



---

Side nr.	TEORIINSTRUKTIONER
----------	--------------------

---

1	Universalinstrument Unigor 3 p
5	Drejespoleinstrument
7	Drejespoleinstrument - Ventilinstrument - Universalinstrument
11	Universalinstrument - Principper
15	Blødtjernsinstrument
17	Måleinstrumenter - Instrumentmærkning og skala aflæsning
19	Universalmåleinstrument - Måleteknik
21	Oscilloskop
31	Ohms lov
35	Talbehandling
39	Præfikser
41	Serie- og parallelforbundne modstande
47	Spændingspolaritet
49	Spændingsformer
53	Nettransformator
55	Forstærkning og dB
59	Atomlære
61	Halvlederdiode
65	Enkeltensretter
69	Dobbeltensretter
71	Transistorer
77	AC-småsignalforstærker - Transistorens DC forhold
85	Akustik
89	El-teknik - Diagramsymboler
97	Det græske alfabet
99	Reaktans - Frekvenstavle
101	Standardrækker
103	Det dekadiske system
105	Modstande
109	Kondensatorer
111	Mærkning af kondensatorer
113	Spoler
115	Halvlederkomponenter

---

Side nr.	TEORIØVELSER
----------	--------------

---

119	Ohms lov - Strømmåling
123	Ohms lov - Spændingsmåling
125	Ohms lov - Modstandsmåling
127	Ohms lov
129	Spændingspolaritet
133	Effektmåling
135	Serie- og parallelforbundne modstande
139	Spændingsformer
141	Spole
145	Kondensator
149	Transformator



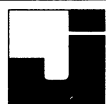
## Side nr.      TEORIØVELSER

151	Ensrettere
159	Karakteristikoptagelse - Transistor
161	Transistorforstærkertrin
165	Diagramsymboler
173	Farvekodning af kondensatorer

## Side nr.      TEORIOPGAVER

175	Aflæsning af Unigor 3 p
177	Universalinstrument
179	Overslagsregning
181	Præfikser
183	Ohms lov 1
185	Ohms lov 2
187	Ohms lov 3 - Serieforbundne modstande
189	Ohms lov 4 - Parallelforbundne modstande
191	Ohms lov 5 - Serie- og parallelforbundne modstande
193	Ohms lov 6 - Spændingsdelere og effektberegning
197	Serie- og parallelforbundne modstande
199	Forstærkning af dB
201	Farvekodning af modstande
203	Opgaveprint 1
205	Opgaveprint 2
207	Farvekode for kondensatorer
209	Opgaveprint 3





## DISPOSITION

1. Spændingsmåling
2. Strømmåling
3. Modstandsmåling

## 1. SPÆNDINGSMÅLING

### 1.1 AC - DC

Funktionsomskifteren (1) skal stilles i området  $\sim$  ved måling af vekselspænding.

Ved måling af jævnspænding stilles funktionsomskifteren i området  $-$ .

### 1.2 Område

Områdeomskifteren (2) stilles til et spændingsområde, der er større end det, der forventes brugt til målingen.

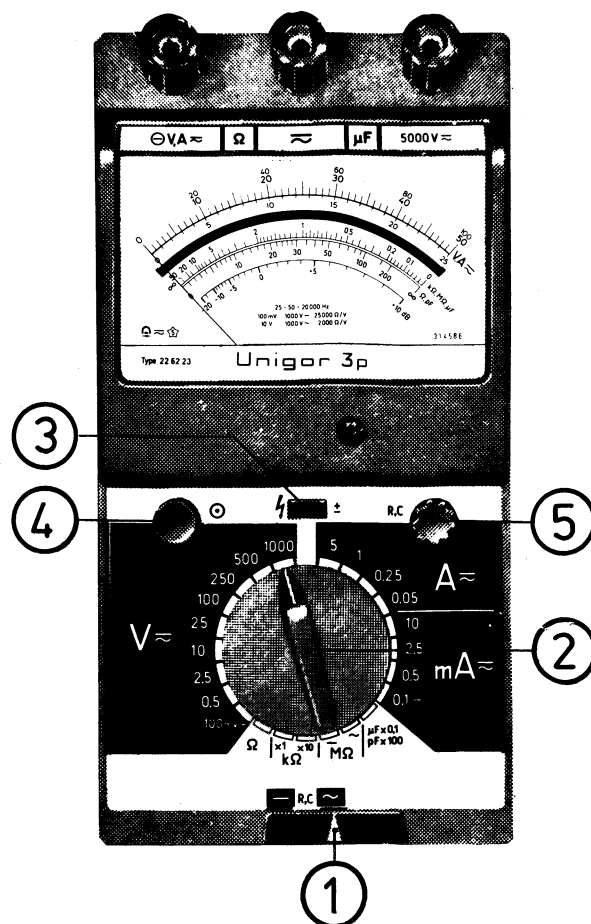
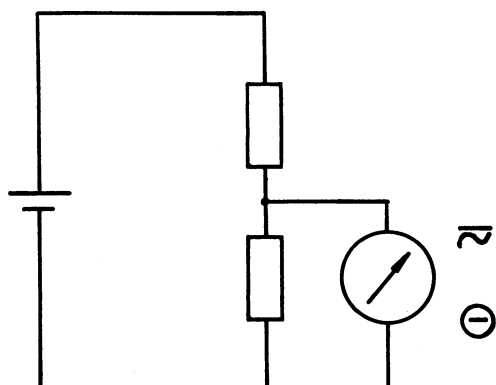
Når instrumentet er tilsluttet, stilles områdeomskifteren om nødvendigt til et mindre område.

Den største målenøjagtighed opnås, når viserens udslag ligger i skalaens højre tredjedel.

### 1.3 Tilslutning

Spændingen, der skal måles, tilsluttes mellem klemmerne  $\ominus$  og  $\sim$ .

Ved DC måling tilsluttes  $\sim$  det mest positive punkt.



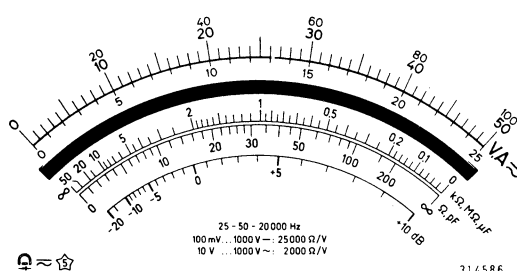
Hvis viserens slår bak, nedtrykkes knap 3, der er en polaritetsomskifter.

Den målte spænding er negativ i forhold til det, der er tilsluttet  $\ominus$ .

### 1.4 Aflæsning

Spændinger aflæses på skalaen over spejlet.

Skalaen er mærket med 25,50 og 100 ved fuldt udslag; disse cifre svarer til områdeomskifterens stillinger.



Viserinstrumentet aflæses med ét øje, således at knivviseren dækker sit eget spejlbillede.



## 1.5 Automatsikring

Sikringen (4) udløses, dersom instrumentet tilsluttes i et for lavt område eller står i et strømområde ved spændingsmåling.

Før automatsikring reaktiveres, skal en af måleledningerne fjernes, og områdeomskifteren stilles i korrekt område.

Derefter nedtrykkes automatsikringen, og måleledningerne kan tilsluttes igen.

## 2. STRØMMÅLING

### 2.1 AC - DC

Ved jævnstrømmåling stilles funktionsomskifteren (1) i stilling -.

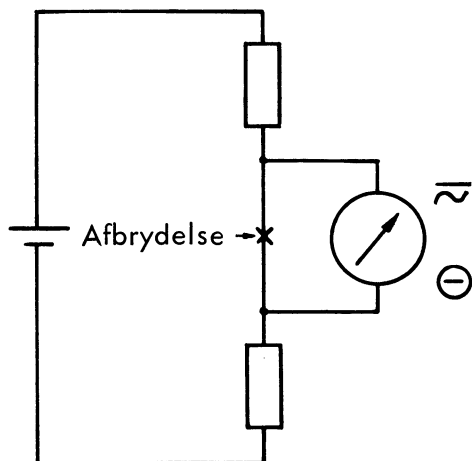
Ved vekselstrømmåling stilles omskifteren i stilling ~.

### 2.2 Område

Ved strømmåling stilles områdeomskifteren (2) i et strømområde større end det, der kan måle den forventede strøm.

### 2.3 Tilslutning

Kredsløbet, hvori man ønsker at måle strømmen, afbrydes, og instrumentet indskydes i serie med kredsløbet.



Klemmen mærket  $\ominus$  tilsluttes det mest negative punkt i kredsløbet.

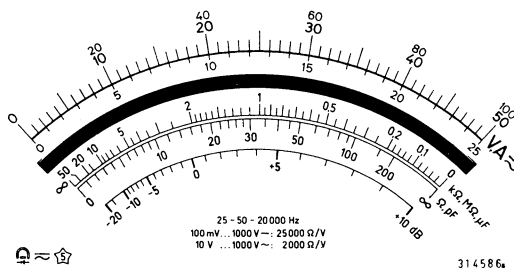
Klemmen  $\approx$  tilsluttes det mest positive punkt.

Dersom viseren slår bak, indtrykkes polaritetsomskifteren (3).

### 2.4 Aflæsning

Udslaget aflæses på skalaen over spejlet.

Skalaen er mærket med 25, 50 og 100 ved fuldt udslag; disse cifre svarer til områdeomskifterens stilling.



Skift om nødvendigt til et lavere område, således at udslaget bliver i den højre tredjedel af skalaen.

### 2.5 Automatsikring

Gennemløbes instrumentet af en for stor strøm, afbryder automatsikringen.

Instrumentet afbrydes fra kredsløbet, områdeomskifteren stilles i rette område, og sikringen reaktiveres.

Overskrides strømmen 6 A, afbrændes en sikring under bagpladen af instrumentet.



### 3. MODSTANDSMÅLING

#### 3.1 Små modstandsværdier

Ønsker man at måle en modstand på mellem 1 og 200 ohm, indstilles funktionsomskifteren i stilling R, C og områdeomskifteren i stilling  $\Omega$ .

En ledning med bananstik indtrykkes i bøsningen  $\Omega$ , og knap 5 justeres til fuldt udslag.

Modstanden måles mellem bøsningen  $\Omega$  og  $\ominus$ .

Modstandsværdien aflæses på skalaen  $\Omega$ , pF.

#### 3.2 Store modstandsværdier

Ved måling af store modstandsværdier stilles funktionsomskifteren i stilling R, C og områdeomskifteren i stilling  $\times 1$  - eller  $\times 10 k\Omega$ .

Bøsning  $\ominus$  og  $\approx$  kortsluttes, med knap 5 justeres til fuldt udslag.

Kortslutningen afbrydes, og den ukendte modstand anbringes mellem  $\ominus$  og  $\approx$ .

Udslaget aflæses på skala  $k\Omega$ .

Det kan være nødvendigt at skifte til et andet ohm område for at få udslaget til at være i den midterste del af skalaen, hvilket giver den største nøjagtighed.



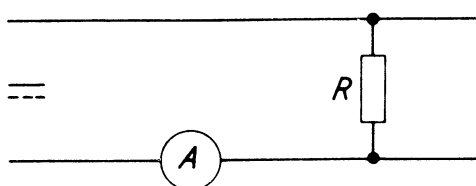
## DISPOSITION

1. Anvendelse
2. Opbygning
3. Virkemåde

## 1. ANVENDELSE

### 1.1 Strømart

- anvendes kun ved jævnstrøm
- klemmerne er derfor normalt mærket + og -



### 1.2 Målemuligheder

- instrumentet er konstrueret som voltmeter eller amperemeter

### 1.3 Fordele og ulemper

- instrumentet er et præcisions-instrument, men er ikke robust

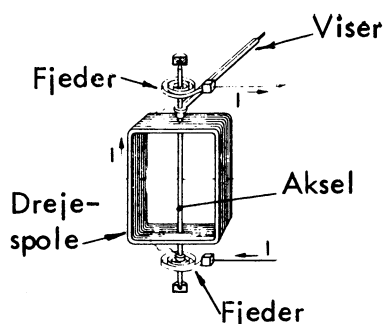
## 2. OPBYGNING

### 2.1 Drejespole

- spolen er den bevægelige del i instrumentet
- den er viklet med få vindinger af meget tynd tråd
- den er selvbærende eller viklet på en aluminiumsform og monteret på en aksel
- akslen er ophængt i pinollejer

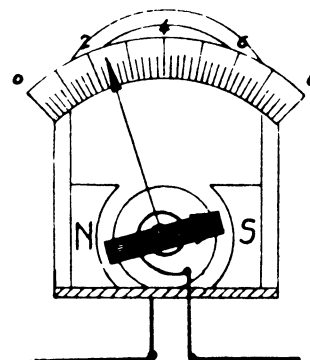
### 2.2 Viser

- viseren er fastgjort på akslen
- der er to spiralfjedere, som holder viseren i nulstilling
- strømmen går igennem fjedrene



### 2.3 Magnetfeltenhed

- består af en permanent magnets polsko
- i midten er der en fast cylindrisk jernkerne
- imellem jernkernen og polskoene er der et luftgab, hvori drejespolen er anbragt



### 2.4 Strømstyrke

- på grund af drejespolens tynde tråd kan instrumentet ikke tåle ret stærk strøm, f.eks. 0,15 A
- skal der foretages måling af en større strøm, f.eks. 15A, skal en del af strømmen ledes gennem en shuntmodstand uden om drejespolen; i dette tilfælde 14,85A eller  $\frac{99}{100}$  af strømmen
- er instrumentets egenmodstand 1 ohm, skal shunten have modstand  $\frac{1}{99}$  ohm
- ved transportable amperemetre er shunten indbygget i instrumenthuset
- ved amperemetre med flere måleområder findes der indbygget flere shunter til de forskellige måleområder

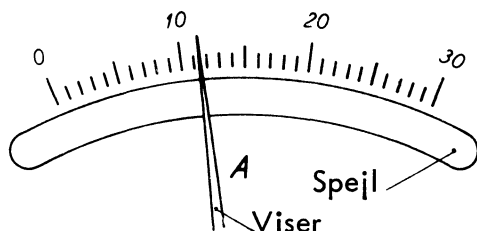
### 2.5 Hvirvelstrømsbremse

- består af den aluminiumsform, som drejespolen er viklet på

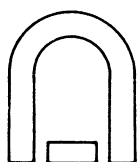


## 2.6 Skala

- skalaindelningen er lineær
- når drejespoleinstrumenter udføres som præcisionsinstrumenter, er de forsynet med spejlskala



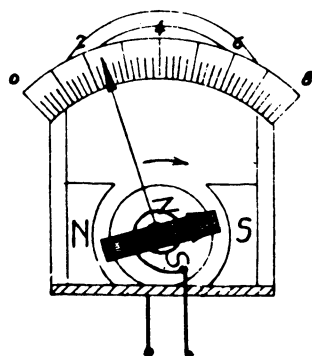
## 2.7 Signatur



## 3. VIRKEMÅDE

## 3.1 Magnetfelt

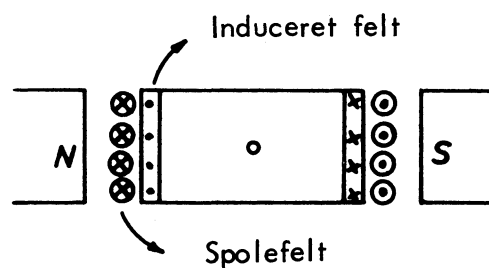
- når der sendes strøm gennem drejespolen, danner den et magnetfelt
- spolen virker som en elektromagnet og bliver påvirket af den permanente magnet og vil derfor dreje ud af magnetfeltet
- når spolen drejer, vil også akslen dreje, og viseren giver udslag



- viseren får modsat udslag, hvis plus og minus vendes på drejespolen, hvorfor instrumentet kun kan anvendes til jævnstrøm

## 3.2 Dæmpning af viserudslag

- opnås gennem spolens aluminiumsform, der vil virke som en kortsluttet vinding anbragt i magnetfeltet
- hurtige viserbevægelser inducerer en strøm i aluminiumsrammen
- strømmen frembringer et felt
- det inducerede felt er modsat rettet spolefeltet og svækker dette og bremser dermed viserudslaget





## DISPOSITION

1. Anvendelse
2. Opbygning og virkemåde
3. Betjening af universalinstrument

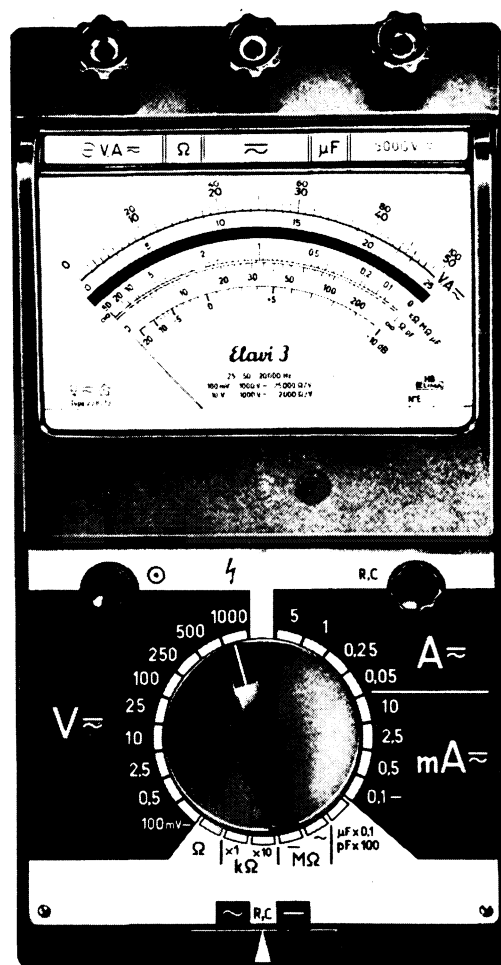
### 1. ANVENDELSE

#### 1.1 Strømart

- drejespoleinstrumentet kan kun måle med jævnstrøm på drejespolen
- når drejespoleinstrumentet forsynes med ensretterventiler, der ensretter målestrømmen, kan det anvendes til måling med vekselstrøm
- et drejespoleinstrument med ensretterventiler kaldes et ventilinstrument
- ventilinstrumentet kan anvendes til jævn- og vekselstrøm

#### 1.2 Målemuligheder

- ventilinstrumentet kan udbygges med shunte og formodstande, der gør det mere anvendeligt til forskellige målinger, hvorfor det også kaldes et universalinstrument
- universalinstrumentet kan måle jævn- og vekselspænding, jævn- og vekselstrøm, modstand og kapacitet
- instrumentet kan forsynes med tilbehør til lys- og temperaturmåling



## 2. OPBYGNING OG VIRKEMÅDE

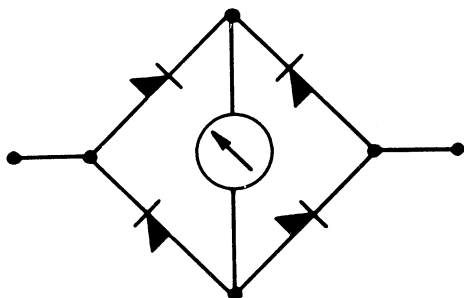
### 2.1 Ensretter

- ensretteren har 2 tilledninger (terminaler), en anode, som er plus og en katode, som er minus
- ensretteren spærre for strømmen, når plus forbindes til katoden (minus) og leder strømmen, når plus forbindes til anoden (plus)

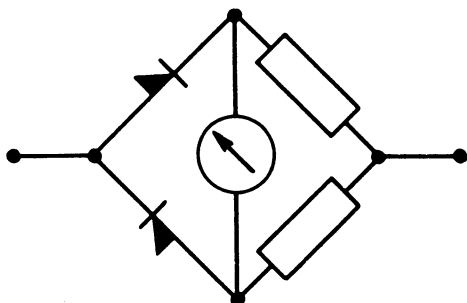


## 2.2 Graetz-kobling

- er en meget anvendt metode til dobbelt ensretning, men har den ulempe, at der altid er to ventiler i serie i gennemgangsretningen



- for at nedsætte det store spændingsfald over ventilerne og mindske temperaturafhængigheden, bruges undertiden en halv Graetz-kobling



## 2.3 Beskyttelse mod overbelastning

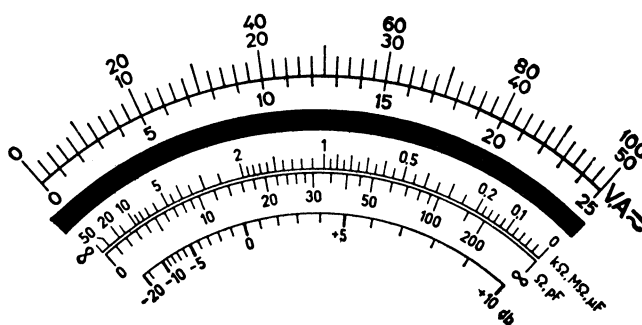
- til beskyttelse af instrumentet kan der være indbygget smeltesikring og momentudløsning
- nogle instrumenter har overspændingsleder for ensretterkoblingen, så ventilerne ikke ødelægges af spændingsspidser
- ved spændingsmåling på følgende kredsløb som f.eks. rør og transistorer bør der anvendes instrumenter med stor indre modstand

## 2.4 Omskifterkontakt

- instrumentet er forsynet med en omskifterkontakt, som i forbindelse med tilslutningsklemmerne udvælger det ønskede område og måleværdi

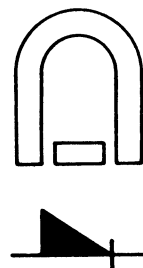
## 2.5 Skala

- instrumentet er forsynet med skala for jævnstrøm eller vekselstrøm eller med fælles skala for jævn- og vekselstrøm



- viserudslaget er proportionalt med den ensrettede vekselstrøms middelværdi
- skalaen er justeret, så den ved sinusformet vekselstrøm viser  $1,11 \times$  middelværdi = effektiv værdi
- anvendes instrumentet til måling af vekselstrømme og spændinger, der ikke er sinusformede, vil udslaget ikke vise korrekt effektiv værdi

## 2.6 Signatur





### 3. BETJENING AF UNIVERSAL- INSTRUMENT

#### 3.1 Indstilling

- før instrumentet anvendes, skal det indstilles til korrekt måleområde
- måleværdien vælges rigelig stor og nedtrappes derefter, til viseren giver et rimelig stort udslag
- omskifterkontakten må på nogle instrumenter ikke skiftes mellem værdierne, når instrumentet er tilsluttet
- instrumentets tilslutningsmuligheder er ofte vist på bagsiden med diagrameksempler
- når instrumentet ikke bruges, stilles omskifteren på nul eller på højeste spændingsområde



## DISPOSITION

1. Voltmetret
2. Amperemetret
3. Ohmmetret

### 1. VOLTMETRET

#### 1.1 Drejespole

Spolen bevæges til fuldt udslag ved få mV og en strøm på 5 til 20  $\mu\text{A}$ .

Ved større måleområder må spolen beskyttes af shunte og formodstande.

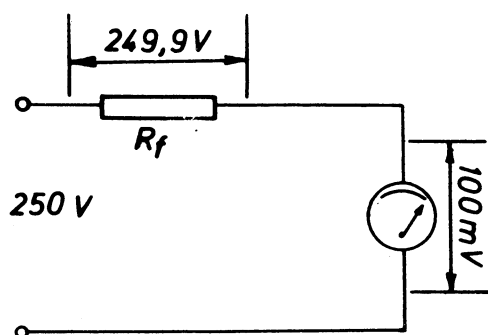
#### 1.2 Formodstande

Modstandene forbindes i serie med instrumentet og optager overskydende spændingsfald.

Eksempel:

En drejespole med fuldt udslag ved 100 mV skal måle 250 V.

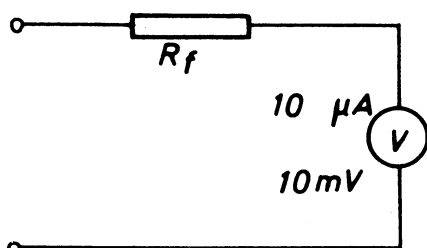
Formodstanden skal optage 249,9 V.



#### 1.3 Beregning af formodstand

Eksempel:

Drejespole med fuldt udslag ved 10 mV og 10  $\mu\text{A}$ .



$R_i$  beregnes:

$$R_i = \frac{U_i}{I_i} = \frac{10 \text{ mV}}{10 \mu\text{A}} = 1000 \text{ ohm}$$

$R$  beregnes:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{100 \text{ V}}{10 \mu\text{A}} = 10 \text{ Mohm}$$

$R_f$  beregnes:

$$R_f = R - R_i = 10 - 0,1 = 9,9 \text{ Mohm}$$

#### 1.4 Instrumentskala

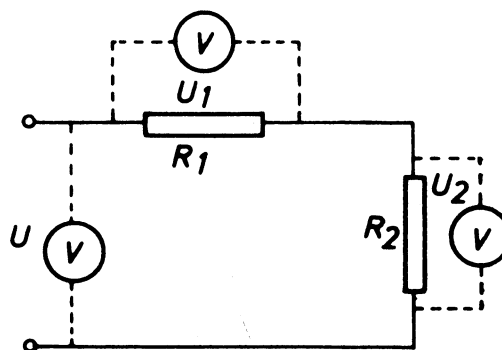
Skalaen er inddelt i skalastreger, der er gradueret til måleværdien.

Skalaen kan have flere måleområder, når instrumentet forsynes med flere formodstande.



#### 1.5 Anvendelse og tilslutning

Voltmetret måler den elektromotoriske kraft mellem to punkter og forbindes mellem de punkter, hvor imellem man ønsker at kende spændingen.





## 2. AMPEREMETRET

### 2.1 Anvendelse

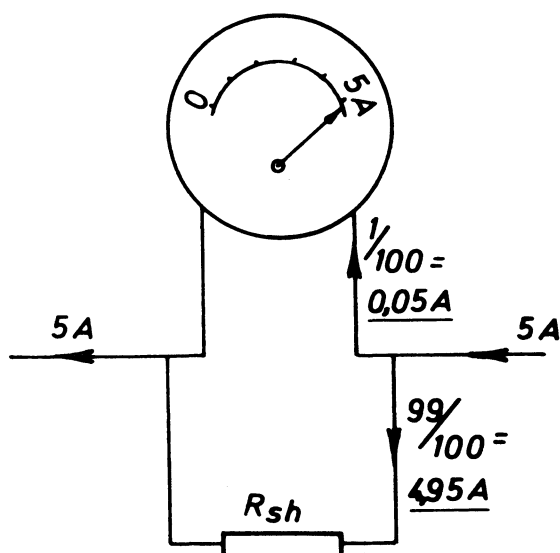
Amperemetret anvendes til måling af strøm og forbindes i serie med det forbrug, man ønsker at måle.

Instrumentet beskyttes af en shunt, der bærer f.eks. 99/100 af forbrugsstrømmen.

### 2.2 Instrumentskala

Skalaen gradueres til at vise 100/100 og indikerer den samlede strøm i kredsløbet.

Eksempel:



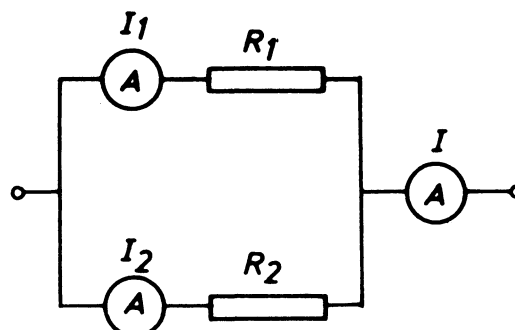
### 2.3 Tilslutning

Ved måling forbindes amperemetret i serieforbindelse.

Instrument med shunt har meget lille indre modstand og ødelægges, hvis det f.eks. forbindes som voltmeter.

Eksempel:

Amperemeterforbindelse for måling af  $I$ ,  $I_1$  og  $I_2$ .



### 2.4 Shuntberegning

Beregning af parallelle modstande.

Eksempel:

Et drejespoleinstrument med en indre modstand på 1 ohm giver fuldt udslag ved en strøm på 1 mA. Instrumentet skal måle 5 A.

Shuntstrømmen beregnes:

$$I_{sh} = I - I_i = 5 - 0,001 =$$

$$\underline{4,999 \text{ A}}$$

Spændingen over parallelforbindelsen beregnes:

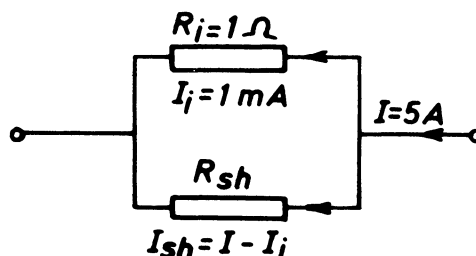
$$U = R_i \times I_i = 1 \times 0,001 =$$

$$\underline{0,001 \text{ V}}$$

Shuntmodstanden beregnes:

$$R_{sh} = \frac{U}{I_{sh}} = \frac{0,001}{4,999} = \frac{1}{4999} =$$

$$\underline{0,0002 \text{ ohm}}$$





### 3. OHMMETRET

#### 3.1 Drejespoleinstrument

Anvendes som instrument i mange forskellige måleinstrumenter, f.eks. voltmetre, amperemetre, wattmetre og ohmmetre.

#### 3.2 Ohmmeter

Instrumentet anvendes til modstandsmåling og findes i flere typer afhængig af de forskellige krav til nøjagtighed.

En simpel type er ohmmetret i et universalinstrument.

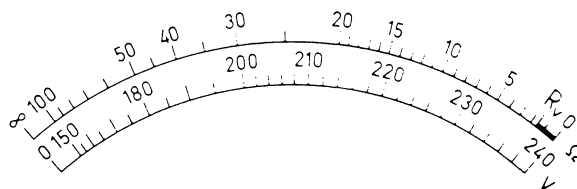
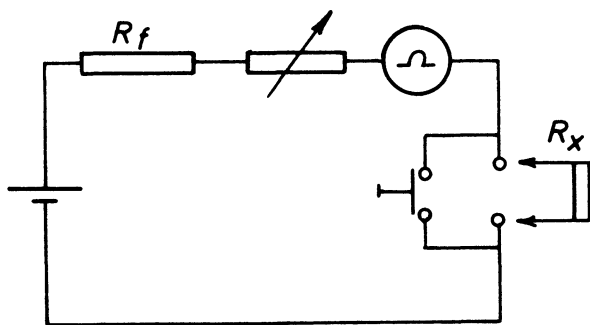
#### 3.3 Virkemåden

Drejespolen er serieforbundet med et element, en formodstand og en justermodstand. Sluttekontakten aktiveres, og viseren justeres til fuldt udslag med justermodstanden.

En ukendt modstand  $R_x$  forbindes til indgangen.

Når  $R_x$  er i serie, bliver viserudslaget mindre.

Skalaen er med prøvemodstande gradueret i ohm, værdien for  $R_x$  kan aflæses.





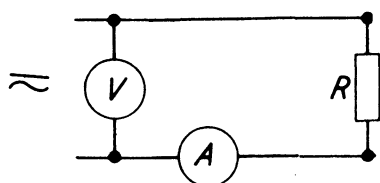
## DISPOSITION

1. Anvendelse
2. Opbygning
3. Virkemåde

## 1. ANVENDELSE

### 1.1 Strømart

- anvendes ved både jævn- og vekselstrøm



### 1.2 Målemuligheder

- instrumentet er konstrueret som amperemeter eller voltmeter
- som amperemeter kan det anvendes i forbindelse med shunt
- voltmeteret adskiller sig kun fra amperemeter ved, at det har større modstand for at begrænse effektforbruget
- instrumentets spole kan forsynes med udtag til flere måleområder

### 1.3 Effektforbrug

- ca. 1 watt og kan kun anvendes ved lavere frekvenser

### 1.4 Fordele og ulemper

- instrumentet er robust og billigt
- normalt er det ikke nøjagtigt og kan vise et par procent forkert, men det har sjældent betydning i praksis

## 2. OPBYGNING

### 2.1 Spole

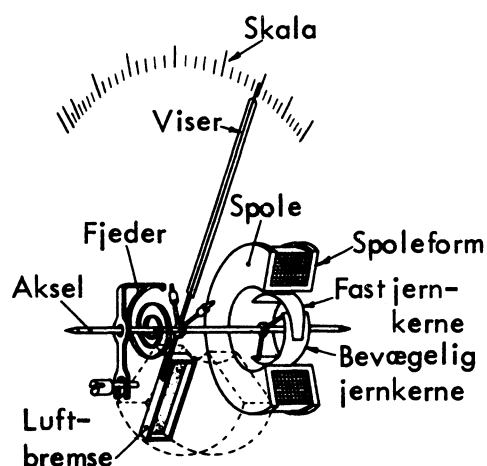
- instrumentet har en faststående spole
- spolen er opkørt på en spoleform
- inde i spoleformen er monteret et fastsiddende stykke blødt jern

### 2.2 Viser

- viseren er monteret på en aksel med spiralfjeder for tilbageføring
- på akslen er monteret et stykke blødtjern over for jernet i spolen

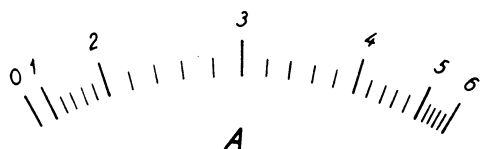
### 2.3 Luftbremse

- er monteret på akslen



## 2.4 Skala

- i simple instrumenter er skala-inddelingerne meget små i den nederste del af skalaen, fordi skalaudslaget er kvadratisk
- ved at give den faste jernkerne en bestemt form, kan der opnås en næsten lineær skala-inddeling, d.v.s. en jævnt stigende inddeling
- der kan også opnås skala-inddelinger, der er størst på midten af skalaen, hvilket anvendes ved såkaldte start-ampere-metre, som monteres fast foran større motorer; her kan motorens normale strøm aflæses og alligevel kan man aflæse det største strømstød under starten



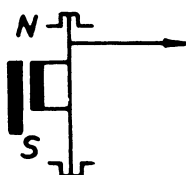
## 2.5 Signatur



## 3. VIRKEMÅDE

### 3.1 Magnetfelt

- når der sendes strøm gennem spolen, magnetiseres de to jernkerner i samme retning, d.v.s. der opstår ens poler
- da ens poler frastøder hinanden, vil den bevægelige kerne blive frastødt, så viserakslen drejer, og viseren giver udslag



- vendes strømmen gennem spolen, magnetiseres de to jernkerner med modsat pol, men stadig med ens poler og vil derfor stadig frastøde hinanden, hvilket betyder, at viserens udslag er uafhængig af strømretningen
- spiralfjederen, der søger at holde i nulstilling, bliver spændt på grund af akslens bevægelse
- jo større strømmen er, jo stærkere vil magnetiseringen være, og jo større vil viserudslaget blive

### 3.2 Dæmpning af viserudslag

- på udampe instrumenter bevæger viseren sig længe omkring måleværdien
- luftbremsen, der virker som et stempel i et lukket luftpumpehus, dæmper viserens bevægelser, så viseren kommer hurtigt i ro

### 3.3 Viserudslagets størrelse

- antallet af amperevindinger i spolen er afgørende for instrumentets største udslag
- et instrument til måling af små strømme har derfor en spole med mange tynde vindinger
- et instrument til måling af store strømme har en spole med få og tykke vindinger



## DISPOSITION

1. Instrumentmærkning
2. Skalaaflysning

- vandret stilling



## 1. INSTRUMENTMÆRKNING

### 1.1 Klasseinddeling

- regler for instrumenters godkendelse til DS-mærkning er angivet i de danske standardblade DS 193 og 194
- instrumenterne inddeles i klasser efter deres målnøjagtighed
- efter DS inddeles instrumenterne i fem klasser: 0,2-0,5-1,0-1,5 og 2,5
- der fremstilles instrumenter med større nøjagtighed end klasse 0,2
- klassetallet angiver fejlvisningen i % af fuldt udslag over hele skalaen
- klassetallet angives ved mærkning på instrumentets forplade

- skrå stilling



### 1.2 Eksempel på voltmeter i klasse 1,0

- er målingen ved fuldt udslag 250 V, er fejlvisningen maksimalt  $\pm 1,0\%$  af 250 =  $\pm 2,5$ V

### 1.3 Instrumenttype

- angives på instrumentskalaen med signaturer efter DS 194

### 1.4 Brugsstilling

- er den stilling, instrumentet er i, når målingen foretages
- rigtig brugsstilling er nødvendig for at opnå rigtig målnøjagtighed
- brugsstillingen er angivet med signaturer på skalaen
- lodret stilling



### 1.5 Andre mærkninger

- for at bære DS-mærket skal et instrument foruden klasse, instrumenttype og brugsstilling have følgende mærkning:  
Måleenhed, f.eks. mA eller kV  
Strømart, d.v.s. jævnspænding (DC) eller vekselspænding (AC) eller universal  
Prøvespænding

### 1.6 Instruments indre modstand

- har især betydning for voltmetre, hvorfor de ofte karakteriseres ved, hvor mange ohms modstand pr. volt det har
- dette betyder modstanden mellem klemmerne divideret med den spænding, der giver fuldt udslag
- indstilles f.eks. et voltmeter, der er mærket  $2000 \Omega/V$  på 20 V-området, er instrumentets indre modstand  
 $R_i = 2000 \cdot 20 = 40\ 000 \Omega$

## 2. SKALAAFLÆSNING

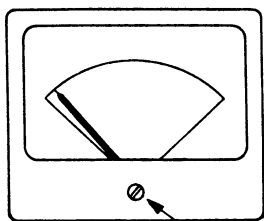
### 2.1 Fejlkilder ved aflæsning

- nulpunkt ikke justeret
- instrumentets fejlvisning
- parallaksefejl



## 2.2 Nulpunktsindstilling

- inden der sættes spænding på et instrument, kontrolleres viserens stilling i forhold til nulpunkt
- ved evt. afvigelse fra nulpunkt indstilles viserens med stor forsigtighed med justeringsskruen



Justeringskrue

## 2.3 Fejlvisning

- instrumentets klasseinddelings-tal angiver fejlvisningen i % af fuldt udslag
- for måleinstrumenter med flere områder nedsættes fejlvisningens indvirkning på måleresultatet ved at anvende det område, der giver størst muligt udslag

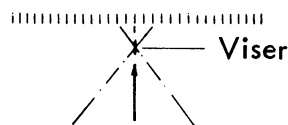
## 2.4 Eksempel på anvendelse af stort og lille måleområde

- instrument klasse 1,5 og strøm-område 10-1-0,5-0,05A
- instrumentet er indstillet først til højeste område 10A for at undgå overbelastning
- udslags størrelse kontrolleres til 0,8A
- procentvis fejl ved område 10A er 1,5% af 10A = 0,15A og fejl i % ved udslag på 0,8A er
 
$$\frac{0,15 \cdot 100}{0,8} = 18,75\%$$
- herefter skiftes til område 1A
- procentvis fejl ved område 1A er 1,5% af 1A = 0,015A og fejl i % ved udslag på 0,8A er
 
$$\frac{0,015 \cdot 100}{0,8} = 1,875\%$$

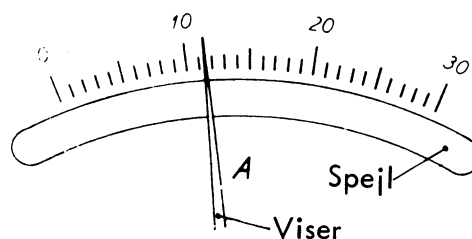
- måling i det mindre område vil i praksis give et lidt ændret og mere nøjagtigt udslag, end aflæsningen viser ved det store område

## 2.5 Parallaxsejlf

- der vil forekomme parallaxsejlf ved instrumenter med stor afstand mellem viser og skala og ved at aflæse viserens stilling skråt fra venstre eller højre
- parallaxsejlf er en vinkelforskydning mellem den korrekte synsline, der er vinkelret fra viser ind på skalaen og den aflæste værdi



- instrumenter skal altid aflæses vinkelret ind på skalaen og med en nøjagtighed, der er i et rimelig forhold til klasseinddelingen af instrumentet
- præcisionsinstrumenter er forsynet med spejlskala og knivviser, og aflæser man instrumentet med et øje, er aflæsningen nøjagtig, når viserens dækker sit spejlbillede (parallaxsejlfri)





## DISPOSITION

1. Generelt
2. Strøm- og spændingsmåling
3. Beregningseksempler

### 1. GENERELT

#### 1.1 Målinger

Målinger påvirkes af måleinstrumentets indre modstand og kan foretages med god nøjagtighed ved korrekt valg af instrument og forbindelsesmetode.

