idé om fra figuren på næste side.

Det ser ret voldsomt ud, men spiller i praksis ingen rolle i forhold til karakteren af de lyde, som eleverne sædvanligvis prøver at få forstærket.

Af uforvrænget sinuseffekt kan forstærkeren kun afgive omkring 600-700 mW i  $8 \Omega$ . (NB: forvrænget betyder her, at man på oscilloskopet ikke kan se nogen forvrængning).



Ved fuld udstyring trækker forstærkeren ca. 150 mA fra 9 V-forsyningen.

Selv om udgangsforstærkeren er let at få til at virke, er der erfaringsmæssigt altid elever, der får problemer, og det kan undertiden være ret besværligt at finde fejlen.

Her er en liste over de hyppigst forekommende fejl:

1. Forkert placering af transistorer.
2. Elektrolytkondensatorer, der er vendt forkert.
3. Dioder, der er vendt forkert.
4. Forkert tegnet print. (Denne fejl er særligt væmmelig, fordi den ikke umiddelbart falder i øjnene, og fordi man vægrer sig ved at tro, at eleven virkelig ikke kan tegne rigtigt af !).
5. Dårlige lodninger. Undertiden glemmer eleverne at lodde printspydene fast.

Som hjælp ved en eventuel mere systematisk fejlfinding, angiver vi på næste side hvilke DC-spændinger, der skal være seks forskellige steder i en korrekt fungerende forstærker. Man kan regne med, at tingene er i orden, hvis ens egne målinger kun afviger op til  $\pm 0.2$  volt fra de angivne værdier.

DC-testpunkter i udgangsforstærker UF 1:

Måleapparat: KAISE SK-20, 20 k $\Omega$ /V.

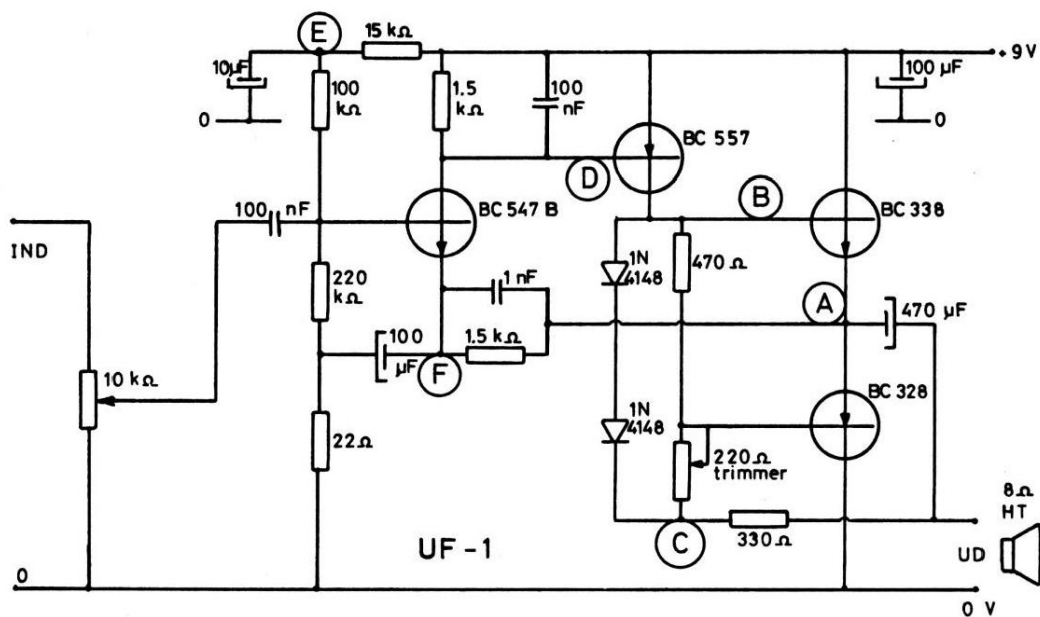
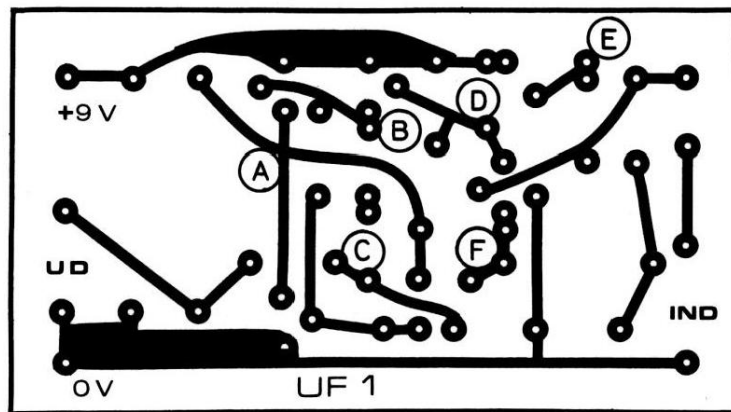
Område: 10 V.

Belastning: 8  $\Omega$  højttaler.

Indgang: Kortsluttet.

Egne målinger:

Resultater:	Driftspænding :	8.9 volt
	Spænding i punkt A:	4.4 volt
	" B:	4.9 volt
	" C:	3.4 volt
	" D:	8.3 volt
	" E:	8.0 volt
	" F:	5.2 volt



Det er i og for sig beklageligt, at afprøvningsproceduren (SF 2) - som jo i den videre sammenhæng er en ret perifer ting - har fået et så stort omfang.

Årsagen er den, at afprøvningen hidtil har voldt eleverne så meget besvær, at den i reglen er blevet foretaget af læreren, mens eleven har set til, og ikke forstået ret meget af det hele. Da alt det, der indgår i afprøvningen af forstærkeren er noget, som vi anser for vigtigt, og som eleven skal stifte bekendtskab med, finder vi det ønskeligt, at han selv får en rimelig chance for at foretage afprøvningen. Dette er grunden til, at proceduren er penslet så grundigt ud.

Der vil naturligvis ikke ske noget ved, at man fjerner SF 2 fra elevteksten, og f.eks. blot har et par eksemplarer cirkulerende under afprøvningen.

Hvis man på nogen måde kan magte det rent plads-, værktøjsog materialemæssigt, bør man lade eleverne fremstille en "kasse" til forstærkeren - med potentiometer-akslen ført ud og forsynet med en knap, samt eventuelt en 2-polet DIN-fatning til højttaleren. Det er en smagssag (og et økonomisk spørgsmål), hvor meget man vil gøre ud af stik og fatninger. Husk blot på, at det under eksperimenterne med forstærkeren skal være let at "komme ind og ud af den" med krokodillenæbs-forbindelser. Se iøvrigt teknisk appendix med hensyn til DIN-stik

I teknisk appendix har vi givet en fyldig beskrivelse af, hvordan man nogenlunde let kan bearbejde plastmaterialet acryl, der er et udmærket materiale til enkle monteringskasser. På den anden side må man ikke undervurdere værdien af en simpel - eventuelt malet - cigarkasse, når det blot er eleven selv, der har "designet" den.

## SF 3

## VI LYTTET TIL SIGNALER

Denne elevopgave vil formentlig vise sig overflødig (som formuleret opgave at betragte). Det er erfaringen, at så snart forstærkeren er køreklar, finder eleverne - helt uden yderligere ansporing - på at bruge den til bl.a. det, der er nævnt i opgaven. Nogle elever vil muligvis allerede her prøve at sætte en højttaler på indgangen - dvs. i virkeligheden starte på samtaleanlægget (SF 7) - uden at have været gennem "de indledende øvelser" som f.eks. at undersøge højttaleren (SF 6).

Vi vil foreslå, at disse elever får lov til at fortsætte, og arbejde med de problemer, et samtaleanlægsprojekt rejser:

Vi har tidligere antydnet, at det kunne være hensigtsmæssigt at strukturere et undervisningsforløb omkring lineær forstærkning efter "generatortyper". Med en sådan tankegang er vi på det overordnede, faglige plan. På et "brugs- og motivationsplan" kan det, at eleven skal forsøge at konstruere og bygge et samtaleanlæg, være det ledende for undervisningen. Her vil spørgsmål som forstærkningsgrad, forvrængning og frekvensgang m.m. automatisk blive aktuelle for eleven, som på denne måde ledes til at "grave" sig ind i problemerne.

Flere af opgaverne i dette kapitel (inklusive den aktuelle - SF 3), er tænkt - og formuleret - med henblik på netop denne situation, og tjener således bl.a. det formål, at de kan sætte eleverne på sporet.

Undervejs er der så nogle "sidespor", som bl.a. belyser andre muligheder for at frembringe signaler, vi kunne ønske at forstærke.

Alt dette betyder, at man i undervisningen ikke skal se strengt på, at rækkefølge og systematik overholdes, men - som sædvanlig - snarere lade opgaverne tjene som inspiration og igangsættere for eleverne således, at den enkelte elev får øjnene op for nogle muligheder der - forhåbentlig - fanger ham, og derved fører ham gennem en række eksperimenter, der ad denne vej giver ham en idé om de vigtigste begreber i forbindelse med lineær forstærkning.

I den foreliggende opgave, hvor eleven opfordres til at lytte til signal er fra bl.a. AMV - erne, kan man blive stillet overfor spørgsmålet om, hvorfor styrkekontrollen på UF 1 (dvs. 10 k $\Omega$  -potentiometeret) tilsyneladende kun "virker" helt ude i den ene ende.

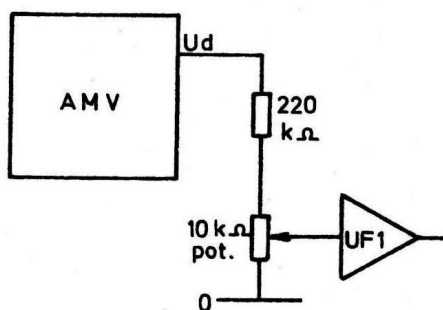
Dette skyldes, at signalerne fra AMV'en er meget store (op til 9 V) i forhold til den signalstørrelse, som UF 1 kræver for fuld udstyring (af størrelsesordenen nogle hundrede mV). Dvs. UF 1 overstyres over et meget stort område af potentiometerets vandring, og først, når

signalspændingen er blevet delt ned til nogle hundrede mV, begynder man at kunne mærke potentiometerets virkning.

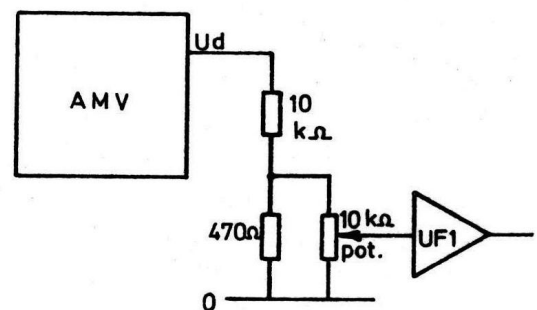
Problemet med, at en signalgenerator (eller blot et trin i en større opstilling) leverer et for stort signal til den efterfølgende enhed, er så generelt, at det kan være rimeligt at tage det op sammen med de elever, der eventuelt rejser spørgsmålet her.

I den aktuelle situation kan problemet løses på simpel måde ved, at man nedsætter signalniveauet fra AMV'en før signalet føres til  $10\text{ k}\Omega$  potentiometeret på UF 1, ved hjælp af en modstandsspændingsdeler fra AMV'ens udgang til nul:

Hvis vi regner med, at en nedsættelse af signalet på ca 20 gange vil være passende, kan man overveje disse muligheder:



Her bruger vi den "faste" modstand på  $10\text{ k}\Omega$  i potentiometeret som det ene led i spændingsdeleren. Til gengæld bliver impedansniveauet højt, med risiko for støjfølsomhed.



Her "ofrer" vi en ekstra modstand for at få lavt impedansniveau. Den samlede modstand i spændingsdeleren skal samtidig være så stor, at den ikke belaster AMV'en unødigt.

I begge tilfælde udnytter vi, at UF 1 i sig selv har meget stor indgangsimpedans (af størrelsesordenen  $150\text{ k}\Omega$ ).

SF

L 64

AMV'en er imidlertid ikke den eneste mulighed, man har, for at lade eleverne "lytte" til signaler:

Læreren kan eventuelt også stille (en eller flere) båndoptagere og/eller radiomodtagere til elevernes rådighed.

Linieudgangen på disse apparater er altid kortslutningssikre, dvs eleverne kan selv prøve at finde ud af, hvordan man "kommer i kontakt" med dem via passende DIN-stik (der skal



være "nøgne" , så man kan komme til at klippe minikrokodillenæb på). Elevernes opgave er da at få signalerne ud af apparatet, og få dem forstærket i deres egen forstærker.

Hvis disse ting interesserer eleverne (og læreren), kan man udmærket indlægge en sekvens om DIN-stik og deres standardforbindelser. (Hertil kan TA3 i teknisk appendix måske Hælp lidt på vej ).

PAS PÅ, at eleverne ikke piller for meget ved apparaternes udgange til ekstrahøjtaler. Disse udgange er ikke altid kortslutningssikre, dvs der er risiko for, at udgangstransistorerne i apparatet "står af".

Hvis man disponerer over en stereobåndoptager, kan to elever arbejde på hver sin kanal - og ende med at spille den nydeligste stereo, selvom hverken forstærker eller højtaler er af Hi-Fi -kvalitet. (Optag f.eks. radioens stereotest på bånd. Her er kanalseparation og stereovirkning udnyttet maximalt).

I denne forbindelse vil vi præcisere, at vi end ikke vil foreslå, at man lader eleverne bygge denne - eller lignende - forstærkere i dobbelt (dvs. stereo-) udgave. Vi finder, at man skal op i en helt anden kvalitet forstærker, før det bliver rimeligt at lade eleverne bruge tid på en sådan opgave, og selv da vil vi fraråde det i undervisningen. De elever, der interesserer sig for stereo og Hi-Fi, skal nok selv finde ud af at bygge disse ting senere. På dette trin er det langt vigtigere, at eleverne får mulighed for at få indblik i de fundamentale begreber, og til dette formål er den lille 1 W mono-forstærker særdeles velegnet og tilstrækkelig.

**SF 4 VI BYGGER EN SINUSGENERATOR**

På samme måde som AMV'en er digitalelektronikkens "fundamentale" signalgenerator, er sinusgeneratoren den principielt vigtigste signalkilde i den lineære - analoge - elektronik.

Vi har bl.a. af denne grund fundet det rimeligt at give eleverne mulighed for at møde en yderst simpel - men effektiv - udgave af en sådan generator.

Samtidig giver det læreren - og skolen - mulighed for at erhverve sinussvingninger med forskellige frekvenser i det hørbare område til en pris, der ligger langt under, hvad en "rigtig" sinusgenerator koster, og med en fleksibilitet, der i undervisningen overgår dennes, fordi vi her kan få alle frekvenserne på een gang,

Ønsker man en generator, der "kan lidt mere", kan man finde en beskrivelse i teknisk appendix.

Iøvrigt skal det tilføjes, at denne generator også blev udviklet (og medtaget her) på grund af de muligheder, der er skitseret i SF 10. Muligheder, der ikke blot er "sjove", men som igen viser, at man ofte kan få mere ud af tingene end det, de umiddelbart er skabt til - blot man lader fantasien spille

Generatoren er konstrueret sådan, at der (tilnærmelsesvis) er den i elevbladene anførte simple sammenhæng mellem kapacitans og frekvens. Dette giver mulighed for at arbejde med forskellige spring i frekvens, men hele tiden ved anvendelse af standardværdier af C.

Har man f.eks. kun seks elevhold, vil det være hensigtsmæssigt at lade dem "bygge" frekvenserne: 30 Hz, 100 Hz, 300 Hz, 1 kHz, 3 kHz og 10 kHz (en såkaldt 1-3 sekvens), der kræver kapacitanserne: 330 nF, 100 nF, 33 nF etc ned til 1 nF (en 10-33 sekvens).

Har man elever nok til flere frekvenser, er følgende sekvens fornuftig: 20 Hz, 50 Hz, 100 Hz etc op til 20 kHz (dvs. en 1-2-5 sekvens)

Her udgør de nødvendige kapacitanser en 10-22-47 sekvens. (Jvf iøvrigt opgave SF 8C side L 87).

Hvis der ikke er elever nok til alle de frekvenser, man ønsker, er det måske praktisk, at læreren selv tager sig af "de svære" frekvenser (10 - 20 kHz) - se næste side, og overlader de fredelige, lave frekvenser til eleverne.

Indstillingen af generatoren til korrekt funktion ved de lavere frekvenser giver i det store og hele sig selv ud fra beskrivelsen i elevbladene, og skal derfor kun uddybes på et par punkter:

Kollektormodstanden ( $R_c$ ) på  $2,2\text{ k}\Omega$  vil være for stor for den "typiske" transistor. Forstærkningen bliver derved for stor, og signalet overstyres (klipper i bunden) som vist side E 34. Dette forbedres ved at gøre  $R_c$  mindre, hvorved forstærkningen nedsættes. Hvis generatoren imidlertid slet ikke vil svinge, kan man have fået fat i en transistor med særligt lille forstærkningstal. Prøv derfor i dette tilfælde at gøre  $R_c$  større således, at forstærkningen bliver større.

Der kan opstå situationer, hvor ingen af standardværdierne giver "pæne" svingninger. Prøv da at lodde en større modstand parallelt over  $R_c$ , eller - bedre - at indsætte en trimmer.

Ved de højere frekvenser (10 - 20 kHz) kan der opstå problemer, der ikke dækkes af ovenstående. Prøv følgende fremgangsmåde:

1. Gør emittermodstanden ( $R_e$ ) på  $22\ \Omega$  mindre. Ved 20 kHz skal den sikkert helt kortsluttes.
2. Indsæt en trimmer (f.eks.  $10\text{ k}\Omega$ ) for  $R_c$ , så det bliver lettere at finjustere.  $R_c$  skal i almindelighed være lidt større ved de højere end ved de lavere frekvenser.
3. Hvis generatoren stadigvæk ikke kører: Prøv at lodde  $100\text{ pF}$  parallelt over den af de tre kondensatorer, der sidder nærmest T1's kollekt.

Hvis det herefter ikke fungerer, er man i den ensomme problemløsningssituation!

Når generatoren kører rigtigt, afgiver den en smuk sinusform, hvis frekvens kan ændres af størrelsesordenen  $\pm 10\%$  med  $10\text{ k}\Omega$  trimmeren, og man vil almindeligvis kunne komme ret tæt på den ønskede frekvens.

SF

L 67

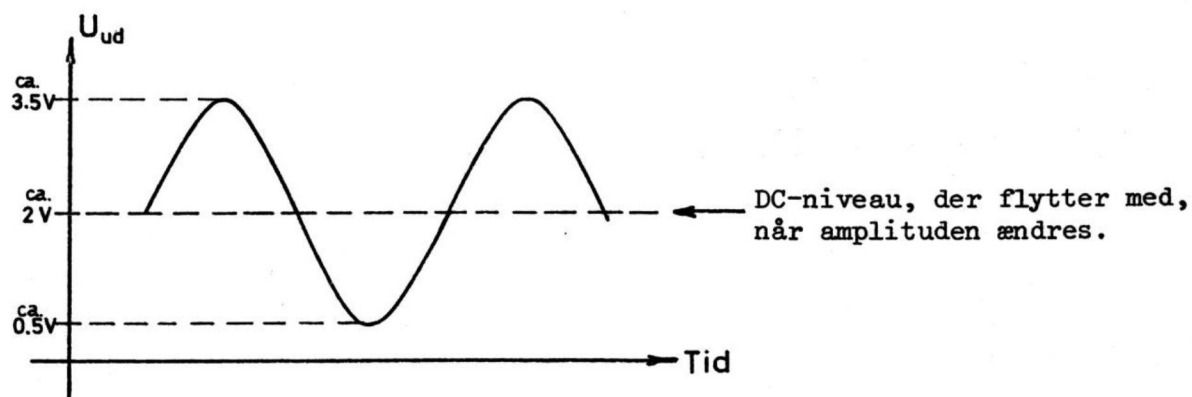
Det vil i reglen være sådan, at generatoren går ud af sving, når  $10\text{ k}\Omega$  trimmeren drejes helt ud i yderstillingerne.

På grund af emitterfølgeren (T2), får generatoren en lav udgangsimpedans, og frekvensen er næsten uafhængig af belastningen. P2 er en spændingsdeler, der fungerer som "styrkekontrol", hvormed udgangsamplituden kan ændres fra det maximale (typisk 2-3 volt spids-spids) til nul. Her kan anvendes et trimmepotentiometer eller et  $16\text{ mm}$  potentiometer med aksel, der har samme benafstand som trimmeren.

Emitterfølgeren kan i visse tilfælde give anledning til selvsving og/eller forvrængning af kurveformen. Det effektive middel imod dette er som sædvanlig at anbringe en elektrolyt-

kondensator (prøv 100  $\mu\text{F}$ ) tværs over forsyningsspændingen, enten på sømbrættet eller direkte over batteriet.

Læg mærke til, at udgangen er DC-koblet, dvs udgangsspændingen svinger omkring en jævnspænding (et DC-niveau), der med maximal amplitude er omkring 2 volt:



Når man sender signaler fra generatoren ind i en forstærker, er det derfor nødvendigt, at denne er forsynet med en kondensator før første transistors basis.

Signalerne fra generatoren kan føres direkte til "køkkenbordstælleren" (fra kapitel 5) forudsat, at "bunden" af sinus-svingningerne ikke ligger højere i spænding end ca. 0,5 V. Hvis tælleren ikke reagerer, skal "bunden" sænkes i spænding - enten ved en finjustering af  $R_c$ , - eller ved, at man prøver at skrue lidt ned for udgangsamplituden; herved sænkes jo også DC-niveauet.

SF

L 68

Ved frekvenser større end 1 kHz, vil metoden med at tælle over 10 s give det ekstra problem, at tælleren "løber over", thi når den består af 4 dekademoduler, kan den kun registrere op til 9999. Såfremt man holder øje med, hvor mange gange, den "løber over", har man også det næste ciffer. Anvender man i stedet endnu et tællermodul, vil dette automatisk holde øje med, hvor mange gange, der har været overløb, og der kan da tælles til 99999.

En tredje mulighed er at anvende "timingmodulet" (side L 170) - indstillet til 1 s - til at åbne og lukke for tælleren. Herved vil tælleren registrere frekvensen direkte.

Vi har valgt at give et "stramt" sømdiagram af generatoren således, at alle eksemplarer kommer til at ligne hinanden - uanset hvilke elever, der har bygget dem. Dette giver en betjeningsmæssig lettelse i de situationer, hvor generatorerne cirkulerer mellem eleverne, og udelukkende fungerer som signalkilder.

I teknisk appendix er der en kopieringsside med sømdiagrammer af sinusgeneratoren, så eleverne ikke behøver at klippe i deres eget eksemplar.

**SF 5 VI LYTTET TIL SINUSSVINGNINGER****SF 6 VI UNDERSØGER EN HØJTTALER SOM SIGNALGENERATOR**

Der er flere ideer med SF 5:

Hvis eleverne har arbejdet "efter bogen", skal den nybyggede sinusgenerator straks bruges. Eleverne skal identificere udgangen, finde ud af "i praksis" hvordan amplitudekontrollen virker, og hvad meningen med den egentlig er.

Det er relativt let at erkende overstyring af en sinustone alene ved at lytte til den. Eleverne har faktisk oplevet dette, men det var i den (noget anspændte) afprøvningsfase (SF 2), hvor forstærkeren - og ikke signalere - var i centrum.

Vi ønsker at give eleven mulighed for at få en lytte- og opleve fornemmelse af begrebet overstyring: Den rene sinustone giver indtryk af at være "blød" og måske lidt "kedelig". Ved overstyring ændres tonekarakteren i retning af det mere "spidse" og "spændende". Sammenligner man med et AMV-signal, der jo ligner en meget kraftigt overstyret sinus, kommer sammenhængen mellem kurveform og tonekarakter helt klart frem.

Da vi startede på frekvensmåling under AMV'en, brugte eleverne deres øjne som "detektor" indtil et vist punkt, hvor mennesket ikke længere "kunne følge med", men måtte erstattes af et måleapparat, hvis vi ville videre frem. På tilsvarende måde får eleverne her mulighed for at gøre sig nogle flere erfaringer omkring deres høresans og erkende, hvor fint et instrument, øret egentlig er.

Om SF 6 kun dette:

Som oplæg til samtaleanlægget konstaterer eleverne, at en højttaler kan fungere som signalgenerator.

De typiske "generatorspændinger", der måles i den viste opstilling, er (ved kraftigt fløjt ligge ind i højttaleren):

$$\begin{array}{ccccccc} 8 \, \Omega & \text{højttaler:} & U_{ss} & \text{af størrelsesorden} & 30 \, \text{mV}_{ss} \\ 150 \, \Omega & " & " & " & 150 \, \text{mV}_{ss} \end{array}$$

Vær opmærksom på, at de almindelige små-højttalere har en egenresonans på omkring 200-300 Hz. Hvis man "synger" en tone med frekvens heromkring ind i højttaleren, kan signalerne blive i nærheden af fem gange så store som ovenfor.

## SF 7

## VI BYGGER ET SAMTALEANLÆG

Ideen i denne opgave er følgende:

Eleverne finder hurtigt ud af, at systemet fungerer godt som envejsanlæg, hvis man som "mikrofon" bruger en 150  $\Omega$  højttaler. Men når der skal kunne tales begge veje, melder problemerne sig:

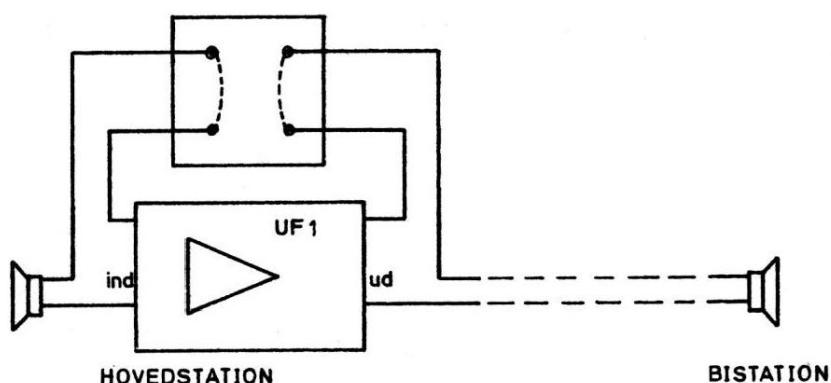
Så skal den samme højttaler skiftevis være mikrofon og højttaler på UF 1. Herunder opda-  
ger man, at UF 1 kun kan give meget svag lyd ud i en 150  $\Omega$  højttaler - der skal altså være  
en 8  $\Omega$  højttaler på udgangen. Så skal mikrofonen altså også være en 8  $\Omega$  højttaler. Dette  
medfører imidlertid, at samtaleanlægget bliver alt for ufølsomt, dvs kravet om større for-  
stærkning melder sig.

Med dette som udgangspunkt starter eleverne nu på at arbejde med forforstærkeren i SF 8,  
og med de af tillægsopgaverne (SF 8A - D), der findes nødvendige for at få samtaleanlæg-  
get til at fungere tilfredsstillende.

Først når dette er tilfældet, bliver de to sidste spørgsmål i SF 7 -(om flere bistationer, og  
om opkald) rigtigt aktuelle.

Et spørgsmål i samtaleanlægget, der skal trækkes frem her, er problemet omkring tale/ lyt-  
te-omskifteren: Vi vil foreslå, at man lader eleverne starte med at eksperimentere med den  
omtalte "sømbætomskifter", der på meget tydelig måde lader dem opdage, hvad det drejer  
sig om. De "rigtige" vippe - (eller tryk-) omskiftere er ret kostbare, og er især velegnede,  
når anlægget skal bygges ind i en kasse.

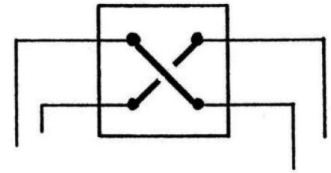
"Sømbætomskifteren" kan f.eks. udformes sådan:



Her er ledningerne tegnet i stilling "tale".

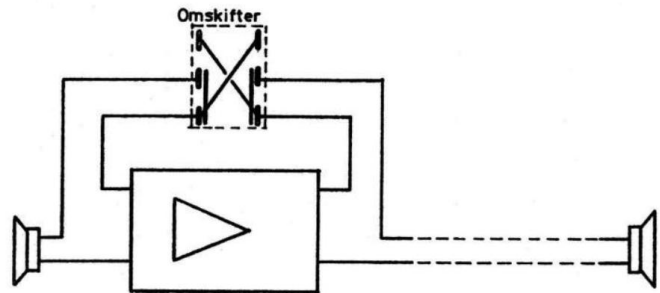
I stilling "lytte" skal de forbindes sådan:

Man kan altså klare sig med at bytte om på to krokodillenæb. Vi udnytter, at nul-ledningen er fast og gennemgående, så vi kan nøjes med at skifte om på signalledningerne.



Vi foreslår, at man så vidt muligt lader eleverne selv finde ud af disse ting - selvom det kan koste nogle afbrændte udgangstransistorer.

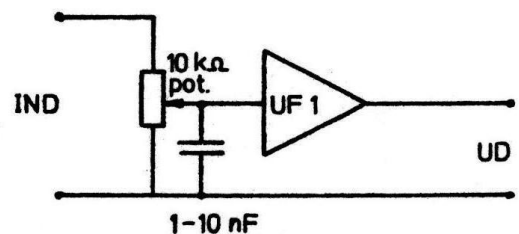
Med en to-polet vippe- eller trykomsifter, foregår det på denne måde:



Der vil i reglen vise sig et problem, når man kobler samtaleanlæggets lange ledninger til forstærkeren:

Ledningerne virker som antenne for radiosignaler, og på grund af ulinearitet i forstærkeren detekteres signalerne, hvorefter samtaleanlægget begynder at spille radio - i reglen på russisk. Selektiviteten er så ringe, at det ikke kan bruges til noget fornuftigt, men blot skal fjernes. Midlet er en kondensator (1-10 nF) enten tværs over ledningerne eller eventuelt permanent monteret direkte over indgangen på UF 1 :

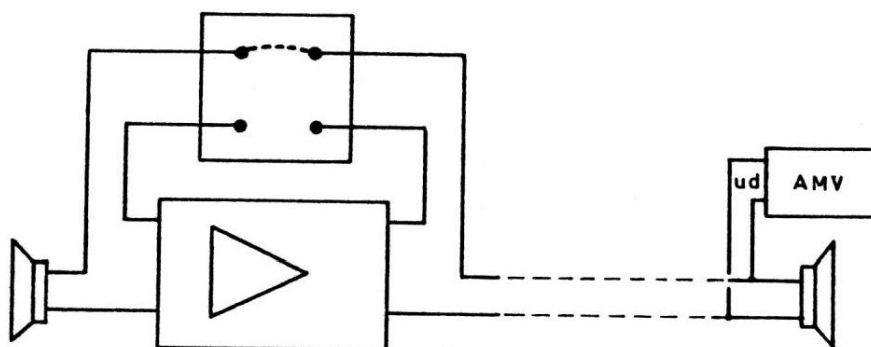
Prøv at finde frem til det, der virker bedst.



Forslag til løsning af de problemer, der iøvrigt kan melde sig, er givet i forbindelse med behandlingen af de følgende opgaver.

Til sidst skal vi skitsere et forslag til en "opkaldsanordning"





Hovedstationens ejer skal blot huske at etablere den viste forbindelse, før han forlader apparatet.

SF

L 73

## SF 8 VI BYGGER EN FORFORSTÆRKER

Når eleven har opdaget, at der er brug for større forstærkning, f.eks. til samtaleanlægget, kan denne forforstærker komme på tale.

Forstærkerens "specifikationer" er i grove træk:

Spændings-forstærkning: ca 10 gange  
 Indgangsimpedans: større end 100 k $\Omega$   
 Udgangsimpedans: ca 10 k $\Omega$   
 Driftstrøm: ca 0,4 mA

Selv af de simple målinger med højttaler på indgangen og oscilloskop på udgangen fremgår det, at der er tale om forstærkning (spændings-forstærkning), og at det må dreje sig om groft taget 5-10 gange. På dette sted kan man overveje at indlægge tillægsopgave 8A, side L 79, hvor eleven bl.a. kan få en mere præcis opfattelse af forstærkningsbegrebet.

Inden vi behandler forforstærkerens placering i samtaleanlægget, skal vi gøre opmærksom på den anden del af opgave SF 8, hvor vi forestiller os, at en elev (eller læreren) har stillet spørgsmålet: "Hvad skal vi egentlig med udgangsforstærkeren? Forforstærkeren forstærker jo ganske glimrende i sig selv". Svaret er naturligvis: Prøv!

Vi sniger os her hen i nærheden af begreberne udgangsimpedans og tilpasning, uden at komme dem nærmere end de iagttagelser eleverne kan gøre. Læreren har imidlertid her rigelige muligheder for at drøfte disse begreber med interesserede elever. De elever, der er stærkt motiveret af samtaleanlægget, kan uden videre bygge forforstærkeren, og prøve at koble den sammen med udgangsforstærkeren. - Men her går det heller ikke problemfrit:

Det er ikke trivielt for eleverne, om forforstærkeren skal anbringes før eller efter udgangsforstærkeren (på samme måde som det ikke er trivielt for dem, om man kan få 2 W ud ved at koble 2 stk. UF 1 efter hinanden!). Igen: Lad dem prøve sig frem, og selv finde svarene med alt, hvad det medfører af frustration og afbrændte komponenter.

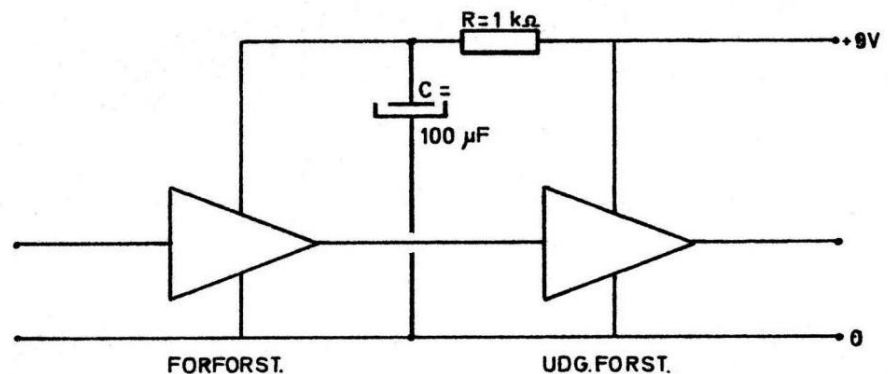
SF

L 74

Muligvis vil den opsamling af radiosignaler, vi omtalte under SF 7, først vise sig nu. Den fjernes som tidligere nævnt ved f.eks. at anbringe 1-10 nF over ledningerne dvs over forforstærkerens indgang.

Når forforstærker og udgangsforstærker kobles sammen, kan man risikere selvsving, bl.a. som følge af tilbagekobling via +9 V -ledningen. Dette kureres på den standardmåde, vi tidligere har benyttet, ved et RC -lavpasfilter mellem forforstærker og udgangsforstærker:

Med forforstærkerens beskedne driftstrøm bliver spændingsfaldet over R uden betydning.



Hvis man har en fornemmelse af, at filteret ikke er effektivt nok, kan man - stadig uden anden skade end et lille fald i forstærkning - forøge R til 4,7 kΩ, mens C kan gøres så stor, som man vil. En dramatisk forøgelse af filterets tidskonstant vil dog formentlig kun komme på tale, når - og hvis - man begynder at arbejde med flere trin i forforstærkeren, dvs med meget stor forstærkning.

Der kan på dette tidspunkt være (mindst) tre ting, der gør, at man måske ikke er helt tilfreds med kvaliteten af samtaleanlægget:

1. Forstærkningen er stadig ikke stor nok.
2. Tonen virker for mørk.
3. Der kommer for meget støj.

Ad 1) Man kan her udlevere tillægsopgave SF 8B (side L 82), der gennem en række opgaver og målinger fører til, at eleverne selv kan vælge og bestemme forstærkningen inden for ret vide grænser. Hvis eleverne skal arbejde selvstændigt med opgave SF 8B, kræver det, at de har været igennem opgave SF 8A.

