

**GYLDENDAL**



**RYAN HOLM**

# **ELEMENTÆR ELEKTRONIK**



# ELEMENTÆR ELEKTRONIK







Ryan Holm

# ELEMENTÆR ELEKTRONIK

GYLDENDAL

*Elementær elektronik*

© 1971 by Gyldendalske Boghandel,

Nordisk Forlag A.S., Copenhagen

Fotografisk, mekanisk eller anden

gengivelse af denne bog eller dele

heraf er ikke tilladt ifølge gældende

dansk lov om ophavsret.

Bogens tegninger er udført af Svend Erik Jensen

Bogens fotos ved Boris Lindfors m. fl.

Bogen er sat med Monotype Times

og trykt hos Krohns Bogtrykkeri, København.

Printed in Denmark 1971

ISBN 87 00 62111 0

# INDHOLD

7	Forord til læreren	68	Halvledere
9	Forord til eleven	74	Transistoren
11	Diagramsymboler	79	NPN transistoren
16	Spændingsforskel	80	Transistorens virkemåde
17	Strømstyrke	82	Jordet emitterkobling
18	Modstand	84	Astabil multivibrator
21	Måling af strøm, spænding og modstand	87	Den bistabile multivibrator
25	Effekt	90	Det binære talsystem
26	Modstandes værdi	92	Transistoren som forstærker
28	Modstandstyper	97	Praktiske konstruktioner
35	Modstande i serieforbindelse	98	Trykt kredsløb
37	Modstande i parallelforbindelse	101	Lodning
39	Kondensatoren	104	Astabil multivibrator
45	Kondensatorer i parallelfor- bindelse	107	Bistabil multivibrator
46	Kondensatorer i seriefor- bindelse	109	Binær tæller
47	Jævnspænding, jævnstrøm	110	Elektronisk ur
48	Vekselspænding, vekselstrøm	112	1,2 W LF forstærker
48	Kondensatorer ved veksel- spænding	116	Grammofonforstærker
49	Lyd	117	Stereoforstærker
52	Dioden	118	Diodemodtageren
56	Ensretter	119	Mellembølgeradio
61	Diodens karakteristik	119	FM radio
64	Zenerdioden	120	Acrylkabinetter
67	Selenensretteren	122	Instrumenter til elektronik
		125	Typebetegnelser for dioder og transistorer
		126	Facitliste til opgaver
		129	Stikordsregister



# FORORD

## *Til læreren.*

Der findes ikke mange elementære lærebøger i elektronik. Det er et område, hvor udviklingen er så stor, at det, der skrives i dag, måske er forældet i morgen.

For at få indsigt i elektronikken, må man kende det grundliggende særdeles nøje. Man kan så springe en del år over i udvikling og stadig have en chance for at følge med.

Denne bog er en begynderbog, hvor stoffet er lagt på et så elementært plan som muligt. Der er anvendt et minimum af matematik. Dette er gjort, for at bogen skulle kunne bruges af den, der møder uden kendskab til matematik og elektronik.

Det er ikke nødvendigt at vide, hvad der sker inde i en diode eller transistor. Man skal blot vide, hvordan de reagerer på forskellige påvirkninger. Derfor kan afsnittene om halvledere og transistorens virkemåde forbigås, uden det får betydning for forståelsen af det øvrige stof. Jeg har fundet det rigtigst at tage disse afsnit med af hensyn til de læsere, der ved at arbejde med halvledere har fået interesse for at vide, hvad der betinger halvledernes funktion.

Det apparatur, der anvendes i bogen, er beskrevet bag i bogen. Der er tilstræbt at anvende det måleudstyr, der allerede findes i de fleste fysiksamlinger, og undervisningen i elektronik kan tages op, uden at det er nødvendigt at anskaffe meget udstyr.

Der skal henvises til bogen: „Elektronik i undervisningen“ af Knud Nørgård (Gyldendal). I denne bog gives anvisninger på, hvordan man selv kan fremstille demonstrationsapparatur. Knud Nørgård og undertegnede har gennem et samarbejde bestræbt med de to bøger at dække behovet for lærebøger i elementær elektronik.

Til Egon Schmidt skal jeg bringe en varm tak for velvillig gennemlæsning af manuskriptet.

*Ryan Holm*

Holstebro, august 1971



# FORORD

*Til eleven.*

I det gamle Grækenland fandt man ud af, at et stykke rav, gnedet med en ulden klud, kunne tiltrække andre stoffer. Det blev elektrisk.

Rav hedder på græsk elektron. Herfra har vi navnet elektricitet og elektronik.

Det er godt i dag at kende lidt til elektronik. I morgen er det nødvendigt! Elektronikken spiller en stadig større rolle i hverdagen.

Når man er kommet gennem denne bog, har man prøvet at „snuse“ lidt til elektronik og kan gå i gang med selvstændige opgaver og få et større kendskab til elektronikkens mange sider. Har man først én gang lavet en simpel konstruktion med trykt kredsløb, er det ikke så svært at kopiere komplicerede opstillinger, der bringes i forskellige elektronik-tidsskrifter.

De forskellige praktiske konstruktioner i denne bog, er fremstillet som projekter til „FYSIKERNÅLEN“ af elever ved Sønderlandsskolen i Holstebro.

*Ryan Holm*

Holstebro, august 1971





# SYMBOLER

Hvis vi skulle danne en opstilling med et tørelement, en afbryder og en elektrisk pære, der sidder i en fatning, ville det i tegning se således ud:

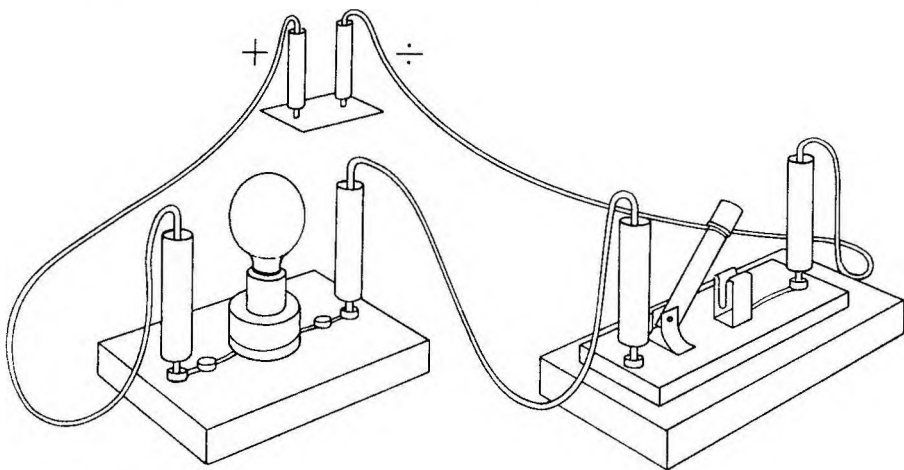


Fig. 1

Det kan man måske nok overkomme at tegne, men tænk på, hvordan det ville gå, hvis vi skulle lave en tegning over alle de dele, en transistorradio består af. Det ville ikke blive overskueligt.

Inden for elektronikken anvendes en række *komponenter* som modstande, kondensatorer, transistorer o. a.

I stedet for at tegne selve komponenten, tegner man et enkelt *symbol* for komponenten.

Symbolet for et tørelement ser således ud:

(Den korte streg angiver den negative pol):

En afbryder:

og en glødelampe:

Ledningsforbindelser tegnes som streger.

Vi kan nu tegne et *diagram* over opstillingen fra før.

Et diagram er en skematisk tegning af en opstilling. Et diagram er over-  
skueligt og let at tegne.

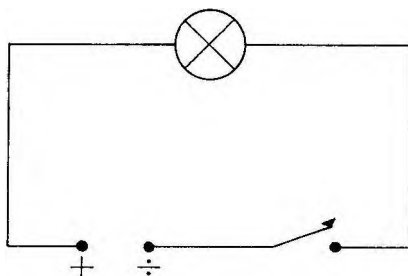
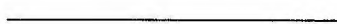


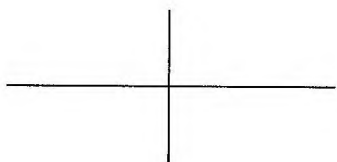
Fig. 2

## DIAGRAMSYMBOLER

For alle de komponenter, der kan indgå i elektronikken, er der vedtaget inter-  
nationale symboler. De mest almindelige symboler er angivet her:



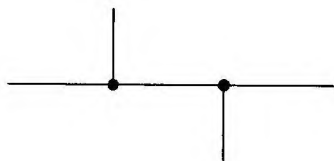
Ledning, almindeligt symbol.



Ledninger, der krydser hinanden uden elektrisk forbindelse.



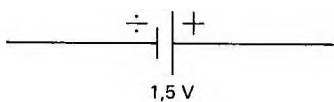
Krydsende ledninger med elektrisk forbindelse.



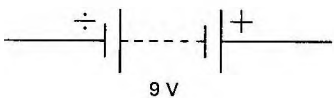
Enkel afgrening.



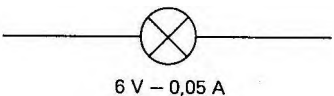
Udskiftelig ledning.



Element med spændingsangivelse. (Den korte streg angiver den negative pol).



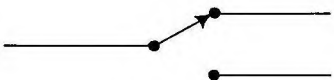
Batteri.



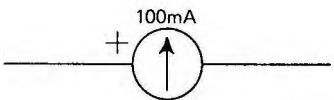
Elektrisk pære med tilslutningsspænding og strøm angivet.



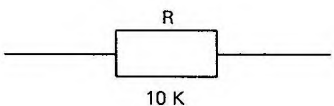
Enkel afbryder.



Omskifter.

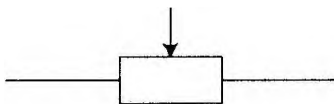


Måleinstrument. På diagrammet er måleinstrumentets art og maksimale arbejdsområde angivet. Det viste, er et amperemeter, der kan måle elektrisk strøm op til 100 mA.

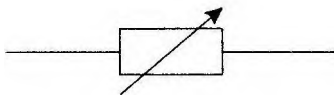


Modstand, almindeligt symbol.

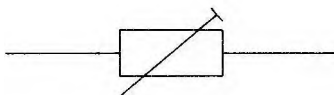
Modstandsværdien kan være angivet på diagrammet. Ellers gives modstandene fortløbende numre:  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  o.s.v., og modstandsværdien angives i en komponentliste.



Variabel modstand, potentiometer.



Trimmemodstand.

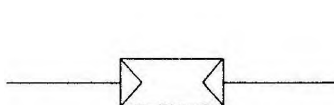


NTC eller PTC modstand.

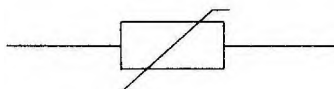
Modstandsværdien er temperaturafhængig.

NTC modstandens værdi bliver mindre ved højere temperatur.

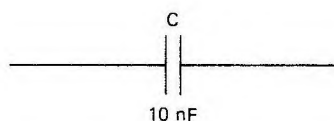
PTC modstandens værdi bliver større ved højere temperatur



LDR modstand. Lysafhængig modstand.

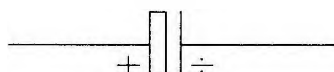


VDR modstand. Spændingsafhængig modstand.

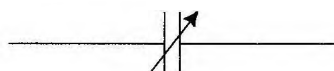


Kondensator, almindeligt symbol.

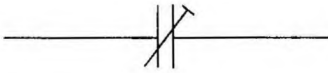
Kapaciteten er angivet på diagrammet. Hvis ikke, gives kondensatorerne fortløbende numre:  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  o.s.v., og kondensatorværdien angives i en komponentliste.



Elektrolytkondensator.



Drejekondensator.



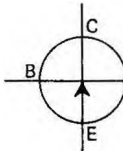
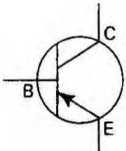
Trimmekondensator.



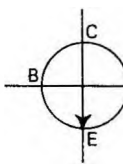
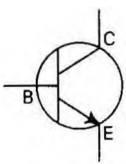
Halvlederdiode.



Zenerdiode.



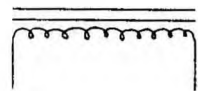
Symboler for PNP transistor.  
Det første anvendes i denne bog.



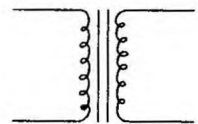
Symboler for NPN transistor.  
Det første anvendes i denne bog.



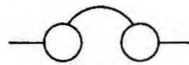
Spole.



Spole med jern-  
kerne.



Transformer med  
jernkerne.



Hovedtelefon.



Højtaler.



Mikrofon.



Pick up.

## SPÆNDINGSFORSKEL

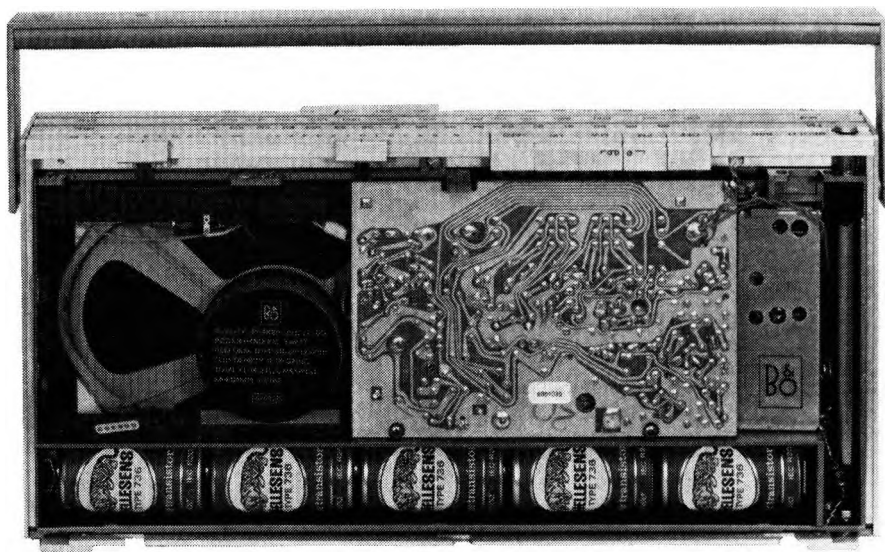
En spændingsforskel er nødvendig for at drive en strøm gennem et elektrisk kredsløb.

Spændingsforskel måles i enheden VOLT med et voltmeter og betegnes med U.

Tørelementet er den vigtigste strømkilde til vore elektroniske forsøg. Spændingsforskellen mellem polerne på et almindeligt tørelement er 1,5 V. Hvis man ønsker højere spændingsforskel kan flere elementer sammensættes i serieforbindelse, og man har et batteri.

To elementer i serieforbindelse giver en spændingsforskel på 3 V, tre i serieforbindelse giver 4,5 V. Et 4,5 V batteri er altså sammensat af tre 1,5 V elementer.

Transistorradioen, der vises på billedet herunder, kræver en spændingsforskel på 7,5 V. Vi kan da også se, at der sidder 5 stk. 1,5 V elementer deri.



I bilen findes en blyakkumulator. Den er sammensat af tre eller seks celler, der hver har en spændingsforskel på 2 V. Over bilakkumulatoren er der således en spændingsforskel på 6 V eller 12 V.

Akkumulatoren bruges kun ved start af bilen og til lys på bilen, når motoren

ikke er i gang. Når motoren er i gang, trækker den en dynamo, der leverer den nødvendige strøm.

En cykel kan også være forsynet med en dynamo, der leverer strøm til for- og baglygte på cyklen.

Den vigtigste strømkilde i hjemmet er stikkontakten. Den er gennem ledninger forbundet med en dynamo på elektricitetsværket. Spændingsforskellen er 220 V.

## STRØMSTYRKE

Et tørelement har to poler plus (+) og minus (—).

Hvis der ingen ydre ledning er mellem polerne, afgiver tørelementet ingen elektrisk strøm.

Hvis en elektrisk pære forbindes til tørelementet, vil der gennem pæren gå en elektrisk strøm. Strømmen består af elektroner, der fra tørelementet pumpes gennem det elektriske kredsløb. De pumpes ud ved minus, går gennem ledningerne og pæren og opsuges ved plus.

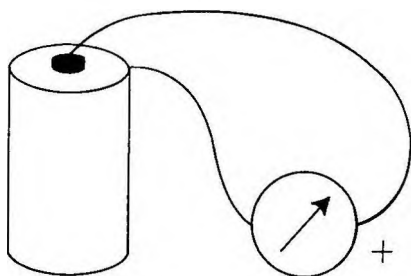


Fig. 3

Der går således en elektronstrøm fra minus til plus. Elektronerne er negative og vil derfor tiltrækkes af den positive pol.

Man har oprindeligt regnet med, at den elektriske strøm gik fra plus til minus. Mange læresætninger bygger herpå, så det er praktisk at holde fast ved dette.

Vi siger derfor stadig, at strømmen går fra plus til minus, men at *elektronstrømmen* går fra minus til plus.

## MODSTAND

Alle metaller kan lede den elektriske strøm. De leder derimod ikke alle den elektriske strøm lige godt. Nogle yder større modstand end andre. Det skyldes, at elektronerne på deres vandring gennem metaltråden støder mod metallens atomer.

Den bedste leder er sølv. Kobber er næsten lige så god. Kul kan også lede den elektriske strøm, men yder stor modstand.

Det kan man udnytte, idet man inden for elektronikken ofte finder anvendelse for modstande af forskellig størrelse.

Der er også mange stoffer, der ikke kan lede den elektriske strøm. De kaldes ikke-ledere eller isolatorer, og i denne gruppe findes bl. a. plastik, ebonit, gummi, glas, porcelæn, pertinax o. m. a.

Isolatorerne udnyttes i høj grad. Vi behøver blot at tænke på elektriske ledninger. De er omgivet af en beskyttende isolator: plastik.

Modstand måles i enheden ohm ( $\Omega$ ) og betegnes med R. ( $\Omega$  er det græske bogstav omega).

Modstanden  $1 \Omega$  er den modstand, der er i en konstantantråd, der er 10 cm lang og  $\frac{1}{4}$  mm tyk.

Vi har tidligere hørt, at modstanden i en tråd er afhængig af, hvilket stof tråden er af.

*Modstanden er også afhængig af længden. Jo længere en tråd er, jo større er modstanden.*

Med tykkelsen er det omvendt.

Jo tykkere tråd, jo mindre modstand.

I et elektrisk kredsløb er der sammenhæng mellem spændingsforskel (U), strømstyrke (I) og modstand (R).

Spændingsforskellen defineres således:

*1 volt er spændingsforskellen over en modstand på  $1\Omega$  ved en strøm på 1 A.*

Hvis spændingsforskellen ikke ændres og modstanden i kredsløbet gøres mindre, vil strømmen blive større.

Omvendt vil strømmen blive mindre ved større modstand.

Strømmen er altså afhængig af forholdet mellem spændingen og modstanden. Det kan skrives således:

$$\text{strøm} = \frac{\text{spænding}}{\text{modstand}}$$



Dette udtryk kaldes *Ohms lov*.

Det kan også skrives:

$$I = \frac{U}{R}$$

I er strømmen målt i ampere, U er spændingsforskellen målt i volt, og R er modstanden målt i ohm.

Hvis vi i et kredsløb kender spænding og modstand, kan vi ved hjælp af OHMS LOV finde, hvor stor strømmen er.

Eks.:  $U = 6 \text{ V}$ ,  $R = 3 \Omega$ . Beregn I.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{6}{3} = 2 \text{ A}$$

Strømstyrken er 2 ampere.

Hvis vi kender to af enhederne, kan vi altid beregne den tredje, idet Ohms lov kan omskrives.

Hvis strømmen (I) og modstanden (R) kendes, kan spændingen (U) beregnes.

$$U = R \cdot I$$

Eks.:  $I = 3 \text{ A}$ ,  $R = 5 \Omega$ . Beregn U.

$$U = R \cdot I = 5 \cdot 3 = 15 \text{ V}$$

Spændingsforskellen er 15 volt.

Modstanden (R) kan beregnes på lignende måde, hvis spændingen (U) og strømmen (I) kendes.

$$R = \frac{U}{I}$$

Eks.:  $U = 10 \text{ V}$ ,  $I = 2 \text{ A}$ . Beregn R.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{10}{2} = 5 \Omega$$

Modstanden er  $5 \Omega$ .

For at kunne arbejde med passende tal i forbindelse med volt (V) og ampere

(A) anvendes tillægsbetegnelserne

k = kilo, m = milli og  $\mu$  = mikro

( $\mu$  er det græske bogstav my)

kilo betyder tusinde,

milli betyder en tusindedel,

mikro betyder en milliontedel

1 kV (kilovolt) er således 1000 V,

1 mV (millivolt) er  $\frac{1}{1000} \text{ V} = 0,001 \text{ V}$ , og

1  $\mu\text{V}$  (mikrovolt) er  $\frac{1}{1000000} \text{ V} = 0,000001 \text{ V}$

Disse enheder vil vi ikke bruge meget i praksis i denne bog. Vi skal derimod måle meget små strømme.

$$1 \text{ mA (1 milliampere)} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 0,001 \text{ A}$$

$$1 \text{ } \mu\text{A (1 mikroampere)} = \frac{1}{1000000} \text{ A} = 0,000001 \text{ A}$$

For modstande er der kommet et nyt internationalt mærkningssystem bestående af to eller tre tal og et bogstav.

Der anvendes bogstaverne R, K og M for henholdsvis ohm, kiloohm (tusinde ohm) og megohm (million ohm).

Bogstavet placeres på kommaets plads, som det fremgår af nedenstående eksempler:

0,36 ohm	skrives	R36
3,6 ohm	–	3R6
36 ohm	–	36R
360 ohm	–	360R
3600 ohm	–	3K6
36000 ohm	–	36K
360000 ohm	–	360K
3600000 ohm	–	3M6
36000000 ohm	–	36M

Når man regner med *Ohms lov*, skal enhederne være i volt, ohm og ampere.

#### Opgaver:

1. Hvor stor er spændingsforskellen, hvis modstanden i et kredsløb er  $5 \Omega$ , og strømstyrken er  $5 \text{ A}$ ?
2. Find modstanden i en elektrisk pære, når der ved en spændingsforskel på 6 volt går en strøm på 1 ampere ( $6 \text{ V} - 1 \text{ A}$ ). Det samme for en elektrisk pære til  $6 \text{ V} - 0,1 \text{ A}$  og  $6 \text{ V} - 0,05 \text{ A}$ .
3. Hvor stor skal spændingsforskellen være, hvis man ønsker en strømstyrke på  $10 \text{ A}$  gennem modstanden i opgave 1?
4. I et elektrisk kredsløb er strømstyrken  $100 \text{ mA}$ . Spændingsforskellen er  $9 \text{ V}$ . Beregn modstanden.

# MÅLING AF STRØM, SPÆNDING OG MODSTAND

Strømmen i et elektrisk kredsløb måles med et amperemeter.

Instrumentet indskydes i ledningen, og den strøm, der går gennem kredsløbet, går også gennem instrumentet. Amperemetrets indre modstand er meget lille og har ingen indflydelse på kredsløbet.

Diagrammet (fig. 4) viser et elektrisk kredsløb, hvor en elektrisk pære er til-

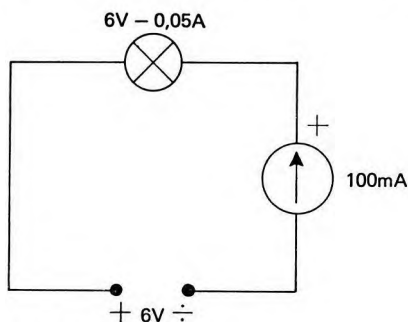
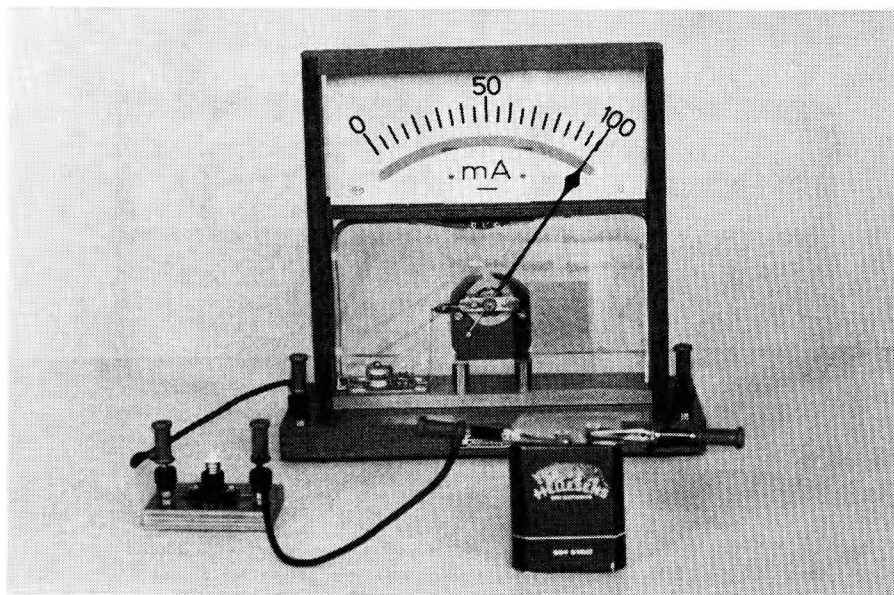


Fig. 4



Måling af strøm gennem elektrisk pære 6 V - 0,1 A

sluttet 6 V. Strømmen i kredsløbet måles med et amperemeter, der giver fuldt udslag for en strøm på 100 mA.

Vi vil se, at instrumentet giver halvt udslag – strømmen i kredsløbet er 50 mA = 0,05 A.

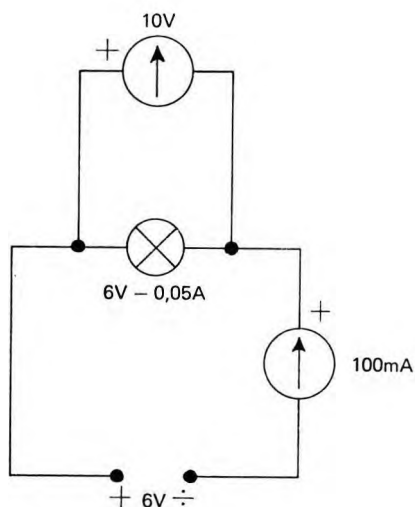
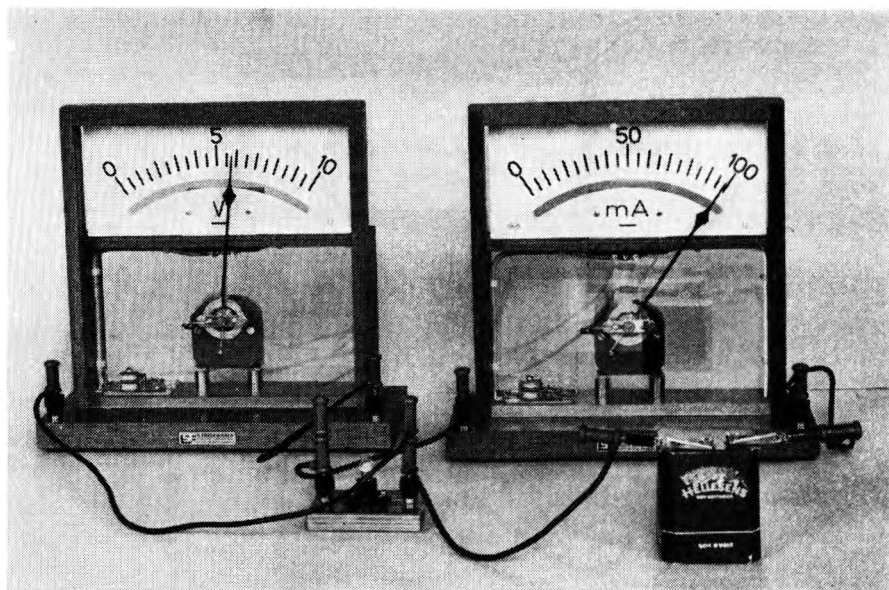
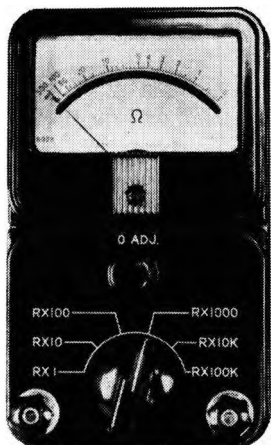


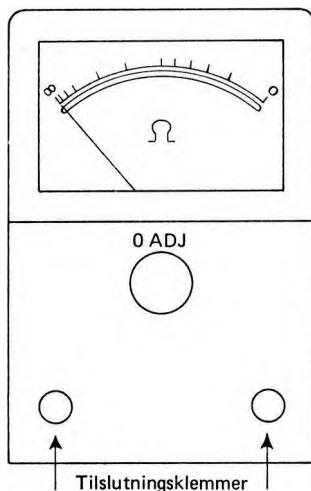
Fig. 5



Måling af strøm og spænding. Pæren: 6 V – 0,1 A



*Ohmmeter*



*Fig. 6*

*Spændingsforskellen* eller spændingsfaldet over et elektrisk kredsløb måles med et voltmeter.

Et voltmeter har stor indre modstand (flere tusinde ohm) og må derfor ikke, som amperemetret indskydes i kredsløbet. Det skal tilsluttes gennem ydre ledninger.

Hvis vi på diagrammet fig. 4 skulle måle spændingsfaldet over pæren, ville det se således ud: (fig. 5)

Voltmetret, der giver fuldt udslag ved en spændingsforskel på 10 V, viser 6 volt.

Til måling af modstand bruges et *ohmmeter*.

Med det kan man finde modstandsværdien af en ukendt modstand.

Ohmmetret ser ud som fig. 6. Når der intet er tilsluttet over instrumentets måleklemmer, står viseren på  $\infty$  (uendelig stor modstand).

Hvis instrumentets måleklemmer forbindes med en kort ledning, vil instrumentet vise 0 (ingen modstand).

Hvis instrumentet ikke står nøjagtig på nul, kan det nuljusteres med en knap. Instrumentet er så klar til måling.

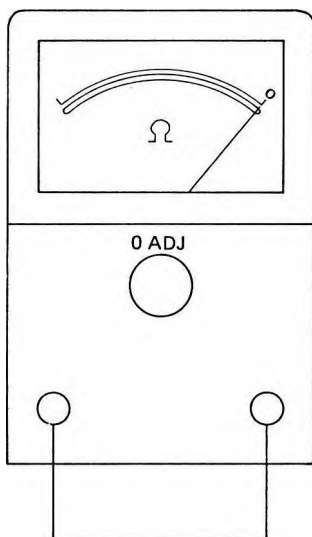


Fig. 7

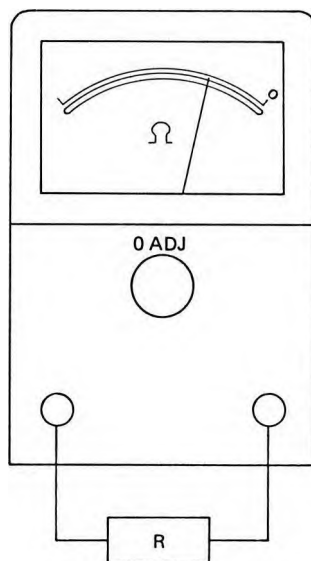


Fig. 8

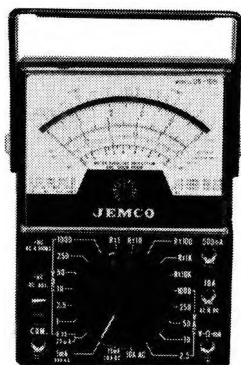
Den ukendte modstand anbringes over måleklemmerne, og instrumentet viser den nøjagtige modstandsværdi i ohm.

Vi ser, at jo større modstand, jo længere står viseren mod venstre. Det er modsat amperemetret og voltmeteret.

### Universalinstrument

Til målinger i elektroniske opstillinger er det rart at have de tre omtalte instrumenter. Man kan også få et universalinstrument, det vil sige et instrument, der kan omstilles enten til amperemeter, voltmeter eller ohmmeter.

På fotografiet ses et universalinstrument.



Det har flere måleområder for strøm, spænding og modstand.

# EFFEKT

Elektrisk strøm i en leder betyder varmeudvikling.

Når der går en strøm gennem en elektromotor, omsættes den største del af strømmen til mekanisk kraft, en lille del bliver til varme.

Når der går strøm gennem en elektrisk pære, frembringes lys, men også varme.

Vi ser, at elektrisk energi i begge tilfælde omsættes til en anden energiform.

Energiforbruget pr. sekund kaldes *effekt* og måles i enheden *watt* (W).

Den elektriske effekt afhænger af spænding og strøm.

Hvis spændingen over en modstand bliver forøget, vil der udvikles mere varme. Det samme sker, hvis der sendes en større strøm gennem modstanden.

Den elektriske effekt (P), der afsættes i en modstand, findes ved at gange spændingen over modstanden (U) med strømmen gennem den (I).

$$\text{watt} = \text{volt} \cdot \text{ampere}$$

eller

$$P = U \cdot I$$

Eks.: Hvis en modstand på 1 K påtrykkes en spænding på 10 V, vil der ifølge OHMS LOV gå en strøm på 10 mA gennem den.

$$I = \frac{U}{R} = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ A}$$

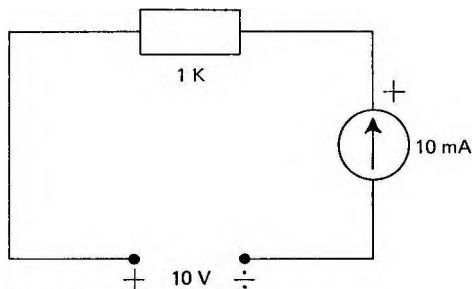


Fig. 9

Effekten, der afsættes i modstanden, er da:

$$P = U \cdot I = 10 \cdot 0,01 \text{ W} = 0,1 \text{ W}$$

Det vil sige, at modstanden skal kunne tåle  $\frac{1}{10}$  watts belastning.