#### 1.2 Instrumentmodstand

Modstanden afhænger af instrumenttype og måleområde.

Modstand bør for amperemetre være lille; kan aflæses i instrumentets brugsanvisning som et spændingsfald ved et givet måleområde.

Modstanden bør for voltmetre være stor; kan beregnes ud fra ohm/volt mærkningen.

Eksempel:

Et instrument er mærket  
5000 ohm/volt.

Ved 10 volt området er modstanden

$$10 \times 5000 = \underline{50000 \text{ ohm}}.$$

Ved 50 volt området er modstanden

$$50 \times 5000 = \underline{250000 \text{ ohm}}.$$

## 2. STRØM- OG SPÆNDINGS-

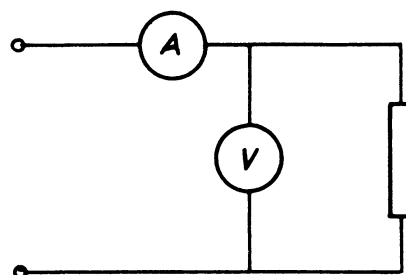
### MÅLING

#### 2.1 Rigtig spændingsmåling

Målingen anvendes ved målinger på små modstande.

Voltmetrets lille strømforbrug påvirker ikke amperemetret.

Amperemetrets lave modstand påvirker ikke voltmetret.

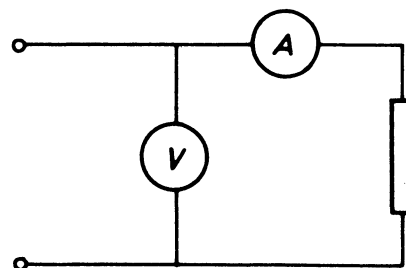


#### 2.2 Rigtig strømmåling

Målingen anvendes ved målinger på store modstande.

Amperemetret påvirkes ikke af voltmetrets strømforbrug.

Voltmetret påvirkes ikke af amperemetrets lille spændingsfald.



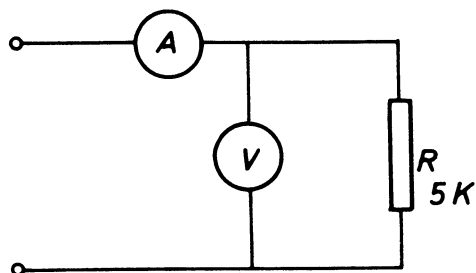
### 3. BEREGNINGSEKSEMPLER

#### 3.1 Beregning af modstand ved strøm og spændingsmåling

Voltmetret  $R_i = 10000 \text{ ohm}$ .

Amperemetret  $R_i = 0,1 \text{ ohm}$ .

#### 3.2 Rigtig spændingsmåling



U aflæses til 220 V.

I aflæses til 0,065 A.

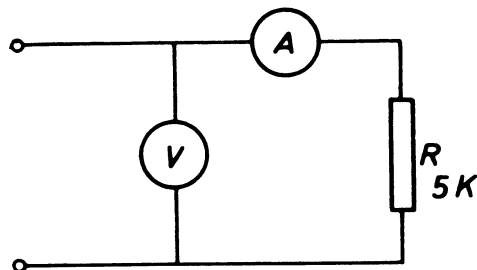
R beregnes til:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,065} = \underline{3334 \text{ ohm}}.$$

Resultatet er forkert.

Amperemetret måler også voltmetrets forbrug, der i dette eksempel er 50% af forbrugsstrømmen.

#### 3.3 Rigtig strømmåling



U aflæses til 220 V.

I aflæses til 0,044 A.

R beregnes til:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{220}{0,044} = \underline{5000 \text{ ohm}}.$$

Resultatet er rigtigt.

Amperemetret måler kun forbrugsstrømmen.

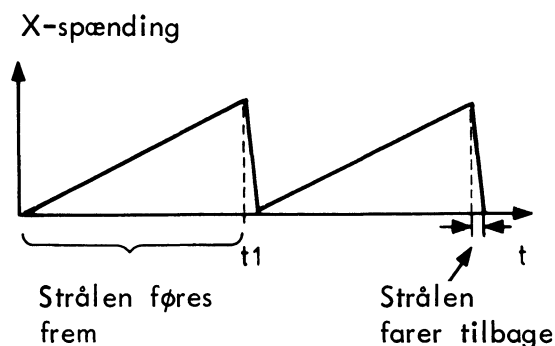
Amperemetrets egen modstand er ubetydelig i forhold til belastningsmodstanden.

#### 3.4 Ved små belastningsmodstande

Et tilsvarende eksempel havde her vist, at rigtig spændingsmåling giver det mest korrekte resultat.



Når pletten når højre side af skærmen, tiden  $t_1$ , falder spændingen hurtigt, og forløbet starter forfra i venstre side.



Savtakspændingen, der kaldes oscilloskopets sweep- eller kipspænding, leveres af en indbygget generator.

Ved at ændre sweepspændingens frekvens, kan pletten bevæge sig hurtigere eller langsommere hen over skærmen.

Når bevægelsen er hurtig, vil det opfattes som om, der dannes en vandret streg på skærmen.

Lægges der samtidig en vekselspænding på Y-pladerne, vil pletten også blive afbøjet lodret, svarende til den øjeblikkelige størrelse af Y-spændingen.

Herved dannes et billede af, hvordan Y-spændingen ændrer sig i tiden, altså af kurveformen.

### 1.3 Y-indgang

Indgangen for Y-spændingen indrettes på samme måde som indgangen i et rør/FET voltmeter.

Ved almindelige oscilloskoper er  $Z_i = 1 \text{ M}\Omega$  i parallel med 30 til 50 pF.

Y-forstærkerens båndbredde skal, på et rimeligt godt oscilloskop, være mindst 10 MHz.

### 1.4 Indgangsattenuator og sweepgenerator

Indgangsattenuatoren og sweepgeneratoren er kalibrerede dvs. knapperne på instrumentets forside angiver for hver stilling dels, hvor mange volt der svarer til en flytning på en cm i Y-aksens retning og dels, hvor lang tid det tager for strålen at bevæge sig 1 cm i X-retningen.

Ved hjælp af disse angivelser kan oscilloskopet anvendes til spændingsmåling både af DC, AC, spidsværdi og til grovere frekvensmåling.

På de fleste oscilloskoper kan sweepgeneratoren kobles fra, og der kan da ude fra lægges en spænding på X-pladerne via en indbygget X-forstærker.

### 1.5 Dobbeltstrålet oscilloskop

Ofte er oscilloskoperne udformet som dobbeltstråle-oscilloskoper.

I et sådant oscilloskop indeholder katodestrålerøret to elektrodesystemer, dvs. der er to elektronstråler til rådighed i samme rør og dermed mulighed for at frembringe to kurver på en gang.

De to elektronstråler afbøjes med samme hastighed af X-generatoren, som er fælles for de to stråler.

Derimod findes der to fuldstændig ens Y-forstærkere med hver sin Y-attenuator og hver sit Y-pladesæt.

De to Y-sektioner benævnes ofte henholdsvis A og B sektionen, og man taler om A og B stråler.

Triggerimpulserne, som anvendes til styring af den fælles X-generator, kan via en omskifter vælges fra enten A eller B sektionens Y-forstærker.



## 2. MINIMUMSDATA

### 2.1 Dobbeltstråle

### 2.2 Skærmstørrelse

8 cm x 6 cm med variabel belysning.

### 2.3 Kanaldata

Følsomhed: 5 mV/cm - 20 V/cm

Båndbredde:

DC 2 MHz/5 mV/cm

10 MHz/20 mV/cm

AC 2 Hz til 15 MHz

Indgangsimpedans:

1 M $\Omega$  30 pF < 50 pF.

### 2.4 Trigger

Billed, linie og HF.

Intern Y 1.

Intern Y 2.

Ekstern.

Netsynk.

### 2.5 Levelkontrol

Manuel.

Automatisk.

### 2.6 Ekstern X

### 2.7 X - Y tolerancer

Y-afbøjning  $\pm 5\%$

Timebase  $\pm 5\%$

X - Y  $\pm 5\%$

### 2.8 Probe

Justerbar 1:10 probe.

## 3.2 Valg af indgangsspænding

Spændingsvælgeren er normalt udført som en omskifter, der dækker et antal områder, f.eks. 20 mV til 50 V pr. delestreg.

Det betyder, at med vælgeren i stilling 1 V vil en vekselspænding på 1 V spids til spids (ss) i højde ligge mellem to delestreger på skærmen.

Afstanden mellem de to delestreger er normalt 1 cm, men kan være mindre.

Oscilloskopets indgang, Y bøsningen, bør aldrig sluttet til målepunktet gennem en almindelig ledning, da kurveformen derved påvirkes af ydre felter og forøget belastning.

Brug altid en original måleprobe, der har et specielt kabel med en høj impedans, samt indbygget korrektion for indgangskapaciteten.

En måleprobe nedsætter almindeligvis følsomheden i forholdet 1:10, og spændingsvælgerens tal skal derfor ganges med 10.

### Aflæsning på spændingsvælger

0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	v/ Delestreg
0.2	0.5	1	2	5	10	20	50	100	200	500	v/ Delestreg

Aflæsning i praksis med måleprobe 1:10

## 3. OSCILLOSKOPETS BETJENING

### 3.1 Vigtigste indstillinger på oscilloskop

Valg af indgangsspænding, Y-forstærker.

Valg af tidsenhed, X-frekvens.

Valg af synkronisering.

På mange nyere oscilloskoper findes en omskifter, x 1 til x 10.

Stilling x 1 er den normale, og her kan behandles det maksimale frekvensområde, op til 6 til 10 MHz.

I stilling x 10 sættes forstærkningen 10 gange op, og man indvinder det, man normalt taber i måleproben, så spændingsvælgeren passer. Til gengæld begrænses frekvensområdet til 1 til 2 MHz.

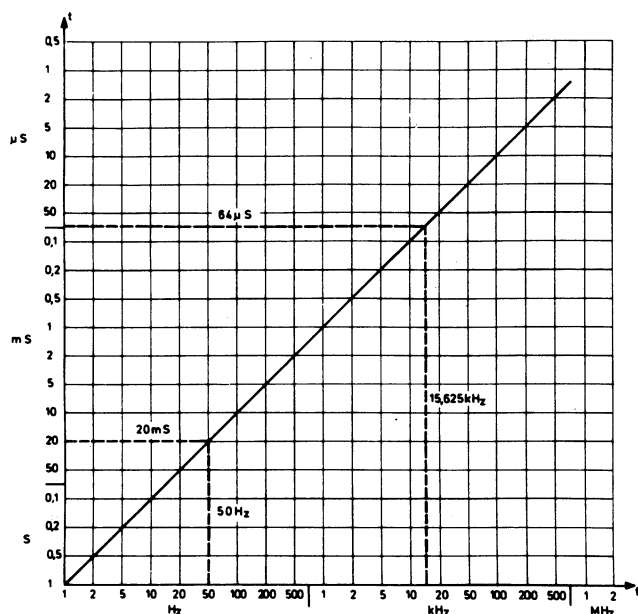


### 3.3 Valg af tidsenhed

Tidsvælgeren er normalt udført som en omskifter, der f.eks. kan dække områderne  $0,5 \mu\text{s}$  til  $0,5 \text{ s}$  pr. delestreg.

Det er kipgeneratorens frekvens, der varierer, men i stedet for at angive frekvensen benyttes tidsenheden, altså varigheden af den vekselspændingskurve eller det udsnit af et kurveforløb, man ønsker at betragte.

Den viste skala giver en sammenligning mellem tidsmåling og frekvens. To kendte størrelser fra TV, vertikal og horisontal frekvens, er indtegnet som eksempler.



Frekvensen kan beregnes ud fra kendskabet til periodetiden:

Frekvensen (Hz) =

$$\frac{1}{\text{periodetiden (sek.)}}$$

Dersom en svingning skal brede sig over to eller flere delestreger, drejes tidsvælgeren til et lavere tal, og ønskes der omvendt flere svingninger pr. delestreg, drejes tidsvælgeren til et højere tal.

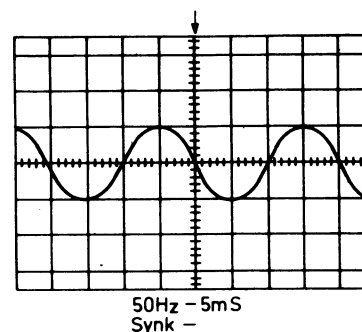
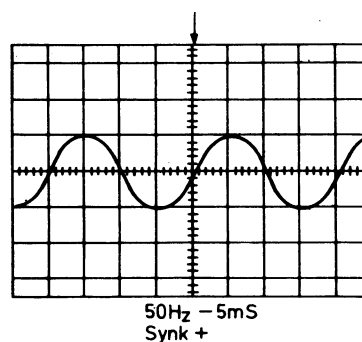
Bemærk, at der oftest er variable indstillinger for både indgangsspænding (Y-forstærker) og tidsenhed (X-frekvens). Disse justeres først korrekt ved hjælp af de indbyggede kalibreringsmuligheder.

### 3.4 Valg af synkronisering

Det er ikke nok, at den valgte tidsenhed passer nogenlunde; et synkroniseringskredsløb sørger for, at der sker en fastlåsning til det indkomne signals frekvens.

Valget af synkronisering er i sin enkleste form at bestemme, om man ønsker fastlåsning til en positivt gående del af kurven (+), eller til en negativt gående (-).

Herunder ses to eksempler, hvor der er valgt henholdsvis + synk. og - synk.

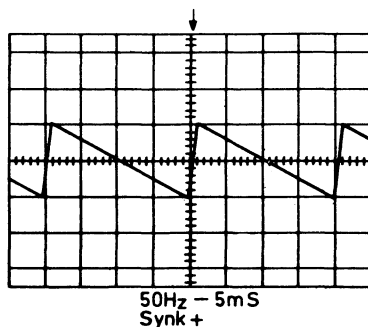




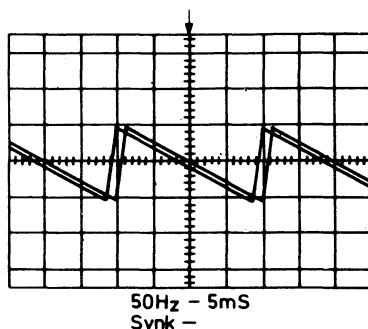
Signalfrekvensen er 50 Hz, og for at få to perioder med på skærmen er tidsenheden stillet til 5 mS. Da det er en sinusformet spænding, er det egentlig ligegyldigt, om man vælger + eller -.

Ved måling af savtandkurver har det større betydning at vælge rigtigt, da et forkert valg vil give en dårligere låsning, fordi synkroniseringen da sker på en skrå del af kurven.

Rigtigt



Forkert



Foruden + og - indstilling kan oscilloskopet have tilslutning for udvendig synkronisering, manuel trigger level indstilling, automatisk slukning af lysstrålen uden for fangområdet samt mulighed for "båndspredning" af en del af kurven.

Disse mere specielle funktioner er nærmere omtalt i den instruktionsbog, der følger med et oscilloskop.

Eventuelt vil der være anført, hvordan betjeningsknapperne stilles som udgangspunkt: I midten, helt til venstre, helt til højre, i AUTO osv.

I første omgang gælder det om at blive fortrolig med de grundlæggende funktioner og opnå en vis rutine i at bedømme, hvordan et oscillogram bør se ud, hvad enten det er et LF-signal i en radio eller et impulssignal i en TV-modtager.

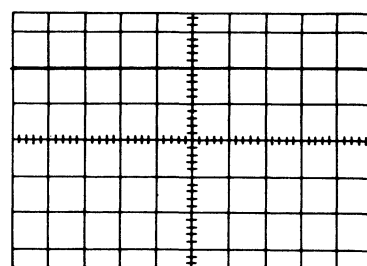
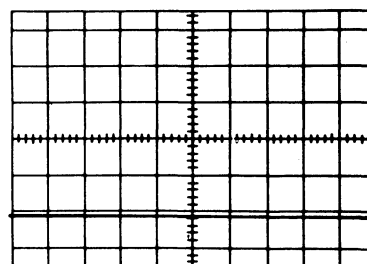
#### 4. MÅLETEKNIK

##### 4.1 Ren DC-måling

Et oscilloskop er særdeles velegnet til målinger af DC spændinger. Ved at stille omskifteren DC-0-AC på DC kan man måle  $\pm$  DC på et ønsket punkt, uden at skifte til rørvoltmeter eller universalinstrument.

Positive spændinger vil bevæge strålen opad, og man kan derefter aflæse antal delestreger  $\times$  markering på omskifter (volt/delestreg).

For negative spændingers vedkommende vil strålen bevæge sig nedad.

DC måling, 1V/delestreg  
+ 2 VoltDC måling, 1V/delestreg  
-2V



Ved hurtige variationer af en DC spænding kan variationen måske ikke ses på et rørvoltmeter, idet dets reaktionstid ofte er for stor (størrelsesorden 100 mS), men med oscilloskopet kan en eventuel variation konstateres og tidsmåles.

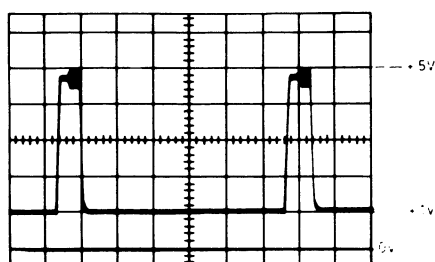
#### 4.2 Kontrol af kurver i DC stilling

Når oscilloskopet anvendes i AC stilling til kontrol af vekselspændinger eller impulslignende kurver, giver det oplysninger om deres spids til værdi, frekvens og udseende. Gøres det samme i DC stilling, får man yderligere oplyst, hvilket DC niveau vekselspændingen går ud fra. Det kan være 0, stelpotentiale, eller det kan være en positiv eller negativ spænding på en transistorterminal.

En kurve vil da ikke svinge lige meget ud fra midterlinien, men vil også bevæge sig op eller ned, henholdsvis i positiv eller negativ retning, og det kan da blive nødvendigt, for stadig at have "plads" til kurven, at følge efter Y forskydningen.

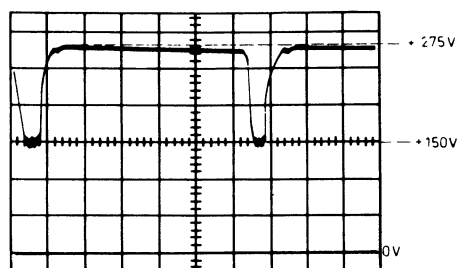
I en serviceanvisning vil der ud for en kurve ofte være angivet både ss og DC værdi; dette gælder f.eks. for farve TV, hvilket illustreres med følgende eksempler.

I dette eksempel er ss spændingen 4 V, og i forhold til stel varierer vekselspændingen mellem +1 og +5 V.



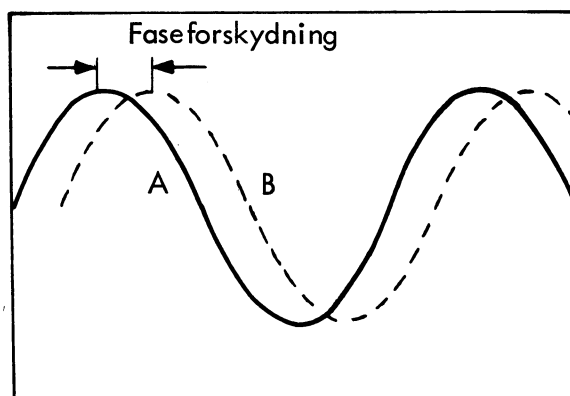
Næste eksempel, der er hentet fra et rørbestykket kredsløb i farve TV, viser en måling, hvor DC spændingen er højere end AC variationen.

"Først" hæves linien op til DC niveau +150 V, og en s-s spænding på 125 V lægges "ovenpå", så det sammenlagte udslag bliver fra 0 til 275 V.



#### 4.3 lagttagelse af faseforskydning mellem Y1 og Y2

Et dobbeltstråleoscilloskop kan blandt andet anvendes til fase-sammenligning mellem to vekselspændinger, dvs. måling af to spændingers tidsmæssige faseforskydning, kurve A og B.



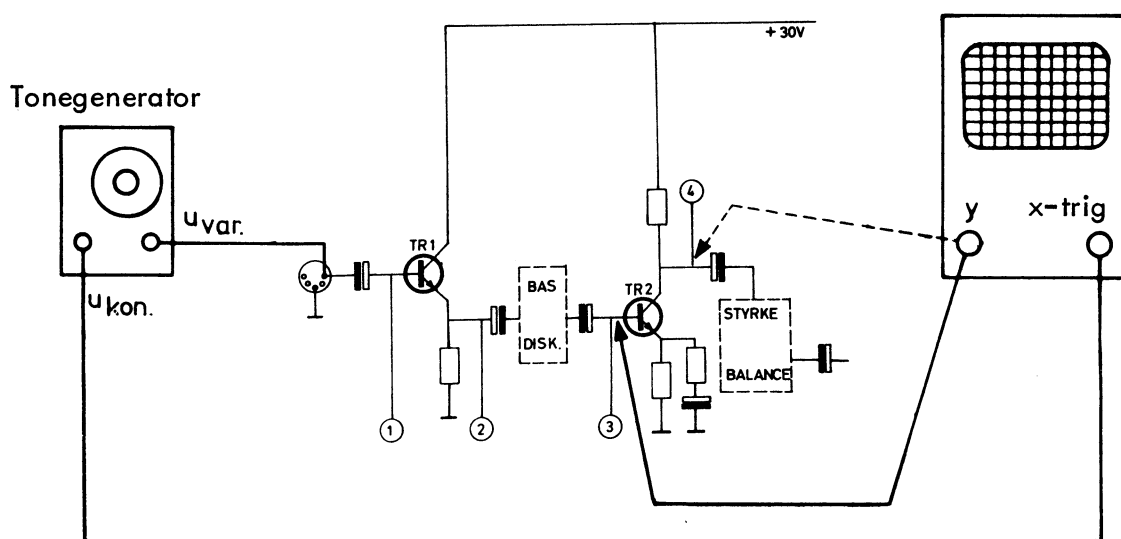


#### 4.4 lagttagelse af faseforskydning ved hjælp af extern-trig

Ved anvendelse af extern-trig kan en faseforskydning mellem to vekselspændinger iagttages på et enkeltstråle-oscilloskop.

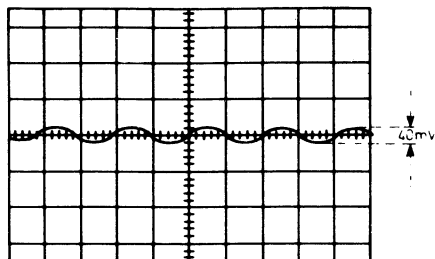
Eksempel:

Måling af fasedrejning i en transistor.

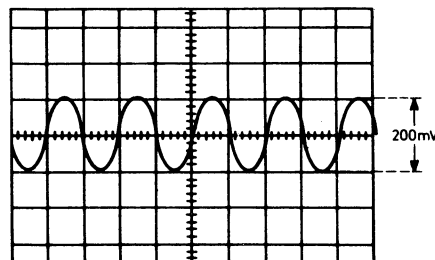


Oscilloskopets trig-vælger sættes i stilling x-trig, x-trig indgangen tilføres et konstant signal fra tonegeneratoren.

Kurven viser signalet på basis af TR2.



Kurven viser, at signalet på kollektor af TR2 er  $180^\circ$  fasedrejet i forhold til signalet på basis.



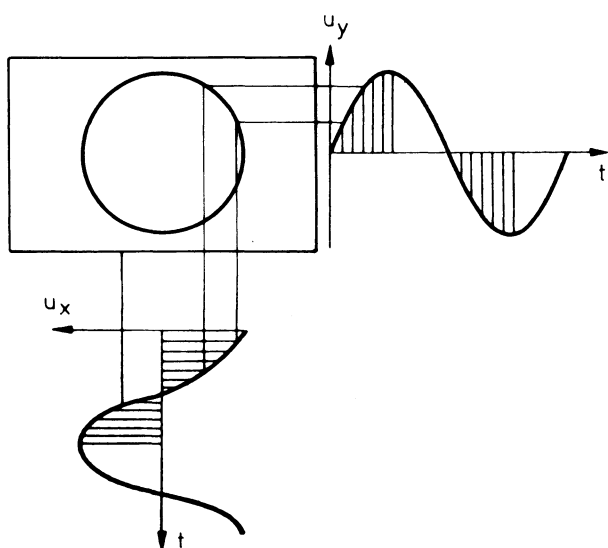


#### 4.5 Frekvensmåling

En frekvensmåling kan foretages ved sammenligning mellem en kendt og en ukendt frekvens.

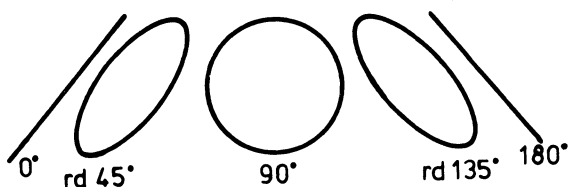
Den kendte og den ukendte frekvens føres ind på henholdsvis x- og y-indgangen, hvorved der dannes en såkaldt lissajousfigur.

Når de to frekvenser er ens og med en faseforskydning på  $90^\circ$ , vil oscilloskopet vise en rund ring.

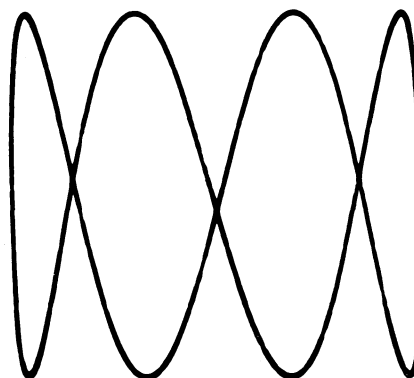


Er fasedrejningen større eller mindre end  $90^\circ$ , vil figuren blive mere eller mindre ellipseformet.

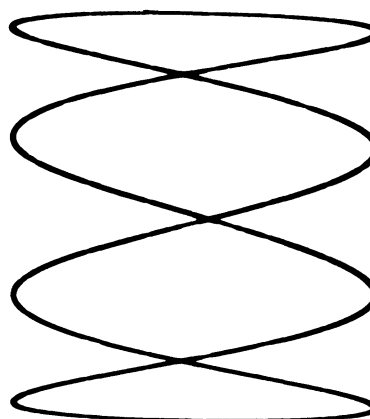
Ved fasedrejning  $0^\circ$  ( $360^\circ$ ) og  $180^\circ$  vil figuren blive en streg med en vinkel på  $45^\circ$ .



Lissajousfigur med forholdet 4:1 mellem målefrekvens og sammenligningsfrekvens.



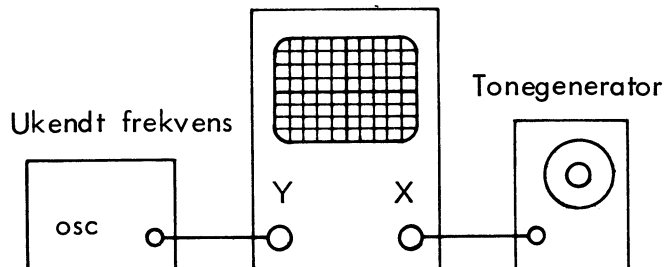
Lissajousfigur med 4 gange højere sammenligningsfrekvens end målefrekvens.





Eksempel:

Måling af ukendt frekvens.



Som målefrekvens benyttes  $f_L = 1 \text{ kHz}$ .

Probens trimmekondensator justeres, så firkantspændingens kurveform bliver korrekt.

Forkert



Oscilloskopets time-base sættes i stilling X.

X-indgang tilføres et signal fra en tonegenerator.

Den ukendte frekvens føres til Y-indgang.

Tonegeneratorens frekvens indstilles, så der dannes en lissajous-figur, og frekvensen aflæses på tonegeneratoren.

Rigtigt



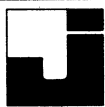
Forkert



#### 4.6 Justering af probe

Et oscilloskop er normalt forsynet med en speciel udgang til justering af den tilhørende probe's frekvensgang, men det er ikke altid muligt at udføre justeringen korrekt, fordi test-spændingens kurveform ofte er for dårlig.

Til justeringen kan i stedet anvendes en firkantspænding fra en LF-generator eller en firkant-generator.



## DISPOSITION

1. Definitioner
2. Ohms lov

### 1. DEFINITIONER

#### 1.1 Spænding

For at bevæge en strøm gennem et kredsløb skal kredsløbet påtrykkes en spændingsforskel mellem tilledningerne.

Spænding måles i volt (V).

Jævnspænding angives med "U", og vekselspænding angives med "u".

Angives en spænding med pil, viser pilens spids mod det mest positive potentiale.

#### 1.2 Strøm

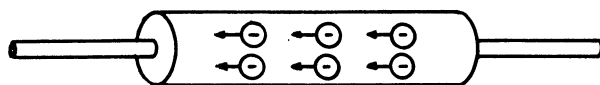
En leder indeholder mange frie elektroner, der kan flyttes fra et atom til et andet.

Påtrykkes en leder en spænding, bevæger elektronerne sig mod det mest positive potentiale.

Elektronbevægelsen kaldes strøm og måles i ampere (A).

Jævnstrøm angives med "I", og vekselstrøm angives med "i".

Strømmen er vedtaget at løbe fra det mest positive potentiale til det mest negative potentiale, altså modsat elektronernes bevægelsesretning.



← Elektronbevægelse  
Strømretning →

#### 1.3 Effekt

Elektrisk effekt, der angives med "p", er produktet af den påtrykte spænding og den resulterende strøm, altså en øjebliksværdi.

Effektens middelværdi, dvs. gennemsnitsværdien af p i et tidsinterval, angives med "P".

Effekt måles i watt (W).

#### 1.4 Energi

Elektrisk energi måles i joule (J) og angives med "W".

Energi er et mål for, hvor meget effekt der er overført i et tidsrum.

#### 1.5 Ohmsk modstand

Dersom alt tilført energi til et kredsløb bliver omsat til varme, er der tale om en ren ohmsk modstand.

Ohmsk modstand angives med "R" og måles i ohm ( $\Omega$ ).

### 2. OHMS LOV

Jo større spændingsforskel en given modstand tilsluttes, desto kraftigere strøm gennemløbes den af.

Jo større modstand man tilslutter en given spænding, desto svagere strøm gennemløbes den af.

Jo kraftigere strøm man sender gennem en given modstand, desto større bliver spændingsfaldet over denne.

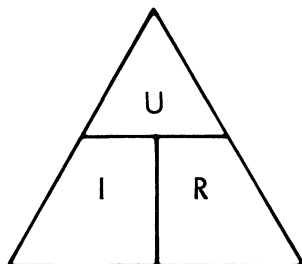
Disse tre sætninger kan nedfældes i et udtryk, som kaldes Ohms lov.

$$U = I \times R$$



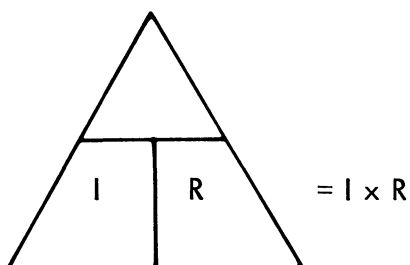
## 2.1 Huskereglér

For nemmere at kunne anvende Ohms lov, kan den skrives op i en trekant.

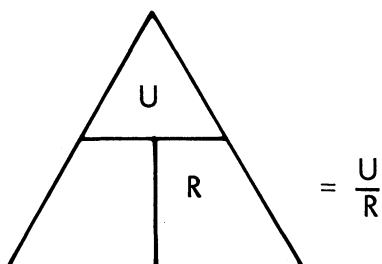


Den søgte størrelse tildækkes, og man kan direkte aflæse, hvad der skal gøres ved de to kendte størrelser.

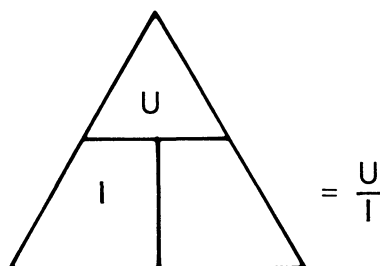
Dersom spændingen søges, ser det således ud:



Søges strømmen, tildækker man I.

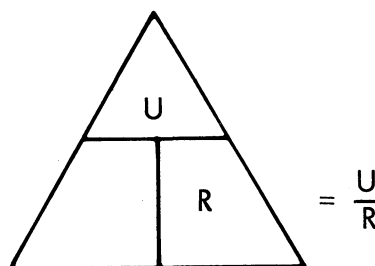


Søges modstanden, tildækker man R.

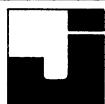


Eksempel:

En modstand på  $5 \Omega$  tilsluttes en spænding på 10 V.  
Hvor stor strøm gennemløber modstanden ?



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



## 2.2 Effektberegning

Jo større spænding man tilslutter et kredsløb, hvori der løber en given strøm, desto større effekt optager kredsløbet.

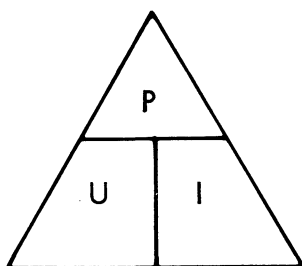
Jo større strøm, der løber gennem et kredsløb, som har en given spænding over sig, desto større effekt optager kredsløbet.

Jo større effekt et kredsløb med angiven spænding over sig optager, desto større strøm vil der løbe gennem kredsløbet.

Den elektriske effekt kan også skrives i et udtryk

$$P = U \times I$$

Dette kan også indskrives i en trekant.



Anvendelsen er på samme måde som ved Ohms lov.

Ved indsætning af Ohms lov i effektudtrykket kan man finde sammenhængen mellem effekten, spændingen og modstanden.

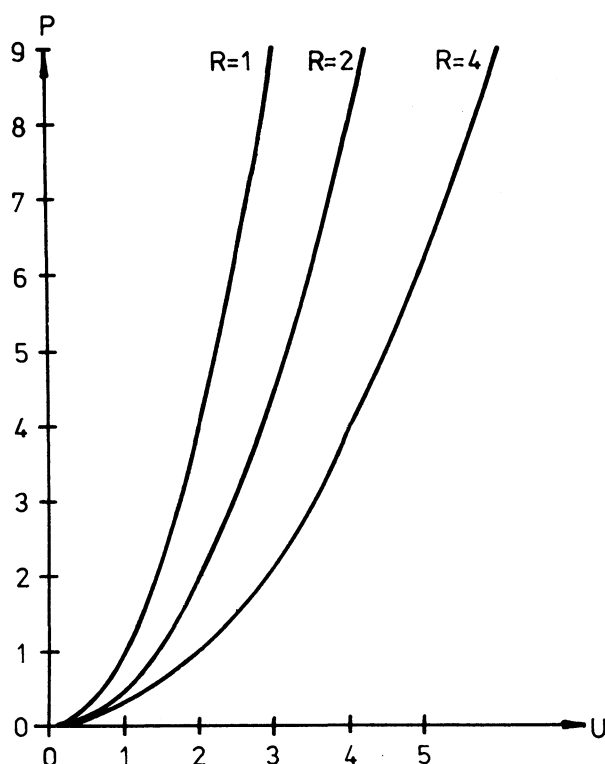
$$P = U \times I$$

$$\text{heri indsættes } I = \frac{U}{R}$$

$$P = U \times \frac{U}{R} = \frac{U^2}{R}$$

som det ses stiger effekten med spændingen i anden potens.

Dette kan også vises grafisk.



Ønsker man at finde effekten, når strøm og modstand er kendt, må man igen indsætte Ohms lov i effektudtrykket.

$$P = U \times I$$

$$\text{heri indsættes } U = I \times R$$

$$P = I \times I \times R = I^2 \times R$$

Effekten stiger med strømmen i anden potens.



## DISPOSITION

1. Regnemetode
2. Multiplikation
3. Division
4. Potensopløftning
5. Præfikser
6. Kvadratrodsuddragning

### 1. REGNEMETODE

#### 1.1 Vurdering af regnemetode

Alle mennesker skal kunne regne for at klare den daglige tilværelse. I skolen lærer vi at regne med megen umage og stor nøjagtighed, men vi lærer ikke at vurdere, hvilken nøjagtighed der er påkrævet i det enkelte tilfælde.

Hvor nøjagtig skal en radio- og elektronikmekaniker regne ?

Svaret gives af de praktiske forhold, og det vil sikkert overraske mange, at vi i almindelighed ikke behøver at regne særligt nøjagtigt. Nøjagtigheden og dermed den regnemetode vi skal anvende, bør rette sig efter tolerancerne på de komponenter, som står til rådighed.

#### 1.2 Eksempel

Et eksempel vil belyse dette: Ved hjælp af papir og blyant kan vi beregne en modstandsværdi til at skulle være f.eks.  $3475 \Omega$ . En sådan værdi kan normalt ikke skaffes, men man må vælge den nærmeste standardstørrelse f.eks.  $3300 \Omega$ . Den omhu og tid det har taget med den nøjagtige udregning kan ikke honoreres i praksis.

#### 1.3 Overslagsberegning

En overslagsberegning vil som regel være tilstrækkelig ved servicearbejde, hvor komponenterne har ret vide tolerancer. Ved overslagsberegning kan man med nogen øvelse få resultater, som er bedre, end man kan udnytte i praksis.

### 2. MULTIPLIKATION

#### 2.1 Overslagsberegning

Et par eksempler viser, hvordan overslagsberegning kan gribes an, når det drejer sig om at gange to tal med hinanden. Dette er der brug for ved visse beregninger med Ohms lov og effektberegninger.

Eksempel:

$6,17 \times 3,45$  omhyggeligt udregnet giver  $21,2865$ , medens overslagsberegningen kan laves som:

$6,17 \times 3,45$  er ca.  $6 \times 3,5$  giver ca.  $21$ .

Dersom det havde været et regneeksempel udført i praksis, ville nærmeste standardværdi være  $22$ . Dvs. overslagsberegningen fører til samme slutresultat, som den nøjagtige værdi.

Overslaget har den fordel, at det går hurtigt, og at man ved at afrunde tallene ikke er i tvivl om resultatets størrelsesorden (kommaplaceringen).

Eksempel:

$16,378 \times 8,95$  er ca.  $16 \times 9$  er ca.  $15 \times 10$  er ca.  $150$ .

Eksempel:

$358,12 \times 35,9$  er ca.  $350 \times 36$  er ca.  $400 \times 30$  er ca.  $12000$ .



## 2.2 Konklusion

For at bevare oversigten gælder det om at få hele, afrundede tal at arbejde med.

Når to tal ganges med hinanden, afrundes det ene tal opefter, mens det andet afrundes nedefter.

## 3. DIVISION

### 3.1 Overslagsberegning

Division er den anden vigtige regneoperation, og fremgangsmåden vises ved følgende tre eksempler:

$$\frac{6,65}{2,83} \text{ er ca. } \frac{7}{3} \text{ giver ca. } 2,3.$$

$$\frac{439,7}{17,39} \text{ er ca. } \frac{450}{18} \text{ er ca. } \frac{500}{20} \text{ giver ca. } 25.$$

$$\frac{2,49}{8,72} \text{ er ca. } \frac{3}{9} \text{ er ca. } \frac{1}{3} \text{ giver ca. } 0,3.$$

### 3.2 Konklusion

Ved division afrundes tallene ovenover og nedenunder brøkstrengen til samme side.

## 4. POTENSOPLØFTNING

### 4.1 Overslagsberegning

Når et tal multipliceres med sig selv, er der foretaget en potensopløftning.

Eksempel:

$$5 \times 5 = 5^2,$$

der angiver, at tallet 5 sættes som faktor 2 gange.

Femtallet kaldes roden, og to-tallet kaldes eksponenten.

$$5^2 = 5 \times 5 = 25$$

Eksemplet viser, at en potensopløftning kan omskrives til en multiplikation, hvilket anvendes ved overslagsberegning.

Eksempler:

$$8,56^2 = 8,56 \times 8,56 \text{ er ca. } 9 \times 8 \text{ er ca. } \underline{72}$$

$$0,38^2 = 0,38 \times 0,38 \text{ er ca. } 0,5 \times 0,3 \text{ er ca. } \underline{0,15}$$

## 4.2 Konklusion

En potens omskrives til en multiplikation, som derefter udføres ved overslagsberegning.