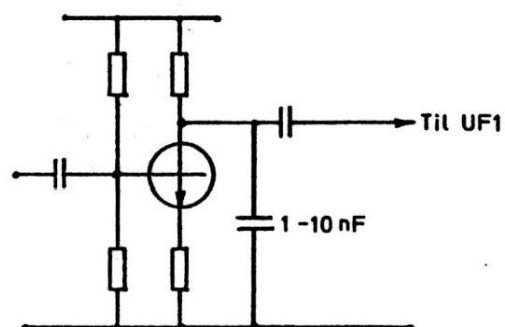
Ad 2) Hertil kan man udlevere tillægsopgave SF 8D (side L 89), hvor eleverne umiddelbart kan gå i gang med nogle eksperimenter, der kan hjælpe dem til selv at løse problemet.

Tillægsopgave SF 8C (side L 87) er ikke en nødvendig forudsætning herfor, men kan give eleven et indhold i begrebet frekvensgang.

Vær i denne forbindelse opmærksom på højttalerens egenresonansfrekvens, der netop kan bidrage til at fremhæve de lavere frekvenser. Dette vil i særlig grad være tilfældet her, hvor højttaleren kun er belastet med forstærkerens meget store indgangsimpedans. Højttalerspolen får da lov til at svinge frit - kun mekanisk dæmpet via ophænget. For at indføre en kraftigere, elektrisk dæmpning, kan man prøve at anbringe en  $10\ \Omega$  modstand over højttaleren svarende til, at forstærkerens indgangsimpedans nedsættes til  $10\ \Omega$ . Herved mister vi ganske vist ca halvdelen af signalet, men det vindes let hjem igen ved, at man sætter forstærkningen op.

Ad 3) Normalt vil der kunne høres en "susen" fra samtaleanlæggets højttaler, men ikke kraftigere end, at det er acceptabelt. Egentlig brum og knas er sjældent. Hvis det optræder, er den simpleste modforanstaltning at indsnævre forstærkerens frekvensgang, dvs eksperimentere med RC -led, f eks udfra opgave SF 8D, og simpelthen lytte sig frem til en løsning.

I grove tilfælde (f eks "spidser", der trænger ind fra lysnettet), kan man prøve at "kortslutte" de højere frekvenser på denne måde:

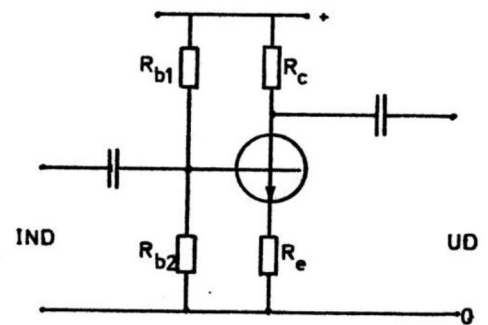


SF 8A **VI MÅLER FORSTÆRKNINGEN** og  
 SF 8B **VI EKSPERIMENTERER MED FORSTÆRKNINGEN**

(Elevblade side L 79 og L 82)

Vi har valgt udelukkende at betragte spændingsforstærkning, som er umiddelbar målelig. Det er klart, at det billede, eleverne her får af begrebet forstærkning, er yderst begrænset, men sammenholdes det med resultaterne af elevopgave SF8 (fragmenterne af begrebet "udgangsimpedans"), mener vi, at eleverne får - ikke en forståelse, men snarere et beskrivelsesgrundlag, der er nyttigt for de elever, der på et eventuelt senere tidspunkt vil vide mere om disse relativt komplicerede sammenhænge.

Opgaverne SF8A og B er iøvrigt ligetil - uden problemer og faldgruber. Vi skal derfor indskrænke behandlingen af dem til nogle få, faglige kommentarer:



Med de moderne småsignaltransistorer med stort forstærkningstal, er dette forstærkertrins egenskaber i det væsentlige uafhængige af transistoren og alene bestemt af de omgivende komponenter.

Spændingsforstærkningen A er (tilnærmet):

$$A_u = \frac{R_c}{R_e}$$

Udgangsimpedansen er (tilnærmet) lig med  $R_c$ .

Indgangsimpedansen bliver i almindelighed lidt mindre end - men af størrelsesorden som -  $R_{b2}$ .

Når man eksperimenterer med forstærkningen som foreslået i SF 8B, ved udelukkende at ændre  $R_e$  og  $R_c$ , flytter man samtidig transistorens arbejds punkt. Forstærkeren begynder derfor at klippe usymmetrisk og kan ikke acceptere helt så store indgangssignaler som før (hvilket er ca  $800 \text{ mV}_{ss}$ ). Til at kompensere herfor skulle man egentlig samtidig justere basismodstandene således, at arbejds punktet "kom på plads" igen, dvs med en DC-kollektorspænding på ca 4,5 volt.

Imidlertid er konsekvenserne af at undlade en sådan justering så relativt små, at vi har valgt at lade være. Som opgaven er formuleret, får eleverne et simpelt værktøj, hvormed de selv kan vælge forstærkningen - uden smålig skelen til, at vi faktisk kunne pine et større signal-niveau ud af forstærkeren.

Med  $R_c = 10\text{ k}\Omega$  ligger de anvendelige værdier af  $R_e$  i området fra ca.  $400\ \Omega$  til over  $20\text{ k}\Omega$ . (Anvendelig betyder her, at forstærkeren behandler indgangssignaler op til  $100\text{ mV}_{ss}$  lineært).

Med  $R_e = 1\text{ k}\Omega$  er det tilsvarende anvendelige område for  $R_c$  fra under  $100\ \Omega$  til ca.  $18\text{ k}\Omega$ .

Kommer  $R_e$  under ca.  $400\ \Omega$ , eller  $R_c$  over ca.  $18\text{ k}\Omega$ , begynder forstærkeren at klippe i bunden af signalet (forudsat, at indgangssignalet er  $U_{ss} = 100\text{ mV}$ ).

Flytningen af arbejdspunktet illustreres f.eks. ved, at hvis vi har valgt  $R_c = 18\text{ k}\Omega$ , og lægger et  $100\text{ mV}_{ss}$  signal ind, er der ikke "plads" til at gøre  $R_e$  mindre end  $1\text{ k}\Omega$ : Forstærkeren begynder straks at klippe. Gør vi nu indgangssignalet halvt så stort ( $50\text{ mV}_{ss}$ ), kan vi imidlertid gå ned til  $R_e = 700\ \Omega$ , før klipning.

En forstærkning på knap 25 gange kan opnås, f.eks. ved at vælge  $R_e = 470\ \Omega$  og  $R_c = 12\text{ k}\Omega$ . Det største indgangssignal er ca.  $50\text{ mV}_{ss}$ .

Har vi brug for meget større forstærkning, kan man afkoble emittermodstanden. Spændingsforstærkningen stiger da til omkring 70 - 100 gange (men kan ikke beregnes på en simpel måde som før). Samtidig falder indgangsimpedansen til af størrelsesorden nogle få  $\text{k}\Omega$ , og forstærkeren kan kun acceptere meget små signaler, før den overstyrer.

SF

L 78

I elevteksten har vi foreskrevet  $10\ \mu\text{F}$  til afkoblingskondensatoren. Dens impedans skal blot være lille i forhold, til emittermodstandens resistans ved den laveste frekvens, der skal forstærkes. I næste kapitel drejer det sig om at forstærke HF-signaler, og på det sted kan vi derfor nøjes med en lille kapacitans.

Skal forstærkningen endelig være større end de ca. 100 gange, som vi kan opnå ved afkobling af  $R_e$ , må der flere trin til, men her begynder der at blive problemer: Med to trin i forstærkeren er ind- og udgangssignal i fase, og risikoen for selvsving eller anden ustabilitet vokser stærkt. Når udgangsforstærkeren kobles på, skal man ikke regne med at kunne opnå mere end omkring 500 gange spændingsforstærkning i forforstærkeren, hvis systemet skal fungere rimeligt stabilt, og selv da vil det formentlig være nødvendigt at forøge tidskonstanten i afkoblingsfilteret (jvf. side L 74).

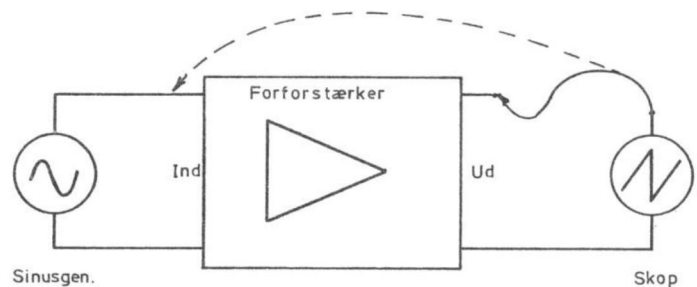
Når vi kommer op på forstærkninger af denne størrelse, bliver de tilladelige indgangssignaler så små, at de er meget vanskelige at måle. Her er højttaleren en ganske god generator,

fordi man ret hurtigt får en fornemmelse af størrelsesordenen af signalerne, når man råber/taler/hvisker.

Er det først gået op for eleven, at to 10 gange forstærkere efter hinanden giver en totalforstærkning på 100 gange, er det relativt simpelt at kontrollere, at f.eks. en 10 gange og en 25 gange forstærker efter hinanden i hvert fald på størrelsesordenen, giver en totalforstærkning på 200-300 gange.

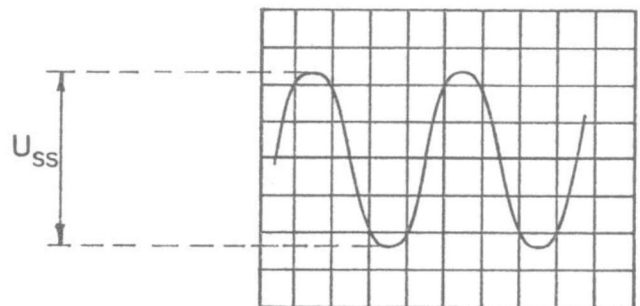
## SF 8A VI MÅLER FORSTÆRKNINGEN

Byg den opstilling, der er vist her:



Den ene af oscilloskopets ledninger kan flyttes frem og tilbage mellem forstærkerens udgang og indgang. Derved kan man sammenligne det signal, der kommer ud af forstærkeren med det signal, man sender ind i forstærkeren.

Det, du ser på oscilloskopet, ser nogenlunde sådan ud:



Når vi ved, hvad 1 tern betyder i volt, kan vi aflæse, hvor stor spændingsforskel der er mellem signalets øverste og nederste spidser. Denne spændingsforskel kalder man spids-til-spids-spændingen, og skriver  $U_{ss}$ .

Indstil sinusgeneratoren, så den giver et sinussignal med spids-til-spids-spændingen 50 millivolt.

Hvor stor er nu spids-til-spids-spændingen på forstærkerens udgang?

$U_{ss} = \underline{\hspace{2cm}}$  volt

Hvor mange gange er udgangssignalet større end indgangssignalet?

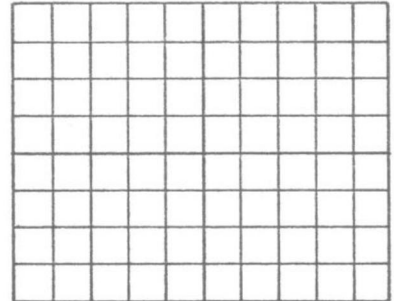
Spændingsforstærkningen er  $\underline{\hspace{1cm}}$  gange

Du har nu fundet din forforstærkers spændingsforstærkning, når frekvensen er  $\underline{\hspace{1cm}}$  Hz



Prøv nu at skrue op for indgangssignalet, og tegn udgangssignalet her, når det er kraftigt overstyret:

Her er  $U_{ss} = \underline{\hspace{1cm}}$  volt



Prøv også at måle batteriets spænding:  $U_{batt} = \underline{\hspace{1cm}}$  volt

Kan du se nogen sammenhæng mellem  $U_{ss}$  og  $U_{batt}$  ?

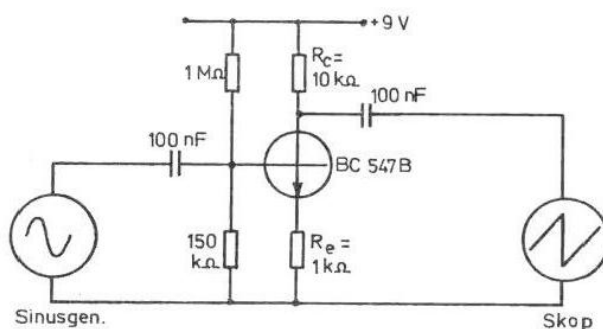
Sammenhæng: \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Mål på tilsvarende måde spændingforstærkningen af din udgangsforstærker.

SF 8B

## VI EKSPERIMENTERER MED FORSTÆRKNINGEN

Byg denne opstilling:



Spændingsforstærkningen er

 gange

Nu skal du skifte emittermodstanden på 1 kΩ ud med en modstand på 470 Ω.

Mål spændingsforstærkningen igen. Den er

 gange

Hvad vil du regne med, at spændingsforstærkningen bliver, hvis du indsætter  $R_E = 2.2 \text{ k}\Omega$ ?

 Spændingsforstærkning (gæt)

 gange

Prøv så at måle den:

 Spændingsforstærkning (målt)

 gange

Kan du lave nogle eksperimenter, der fortæller noget om, hvordan det går med spændingsforstærkningen, når du ændrer på kollektormodstanden?

Start med at lade  $R_E$  være 1 kΩ, og prøv med nogle forskellige værdier af  $R_C$ .

Skriv på næste side, hvad du finder ud af.

Sådan går det med forstærkningen, når jeg ændrer på  $R_c$ :

---



---



---

Kan du indrette forstærkeren, så den forstærker 25 gange?  
 Prøv, og skriv, hvad du finder ud af:

---

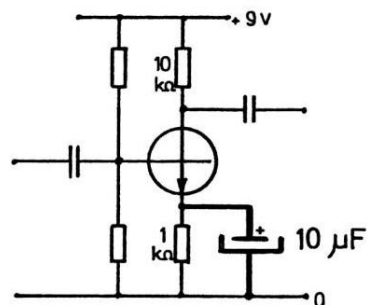


---



---

Nu skal du afkoble emittermodstanden med en kondensator på  $10\ \mu\text{F}$ . - Det foregår sådan:



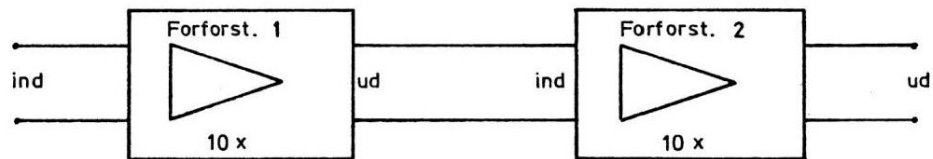
Hvad sker der med forstærkningen?

---



---

Du skal nu få din forstærker til at forstærke ca. 10 gange.  
Gå sammen med et andet hold, der har en forstærker lige til,  
og sæt dem sammen sådan:



Hvad vil I mene, at den samlede forstærkning bliver?

gange

Prøv så at måle forstærkningen.

Hvor stor bliver den?

gange

Tegn et blokdiagram af en forstærker, der forstærker ialt 250 gange:

Byg forstærkeren sammen med det andet hold, og prøv, om den virker, som den skal.

SF 8C            VI MÅLER FREKVENSGANGEN OG  
SF 8D            VI EKSPERIMENTERER MED FREKVENSGANGEN  
(Elevblade side L 87 og L 89)

Opgave SF 8C er ikke en nødvendig forudsætning for SF 8D, men tænkt som et supplement til de mere tænsomme elever, der gerne vil vide, hvad frekvensgang er!

De valgte frekvenser udgør en 1-2-5 sekvens, der er egnet for den hjemmelavede sinusgenerator (SF 4), og som giver en jævn fordeling af punkterne på frekvensaksen på det semilogaritmiske papir.

Opgave SF 8D er tænkt som en - først og fremmest - "lytte og prøve-sig-frem" opgave, hvor eleverne, ved at anbringe de viste komponenter mellem forforstærker og udgangsforstærker, kan høre en meget tydelig ændring i tonekarakteren.

Lad eleverne anbringe modstanden og kondensatoren på et (lille) sømbræt, så det dels er let at ændre fra at være et lavpasfilter på den øverste figur, til et højpasfilter i den nederste, og dels er let at skifte værdierne ud.

Bemærk, at vi har set bort fra UF 1's 10 k $\Omega$  indgangspotentiometer, der i virkeligheden indgår som en parallelmodstand til de 100 nF på den øverste figur, og til 10 k $\Omega$ -modstanden på den nederste figur. Yderligere er der helt set bort fra ind- og udgangsimpedanserne.

Dette er gjort for at fremhæve kombinationen af en modstand og en kondensator som det væsentlige. I faglig henseende er det klart, at man kan benytte sig af - og må tage hensyn til - de impedanser, der iøvrigt indgår i kredsen.

Prisen for disse undladelser er, at der ikke bliver nogen let erkendelig sammenhæng mellem tidskonstant og afskæringsfrekvens.

Man kan imidlertid få et udmærket kvalitativt indblik i forholdene:

Gør vi f.eks. kondensatoren i lavpasfilteret større (dvs. større tidskonstant), "kortslutter" vi endnu flere af de højere frekvenser, dvs. tonen bliver endnu mørkere. I højpasfilteret

derimod, bliver virkningen, at endnu flere af de høje frekvenser får lov at passere, dvs. tonen bliver endnu lysere (selvom det næppe kan høres, da vi i forvejen er "højt oppe").

Læreren kan her drage en parallel over til det - efterhånden velkendte - afkoblings/lavpasfilter, der bruges til at "adskille" den fælles strømforsyning til to enheder. Dette filter skal jo netop sørge for, at der helst slet ingen signaler kan slippe igennem via strømforsyningsledningerne. For maximal effektivitet bør dets tidskonstant derfor være så stor som muligt.

SF 8C

## VI MÅLER FREKVENSGANGEN

I SF 8A målte du forforstærkerens spændingsforstærkning ved én bestemt frekvens.

Nu skal du undersøge, om forstærkningen er den samme ved andre frekvenser. Prøv f.eks. disse:

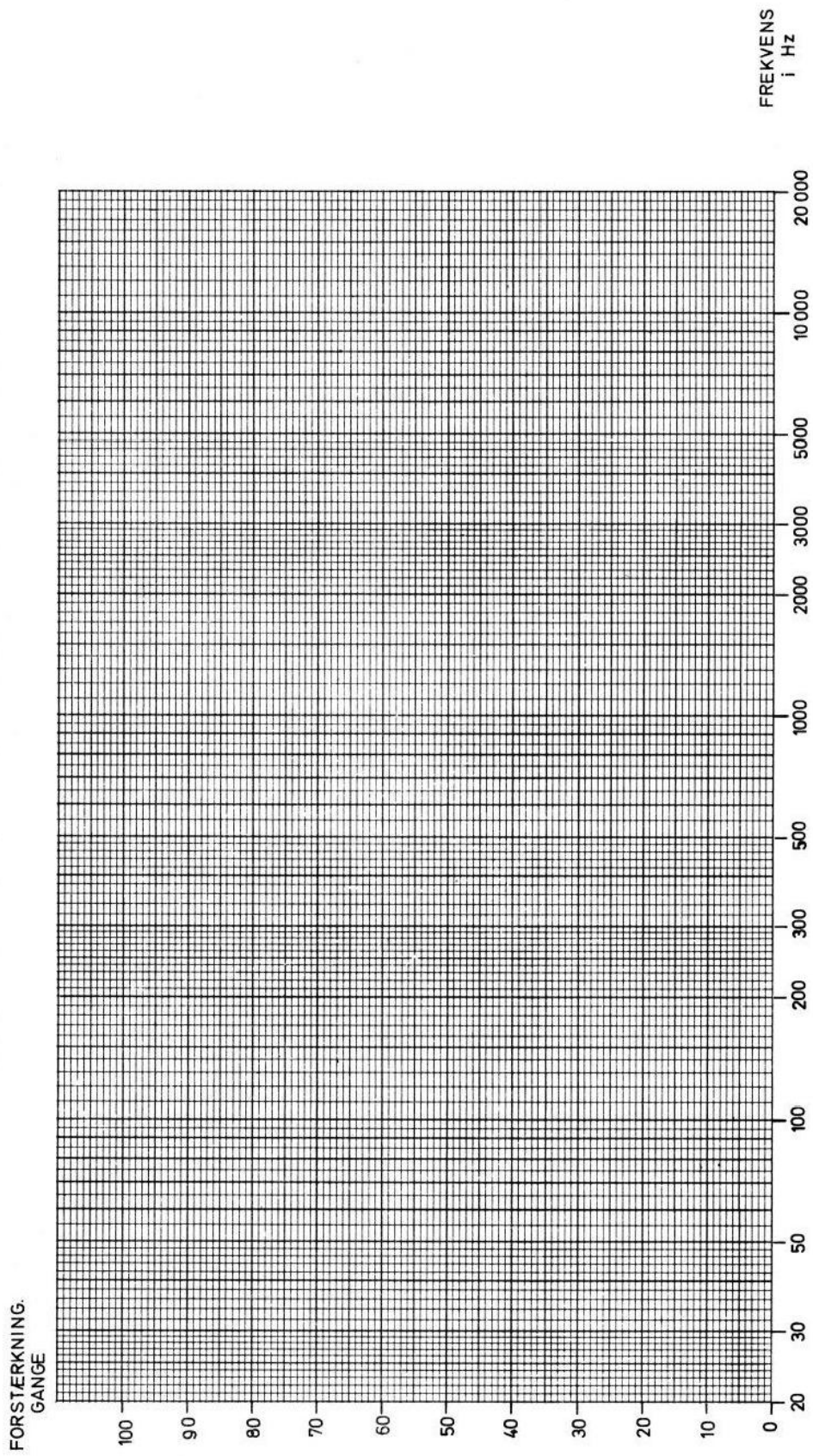
Frekvens	Indgangs- signal	Udgangs- signal	Spændings- forstærkning
20 Hz			
50 Hz			
100 Hz			
200 Hz			
500 Hz			
1 kHz			
2 kHz			
5 kHz			
10 kHz			
20 kHz			

På næste side kan du tegne forstærkerens frekvensgang.

Prøv også at måle og tegne udgangsforstærkerens frekvensgang.



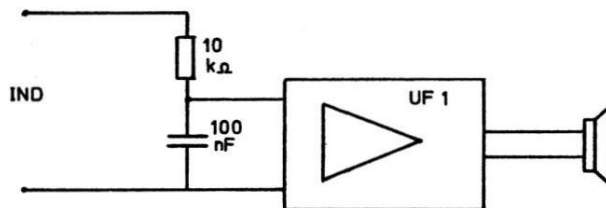
FREKVENSGANG FOR: \_\_\_\_\_



SF 8D

## VI EKSPERIMENTERER MED FREKVENSGANGEN

Byg denne opstilling:



Kondensatoren på  $100\text{ nF}$  og modstanden på  $10\text{ k}\Omega$  skal du anbringe på et sømbræt.

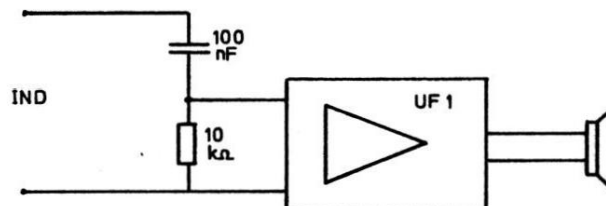
Signalerne kan komme fra en radio, fra dit samtaleanlæg eller lignende.

Hvordan lyder tonerne nu?

---

---

Prøv så at vende det om, sådan:



Hvordan er lyden nu?

---

---

Prøv at indsætte andre kondensatorer, og lyt til, hvad der sker.

Hvordan vil du gøre tonen meget lys?

---

---

- og hvordan kan du få den meget mørk?

---

---

Nu skal du arbejde på at få dit samtaleanlæg til at give en behagelig og let forståelig tone.

Når det er lykkedes, skal du tegne det, du gjorde:

SF 9

## VI EKSPERIMENTERER MED ELEKTROMAGNETISKE SIGNALER

De to sidste opgaver i dette kapitel har intet med samtaleanlæg at gøre.

I SF 9 præsenteres eleverne for en ny type signalgenerator, og i SF 10 får de mulighed for at arbejde i sammenhæng med væsentlige dele af det, de hidtil har været igennem.

I denne opgave - SF 9 - drejer det sig om:

1. At vikle en spole.
2. At finde nogle varierende magnetfelter, der kan inducere en spænding i spolen.
3. At forstærke de inducerede spændinger til hørbar styrke.

Ad 1) Vi har givet en "opskrift" i elevteksten. Hvis man ikke vil ofre en ferritstav på formålet, kan man udmærket bruge en almindelig jernstang på 6-10 mm i diameter. De inducerede signaler bliver en del mindre end fra ferritstaven, men er helt tilstrækkelige. Endnu lidt mindre - men stadig tilfredsstillende - signaler får man, hvis man vikler spolen på et kraftigt jernsøm (ca. 5 cm. Brug enden med hovedet).

De 300 vindinger er ret tilfældigt valgt. Flere vindinger vil give større signal, men fylder til gengæld mere. Spolen kan vikles ved, at man spænder jernet op i borepatronen på en håndboremaskine. Udvekslingen er almindeligvis på 3-5 gange dvs. der skal kun drejes 60-100 gange på håndsvinget.

Trådtypen kan være den samme, som bruges til radioen i næste kapitel, dvs. 0,3 mm lakisoleret med lodbar lak (se materialelisten).

Forbindelsen fra spolen til forstærkerindgangen bør udføres enten med sammensnoet monteringsstråd (snoing af ledning foretages let i håndboremaskinen) eller med skærmet ledning. Vi har haft udmærkede resultater selv med 5 m ledning mellem spole og forstærker.

Ad 2) Til afprøvning af systemet er det særdeles bekvemt, hvis lokalet er udstyret med en teleslynge. Dette er en meget simpel og billig indretning, som man selv kan montere i løbet af en times tid for omkring 100 kr. I teknisk appendix (TA 1) har vi givet en detaljeret "byggevejledning" og beskrivelse.

Sender man nu (fra f.eks. en båndoptager med udgangsforstærker) signaler ud i teleslyngen, "fyldes" rummet med det tilhørende magnetfelt, som eleverne kan "samle op" og forstærke med de sædvanlige krav om styrke og tonekarakter.

Spredningsfeltet fra en telefon er så stort, at når pick-up spolen anbringes på hørerøret som vist i elevteksten, kan man let få signal nok til en "højttalende" telefon. Igen må der eksperimenteres med forstærkning og frekvensgang for at få den "perfekte" gengivelse.

Bemærk, at højttaler og telefonrør skal fjernes så langt som muligt fra hinanden for at forhindre selvsving som følge af akustisk tilbagekobling.

Endelig kan man prøve at holde den ene ende af jernet i pick-up spolentæt op ad en udspændt stålstreng (f.eks. strengene på "spændingsdeleren" på forsiden af elevhæftet), og "anslå" strengen.

Jernet vil i reglen være lidt magnetisk (og hvis det ikke er det, kan man anbringe en lille magnet i den anden ende). Når strengen svinger, ændrer den magnetfeltet i jernet, og der induceres en spænding i spolen. Denne spænding kan derefter forstærkes etc.

Eleverne kan her eksperimentere med - og få en vis forståelse af - det, de kalder "mikrofoner" på en el-guitar.

Der er andre muligheder for at generere signaler, der kan samles op af pick-up spolen (f.eks. stemmegaffel, og en "rigtig" guitarstreng). Her har vi blot nævnt nogle stykker, der - forhåbentlig - kan "sætte noget i gang".

Ad 3) Det er ikke muligt at give "opskrifter" her. Signalstørrelse m.v. afhænger helt af de lokale forhold. Problemerne er imidlertid helt de samme som eleverne har arbejdet med omkring forforstærkeren, og de får således nu en mulighed for at anvende og uddybe deres kunnen i en lidt anden situation.

SF 10

## VI EKSPERIMENTERER MED ELEKTRONISK SLAGTØJ

Man kan betragte indholdet af denne opgave på to forskellige måder:

Dels som et stykke sjovt legetøj, og dels som en sammenfatning af de tre kapitler, eleverne nu har været igennem, idet den - hvis man kører den helt igennem - indeholder væsentlige elementer af både AMV, styring og forstærkning.

Den eneste bemærkning vi iøvrigt vil komme med er følgende:

Jo større højttaleren er, jo bedre kan man ved de helt lave frekvenser (f.eks. 30-50 Hz) fornemme, hvordan "trommeskindet" vibrerer.

Hav derfor blot en enkelt lidt bedre højttaler klar til at prøve med. UF 1 er udmærket, men har man også en kraftigere forstærker, kan lyden blive helt i top!

Ved højere frekvenser kan man sætte sinusgeneratoren endnu lidt mere ud af sving, og kan da opnå en "tør" woodbloch-lyd.

Til sidst: Eksperimentér sammen med eleverne - og nyd det.

God fornøjelse.

## KAPITEL 4

## RADIOMODTAGNING

INDHOLD:		LÆRER- SIDER	ELEV- SIDER
	Introduktion .....	L 95	
RM 1	Vi bygger en svingningskreds .....	L 97	E 44
	Nogle faglige bemærkninger .....	L 98	
RM 2	Vi bygger et forstærkertrin .....	L 101	E 46
RM 3	Vi bygger et forstærkertrin til .....	L 102	E 48
RM 4	Vi bygger en detektor .....	L 103	E 49
RM 5	Vi får radioen til at spille med højttalerstyrke .....	L 104	E 50
RM 6	Vi tegner et blokdiagram af radioen ..	L 105	E 51
RM 7	Vi optager lyden på bånd .....	L 106	E 52

## Tillægsopgaver:

RM 8A	Vi modtager flere stationer .....	L 107
	Elevblade .....	L 109
RM 9A	Vi måler senderens frekvens .....	L 110
	Elevblade .....	L 113
RM 10A	Vi undersøger forstærkerne .....	L 115
	Elevblade .....	L 116
RM 11A	Vi undersøger detektoren .....	L 117
	Elevblade .....	L 118
RM 12A	Vi bygger en musikradio på print .....	L 121
	Elevblade .....	L 124

Noget om en langbølgesender .....	L 127
-----------------------------------	-------



### Introduktion:

Selv om vi har forsøgt at gøre den følgende radiomodtager så skudsikker som muligt, er det - mere end i nogen anden del af dette program - nødvendigt, at læreren selv oplever - og prøver at løse - de problemer, der uvægerligt opstår.

Med den opbygning, vi har valgt af radioen, vil lokale forhold som f.eks. bygningens beskaffenhed (jernbeton skærmer for meget), placeringen af el-ledninger (hold spolen væk fra dem), have indflydelse på modtageforholdene. Altså: Gå selv i gang med at eksperimentere, find faldgruberne, og oplev det facinerende, at en fuglerede af ledninger og komponenter pludselig begynder at "spille" noteringer og skibspositioner!

Vi har nemlig valgt at starte med at modtage Kalundborg langbølgesender på 245 kHz (sendeeffekt 150 kW). Der er to grunde hertil:

1. Frekvensen er så lav, at HF signalerne kan transporteres ad almindelige prøveledninger, og de kan iagttages på et almindeligt oscilloskop uden særlige foranstaltninger. Allerede på mellembølgebåndet (omkring 1 MHz) er signalerne sværere at håndtere.
2. Feltstyrken er overalt i Danmark så stor, at en rimelig modtagekvalitet er sikret både om dagen og om natten. Yderligere vil man de fleste steder kunne høre - omend svagere - i hvert fald en udenlandsk LB-sender, og om aftenen og natten mange flere.

I elevteksten er der lagt afgørende vægt på, at eleverne opfatter strukturen og signalbehandlingen i en (meget simpel) radiomodtager. De "obligatoriske" elevopgaver er derfor udformet som en række "gør sådan" instruktioner med det formål at få radioen til at spille hurtigst muligt. Herefter er der mulighed for at lade eleverne gå i detaljer til et niveau, der passer med deres individuelle evner og behov. Nogle forslag hertil er givet i form af tillægsopgaverne RM 8A-12A (side L 107 - 126).

### Arbejdets tilrettelæggelse:

Eleverne går frem skridt for skridt, og kontrollerer, at hver blok fungerer efter hensigten, før de går videre til den næste.

Det kan være fristende at bygge nogle af de første blokke sammen på samme sømbræt - men lad være! Chancen for selvsving bliver meget stor, og det kan blive aktuelt at skulle fjerne blokkene - og især blok 2 og 3 - fra hinanden. Det er derfor klogt at ofre et sømbræt til hver blok.

Lad elevernes individuelle forståelse af, hvad signalerne betyder, komme gennem deres stadige iagttagelse af blokkenes funktion. Mulighederne for frugtbare samtaler med de enkelte elever er store, ligesom arbejdet giver mulighed for et inspirerende og kreativt miljø.

Omtalen i det følgende af de enkelte opgaver vil fortrinvis handle om de fagligt/tekniske problemer, man kan møde.

RM 1

## VI BYGGER EN SVINGNINGSKREDS

Alle målinger og resultater, vi nævner i det følgende, er med den ferritstav fra Siemens, der er nævnt i materialelisten. En glat ferritstav (uden riller) vil give både mindre induktans og mindre signaler.

Til spolen medgår knap 4 m tråd, og spolelængden bliver ca. 3.5 cm. Sørg for at anskaffe den trådtype, der har lodbar lakisolati-on (den er "mere rød" end den ikke-lodbare lak - se materialelis-ten). Brugsanvisning: Kom en lille dråbe tin på loddekolben, og træk tråddenden nogle gange gennem dråben. Så fortinnes tråden hurtig-t.

Drejekondensatoren kan være vanskelig at få fat på til en rimelig pris. Hvis det ikke lykkes ad de sædvanlige kanaler, må man sende eleverne på jagt efter gamle radioer, der kan slagtes, og selv kontakte radioteknikere og -reparatører i omegnen.

Det er ligegyldigt, hvordan kondensatoren ser ud - og er bygget. Den skal blot have en kapacitans på ca. 400-500 pF helt inddrejet. Hvis den består af flere sektioner, kan disse parallelkobles, hvorved der opnås større kapacitans. Mere om dette i det følgende, faglige afsnit.

Man kan anvende en fast kondensator, og så afstemme kredsen ved at flytte spolen på ferritstaven. Vi har valgt ikke at anvende denne metode, fordi (som man hurtigt vil opdage) en hånd i nærhe-den af den "varme" spole helt ændrer afstemningen og signalerne.

En ferritstav knækker let, så lad eleverne montere den relativt solidt på et bræt (f.eks. et sømbræt i dobbelt størrelse 15 x 20 cm). Der er flere muligheder:

1. Ved hjælp af kabelbøjler, der skrues fast i brættet (foto i elevblade).
2. Anbring et par øskner m. 10 mm hul med 15-18 cm afstand på brættet, og lad dem holde staven.
3. Staven kan anbringes mellem 2 par søm, der bankes i brættet.

Hvis drejekondensatoren ikke er forsynet med skruehuller, kan man i reglen holde den fast på brættet ved hjælp af søm. Pointen er,

at man derved kan undgå at få hænderne for nær ved "varme" dele og ledninger under afstemningen: Man holder brættet fast med den ene hånd, og drejer på kondensatoren - som skal være forsynet med en knap - med den anden.

Det skop, der anvendes her, skal have en Y-følsomhed på mindst 50 mV/cm og helst - hvilket stærkt anbefales - på 10 mV/cm. Start med skopet på følsomste Y-område, og X på 1 ms/cm. Når svingningskredsen tilsluttes, skal de udvendige metaldele på drejekondensatoren (der har forbindelse med dens akse), forbindes til skopets nul for at mindske "håndkapacitet".