# MODSTANDES VÆRDI

Symbolet for modstanden ser ud som på fig. 10.

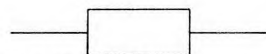
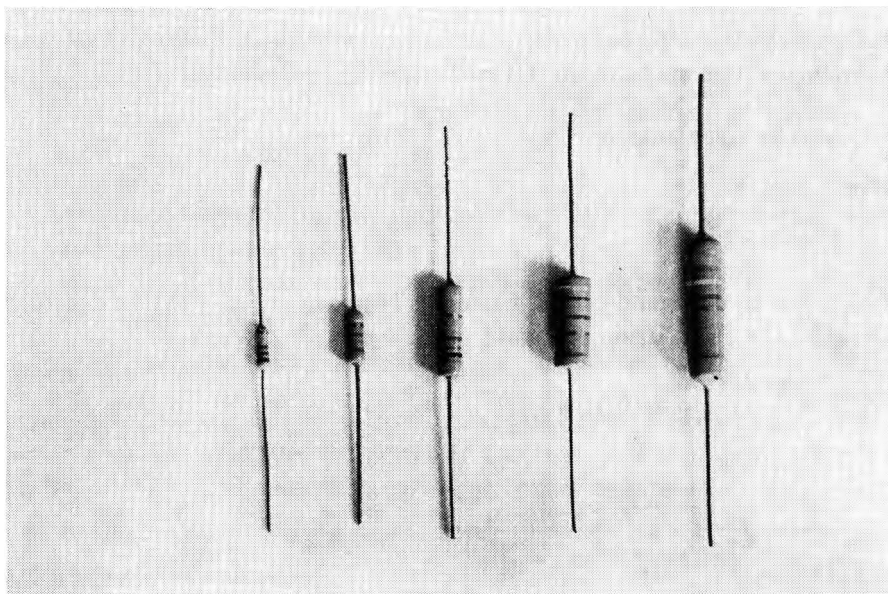


Fig. 10

På billedet ses en del af de modstandstyper, der anvendes i radioer, fjernsyn, båndoptagere osv.



Deres ydre størrelse betyder ikke noget for den elektriske modstand, en sådan komponent kan yde. Den ydre størrelse betyder kun noget for den belastning, modstanden kan tåle.

De modstande, vi ser på billedet, er vist i naturlig størrelse. Det er, efter størrelse,  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 og 2 watt modstande.

Deres modstandsstørrelse er angivet i en farvekode.

Om modstanden er der tre eller fire farvede ringe. F. eks. har en modstand på  $1000 \Omega$  (1K) en brun, en sort og en rød ring. Der kan være en fjerde ring. Hvis den er sølvfarvet, betyder det, at modstandsværdien kan afvige  $\pm 10\%$  fra  $1000 \Omega$ . Det vil sige, den kan være fra  $900 \Omega$  til  $1100 \Omega$ .



Tolerancen siges at være 10%.

Hvis der er en guldring, er tolerancen 5%, og er den fjerde ring brun eller rød, betyder det en tolerance på 1% eller 2%. Hvis der kun er tre ringe, er tolerancen 20%.

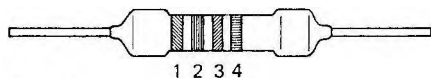


Fig. 11

Farvekoden er opbygget således:

- 1. ring = 1. ciffer
- 2. ring = 2. ciffer
- 3. ring = antal nuller, der skal sættes efter de to første cifre

sort	0	grøn	5
brun	1	blå	6
rød	2	violet	7
orange	3	grå	8
gul	4	hvid	9

En modstand med værdien  $10000 \Omega$  (eller 10K) og en tolerance på 10%, vil således være mærket: brun – sort – orange – sølv.

Eks.: 5K6 eller  $5600 \Omega$ , 20%, er mærket grøn – blå – rød.

220K, 5%, er mærket: rød – rød – gul – guld.

$470 \Omega$ , 10%, er mærket: gul – violet – brun – sølv.

### Opgave 5.

Hvor stor er modstandsværdien af følgende modstande?

- brun – grøn – sort
- orange – orange – rød – guld
- grøn – blå – orange – sølv
- gul – violet – rød
- brun – sort – rød – guld
- brun – rød – brun

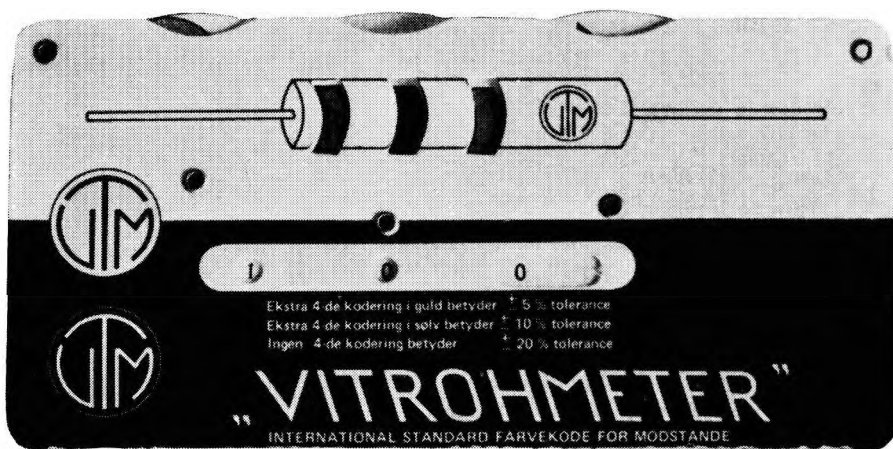
### Opgave 6.

Hvordan er følgende modstande mærkede (der ses bort fra tolerancen)?

47  $\Omega$ , 680  $\Omega$ , 12K, 18K, 1M, 680K

En hjælp til at finde værdien af en modstand er det såkaldte „Vitrohmeter“.

Her drejes farven ind på den afbildede modstand, og værdien kommer til syne nederst på „Vitrohmetret“.



## MODSTANDSTYPER

Af faste modstande er der især to typer, der anvendes meget: *kulfilmmodstande* og *trådviklede modstande*.

De mest anvendte er *kulfilmmodstande*.

De består af en keramisk stav eller et rør, hvorpå der er udfældet en kulfilm. En kontakthætte af en speciel legering er presset ind over enderne på modstanden, og til denne hætte er modstandens tilledninger loddet.

I kulfilmen skæres en spiralførmig rille. Jo finere rille der skæres, og jo tyndere kulfilmen er, jo højere er modstandsværdien.

Til sidst er modstanden overtrukket med flere lag speciallak, der skal isolere elektrisk og beskytte mod ydre påvirkninger.

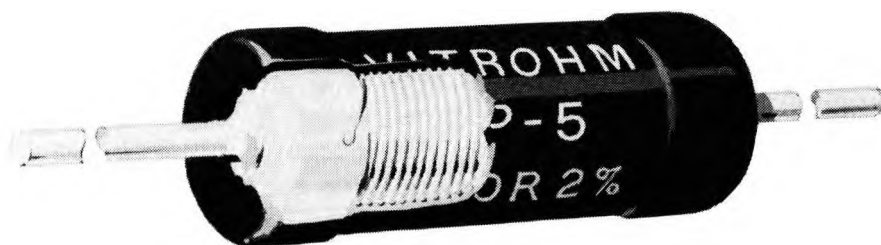
Kulfilmmodstande fremstilles i alle værdier fra 1  $\Omega$  til 22 M $\Omega$  og i fem typer:  $\frac{1}{8}$ ,  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , 1 og 2 W efter den belastning, modstanden skal kunne tåle.

Skal modstanden tåle mere end 2 W belastning, må der anvendes en anden type: *den trådviklede modstand*.

Til specielle formål, hvor der kræves større præcision, anvendes *metalfilm-modstanden*.

Her er modstandsmaterialet en nikkel-crom film. Fremstillingsmetoden er den samme som ved kulfilmmodstanden.

## TRÅDVIKLEDE MODSTANDE



*Opskåret trådviklet modstand*

En trådviklet modstand består af en modstandstråd af konstantan eller krom-nikkel, der er viklet om et keramisk rør, og det hele er så indstøbt i keramik.

Fordelene ved de trådviklede modstande er, at de kan tåle stor belastning. Der fremstilles 500 W typer. Desuden kan de fremstilles med meget nøjagtig modstandsværdi.

Der anvendes ikke farvekode, men værdien trykkes direkte på.

## POTENTIOMETRET

Variable modstande anvendes meget i en udformning, der hedder et potentiometer. F. eks. er styrkekontrollen på en radio et potentiometer. Symbolet for et potentiometer er vist på fig. 12.

Der er, som ved faste modstande, to typer, kullags- og trådviklede potentiometre.

Kullagspotentiometre (fig. 13) består af en keramikring, hvorpå der er udfældet et lag modstandsmateriale. Når der drejes på potentiometerakslen, slæber en kontaktfjeder hen over modstandsmaterialet.

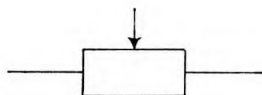


Fig. 12

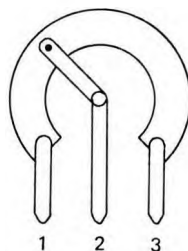
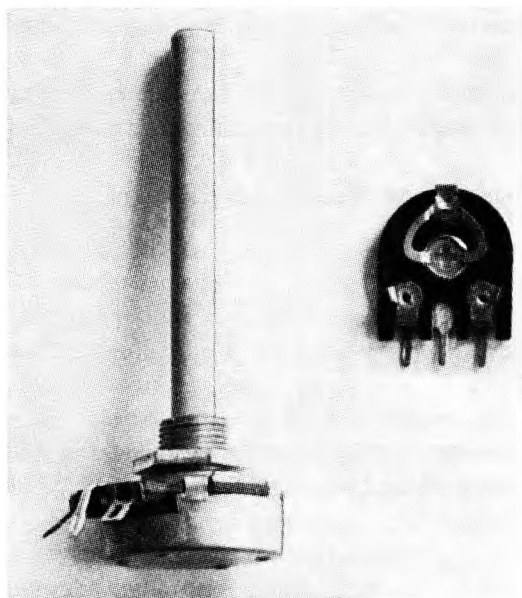


Fig. 13

Modstanden mellem 1 og 3 er konstant og påtrykt potentiometret. Modstanden mellem 1 og 2 varierer, når man drejer på akslen fra 0 ohm til den påtrykte værdi.

I stedet for at være forsynet med en aksel til at dreje på, kan det være udformet således, at der skal en skruetrækker frem, før man får ændret modstandsværdien.

Denne type kaldes trimmepotentiometre og finder anvendelse, hvor man én gang for alle justerer ind. Trimmepotentiometret og symbolet herfor er vist på fig. 14.



Potentiometer og trimmepotentiometer

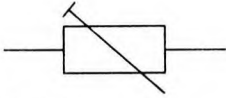


Fig. 14

Trådviklede potentiometre anvendes, når der er tale om store effekter, eller der kræves en nøjagtig værdi.

Et potentiometer anvendes ofte som spændingsdeler.

Hvis fem 1K modstande i serieforbindelse tilsluttes en spænding på 10 V, vil der kunne udtages spændinger på 8 V – 6 V – 4 V og 2 V som vist på fig. 15.

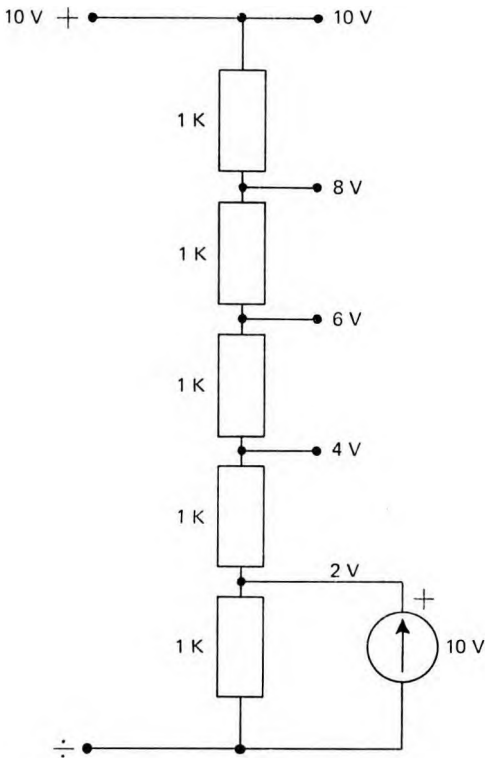


Fig. 15

Vi har dannet en spændingsdeler.

Et potentiometer kan også anvendes som spændingsdeler (fig. 16). Her vil vi imidlertid kunne få alle spændinger mellem 0 og 10 V.

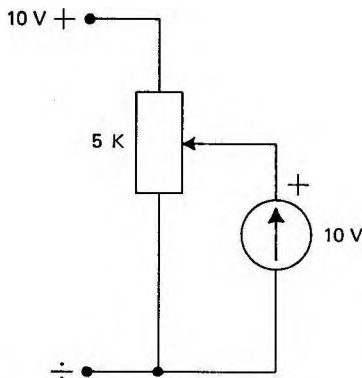


Fig. 16

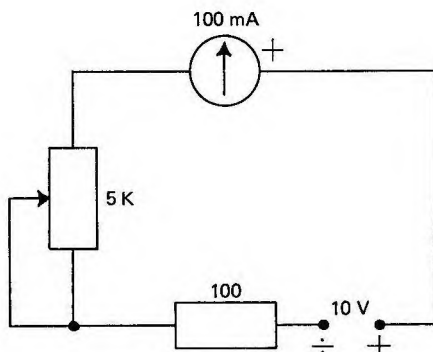


Fig. 17

Potentiometret kan også forbindes som på fig. 17 og gennemløber så alle modstandsværdier fra  $5000\ \Omega$  til  $0\ \Omega$ .

For at beskytte måleinstrumentet og potentiometret er der i serie hermed indsat en fast modstand på  $100\ \Omega$ . Den maksimale strøm i kredsløbet bliver  $100\ \text{mA}$ . Minimum strøm bliver ca.  $2\ \text{mA}$ .

Hvis et  $1\text{K}$  potentiometer er halvt inddrejet, er modstandsværdien  $500\ \Omega$ . Hvis der er indskudt  $\frac{1}{10}$ , er modstandsværdien  $100\ \Omega$ . Det er et lineært potentiometer.

## SPECIELLE MODSTANDSTYPER

### NTC MODSTANDE

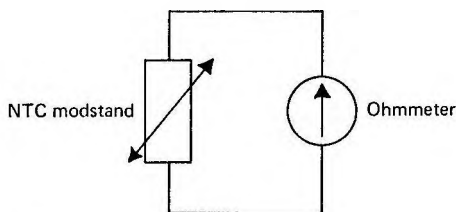
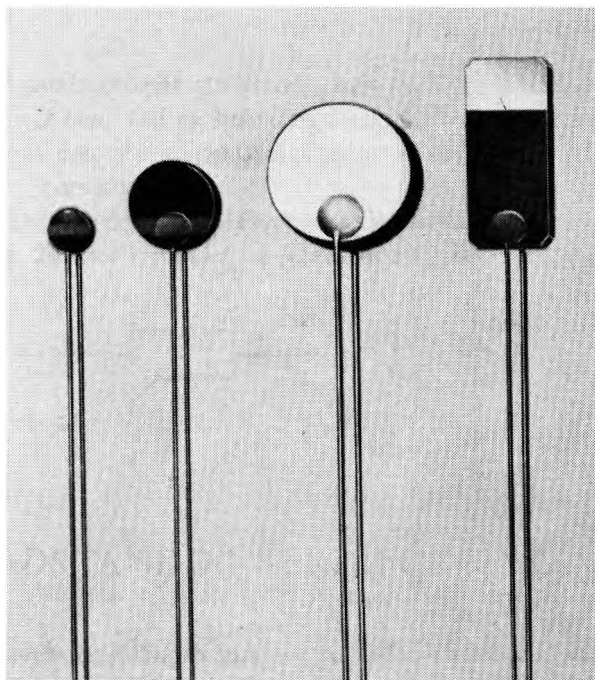


Fig. 18

Med et ohmmeter måles en NTC modstand til at være  $130\ \Omega$  (ved  $25^\circ$ ).

Modstanden varmes op med et par fingre, og vi ser, at modstandsværdien bliver mindre.

Endnu mindre bliver den, hvis NTC modstanden forsigtigt varmes op med en tændstik. Når modstanden er afkølet, er modstandsværdien igen  $130\ \Omega$ . En NTC modstand er en temperaturafhængig modstand. Jo højere temperatur, jo lavere værdi.



*NTC modstande*

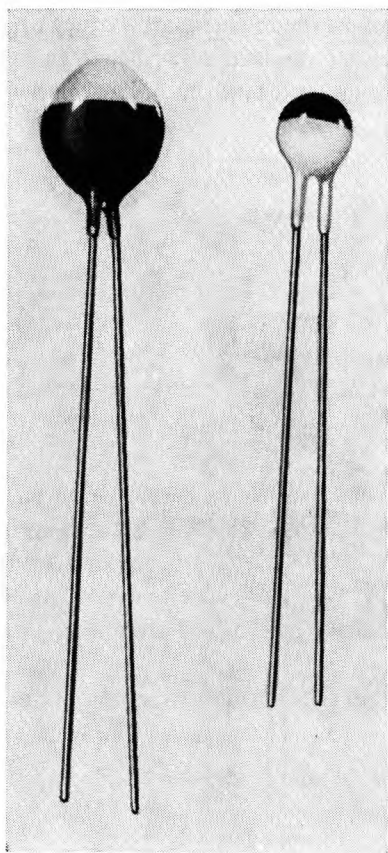
En NTC modstand kan bl. a. bruges til et elektrisk termometer og til temperaturkontrol, men bruges mest til stabilisering af udgangstrin i forstærkere. Herom senere.

(NTC betyder Negativ Temperatur Coefficient).

## PTC MODSTANDE

PTC modstanden virker modsat NTC modstanden. Dens modstandsværdi bliver større ved højere temperatur.

(PTC betyder Positiv Temperatur Coefficient).



PTC modstande

## LDR MODSTANDE

LDR modstande er lysafhængige modstande. Det er i realiteten små fotoceller. Med et ohmmeter måles modstanden til at være omkring  $100\ \Omega$ . Når man

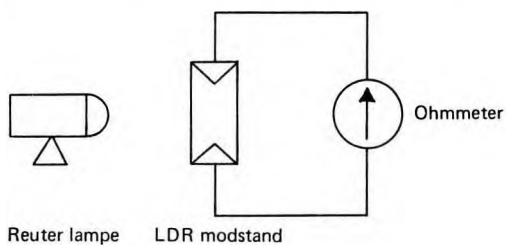


Fig. 19



holder hånden over modstanden, bliver dens modstandsværdi større og kan i total mørke vokse til  $10\text{ M}\Omega$ .

(LDR betyder Light Dependent Resistor = lysafhængig modstand).

## VDR MODSTANDE

VDR modstande er modstande, hvis modstandsværdi er bestemt af spændingen over den. Ved en spændingsforøgelse over modstanden vokser strømmen gennem den uforholdsmæssigt meget. Modstanden bliver altså mindre ved højere spænding.

(VDR betyder Voltage Dependent Resistor = spændingsafhængig modstand).

Fig. 20 viser symbolet for VDR modstande.

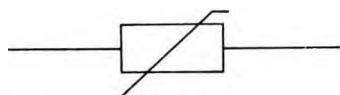


Fig. 20

## MODSTANDE I SERIEFORBINDELSE

Vi danner opstillingen som vist på nedenstående diagram:

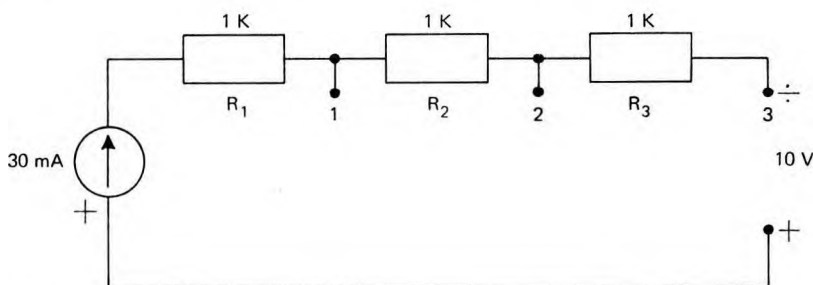


Fig. 21

3 modstande på  $1000\ \Omega$  er forbundet i serieforbindelse. Plusledningen forbindes til strømforsyningen ( $10\text{ V}$ ).

1. forsøg: Minusledningen forbindes først til 1. Kun modstanden  $R_1$  på  $1\text{ K}$  indgår i strømkredsen. Der går en strøm på  $10\text{ mA}$ .

2. forsøg: Minusledningen flyttes til 2.  $R_1 + R_2$  indgår nu i strømkredsen.  $I = 5 \text{ mA}$ .

3. forsøg: Minusledningen flyttes til 3.  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$  indgår nu i serieforbindelse i strømkredsen.  $I = 3,3 \text{ mA}$ .

Ved forsøg vil man måske få lidt andre tal. Det skyldes modstandstolerancen. Hvis den er  $\pm 10\%$  betyder det, at modstandens værdi kan variere fra 900–1100  $\Omega$ . For at opnå helt perfekte resultater, må man anvende 1% modstande eller udsøge modstande (ved hjælp af et ohmmeter) hvis værdi er nøjagtig 1K.

Ved hjælp af Ohms lov kan man nu finde  $R_{\text{res}}$  (den samlede modstand) i de tre tilfælde:

	U	I	$R_{\text{res}} = \frac{U}{I}$
1. forsøg	10 V	10 mA	$\frac{10}{0,01} = 1000 \Omega$
2. forsøg	10 V	5 mA	$\frac{10}{0,005} = 2000 \Omega$
3. forsøg	10 V	$3\frac{1}{3} \text{ mA}$	$\frac{10}{0,0033} = 3000 \Omega$

Af forsøget ser vi, at hvis modstande forbindes i serie, bliver den resulterende modstand,  $R_{\text{res}}$ , summen af de enkelte modstandes værdier.

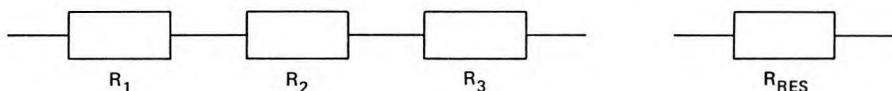


Fig. 22

$$R_{\text{res}} = R_1 + R_2 + R_3$$

Serieforbindelse af modstande anvendes ofte i elektronikken.

Eks.: Tre modstande på henholdsvis 10 R, 200 R og 1 K forbindes i serieforbindelse. Den samlede modstand,  $R_{\text{res}}$ , er da:

$$R_{\text{res}} = 10 \Omega + 200 \Omega + 1000 \Omega = 1210 \Omega$$

### Opgaver.

7. Hvor stor er den resulterende modstand af to modstande på 1K i serieforbindelse?
8. Til juletræet skal bruges 10 elektriske pærer (22 V – 0,1A) i serieforbindelse. Kæden tilsluttes 220 V. Hvor stor er modstanden i hver pære? Hvor stor er den samlede modstand i kæden? Hvor stor er strømstyrken i kæden?

# MODSTANDE I PARALLELFORBINDELSE

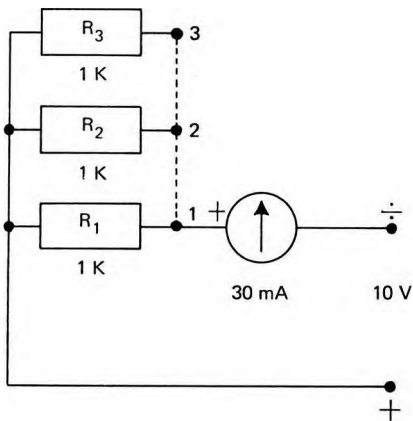


Fig. 23

- 1. forsøg: Opstillingen tilsluttes strømforsyningen (10 V) som vist på fig. 23.  $I = 10 \text{ mA}$ .
- 2. forsøg: En ledning forbindes fra 1 til 2.  $R_1$  og  $R_2$  indgår nu i strømkredsen i parallelforbindelse.  $I = 20 \text{ mA}$ .
- 3. forsøg: En ledning forbindes fra 2 til 3.  $R_1$ ,  $R_2$  og  $R_3$  er parallelforbundne.  $I = 30 \text{ mA}$ .

Ved hjælp af Ohms lov kan man nu finde  $R_{\text{res}}$  (den resulterende modstand) i de tre forsøg:

	U	I	$R_{\text{res}} = \frac{U}{I}$
1. forsøg	10 V	0,01 A	$\frac{10}{0,01} = 1000 \, \Omega$
2. forsøg	10 V	0,02 A	$\frac{10}{0,02} = 500 \, \Omega$
3. forsøg	10 V	0,03 A	$\frac{10}{0,03} = 333\frac{1}{3} \, \Omega$

Forsøget viser, at hvis to ens modstande anbringes i parallelforbindelse, bliver den resulterende modstand,  $R_{\text{res}}$ , halvt så stor.

For to modstande i parallel gælder formelen:

$$\frac{1}{R_{\text{res}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

der kan omskrives til:

$$R_{\text{res}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Eks.: Ved hjælp af formelen kan vi udregne  $R_{\text{res}}$  for en modstand på  $120 \Omega$  i parallel med en modstand på  $1K$ .

$$R_{\text{res}} = \frac{120 \cdot 1000}{120 + 1000} = \frac{120000}{1120} = 107 \Omega$$

Vi ser, at hvis to modstande af forskellig værdi anbringes i parallelforbindelse, bliver  $R_{\text{res}}$  mindre end den mindste modstands værdi.

For flere modstande i serieforbindelse gælder formelen:

$$\frac{1}{R_{\text{res}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

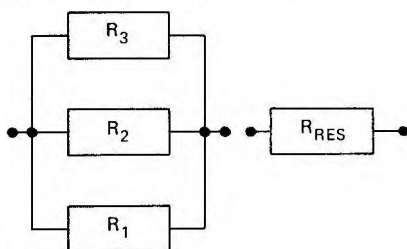


Fig. 24

Eks.: Fire modstande på  $100 \Omega$  forbindes i parallelforbindelse.  $R_{\text{res}}$  er da:

$$\frac{1}{R_{\text{res}}} = \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100} + \frac{1}{100}$$

$$\frac{1}{R_{\text{res}}} = \frac{4}{100} = \frac{1}{25}$$

$$R_{\text{res}} = 25 \Omega$$

### Opgaver.

9. Hvor stor er den resulterende modstand af to modstande på  $1K$  i parallelforbindelse?
10. Hvor stor er den resulterende modstand i følgende opstilling (to modstande på  $100 \Omega$  i parallelforbindelse serieforbundet med en tredje modstand på  $100 \Omega$ )?

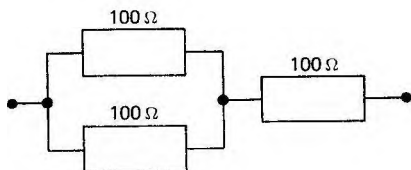
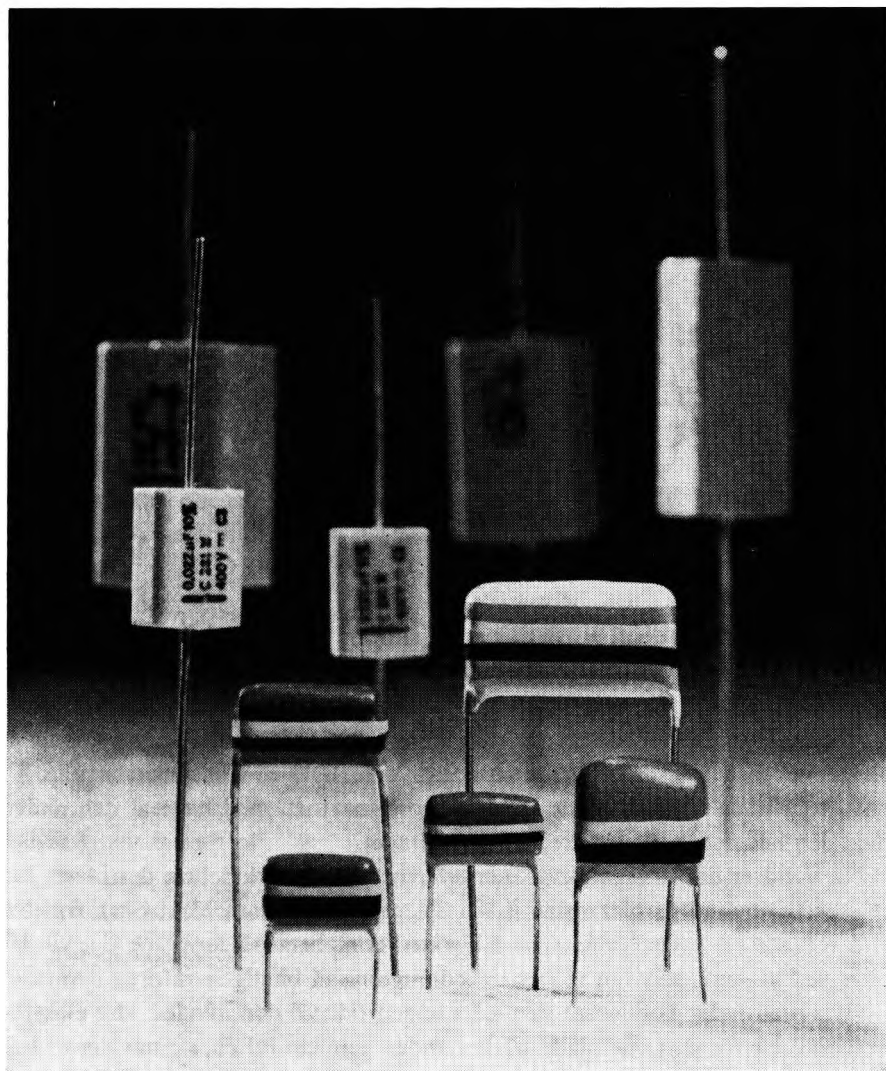


Fig. 25

# KONDENSATORER



*Polyesterkondensatorer*

Kondensatoren er en meget anvendt komponent i elektronikken.

En kondensator består af to metalplader. Hvis man sætter to metalplader på  $10 \times 10$  cm op f. eks. 5 cm fra hinanden, har vi en kondensator. Vi kan lade den op elektrisk.

Pladerne forbindes med en elektricermaskine eller en båndgenerator. Når der drejes på båndgeneratorens håndtag, opstår der elektricitet, når det brede gumribånd kører hen over en af rullerne, der er af plexiglas. Dette fænomen er jo ikke ukendt. Prøv bare at gnide en plastikkam eller -lineal mod en ulden trøje. Linealen bliver så stærkt elektrisk, at der kan springe en gnist. Prøv bare at frisure håret foran spejlet i et mørkt værelse.

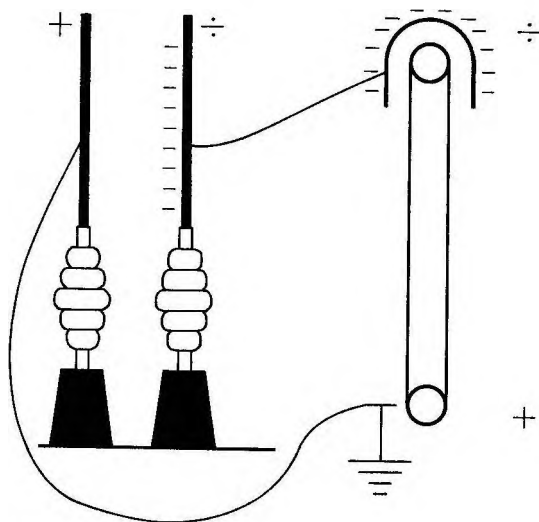


Fig. 26

Ved båndgeneratoren bliver der, når man drejer på håndtaget, overskud af elektroner i hættten, og den er altså negativ i forhold til den nederste rulle.

Vi forbinder den ene plade på vor „kondensator“ med hættten, den anden med den nederste rulle og drejer på håndtaget.

Nu vandrer der mange elektroner over på den ene plade, og der bliver her et stort overskud af elektroner (—). Til gengæld fjernes elektroner fra den anden plade (+). Der er en spændingsforskel mellem pladerne, og det vil der blive ved at være, selv om vi fjerner ledningerne til båndgeneratoren.

Hvis man lader kondensatoren stå i nogen tid, vil den aflades, idet elektronerne vil gå fra den ene plade til den anden gennem luften, og når der er lige mange elektroner på hver plade, er spændingsforskellen mellem pladerne nul. Kondensatoren er afladet.

Jo større pladerne er, jo mere elektricitet kan kondensatoren „gemme“ på. Dens kapacitet er større.

Kapaciteten i en kondensator bliver også forøget, hvis afstanden mellem pladerne bliver mindre.

Endelig kan kapaciteten øges ved at anbringe forskellige materialer mellem pladerne. Polyester („plastik“) anbragt mellem to plader, vil således give en højere kapacitet og isolere pladerne fra hinanden.

Kondensatorens kapacitet måles i FARAD, F. Men det er en meget stor størrelse. Vi anvender derfor nogle mindre enheder:

pF picoFarad  
 $\mu$ F mikroFarad

Der skal 1.000.000 pF til 1  $\mu$ F. Der skal igen 1.000.000  $\mu$ F til 1 F. pF og  $\mu$ F er altså meget små enheder i forhold til F.