## 5. PRÆFIKSER

Overalt, hvor det er forsvarligt, bør man anvende en praktisk talbehandling ved overslagsberegning. Med den angivne fremgangsmåde volder det ikke vanskeligheder, når tallene afrundes til størrelser, som er nemme at overse.

Anderledes er det, når tallene er enten meget store eller meget små.

Dersom man skal udregne sådanne tal, gælder det om at få dem fremstillet på en form, så de er lette at behandle.

### 5.1 Tipotenser

Til dette formål egner tipotenser sig, og hvis man anvender tipotensernes bogstavsforkortelser, får man den korteste og mest overskuelige angivelse af selv meget store eller små størrelser.

### 5.2 Bogstavsforkortelser

$$M = \text{mega} = 10^6 = 1000000$$

$$k = \text{kilo} = 10^3 = 1000$$

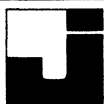
$$10^0 = 1$$

$$m = \text{milli} = 10^{-3} = 0,001$$

$$\mu = \text{mikro} = 10^{-6} = 0,000001$$

$$n = \text{nano} = 10^{-9}$$

$$p = \text{piko} = 10^{-12}$$



### 5.3 Eksempler på fremgangsmåder

$$125 \times 0,00085 =$$

$$1,25 \times 10^{-2} \times 8,5 \times 10^{-4}$$

er ca.  $1,0 \times 10 \times 10^{-2}$

giver ca.  $10^{-1}$  eller 0,1

eller ved benyttelse af bogstavforkortelser

$$125 \times 0,00085 = 125 \times 0,85\text{m}$$

er ca.  $100 \times 1\text{m}$  giver ca.  $100\text{m}$

eller 0,1.

$$0,0438 \times 0,00635 =$$

$$4,38 \times 10^{-2} \times 6,35 \times 10^{-3}$$

er ca.  $4 \times 7 \times 10^{-5}$  giver ca.

$28 \times 10^{-5}$  eller  $280 \times 10^{-6}$

eller ved benyttelse af bogstavforkortelser

$$0,0438 \times 0,00635 =$$

$43,8\text{m} \times 6,35\text{m}$  er ca.

$45\text{m} \times 6\text{m}$  giver ca.  $270\mu$ ,

idet  $\text{m} \times \text{m} = 10^{-3} \times 10^{-3} =$

$10^{-6} = \mu$ .

### 5.4 Konklusion

Ved at afrunde tallene og anvende bogstavforkortelser for tipotenser opnås den hurtigste og letteste overskuelige talbehandling samtidig med, at resultaterne med lidt øvelse kan holdes inden for en rimelig nøjagtighed.

## 6. KVADRATRODSUDDRAGNING

### 6.1 Overslagsberegning

Roduddragning er det modsatte af potensopløftning.

Eksempel:

$$\sqrt{25}$$

angiver, at man skal finde det tal, som multipliceret med sig selv, giver 25.

$$\sqrt{25} = 5, \text{ fordi } 5 \times 5 = 25$$

$$\sqrt{225} = 15, \text{ fordi } 15 \times 15 = 225$$

Anvendes overslagsregning, kan der hurtigt fås et resultat, som er nøjagtigt nok.

Eksempel:

$$\sqrt{25000} = \sqrt{250 \times 100} =$$

$$\sqrt{250} \times 10 \text{ er ca. } 16 \times 10 \text{ er}$$

ca. 160

Ved kvadratroden af en potens skal potenseksponenten halveres, uanset om denne er positiv eller negativ.

Tallet under rodtegnet skal derfor altid ved kommaplacering omformes således, at en eventuel potenseksponent bliver et tal, der er deleligt med 2.

Eksempel:

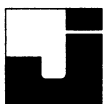
$$\sqrt{0,45 \text{ m}} = \sqrt{0,45 \times 10^{-3}} =$$

$$\sqrt{4,5 \times 10^{-4}} \text{ er ca. } 2,2 \times 10^{-2}$$

eller 0,022 eller 22 m

### 6.2 Konklusion

Ved kvadratrodsuddragning flyttes kommaet under rodtegnet således, at en eventuel potenseksponent bliver et helt tal, der er deleligt med 2. Derefter uddrages kvadratroden af såvel tallet som 10-potensen.

DISPOSITION

1. Præfikser
2. Angivelse af modstandsværdier
3. Angivelse af værdier for spole og kondensator

1. PRÆFIKS

Inden for elektronikken arbejder man ofte med meget små og meget store størrelser.

Talstørrelser fra 0,000000000001 til 10000000 er ofte anvendt.

Da det er svært at aflæse alle disse nuller, har man lavet præfikser, således at tallet højest kommer til at bestå af 2 til 4 cifre og et bogstav.

1.1 Tal mindre end 1

Ved tal under 1 anvendes følgende præfikser:

m,  $\mu$ , n og p.

Deres talværdi er:

$$\text{milli} = m = \frac{1}{1000} = 10^{-3}$$

$$\text{mikro} = \mu = \frac{1}{1\ 000\ 000} = 10^{-6}$$

$$\text{nano} = n = \frac{1}{1\ 000\ 000\ 000} = 10^{-9}$$

$$\text{pico} = p = \frac{1}{1\ 000\ 000\ 000\ 000} = 10^{-12}$$

1.2 Tal større end 1

Ved tal over 1 anvendes følgende præfikser:

k, M, G.

Deres talværdier er:

$$\text{kilo} = k = 1\ 000 = 10^3$$

$$\text{Mega} = M = 1\ 000\ 000 = 10^6$$

$$\text{Giga} = G = 1\ 000\ 000\ 000 = 10^9$$

2. ANGIVELSE AF MODSTANDS-VÆRDIER2.1 Antal cifre

Ved angivelse af modstandsværdier anvender man to cifre ved modstande med en tolerance  $\geq 5\%$ . Ved præcisionsmodstande anvender man ofte tre cifre.

2.2 Kommaplacering

En modstandsværdi kan opgives på forskellige måder, f.eks. ved anvendelse af et komma eller et punkt og et prefix, f.eks.

$$2,2k \text{ eller } 2.2k = 2200\Omega$$

$$47k = 47000\Omega$$

$$0,47k \text{ eller } .47 = 470\Omega$$

Ved anvendelse af komma eller punkt kan man let aflæse forkert ved at overse tegnet.

En anden og bedre metode er at anvende præfikset som komma.

Ved små modstande uden præfikser anvender man "R" til angivelse af kommaets placering.

Eksempler:

$$2k2 = 2200\Omega$$

$$47k = 47000\Omega$$

$$k47 = 470\Omega$$

$$4R7 = 4,7\Omega$$

3. ANGIVELSE AF VÆRDIER FORSPOLE OG KONDENSATOR

Ved angivelse af spole- og kondensatorværdier anvendes samme principper som ved angivelse af modstandsværdier.



## DISPOSITION

1. Sammenkoblingsmuligheder
2. Serieforbindelse
3. Parallelforbindelse
4. Sammensatte kredsløb

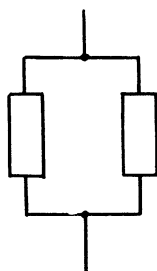
### 1. SAMMENKOBLINGS- MULIGHEDER

#### 1.1 Sammenkobling

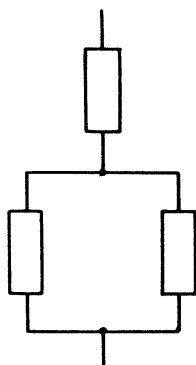
Komponenter kan sammenkobles enten i serie



i parallel



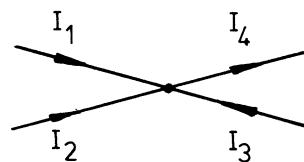
eller i en kombination af begge.



#### 1.2 Kirchhoffs lov

Kirchhoffs 1. lov:

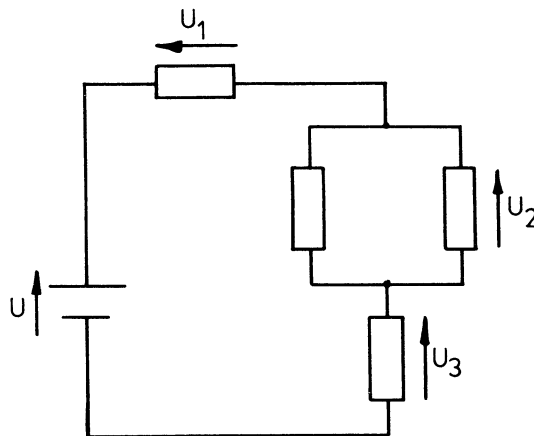
Summen af strømme til et knudepunkt er lig med summen af dem, der løber væk fra knudepunktet.



$$I_1 + I_2 + I_3 = I_4$$

Kirchhoffs 2. lov:

Summen af påtrykte spændinger i et sluttet kredsløb er lig med summen af spændingsfald rundt i kredsløbet.



$$U = U_1 + U_2 + U_3$$



## 2. SERIEFORBINDELSE

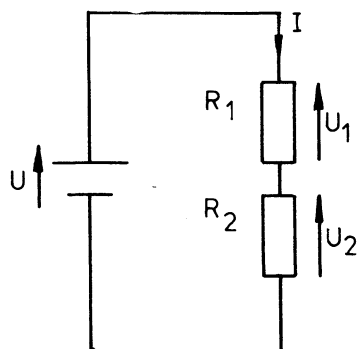
### 2.1 Afbrydelser

Afbrydes en af komponenterne i et seriekredsløb, vil der ikke kunne løbe nogen strøm til kredsløbet.

### 2.2 Total modstand

Strømmen er fælles for alle komponenterne i serieforbindelsen. Spændingen over hver enkelt komponent udgør til sammen den påtrykte spænding.

Den totale modstand er lig med summen af hver enkelt modstand.



$$U = U_1 + U_2$$

$$R_t = R_1 + R_2$$

### 2.3 Spændingsdeler ubelastet

Serieforbindelse af modstande anvendes ofte til deling af en spænding.

Spændingen over hver modstand fordeler sig som modstandsværdierne.

For at beregne spændingsdelerforholdet skal man kende den totale modstand, samt den modstand man tager spændingen ud over.

Dersom spændingsdeleren ikke afgiver nogen effekt til en belastning, beregnes spændingen således:

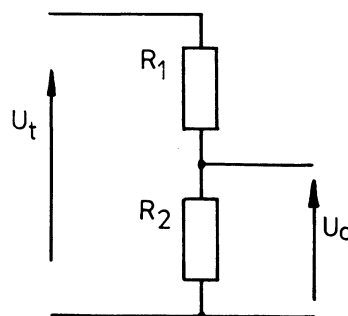
$$U_o = \frac{U_t \times R_2}{R_t} ,$$

hvor  $U_o$  er spændingen ud.

$U_t$  er den påtrykte spænding.

$R_t$  er serieforbindelsens totalmodstand.

$R_2$  er den modstand, spændingen tages ud over.



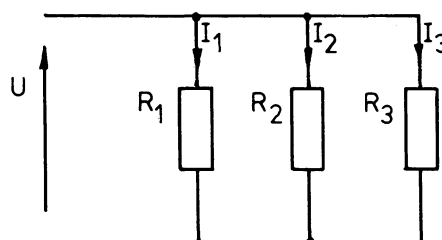
$$R_t = R_1 + R_2$$

## 3. PARALLELFORBINDELSE

### 3.1 Afbrydelse

I en parallelforbindelse er spændingen over modstandene fælles.

Afbrydes en af modstandene i en parallelforbindelse falder strømmen, men den bliver ikke nul, da strømmen stadig kan løbe i den eller de andre modstande.





### 3.2 Ledningsevne

Et materials ledningsevne er et udtryk for, hvor godt materialet leder.

Ledningsevnen er den reciprokke værdi af modstandsværdi.

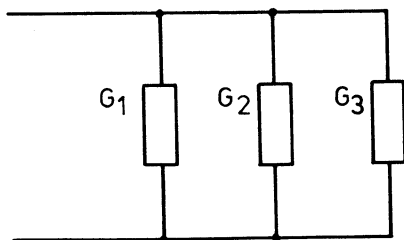
Ledningsevne måles i Siemens (S) eller mho ( $\Omega$ ) og angives med bogstavet  $G$ .

$$G = \frac{1}{R}$$

### 3.3 Total modstand

Ved parallelforbindelse er spændingen over modstandene fælles.

Ved beregning af den ækvivalente modstandsværdi er det ofte lettere først at beregne den totale ledningsevne for derefter at omregne den til modstandsværdi.



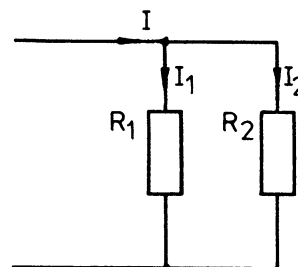
$$G_t = G_1 + G_2 + G_3$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Ved anvendelse af lommeregner til beregningen er det lettest at anvende denne formel, også hvor der kun er to modstande.

Ved to modstande i parallel kan modstanden også beregnes direkte.

$$R_t = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$



### 3.4 Strømdeler

Parallelforbindelser deler strømmen, så den største strøm løber i den mindste modstand. Derved bliver den største effekt afsat i den mindste modstand.

Strømmen i den ene modstand beregnes ved at dividere den totale strøm med summen af modstande og gange med parallelforbindelsen af de modstande, man ikke ønsker at finde strømmen i.

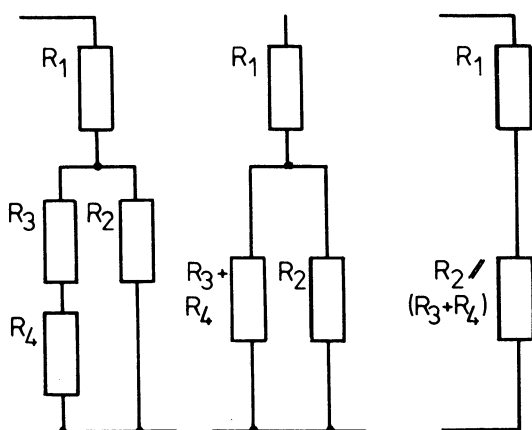
$$I = \frac{I \times R_2}{R_1 + R_2}$$



#### 4. SAMMENSATTE KREDSLØB

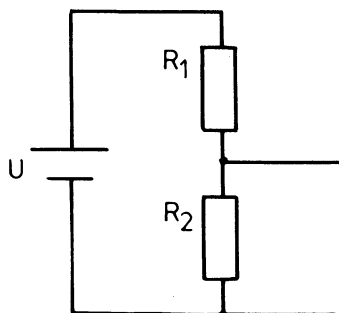
##### 4.1 Kombineret kredsløb

Et kredsløb bestående af både serie- og parallelforbindelse kan altid omtegnes til en ren serieforbindelse eller en ren parallelforbindelse.

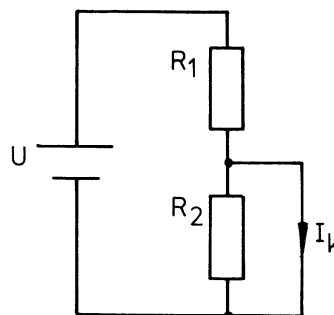


##### 4.2 Belastet spændingsdeler

Når man skal beregne den spænding, en belastet spændingsdeler afgiver, kan man med fordel beregne to størrelser, nemlig den maksimale strøm, man kan trække ud af spændingsdeleren, samt den spænding, spændingsdeleren ville afgive, dersom den var uden belastning.



Den maksimale strøm man kan trække ud, er kun begrænset af  $R_1$  og kan fås ved at kortslutte udgangen.



Strømmen kaldes kortslutningsstrømmen ( $I_k$ ) og beregnes således:

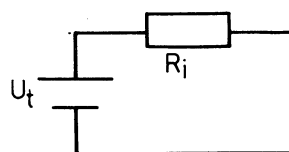
$$I_k = \frac{U}{R_1}$$

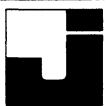
Spændingen, som spændingsdeleren afgiver uden belastning, kaldes tomgangsspændingen ( $U_t$ ) og beregnes således:

$$U_t = U \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Når man kender disse to størrelser, kan man tegne et kredsløb, der er mere simpelt, men som rent elektrisk opfører sig udadtil ligesom spændingsdeleren.

Kredsløbet består af en spændingskilde, som afgiver tomgangsspændingen, samt en indre modstand ( $R_i$ ), som begrænser kortslutningsstrømmen på det nye kredsløb til samme størrelse som før.



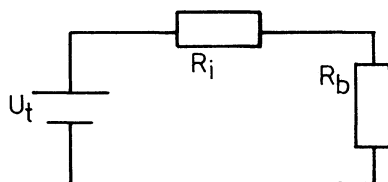


$R_i$  beregnes ved hjælp af tomgangsspænding og kortslutningsstrøm.

$$R_i = \frac{U_k}{I_t} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

Her er den indre modstand lig med parallelforbindelsen af de to modstande i spændingsdeleren.

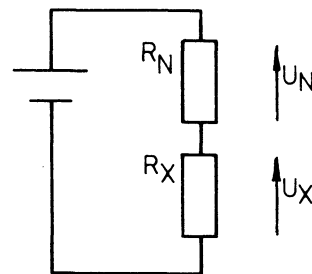
Ved belastning af kredsløbet kan spændingen over belastningen beregnes efter almindelig spændingsdelerformel.



Serieforbindelsen tilsluttes en spændingsforsyning, og spændingen over hver af komponenterne måles, hvorefter den ukendte modstandsværdi kan beregnes som:

$$R_x = \frac{R_N \times U_x}{U_N},$$

hvor  $R_N$  er den kendte modstandsværdi,  $U_N$  er spændingen over denne.



#### 4.3 Sammenligningsmåling af modstande

Kendskabet til, at strømmen i to serieforbundne modstande er den samme kan anvendes til at finde ukendte modstandsstørrelser. Man skal blot serieforbinde en kendt modstand til den ukendte modstandsværdi.



## DISPOSITION

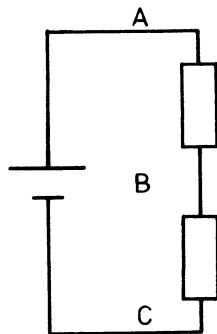
### 1. Spændingspolaritet

#### 1. SPÆNDINGSPOLARITET

Spændinger kan være positive eller negative.

Om en spænding er positiv, afhænger af, hvilket referencepunkt man måler ud fra.

Normalt anvendes chassis eller stel som referencepunkt.



Vælges C som referencepunkt, er A og B positive i forhold til C.

Vælges A som referencepunkt, er B og C negative i forhold til A.

Vælges B som referencepunkt, er A positiv og C negativ i forhold til B.

Positive spændinger skrives ofte uden fortegn på diagrammer.

Negative spændinger mærkes med (-) eller ved en bemærkning i kanten af diagrammet.



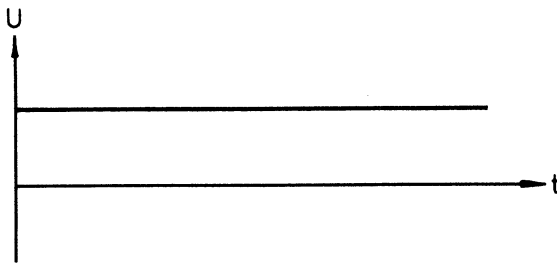
## DISPOSITION

1. Jævnspænding
2. Vekselspænding
3. Sammensatte spændinger

### 1. JÆVNSPÆNDING

#### 1.1 Amplitude og polaritet

En jævnspænding er en spænding med konstant amplitude og polaritet.



#### 1.2 Jævnstrøm

Tilsluttes en jævnspænding til en modstand, løber der en strøm med konstant amplitude og polaritet. Dette er en jævnstrøm.

I litteratur anvendes ofte "DC" - Direct Current - for jævnstrøm og jævnspænding.

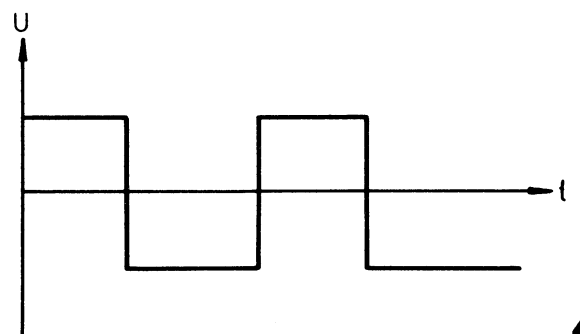
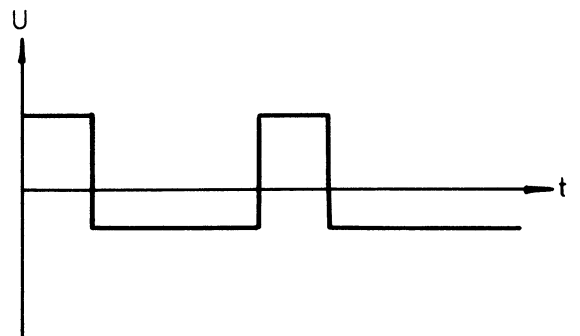
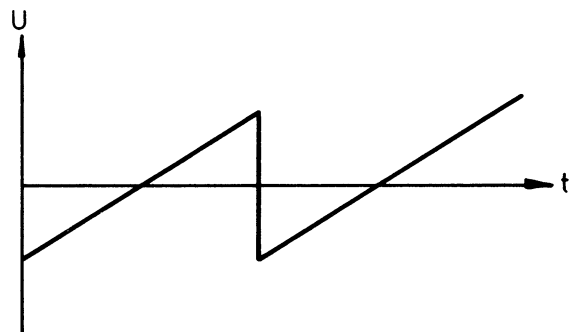
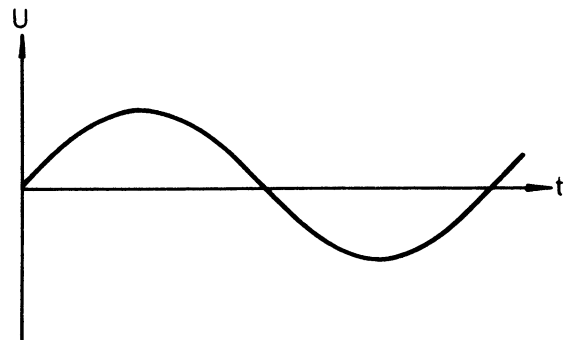
## 2. VEKSELSPÆNDING

### 2.1 Polaritet

En spænding, der periodisk ændrer polaritet, er en vekselspænding.

Middelværdien for en hel periode af en vekselspænding er nul.

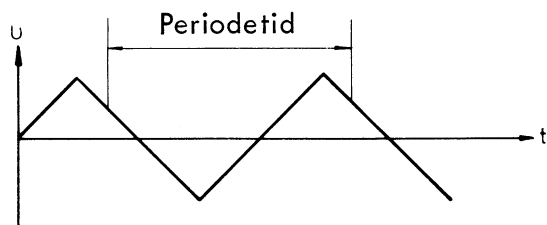
Eksempler på vekselspændinger:



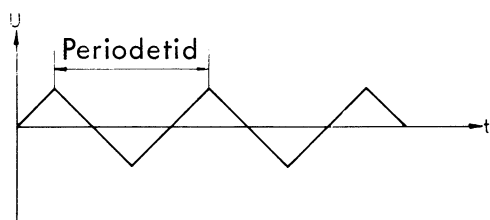


## 2.2 Periodetid og frekvens

En vekselspændings periodetid er den tid, det tager, fra et spændingspunkt til spændingsforløbet gentager sig selv.



Ved måling med oscilloskop skal entydige punkter anvendes, f.eks. fra maks. til maks.



Frekvens er et udtryk for antallet af svingninger pr. sekund

$$f = \frac{1}{t},$$

hvor  $t$  er periodetiden.

## 2.3 Spidsværdi

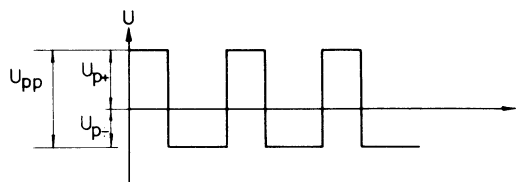
Spids til spidsværdi er summen af den maksimale positive og negative afvigelse fra nul.

Spids til spidsspændingen opgives som  $u_{pp}$  (peak to peak).

Spidsværdi er den maksimale afvigelse fra nul.

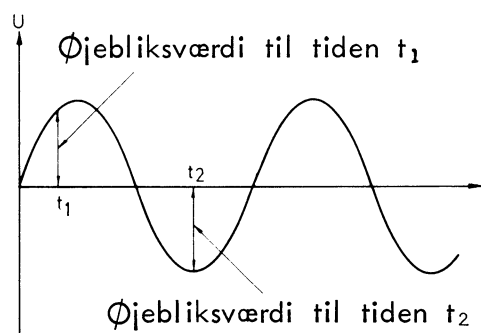
Spidsværdi kaldes også maksimalværdien.

Der kan være en positiv spidsværdi  $u_{p+}$  og en negativ spidsværdi  $u_{p-}$  af forskellig størrelse.



## 2.4 Øjebliksværdi

Øjebliksværdi er den værdi, spændingen har i det tidspunkt, man betragter spændingen, og den kan antage alle værdier fra  $u_{p+}$  til  $u_{p-}$ .



## 2.5 Effektivværdi

Tilsluttes en modstand til en vekselspænding, afsættes der en effekt i modstanden.

Effektivværdien af vekselspændingen er lig med den størrelse, en jævnspænding skal have for at afsætte samme effekt.

Størrelsen af effektivværdien afhænger af kurveformen og vil være en værdi mellem 0 og  $u_p$ .

Når størrelsen af en vekselspænding opgives, f.eks. 220 V, er det effektivværdien, der angives.

Hvis andre værdier for samme spænding opgives, skal det anføres, f.eks.  $u_p = 311 \text{ V}$ .

På måleinstrumenter og i engelsksprogede tekster anvendes ofte betegnelsen RMS - root mean square - for effektivværdi.



## 2.6 Middelværdi

Middelværdien er den gennemsnitlige værdi over et bestemt tidsrum, der oftest enten er periodetiden eller den halve periodetid.

Middelværdien er det samme som det jævnspændingsindhold, kurveformen har.

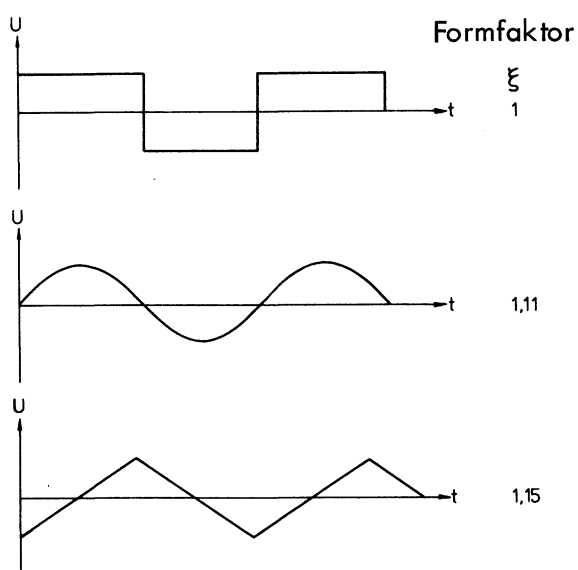
Middelværdien opgives som  $U$ ,  $U_m$  eller  $U_{av}$ .

Ved vekselspændinger anvendes den halve periodetid ved beregning af middelværdien.

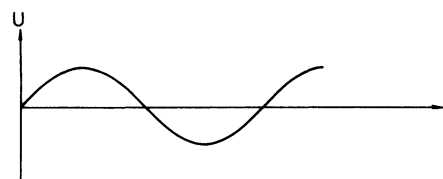
## 2.7 Formfaktor

Forholdet mellem effektivværdi og middelværdi kaldes formfaktoren, som angives med  $\xi$  og måles i rent tal.

Formfaktoren fortæller lidt om kurveformen, idet en lille formfaktor svarer til en flad kurveform og en stor formfaktor til en spids kurveform.



## 2.8 Sinusformet vekselspænding



For en sinusformet vekselspænding er der følgende sammenhæng mellem middelværdi, effektivværdi, spidsværdi og spids-spidsværdi:

Middelværdi (Aveage) =

$$\frac{2 \times \text{maksimalværdi}}{\pi} =$$

0,9 x effektivværdi.

Effektivværdi (RMS) =

$$\frac{\text{Maksimalværdi}}{\sqrt{2}} =$$

1,11 x middelværdi.

Spidsværdi (peak) =

Maksimalværdi =

$$\sqrt{2} \times \text{effektivværdi} =$$

$$\frac{\pi}{2} \times \text{middelværdi}.$$

Spids-spidsværdi (peak-peak) =

2 x maksimalværdi =

2,8 x effektivværdi.

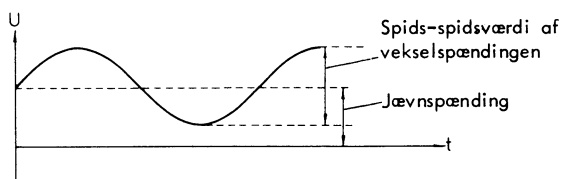
Formfaktor = 1,11.



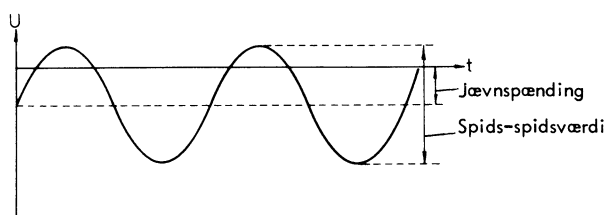
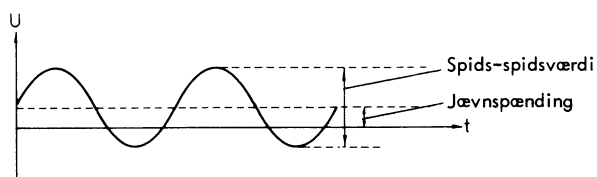
### 3. SAMMENSATTE SPÆNDINGER

#### 3.1 Pulserende jævnspænding

En pulserende jævnspænding er en sammensat spænding, bestående af en jævnspænding og en vekselspænding.

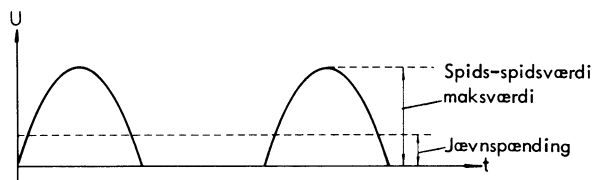


En sammensat spænding kan være sammensat af store og små veksel- og jævnspændinger med positiv eller negativ polaritet.



#### 3.2 Halvbølge

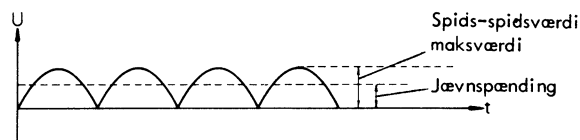
En halvbølge er en del af en sinuskurve og indeholder en jævnspænding og en vekselspænding.



$$U = 0,318 \times u_{\text{maks}}$$

#### 3.3 Helbølge

En helbølge er en sinuskurve, hvor alle halvbølger har samme polaritet.



$$U = 0,637 \times u_{\text{maks}}$$



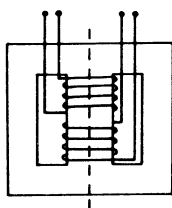
## DISPOSITION

1. Mekanisk opbygning
2. Elektriske egenskaber

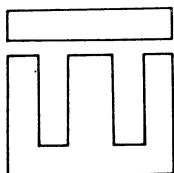
### 1. MEKANISK OPBYGNING

#### 1.1 Kerne

En transformator består af en jernkerne, hvorpå der sidder to eller flere viklinger.



Jernkernen er lamelleret, hvilket vil sige, at den er opbygget af udstansede tynde jernplader, der er sammensat til en jernkerne med tynd isolation imellem pladerne.

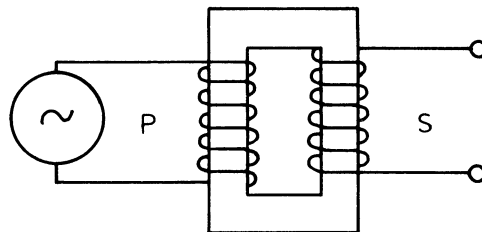


#### 1.2 Viklinger

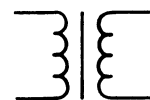
Viklingerne består af mange vindinger isoleret kobbertråd.

Den vikling, man tilfører vekselspændingen, kaldes primærviklingen.

Den eller de viklinger, hvor man aftager spænding/strøm, kaldes sekundærviklinger.



#### 1.3 Diagramsymbol

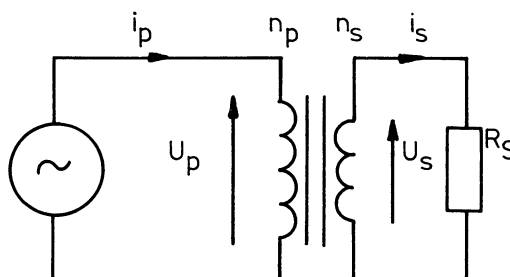


## 2. ELEKTRISKE EGENSKABER

### 2.1 Virkemåde

Når vekselspænding tilføres primærviklingen, opstår der en vekslende magnetisme i jernkernen, som igen inducerer en vekselspænding i sekundærviklingen.

Belastes sekundærviklingen med en modstand, vil der løbe en strøm afhængig af spændingen og modstandens størrelse.





## 2.2 Omsætningsforhold

Hvis der ses bort fra transformatorens tab, er der et direkte forhold mellem transformatorens vindingsforhold og tilført og afgiven spænding.

Forholdet mellem primærspænding og sekundærspænding, kaldes for transformatorens omsætningsforhold:

$$N = \frac{U_p}{U_s} = \frac{n_p}{n_s}$$

Kender man transformatorens strømme, kan transformatorens omsætningsforhold udregnes:

$$N = \frac{i_s}{i_p} = \sqrt{\frac{Z_p}{Z_s}}$$

## 2.3 Tab i transformatorer

I en transformator, der arbejder i tomgang, vil der afsættes en effekt. Denne effekt er tab, som kan deles op i flere former for tab.

## 2.4 Hysteresetab

Det koster effekt stadig at skulle ommagnetisere jernkernen, og disse hysteresetab kan ikke modvirkes ved f.eks. lamellering.

Tabene opgives i watt/kg, f.eks. 2 W/kg.

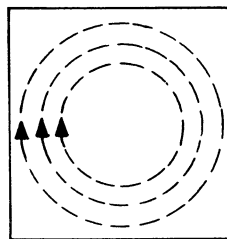
## 2.5 Lamellering

Lamelleringen nedsætter hvirvelstrømstabene.

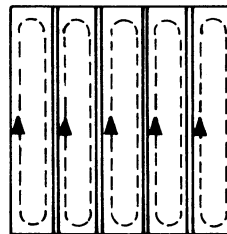
Man søger ligeledes at nedsætte ledningsevnen i jernet samtidig med, at jernets magnetiske egenskaber øges.

## Hvirvelstrømme i jernkerner

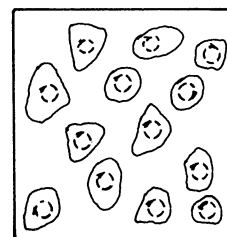
Massiv kerne



Sammensat kerne (pladeklip)



Ferritkerne



I ferritmateriale, der er velegnet ved de høje lavfrekvenser, er hvirvelstrømstabene meget små.

## 2.6 Andre tab

Under tab hører også ohmske tab i kobbertråden.

Strømførtængning har kun lille indflydelse på lave frekvenser.

## 2.7 Virkningsgrad

Som huskeregel for virkningsgraden, som er forholdet mellem tilført effekt og afgiven effekt, man kan regne med ca. 90% for nettransformatorer.



### 2.3 Omregning

Ved omregning fra dB til et forhold er det praktisk at kende nogle værdier for derved at kunne regne andre forhold ud.

Ved effekt er det praktisk at kunne huske følgende forhold:

dB	$\frac{P_2}{P_1}$
0	1
3	2
6	4
10	10
20	100

Ved strøm og spænding er det praktisk at huske følgende forhold:

dB	$\frac{U_2}{U_1}$ eller $\frac{I_2}{I_1}$
0	1
1	1,1
3	1,4
6	2
10	3,16
20	10

### 2.4 Eksempler

Et spændingsforhold på 14 gg skal omsættes til dB:

14 kan skrives som  $1,4 \times 10$

1,4 svarer til 3 dB  
10 svarer til 20 dB

14 gg svarer til 23 dB

Et strømforhold på 12 dB skal omsættes til antal gange:

12 dB svarer til  $6 + 6$

6 dB svarer til 2 gg

12 dB svarer til 4 gg

Effektforhold på 8 gg skal omsættes til dB:

8 gg svarer til  $2 \times 4$  gg

2 gg svarer til 3 dB

4 gg svarer til 6 dB

8 gg svarer til  $(3 + 6) = 9$  dB

### 3. DÆMPNING

Ved forhold, der er mindre end 1 f.eks. 0,5 gg, angives dB som en negativ størrelse til den reciprokke værdi.

Eksempel:

0,5 gg spændingsforhold svarer til en dæmpning på

$$\frac{1}{0,5} = 2 \text{ gg}$$

2 gg svarer til 6 dB

0,5 gg svarer til -6 dB

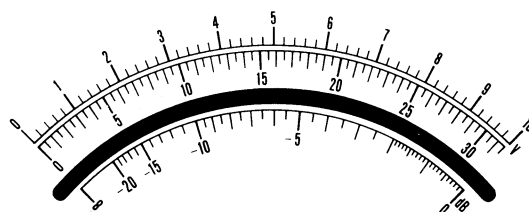
### 4. AFLÆSNING AF dB PÅ

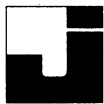
#### VISERINSTRUMENT

#### 4.1 dB-skala

I stedet for at omregne til dB, kan mange målinger direkte aflæses i dB, f.eks. ved måling af forstærkning, dæmpning, signal/støjforhold og ved optagelse af frekvenskarakteristik m.m.

Mange AC-voltmetre er forsynet med en dB-skala.





## 4.2 0-dB

Da dB er et forhold, refererer 0 dB-punktet til en vis værdi på skalaen.

0 dB står ud for henholdsvis 10 og 3,16, som afhængig af områdeomskifterens stilling, svarer til fuldt udslag ved 10-30-100 mV osv.

Ud for 5, som er det halve af 10, står -6 dB.

Ud for 1, som er 1/10 af 10, står -20 dB.

## 4.3 Referencepunkt

Et vilkårligt udslag kan bruges som reference.

Måles f.eks. på en forstærkers udgang -2 dB og på forstærkerens indgang -8 dB - begge i samme måleområde - haves en forstærkning på 6 dB.

Signalet på udgange er +6 dB, refererende til de -8 dB på indgangen.

Omvendt er signalet på indgangen -6 dB, refererende til de -2 dB på udgangen.

## 4.4 Skift til mere følsomt område

Bliver udslaget på voltmetret mindre end -10 dB, skiftes til et mindre område.

Er referenceniveau i 10 V område, og der aflæses i 3 V området, skal der trækkes 10 dB fra den aflæste værdi, da forholdet

$$\frac{3,16}{10}$$

svare til -10 dB.

Aflæses i 1 V området, skal der yderligere trækkes 10 dB fra, i alt 20 dB fra den aflæste værdi, da forholdet 1/10 svarer til -20 dB.

For hver gang der skiftes til lavere område, trækkes 10 dB fra.

Skiftes 4 områder ned, trækkes 40 dB fra den aflæste værdi.

Skiftes 2 områder ned, og der aflæses -5 dB, vil det sige, at niveauet er -25 dB i forhold til referenceniveau 0 dB.

## 4.5 Skift til mindre følsomt område

Bliver udslaget på voltmetret større end 0 dB, skiftes til et større område.

Er referenceniveau i 1 V området, og der aflæses i 3 V området, skal der lægges 10 dB til den aflæste værdi, da forholdet

$$\frac{3,16}{1}$$

svare til 10 dB.

Aflæses i 10 V området, skal der yderligere lægges 10 dB til, i alt 20 dB til den aflæste værdi, da forholdet

$$\frac{10}{1}$$

svare til 20 dB.

For hver gang der skiftes til højere område, lægges 10 dB til.