Når man har fundet en station, ser man et billede, der ligner den nederste del af fotografiet på side L 119. Find stationen på en transistorradio, og se og lyt samtidig til signalerne.

Herefter skruer man X op på 1  $\mu$ s/cm, og skal da se en sinussvingning, der er "tværet" noget ud i top og bund af modulationen, med omkring 4 cm mellem to nabotoppe.

Et standardoscilloskop har  $R_{ind} = 1 \text{ M}\Omega$ , og med denne belastning af svingningskredsen kan man forvente en signalspænding (spids-spids værdi) på et sted mellem 20 mV og 80 mV fra Kalundborg-senderen. Dette er gennemsnitsværdier. Meget langt fra senderen kan signalerne blive noget mindre, og tæt på senderen vil de være større. Ferritstaven skal ligge vandret, og dens retning skal være vinkelret på retningen til Kalundborg (eller til den sender, man vil modtage).

Hvis signalet forekommer meget lille, kan man prøve at flytte svingningskreds og skop hen i vindueskarmen (for at se, om bygningen har en afskærmende virkning på radiobølgerne), eller til et andet lokale.

#### Nogle faglige bemærkninger

Når man vikler en spole, og forbinder den med en kondensator, er problemet altid: Hvor er jeg landet i frekvens? De følgende oplysninger og måleresultater kan muligvis hjælpe læseren til at få hold på tingene.

1. Resonansfrekvensen af en svingningskreds kan beregnes af formelen:

$$f_{res} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L \cdot C}} \quad \begin{cases} f \text{ i Hz (hertz)} \\ L \text{ i H (henry)} \\ C \text{ i F (farad)} \end{cases}$$

Problemet drejer sig altså om at kende de værdier af L og C, der indgår i svingningskredsen.

2. Kapacitansen  $C$  i svingningskredsen består af:

- a. Kapacitansen i drejekondensatoren.
- b. Kapacitansen i tilledningerne.
- c. Kapacitansen mellem vindingerne i spolen (egenkapacitansen).
- d. Kapacitansen i skopets indgang og/eller indgangskapacitansen i tilsluttede forstærkertrin.

Ad a: En typisk drejekondensator fra en AM radio består af to sektioner: en lille, kaldet oscillatorsektionen, og en større, kaldet signalsektionen. På det eksemplar, vi har brugt, er der målt følgende:

	Osc. sektion	sign. sektion
$C_{\max}$	165 pF	435 pF
$C_{\min}$	8 pF	10 pF

hvor  $C_{\max}$  er kapacitansen helt inddrejet og  $C_{\min}$  helt uddrejet. Parallelforbinder vi de to sektioner, kan vi altså variere kapacitansen mellem 18 pF og 600 pF.

Een af de få drejekondensatorer, der er til at få for en rimelig pris (HEGO, 500 pF), har kun een sektion. Vi har målt på 10 eksemplarer, og fundet følgende værdier:

$C_{\min}$  ligger mellem 8 og 19 pF, og  
 $C_{\max}$  ligger mellem 514 og 570 pF.

Ad b: Kapacitansen mellem to ledninger, 40 cm lange, der ligger i nærheden af hinanden på bordet, er 5-7 pF. Hvis de snoes sammen, vokser kapacitansen til omkring 15 pF.

Ad c: For den her anvendte spole: omkring 3 pF.

Ad d: Skopets indgangskapacitans er normalt omkring 40-50 pF.  
 Se manualen for præcis værdi.

3. Spolens induktans afhænger af:

- a. De fysiske dimensioner (diameter og længde).
- b. Vindingstallet.
- c. Kernematerialet.

Vi vil kun tale om étlagsspolen, viklet på den nævnte ferritstav.

De tre spoler, der er målt på, har alle ca. 10 cm frie trådender. Måleresultaterne er samlet i disse tabeller:

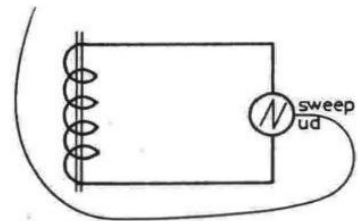
Vindingstal =  $n$ , vindingerne lagt så pænt ved siden af hinanden som det er muligt uden overordentlige anstrengelser!

$n$	Middel-diameter	længde	Spole-resistans	Egen-kapacitans
75	11 mm	28 mm	ca. 0.8 $\Omega$	ikke målelig
100	11 mm	35 mm	ca. 0.9 $\Omega$	ca. 3 pF
150	11 mm	55 mm	ca. 1.3 $\Omega$	ca. 6 pF

#### Induktans:

$n$	Spole midt på stav	Spole i stavens ene ende	Spole midt på halv stav (10 cm)	Uden stav (luftspole)
75	0.75 mH	0.4 mH	0.5 mH	22 $\mu$ H
100	1.3 mH	0.7 mH	0.85 mH	32 $\mu$ H
150	2.6 mH	1.6 mH	1.6 mH	46 $\mu$ H

Som en "krydskontrol" kan man lade spolen udgøre en svingningskreds sammen med kapacitanterne i skop, ledninger m.v. Spolen anbringes midt på ferritstaven, og hænges på skopindgangen i trådenderne. Fra skopets sweep-udgang lægges en løs ledning hen i nærheden af spolen. Svingningskredsen bliver herved anslået, og man ser dæmpede svingninger. Disses frekvens skal nu passe med induktansen  $L$  og et rimeligt totalt  $C$  fra de forskellige kapacitanter. Målte værdier:



$n$	75	100	150
$f/\text{kHz}$	820	625	435

som svarer til  $C$  total = 50 pF, hvilket forekommer særdeles rimeligt.

RM 2

## VI BYGGER ET FORSTÆRKERTRIN

Vi har her valgt at anvende en field effekt transistor, hvorved vi opnår stor indgangsimpedans, dvs. lille belastning af svingningskredsen.

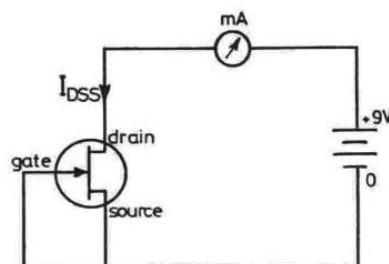
Field effekt transistoren BF 245 findes i A, B og C-typer, men det er kun A-typen, der kan anvendes i opstillingen.

Mange andre FET-typer kan anvendes.

Betingelserne er:

1. Det skal være en N-kanal, og
2.  $I_{DSS}$  må højst være 8 mA.

Man kan måle  $I_{DSS}$  for en ukendt FET i denne opstilling, hvor instrumentet direkte vil vise  $I_{DSS}$ .



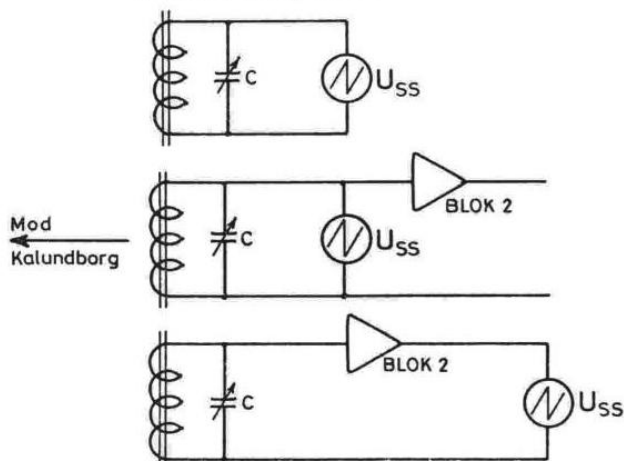
I forstærkertrinnet ligger gaten DC-mæssigt på nul (gennem den meget lille resistans i spolen), mens source er hævet ca. 1 volt over nul (spændingsfaldet over sourcemodstanden). Gaten ligger altså på ca. -1 V i forhold til source, og dette er en livsbetingelse for N-kanal FET'en: Gate må aldrig blive positiv i forhold til source.

Brug prøveledninger med minikrokodillenæb til at forbinde svingningskredsen med forstærkeren, - o iøvrigt til at forbinde alle blokkene i radioen med.

Når skopet flyttes fra udgang blok 1 til udgang blok 2, vil det være nødvendigt at justere på drejekondensatoren. Skopets kapacitans indgår jo som en del af svingningskredsens kapacitans.

Vi har målt følgende typiske værdier:

SPOLE: 100 Vdg. ~ 1.3 mH



$$U_{SS} = 60 \text{ mV}$$

$$C = 278 \text{ pF}$$

$$U_{SS} = 50 \text{ mV}$$

$$C = 254 \text{ pF}$$

$$U_{SS} = 190 \text{ mV}$$

$$C = 300 \text{ pF}$$

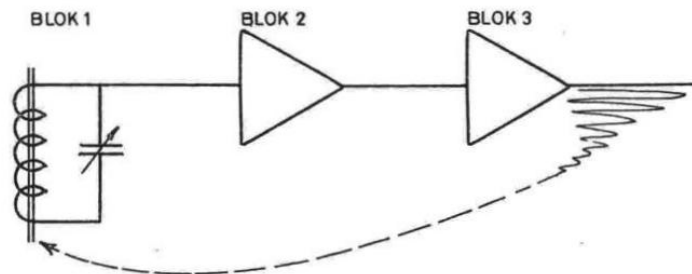


## RM 3

## VI BYGGER ET FORSTÆRKERTRIN TIL

Dette forstærkertrin er velkendt, og der kan kun opstå et enkelt problem ved dets tilkobling nemlig, at det hele går i sving! Dette viser sig ved, at udgangssignalet fra blok 3 har en forvrænget kurveform næsten uden det karakteristiske modulationsbillede, der blev set tidligere. Amplituden er omkring 9 V, dvs. forstærkeren kører mellem ON og OFF. Vi har taget højde for én af de mulige årsager til problemer, nemlig tilbagekobling via +-ledningen: Når blok 2 og 3 sammenkobles, bør det viste RC-afkoblingsfilter (1 k $\Omega$ , 100  $\mu$ F) anbringes permanent, f.eks. på blok 2-sømbrættet.

For iøvrigt at kurere dette selvsving er det vigtigt, at man forstår, hvordan det kan opstå:



Forstærkningen i blok 3 er ca. 10 gange, dvs. signalniveauet bliver af størrelsesordenen volt. Der er derfor mulighed for en relativt kraftig udstråling fra blok 3's udgang. Når noget af det udstrålede signal samles op af spolen, har vi netop den "tilbagekobling", der gør, at systemet kan gå i sving.

Udgangen af blok 3 er altså meget "varm", og rører man ved den, eller forbinder ledninger til den (f.eks. til skopet), svarer det til, at man sætter en antenne på. Udstrålingen forøges, og dermed også risikoen for selvsving.

Det er klart, at man først og fremmest må prøve at fjerne blok 1 og 2 så langt som muligt fra udgangen på blok 3. Derfor er det også en dårlig idé at bygge blok 2 og 3 på samme sømbræt. Lad være med at fortvivle, selv om det ser håbløst ud. Indtil nu er det altid lykkedes at få radioen til at spille!

Der er flere ting, man kan prøve i kampen mod selvsvinget: Sæt jord på radioen (ledning til vand/gashane eller radiator), og prøv, om det virker bedst på blok 1, 2 eller 3 - det burde være ligegyldigt, men er det ikke altid i praksis. Forbind en kondensator (100  $\mu$ F) tværs over batteriet. Prøv at slutte batteriets nul-ledning til blokkene et andet sted. Prøv at lægge ledningerne mellem blokkene på en anden måde. Fjern alle ledninger og andre genstande, der kunne tænkes at gøre det lettere for signalerne at finde vej fra blok 3 til blok 1.



RM 4

## VI BYGGER EN DETEKTOR

Her kan man bruge stort set hvilken som helst germanium-signaldiode (en "DUG" - se teknisk appendix TA 5), f.eks. AA 119.

Når detektoren tilsluttes, belaster den blok 3-forstærkeren, hvorved signalerne her formindskes. Dette nedsætter igen risikoen for selvsving.

Signalerne på detektorens udgang er rene LF-signaler, der kan høres på en hovedtelefon (højohms).

Bemærk iøvrigt, at det ofte er muligt at høre signalerne, selvom de ikke har været gennem detektoren. Dette kan skyldes usymmetri i signalet (forårsaget f.eks. af "skæv" belastning), eller anden ulinearitet.

Blok 1-4 er i virkeligheden et "gammeldags" krystalapparat, blot forsynet med to trins højfrekvensforstærkning.

Bor man i nærheden af en mellembølgesender, kan man også eksperimentere med et "rent" krystalapparat: Indret svingningskredsen, så den passer til mellembølge (dvs. ca. 600 kHz - 1.6 MHz). Sæt detektoren (uden de 22 k $\Omega$ ) direkte på svingningskredsen, og lyt. Men husk, at signalniveauet skal op omkring 400 mV, før dioden fungerer efter hensigten. Det kan her være nødvendigt at eksperimentere med tilslutning af en ydre trådanterne, for at få mere signal ind (se under RM 8A).

Hvis man ikke har en hovedtelefon, går man blot videre til RM 5).

RM 5

## VI FÅR RADIOEN TIL AT SPILLE MED HØJTTALERSTYRKE

Man kan direkte tilslutte UF 1 og anvende 10 k $\Omega$  potentiometeret som styrkekontrol. I så fald kan man fjerne 10 k $\Omega$  modstanden i detektoren og derved få større lydstyrke.

Risikoen for signaltilbagekobling via + og nul-ledningerne er nu stor. Udgangsforstærkeren trækker ret stor strøm i takt med lyden, og de tilhørende spændingsvariationer (der kan indeholde rester af HF-svingningerne) kan forplante sig tilbage til blok 1.

Det må derfor tilrådes, at man fra starten kører blok 2 og 3 på samme batteri, men lader udgangsforstærkeren få sit eget sæt. Når radioen fungerer, kan man forsøge, om det går med kun ét sæt batterier.

Radioen er meget følsom overfor støj. Lysstofrør, motorer og - især - triacregulatorer kan give anledning til en kraftig, snærende støj i radioen. På skopet ses denne støj som en række "spidser" oven i signalet med 50 eller 100 Hz frekvens, dvs. med 20 ms eller 10 ms afstand på skærmen.

Det er i enkelte tilfælde set, at skopet selv har givet anledning til støj af denne art, der således forsvinder, når skopet slukkes.

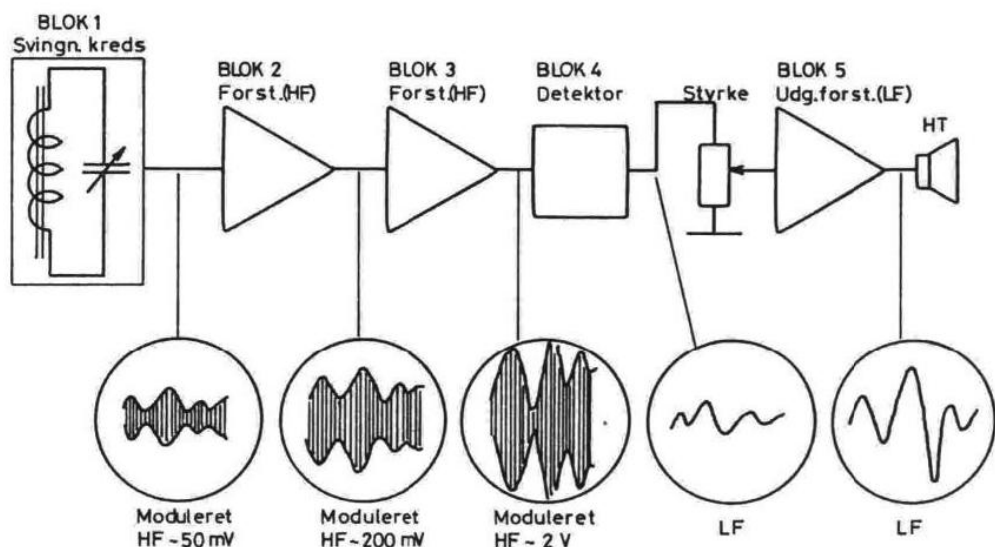
RM 6

## VI TEGNER ET BLOKDIAGRAM AF RADIOEN

I denne opgave er det meningen, at eleverne skal skabe sig et rimeligt overblik over, hvad de har gjort og set.

Mens den færdige radio står og spiller, er der en særdeles velegnet lejlighed til at følge signalet med et skop fra blok til blok gennem hele systemet. Det er netop den fremgangsmåde, man vil vælge, når man skal skabe sig et overblik over et system og - ikke mindst - når man skal finde fejl i det.

Blokdiagrammet kan tegnes på utallige måder - med flere eller færre detaljer. Een mulighed er følgende:



De viste signalformer er kun grove skitser. Således vil man på skopet ofte bemærke, at signalet på udgangen af blok 3 er "skævt" (amplituden i signalets positive halvdel er mindre end i den negative halvdel). Dette skyldes, at detektoren belaster den positive halvperiode mere end den negative. Man kan også sige, at detektoren har mindre impedans overfor positive end overfor negative signaler.

RM 7

## VI OPTAGER LYDEN PÅ BÅND

Opgaven kan udvides til at spørge eleverne, om de kan finde ud af at anbringe en optage/afspille-omskifter i radioen.

Hvis eleverne medbringer deres egen båndoptager, bør de også medbringe de tekniske specifikationer således, at man i fællesskab kan finde ud af gennem hvilke bøsninger, stik o.l. man kan "tale" med båndoptageren, og hvor store signaler, den kræver/afgiver. Se iøvrigt teknisk appendix TA 3 hvor vi bl.a. gennemgår et eksempel på løsning af denne slags problemer i praksis.

I de tilfælde, hvor man ikke kan skaffe sig båndoptagerens specifikationer, må man prøve sig frem:

Anbring stik uden beskyttelseskappe i båndoptagerens fatninger sådan, at det er muligt at få fat i de enkelte ben med et mini-krokodillenæb. Med skopet er det nu nemt at finde de ben, hvor signalerne kommer ud ved afspilning.

Indspillebenene kan man finde frem til ved f.eks. at berøre de forskellige ben med en skruetrækker, hvor man samtidig holder på metallet. Det "brum", der opsamles og sendes ind i båndoptageren, vil få udstyringsindikatoren til at slå ud, når man rører ved det "rigtige" ben. Denne metode er iøvrigt også god til at undersøge, om der er "liv" i en udgangsforstærker.

RM 8A

## VI MODTAGER FLERE STATIONER

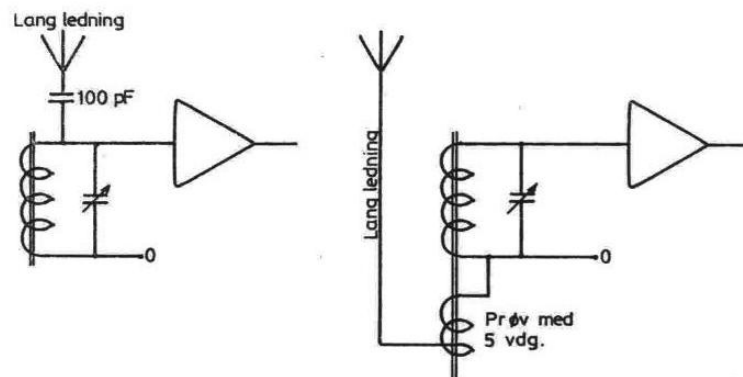
(Elevblade side L 109)

Afkobling af source- eller emittermodstand forøger trinnets forstærkning. Når man afkobler emittermodstanden i blok 3, bliver forstærkningen så stor, at radioen får meget let ved at gå i sving. Prøv at kurere det ved de metoder, der er omtalt tidligere.

Samtidig kan signalerne fra en kraftig sender blive så store, at forstærkeren overstyres. Drej ferritstaven, så indgangssignalet bliver mindre.

Husk, at fjerne langbølgestationer og mellembølgestationer modtages bedre om aftenen/natten end om dagen.

Endelig kan man eksperimentere med tilslutning af en trådanterne. Prøv eventuelt følgende muligheder som udgangspunkt for eksperimenter:



Hvis det ikke er muligt at få radioen stabil med emitterafkoblingen i blok 3, kan man forsøge at få flere stationer hjem alene ved at tilføje en ydre antenne.

Det, denne opgave (incl. elevtekst) indtil nu er gået ud på, er at fremskaffe et større signal, for derved at kunne modtage fjernere og svagere stationer.

Man kan imidlertid udvide - eller evt. ændre - opgaven til at dreje sig om modtagelse af andre frekvensområder end LB, hvor den lave ende af MB-båndet (der indeholder flere - især tyske - "musikstationer") er en god mulighed.

Der bliver her tale om eksperimenter med antallet af vindinger på spolen, og med ændring af afstemningskapacitansen (ved tilføjelse af "faste" serie- eller parallelkondensatorer), hvortil de "faglige bemærkninger" i RM 1 kan være nyttige.

Forstærkningen i blok 2 og 3 falder ved højere frekvenser, og man skal ikke forvente at kunne komme meget højere i frekvens end MB-båndet.

Iøvrigt er det netop eksperimenter af denne karakter, eleverne kommer ud for, hvis man lader dem arbejde med "musikradioen" i RM 12A.

RM 8A

## VI MODTAGER FLERE STATIONER

Find en kraftig station på radioen.

Prøv at aflodde 100 nF kondensatoren i blok 2.

Hvad sker der?

Lod den på igen.

Denne kondensator kaldes en afkoblingskondensator, - den afkobler 1 k $\Omega$ -modstanden.

Hvad vil du regne med, der sker, hvis du også afkobler emittermodstanden på 1 k $\Omega$  i blok 3?

Prøv!

Hvor mange af disse stationer kan din radio modtage?

Donebach (Vesttyskland)	151 kHz
Allouis (Frankrig)	164 kHz
Moskva	173 kHz
Oranienburg (Østtyskland)	185 kHz
Motala (Sverige)	191 kHz
Drotwich (England)	200 kHz
Oslo	218 kHz
Warszawa	227 kHz
Luxemburg (samme frekvens som Leningrad)	236 kHz
Kalundborg	245 kHz
Burg (Radio Moskva fra Østtyskland)	263 kHz

RM 9A

## VI MÅLER SENDERENS FREKVENNS

(Elevblade side L 113-114)

Det kan undertiden på grund af sproget være vanskeligt at afgøre hvilken station, man modtager. Man kan da måle frekvensen af bærebølgen, og sammenligne med tabellen side L 109, eller med en mere udførlig frekvenstabel. (F.eks. udsender ugebladet "Se og hør" en sådan tabel i forbindelse med radio- og TV programmerne).

Måling af senderens frekvens kan foretages på flere måder:

1. Man kan finde den samme station på en modtager, der er forsynet med en kalibreret stationsskala.  
Hvis en sådan modtager er til rådighed, kan man iøvrigt altid bestemme den frekvens, elevradioen er indstillet til - selv om der ingen station er - nemlig ved at lade den gå i sving, og så modtage svingningerne på den kalibrerede modtager.
2. Frekvensen kan måles på oscilloskopet, og
3. Frekvensen kan måles på en frekvenstæller.

Punkt 1. er problemfri - og forekommer iøvrigt ret uinteressant for den, der "vil selv". Samtidig er kalibreringsnøjagtigheden for en almindelig radio sædvanligvis ret ringe.

Punkt 2. er en direkte og enkel metode til frekvensmåling, bortset fra følgende: Hvis man har et billigt elevoscilloskop (f.eks. Im-po's generatorskop), kan man risikere en kalibreringsfejl på op til 50% i X-afbøjningen, hvilket gør forsøg på en ordentlig måling meningsløs. Yderligere har eleverne i almindelighed meget svært ved at opfatte sammenhængen og omregningen mellem aflæst tid og frekvens.

Vi har derfor valgt at gøre mest ud af punkt 3.

De tekniske problemer er ret store, hvis målingerne skal være helt perfekte. Den kompromisløsning, vi har valgt, er ikke perfekt, men den er enkel, og den har den fordel, at de fejl, den kan give anledning til, kan få eleven til at fatte lidt mere af, hvad amplitudemodulation er.

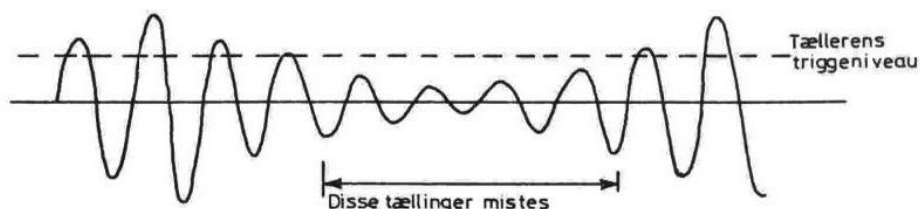
Det er denne løsning - med anvendelse af køkkenbordstøtteren - der beskrives i elevbladene og i det følgende.



Problemet ved at anvende en frekvenstæller her er, at tælleren skal bruge så store signaler - dvs. systemet skal have så stor forstærkning, at risikoen for selvsving bliver meget stor. Hvis man forbinder udgangen af blok 3 med det nye forstærkertrin via et par meter (skærmet) ledning, dvs. fjerner det nye forstærkertrin tilstrækkeligt langt fra svingningskredsen, kan det lade sig gøre. Signalerne til tælleren skal nu være kraftigt overstyrede svingninger, der går mellem nul og +5 V. (NB: Hvis man foretrækker at køre det nye forstærkertrin på 9 V, kan det uden videre gøres. De 5 V er kun valgt, fordi man så kan tage driftspændingen fra strømkilden til den hjemmelavede tæller).

Hvis eleverne vil tælle over 10 s, skal der bruges 7 tællermoduler (+ start-stop-gate) med 7490-kredsen, og med 7493 skal der bruges 22 bits, dvs. 6 moduler. Indsætter man et timingmodul med  $t = 1$  s, kræves 6 moduler med 7490, og tæller man i kun 0.01, er 4 moduler nok.

Under kraftig modulation vil tælleren registrere færre end det korrekte antal impulser (som fra Kalundborg er 245.000 pr. sekund). Årsagen hertil er, at når der moduleres næsten 100%, er bæreølgen så lille, at selv ikke det nye forstærkertrin kan forstærke den op til en størrelse, der passer tælleren:



Den nøjagtige måling af frekvensen får man derfor i modulationspauser eller ved at foretage målingen, når der tales sagte eller spilles med sordin!

Samtidig er det klart, at hvis man tæller over 10 s, er chancen for, at der pludselig kommer et slag på stortrommen, større end hvis man lader timing-modulet klare målingen på 0.01 s.

Tælleren kan altså i værste fald "miste" nogle tællinger, men prøver man kun at måle, mens radioen ikke siger ret meget, og yderligere foretager målingen flere gange, får man gode resultater.

Til sidst skal vi gøre opmærksom på, at man under diskussionen af senderfrekvensen og dens eventuelle markering på en stationsskala, kan komme ind på skopets indflydelse på svingningskredsens resonansfrekvens:

Abring skopet over FET-forstærkerens indgang, og find en kraftig station.

Flyt derefter skopet til FET-forstærkerens udgang uden at røre ved drejekondensatoren.

Nu er signalet næsten væk, fordi vi jo har fjernet skopets kapacitans (30-50 pF) fra svingningskredsen, dvs. bragt kredsen ud af resonans.

Ved at lodde en kondensator på 30-50 pF over indgangen (dvs. parallelt med drejekondensatoren), kommer signalet frem igen, hvilket vi også kunne opnå ved at skyde 30-50 pF mere ind i kredsen ved hjælp af drejekondensatoren.

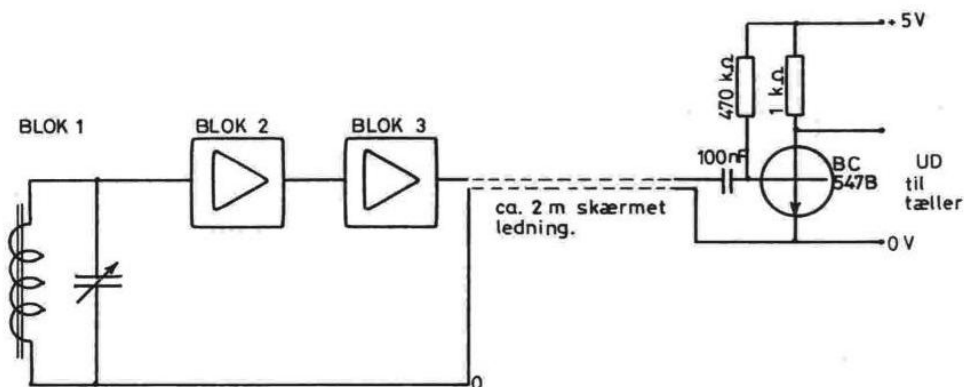
RM 9A

## VI MALER SENDERENS FREKVENNS

Find en kraftig station på radioen, og mål bære­bøl­gens frekvens på oscilloskopet:

Stationens navn:	
Stationens frekvens:	kHz

Frekvensen kan måles mere nøjagtigt på en frekvenstæller. Prøv at gøre følgende:



Det nye forstærkertrin skal bruges for at gøre signalerne så store, at de passer til tælleren.

For at forhindre radioen i at gå i selvsving, skal det nye for­ stærkertrin fjernes nogle meter fra blok 1, 2 og 3.

Hvad er stationens frekvens, målt på frekvenstælleren?

Stationens frekvens er:	kHz
-------------------------	-----

Prøv at måle frekvensen af andre stationer.

Prøv at lave en stationsskala, både med stationens navn, og med dens frekvens.

På nogle radioer står der både stationens navn, dens frekvens og dens bølgelængde.

Her er sammenhængen mellem frekvens og bølgelængde:

Frekvens i kHz	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1MHz	1100	1200
Bølgelængde i meter	3000	1500	1000	750	600	500	429	375	333	300	273	250

Matematisk kan vi skrive sammenhængen:

$$\text{Frekvens målt i Hz} \cdot \text{Bølgelængde målt i meter} = 3 \cdot 10^8$$

Hvor stor er Kalundborgsenderens bølgelængde?

Bølgelængden =	meter
----------------	-------

RM 10A

## VI UNDERSØGER FORSTÆRKERNE

(Elevblade side L 116)

Denne opgave er tænkt som inspiration for nysgerrige og interesserede elever.

Eleverne bringes til at reflektere over hvorfor vi egentlig har bygget radioen som vi har, og gennem de første ledende spørgsmål sættes en eksperimentel virksomhed i gang, der går på: "Kunne man ikke også gøre sådan ..."?

Vi kan give svar på de konkret stillede spørgsmål, men ikke på de - forhåbentlig - mange andre, som eleverne selv stiller. Vi opfordrer læreren til at være så åben som muligt, og forsøge - sammen med eleverne - at skabe et "undersøgende", kreativt miljø, hvor man i fællesskab forsøger at finde ud af tingene.

Prøver man at sætte svingningskredsen direkte på blok 3, ser man, at den belastes alt for hårdt. Signalerne kan ikke blive nær så store, og stationen "fylder" mere på drejekondensatoren (kredsens  $Q$  er blevet stærkt nedsat).

I kraft af sin meget større indgangsimpedans belaster FET-forstærkeren ikke svingningskredsen nær så meget, og stationen er langt "skarpere".

Derimod passer FET-forstærkerens udgangsimpedans godt til forforstærkerens indgangsimpedans.

Hvorfor skal signalerne overhovedet forstærkes? Se bemærkningerne til RM 4 side L 103.

Modstanden på 1 k $\Omega$  udgør sammen med 100  $\mu$ F kondensatoren et RC-lavpasfilter, der skal forhindre, at signaler forplanter sig fra senere trin i radioen tilbage til indgangen. Dette er et af midlerne mod ustabilitet.

Undertiden vil radioen spille lige godt om filteret er med eller ej, men vi har for en sikkerheds skyld valgt at sætte det ind fra starten, - det er en billig ekstrasykling.

RM 10A

## VI UNDERSØGER FORSTÆRKERNE

Hvorfor skal 1. forstærkertrin være der? Det forstærker jo ikke signalet ret meget. Kunne man ikke udelade det, og slutte svingningskredsen til indgangen på det andet forstærkertrin?

Hvorfor skal signalet overhovedet forstærkes? Kunne man ikke slutte svingningskredsen direkte til detektoren?

Hvorfor er der anbragt en modstand på  $1\text{ k}\Omega$  i + ledningen mellem de to forstærkertrin, og hvorfor sidder der en kondensator på  $100\text{ }\mu\text{F}$  fra plus til nul.

Lav nogle eksperimenter, der kan give dig svar på disse spørgsmål (og på andre spørgsmål, som du måske selv kommer i tanke om).

Fortæl, hvad du gør, og hvad du finder ud af:

RM 11A

## VI UNDERSØGER DETEKTOREN

(Elevblade side L 118-120)

Der er kun få bemærkninger til denne opgave:

Udover at studere én af blokkene i radioen nærmere, ønsker vi her at lade eleverne erfare funktionen af komponenten "en diode". Vi har nemlig her en af de få situationer, hvor diodens funktion er særdeles tydelig, og hvor det derfor er velmotiveret at behandle den som komponent.

Iøvrigt gælder de samme bemærkninger som i indledningen til lærerblad til RM 10A.

Kondensatoren på 10 nF i detektorens udgang skal være netop så stor (have så stor kapacitans), at den virker som kortslutning for den højfrekvente bærebølge, og samtidig skal den være så tilpas lille, at den ikke kortslutter lavfrekvenssignalet, der jo gerne skulle videre til udgangsforstærkeren.

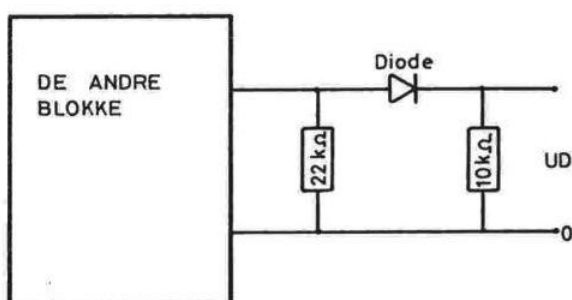
Jo større kapacitans denne kondensator får, jo mere af LF-signalet forsvinder gennem den - og de højeste frekvenser forsvinder først, dvs. tonen bliver mørkere.

Eleven får her mulighed for yderligere at supplere sin viden om kondensatoren med endnu en erfaring, og iagttagelserne kan sættes i direkte relation til de resultater, eleven eventuelt har opnået i opgave SF 8D.

RM 11A

## VI UNDERSØGER DETEKTOREN

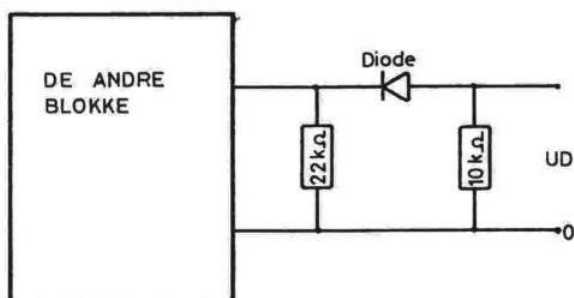
Du skal nu fjerne udgangsforstærkeren, og aflodde 10 nF kondensatoren fra detektoren. Anbring igen 10 k $\Omega$  modstanden over udgangen sådan:



Tegn signalet her.

Find en kraftig station, og tegn en skitse af hvordan signalet ser ud på detektorens udgang på et oscilloskop.

Vend dioden om, så den kommer til at sidde sådan:



Tegn signalet her.

