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 sømbræt	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 omvendte 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 PA PRINT

Som ved AMV'en kaster vi også her eleverne ud i at fremstille et ukendt apparat, hvis funktion og anveldelsesmuligheder 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 kΩ 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 ubrudt, 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.

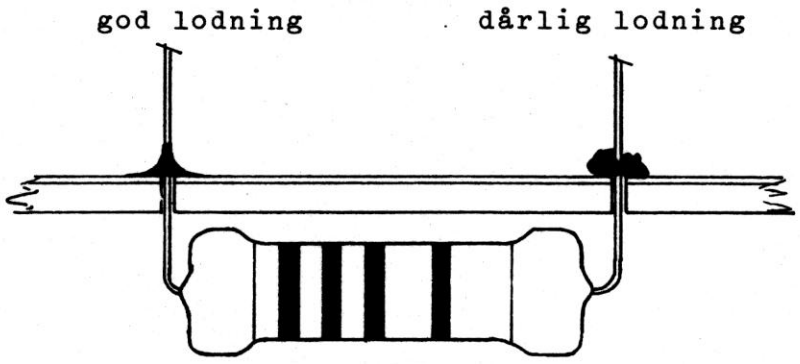
Et print kan ætses før eller efter, at hullerne er boret, og af hensyn til køen ved boremaskinen, kan man dele eleverne. Alle skal dog have boret mindst ét hul i printet. Herigennem stikkes et stykke lakisoleret Cu-tråd. Printet kan nu hænge ned i ætsebadet- og let fiskes op igen - når tråden bøjes over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

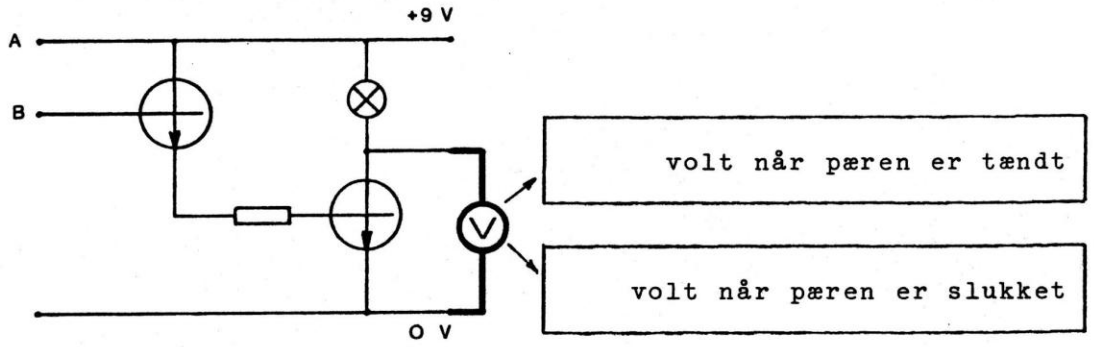
Det vil derfor være nødvendigt, at man drøfter disse ting igennem med eleverne, mens de arbejder med denne opgave. Spørgsmål som: "Hvor stor er spændingsforskellen over pæren, når den er tændt/slukket?" og ".. over transistoren, når pæren er tændt/slukket?" kan følges op af elevernes egne målinger af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

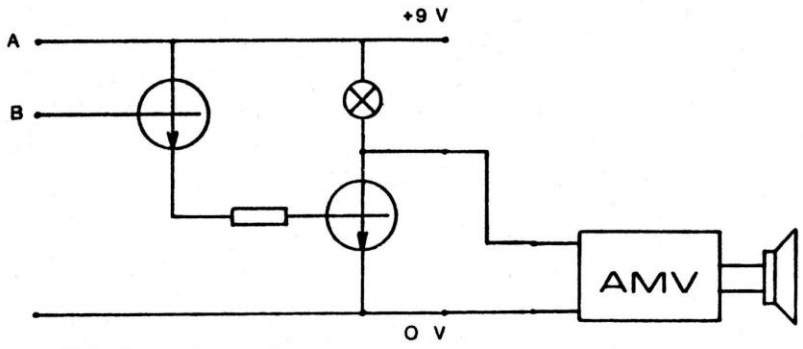
VI UNDERSØGER KONTROLENHEDENS UDGANG

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 LAVER 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!