En kondensator, som vi har beskrevet den, er jo lidt upraktisk. Der anvendes mange kondensatorer, selv i den mindste transistorradio.

Vi skiller en kondensator ad og undersøger, hvordan den er lavet. „Pladerne“ er ganske tynde. De er af aluminiumsfolie, der er endnu tyndere end det, vi anvender i husholdningen. Pladerne er måske 3 cm brede og 2 m i længden. Mellem dem er lagt et tyndt lag polyester (plastik) som isolator, og det hele er så rullet sammen, en rulleblokkondensator. En ledning er loddet til hver plade, og det hele er pakket ind i plastik.

Ved at anvende meget tyndt aluminiumsfolie og ved at gøre de isolerende lag så tynde som muligt, kan man få en kondensator med stor kapacitet til at fylde lidt.

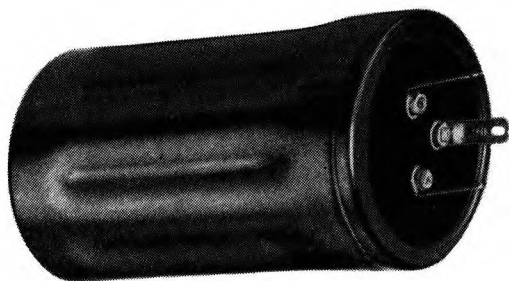
En type kondensatorer med ret lille kapacitet er de keramiske kondensatorer. De består af et porcelænsrør, hvor der inden i røret og uden på røret er udfældet et metallag. De to lag udgør de to plader.

Kapacitetsstørrelsen er angivet på nogle kondensatorer. På andre er en farvekode, der for øvrigt er den samme som den for modstande, idet farverne angiver kapaciteten i pF.

Hvis man skal bruge en kondensator med en meget stor kapacitet, vil den komme til at fylde urimeligt meget. F. eks. i forstærkere bruges store kondensatorer. Til sådant brug har man udviklet en anden type: Elektrolytkondensatoren.

## ELEKTROLYTKONDENSATORER

Den ene plade i elektrolytkondensatoren består af aluminiumsfolie, der er dækket af et tyndt lag aluminiumsilte. Aluminium bliver let angrebet af luftens ilt, og det yderste lag bliver omdannet til aluminiumsilte. Når der først er dan-



net et lag, virker det beskyttende, og pladen kan så ikke iltes yderligere. Aluminiumsilten virker også elektrisk isolerende.

Den anden „plade“ er en væske, der kan lede den elektriske strøm, en såkaldt elektrolyt.

Man fremstiller elektrolytkondensatoren på følgende måde:

En aluminiumsbeholder fyldes halvt med en elektrolyt. Aluminiumsfolie, der er iltet på overfladen, rulles sammen med trækpapir som mellemlag og sænkes ned i elektrolytten. Der lægges lag på, og elektrolytkondensatoren er færdig. Der er forinden blevet påsvejset to tilledninger, en til hylsteret og en til aluminiumsfoliet.

En svaghed ved elektrolytkondensatoren er, at hylsteret altid skal forbindes til minus og den anden plade til plus. Hvis man vender elektrolytkondensatoren forkert, ødelægges den.

## DREJEKONDENSATORER

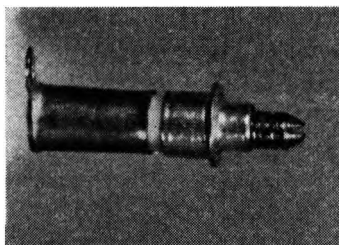
I radiosendere og -modtagere har man ofte brug for kondensatorer, hvis kapacitet kan ændres. Sådanne kondensatorer kaldes drejekondensatorer.

Drejekondensatorer består af to sæt plader, oftest fremstillet af aluminium. Det ene sæt, statoren, kan ikke bevæges, men det andet sæt, rotoren, kan ved at dreje på en aksel, drejes ind mellem statorpladerne. Jo mere rotoren er inddrejet, jo større kapacitet har kondensatoren.

Når der drejes på skalaknappen på radioen, er det en drejekondensator, der varieres på.

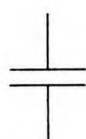


## TRIMMEKONDENSATORER

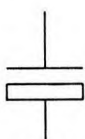


De indstilles til en bestemt værdi ved hjælp af en trimmenøgle.

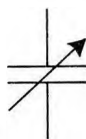
Symbolerne for de forskellige kondensatortyper ser således ud (fig. 27).



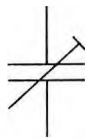
Kondensator



Elektrolyt-  
kondensator



Dreje-  
kondensator



Trimme-  
kondensator

Fig. 27

## KONDENSATORENS KAPACITET

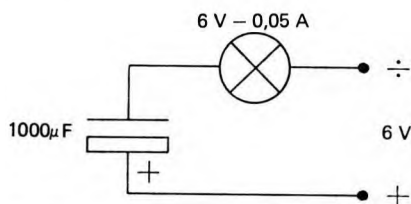


Fig. 28

Når en kondensator tilsluttes, som vist på fig. 18, vil glødelampen lyse kort. Kondensatoren oplades.

Når kondensatoren først er opladet, går der ikke længere strøm i kredsløbet. En kondensator spærrer for jævnstrøm. Nu kan kondensatoren aflades, og vi afbryder ved + og fører ledningen op til —. Glødelampen lyser igen kort.

Når en kondensator tilsluttes en jævnspændingskilde, vil der fra minus, hvor der jo er overskud af elektroner, gå en strøm af elektroner hen på den ene

plade, indtil der er „fyldt op“. De elektroner, der var på den anden plade, søger hen til plus, hvor der er underskud af elektroner. Der er nu en spændingsforskel mellem de to plader, og kondensatoren er opladet, og der vil ikke længere gå strøm i kredsløbet (fig. 29).

Når kondensatoren aflades, vandrer elektronerne fra den ene plade gennem kredsløbet over på den anden plade, indtil der er lige mange på hver plade. Kondensatoren er afladet, for nu er spændingsforskellen mellem de to plader nul (fig. 30).

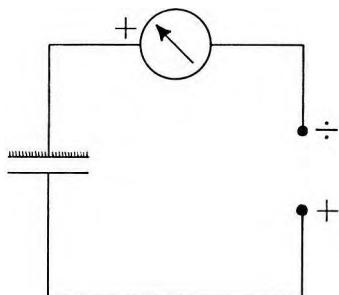


Fig. 29

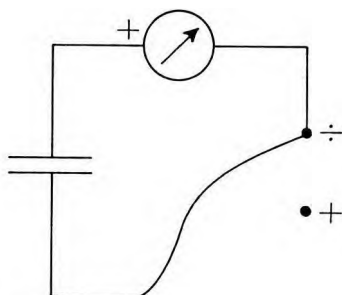


Fig. 30

Glødelampen erstattes nu med et midtpunktstillet milliamperemeter, og for at begrænse strømmen indsættes en modstand på 10K (fig. 31).

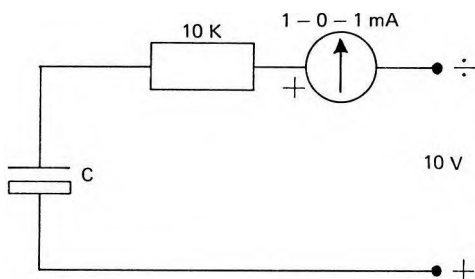


Fig. 31

Kredsløbet tilsluttes en spændingskilde på 10 V, og der går strøm i kredsløbet i lang tid, men det er også en lille strøm. Når kondensatoren er opladet, aflades den som før. Instrumentets viser slår ud til den anden side – strømmen går i den modsatte retning. Også afladningen tager lang tid.

Nu prøves andre værdier af kondensatoren. Der prøves på skift med kon-

densatorer på  $100\ \mu\text{F}$  –  $10\ \mu\text{F}$  –  $1\ \mu\text{F}$ . Resultaterne indføres i et skema som vist herunder.

C	Tid	
	Oplad	Aflad
$1000\ \mu\text{F}$		
$100\ \mu\text{F}$		
$10\ \mu\text{F}$		
$1\ \mu\text{F}$		

Resultatet af forsøget er, at jo større kapacitet, jo mere elektricitet kan kondensatoren gemme på.

## KONDENSATORER I PARALLELFORBINDELSE

Opstillingen fra fig. 31 bevares med en kondensator på  $100\ \mu\text{F}$ , og vi noterer os tiden for afladning af kondensatoren. Der indsættes nu en anden kondensator på  $100\ \mu\text{F}$  parallelt med den første, og afladningstiden findes (fig. 32).

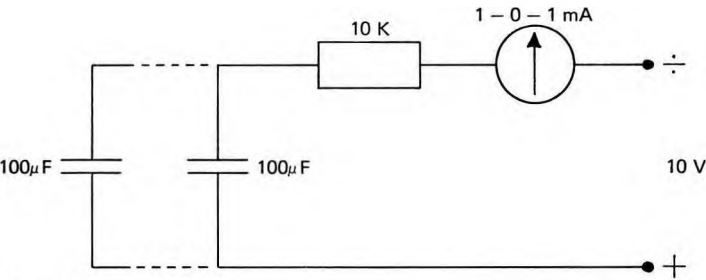


Fig. 32

Vi ser, at afladningstiden er blevet fordoblet. Den samlede kapacitet er altså blevet dobbelt så stor.

En tredje kondensator på  $100\ \mu\text{F}$  parallelt med de to andre giver tre gange så lang afladningstid.

Heraf får vi en formel til beregning af kondensatorer i parallelforbindelse.

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \dots$$

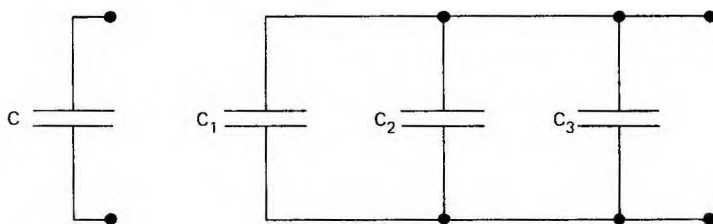


Fig. 33

Eks.: Den samlede kapacitet,  $C$ , af tre kondensatorer på henholdsvis  $100\ \mu\text{F}$ ,  $2\ \mu\text{F}$  og  $25\ \mu\text{F}$  i parallelforbindelse:

$$C = 100\ \mu\text{F} + 2\ \mu\text{F} + 25\ \mu\text{F} = 127\ \mu\text{F}$$

*Opgaver.*

11. Beregn den samlede kapacitet, når tre kondensatorer på henholdsvis  $100\ \mu\text{F}$ ,  $1\ \mu\text{F}$  og  $100.000\ \text{pF}$  forbindes i parallelforbindelse.

## KONDENSATORER I SERIEFORBINDELSE

Opstillingen fra fig. 31 benyttes igen med  $C = 100\ \mu\text{F}$ , og vi husker tiden for afladningen.

Der indsættes en anden kondensator på  $100\ \mu\text{F}$  i serieforbindelse med den første, og afladningstiden findes (fig. 34).

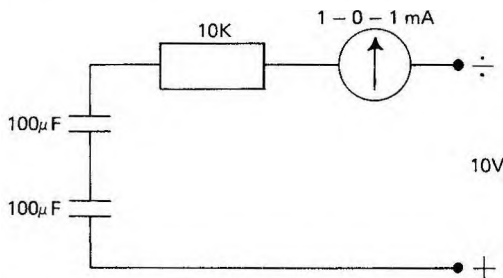


Fig. 34

Vi ser, at afladningstiden er den halve. Den samlede kapacitet er blevet halvt så stor.

Formlen for modstande i parallelforbindelse kan bruges for kondensatorer i serieforbindelse.

For to kondensatorer i serieforbindelse gælder formelen:

$$C = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2}$$

For flere kondensatorer i serieforbindelse:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots$$

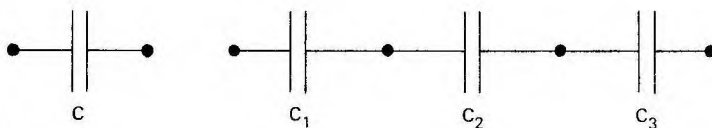


Fig. 35

Eks. 1:  $C_1 = 100 \mu\text{F}$  og  $C_2 = 200 \mu\text{F}$ . De serieforbindes.

$$C = \frac{100 \cdot 200}{100 + 200} = \frac{20000}{300} = 66\frac{2}{3} \mu\text{F}$$

Når to kondensatorer forbindes i serie, bliver den resulterende kapacitet mindre end kapaciteten af den mindste.

Eks. 2: Tre kondensatorer, hver på  $400 \mu\text{F}$ , serieforbindes.

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{400} + \frac{1}{400} + \frac{1}{400} = \frac{3}{400}$$

$$C = \frac{400}{3} = 133\frac{1}{3} \mu\text{F}$$

Husk ved beregning af kondensatorer i serie- og parallelforbindelse at anvende samme enhed for kondensatorværdierne.

*Opgaver.*

12. Beregn den samlede kapacitet for to kondensatorer på henholdsvis  $100 \mu\text{F}$  og  $50 \mu\text{F}$  i serieforbindelse.
13. Hvor mange forskellige værdier kan opnås med 3 kondensatorer på hver  $100 \mu\text{F}$ . Tegn forbindelserne op.

## JÆVNSPÆNDING — JÆVNSTRØM

Hidtil har vi kun beskæftiget os med jævnspænding og jævnstrøm. De strømkilder, vi har benyttet, har afgivet jævnstrøm; det vil sige, at elektronerne hele

tiden går i samme retning i kredsløbet. De udsendes fra den negative pol og indsuges ved den positive pol.

For at der gennem en modstand kan gå en jævnstrøm, må der over modstanden være en jævnspænding.

220 V jævnspænding skrives  $220\text{ V} =$  eller  $220\text{ V DC}$ . (DC = Direct Current). Hvis vi blot skriver  $220\text{ V}$ , angiver det også, at der er tale om jævnspænding.

## VEKSELSPÆNDING — VEKSELSTRØM

Vor mest almindelige spændingskilde, stikkontakten, leverer vekselstrøm. Spændingsforskellen over stikket er  $220\text{ V}$  vekselspænding. Vi skriver  $220\text{ V}\sim$  eller  $220\text{ V AC}$  (AC = Alternating Current).

Hvis vi tilslutter en elektrisk pære til en stikkontakt, vil der gå en strøm af elektroner gennem pæren, og de får den til at lyse.

Ved jævnspænding gik elektronstrømmen til stadighed i samme retning. Anderledes forholder det sig ved vekselspænding.

Vi har vekselspænding her i landet med en frekvens på 50 hertz. Det betyder, at elektronerne i  $\frac{1}{50}$  sek. strømmer den ene vej gennem pæren. Derefter, igen i  $\frac{1}{50}$  sek., strømmer de den anden vej. Vi kan sige, at strømmen „skvulper“ frem og tilbage gennem pæren. 50 gange pr. sek. skvulper den den ene vej, 50 gange den anden vej gennem kredsløbet. En elektrisk pære blinker 100 gange pr. sek.

## KONDENSATORER VED VEKSELSPÆNDING

En kondensator kan ikke lede jævnstrøm. Vi så, at der kun gik strøm, til kondensatoren var opladet.

Vi vil nu undersøge, om kondensatoren kan lede vekselstrøm og danner opstillingen vist på fig. 36. Til forsøget må ikke anvendes elektrolytkondensatorer.

En kondensator, C, på  $100\text{ }\mu\text{F}$  tilsluttes i serie med et vekselstrøamperemeter (max. udslag for  $300\text{ mA}\sim$ ) til  $6\text{ V}\sim$ . Der går en strøm på ca.  $250\text{ mA}$  gennem kondensatoren!

Nu erstattes C med en kondensator på  $10\text{ }\mu\text{F}$ . Strømmen er nu ca.  $25\text{ mA}$ . Hvis  $C = 1\text{ }\mu\text{F}$ , er strømmen ca.  $2\text{ mA}$ .

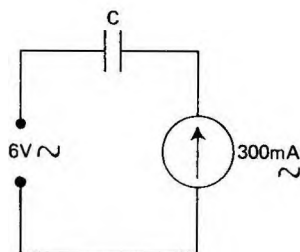


Fig. 36

Heraf ser vi, at en kondensator kan lede vekselstrøm. Jo mindre kapacitet, jo større modstand yder kondensatoren over for vekselstrøm.

## LYD

Hvordan opstår lyd egentlig?

Prøv at holde enden af en lineal fast mod en bordkant. Ved at lade et større eller mindre stykke af linealen rage uden for bordkanten, kan der frembringes dybere eller højere toner, når der „klemtes“ på linealen.

Med nogen øvelse kan man snart „spille på lineal“.

Når man „spiller“ på linealen, kommer den i svingninger. Disse svingninger forplanter sig gennem luften og får trommehinden i øret til at svinge med. Vi hører en tone.

En ren tone kan frembringes med en stemmegaffel. Det kan være en stemmegaffel, der frembringer tonen A. Når man slår den an, dvs. slår det ene „ben“ mod et stykke træ, fremkommer tonen A. Benene svinger ud og ind 440 gange hvert sekund.

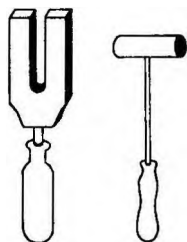


Fig. 37

Lyden forplanter sig gennem luften og får vor trommehinde til at svinge frem og tilbage 440 gange pr. sekund. Vi hører tonen A.

Lyden er dog ikke særlig kraftig. Vi må holde stemmegaffelen næsten helt hen til øret for at høre tonen.

Vi slår stemmegaffelen an igen. Skaftet sættes nu ned mod bordet, og nu høres tonen meget tydeligt. Skaftet svinger nemlig op og ned, når benene svinger ud og ind. Det vil så sætte bordpladen i svingninger, og nu har vi en meget stor svingende flade. Hvis bordpladen forsigtigt berøres, kan man „mærke“ tonen.

Lyd er altså svingninger. Jo flere svingninger pr. sek., jo højere tone.

Svingningstallet pr. sek. kaldes frekvensen og måles i hertz (Hz). Tonen A har frekvensen 440 Hz.

De dybeste toner, dvs. de laveste frekvenser, vi kan høre, er ca. 15 Hz. De højeste er omkring 20000 Hz. Jo yngre man er, jo højere toner kan man høre.

En hund kan høre frekvenser på 40000 Hz.

For at kunne forstå tale er det kun nødvendigt med frekvenserne fra 300–3000 Hz. Det bruger man i praksis. Med filtre afskærer man i forstærkere de frekvenser, der ligger under 300 Hz og over 3000 Hz. Herved får man det, der kaldes telefonkvalitet.

I en telefon vil et musikstykke ikke lyde særlig godt. Til musikgengivelse kræves hele toneområdet med. En Hi-Fi forstærker skal gengive området fra 30 Hz til 20000 Hz.

Stemmegaffelens svingninger kan omsættes til elektriske svingninger ved hjælp af en mikrofon.

Der er mange forskellige mikrofontyper. Den mikrofon, man taler i i en telefon, er en kulkornsmikrofon. Den kaldes populært en „kulknas“, og det fortæller, at kvaliteten ikke ligefrem er fremragende. Til gengivelse af tale er den udmærket, men skal man have et større toneområde med, må man bruge en krystalmikrofon, en dynamisk mikrofon eller en båndmikrofon.

En kulkornsmikrofon er den billigste. Man kan også selv fremstille en.

Den består i al sin simpelhed af en plasticdåse med metallåg og -bund. Dåsen er fyldt op med kulstøv (kulkorn). Til „bunden“ og „låget“ loddes to ledninger.

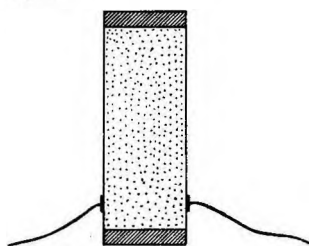


Fig. 38

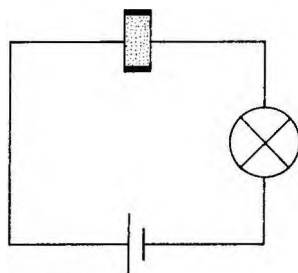


Fig. 39



Vi forbinder „mikrofonen“ i serie med en 6 V glødelampe til 6 V jævnstrøm (batteri).

Lampen lyser ikke helt op. Der må være elektrisk modstand i mikrofonen. Hvis vi klemmer på bunden eller låget af dåsen, lyser lampen kraftigere. Kul-kornene er blevet presset sammen, og modstanden i mikrofonen er blevet mindre. Det betyder, at der går større strøm i kredsløbet og dermed også gennem lampen.

Hvis vi anbringer en stemmegaffel foran mikrofonen, vil „låget“ begynde at svinge med samme frekvens som stemmegaffelen. Det medfører, at modstanden i mikrofonen varierer med samme frekvens, hvilket i sidste ende resulterer i, at strømmen gennem lampen varierer på samme måde. Vi er dog ikke i stand til at se det, da det skifter for hurtigt. Vi har omdannet mekaniske svingninger til elektriske svingninger. Man kan også sige, at vi har omdannet lyd til elektriske impulser med samme frekvens.

Disse elektriske impulser kan gennem en hovedtelefon eller en højttaler omdannes til lyd.

*Højttaleren* er bygget op omkring en kraftig magnet med en speciel udformning.

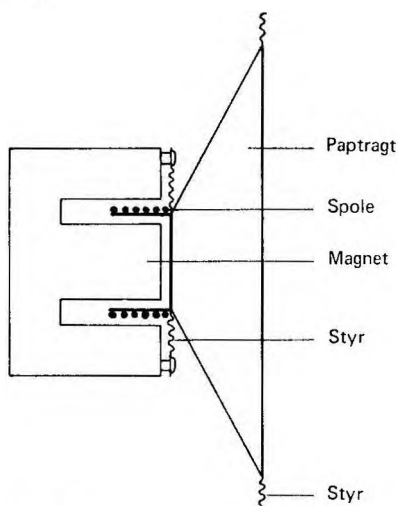


Fig. 40

Ind omkring magneten sidder et bevægeligt paprør, hvorpå der er viklet noget tyndt kobbertråd. Denne spole er limet på en paptragt.

Hvis der sendes strøm gennem spolen, vil spolen og dermed paptragten trækkes ind mod magneten. Sendes strømmen den anden vej, vil magneten frastøde spolen.

Nu kan højttaleren forbindes med en kulkornsmikrofon i serie med et batteri. Fra en tonegenerator udsendes en tone, der af mikrofonen omsættes til elektriske svingninger gennem højttalerspolen. Disse strømstød får spolen og papskærmen til at svinge frem og tilbage med samme frekvens som den tone, der udsendes, og denne tone vil høres i højttaleren. Tonen vil være meget svag og der skal en forstærker til, for at den kan gøres kraftigere.

En højttaler kan også bruges som mikrofon.

I samtaleanlæg er det den samme lille højttaler, der bruges som mikrofon og højttaler.

En mikrofon udformet efter højttalerprincippet kaldes en *dynamisk mikrofon*.

## DIODEN

Vi har tidligere hørt om ledere, stoffer, der leder den elektriske strøm, og isolatorer, stoffer, der ikke tillader den elektriske strøm at passere.

Mellem disse grupper findes en tredje, som kaldes „halvledere“. Det er stoffer som germanium, silicium og selen, og de to først nævnte har fået stor betydning inden for elektronikken. De komponenter, der fremstilles af disse grundstoffer, kaldes også halvledere.

Den første halvleder, vi skal stifte bekendtskab med, er *dioden*. En diode er en komponent, der tillader strømmen at passere den ene vej (gennemgangsretningen), men yder stor modstand i den anden retning (spærreretning). Man kalder da også dioden for en „ventil“.

Symbolet for dioden ser således ud:

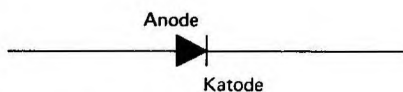


Fig. 41

Dioder fremstilles i forskellig form og størrelse alt efter deres anvendelse.

I det følgende skal vi arbejde med en diode, der har typebetegnelsen BY127. Det er en siliciumdiode.

Vi danner følgende kredsløb:

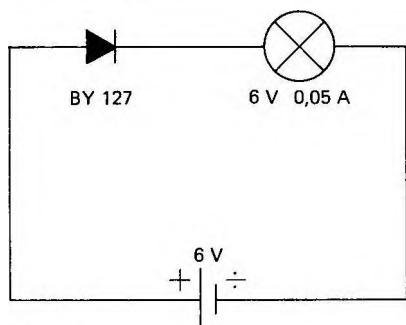


Fig. 42

Vi ser, at pæren lyser normalt. Dioden leder den elektriske strøm.  
Så vendes dioden:

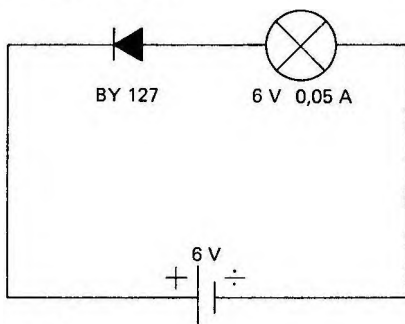


Fig. 43

Pæren lyser ikke. Strømmen kan ikke passere dioden. Den spærrer.

Vi vil nu se, hvordan dioden reagerer over for vekselstrøm. Kredsløbet er det samme som før.

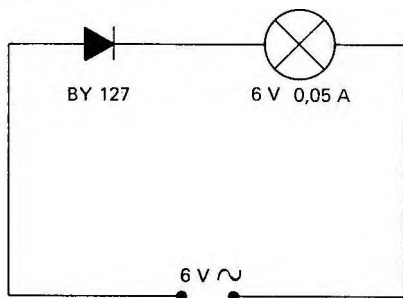
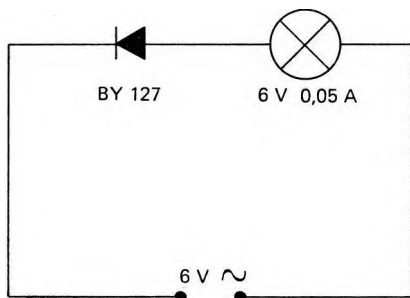


Fig. 44

Pæren lyser, men kun med halv styrke.

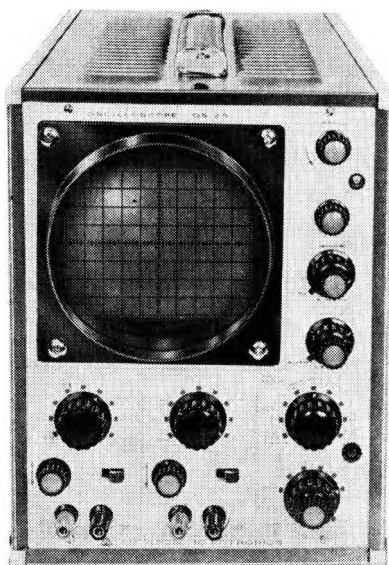
Så vendes dioden.



*Fig. 45*

Pæren lyser. Denne gang også med halv styrke.

Vi vil nu se på et billede af strømmen. Et sådant kan man se på et oscilloscop.



*Oscilloscop*

Et oscilloscop er et måleapparat, der på en skærm kan vise „billeder“ af elektriske svingninger.

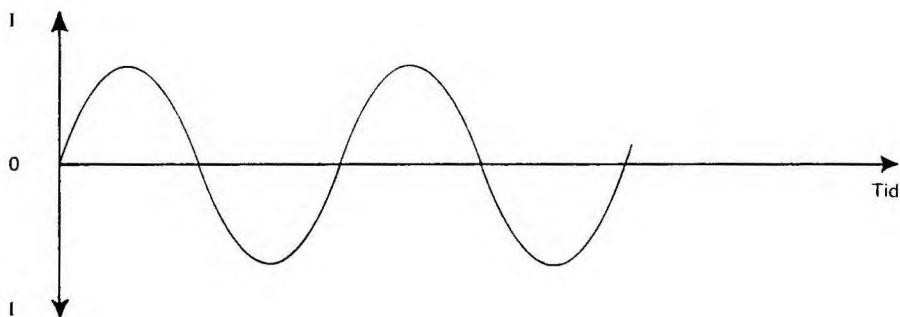


Fig. 46

Tegningen viser en kurve over vekselstrømmens forløb gennem en glødelampe. Kurven kaldes en „sinuskurve“.

Vi starter ved 0 på kurven. Der går ikke strøm gennem pæren. Så går kurven opad – der går strøm gennem pæren – indtil vi når maximal strøm gennem pæren. Derefter aftager strømstyrken til den igen er nul.

Nu bevæger vi os under nullinien. Det betyder, at strømmen går den anden vej gennem pæren. Strømmen denne vej når samme maximale værdi som før og bliver så igen nul. Strømmen har gennemløbet en *periode*.

Her i landet er der 50 hertz vekselstrøm med en spændingsforskel på 220 volt. Det betyder, at der i 1 sekund er 50 perioder.

Først „skvulper“ strømmen den ene vej gennem kredsløbet, hvorefter den skifter retning og „skvulper“ den anden vej. Dette sker 50 gange pr. sekund.

På oscilloscopet kan vi se et billede heraf.

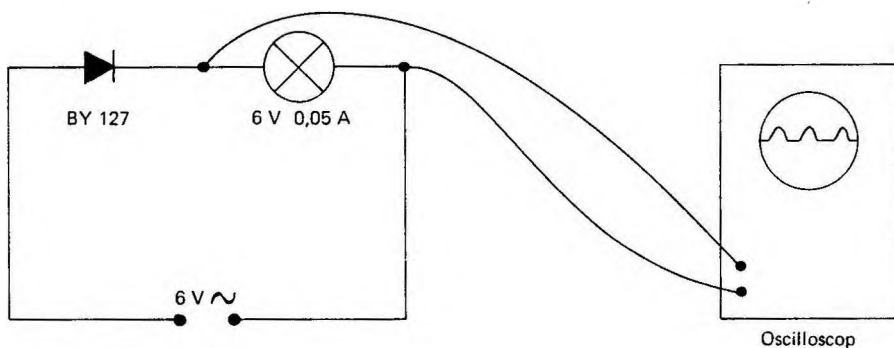


Fig. 47

Vi tilslutter oscilloscopet over en glødelampe (6 V – 0,05A), og kan så på skærmen iagttage de strømvariationer, der er gennem glødelampen (fig. 47).

Nu anbringes en diode (BY127) i kredsløbet. Når strømmen i kredsløbet går den ene vej, leder dioden og pæren lyser. Når strømmen går den anden vej, spærrer dioden, og der går ingen strøm. Pæren lyser derfor kun halvt op.

Billedet ser således ud:

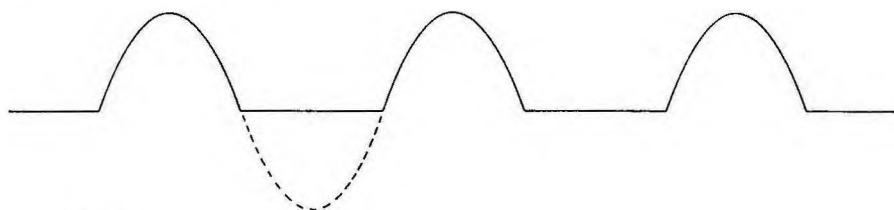


Fig. 48

På oscilloscopet kan vi se, at den nederste halvdel af kurven er blevet skåret af. Resultatet er, at vi har „omdannet“ vekselstrømmen til en pulserende jævnstrøm.

Nu går strømmen hele tiden den samme vej gennem glødelampen. Der kommer en kraftig impuls hvert  $\frac{1}{50}$  sek.

Vi vender dioden og ser, at nu skæres den øverste halvdel af kurven af:



Fig. 49

## ENSRETTER

Vi har nu fundet en anvendelse for dioden. Den kan „omdanne“ vekselstrøm til jævnstrøm. Dioden virker som ensretter. Den jævnstrøm, vi får, er ganske vist ikke så pæn. Den kaldes en pulserende jævnstrøm. Lad os prøve at forbedre den.

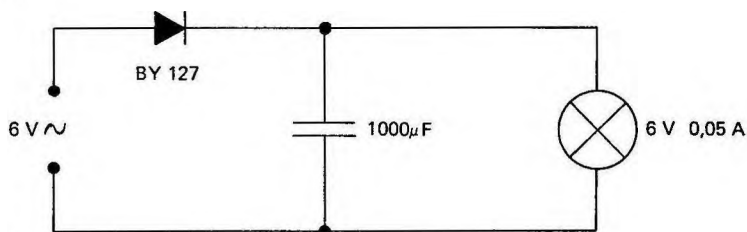


Fig. 50

Der indsættes en kondensator på  $1000\ \mu\text{F}$ . Vi ser, at pæren lyser kraftigere, når kondensatoren bliver tilsluttet.

Igen skal vi se billedet på oscilloscopet.

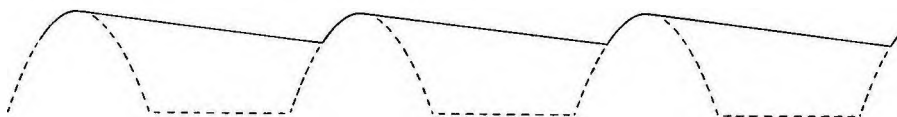


Fig. 51

Billedet viser spændingsforløbet over pæren. Den punkterede linie viser forholdene fra før. Halvdelen af tiden er spændingen over pæren nul. Så stiger den til maximal værdi, hvorefter den falder til nul igen.