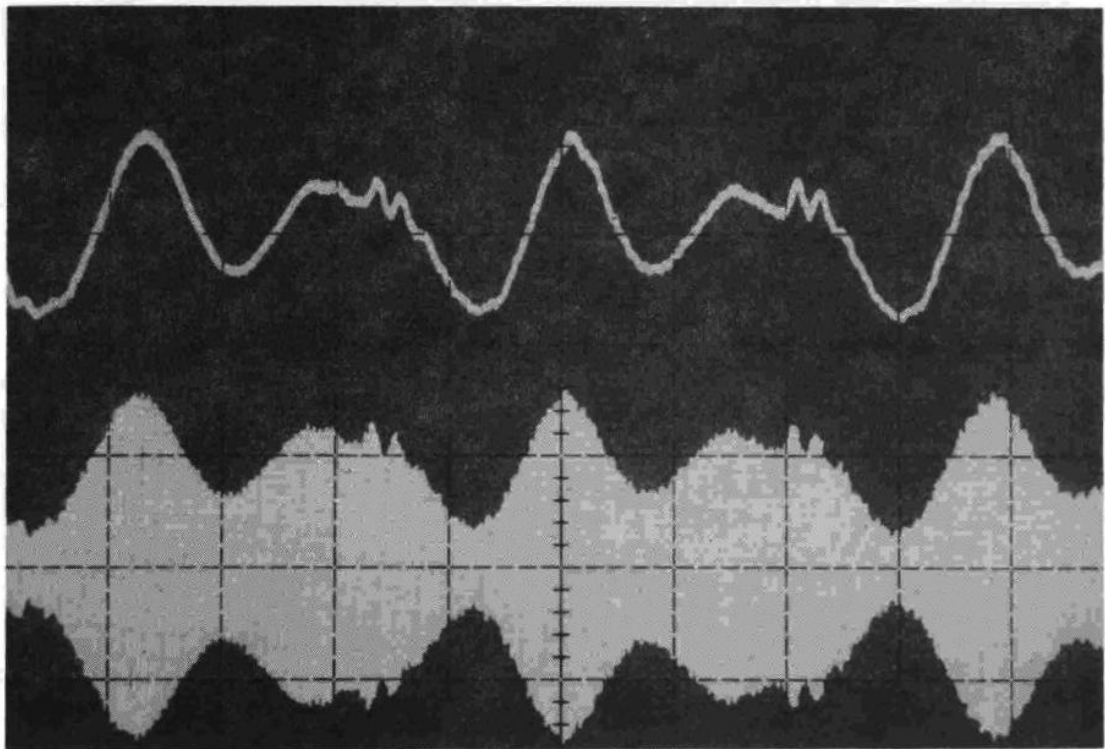
Tegn en skitse af, hvordan signalet på udgangen nu ser ud.

Spiller det nogen rolle for den lyd, der til sidst kommer ud af højttaleren, om dioden vender den ene eller den anden vej?

Prøv:



Figuren er et fotografi fra et 2-stråle oscilloskop, der viser signalet på 1. forstærkertrins udgang (nederst), samtidig med signalet på detektorens udgang. Da billedet blev taget, lod vi strålen løbe med en fart af 1 millisekund pr. cm hen over skærmen. De enkelte svingninger i bærebølgen ligger derfor så tæt, at de ikke kan skelnes fra hinanden.



Derimod kan man tydeligt se, hvordan meddelelsen (talen) fra senderen er lagt ind som ændringer i bærebølgens højde - eller *amplitude*.

Når man ændrer bærebølgen i takt med en meddelelse, kalder man det at *modulere*. Her er der altså tale om *amplitudemodulation* - forkortet AM.

Detektorens funktion i radioen er at skille meddelelsen ud fra bærebølgen, eller i fagsproget: at *demodulere* signalet.

Det første skridt hertil er at fjerne den ene halvdel af signalet. Det var dét, du så dioden gøre.

Den anden halvdel af signalet - den, der kommer frem til detektorens udgang - indeholder imidlertid stadigvæk noget af bærebølgen. Dette bør også fjernes, for at vi kan få et godt signal ud af højttaleren.

Hvilken komponent i detektoren sørger for, at resten af bærebølgen bliver fjernet?

Vi har foreslået, at der skulle anbringes 10 nF over detektorens udgang. Find en kraftig station at lytte til, og prøv så, i stedet for de 10 nF, at indsætte andre kapacitanser.

Fortæl, hvilken virkning det har:

RM 12A

## VI BYGGER EN MUSIKRADIO PÅ PRINT

(Elevblade side L 124-126)

Den radio, eleverne indtil nu har eksperimenteret med, er ret yde-  
dygtig, men er stort set kun velegnet som "eksperimentalradio".  
Den er vanskelig at få stabil på et print, der indeholder alle  
blokkene, hvilket vel nok er en betingelse, hvis det skal være en  
"brugsradio".

Vi giver derfor forslag til en lidt mere raffineret modtager -  
kaldet "Radio 2" - , der er rimeligt enkel og stabil, og hvor føl-  
somheden er sat kraftigt op ved indførelsen af en tilbagekobling.

Det skal tilføjes, at vi ikke kan anbefale en "rigtig" superhetero-  
dynmodtager som undervisningsobjekt. Teknikken i denne modtagerty-  
pe er så kompliceret, at det reflektive element i undervisningen  
formentlig vil forsvinde helt til fordel for ren teknik.

"Radio 2" kan naturligvis også bygges - som en slags byggesæt -  
af eleverne uden, at de forstår noget af den. Vi opfordrer imidler-  
tid til, at man, i så vid udstrækning som det er muligt, drøfter  
den overordnede struktur og signalgang med eleverne. De fleste  
vil fra det foregående have et grundlag for at mene noget fornuf-  
tigt om, hvordan den virker.

Udgangen på "Radio 2" passer til indgangen på UF 1, hvis indgangs-  
potentiometer bliver modtagerens styrkekontrol.

I det følgende omtaler vi nogle af detaljerne i opbygning og be-  
tjening af "Radio 2":

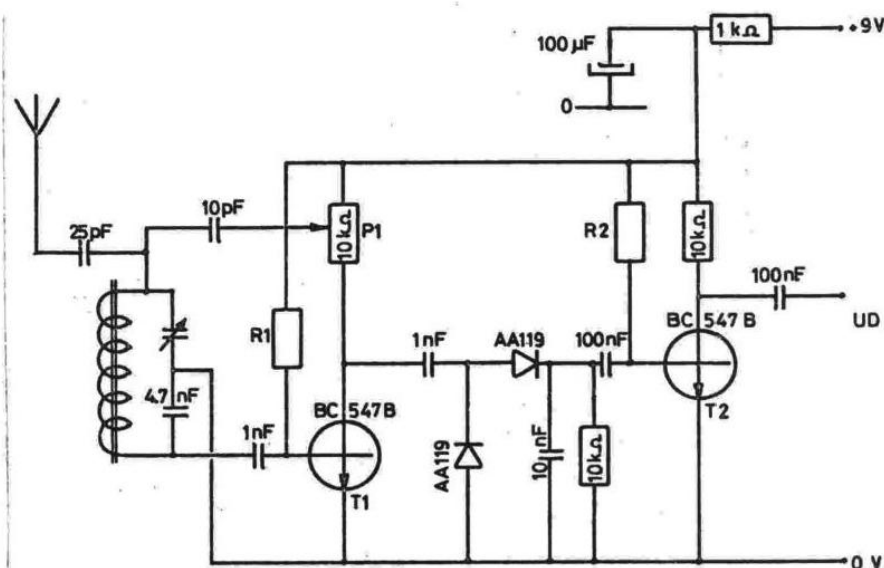
Arbejdspunktet skal indstilles på begge transistorer ved, at man  
tilpasser R1 og R2, indtil kollektorspændingen på begge er ca.  
4 volt.

Start med at lodde  $R1 = R2 = 4.7 \text{ M}\Omega$ -modstande fast på printets  
bagside uden at klippe tilledningerne af. Tilslut driftspændingen  
(9 V), og mål kollektorspændingen. Hvis den er for lille, skal re-  
sistansen være større - og omvendt.

Denne procedure er nødvendiggjort af spredningen i transistorernes  
forstærkningstal og af, at vi har villet "spare", og derfor ikke  
har anvendt stabiliserede transistortrin (som f.eks. forforstær-  
keren i kapitel 3), der kræver flere komponenter.

Detektoren er her forsynet med to dioder for at gøre den lidt mere effektiv.

Vi kunne have anvendt nøjagtigt den samme detektor i LB-radioen, men valgte kun at bruge én diode dér, dels for at gøre funktionen lettere gennemskuelig, og dels for at spare en diode.



Tilbagekoblingen er den væsentligste forskel mellem "Radio 2" og LB-radioen:

Svingningskredsen har fået en ekstra - fast - kondensator i serie med den variable, og fællespunktet er lagt på nul.

Herved opnår vi, at de signaler, der tages ud på 10 k $\Omega$ -potentiometeret i T1's kollektor, fasedrejes 180<sup>o</sup> før de kommer tilbage til T1's basis. Når potentiometerarmen drejes ned mod kollektoren, sendes et større signal tilbage til indgangen - og til sidst går trinet i sving. Størst følsomhed opnås, når trinet lige netop ikke svinger, og det indstilles altså med tilbagekoblingspotentiometeret P1.

Hvis trinnet svinger, høres det som et kraftigt "fløjt", når man passerer en station med drejekondensatoren.

Når man skal indstille på en station, foregår det på denne måde:

Drejekondensator og tilbagekobling skal betjenes samtidig, og man drejer lidt frem og tilbage på dem begge to, indtil man hører et eller andet.

Så prøver man at "finindstille" på drejekondensatoren, og følger efter med tilbagekoblingen.

Hvis man ikke kan få noget hyleri frem, skal tilbagekoblingen "trækkes mere til", og når stationen begynder at "komme frem", slækker man på tilbagekoblingen.

Denne proces skal foretages med nogen følelse, men er let at lære, når man har prøvet nogle gange..

Vi har anbragt drejekondensator, tilbagekobling og ferritstav på printet i de markerede huller, der passer til:

Drejekondensator: HEGO, 500 pF, hvis loddeflige passer lige ud for hullerne i printet. Forbind dem med monteringsstråd, der kan fjernes igen, hvis man senere vil prøve at sætte faste kondensatorer i serie med den variable.

Potentiometer: 16 mm med printben der bukkes og derefter passer op i hullerne i loddeøerne.

Naturligvis kan enhver anden type drejekondensator (500 pF) og potentiometer (10 k $\Omega$ ) bruges. Med mindre de har samme mål som de anførte, må de blot anbringes udenfor printet.

Ferritstaven er 10 cm af den samme type som anvendes i LB-radioen.

Man knækker (på kontrolleret måde) en ferritstav, ved at save en ridse hele vejen rundt med en nedstryger, og derefter brække staven over en bordkant. Staven (med spole) holdes fast på printet med 10 mm plastickabelbøjler og 3 MG maskinskruer.

Vi foreslår, at man starter med 25-40 vindinger på spolen. (Find selv det vindingstal, der passer til den kraftigste, lokale P3 MB-station). Spolen skal - som tidligere - vikles på et papirrør, der kan forskydes på ferritstaven. Hvis eleven er utilfreds med de stationer, der kan modtages, må han eksperimentere med vindingstallet, ligesom han har mulighed for at justere båndbredden ved at anbringe faste kondensatorer i parallel (eller i serie) med drejekondensatoren.

Endelig med hensyn til trådanterne og jord:

Med nogle meter ledning som udvendig antenne, kan denne modtager om aftenen hente de fleste af Europas større MB-stationer hjem.

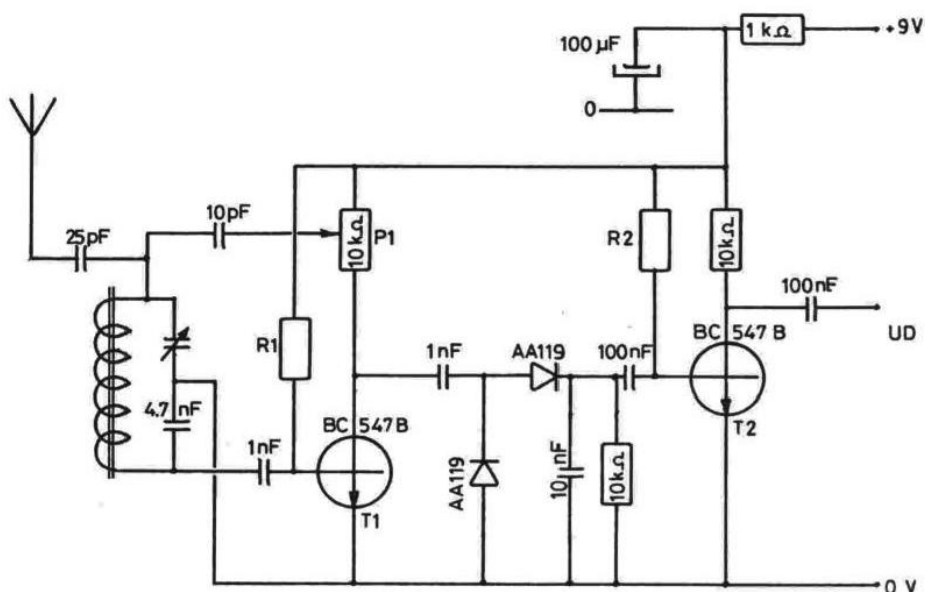
Bemærk: Jo længere antennetråd jo bedre!

Undertiden er der behov for en jordforbindelse - men hvornår det er tilfældet, er lidt ude af kontrol. Prøv f.eks. over til en radiator, og se, hvad der sker.

RM 12A

## VI BYGGER EN MUSIKRADIO PÅ PRINT

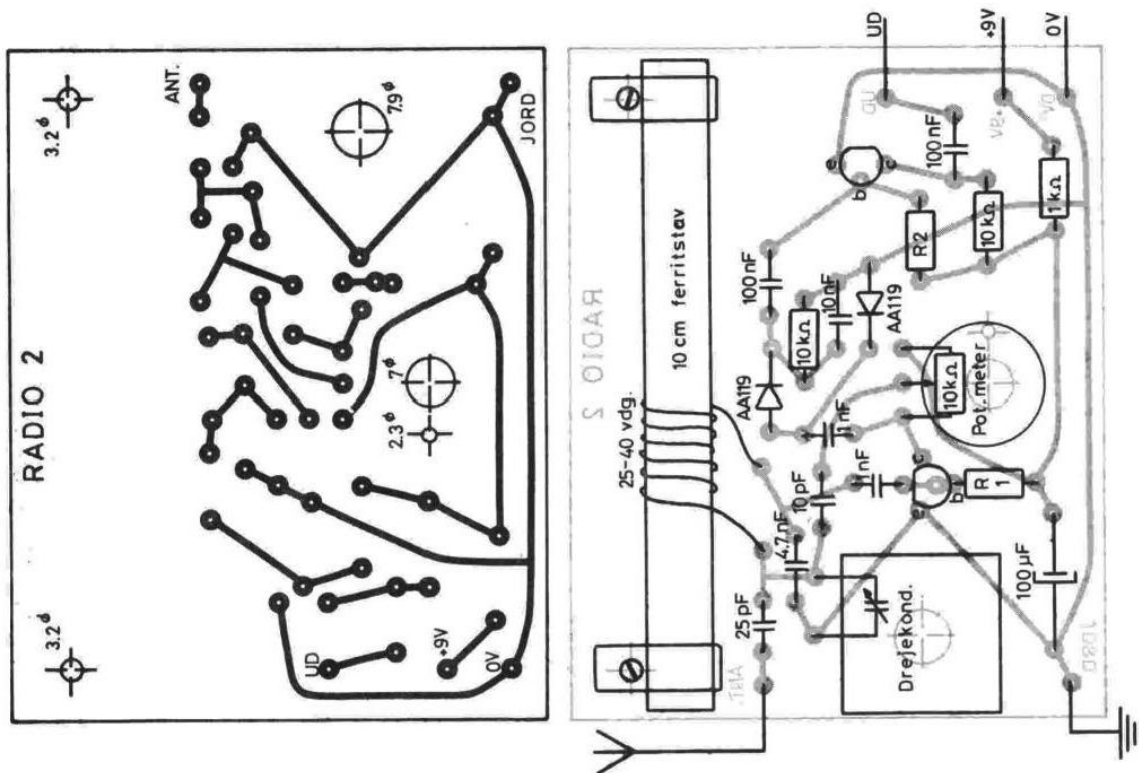
Diagrammet af den radio, du nu skal bygge, ser sådan ud:



På næste side er der en tegning af et print, der passer til den.

Du skal bruge disse komponenter:

1 stk. 1 kΩ	1 stk. 10 pF
2 stk. 10 kΩ	1 stk. 25 pF
1 stk. 10 kΩ potentiometer	2 stk. 1 nF
R1 } se næste side	1 stk. 4.7 nF
R2 }	1 stk. 10 nF
2 stk. BC 547B	2 stk. 100 nF
2 stk. AA 119	1 stk. 100 μF
1 stk. ferritstav 10 cm	1 stk. drejekondensator 500 pF
Tråd til spolen	2 stk. drejeknap
2 stk. bøjler til ferritstaven	5 printspyd



Som R1 og R2 skal du starte med at bruge 4.7 MΩ-modstande - men lad være med at sætte modstandene rigtigt på plads - det kan godt være, at de skal skiftes ud med nogle andre. Det undersøger du sådan:

Tilslut batteriet på de 9 volt, og mål kollektorspændingen på begge transistorer (dvs. spændingsforskellen mellem 0 volt og kollektoren).

Kollektorspændingen skal være ca. 4 volt.

Hvor stor spænding er der i din radio?

og	på kollektoren af T1:	volt
	på kollektoren af T2:	volt

Hvis der ikke er ca. 4 volt, må du prøve at sætte andre basis-modstande i, indtil det passer.

Skriv her, hvad du finder frem til:

R1 =	MΩ. Kollektorspænding på T1 =	volt
R2 =	MΩ. Kollektorspænding på T2 =	volt

Nu skulle radioen være i orden.

Tilslut en forstærker, så du kan høre lyden i en højttaler.

Prøv så at dreje frem og tilbage på drejekondensatoren og potentiometeret på én gang, indtil du hører noget.

Prøv at sætte en tråd-antenne på:

Lod en isoleret ledning på 3-4 m fast på antenneindgangen på printet.

Tal med din lærer om eventuelt at sætte en rigtig lang antenne på (20-50 m ledning ud af vinduet over til et træ eller lignende).

Du kan også prøve, om det virker godt med en jordledning:

Forbind "jord" på printet med en radiator eller en vandhane.

Om aftenen - når det er mørkt - er der meget mere "liv i æteren". Det er derfor en god idé at låne radioen med hjem og prøvekøre den en aften.



## NOGET OM EN LANGBØLGESENDER

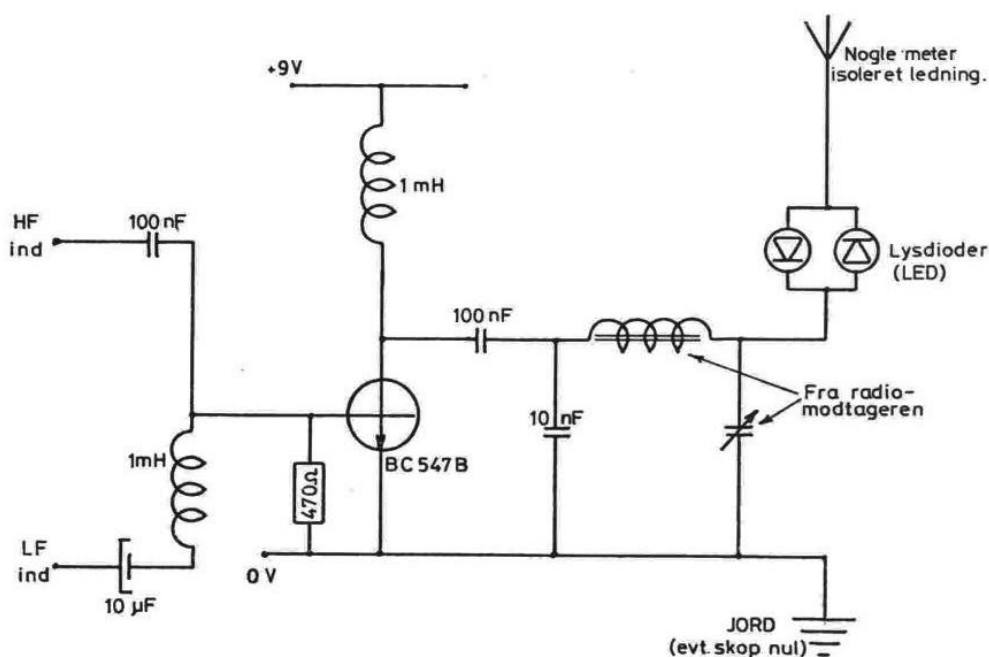
Det er tilladt at eksperimentere med senderen i undervisningsøjemed, men eleverne må ikke anvende den uden for skolen.

Vi har derfor valgt blot at give en kort beskrivelse af teknikken her i lærerteksten, og så lade læreren selv bestemme den pædagogiske opbygning, hvis han da overhovedet vil lade emnet indgå i undervisningen.

Læreren er på lovlig grund i henhold til Ministeriet for offentlige arbejders bekendtgørelse nr. 44 af 1. februar 1971: "Bekendtgørelse om støjspænding og udstråling fra højfrekvensanlæg", der i kapitel 6 §16 giver bl.a. skoler tilladelse til at anvende ikke-godkendte anlæg, forudsat, at man ikke forstyrrer andre derved.

Senderens indretning og sendereffekten er sådan, at risikoen for forstyrrelser er helt minimal.

Diagrammet af senderen ser sådan ud:



Spolen i pi-leddet ved antenneudgangen, er den samme som bruges i langbølgesenderen (dvs. på ferritstav). Det samme gælder drejekondensatoren.

De øvrige spoler (der blot skal være omkring 1-5 mH), kan være færdigkøbte HF-drosler, eller de kan vikles på en spoleform (kammerform), f.eks. Radio Parts nr. 590003, hvor alle 7 kamre vikles fulde med 0.3 mm laktråd. Induktansen bliver da ca. 2.5 mH uden - og ca. 6 mH med jernkerne.

Start af senderen:

1. Tilslut 9 V gennem et mA-meter. Der må ikke løbe nogen målelig strøm.
2. Anbring et skop over udgangen på følgende måde:  
Opstillingens nul forbindes til nul på skopet.  
Fra skopets signalindgang føres en ledning til antennen, og klipses uden på dennes isolation med et krokodillenæb.
3. Slut en sinusgenerator til HF-indgangen, og indstil frekvensen på omkring 250 kHz.  
Skrup for amplituden.  
Når indgangssignalet kommer op i nærheden af  $1.5 V_{ss}$ , stiger driftstrømmen. Skrup til omkring 25-40 mA.  
Nu skal der være sinussvingninger at se på skopet (men måske meget små).  
NB: Generatoren fra TA 4 har for høj udgangsimpedans til direkte at kunne fungere som styreoscillator her.
4. Justér frekvensen (på generatoren eller på drejekondensatoren) til resonans.  
Når resonans indtræder, vil begge lysdioder lyse, og amplituden på skopet skal vokse til 15-30 volt<sub>ss</sub>.  
Når systemet er i resonans, justeres amplituden på sinusgeneratoren til den sinus, man ser på skopet, er pæneste mulig.
5. Nu skal senderen kunne "høres" i en LB-radiomodtager på den måde, at den "blokerer" frekvensen for andre stationer.
6. Modulation:  
Tilslut en anden sinusgenerator mellem LF-ind og nul, og indstil den på 1 kHz.

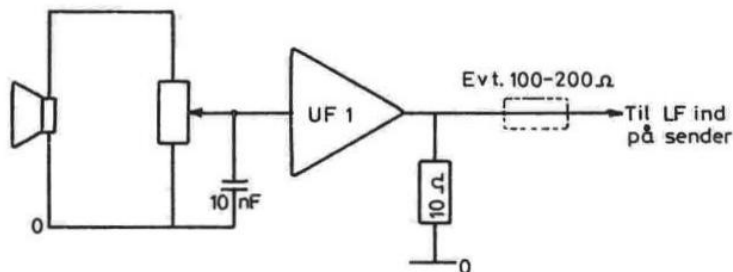
Skru op for amplituden, og justér indtil der på skopet kan ses en korrekt amplitudemoduleret svingning.

Det er set, at modulationen bliver lidt "pænere", hvis man forstemmer kredsen lidt: Drej kondensatoren en smule mod mindre kapacitans, og se på skopet, hvordan det går.

Nu skal 1 kHz-tonen kunne høres i radiomodtageren.

Til dette eksperiment er sinusgeneratoren fra TA 4 udmærket.

Herefter kan man prøve at modulere med tale:



Den "punkterede" modstand kan undertiden afhjælpe en form for ustabilitet, der - ligeledes undertiden - kan opstå. Prøv! Vær opmærksom på, at HF-amplituden ikke må være for stor, når der moduleres, idet der så kan ske klipning i modulationsspidserne - men dette ses let på skopet.

Hvis der yderligere tilsluttes en forforstærker (mellem mikrofon og UF 1), kan der moduleres dybere, og hvis lyden i modtageren forekommer for mørk, kan man eksperimentere med RC-filtre på sædvanlig måde.

Sætter man driftspændingen op til f.eks. 24 V, bliver HF-strømmen i antennen så stor, at en 6 V/50 mA pære kan lyse svagt, når den indsættes i stedet for LED'erne. Driftstrømmen vokser her til omkring 70 mA. Hvis BC 547B overbelastes så meget, at den brænder af, kan man erstatte den med f.eks. BC 140.

Til slut skal vi nævne, at hvis man blot vil demonstrere AM, kan generatoren i TA 4 let klare det (se side T 16).

## KAPITEL 5

## ELEKTRONISK TÆLLING

INDHOLDSFORTEGNELSE:

## SIDE

Indholdsfortegnelse til elevteksten .....	L 131
<u>1. Indledning</u> .....	L 132
<u>2. Nogle bemærkninger om undervisningens praktiske tilrettelæggelse</u> .....	L 134
2.1 Opbygningen af modulsystemet .....	L 134
2.2 Fremstilling af printmodulerne .....	L 135
2.3 Isætning (-lodning) af komponenterne .....	L 136
2.4 Omgang med IC'erne .....	L 137
2.5 Modulskinnen .....	L 138
2.6 En 5-9 V spændingsforsyning .....	L 138
<u>3. Faglig information</u> .....	L 142
3.1 Gates .....	L 142
3.1.1 Præcis betydning af HØJ og LAV .....	L 142
3.1.2 Belastning af kredsene .....	L 144
3.1.3 Specifikationer for indgangsstrømmene ..	L 146
3.1.4 Gate-typer .....	L 148
3.1.5 Flip-flops .....	L 150
3.2 Schmitt-trigger NAND-gates 7413 og 74132 .....	L 154
3.2.1 Firkantgeneratorer .....	L 154
3.2.2 Impulsformere .....	L 160
3.2.3 Andre anvendelser af 7413/132 .....	L 161
3.2.4 En firkantgenerator. Byggevejledning ...	L 164
3.3 Nøjagtige tidsimpulser .....	L 166
3.3.1 Impulser med lysnettets frekvens .....	L 166
3.3.2 Timingmodulet .....	L 168
3.3.3 Faselås-princippet .....	L 171
3.4 Tællere .....	L 174
3.4.1 Digitalmåling af fysiske størrelser ....	L 175
3.4.2 Frekvenstællere .....	L 176
3.4.2.1 Beskrivelse af en modultæller ..	L 177
3.4.2.2 Beskrivelse af en automatisk fre-	
kvenstæller .....	L 179
3.4.3 Et styrelogik-system .....	L 180
3.4.4 Hvad viser en frekvenstæller? .....	L 183
3.5 NTC-modstande .....	L 185
3.5.1 Resistansen som funktion af temperaturen	L 185
3.5.2 NTC-modstanden i digitaltermometeret ...	L 186
<u>4. Tillægsopgaver m.m.</u> .....	L 188
4.1 Eksempel på systemudvikling .....	L 188
4.2 Eksempler på anvendelse af flip-flop'en .....	L 192
4.3 Vi undersøger et lystal .....	L 194
4.4 Vi laver en HØJ/LAV-indikator .....	L 196
4.5 Vi udlæser tælleren med lystal .....	L 197
4.6 Vi forsyner tælleren med hukommelse .....	L 199

## INDHOLDSFORTEGNELSE TIL ELEVTEKST.

Side

ET 1	Vi bygger et modul med 4 gates.	E 53
ET 2	Vi laver en hurtig firkantgenerator.	E 55
ET 3	Vi åbner og lukker gaten.	E 57
ET 4	Vi laver en langsom firkantgenerator.	E 59
ET 5	Vi laver en sirene.	E 61
ET 6	Vi styrer gaten med en fotomodstand.	E 62
ET 7	Vi styrer gaten fra kontrolenheden.	E 64
ET 8	Vi laver den omvendte funktion.	E 65
ET 9	Vi bygger et tællermodul.	E 68
ET 10	Vi laver et sekundur.	E 71
ET 11	Vi laver en elektronisk spilledåse.	E 74
ET 12	Vi laver en alternativ dørklokke.	E 75
ET 13	Vi laver en persontæller.	E 76
ET 14	Vi bygger et modul med 2 gates	E 79
ET 15	Vi laver en generator med flere frekvenser.	E 82
ET 16	Vi laver minutimpulser.	E 86
ET 17	Vi laver en prelfanger.	E 87
ET 18	Vi spiller "numberboss".	E 89
ET 19	Vi spiller "cifferchief".	E 92
ET 20	Vi laver spil med held i.	E 93
ET 21	Vi laver en reaktionstidsmåler.	E 95
ET 22	Vi lytter til temperaturen.	E 97
ET 23	Vi eksperimenterer med et digitaltermometer.	E 98
ET 24	Vi bygger en frekvenstæller.	E 101
ET 25	Vi laver en energisparealarm.	E 105
ET 26	Vi laver nøjagtige tidsimpulser.	E 109
ET 27	Vi eksperimenterer med et digitalur.	E 111
ET 28	Vi eksperimenterer med en elektronisk tidtager.	E 115
	Hvis du vil eksperimenter videre med IC'er.	E 120
	Et udlæsemodul.	E 122

## 1. INDLEDNING

Denne udgave af kapitel 5 er ændret på væsentlige punkter i forhold til det tilsvarende kapitel i "Elektronik i Folkeskolen" 2. udgave.

Ændringerne er bl.a. foretaget på grundlag af erfaringerne fra forsøgsundervisningen i efteråret 1977 og begyndelsen af 1978 med ti 9. klasser.

Elevteksten består nu af 28 opgaver, der kan deles i tre grupper:

1) Ved arbejdet med opgaverne ET 1 - ET 17 opbygger eleverne en basisviden, en slags faglig platform, hvorfra de kan skimte, og i nogen grad bedømme, de videre muligheder. Hvis vi bliver i dette billede, kan man sige, at platformen hviler på tre piller: Gate, tæller og system.

Når "system" er taget med her, hænger det sammen med, at elevernes oplevelse af et system (bygge det - få det til at virke - tale med kammerater/lærer om det) kan hjælpe dem til at skabe sig overblik bl.a. ved, at de ser, hvordan man ved at sammensætte enheder med bestemte funktioner kan få et system med en ønsket resulterende funktion.

2) ET 18 - ET 20 handler om nogle spil, hvor eleverne på en leg-lignende måde kan genopfriske noget af det, de har arbejdet med i de første opgaver.

Ingen lærer behøver at føle, at han har svigtet, hvis nogle af hans elever synes, at disse opgaver er uinteressante, og springer dem over.

3) I opgaverne ET 21 - ET 28 møder eleverne en række systemer med brugsværdi også i hverdagen. Det er tanken, at de enkelte elever eller elevgrupper kan arbejde med et eller flere af disse systemer, men vi forventer ikke, at alle elever arbejder med alle systemer. Man kan endda tænke nogle af disse som en mulighed for elever, der ønsker at fortsætte ud over to år, idet vi skønner, at de 5 kapitler rummer rigeligt med stof til de første to årgange.

Lærertekstens kapitel 5 er opbygget anderledes end de foregående fire kapitler:

I afsnit 2 har vi samlet en række af de praktisk/tekniske oplysninger, der er nyttige for læreren, når han skal have undervisningen til at fungere.

Da elevteksten er bygget op omkring nogle ganske få, centrale elektroniske funktioner, har det været naturligt for os at lade det faglige baggrundsstof i afsnit 3 dreje sig om disse funktioner frem for om de enkelte elevopgaver.

Ideen er, at uanset hvor i elevteksten, man befinder sig, kan man finde dækkende faglig information om den pågældende funktion i afsnit 3. Dette afsnit er altså tænkt som en slags "håndbog" til kapitel 5, og er ikke en lærebog i digitalelektronik.

Herudover indeholder det faglige afsnit en række ideer, der efter lærerens skøn kan bruges som supplement i undervisningen.

De egentlige "tillægsopgaver" er samlet i afsnit 4, hvor der yderligere er nogle ideer, som vi synes er gode, men som ikke naturligt kunne indpasses andre steder.

Vi forestiller os, at eleverne får mulighed for at følge deres egen vej gennem materialet, alt afhængig af interesse og evner. Man kunne f.eks. tænke sig, at en elev, der nåede til "sekunduret", havde lyst til at arbejde videre med digitalure. Vi mener, at han ikke blot skal have lov til det, men at han bør opmuntres og støttes, vel vidende, at det vil medføre, at han hen ad vejen må gå tilbage i teksten for at samle viden op.

Det er derfor nødvendigt, at læreren kender hele materialet inden han går igang med at undervise efter det. Han bør gennemarbejde hele elevteksten, herunder bygge de forskellige enheder og systemer, og få dem til at virke.

Undervejs vil der opstå behov for yderligere belysning af såvel faglige som praktiske problemer. Det er vor tanke og vort håb, at lærerteksten i et rimeligt omfang kan dække sådanne behov.

Når vi har lagt så stor vægt på netop dette kapitel, hænger det sammen med den eksplosionsagtige udvikling, elektronikken er inde i i disse år. En udvikling, der ikke blot synes at fortsætte, men at tage yderligere fart.

Hvis vi ser "Elektronik i Folkeskolen" i forhold til denne udvikling, er det især kapitel 5, der peger fremad. Det kan derfor meget vel tænkes, at væsentlige dele af det, der står i kapitel 5 i denne udgave, vil være at finde i kapitel 1 i en kommende udgave af "Elektronik i Folkeskolen".



## 2. NOGLE BEMÆRKNINGER OM UNDERVISNINGENS PRAKTISKE TILRETTELÆGGELSE

### 2.1 OPBYGNINGEN AF MODULSYSTEMET

Undervisningen er bygget op omkring et antal printmoduler, hvoraf eleven selv fremstiller nogle, mens skolen efterhånden - f.eks. ved elevernes hjælp - skaffer sig en "udlånssamling". Vi foreslår, at hver elev laver et gatemodul med 4 gates ("type 1"), et gatemodul med 2 gates ("type 2"), og ét tællermodul. Undervejs vil der blive brug for endnu flere moduler, både flere af de allerede nævnte, men også af andre typer f.eks. udlæsemoduler og eventuelt timingmoduler.

Hvis det nye kapitel 5 bliver så dynamisk, som vi håber, kan det meget vel tænkes, at lærer og elev finder på nye moduler til funktioner, der viser sig nyttige i den daglige undervisning. Hvis en sådan funktion findes som IC, lægger vi op til, at man i første omgang bruger en prøveplade, idet man da hurtigt kan se, om det er den funktion, der er brug for.

Modulerne har vist sig at være en hensigtsmæssig måde at håndtere de ellers noget uhåndterlige IC'er på. Deres størrelse (7 x 8 cm) gør, at det er relativt let at komme til de enkelte printspyd - omend gatemodul 1 godt kan blive noget overløst med komponenter.

Ikke mindst fordi der er tale om et undervisningsmateriale, skal vi fremhæve en anden fordel ved at bruge modulsystemet:

Hvert modul har en veldefineret, elektronisk funktion. Opbygningen af et system ved hjælp af moduler, betyder derfor samtidig en strukturering af systemet i funktioner. Netop erkendelsen af de forskellige funktioner og den måde, de kan bringes til at fungere i et samspil, er af stor betydning for elevernes "færden" i denne del af elektronikken.