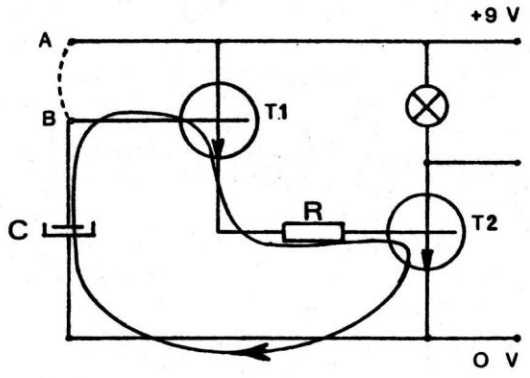
Apparatet kan "kalibreres" i kapacitans. Man kan f.eks. måle og tegne et kapacitans - tid - diagram, som (med nogen usikkerhed) kan anvendes til at bestemme kapacitansen af en ukendt kondensator.

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.



Afladestrøm

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 kΩ 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 kΩ alene.

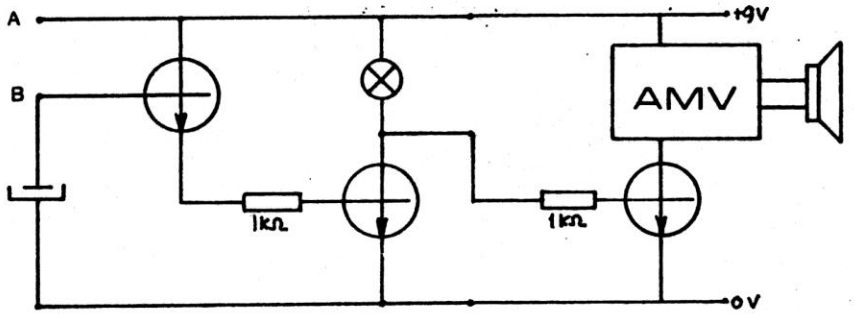
Afladningstiden afhænger af så mange ting, at vi ikke kan angive en formel til beregning af den, men kun kan gøre opmærksom på nogle af de forhold, der spiller ind.

Tiden afhænger af:

1. Kondensatoren C: Større kapacitans giver længere tid. 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 lige-frem proportional med kapacitansen, dvs. pæren ville være tændt ca. dobbelt så lang tid med C = 100 µF som med C = 47 µF.
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 µF/25 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 µF	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 kΩ-modstand plus modstand i basis-emitterstrækningen i T2), 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.

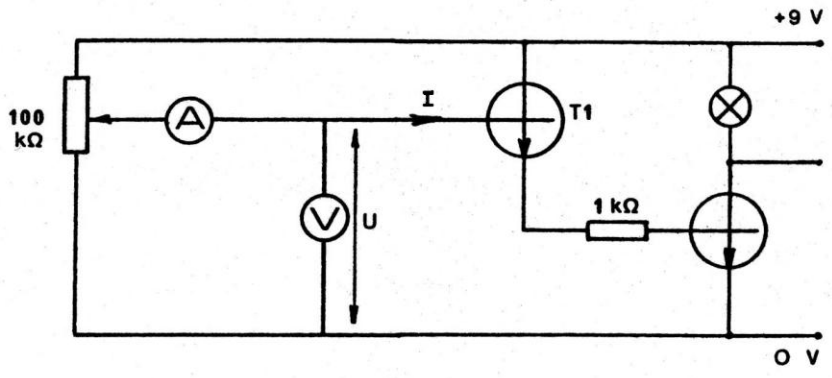
Med en kondensator på 10.0 µF (±0.1 µF) er der målt følgende:

F (for T1)	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 µA og U_{ce} = 9 V.

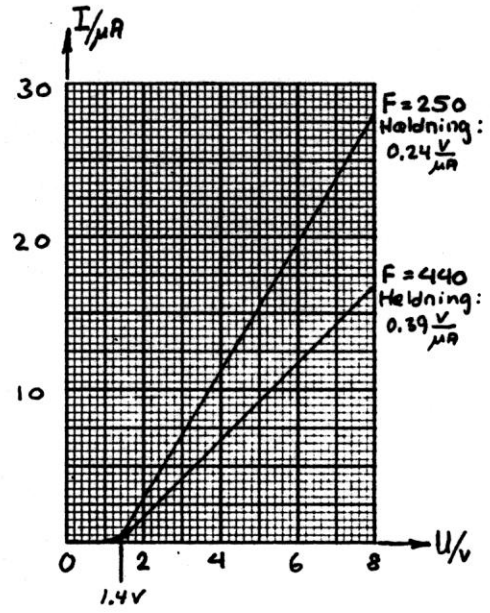
Hvis man vil grave dybere i problemerne, er det nyttigt at se på kontrolenhedens indgangskarakteristik, dvs. strøm- spændingskarakteristikken for indgangen:

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 MΩ):



Målingerne blev foretaget med to forskellige BC 547 B, med F = 250 og F = 440.
Resultaterne er vist på tegningen:

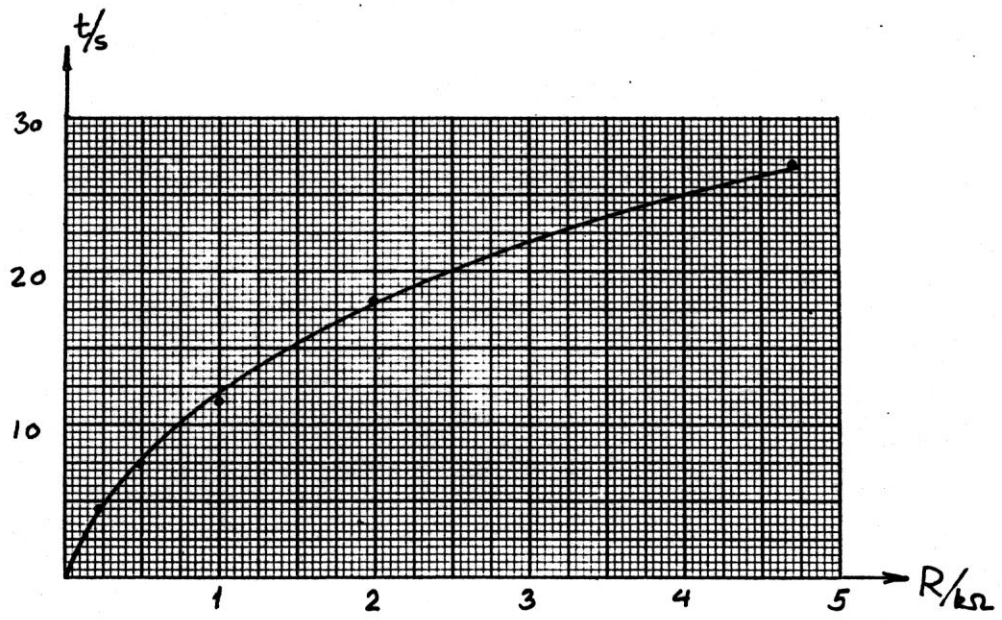
Karakteristikken er næsten retlinet, men der er ikke proportionalitet mellem strøm og spænding, - basis skal op på ca. 1.4 V før systemet "lukker op".



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 kΩ.
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 μF, 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 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. µF.
Den nøjagtige værdi af kondensatoren i ægkogeapparatet kan derfor kun findes ved forsøg, og den må forventes at skulle være et sted mellem 135 µF og 270 µF (forudsat en kogetid på 4½ minut).

KS 7

VI LAVER 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 kΩ 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 kΩ, 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 tilfæde 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 LAVER 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 elektrikerrør (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 LAVER EN TYVERIALARM

Udgangssituationen er, at

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

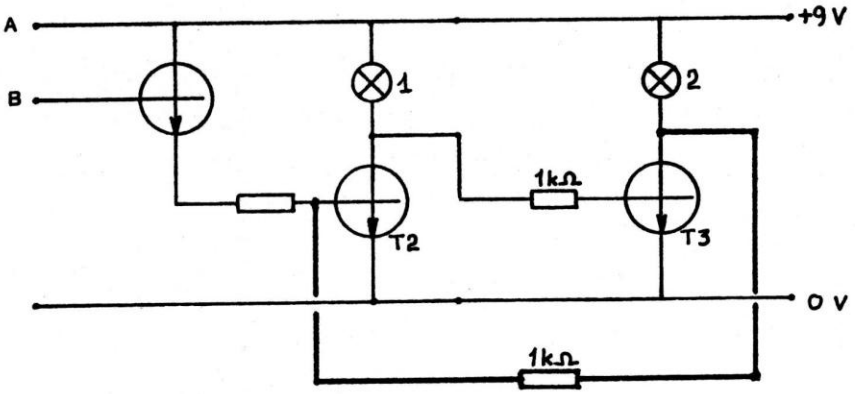
pære 1 er slukket, dvs. basis T2 er lav.