Når der indsættes en kondensator (den optrukne kurve), vil den blive opladet, og når spændingen er maximal, er den fuldt opladet. Den aflades langsomt over pæren, den „gemmer“ lidt på strømmen. Jo større kapacitet kondensatoren har, jo længere tid kan den „gemme“ på strømmen, og det ideelle er at have en kondensator med så stor kapacitet, at den kan gemme på strømmen til næste strømstød kommer.

På oscilloscopet kan forskelle mellem forskellige kondensatorer iagttages. Prøv med  $1\ \mu\text{F}$ ,  $10\ \mu\text{F}$ ,  $100\ \mu\text{F}$  og  $1000\ \mu\text{F}$ .

Når der bruges en kondensator på  $1000\ \mu\text{F}$ , ser kurven meget pæn ud. Men der går også kun en strøm på  $50\ \text{mA}$  gennem pæren. Hvis den skiftes ud med en  $6\ \text{V} - 1\ \text{A}$ , kan vi se, det går ud over kurveformen. Kondensatoren kan ikke klare det voksende forbrug.

Vi vil derfor forsøge at forbedre vor jævnspænding yderligere ved anvendelse af en transformer.

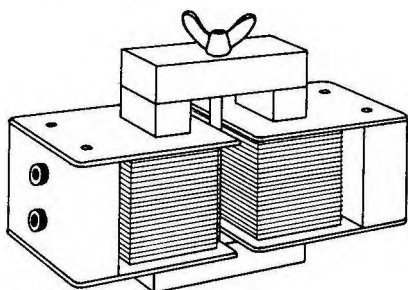


Fig. 52. Transformer

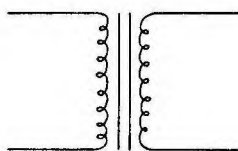


Fig. 53. Symbol for transformer

En transformer består af en jernkerne med to spoler, en primær spole og en sekundær spole. Hvis vi tilslutter primærspolen til en vekselstrømskilde får vi

også vekselstrøm ud af sekundærspolen. Hvis der er lige mange vindinger på hver spole, er sekundærspændingen lig med primærspændingen. Hvis der er færre vindinger på sekundæren, bliver sekundærspændingen mindre, hvis flere, bliver spændingen højere.

Vi kan altså transformere spændingen ned eller op.

Der skal nu anvendes en transformer, hvis primær kan tilsluttes bynettets 220 V vekselspænding. Sekundæren består i dette tilfælde af to spoler, der hver giver en spænding på 6 volt.

Symbolet for en sådan transformer ser således ud:

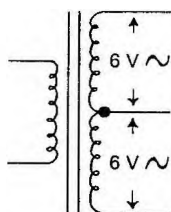


Fig. 54

Der dannes nu følgende strømkreds:

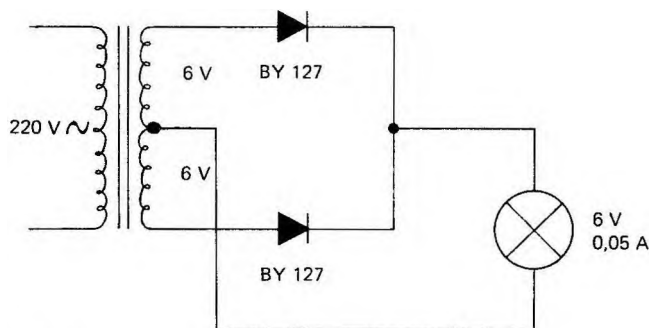


Fig. 55

Der er anvendt to dioder (BY127), hvis anoder er forbundet til transformerens to sekundærspoler, der er viklet på samme form. Katoderne forbindes og slutes til den ene tilslutningsklemme ved pæren. Sekundærspolernes anden pol forbindes og slutes til pærens anden tilslutningsklemme.

Når strømmen i primærspolen „skvulper“ frem og tilbage, vil den også „skvulpe“ frem og tilbage i sekundærspolerne.



Når strømmen i sekundær går den ene vej (fig. 56), leder  $d_1$ , og der går strøm gennem pæren i pilens retning.

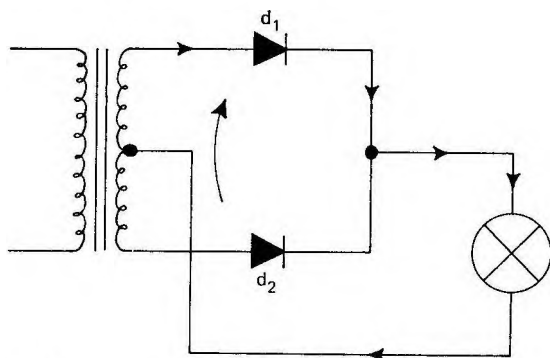


Fig. 56

Når strømmen i sekundær går den anden vej (fig. 57), leder  $d_2$ , og der går strøm gennem pæren i samme retning som før.

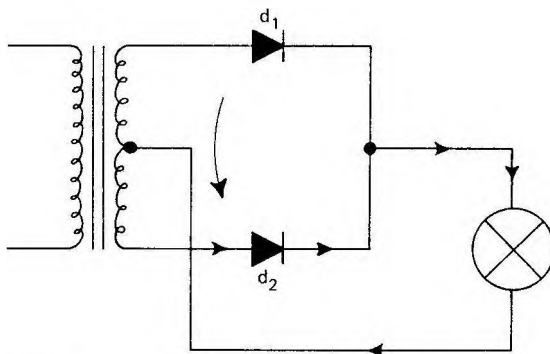


Fig. 57

Der kommer altså dobbelt så mange strømstød gennem pæren, og oscilloscopet vil vise det samme.

Billedet af strømmen gennem pæren ser således ud:

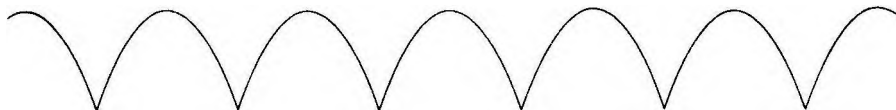


Fig. 58

Hvis vi afbryder den ene diode, går hver anden „pukkel“ væk.

Pæren lyser nu næsten helt op. Den vil lyse med fuld styrke, hvis vi „forbedrer“ med en kondensator:



Fig. 59

Vi kan også høre, at vor jævnspænding er blevet forbedret. En højohms hovedtelefon tilsluttes over pæren. Når kondensatoren ikke er tilsluttet, er der „brum“ på strømforsyningen. Det forsvinder, når kondensatoren tilsluttes.

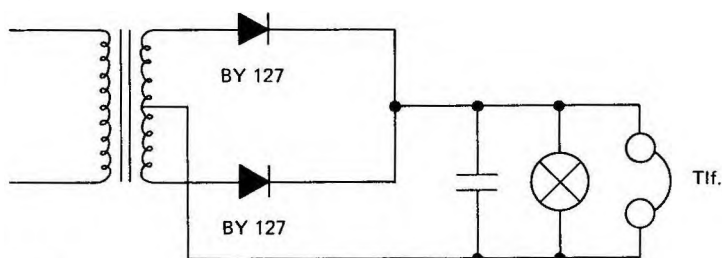


Fig. 60

Vi har lavet en dobbeltensretter. Det kaldes også en modtaktskobling.

Det samme billede kunne opnås ved at bruge en transformer uden midtpunktsudtag. Vi må så anvende 4 dioder.

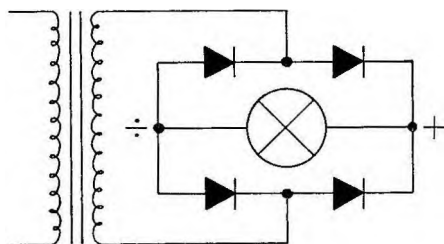


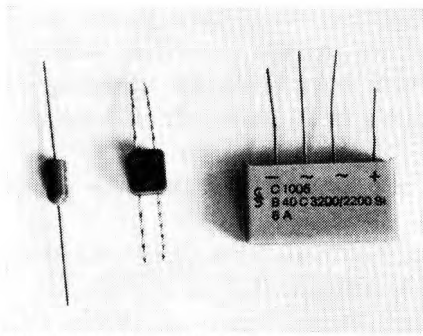
Fig. 61

Denne opstilling kaldes en brokoblet ensretter eller en graetz-kobling.

Prøv selv at analysere, hvad der sker med strømmen i en graetz-kobling.

Den kan købes færdig med 4 dioder indstøbt i plastik.

BY122 kan dobbeltensrette op til 42 V ved en strøm på 0,8 A.



BY127, BY122 og B40C3200

Har man brug for at aftage en større strøm, kan man anvende B40C3200. B40 betyder, at spændingen maximalt må blive 40 V. 3200 betyder, at den kan tåle en strøm på 3200 mA eller 3,2 A. Det vil sige en effekt på 176 W. Så er vort behov vist dækket, når det drejer sig om transistoropstillinger.

De dioder, vi hidtil har anvendt, har alle været fremstillet af grundstoffet *silicium*.

Af grundstoffet *germanium* fremstilles germaniumdioder, der er meget anvendte, men kun ved små strømme.

I krystalmodtageren i byggevejledningen er det en germaniumdiode, der anvendes. Den er af typen OA91. OA91 tåler en strøm på 50 mA i lederetningen og 15 mA i spærreretningen.

Germaniumdioder anvendes desuden i den bistabile multivibrator.

## DIODENS KARAKTERISTIK

Vi vil nu undersøge dioden lidt nøjere. Derfor dannes følgende opstilling (fig. 62):

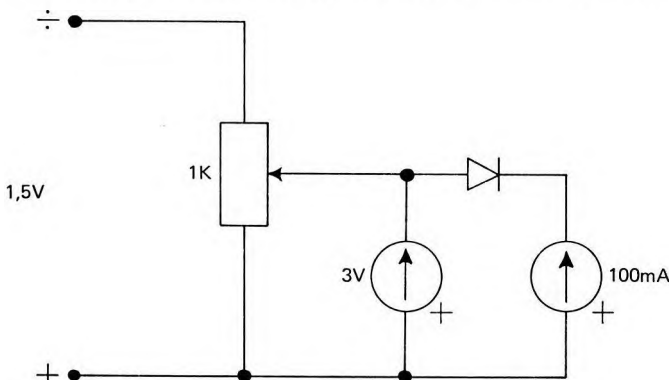


Fig. 62

Fra en strømkilde fås 3 V jævnspænding. Hertil tilsluttes et potentiometer som spændingsdeler, og ved at dreje på akslen kan alle spændinger mellem 0 V og 3 V frembringes. Et voltmeter (3 V) viser den øjeblikkelige spænding. Dioden, vi vil undersøge, er en germaniumdiode OA91. Lignende undersøgelser kan foretages med siliciumdioder.

Med et amperemeter (100 mA) vil vi måle, hvor stor strøm, der går gennem dioden ved forskellige spændinger.

Med potentiometret indstilles spændingen til 0,2 V, 0,4 V, 0,6 V osv., og på amperemetret aflæses de tilsvarende strømme.

I en tabel, som nedenstående, noteres sammenhængende værdier for spænding og strøm.

Den maksimale tilladte strøm gennem dioden i lederetningen er 50 mA, så når denne værdi opnås, afbrydes forsøget.

$U_V$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$I_{mA}$					

Nu vendes dioden, og forsøget gentages. Der går ingen strøm. I hvert fald ser det ikke ud til det på milliamperemetret. I stedet for dette indsættes et instrument, der kan give fuldt udslag for en strøm på  $100 \mu A$  (mikroampere) =  $\frac{1}{10000}$  A. Herpå kan vi se, at der alligevel går en lille strøm i spærretretningen.

Der prøves ved forskellige spændinger og laves som før en tabel over sammenhørende værdier af spænding og strøm.

$U_V$	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
$I_{\mu A}$					

Vi skal nu se på en kurve (graf), der viser de sammenhørende værdier for spænding og strøm i lede- og spærretretningen for dioden, idet vi indsætter vore resultater i et koordinatsystem.

Et koordinatsystem er to tallinier, der står vinkelret på hinanden i 0 punktet. De kaldes koordinatsystemets akser. Den vandrette kaldes *x-aksen*, den lodrette *y-aksen*.

Ud af den ene akse, *x-aksen*, afsættes spændingen i lederetningen ( $V_F$ ) målt i volt. Opad *y-aksen* strømmen i lederetningen ( $I_F$ ) målt i mA. Ved at afsætte de sammenhørende værdier som punkter, fås en række punkter, der forbindes,

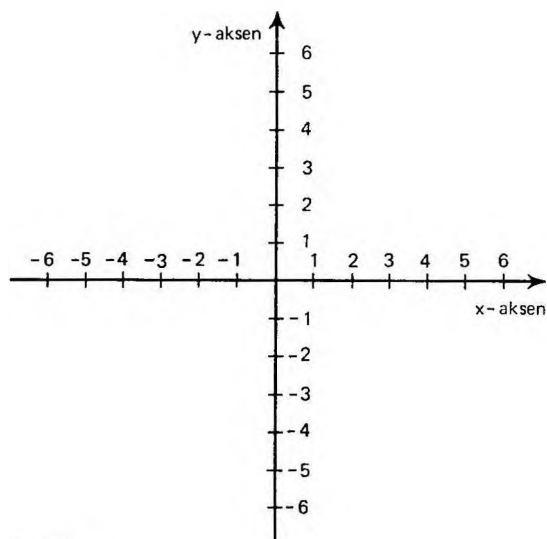


Fig. 63

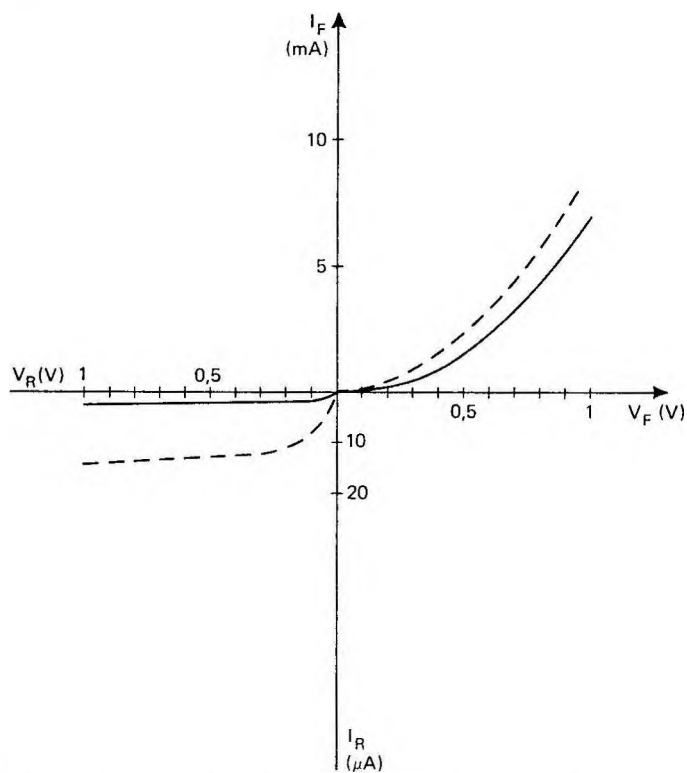


Fig. 64.  $V_F$  = spænding i lederetningen.  $I_F$  = strøm i lederetningen.  $V_R$  = spænding i spærreretningen.  $I_R$  = strøm i spærreretningen.

og vi har en graf over strømmens afhængighed af spændingen over dioden. Kurven kaldes diodens *karakteristik*.

Da værdierne for strømmen i spærreretningen ikke ville syne ret meget, anvendes en mindre måleenhed her ( $\mu\text{A}$ ).

Spændingen over dioden i spærreretningen ( $V_R$ ) afsættes til venstre ad x-aksen; strømmen i spærreretningen ( $I_R$ ) afsættes nedad y-aksen.

På fig. 64 ses karakteristikken for OA91, som fabrikken (Philips) opgiver den. Den optrukne kurve viser karakteristikken ved normaltemperaturen  $25^\circ\text{C}$ . Den stiplede kurve angiver karakteristikken ved  $60^\circ\text{C}$ . Vi kan heraf se, at dioden er meget afhængig af temperaturen. Jo højere temperatur, jo mere strøm går der gennem dioden. Hvis temperaturen bliver for høj, kan strømmen vokse over det maximalt tilladte, og derved ødelægges dioden.

Hvis spændingen over dioden i spærreretningen bliver for stor, vil dioden ødelægges, og der går stor strøm igennem den. Dette kaldes *zenereffekten* og udnyttes i specielle dioder – zenerdioder.

## ZENERDIODEN

Symbolet for zenerdioden ser således ud (fig. 65):



Fig. 65

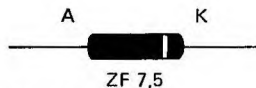


Fig. 66

En zenerdiode er opbygget, så den kan tåle en strøm i spærreretningen.

Vi skal undersøge zenerdioden ZF7,5 og danner opstillingen fra fig. 62.

Som ved forsøget med germaniumdioden OA91 danner vi en tabel over sammenhørende værdier for spænding og strøm i lederetningen. ZF7,5 tåler en strøm i lederetningen,  $I_F$ , på 250 mA (F = fremad).

Når zenerdioden tilsluttes i spærreretningen ( $V_R$ ), går der næsten ingen strøm. Spændingen skal nu kunne varieres fra 0–10 V. Når spændingen nærmer sig 7,5 V, begynder der at gå strøm. Den maximale strøm i spærreretningen,  $I_Z$ , (zenerstrømmen) som ZF7,5 kan tåle er ca. 40 mA. Hvis strømmen bliver større, ødelægges zenerdioden.

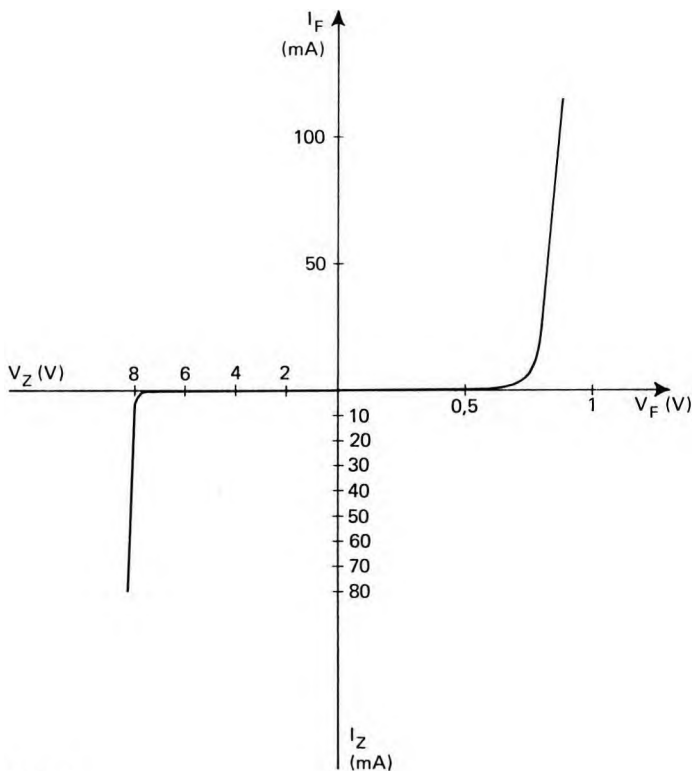


Fig. 67

$V_F$  = spænding i lederetning (Voltage Forward)

$V_Z$  = zener spænding

$I_F$  = strøm i lederetning

$I_Z$  = zenerstrøm

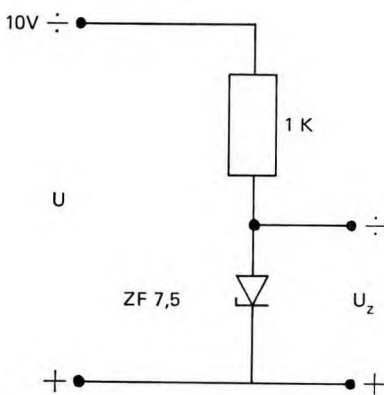


Fig. 68

Zenereffekten kan udnyttes til at stabilisere spændinger.

Fig. 68 viser, hvordan zenerdioden virker i praksis.

$U$  = indgangsspændingen varieres fra 0–10 V. Når spændingen når over 7,5 V, begynder der at gå strøm gennem zenerdioden i spærreretningen. Dermed falder spændingen,  $U_Z$ , til 7,5 V.

$U_Z$  holdes således konstant 7,5 V ved højere indgangsspændinger.

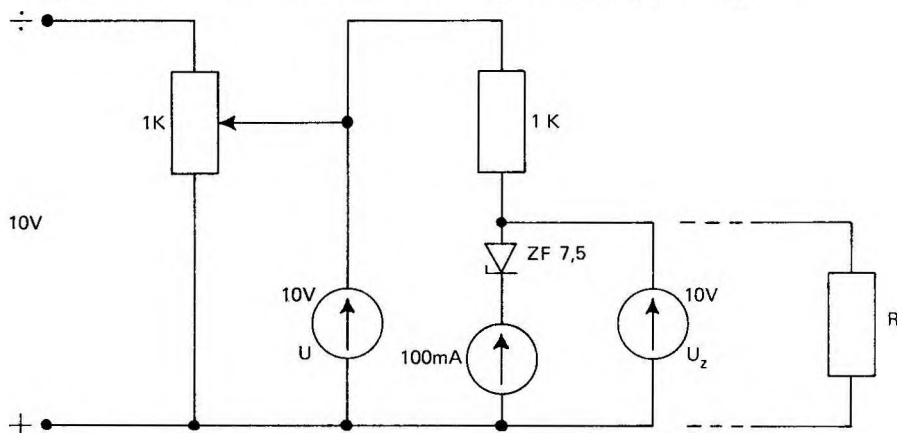


Fig. 69

I fig. 69 kan  $U$  varieres med et potentiometer som spændingsdelers.

Op til 7,5 V viser  $U$  og  $U_Z$  det samme. Når  $U$  bliver større end 7,5 V, forbliver  $U_Z$  netop 7,5 V, og vi vil se, at der med større indgangsspænding,  $U$ , går større zenerstrøm,  $I_Z$ .

Ved at belaste udgangen med en modstand på 10K, holdes  $U_Z$  stadig konstant.

Hvis der belastes med en modstand på 1K, falder  $U_Z$ . Vi har nu overskredet zenerdiodens arbejdsområde.

I praksis bruges zenerdioden i stabiliserede strømforsyninger ofte i forbindelse med transistorer. I sådanne opstillinger vil en zenerstrøm på 40 mA være tilstrækkelig.

Hvis man vil stabilisere, som vist i fig. 69 kan der anvendes typer, der tåler mere end ZF7,5. For ZD7,5 er  $U_Z$  også 7,5 V, men  $I_Z = 140$  mA. Forsynes ZD7,5 med en køleplade af aluminium på 10 cm × 10 cm, må  $I_Z$  være ca. 1 A.

Zenerdioder fås med forskellige zenerspændinger fra 1 V til ca. 100 V.

Zenerdioder kan forbindes i serie. Den resulterende stabiliserede spænding,  $U_Z$ , er da lig summen af  $U_Z$  for alle zenerdioderne.

I strømforsyninger kan en zenerdiode støje. Støjen kan reduceres ved at parallelforbinde en kondensator fra 10nF–100nF med zenerdioden.

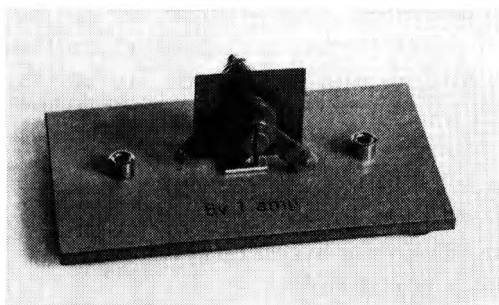
ZF7,5 (fra ITT) svarer til BZY88–C7V5 (Philips).



## SELENENSRETTEREN

Før silicium- og germaniumdioderne kom frem, anvendtes selenensretteren meget.

Den er upraktisk i dag, da den fylder meget og kun kan bruges til små spændinger. Den ser således ud:

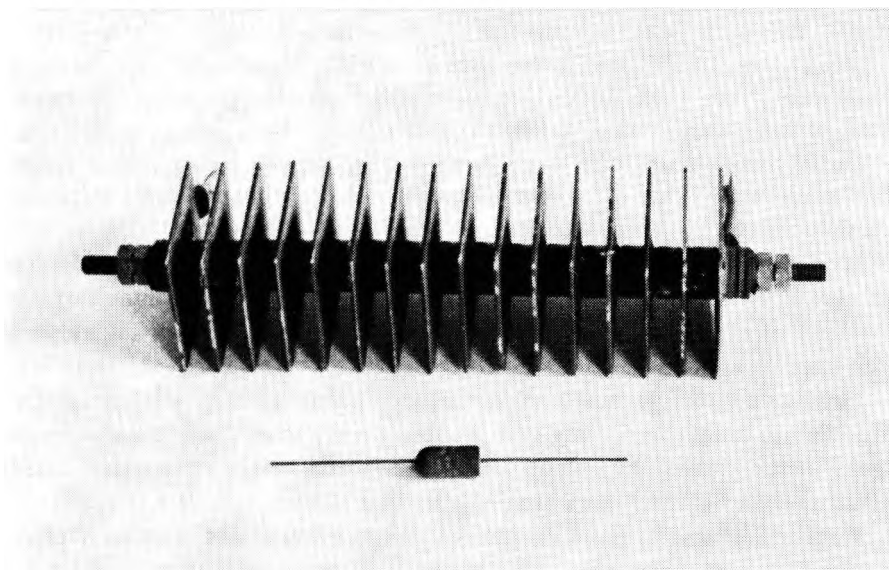


*Selenensretter*

Den viste kan ensrette 6 V ved en strøm på 1 A.

Hvis man ønsker at ensrette højere spændinger, må man sætte flere i serieforbindelse. Den, vi ser på billedet herunder, er fra et fjernsyn. Her omdanner den 220 V vekselspænding til 220 V jævnspænding.

Den kan uden videre erstattes af BY127!



*Selenensretter til 220 V sammenlignet med BY127*

# HALVLEDERE

For at forstå, hvad der sker i dioden, må vi se nærmere på, hvordan den er opbygget.

Dioder kan fremstilles af germanium eller silicium.

Under afsnittet „modstand“ talte vi om ledere – stoffer, der kan lede den elektriske strøm – og isolatorer – stoffer, der ikke kan lede den elektriske strøm.

Det må være væsentligt at få fastslået, hvad der er skyld i, at ét stof kan lede den elektriske strøm og et andet ikke.

Alle stoffer er bygget op af molekyler.

Et molekyle er den mindste del af et stof, der kan bestå. Molekylerne er igen bygget op af mindre enheder, atomer. For grundstofferne, hvoraf der findes ca. 100, gælder det, at molekylerne er bygget op af ens atomer.

Det simplest opbyggede atom er brintatomet.

Det består af en positiv ladet kerne. Uden om den kredser en negativ ladet elektron.

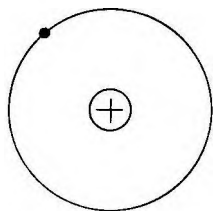


Fig. 70

Elektronens masse er  $\frac{1}{2000}$  af kernens masse.

Deres elektriske ladninger er lige store med modsat fortegn. Hvis kernen har ladningen  $+1$ , har elektronen ladningen  $-1$ . Et atom er således uelektrisk, da ladningerne ophæver hinanden.

Hvis elektronen fjernes, bliver atomets ladning positiv. Der er underskud af negativ elektricitet. Atomet kaldes nu en ion (positiv). Et brintatom påvirkes ikke af et elektrisk felt. Det gør derimod en brintion. Den tiltrækkes af den negative elektrode.

Det næste stof i grundstofrækken hedder helium. Det er også en luftart. Kernen har ladningen  $+2$  og i en skal uden om kernen kredser 2 elektroner.

Atomerne er altså bygget op af positivt ladede kerner og negativt ladede elektroner, der kredser uden om i en eller flere skaller.

Kobber har nr. 29 i grundstofrækken. Kobberatomet er bygget op som vist på fig. 71.

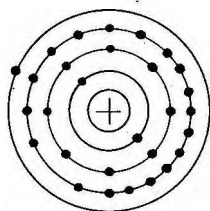


Fig. 71

Kerneladningen er  $+29$ . I den første skal kredser der 2 elektroner. I den anden skal, er der 8 elektroner, i den tredje 18 og i den yderste skal kredser 1 elektron.

Denne elektron er meget løst forbundet til atomkernen, og det er dette forhold, der betinger, at kobberet kan lede den elektriske strøm.

Hvis et stykke kobbertråd, hvori der er millioner af løstsiddende elektroner, forbindes til en strømkilde, vil der kunne transporteres en stor strøm. Ved strømkildens negative pol er der stort overskud af elektroner. Ved den positive pol er der stort underskud.

Når kobbertråden forbindes fra plus til minus, vil de løse elektroner vandre over mod plus, og deres pladser vil fyldes op af elektroner fra minus.

Det, der betinger, at et stof er en god leder, er altså, at der er mange løse elektroner. Jo færre løse elektroner, der er, jo større modstand yder stoffet over for den elektriske strøm.

Hvis der slet ingen løse elektroner findes, er stoffet en isolator.

Der findes en gruppe grundstoffer, der har meget få løse elektroner. Deres ledeevne er så ringe, at de ikke kan kaldes ledere. På den anden side er det heller ikke isolatorer. Derfor kaldes gruppen „halvledere“. Til halvlederne hører germanium og silicium.

Germaniumatomet er således opbygget:

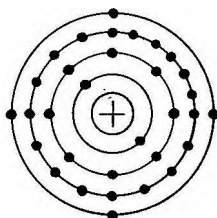


Fig. 72

Det er nr. 32 i rækken af grundstoffer.

Da det kun er de yderste elektroner, der interesserer os, vil vi tegne germaniumatomet således:



Fig. 73

Et stykke rent germanium er opbygget af germaniumatomer, der sidder i et krystalgitter. Det er lettest at tegne todimensionalt (altså uden dybde).

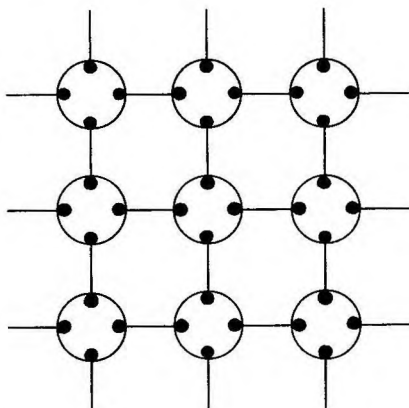


Fig. 74

Ved det absolutte nulpunkt,  $-273^{\circ}\text{C}$ , ser krystallet ud som fig. 74.

Elektronerne kredser ikke blot om sin „egen“ kerne, men bevæger sig over om nabokernen.

Ved højere temperaturer forøges elektronernes hastighed, og en elektron kan få så stor hastighed, at den slynges ud af sin bane. Der er kommet en fri elektron.

På elektronens plads bliver der et „hul“. Da det pågældende atom vil få overskud af positiv elektricitet, siger vi, at der er dannet et positivt hul.

Jo højere temperaturen bliver, jo flere frie elektroner og huller bliver der. Stoffet bliver en bedre leder.

Dette kaldes *termisk generation*.

Når der opstår et hul, kan det opfyldes af en elektron fra et andet atom. Dette kaldes *rekombination*. Herved opstår der et nyt hul. Det fyldes af en tredje elektron, og selv om det er elektronerne, der skifter plads, ser det ud til, at hullerne vandrer.

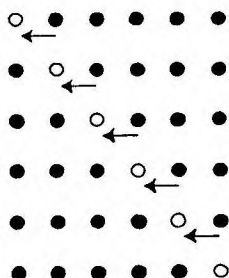


Fig. 75

Første række viser situationen nu. Anden række viser „stillingen“ et øjeblik senere, osv.

Elektronvandringen går til venstre. Hullerne vandrer til højre.

Hvis et germaniumkrystal tilsluttes en strømkilde, vil der gå en lille strøm gennem det. Jo højere temperaturen bliver, jo større er strømmen, men på intet tidspunkt bliver strømmen så stor, at man kan tale om en leder.

Hvis spændingen over krystallet bliver for høj, vil elektronhastigheden blive så stor, at krystalstrukturen ødelægges.

Germanium kan forurenes med et andet grundstof, således at antallet af frie elektroner eller frie huller stiger. Der skal tilføres grundstoffer med tre eller fem elektroner i yderste skal.

Indium og aluminium har tre elektroner i yderste skal. Hvis germaniumkrystallet forurenes med et indiumatom (fig. 76), får vi et frit hul. Det vil hurtigt opfyldes af en elektron fra et naboatom osv. Germanium forurennet med indium er en god leder! Da der er overskud af huller, kaldes det et *P-krystal* ( $P = \text{positiv}$ ).

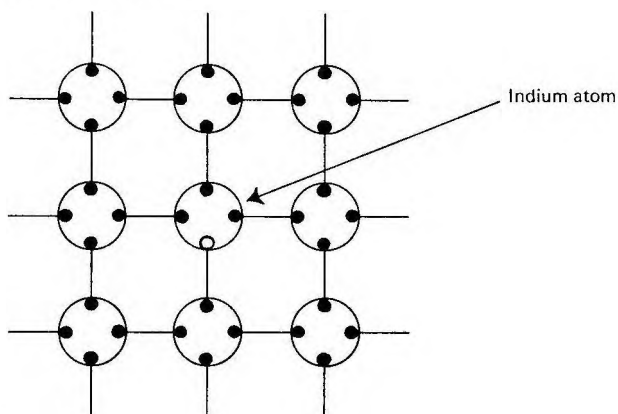


Fig. 76

Ved tilslutning til en strømkilde vil hullerne vandre mod minus. Her fyldes de med elektroner – rekombination. Elektronerne vandrer mod plus.