Vi lægger vægt på, at eleverne tegner symbolerne på printpladen i overensstemmelse med anvisningerne, idet vi mener, at dette kan være med til at præcisere og til stadighed sætte fokus på funktionerne. Heri kan man også finde årsagen til, at printspydene i gatemodulerne er anbragt så at sige "oven i" symbolerne.



Indgår der flere moduler i en opstilling, er det praktisk at anbringe den i en modulskinne (tegning side L 138). De "faste" forbindelser mellem modulerne (f.eks. mellem +5 V-linierne og mellem 0 V-linierne) laves med pålodede ledninger. Alle andre forbindelser laves med de sædvanlige prøveledninger med mini-krokodillenæb. Dem skal der bruges mange af! Mindst 20 pr. hold, og sørg altid for at have nogle i reserve.

## 2.2 FREMSTILLING AF PRINTMODULERNE

Erfaringsmæssigt har eleverne ikke svært ved at tegne printene selv ikke de tætliggende øer til IC'en. Det kræver blot en god printpen, hvor typen "DALO" (Århus radiolager. Rimelig rabat til skoler) foreløbig er den bedste, vi er stødt på. Dens spids er tilstrækkeligt fin til de print, vi laver. (NB: Tryk spidsen af pennen ned mod et stykke papir. Så åbnes en ventil i pennen, og lakken flyder).

Efter ætsning fjernes lakken med acetone, terpentin eller fortynder. Sprit duer ikke.

Hvis man har problemer med at "håndtegne" IC-øerne, eller hvis man i almindelighed gerne vil lave mere "professionelt" udseende print, kan man anvende ALFAC overføringssymbolerne, der findes både som IC-sokler, som printbaner og som loddeøer. (Se i materialefortegnelsen).

I almindelighed vil brug af ALFAC dog være en ikke-nødvendig luksus.

Ved særlige lejligheder kan det være bekvemt at kunne ætse et print hurtigere end i den sædvanlige ferrichloridopløsning. Følgende blanding er i konflikt med risikovejledningen, men kan ætse et print på 5-10 sekunder! Brintoverilte ( $H_2O_2$ ) koncentreret ca. 35% + saltsyre (HCl) koncentreret ca. 38% + postevand. Lige dele af hver i et bægerglas (måske lidt mere vand). Dyp printet i væsken med en tang (helst plastic) og pas på hud og tøj.

Væskerne blandes lige før brugen, og holder til måske 4-8 print. Derefter koger den op, og kan ikke bruges mere.

### 2.3 ISÆTNING (-LODNING) AF KOMPONENTER

1. Sæt altid sokler til IC'er i print.

Prisen (1,50 - 2 kr.) er lille i forhold til besværet og irriterationen ved at skulle lodde en IC ud af et print.

2. Når soklen loddes i printet, bruges tyndt loddetin (f.eks. 7.9 mm). Loddekolben holdes næsten lodret, så ben og print opvarmes samtidig. Derefter tilføres tin i sparsom mængde.

Lysdioderne (LED):

Strøm-spændingskarakteristikken for en lysdiode (LED) ligner karakteristikkene for en almindelig diode bortset fra, at "knækket" ligger ved omkring 2 V i lederetningen. Nominelt skal der løbe omkring 20 mA i en LED for "normal" lysudsendelse, men man kan stadig se lyset, selvom strømmen kun er et par mA (undtagen i direkte sollys, der altid gør det vanskeligt at se, om der er lys i en LED).

Man kan naturligvis bruge LED'er af enhver farve, men den røde er den billigste.

Eleverne kan selv finde ud af, hvordan LED'en skal vendes.

Man kan sætte dem i gang med en LED, et 4.5 V batteri og en beskyttelsesmodstand (f.eks. 470  $\Omega$ ), der sikrer, at strømmen ikke overstiger 20 mA.

PAS PÅ: En LED er mekanisk skrøbelig. Hvis man bøjer benene med håndkraft (som man gør med alle andre komponenter), brækker de let helt oppe i LED-hovedet. Benbøjning skal ske med tang!

Husk dette, hvis afstanden mellem LED-printterne på et print er blevet lidt for stor.

Vi sparer ikke på LED'erne, men anvender dem af pædagogiske grunde overalt, hvor det er af betydning, at eleven får helt fat i, hvornår en udgang er HØJ eller LAV.

De komponenter, der indgår i firkantgeneratorerne m.v. loddes fast mellem printspyddene - uden afklipning af komponentbenene.

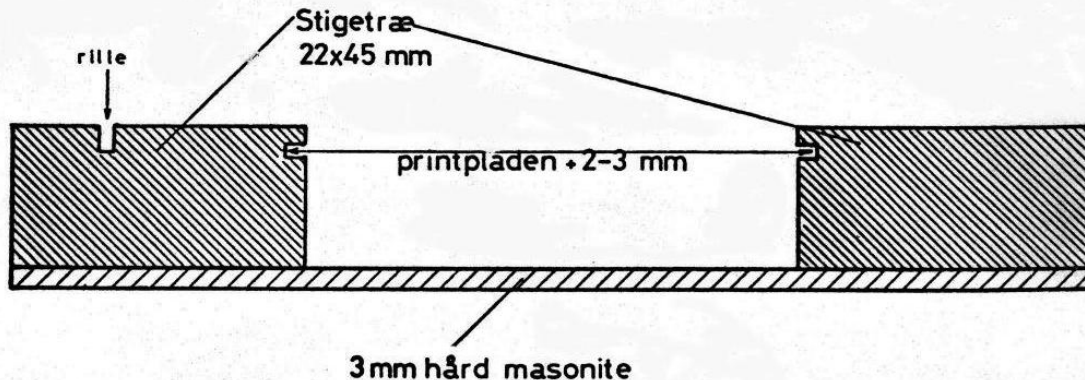
Der skal bruges store mængder af printspyd, og det er vigtigt, at de kommer til at sidde godt fast i printet. Der skal loddes meget på nogle af spyddene, og det kan ikke undgås, at man her-ved også kommer til at smelte loddetinnet på printspyddets loddeø. Hvis det hul, der er boret til spyddet, ikke har den rigtige størrelse, "kæntrer" spyddet og falder måske helt af.

## 2.4 OMGANG MED IC'erne

1. En helt ny IC skal formentlig have benene klemt lidt sammen, før den kan komme i soklen. Det gøres ved, at man klemmer med fingrene om enderne på kredsen, og presser hele den ene ben-side ned mod et bord.  
Pas på ikke at bøje et ben. Hvis det sker, så brug en fladtang til - forsigtigt - at rette det ud igen.
2. Når en kreds skal tages op af en sokkel, bør det ikke gøres med fingrene - det vil næsten med sikkerhed medføre ca. 4 bøjede (eller knækkede) ben. Stik en tynd skruetrækker ind mellem sokkel og kreds, og bræk forsigtigt. Med lidt øvelse kan man let få alle ben op på én gang - uden beskadigelser.
3. Hvis man kommer til at bytte om på + og - til kredsen, kan man godt regne med, at den står af.
4. En udgang må aldrig tvinges hverken HØJ eller LAV. Dvs. forbind aldrig en udgang hverken til +5 V eller til 0V.  
"En udgang er, hvad den skal være ifølge kredsens funktion og dét, vi gør på indgangene".  
Det værste er at forbinde udgangen til +5 V. Det overlever den næppe. At kortslutte en udgang til 0 V er knap så slemt.
5. Send aldrig signaler større end 5 volt ind på en indgang.  
Mange tællere er "gået bort" ved direkte tilslutning til AMV'erne fra kapitel 1 (kørt på 9 volt).  
7413 og 74132 er undtagelser fra denne regel, men overhold den alligevel.
6. Når flere kredse indgår i en opstilling, bliver der et stykke vej hen til strømkilden. Det medfører, at systemet kan gå i selvsving. Foretag afkobling (med f.eks. 100 nF) på hvert tredje modul i en større opstilling (lod de 100 nF på modulet direkte mellem +5 V og 0 V).
7. Kredsene brænder sandsynligvis af, hvis de tilsluttes højere driftsspænding end 5.25 volt, der er fabrikkernes maximalværdi.  
Modulerne kan i de første opgaver drives af et ikke alt for slidt 4.5 V batteri. Når flere moduler skal køre samtidig, er en stabiliseret 5 volt-forsyning at foretrække. Den er beskrevet side L 138.

## 2.5 MODULSKINNEN

Når flere moduler indgår i en opstilling, er det bekvemt at samle dem i en modulskinne, der her er tegnet set fra den ene ende:



Målestok: 1:1

Skinnsens længde kan passende være 42 cm svarende til 6 moduler ved siden af hinanden.

Materialerne udskæres og riller saves på rundsav af den lokale snedker eller sløjdlærer, mens eleverne selv sømmer delene sammen, så modulpladerne kan glide let i rillerne, uden at falde ud.

De brede lister (stigetræ) kan anvendes som "sømbræt", når der ikke er plads til at lodde komponenterne fast på modulernes printspyd.

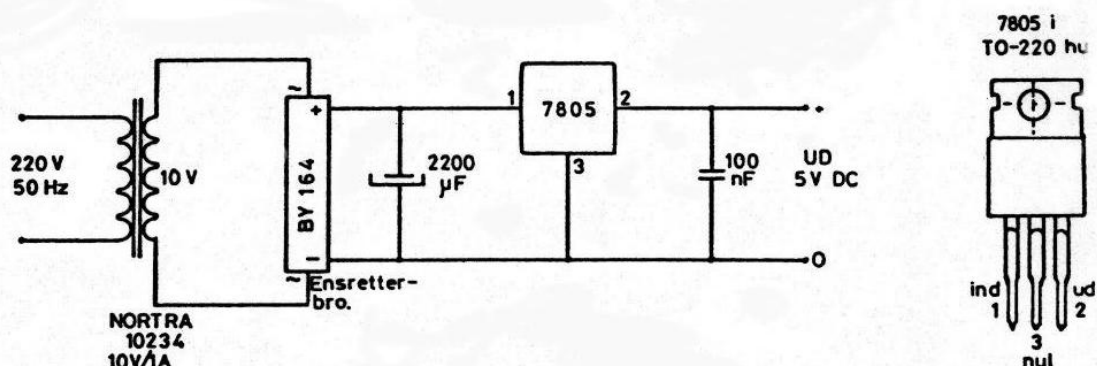
Rillen i toppen af det venstre stykke træ på tegningen, er beregnet til lodret anbringelse af f.eks. udløsemoduler, men er også godt at have, når der indgår flere moduler (eller prøveplader) i opstillingen end selve skinnen kan rumme.

## 2.6 EN 5-9 VOLT SPÆNDINGSFORSYNING,

der samtidig afgiver impulser med frekvensen 100 Hz.

Den enklest mulige 5 V spændingsforsyning bygges ved hjælp af en integreret regulator, der i flere forskellige fabrikater har nummeret 7805, hvor 05 betyder, at dens udgangsspænding er 5 volt ( $\pm 0.25$  volt).





Spændingsforsyningen er kortslutningssikker, og kredsen selv har indbygget strømbegrænser og termisk sikring.

Med den angivne transformator kan der trækkes 1 A med 4-5 mV (ss) ripple. Ved 1.2 A stiger ripplen voldsomt.

Til eksperimenterne i elevteksten kan man godt spare på de dyre elektrolytter og nøjes med 1000  $\mu\text{F}$  i stedet for - som angivet på diagrammet - 2200  $\mu\text{F}$ .

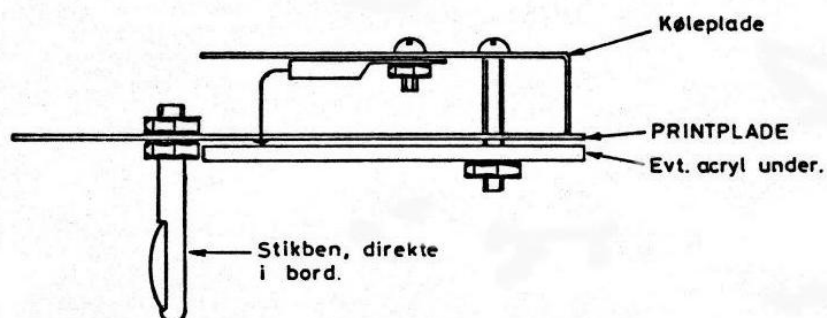
Et monteringsforslag:

Byg enheden bestående af ensretterbro, elektrolytkondensator, regulatorkreds samt de 100 nF på en lille printplade (f.eks. i 7 x 8 mm modulstørrelse). Montér to stikben, der passer ned i bordets veksel-forsyning (8-10 volt veksel).

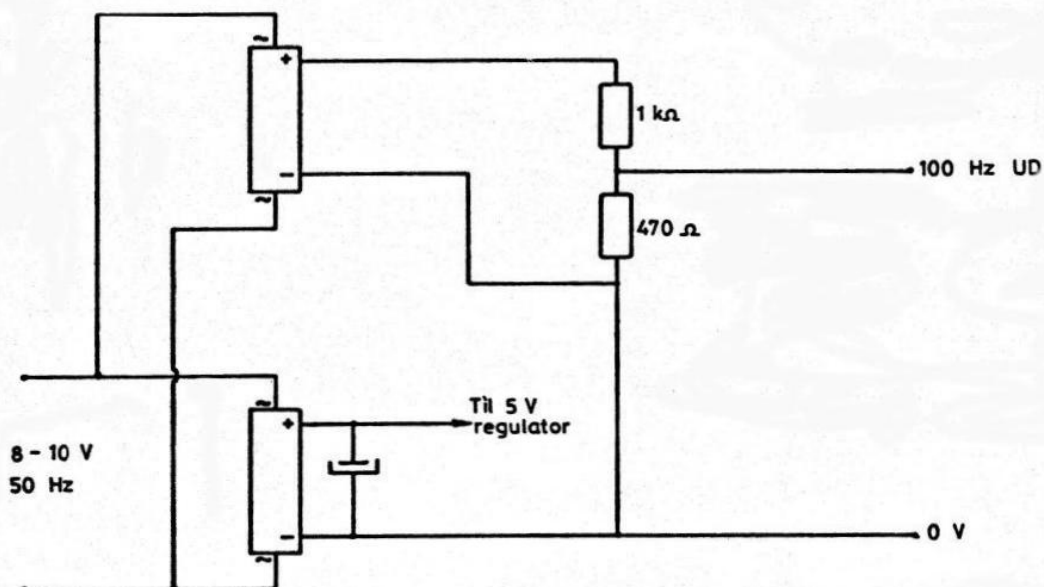
Så undgår vi problemet med transformator og 220 volt.

7805-kredsen bør (skal) forsynes med køleplade, f.eks. et stykke aluminium, gerne op mod 100  $\text{cm}^2$ , hvis der er plads.

Her er et skitseforslag, der kan arbejdes videre med:

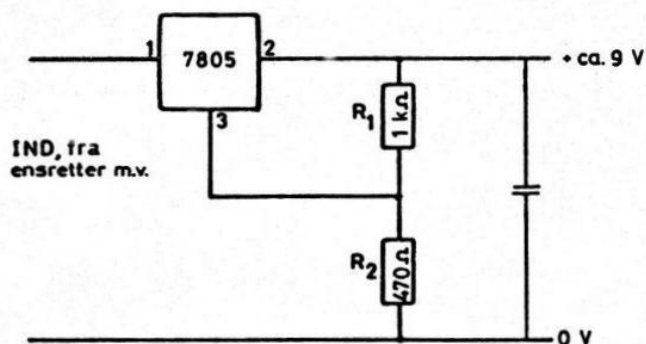


Af hensyn til senere anvendelser, kan det være praktisk at indbygge en 100 Hz generator i spændingsforsyningen. Forbindelsesmåden er vist her, hvor de to modstande er dem, der er foreskrevet i elevteksten:



Som ensretterbro kan man bruge en "færdig" bro (f.eks. BY 164) eller, som tegnet i elevteksten, fire dioder (f.eks. 1N 4002). Nu kan opstillingen spændingsforsyne IC'erne og samtidig levere 100 Hz signaler til dem.

Spændingsforsyningen kan let bygges om til at afgive andre spændinger, f.eks. 9 volt (med de angivne værdier beregnes  $U_{ud}$  til 9.2 volt):



Udgangsspændingen beregnes af formlen

$$U_{ud} = 5V \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) + 4mA \cdot R_2$$

4mA er fabrikantens opgivelse for den strøm, der løber ud af kredsens ben 3 under drift.

For at få en bestemt ønsket udgangsspænding, bliver det sikkert nødvendigt at indsætte en trimmemodstand for enten  $R_1$  eller  $R_2$ .

Det er let at montere en omskifter, så enheden kan afgive enten 5 eller 9 volt, men lav omskifteren sådan, at der skal et indgreb i apparatet til for at foretage omskiftningen (f.eks. at der skal loddes en stump monteringstråd af eller på mellem et par printspyd).

Det skal være udelukket, at eleverne ved en fejltagelse kommer til at skifte om til 9 volt, mens de arbejder med IC'erne.

### 3. FAGLIG INFORMATION

#### 3.1 GATES

Med det formål at få de fundamentale begreber til at stå så skarpt som overhovedet muligt i elevernes bevidsthed, har vi simplificeret verden til at bestå af kun én gate-type, nemlig NAND-gaten med 2 eller 4 indgange.

Denne forenkling er forsvarlig fordi:

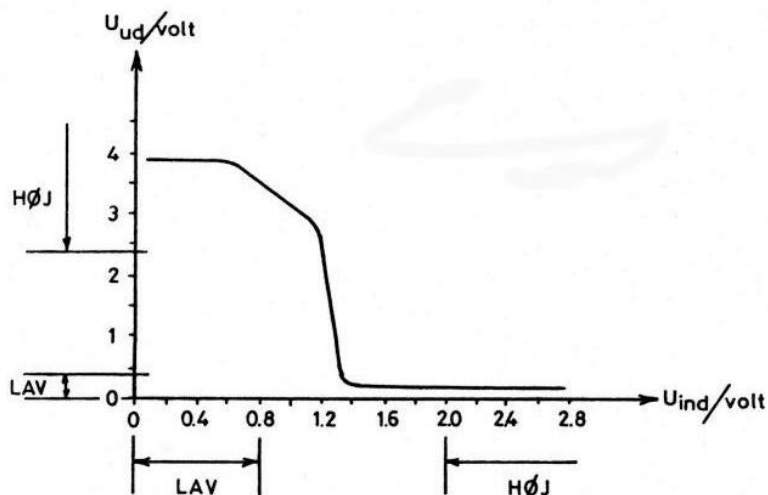
- 1) Alle andre gate-typer kan - som det vises på side L 148 - opbygges af NAND-gates.
- 2) NAND-gaten er den almindeligste og billigste blandt de integrerede gates.

Af grunde, som vil fremgå af afsnit 3.2, har vi yderligere lagt hovedvægten på de specielle typer 7413 og 74132, der begge - udover at være NAND-gates - fungerer som schmitt-triggere.

##### 3.1.1 Præcis betydning af HØJ og LAV

Vi beskæftiger os kun med standard TTL-kredse i 74-serien (TTL = Transistor-Transistor-Logik).

For alle gatetyper bortset fra 7413/132, kan specifikationerne illustreres på følgende måde:





Grafen læses på denne måde:

Hvis indgangen på en kreds med sikkerhed skal opfattes som LAV, må spændingen højst være 0.8 V, og

hvis indgangen med sikkerhed skal opfattes som HØJ, skal spændingen mindst være 2.0 V.

Når en udgang er LAV, er spændingen på den højst 0.4 V, og når udgangen er HØJ, er spændingen mindst 2.4 V.

Spændingsområdet mellem 0.8 V og 2 V er "forbudt" område, hvor kredsens funktion ikke er veldefineret. En af de ting, der kan ske, hvis en indgang lægges i dette område er, at kredsen "går i sving" på en høj frekvens (af størrelsesorden 10-50 MHz).

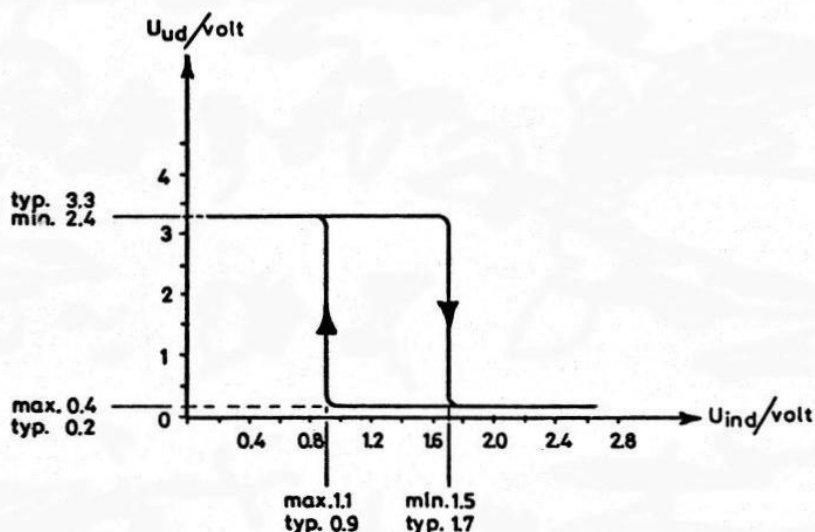
Flere kredse kan umiddelbart kobles efter hinanden:

Hvis udgangen på en kreds er HØJ (dvs. spændingen er over 2.4 V), vil dette med sikkerhed også blive opfattet som HØJ af indgangen på den efterfølgende kreds - den kræver jo kun 2.0 V.

Tilsvarende betragtninger ses at gælde for LAV-tilstanden.

De specificerede HØJ/LAV-grænser er garanterede minimum/maximum-værdier.

For schmitt-trigger NAND-gatene 7413/132 kan de tilsvarende forhold illustreres med denne graf:



Den læses på følgende måde:

Antag til en begyndelse, at  $U_{ind}$  er LAV (f.eks. 0.5 V). Så er  $U_{ud}$  HØJ (mindst 2.4 V som for de øvrige gates, og den typiske værdi angives til 3.3 V).

Nu gør vi  $U_{ind}$  større og større, men først når  $U_{ind}$  er mindst 1.5 V (og typisk helt oppe på 1.7 V), opfattes det af gaten som HØJ - hvorefter udgangen meget hurtigt skifter om til LAV. Her efter er  $U_{ud}$  som for de øvrige gates maksimalt 0.4 V (og typisk endnu lavere, nemlig 0.2 V).

Hvis vi nu lader indgangsspændingen falde igen, sker der ikke noget, før  $U_{ind}$  er nede under 1.1 V (typisk 0.9 V), hvorefter omslaget til HØJ udgang sker pludseligt.

Denne forskel i skiftespænding (typisk altså 0.8 V), der bevirker, at udgangens omslag sker ved forskellige indgangsspændinger, afhængigt af, om  $U_{ind}$  kommer "oppefra" eller "nedefra", kaldes schmitt-triggerens hysteresese.

Det er denne egenskab ved 7413/132-gatene, der betinger deres anvendelse som firkantgeneratorer.

Dette behandles nærmere i afsnit 3.2.1.

Læg mærke til, at selv om schmitt-trigger-gatene er specificeret anderledes med hensyn til indgangsspændinger end de øvrige gates, ligger de angivne værdier rigeligt inden for udgangsspecifikationerne. Schmitt-trigger-gates og "almindelige" gates (og alle andre kredse iverigt) kan altså "blandes" som man lyster. Den eneste forskel vil være, at schmitt-trigger-gatenes udgange skifter hurtigere og ved en mere præcis værdi af indgangsspændingen, end de øvrige kredse.

### 3.1.2 Belastning af kredsene

Når udgangen på en kreds er HØJ, kan vi bruge den som strømkilde til at forsyne indgangen på en ny kreds, eller f.eks. som strømkilde for en lysdiode, der er anbragt mellem udgangen og nul.

Alle 74-kredse passer impedansmæssigt til hinanden, og kan blot kobles sammen, indgang til udgang.

Med lysdioden (eller en anden "fremmed" belastning), kan vi derimod risikere at belaste kredsens udgang så hårdt, at udgangsspændingen falder ned under den værdi, der af andre kredse opfattes som HØJ.

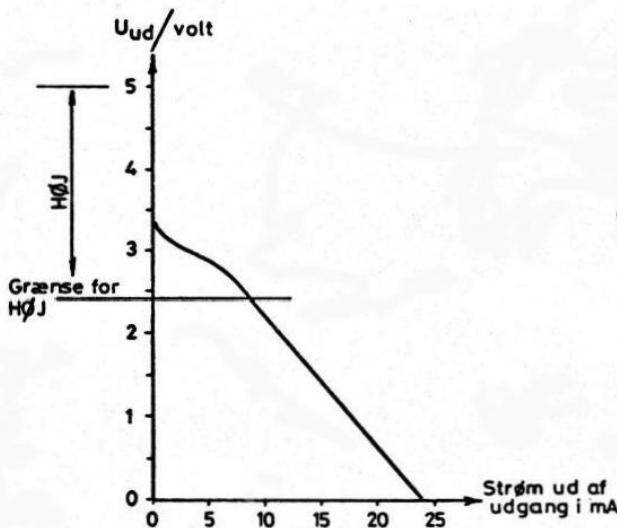
Dermed er informationen gået tabt, og kan følgelig ikke leveres videre til den kreds, der tilkobles udgangen sammen med lysdioden.

Når udgangen er LAV, kan vi udefra sende strøm ind i den. Bliver strømmen for stor, risikerer vi, at udgangsspændingen vokser op over den værdi, der er specificeret som LAV, og igen mistes informationen.

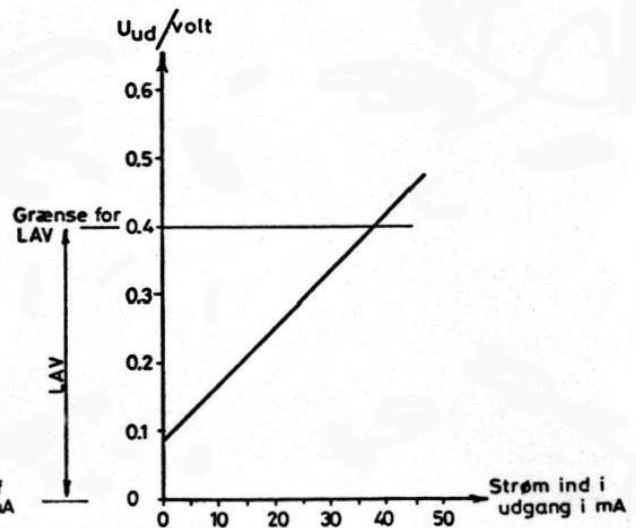
Graferne nedenfor viser, hvordan udgangsspændingen ændrer sig med strømstyrken i de to situationer.

Begge grafer er målt ved driftspændingen 5.0 volt.

Udgang HØJ:



Udgang LAV:



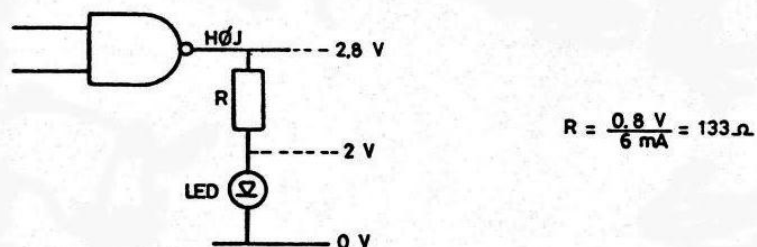
Af særlig interesse for os er HØJ-tilstanden, hvor vi ønsker at få en lysdiode til at lyse samtidig med, at informationen bevares.

Udgangsspændingen må altså ikke falde under 2.0 volt, og vi skal endda sørge for, at der er tilstrækkelig spænding til rådighed til, at vi kan belaste udgangen med et par kredse sammen med lysdioden.

Af grafen for HØJ-tilstanden ses, at hvis vi bruger 6 mA til lysdioden, er udgangsspændingen faldet til ca. 2.8 volt.

Hver TTL-indgang, vi kobler på, belaster kredsen svarende til et fald i udgangsspændingen på omkring 0.1 volt. Der er således "plads" til at tilslutte tre (måske fire) kredse udover lysdioden. Dette har vi anset for at være tilstrækkeligt.

Spændingsfaldet over en lysdiode med lys i sætter vi til 2 volt. Resten - op til de 2.8 volt - lader vi falde over en modstand:



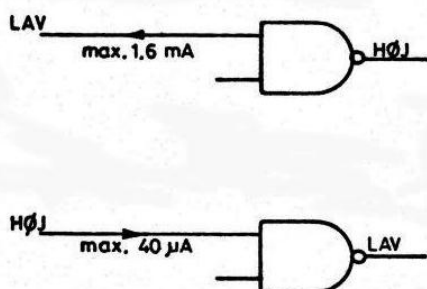
og for at være helt på den sikre side, har vi som standard valgt  $R = 220 \Omega$ .

### 3.1.3 Specifikationer for indgangsstrømmene

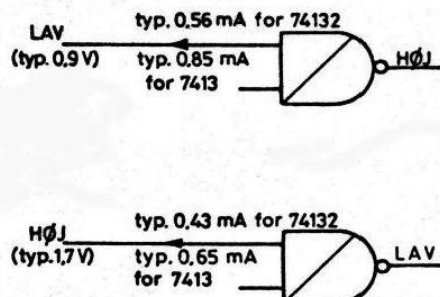
Når en gate-indgang gøres HØJ eller LAV, vil der løbe strøm i indgangsledningen. (NB: I en svævende indgang løber der naturligvis ikke nogen strøm. Vi har imidlertid heller ikke gjort noget for at gøre den HØJ, den virker blot sådan).

For de to gate-typer, vi arbejder med, kan vi illustrere specifikationerne sådan:

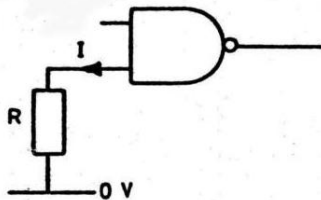
For de "almindelige" gates:



For 7413 og 74132:



Når vi "trækker en indgang LAV" med en modstand, bliver indgangsspændingen:



$$U_{\text{ind}} = R \cdot I$$

For en "almindelig" gate finder vi:

$$R = \frac{0.8 \text{ V}}{1.6 \text{ mA}} = 500 \Omega.$$

Hvis indgangen med sikkerhed skal være LAV gennem en modstand til nul, må denne altså højst være 500  $\Omega$ .

For Schmitt-triggergatene finder vi tilsvarende:

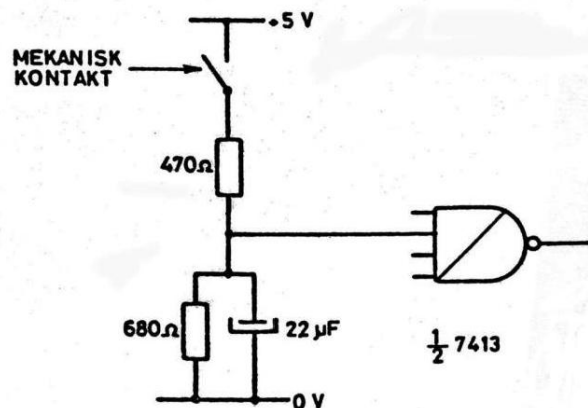
$$7413: R = 1 \text{ k}\Omega$$

$$74132: R = 1.6 \text{ k}\Omega.$$

For disse gates kan vi altså regne med, at indgangen bliver LAV, hvis vi anbringer henholdsvis 1 k $\Omega$  og 1.6 k $\Omega$  til nul.

Dette har haft betydning ved dimensioneringen af modstanden i prelfangeren (der omtales nærmere side L 161):

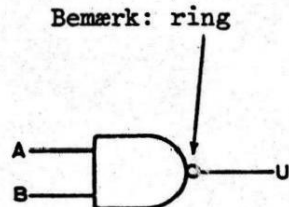
Når kontakten er afbrudt, skal indgangen være LAV. Hertil har vi brugt den standardværdi i E6-rækken, der var nærmest ved 1 k $\Omega$ , og som med sikkerhed ville trække indgangen LAV, altså 680  $\Omega$ . Systemet vil formentlig også virke med 1 k $\Omega$ , men det har vi anset for at være for tæt på den teoretiske grænse.





### 3.1.4 Gate-typer

#### NAND-gate:



#### Sandhedsskema:

A	B	U
H	H	L
H	L	H
L	H	H
L	L	H

7400: 4 NAND-gates med hver 2 indgange.

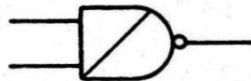
74132: 4 Schmitt-trigger NAND-gates med hver 2 indgange.

7420: 2 NAND-gates med hver 4 indgange.

7413: 2 Schmitt-trigger NAND-gates med hver 4 indgange.

7430: 1 NAND-gate med 8 indgange.

Dette symbol:



markerer, at gaten yderligere har schmitt-trigger virkning.

#### INVERTER:

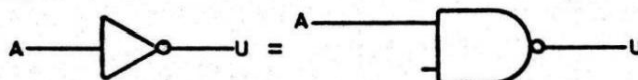
#### Sandhedsskema:



A	U
H	L
L	H

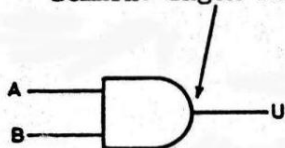
7404: 6 invertere.

Vi bruger ikke invertersymbolet, fordi vi overalt har anvendt NAND-gates med den ene indgang HØJ (svævende) som invertere:



AND-gate:

Bemærk: ingen ring



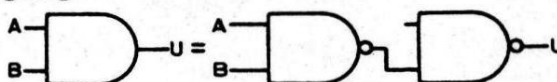
## Sandhedsskema:

A	B	U
H	H	H
H	L	L
L	H	L
L	L	L

7408: 4 AND-gates med hver 2 indgange.

7421: 2 AND-gates med hver 4 indgange.

AND-gate opbygget af NAND-gates:

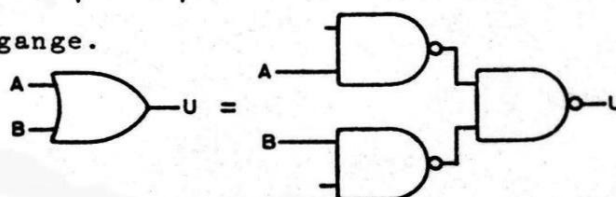
OR-gate:

## Sandhedsskema:

A	B	U
H	H	H
H	L	H
L	H	H
L	L	L

7432: 4 OR-gates med hver 2 indgange.

OR-gate opbygget af NAND-gates:

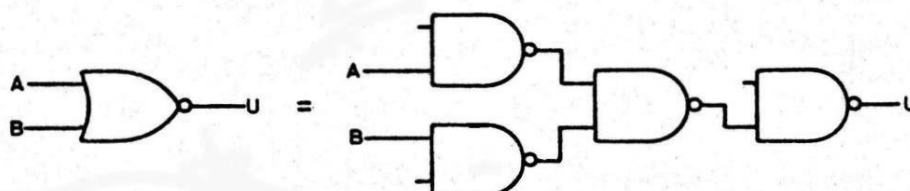
NOR-gate:

## Sandhedsskema:

A	B	U
H	H	L
H	L	L
L	H	L
L	L	H

7402: 4 NOR-gates med hver 2 indgange.

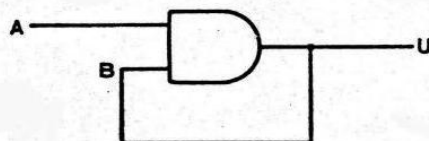
NOR-gate opbygget af NAND-gates:



### 3.1.5 Flip-flops

Flip-flop'en (også kaldet den bistabile multivibrator), er den fundamentale enhed i tællere og i hukommelser.

Flip-flop'en kan opbygges på en meget enkel måde ved hjælp af to NAND-gates, men for at forstå dens virkemåde, er det hensigtsmæssigt at starte med at se på følgende kredsløb med en tilbagekoblet AND-gate:



Selv om kredsløbet ser enkelt ud, er en beskrivelse af dets funktion med ord alene ret omstændelig og tung. Følg derfor med på tegningen af impulsforløbene nedenfor, mens denne tekst læses: Lad os sige, at systemet er i følgende

udgangstilstand: A er HØJ og U (og dermed B) er HØJ. A, B og U "passer" sammen ifølge sandhedsskemaet, og tilstanden er derfor acceptabel (Tilstanden A = LAV og U = HØJ ville ikke være realisabel).

#### 1. skridt:

Vi gør A LAV.

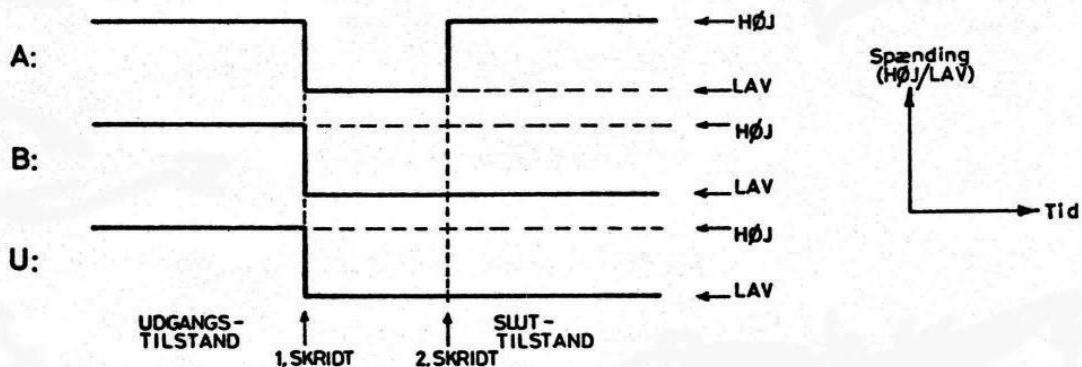
Derved bliver U (og B) LAV.

Denne tilstand er acceptabel.

#### 2. skridt:

Vi gør A HØJ igen.

Tilbagekoblingen fra U til B bevirker, at U forbliver LAV. Enheden har "låst" sig selv fast i sluttilstanden med U = LAV.





X

De tre impulsforløb er tegnet i samme tidslige skala, og giver et hurtigt og præcist overblik over systemets funktion.

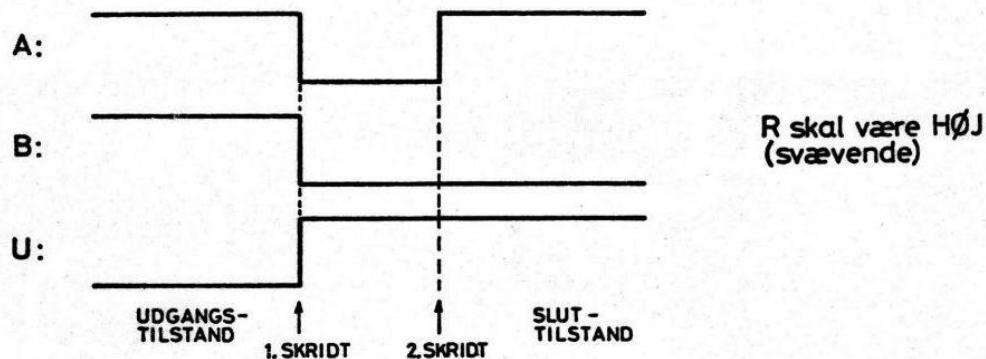
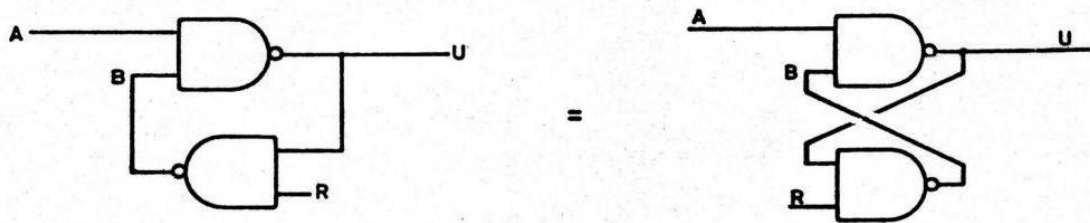
For at gøre tegningen helt klar, har vi markeret "HØJ" og "LAV" på de tre impulsset. Dette vil vi herefter blot lade være underforstået.

Vi kan nu sammenfatte beskrivelsen af systemets funktion på denne måde:

Når vi starter med både A og U HØJE, og på et senere tidspunkt konstaterer, at U er LAV, kan vi slutte, at A mindst én gang i det mellemliggende tidsrum må have været LAV.

Enheden har således registreret og husket en begivenhed.

Vi kan ikke umiddelbart gøre det samme med en NAND-gate, der jo inverterer signalet. Men vi klarer det ved også at invertere det tilbagekoblede signal:



Vi starter med at lade indgang R svæve (dvs  $R = \text{HØJ}$ ).

Her starter vi fra følgende

udgangstilstand:  $A = \text{HØJ}$  og  $U = \text{LAV}$ .

$U = \text{LAV}$  medfører  $B = \text{HØJ}$  (jfr. sandhedsskemaet).

1. skridt: Vi gør A LAV.  
Herved bliver U HØJ, og dermed B LAV.
2. skridt: Vi gør A HØJ igen.  
Men da B er LAV, har vi stadig  $U = HØJ$ .  
Systemet er altså låst i tilstanden med  $B = LAV$   
og dermed  $U = HØJ$ .

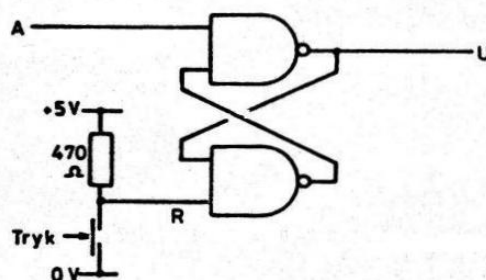
Igen har vi fået registreret, at A på ét eller andet tidspunkt må have været LAV.

Flip-flop'en med NAND-gates har en særlig finesse:

Vi kan "låse den op" igen ved et øjeblik at gøre indgangen R LAV. Herved bliver  $B = HØJ$ , og når A også er HØJ, bliver  $U = LAV$ . Dermed er vi tilbage i udgangstilstanden, hvor den forbliver, indtil A på et tidspunkt igen bliver LAV.

Denne tilbagestillingsfunktion betegnes som "Reset".

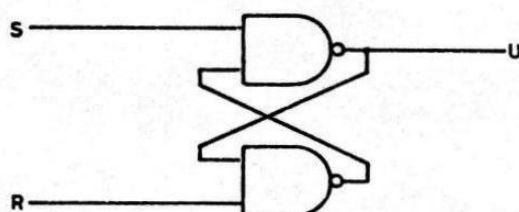
Her er det Reset-system, der er anvendt i elevteksten:



Modstanden sikrer, at R-indgangen normalt er HØJ, men kan som regel udelades, fordi en svævende indgang jo er HØJ. Den er indsat her for at være helt sikker på, at  $R = HØJ$ .

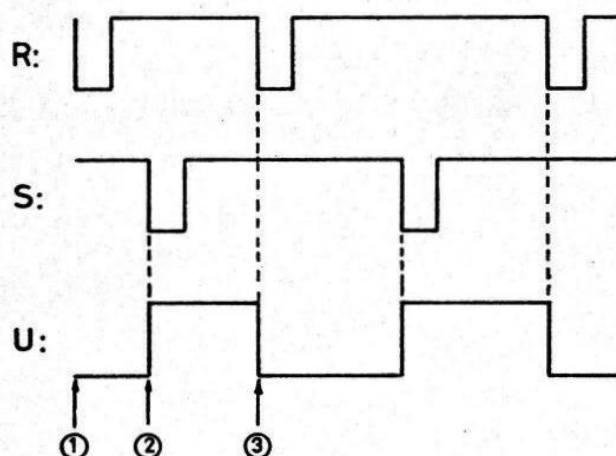
Når trykknappen aktiveres, bliver R med sikkerhed LAV, dvs. flip-flop'en reset'er.

I "tidtageren" i elevteksten side E 117 bruger vi flip-flop'en i en mere symmetrisk kobling, der kan tegnes sådan:



Med  $R = HØJ$  gør vi  $S = LAV$  et øjeblik, og får derved  $U = HØJ$ .  
 $S$ -indgangen betegnes "Set", - den "sætter" udgangen  $HØJ$ .  
Gør vi  $R$   $LAV$ , sker det modsatte: Vi "reset'er" udgangen til  $LAV$ .  
Denne type flip-flop kaldes en RS-flip-flop.

Impulsforløb for RS-flip-flop:



Vi starter med en Reset-impuls: ①

Når  $S$  samtidig er  $HØJ$ , er vi sikre på, at vi kommer i udgangstilstanden med  $U = LAV$ .

Når  $S$  "går  $LAV$ ", "går  $U$   $HØJ$ " ② og på den næste Reset-impuls (dvs når  $R$  går fra  $HØJ$  til  $LAV$ ), går  $U$   $LAV$  igen: ③

Tegningerne af impulsforløbene er, som læseren sikkert har erfaret i det foregående, et nyttigt hjælpemiddel til beskrivelse og forståelse af et dynamisk systems funktion.

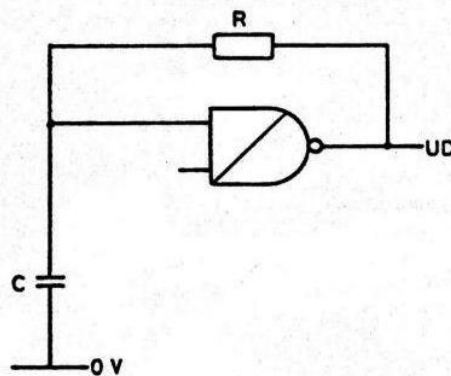
I blot lidt større systemer er en beskrivelse med ord alene stort set ulæselig. Her bliver en beskrivelsesform ved hjælp af impulsforløbene altså en nødvendighed.

Vi lader derfor eleverne møde denne metode flere steder i elevteksten. Hvis læreren ser, at en elev fanger ideen, kan det stærkt anbefales, at den udbygges og anvendes så meget som muligt.

### 3.2 SCHMITT-TRIGGER NAND-GATES 7413 OG 74132

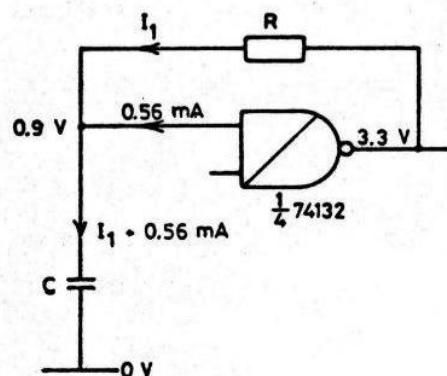
#### 3.2.1 Firkantgeneratorer

Firkantgeneratorerne i elevteksten er opbygget på denne måde:



For at forstå virkemåden, starter vi med at betragte kredsløbet lige i det øjeblik, hvor udgangen er blevet HØJ.

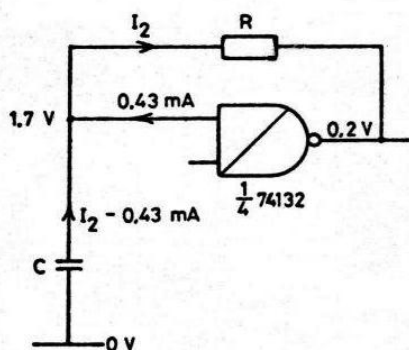
Vi har da følgende spændinger:



Strømmen fra den HØJE udgang gennem R, vil oplade C sammen med de 0.56 mA fra indgangen.

Spændingen over C - og dermed indgangsspændingen - vil følge vokse.

I det øjeblik den når 1.7 volt (øvre skiftespænding), slår schmitt-triggeren om, og vi får denne tilstand:

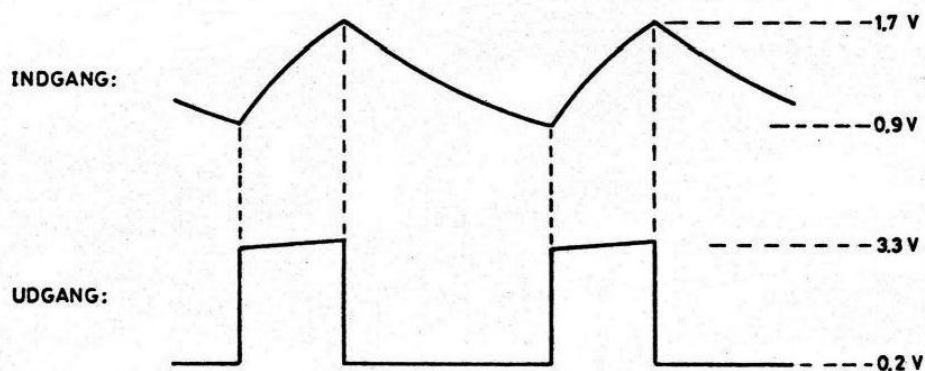


Nu vil den HØJE indgang sende strøm gennem R mod den LAVE udgang. Denne strøm er sammensat af kondensatorens afladestrøm plus strømmen fra indgangen (0.43 mA).

Kondensatorspændingen (og dermed indgangsspændingen) falder her ved fra de 1.7 volt.

I det øjeblik spændingen når 0.9 volt, starter det hele forfra.

På et 2-spor skop vil man kunne se følgende kurveformer:



Frekvensen kan tilnærmet beregnes af:  $f = \frac{0.7}{R \cdot C}$ .



Køres firkantgeneratoren med lavere driftspænding (f.eks. på et 4.5 V batteri), bliver de angivne spændingsniveauer tilsvarende lavere.

Spændingen på generatorens udgang er LAV i længere tid, end den er HØJ. (Ca. dobbelt så lang tid). Vi siger, at mark-space-forholdet er ca. 1:2.

En anden, ofte anvendt måde at udtrykke dette på, er ved hjælp af begrebet duty-cycle, der angiver, hvor stor en del af en hel periode, udgangen er HØJ.

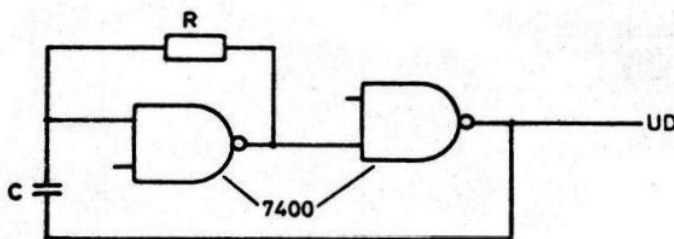
Her er duty-cycle således ca. 0.3.

På side L159 viser vi, hvordan man kan gribe ind i kondensatorens afladningstid således, at man selv kan bestemme signalernes duty-cycle, herunder specielt få "symmetriske" firkanter, dvs signaler med duty-cycle 0.5.

Det, der betinger generatorens funktion er, at øvre og nedre skiftespænding er forskellige. Forskellen (her 0.8 volt) kaldes schmitt-triggerens hysteresese.

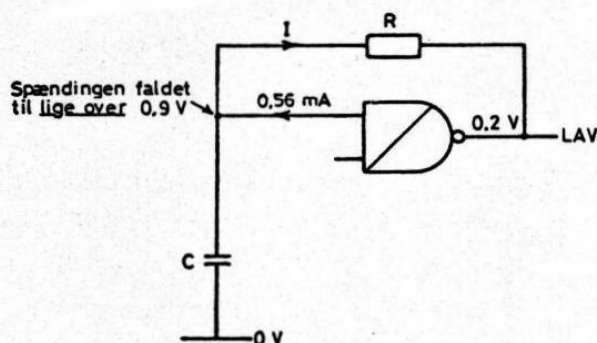
De "almindelige" gates (f.eks. 7400) har - som det fremgår af grafen side L 142 - ingen hysteresese, og de kan følgelig ikke fungere som generatorer i denne opstilling.

Derimod kan to gates fra f.eks. 7400 kobles som oscillator på denne måde:



Hvis tilbagekoblingsmodstanden R i firkantgeneratoren bliver for stor, fungerer generatoren ikke.

Årsagen hertil er følgende:



Tegningen viser en tilstand, hvor udgangen er LAV.

Indgangen er stadig HØJ, men vi tænker os, at kondensatoren er afladet så meget, at vi står umiddelbart over for skiftet til LAV indgang.

Strømmen ud af indgangen vil nu være knap 0.56 mA, og denne strøm løber gennem R.

For at kondensatoren overhovedet kan aflade, skal den totale strøm gennem R følgelig være større end 0.56 mA.

Spændingsfaldet over R er  $0.9 - 0.2 = 0.7$  volt. Den største resistans, der også "giver plads for" en afladestrøm, bliver:

$$R_{\max} = \frac{0.7 \text{ V}}{0.56 \text{ mA}} = 1.2 \text{ k}\Omega$$

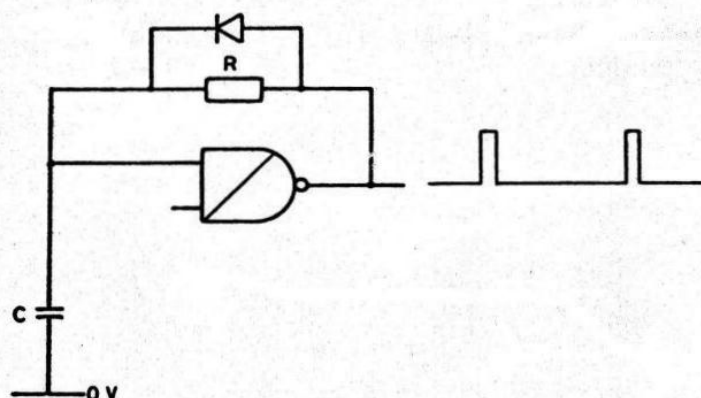
De værdier, beregningen hviler på, er fabrikkens "typiske", dvs. vi må regne med, at der kan forekomme afvigelser i praksis.

Med en særlig kobling er det muligt at bruge meget større værdier af R.

Denne kobling benyttes i "En TTL-firkantgenerator", der er beskrevet på side L 164.

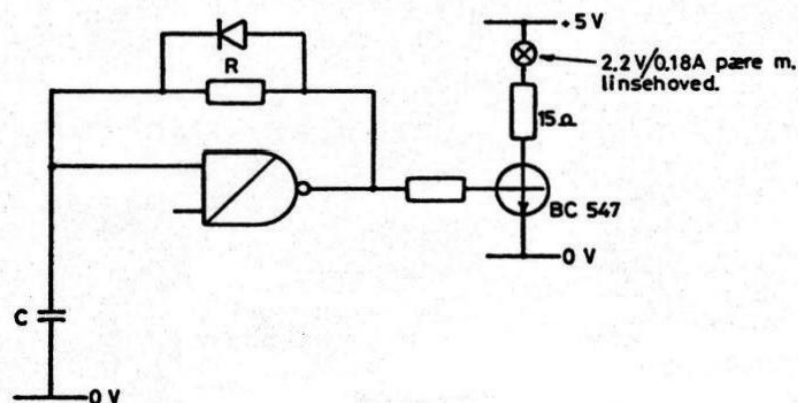


Følgende kobling vil afgive kortvarige impulser:



Når udgangen er LAV, aflades C på normal måde gennem R (dioden er jo i den situation forspændt i spærreretningen). Når udgangen bliver HØJ, leder dioden, og C oplades meget hurtigt (uden om R) gennem dioden. Udgangen bliver altså LAV igen straks efter.

Denne generator kan f.eks. anvendes i en "lyskanon":

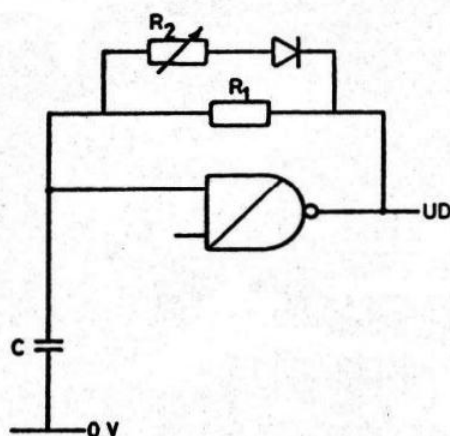


R og C tilpasses, så pæren afgiver korte glimt med passende mellemrum (frekvens).

Har man yderligere mulighed for at anbringe pæren i en stump elektriskerrør med en ekstra linse foran, kan man opnå koncentreret lysglimt, der kan registreres på et system via en LDR-modstand - hvis man kan ramme!

Systemet kan udbygges med en højttaler til markering af "skudene", og med et system, der "affyrer salver" på f.eks. 50 skud ad gangen.

Sætter vi en modstand i serie med dioden, begrænses kondensatorens afladestrøm. Ad denne vej får vi mulighed for at styre generatorens duty-cycle. Ved at variere  $R_2$  i den viste kobling, kan vi f.eks. opnå duty-cycle = 0.5.



I "sirenen" (ET 5) og i "spilledåsen" (ET 11) griber vi ind i kondensatorens op- og afladningstider på en anden måde, nemlig ved at sende en ekstra ladestrøm ind på kondensatoren.

Bliver denne strøm for stor, risikerer vi, at indgangen tvinges permanent HØJ, hvorved generatoren går i stå.

Sker dette i "spilledåsen", kan man gøre den enlige 4.7 k $\Omega$ -modstand (side E 74), der fører til generatorindgangen, større.

Både ved "sirenen" og ved "spilledåsen" kan vi beskrive funktionen som en frekvensmodulation af generatoren ved hjælp af en ydre spænding.

Generatorer, der er specielt indrettet til at afgive en spændingsstyret frekvens, spiller en stor rolle i moderne elektronik. En sådan generator kaldes en VCO (Voltage Controlled Oscillator).

Hvis generatoren anvendes som master-oscillator i et el-orgel, kan man let indføre vibrato for samtlige toner, der styres af denne oscillator, ved at lægge en 5-7 Hz sinus (med ikke for stor amplitude) på indgangen.

I afsnit 3.3.3 viser vi et eksempel på VCO'ens funktion i et såkaldt fase-lås kredsløb (PLL).

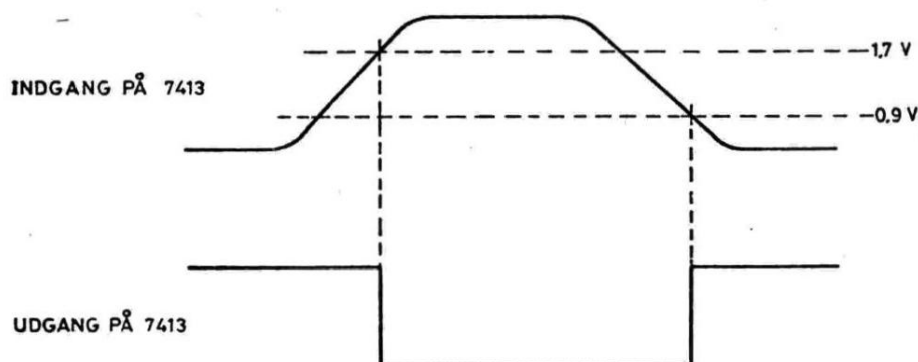
### 3.2.2 Impulsformere

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,

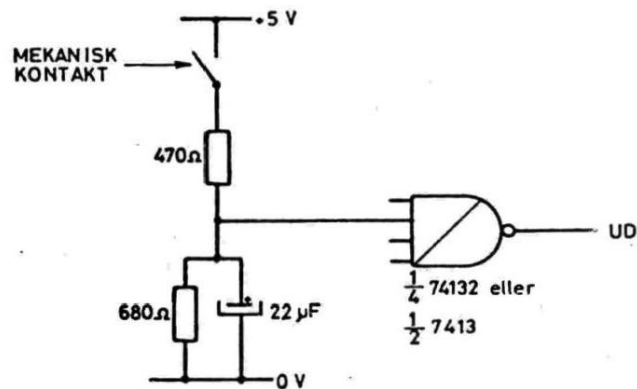
kortvarige forbindelser inden den endelig kontaktslutning finder sted. Dette vil virke som om kontakten ikke afgiver én, men mange impulser.

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

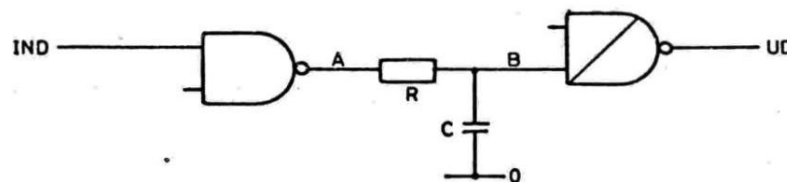


er tidskonstanten tilpasset sådan, at prellet udglattes. Samtidig får selve impulsen også "bløde" kanter, der derefter "rettes op" i schmitt-triggeren.

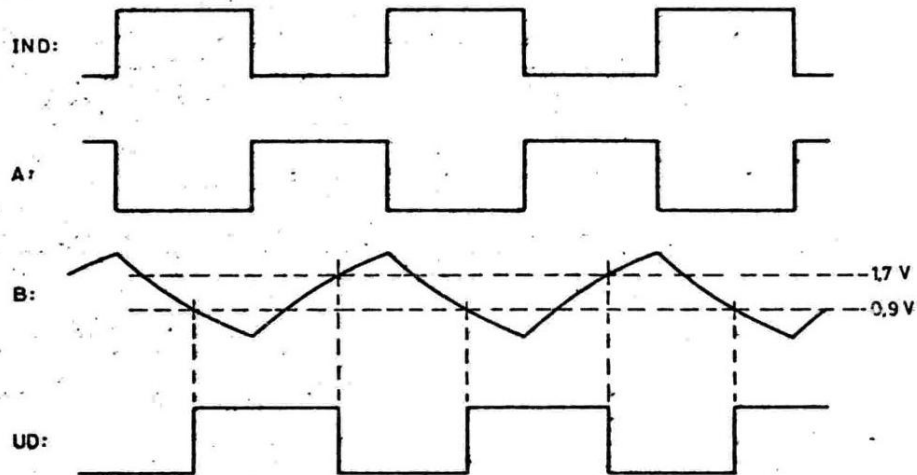
### 3.2.3 Andre anvendelser af 7413/132

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

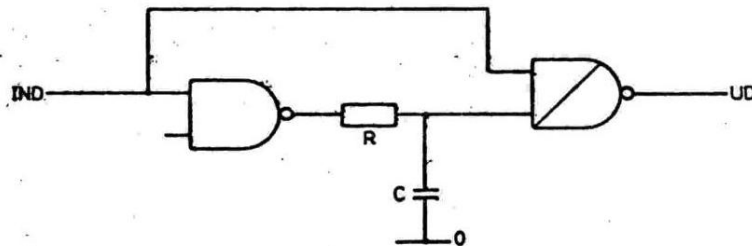
1) En "impulsforsinker":



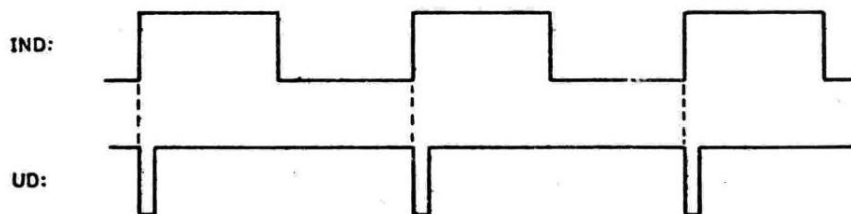
Beskrivelse af funktionen:



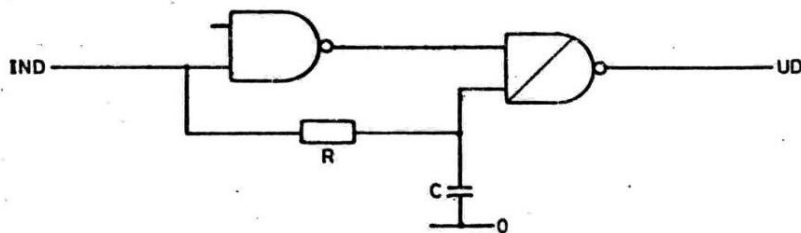
2) En "detektor for positivt gående kanter":



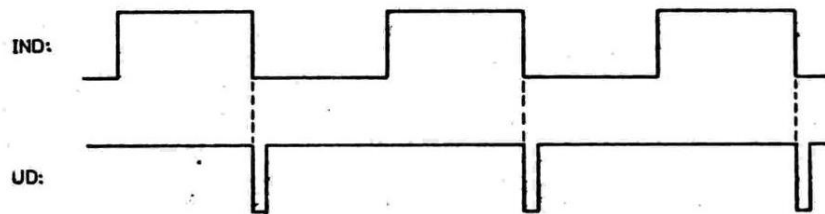
Kredsløbet analyseres på samme måde som ved "impulsforsinkereren".  
Resultatet er:



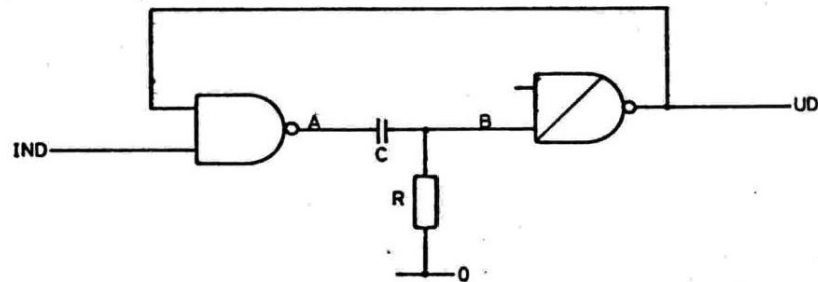
3) En "detektor for negativt gående kanter":



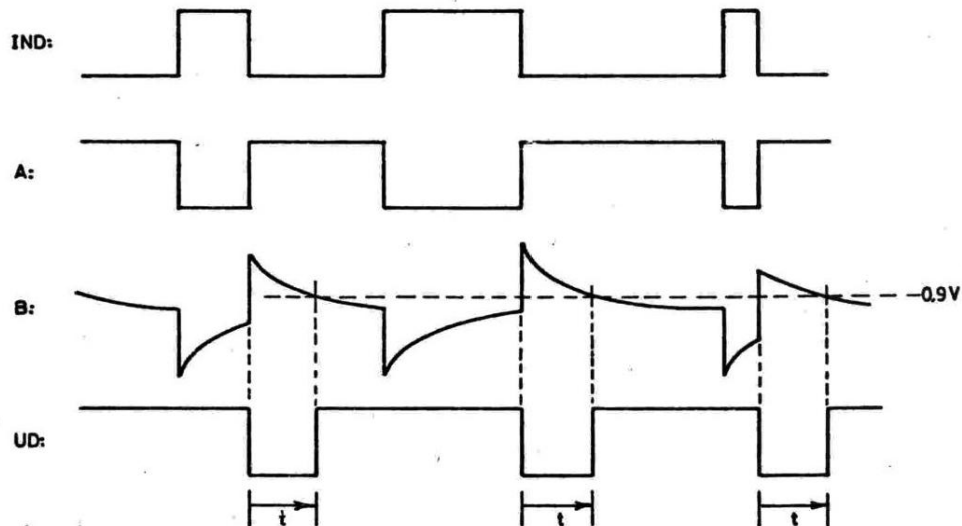
Beskrivelse af funktionen:



4) En monostabil multivibrator.



Beskrivelse af funktionen:



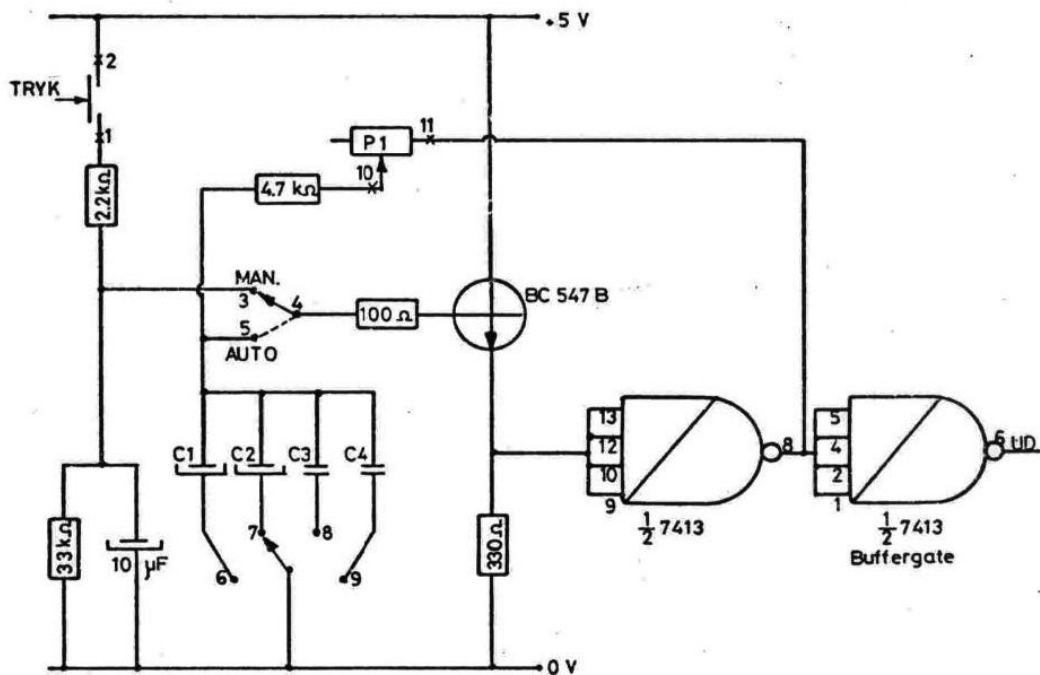
Udgangsimpulserne får en fast længde ( $t$ ), bestemt af  $R$  og  $C$ , uafhængigt af indgangsimpulserne.

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

### 3.2.4 En firkantgenerator. Byggevejledning

Ved at anbringe en emitterfølger i tilbagekoblingen opnår vi, at der kan anvendes langt større resistans i den frekvensbestemende tilbagekobling end omkring 1 k $\Omega$ , der er maximum i den almindelige" firkantgenerator.

Ved at koble forskellige kondensatorer ind, kan vi med denne generator ændre frekvensen fra ca. 0.4 Hz til ca. 4 kHz. Printet på næste side er tegnet til 7413, men generatoren kan naturligvis også laves med 74132.



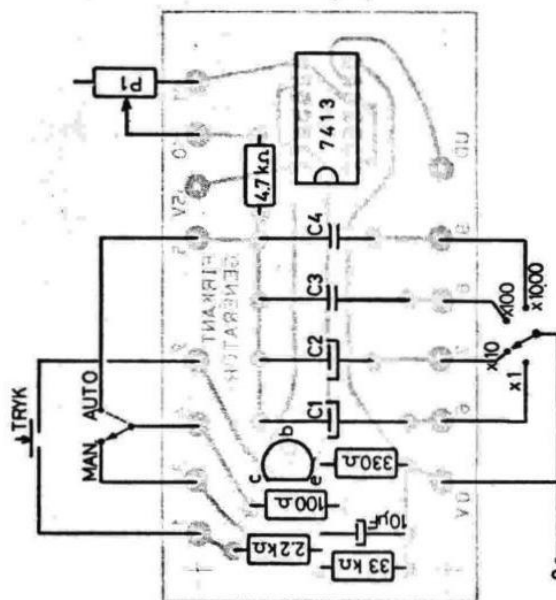
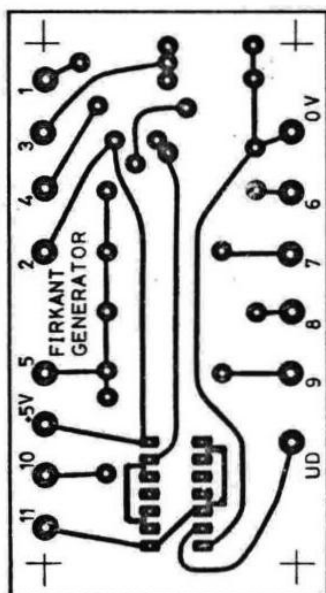
AUTO/MAN. er en en-polet vippeomskifter.

I stilling MAN. (manuel), afgiver generatoren enkeltimpulser ved tryk (via en sædvanlig prelfanger). Udgangen er normalt LAV, men bliver HØJ ved tryk.

I stilling AUTO (automatisk) træder tilbagekoblingen i funktion, og systemet går i sving med en frekvens, der er bestemt af hvilken kondensator, der er inde, og af stillingen af P1.



Print og komponentplacering:



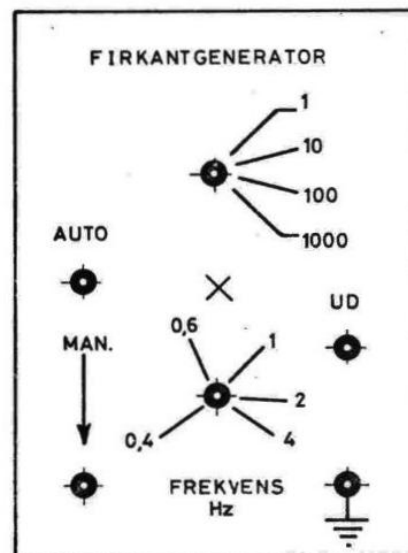
Vi har monteret generatoren i en metalkasse TEKO type BC/1, og forpladeskiltet nedenfor er tegnet til denne.

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 trykknapp  |                |
| 2 knapper (til omskifter og variabel modstand)                                       |                |
| 1 monteringskasse TEKO BC/1  |                |
| 4 telefonbøsninger. Heraf monteres to på kassens bagside til 5 V spændingsforsyning. |                |

Vippe-Omskifter →

Trykknapp →



### 3.3 NØJAGTIGE TIDSIMPULSER

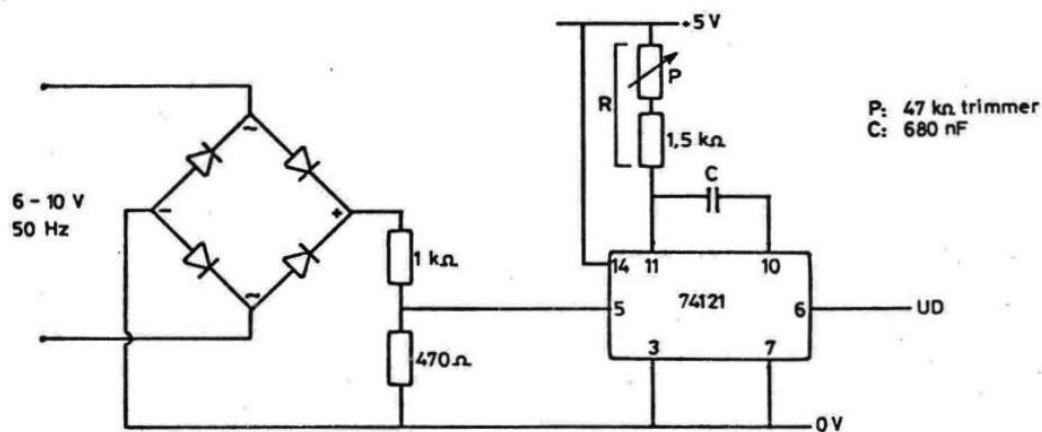
#### 3.3.1 Impulser med lysnettets frekvens

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 firkantgeneratorer med 7413/132 hverken er nøjagtige eller stabile, er lysnetfrekvensen 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:

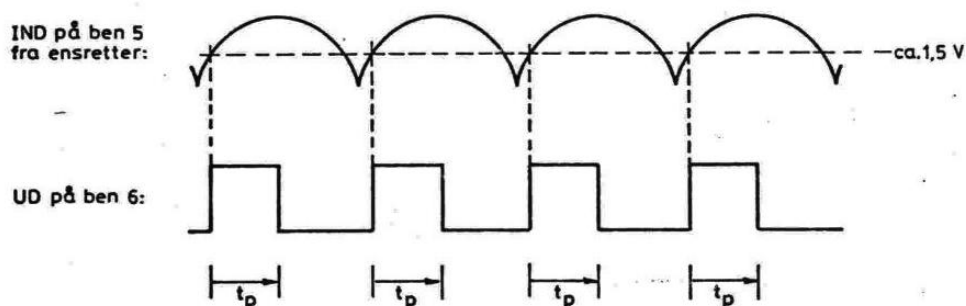
$$t_p = \text{ca. } 0.7 \cdot RC.$$

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 hysteresese. Vi bruger en "gennemsnitsværdi" på 1.5 V.

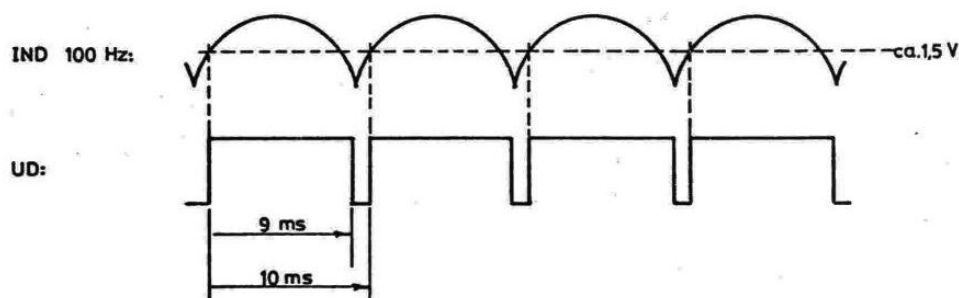
74121 har flere faciliteter end vi har brug for her. Disse sættes ud af funktion ved at gøre ben 3 LAV.

Kredsen triggles, når indgangen går HØJ.

Impulsforløbet kan skitseres sådan:



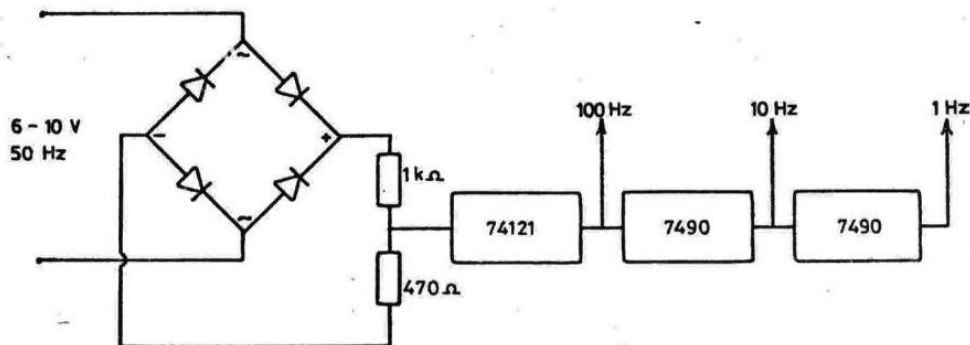
Finessen ved systemet er, at 74121 er ufølsom overfor yderligere impulser på indgangen i den periode, hvor udgangen er HØJ. Den kan altså ikke triggles igen, før udgangen er blevet LAV. Vi justerer derfor tidskonstanten RC med trimmeren, sådan at udgangen er HØJ næsten hele tiden, svarende til duty-cycle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

### 3.3.2 Timingmodulet

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

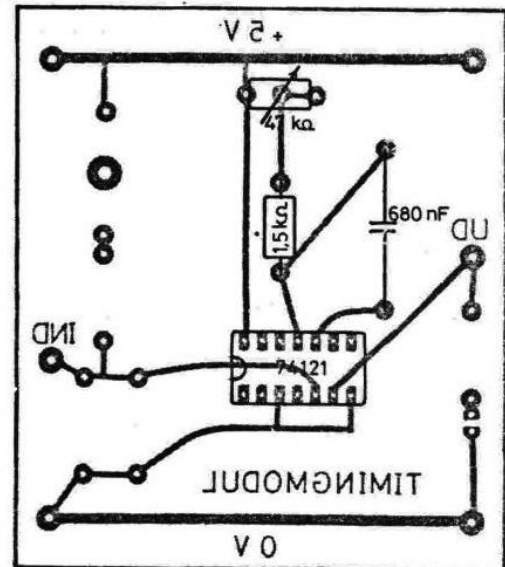
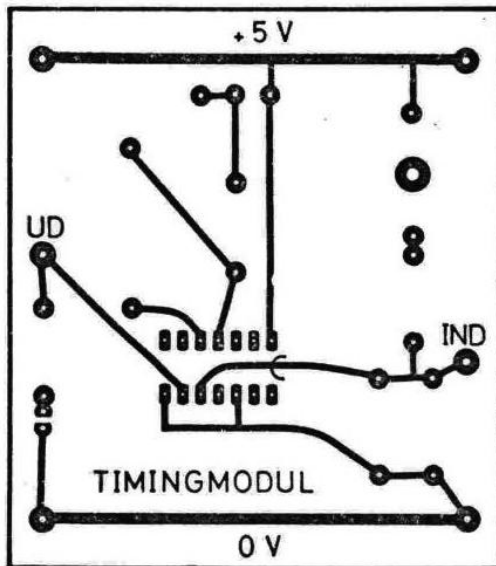
Dette modul har vi døbt timingmodulet.

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 trykknop, 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 timingmodulet som impulsformer til lysnetfrekvensen (altså uden prelfanger):



#### Komponentliste:

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

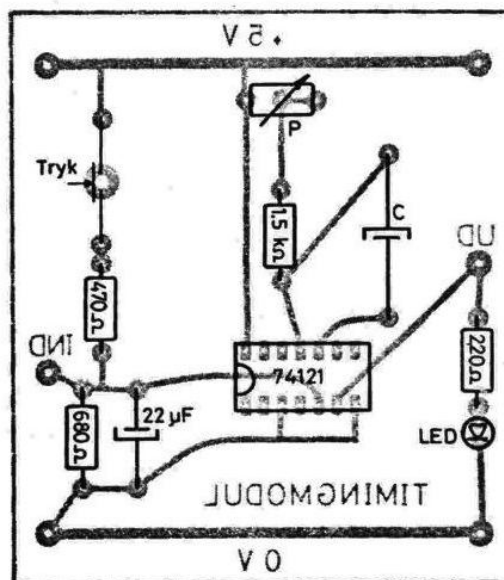
Kun de viste komponenter anbringes i printet. Resten af hullerne bruges senere.

Impulserne til indgangen kommer fra en ensretterdel, der anbringes enten i forbindelse med transformatoren til 5 V spændingsforsyningen eller sømmes op på kanten af modulskinnen 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 $\Omega$  modstand, og  
 47 k $\Omega$  trimmer skal  
 blive siddende.  
 De 680 nF udskiftes  
 med f.eks.  
 1 stk. 100  $\mu$ F.  
 Yderligere monteres:  
 1 stk. 470  $\Omega$ .  
 1 stk. 680  $\Omega$ .  
 1 stk. 22  $\mu$ F.  
 1 stk. trykknop.  
 1 stk. 220  $\Omega$ .  
 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  $\Omega$  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.

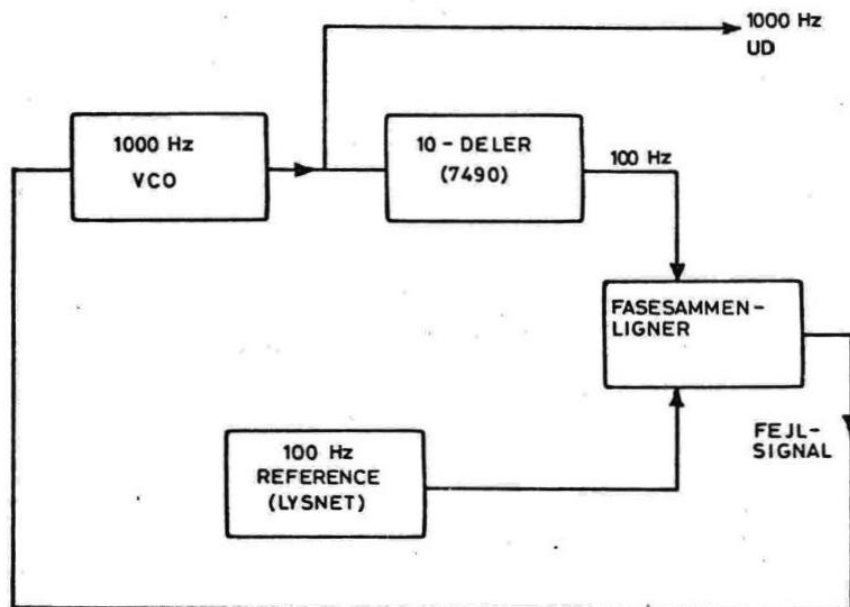
Ved neddeling gennem én eller flere tællere kan vi også få lavere frekvenser (10 Hz, 1 Hz, minutimpulser, timeimpulser etc.) med samme relative nøjagtighed.

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.

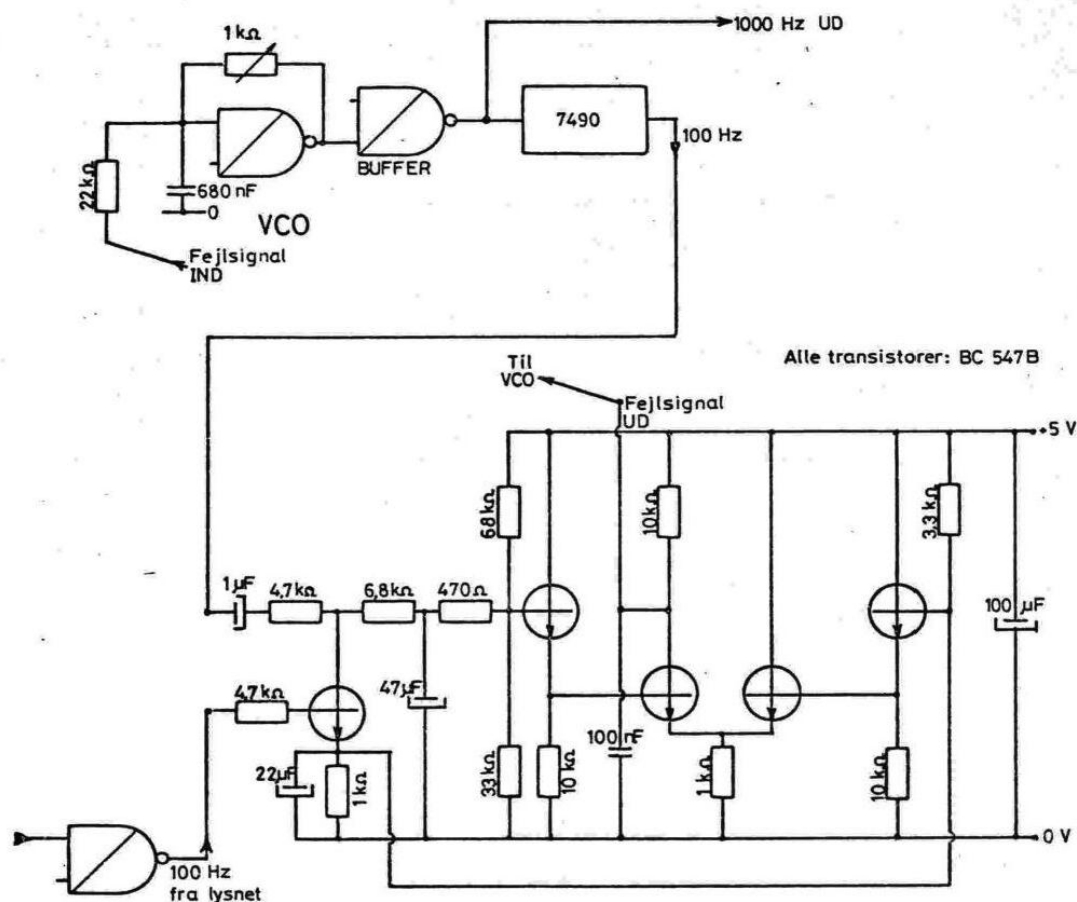
Har vi i almindelighed således blot én nøjagtig og stabil referencefrekvens, kan vi ud fra denne ved frekvenssyntese i et PLL-system, frembringe en hvilken som helst anden frekvens med samme relative nøjagtighed og stabilitet som referencefrekvensen.

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 fasselåst til lysnetfrekvensen.

Hvis fasselås 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 tællerkredsene 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.

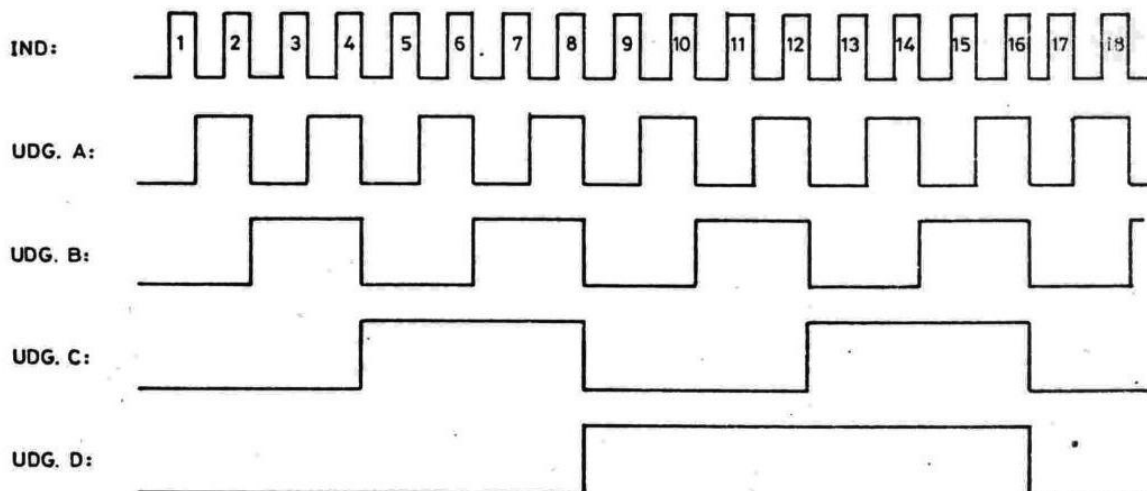
Den tæller altså i vort sædvanlige 10-tal system, men viser de enkelte decimaltal i binær kode. Heraf betegnelsen BCD.

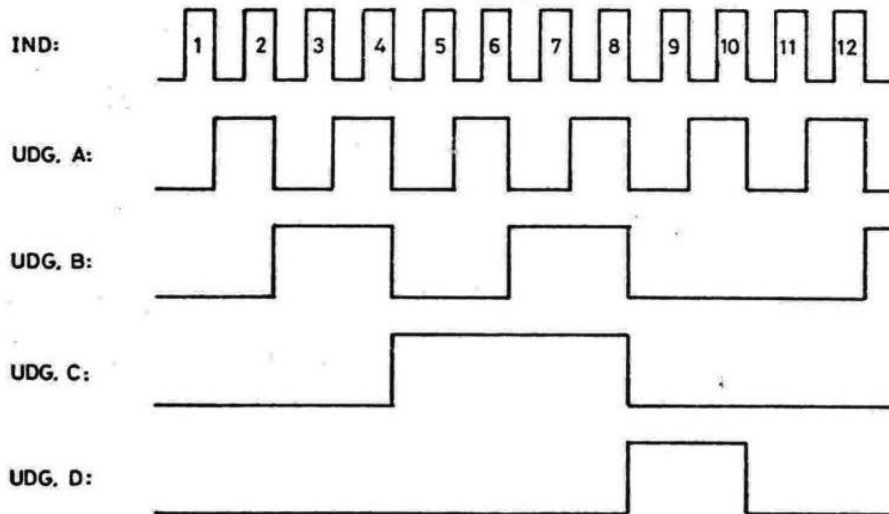
Tællermodulet kan uden ændringer bruges til begge kredse.

Kredsens 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 indgangimpulserne 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.

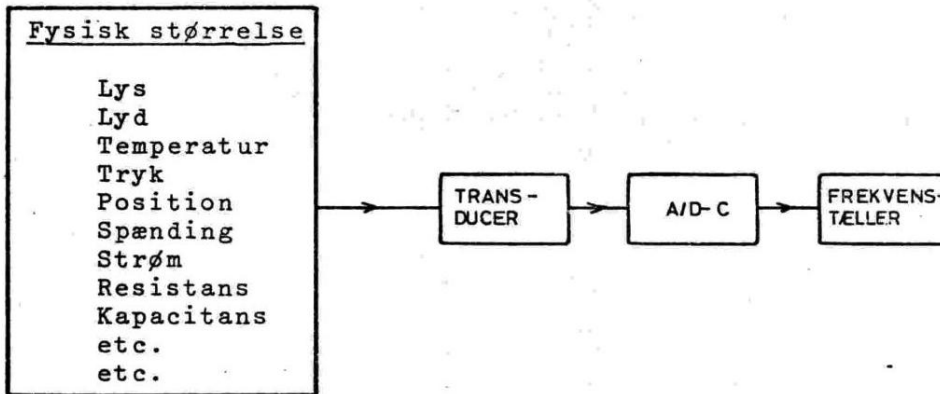
3.4.1 Digitalmåling af fysiske størrelser

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 -

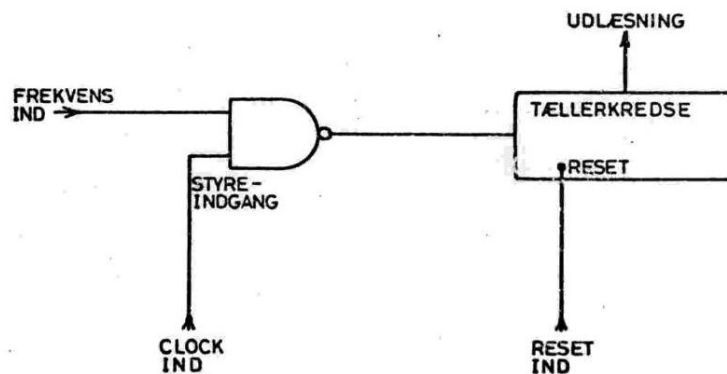
Digitalmålesystemet kan beskrives generelt ved følgende blokdiagram:



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.

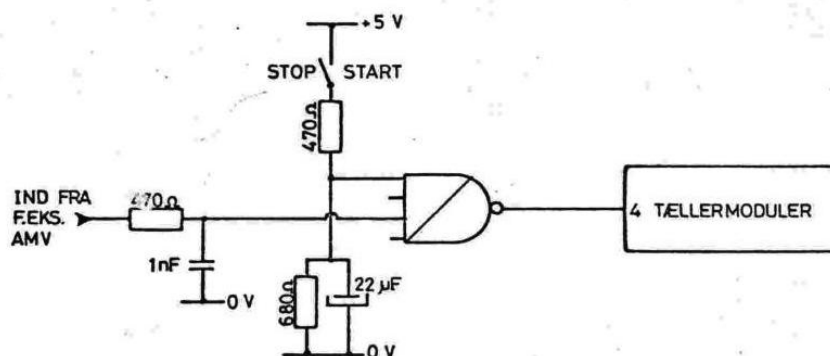
Det kan betale sig at bruge gatemodul type 2 (elevtekst side E 79), hvor komponenterne til prelfangeren samt en vippeafbryder monteres permanent på printet.

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 armbandsur 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.

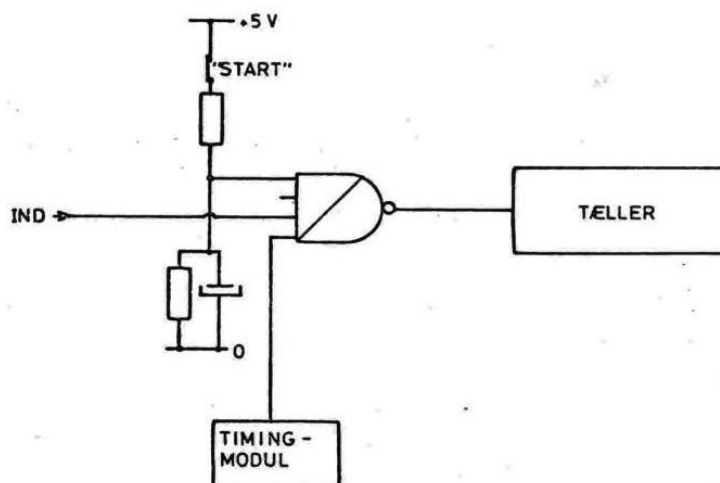
Vi har haft megen glæde af at have nogle tællere af denne type til rådighed ved 1. års-undervisningen.



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

Hvis 470  $\Omega$ /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.

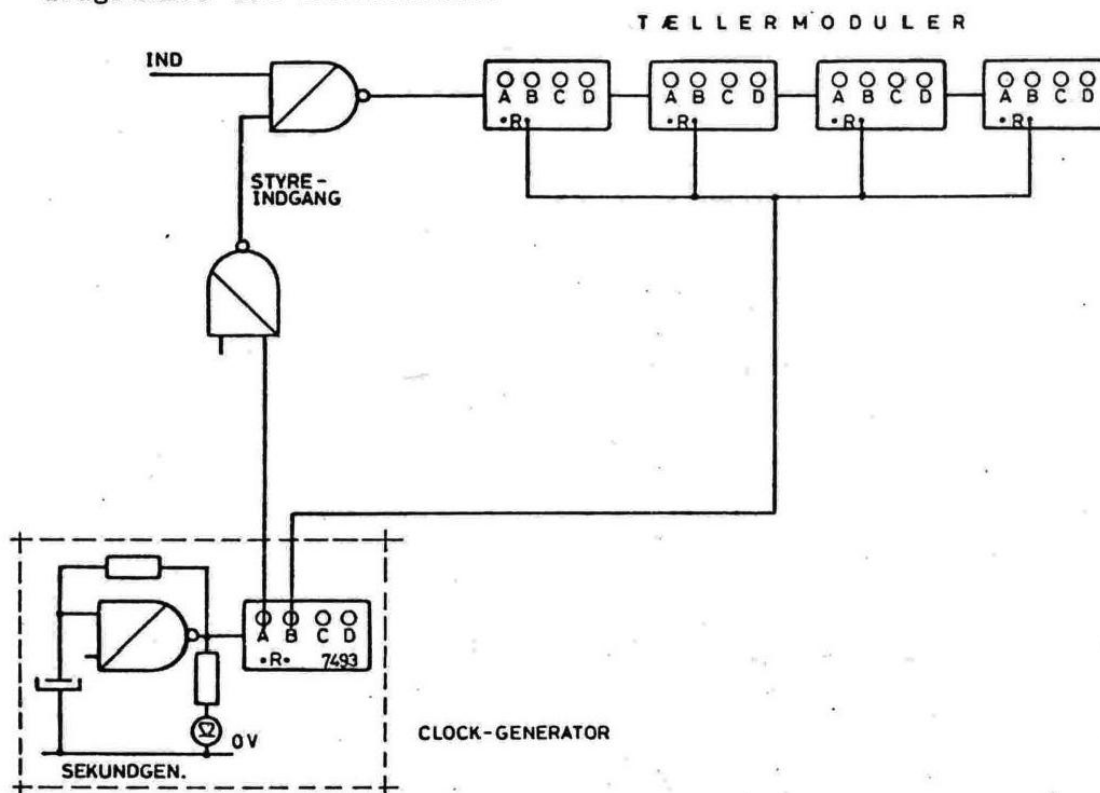
Det er en god idé at bruge start-stop-gaten som styregate for tælleren. Dels har vi så direkte adgang til schmitt-trigger funktionen, og dels kan vi blot ved at fjerne ledningen fra timingmodulet gå over til f.eks. 10 sekunders åbningstid igen.

### 3.4.2.2 Beskrivelse af en automatisk frekvenstæller

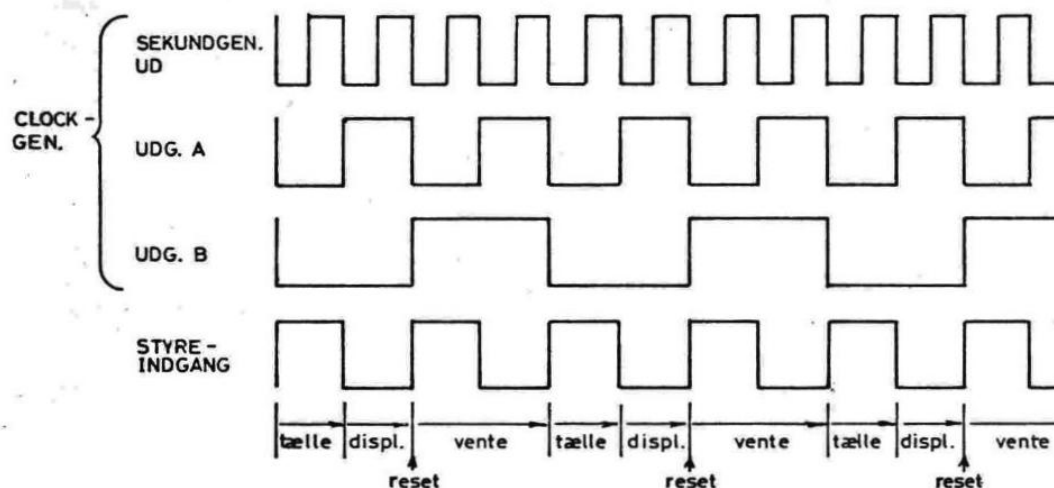
Her skal Reset- og Clock-impulserne komme i rigtig rækkefølge og med passende mellemrum.

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 styre-gaten. 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 sty-relogik, 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 styrelogik-system

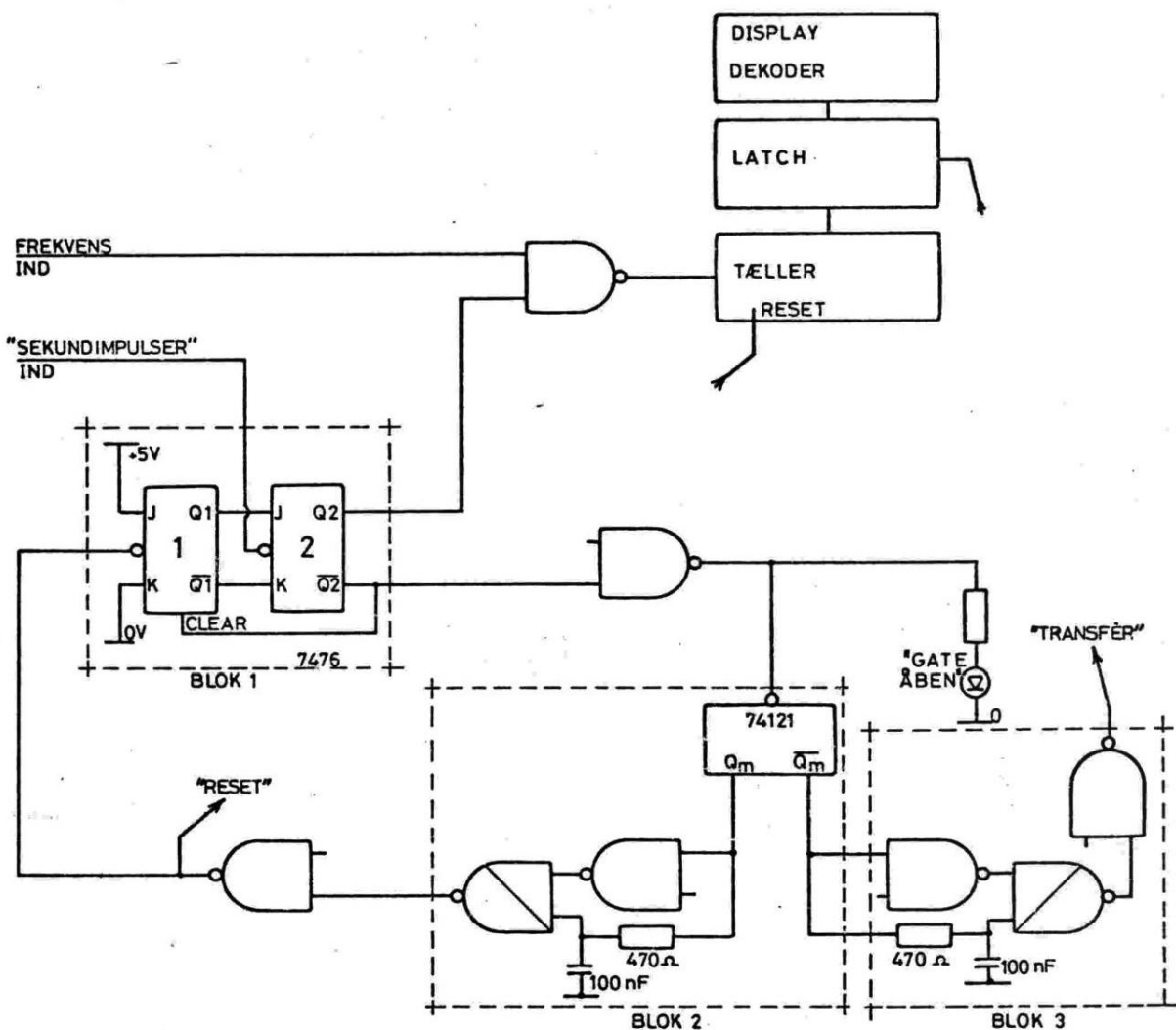
Her giver vi en kort beskrivelse af et logik-system, der kan styre en frekvenstæller. Det kan levere impulser til Reset, til tællergatens styreindgang og til en hukommelse.

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.

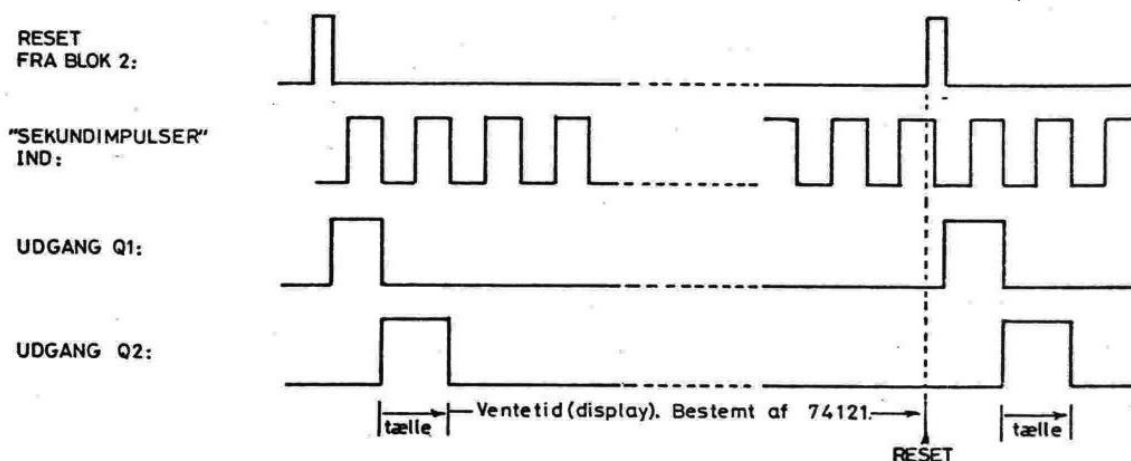
I diagrammet af styrelogikken har vi indrammet de centrale blokke, og skal kort beskrive deres funktion:



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:

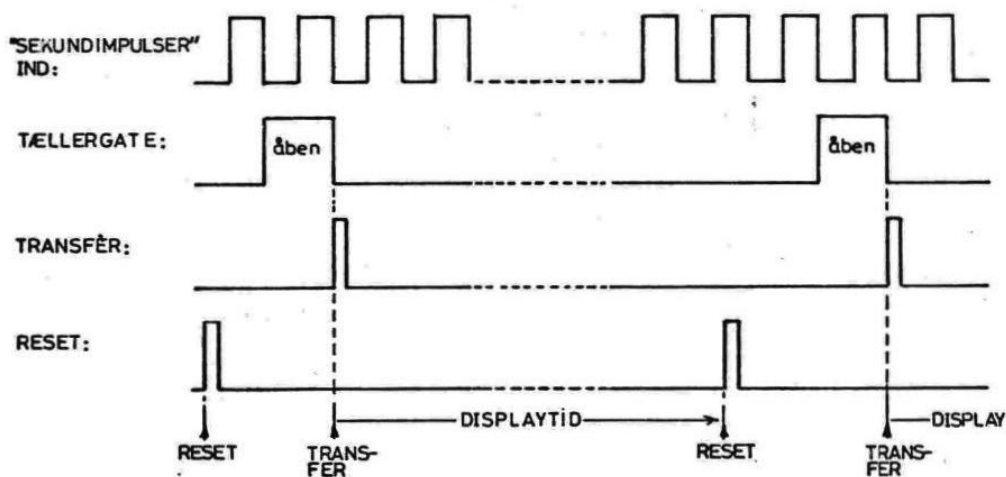
Hvis man ikke ønsker at se displaytallene (eller lysdioderne) blinke under optællingen, kan man anbringe en "hukommelse" - en såkaldt Latch, 7475 - mellem hver tællerkreds og dekoder i ud-læsesystemet. Latchen er behandlet i tillægsopgave 4.6 side L 199.