Når alarmen starter, er

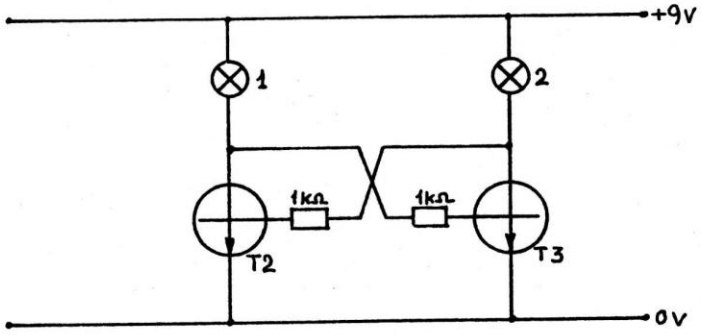
kollektor T3 høj, og

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 kΩ):



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

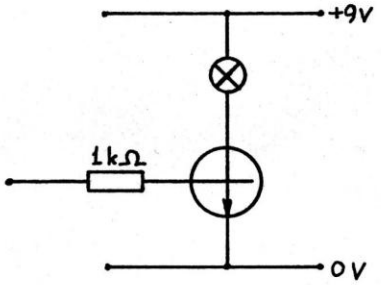
anledning til frugtbare samtaler mellem lærer og elev(er), samtaler, der - som det ses - igen koncentreres omkring spændingsbegrebet, og som føres på et niveau, der giver eleven ideer til selv at løse opgaven i sidste ende. I et forsøg på at hjælpe læreren med at "styre" elevernes tanker i en for problemets løsning hensigtmæssig 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 MÅLER PÅ TYVERIALARMEN

Her er transistorkontakten igen:



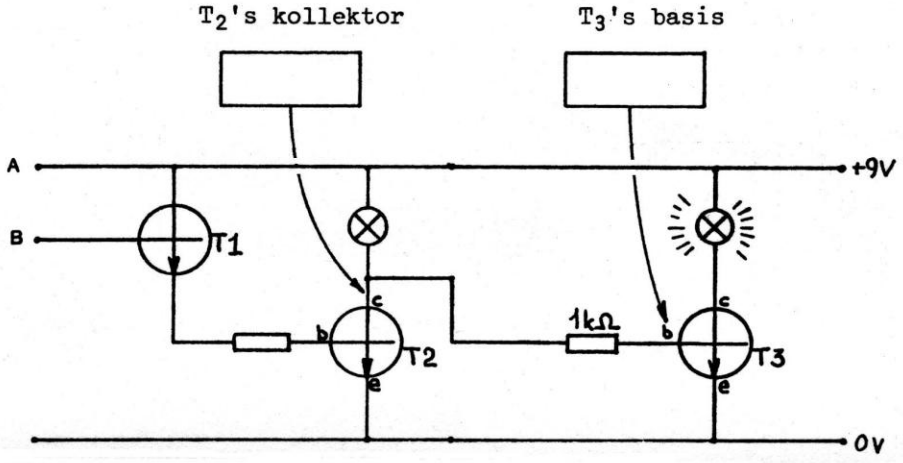
Kontakten er sluttet, når basis føres til +9 V.
Så siger vi, at basis er HØJ.