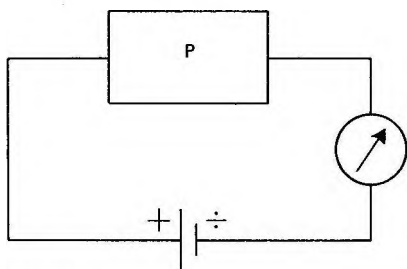


Fig. 77

På lignende måde kan et germaniumkrystal forurenes med et grundstof med fem elektroner i yderste skal (fig. 78). Det kan være grundstoffet antimon.

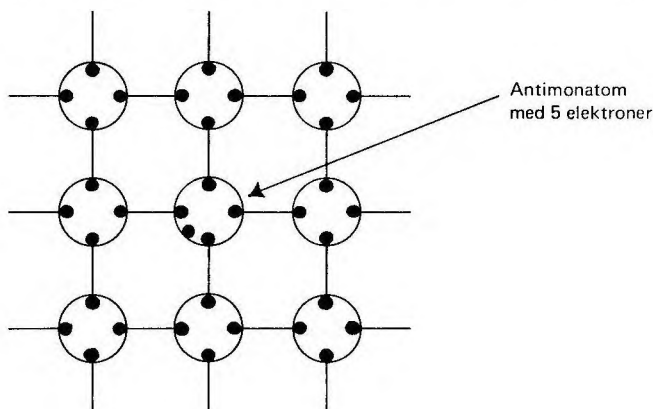


Fig. 78

Der kommer en fri elektron, der vandrer rundt i krystallet. Da elektronen er negativt ladet, kaldes krystallet et *N-krystal*. Hvis N-krystallet tilsluttes en strømkilde, vil det lede den elektriske strøm.

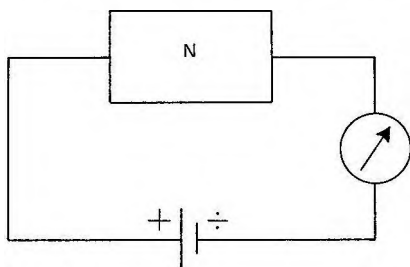


Fig. 79

# PN-KRYSTALLET

Både P-krystaller og N-krystaller er uelektriske. Der er stadig ligevægt mellem kerneladning og elektronladning efter at krystallet er blevet forurenat.

Hvis et P-krystal og et N-krystal sættes sammen, vil der fra N-krystallet ske en vandring over mod P-krystallet. Herfra vandrer huller mod N-krystallet, og i overgangen mellem de to krystaller vil der ske en rekombination.

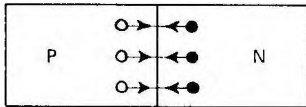


Fig. 80

Man kunne nu forvente, at elektronerne fra N-krystallet fyldte alle hullerne i P-krystallet. Det sker ikke, da begge krystallerne er uelektriske. Når der fra N-krystallet vandrer elektroner, bliver der underskud af elektroner, og det bliver positivt og frastøder hullerne. P-krystallet bliver ved hullernes vandring negativ elektrisk og frastøder elektronerne. Det vil sige, at der kun sker en rekombination, til der er dannet en grænsebarriere.

Hvis PN-krystallet tilsluttes en strømkilde (fig. 81) med P til plus og N til minus, får krystallet tilført nye huller og nye elektroner, og der vil gå en kraftig strøm gennem det.

Fra minus tilføres elektroner, der rekombineres med huller fra plus.

Batteriet tilsluttes nu omvendt (fig. 82).

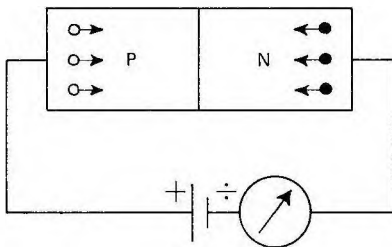


Fig. 81

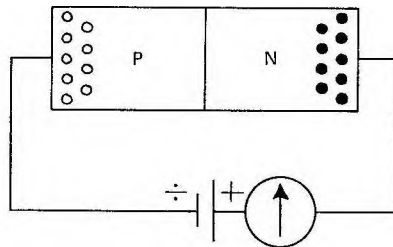


Fig. 82

Der går ikke strøm gennem krystallet.

Et PN-krystal er en diode.

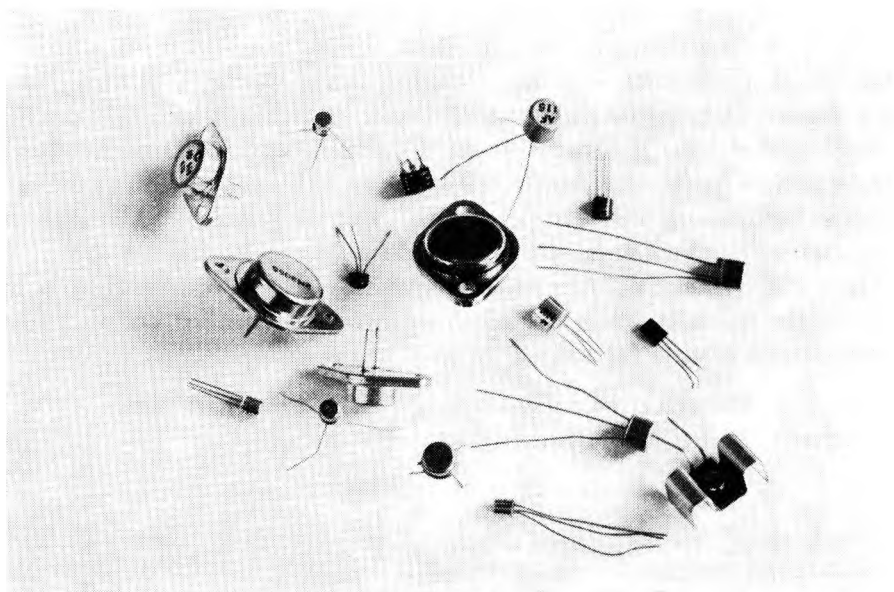
I idealdioden er modstanden i lederetningen nul og i spærreretningen uendelig. En sådan kan ikke fremstilles.

## SILICIUMDIODEN

På samme måde, som vi fremstillede en germaniumdiode, kan vi fremstille en siliciumdiode.

For at der kan gå strøm gennem en germaniumdiode, skal spændingen over dioden være 0,1 V. For siliciumdioden skal spændingen helt op på 0,6 V, før der går strøm.

## TRANSISTOREN



*Forskellige transistortyper*

Den transistor, vi i det følgende vil benytte, har betegnelsen AC128.

Den er fremstillet af grundstoffet germanium og er en såkaldt PNP transistor. Symbolet for den ser således ud (fig. 83).

Transistoren ser ud som på fig. 84, og vi kan se, at den er „indpakket“ i en metalcylinder. Fra bunden af cylinderen kommer tre ledninger ud. De benævnes med *Emitter* (E), *Basis* (B) og *Kollektor* (C). Kollektor er mærket med en rød prik på cylinderen. Her er transistorens typebetegnelse (AC128) også påtrykt.



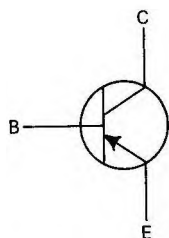


Fig. 83

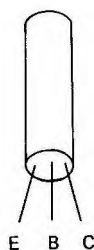


Fig. 84

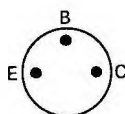


Fig. 85

Placeringen af E, B og C er vist på fig. 85, der viser transistoren set fra bunden.

Når man skal i gang med en transistoropstilling, er det meget vigtigt at forbinde E, B og C rigtigt. En forkert forbundet transistor er som regel en „afbrændt“ transistor!

Vi danner nu følgende opstilling (fig. 86):

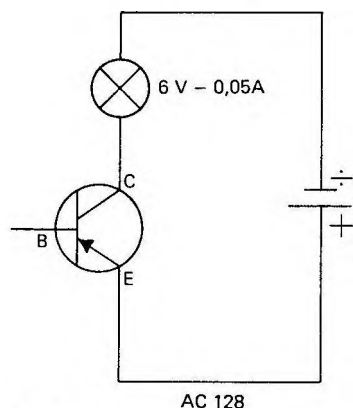


Fig. 86

Kollektor er gennem en glødelampe (6 V – 0,05A) forbundet til minus på et 6 volt batteri.

Emitter forbindes til plus.

Pæren lyser ikke, og det viser os, at der ikke går strøm gennem transistoren.

Nu forbindes basis i serie med en modstand på 1K med minus på et 1,5 V element. Elementets positive pol forbindes til emitter. Pæren lyser denne gang. Der går strøm gennem transistoren.

Vi prøver at vende elementet, så der kommer plus på basis. Pæren lyser ikke.

Dette forsøg viser os, at en betingelse for, at der kan gå strøm gennem en transistor er, at basis er negativ. Der skal dog ikke særlig høj basisspænding til.

Det vil vi vise, idet vi selv prøver at fremstille et element.

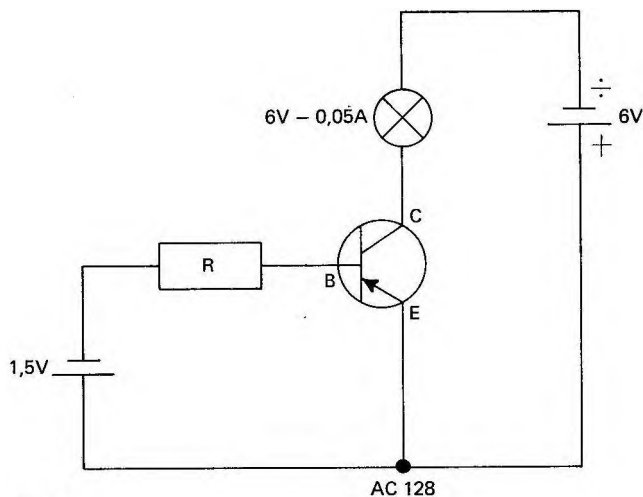


Fig. 87

Det er meget enkelt, og det koster kun 7 øre at fremstille. Der skal bruges en to-øre og en rød fem-øre. Mellem pengestykkerne anbringes et stykke trækpapir, der er dyppet i saltvand. Prøv at forbinde basis til to-øren og emitter til fem-øren.

Nu lyser pæren. Vend det hjemmelavede element. Pæren lyser ikke. To-øren må åbenbart være den negative pol. Det element, vi har fremstillet, er et galvanisk element. Det består af en kobberplade (fem-øren) og en zinkplade (to-øren). Mellem dem er der en såkaldt elektrolyt (saltvand), som vi selv har fremstillet af lidt vand, hvori vi har opløst et par teskefulde køkkensalt. Det var lidt besværligt med to forskellige batterier for at lave en transistor opstilling, så vi vil nu se, hvordan man kan klare sig med ét.

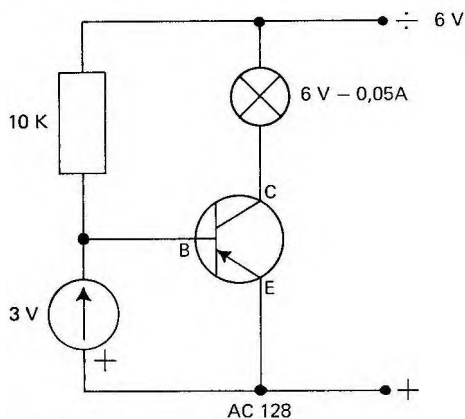


Fig. 88

Kollektor og emitter er forbundet som før. En modstand på 10000 ohm er anbragt fra basis til minus.

Pæren vil nu lyse, og der må nu være tilstrækkelig stor negativ spænding på basis til, at der kan gå strøm i kollektor. Med et voltmeter med stor indre modstand kan man måle spændingen på basis.

Hvis man er interesseret i at måle hvor store strømme, der går i kredsløbet, kan man anbringe tre måleinstrumenter som vist på fig. 89.

Der måles f. eks. følgende strømme.  $I_B$  (basisstrøm) = 1 mA,  $I_C$  (kollektorstrøm) = 49 mA og  $I_E$  (emitterstrøm) = 50 mA.

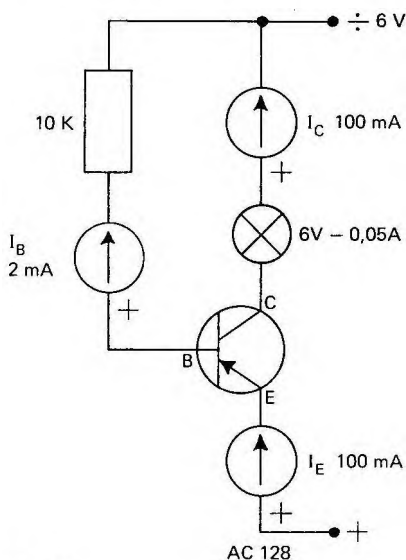


Fig. 89

#### TRANSISTORENS AFHÆNGIGHED AF TEMPERATUREN

Ved dioden viste det sig, at den var afhængig af temperaturændringer. Ved højere temperaturer gik der større strøm, både i spærre- og lederetningen.

Vi vil nu undersøge, om det samme gør sig gældende for transistoren, og danner opstillingen som vist på fig. 90.

Forbundet med kollektor er der en glødelampe (6 V – 0,05A) og et milli-ampere-meter, der giver fuldt udslag for en strøm på 100 mA. Med det kan vi måle  $I_C$ .

Basis får sin spænding fra en spændingsdeler, der består af en fast modstand på 3,3 K $\Omega$  i serie med et potentiometer på 1 K $\Omega$ . Når potentiometret er fuldt uddrejet, er spændingen på basis 0. Når potentiometret drejes, ændres spændingen. Med potentiometret kan vi altså variere basis-spændingen ( $U_B$ ) og dermed basisstrømmen ( $I_B$ ).

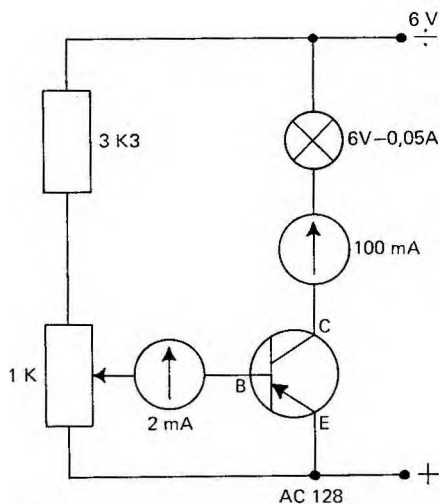


Fig. 90

Potentiometret indstilles, så  $I_C$  bliver ca. 25 mA. Glødelampen lyser kun svagt ved denne strøm.

Med hånden varmes transistoren op, og strømmen i kollektor bliver større.

Med forsigtighed opvarmes transistoren med en tændstik, og  $I_C$  stiger hurtigt til 50 mA, og glødelampen lyser fuldt op. Ved afkøling af transistoren falder strømmen snart til 25 mA igen.

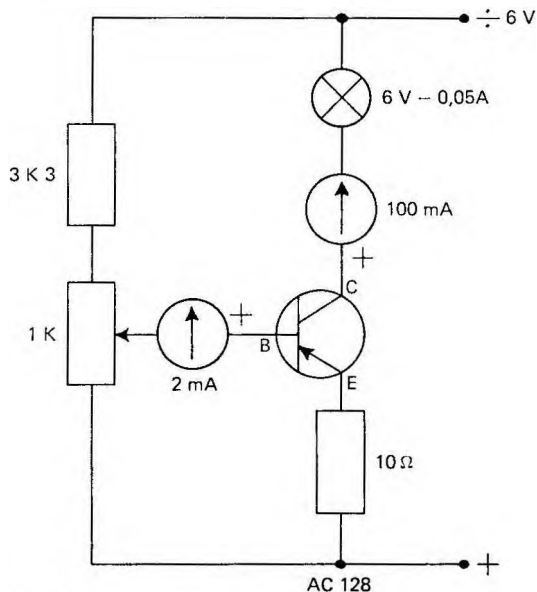


Fig. 91

En transistor kan godt selv være skyld i, at den ødelægges. I AC128 må  $I_C$  højst blive 1000 mA. Bliver strømmen større, ødelægges transistoren.

Når der går strøm gennem transistoren, opvarmes den en smule. Derved går der større strøm. Så sker yderligere opvarmning, og pludselig „løber transistoren løbsk“ (terminal runaway). Der må derfor træffes passende foranstaltninger.

Opstillingen på fig. 91 er næsten identisk med fig. 90. Den eneste ændring er, at der i emitterledningen er anbragt en modstand på  $10\ \Omega$ .

Potentiometret indstilles så  $I_C = 25\text{ mA}$ .

Transistoren opvarmes forsigtigt med en tændstik. Opstillingen er mere stabil end før.

Vi har temperaturstabiliseret transistoropstillingen.

## NPN-TRANSISTOREN

Den transistor, vi hidtil har anvendt, AC128, er en såkaldt PNP transistor.

En anden type transistor er NPN transistorer. På fig. 92 ses symbolerne for de to typer.

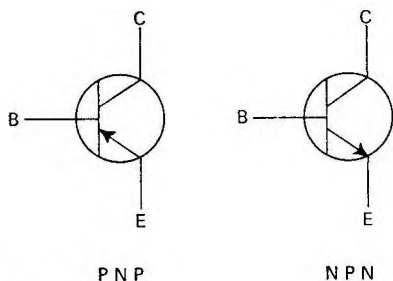


Fig. 92

Den eneste forskel på symbolerne er, at pilen på PNP peger mod basis, mens den på NPN peger bort fra basis.

Der er da heller ikke forskel på deres funktion. PNP transistoren skal have minus på basis og kollektor og plus på emitter.

Ved NPN transistoren er det omvendt. Basis og kollektor skal til plus, mens emitter skal til minus.

Det er, som tidligere nævnt, dog meget vigtigt at forbinde transistorerne rigtigt.

Kredsløbet fra fig. 88 vil med NPN transistoren AC127 se således ud (fig. 93):

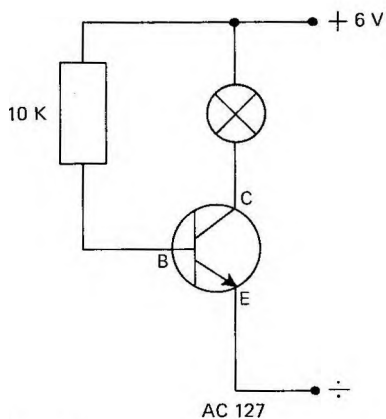


Fig. 93

Kollektor er på AC127 mærket med en blå prik.

## TRANSISTORENS VIRKEMÅDE

Som vi undersøgte, hvad der egentlig skete i en diode, vil vi nu se nærmere på transistoren. Dens virkemåde er mere kompliceret.

Den er opbygget af tre krystaller.

En germaniumtransistor er opbygget af to P- og et N-krystal. Det er sammensat som vist på fig. 94. Det er en PNP-transistor.

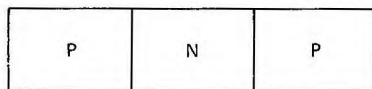


Fig. 94

Når krystallerne sammensættes, vil der, hvor N-krystallet grænser op til de to P-krystaller, som ved dioden dannes grænsebarrierer – PN-overgange.

Sættes der spænding på den første PN-strækning i lederetningen, vil der gå strøm (fig. 95).

Fra batteriets positive pol udsendes huller, der fra P-laget trænger over grænse-laget ind i N-laget, hvor der sker rekombination.

Det er en diode forspændt i lederetningen.

Spændingen afbrydes, og NP-strækningen tilføres en spænding i spærre-retningen (fig. 96).

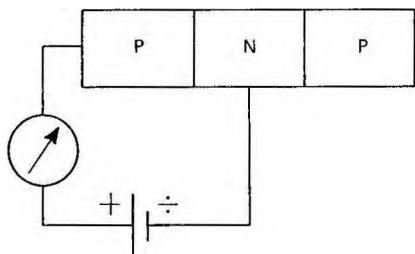


Fig. 95

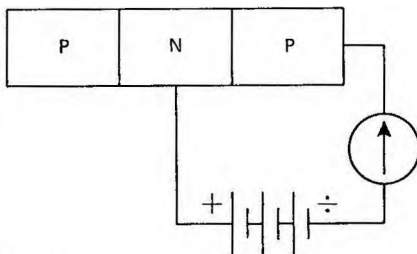


Fig. 96

Der går som ventet ingen strøm. Det er en diode forspændt i spærreretningen.

Nu tilsluttes spænding over PN-strækningen i lederetning og NP-strækningen i spærreretningen samtidig

Der går strøm i PN-strækningen. Fra batteriets positive pol udsendes huller, der vandrer ind i N-laget. Her rekombineres nogle huller, men den største part bliver tiltrukket af P-laget og fortsætter gennem det og rekombinerer med elektroner ved det andet batteris negative pol. Jo tyndere N-laget er, jo flere huller vil gå igennem og rekombineres i P-laget.

Det er en transistor.

Det første P-lag er emitter, N-laget basis og det sidste P-lag kollektor.

Navnene er engelske.

„Emitter“ betyder „at udsende“. Herfra udsendes hullerne. „Basis“ betyder „grundlag“. Det er grundlaget, hvorover transistoren er opbygget. „Collect“ betyder „at indsamle“. I kollektor indsamles hullerne – de rekombinerer.

Symbolet for transistoren bliver nu mere logisk.

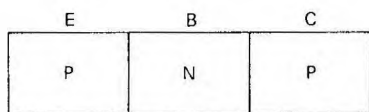


Fig. 97

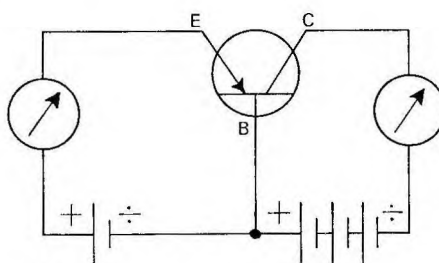


Fig. 98

Pilen på emitter angiver, hvilken vej hullerne sendes.

## NPN-TRANSISTOREN

En NPN-transistors virkemåde er den samme. Den er, som navnet angiver, opbygget af to N-krystaller og et P-krystal.

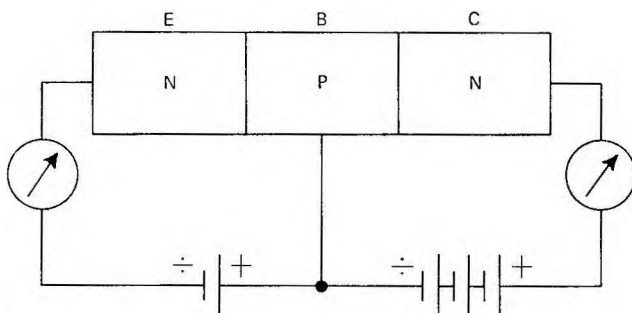


Fig. 99

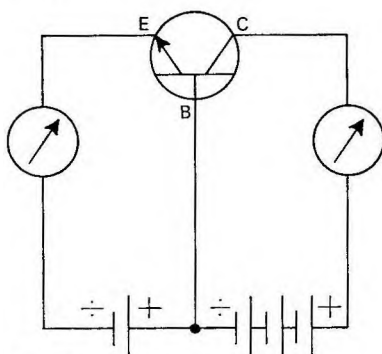


Fig. 100

Her skal batterierne vendes. Der skal negativ spænding på emitter. Basis og kollektor skal have positiv spænding.

## JORDET EMITTER KOBLING

På fig. 101 vises den almindeligste transistorkobling, der kaldes jordet emitter kobling, fordi emitter går til stel (plus).

Fra emitter udsendes huller, der næsten alle når kollektor, da basislaget er meget tyndt, og kun få rekombinerer.



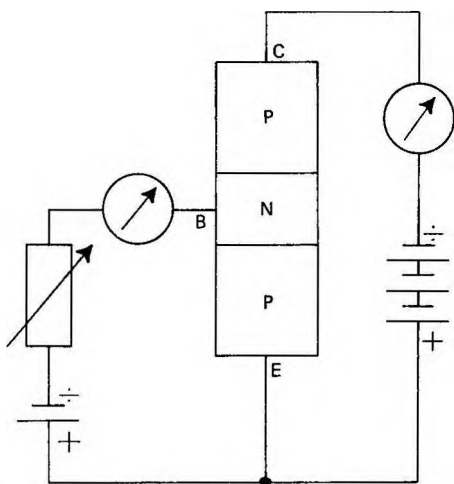


Fig. 101

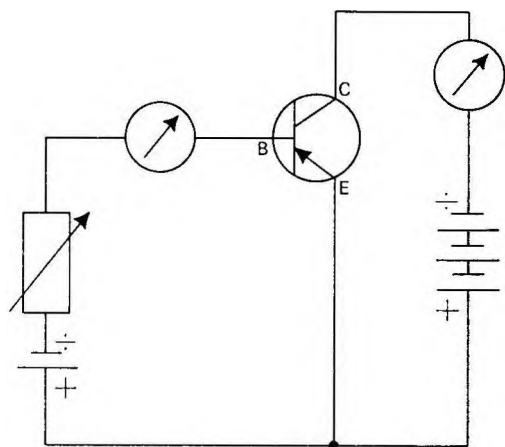


Fig. 102

Strømmen af huller styres af basisstrømmen. Her sendes til stadighed elektroner ind i basislaget, og de erstatter de elektroner, der går tabt ved rekombination.

Når basislaget får alle de elektroner, det kan opsuge, vil størst muligt antal huller nå fra emitter til kollektor. Der går maksimum strøm i transistoren.

Hvis basisstrømmen afbrydes, vil der ikke længere tilføres nye elektroner.

De elektroner, der er i basislaget, vil hurtigt rekombinere med huller fra emitter, og derved bliver basislaget positivt ladet, og al strøm gennem transistoren ophører.

## ASTABIL MULTIVIBRATOR

Vi danner opstillingen fra fig. 88 med AC128. Fra C til plus indsættes et voltmeter. Det viser næsten nul, når lampen (L) lyser. En ledning forbindes fra basis til plus. Derved kommer der positiv spænding på basis, og der går ikke strøm gennem transistoren. L lyser ikke. Voltmetret viser 6 V.

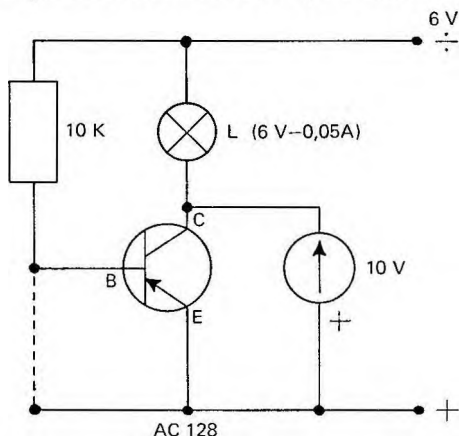


Fig. 103

På fig. 104 ses 2 transistorer ( $TR_1$  og  $TR_2$ , begge AC128) i samme opstilling. Kollektor er ved begge tilsluttet minus gennem en 6 V glødelampe, og basismodstandene er 10K. Emitter er forbundet til plus.

Mellem kollektor på  $TR_1$  og basis på  $TR_2$  er forbundet en kondensator på  $100 \mu F$ . (Hvis det er en elektrolytkondensator, skal plus til basis).

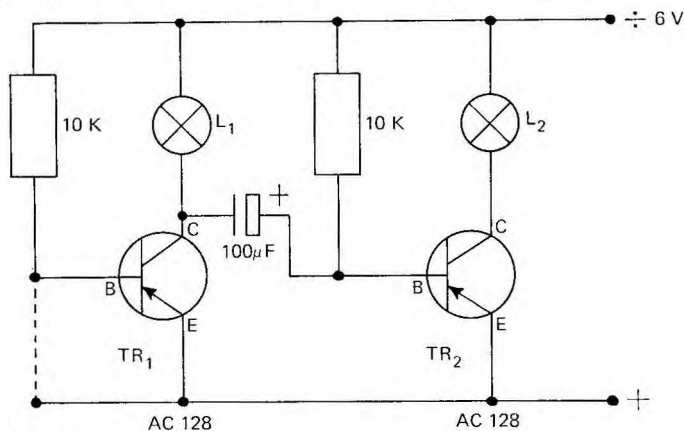


Fig. 104

Begge glødelamper ( $L_1$  og  $L_2$ ) lyser normalt.

Nu forbindes basis på  $TR_1$  til plus, og  $L_1$  lyser ikke.  $L_2$  lyser derimod normalt.

Når ledningen igen fjernes, lyser  $L_1$  igen, men nu slukkes  $L_2$  et stykke tid, og lyser så igen.

Når basis på  $TR_1$  er forbundet til plus, er spændingen mellem kollektor og plus = 6 V.

Spændingen mellem basis på  $TR_2$  og plus er meget lille (under 1 V). Der bliver således en spændingsforskel på mere end 5 V over kondensatoren, der lades op.

Når ledningen mellem basis og plus på  $TR_1$  fjernes, bliver spændingen mellem kollektor og plus på  $TR_1 = 0$ , og kondensatoren aflades over  $TR_2$ . Basis på  $TR_2$  bliver således positiv, til kondensatoren er afladet, og indtil dette er sket, vil  $L_2$  ikke lyse.

Den ene transistor kan altså styre den anden.

Vi bevarer opstillingen fra fig. 104, men anbringer en kondensator  $C_2$ , på 100  $\mu\text{F}$  fra kollektor på  $TR_2$  til basis på  $TR_1$ .

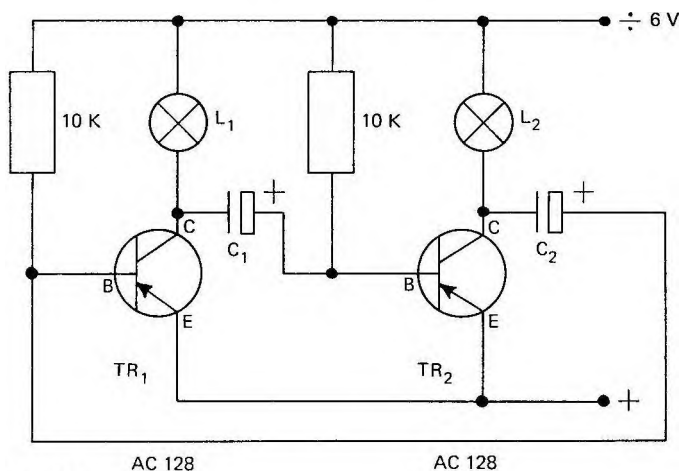
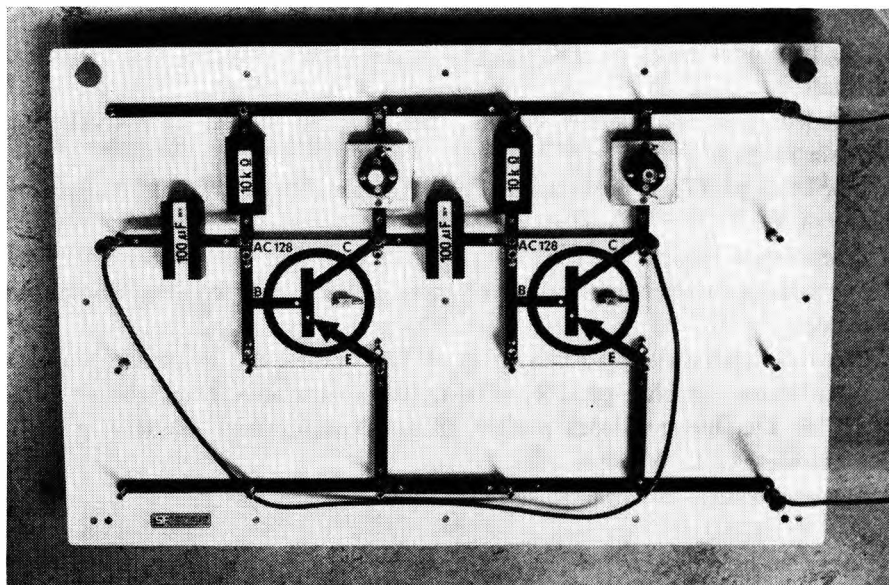


Fig. 105

$L_1$  og  $L_2$  begynder nu at lyse skiftevis. Opstillingen kaldes en astabil multivibrator.

$TR_1$  styrer  $TR_2$  over kondensatoren  $C_1$ . Når  $L_1$  ikke lyser, oplades  $C_1$ . Den aflades over  $TR_2$  og gør dennes basis positiv.  $L_2$  slukkes. Herved oplades  $C_2$ , og  $TR_2$  styrer  $TR_1$  over  $C_2$ .

Det hele gentages, og vi har en blinker.



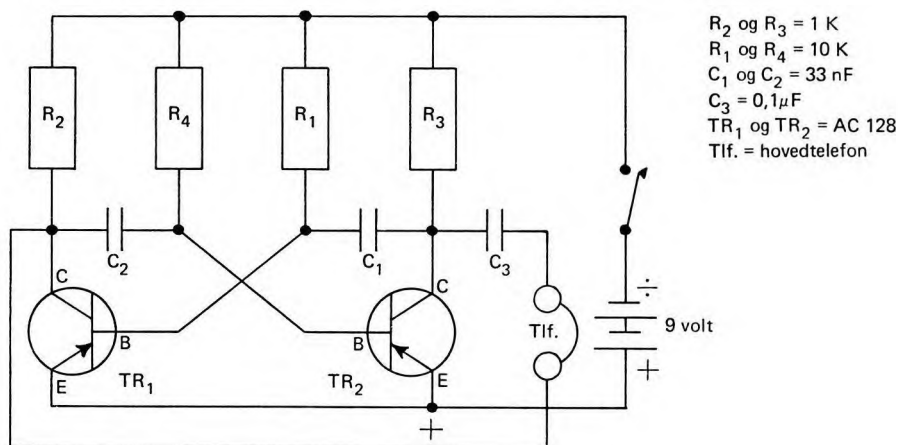
*Astabil multivibrator (blinklys) på NEVA demonstrationssæt*

$C_1$  og  $C_2$  udskiftes med to kondensatorer på  $10 \mu\text{F}$ .  $L_1$  og  $L_2$  blinker hurtigere.

Hvis  $C_1$  og  $C_2$  bliver  $1 \mu\text{F}$  eller mindre, vil  $L_1$  og  $L_2$  blinke så hurtigt, at det ikke er muligt at se det. Det ser ud, som lamperne lyser hele tiden, men med nedsat styrke.

Når vi ikke kan se det, kan vi høre det!

En højttaler ( $150 \Omega$ ) eller en højohms hovedtelefon forbindes over en kondensator på  $0,1 \mu\text{F}$  mellem kollektor på  $\text{TR}_1$  og  $\text{TR}_2$ . Nu høres en tone.



*Fig. 106*

Tonen bliver højere, hvis  $C_1$  og  $C_2$  bliver mindre.

Vi har konstrueret en tonegenerator.

Glødelamperne  $L_1$  og  $L_2$  er nu unødvendige, så de kan erstattes med modstande.

Et diagram over kredsløbet vil få mange krydsende ledninger. Dette kan man undgå ved at spejlvende symbolet for  $TR_1$ . Fig. 106 viser det færdige diagram over en tonegenerator. Som i mange diagrammer er komponentværdierne anbragt under diagrammet. Modstandene er angivet med  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  og  $R_4$ . Kondensatorerne med  $C_1$ ,  $C_2$  og  $C_3$ . Spændingen skal være 9 V.

Under de praktiske konstruktioner findes den astabile multivibrator i forskellige udformninger.

## DEN BISTABILE MULTIVIBRATOR

En anden type multivibrator, der i sin opbygning minder om den astabile, er den bistabile multivibrator.

Diagrammet ser således ud (fig. 107):

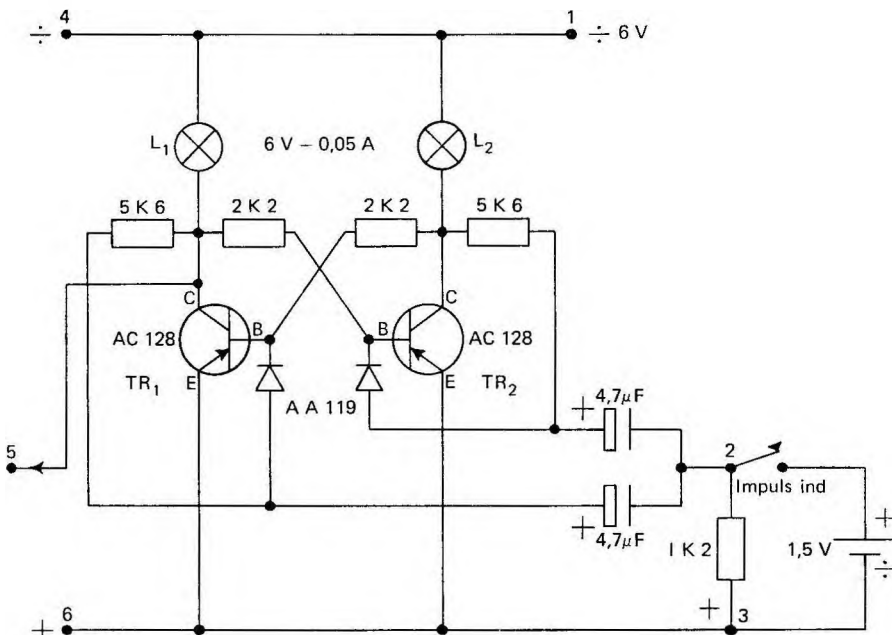


Fig. 107

Den fungerer imidlertid helt forskellig fra den astabile. Vi danner opstillingen på fig. 107 og ser, at  $L_1$  lyser. Ved 2 og 3 tilsluttes et 4,5 V batteri som vist, og i det øjeblik, der kommer positiv spænding på 2, slukkes  $L_1$ , og  $L_2$  begynder at lyse. Plusledningen fra batteriet på 2 fjernes og tilsluttes igen, og nu slukkes  $L_2$ , og  $L_1$  begynder at lyse.

Man siger, at en positiv impuls får systemet til at skifte, og det vil skifte, hver gang der kommer en ny impuls. Ellers er det stabilt.

Vi tegner et symbol for en bistabil multivibrator:

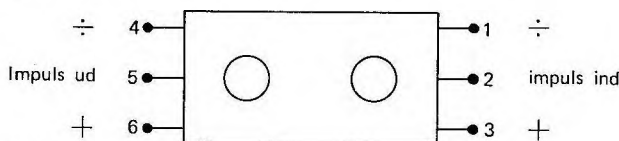


Fig. 108

Nu forbindes to bistabile multivibratorer med hinanden som vist på fig. 109.

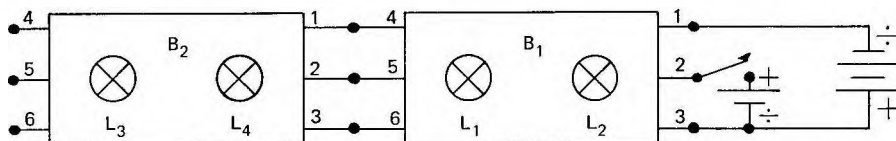


Fig. 109

Vi antager, at  $L_1$  og  $L_3$  lyser.  $B_1$  tilføres en positiv impuls ved 2, og  $L_2$  lyser og  $L_1$  slukkes. En ny impuls ved 2 tænder  $L_1$  og slukker  $L_2$ .

Når  $L_1$  lyser, har vi tidligere set, at spændingen fra kollektor til plus bliver 0. Da kollektor er forbundet til indgangen på den anden bistabile multivibrator, svarer dette til, at der her kommer en positiv impuls, og  $B_2$  skifter, så  $L_4$  vil lyse.  $B_2$  styres således af  $B_1$ . Hver gang  $L_1$  lyser, vil der ske et skift i  $B_2$ .

$L_2$  lyser for hver anden impuls, der tilføres.  $L_4$  vil således lyse for hver fjerde impuls.

Vi går nu et skridt videre og forbinder fire bistabile multivibratorer. For overskuelighedens skyld undlader vi at tegne ledningerne til plus og minus. Hver bistabil multivibrator er så kun forsynet med en indgang for impulser og en udgang, der kan give impulser videre.

Desuden dækker vi den ene lampe af, så vi kun ser  $L_2$ ,  $L_4$ ,  $L_6$  og  $L_8$ .

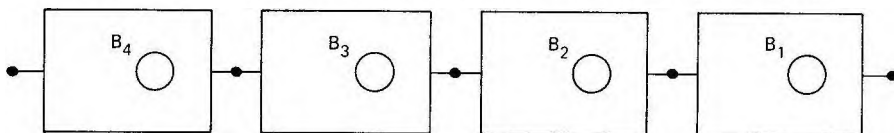


Fig. 110





























































B <sub>4</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>1</sub>	
				1. impuls
				2. —
				3. —
				4. —
				5. —
				6. —
				7. —
				8. —
				9. —
				10. —
				11. —
				12. —
				13. —
				14. —
				15. —

Fig. 111

Når vi starter, er alle de synlige lamper slukket.

1. impuls tænder  $B_1$
  2. impuls slukker  $B_1$ , og en impuls herfra tænder  $B_2$
  3. impuls tænder  $B_1$ , (både  $B_1$  og  $B_2$  lyser nu)
  4. impuls slukker  $B_1$ , der slukker  $B_2$ , der tænder  $B_3$
  5. impuls tænder  $B_1$
- osv.

På fig. 111 ses lamperne fra  $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$  og  $B_4$ .  $\otimes$  markerer, at lampen lyser.  
 $\bigcirc$  at den ikke lyser.

Som det fremgår af fig. 111, skifter  $B_1$  for hver impuls.  $B_2$  skifter for hveranden impuls.  $B_3$  for hver fjerde og  $B_4$  for hver ottende impuls.

Ved at betragte lamperne, der lyser, kan vi se, hvor mange impulser, der er blevet tilført. Det er altså en impulstæller.

## DET BINÆRE TALSYSTEM

Vi er normalt vant til at regne i ti-tal systemet, hvor vi har tallene 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 og 9.

Elektronregnemaskiner arbejder i to-tal systemet, hvor der, som navnet siger, kun er to tal, nemlig 0 og 1. Det kaldes også det binære talsystem.

Lad os prøve at danne nogle tal i dette system.

Det første tal er 1. Da der kun eksisterer de to tal 1 og 0, må vi kalde det andet 10 (læses: et-nul). 0 står på enernes plads, 1 på toernes plads. Vi har altså en toer og nul enere. Det er to.

Det tredje tal hedder 11 (en-en). Der er en toer og en ener.

Nu må vi have en ny plads i systemet.

Det fjerde tal kommer så til at hedde 100 (en-nul-nul). Der er en firer, nul toere og nul enere.

Det femte tal hedder så 101, det sjette 110 osv.

Næste gang vi får brug for en ny plads, bliver ved det ottende tal, ved nr. 16, nr. 32, nr. 64 osv.

Vi skriver nu et tilfældigt tal op.

1 0 0 0 1 0 1



Der er

1	64'er	64
0	32'er	0
0	16'ere	0
0	8'ere	0
1	4'er	4
0	2'ere	0
1	1'er	1
		<hr/>
		69

Tallet er 69 i titalsystemet.

Tallene i det binære talsystem ser altså således ud:

1	1
1 0	2
1 1	3
1 0 0	4
1 0 1	5
1 1 0	6
1 1 1	7
1 0 0 0	8
1 0 0 1	9
1 0 1 0	10
1 0 1 1	11
1 1 0 0	12
1 1 0 1	13
1 1 1 0	14
1 1 1 1	15
1 0 0 0 0	16

Hvis vi sammenligner disse tal med lamperne på fig. 111 og siger, at en tændt lampe er 1 og en slukket 0, vil vi se, at den impulstæller, vi konstruerede, talte i det binære talsystem.

Med 4 bistabile multivibratorer kan vi altså tælle til 15. Med 8 kan vi tælle til 127.

Under de praktiske konstruktioner bag i bogen behandles en binær tæller.

*Opgave.*

Prøv at addere og subtrahere i det binære talsystem.

# TRANSISTOREN SOM FORSTÆRKER

Vi danner en opstilling, hvor kollektorstrømmens ( $I_C$ ) afhængighed af basisstrømmen ( $I_B$ ) kan måles (fig. 112).  $U_C$  holdes konstant. F. eks. 3 V.

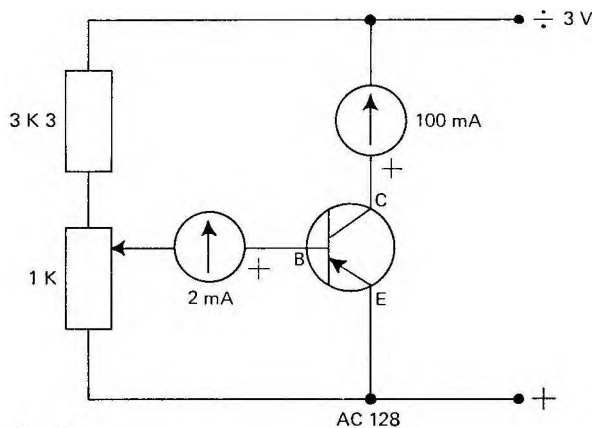


Fig. 112

$I_B$ mA	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
$I_C$ mA							

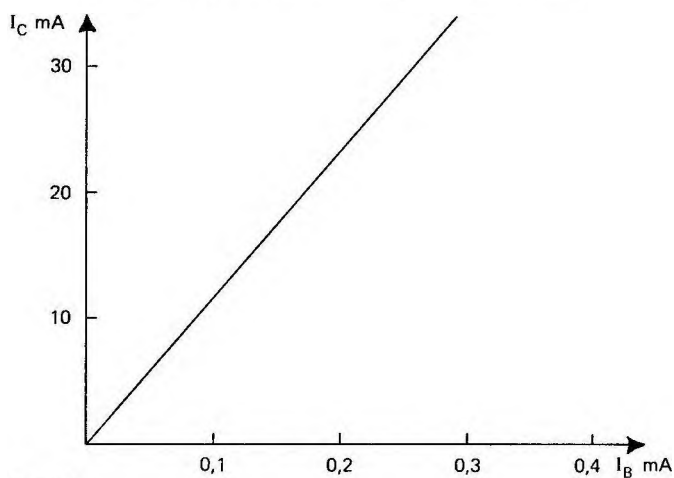


Fig. 113

Med potentiometret på 1K kan basisstrømmen varieres. Den indstilles først til 0,1 mA, og kollektorstrømmen aflæses. Det samme for  $I_B = 0,2$  mA, 0,3 mA, osv. De sammenhørende værdier for  $I_B$  og  $I_C$  noteres i et skema, og der tegnes en graf.

Forholdet mellem kollektorstrøm ( $I_C$ ) og basisstrøm ( $I_B$ ) kaldes transistorens strømforstærkningsfaktor og betegnes med  $h_{fe}$ .

$$h_{fe} = \frac{I_C}{I_B}$$

For den undersøgte transistor var  $h_{fe} = 120$ . Det betyder, at små strømvariationer i basis vil give 120 gange så stor variation i kollektor.

Af fig. 114 ses, at hvis der sendes en sinusformet tone med en signalvariation på 0,1 mA ind på basis (den giver f. eks. en variation i basisstrømmen fra 0,1 mA til 0,2 mA) vil det resultere i en variation af kollektorstrømmen fra 12 mA til 24 mA.

En variation af basisstrømmen på 0,1 mA giver således en variation i kollektorstrømmen på 12 mA.

Transistoren kan altså forstærke et signal.

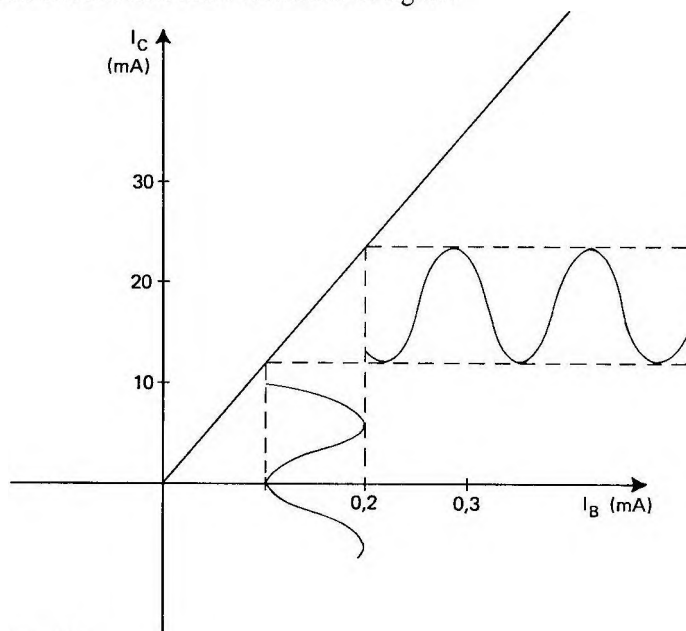


Fig. 114

Der er dog grænser for, hvor stor variationen af basisstrømmen må være. Hvis den bliver for stor, bliver transistoren overstyret, og der sker en forvrængning af signalet. Vi er kommet så langt op ad kurven, at den ikke er en ret linie længere.

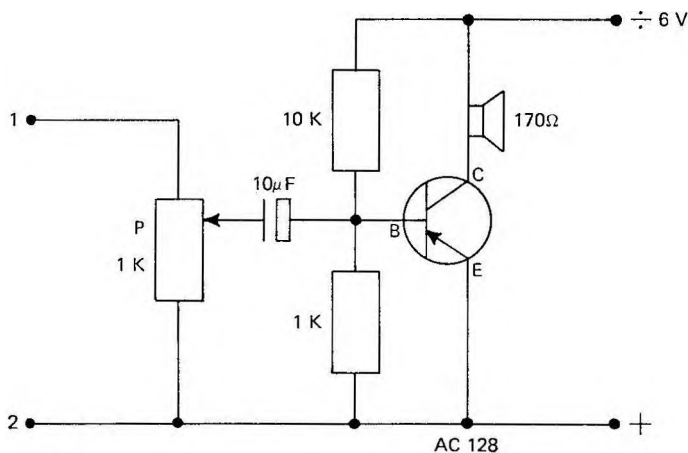


Fig. 115

På fig. 115 ses en transistorforstærker.

Fra kollektor til minus er der en  $170\ \Omega$  højttaler. En almindelig højttaler har en vekselstrømsmodstand (impedans) på 3–8  $\Omega$ . Hvis en sådan skal anvendes, skal der bruges en transformer til at tilpasse højttaleren med.

Basis får sin spænding fra en spændingsdeler.

Der tilføres forstærkeren et signal (en tone) fra en tonegenerator. Har man ikke en sådan, kan en astabil multivibrator bruges, men det er dog ikke som ved tonegeneratoren et sinusformet signal, der kommer herfra.

Med potentiometret kan man bestemme hvor stort signal, der skal tilføres basis. Det er styrkekontrollen.

Der kommer en tone fra højttaleren.

Hvis der drejes for meget op for potentiometret, bliver tonen forvrænget. Transistoren overstyres.

En krystalmikrofon eller en dynamisk mikrofon (en højttaler er en dynamisk mikrofon) tilsluttes mellem 1 og 2. Talen bliver forstærket og høres i højttaleren, men forstærkningen er ikke stor. Signalet, der kommer fra mikrofonen er meget lille, og der skal yderligere en transistor til for at forstærke det op.

Der dannes en opstilling som vist på fig. 116.

Det ses, at transistoropstillingen fra fig. 115 er bevaret, og der foran er koblet en anden transistor.

Kollektor og basismodstandene er her meget større. Det betyder, at meget små variationer i basisstrømmen kan registreres. Transistoren kan forstærke meget små signaler. Disse forstærkede signaler overføres over en kondensator til basis på  $TR_2$ .  $TR_2$  forstærker dem yderligere op.

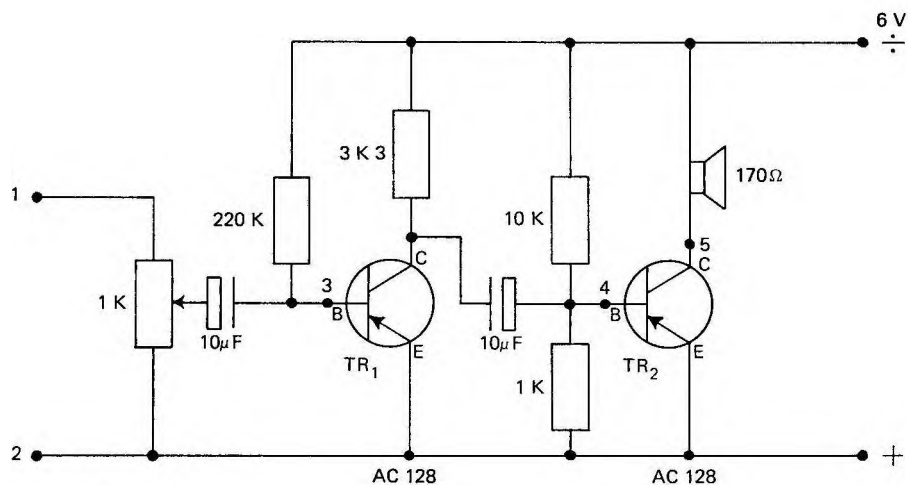


Fig. 116

En mikrofon tilsluttes som før mellem 1 og 2. Det er tydeligt, at der sker en meget større forstærkning af talen.

En tonegenerator tilsluttes mellem 1 og 2. Med potentiometret indstilles til en passende styrke i højttaleren.

Med et oscilloscop kan forstærkningen ved transistoren tydeligt ses.

En ledning forbindes fra 2 til den nederste tilslutning ved Y-forstærkeren. Den anden tilslutningsklemme forbindes til 3. På oscilloscopet ses det sinusformede signal, der tilføres transistorforstærkeren.

Med oscilloscopet tilsluttet mellem 2 og 4 ses signalet, efter det er blevet forstærket af den første transistor.

Hvis oscilloscopet nu tilsluttes mellem 2 og 5, vil billedet være så stort, at det ikke kan være på skærmen. Der drejes ned på potentiometret til vi igen kan se sinuskurven. Med denne indstilling på potentiometret kan vi næppe se noget, hvis oscilloscopet tilsluttes mellem 2 og 3.

Med oscilloscopet kan en eventuel forvrængning også spores. Potentiometret drejes helt op, og tonen er tydeligt forvrænget. På oscilloscopet ses, at det ikke længere er en sinuskurve. Den er blevet „klippet“ og der sker stor forvrængning.

Et ukompliceret kredsløb, der viser transistoren som forstærker, ses på fig. 117.

Transistoren er en krafttransistor af typen AD149. Fig. 118 viser AD149 set fra neden.

Kollektor forbindes gennem en lavohmshøjttaler til minus. En kulkornsmikrofon (fra en telefon) udgør sammen med en fast modstand på 10 Ω en spændingsdeler, der giver basis en negativ spænding.

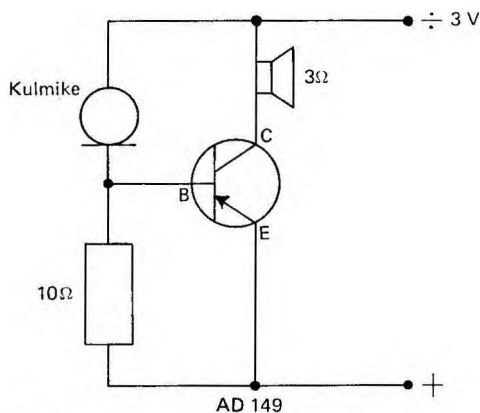


Fig. 117

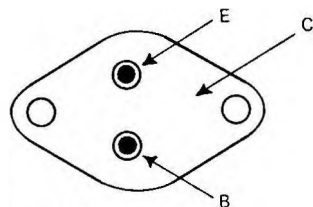


Fig. 118

Emitter er lagt direkte til plus.

Når der tales i kulkornsmikrofonen, vil modstanden i mikrofonen variere i takt med talen. Det giver små strømvariationer i basis, og dette resulterer i større strømvariationer gennem højttaleren i kollektor.

Resultatet er, at de svage signaler, der tilføres basis gennem kulkornsmikrofonen, kommer igen som et kraftigt signal fra højttaleren.

Hvis mikrofonen kommer for tæt på højttaleren, vil der komme en høj tone fra højttaleren. Der sker en tilbagevirkning fra højttaleren til mikrofonen.

Kvaliteten af den gengivne tale er måske ikke for god. Hvis der er stor forvrængning, kan det skyldes, at transistoren overstyres. Man må da, alt efter hvilken type kulkornsmikrofon, der anvendes, udskifte den faste modstand med en anden værdi. Man kan også anbringe en fast modstand på 10–50  $\Omega$  i serie med mikrofonen.

Forstærkeren i fig. 116 kan anvendes til mange formål. Princippet i den er det grundliggende for alle forstærkere. Ved at sætte en passende transistor foran den, kan den gøres mere følsom – den kan forstærke svagere signaler.

Der kan også sættes en eller flere transistorer efter den. Det skal så være transistorer, der kan tåle en større kollektorstrøm og højere spænding, f. eks. AD149 fra fig. 117. Det er en krafttransistor beregnet som udgangstransistor i store transistorforstærkere.

Effekten af en transistor måles i watt (W). En almindelig transistorradio har en udgangseffekt på ca. 1 W eller mindre. Pigtrådsforstærkere på 100 W er ikke ualmindelige.

Hvis man har brug for forstærkere med meget stor udgangseffekt, må man bruge radorør. De fås med udgangseffekter på mange tusinde watt.

Eksempler på transistorforstærkere vil blive vist i byggevejledningen.

Når man skal sammenligne udgangsforstærkere, må udgangseffekten, dvs. den elektriske effekt, forstærkeren kan aflevere til en højttaler, sammenlignes. Effekten måles i *watt*.

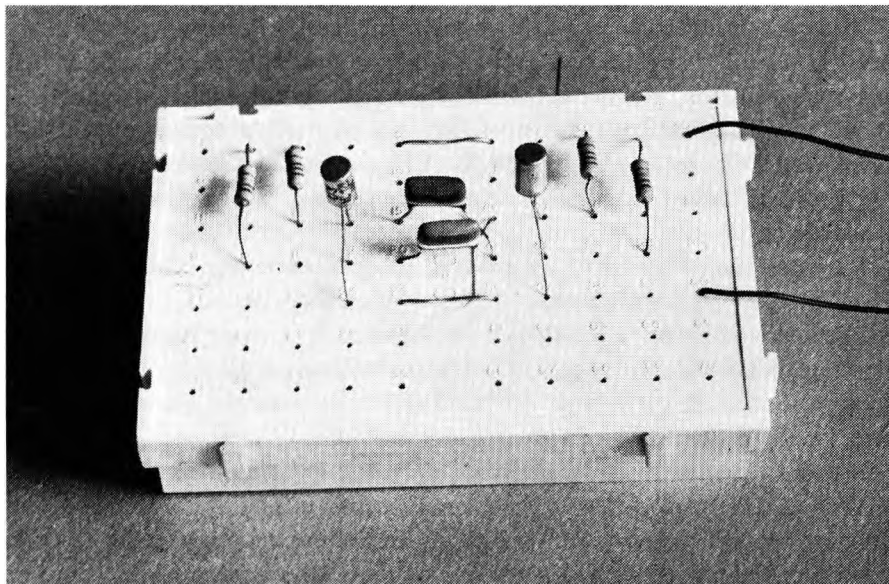
Der er flere måder at angive denne effekt på, og det udnyttes i reklamen for de færdige produkter. Det gælder nemlig om at angive et så stort tal som muligt.

De forskellige „slags“ watt er f. eks. *spidswatt*, *musikwatt* og *sinuswatt*.

Spidswatt er den effekt, en forstærker kan afgive i et ultrakort øjeblik. Det er det største tal, der kan opgives som udgangseffekt. I musik varierer styrken og dermed belastningen af forstærkeren. I korte perioder kommer den op på maksimal effekt (musikeffekt). Musikwatt-tallet, der er mindre end spidswatt-tallet, er det tal, der oftest opgives af fabrikanterne. Det tredje tal – sinuswatt – er det mest reelle. Det angiver det antal watt, en forstærker kan afgive i længere tid, når der sendes en sinusformet tone gennem den. Det er det mindste tal, men til gengæld det, der siger mest om forstærkeren.

I teknikersproget kaldes sinuswatt for „*englewatt*“.

## PRAKTISKE KONSTRUKTIONER



*Astabil multivibrator (tonegenerator) på S-DeC*

Praktiske konstruktioner og elevøvelser kan udføres med de forskellige byggesæt, der findes på markedet.

Forfatteren har imidlertid haft stor glæde af at anvende en engelsk fremstillet enhed, der kaldes S-DeC.

Med S-DeC kan man lave forsøgsopstillinger m. v. uden at anvende loddekolbe og uden at klippe af tilledningerne på komponenterne.

Det er en plastik-æske forsynet med 70 huller, der er delt op i 14 grupper med 5 i hver. Under hullerne sidder en række kraftige kontaktfjedre, der holder komponentenderne fast og forbinder dem elektrisk inden for samme gruppe.

Flere S-DeC's kan kobles sammen, hvis det drejer sig om større opstillinger.

Til sættet hører også en forplade, der kan sættes fast på enheden. Herpå kan der anbringes potentiometre, drejekondensatorer, afbrydere m. m.

## TRYKT KREDSLØB

Når man skal i gang med en praktisk konstruktion, er der mange måder at gribe sagen an på. Her skal vi kun beskæftige os med den mest udbredte monteringsform: TRYKT KREDSLØB. Det lyder måske lidt for professionelt, men viser sig i praksis at være den nemmeste og mest solide metode til opbygning af et stykke elektronik.

Trykt kredsløb anvendes i alle transistorradioer, i fjernsyn, båndoptagere osv., men også, hvor det kun drejer sig om at fremstille et enkelt eksemplar af en konstruktion, kan det betale sig at anvende trykt kredsløb.

Til fremstilling af trykt kredsløb anvendes en kredsløbsplade, også kaldet printplade (print = engelsk ord for trykt kredsløb). Den består af en 1,5 mm tyk pertinaxplade. På den ene side af pladen er der fastlimet en meget tynd kobberfolie.

En del af denne kobberbelægning skal udgøre ledningsforbindelserne i vor konstruktion. Det overflødige kobber skal ætzes bort.

I industrien anvendes glasfiberplader, og disse er at foretrække, selv om de er væsentligt dyrere. Kobberlaget sidder bedre fast på glasfiber og kan tåle, at man lodder på det mange gange. Glasfiber er desuden gennemsigtigt, så man kan se kobberforbindelserne fra glasfibersiden.

Det er let selv at fremstille et print.

Ved at undersøge den opstilling, man ønsker at lave, finder man ud af, hvor de forskellige ledninger skal gå. Vi fremstiller en printtegning. Til alle konstruktioner her i bogen er der en printtegning, så man uden ret megen kendskab til elektronik, hurtigt kan komme i gang med arbejdet.



I elektronikbladene, der bringer mange morsomme og nyttige konstruktioner, er printtegningen også tit aftrykt.

Til en astabil multivibrator som vist i fig. 105, kan printtegningen se således ud (fig. 119):

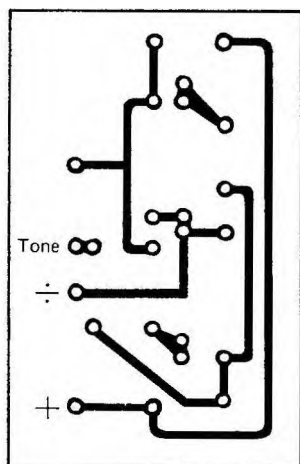


Fig. 119

Den skal nu overføres på kobberet.

Først må tegningen kalkeres over på et stykke pergamentpapir. Den letteste måde at overføre en tegning til en printplade på, er først at afmærke de sorte boller på pladen.

Det gør man på følgende måde:

Når printpladens kobberside forsigtigt er rensat med fint ståluld, lægges den ind under tegningen, så den ligger helt fast. Med en syl eller passerspids afmærkes bollernes nøjagtige placering på printpladen gennem papiret. Papiret fjernes. Med en sort lynskriver med spritfarve (med filtspids) tegnes bollerne op. De skal være et par mm i diameter. Bollerne forbindes som på tegningen, og man må passe på, at ingen streger rører ved hinanden eller krydser hinanden, hvis de ikke skal have forbindelse i kredsløbet.

Ledningsførelsen er nu overført med spritlak på printpladen.

Printet skal nu „fremkaldes“. Det lægges i en 50% *FERRIKLORID*-opløsning. Den fås færdigblandet hos en materialist eller på apoteket.

Ferriklorid er giftigt, og man må passe på ikke at få det på tøjet, da der så bliver rustpletter.

Ferrikloridet ætser nu kobberet bort de steder, hvor vi ikke har været med lynskriveren. Hvor vi har tegnet, beskytter lakken kobberet under ætsningen.



*Tegning af ledningsførelsen med lynskriver på printplade*

Det er derfor vigtigt, at man har påført et tykt lag lak ved at tegne printet over flere gange.

Ætsningen tager 30–40 minutter. Pladen skylles derefter omhyggeligt med vand, og vi kan nu fjerne lakken fra lynskrивeren med sprit. Tilbage på printpladen står en meget fin tegning i kobber.

Ætsningen af pladen går hurtigere, hvis ferrikloridopløsningen er varmet lidt op i vandbad.

Ætsningstiden kan også fremskyndes, hvis printpladen flyder på væskeoverfladen med kobbersiden nedad. Hvis der skal ætzes flere print på en gang, risikerer man ikke, at de ridser hinanden. Et rid i lakken betyder måske en afbrydelse i en kobberforbindelse.

Når printpladen er rensat, skal der bores huller til de forskellige komponenter. Med 1 mm bor bores huller midt gennem alle boller. Komponenterne kan så sættes på fra glasfibersiden. Tilledningerne skal loddet fast på kobbersiden.

Hvis man vil beskytte sin printplade mod iltning fra luften, kan den sprøjtes med en loddebar lak, der fås på spray-flaske.

# LODNING

Lodningen er et af de vigtigste arbejder ved elektronikkonstruktioner. Den skal udføres meget omhyggeligt, for at vi kan være sikre på, at lodningen er helt i orden. Hovedparten af de fejl, der forekommer i elektronisk udstyr, skyldes dårlige lodninger.

I forskellige elektroniske byggesæt samles komponenterne med fjedre eller de skrues sammen. Når man skal lave en permanent opstilling, må man lodde komponenterne sammen. De er da også alle udformet på den måde, at lodning er den eneste samlingsmetode. En tinlodning, der er korrekt udført, er overordentlig holdbar og pålidelig, men en eneste dårligt udført lodning kan være skyld i, at opstillingen ikke virker. Det er dog ikke svært at udføre korrekte lodninger, hvis man blot ved, hvordan man skal bære sig ad.

Man skal vælge det rigtige loddetin. Blikkenslageren anvender loddetin i stangform, når han skal lodde en tagrende. Det er absolut uanvendeligt til vort formål. Her skal bruges en letsmeltelig legering af tin og bly. Det fås i trådform med en diameter på 1,6 mm.

I det er „indbygget“ et rensmiddel, et flusmiddel, der har flere funktioner. Det består af harpiks og en svag syre. Flusmidlet ligger i fem strenge i loddetinnet.

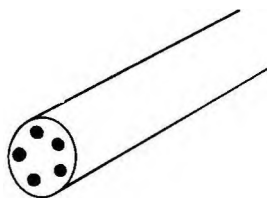


Fig. 120

Syren renser loddestedet, og harpiksen skal beskytte den flydende loddetin mod iltning fra luften, til loddetinnet størkner.

Loddevand og loddefedt må aldrig anvendes. Det er kun til blikkenslagerarbejder!

Blikkenslagerens loddekolbe, der skal opvarmes over gas, er også uanvendelig.

Der skal i stedet anvendes en lille elektrisk loddekolbe på 15–30 W med en fin spids på et par mm i diameter. Loddekolbens spids skal under arbejdet holdes ren med en fin stål- eller messingbørste. Da loddetinnet „æder“ kobberet af spidsen, skal den af og til files, så den hele tiden har mejselform.

Når vi skal i gang med at lodde, sætter vi først et stykke loddetin hen mod loddekolbens spids for at forsinke den. Ved lodninger er den vigtigste regel, at det ikke er loddekolben, der skal smelte loddetinnet, men loddekolben skal opvarme de genstande, der skal loddessammen, så de selv kan smelte tinnet.

Vi lodder en modstand på en printplade:

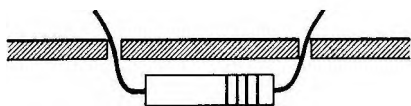


Fig. 121

Tilledningerne på modstanden bøjes, og den anbringes på printpladen. Den kan godt trykkes helt ned mod pladen. Vi begynder først at lodde, når mange af komponenterne er anbragt på pladen. For at komponenterne ikke skal falde af, bøjes toldningerne ud til siden, og komponenten sidder fast. Med en bidetang afklippes nu toldningerne, så der kun er ca. 5 mm tilbage. Loddekolben anbringes nu som vist på fig. 122.

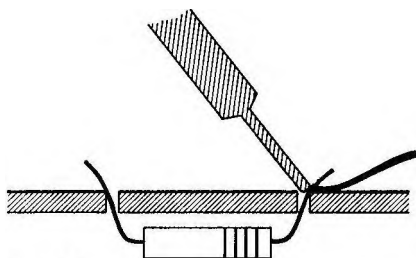
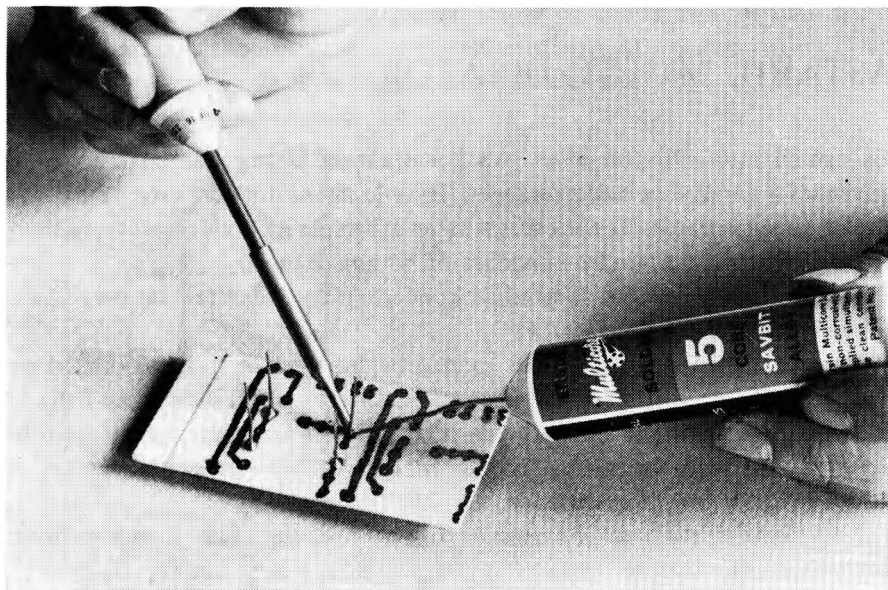


Fig. 122

Vi ser, at loddekolben danner god kontakt med både kobberfolie og ledning, der opvarmes et øjeblik. Så sættes tinnet hen mod loddestedet. Først smelter flusmidlet og løber ned og renser de flader, der skal loddessammen. Så smelter loddetinnet og fordeler sig over det opvarmede område.

Loddekolben fjernes, og loddestedet skal afkøles et øjeblik. Det er vigtigt, at det ikke rystes, før tinnet er størknet helt. Loddetinnet vil ellers krystallisere og give en dårlig lodning. Man kan se på en lodning, om den er korrekt udført. Hvis den er grå og grynet i overfladen, er det ikke en god lodning. Den må så loddess om.

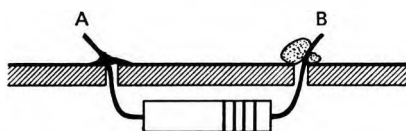
Der skal ikke bruges for meget loddetin. Man skal tydeligt kunne se konturerne af alle ledninger.



*Lodning på print*

Hvis der er store loddeklatter, gør de mere skade end gavn. De falder helt af. Loddetinet må heller ikke ligge som en kugle på kobberet. Så hæfter det ikke ordentligt.

Fig. 123 viser en god og en dårlig lodning.



*Fig. 123*

a) er en korrekt udført lodning. b) er en kold lodning. Tinet hæfter slet ikke på kobberet.

Omlodning. Hvis en lodning er dårligt udført, kan den varmes igennem. Bedst er det helt at fjerne det gamle loddetin og udføre en ny lodning. Det gør man lettest med et specielt apparat, der efter at have opvarmet loddestedet, suger det smeltede tin til sig.

Et sådant apparat er også uundværligt, når komponenterne på et print skal udskiftes.

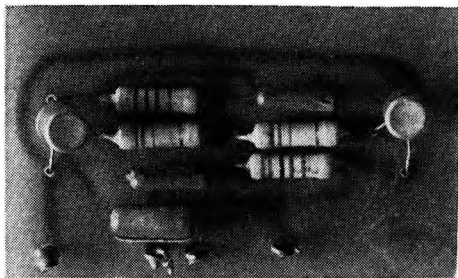
## ASTABIL MULTIVIBRATOR

En astabil multivibrator er en god konstruktion at begynde med. Den kan anvendes i forskellige udformninger. Hvis kondensatorværdierne er små, er det en tonegenerator. Tonens frekvens er afhængig af kondensator- og modstandsværdierne. Jo mindre kondensator, jo højere tone.

Med en omskifter kan forskellige kondensatorer indsættes, og derved kan forskellige toner frembringes.

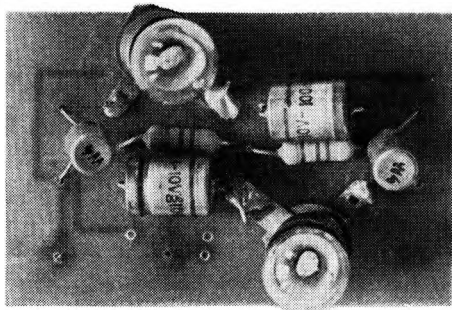
Tonegeneratoren er nyttig, når man arbejder med lavfrekvensforstærkere. Tonegeneratoren tilsluttes indgangen på forstærkeren. Hvis der ikke lyder en tone fra højttaleren, er forstærkeren ikke i orden. Tonegeneratoren tilsluttes derefter basis på 2. transistor. Hvis der nu lyder en tone fra højttaleren ved vi, at det er første trin i forstærkeren, der ikke fungerer.

I forbindelse med en morsenøgle og en højttaler, kan tonegeneratoren bruges som morsetræner.



*Færdig printplade til tonegenerator. Kobberforbindelserne ses gennem glasfiberpladen.*

Hvis kondensatorerne i den astabile multivibrator har en stor værdi, f. eks. 10 eller 100  $\mu\text{F}$ , og en eller begge kollektor-modstande erstattes med baglygtepærer, har vi en blinker med et eller to blinklys.



*Færdigt print til blinklys*

For de nævnte konstruktioner gælder det, at de alle er astabile multivibratorer. Diagrammet, bortset fra komponentværdierne, er det samme, og printtegningen er den samme. Printtegningen ser således ud:

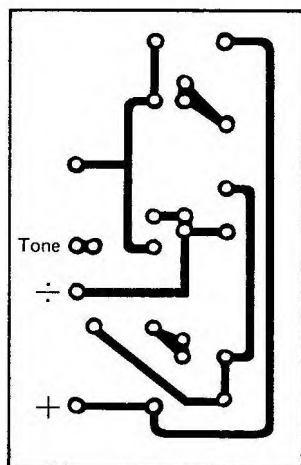


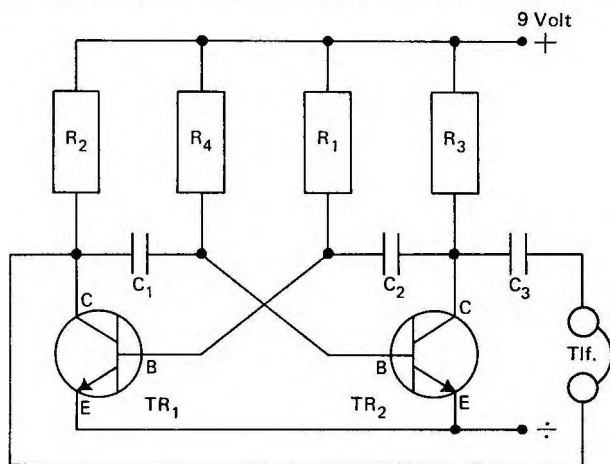
Fig. 124

Vi ser, at det var den printtegning, vi anvendte, da vi lærte om trykt kredsløb (fig. 119). Den kan altså bruges til

- |                  |  |
|------------------|--|
| a) tonegenerator | c) blinklys med én lampe               |
| b) morsetræner   | d) blinklys med to lamper (Torontolys) |

Efter printtegningen fremstilles et trykt kredsløb.

Når det er ætset, bores midt gennem „bollerne“ huller med 1 mm bor. Boremaskinen skal med et tyndt bor køre med stor hastighed.



$R_2$  og  $R_3 = 1\text{ K}$   
 $R_1$  og  $R_4 = 18\text{ K}$   
 $C_1$  og  $C_2 = 33\text{ nF}$   
 $C_3 = 0,1\mu\text{F}$   
 $TR_1$  og  $TR_2 = \text{AC } 128$   
 eller lignende  
 Tlf. = hovedtelefon

Fig. 125. Morsetræner

Boret skal ikke „presses“ gennem pladen. Så flosser den op på den anden side, og det ser ikke pænt ud.

Når hullerne er boret, anbringes alle komponenterne på pladen af glasfiber-siden, og på kobbersiden loddes tilledningerne. Kollektor på AC128 er mærket med en rød prik.

Konstruktionen skal nu tilsluttes en strømkilde. Der loddes en sort ledning til minus og en rød til plus, og disse ledninger forsynes med „handskelåse“, så de kan sættes til et batteri.

Hvis det er en morsetræner, skal der også loddes to ledninger på ved tilslutningen til hovedtelefon.

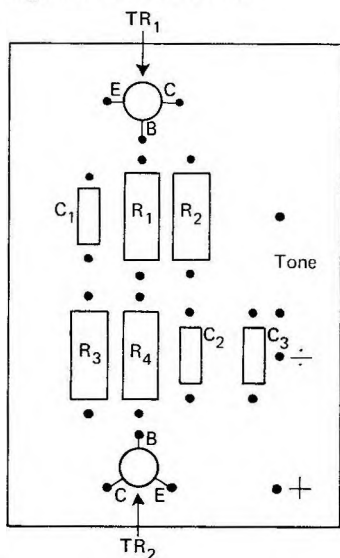


Fig. 126. Komponentplacering til morsetræner

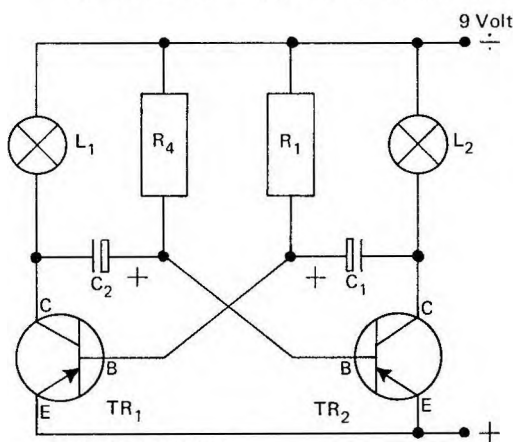


Fig. 127. Blinklys

$L_1$  og  $L_2$  er baglygtepærer (6 V — 0,05 A)  
 $R_1$  og  $R_4$  er basismodstande på 18 K  
 $C_1$  og  $C_2$  er elektrolytkondensatorer på 100  $\mu$ F  
 $TR_1$  og  $TR_2$  er transistorer af typen AC 128



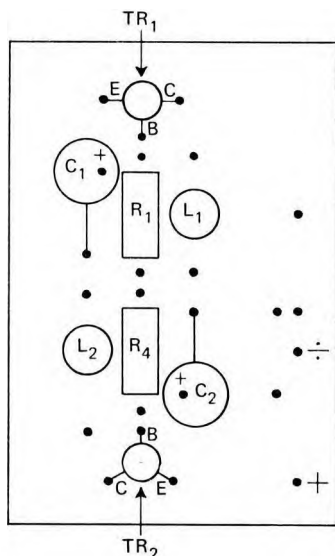


Fig. 128. Komponentplacering til blinklys

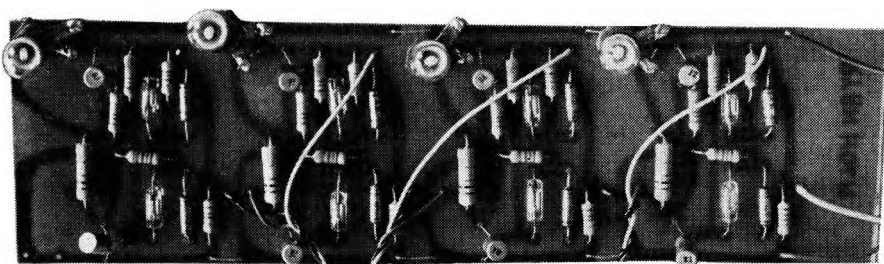
## BISTABIL MULTIVIBRATOR

Diagrammet for en bistabil multivibrator eller en „flip-flop“, som den også kaldes, ses på fig. 129. Forskellen på den og den, vi så på fig. 107, er, at man her med en omskifter kan sende impulser videre enten fra  $TR_1$  eller  $TR_2$ .

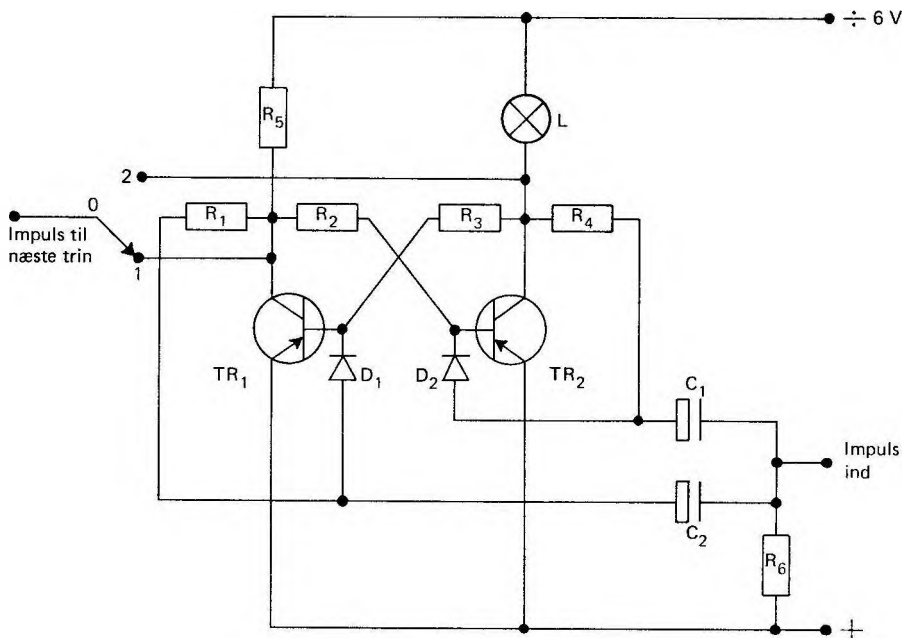
Når enheden er samlet, skal den afprøves. Den tilsluttes et batteri på 6 V.

Fra et andet batteri sættes en positiv spænding på indgangen, og pæren skal lyse.

Afbryd og sæt igen spænding på, og pæren går ud. Den skal altså skifte for hver impuls.



Fire „flip-flops“ på samme print



$R_1 = R_4 = 5 \text{ K } 6 \left( \frac{1}{4} \text{ W} \right)$   
 $R_2 = R_3 = 2 \text{ K } 2 \left( \frac{1}{4} \text{ W} \right)$   
 $R_5 = 100 \left( 1 \text{ W} \right)$   
 $R_6 = 1 \text{ K } 2 \left( \frac{1}{4} \text{ W} \right)$

$C_1 = C_2 = 4,7 \mu\text{F} / 10 \text{ V}$  elektrolyt  
 $L = \text{baglygtepære } (6 \text{ V} - 0,05 \text{ A})$   
 $TR_1 \text{ og } TR_2 = \text{AC } 128$   
 $D_1 = D_2 = \text{AA } 119$

0 = omskifter

Fig. 129

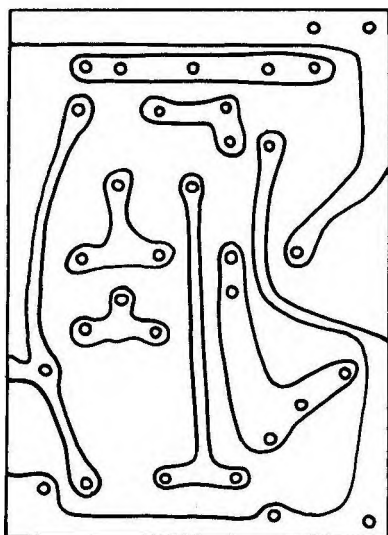


Fig. 130. Print til „flip-flop“

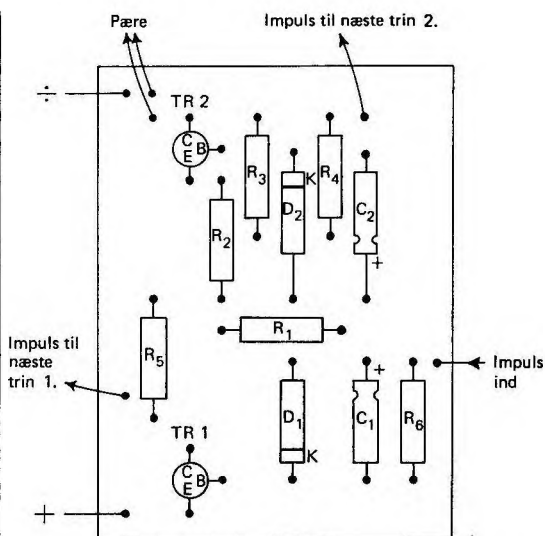


Fig. 131. Komponentplacering til „flip-flop“

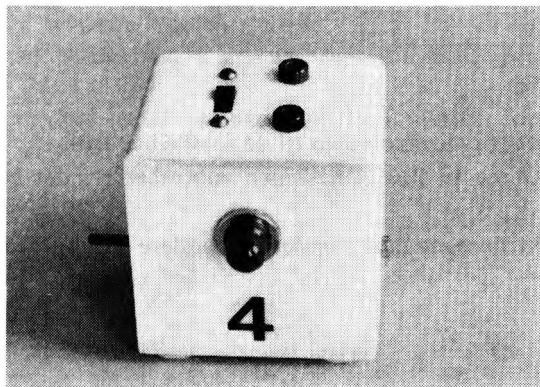
## BINÆR TÆLLER

En binær tæller er en maskine, der kan tælle i det binære talsystem.

Den består af flere ens flip-flop's.

Den her beskrevne er fremstillet af en 7. klasse

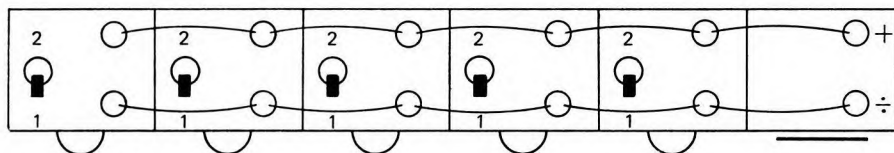
Kasserne til de forskellige enheder er fremstillet af acryl (plexiglas).



*Flip-flop i kasse af acryl*

Flere ens trin sættes nu sammen med impulsomskifteren til 1. Impulserne, der skal styre dem, kommer fra en ny enhed.

Den består af et 6 V batteri og en drejeskive fra en telefon. En drejeskive er en afbryder. Hvis man drejer (1), afbrydes 1 gang. Der kommer en impuls. Drejes (5) afbryder den fem gange. Der kommer fem impulser. (0) giver 10 impulser. Drejeskiveenheden indeholder desuden en strømforsyning til rækken af flip-flop's.



*Fig. 132*

Drejeskiveenheden sættes foran rækken af flip-flop's, og vi har konstrueret en tæller, der tæller i det binære talsystem. Det er en additionsmaskine, der kan addere encifrede tal. De tal, der skal adderes, „slås ind“ på drejeskiven. Resultatet fås i det binære talsystem. Det er da praktisk med en tabel, der omsætter binære tal til titalsystemet.

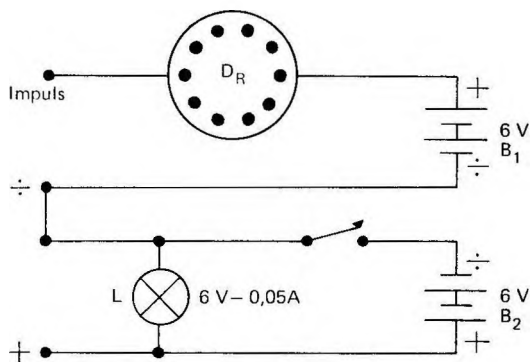


Fig. 133. Drejeskiveenheden

$D_R$  = drejeskive  
 $L$  = kontrollampe 6 V–0,05 A  
 $B_1 = B_2 = 6$  V batteri

Enheden nulstilles ved at afbryde strømmen til de forskellige trin.  
 Nu sættes impulsomskifterne til 2, og maskinen subtraherer i det binære talsystem.

Maskinen er altså en elektronregnemaskine, der kan addere eller subtrahere.  
 Det er en „minicomputer“.



## ELEKTRONISK UR

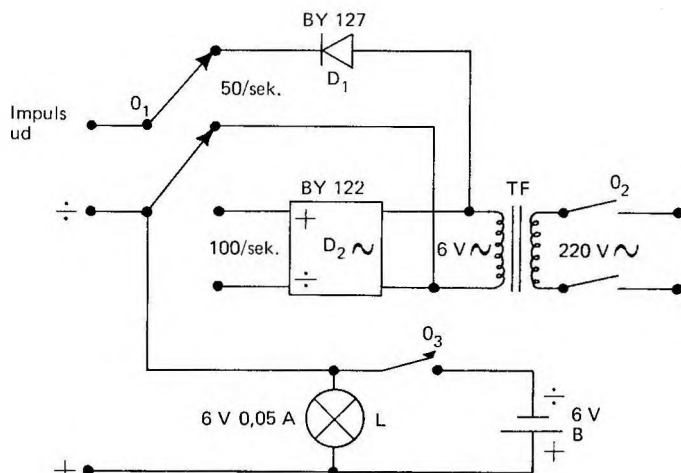


Fig. 134

TF = transformer  
 220 V/6 V  
 $D_1$  = BY 127  
 $D_2$  = BY 122  
 $O_1$  = dobb. omskifter  
 $O_2$  = dobb. afbryder  
 $O_3$  = enk. afbryder  
 $B$  = 6 V batteri

Ved at erstatte drejeskiveenheden med en anden kan tælleren blive til et elektronisk ur.

Enheden består, som vist på fig. 134, af en transformer med en primær til 220 V. Sekundærspændingen er 6 V.

Hvis vekselstrøm enkeltensrettes, kommer der 50 impulser pr. sek. Hvis vekselstrøm dobbeltensrettes (med graetz-kobling), får vi 100 impulser pr. sek.

Med en dobbelt omskifter kan der på udgangsklemmerne komme 50 eller 100 impulser pr. sek.

Hvis disse impulser tilføres tælleren, har vi et ur eller tidsmåler, der kan måle  $\frac{1}{30}$  eller  $\frac{1}{100}$  sekund.

Et sådant elektronisk ur kan bruges til mange forsøg i skolen.

Der kan også sættes en meget enkel impulsgeber foran:

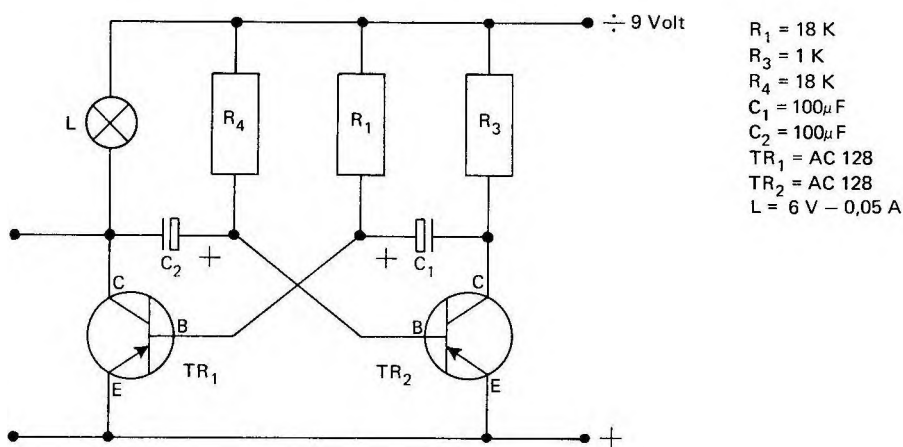


Fig. 135

Det er en astabil multivibrator. Med et passende valg af kondensatorer, laves enheder, der giver 1 blink pr. sek., 2 pr. sek., 10 pr. sek. og 1 blink hvert andet sek.

Med 1 blink pr. sek. har vi et ur, der tæller sekunder.

Den binære tæller kan udnyttes på mange måder.

En fotocelle belyses af en lampe. Når lyset afbrydes, sendes en impuls til tælleren. Den kan så registrere, hvor mange mennesker, der har passeret en dør (hvor mange gange, lysstrålen er blevet afbrudt), hvor mange enheder, der passerer et transportbånd, osv.

Med en mikrofon og en forstærker kan hjerteslag forstærkes op. Tælleren parallelforbinderes med højttaleren, og vi har en pulstæller.

## 1,2 W FORSTÆRKER

En sådan forstærker kan man altid få brug for, da den har mange anvendelsesmuligheder. Alle radiotidsskrifter og elektronikbøger har en sådan med, og det viser sig at være den samme opstilling med ganske få forandringer.

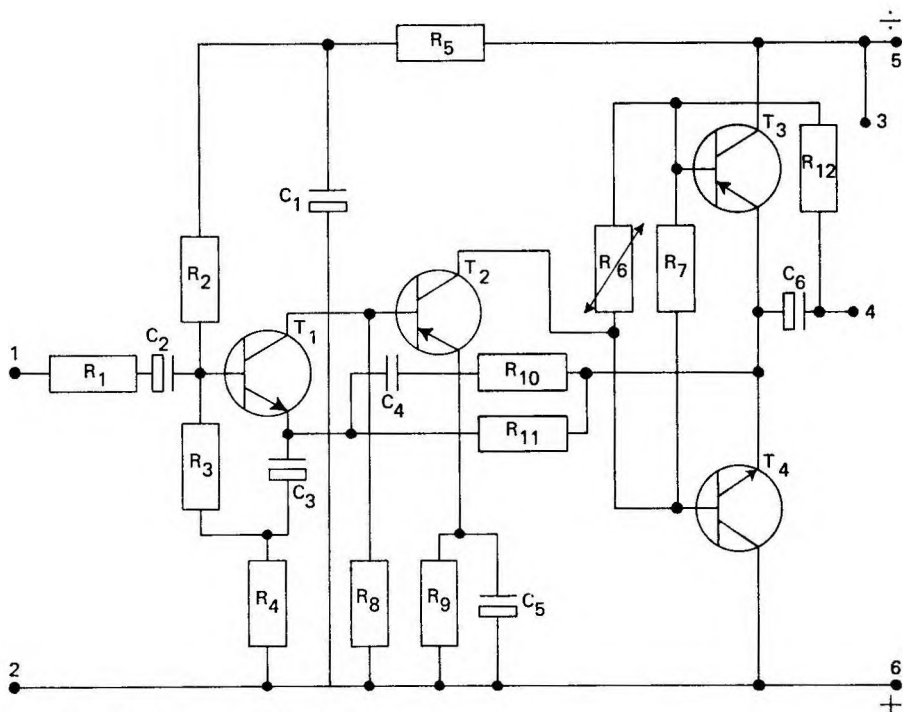


Fig. 136. Diagram til forstærker

Komponentliste til forstærker.

$R_1$	2,2 K
$R_2$	18 K
$R_3$	15 K
$R_4$	10 $\Omega$
$R_5$	1 K
$R_6$	130 $\Omega$ NTC
$R_7$	47 $\Omega$
$R_8$	1,5 K

$R_9$	$39 \Omega$	
$R_{10}$	470 K	
$R_{11}$	2,2 K	
$R_{12}$	$560 \Omega$	
$C_1$	$47 \mu\text{F}/10 \text{ V}$ elektrolyt	
$C_2$	$4 \mu\text{F}/10 \text{ V}$ elektrolyt	
$C_3$	$330 \mu\text{F}/10 \text{ V}$ elektrolyt	
$C_4$	10 nF polyester	
$C_5$	$330 \mu\text{F}/10 \text{ V}$ elektrolyt	
$C_6$	$330 \mu\text{F}/10 \text{ V}$ elektrolyt	
$\text{TR}_1$	AC 127	} sæt
$\text{TR}_2$	AC 128	
$\text{TR}_3$	AC 128	} sæt
$\text{TR}_4$	AC 127	

Konstruktionen stammer fra Philips og er bestykket med 4 transistorer, 2 PNP-transistorer AC128 og 2 NPN-transistorer AC127. Transistorerne fås i sæt passet til efter hinanden.

Det er således en velgennemprøvet konstruktion, der er velegnet som begynder-forstærker.

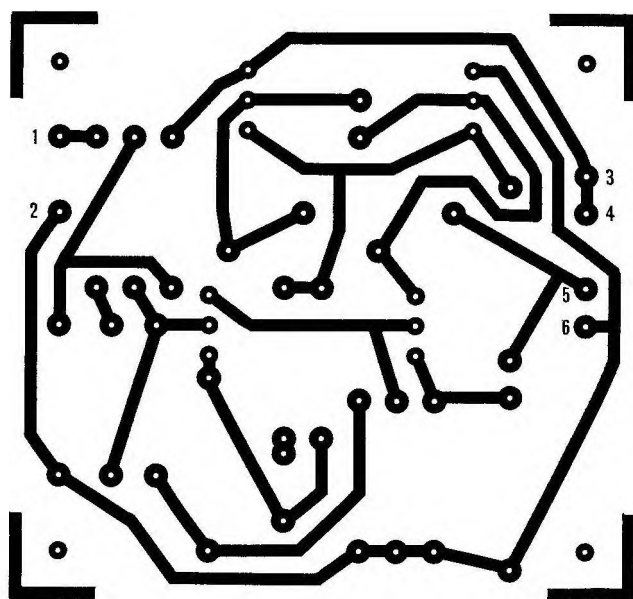


Fig. 137. Printtegning til forstærker

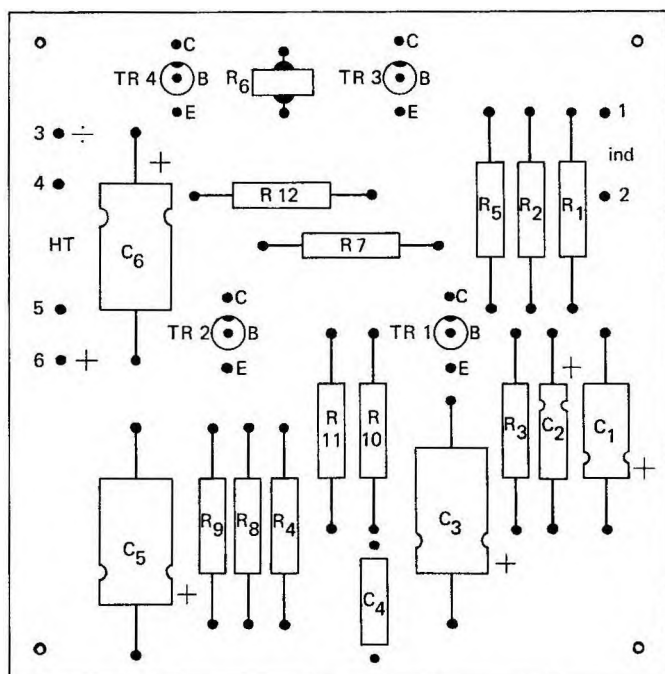


Fig. 138. Komponentplacering

I stedet for at lodde tilledningerne direkte på printpladen kan den forsynes med printspyd. Ved tilslutningsstederne 1, 2, 3, 4, 5 og 6 bores 1,5 mm huller. Printspyd trykkes fast heri og loddes til printet.

Udgangstransistorerne forsynes med køleplader, og NTC-modstanden,  $R_6$ , skal røre herved. Bedst er det at lime den fast på kølepladen med „Araldit“

NTC-modstanden skal temperaturstabilisere udgangstrinnet (TR<sub>3</sub> og TR<sub>4</sub>). Ved temperaturforøgelse bliver modstanden i den mindre, og det styrer strømmen i udgangstrinnet. En lavohmshøjttaler (3,5–8 ohm) tilsluttes over 4–5. Over 3–6 tilsluttes strømkilden, et 9 V batteri.

Husk, at kollektor på en PNP-transistor er mærket med en rød prik, på en NPN-transistor med en blå prik.

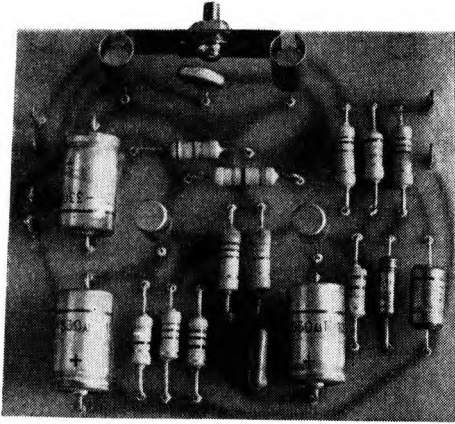
Ved afprøvning af forstærkeren kan man indsætte et amperemeter for at måle forstærkerens strømforbrug.

Tomgangsstrømmen skal være 20–30 mA. Hvis den er væsentligt større, er der en fejl i konstruktionen.

Når man sætter en finger på 1, går der større strøm, og fra højttaleren kommer en uskøn brummetone. – Forstærkeren er i orden. Den er altså så følsom, at man ikke må røre ved indgangen.

Forstærkeren kan nu afprøves med en tonegenerator.





*Færdigt print til forstærker*

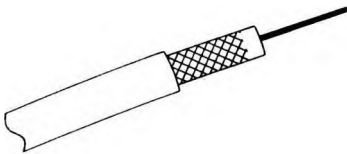
Hermed kan man konstatere, hvilket frekvensområde, forstærkeren kan arbejde i.

Forstærkerens område er fra ca. 50 hz til ca. 12000 hz. Det opfylder ikke kravene til en HiFi-forstærker, men kvaliteten er, sammenlignet med den enkle konstruktion og billige fremstillingspris, forbavsende god.

Ved fuld udstyring er strømmen ca. 300 til 350 mA.

Hvis der skal være lange ledninger fra indgangen, må de skærmes mod udefra kommende støj. Der anvendes en „skærmet“ ledning. Den består af en inderleder, der sluttes til 1. Den er isoleret, og uden om isolationen er der en flettet kobberskærm. Den tilsluttes ved 2.

I kraftigere udførelse bruges skærmede kabler til antenneneføringer. Det kaldes et coax-kabel.



coax kabel

*Fig. 139*

# GRAMMOFONFORSTÆRKER

Forstærkeren kan anvendes til mange formål. Vi kan bl. a. anvende den som grammofoonforstærker.

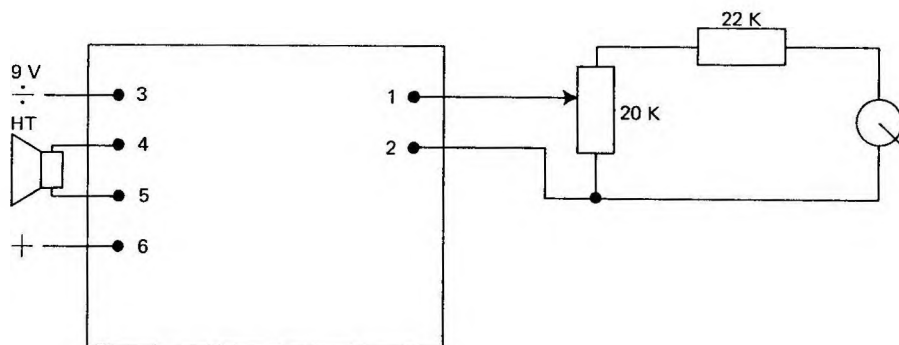


Fig. 140

På fig. 140 er forstærkeren vist med et symbol, hvor kun tilslutningsstederne er vist.

Tilslutningen til grammofoon sker over et din-stik. Et potentiometer på 20K udgør styrkekontrollen.

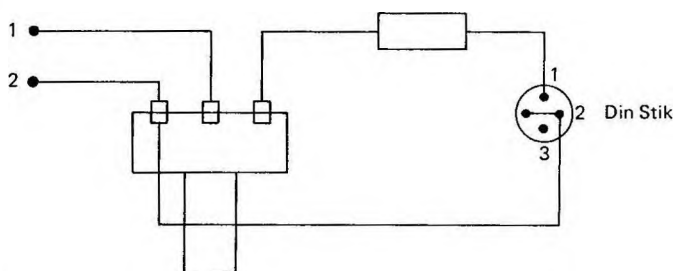


Fig. 141. Ledningsførelsen mellem potentiometer og din-stik

# STEREOFORSTÆRKER

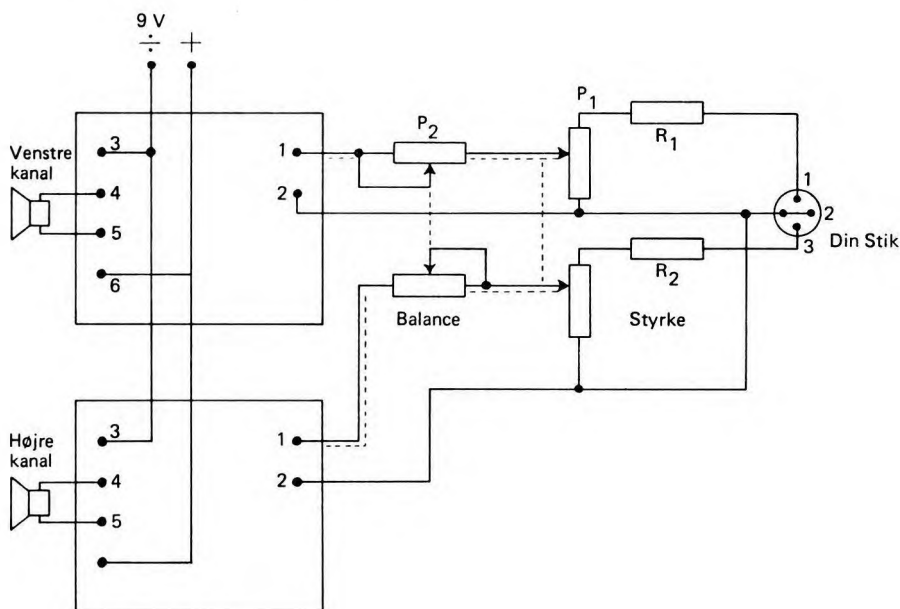
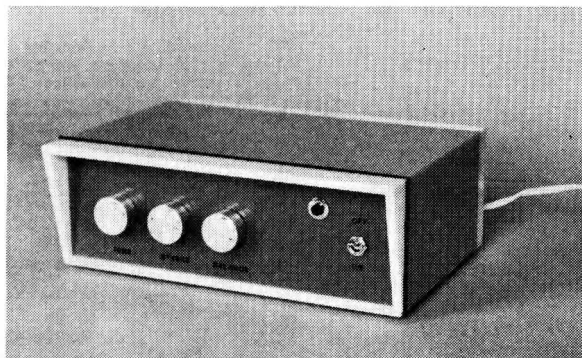


Fig. 142. Stereoforstærker.  $R_1$  og  $R_2$  er hver på 22 K

En stereoforstærker består af 2 helt ens opbyggede forstærkere, der forstærker hver sin „kanal“.

Styrkekontrollen,  $P_1$ , er et stereopotentiometer på 22K, det vil sige 2 potentiometre på samme aksel. Når man drejer op for det, bliver styrken ens i begge kanaler. Da der alligevel kan være forskel på højre og venstre kanal, må dette udlignes med et andet stereopotentiometer på 22K. Det er balancekontrollen.



Stereoforstærker i acrylkabinet

# DIODEMODTAGEREN

De fleste vil gerne selv fremstille en radiomodtager. Det er imidlertid en af de vanskeligste opgaver at gå i gang med.

Her skal vises forskellige konstruktioner, der er lette at udføre.

Den simpleste er diodemodtageren. Det var den modtagertype, man anvendte i radioens barndom (krystalmodtageren).

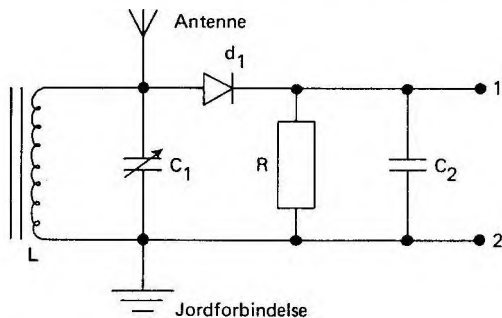


Fig. 143.  $d_1 = OA91$  eller lignende.  $C_1 =$  drejekondensator.  $C_2 = 10 \text{ nF}$ .  $R = 10 \text{ K}$ .  $L =$  spole. 30–60 vindinger på ferritstav. Over 1 og 2 tilsluttes hovedtelefonen.

Stationsindstillingen bestemmes af spolen  $L$  og drejekondensatoren  $C_1$ .

Drejekondensatoren kan være fra en gammel radio. Så fylder den bare meget i forhold til de øvrige komponenter. Den skal være på maksimalt 300–500 pF.

Man skal så bestemme, om radioen skal dække mellembølge eller langbølge.

Til mellembølge skal spolen være på ca. 30 vindinger. Tråden skal være litzetråd. Det er en mangekoret tråd med en loddebar isolation. Tråden vikles om en 10 cm lang ferritstav og kan fæstnes med en klat lim.

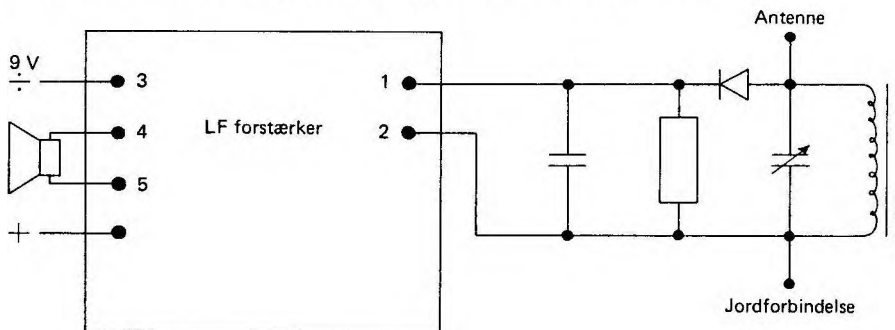


Fig. 144

Hvis spolen bliver på ca. 60 vindinger, dækker den langbølge.

Bor man i nærheden af en radiostation, er det nok at forsyne diodemodtageren med en antenne på 1 m. Det bedste er at tilslutte den en udvendig antenne og jordforbindelse (radiator). Med en hovedtelefon tilsluttet 1 og 2 kan man om aftenen høre mange stationer.

Skal der være højttalerstyrke, må enheden tilsluttes en forstærker.

## MELLEMBØLGERADIO

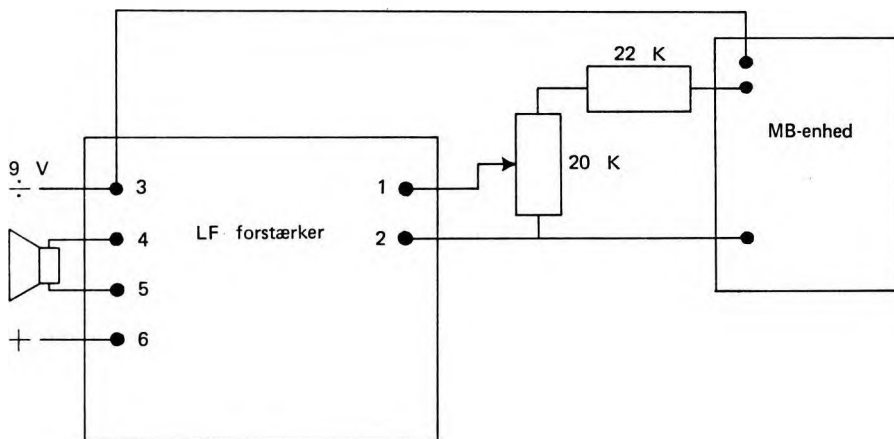


Fig. 145

Hvis man ønsker at lave en virkelig god mellembølgeradio, kan man købe en MB-enhed. Der findes på det danske marked en udmærket enhed af japansk oprindelse. Den skal blot tilsluttes en forstærker.

## FM-RADIO

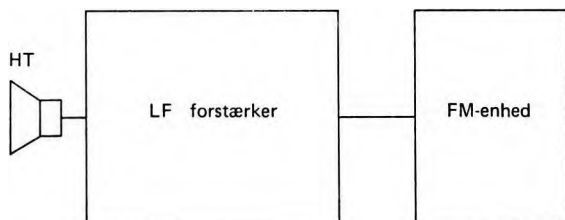


Fig. 146

En sådan radio er uhyre kompliceret opbygget, og begynderen kan ikke selv lave en, der kan virke tilfredsstillende. Derfor må man, som ved MB-radioen, købe en færdig FM-enhed. Den er væsentlig dyrere end MB-enheden, men i elektroniktidsskrifterne annonceres ofte med billige tilbud.

## ACRYLKABINETTET

Acryl eller plexiglas er et velegnet materiale til fremstilling af kabinetter til elektroniske projekter. Det er let at save i, det er let at lime.

Acrylaffklip fås billigt hos virksomheder, der fremstiller produkter af acryl. Det anvendes bl. a. til lysreklameskilte, vejtafver m. m.

Med en fintandet sav kan der let saves i acryl, ligesom det kan saves med en rundsav. En kasse til et blinklys kan f. eks. se således ud:



Der er savet 6 stykker ud. De fem stykker er limet sammen til en kasse. Limen er ren kloroform eller bedre kloroform, hvori der er opløst gennemsigtig acryl. Limen kan opbevares i en plastflaske.

Limen smøres på de to flader, der skal limes sammen. Det skal sidde lidt, ikke for at tørre, men for at opløse lidt af acryloverfladen. Når de to stykker så sættes sammen, „svejses“ fladerne sammen i en meget holdbar limning.

Ved arbejde med kloroform er det farligt at ryge, ikke på grund af brandfaren, men kloroform kan, når det passerer en glød, omdannes til en meget farlig giftgas.

Hjørnerne af kassen er forstærket med et firkantet stykke acryl. Heri bores der 3,5 mm huller og skæres gevind med en snittap, så låget kan skrues fast på kassen med maskinskruer.  $\frac{5}{32}$ " er en passende gevindstørrelse.

I stedet for at save siderne til kassen ud, kan den også formes over en glødetråd.

En „bukkemaskine“ fremstilles således:

På en eternitplade limes flere lag asbestplade. I asbestpladen skæres med en papkniv en rille, hvori der kan ligge en glødetråd. Da glødetråden udvider sig ved opvarmning, må den holdes udspændt af en kraftig fjeder. Tilslutning af glødetråden til strømkilden må ikke ske gennem fjederen, da denne så vil gløde og miste sin fjederkraft.

Glødetråden kan snoes af flere lag modstandstråd med stor modstand. Evt. kan glødetråden fra en varmeovn anvendes.

Spændingen over tråden afhænger af modstanden i den. Der skal i tråden afsættes en effekt på ca. 150 W.

Det stykke acryl, der skal bukkes, anbringes vinkelret på glødetråden. Glødetråden varmer nu acrylet op, så det i løbet af kort tid bliver blødt og bøjeligt, og det bukkes i en vinkel på 90°. I denne stilling holdes det, til det igen er afkølet.

Kasserne til „computeren“ er fremstillet således. Det består af en overdel og en bund. Det er skåret ud af ét stykke:

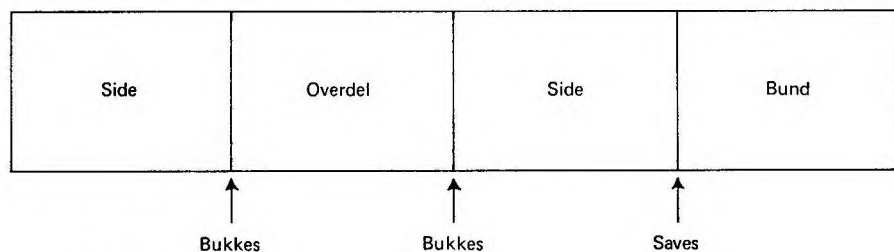


Fig. 147

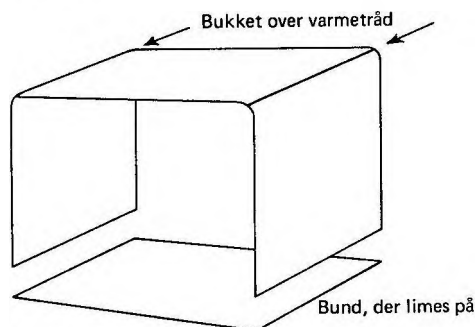
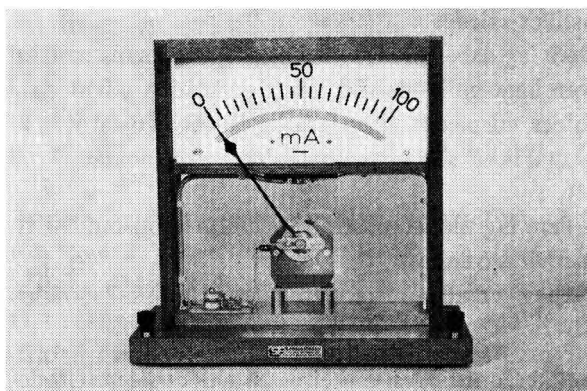
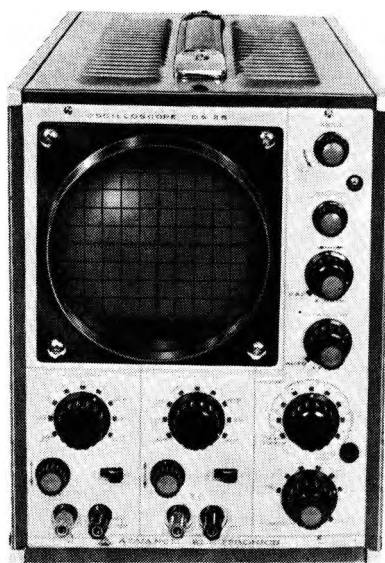


Fig. 148

## INSTRUMENTER TIL ELEKTRONIK



*Voltmetre og amperemetre, der er anvendt i bogen, er almindelige demonstrationsinstrumenter.*

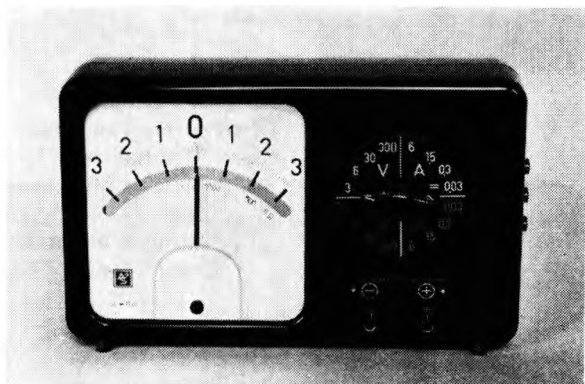


*Oscilloscopet er et meget nyttigt instrument at have, både i elektronikundervisningen og den almindelige fysikundervisning. Det kan fås i byggesæt (Heathkit).*

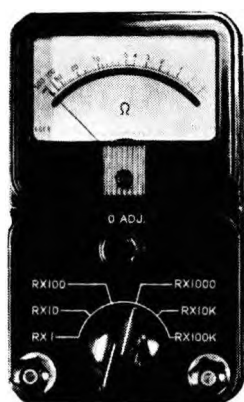
*Det viste er et ADVANCE dobbeltstråleosilloscop.*

*Det er en fordel med et dobbeltstråleosilloscop, da man så på én gang f. eks. kan vise en vekselstrømskurve på den ene „stråle“ og ensrettet vekselstrøm på den anden. Hvis man har et enkeltstråleosilloscop, kan der foran sættes en elektronisk omskifter (Heathkit), der får det til at virke som et dobbeltstråleosilloscope.*

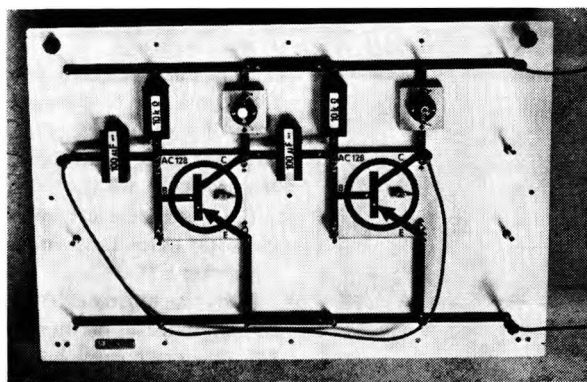




*Universalinstrumenter  
fås også til demonstrations-  
forsøg.*

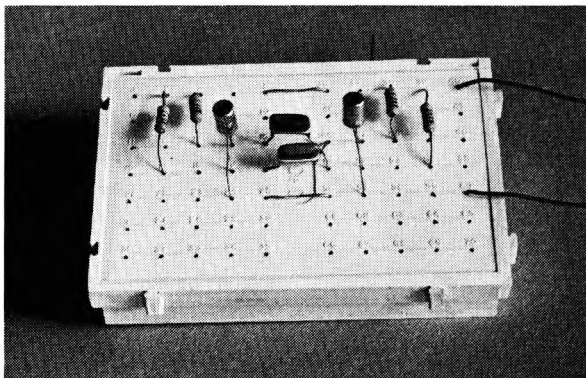


*Ohmmeter fra JEMCO.*



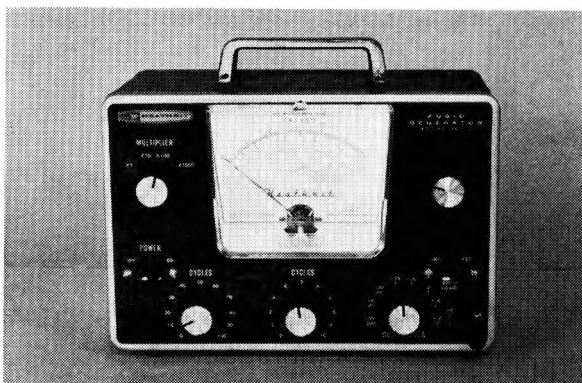
Demonstrationsforsøg kan  
vises med hjemmefremstillet  
materiel.

Forfatteren anvender nu  
det viste fra NEVA. Podis,  
Philips o. a. fremstiller også  
demonstrationsudstyr til  
elektronik.

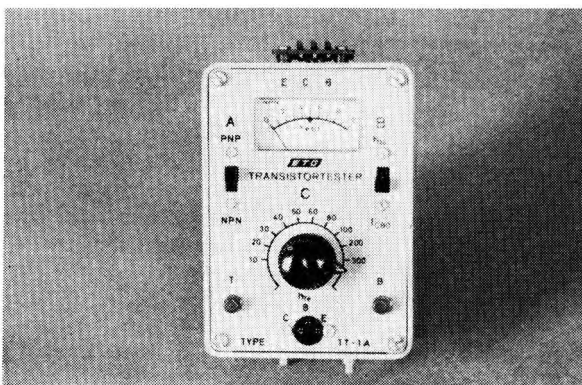


Til elevforsøg kan elektro-  
niksæt som Radionic, Phi-  
lips, Braun eller SF-elektro-  
nik anvendes.

Der kan også bruges det  
viste system: S-DeC.



*Tonegeneratoren* bruges til  
lydlære og er en god hjælp  
ved afprøvning af LF-for-  
stærkere. Den viste er fra  
HEATHKIT.

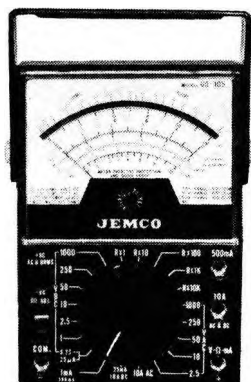


#### *Transistortester.*

Når man arbejder med elek-  
tronik, må man have en mu-  
lighed for at undersøge om  
en diode eller en transistor  
er i orden.

Det undersøges let med en  
transistor tester. Den viste er  
af mærket ETG.

I byggesæt (Heathkit) fås  
en billig udgave, der hurtigt  
kan afgøre, om en transistor  
er „brændt over“.



### *Universalinstrument.*

Der findes mange gode og billige instrumenter af japansk oprindelse. F. eks. JEMCO. Det er imidlertid ikke alle importører, der yder lige god service ved evt. reparationer.

## TYPEBETEGNELSE FOR TRANSISTORER

I 1961 blev europæiske transistorfabrikanter enige om at benytte samme typebetegnelser for dioder og transistorer.

Før havde hver fabrik sin betegnelse.

Det var ønskeligt, om man kunne opnå en international standard typebetegnelse.

Det europæiske system er opbygget af to bogstaver efterfulgt af et serienummer.

1. bogstav	A germanium B silicium
2. bogstav	A diode C alm. LF transistor D LF-krafttransistor F HF transistor for lav effekt L HF krafttransistor P fotohalvleder (dioder og transistorer) Y ensretterdioder Z Zenerdioder

Der kan være tre bogstaver, men det tredje bruges mest ved industrielle typer.

LF = lavfrekvens

HF = højfrekvens

Eksempel:

A C 1 2 8

germanium „low power“ serienummer

A D 1 4 9

germanium krafttransistor serienummer

B C 1 0 7

silicium „low power“ serienummer

De forskellige fabrikker udgiver bøger med oversigter over de forskellige transistorer, f. eks.: PHILIPS POCKETBOOK. Heri findes også en sammenligningsliste over forskellige transistorer.

## FACITLISTE TIL OPGAVER

1. 25 V
2.  $6 \Omega - 60 \Omega - 120 \Omega$
3. 50 V
4.  $90 \Omega$
5.  $15 \Omega - 20\%$ , 3K3 – 5%, 56K – 10%, 4K7 – 20%, 1K – 5%,  $120 \Omega - 20\%$
6. gul-violet-sort, blå-grå-brun, brun-rød-orange, brun-grå-orange, brun-sort-grøn, blå-grå-gul
7. 2K
8.  $220 \Omega - 2200 \Omega - 0,1A$
9.  $500 \Omega$
10.  $150 \Omega$
11.  $101,1 \mu F$
12.  $33\frac{1}{3} \mu F$

ADVANCE oscilloscoper:  
SC METRIC A/S  
Skodsborgvej 305  
2850 Nærum Tlf. (01) 80 42 00

HEATHKIT måleinstrumenter i byggesæt:  
SEMCO A/S  
Teknisk salg  
Park Allé 373  
2600 Glostrup Tlf. (01) 45 21 22

Transistortester ETG, JEMCO måle-  
instrumenter. Import og service:  
INSTRUTEX  
Houmannsgade 41  
8700 Horsens Tlf. (05) 62 71 77

NEVA elektronik demonstrationsudstyr,  
SF – elektronik:  
SØREN FREDRIKSEN  
6870 Ølgod Tlf. (05) 24 42 52.

S-DeC:  
RADIOLYTTERNES INDKØBS-  
CENTRAL  
Borgergade 18  
1300 København K Tlf. BY 3655

Komponenter til elektronik:  
Radioløsdele m.v. en gros (leverer til  
skoler):  
SUMAX A/S  
Billedskærervej 12  
5100 Odense Tlf. (09) 12 79 19  
Afdelinger i Esbjerg, Holstebro og Aal-  
borg. Nyt katalog over elektroniske kom-  
ponenter m. m. kan gratis rekvireres af  
skoler.

Radioløsdele, også enkelte stykker:  
AARHUS RADIO LAGER  
Jægergårdsgade 36  
8000 Aarhus C Tlf. (06) 12 62 44

Elektroniske tidsskrifter:  
„OZ“ Medlemsblad for Eksperimenterende  
danske radioamatører.

„Populær Radio og TV teknik“.

„Populær elektronik“.



# STIKORDSREGISTER

acryl 109, 120  
ampere 19  
amperemeter 21, 122  
astabil multivibrator 84, 104

Basis 74, 81  
basisspænding 75  
basisstrøm 77  
binære talsystem 90  
binær tæller 109  
bistabil multivibrator 87  
blinker 85  
blinklys 104  
brum 60  
brokoblet ensretter 60  
bukkemaskine 121

coax-kabel 115

diagram 11  
diode 52, 56  
drejekondensator 42  
dynamisk mikrofon 52

effekt 25  
elektrisk effekt 97  
elektrolyt 42, 76  
elektrolytkondensator 41  
emitter 74, 81  
emitterstrøm 77  
englewatt 97  
ensretter 56

F 41  
farad 41  
farvekode 27

ferriklorid 99  
flip-flop 109  
forstærker 92  
forvrængning 93, 95  
frekvens 48, 50

gennemgangsretning 52  
germanium 52, 68  
germaniumdiode 74  
glasfiberplade 98  
graetz-kobling 60

halvleder 52, 68  
hertz 50, 55  
 $h_{fe}$  93  
Hz 50  
højttaler 51

I 18  
 $I_B$  77  
 $I_C$  77  
 $I_E$  77  
 $I_F$  63  
 $I_R$  63  
 $I_Z$  65  
impuls 88  
isolator 18, 52, 69

jordet emitter 82  
jævnspænding 47  
jævnstrøm 47

k 19  
kV 19  
K 20  
kapacitet 40, 57

karakteristik 64  
keramiske kondensatorer 41  
Kollektor 74, 81  
kollektorstrøm 77  
kondensator 39, 57  
koordinatsystem 62  
kulfilmmodstande 28  
kulkornsmikrofon 50  
køleplader 114

LDR modstande 34  
leder 18, 52  
lederetning 62, 73  
loddekolbe 101  
lodning 101  
lyd 49

m 19  
mA 20  
mV 19  
M 20  
mikroampere 20  
mikroFarad 41  
milliampere 20  
modstand 18, 23  
modstandstyper 26  
modtakskobling 60  
musikwatt 97

N-krystal 72  
NPN-transistoren 79  
NTC modstande 32, 114

ohm 18  
ohmmeter 23, 123  
Ohms lov 19, 20  
oscilloscop 54, 122

pF 41  
parallelforbindelse 37, 45

periode 55  
pentinaxplade 98  
picoFarad 41  
P-krystal 71  
plexiglas 109, 120  
PN-krystallet 73  
PNP transistor 79  
polyesterkondensator 39  
potentiometer 29  
print 98  
printplade 98  
printspyd 114  
printtegning 98  
PTC modstande 33  
pulserende jævnstrøm 56

R 18, 20  
rekombination 70  
S-DeC 97, 123  
selen 52  
selenensretter 67  
serieforbindelse 16, 35, 36  
silicum 52, 68  
silicumdioden 74  
sinuskurve 55  
sinuswatt 97  
spidswatt 97  
spændingsdeler 31  
spændingsforskel 16, 18, 23, 55  
spærreretning 52, 62, 73  
strøm 21  
strømforstærkningsfaktor 93  
strømstyrke 17, 18, 19  
svingningstallet 50

termisk generation 70  
ti-tal systemet 90  
tolerancen 36  
tonegenerator 87, 104, 124  
to-tal systemet 90  
transformer 57



transistoren 74  
transistortester 124  
trimmekondensatorer 43  
trykt kredsløb 98  
trådviklede modstande 28  
tørelement 16, 17

U 18, 19

$\mu\text{A}$  20, 64

$\mu\text{F}$  41

$\mu\text{V}$  19

universalinstrumenter 123, 124

$V_F$  63, 65

$V_R$  63

$V_z$  65

VDR modstande 35

vekselspænding 48

vekselstrøm 48, 55

ventil 52

Vitrohmetret 28

volt 16

voltmeter 23

voltmetre 122

W 25

watt 25, 97

x-aksen 62

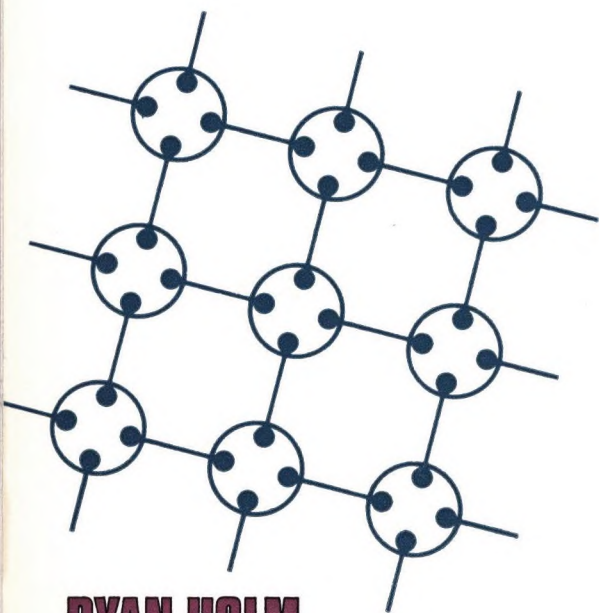
y-aksen 62

zenerdioder 64

zenereffekten 64







**RYAN HOLM**

# **ELEMENTÆR ELEKTRONIK**



ISBN 87 00 62111 0