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:



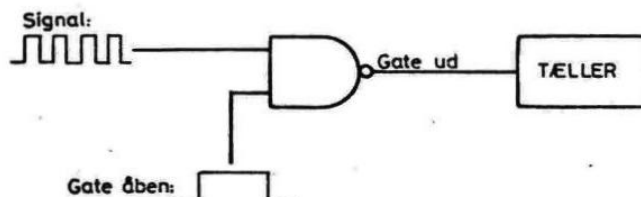
#### 3.4.4 Hvad viser en frekvenstæller?

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

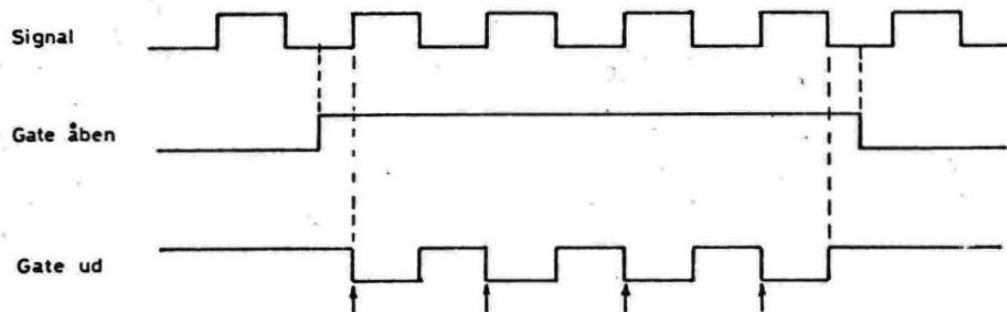
Gaten åbner og lukker i en bestemt takt, der alene er bestemt af Clock-generatoren.

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

Det system, vi arbejder med, ser sådan ud:

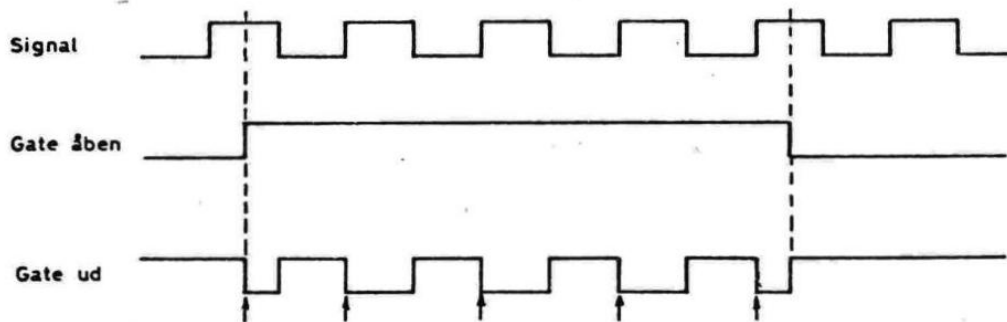


Vi kan skitsere impulsforløbet sådan:



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.

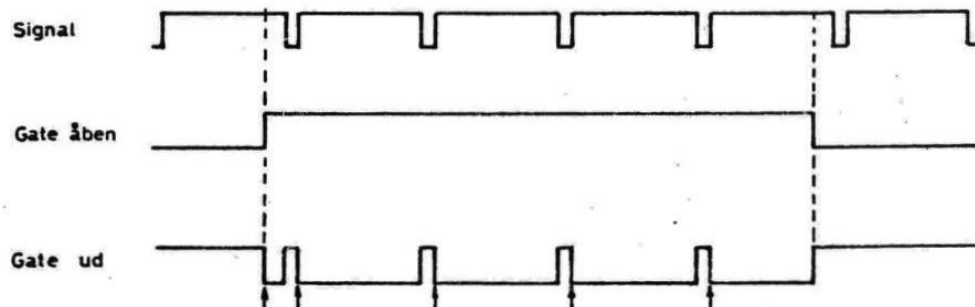
Nu er det som nævnt tilfældigt, hvornår gate-åben impulsen starter i forhold til signalet, så ved den næste måling kan det f.eks. se sådan ud:



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 signalerne 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  $-50^{\circ}$  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 $\Omega$  NTC, mener vi, at resistansen ved 25 grader celcius,  $R_{25}$ , er 1 k $\Omega$ .

$B$ , der måles i K, opgives i databøgerne.

For den 1 k $\Omega$  NTC, vi anvender, angives  $B$  til:

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

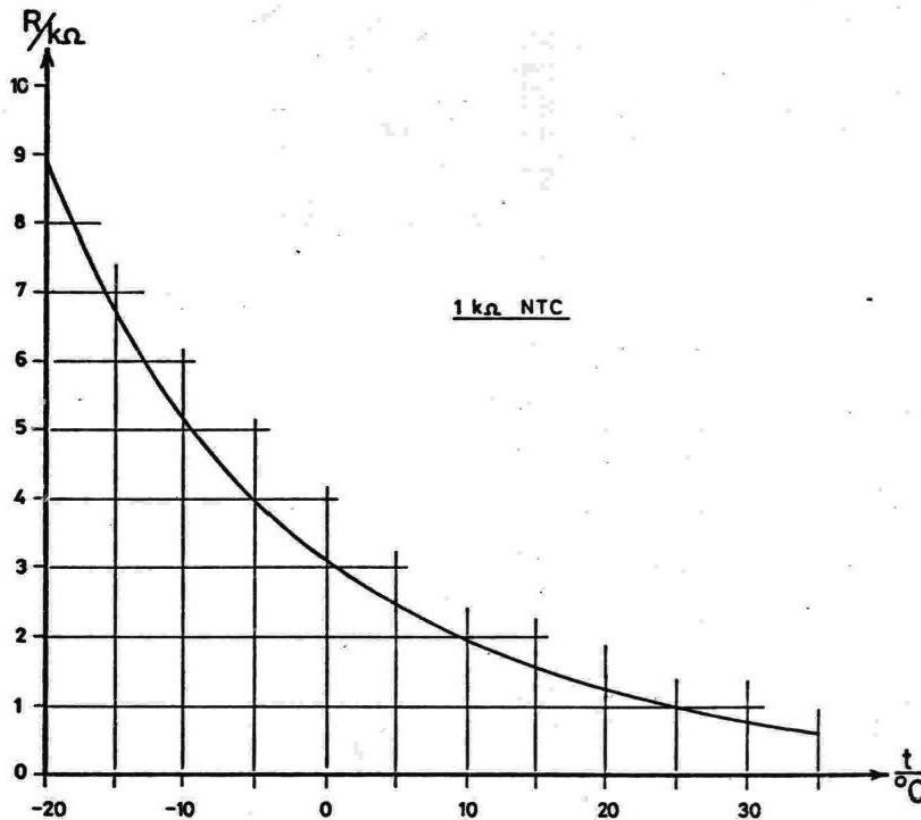
Tolerancen på  $B$  opgives til  $\pm 5\%$ , mens tolerancen på  $R_{25}$  er så stor som  $\pm 20\%$ .



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 fluktuierende. 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 ulineær 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).

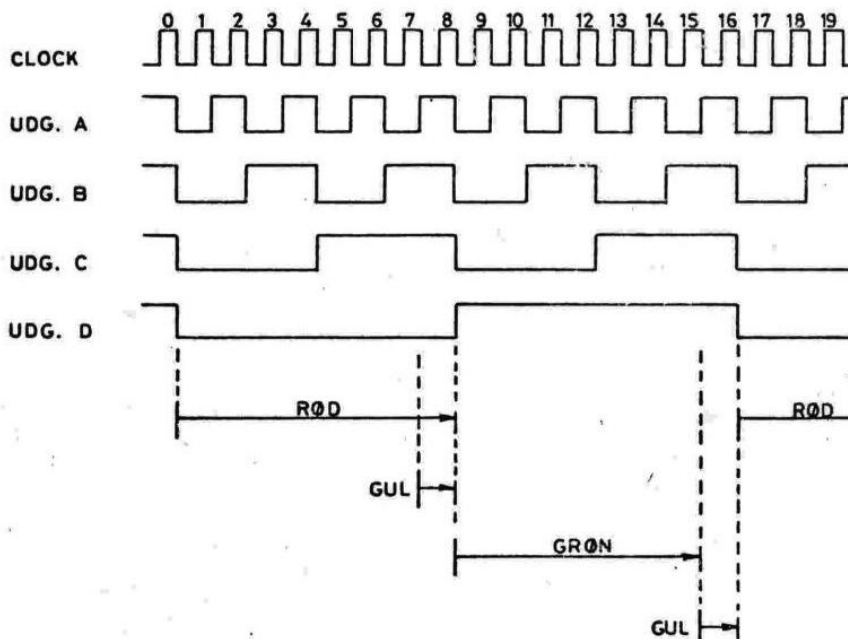
Den kombination af NTC-modstand med andre modstande, vi laver i elevteksten side E 99, er et forsøg på at tilpasse den resulterende resistans temperaturkarakteristik til firkantgeneratorens  $\frac{1}{R}$  - afhængighed, således at den enkle digitaludlæsning af temperaturen, der beskrives i elevteksten, 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 $\Omega$  ved 25 grader, end de eksemplarer, vi har anvendt.

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

#### 4.1 EKSEMPEL PÅ SYSTEMUDVIKLING: ET TRAFIKFYR

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:

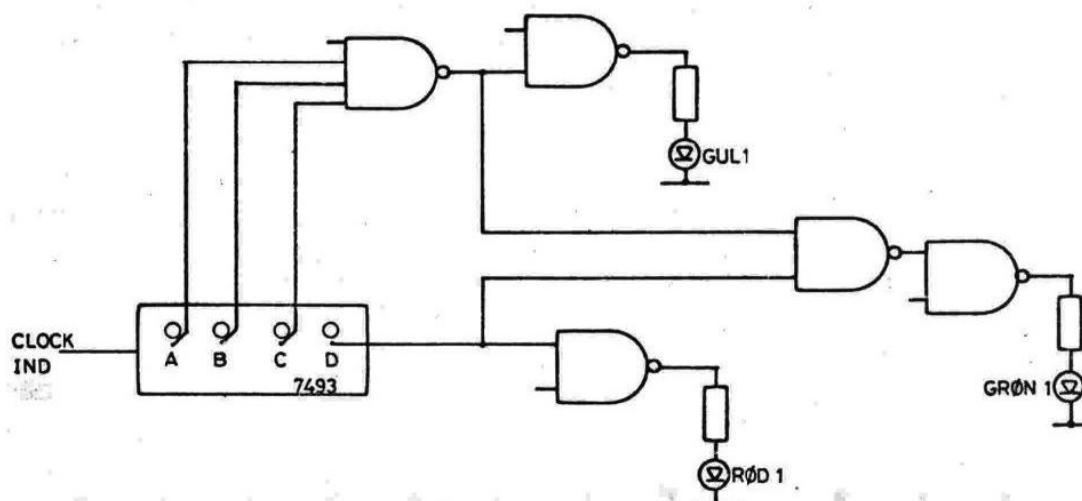
- 1) Gul skal være tændt et stykke tid sammen med rød, før rød slukker.
- 2) Gul må ikke tænde før grøn slukker.
- 3) Rød- og grønperioderne skal være stort set lige lange. (Her bliver grøn én gul-periode kortere end rød).

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

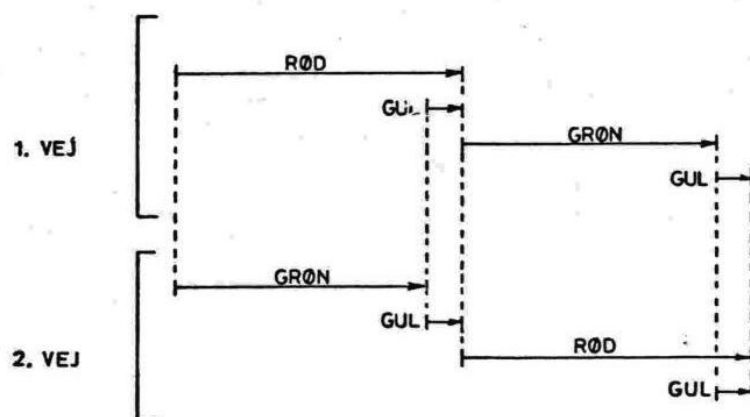
Af tegningen kan vi nu aflæse de betingelser, vi skal konstruere systemet efter, idet vi skal sørge for, at betingelserne bliver entydige:

- 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.

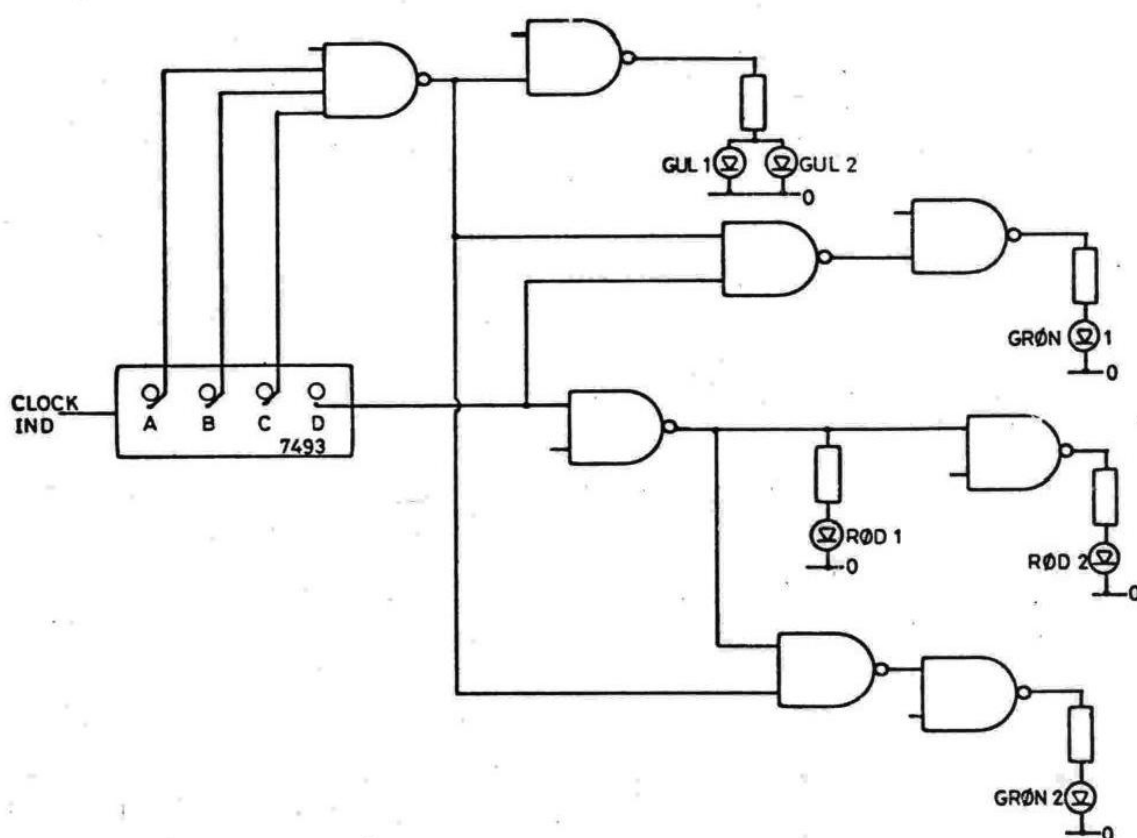
Ved et "logisk puslespil" finder man frem til, at et system, der opfylder disse tre betingelser, kan laves på følgende måde:



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.

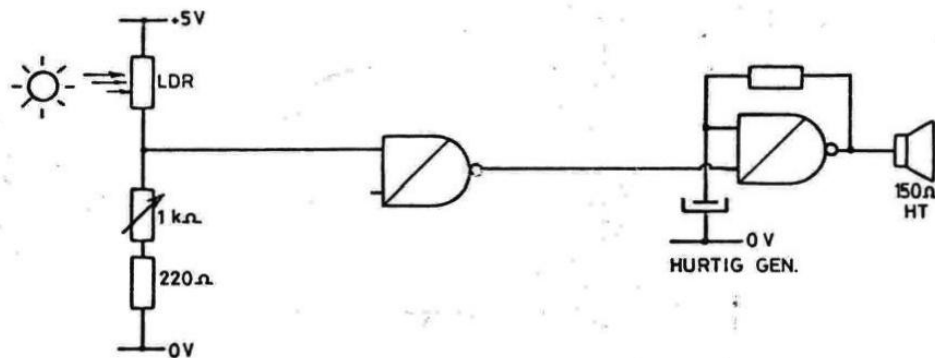
Modstandene kan som sædvanlig være 220  $\Omega$ . De to gule LED'er, der  
køres parallelt, kan dog nøjes med 100  $\Omega$ .

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

Herefter kan man gå videre ved f.eks. at prøve at gøre grønperi-  
oden for den ene vej længere end for den anden, og man kan for-  
søge 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.

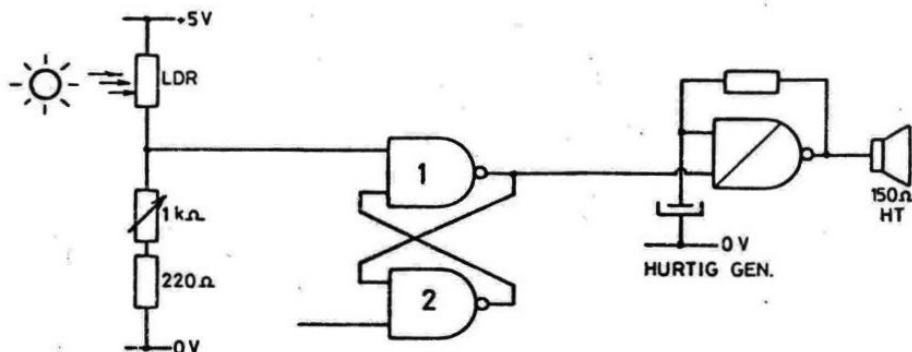
Når der passerer noget gennem lysstrålen, bliver LDR'ens modstand større, og gate-indgangen bliver nu trukket LAV gennem 1 kΩ trimmeren + de 220 Ω.

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.



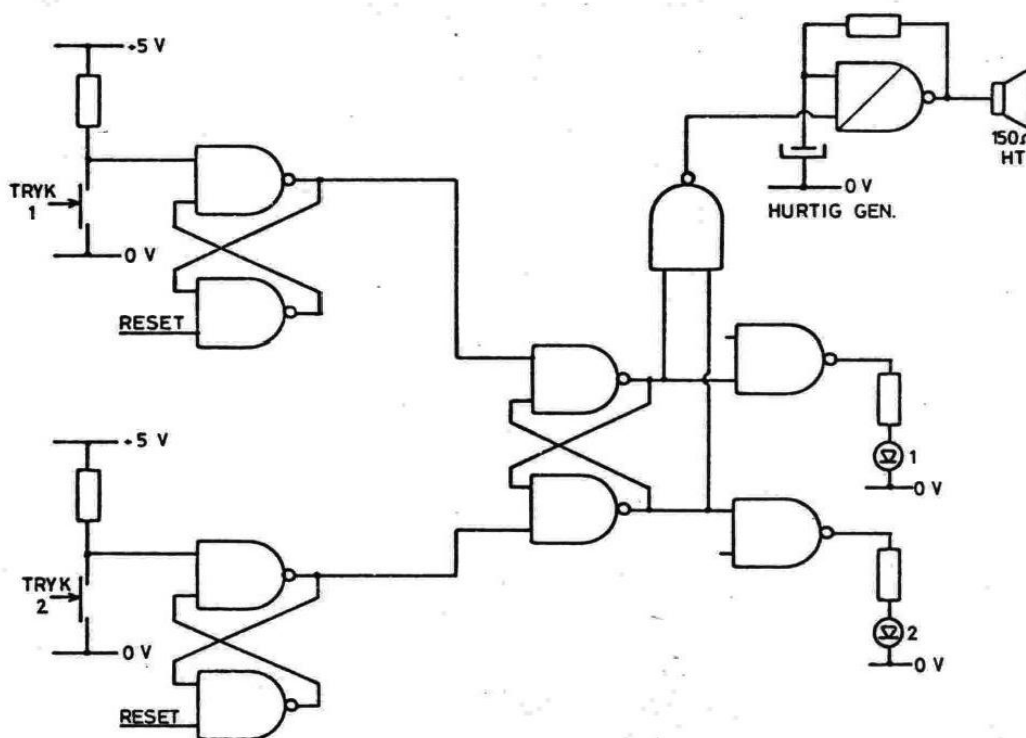
Find ud af, hvad man skal gøre, og skriv en brugsanvisning for apparatet.

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.

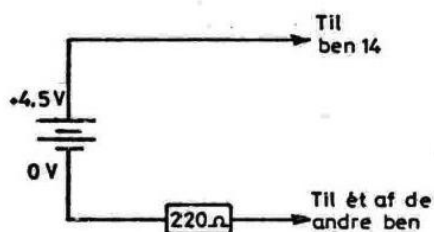
Gør det ved f.eks. at tegne impulsforløbene.

### 4.3 VI UNDERSØGER ET LYSTAL

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

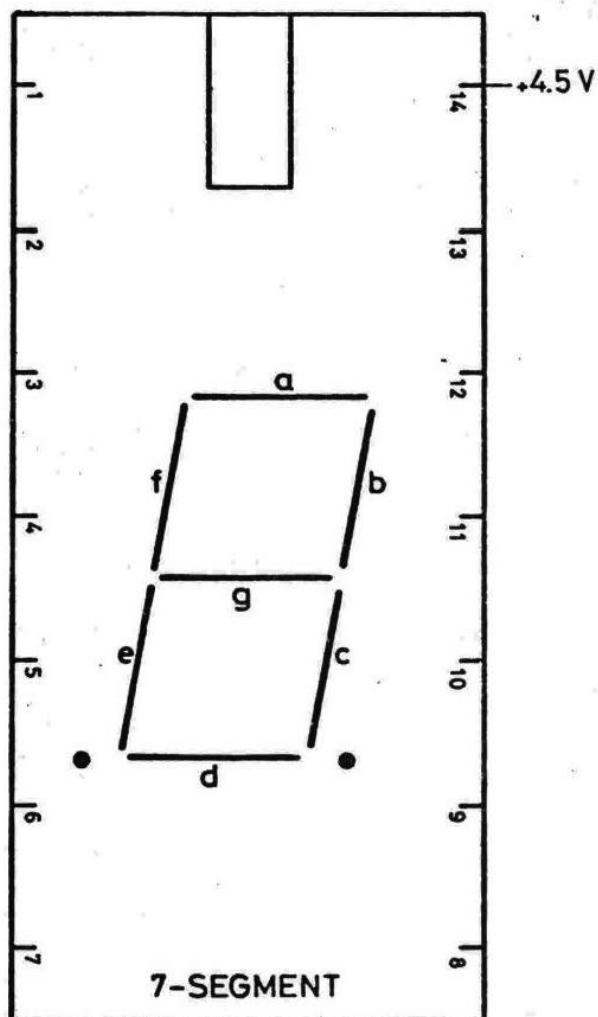
Klip tegningen ud (eller få en anden af din lærer), og anbring den på pladen.

Forbind et 4.5 V batteri sådan:



Du skal huske modstanden på 220 Ω.

Den forhindrer, at lystallet brænder af!



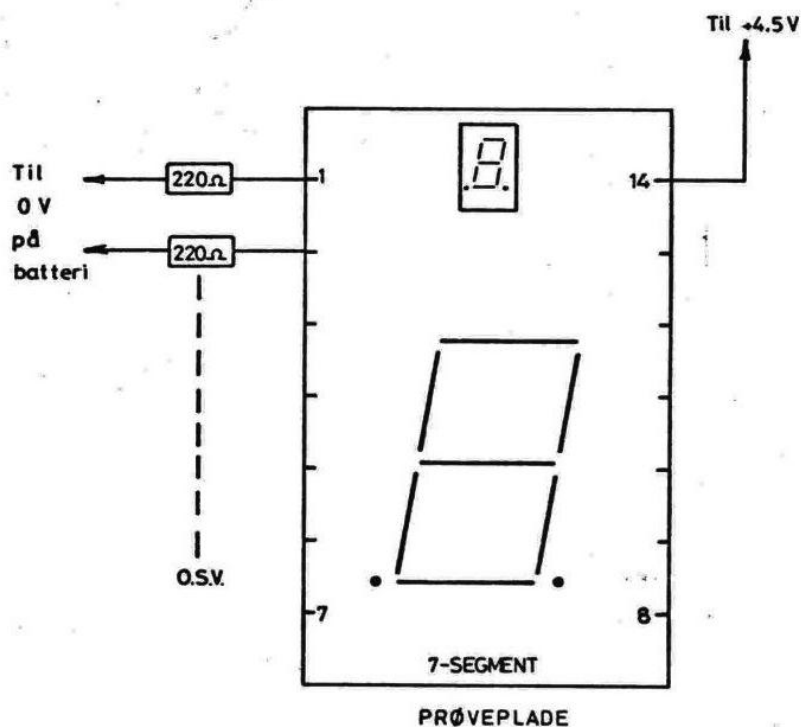
Nu forbinder du ledningen med modstanden fra batteriet til hvert af de andre ben - eet af gangen.

Skriv på tegningen hvilke ben de forskellige segmenter hører til.

Prikerne 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  $220\Omega$ -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.

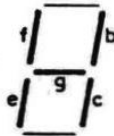
Segmenterne skal kun have ca. 2 volt over sig. Derfor skal du altid huske  $220\Omega$ -modstandene.

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:

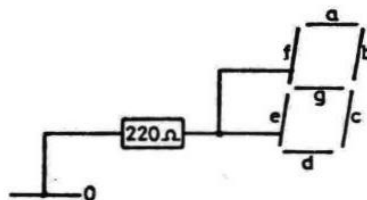


og med d, e og f får vi et L:

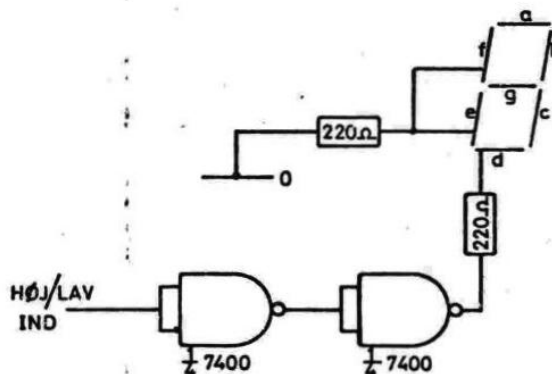


Segmenterne e og f skal lyse i begge tilfælde.

Det klarer vi sådan:



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



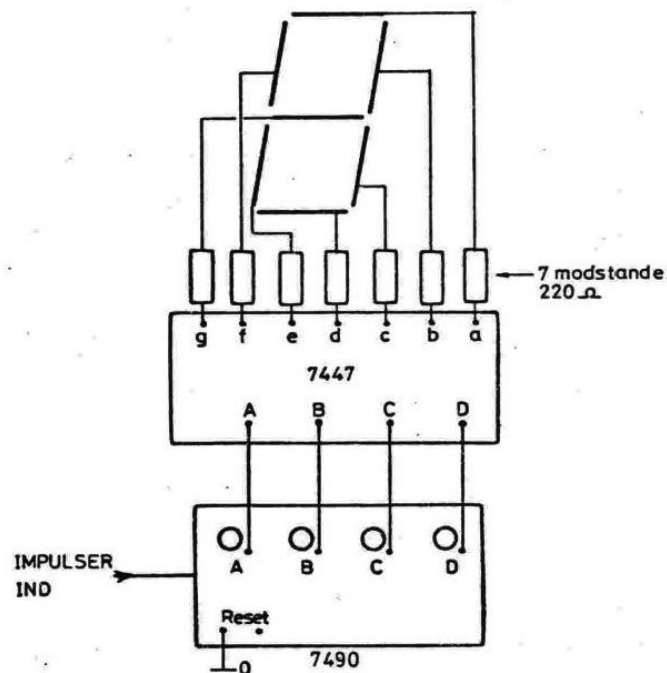
Nu tegner du videre på figuren sådan, at segmenterne b, c og g lyser, når indgangen er høj!

#### 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.

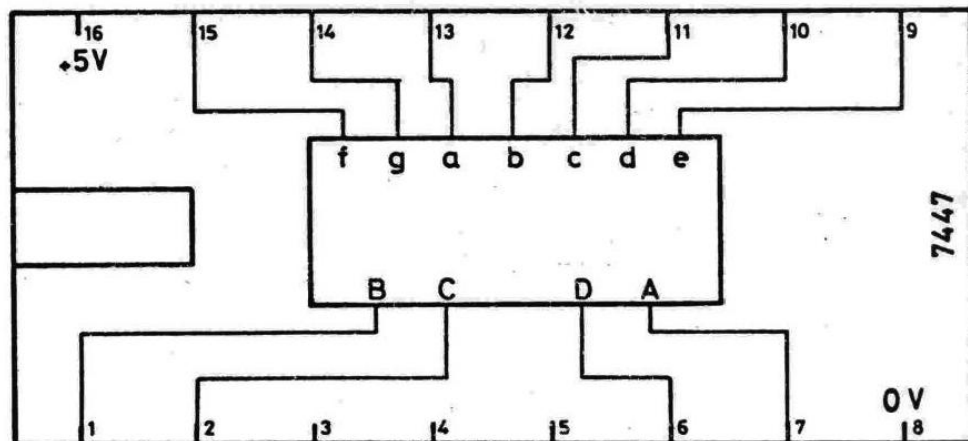
Hvis vi vil udlæse ved hjælp af 7-segment-tal, skal vi bruge en dekoder, 7447. Så udlæser vi tælleren på et 7-segment display.

Prøv at lave denne opstilling:



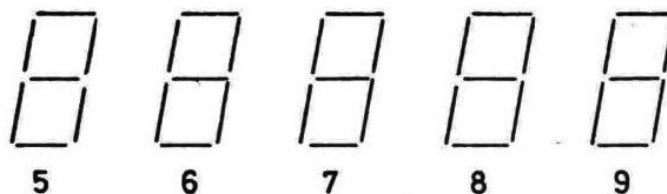
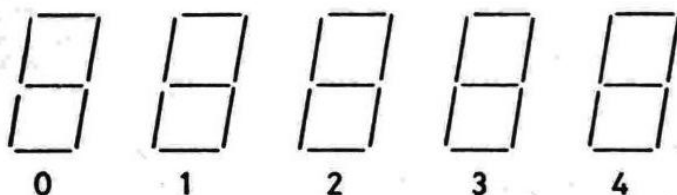
7447 har 16 ben, så du skal bruge en 16-ben prøveplade.

Benene på 7447 er anbragt sådan:



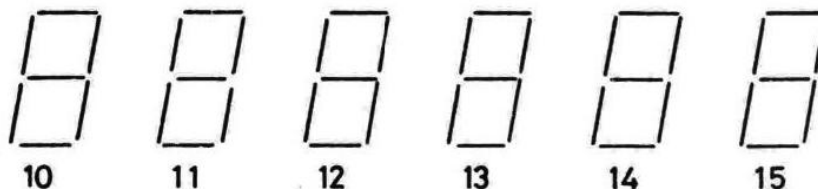
Ben nr. 3, 4 og 5 er forbundet til noget inde i kredsen, men det skal vi ikke bruge her.

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.

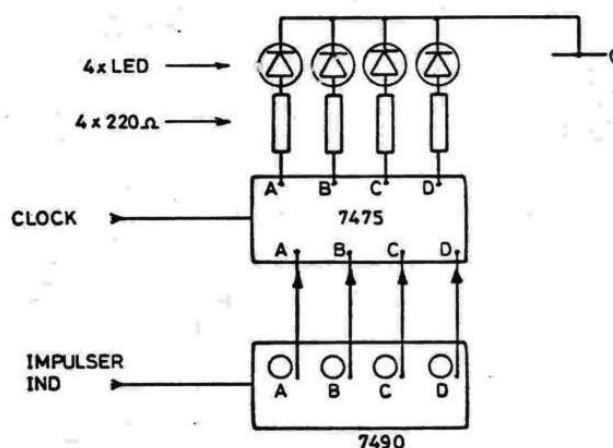
Tegn de segmenter, dekoderen bruger for vores decimaltal 10, 11, 12, 13, 14 og 15.



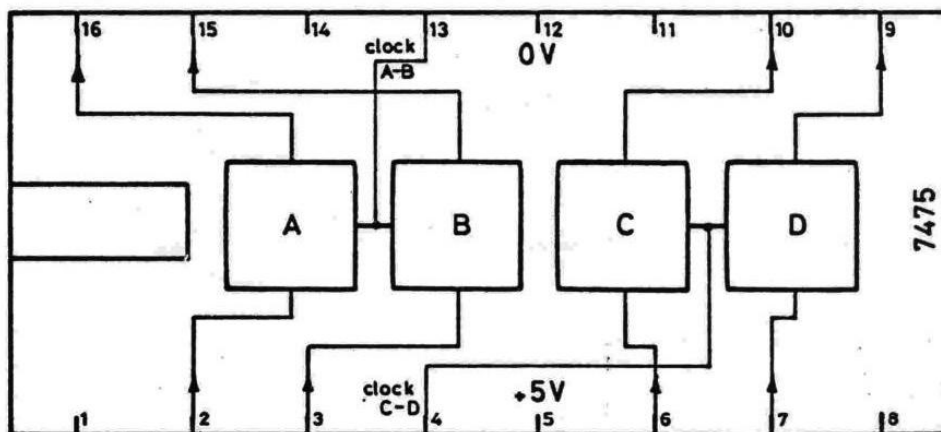
#### 4.6 VI FORSYNER TÆLLEREN MED HUKOMMELSE

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.

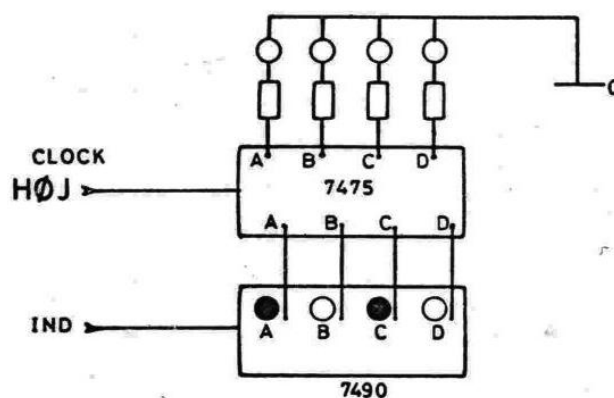
Du kan godt sende signalerne fra 7475 ind i en dekoder, og videre til et lystal.

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.



Vi kalder dem for clock-indgangen.

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



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:

---