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

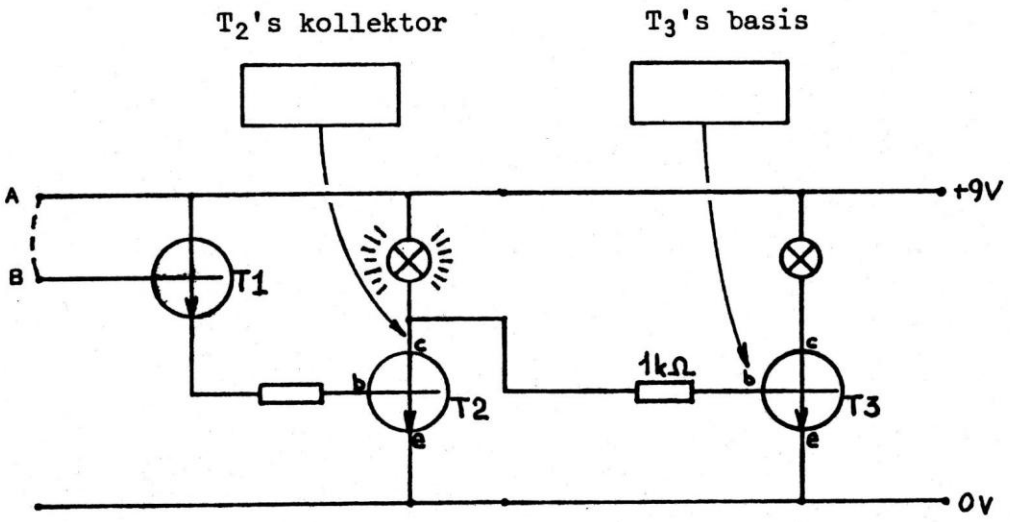
Er kollektoren HØJ eller LAV, når basis er LAV? _____

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 1 kΩ.

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 1 kΩ fra en HØJ kollektor!

Find ud af, hvordan det kan gøres.

Tegn din løsning på diagrammet.

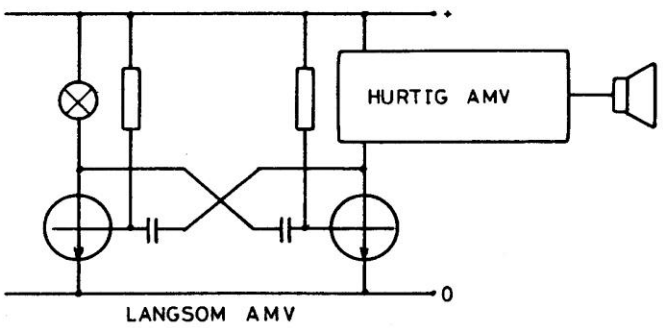
KS 11

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:

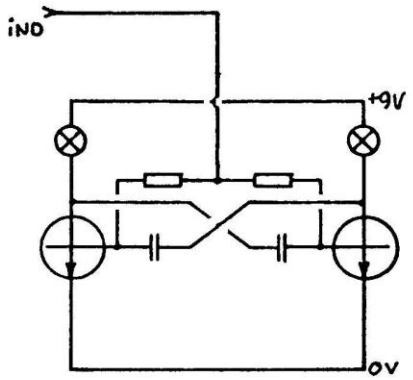


er ikke fuldt tilfredsstillende.
Dels udgør den hurtige AMV plus eventuelt drivtrin med højttaler en kraftig belastning af den langsomme AMV, og dels kan dette at

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

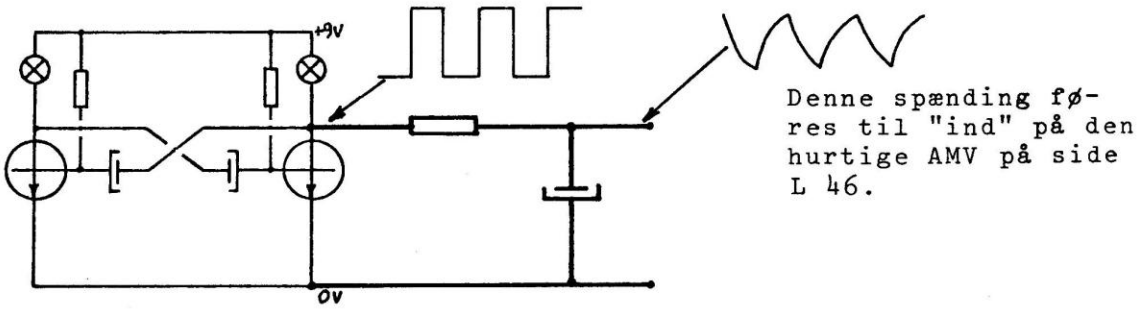
2) Ved at styre "på basis":



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.