Skiftes 3 områder op, skal der lægges 30 dB til den aflæste værdi.

Skiftes 1 område op, og der aflæses -5 dB, vil det sige, at niveauet er  $(-5 + 10) = 5$  dB i forhold til referenceniveau 0 dB.

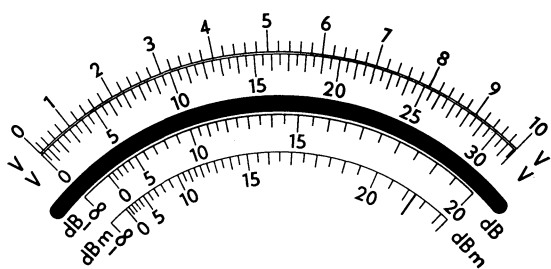
Skiftes 3 områder op, og der aflæses -2 dB, vil det sige, at niveauet er 28 dB refererende til 0 dB.



#### 4.6 Andre skalaer

På andre fabrikater af AC-voltmetre kan 0 dB-punktet referere til andre spændingsværdier, ligesom 0 dB-punktet ofte er placeret et stykke inde på skalaen, således at der er +dB til den ene side og -dB til den anden side.

Aflæsningen foregår på nøjagtig samme måde som beskrevet.





## DISPOSITION

1. Stoffernes opbygning
2. Atomernes opbygning

### 1. STOFFERNES OPBYGNING

#### 1.1 Grundstoffer

- alt stof er opbygget af grundstoffer
- hvert grundstof er kun opbygget af én slags atomer
- der findes over 100 grundstoffer
- grundstofferne er opstillet i et system, der bliver kaldt for "Det periodiske system"

#### 1.2 Stoffernes tilstandsformer

- luftformige, flyvende eller faste
- det enkelte stofs tilstandsform er ikke permanent, men kan ændres ved påvirkning

#### 1.3 Molekyle

- er den mindste påviselige del af et stof
- et molekyle består af et eller flere grundstoffer

### 2. ATOMERNES OPBYGNING

#### 2.1 Grundstoffer

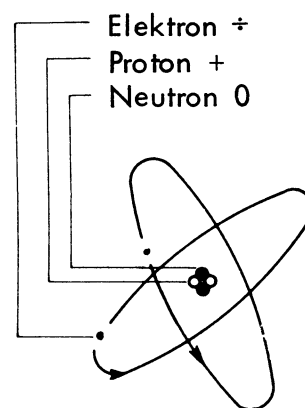
- et grundstofs mindste bestanddele kaldes atomer

#### 2.2 Atom

- et atom består af en kerne med en eller flere elektroner, der bevæger sig i bestemte baner omkring kernen

#### 2.3 Atomkerne

- en atomkerne består af et antal protoner og neutroner
- det er antallet af protoner og elektroner, der bestemmer grundstoffets art



#### 2.4 Protoner

- er positive og bærer positiv elektricitet

#### 2.5 Neutroner

- er elektrisk neutrale

#### 2.6 Elektroner

- er negative og bærer negativ elektricitet

#### 2.7 Atomets egenskaber

- et atom er udadtil uelektrisk, fordi kernens positive ladning og elektronernes negative ladning er lige store
- når atomets ligevægt bliver forstyrret ved at tilføre eller fjerne elektroner, opstår en spænding også kaldet en spændingsforskel



## DISPOSITION

1. Halvledere
2. Halvlederkomponenter
3. Halvlederdioder

### 1. HALVLEDERE

#### 1.1 Ledere og isolatorer

Af tabellen over specifik modstand ser vi, at der er meget stor forskel på modstanden mellem de materialer, der betegnes som ledere og isolatorer.

Materialer		Specifik modstand ved 20°C
Ledere	Kobber	0.016
	Aluminium	0.025
	Sølv	0.015
Halvledere	Grafit	8
	Silicium	500
	Germanium	900
Isolatorer	Glas	$10^{16}$
	Glimmer	$10^{19}$
	Polystyrén	$10^{21}$

Der er imidlertid en gruppe stoffer, hvis specifikke modstand hverken berettiger til betegnelsen leder eller isolator.

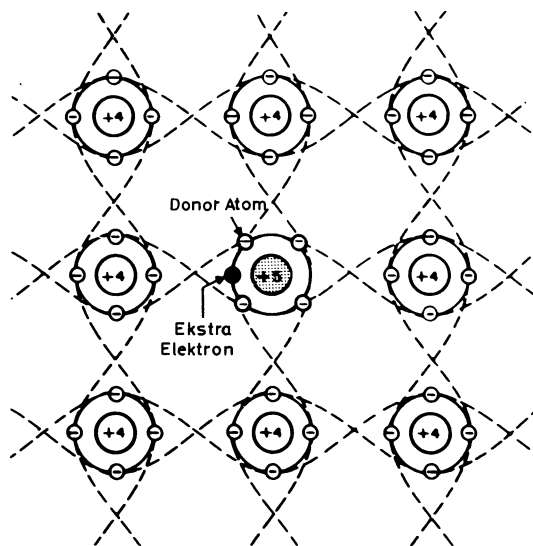
Det er de såkaldte halvledere, og især grundstofferne silicium og germanium, der har fået en stadigt voksende betydning for elektronikken.

#### 1.2 N-type

Anvendelsen af halvledere til dioder og transistorer skyldes, at den specifikke modstand af f.eks. silicium ændres væsentligt, når helt rent silicium forurenes (dopes) med atomer fra et andet grundstof.

Ved doping med f.eks. antimon, der er 5-valent, opnås, at det forurenede silicium får overskud af frie elektroner, men udadtil forbliver neutralt.

Antimonatomet erstatter et siliciumatom i gitteret, men da antimon har én elektron mere end nødvendigt til at binde atomerne sammen, vil denne overskuds-elektron optræde som en fri elektron. Dette silicium kaldes for N-type, fordi der er overskud af frie negative elektroner.

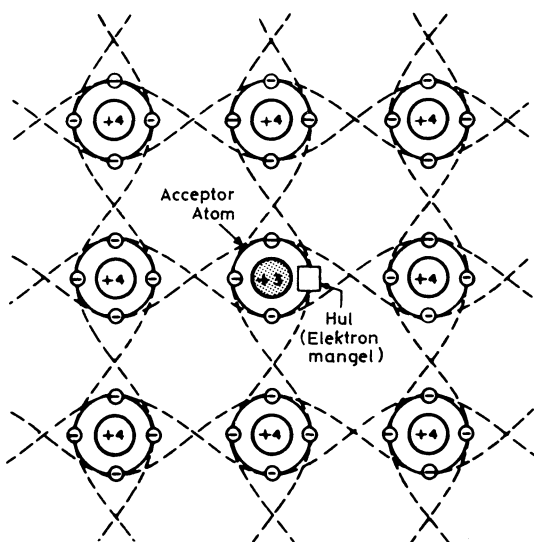




### 1.3 P-type

Hvis der dopes med et 3-valent stof, f.eks. aluminium, kan der frembringes et underskud af frie elektroner. Sagt på en anden måde mangler der nu elektroner, og disse manglende elektroner kaldes huller.

Et hul vil i mange henseender opføre sig som en positiv ladning, og det forurenede silicium siges nu at være af P-type.



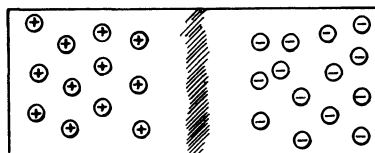
### 1.4 PN-overgang

Hver for sig opfører N- og P-type materialerne sig blot som et materiale med mindre specifik modstand end rent silicium.

Det interessante sker, når N-type sættes sammen med P-type.

Dette kaldes for en PN-overgang (på engelsk: junction), og det viser sig, at ladningerne, der hvor stykkerne er sat sammen, fordeler sig sådan, at der kun kan gå strøm i den ene retning igennem PN-overgangen.

En komponent med denne egenskab kaldes en diode.



## 2. HALVLEDERKOMPONENTER

### 2.1 Opbygning

En halvlederkomponent er en komponent, der er sammensat af N- og P-type krystaller af enten silicium eller germanium.

I halvlederdioden er der således ét stykke N-type og ét stykke P-type, sat sammen til en såkaldt PN-overgang.

Den almindelige transistor, den bipolare transistor, består af to PN-overgange, dvs. den er sammensat af enten to stykker N-type og ét stykke P-type (NPN transistor) eller af to stykker P-type og ét stykke N-type (PNP transistor).

Komponenter, som styrede ensrettere og triac's, består af tre PN-overgange, f.eks. PNPN.

De nyere transistortyper, FET's og MOSFET's, består også af N- og P-type materialer, men her sat sammen på en lidt anden måde end svarende til en egentlig PN-overgang.

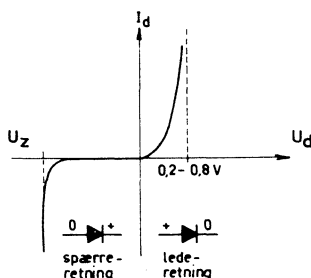


### 3. HALVLEDERDIODER

#### 3.1 Karakteristik

Strømspændingskarakteristikken for almindelig diode:

Diodekarakteristik



$U_d$  er spændingsfaldet over dioden, og  $I_d$  er den tilsvarende strøm igennem den.

#### 3.2 Lede- og spærreretning

Der er forskel på, om dioden har forspænding i lederetningen, til højre for  $I_d$ -aksen.

Når spændingen vendes over en modstand, medfører det blot, at strømmen løber den anden vej. På dette punkt har en diode altså helt andre egenskaber, idet den med tilnærmelse kan betragtes som en kortslutning i lederetningen og som en afbrydelse i spærreretningen.

Spændingsfaldet over dioden i lederetningen er nemlig ganske lille.

$U_d = 0,6$  til  $0,8$  V for en siliciumdiode og  $U_d = 0,2$  til  $0,4$  V for en germaniumdiode.

#### 3.3 Zenerspænding

I spærreretningen fungerer dioden som en afbrydelse op til en vis forspænding  $U_z$ , kaldet zenerspændingen, hvor spændingsfaldet over dioden pludseligt bliver næsten uafhængigt af strømmen igennem den.

Dioder, der er konstrueret til at kunne arbejde ved zenerspændingen, kaldes zenerdioder. De anvendes blandt andet som spændingsreferencer i spændingsforsyninger.

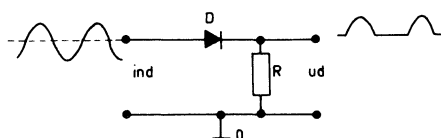
Zenerdioder fremstilles med zenerspændinger fra et par volt til omkring 200 volt, og til tilladelige effekttab fra ca. 200 mW til 50 W.

Almindelige dioder bryder sammen og ødelægges ved zenerspændingen, idet PN-overgangen mister sin diodevirkning.  $U_z$  kaldes derfor også for "breakdown"-spændingen.

#### 3.4 Ensretning

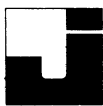
En diode kan fungere som ensretter overfor vekselspænding:

Ensretterkredsløb



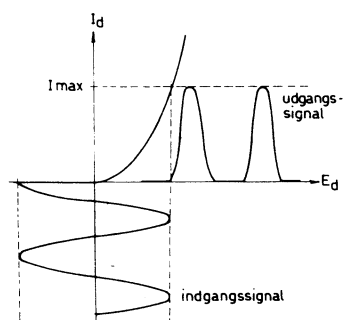
I figuren lægges en sinussvingning med amplitude mindre end breakdown-spændingen ind på indgangen.

Svingningen er symmetrisk omkring nul, dvs. de positive og negative halvperioder er lige store omkring nul volt.



Under en negativ halvperiode bliver dioden forspændt i spærre-  
retningen, hvorfor der praktisk  
talt ikke går strøm gennem R, og  
udgangen ligger da på nul.

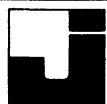
Under den positive halvperiode  
trækker dioden strøm gennem R,  
og på udgangen fås derfor en  
spændingsvariation svarende til  
de positive halvperioder som  
vist.



Middelværdien over en periode  
af den oprindelige sinussvingning  
er nul volt (der er lige meget  
positivt og negativt).

Efter ensretningen optræder der  
kun positive spændinger, og  
middelværdien er derfor positiv.

Gennem R løber der nu en pul-  
serende jævnstrøm (jævnstrøms-  
impulser), hvis størrelse bl.a.  
afhænger af sinussvingningernes  
amplitude.



## DISPOSITION

1. Formål med ensretter
2. Enkeltensretterens virkemåde
3. Belastning af enkeltensretter
4. Beskyttelsesmodstand og sikring

## 1. FORMÅL MED ENSRETTER

### 1.1 AC til DC

Da netspændingen, i overvejende grad er en vekselspænding, og da driftspændingen til transistorer og rør, bortset fra glødespænding, skal være jævnspænding, må der i apparatets netdel forefindes en ensretter til omformning af vekselspænding til jævnspænding.

### 1.2 Universalensretter

Universalensretteren er en enkeltensretter, som fortrinsvis anvendes i universalapparater, dvs. apparater, der uden ændring kan tilsluttes vekselstrømsnet eller jævnstrømsnet efter ønske.

## 2. ENKELTENSRETTERENS

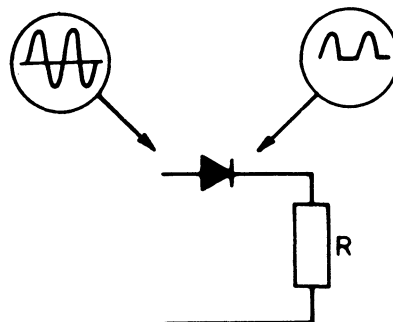
### VIRKEMÅDE

#### 2.1 Dioden som ensretter

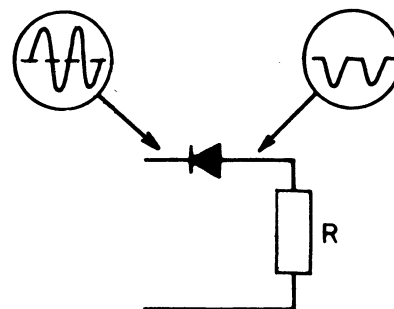
Tilføres dioden en vekselspænding fra lysnettet, f. eks. 220 V 50 Hz, vil den kun lede, når anodesiden er mere positiv end katodesiden.

Dioden er åben for alle de positive halvperioder, medens den er spærret ved de negative halvperioder.

Spændingen over belastningsmodstanden R er en pulserende jævnspænding.



Vendes dioden modsat, leder den under vekselspændingens negative halvperiode, og der er nu en negativ pulserende jævnspænding over belastningsmodstanden.



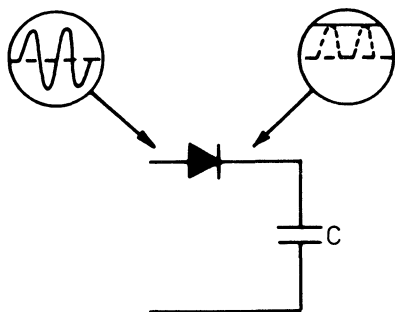
Den afgivne DC-spændings størrelse afhænger af den tilførte vekselspænding og kan beregnes ud fra:

$$U_{DC} = 0,5 \times U_{mid},$$

hvor  $U_{mid}$  er vekselspændingens middelværdi

## 2.2 Ensretter med ladekondensator (pufferkondensator)

Erstattes modstanden af en kondensator  $C$ , vil denne oplades, når dioden leder.



Når kondensatoren er opladet, vil DC-spændingen på katode være af samme størrelse, som den positive del af vekselspændingen på anodesiden, og dioden vil derfor nu være spærret.

Vendes dioden modsat, vil kondensatoren oplades med modsat polaritet.

Spændingen over ladekondensatoren er en "ren" DC-spænding.

Hvis kondensatoren ikke aflades, vil DC-spændingen være:

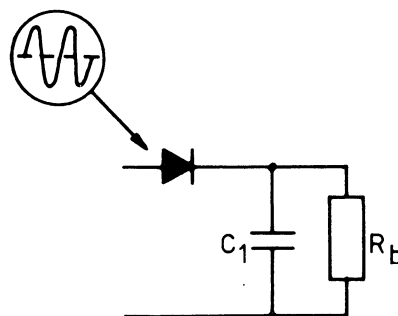
$$U_{DC} = U_{eff} \times \sqrt{2},$$

idet kondensatoren oplades til vekselspændingens maksimalværdi.

## 3. BELASTNING AF ENKELT-ENSRETTER

### 3.1 Brum- eller ripplespænding

Spændingen over  $C_1$  er en helt ren DC-spænding, hvis ensretteren ikke belastes.

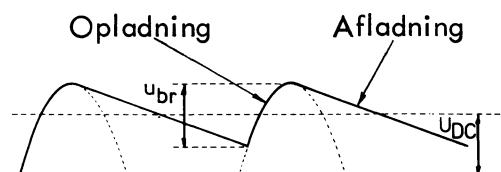


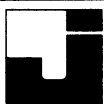
Belastes denne med f.eks. en modstand  $R_b$ , trækkes der en strøm fra kondensatoren, hvorved denne aflades lidt, og spændingen falder.

Når næste positive halvperiode kommer, leder dioden og oplader igen kondensatoren.

Der opstår derved en varierende DC-spænding over kondensatoren, dvs. en DC-spænding med en overløjet vekselspænding, som kaldes brumspænding eller ripplespænding.

Brumspændingen er savtandformet og har samme frekvens som netfrekvensen.





### 3.2 Brumspændingens afhængighed af forbruget

Trækkes der en stor strøm fra ensretteren, vil spændingsfaldet over ladekondensatoren blive stort under afladeprodukten.

Brumspændingen stiger altså med forbruget  $I_{DC}$ .

### 3.3 Brumspændingens afhængighed af kondensatorstørrelse

Dersom ensretteren belastes med et givet konstant forbrug, vil en formindskelse af ladekondensatorens størrelse give en større brumspænding, idet den mindre kondensator vil aflades mere under afladeforløbet.

Forøges kapacitetsstørrelsen, vil brummet blive mindre, idet spændingen derved falder mindre under afladeforløbet.

### 3.4 Beregning af brumspænding

Brumspændingen efter en enkeltensretter kan beregnes efter:

$$u_{\text{brum}} = K \times \frac{I_{DC} \text{ (mA)}}{C_1 \text{ (}\mu\text{F)}}$$

K kaldes brumfaktoren og er af størrelsesordenen 4 til 5.

### 3.5 DC-spænding ved belastet ensretter

Ladekondensatoren bliver ved den ubelastede ensretter opladet til vekselspændingens maksimalværdi.

Når ensretteren belastes, vil den afgivne DC-spænding falde.

Ud over forbrugets indflydelse på DC-spændingen vil denne også afhænge af ladekondensatorens størrelse.

Med større ladekondensator falder DC-spændingen mindre.

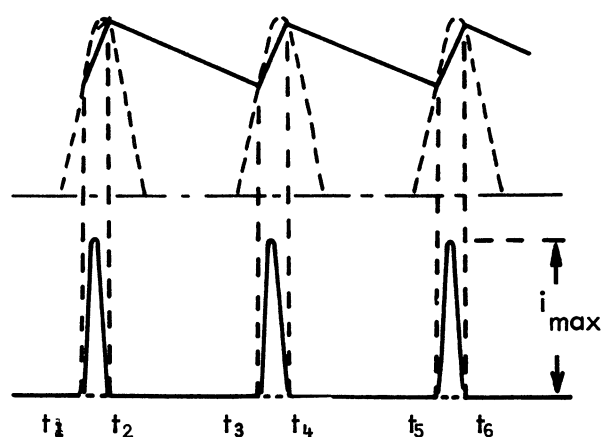
Ofte dimensioneres ensretterkredsløbet således, at den afgivne DC-spænding har samme størrelse som vekselspændingens effektivværdi.

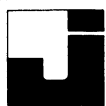
### 3.6 Ladestrømstød

Når ensretteren belastes, skal ladekondensatoren hele tiden levere en jævnstrøm.

For at kunne levere denne strøm, må kondensatoren under opladningstiden  $t_1$  til  $t_2$  tilføres lige så stor en strømmængde (ladning), som der tages fra kondensatoren i afladetiden  $t_2$  til  $t_3$ .

Da afladetiden er ca. 6 gange længere end opladetiden, må maksimalværdien af opladestrømmen gennem dioden være ca. 6 gange større end den aftagne jævnstrøm for at opretholde ladingen på kondensatoren.





#### 4. BESKYTTELSESMODSTAND

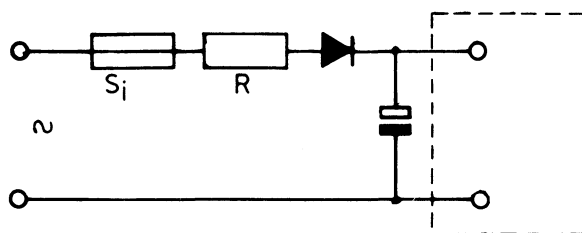
##### OG SIKRING

##### 4.1 Beskyttelsesmodstand

Ved anvendelse af en meget stor ladeelektrolyt bliver strømmen gennem dioden meget stor, da der skal leveres en større ladningsmængde.

For at dioden ikke skal ødelægges på grund af de store strømstød og af startstrømstødet, isættes en beskyttelsesmodstand i serie med dioden.

Modstanden er af størrelse 10 til  $100 \Omega$ .



##### 4.2 Sikring

For at sikre ensretteren ved kortslutninger, er der indskudt en smeltesikring.

Sikringens størrelse afhænger af den aftagne jævnstrøm.

Da maksimalværdien af ladestrømstødene gennem dioden er ca. 6 gange den aftagne jævnstrøm, bliver effektivværdien af denne pulsfornede strøm ca.  $2,2 \times I_{DC}$ . Denne strøm skal sikringen kunne bære.

##### 4.3 Udskiftning af sikring

Ved udskiftning af sikring skal der altid anvendes samme sikringsstørrelse og type (flink-træg), som angivet af fabrikanten.

Der må kun benyttes godkendte sikringer.



## DISPOSITION

1. Fordel ved anvendelse af dobbeltensretter
2. Modtakensretter
3. Brokoblet ensretter

### 1. FORDEL VED ANVENDELSE AF DOBBELTENSRETTER

#### 1.1 Begge halvperioder

Dobbeltensretteren ensretter begge halvperioder i modsætning til enkeltensretteren, som kun ensretter den ene halvperiode.

#### 1.2 Brumspænding

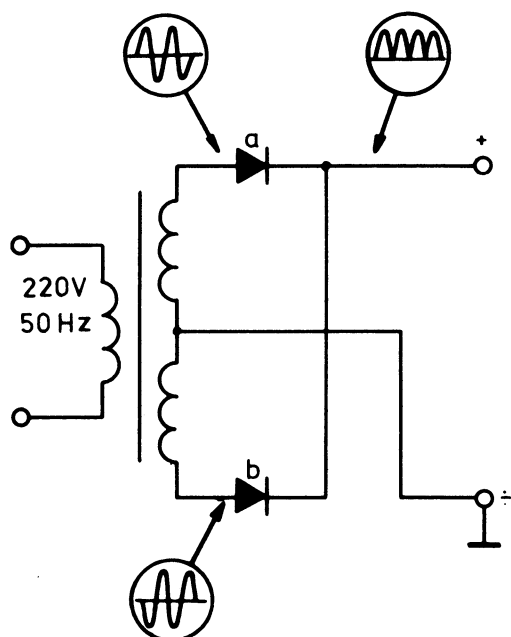
Da dobbeltensretteren benytter begge halvperioder, vil brumspændingen blive ca. halvt så stor som ved enkeltensretteren.

Brumspændingens frekvens bliver dobbelt så høj som den tilførte vekselspændings frekvens.

## 2. MODTAKTENSRETTER

### 2.1 Opbygning

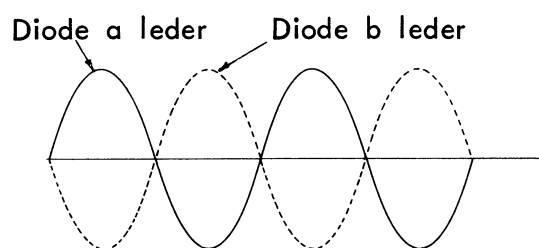
Modtakensretteren er opbygget af en transformator med midtpunktsudtag og to dioder a og b.



### 2.2 Virkemåde

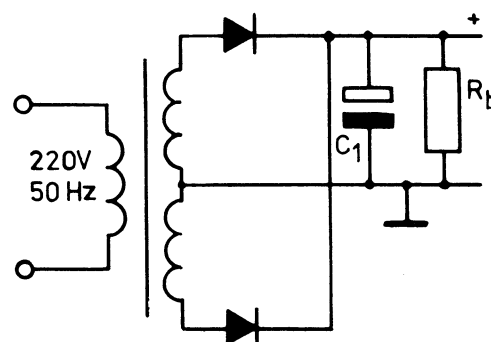
Da transformatorens midtpunkt er stelforbundet, vil spændingerne på de to dioders anoder være faseforskudt  $180^\circ$ , altså i modfase.

De to dioder skiftes til at levere hver deres halvperiode. Når den ene diode leder, er den anden spærret.



Ensretterens afgivne brumfrekvens er 100 Hz.

### 2.3 Modtakensretter med ladekondensator og belastning



Forsynes ensretteren med en ladekondensator, vil denne uden belastning oplades til diodespændingernes maksimalværdi.

Belastes ensretteren, vil kondensatoren aflades lidt, indtil næste strømstød kommer og genoplader kondensatoren.



Da ladekondensatoren ved dobbeltensretter får dobbelt så mange impulser som ved enkeltensretter, er brumspændingen halveret.



DC-spændingen vil heller ikke falde så meget som ved enkeltensretter.

Uden ladekondensator vil dobbeltensretter give en DC-spænding, som er lig med vekselspændingens middelværdi.

### 3.2 Virkemåde

Tænkes den tilførte vekselspænding at være positiv foroven og negativ forneden på tilledningerne, vil dioderne a og c være ledende, medens dioderne b og d er spærrede.

Når vekselspændingen skifter, så der er en negativ halvbølge foroven og en positiv forneden, vil dioderne b og d lede, medens a og c erspærret.

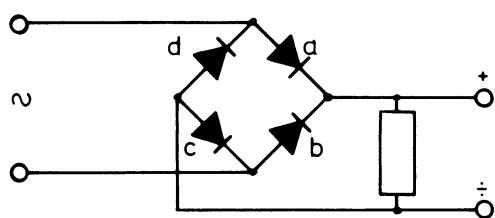
Da begge halvperioder benyttes, er det en dobbeltensretter.

De fire dioder er sammenbygget i en lille enhed, som kun optager ringe plads i apparatet.

## 3. BROKOBLET ENSRETTER

### 3.1 Opbygning

Den brokoblede ensretter, også kaldet Graetzkobling, består af fire dioder, der er koblet på en sådan måde, at de parvis leder eller spærre.



Fordelen ved denne kobling er, at den ikke kræver en transformator med midtpunktudtag.



## DISPOSITION

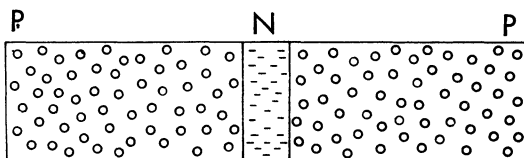
1. Transistor
2. Transistorens grundkoblinger
3. Transistorens karakteristik

## 1. TRANSISTOR

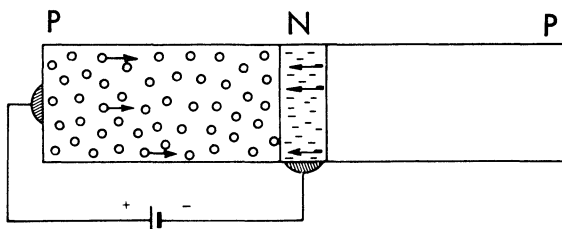
### 1.1 Transistorens virkemåde

Sammensættes to PN-overgange, så de vender mod hinanden, fremkommer en transistor. Alt efter hvordan overgangene vender, fremkommer der en PNP- eller en NPN-transistor.

Transistorens tre elektroder betegnes henholdsvis som emitter, base og kollektor.

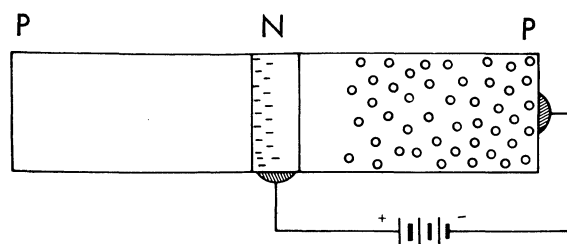


Sættes der spænding på emitter-basestrækningen i lederetningen, vil der gå strøm i denne PN-overgang. Gennem PN-overgangen vil der trænge positive ladningsbærere over i N-materialet, hvor de foreløbig vil udligne sig med de negative ladningsbærere.

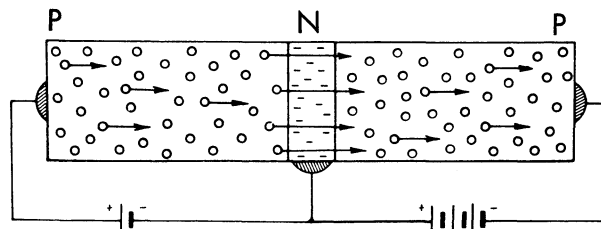


På kollektorbasestrækningen tilføres en spænding i spærreretningen, altså en negativ spænding på kollektoren og tilsvarende positiv spænding på basen.

Hvis der ingen strøm går i emitterbasestrækningen, optræder kollektorbasestrækningen som en spærret strækning, hvor der kun går den ganske lave spærrestrøm ved almindelig stuetemperatur.



Hvis der samtidig med spænding på kollektorbasestrækningen i spærreretningen tilføres emitterbasestrækningen en spænding i lederetningen, vil hullerne passere PN-overgangen og komme ind i N-materialet.

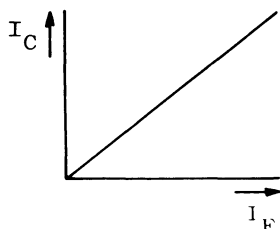


Her vil de normalt udfyldes af de negative ladningsbærere, men når basematerialet er ganske tyndt, vil de under påvirkning af det elektriske felt i grænselaget mellem base og kollektor kunne vandre over i kollektorens P-materiale. Herfra trækkes de hen til batteriets negative pol.

Forsøg viser, at 92 til 99% af hullerne på denne måde fortsætter videre fra emitter gennem base til kollektor.



Inden for de tilladelige grænser for strømme og spændinger i transistoren viser der sig proportionalitet mellem emitter- og kollektorstrømme.



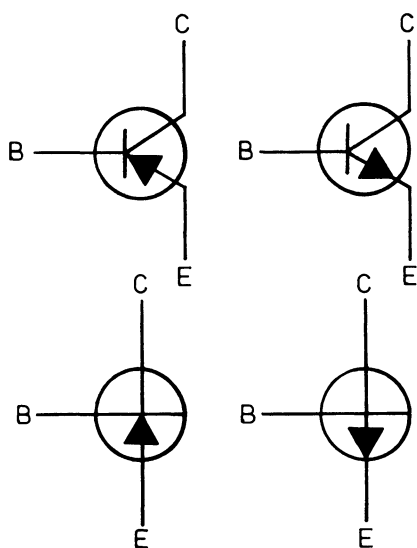
Jo større strøm, der trækkes i emitterstrækningen, des større strøm vil der komme til at gå i kollektorstrækningen.

## 1.2 Symboler for transistorer

I praksis anvendes der symboler, når transistorer skal tegnes.

Emitteren, som den elektrode, der sender ladningsbærere videre i transistoren, forsynes med en pil.

Er transistoren en PNP-transistor, vender pilen ind mod basen; er det derimod en NPN-transistor, vender pilen udad.



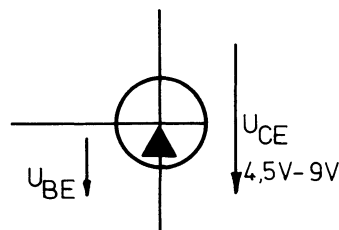
B = Base  
C = Kollektor  
E = Emitter

## 1.3 Transistorers arbejds-spændinger

For transistorer benyttes der normalt kollektorspændinger fra 4,5 til 9 volt, og kollektorstrømmene er fra brøkdele af milliampere til ca. 25 mA.

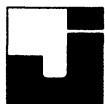
For krafttransistorer eller effekttransistorer anvendes spændinger op til ca. 75 V, og strømmene kan komme op i størrelsesorden på flere ampere.

For at en germaniumtransistor trækker strøm, skal baseemitterspændingen være mellem 0,1 og 0,3 V, og for en siliciumtransistor skal baseemitterspændingen være mellem 0,5 og 0,7 V.



For en NPN-transistor skal base- og kollektorspændingerne være positive i forhold til emitteren, for at transistoren kan trække strøm.

For en PNP-transistor skal base- og kollektorspændingerne være negative i forhold til emitteren, for at transistoren kan trække strøm.



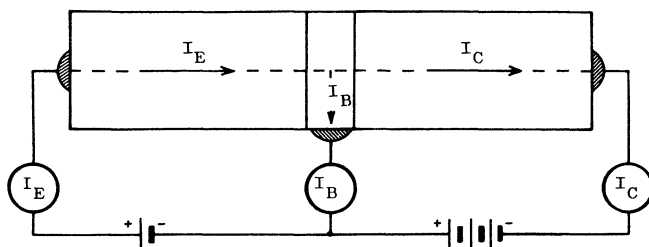
## 1.4 Transistorens strømforhold

Når man måler strømmene i en transistor, vil man finde, at emitterstrømmen deler sig, så noget af strømmen går til basen, medens resten, og det er den største del, går til kollektoren.

Betegnes strømmene i de tre elektroder som henholdsvis  $I_E$ ,  $I_B$  og  $I_C$ ,

vil man finde, at

$$I_E = I_B + I_C.$$



Betegnes forholdet mellem kollektorstrømmen  $I_C$  og emitterstrømmen  $I_E$  ved størrelsen  $\alpha$  (strømforstærkningsfaktoren) er

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E}, \text{ eller } I_C = \alpha \times I_E$$

Såfremt der styres ind på emitteren, er kollektorstrømmen derfor bestemt som  $I_C = \alpha \times I_E$ .

I de fleste tilfælde vil man dog styre ind på basen. Ønsker man derfor at finde et udtryk for forholdet mellem kollektorstrøm og basestrøm udtrykt ved strømforstærkningsfaktoren  $\alpha$  alene, kan dette findes på følgende måde:

Basestrømmen er forskellen mellem emitterstrømmen og kollektorstrømmen.

$$I_B = I_E - I_C.$$

Af udtrykket

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} \text{ findes } I_E = \frac{I_C}{\alpha}.$$

Indføres dette i ovenstående udtryk, findes at

$$I_B = \frac{I_C}{\alpha} - I_C = I_C \left( \frac{1}{\alpha} - 1 \right),$$

eller

$$I_B = I_C = I_C \frac{1 - \alpha}{\alpha},$$

der omskrives til

$$I_C = I_B \times \frac{\alpha}{1 - \alpha}.$$

Størrelsen

$$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

er strømforstærkningen regnet fra base til kollektor.

For værdier af  $\alpha$  liggende mellem 0,91 og 0,999 vil størrelsen

$$\frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

ligge mellem ca. 10 og 1000.

## 2. TRANSISTORENS

## GRUNDKOBLINGER

En transistor kan som antydnet anvendes som forstærkningselement på et par forskellige måder.

## 2.1 Jordet base eller fællesbasekobling

Sendes en lille spændingsvariation ind på emitterbasestrækningen, vil den bevirke en strømvariation i denne strækning.

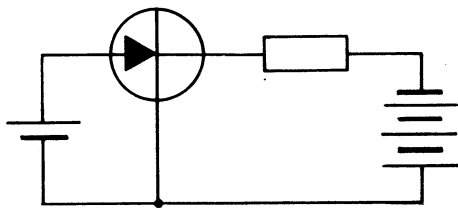


I kollektorkredsen fremkommer derved en strømændring af samme størrelsesorden som strømændringen i emitterkredsen, men da kollektorspændingen er væsentlig større end styrespændingen i emitterkredsen, vil man ved at indkoble en modstand, telefon eller højttaler i kollektorkredsen få afsat væsentlig større effekt her end den effekt, der tilføres emitterkredsen.

Ser man på spændingen over den enhed, der er indkoblet i kollektorkredsen, vil man finde, at der er sket en spændingsforstærkning.

Denne kobling (fællesbasekobling) anvendes fortrinsvis i HF-forstærkere ved forstærkning af meget høje frekvenser, som for eksempel 50 MHz og derover.

Strømførstærkningen er som foran nævnt mindre end 1, men med rigtigt valgt kollektormodstand eller kollektorimpedans opnås der en effektførstærkning.

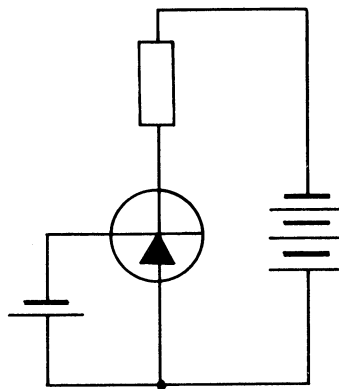


## 2.2 Jordet emitterkobling

Benyttes emitteren som fælles elektrode i de to kredsløb, findes, at en ændring i basestrømmen vil bevirke en væsentlig større ændring i kollektorstrømmen.

Anbringes der som før en modstand, telefon eller en højttaler i kollektorkredsen, findes, at der her er sket en virkelig strømførstærkning, en spændingsforstærkning og en effektførstærkning.

Denne form for kobling (fælles-emitterkobling) er den hyppigst anvendte.

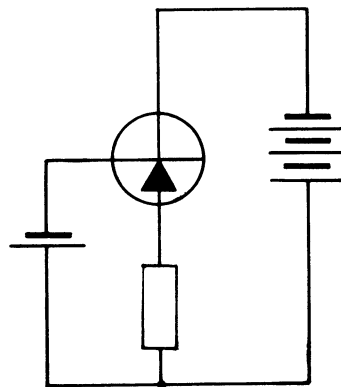


## 2.3 Jordet kollektorkobling

Transistoren kan også kobles på en sådan måde, at emitteren forbindes gennem en passende modstand til neutralt punkt, og kollektoren tilføres spænding uden indskydelse af modstand.

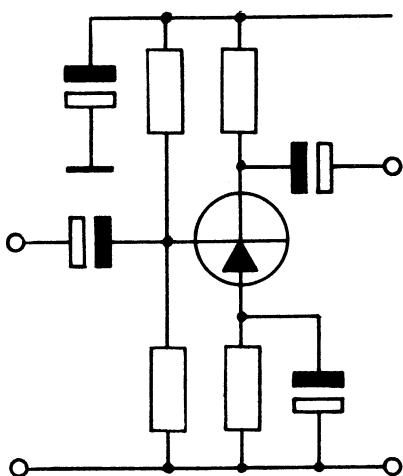
Tilføres der basen et signal, vil tilsvarende signal kunne udtages over emittermodstanden. Forstærkningen er her mindre end 1.

Et sådant trin anvendes, hvor der skal udføres en impedanstransformering.



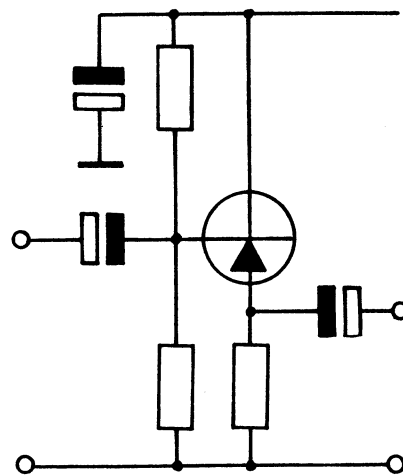


## Jordet emitter



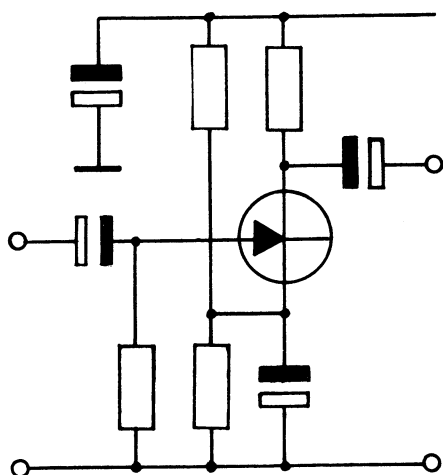
Indgangsmotstand	2 k $\Omega$
Udgangsmotstand	40 k $\Omega$
Strømførstærkning	> 50
Spændingsførstærkning	> 50
Fasedrejning	180°

## Jordet kollektor



Indgangsmotstand	100 k $\Omega$
Udgangsmotstand	1,5 k $\Omega$
Strømførstærkning	> 50
Spændingsførstærkning	< 1
Fasedrejning	0°

## Jordet basis



Indgangsmotstand	25 $\Omega$
Udgangsmotstand	600 k $\Omega$
Strømførstærkning	< 1
Spændingsførstærkning	> 50
Fasedrejning	0°

Værdierne er retningsgivende for LF småsignalforstærkere og gælder kun for selve forstærkerelementet.



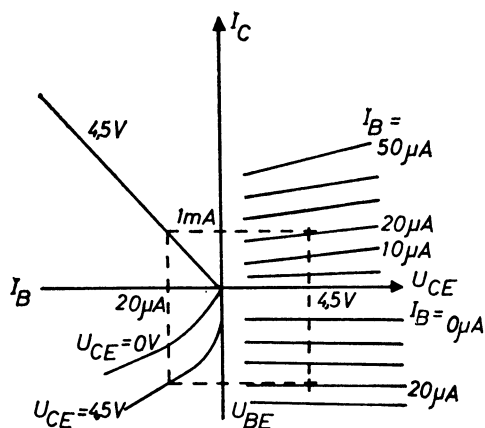
### 3. TRANSISTORENS KARAKTERISTIK

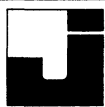
Ønsker man at opnå et mere komplet overblik over transistorens funktion med dens forskellige variable, kan man optage et sæt karakteristikker inden for transistorens arbejdsområde.

Dette gøres ved hjælp af et koordinatsystem, hvor tre eller alle fire kvadranter anvendes.

De fire karakteristikker er:

1. Kollektorstrømmen  $I_C$  som funktion af kollektoremitter-spændingen  $U_{CE}$ , med basisstrømmen  $I_B$  som parameter, udgangsimpedans.
2. Kollektorstrømmen  $I_C$  som funktion af basisstrømmen  $I_B$ , med kollektoremitter-spændingen  $U_{CE}$  som parameter, evt. på fast værdi, strømforstærkning.
3. Basisemitterspændingen  $U_{BE}$  som funktion af basisstrømmen  $I_B$ , med kollektoremitter-spændingen  $U_{CE}$  som parameter, evt. på fast værdi, indgangsimpedans.
4. Basisemitterspændingen  $U_{BE}$  som funktion af kollektoremitter-spændingen  $U_{CE}$ , med basisstrømmen  $I_B$  som parameter. Opgives ikke altid.





## DISPOSITION

1. Lækstrømme
2. Effekt
3. Arbejdspunkt
4. Arbejdspunktstabilisering
5. AC-forstærker

### 1. LÆKSTRØMME

#### 1.1 Modstandsværdier

Den ideelle diode har ingen modstand i lederetningen ( $0 \Omega$ ) og uendelig stor modstand i spærreretningen ( $\infty \Omega$ ), så ideelle forhold kan aldrig opnås.

I gennemgangsretningen har en siliciumdiode en modstand på 1 til  $10 \Omega$ .

I spærreretningen har en siliciumdiode en modstand på 1 til  $10 G\Omega$  ( $10^9 \Omega$ ) ved stuetemperatur, og er således nærmere det ideelle forhold.

De tilsvarende værdier for en germaniumdiode er henholdsvis 35 til  $100 \Omega$  og 1 til  $10 M\Omega$ .

#### 1.2 Lækstrømmenes temperaturafhængighed

Umiddelbart er der ikke noget problem med strømgennemgang i spærreretningen - den såkaldte lækstrøm, men lækstrømmen er stærkt afhængig af temperaturforholdene.

Som tommelfingerregel kan angives:

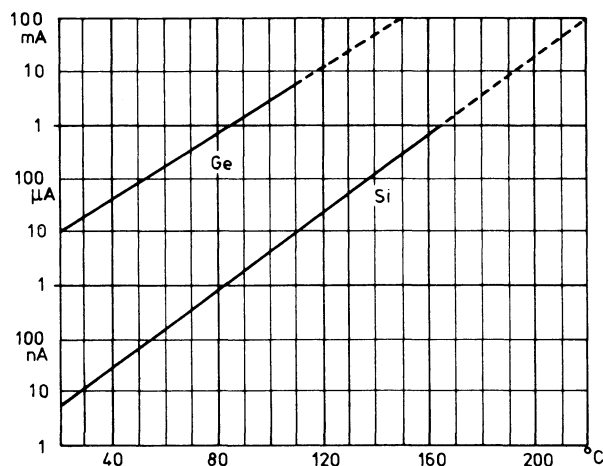
Ge-dioder:

Fordobling af lækstrøm for temperaturstigning på ca.  $9^\circ C$ .

Si-dioder:

Fordobling af lækstrøm for temperaturstigning på ca.  $6^\circ C$ .

Temperaturafhængighed afbildet i enkeltlogaritmisk målestok.



Ved stuetemperaturer er lækstrømme ubetydelige i nano- eller mikroampereområdet.

Ved højere temperaturer kan lækstrømme vokse til størrelser, der ikke helt kan ses bort fra.

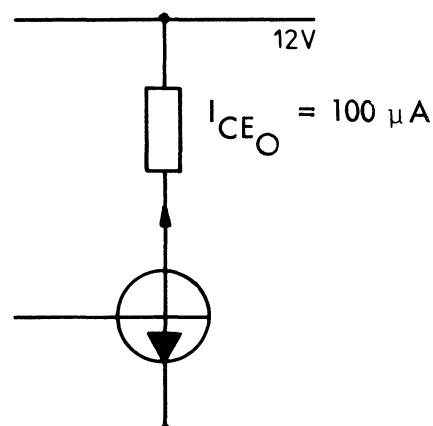
Germaniumdioder tåler på max. 110 til  $115^\circ C$ .

Siliciumdioder tåler op til  $170^\circ C$ .

#### 1.3 Betegnelser

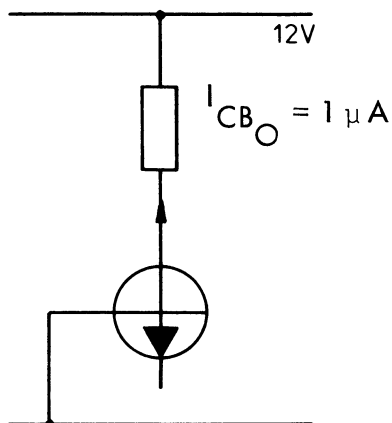
I figurene er angivet to forskellige transistorkoblinger med lækstrømmenes størrelser og betegnelser.

$I_{CEO}$  angiver lækstrøm, når basen "svæver".

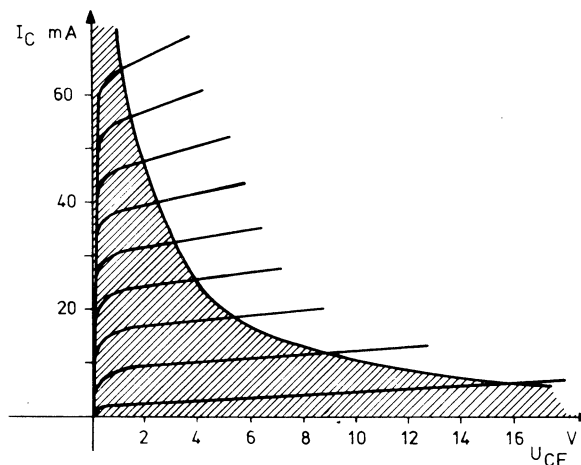




$I_{CB0}$  angiver lækstrøm, når emitteren "svæver".



Da  $P_{max}$  er en konstant værdi for en given transistor, kan den fremstilles grafisk som en hyperbel i  $U_{CE} - I_C$ -koordinatsystemet.



## 2. EFFEKT

### 2.1 Tilladelig effekt

Når transistoren arbejder i en opstilling, vil der afsættes en større eller mindre effekt i transistoren.

Afhængig af transistorens størrelse, afkølingsmuligheder og materiale, Si eller Ge, kan der tildeles en vis maksimal afsat effekt,  $P_{max}$ .

### 2.2 Afsat effekt

Den afsatte effekt i transistoren er:

$$P = U_{CE} \times I_C$$

Omskrives ligningen og indsættes den maksimalt tilladte effekt, fås:

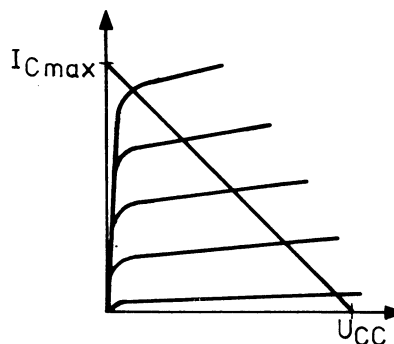
$$I_C = \frac{P_{max}}{U_{CE}}$$

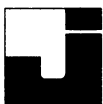
## 3. ARBEJDSPUNKT

### 3.1 Arbejdslinie

Skal transistoren anvendes som forstærker, bruges følgende fremgangsmåde:

I karakteristikfeltet for den anvendte transistortype indlægges i  $U_{CE} - I_C$  karakteristikken en arbejdslinie for en belastningsmodstand (kollektormodstand) beregnet ud fra maksimal kollektorstrøm  $I_{Cmax}$  og forsyningsspændingen  $U_{CC}$ .



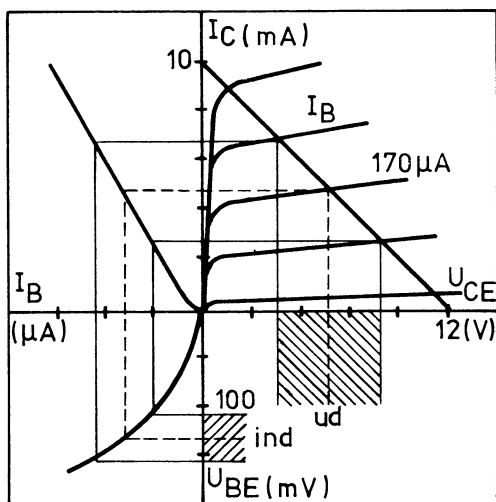


## 3.2 Eksempel

$$U_{CC} = 12 \text{ V}, I_{C_{\max}} = 10 \text{ mA}.$$

$$R_C = \frac{U_{CC}}{I_{C_{\max}}} = \frac{12 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 1,2 \text{ k}\Omega.$$

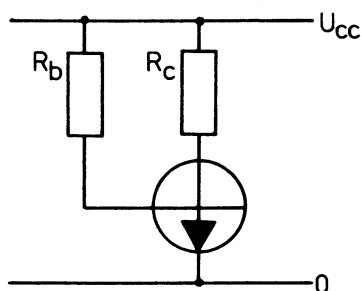
Man kan nu tegne arbejdslinien og indlægge arbejdsunktet på dennes midte, hvilket sikrer symmetrisk udstyrsområde, som vist skraveteret.



Af karakteristikken aflæses en kollektorhvilestrøm  $I_C$  på 5 mA, en  $U_{CE}$  på 6 V og en basisstrøm på 170  $\mu\text{A}$  ved en  $U_{BE}$  på 130 mV.

## 3.3 Basismodstand

For at give transistoren basisstrøm, og spænding skal der indskydes en modstand mellem forsyningspændingen og basen.



Basemodstanden skal have en sådan størrelse, at basisstrømmen giver det korrekte arbejdsunkt.

Ændres basestrømmen, flytter arbejdsunktet sig.

## 4. ARBEJDSPUNKTSTABILISERING

Det viser sig imidlertid, at den kobling angivet i det forrige har den kedelige egenskab, at arbejdsunktet meget let forskydes under termisk påvirkning, og det derfor er nødvendigt at foretage en arbejdsunktstabilisering.

## 4.1 Temperaturafhængighed

Den termiske påvirkning skyldes hovedsageligt følgende faktorer:

Kollektorstrømmen  $I_C$  ( $I_{CO}$ ) vil stige ved stigende temperaturer (samme fænomen som diodens lækstrøm).

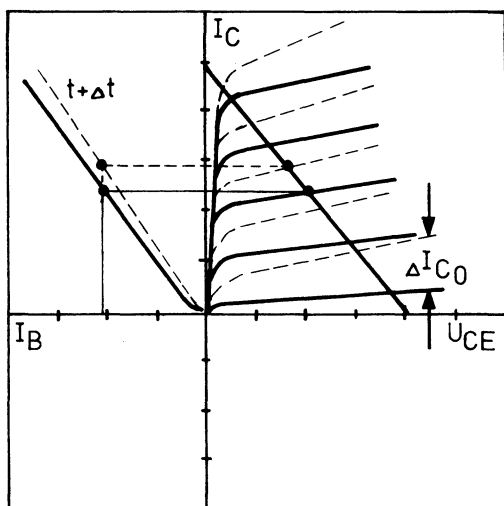
Den basis/emitterspænding, der kræves for at give en vis emitterstrøm og dermed kollektorstrøm ( $I_E \sim I_C$ ), aftager med stigende temperatur, nemlig med 2 til 2,5 mV/ $^{\circ}\text{C}$ .

Den mest anvendte størrelse i beregninger er -2,3 mV/ $^{\circ}\text{C}$ .

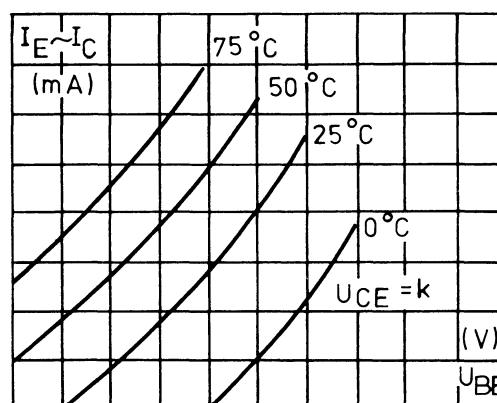
Strømførstærkningsfaktoren  $h_{FE}$  tiltager med stigende temperatur.



Ved stigende  $h_{FE}$  vil arbejds-  
punktet flytte, og udgangsspændingen  
bliver forvrænget.



Denne temperaturafhængighed af  
 $I_C \sim I_E$  kan vises grafisk ved en  
karakteristik af  $I_E$  som funktion af  
 $U_{BE}$  med forskellige værdier af  
temperatur som parameter og  $U_{CE}$   
= konstant.



#### 4.2 Ændring af $I_{CO}$

Ændringen af lækstrømmen  $I_{CO}$   
sker efter ligningen:

$$I_{CO_t} = I_{CO_{t_0}} \times 2,71^{k(t - t_0)}$$

hvor

$I_{CO_{t_0}}$  = Lækstrømmens værdi ved  
referencetemperaturen  
 $t_0$ .

$t_0$  = Referencetemperatur.

$t$  = Aktuelle temperatur i  
 $^{\circ}\text{C}$ .

$k$  = Materialekonstant for  
 $\text{Ge} = 0,075/^{\circ}\text{C}$   
 $\text{Si} = 0,13/^{\circ}\text{C}$ .

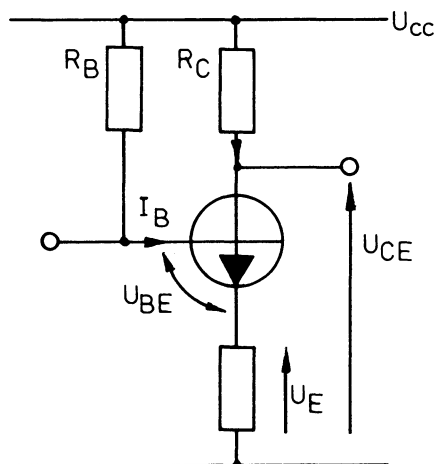
Dette giver en fordobling af læk-  
strømmen for en Ge-transistor for  
hver  $10^{\circ}\text{C}$ , og for en Si-transistor  
for hver  $6^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3 Emittermodstand

For at opnå arbejdspunktstabilise-  
ring af et forstærkertrin anvendes  
en emittermodstand  $R_E$ .

Hvis temperaturen stiger, vokser  
 $I_C$  og dermed  $I_E$ , hvilket giver  
en øget spænding  $U_E$  over emit-  
termodstanden  $R_E$ , hvorved  $U_{BE}$   
mindskes, og transistoren styres i  
retning OFF, og temperaturpå-  
virkningen modvirkes.

$$R_B = \frac{U_{CC} - (U_{BE} + I_C \times R_E)}{I_B}$$

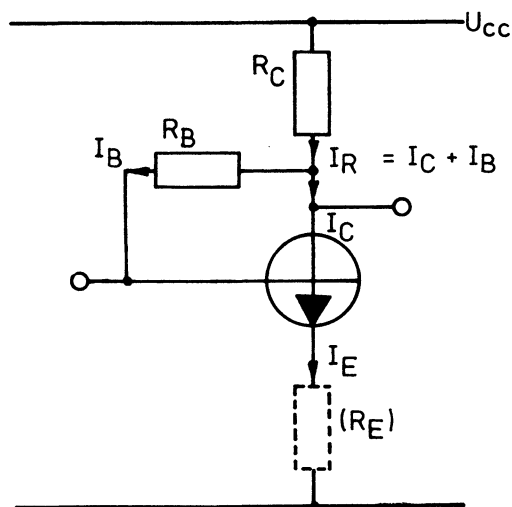




#### 4.4 Kollektorbasismodstand

En anden stabiliseringsmetode fremkommer ved at forsyne basis med strøm direkte fra kollektoren. I denne kobling kan man også indskyde emittermodstand  $R_E$  og få en forbedret stabilitet, som før omtalt.

$$R_B = \frac{U_{CC} - (I_C \times (R_C + R_E) + U_{BE})}{I_B}$$



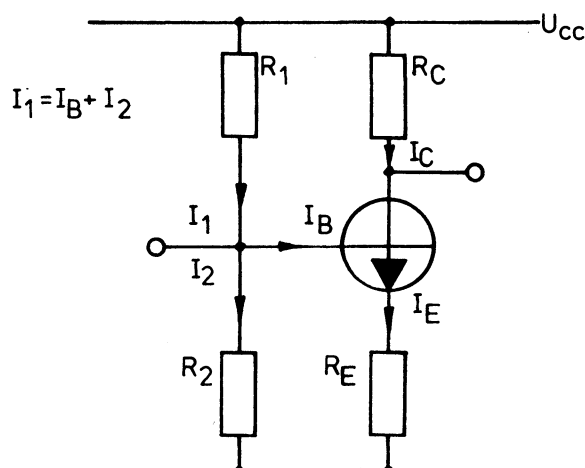
#### 4.5 Basisspændingsdeler

En forbedret arbejds punktstabilisering opnås med en basisspændingsdeler og emittermodstand.

Basisspændingsdeleren holder basisspændingen konstant i forhold til stel.

Ved stigende temperatur forsøger transistoren at trække en større strøm, hvilket bevirker et større spændingsfald over emittermodstanden.

Da basis-emitterspændingen bestemmer strømmen i transistoren, vil den øgede emitterspænding nedsætte basisemitterspændingen og derved holde strømmen i transistoren, og dermed holde arbejds punktet konstant.



Af diagrammet kan sluttes, at dersom man ønsker en god arbejds punktstabilisering, opnås dette ved at anvende så lille en basismodstand  $R_2$  som muligt, hvorved basisspændingen holdes konstant.

Men da  $R_2$  sidder direkte over indgangen til forstærkertrinnet, betyder dette, at jo mindre  $R_2$  vælges, desto mindre bliver forstærkerens indgangsimpedans med større fare for, at denne vil belaste signalkilden.

Ud fra denne betragtning bør  $R_2$  og dermed også  $R_1$  være så stor som mulig.

#### 4.6 Emittermodstanden dimensioneres således, at man får en spænding over denne på:

$$U_{RE} = 0,5 \text{ til } 1 \text{ V.}$$

$R_2$  vælges ofte 10 til 20 gg større end  $R_E$ .

$R_1$  vælges således, at basisemitterspændingen kommer til at passe.



#### 4.7 Eksempel på dimensionering af AC-forstærkeren

Givet:

$$U_{CC} = 12 \text{ V}$$

$$I_{C\max} = 5 \text{ mA},$$

$$U_{RE} = 1 \text{ V}$$

$$I_B = 8 \mu\text{A},$$

$$I_C = 2,1 \text{ mA},$$

$$U_{BE} = 150 \text{ mV}$$

$$R_E = \frac{U_{RE}}{I_C} = \frac{1}{2,1 \text{ m}} = 476 \Omega.$$

Nærmeste standardværdi  $470 \Omega$ .

$$R_2 = 10 \times R_E = 10 \times 470 = 4,7 \text{ k}\Omega.$$

$$U_B = U_{BE} + U_E = 150 \text{ m} + 1 = 1,15 \text{ V}.$$

$$U_{R1} = U_{CC} - U_B = 12 - 1,15 = 10,85 \text{ V}.$$

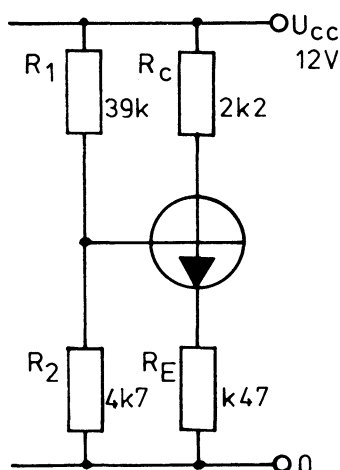
$$R_1 = \frac{U_{R1} \times R_2}{U_B} = \frac{10,85 \times 4,7 \text{ k}}{1,15} =$$

$$44,3 \text{ k}.$$

Som standardværdi vælges  $39 \text{ k}\Omega$ .

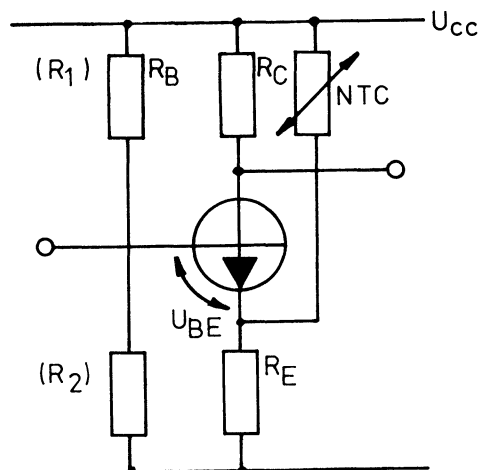
$$R_C = \frac{U_{CC} - U_{RE}}{I_{C\max}} = \frac{12 - 1}{5 \text{ m}} =$$

$$2,2 \text{ k}\Omega.$$



#### 4.8 NTC-stabilisering

I den viste kobling er der anvendt en NTC-modstand mellem forsyningsspænding og emitter.



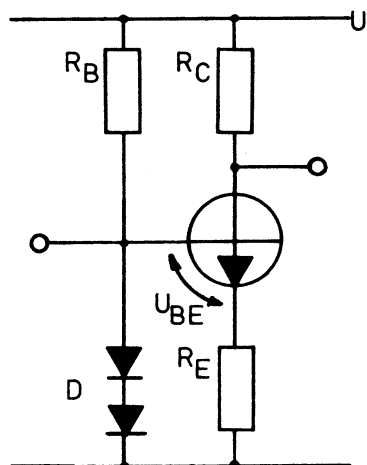
Når temperaturen stiger, falder modstandsværdien i NTC-modstanden, hvorved strømmen gennem  $R_E$  og dermed spændingen over denne stiger. Dette bevirker, at  $U_{BE}$  falder og styrer transistoren mod OFF.

#### 4.9 Diodestabilisering

Indsætter man to dioder i basis-spændingsdeleren i stedet for  $R_2$ , får man en spændingsstabilisering af basisforspændingen, idet spændingen over dioderne praktisk talt er konstant,  $2 \times 0,7 \text{ V}$ , uanset strømmen gennem disse.



Samtidig falder diodespændingen i lederetningen med  $2,3 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$  pr. diode, hvilket kompenserer for basis/emitterovergangens temperaturafhængighed.

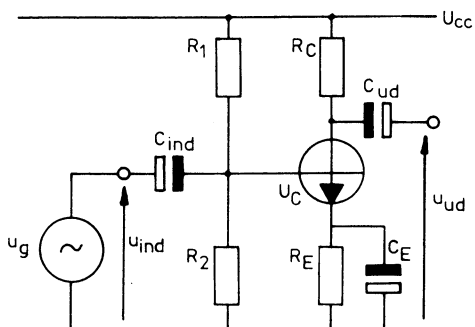


Stiger  $I_C$  og dermed  $I_E$  på grund af temperaturstigning, mindskes  $U_{BE}$ , og transistoren styres mod OFF.

## 5. AC-FORSTÆRKER

### 5.1 Emitterjordet

Diagrammet angiver et meget almindeligt forstærkertrin med modstande til fastlægning af arbejds punkt suppleret med kondensatorerne  $C_{ind}$ ,  $C_{ud}$  og  $C_E$ .

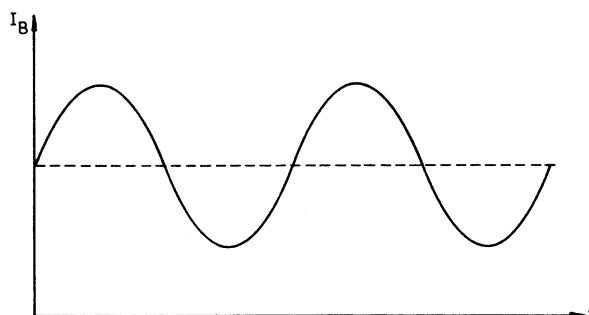


### 5.2 Signalforstærkning

Kredsløbet kan anvendes som signalforstærker.

Overføringskondensatoren  $C_{ind}$  forhindrer, at jævnstrømmen til basis ledes gennem signalgeneratoren, hvorved arbejds punktet vil flytte sig.

Foruden jævnstrømmen  $I_B$  løber der også en signalstrøm,  $i_b$  (vekselstrøm), gennem basis/emitterstrækningen.



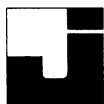
Kollektorstrømmen bliver derfor også overlejret med en vekselstrøm  $i_c$  med samme frekvens som  $i_b$ , men med større amplitude.

Forholdet mellem  $i_c$  og  $i_b$  kaldes signalstrømforstærkningen  $h_{fe}$ , der er af samme størrelse eller større end DC-strømforstærkningen  $h_{FE}$ .

Når signalstrømmen  $i_b$  er uforvrænget siges, at transistoren er strømstyret. Dette kræver, at generatoren har en stor indre modstand.

Betragter man  $U_{be}$  med et oscilloskop, er spændingen forvrænget på grund af diodekarakteristikken.

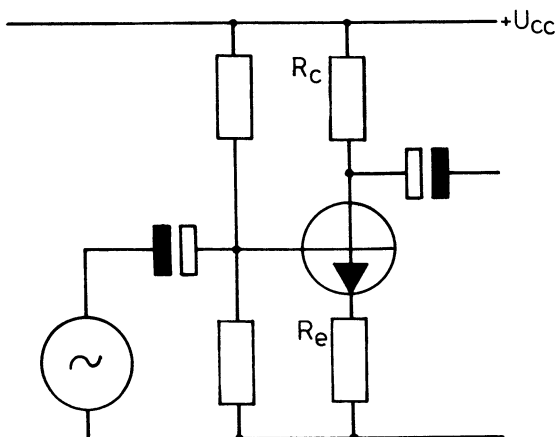
$i_e$  vil derimod være uforvrænget, hvilket også gælder for udgangsspændingen.



### 5.3 Spændingsforstærkning

Uden emitterafkobling bliver spændingsforstærkningen:

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



Med emitterafkobling bliver spændingsforstærkningen:

$$A_u = 40 I_E \times R_c,$$

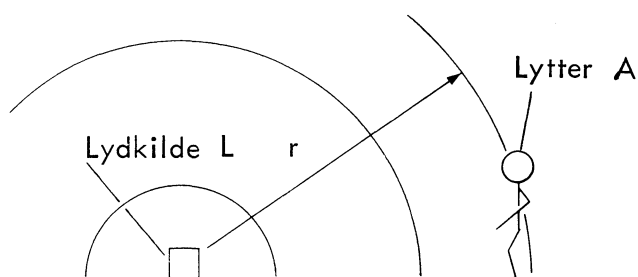
hvor  $I_E$  er den jævnstrøm, som transistoren trækker, og  $R_c$  er den modstand, som kollektoren er belastet af.



## 2. HØRESANS

### 2.1 Lydintensitet

Lydkilden udsender lyd med effekten  $N$ , der passerer den tænkte halvkugle, som lytteren befinder sig på. Halvkuglen har centrum i lydkilden.



Den effekt pr. arealenhed, der passerer halvkuglen, udtrykkes gennem intensiteten  $I$ .

Enheden for  $I$  er Watt pr.  $m^2$   
 $(\frac{W}{m^2})$ .

Lydintensiteten ved A er da:

$$I_A = \frac{N}{2 \times \pi \times r^2}$$

idet halvkuglens overfladeareal er  $2 \times \pi \times r^2$ .

Lydintensiteten bruges til angivelse af lydens styrke.

Denne angives på følgende måde:

$$L_i = 10 \times \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ dB.}$$

$L_i$  = Lydintensitetsniveau

$I$  = Intensitet ved målepunkt

$I_0$  = Referenceværdi

Ved at indføre  $\log \frac{I}{I_0}$  og ikke

blot  $\frac{I}{I_0}$  har man taget hensyn til, at lydens styrke opfattes logaritmisk.

Lydintensitetsniveauet  $L_i$  måles i decibel (dB).

$I_0$  er en referenceværdi med værdien  $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ .

En lyd med  $I = 10^{-12} \text{ W/m}^2$  og frekvensen 1.000 Hz er den svageste lyd, man kan høre.

### 2.2 Lydtryk

I stedet for at angive lydstryken ved hjælp af lydintensiteten, kan man bruge lydtrykket.

Der er følgende sammenhæng mellem intensiteten  $I$  og trykket  $p$ :

$$I = \frac{p^2}{\rho \times c}$$

$\rho$  = Massefylde for det medie, som lyden forplanter sig i.

$c$  = Lydens hastighed i mediet.

Enheden for trykket er Pascal (Pa).

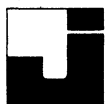
Erstattes  $I$  med  $p$  i ligningen

$$L_i = 10 \times \log \left( \frac{I}{I_0} \right) \text{ fås:}$$

$$L_p = 10 \times \log \left( \frac{p^2}{p_0^2} \right), \text{ idet}$$

$$I = \frac{p^2}{\rho \times c} \text{ og}$$

$$I_0 = \frac{p_0^2}{\rho \times c}$$



Dette giver:

$$L_p = 20 \times \log \left( \frac{p}{p_o} \right) \text{ dB}$$

$L_p$  = Lydtrykniveau

$p$  = Lydtryk ved målepunkt

$p_o$  = Referenceværdi

$p_o$  er sat til  $2 \times 10^{-5}$  Pa.

Er lydtrykket  $2 \times 10^{-5}$  Pa, kan lyden lige netop høres ved frekvensen 1.000 Hz.

Ved måling af lydstyrken er det en fordel at lade denne være baseret på en måling af lydtrykket og ikke lydintensiteten.

Ved en ren stående bølge er intensiteten således nul, fordi effekttransporten gennem en arealenhed i den ene retning er lige så stor som effekttransporten gennem arealenheden i den modsatte retning. Alligevel kan man høre lyden i den stående bølge, hvilket skyldes, at øret reagerer på lydtryk og ikke på lydintensitet.

### 2.3 Høretærskel og smertegrænse

De fleste mikrofoner reagerer også på lydtryk.

Det laveste lydtryk, øret kan opfatte, er  $2 \times 10^{-5}$  Pa.

Lydtrykniveauet er her:

$$L_p = 20 \times \log \left( \frac{2 \times 10^{-5}}{2 \times 10^{-5}} \right) =$$

$$20 \times \log(1).$$

$$L_p = 0 \text{ dB.}$$

Et lydtryk på 20 Pa giver stærke smerter i øret.

Lydtrykniveauet er her:

$$L_p = 20 \times \log \left( \frac{20}{2 \times 10^{-5}} \right) =$$

$$20 \times \log(10^6).$$

$$L_p = 120 \text{ dB.}$$

Disse to værdier kaldes for henholdsvis høretærskelen og smertegrænsen.

Høretærskel: 0 dB.

Smertegrænse: 120 dB.

### 2.4 Hverdagens lydniveauer

De lydtryk, man normalt udsættes for i hverdagen, giver nogle lydniveauer mellem 0 dB og 120 dB.

Følgende niveauer er almindeligt forekommende:

Maskinværksted	80 - 100 dB
Trafikeret gade	70 - 80 dB
Typisk kontor	50 - 60 dB
Dagligstue	40 - 50 dB
Bibliotek	30 - 40 dB.

### 2.5 Subjektiv lydstyrke

Det er allerede vist, at det menneskelige øres opfattelse af en lyds styrke afhænger af lydtrykket.

Der er dog endnu en faktor, der spiller ind ved bedømmelse af lydes styrke.

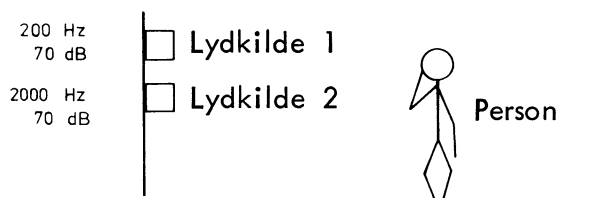
En person hører på to lydkilder med forskellig frekvens 1 og 2.

Lydtrykniveauet fra de to kilder er det samme  $L_p = 70$  dB.



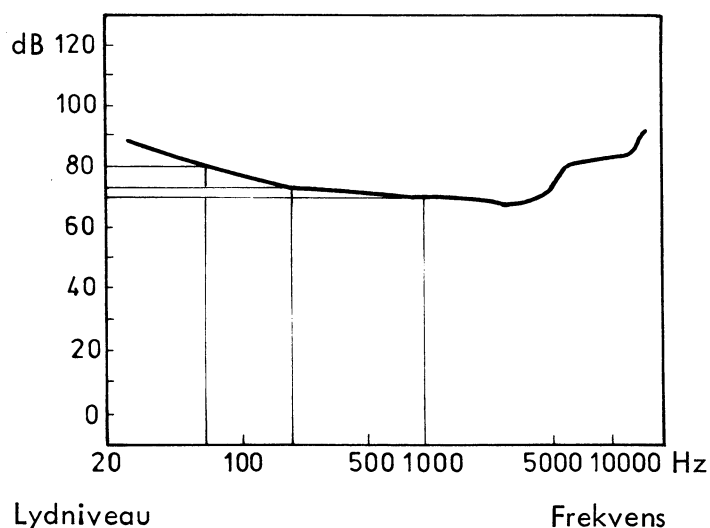
Alligevel påstår personen, at kilderne ikke er lige kraftige.

Lydkilde 1 er ikke nær så kraftig som lydkilde 2.



Dette skyldes, at det menneskelige øres opfattelse af en lyds styrke ikke blot er afhængig af lydtrykket, men også af lydets frekvens.

Den afhængighed, der er mellem frekvens og lydtrykniveau ved en konstant subjektiv lydstyrke, er vist i diagrammet.



Kurven viser, hvor stort lydtrykniveauet skal være ved en valgt frekvens, når den subjektive lydstyrke skal være konstant.

Af diagrammet kan aflæses:

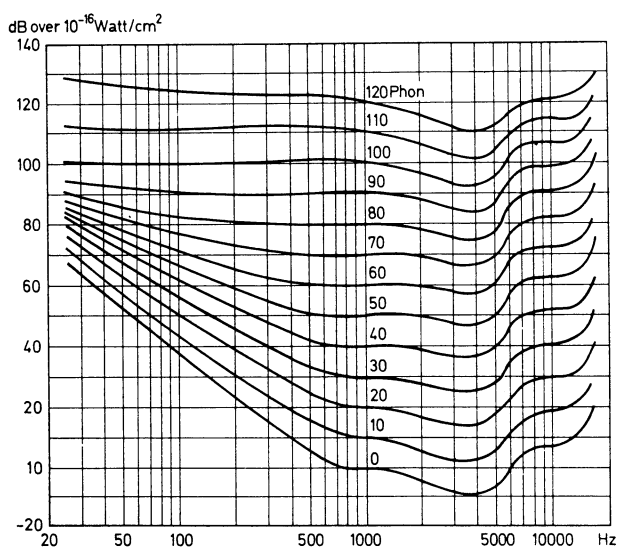
En lyd med frekvensen 70 Hz og lydtrykniveauet 80 dB opfattes som værende lige så kraftig som en lyd med frekvensen 200 Hz og lydtrykniveauet 75 dB.

Begge disse lyde opfattes igen som værende lige så kraftige som en lyd med frekvensen 1.000 Hz og lydtrykniveauet 70 dB.

Kurven gælder kun for én bestemt subjektiv lydstyrke.

## 2.6 Phon

Til hver kurve i diagrammet hører en bestemt subjektiv lydstyrke, der er udtrykt i enheden phon.



Ved frekvensen 1.000 Hz har lydtrykniveauet i dB og den subjektive lydstyrke i phon samme talværdi.

Det ses, at øret har sværere ved at opfatte lyde med lav frekvens end lyde med høj frekvens.

## 2.7 Ændringer i lydtrykniveau

Øret kan lige netop opfatte en niveauændring på ca. 3 dB.

En ændring på 8 til 10 dB opfattes som en fordobling eller halvering af lydtrykniveauet.



## DISPOSITION

### 1. Diagramsymboler

#### 1. DIAGRAMSYMBOLER

##### 1.1 Generelt

Ved tegning af diagrammer benyttes en række standardsymboler, der i det store hele er ens verden over. De vigtigste er vist på de efterfølgende sider.

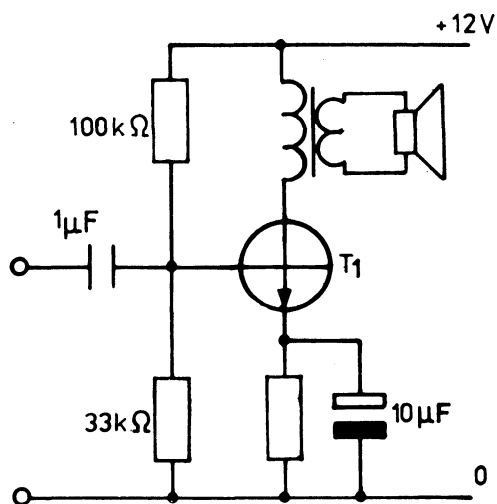
Hvert tegn repræsenterer en "byggesten", det være sig en transistor, en højttaler, et batteri, en kondensator eller lignende.


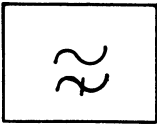

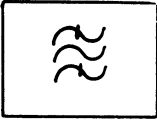
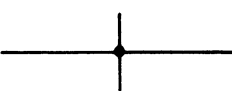

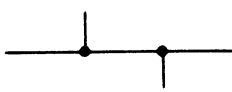
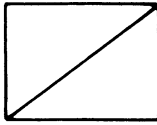




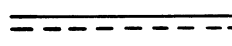

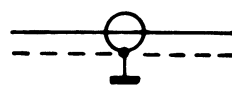

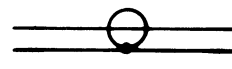
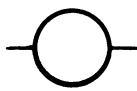


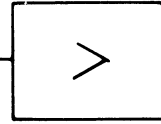
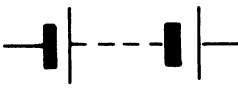
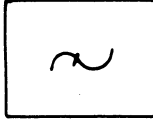

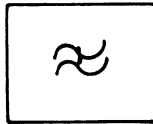
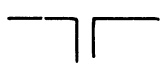
Sådanne komponenter forbindes til de øvrige på diagrammet med en streg.

Tegningen viser et diagram af en forstærker, hvor de enkelte komponenter let kan genkendes ved sammenligning med symbolerne.

Selvom man ikke forstår forstærkerens virkemåde, kan det godt i store træk lade sig gøre at følge vejen gennem opstillingen.


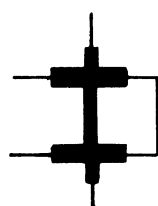
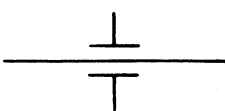
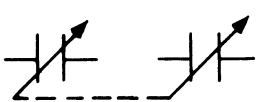


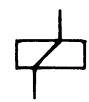

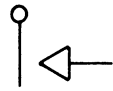


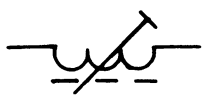
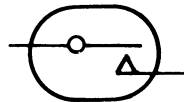


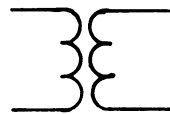

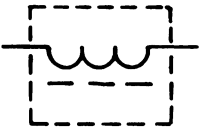






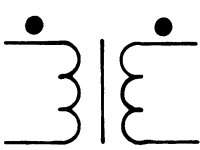

Bemærk, at hver komponent er påført en betegnelse, der svarer til "byggeklodsens" nummer eller størrelse, så det ved reparationsarbejde straks kan ses, hvilken reservedel der skal indsættes.



	Ledning		Høipasfilter
	Krydsende ledninger uden elektrisk forbindelse		Båndpasfilter
	Ledning med elektrisk forbindelse		Båndstopfilter
	Enkelt afgrening		Omformer, almindeligt symbol
	Bøjelig ledning		Jævnstrøm, jævnspænding
	Udskiftelig ledning		Vekselstrøm, vekselspænding
	Skærmet ledning		Vekselstrøm, vekselspænding, lavfrekvens
	Skærmet ledning med skærm forbundet til stel		Vekselstrøm, vekselspænding, højfrekvens
	Koaksialledning		Generator, symbolet eller betegnelsen i ringen angiver arten
	Bloktion, symbolet eller teksten i blokken angiver funktion		Element, den korte streg angiver den negative pol
	Forstærker		Batteri eller akkumulator
	Filter, almindeligt symbol		Antenne, uafstemt
	Lavpasfilter		Dipolantenne, afstemt



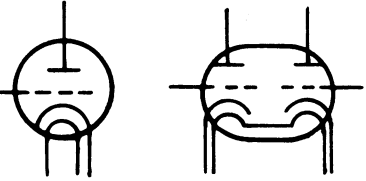

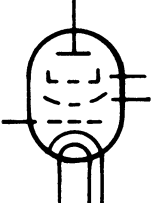
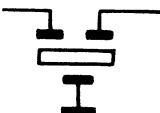
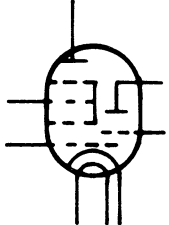
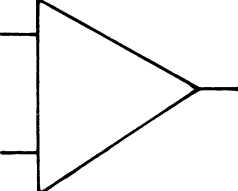

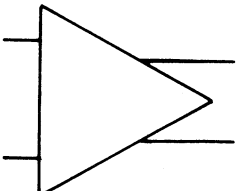

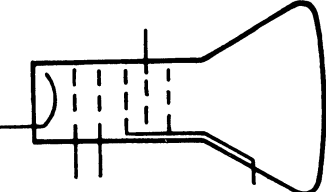


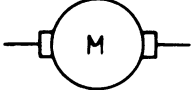


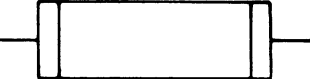
	Senderantenne		Trimmemodstand, variabel modstand
	Jordforbindelse		Potentiometer
	Stelforbindelse		Trimmemodstand (preset)
	Afbryder		Modstand med udtag
	Omskifter (dreje)		Selvvariabel modstand, almindeligt symbol. Ved signaturen kan angives arten f. eks. $-t^{\circ}$ (NTC), $+t^{\circ}$ (PTC) og $-u$ (VDR)
	Omskifter (dreje)		
	Omskifter (skyde)		
	Symbol for variationsmulighed		NTC modstand, modstand med negativ temperaturkoefficient
	Variationsmulighed ved brug af værktøj (trimning)		VDR modstand, spændingsafhængig modstand
	Trinvis reguleringsmulighed		Impedans, almindeligt symbol
	Gnistgab		Kondensator, almindeligt symbol
	Smeltesikring		Elektrolytkondensator, udfyldte elektrode er den negative pol
	Sikringsmodstand		Elektrolytkondensator, bipolar
	Modstand, almindeligt symbol		Drejekondensator

	Trimmekondensator		Transduktor
	Gennemføringskondensator		
	Mekanisk kobling mellem regulerbare apparatdele angives ved kortstreglinje		Justerbar magnet
	Spole, almindeligt symbol		Relæspole
	Spole med jernkerne		Sluttekontakt
	Spole med HF-kerne		Brydekontakt
	Spole med variabel selvinduktion		Reed-relæ
			Mikrofon
	Spole med gensidig induktion		Pick-up
	Spole med afskærmning	     	Tonehoved, symbolet i hovedet angiver arten
	Transformator, ● angiver polaritet		Indspillehoved
			Afspillehoved
			Kombihoved
			Stereohoved
	Visende instrument. Instrumentets art kan angives med bogstaver i stedet for pilen		Slettehoved

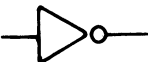
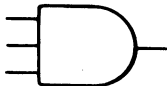
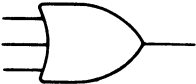







	Telefon		Fotomodstand
	Hovedtelefon, enkelt og dobbelt		Fotoelement
	Højtaler		Hall-generator
	Lampe		PNP transistor
	Halvlederdiode		NPN transistor
	Tunneldiode		Field effect transistor, FET N-channel
			MOS field effect transistor (MOSFET) N-channel selvledende
	Kapacitetsdiode		MOSFET med dobbelt gate, DUAL-GATE MOSFET
	Zenerdiode		MOSFET N-channel selvspærrende
	Thyristor (SCR), styret ensretter		Darlington transistor, NPN
	Thyristor (SCS), styret switch		Darlington transistor, PNP
	Lysemitterende diode, LED		
	Fotodiode		



	Triode, enkelt og dobbelt		Krystal
	Pentode		Keramisk filter
	Triode- hexode		Integreret forstærker med ubalanceret udgang
	Optisk indikator, (magisk øje)		Integreret forstærker med balanceret udgang
	Glimlampe		
	Billedrør		Radiotilslutning
			Båndoptager- tilslutning
	Motor		Oscilloskop
	Y-delay		
	Forsinkelse (delay), tid angives i symbol		



	Inverter	
	AND-gate	
	OR-gate	
	NAND-gate	
	NOR-gate	
	Schmitt-trigger	
	Eksklusive OR-gate	
	Eksklusive NOR-gate	

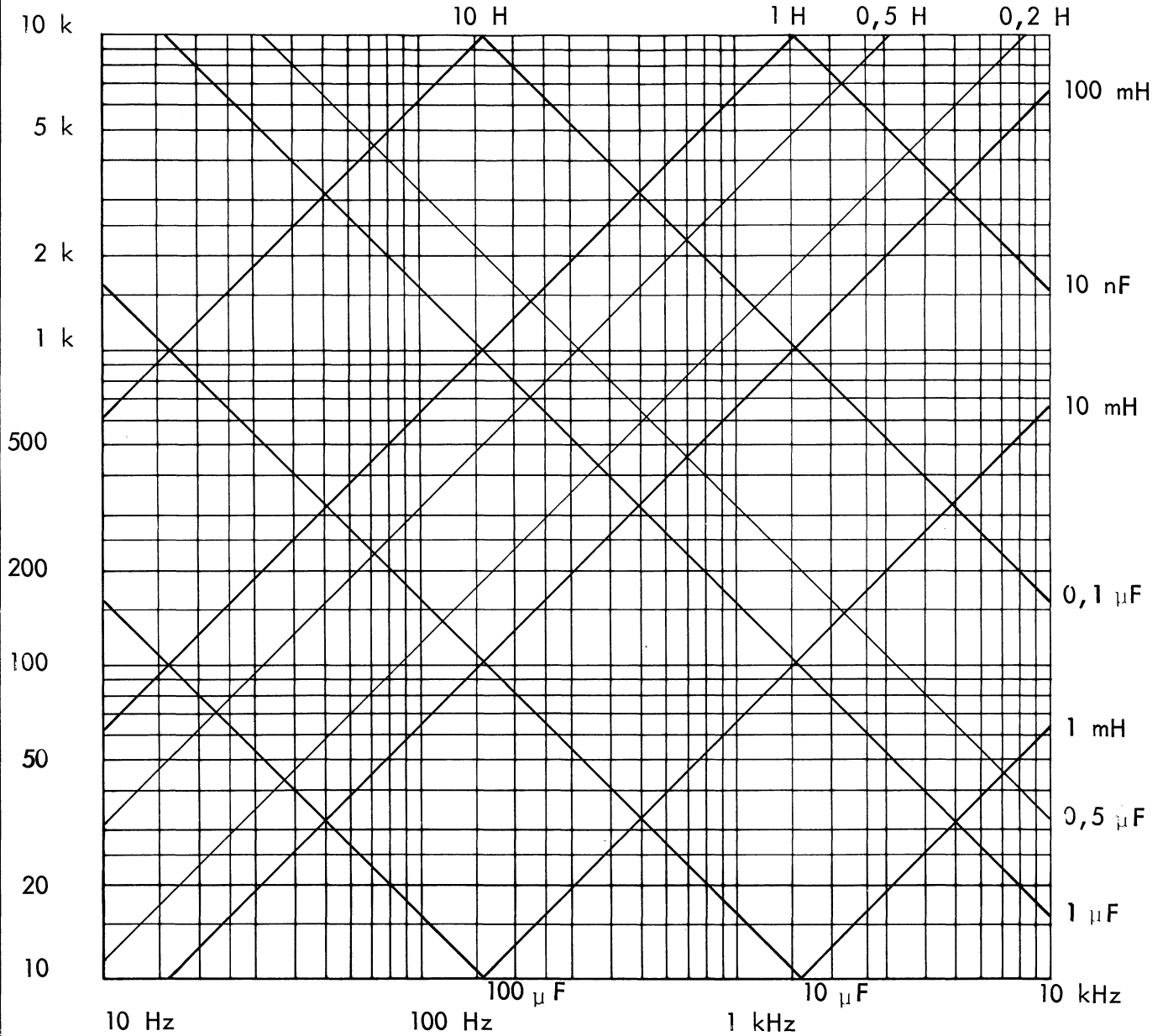


Alfa	$A$	$\alpha$	(A)
Beta	$B$	$\beta$	(B)
Gamma	$\Gamma$	$\gamma$	(C)
Delta	$\Delta$	$\delta$	(D)
Epsilon	$E$	$\varepsilon$	(E)
Zeta	$Z$	$\zeta$	(Z)
Eta	$H$	$\eta$	(Y)
Theta	$\Theta$	$\theta$	
Iota	$I$	$\iota$	[J]
Kappa	$K$	$\kappa$	(K)
Lambda	$\Lambda$	$\lambda$	(L)
My	$M$	$\mu$	(M)
Ny	$N$	$\nu$	(N)
Ksi	$\Xi$	$\xi$	(X)
Omikron	$O$	$o$	
Pi	$\Pi$	$\pi$	(P)
Rho	$P$	$\rho$	(R)
Sigma	$\Sigma$	$\sigma$	(S)
Tau	$T$	$\tau$	(T)
Ypsilon	$Y$	$\upsilon$	[I]
Fi	$\Phi$	$\varphi$	[F]
Khi	$X$	$\chi$	
Psi	$\Psi$	$\psi$	
Omega	$\Omega$	$\omega$	

Det tilsvarende latinske bogstav er angivet i parantes ( ).

Klammerne [ ] angiver, at det latinske bogstav ikke svarer nøjagtigt til det græske.

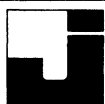
For de små bogstaver theta, kappa og fi ses ofte i amerikansk litteratur varianter, der er formindskede udgaver af tegnene for de tilsvarende store bogstaver.

Reaktans ( $\Omega$ ).



Standardrækker af værdier i en dekade for modstande og kondensatorer i overensstemmelse med I. E.C. publication 63.

E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48	E192	E96	E48
100	100	100	169	169	169	284			481			816		
101			172			287	287	287	487	487	487	825	825	825
102	102		174	174		291			493			835		
104			176			294	294		499	499		845	845	
105	105	105	178	178	178	298			505			856		
106			180			301	301	301	511	511	511	866	866	866
107	107		182	182		305			517			876		
109			184			309	309		523	523		887	887	
110	110	110	187	187	187	312			530			898		
111			189			316	316	316	536	536	536	909	909	909
113	113		191	191		320			542			920		
114			193			324	324		549	549		931	931	
115	115	115	196	196	196	328			556			942		
117			198			332	332	332	562	562	562	953	953	953
118	118		200	200		336			569			965		
120			203			340	340		576	576		976	976	
121	121	121	205	205	205	344			583			988		
123			208			348	348	348	590	590	590			
124	124		210	210		352			597					
126			213			357	357		604	604		E24	E12	E6
127	127	127	215	215	215	361			612			10	10	10
129			218			365	365	365	619	619	619	11		
130	130					370			626			12	12	
132			221	221		374	374		634	634		13		
133	133	133	223			379			642			15	15	15
135			226	226	226	383	383	383	649	649	649	16		
137	137		229			388			657			18	18	
138			232	232		392	392		665	665		20		
140	140	140	234			397			673			22	22	22
142			237	237	237	402	402	402	681	681	681	24		
143	143		240			407			690			27	27	
145			243	243		412	412		698	698		30		
147	147	147	246			417			706			33	33	33
149			249	249	249	422	422	422	715	715	715	36		
150	150		252			427			723			39	39	
152			255	255		432	432		732	732		43		
154	154	154	258			437			741			47	47	47
156			261	261	261	442	442	442	750	750	750	51		
158	158		264			448			759			56	56	
160			267	267		453	453		768	768		62		
162	162	162	271			459			777			68	68	68
164			274	274	274	464	464	464	787	787	787	75		
165	165		277			470			796			82	82	
167			280	280		475	475		806	806		91		



Præfiks	Symbol	Den faktor, hvormed enheden multipliceres	Benævnelse
		$10^{24}$	Kvadrillion
		$10^{18}$	Trillion
		$10^{15}$	Billiard x)
Tera	T	$10^{12}$	Billion x)
Giga	G	$10^9$	Milliard x)
Mega	M	$10^6$	Million
Kilo	k	$10^3$	Tusind
Hekto	h	$10^2$	Hundrede
Deka	da	$10^1$	Ti
		$10^0$	Én
Deci	d	$10^{-1}$	Tiendedel
Centi	c	$10^{-2}$	Hundrededel
Milli	m	$10^{-3}$	Tusindedel
Mikro	$\mu$	$10^{-6}$	Milliontedel
Nano x)	n	$10^{-9}$	Milliardedel
Pico	p	$10^{-12}$	Billiontedel
Femto	f	$10^{-15}$	Billiardedel
Atto	a	$10^{-18}$	Trilliontedel

Eksempler:

$$1 \text{ Teraohm} = 1 \text{ T}\Omega = 10^{12}\Omega$$

$$1 \text{ Gigawatt} = 1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$$

$$1 \text{ Megahertz} = 1 \text{ MHz} = 10^6 \text{ Hz}$$

$$1 \text{ Kilovolt} = 1 \text{ kV} = 1000 \text{ V}$$

$$1 \text{ Mikrosekund} = 1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$$

$$1 \text{ Nanometer} = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

$$1 \text{ Picofarad} = 1 \text{ pF} = 10^{-12} \text{ F}$$

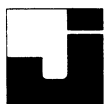
x)

For milliard bruges i USA udtrykket kvadrillion

For billion bruges i USA og Frankrig udtrykket trillion.

For milliard bruges i USA, Frankrig, Italien og Spanien udtrykket billion.

For Nano bruges i USA udtrykket millimikron.



## DISPOSITION

1. Kulmodstande
2. Metalmodstande
3. Trådviklede modstande
4. Variable modstande
5. Temperaturkoefficient
6. Støj i modstande
7. Spændingskoefficient
8. Selvinduktion i modstande
9. Eksempler på data for modstande i databog
10. Ulineære modstande

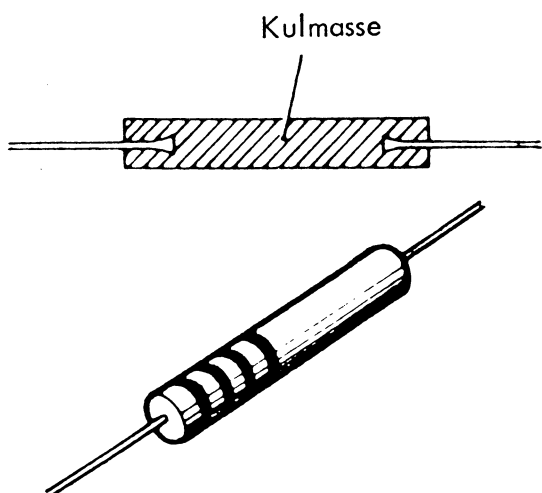
### 1. KULMODSTANDE

#### 1.1 Massemodstande

Består af grafit og bindemiddel, der er presset til små stænger med en loddeterminale i hver ende.

#### 1.2 Data

Arbejdstemperatur	40 til 70°C
Tolerance	5 til 20%
Arbejdsspænding	100 til 750 V
Effekt	0,1 til 2 W

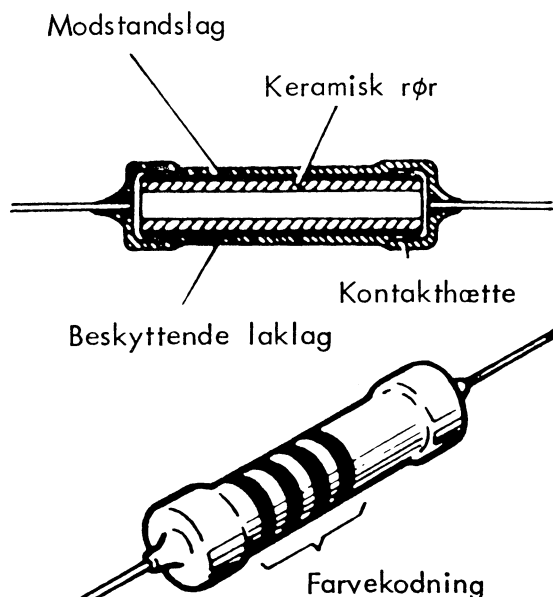


#### 1.3 Lagmodstande

Fremstilles ved at pådampe et tyndt kullag på et cylindrisk keramikemne.

#### 1.4 Data

Arbejdstemperatur	40 til 70°C
Tolerance	1 til 5%
Arbejdsspænding	100 til 750 V
Effekt	0,1 til 2 W



### 2. METALMODSTANDE

#### 2.1 Metalfilmmodstande

Fremstilles ved at pådampe et keramikemne et tyndt metallag.

Kan leveres med temperaturkoefficienter ned til  $\pm 0,000015/^{\circ}\text{C}$ .

#### 2.2 Data

Arbejdstemperatur	70 til 125°C
Tolerance	0,1 til 5%
Arbejdsspænding	100 til 750 V
Effekt	0,1 til 2 W



### 2.3 Metaloxymodstande

Består af et keramikemne, hvor der ved en varmebehandling er lagt et lag metaloxyd, ofte tin-oxyd.

### 2.4 Data

Arbejdstemperatur 100 til 150 °C

Tolerance 1 til 10%

Arbejdsspænding 250 til 700 V

Effekt 0,1 til 100 W

### 3. TRÅDVIKLEDE MODSTANDE

#### 3.1 Opbygning

Består af et keramikrør beviklet med modstandstråd.

Tråden er forsynet med loddeterminaler i begge ender og dækket med et lag lak, cement eller emalje.

#### 3.2 Data

Arbejdstemperatur:

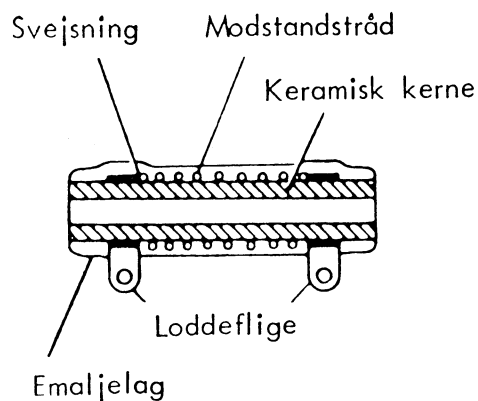
1. Lakbeskyttet 180 °C

2. Cementbeskyttet 275 °C

3. Emaljebeskyttet 450 °C

Tolerance 0,25 til 10%

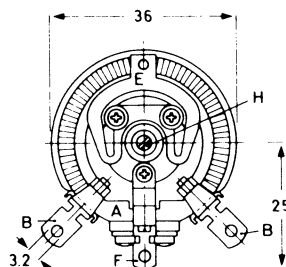
Effekt 0,4 til 250 W



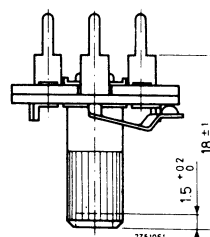
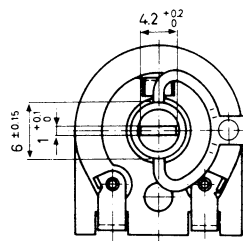
### 4. VARIABLE MODSTANDE

#### 4.1 Trimmepotentiometer

Modstandsbanen består af, enten en modstandstråd



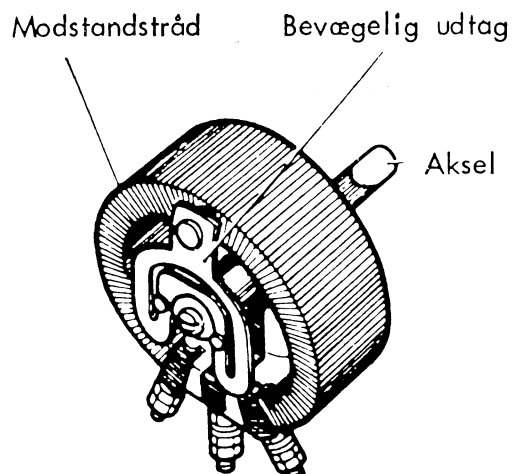
eller en kulbane.



Justeres ved hjælp af værktøj.

#### 4.2 Potentiometre

Samme opbygning som trimmepotentiometre, men er forsynet med en aksel, så de kan reguleres uden brug af værktøj.



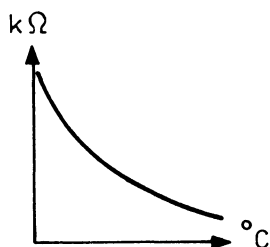


## 10. ULINEÆRE MODSTANDE

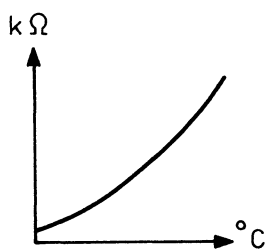
Modstandene ændrer sig, når de udsættes for en af deres konstruktion bestemt, ydre påvirkning, f.eks. temperatur, spænding, lys og lign.

### 10.1 Temperaturafhængige modstande

NTC - Negativ Temperatur Coefficient. Modstandsværdien bliver mindre med stigende temperatur.



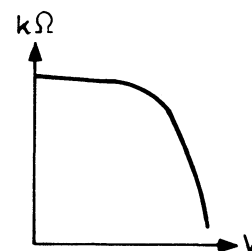
PTC - Positiv Temperatur Coefficient. Modstandsværdien bliver større med stigende temperatur.



### 10.2 Spændingsafhængige modstande

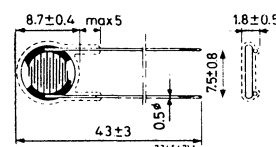
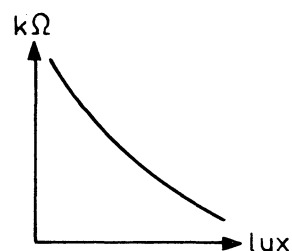
VDR - Voltage Dependent Resistor.

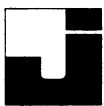
VDR'en har en stor modstand, op til en af modstandens konstruktion bestemt spænding. Ved denne spænding falder modstandsværdien.



### 10.3 Lysafhængige modstande

LDR - Light Dependent Resistor. Modstandsværdien ændrer sig, afhængig af den belysning modstanden udsættes for.



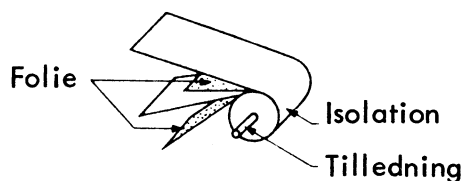
DISPOSITION

## 1. Typer

1. TYPER

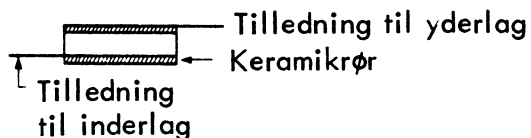
## 1.1 Papirkondensator

- isolationsmaterialet er olieret papir
- ledematerialet er metalfolie



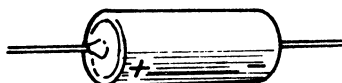
## 1.2 Keramisk kondensator

- isolationsmaterialet er keramik
- ledematerialet er metalfilm udfoldet på ud- og indvendig side af keramikrør



## 1.3 Elektrolytkondensator

- isolationsmaterialet er papir, der er vædet med elektrolytisk væske
- ledematerialet er metalfolie
- kondensatorerne er mærket og skal vendes korrekt



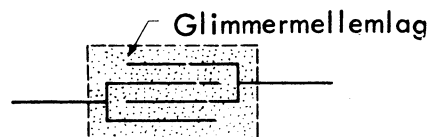
## 1.4 Tantalkondensatoren

- fortrinsvis til printmontage



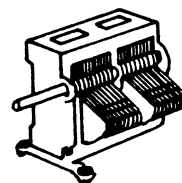
## 1.5 Glimmerkondensator

- isolationsmaterialet er glimmer
- ledematerialet er metalplader
- små elektriske tab



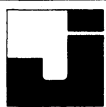
## 1.6 Variabel kondensator

- isolationen er luft
- ledematerialet er metalplader
- pladerne må ikke bøjes
- drejekondensator



- trimmekondensator





## DISPOSITION

1. Kapacitet
2. Spænding
3. Værdiangivelse
4. Polarisering

### 1. KAPACITET

#### 1.1 Definition og betegnelse

- kondensatorens evne til at rumme elektricitet kaldes kondensatorens kapacitet, som måles i FARAD (skrives F)

$$- \frac{F}{1000000} = \mu F \text{ (mikrofarad)}$$

$$- \frac{F}{1000000000} = nF \text{ (nanofarad)}$$

$$- \frac{F}{1000000000000} = pF \text{ (picofarad)}$$

- kapacitetens størrelse er afhængig af pladernes størrelse samt deres indbyrdes forhold

### 2. SPÆNDING

#### 2.1 Mærkning

- de fleste kondensatorer er mærket med en spændingsværdi, som måles i volt (skrives V)
- monter aldrig en kondensator, hvor kapaciteten eller spændingsværdien afviger fra det opgivne

### 3. VÆRDIANGIVELSE

#### 3.1 Mærkning

- kondensatorens værdier opgives ved hjælp af
- talværdier
- farvekode
- farvekoden for kondensatorer er ikke international standard

## 4. POLARISERING

#### 4.1 Mærkning

- elektrolytkondensatorer er polariserede og mærket med et + (plustegn) eller farveprik
- skal altid vende rigtigt
- ved forkert montage kan kondensatoren ødelægges



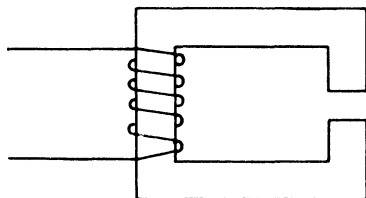
## DISPOSITION

1. Drosselspoler
2. HF-spoler
3. Transformer
4. Håndtering

### 1. DROSSELSPOLER

#### 1.1 Opbygning

- en kobbervikling på en kerne af lamelleret jern
- kernen danner et lukket magnetisk kredsløb
- en luftspalte i kernen kan forøge modstanden i det magnetiske kredsløb



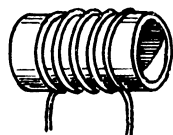
#### 1.2 Anvendelse

- bl.a. i netfiltre

### 2. HF-SPOLER

#### 2.1 Etlagsspoler

- HF-spoler kendes ofte som en etlagsspole og anvendes kun til højere frekvenser, f.eks. afstemningsspoler i modtagere og sendere
- ved etlagsspoler, der anvendes til højere frekvenser, bruges som regel kobbertråd af en forholdsvis svær diameter
- til sendere anvendes ofte forløvede kobberør
- årsagen til dette er, at en højfrekvensstrøm vil søge mod overfladen, og virkningen vil stige med stigende frekvens



#### 2.2 Flerlagsspoler

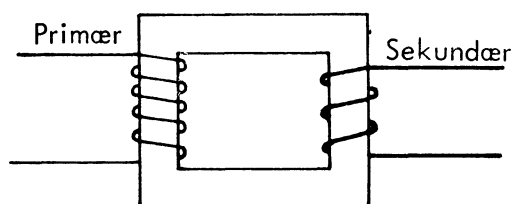
- i almindelige radiomodtagere anvendes der spoler med flere lag viklinger
- spolerne kan være viklet i sektioner på spoleforme med flere kamre, eller de kan være krydsviklede



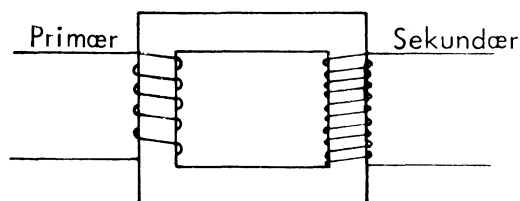
### 3. TRANSFORMER

#### 3.1 Principopbygning

- vikles en kobbertråd på en spoleform og tilsluttes spænding, vil der af den strøm, som kommer i spolen, frembringes et magnetfelt
- er spændingen en vekselspænding, vil strømmen veksle, og det af strømmen frembragte felt vil ændres og skifte retning samtidig med strømmen
- er der få og tykke viklinger på den sekundære side, kommer der en lille spænding og stor strøm



- er der mange og tynde viklinger på den sekundære side, kommer der en stor spænding og lille strøm





#### 4. HÅNTERING

- 4.1 Spoler med løse trådender må behandles varsomt
- de kan knækkes
  - vindinger kan gå løse
- 4.2 Ved lodning på trådender kan der forekomme vanskeligheder, da de ofte er belagt med et lag lak til beskyttelse af tråd
- denne lak må fjernes inden lodning
- 4.3 Modsat er nogle tråde forsynet med lodbar lak og skal ikke fjernes inden lodning

Træk aldrig i en tråd, som kommer fra en spole eller transformer



## DISPOSITION

1. Kodning
2. Dioder
3. Transistorer
4. IC - integrated circuit

### 1. KODNING

Halvledere er ved deres kodning opdelt i to grupper.

#### 1.1 Gruppe 1

Halvledere hovedsagelig beregnet til radio- og fjernsynsmodtagere, pladespillere, båndoptagere og lavfrekvensforstærkere, smalfilm gengivere, høreapparater og lignende udstyr.

For disse halvledere udgøres typebetegnelsen af to bogstaver og tre tal.

#### 1.2 Gruppe 2

Halvledere hovedsagelig beregnet til andre anvendelser end de under gruppe 1 nævnte.

Typebetegnelserne består for disse vedkommende af tre bogstaver og to tal.

#### 1.3 Første bogstav

Angiver halvledermaterialet som følger:

- |   |            |
|---|------------|
| A | Germanium. |
| B | Silicium.  |

#### 1.4 Andet bogstav

Angiver halvledertypen som følger:

- |   |   |
|---|---|
| A | Dioder inklusive spændingsafhængige kapaciteter.        |
| C | Transistorer til lavfrekvensformål.                     |
| D | Krafttransistorer til lavfrekvensformål.                |
| E | Tunneldioder.   |
| F | Transistorer til højfrekvensformål.                     |
| L | Krafttransistorer til højfrekvensformål.                |
| P | Fotohalvledere.   |
| S | Transistorer til regnemaskineformål.                    |
| T | Styrede ensrettere, pnpn transistorer, shockley dioder. |
| U | Krafttransistorer til regnemaskineformål.               |
| Y | Kraftdioder.  |
| Z | Reference- og zenerdioder.                              |

#### 1.5 Tredje bogstav og tal

Disse skal opfattes som serienumre.

Typerne i gruppe 1 har numre mellem 100 og 999, der angiver den tidsmæssige rækkefølge for typeregistreringen.

For typerne i gruppe 1 og 2 bruges bogstaverne og numrene fra Y 10-Y 99 til A 10-A 99 begyndende ved Y 10 og opad gennem alfabetet til angivelse af den tidsmæssige rækkefølge for typeregistreringen (tidligere anvendtes Z som tredje bogstav).

## 1.6 Symboler, der karakteriserer elektroder, spændinger og strømme mv.

### Elektroder:

B	Basis
E	Emitter
C	Kollektor

### Spændinger:

$V_{BE}$	Basisspænding i fælles emitterkredsløb DC.
$V_{BEM}$	Basisspidsspænding i fælles emitterkredsløb.
$V_{CB}$	Kollektorspænding i fælles basiskredsløb DC.
$V_{CBM}$	Kollektorspidsspænding i fælles basiskredsløb.
$V_{CE}$	Kollektorspænding i fælles emitterkredsløb DC.
$V_{CEM}$	Kollektorspidsspænding i fælles emitterkredsløb.
$V_D$	Diodespænding.
$V_{DM}$	Diodespidsspænding.

### Strømme:

$I_C$	Kollektorstrøm DC.
$I_{CM}$	Spidsværdi af kollektorstrøm.
$I_D$	Diodestrøm DC.
$I_{DM}$	Spidsværdi af diodestrøm.
$I_E$	Emitterstrøm DC.
$I_{EM}$	Spidsværdi af emitterstrøm.

### Diverse:

$C_D$	Diodekapacitet.
$f_t$	Frekvens, ved hvilken $h_{fe} = 1$ .
$f_{\alpha b}$	Afskæringsfrekvens i fælles basiskredsløb.
$h_{fe}$	Strømforstærkningsfaktor for en transistor i fælles emitterkredsløb.
$h_{FE}$	Jævnstrømsforstærkningsfaktor for en transistor i fælles emitterkredsløb.
K	Varmemodstand.
$P_C$	Kollektortab.
$T_{amb}$	Omgivelsestemperatur.
$T_j$	Krystaltemperatur.
$T_{mb}$	Temperatur ved bunden af indkapslingen.

## 2. DIODER

En diode er en komponent, der kun tillader strømgennemgang i én retning.

### 2.1 Placering

Ved montering skal en diode vendes rigtigt, og er derfor mærket med + - farvering eller har en speciel udformning af huset.



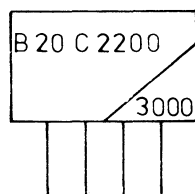
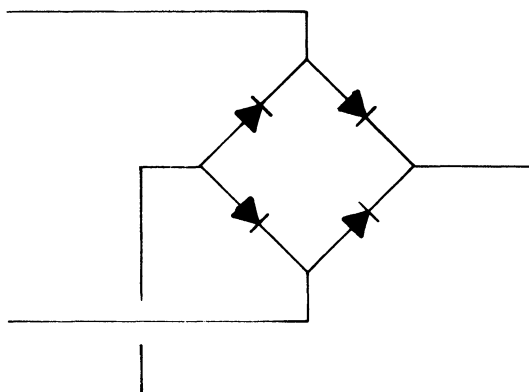
### 2.2 Typer

Der findes dioder beregnet til bestemte formål, f.eks. netensrettere, zenerdioder, kapacitetsdioder og effektdioder.



## 2.3 Netensrettere

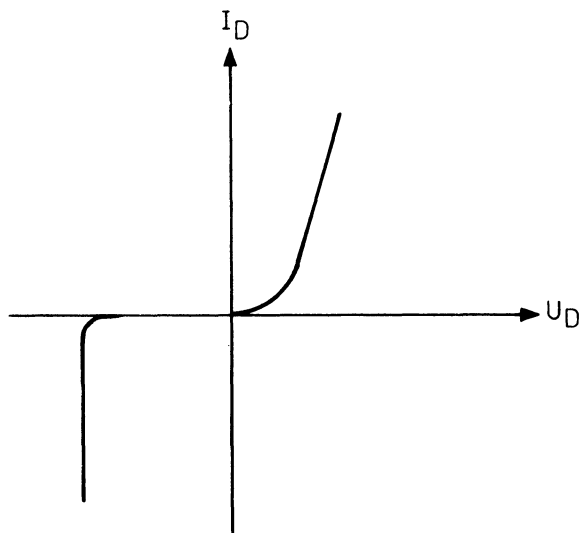
Dioderne er ofte sammenbygget i en brokobling.



## 2.4 Zenerdioder

Dioder ligner i virkemåde VDR, idet den op til en bestemt spænding har en stor modstand, og ved mærkespændingen falder modstanden pludselig.

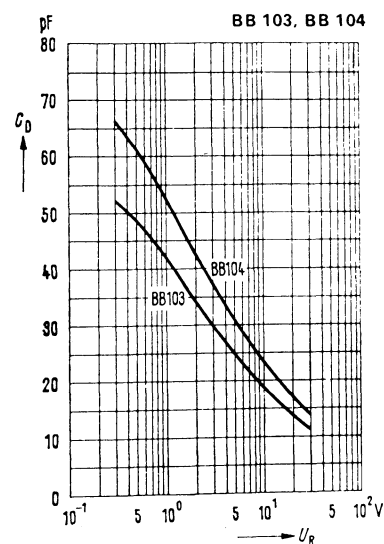
Zenerdioden forbindes med katode til plus og anode til minus.



## 2.5 Kapacitetsdioder

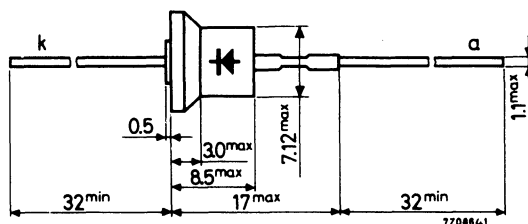
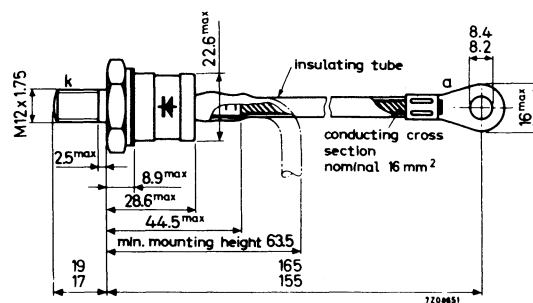
Dioden kan bruges som en variabel kapacitet, når den påtrykkes en spænding i spærreretningen.

Spannungsabhängigkeit der Diodenkapazität  $C_D = f(U_R)$



## 2.6 Effektdioder

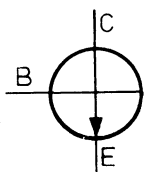
Dioder beregnet til større effekt.





### 3. TRANSISTORER

En transistor er en komponent med tre tilslutninger kaldet kollektor, emitter og basis.



#### 3.1 Virkemåde

Der findes en vis modstand mellem kollektor og emitter, som kan varieres inden for meget vide grænser ved at variere strømmen fra basis til emitter.

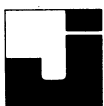
Når der er en min. modstand mellem kollektor og emitter, siges transistoren at være ON, og når modstanden er max., bruges udtrykket OFF.

#### 3.2 Transistoren som switch

Transistoren kan anvendes udelukkende i de to tilstande ON-OFF, hvilket sker i switchkredsløb, hvor transistoren virker som kontaktløst relæ.

#### 3.3 Benplacering

Da transistoren skal vende rigtigt, og der samtidig findes et utal af udførelser, er det nødvendigt før montage at kontrollere benplacering i databog.

DISPOSITION

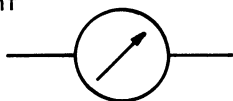
1. Elektrisk strøm
2. Måling af strøm
3. Sammenligningsmåling på modstand
4. Konklusioner

UDSTYR

- 1 stk. universalinstrument
- 1 stk. lampe 6 V / 50 mA
- 1 stk. spændingsforsyning
- 1 stk. modstand 120  $\Omega$

DIAGRAMSYMBOLER

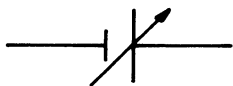
Instrument



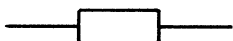
Lampe



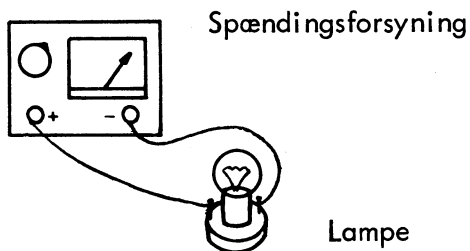
Spændingsforsyning



Modstand

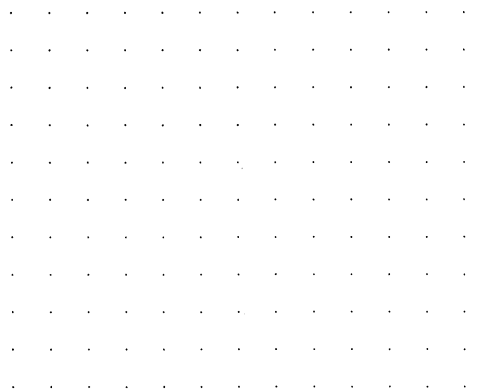
1. ELEKTRISK STRØM

## 1.1 Opbyg den viste opstilling



## 1.2 Tegn et diagram over kredsløbet

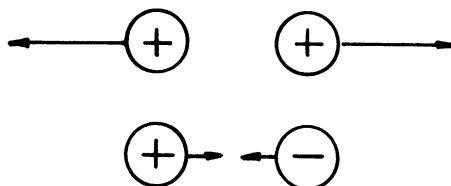
- anvend ovenstående diagram-symboler



## 1.3 Indstil spændingsforsyningen til 6 V

## 1.4 Strøm

- forbinder man en lampe til en spændingskilde, vil lampen lyse som tegn på, at der flyder en elektrisk strøm fra spændingskildens ene pol til den anden
- en elektrisk strøm er altid en transport af elektriske ladninger
- i metallisk ledere er disse ladninger altid elektroner
- elektronerne er negative elementarladninger, dvs. en elektron indeholder den mindste elektriske ladning, som findes
- der findes positive og negative ladninger
- to ladninger med samme polaritet frastøder hinanden
- to ladninger med modsat polaritet tiltrækker hinanden



### 1.5 Varme

- mærk på lampen med fingrene
- strøm kan altså frembringe varme
- frembringelse af varme kan sammenlignes med, at strømmen møder gnidningsmodstand, når den løber igennem den tynde tråd inde i glødelampen

## 1.6 Afbryd kredsløbet et eller flere steder

- hvad sker der med lyset i lampen og dermed strømmen?

---

---

---

Kredsløber skal være sluttet, eller sagt på en anden måde, der skal være forbindelse fra spændingskildens ene pol til den anden pol.

## 2. MÅLING AF STRØM

## 2.1 Indstil universalinstrumentet

- funktionsomskifter i stilling  
jævnstrøm
- følsomhedsomskifter til det mest  
ufølsomme område

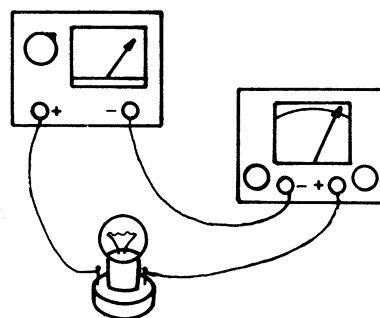
## 2.2 Afbryd strømkredsløbet og indsæt instrumentet

- således at strømmen løber gennem dette
- instrumentet er nu koblet i serie med kredsløbet

### 2.3 Indstil områdeomskifteren

- således at strømmen kan aflæses
- hvor stor er strømmen?

---



## 2.4 Tegn et diagram af opstillingen

[illegible]

## 2.5 Tilslut amperemetret

- mellem den anden side af lampen og spændingskildens anden pol

## 2.6 Aflæs instrumentet

- hvor stor er strømmen nu?

---

Strømmen i et sådan enstrengt kredsløb er overalt den samme.





- således at polariteten vendes
- mål strømmen
- hvor stor er strømmen?

---

A large grid of dots, arranged in approximately 20 rows and 20 columns, intended for drawing a picture.

3.1 Udskift lampen med en modstand på  $120\ \Omega$  og aflæs instrumentet - hvor stor er strømmen?

---

---

```

- warmer_medistanden2

```

Hvorledes skal et amperemeter  
tilsluttes i et kredsløb for at må-  
le strøm?

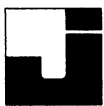
---

---

---

---

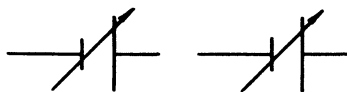
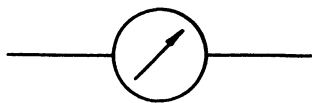
---

DISPOSITION

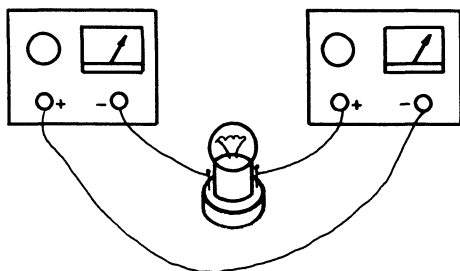
## 1. Spændingsmåling

UDSTYR

- 1 stk. universalinstrument
- 1 stk. lampe 6 V / 50 mA
- 2 stk. spændingsforsyninger

DIAGRAMSYMBOLER1. SPÆNDINGSMÅLING

## 1.1 Opbyg den viste opstilling



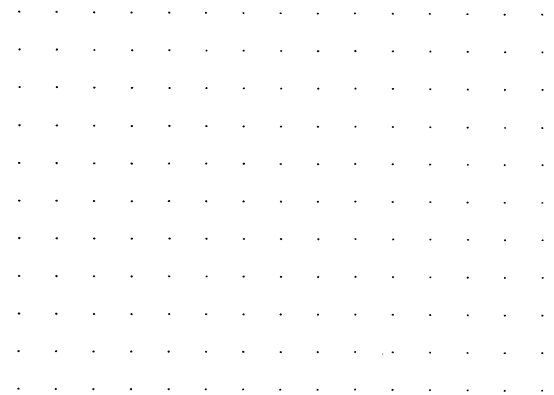
## 1.2 Tegn diagram over kredsløbet

- anvend ovenstående diagramsymboler

- 1.3 Indstil begge spændingsforsyninger til 3 V  
- lyser lampen?

- 1.4 Mål spændingen over lampen med universalinstrument

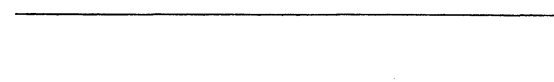
- 1.5 Tegn diagram over måleopstillingen



- hvor stor er spændingen over lampen?

- 1.6 Angiv, hvordan spændingen over lampen kan regnes ud

- når spændingsforsyningernes spænding kaldes  $U_1$  og  $U_2$







## DISPOSITION

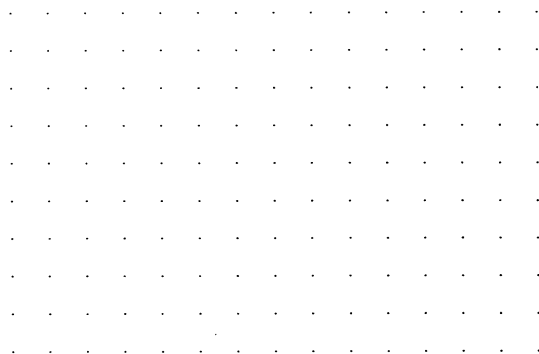
1. Spændingsændring
2. Modstandsændring
3. Konklusion

## UDSTYR

- 2 stk. universalinstrumenter
- 1 stk. modstand  $1 \text{ k}\Omega$
- 1 stk. modstand  $2 \text{ k}\Omega$
- 1 stk. spændingsforsyning

## 1. SPÆNDINGSÆNDRING

- 1.1 Tilslut  $1 \text{ k}\Omega$  modstanden til spændingsforsyningen
  - tilslut via et amperemeter
- 1.2 Mål spændingen over modstanden
  - anvend det andet universalmeter koblet som voltmeter
- 1.3 Tegn diagram af opstillingen



- 1.4 Indstil spændingen og aflæs strøm
  - indstil, til der er  $2 \text{ V}$  over modstanden

$$I = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 1.5 Ændre spænding over modstanden og aflæs strøm
  - ændre spændingen til dobbelte, nemlig  $4 \text{ V}$

$$I = \underline{\hspace{2cm}}$$

- 1.6 Ændre spænding og aflæs strøm
  - spændingen fordobles til  $8 \text{ V}$

$$I = \underline{\hspace{2cm}}$$

## 2. MODSTANDSÆNDRING

- 2.1 Udskift modstanden
  - udskift  $1 \text{ k}\Omega$  til  $2 \text{ k}\Omega$
- 2.2 Indstil spænding og aflæs strøm,  $2 \text{ V}$  over modstanden
  - $I = \underline{\hspace{2cm}}$
- 2.3 Indstil spænding og aflæs strøm,  $4 \text{ V}$  over modstanden
  - $I = \underline{\hspace{2cm}}$
- 2.4 Indstil spænding og aflæs strøm,  $8 \text{ V}$  over modstanden
  - $I = \underline{\hspace{2cm}}$

## 3. KONKLUSION

- hvad sker der med strømmen, dersom spændingen stiger?

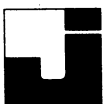
---

---

- hvad sker der med strømmen, dersom modstanden stiger?

---

---

DISPOSITION

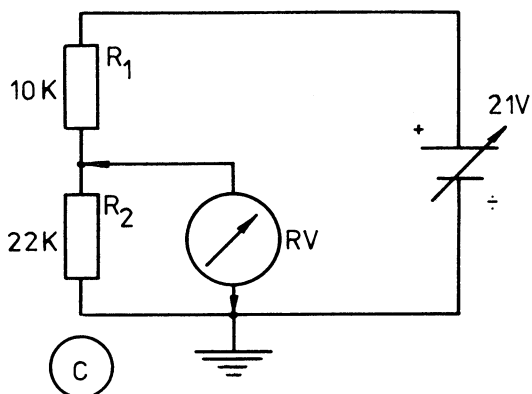
1. Positive spændinger
2. Positive og negative spændinger

UDSTYR

- 1 stk. universalrørvoltmeter
- 2 stk. modstande  $10\text{ k}\Omega$
- 2 stk. modstande  $22\text{ k}\Omega$
- 1 stk. stabiliseret spændingsforsyning

1. POSITIVE SPÆNDINGER

- 1.1 Opbyg opstillingen
  - som vist i diagrammet



- 1.2 Mål spændingsfaldet over  $R_2$ 
  - mål med rørvoltmetrets stelledning forbundet til punktet C
  - noter den målte værdi på diagrammet
  - var det en positiv spænding eller en negativ spænding, der målttes?

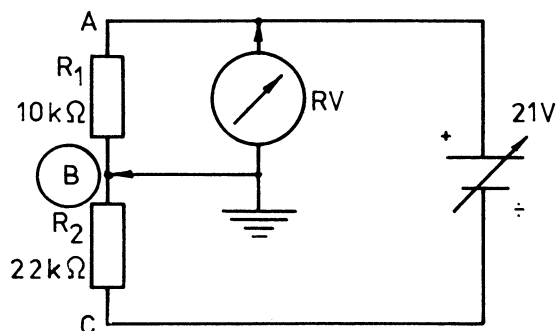
---



---

- læg mærke til, at rørvoltmetret angiver polariteten set ud fra dens stelledning. Man kan også sige, at den refererer til sin stelledning og i dette tilfælde også til punktet C

- 1.3 Mål spændingsfaldet over  $R_1$ 
  - mål med rørvoltmetrets stelledning forbundet til punktet B



- noter resultatet på diagrammet
- var spændingen positiv eller negativ ?

---



---

- rørvoltmetret refererer stadig til sin stelledning og dermed til punktet B

- 1.4 Angiv polariteterne over  $R_1$ 
  - på diagrammet
  - hvilken polaritet har A i forhold til B?

---

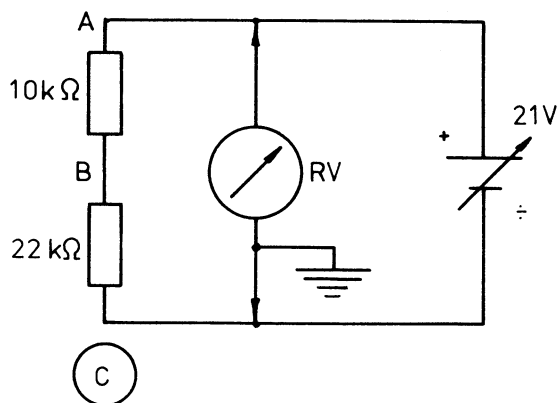


---



## 1.5 Mål spænding og polaritet

- i dette eksempel er der nu indtegnet symbolet for stel for at angive, at nu refereres til dette punkt (pkt. C)
- mål i pkt. A og noter det på diagrammet



- hvilken polaritet har A i forhold til C?

---

---

- hvor mange volt er pkt. A mere positiv i forhold til C?

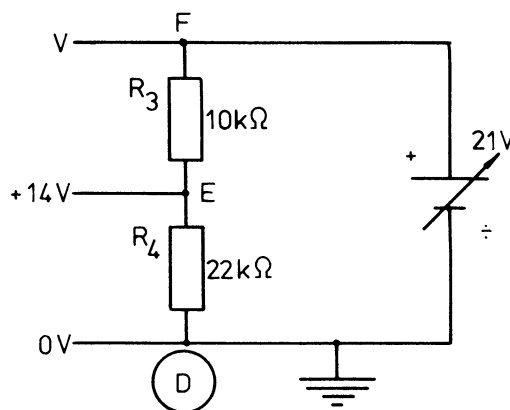
---

---

- forbindelsen til C kaldes også for opstillingens nul

## 1.6 Angiv spænding og polaritet

- her haves en anden spændingsdeler magen til den første, blot er punkterne benævnt D, E og F



- i punktet D måles 0 volt i forhold til stel
- i punktet E måles +14 volt i forhold til stel eller punktet D
- hvad måles i punktet F i forhold til D ?

---

---

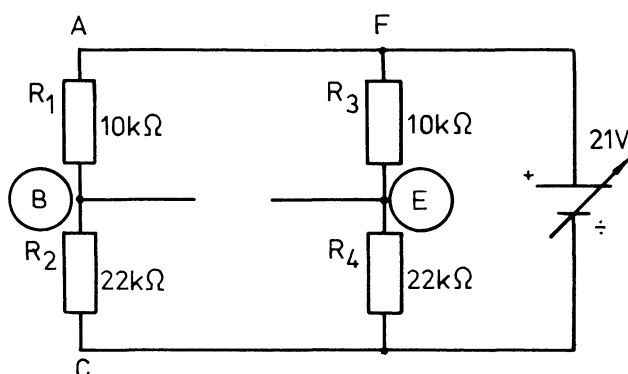
- hvilket punkt er mest positivt i forhold til stel ?

---

---



## 1.7 Opbyg den viste opstilling



- nu er pkt. B referencepunkt
- hvor stor spænding måles fra B til A?

---



---

- hvilken polaritet har pkt. A i forhold til B?

---



---

## 1.8 Mål spændingsforskellen mellem punkterne B og E

- hvor stor er spændingsforskellen?

---



---

- hvilket punkt er mest positiv (højeste spændingsniveau)?

A eller E? \_\_\_\_\_

C eller A? \_\_\_\_\_

B eller C? \_\_\_\_\_

## 2.2 Mål spænding i pkt. C

- stadig med rørvoltmetrets stelledning i pkt. B
- hvor stor spænding måles der fra B til C?

---



---

- hvilken polaritet har C i forhold til B?

---



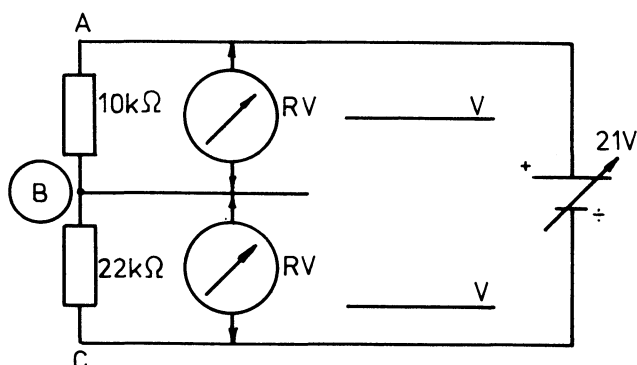
---

## 2. POSITIVE OG NEGATIVE

SPÆNDINGER

## 2.1 Forbind rørvoltmetrets stelledning

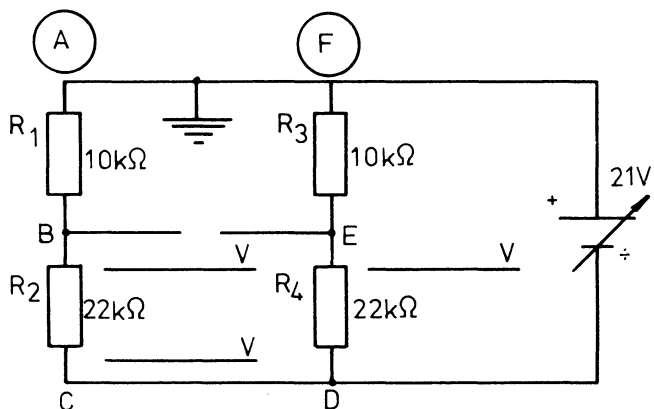
- forbind til pkt. B, som vist i diagrammet





## 2.3 Mål spænding fra A til B

- referencepunktet (stel) er nu flyttet igen, dvs. rørvoltmetrets stelledning flyttes nu op i punkterne A og F



- hvor stor spænding måles fra A til B?

- hvilken polaritet?

## 2.4 Mål spænding fra F til E

- hvor stor spænding måles fra F til E?

- hvilken polaritet?

## 2.5 Mål spænding fra A til C

- hvor stor spænding måles fra A til C?

- hvilken polaritet?

- det skal bemærkes, at der skrives ikke +15 V på diagrammet, men kun 15 V, dvs. plustegnet er underforstået
- derimod tages minustegnet med ved spændinger, hvis ikke det ikke er angivet under diagrammet, at alle de viste spændinger er målt negative i forhold til stel



## DISPOSITION

### 1. Effektmåling

## UDSTYR

Spændingsforsyning

2 stk. universalinstrumenter

## MATERIALE

1 stk. modstand  $33\Omega$  / 0,5 W

1 stk. modstand  $68\Omega$  / 0,5 W

## 1. EFFEKTMÅLING

1.1 Opvarm modstandene en efter en og mål samtidig strøm og spænding

- opvarm ved hjælp af strøm og spænding, til man ikke kan holde på dem med fingrene
- skriv de målte strømme og spændinger ind i skemaet og beregn den tilførte effekt

	Strøm	Spænding	Effekt
$33\Omega$			
$68\Omega$			





## 14-76



## 3.6 Konklusion

- er den totale modstand i en parallelforbindelse større eller mindre end de enkelte komponenter?

---

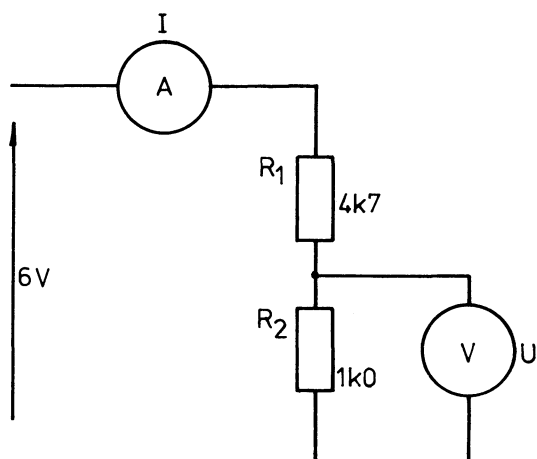


---

## 4. DEFEKTE KREDSLØB

## 4.1 Opbyg kredsløb 1

- som vist i diagrammet



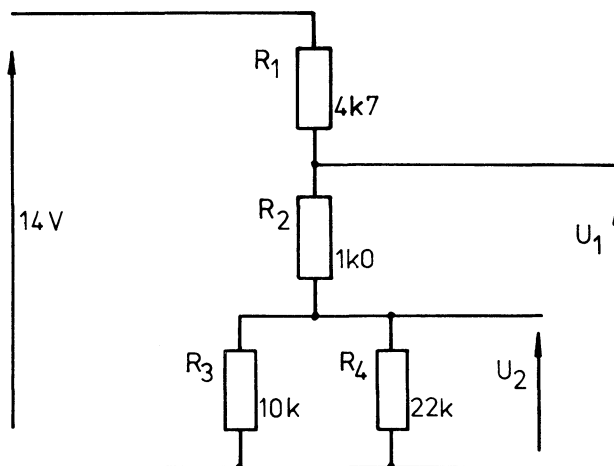
## 4.2 Mål strøm og spænding

- mål med opstillingen OK og med en komponent defekt af gangen, som angivet i skemaet

	U	I
Opstilling OK		
R <sub>1</sub> afbrudt		
R <sub>2</sub> afbrudt		
R <sub>1</sub> kortsluttet		
R <sub>2</sub> kortsluttet		

## 4.3 Opbyg kredsløb 2

- som vist i diagrammet



## 4.4 Mål spændingen i opstillingen

- mål med og uden fejl i opstillingen, som angivet i skemaet

	U <sub>1</sub>	U <sub>2</sub>
Opstilling OK		
R <sub>1</sub> afbrudt		
R <sub>2</sub> afbrudt		
R <sub>3</sub> afbrudt		
R <sub>4</sub> afbrudt		
R <sub>1</sub> kortsluttet		
R <sub>2</sub> kortsluttet		
R <sub>3</sub> kortsluttet		
R <sub>4</sub> kortsluttet		



## DISPOSITION

1. Tonegenerator
2. Frekvenser og spændinger

## UDSTYR

Tonegenerator  
Oscilloskop

## 1 TONEGENERATOR

- 1.1 Tilslut oscilloskop til tonegenerator  
  - placer tonegenerator, så eleven, som skal afløse, ikke kan se tonegeneratorens indstilling
- 1.2 Indstil og aflæs forskellige frekvenser og spændinger  
  - den ene elev skal indstille tonegeneratoren
  - den anden elev skal aflæse  $U_{pp}$  og periodetid på oscilloskopet og derefter angive  $U_p$ ,  $U_{eff}$  og frekvens
- 1.3 Indstil og aflæs frekvenser og spændinger  
  - eleven ved oscilloskopet lægger teoriøvelsen væk og aflæser
  - eleven ved tonegeneratoren indstiller efter listen på side 2
  - alle frekvenser og spændinger skal aflæses rigtigt, før øvelsen fortsætter
- 1.4 Byt plads og gentag øvelsen  
  - indstil igen frekvenser og spændinger, men i en anden rækkefølge

## 2. FREKVENSER OG SPÆNDINGER

1.	1000 Hz	1 volt	Upp	=	2,8 volt
			Up	=	1,4 volt
			Ueff	=	1 volt
			Per.tid	=	1 m.sek.
			Frekvens	=	1000 Hz
2.	100 Hz	0,7 volt	Upp	=	2,0 volt
			Up	=	1,0 volt
			Ueff	=	0,7 volt
			Per.tid	=	10 m.sek.
			Frekvens	=	100 Hz
3.	50 Hz	0,1 volt	Upp	=	0,28 volt
			Up	=	0,14 volt
			Ueff	=	0,1 volt
			Per.tid	=	10 m.sek.
			Frekvens	=	50 Hz
4.	50 Hz	2,5 volt	Upp	=	7,0 volt
			Up	=	3,5 volt
			Ueff	=	2,5 volt
			Per.tid	=	20 m.sek.
			Frekvens	=	50 Hz
5.	100 kHz	0,1 volt	Upp	=	0,28 volt
			Up	=	0,14 volt
			Ueff	=	0,1 volt
			Per.tid	=	10 $\mu$ sek.
			Frekvens	=	100 kHz
6.	20 kHz	2 volt	Upp	=	5,6 volt
			Up	=	2,8 volt
			Ueff	=	2 volt
			Per.tid	=	50 $\mu$ sek.
			Frekvens	=	20 kHz
7.	200 Hz	0,5 volt	Upp	=	1,4 volt
			Up	=	0,7 volt
			Ueff	=	0,5 volt
			Per.tid	=	5 m.sek.
			Frekvens	=	200 Hz



## DISPOSITION

1. Jævnstrømsmodstand og selvinduktion
2. Impedans
3. Konklusion

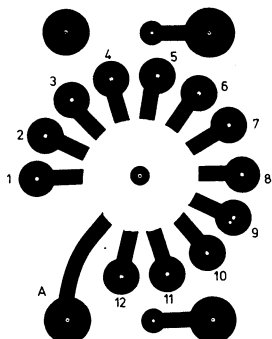
## UDSTYR

- 1 stk. universalinstrument
- 1 stk. forstærkervoltmeter
- 1 stk. tonegenerator
- 1 stk. modstand 1 k $\Omega$
- 1 stk. spole
- 1 stk. RLC-målebro

Ved "lille spole" anvendes ben A og 5.

Ved "stor spole" anvendes ben A og 1.

Spole set fra printsiden



## 1. JÆVNSTRØMSMODSTAND OG SELVINDUKTION

- 1.1 Mål jævnstrømsmodstanden i den lille spole  
 $R = \quad \Omega$
- 1.2 Mål jævnstrømsmodstanden i den store spole  
 $R = \quad \Omega$

- hvilken spole har den største modstand?

---



---

- hvilken spole har de fleste vindinger?

---



---

1.3 Mål selvinduktionen i den lille spole

$$L = \quad H$$

1.4 Mål selvinduktionen i den store spole

$$L = \quad H$$

- hvilken spole har den mindste selvinduktion?

---



---

- hvilken spole har de færreste vindinger?

---



---

## 2. IMPEDANS

2.1 Mål impedansen af den lille spole ved 1 kHz

$$Z_L = \quad \Omega$$

2.2 Mål impedansen af den store spole ved 1 kHz

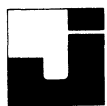
$$Z_L = \quad \Omega$$

- hvilken spole har den mindste impedans?

---



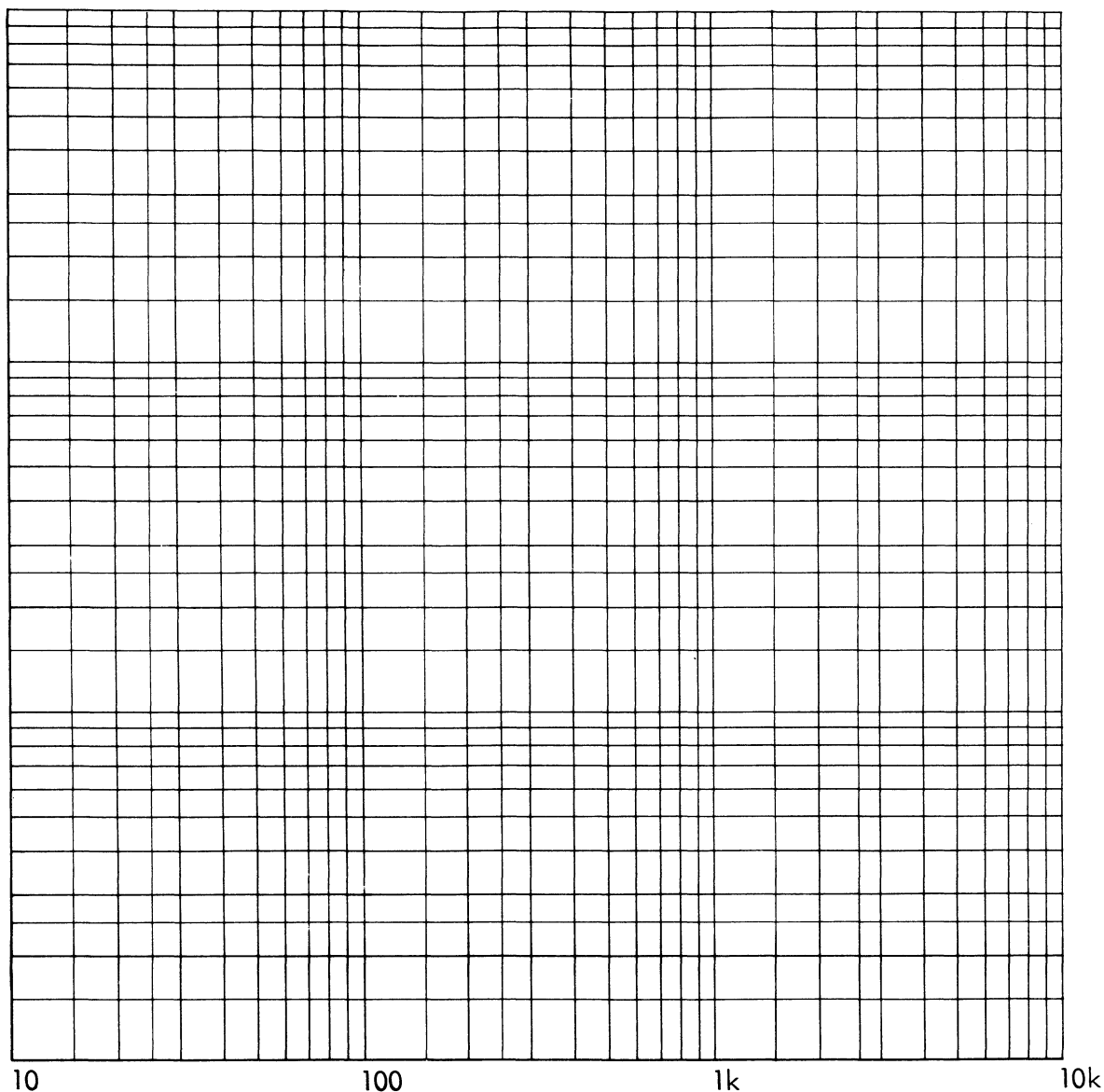
---



### 2.3 Mål impedansen af den lille spole

- ved 2,3,4 kHz og op til 10 kHz, og derefter ved 900,800, 700 og ned til 10 Hz

### 2.4 Indtegn værdierne i koordinat-systemet



### 2.5 Gentag målingerne for den store spole

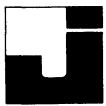
- hvilken spole har den største impedans?

### 2.6 Indtegn værdierne i koordinat-systemet

- stiger eller falder impedansen af en spole ved stigende frekvens?

---

---



### 3. KONKLUSION

Kurven, som er optaget, er ikke ret.  
Kurven i nomogrammet er ret.

- hvad er den lille spoles mindste impedans?

$$Z = \quad \Omega$$

- hvor stor er den lille spoles jævnstrømsmodstand?

$$R = \quad \Omega$$

- hvad er den store spoles mindste impedans?

$$Z = \quad \Omega$$

- hvor stor er den store spoles jævnstrømsmodstand?

$$R = \quad \Omega$$

- er impedansen  $Z_L$  med eller uden tabsmodstand?

---

---

- er reaktansen  $X_L$  med eller uden tabsmodstand ?

---

---

- har tabsmodstanden i en spole nogen indflydelse i praksis?

---

---

- kender man frekvens og selvinduktion af en spole, kan reaktansen beregnes:

$$X_L = 2\pi \times f \times L$$

- kender man reaktansen og jævnstrømsmodstanden for en spole, kan impedansen beregnes:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$



## DISPOSITION

1. Jævnstrømsmodstand og kapacitet
2. Impedans
3. Konklusion

## UDSTYR

- 1 stk. universalinstrument
- 1 stk. forstærkervoltmeter
- 1 stk. tonegenerator
- 1 stk. modstand  $1\text{ k}\Omega$
- 1 stk. kondensator "lille"
- 1 stk. kondensator "stor"
- 1 stk. RLC-målebro

## 1. JÆVNSTRØMSMODSTAND OG KAPACITET

- 1.1 Mål jævnstrømsmodstanden i den lille kondensator

$$R = \quad \Omega$$

- 1.2 Mål jævnstrømsmodstanden i den store kondensator

$$R = \quad \Omega$$

- leder eller spærrer en kondensator for jævnstrøm?

- 1.3 Mål kapaciteten i den lille kondensator

$$C = \quad \text{F}$$

- 1.4 Mål kapaciteten i den store kondensator

$$C = \quad \text{F}$$

- hvilken af de målte kondensatorer har den største kapacitet?

## 2. IMPEDANS

- 2.1 Mål impedansen af den lille kondensator ved  $1\text{ kHz}$

$$Z_c = \quad \Omega$$

- 2.2 Mål impedansen af den store kondensator ved  $1\text{ kHz}$

$$Z_c = \quad \Omega$$

- hvilken kondensator har den mindste impedans?

---

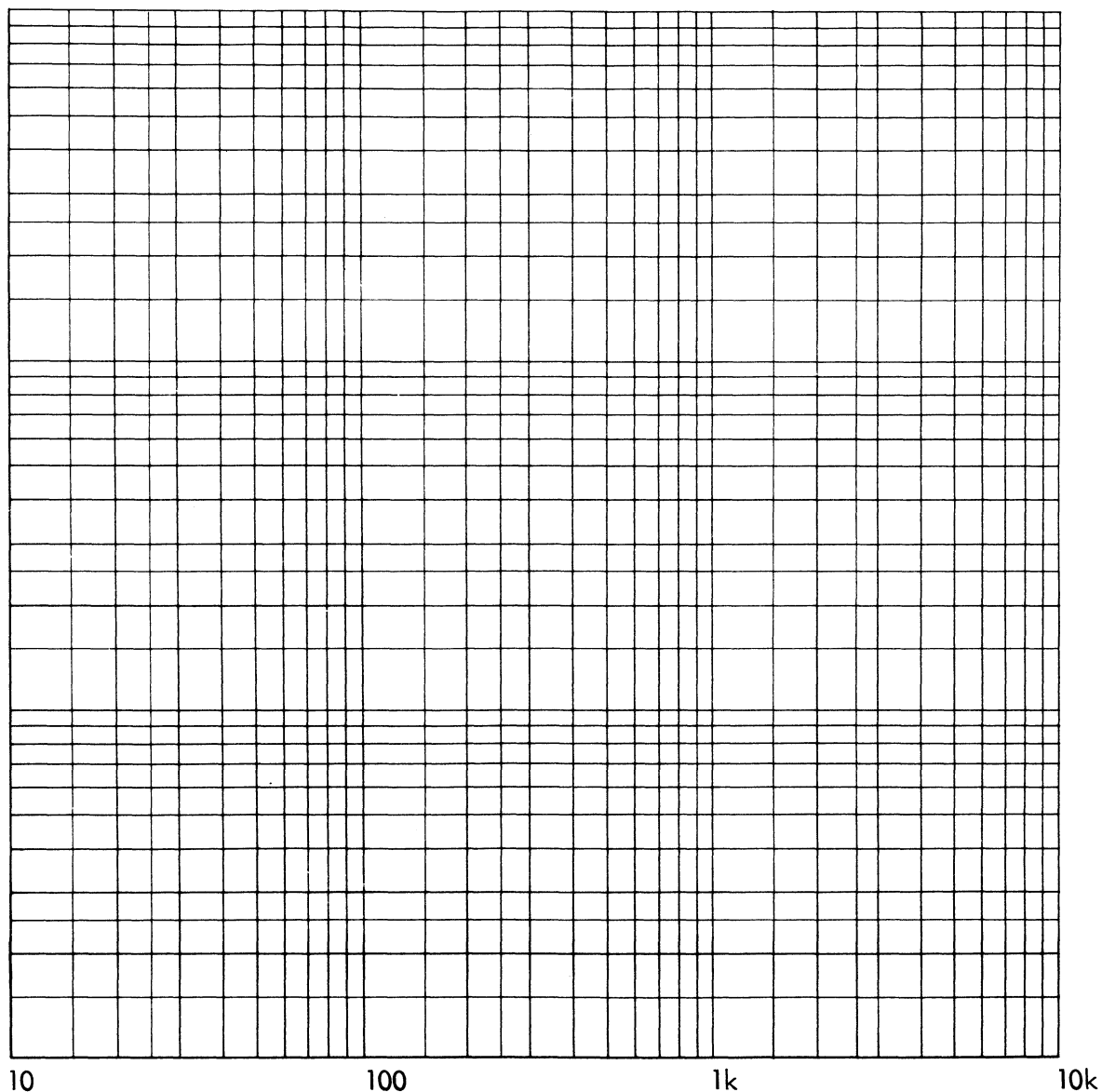
---



### 2.3 Mål impedansen af den lille kondensator

- ved 2,3,4 kHz og op til 10 kHz og derefter ved 900,800,700 og ned til 10 Hz

### 2.4 Indtegn værdierne i koordinatsystemet



### 2.5 Gentag målingerne for den store kondensator

### 2.6 Indtegn værdierne i koordinatsystemet

- stiger eller falder impedansen af en kondensator ved stigende frekvens?

---

---



### 3. KONKLUSION

Kurven, som er optaget, er ret.

Kurven i nomogrammet er ret.

- er impedansen af kondensatoren  $Z_C$  med eller uden tabsmodstand?

---

---

- er reaktansen af kondensatoren  $X_C$  med eller uden tabsmodstand?

---

---

- har tabsmodstanden i kondensatoren nogen indflydelse i praksis?

---

---

- kender man frekvens og kapacitet for en kondensator, kan reaktansen udregnes:

$$X_c = \frac{1}{2\pi \times f \times C}$$

DISPOSITION

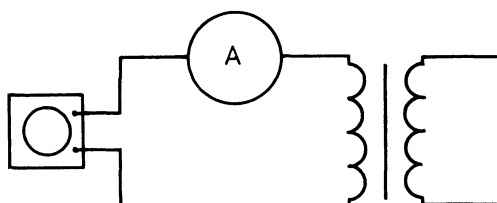
1. Tomgangsstrøm
2. Omsætningsforhold
3. Udnyttelsesgrad

UDSTYR

- 1 stk. variotrafo
- 1 stk. transformator
- 1 stk. voltmeter
- 2 stk. amperemeter
- 1 stk. modstand  $47\Omega$

1. TOMGANGSSTRØM

- 1.1 Tilslut transformatoren til vario-transformatoren



- 1.2 Indstil primærspændingen til 10 V

- 1.3 Mål tomgangsstrømmen  $i_t$

$$i_t =$$

- tomgangsstrømmens størrelse og fase er et udtryk for transformatorens godhed. Ved den ideelle transformator vil tomgangsstrømmen være fasedrejet  $90^\circ$  efter spændingen. I praksis vil fasen ikke være drejet helt  $90^\circ$  på grund af jerntab og kobbertab

2. OMSÆTNINGSFORHOLD

- 2.1 Mål sekundærspændingen  $u_s$

$$u_s =$$

- 2.2 Beregn omsætningsforholdet N

$$N =$$

- 2.3 Belast sekundæren med en  $47\Omega$  modstand

- 2.4 Mål primærstrømmen  $i_p$  og sekundærstrømmen  $i_s$

$$i_p =$$

$$i_s =$$

- 2.5 Beregn den ekstra tilførte strøm - da den anvendte spænding er meget lille i forhold til det, transformatoren er dimensioneret til, beregnes den tilførte strøm således:

$$i_p' = \sqrt{i_p^2 - i_t^2}$$

$$i_p' =$$

- 2.6 Beregn omsætningsforholdet

$$N =$$

3. UDNYTTELSESGRAD

- 3.1 Beregn den tilførte effekt med belastning  $P_p$

$$P_p =$$

- 3.2 Beregn den effekt, der afsættes i belastningsmodstanden  $P_s$

$$P_s =$$

- 3.3 Beregn transformatorens virkningsgrad  $\eta$

$$\eta =$$

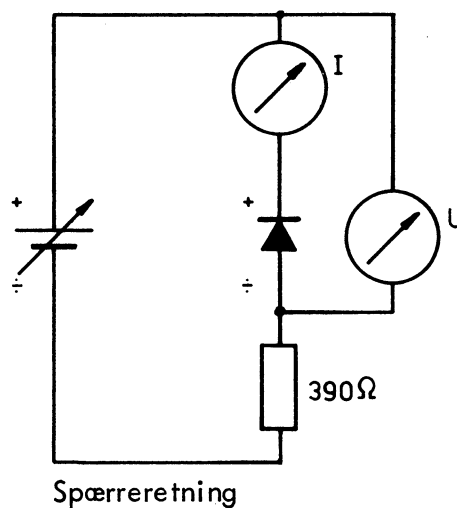


## DISPOSITION

1. Dioden
2. Halvbølgeensretter
3. Helbølgeensretter
4. Dobbeltensretter
5. Brumspænding

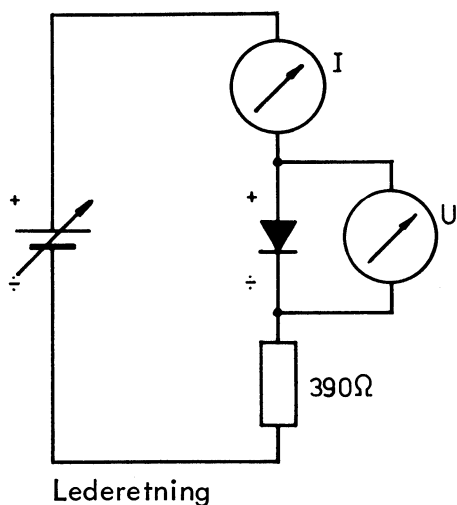
## UDSTYR

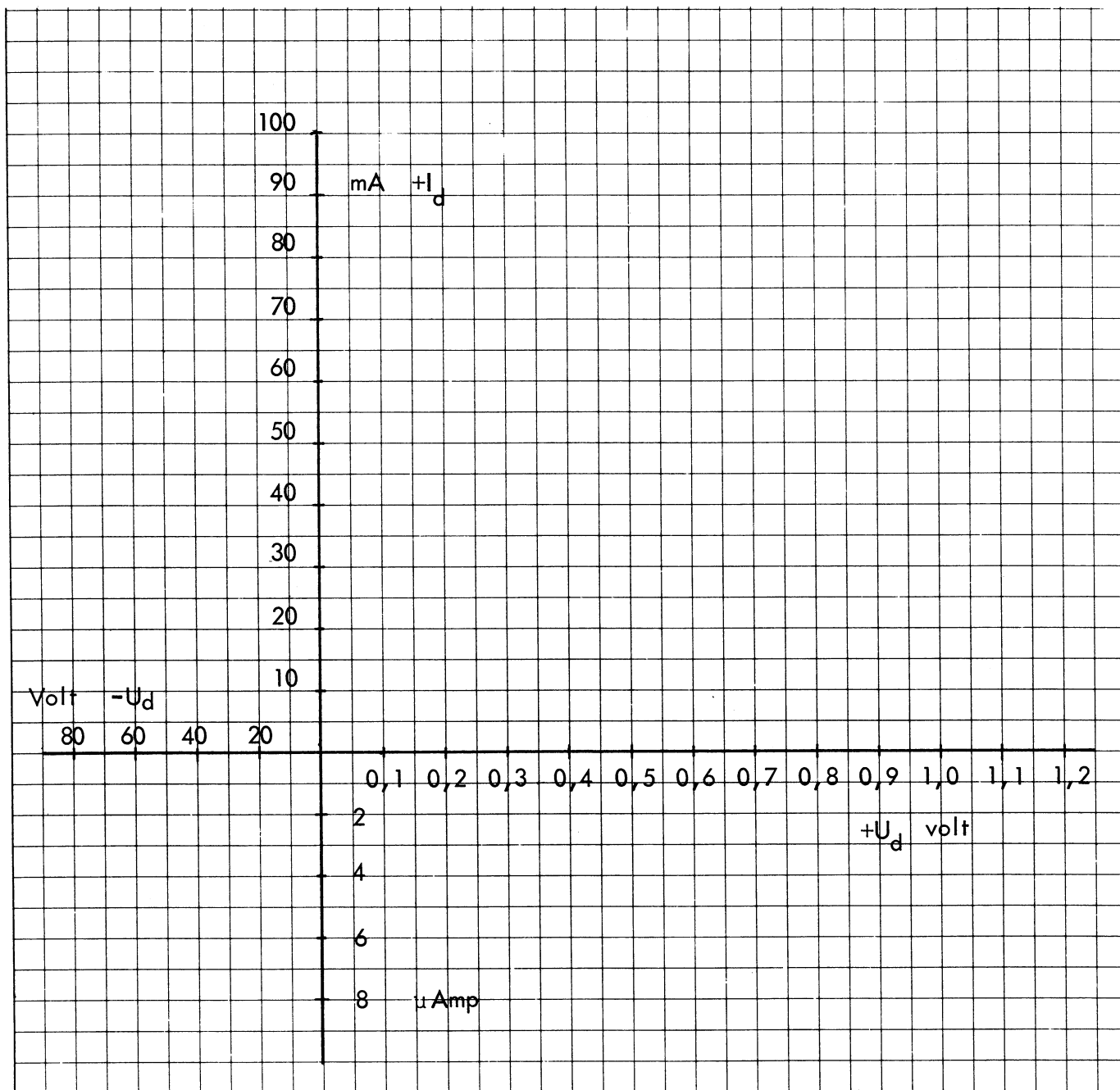
- 1 stk. stabiliseret spændingsforsyning
- 1 stk. variaskilletransformator
- 1 stk. elektrovoltmeter
- 1 stk. oscilloskop
- 1 stk. universalinstrument
- 1 stk. diode (germanium)
- 4 stk. dioder (silicium)
- 1 stk. modstand  $100\text{ k}\Omega$
- 1 stk. modstand  $390\Omega$
- 1 stk. modstand  $10\text{ k}\Omega$
- 1 stk. modstand  $680\Omega$
- 1 stk. elektrolyt  $100\text{ }\mu\text{F}$
- 1 stk. elektrolyt  $50\text{ }\mu\text{F}$
- 1 stk. elektrolyt  $25\text{ }\mu\text{F}$
- 1 stk. trafo med midtpunktsudtag

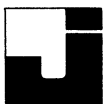


## 1. DIODEN

- 1.1 Optag diodekarakteristikken for en silicium- og en germaniumdiode





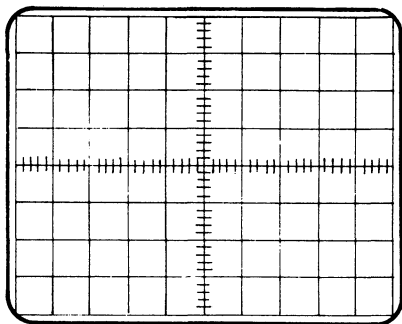
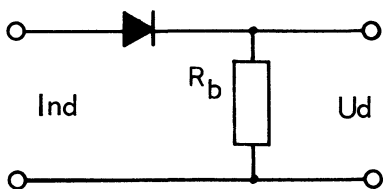


## 2. HALVBØLGEENSRETTER

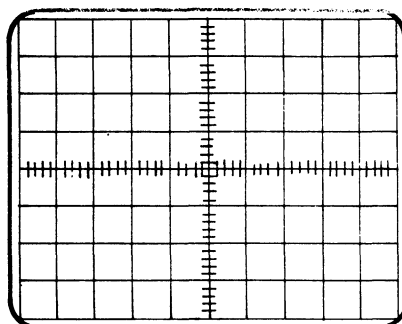
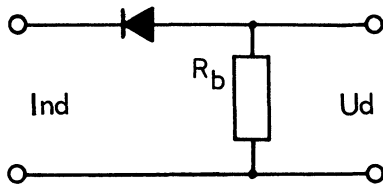
### 2.1 Mål udgangssignal

- med varioskilletrafoen indstillet til 10 V
- tilslut denne vekselspænding til indgangen af de viste opstillinger og mål udgangssignalet over belastningsmodstanden på 100 k $\Omega$  med oscilloskopet

- ### 2.2 Tegn de målte spændinger med angivelse af spændingsværdi
- der skal tages hensyn til 0 V linie

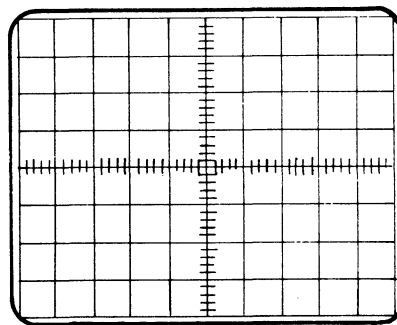
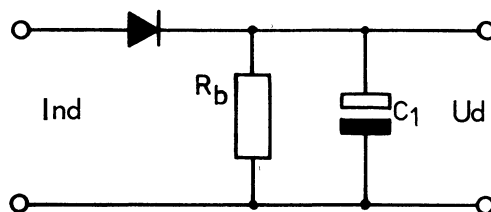


### 2.3 Vend dioden og gentag målingen

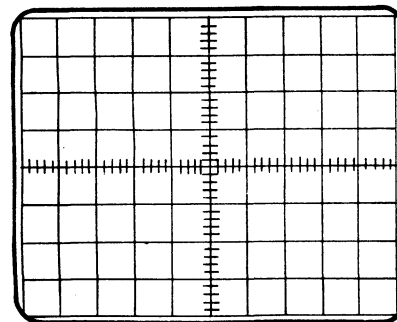
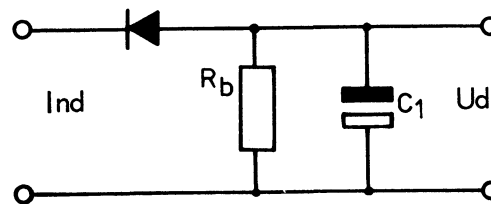


### 2.4 Mål udgangsspænding og tegn

- tilslut en ladecondensator  $D_L$  på udgangen af ensretteren
- $C_L$  skal være 100  $\mu$ F
- mål spændingen med oscilloskop



### 2.5 Vend diode og elektrolyt og gentag målingen





2.6 Angiv, hvor mange gange  $U_{ud}$  er større end  $U_{ind}$

$$U_{ud} = \quad \times U_{ind}$$

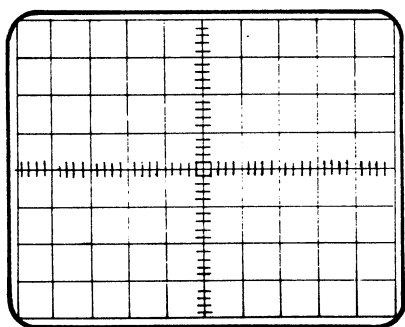
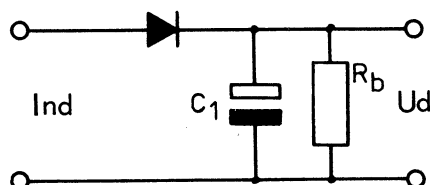
- strømmen gennem  $R_b$  på  $100 \text{ k}\Omega$  er her meget lille, og ensretteren kan betragtes som ubelastet

2.7 Mål udgangsspænding og tegn udseendet

- vælg belastningsmodstanden, så belastningsstrømmen bliver  $20 \text{ mA}$
- ved tegningen skal der tages hensyn til 0 volt linien

$$U_{ud} = \quad \text{V}$$

$$u_{brum} = \quad \text{V}_{ss}$$

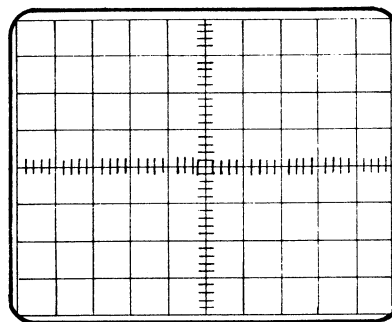
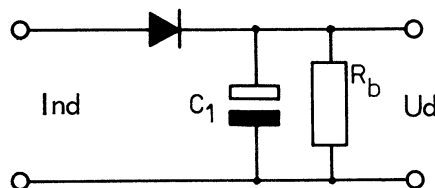


2.8 Mål udgangsspænding og tegn udseende

- vælg  $R_b$ , så belastningsstrømmen bliver  $40 \text{ mA}$

$$U_{ud} = \quad \text{V}$$

$$u_{brum} = \quad \text{V}_{ss}$$

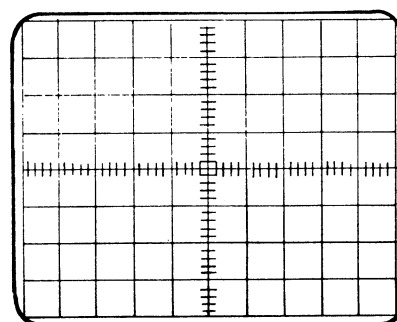
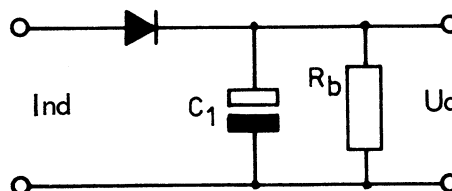


2.9 Mål spænding og tegn udseende

- vælg  $R_b$ , så belastningsstrømmen bliver  $60 \text{ mA}$

$$U_{ud} = \quad \text{V}$$

$$u_{brum} = \quad \text{V}_{ss}$$





2.10 Angiv, hvad sker der med udgangsspændingen og brumspændingen ved stigende belastningsstrøm

---



---



---



---

2.11 Mål  $U_{ud}$  og  $u_{brum}$  og tegn udseendet

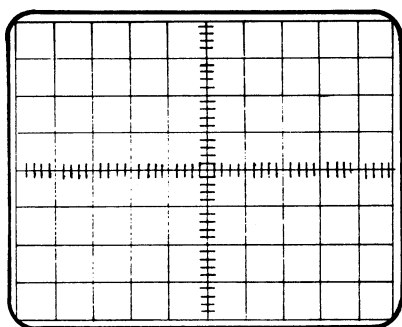
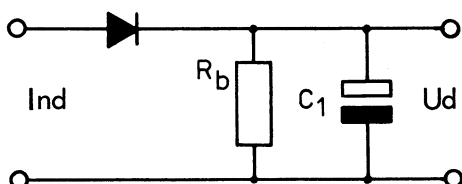
- ved denne del af øvelsen fastholdes belastningsstrømmen, men ladekondensatorens kapacitet ændres

$$I_{bel} = 20 \text{ mA}$$

$$C_{lade} = 100 \text{ } \mu\text{F}$$

$$U_{ud} = \text{_____ V}$$

$$u_{brum} = \text{_____ V}_{ss}$$

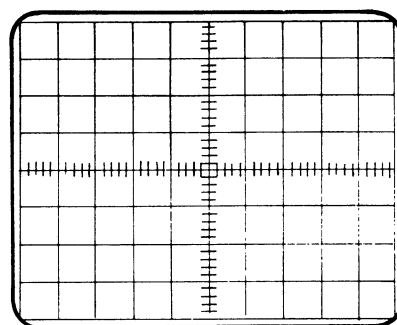
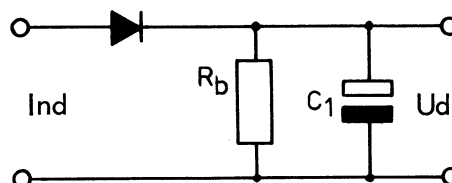


2.12 Mål udgangsspændingen og tegn udseendet

- med ladekondensatoren ændret til  $50 \text{ } \mu\text{F}$

$$U_{ud} = \text{_____ V}$$

$$u_{brum} = \text{_____ V}_{ss}$$

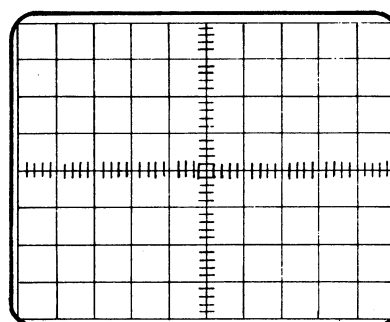
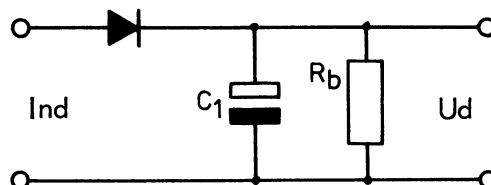


2.13 Mål udgangsspændingen og tegn udseendet

- med ladekondensatoren ændret til  $25 \text{ } \mu\text{F}$

$$U_{ud} = \text{_____ V}$$

$$u_{brum} = \text{_____ V}_{ss}$$





## 2.14 Besvar spørgsmål

- bliver udgangsspændingen større eller mindre, når  $C_1$  gøres mindre?

---

---

- bliver brumspændingen større eller mindre, når  $C_1$  gøres mindre?

---

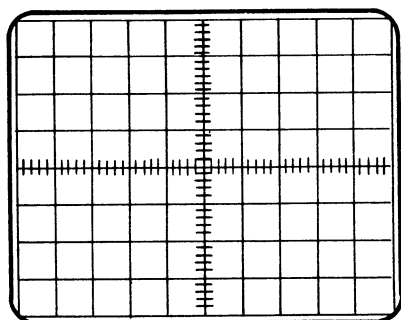
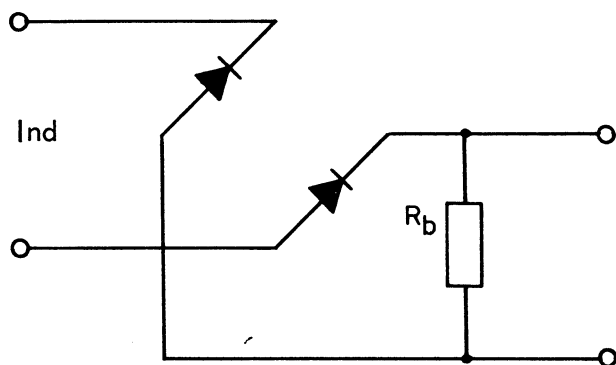
---

## 3. HELBØLGEENSRETTER

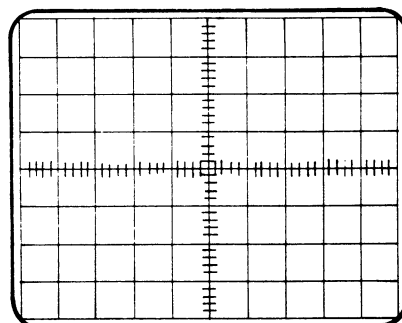
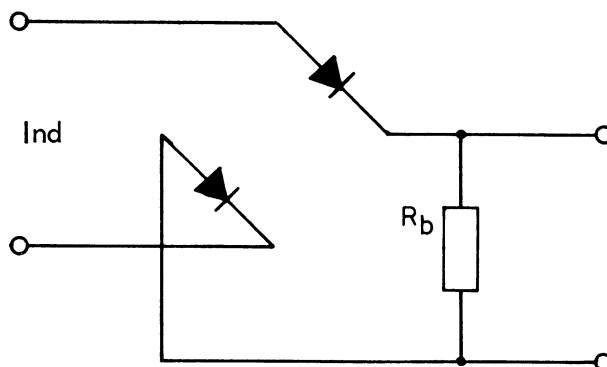
## 3.1 Mål og tegn udgangssignal

- med variaskilletrafoen indstillet til 10 V
- tilslut denne vekselspænding til indgangene på de tre opstillinger
- mål med oscilloskop udgangssignalet over belastningsmodstanden på 10 k $\Omega$
- tegn udgangssignalet ud for opstillingen

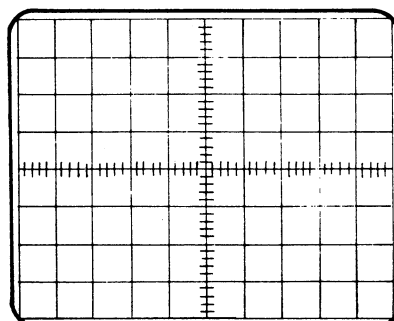
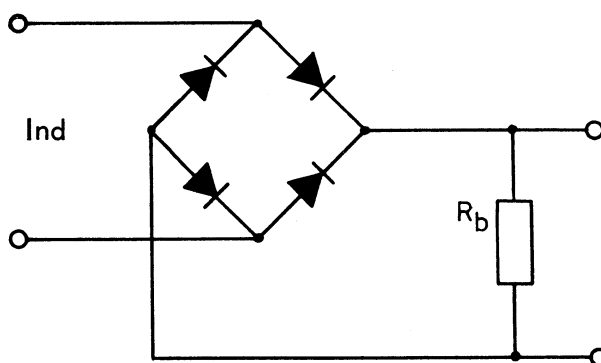
Opstilling 1



Opstilling 2



Opstilling 3

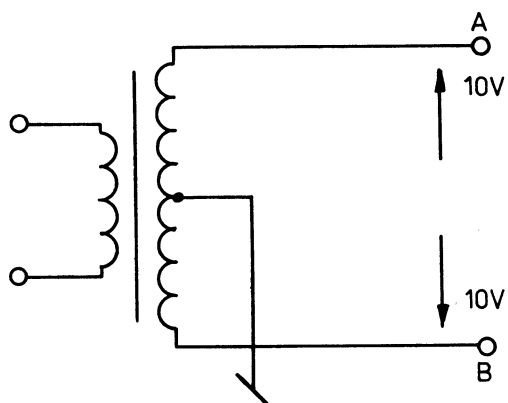




#### 4. DOBBELTSRETTER

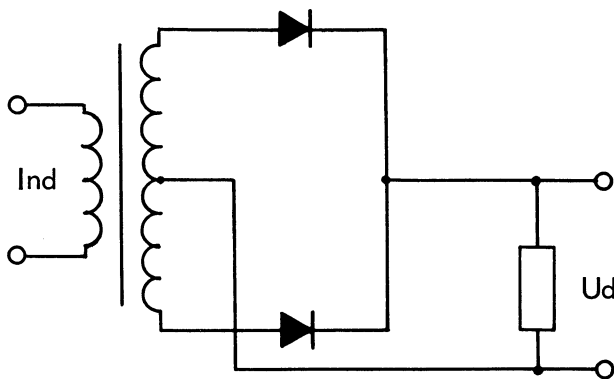
4.1 Mål faseforskellen mellem A og B i forhold til stel

- med varioskilletrafoen indstillet til nettrafoen afgiver  $2 \times 10 \text{ V}$

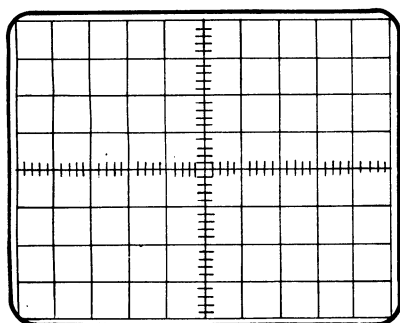


- fasen mellem A og B er \_\_\_\_\_ grader

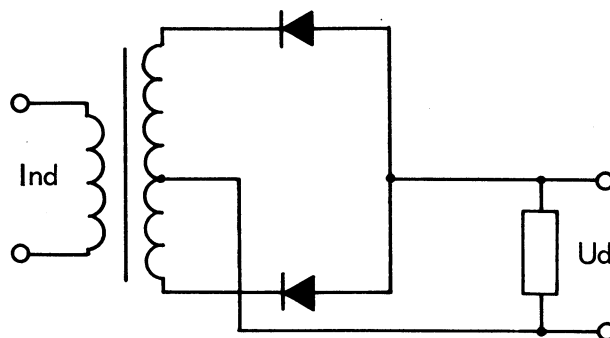
4.2 Opbyg diagram og mål  $U_{ud}$  og frekvens



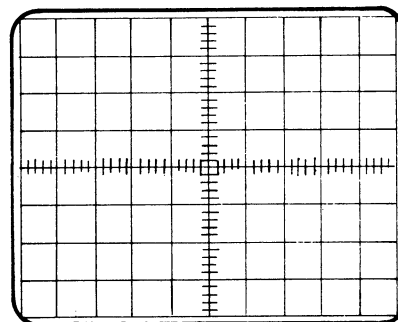
4.3 Tegn udgangssignalet



4.4 Opbyg diagram og mål  $U_{ud}$



4.5 Tegn udgangssignalet



#### 5. BRUMSPÆNDING

- brumspændingens sammenhæng med  $C_{lade}$  og  $I_{forbrug}$  kan beskrives i udtrykket:

Enkeltensretter

$$U_{brum} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Dobbeltensretter:

$$U_{brum} = \underline{\hspace{2cm}}$$

DISPOSITION

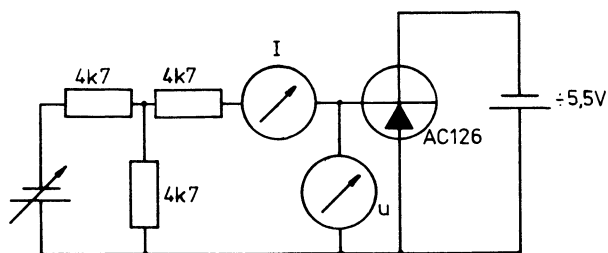
1. Germaniumtransistor
2. Siliciumtransistor

UDSTYR

- 2 stk. universalinstrument
- 1 stk. elektrovoltmeter
- 3 stk. modstande 4,7 k $\Omega$
- 1 stk. modstand 100 k $\Omega$
- 2 stk. spændingsforsyning (0 til 30 V)
- 1 stk. germaniumtransistor AC 126
- 1 stk. siliciumtransistor BC 107

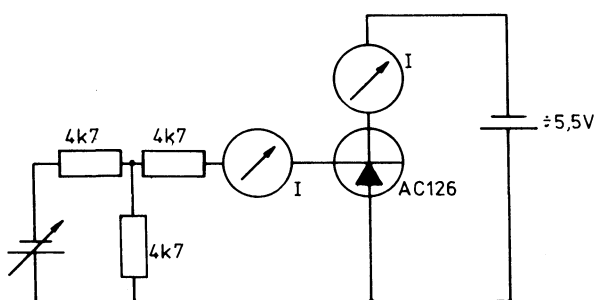
1. GERMANIUMTRANSISTOR

- 1.1 Optag  $U_{BE}$  som funktion af  $I_B$   
 $I_B$  ændres i spring på 50  $\mu A$   
 mellem 0 og 0,7 mA  
 $U_{CE}$  holdes konstant på -5,5 V



- indtegn kurve i karakteristikkfeltet AC 126

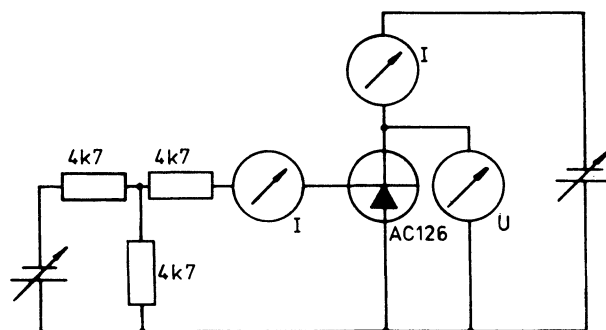
- 1.2 Optag  $I_C$  som funktion af  $I_B$   
 $I_B$  ændres i spring på 50  $\mu A$   
 fra 0, og indtil  $I_C$  bliver 80 mA  
 $U_{CE}$  holdes konstant på -5,5 V



- indtegn kurven i karakteristikkfeltet AC 126

- 1.3 Optag  $I_C$  som funktion af  $U_{CE}$   
 $I_B$  holdes konstant på 50  $\mu A$ ,  
 100  $\mu A$ , 150  $\mu A$  og op til  
 700  $\mu A$

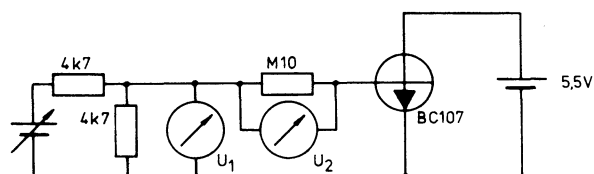
- kollektortabet må ikke overstige 400 mW
- $U_{CE}$  må ikke overstige 12 V



- indtegn kurven i karakteristikkfeltet AC 126

2. SILICIUMTRANSISTOR

- 2.1 Optag  $U_{BE}$  som funktion af  $I_B$   
 $I_B$  ændres i spring på 2,5  $\mu A$   
 fra 0 til 20  $\mu A$   
 $U_{CE}$  holdes konstant på 5,5 V



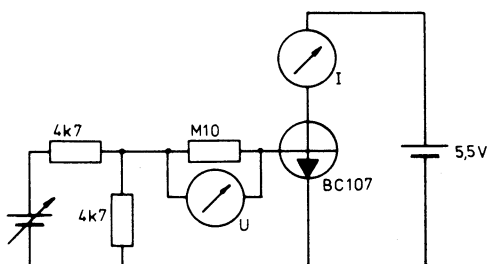
$$I_B = \frac{U_2}{100k}$$

$$U_{BE} = U_1 - U_2$$

- indtegn kurven i karakteristikkfeltet BC 107

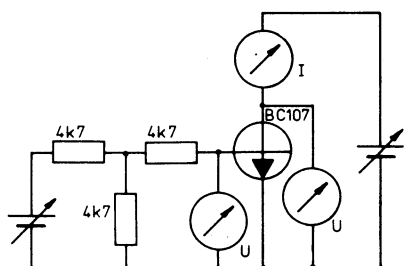


- 2.2 Optag  $I_C$  som funktion af  $I_B$   
 $I_B$  ændres i spring på  $2,5 \mu A$   
fra 0, og indtil  $I_C$  bliver  
10 mA  
 $U_{CE}$  holdes konstant på 5,5 V



- indtegn kurven i karakteristikkfeltet BC 107

- 2.3 Optag  $I_C$  som funktion af  $U_{CE}$   
 $U_{BE}$  holdes konstant på 550m, 575m, 600m, 610m, 620m og op til 700 mV
- kollektortabet må ikke overstige 200 mW  
 $U_{CE}$  må ikke overstige 12 V



- indtegn kurven i karakteristikkfeltet BC 107

DISPOSITION

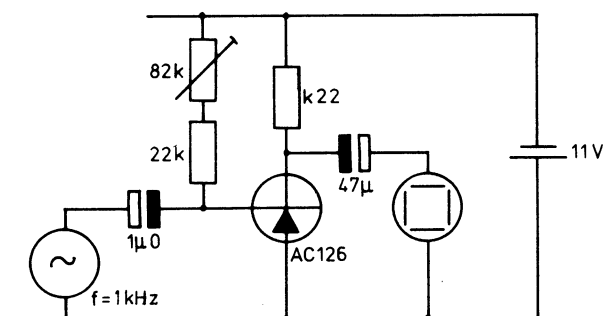
1. Ustabiliseret transistortrin
2. Stabiliseret emitterjordnet
3. Stabiliseret basisjordnet
4. Stabiliseret kollektorjordnet
5. Sammenligning mellem basis-, emitter- og kollektorjordnet trin

UDSTYR

- 1 stk. 1-trin ustabiliseret forstærker
- 1 stk. 1-trin stabiliseret forstærker
- 1 stk. modstand 10 k $\Omega$
- 1 stk. tonegenerator
- 1 stk. elektrovoltmeter
- 1 stk. oscilloskop

1. USTABILISERET TRANSISTORTRIN

- 1.1 Tilslut det ustabiliserede forstærkertrin  
- efter diagram



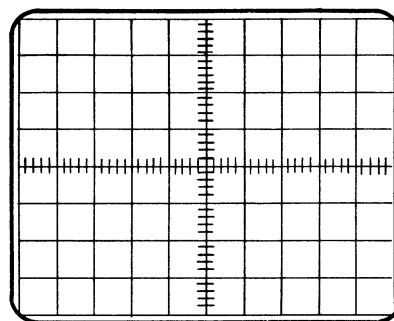
- 1.2 Indstil trimmepotentiometret til symmetrisk klipning
- 1.3 Mål  $U_{BE}$  og  $U_{CE}$ , uden tonegeneratoren tilsluttet

$$U_{BE} =$$

$$U_{CE} =$$

- 1.4 Tilslut tonegeneratoren
- 1.5 Indstil tonegeneratorens spænding til forstærkeren afgiver 8 V<sub>ss</sub>

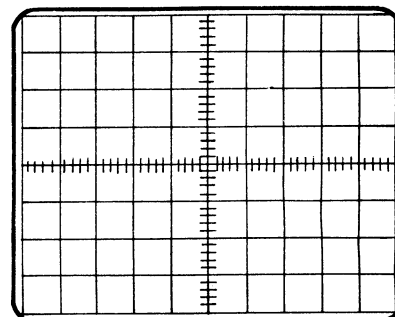
## 1.6 Tegn oscilloskopbilledet



- 1.7 Serieforbind en 10 k $\Omega$  modstand med tonegeneratoren

- 1.8 Indstil tonegeneratorens spænding, til forstærkeren igen afgiver 8 V<sub>ss</sub>

## 1.9 Tegn oscilloskopbilledet

1.10 Kig på oscilloskop og mål  $U_{CE}$ 

- mål, medens transistoren varmes op ved at holde fingrene omkring transistorens hus
- hvad sker der med  $U_{CE}$ ?

---



---

- hvad sker der med udgangssignalet på oscilloskopskærmen?

---

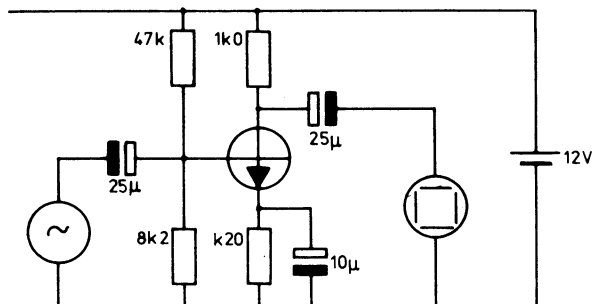


---



## 2. STABILISERET EMITTERJØRDET

### 2.1 Tilslut kredsløbet som vist



### 2.2 Mål DC spændingerne $U_C$ , $U_B$ , $U_E$

$$U_C = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$U_B = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$U_E = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 2.3 Beregn $U_{BE}$ og $I_E$

$$U_{BE} = \underline{\hspace{2cm}} \quad I_E = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 2.4 Mål $A_U$ ved 1 kHz

$$A_U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gg}$$

$$A_U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dB}$$

### 2.5 Beregn den teoretiske spændingsforstærkning

$$A_U = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 2.6 Mål den øvre grænsefrekvens

- mål, hvor  $A_U$  er faldet 3 dB i forhold til den målte værdi ved 1 kHz

$$f_\phi = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 2.7 Mål $Z_{in}$ og $Z_{ud}$

$$Z_{in} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_{ud} = \underline{\hspace{2cm}}$$

### 2.8 Mål kollektorjævnspændingen

- opvarm transistoren ved at holde om den med fingrene
- hvad sker der med kollektorspændingen?

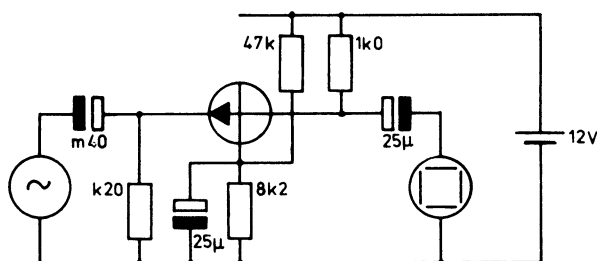
---



---

## 3. STABILISERET BASISJØRDET

### 3.1 Tilslut kredsløbet som vist



### 3.2 Gentag pkt. 2.3 til 2.8

$$A_U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gg}$$

$$A_U = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dB}$$

$$A_U \text{ teoretisk} = \underline{\hspace{2cm}}$$

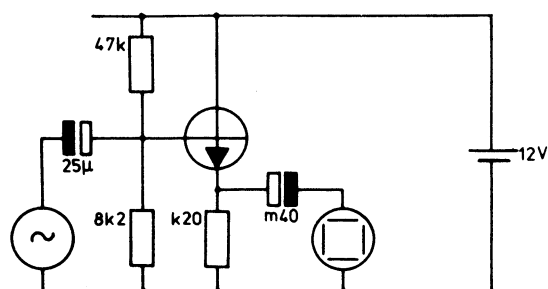
$$f_\phi = \underline{\hspace{2cm}}$$

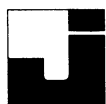
$$Z_{in} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_{ud} = \underline{\hspace{2cm}}$$

## 4. STABILISERET KOLLEKTORJØRDET

### 4.1 Tilslut kredsløbet som vist





4.2 Gentag pkt. 2.3 til 2.8

$$A_u = \underline{\hspace{2cm}} \text{ gg}$$

$$A_u = \underline{\hspace{2cm}} \text{ dB}$$

$$A_{u \text{ teoretisk}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$f_\phi = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_{in} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$Z_{ud} = \underline{\hspace{2cm}}$$

## 5. SAMMENLIGNING MELLEM

BASIS-, EMITTER- OGKOLLEKTORJORDET TRIN

5.1 Indfør de målte værdier i skemaet

	A	$Z_{in}$	$Z_{ud}$	$f_\phi$

5.2 Besvar spørgsmål

- hvilken forstærker har den højeste A ?

---

- hvilken forstærker har den mindste A ?

---

- hvilken forstærker har den største  $Z_{in}$  ?

---

- hvilken forstærker har den mindste  $Z_{in}$  ?

---

- hvilken forstærker har den største  $Z_{ud}$  ?

---

- hvilken forstærker har den mindste  $Z_{ud}$  ?

---



Skriv de rigtige benævnelser for  
nedenstående symboler.

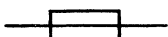
Hjælpemiddel:

TI 5.1.1 - Diagramsymboler

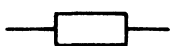
1.



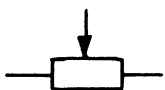
2.



3.



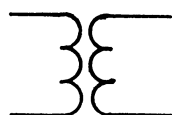
4.



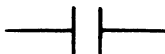
5.



6.



7.



8.



9.





10.



---

---

11.



---

---

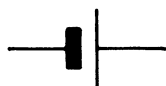
12.



---

---

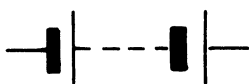
13.



---

---

14.



---

---

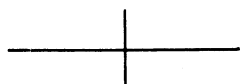
15.



---

---

16.



---

---

17.



---

---

18.



---

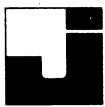
---

19.

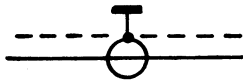


---

---



20.



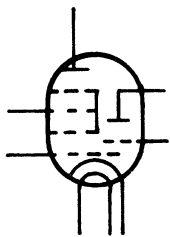
21.



22.



23.



24.



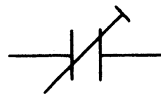
25.



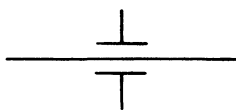
26.



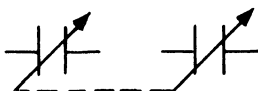
27.



28.



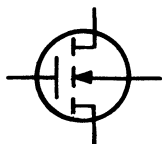
29.







40.



---

---

---

41.



---

---

---

42.



---

---

---

43.



---

---

---

44.

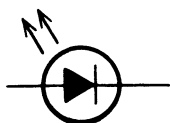


---

---

---

45.

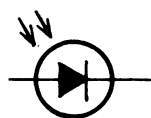


---

---

---

46.

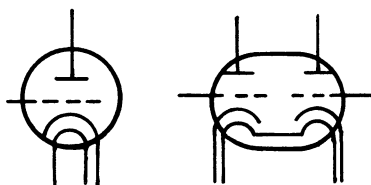


---

---

---

47.

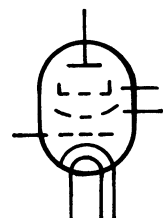


---

---

---

48.



---

---

---

49.



---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



30.



---

---

31.



---

---

---

32.



---

---

33.

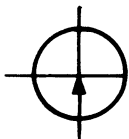


---

---

---

34.

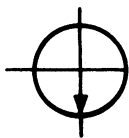


---

---

---

35.

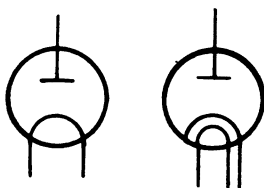


---

---

---

36.

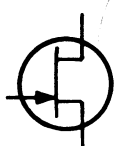


---

---

---

37.

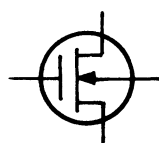


---

---

---

38.

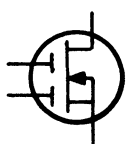


---

---

---

39.



---

---

---