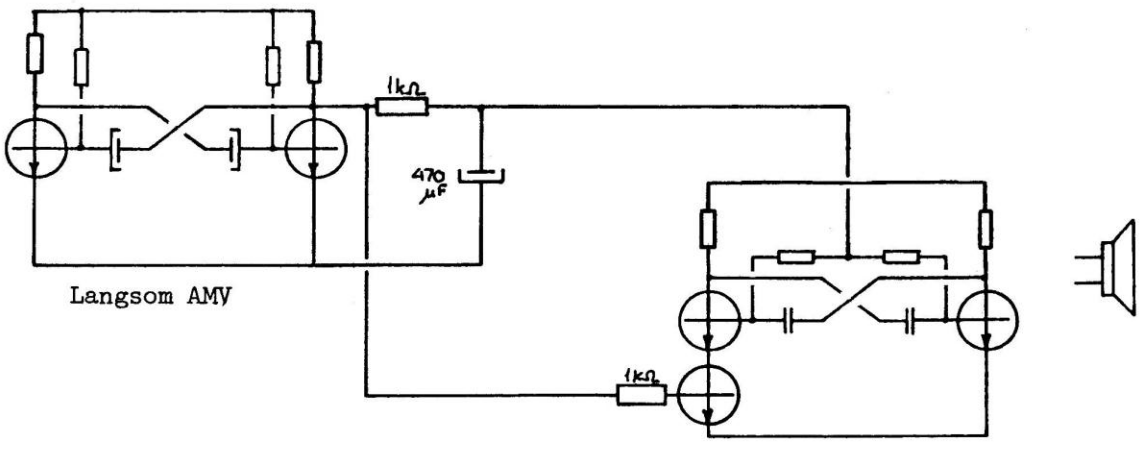
Hvis man "glatter" udgangsspændingen fra en langsom AMV lidt ud, kan denne styre den hurtige AMV som sirene:



Langsom AMV

1 kΩ, 470 µF 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 µF 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 µF - 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:



Langsom AMV

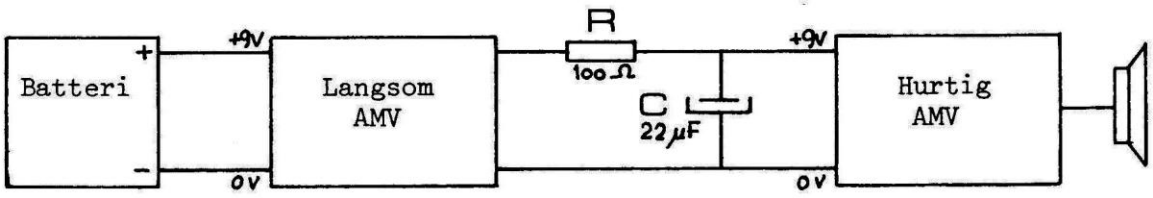
Hurtig AMV

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 kΩ 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 LAVER 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 højttalerdrivtrin 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)

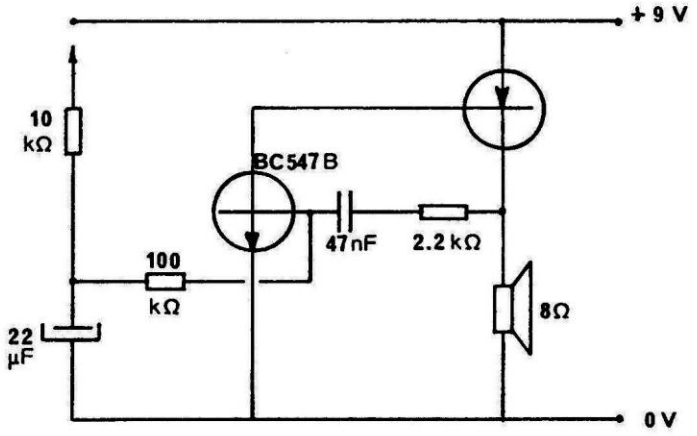
Eleverne kan her få mulighed for at møde en ny enhed, hvis - i denne forbindelse - eneste fortrin er, at den med ganske enkle midler giver en kraftig og hæslig sirenetone i højttaleren.
Enheden kan imidlertid udnyttes til at lade eleverne møde stort set alle de ting, de har oplevet (lært) i det foregående pøny, 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 Ω 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 Ω og C = 22-100 µF, og sæt 1 kΩ modstande i AMV'en i stedet for pærer.

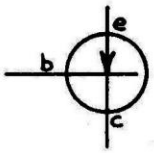
KS 12A

VI BYGGER EN SIRENE

Byg dette apparat på et sømbræt:

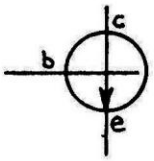


Transistoren, der ser sådan ud:
hedder en PNP-transistor.



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 sluttes, 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: