



System Elektronik
Måling med Elektronik
Gyldendal
Ryan Holm

System Elektronik
Måling med Elektronik
Gyldendal

Ryan Holm

System elektronik: Måling med elektronik

© 1981 by Gyldendalske Boghandel,

Nordiske Forlag A.S. Copenhagen.

Tegninger af P. W. H. Dam.

Fotografier af forfatteren.

Fotografisk, mekanisk eller anden gengivelse eller
mangfoldiggørelse af denne bog eller dele heraf er
ikke tilladt ifølge gældende dansk lov om ophavsret.

Omslag: art/Grafik

Bogen er sat med Helvetica

og trykt hos Th. Laursens Bogtrykkeri A-S, Tønder

Printed in Denmark 1981

ISBN 87-01-41891-2

Indhold

Forord	5	Forvrængning	39
Analoge måleinstrumenter	9	Frekvenstæller	40
Drejespoleinstrumentet	9	Frekvenstællerens funktion	40
Blødtjernsinstrumentet	10	Praktisk model af frekvenstæller	41
Amperemeter	10	Pulsformer og gate	41
Shuntning af et amperemeter	10	Monostabil multivibrator	42
Beregning af shunt til amperemeter	10	Ændringer af den monostabile multivibrator	43
Amperemeter med flere måleområder	11	Tæller	43
Voltmeter	11	Tælleren anvendt som stopur	45
Beregning af formodstande til voltmeter ...	12	Start/stop enhed	46
Kombineret ampere- og voltmeter	12	Manuel og lysstyret start/stop enhed	46
Ohmmeter	13	Den elektroniske tæller som stopur	46
Universalmåleinstrument	14	Enkelt impulser	46
Måling med universalmåleinstrument	14	Praktisk anvendelse af timeren	47
Måling af spænding	14	Frekvenstæller/timer	48
Måling på en transistor	15	Stikordsregister	50
Praktiske målinger på et transistortrin	16		
Nøjagtige målinger på et transistortrin	16		
Måling af strøm med universal-			
måleinstrument	16		
Måling af vekselspænding	16		
Måling af vekselstrøm	17		
Måling på en transistor med universal-			
måleinstrument	17		
Måling på NPN transistor	17		
Måling på PNP transistor	18		
Måling på tyristor	18		
Bromålinger med Wheatstone målebro	18		
Oscilloskopet	19		
Katodestrålerør	19		
Elektronkanon	20		
Afbøjningsplader	20		
Sweeper - time base	21		
X og Y forstærker	22		
Trigger	22		
Dobbeltstråleoskiloskop	23		
Hvordan får man billede på oscilloskopet? ...	25		
Målinger med oscilloskop	26		
Måling af frekvens med oscilloskopet	28		
Ensretning af vekselstrøm	29		
Dæmpede svingninger	30		
Dobbeltstråleoskiloskop	31		
Lavfrekvensforstærker	32		
Lissajous figurer	33		
Målinger i LF forstærker med oscilloskop	37		

Start elektronik
Lærervejledning

Basis elektronik

Praktisk elektronik

Laboratorie
og teoriopg.

AV
flipatranbog

AV
diasserie

Vejledning
til Lab.-og
teoriopg.

Styring med
elektronik

Forstærkning
med elektronik

Måling med
elektronik

Digital
elektronik

Kommunikation
med elektronik

Forord

Til læreren

Denne bog indgår i serien *System elektronik*, der nøje følger intentionerne i „Undervisningsvejledning for folkeskolen nr. 27“, „Elektronik“, der er udsendt af undervisningsministeriet i 1976.

„*System elektronik*“ vil komme til at bestå af syv bøger med tilhørende elevøvelsess hæfter. De syv bøger er:

Basis elektronik

Praktisk elektronik

Digital elektronik

Forstærkning med elektronik

Styring med elektronik

Måling med elektronik

Kommunikation med elektronik

De seks førstnævnte bøger er udkommet, medens den sidste er under udarbejdelse.

Basis elektronik er en selvstændig lærebog i den grundlæggende elektronik. De komponenter, der indgår i elektronikken, beskrives, og deres funktion i elektroniske kredsløb undersøges. Med gennemarbejdelsen af denne bog har man et grundlag at arbejde på. Parallelt med arbejdet med *Basis elektronik* vil det være rimeligt at arbejde med *Praktisk elektronik* samt én eller flere af de øvrige bøger.

Praktisk elektronik gennemgår opbygningen af konstruktioner og giver praktiske anvisninger på fremstilling af „trykte kredsløb“, loddeteknik osv. Herudover er der en række konstruktioner, der dækker emner, der er blevet behandlet i de andre bøger i serien. Arbejdes der f.eks. med *Digital elektronik*, kan man i *Praktisk elektronik* finde alle typer multivibratorer i færdige konstruktioner med diagram, printtegning og komponentplaceringss-
tegning.

Forstærkning med elektronik

I *Basis elektronik* arbejdes med transistorens funktion som forstærker af elektroniske signaler. I denne bog udvides begreberne.

LF forstærkerens opbygning gennemgås, og på en simpel forstærker gennemføres målinger af de vigtigste af de specifikationer, fabrikanterne giver om deres forstærkere. Det er oplysninger, man får hos sin radioforhandler, når man skal købe nyt stereoanlæg. Det kan være begreber som signal/støj forhold, frekvensgang, ind- og udgangsimpedans, dynamik, følsomhed, etc. Oplysninger som disse efterprøves ved målinger på en forstærker.

Desuden ses der på højttalere - på delefiltre og højttalersystemer.

Kommunikation med elektronik

I denne bog behandles principperne for kommunikation ved hjælp af elektronikken. De grundlæggende funktioner af lavfrekvens- og højfrekvensoscillatorer belyses, og principperne i radiomodtagere og -sendere gennemgås.

Digital elektronik

Digital elektronik er den del af elektronikken, der er i den største udvikling. Den er grundlaget for elektroniske regnemaskiner fra den største datamat til den mindste lommeregner. Alle former for styring af og med elektronik er baseret på digital elektronik.

I *Digital elektronik* arbejdes der med alle former for multivibratorer, digital og decimal udlæsning, logiske kredse og deres anvendelse, og der vises eksempler på anvendelsen af integrerede kredse.

Styring med elektronik

Kredsløb kan styres af lys, lyd, varme m.v. Dette område af elektronikken er meget omfattende, og flere og flere maskiner i hjemmet, på fabrikken eller værkstedet kontrolleres og styres af elektronik.

Spændingsforsyningers opbygning er behandlet. Der vises elektronisk regulering af spænding og strøm, og hvordan en spændingsforsyning kan kortslutningssikres.

I elektronisk styring anvendes forskellige specielle halvledere. Det er unijunctiontransistoren (UJT), tyristoren, TRIAC og DIAC. Disse halvlederes funktion gennemgås i teori og med praktiske eksempler.

Måling med elektronik

I denne bog ses på et vigtigt område af elektroniken, nemlig måling. For at kunne arbejde rigtigt med elektronik må man også kunne bruge elektronikkens værktøj, måleinstrumenterne. Derfor er der i denne bog anvisninger på, hvordan måleinstrumenterne er opbygget, og hvordan man anvender dem. De to vigtigste måleinstrumenter er universalmåleinstrumentet og oscilloskopet, og derfor er der gjort meget ud af disse to instrumenter. Med universalmåleinstrumentet kan der måles spænding, strøm og resistans, men man kan også med det undersøge, om en transistor er i orden.

Oscilloskopet, der for få år siden var et ukendt instrument for mange fysiklærere, er i dag standard i de fleste fysiksamlinger, og det er et instrument, der er uhyre mange anvendelsesmuligheder for.

Vejledning til System elektronik

Start elektronik - Et begynderforløb med System elektronik

Denne bog er en vejledning i, hvordan man kan starte med elektronik. Bogen vil kunne anvendes af:

- a) den, der selvstændigt vil i gang med at arbejde med elektronik,
- b) den lærer, der skal i gang med en begynderundervisning i 8. klasse i folkeskolen,
- c) den lærer, der skal undervise i ungdomsskolen, på ungdoms- og efterskoler,
- d) den lærer, der skal undervise på elektronikkursus for voksne i aftenskolen.

Herudover vil bogen kunne være til støtte for enhver underviser, der skal i gang med et begynderforløb i elektronik.

AV-materialer til System elektronik

Flipatranbogen: Elektronik

En flipatranbog er en bog med transparenter til overheadprojektoren.

Bogen starter med opbygning af et diagram. På den første transparent vises en glødelampe tilsluttet et batteri. Ved at lægge flere blade oven på det første følges opbygningen af et diagram. På samme måde er de øvrige emner i bogen opbygget.

Bogen indeholder følgende:

Diagramopbygning 4 blade

Diagramsymboler 2 blade

Farvekode for modstande 2 blade

Modstandsrekken 2 blade

Farvekode for kondensatorer 1 blad

Kondensatorer og modstande

i serie- og parallelforbindelse 3 blade

RC-led og LC-led 2 blade

Ensretning af vekselstrøm 3 blade

Dobbeltensretning 2 blade

Multivibrator 2 blade

Forstærkning 3 blade

Transistorens karakteristikker 6 blade

Diasserien: Sådan fremstiller du et trykt kredsløb

Denne diasserie er udarbejdet som en hjælp for alle, der ønsker at gå i gang med elektronik, og den fortæller om det meget væsentlige elektronikarbejde - at fremstille et trykt kredsløb. Den fortæller også om, hvordan en korrekt lodning udføres.

Til eleven

Denne bog er en del af *System elektronik*, der består af syv bøger og nogle hæfter med opgaver.

De syv bøger er:

Basis elektronik

Praktisk elektronik

Digital elektronik

Forstærkning med elektronik

Styring med elektronik

Kommunikation med elektronik

Måling med elektronik

For at arbejde med elektronik er det nødvendigt at have en vis viden om grundbegreberne i faget, og denne viden kan man tilegne sig gennem bogen *Basis elektronik*. Man kan godt uden at vide ret meget om elektronik bygge alle konstruktionerne i *Praktisk elektronik*, og konstruktionerne vil sikkert virke første gang, der tilsluttes spænding. Mange arbejder med elektronik på denne måde og får lavet store konstruktioner. Først når noget ikke virker, får man brug for en viden for at finde frem til fejlen. Gør man ikke det, er pengene spildt. Derfor bør man først tilegne sig en grundlæggende viden om emnet.

Har man gennemarbejdet *System elektronik*, har man fået en hel del viden om elektronik, og dette vil være værdifuldt, uanset hvilket erhverv man har eller vil uddanne sig i. Elektronikken får større og større indflydelse på vor hverdag, og den, der kan „tænke elektronisk“, er godt rustet.

Elektronik er ikke kun nyttigt erhvervsmæssigt, men det er en god hobby at have. Denne hobby dækker et stort område. Man bygger måske selv sit Hi-Fi stereoanlæg og interesserer sig for denne side, eller man bliver radioamatør og skaffer sig venner over hele verden via mikrofonen.

Har man en helt anden hobby: fisk, kaniner eller duer, vil man også inden for denne hobby finde områder, hvor man med fordel kan udnytte sin elektronikviden.

Der er mange muligheder, og det kan også være et mål, at man når frem til at gøre sin hobby til sit erhverv.

Ryan Holm

Analoge måleinstrumenter

Ved analoge måleinstrumenter forstås instrumenter, der hele tiden viser den rigtige værdi af det målte, og ændringer registreres straks. En viser peger på en skala på måleværdien.

Ved det digitale måleinstrument sker udlæsningen med en række lystal. Det kaldes et display. Her registreres ændringen først, når den er så stor, at sidste ciffer i talrækken skal ændres. Ofte laves måleinstrumentet således, at der kun skiftes udlæsning f.eks. hvert sekund.

Drejespoleinstrumentet

Drejespoleinstrumentet er et analogt måleinstrument. Det består af en drejelig spole ophængt mellem polerne på en kraftig, fast magnet (se fig. 1).

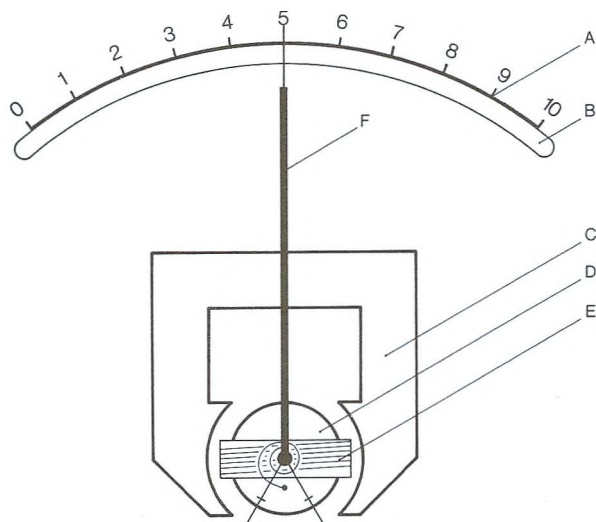
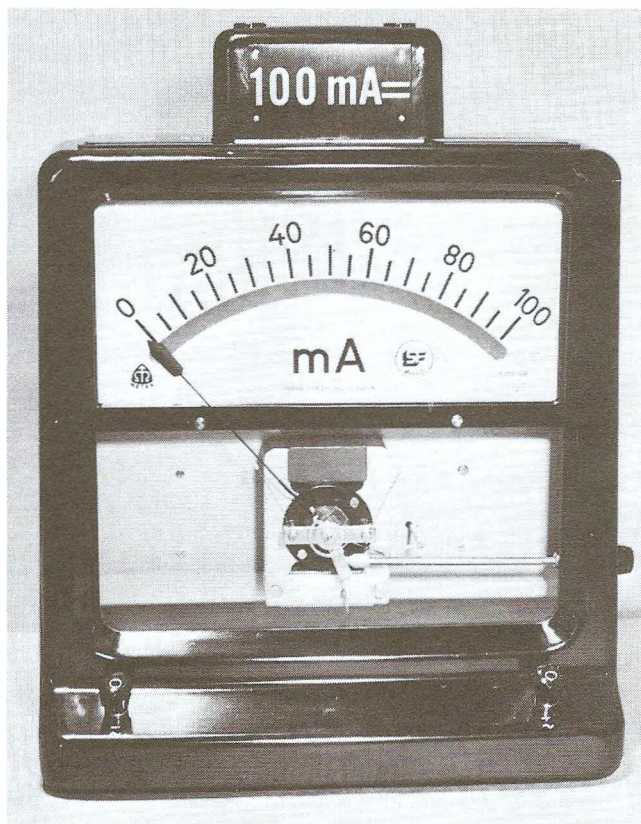


Fig. 1
Drejespoleinstrument
A skala
B spejlskala
C magnet med polsko
D blødtjernskerne
E drejespole
F viser

Når der går strøm gennem spolen, vil den dreje sig i magnetfeltet ifølge lillefingerreglen. Jo kraftigere strøm, der går gennem spolen, jo mere vil den dreje.

På spolen er fastgjort en viser, der på en skala registrerer udsvingets størrelse.

Ved at forsyne magneten med polsko og en blødtjernkerne opstår der mellem kerne og polsko et ensartet magnetisk felt, og det betyder, at skalaen på instrumentet bliver lineær. Hvis en strøm på 10 mA får viseren til at slå ud til en fjerdedel af skalaen, vil en strøm på 20 mA give halvt udslag, og 40 mA strøm vil give fuldt udslag på måleinstrumentet.



En lineær skala giver en hurtig og nøjagtig aflæsning af instrumentet.

Ulempen ved drejespoleinstrumentet er, at det kun kan måle jævnstrøm. Skal det måle vekselstrøm, må der indskydes en ensretter i kredsløbet.

Fordelen er den lineære skala med lige stor afstand mellem måleenhederne.

Blødtjernsinstrumentet

Et blødtjernsinstrument er meget enkelt opbygget. Det arbejder efter det princip, at to stykker jern anbragt i en spole vil frastøde hinanden, hvis der går strøm gennem spolen. Det skyldes, at de magnetiseres af strømmen gennem spolen, og herved får ens poler i enderne.

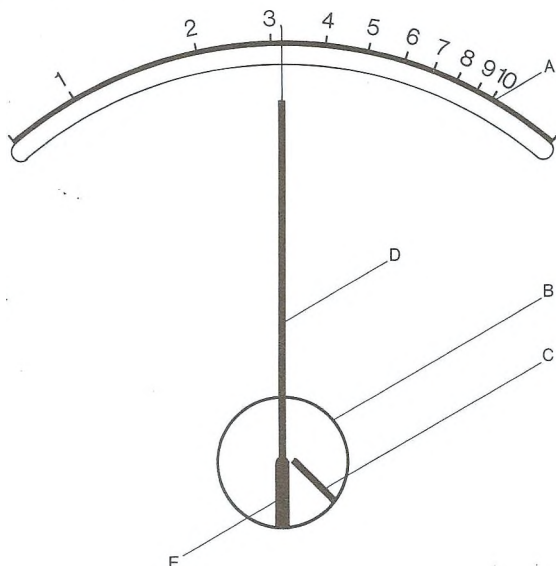


Fig. 2

Blødtjernsinstrument

A skala

B spole

C fastsiddende plade af blødtjern

D viser fastgjort på E

E drejelig plade af blødtjern

Jo kraftigere strøm, jo større frastødning.

I blødtjernsmåleinstrumentet sidder det ene stykke jern fastgjort. Det andet kan dreje sig om en aksel. Til det andet stykke jern er der fastgjort en viser, der på en skala kan registrere udslagets størrelse.

Skalaen bliver ikke lineær. Dvs., at afstanden mellem måleenhederne på skalaen ikke er ens. Det er en ulempe ved instrumentet. Blødtjernsinstrumentet kan heller ikke laves så følsomt som drejespoleinstrumentet. Det kan ikke måle så små strømme.

Fordelen ved blødtjernsinstrumentet er, at det kan bruges både til jævnstrøm og vekselstrøm.

Amperemeter

Drejespoleinstrumentet og blødtjernsinstrumentet er amperemetre, der direkte måler den strøm, der går gennem instrumentet. Grundinstrumentet gøres så følsomt som muligt, dvs. at det giver udslag for en så lille strøm som muligt. Ved at forsyne instrumentet med en shunt, kan instrumentet ændres til at måle større strømme.

En shunt er en modstand tilsluttet parallelt med måleinstrumentet.

Shuntning af et amperemeter

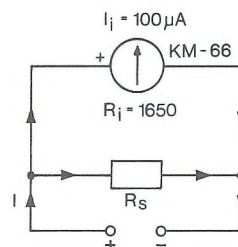


Fig. 3

På fig. 3 ses et amperemeter med fuldt viserudslag for en strøm på $100 \mu\text{A}$. $I_i = 100 \mu\text{A}$.

R_i = instrumentets indre resistans er 1650Ω

Parallelt med instrumentet er koblet en modstand, R_s . Shuntmodstanden.

Hvis vi ønsker, at instrumentet skal give fuldt viserudslag for en strøm på 1 mA , $I = 1 \text{ mA}$, skal R_s have en resistans, så $\frac{1}{10}$ af strømmen i kredsløbet ($100 \mu\text{A}$) går gennem måleinstrumentet, og $\frac{9}{10}$ af strømmen går gennem shuntten. Shuntens resistans må så være tilsvarende mindre end måleinstrumentets indre resistans.

Beregning af shunt til amperemeter

Modstanden kan beregnes efter formlen:

$$R_s = \frac{R_i}{\frac{I}{I_i} - 1}$$
$$= \frac{1650}{\frac{1}{0,1} - 1}$$

$$R_s = 183 \Omega$$

Med en modstand på 183Ω parallelt med måleinstrumentet vil $\frac{1}{10}$ af strømmen gå gennem instrumentet og $\frac{9}{10}$ gennem shuntten. En strøm på $0,5 \text{ mA}$ vil således give halvt viserudslag.

På samme måde kan der beregnes shunte, så instrumentet kan måle 10 mA, 100 mA og 1000 mA.

Måleområde = 10 mA.

$$R_i = 1650 \, \Omega, I = 10 \, \text{mA}, I_i = 0,1 \, \text{mA}$$

$$R_s = \frac{1650}{\frac{10}{0,1} - 1}$$

$$R_s = 16,7 \, \Omega$$

Måleområde = 100 mA

$$R_i = 1650 \, \Omega, I = 100 \, \text{mA}, I_i = 0,1 \, \text{mA}$$

$$R_s = \frac{1650}{\frac{100}{0,1} - 1}$$

$$R_s = 1,7 \, \Omega$$

Måleområde = 1 A

$$R_i = 1650 \, \Omega, I = 1000 \, \text{mA}, I_i = 0,1 \, \text{mA}$$

$$R_s = \frac{1650}{\frac{1000}{0,1} - 1}$$

$$R_s = 0,17 \, \Omega$$

Amperemeter med flere måleområder

En praktisk udgave af et amperemeter kan laves med et amperemeter og en omskifter, der kan skifte mellem forskellige shunte. Fig. 4 viser et sådant arrangement.

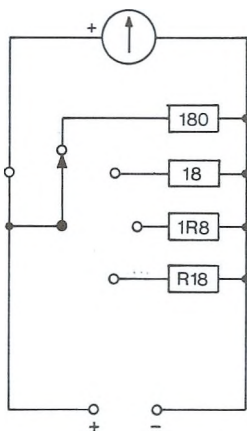


Fig. 4

Det valgte instrument er et Kyoritsu KM-66, der har en indre resistans på 1650 Ω . Vi vælger modstandsværdierne fra standardrækken af modstande:

Instrument: Kyoritsu KM-66

$$I_i = 100 \, \mu\text{A}, R_i = 1650 \, \Omega$$

Måleområde	shunt	standardværdi
1 mA	183 Ω	180R - 5 %
10 mA	16,7 Ω	18R - 5 %
100 mA	1,7 Ω	1R8 - 5 %
1 A	0,17 Ω	R18 - 5 %

Ved at vælge standardværdier bliver instrumentet unøjagtigt, så ønsker man et nøjagtigere instrument, kan områderne justeres ind med et professionelt instrument. Det tilsluttes i serie med instrumentet, og der måles på en opstilling. Ved at parallelforbinde modstande med stor resistans parallelt med shuntmodstanden, kan instrumentet justeres ind.

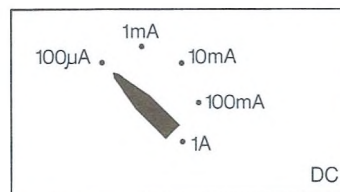


Fig. 5. Omskifter-arrangement til amperemeter.

Voltmeter

Drejespoleinstrumentet og blødtjernsinstrumentet kan også bruges som voltmeter. En modstand, R_f , tilsluttet i serieforbindelse med måleinstrumentet, begrænser strømmen i kredsløbet til den strøm, instrumentet kan tåle.

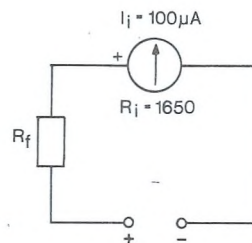


Fig. 6

Vi vælger at lave et voltmeter, der ved fuldt visserudslag på instrumentet måler 10 V. Ved hjælp af Ohms lov kan formodstanden beregnes.

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

$$U = 10 \text{ V}, I = 100 \mu\text{A} = 0,0001 \text{ A}$$

$$R = \frac{10}{0,0001} = 100\,000 \Omega$$

Den samlede resistans i kredsløbet skal være $100\,000 \Omega$. Formodstandens resistans må så være lig kredsløbets samlede resistans minus instrumentets resistans.

$$\begin{aligned} R_f &= 100\,000 \Omega - 1650 \Omega \\ &= 98\,350 \Omega \end{aligned}$$

Beregning af formodstande til voltmeter

Formodstande, der gør amperemetret til et voltmeter, kan beregnes efter formlen:

$$R_f = R_i \left(\frac{U}{U_i} - 1 \right)$$

R_f = formodstandens resistans

R_i = måleinstrumentets indre resistans = 1650Ω

U = ønskede måleområde i volt

U_i = spændingsfaldet over måleinstrumentet.

$$U_i = R_i \cdot I_i = 1650 \cdot 0,0001 = 0,165 \text{ V.}$$

Måleområde = 1 V .

$$R_f = R_i \left(\frac{U}{U_i} - 1 \right) = 1650 \left(\frac{1}{0,165} - 1 \right)$$

$$R_f = 8350 \Omega$$

Måleområde = 10 V

$$R_f = 1650 \left(\frac{10}{0,165} - 1 \right)$$

$$R_f = 98\,350 \Omega$$

Måleområde = 100 V

$$R_f = 1650 \left(\frac{100}{0,165} - 1 \right)$$

$$R_f = 998\,350 \Omega$$

Instrument: Kyoritsu KM-66 $I_i = 100 \mu\text{A}$, $R_i = 1650 \Omega$, $U_i = 0,165 \text{ V}$		
Måleområde	formodstand	standardværdi
1 V	8350 Ω	8K2 + 15OR
10 V	98350 Ω	100K
100 V	998350 Ω	1M

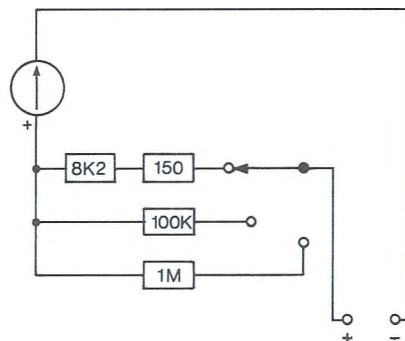


Fig. 7

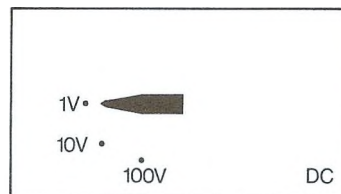


Fig. 8. Omskifter-arrangement til voltmeter.

Kombineret ampere- og voltmeter

Med et måleinstrument og en omskifter kan der konstrueres et måleinstrument, der enten kan måle strøm eller spænding.

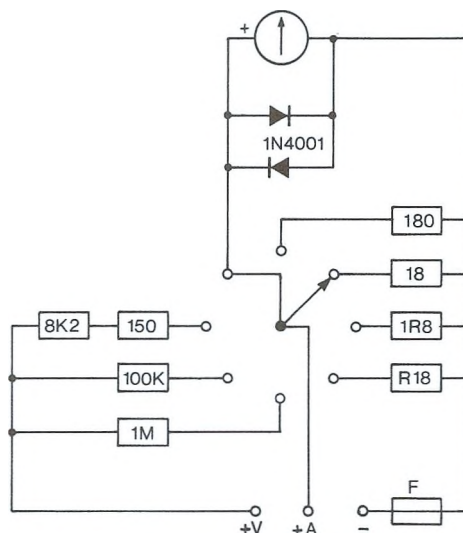


Fig. 9. Kombineret ampere- og voltmeter.

Diagrammet (fig. 9) viser, hvordan de forskellige strøm- og spændingsområder er koblet sammen.

Alle områder har fælles minus. Skal der måles spænding, skal en ledning tilsluttes +V, og skal der måles strøm, skal en ledning tilsluttes +A.

En sikring i minusledningen sikrer mod overbelastning. Parallelt med måleinstrumentet er der to siliciumdioder, der sikrer selve instrumentet mod overbelastning.

På tegningen (fig. 10) ses, hvordan instrumentet kan se ud.

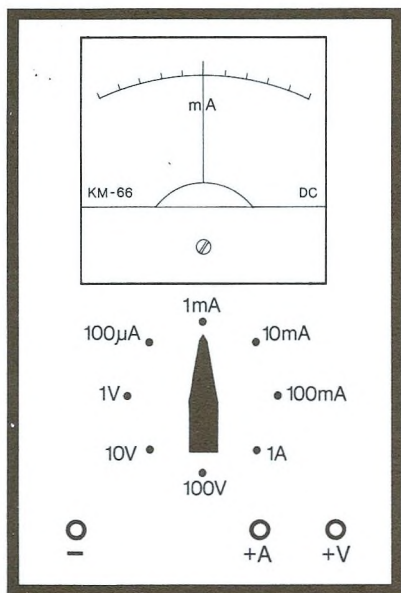


Fig. 10

Ohmmeter

Et ohmmeter består i princippet af et viserinstrument, der er serieforbundet med en variabel modstand og et batteri.

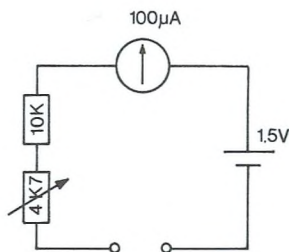


Fig. 11

Til ohmmetret vælges et måleinstrument, der giver fuldt udslag ved en strøm på 100 µA. Dets indre resistans er 1650 Ω.

Tegningen viser, at instrumentet er serieforbundet med en fast modstand på 10 000 Ω, et potentiometer på 4700 Ω og et 1,5 V element. Ved hjælp af Ohms lov kan der beregnes, hvor stor resistansen er i kredsløbet, når en spænding på 1,5 V giver en strøm på 100 µA.

$$R = \frac{U}{I} = \frac{1,5 \text{ V}}{0,0001 \text{ A}} = 15\,000 \, \Omega$$

Resistansen skal være 15 000 Ω.

Når tilslutningsklemmerne på ohmmetret forbindes med hinanden, vil der gå strøm i kredsløbet, og med potentiometret reguleres strømmen til 100 µA. Vi har nulstillet ohmmetret.

Hvis der over tilslutningsklemmerne anbringes en modstand på 10K, bliver den samlede resistans i kredsløbet 10 000 Ω (modstanden) + 15 000 Ω (indre resistans). Strømmen i kredsløbet vil da blive:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{1,5 \text{ V}}{25\,000 \, \Omega} = 60 \, \mu\text{A}$$

På instrumentets skala kan der ved 60 µA skrives 10kΩ. Med andre faste modstande kan hele skalaen tegnes. Den vil blive, som fig. 12 viser.

Ohmmetre til nøjagtige målinger udføres som målebroer, og denne type instrumenter behandles under »bromålinger«.

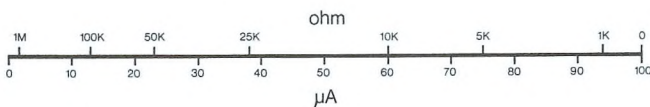


Fig. 12

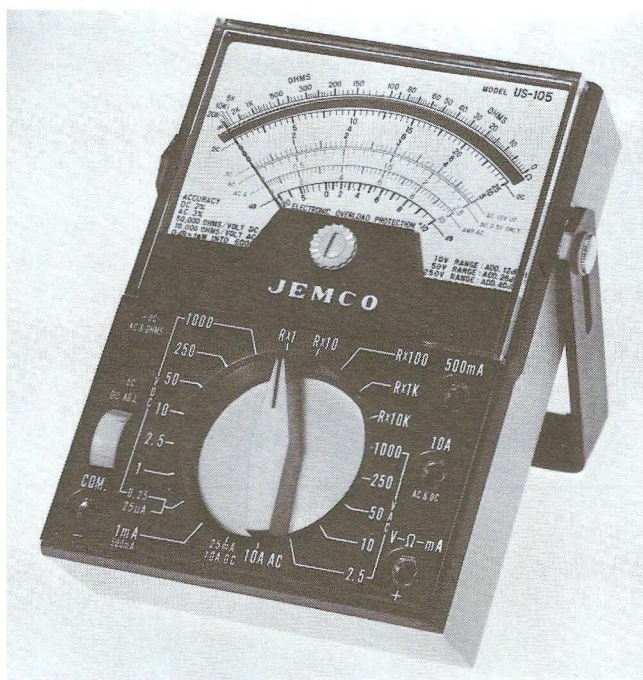
Universalmåleinstrument

Det første måleinstrument, man anskaffer sig til arbejdet med elektronik, er et universalmåleinstrument. Som navnet antyder, kan dette instrument bruges til at måle forskellige elektriske størrelser. Det engelske ord for instrumentet er »multitester«, og det anvendes også på dansk.

Universalmåleinstrumentet er et instrument, der kan måle spændingsforskel, strømstyrke og resistans. Prisen på instrumentet er afhængig af dets følsomhed, der angives i antal ohm pr. volt. Billigere instrumenter har en følsomhed fra 5000 Ω/V , mens bedre instrumenter har følsomheder fra 50 000-100 000 Ω/V .

Til illustration af målinger med U-instrument er anvendt JEMCO US-105.

Måling med universalmåleinstrument



Måling af spænding

Vi måler spænding på et batteri. Inden målinger påbegyndes, sættes testledningerne på U-instrumentet. Den røde sluttes til + bøsningen, den sorte til \div bøsningen.

Under skalaen på instrumentet er der en nulstilleskrue, der med fingrene kan justeres, så instrumentet viser 0.

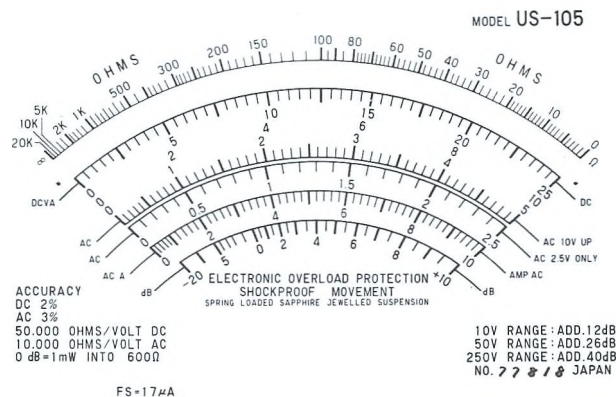


Fig. 13. JEMCO US-105.

Områdevælgeren stilles på det mindst følsomme område. På US-105 er det 1000 V. Det er jævnspænding, der skal måles. Det betegnes med VDC.

Testledningerne sættes på batteriet, vi skal måle på, med den røde på + og den sorte på \div . Omskifteren drejes så gennem 250 V-50 V til 10 V, og her får vi et passende viserudsving.

Instrumentet er forsynet med spejlskala, og dvs., at man ved viseraflæsning skal se lige ind på viseren, så den dækker sit eget spejlbillede.

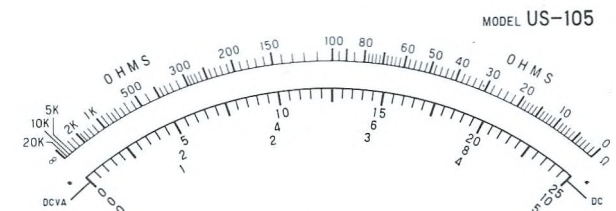


Fig. 14. DC områder på skalaen.

U-instrumenter er forsynet med mange forskellige skalaer, da der skal kunne dækkes mange måleområder. Man skal derfor, inden man begynder at måle med et U-instrument, lære det at kende. DC skalaen på US-105 er lige under spejlet. Yderst til højre står 25-10-5. Det er samme skala-inddeling for alle jævnspænding og -strøm målinger. Den skala, der er nærmest spejlskalaen, er inddelt i 25 enheder, og den bruges ved aflæsninger på 0,25 V, 2,5 V og 250 V områderne.

10 området er angivet på skalaen med 2-4-6-8-10. Denne skala bruges ved 10 V og 1000 V områderne.

Endelig er der en 5-delt skala.

De samme skalaer bruges ved DC strømmålinger.

Instrumentets følsomhed er $50\,000\ \Omega/\text{V}$, og ved måling på batteriet har vi målt på 10 V området. Det betyder, at vi ved målingen har belastet batteriet med en resistans på $10 \cdot 50\,000\ \Omega = 500\ \text{k}\Omega$. Vi får en reel måling.

Også med mindre følsomme måleinstrumenter vil vi ved måling på et batteri få samme målte værdi. Et måleinstrument med en følsomhed på $5000\ \Omega/\text{V}$ vil belaste med en resistans på $10 \cdot 5000\ \Omega = 50\,000\ \Omega$, og denne belastning vil ikke påvirke batterispændingen.

Måling på en transistor

Problemer med målinger med U-instrumenter opstår, når der skal måles på transistorkredsløb.

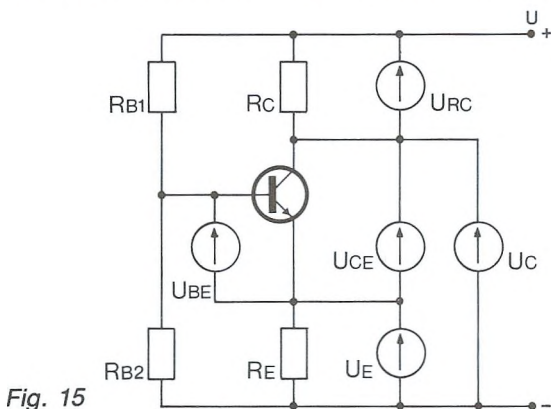


Fig. 15

På fig. 15 er indtegnet et stort antal voltmetre, der skal vise, hvilke spændinger vi kan måle på et transistortrin, og hvordan vi benævner disse spændinger for ikke at forveksle dem.

- U = tilslutningsspændingen
- U_{RC} = spændingen over kollektormodstanden
- U_{CE} = kollektor-emitterspændingen
- U_E = spændingen over emittermodstanden
- U_C = spændingen mellem kollektor og stel
- U_{BE} = basis-emitterspændingen
- U_B = spændingen mellem basis og stel

Vi kan prøve at måle disse spændinger på et transistorforstærkertrin (fig. 16).

Spændingerne er målt med et JEMCO US-105. Beregningerne af transistortrinet gennemgås i *Forstærkning med elektronik*.

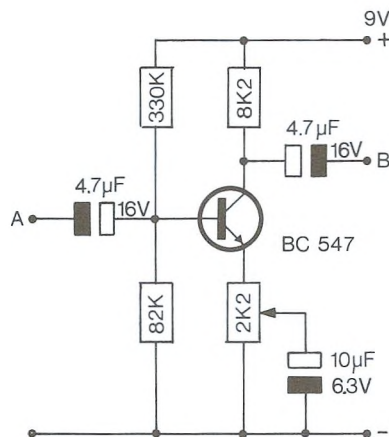


Fig. 16

	Beregnete spændinger	målte spændinger
U	9 V	9 V
U_{RC}	3,95 V	3,4 V
U_{CE}	3,95 V	4,7 V
U_E	1,1 V	0,9 V
U_C	5,05 V	5,5 V
U_{BE}	0,7 V	0,6 V
U_B	1,8 V	1,4 V

Hvis vi måler spænding mellem basis og minus, vil vi få målefejl med et U-instrument.

Spændingen er $U_{BE} + U_E = 1,9\ \text{V}$. Måler vi med et instrument med følsomheden $5000\ \Omega/\text{V}$, vil instrumentet på 5 V området udgøre en belastning på $5 \cdot 5000\ \Omega = 25\,000\ \Omega$. Denne belastning er parallel med $R_{B2} = 82\ \text{k}\Omega$, og det svarer til en resulterende resistans af denne parallellforbindelse på ca. $19\ \text{k}\Omega$. Ved målingen forrykkes basis-spændingen. Instrumentet influerer på kredsløbet, der måles på.

Med et instrument med en følsomhed på $50\ \text{k}\Omega/\text{V}$ vil der belastes med $250\,000\ \Omega$. Parallelt med $82\ \text{k}\Omega$ giver det ca. $62\ \text{k}\Omega$. Fejlmålingen bliver mindre.

Det ville være bedre at måle U_B . Den vil for siliciumtransistorer være ca. 0,6-0,7 V. For germaniumtransistorer er U_B ca. 0,2-0,3 V.

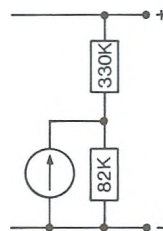


Fig. 17

Praktiske målinger på et transistortrin

Universalmåleinstrumentet er udmærket til at checke, om et transistortrin arbejder. Det er kun nødvendigt med få målinger.

Den første måling må være en måling af kollektorspændingen, U_C .

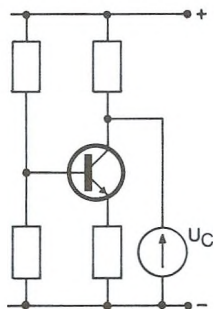


Fig. 18

Den sorte testledning tilsluttes minus. Med den røde måles først tilslutningsspændingen, U . Herefter sættes testledningen på kollektor, og vi måler kollektorspændingen, U_C . Den skal være lavere end U . Hvis den er lig U , er transistoren OFF. Den kan være defekt, men der kan også være en dårlig lodning.

I forstærkertrin vil U_C ofte være ca. halv så stor som U .

Hvis U_C er lavere end U , ser det ud til, at transistoren er i orden, og man kan prøve at forbinde basis til minus. Så skal transistoren blive OFF og U_C stige til U .

Nøjagtige målinger på transistortrin

Et voltmeter skal have en høj indre resistans for ikke at belaste det, der måles på. Foran U-instrumentet kan der sættes en forstærker, så det ikke bliver U-instrumentets indre resistans, der får betydning.

Måleinstrumenter fabrikeres også med indbyggede forstærkere. Tidligere blev der brugt radorør i forstærkerne, og instrumenterne blev betegnet som »rørvoltmetre«, et navn, der delvis er blevet hængende, efter man er gået over til at bruge halvledere. Nu anvendes der ofte FET's, Field Effect Transistorer, i indgangsforstærkerne, og herved får man instrumenter med følsomhed på $1 \text{ M}\Omega/\text{V}$. Måler man med et sådant instrument på 10 V området, vil belastningen udgøre $10 \text{ M}\Omega$, og det vil et transistortrin ikke »mærke«.

Alle digitalvoltmetre har som FET-voltmetre en stor indre resistans. Det samme gælder oscilloskopet, og under gennemgang af dette instrument senere i bogen vises, hvordan det kan anvendes til måling af spændinger.



Måling af strøm med universalmåleinstrument

Områdeomskifteren kobler forskellige shunte ind over instrumentet ved skift mellem forskellige måleområder. Det vil betyde, at den indre resistans vil variere ved forskellige måleområder. Det bør man være opmærksom på.

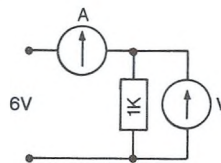


Fig. 19

Skal der på denne opstilling (fig. 19) måles strøm og spænding, måles først spændingen og derefter strømmen eller omvendt. Man skal ikke måle med to måleinstrumenter samtidig. Der vil blive et spændingsfald over det instrument, der måler strøm.

Måling af vekselspænding

I U-instrumentet er der et ensretterkredsløb, så instrumentet kan måle vekselspændinger.

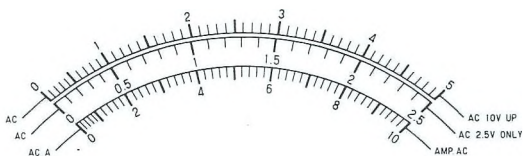


Fig. 20. AC områder på skalaen.

I elektronik har vi ofte kun, når vi beskæftiger os med højfrekvens, brug for nøjagtige AC målinger. Følsomheden er for AC områderne også meget lavere end for DC områderne på et U-instrument. F.eks. har US-105 en DC følsomhed på 50 k Ω /V, men en AC følsomhed på 10 k Ω /V. Det betyder, at det belaster mere ved AC målinger.

Da instrumentet viser effektiv spænding, er det kun sinus spændinger, man kan måle korrekt.

Måling af vekselstrøm

Kun de dyrere U-instrumenter har områder til måling af vekselstrøm.

I U-instrumentet er der en strømtransformator. Jo større strøm, der går i primærviklingen, jo større strøm vil der gå i sekundærviklingen.

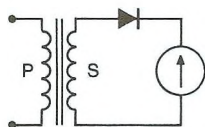


Fig. 21

Måling på en transistor med universalinstrument

Ohmmetret i universalinstrumentet kan bruges til at måle, om en transistor er i orden. Hvis det ikke drejer sig om en effekttransistor, kan man måle på den i kredsløbet uden at lodde den af.

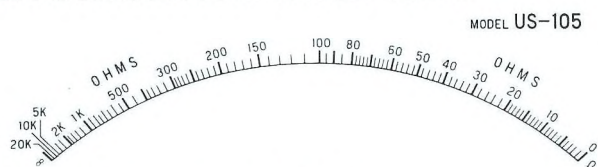


Fig. 22. Ohm område på skalaen.

På de fleste universalinstrumenter er der ved ohmmeterindstillingen byttet om på polariseringen, så terminalen mærket - er den positive, og terminalen mærket + er den negative. Prøv at måle på instrumentet i ohmstilling med et voltmeter. På tegningerne er der anvendt måleinstrumentet af denne type. Måles der med et ohmmeter, et digitalinstrument e.l., skal der byttes om på + og -.

Måling på NPN transistor

I praksis behøver man ikke at tænke på, om det er et universalinstrument eller et andet ohmmeter, man måler med. Når der måles lav resistans i en retning, skal instrumentet vise høj, når ledningerne byttes om.

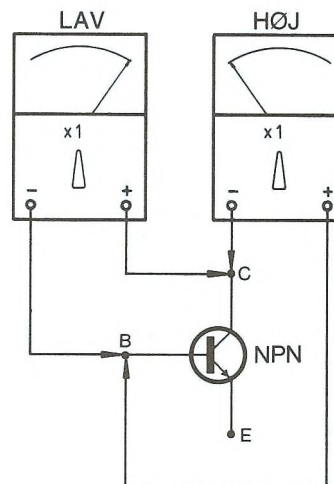


Fig. 23. Instrumentet i x1 stillingen. Ved måling mellem basis og kollektor skal resistansen i den ene måleretning være stor og i den anden måleretning lille.

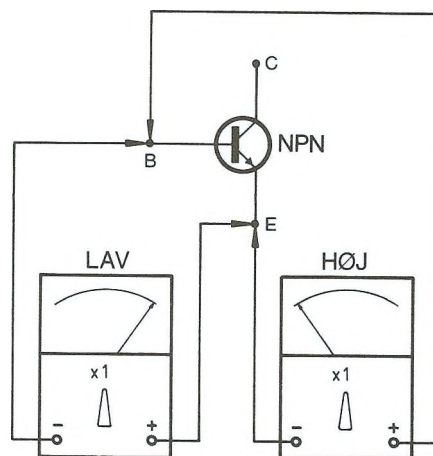


Fig. 24. Ved måling mellem basis og emitter skal resistansen i den ene retning være stor og i den anden måleretning lille.

Måling på PNP transistor

Måling på PNP transistor vil give modsat resultat. Resistansen mellem kollektor og emitter vil dog altid være stor.

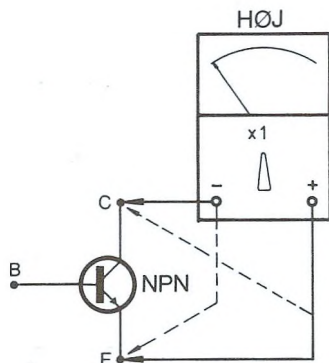


Fig. 25. Mellem kollektor og emitter er resistansen stor i begge måleretninger.

Måling på tyristor

Med universalinstrumentet kan man også måle, om en tyristor er OK. Den skal dog være afloddet opstillingen. Mellem gate (G) og katode (K) skal resistansen være lille med + på K og - på G. Alle andre målinger viser uendelig stor resistans.

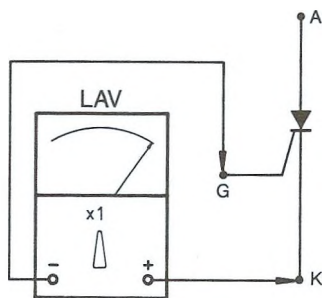


Fig. 26. Resistansen i den ene måleretning på en tyristor er lille. Alle andre målinger på en tyristor skal vise stor resistans.

Bromålinger med Wheatstone målebro

Til nøjagtige resistansmålinger bruges ofte en målebro. I princippet består en målebro af fire modstande, et midtpunktstillet milliampere-meter og en spændingskilde.

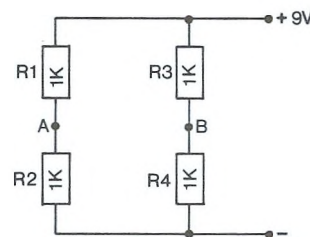


Fig. 27

De fire modstande i brokredsløbet (fig. 27) er lige store f.eks. 1000Ω . Spændingsfaldet over hver modstand er det samme, nemlig $4,5\text{ V}$. Hvis vi måler spændingsforskellen mellem A og B vil vi se, at den er 0 V .

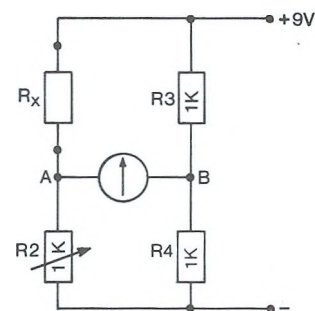


Fig. 28

I dette kredsløb (fig. 28) er R_3 og R_4 stadig 1000Ω , R_2 er en variabel modstand på 1000Ω . R_x er den ukendte modstand, der skal undersøges. Lad os antage, at dens resistans er 100Ω .

Spændingsfaldet over R_4 , $U_{R4} = 4,5\text{ V}$. R_2 danner sammen med R_x en spændingsdeler, og over R_2 vil spændingsfaldet være ca. 8 V . Det betyder, at der mellem A og B bliver en spændingsforskel på $8\text{ V} - 4,5\text{ V} = 3,5\text{ V}$. Måleinstrumentet giver udslag.

Vi drejer nu på R_2 , til instrumentet viser 0 V . Det gør det, når $R_2 = R_x$.

Ved R_2 er der en kalibreret skala, hvor man kan aflæse R_2 's værdi - og dermed den ukendte modstands værdi.

Denne opstilling kaldes en Wheatstone målebro, og den kan bruges til nøjagtige resistansmålinger fra $0,01\Omega$ til $1\text{ M}\Omega$.

En Wheatstone-bro kan også udformes som vist i fig. 29.

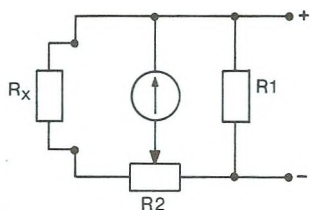
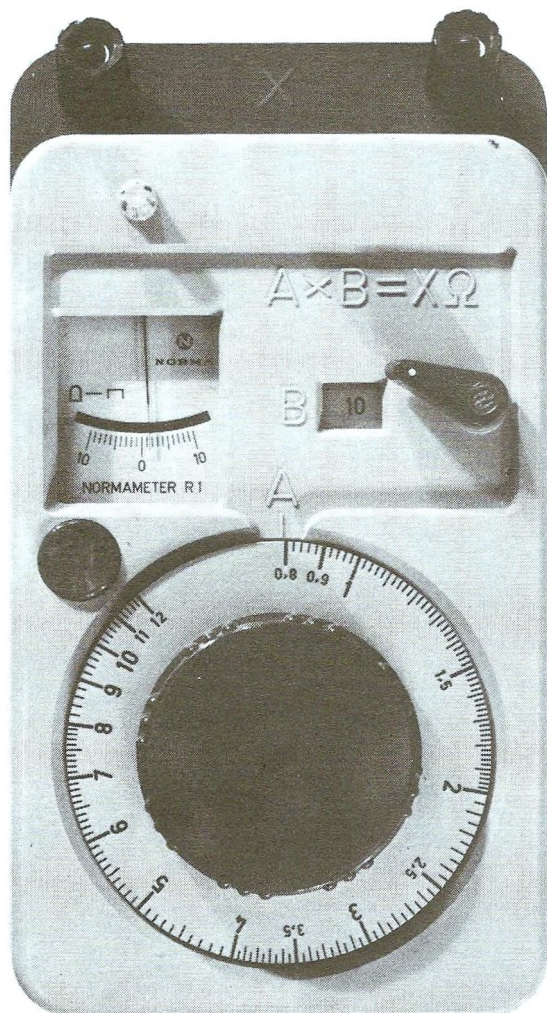


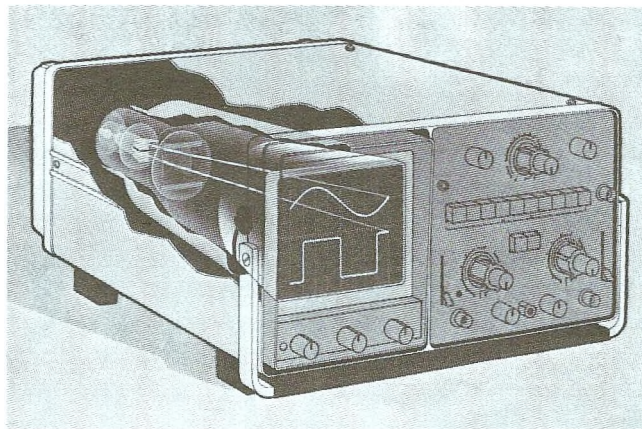
Fig. 29



Oscilloskopet

Oscilloskopet er et af de vigtigste måleinstrumenter i elektroniklaboratoriet. Med dette måleinstrument er der mange målemuligheder.

Viseren fra drejespoleinstrumentet er erstattet af en elektronstråle, hvis masse er uendelig lille i forhold til viseren, og derfor er det lettere at bevæge en elektronstråle.



Katodestrålerør

Hjertet i oscilloskopet er et katodestrålerør. Det består af en glaskolbe, der er lufttom. I den ene ende af røret er katoden, der varmes op af en glødetråd, så den kan udsende elektroner. Længere fremme i røret er der en anode, der er udformet som en cylinder uden låg. I bunden er der boret et lille hul.

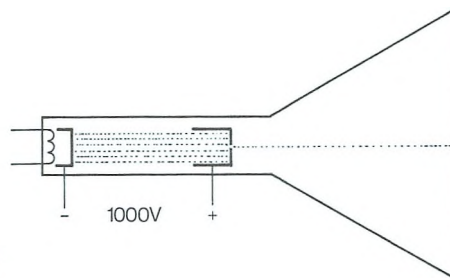


Fig. 30

Til katode og anode tilsluttes højspænding, ca. 1000 V, med plus til anoden. Elektronerne, der er negative, vil tiltrækkes af den positive anode, og farer med stor hastighed hen mod den. Nogle elektroner har så stor hastighed, at de ryger gennem

hullet i bunden af anodecylinderen, og vi har en tynd elektronstråle, der rammer bunden af glaskolben.

Elektroner er usynlige, men bunden af glaskolben er belagt med et lag fosfor. Det har den egenskab, at det lyser, når det rammes af elektroner. Vi vil derfor på glaskolbens endevæg se en lysende plet.

Endevæggen af glaskolben er skærmen på katodestrålerøret. I fjernsynet er der også et sådant katodestrålerør. Det er billedrøret. I et farvefjernsyn er højspændingen mellem anode og katode på 25 000 V.

Elektronkanon

Anoden og katoden kaldes tilsammen en elektronkanon. I elektronkanonen er der anbragt et såkaldt gitter, der kan fokusere elektronstrålen. Med et potentiometer kan man regulere spændingen på gitteret og herved gøre pletten på skærmen større eller mindre. Man kan indstille skarpt. Denne knap benævnes FOCUS.

Med et andet potentiometer kan elektronudsendelsen reguleres. Herved reguleres lysstyrken. Knappen benævnes INTEN (engelsk: intensity = styrke).

Afbøjningsplader

I glaskolbens hals er der efter elektronkanonen indbygget et par vandrette metalplader, som elektronstrålen passerer mellem. Sættes der spænding på pladerne, så den øverste bliver positiv og den nederste negativ, vil elektronstrålen blive tiltrukket af den øverste plade. Lyspletten på skærmen vil bevæge sig opad. Jo højere spændingsforskel, der bliver mellem pladerne, jo højere vil lyspletten bevæge sig op.

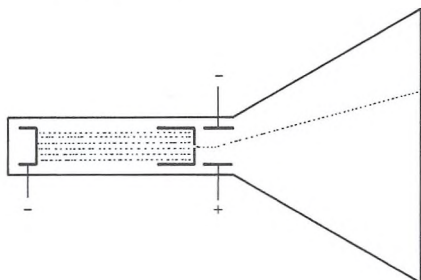


Fig. 31

Byttes der om på polariteten på metalpladerne, vil pletten bevæge sig ned.

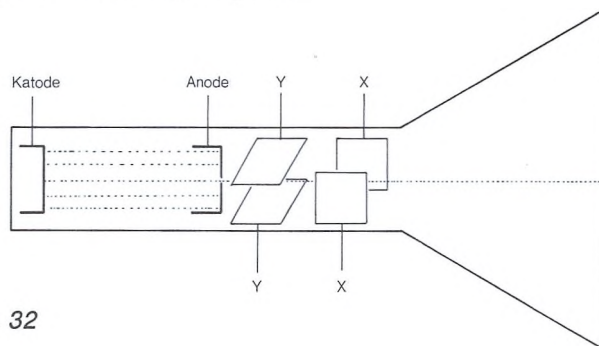


Fig. 32

Med et potentiometer kan man på oscilloskopet regulere spændingen på pladerne. Når potentiometeret står i midterstilling, er pletten midt på skærmen. Drejes potentiometeret til den ene side, bevæges pletten opad, drejes potentiometeret til den anden side, bevæges pletten nedad.

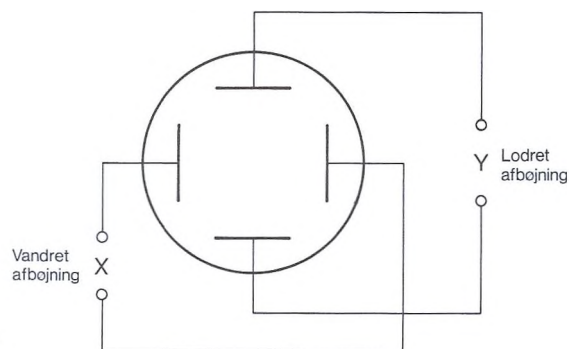
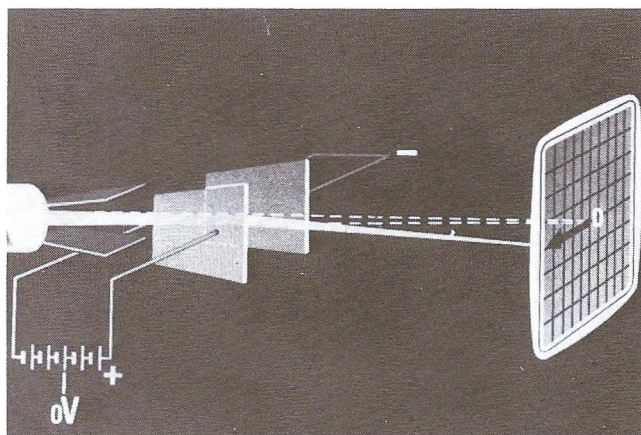


Fig. 33

I et koordinatsystem er bevægelser op og ned i Y-aksens retning. Pladerne benævnes derfor Y-plader eller lodrette afbøjningsplader.



Efter Y-pladerne er der to lodrette plader. Ved hjælp af et andet potentiometer kan spændingen over disse plader også reguleres, og vi kan bevæge elektronstrålen og dermed pletten fra side til side. Det er X-retningen i koordinatsystemet, og afbøjningspladerne benævnes som X-plader eller vandrette afbøjningsplader.

Med de to potentiometre, X- og Y-afbøjning, kan lyspletten placeres overalt på skærmen. Vi kan afbilde et punkt, hvor vi ønsker i koordinatsystemet.

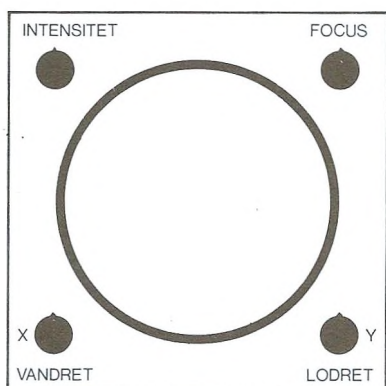


Fig. 34

Sweeper - time base

Til X-pladerne kan der fra en sweep-generator tilføres en savtakspænding. Det vil sige en spænding, der vokser, og når den når sit højeste, skifter polariteten - der byttes om på plus og minus.

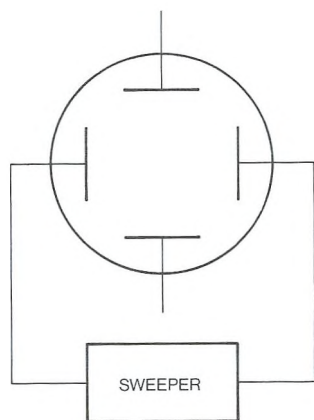


Fig. 35

I starten af en sådan savtakspænding er højre X-plade meget negativ og venstre afbøjningsplade maksimal positiv. Lyspletten befinder sig helt til venstre på skærmen.

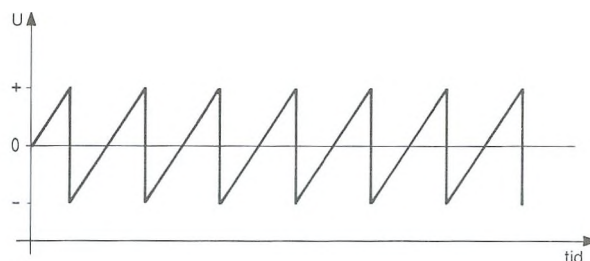


Fig. 36

Kurven (fig. 36) viser spændingsforløbet på højre plade. Den får højere og højere positiv spænding, og lyspletten vandrer over skærmen, til den når højre side. Vi har nået maksimum på savtakkurven. Polariteten skifter nu meget hurtigt, så højre X-plade fra at være maksimum positiv, bliver negativ. Lyspletten farer hurtigt til venstre side af skærmen. Dette skift sker så hurtigt, at det ikke opfattes.

Savtakspændingen over X-pladerne bevirker således, at lyspletten hele tiden bevæger sig over skærmen fra venstre mod højre, og savtakspændingsgeneratoren har derfor fået det engelske navn »sweeper«. (Engelsk: to sweep = at feje). Tyskerne kalder det en »kip-generator«.

Hastigheden på strålens forløb over skærmen kan reguleres. Knappen benævnes TIME/CM, og den angiver den tid, målt i sekunder, det tager for pletten at bevæge sig en cm eller én inddeling. Foran skærmen er der anbragt et kvadratnet. Det er ofte i cm. Hvis nettet ikke er inddelt i cm, benævnes time base knappen TIME/DIV (tid pr. inddeling).

Hastigheden på lysplettens vandring kan varieres fra 200 ms/cm til 1 μ s/cm. Hvis skærmen er 10 cm bred, vil det i første tilfælde tage pletten 200 ms \cdot 10 = 2000 ms = 2 sekunder at passere over skærmen. Ved 1 μ s vil det tage 10 μ s = 10 mikrosekunder. Det svarer til en hastighed på 36 000 km i timen.

Når hastigheden når over 10 ms/cm, vil plettens vandring ses som en streg over skærmen. Det skyldes, at fosforbelægningen har en efterglød, dvs. den lyser, efter den er blevet ramt af elektronstrålen. Til visse målinger har man brug for et oscilloskop med en lang efterglød.

TIME BASE knappen har ofte en yderstilling mærket »X«. Her er sweeperen afbrudt, og der kan sendes signal direkte ind på X-pladerne.

X- og Y-forstærker

Signaler, der sendes til X og Y afbøjningspladerne, forstærkes i oscilloskopet af en intern forstærker. X-forstærkningen kan reguleres med et potentiometer, så man kan få billedet på skærmen til at blive bredere eller smallere.

Y-forstærkeren er trinvis inddelt, og knappen mærkes ofte med AMPL/DIV eller VOLTS/DIV, og kan i inddelingen gå fra f.eks. 10V/DIV til 1 mV/DIV. Man ser på skærmen, hvor meget et signal

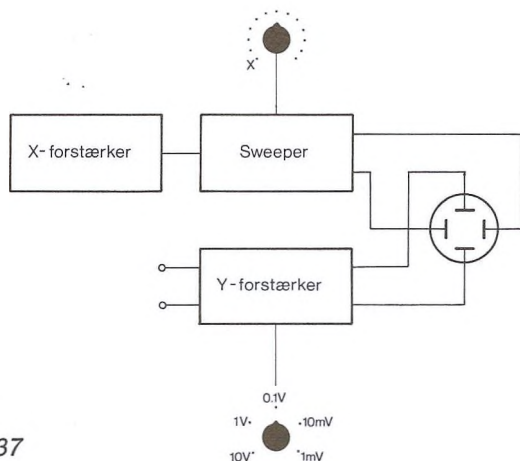
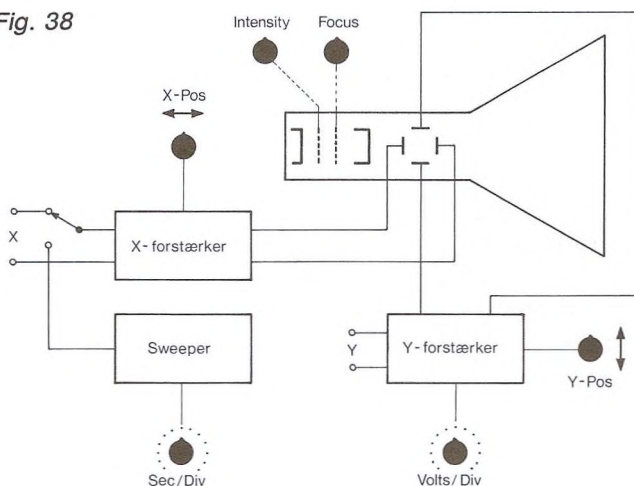


Fig. 37

fylder. Står omskifteren på 10V/DIV, og signalet bevæger sig mellem to vandrette inddelinger, er det målte signals spænding 10 V_{SS}. Breder det sig over hele skærmen - otte vandrette inddelinger - er det målte signal $8 \cdot 10 \text{ V}_{SS} = 80 \text{ V}_{SS}$.

Fig. 38



Med AMP/DIV knappen drejet helt med uret, vil et signal på 1mV fylde én inddeling. I oscilloskoper anvendtes tidligere radorør i forstærkerdelen, og en maksimal forstærkning (følsomhed) på 0,1 V/DIV var almindelig. I dag er forstærkerne bestyktet med transistorer, og en forstærkning på 5 mV/DIV er almindelig i den billigste klasse.

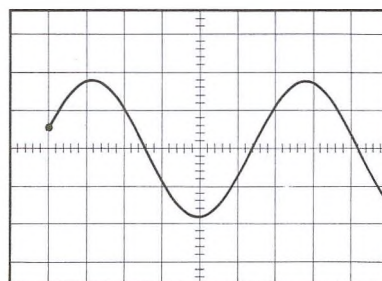


Fig. 39

Trigger

Oscilloskopet er forsynet med en »trigger«. Triggeren er ansvarlig for, at der vises et stabilt, stillestående billede på skærmen.

Triggeren har den funktion, at den får det målte signals frekvens til at gå i takt med sweeperen, og den sørger for, at det billede, vi ser på skærmen, altid begynder det samme sted. Triggeren betyder, at billedet står helt stille på skærmen.

Triggeren kan sættes i forskellige positioner.

INT (internal: engelsk = indre). Trigningen bestemmes af det signal, der vises. Denne triggemåde er den normale, og signalet kan triggere automatisk.

LINE (engelsk: power line = elektricitetsnet). Triggeren arbejder med netfrekvensen, og LINE bruges ved målinger på spændingsforsyninger, transformatorer og vekselspændinger fra nettet.

EXT (engelsk: external = ydre). Her styres triggeren udefra. Det kan være direkte af det signal, man arbejder på. Et triggensignal udefra tilsluttes en særlig tilslutningsbøsning mærket EXT TRIG.

TV Denne triggerfunktion bruges ved målinger i fjernsynsapparater.

POS/NEG. Her vælges, om billedet skal starte med at vise den positive eller den negative del af et signal.

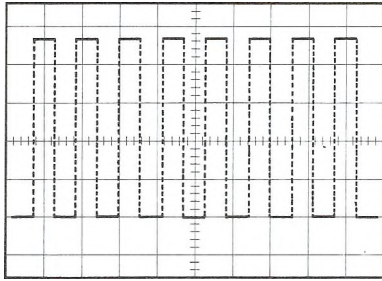


Fig. 40

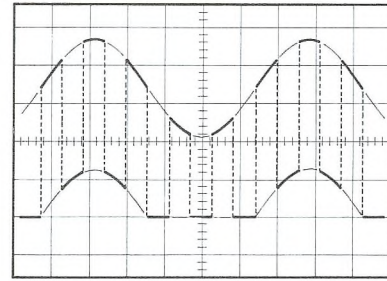
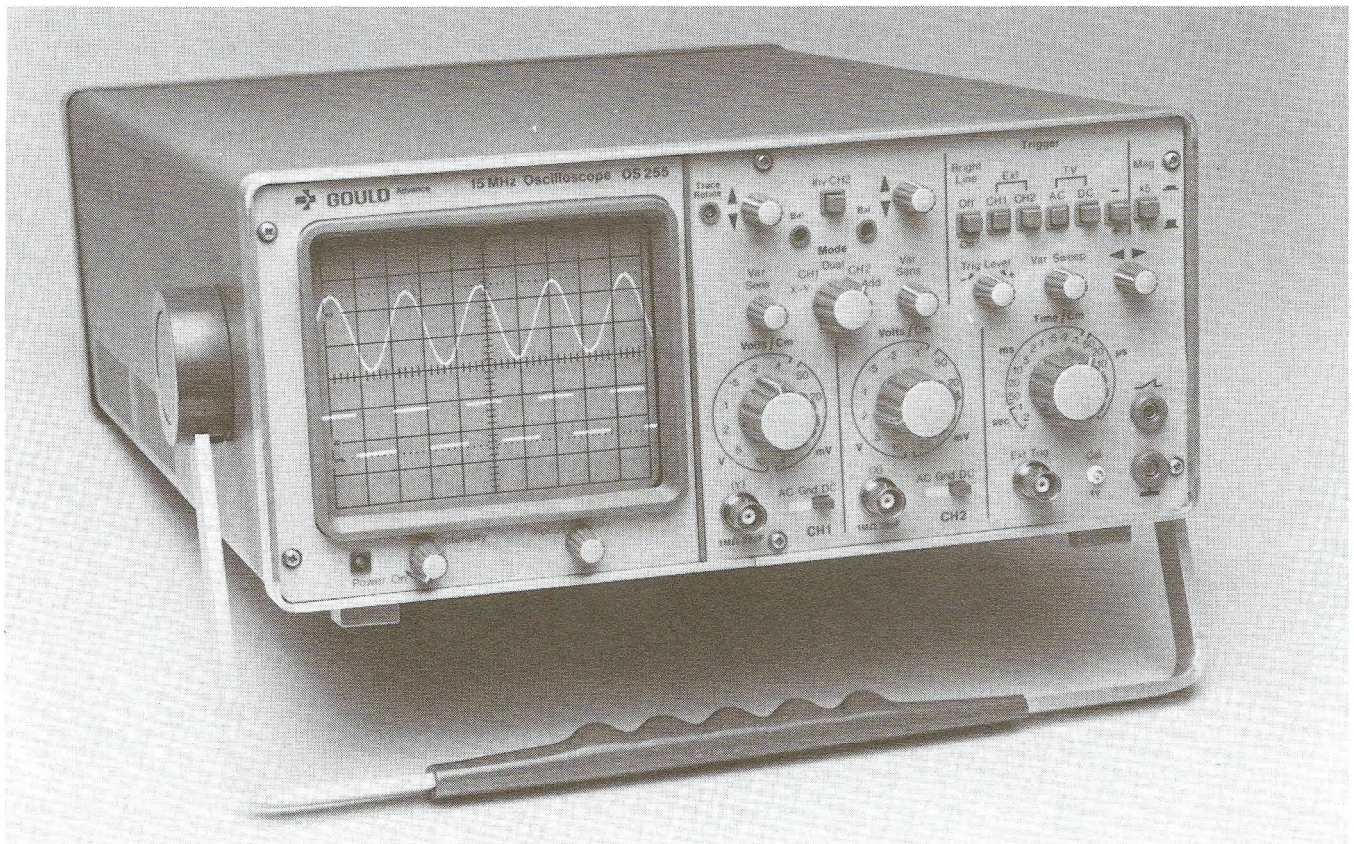


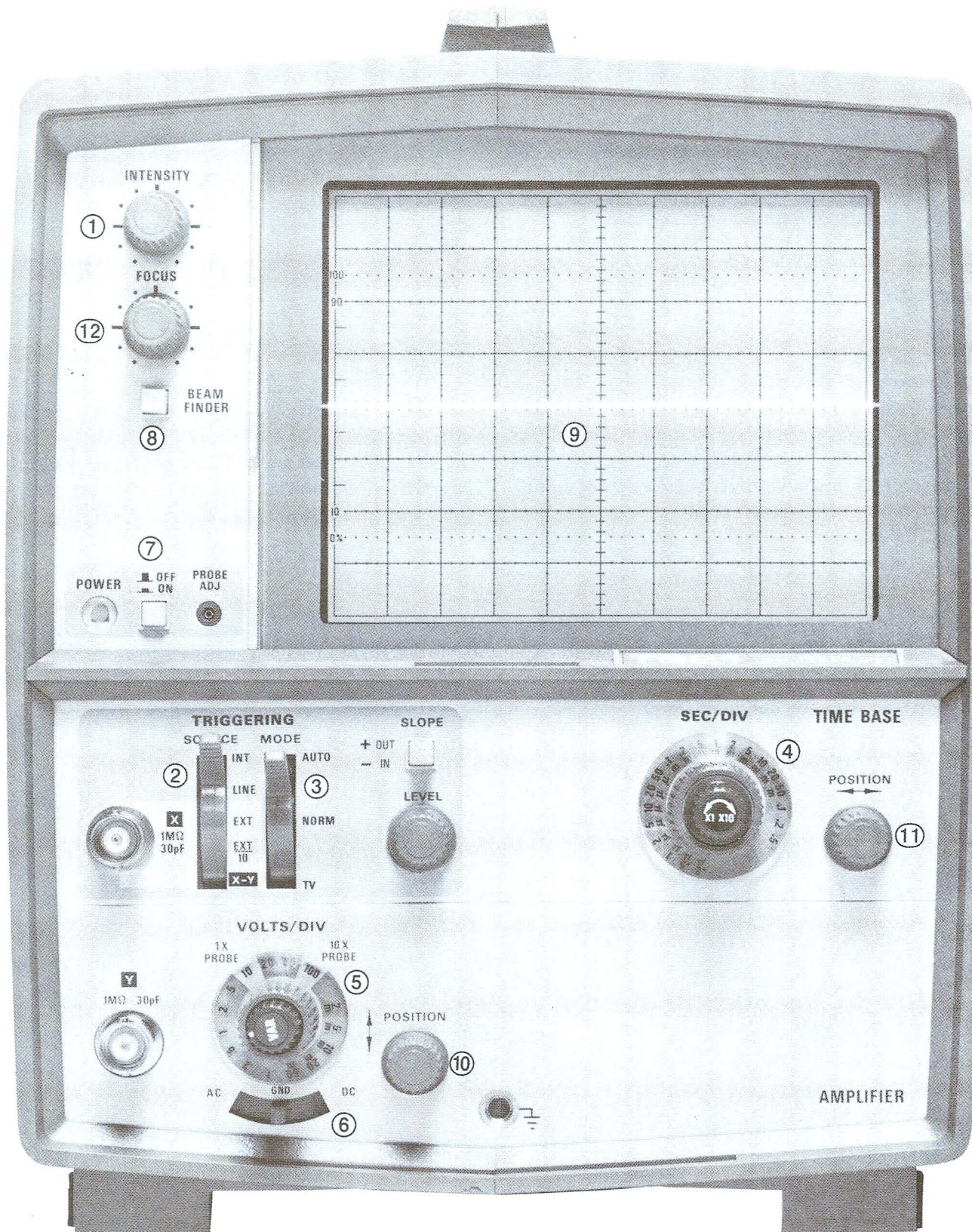
Fig. 41. Denne tegning og fig. 40 viser princippet i et uægte dobbeltstråleosilloskop.

Dobbeltstråleosilloskop

Et dobbeltstråleosilloskop har, som navnet siger, to elektronstråler, og ved et »ægte« dobbeltstråleosilloskop er der to elektronkanoner. Man er herved i stand til at se to billeder på skærmen samtidig. Er man i færd med at undersøge en forstærker, kan den ene kanal vise forstærkerens indgangssignal og den anden kanal vise det signal, der kommer ud af forstærkeren.

De fleste oscilloskoper, der benævnes dobbeltstråleosilloskoper er ikke »ægte«, dvs. der kun er én elektronstrålekanon. Elektronstrålen »klippes« i stykker af en multivibrator så det ser ud, som om der er to stråler (fig. 41).





Hvordan får man billede på oscilloskopet?

Inden der startes målinger med et oscilloskop, kan der indstilles på nogle af kontrolknapperne, og her skal gennemgås, hvordan man får billede på et enkeltstråleoscilloskop. Der refereres til et TEKTRONIX T921. Tallene henviser til numrene på fotografiet.

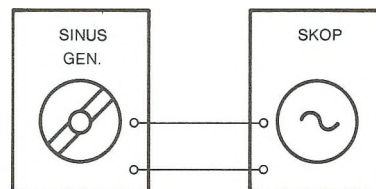
1. Drej INTENSITY knappen helt mod uret.
2. Sæt triggerfunktionen SOURCE på INT.
3. Sæt triggeren på AUTO (automatisk trigning).
4. Sæt time base knappen SEC/DIV (sekunder pr. delstreg) på 1 ms.
5. Sæt VOLTS/DIV på det mindst følsomme område (det største tal).
6. Sæt indgangsskifteren på GND (engelsk: ground = jord). Indgangsbøsningen er forbundet til minus, og der kan ikke sendes signal ind i oscilloskopet.
7. Tænd for oscilloskopet ved ON.
8. Med BEAM FINDER (engelsk: beam = stråle) findes billedet, hvis det er drejet helt væk fra skærmen. Der trykkes på knappen og drejes op for INTENSITY, til der er et billede på skærmen.
9. Med BEAM FINDER trykket ind drejes på lodret og vandret position, til billedet står midt på skærmen.
10. Slip BEAM FINDER knappen.
11. Juster med FOCUS til billedet står helt skarpt.
Nu vælges ved 6, om der skal måles et AC (vekselspænding) eller et DC (jævnspænding) signal.
Tilslut en sinusgenerator indstillet på 1000 Hz til Y indgang. Drej på VOLT/DIV, til billedet har en passende størrelse. Drej på SEC/DIV, til der ses en passende del af sinussignalet på skærmen.

Målinger med oscilloskop

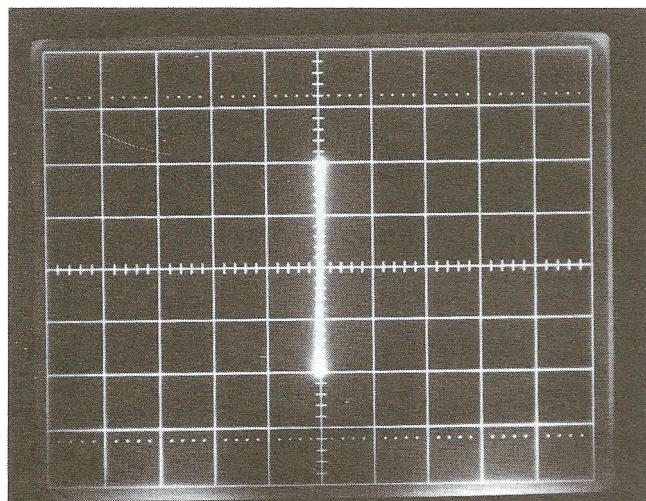
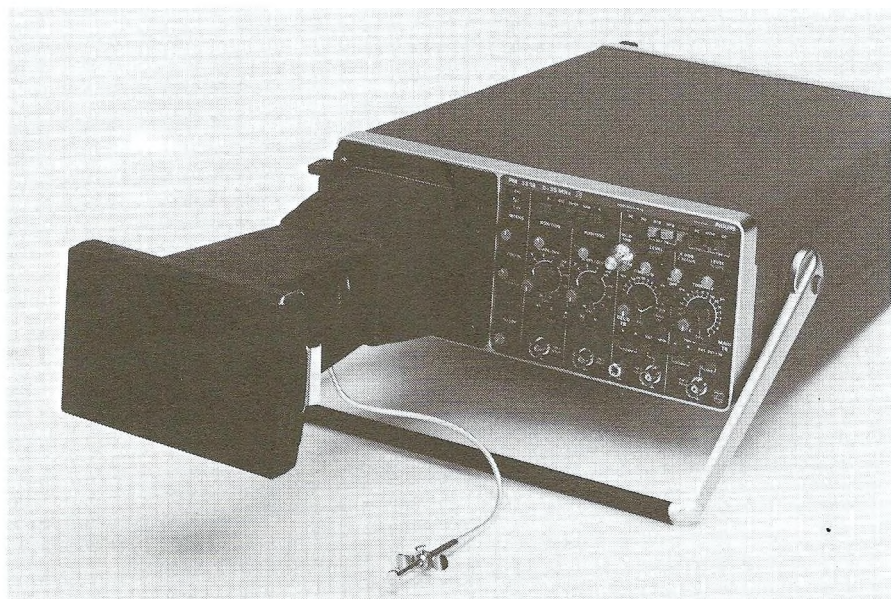
Til at illustrere nogle af mulighederne for anvendelse af oscilloskopet, er der her en række fotografier optaget direkte fra oscilloskopets skærm. Man kan fotografere med et almindeligt fotografiapparat med forsatslinse eller med mellemringe.

Der er til disse optagelser brugt et apparat specielt udviklet til at tage oscilloskop billeder. Oscilloskopet er et Philips PM3218 og fotografiapparatet er Philips PM9381. Det er et Polaroid kamera, og det er en stor fordel, at man lige efter optagelsen kan se resultatet.

Fig. 42



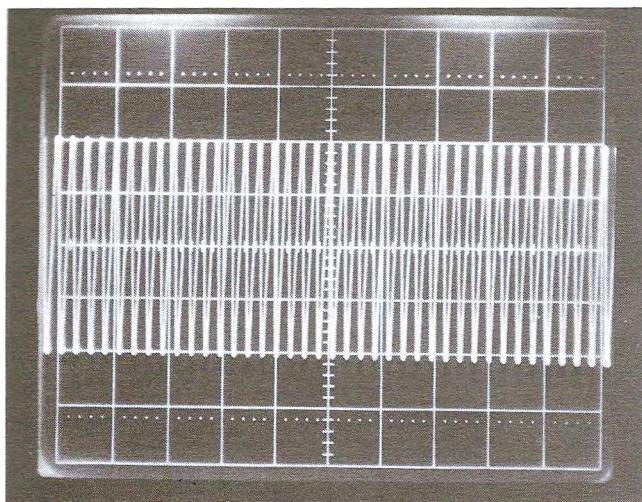
Til målingerne bruges en sinus/firkantgenerator og et dobbeltstråleoscilloskop.



Time base er på X eller OFF.

Volt/div på $\frac{1}{2}$ V.

Sweeper'en arbejder ikke. Vi kan se, at signalets amplitude er 4 div., 4 inddelinger. Det svarer til 2 Vss.

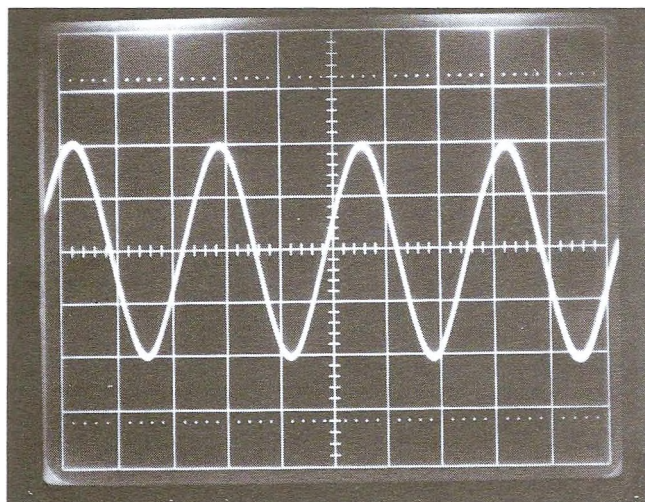


Time base på 10 ms/div.

Volt/div på $\frac{1}{2}$ V.

Nu kan vi se signalet. Der er 4 svingninger pr. delstreg.

Signalets amplitude er 2 Vss.

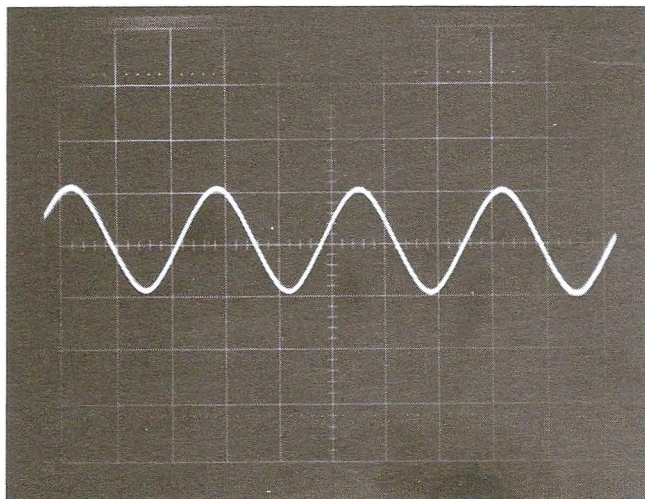


Time base på 100 ms.

Volt/div på $\frac{1}{2}$ V.

Nu arbejder sweeperen 10 gange hurtigere. Der er 4 svingninger på 10 delstreger.

Signalets amplitude er 2 Vss.

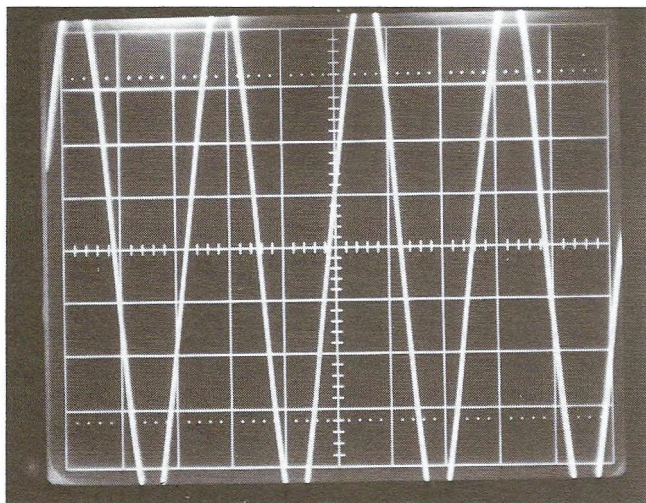


Time base på 100 ms.

Volt/div er på 1 V.

Igen 4 svingninger på 10 delstreger. Signalet fylder 2 delstreger.

Amplituden er 2 Vss.

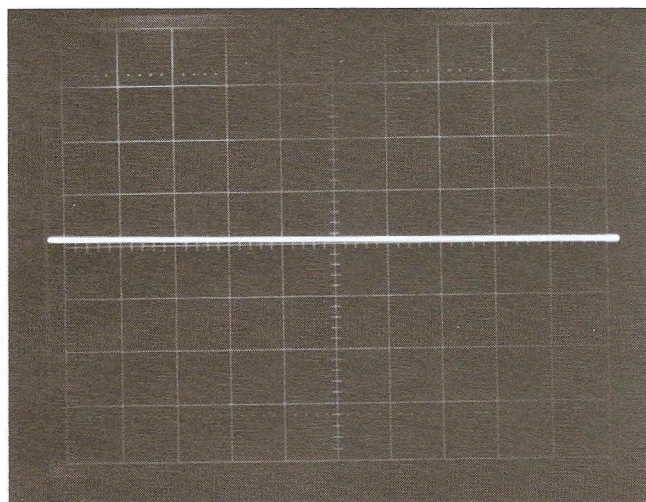


Time base på 100ms/div.

Volt/div på 0,2 V/div.

Igen 4 svingninger på 10 delstreger. Signalet går ud over kvadratnettet. Det fylder 10 delstreger.

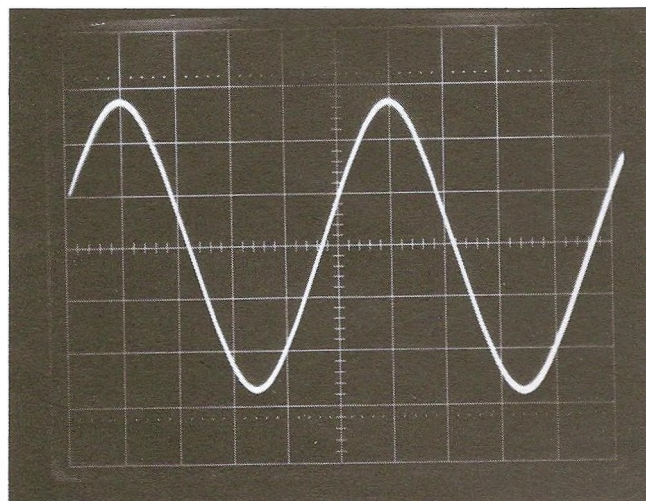
Amplituden er 2 Vss.



Time base på 100 ms/div.

Volt/div på GND eller OFF.

Vi ser kun en streg. Der er ingen Y-forstærkning. Signalet går til minus (GND), eller forstærkeren er ude af funktion.



Måling af frekvens med oscilloskopet

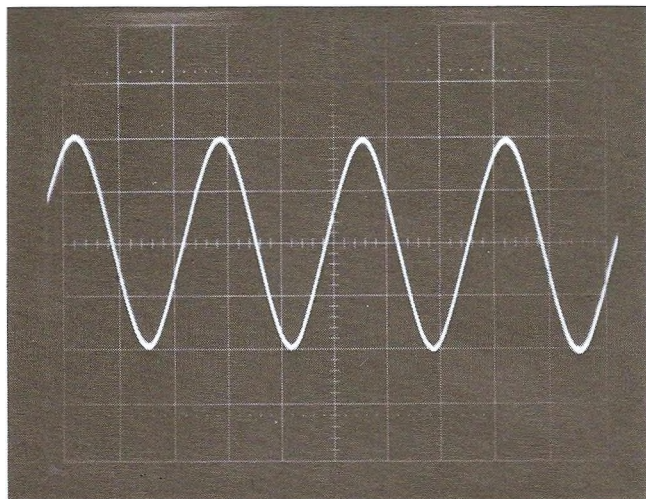
Oscilloskopet kan bruges til måling af frekvens. Hvis time base kan varieres, stilles den på CAL (Calibration = kalibrering eller justering).

Til oscilloskopet slutes et sinusformet signal. På billedet kan vi se, at der er 2 hele svingninger. Time base er på 2 ms/div. 2 ms/div betyder, at det tager signalet 2 ms at passere én delstreg og 20 ms at nå over hele skærmen.

På 20 ms har vi 2 svingninger.

På 1000 ms = 1 s vil der være 100 svingninger.

Frekvensen er 100 Hz. Det betyder jo 100 svingninger pr. sekund.



Ensretning af vekselstrøm

Med oscilloskopet kan vi se, hvad der sker ved ensretning af vekselstrøm.

Oscilloskopet skal ikke sluttes direkte til spændingskilden, der skal måles på. Da indgangsimpedansen på et oscilloskop er omkring $10\text{ M}\Omega$, vil der ikke gå strøm gennem oscilloskopet. Der skal derfor måles over en belastning.

Vi kan vælge at slutte en glødelampe til $6\text{ V} \sim$. Det giver dog et lidt uroligt billede, da det jo er 50 Hz vekselstrøm.

Vi kan også bruge en sinusgenerator med en frekvens på 1000 Hz som spændingskilde og lade belastningen være en $1000\ \Omega$ modstand.

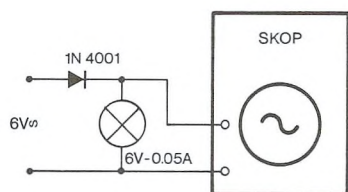


Fig. 43. Her måler oscilloskopet pulserende jævnspænding over en glødelampe.

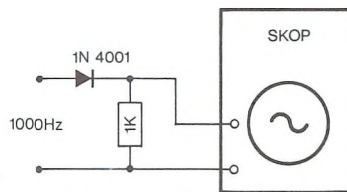
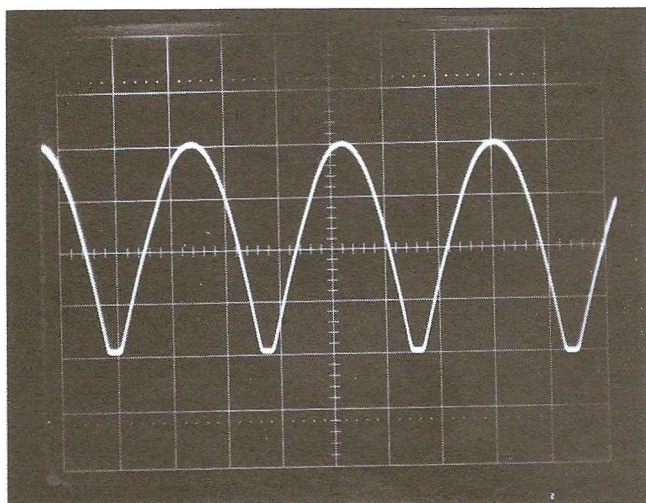


Fig. 44. Ensretteren er her tilsluttet en sinusgenerator, og belastningen er en modstand.



Her ses signalet, efter det har passeret en brokoblet ensretter. Det er en pulserende jævnspænding. Spændingskilden er $6\text{ V} \sim$.

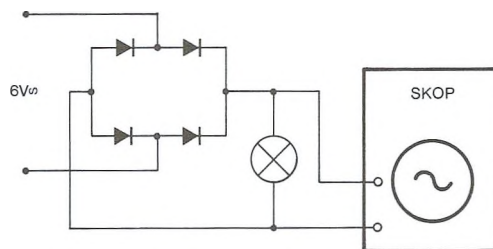
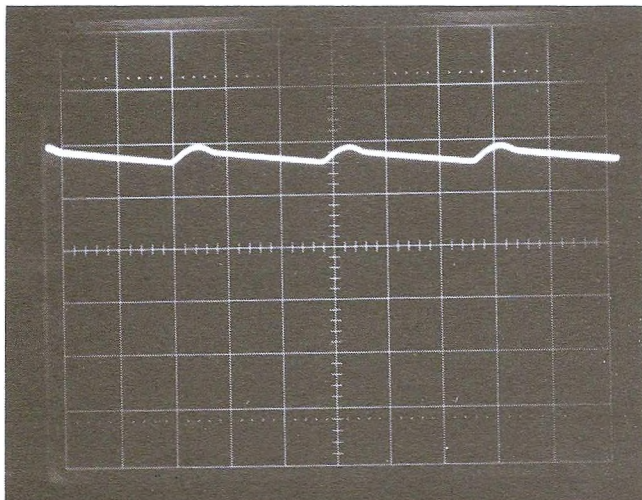


Fig. 45. Brokoblet ensretter.



Her er signalet efter der er monteret en lade-kondensator.

Belastningen er en glødelampe, 6 V - 0,05 A. Oscilloskopet måler i DC stilling.

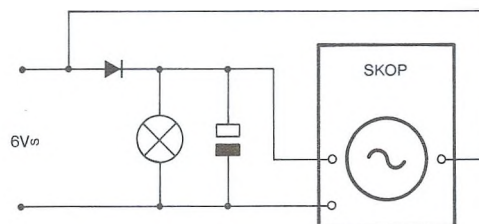
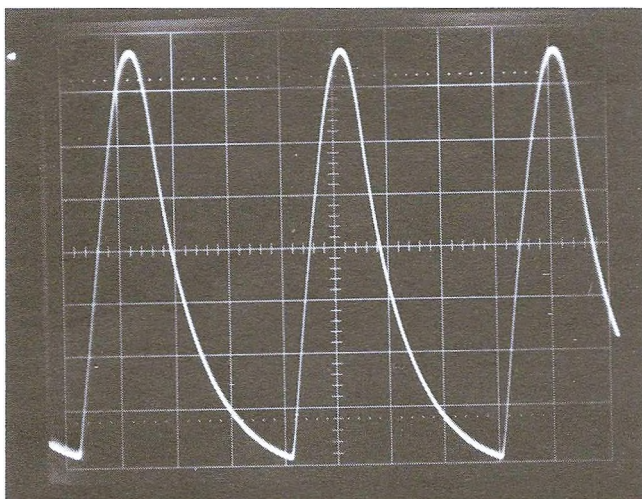
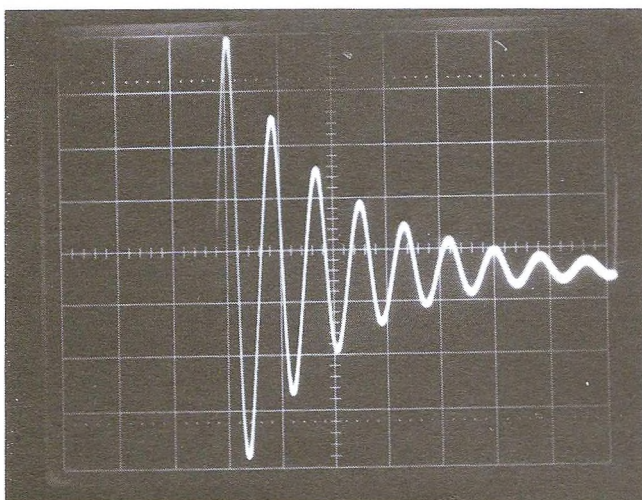


Fig. 46



Belastningen er nu en glødelampe 6 V - 1 A. Belastningen er større, meget større strøm. Resultatet er ikke mere en pæn jævnspænding.



Dæmpede svingninger

På oscilloskopet kan man også iagttage dæmpede svingninger. Firkantgeneratoren er tilsluttet en svingningskreds bestående af en spole med 1600 vindinger og en kondensator på $0,47 \mu\text{F}$. Der er indskudt en variabel modstand mellem firkantgenerator og skop. Billedet viser stående svingninger efter 1 firkant.

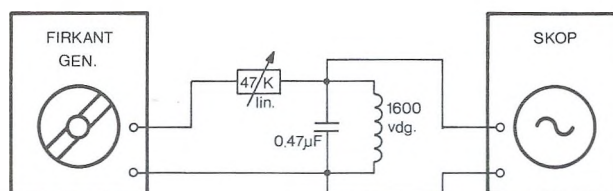
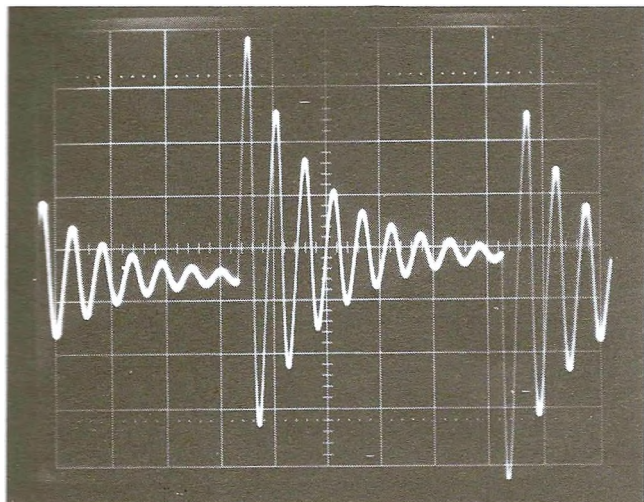
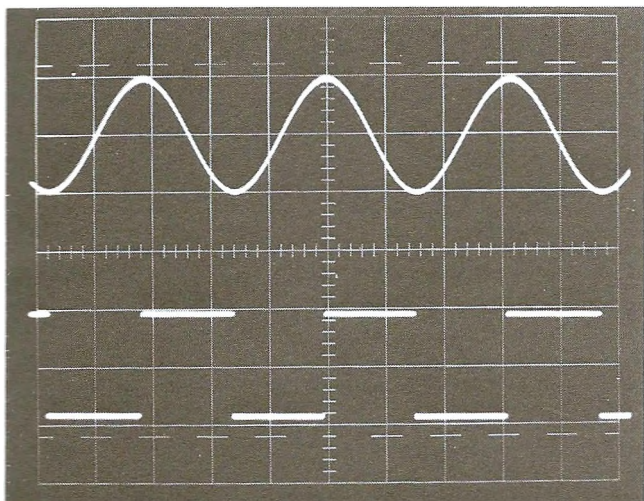


Fig. 47



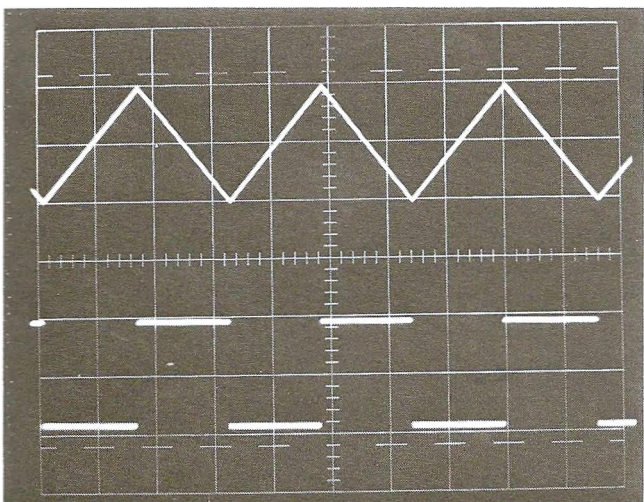
Her ses forløbet af 2 firkantimpulser.

Hver gang, der kommer en firkantimpuls til svingningskredsen, får vi dæmpede svingninger.

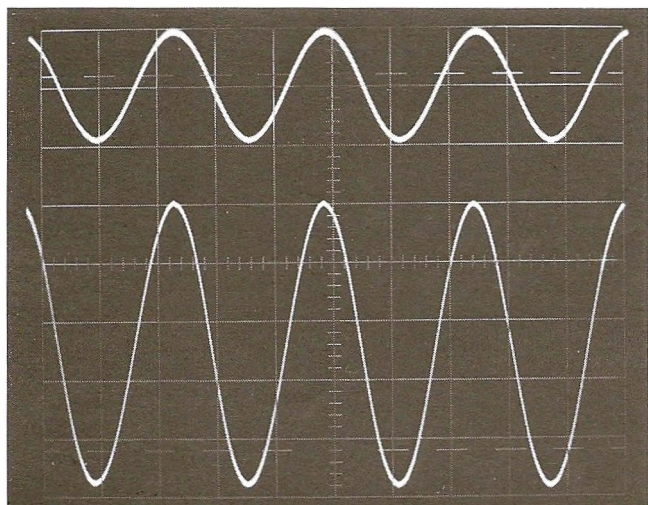


Dobbeltstråleoscilloskop

Her ses et billede fra et dobbeltstråle oscilloskop. Øverst ses et sinusformet signal, nederst ses signalet, efter det har passeret en schmitt trigger.



Her er øverst en savtakspænding og nederst en firkantspænding. Vi ser kun de vandrette linjer i firkantspændingerne. Strålen bevæger sig så hurtigt i lodret retning, at den ikke kan ses på oscilloskopet.

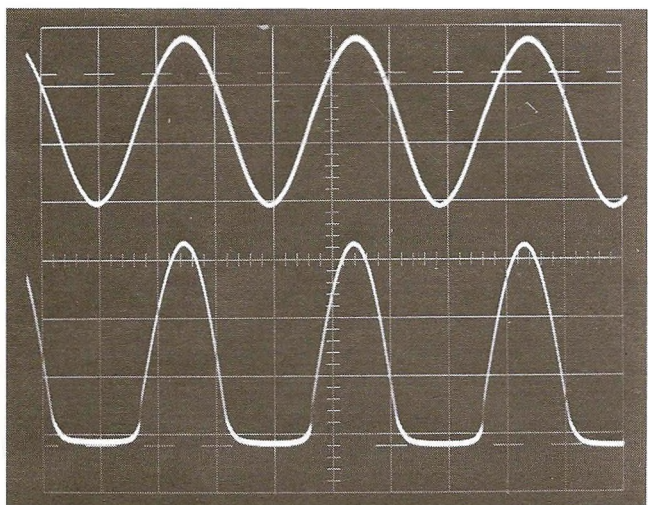


Lavfrekvensforstærker

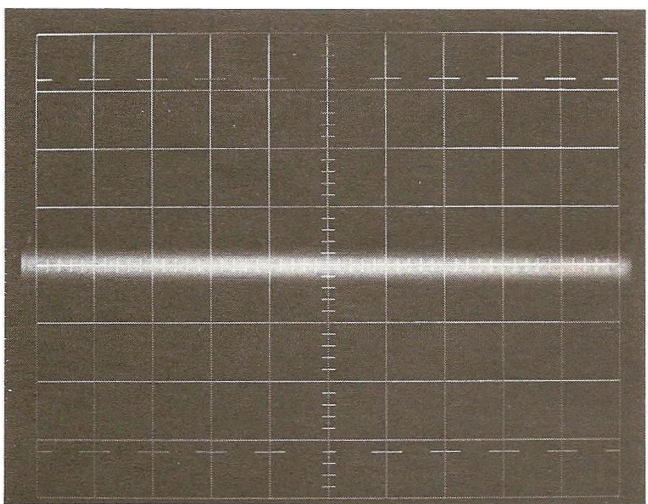
I *Forstærkning med elektronik* er oscilloskopets anvendelse også behandlet. Oscilloskopet kan straks afgøre, hvad en forstærker fejler.

Vi bruger her et dobbeltstråleoscilloskop.

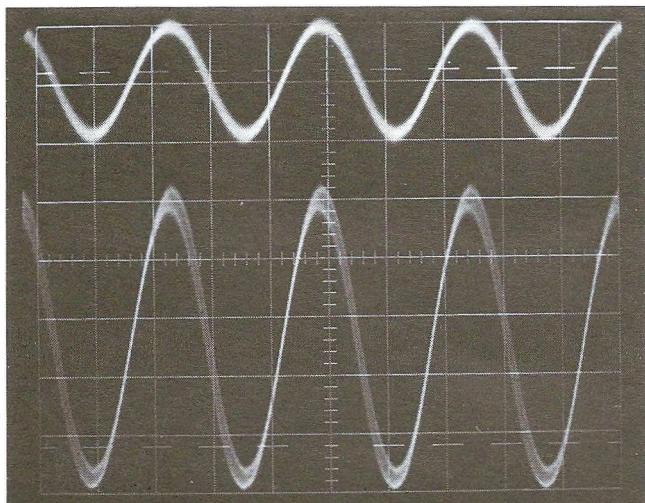
Billedet viser øverst et signal, der kommer til forstærkeren. Nederst ses signalet, som kommer fra forstærkeren. Ved at måle på signalerne, kan man måle spændingsforstærkningen.



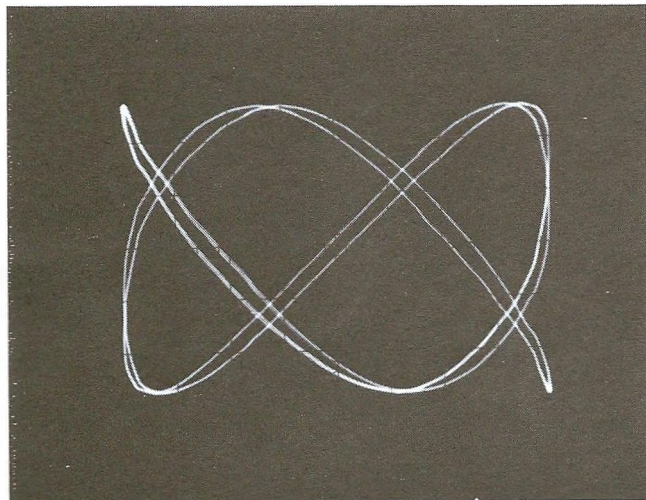
Her er udgangssignalet klippet i bunden. Indgangssignalet har været for stort til, at forstærkeren kunne behandle det. Resultatet er en grov forvrængning.



Dette billede viser forstærkerstøj. Y-forstærkeren er sat på 10 mV/div, så støjen har en amplitude på 2 mV. Det er forstærkerens egenstøj.



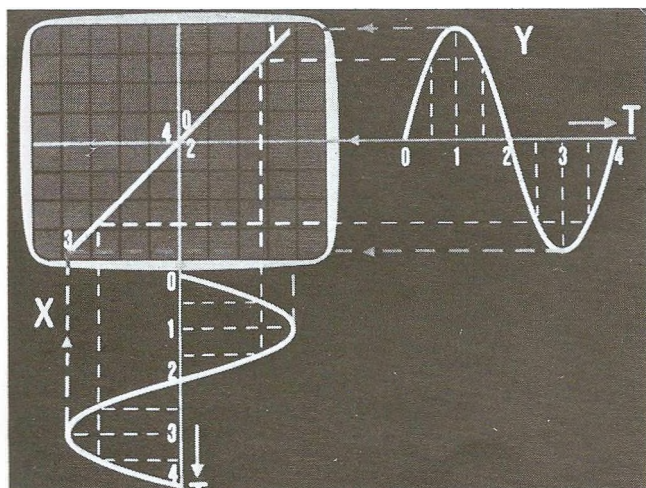
Indgangssignalet er her lidt »uldent«. Der er brum på. Det forstærkes også op og er med i udgangssignalet.



Lissajous figurer

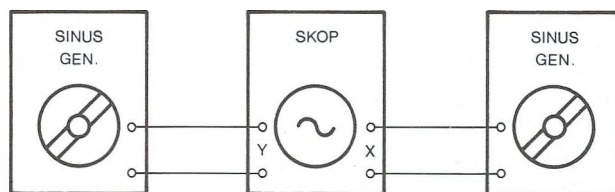
På oscilloskopet kan der frembringes mange smukke kurver. De kaldes Lissajous figurer. Der skal bruges to sinusgeneratorer og et oscilloskop.

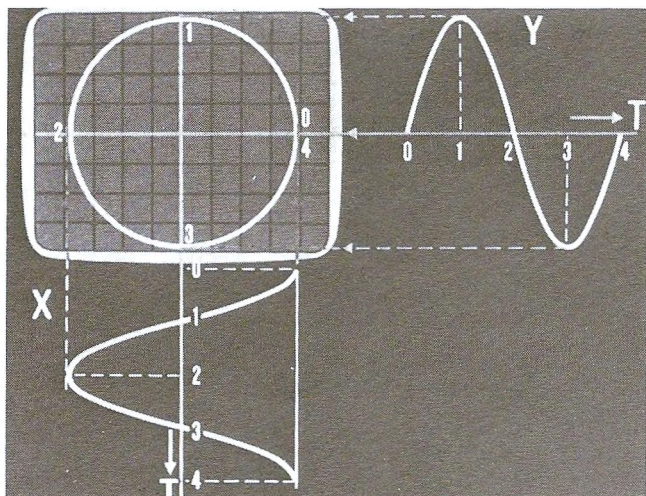
Fra den ene generator sendes et signal ind på Y-indgangen. Fra den anden generator sendes et signal ind på X-indgangen. Her er oscilloskoper af forskellige fabrikater forskellige. Nogle har en speciel X-indgang, ved andre dobbeltstråleoscilloskoper bruges den anden Y-indgang som X-indgang.



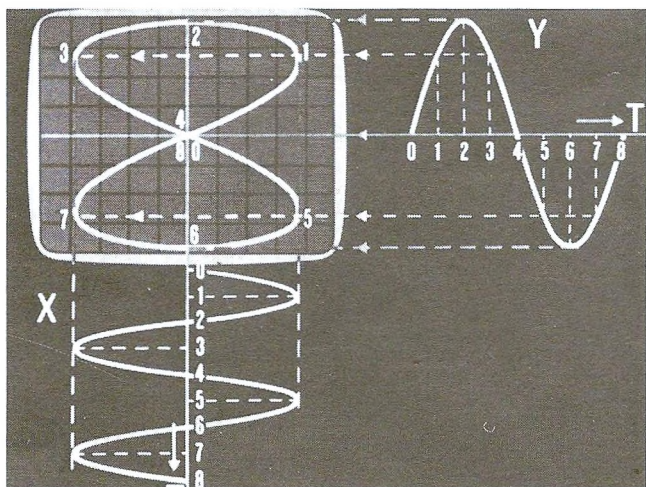
Her har signalerne, der sendes ind på X og Y samme frekvens. Signalerne er også i fase. Det vil sige, at de følges helt ad. Når det ene signal er ved 0, er det andet signal også ved 0.

Billedet bliver en ret linie på skærmen. (Tegning fra Philips).





Signalerne er nu ikke længere i fase, men forskudt 90° . Vi får så en cirkel. (Philips).

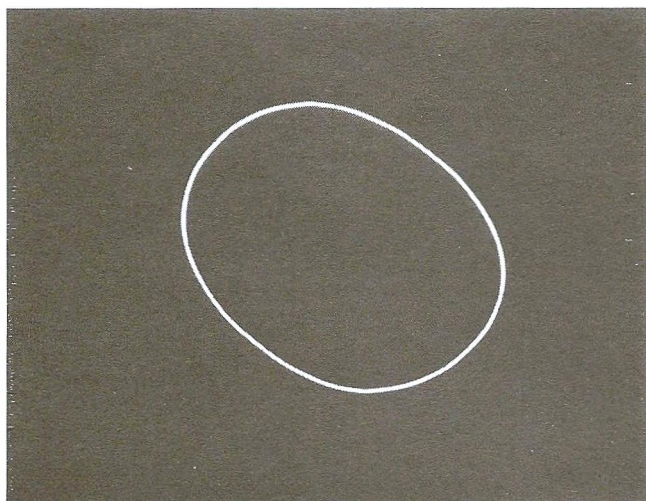


Har signalerne, der sendes ind på X og Y pladerne ikke den samme frekvens, kan vi få figurer frem som denne. Her er X frekvensen den dobbelte af Y frekvensen.

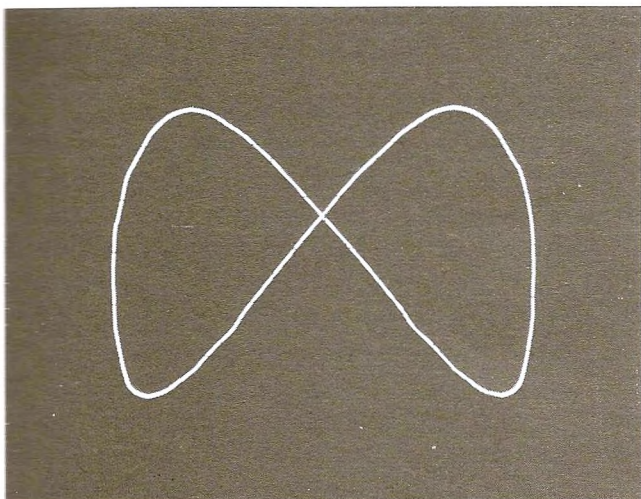
Vi kan skrive

$$f_x = 2 \cdot f_y$$

Frekvensen for X er to gange frekvensen for Y. (Philips).



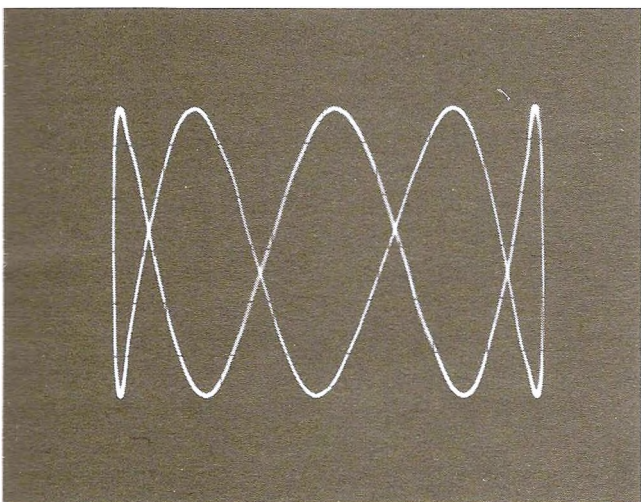
Her er $f_x = f_y$, men der er faseforskel mellem signalerne. Figuren drejer rundt. Det ser tredimensionalt ud.



På dette billede er

$$f_y = 2f_x$$

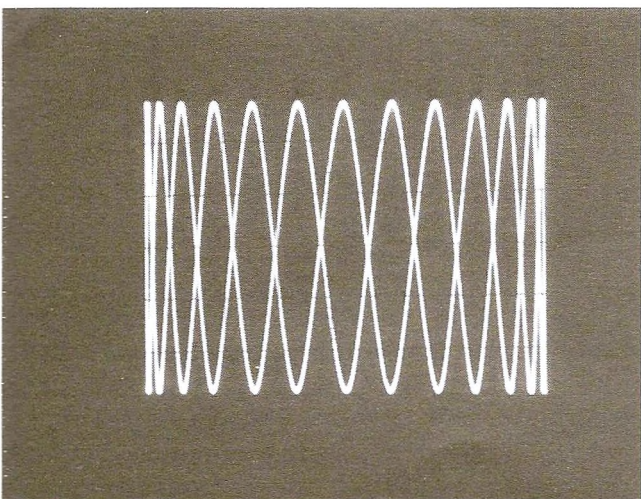
$X = 1000 \text{ Hz}$, $y = 2000 \text{ Hz}$



Ved at gøre y frekvensen større, fås flere toppe på signalet.

$$f_y = \frac{5}{2} f_x$$

$X = 1000 \text{ Hz}$, $y = 2500 \text{ Hz}$

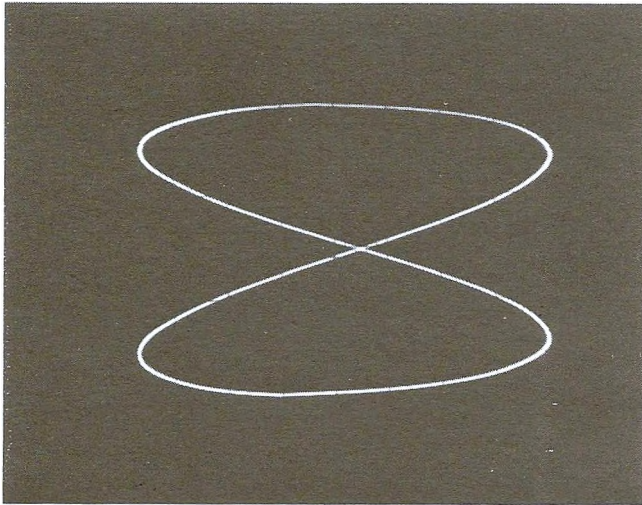


X frekvensen er igen 1000 Hz . Y frekvensen er 6500 Hz .

Hvis frekvensen af y signalet bliver mindre end frekvensen på x signalet, vender billedet.

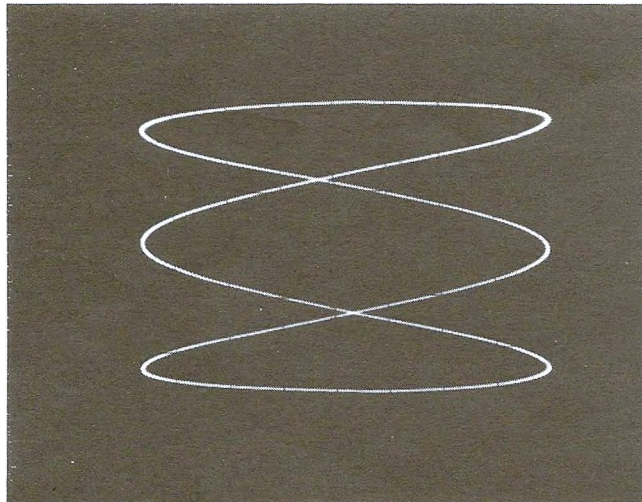
$$f_x = 2f_y$$

$$X = 1000 \text{ Hz}, y = 500 \text{ Hz}$$



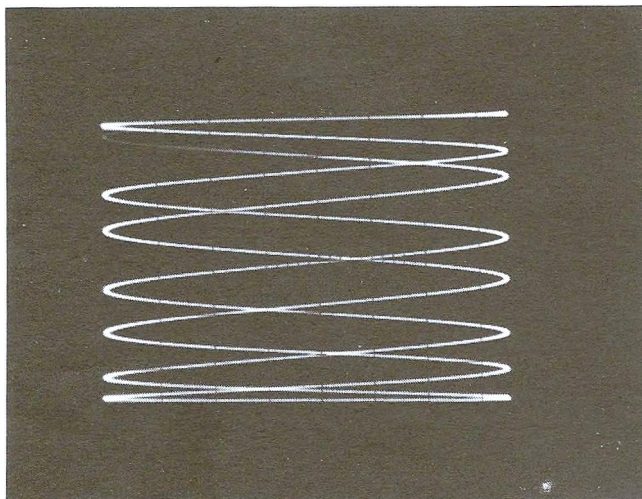
$$f_x = 3f_y$$

$$X = 1000 \text{ Hz}, y = 333 \text{ Hz}$$



$$f_x = 8f_y$$

$$X = 1000 \text{ Hz}, y = 125 \text{ Hz}$$



Målinger i en LF forstærker med oscilloskop

I en LF forstærker, hvor der fortrinsvis optræder sinusformede vekselspændinger, kan oscilloskopet anvendes under fejlfinding.

I LF forstærkeren vil der i de forreste trin være relativt lave AC værdier, og oscilloskopet skal indstilles på største følsomhed.

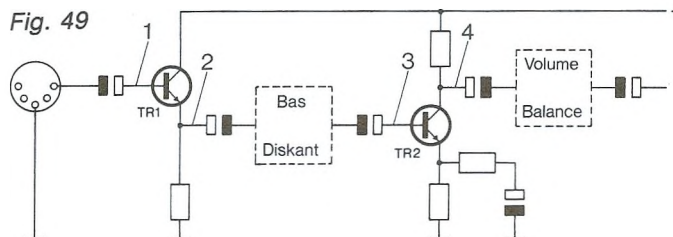
DC værdien vil ofte være meget høj i forhold til AC spændingen, og når man derfor anvender høj Y forstærkning og DC stilling, vil kurven ofte »ryge« så langt uden for skærmen, at den ikke kan reguleres ind. Ved måling på disse trin må man derfor anvende AC stillingen. Det primære vil være at kontrollere sinussignalets værdi samt få et indtryk af forvrængning.

Den forstærker, som målingerne foretages på, er en typisk LF forstærker med diskrete komponenter. Den har en udgangseffekt på 15 W sinus.

Det første diagramudsnit viser de to første trin, der er AC koblete. Signalet overføres fra det ene trin til det næste via en kondensator, der kun tillader AC at passere. Af hensyn til overskueligheden er der kun medtaget komponenter, der direkte indgår i signalvejen.

Til forstærkeren er der først sluttet en 8 ohm højttaler. Forstærkerens styrkeindstilling stilles på maksimum, medens bas, diskant og balancekontrollerne stilles i midterstilling.

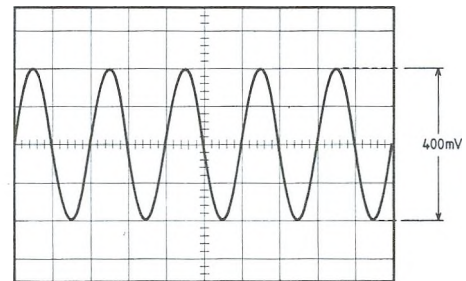
Et signal fra en sinusgenerator, 1000 Hz, tilsluttes forstærkeren, og der drejes op på generato-



rens styrkeindstilling til halv styrke i højttaleren. Højttaleren erstattes så af en 8 ohm modstand, der kan tåle den afsatte effekt (10 W).

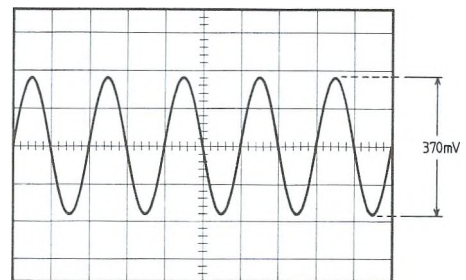
I eksemplet her er outputtet fra sinusgeneratoren ca. 170 mV. Det er den effektive værdi. Målt med et oscilloskop bliver det ca. 400 mV_{SS}.

Oscilloskopet indstilles til 100 mV/delstreg og time/base på 0,5 ms. Det giver 5 hele sinussvingninger på skærmen.



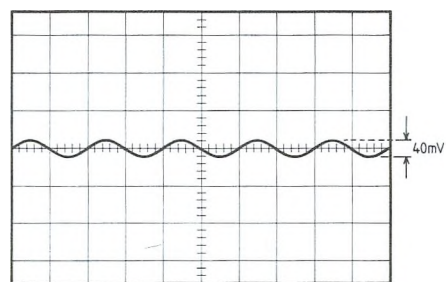
1

Kurve 1 viser praktisk taget det signal, sinusgeneratoren afgiver. Indgangsimpedansen for TR1 er høj, fordi trinnet er koblet som emitterfølger. DC spændingen er høj i forhold til AC signalet, og det er nødvendigt at bruge AC stillingen på oscilloskopet. DC = 16 V, AC = 400 mV_{SS}.



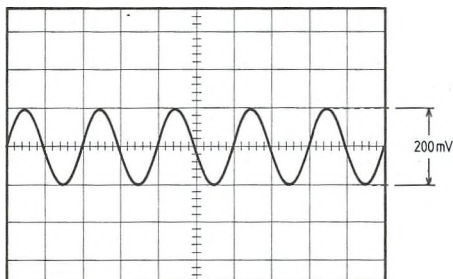
2

Kurve 2. TR1 giver ingen spændingsforstærkning, da trinnet er koblet som emitterfølger. Der er et mindre fald til 370 mV_{SS}.



3

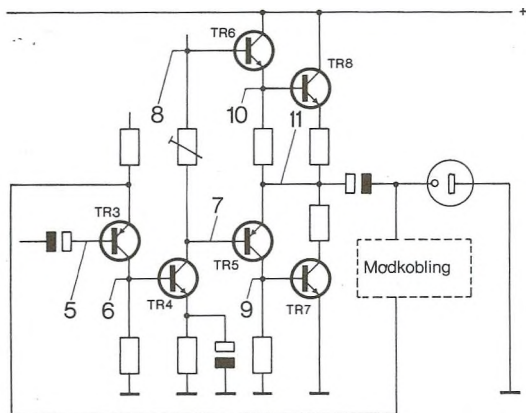
Kurve 3 viser, at signalet er blevet svagere, efter det har passeret bas- og diskantreguleringen. Det er nu 40 mV_{SS}.



4 - 5

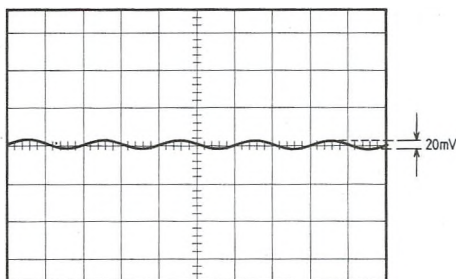
Kurve 4. TR2 giver nogen forstærkning, og der måles 200 mV_{SS} på kollektoren.

Fig. 54



Den resterende del af diagrammet viser, at der er to forstærkertrin, drivertrin og udgangstrin.

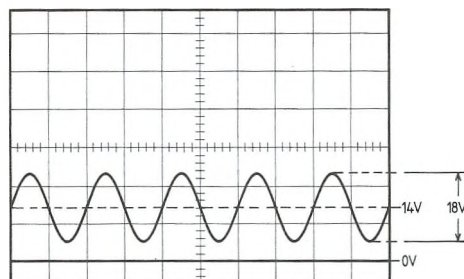
Kurve 5, basis TR3, svarer til kurve 4. Der sker intet under passage af styrke- og balanceregulering.



6

Kurve 6, kollektor TR3 og basis TR4, viser en nedgang i signalstyrken til ca. 20 mV_{SS}. Det skyldes, at emitter TR3 modtager et modkoblingssignal fra højttalerudgangen. Læg mærke til, at der anvendes en PNP transistor, der »står på hove-

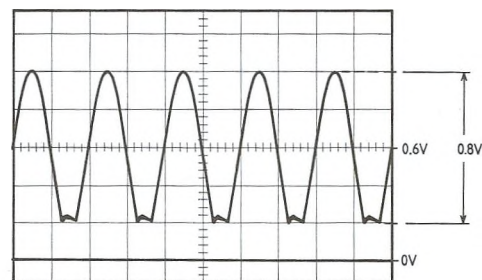
det«. Årsagen er, at der er DC kobling uden overføringskondensatorer til de følgende transistorer. En forkert DC spænding ved TR3 vil derfor have betydning for driver- og udgangstrin.



7 - 8

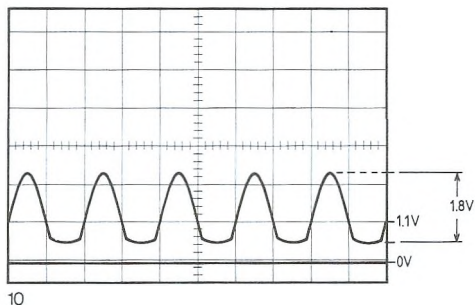
Kurve 7-8. Her er forskellen mellem DC værdien og AC spændingen ikke så stor, som i de foregående trin, og vi kan derfor måle i DC stillingen på oscilloskopet og på denne måde få begge informationer ved samme måling. Der er målt ved 10 V/delestreg.

TR5 og TR6 er drivertrinet, et komplementært sæt med en PNP og en NPN transistor. De får tilført samme AC spænding og afgiver samme spænding til de efterfølgende udgangstransistorer.

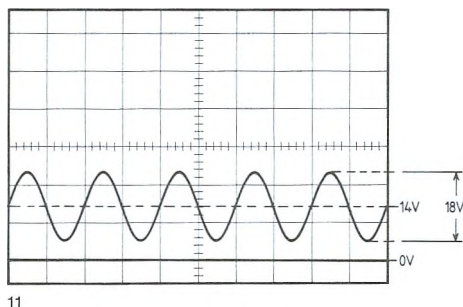


9

Kurve 9 viser signalet til den ene udgangstransistor, TR7. Indgangsvælgeren er på 1 V/delestreg, og både AC og DC kan aflæses. Der er tale om et push-pull udgangstrin, og kurven er ikke sinusformet, da TR5 kun behandler den ene halvdel af den tilførte sinusspænding.



Kurve 10 viser den tilsvarende AC spænding for TR8. Oscilloskopets stelling er flyttet til punkt 11. Det er nemlig transistorens indput mellem basis og emitter, der gælder i dette tilfælde, og med normal stelforbindelse ville vi blot se det endelige udgangssignal.



Kurve 11 viser det endelige udgangssignal til højttaleren. Kurven svarer til 7 og 8, basis på drivertransistorerne, idet driver- og udgangstrin arbejder med ren strømforstærkning for at kunne afgive den ønskede effekt over en lav modstand, højttaleren.

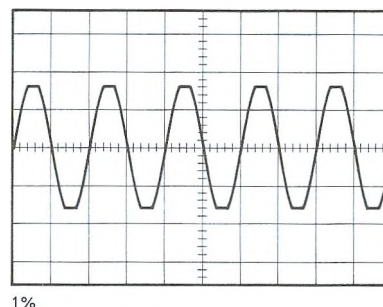
Forvrængning

Hvis udgangssignalet er forvrænget, vil kurven blive ændret. Der vil ske en afskæring eller deformation i top og bund.

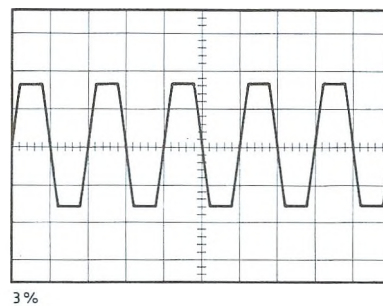
Med oscilloskopet kan man ikke måle forvrængningen i % med tilstrækkelig nøjagtighed. F.eks. vil den forvrængningsgrad på 1 %, som DIN45500 normerne stiller som minimumskrav til en forstærker, kun kunne anes på et oscilloskop. Til måling heraf kræves et særligt forvrængningsmeter.

Som sammenligningsgrundlag ses her to kurver med hver sin grad af forvrængning målt med os-

cilloskop på udgangssignalet. Det angivne %-tal er målt med et forvrængningsmeter.



1%



3%

Frekvenstæller

Med oscilloskopet kan man måle frekvens. Mere praktisk er det at måle frekvensen med en frekvenstæller.

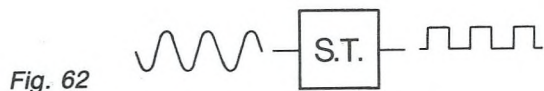
Vi ser først på princippet i en sådan og derefter, hvordan man med forskellige simple moduler kan opbygge en frekvenstæller med digital udlæsning.

Frekvenstællerens funktion

En frekvenstæller kan deles op i fire blokke: pulsformer, gate, time/base og tæller. Vi skal se på hver blok og omtale de enkelte afsnits funktion.

1. Pulsformer

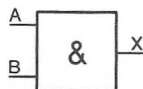
Frekvenstælleren skal kunne måle frekvensen af sinusformede svingninger, trekant- og firkantspændinger. Tællerdelen kan kun tælle firkanter, og alle signaler, man vil måle på, må derfor omdannes til firkantspændinger. Det sker i *pulsformeren*. Det er en schmitt-trigger. Uanset hvordan det signal, der tilføres, ser ud, vil det, der kommer ud fra schmitt-triggeren, være firkantspændinger (fig. 62).



2. Gate

Den næste blok er en *gate*. Gate er engelsk og betyder »port« eller »låge«, og i denne blok åbnes og lukkes der for det signal, der skal til tællerdelen.

Der er mange typer gates. Vi vil se på princippet i en AND gate.



Symbolet for en AND gate (fig. 63) viser, at der er to indgange, A og B, og én udgang, X. Det er et digitalt element, og i den digitale elektronik kan en spænding enten være HØJ eller LAV. Der er ingen mellemveje.

En AND gate er opbygget sådan, at når både A og B er HØJ, bliver X HØJ. Hvis A eller B eller begge er LAV, bliver X LAV.

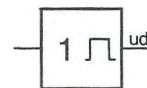
Disse krav kan opstilles i et sandhedsskema:

A	B	X
L	L	L
L	H	L
H	L	L
H	H	H

For at »lukke« en AND gate op, skal både indgang A og indgang B være HØJ.

3. Time base

Den tredje blok, vi skal se på, kaldes *time base*. Det kan være en monostabil multivibrator (fig. 64). Den hører til i familien af multivibratorer.



Udgangen på en MM er LAV. Når der kommer en impuls på indgangen, skifter den MM, og udgangen bliver HØJ i et bestemt tidsrum, hvorefter den igen bliver LAV. Udgangen kan vælges at blive HØJ i 1 sekund, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{100}$ eller $\frac{1}{1000}$ sekund. Det bestemmes af et RC led, bestående af en kondensator og en modstand.

4. Tæller

Den sidste blok er tællerdelen. Den kan tælle, hvor mange firkantimpulser den får tilført. Udlæsningen i den model, vi skal se på, sker digitalt med syvsegment display. Lysende tal viser, hvor mange impulser, den har talt.

Tælleren tæller fortløbende og kan ved ny tælling nulstilles. Antallet af displays, lystal, afgør, hvor langt man kan tælle til.

Tegningen (fig. 65) viser, hvordan blok 1, 2, 3 og 4 kan kobles sammen.

Til indgang på pulsformeren sluttes en sinusgenerator med frekvensen 1000Hz. Schmitt-triggeren omdanner sinusspændingerne til et impulstog af firkantspændinger. Frekvensen er stadig 1000

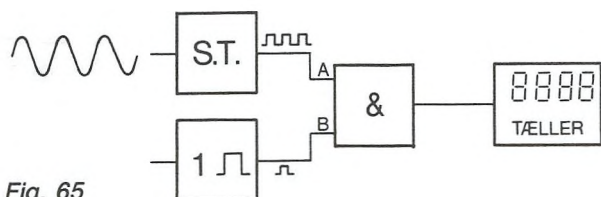


Fig. 65

Hz. Disse firkanter kommer på indgang A på AND gaten.

Indgang B er tilsluttet den monostabile multivibrator, og her er udgangen LAV. Derfor kommer der ingen impulser gennem AND gaten.

Hvis MM åbner 1 sekund, bliver udgangen HØJ i 1 sekund, og indgang B på AND gaten bliver således også HØJ i 1 sekund. I dette tidsrum kan der så slippe 1000 firkanter gennem AND gaten.

De 1000 firkantimpulser når frem til tælleren, og på displayet står der 1000. Vi har målt frekvensen. Frekvenstælleren måler frekvensen i Hz.

Hvis MM kun er HØJ i $\frac{1}{1000}$ sekund, ville kun 1 firkant impuls være nået igennem. På displayet ville der stå 1. Frekvenstælleren har nu målt frekvensen i kHz (kilohertz).

Praktisk model af frekvenstæller

Med integrerede kredse fra 7400 serien kan den elektroniske tæller opbygges i praksis. Der er valgt TTL kredse til konstruktionen, da disse kredse er meget robuste at arbejde med.

Pulsformer og gate

De to enheder er sammenbygget på én printplade. Der er anvendt den integrerede kreds 7400, der består af fire NAND-gates. De to er koblet sammen til en schmitt-trigger, og den tredje bruges som gate.

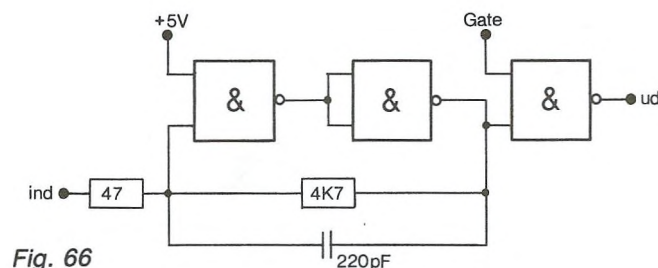


Fig. 66

Sandhedstabellen for denne sammenkoblede enhed er:

IND	GATE	UD
L	L	H
H	L	H
L	H	H
H	H	L

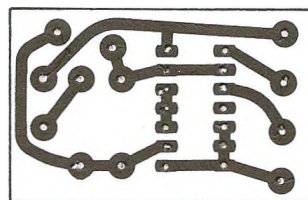


Fig. 67. Printtegning til pulsformer/gate.

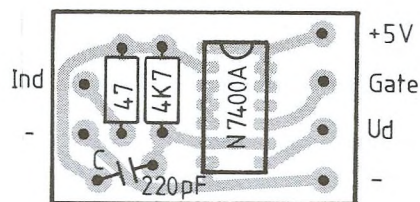
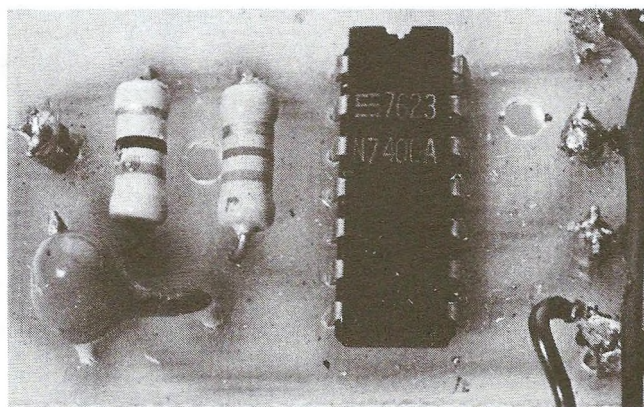


Fig. 68. Komponentplacering.

Komponentliste til schmitt-trigger/gate

- R1 47R
- R2 4K7
- C1 220pF keramisk pin up
- IC N7400A



Monostabil multivibrator

Til denne konstruktion bruges en integreret kreds, N74121A. Det er en monostabil multivibrator, og med få ydre komponenter kan vi bestemme, hvor lang tid udgangen skal være HØJ. I timingkredsløbet udskiftes parallelmodstanden og kondensatoren med omskifteren O1. C2 og R4 er indskudt hele tiden (fig. 69).

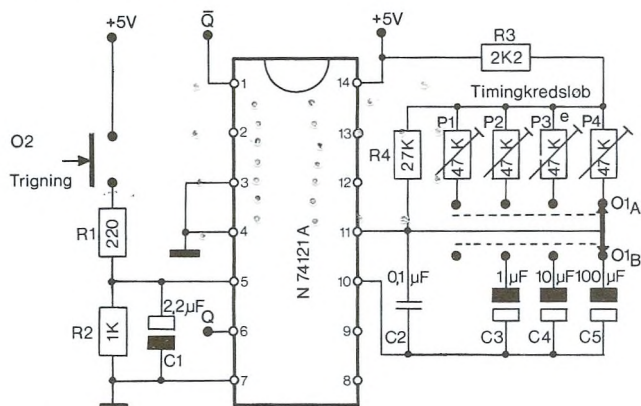


Fig. 69

Hele konstruktionen er på én printplade. Ydre komponenter er to omskiftere. O1 er en omskifter med 2x4 stillinger. Med den bestemmes den tid, der skal åbnes for gaten.

O2 er et ringetryk. Når det kortvarigt påvirkes, skifter den monostabile multivibrator.

RC leddet bestående af R1, R2 og C1 er et lavpasfilter, som forhindrer trigning ved kontaktprel.

Med de anførte komponenter kan den monostabile multivibrator åbne 1/1000, 1/100, 1/10 eller 1 sekund.

Trimme potentiometrene P1, P2, P3 og P4 skal alle være i midterstilling. Først når den monostabile multivibrator kobles sammen med de andre blokke, skal man justere den.

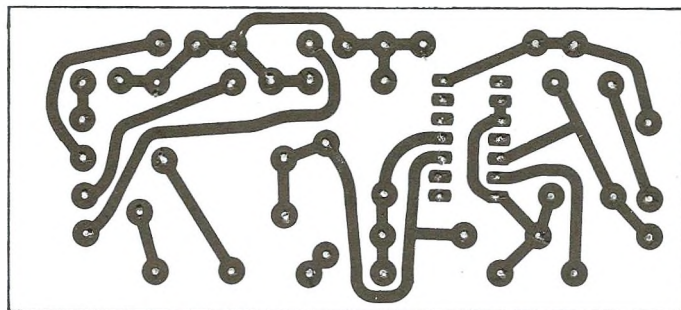


Fig. 70. Printtegning til monostabil.

Komponentliste til monostabil multivibrator

R1 220R
R2 1K
R3 2K2
R4 27K
P1-P4 47K trimmepotentiometer
C1 2,2 μ F/40 V elektrolytkondensator
C2 0,1 μ F polyesterkondensator
C3 1 μ F polyesterkondensator
C4 10 μ F/10 V elektrolytkondensator
C5 100 μ F/10 V elektrolytkondensator
IC N74121A

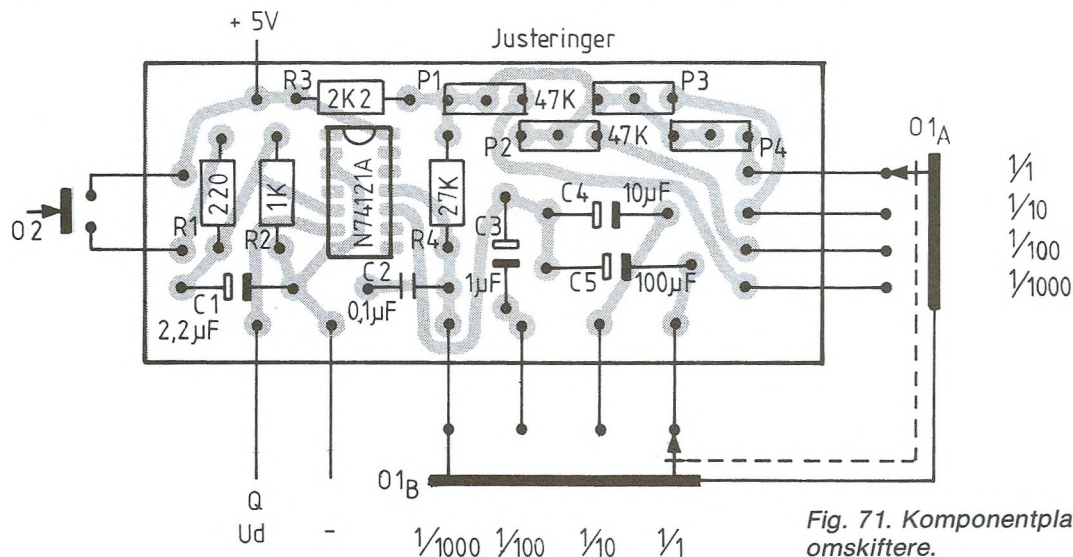


Fig. 71. Komponentplacering og tilslutninger til omskifttere.

Ændringer af den monostabile multivibrator

Skal MM bruges til andre formål med andre åbnetider, kan der ændres på komponentværdierne.

Åbnetiderne bestemmes af $R3 + R4$ paralleltforbundet med et trimmepotentiometer. Vi kalder den derved fremkomne resistans for R .

Åbnetiden er også afhængig af $C2$ paralleltforbundet med en anden kondensator. Vi kalder den derved fremkomne kapacitans for C .

Åbnetiden beregnes nu efter denne formel:

$$t = 0,7 \cdot R \cdot C$$

Tæller

Blokdiagrammet (fig. 72) viser, at en tællekreds er opbygget af tre enheder.

Den første er en integreret kreds, N7490A. Det er en færdig tæller, der kan tælle til 9. Udgangene A, B, C og D er til binær udlæsning. (Beskrevet i *System elektronik: Digital elektronik*).

N7447B er en dekoder, der omsætter de fire binære udgange til 7, og IC'en kan drive et syvsegment display.

Display'et er CQY81. Det består af syv streger, segmenter, der kan danne alle tal fra 0 til 9.

Med to tællekredse opbygges på ét print en tæller, der kan tælle til 99. Med to print kan der tælles til 9999.

De syv modstande i hver tællerkreds begrænser strømmen og dermed lyset i displayet. Skal displayet kunne ses på stor afstand, kan modstandene vælges til 100R. Billige udgaver af 7447 kan ikke altid tåle den store strøm. 220R vil også give godt lys og mindre strømforbrug.

R_0 skal være forbundet til minus, for at tælleren kan tælle. Når forbindelsen afbrydes, nulstilles tælleren.



SYVSEGMENT

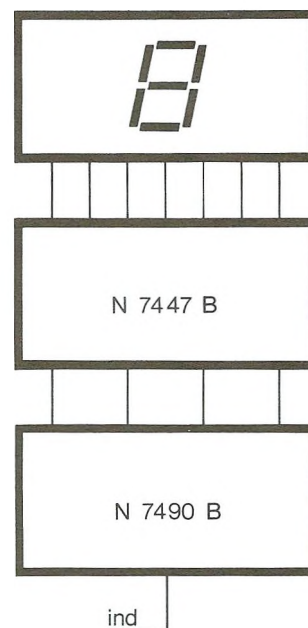
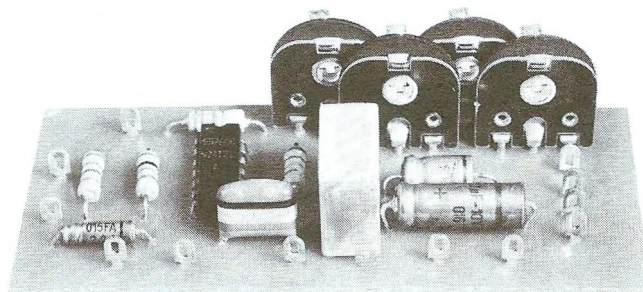
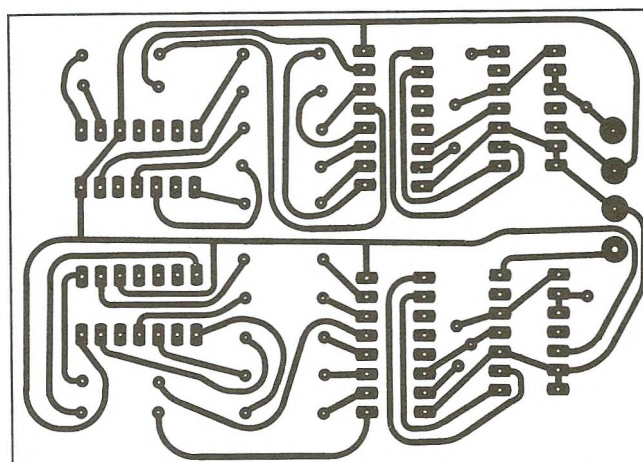
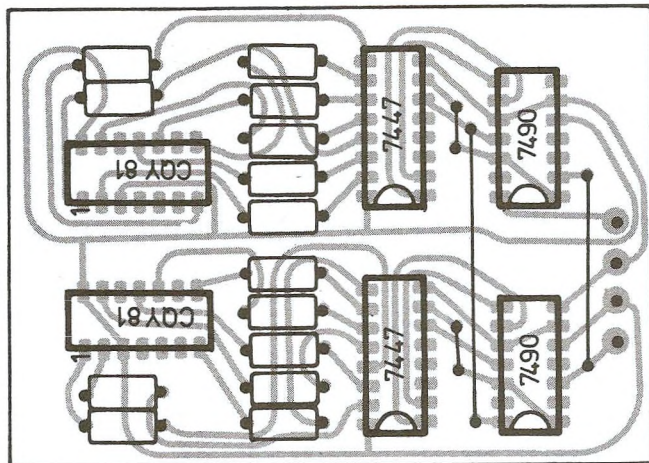


Fig. 73

Fig. 74. Printtegning til tæller.



14 stk. modstande



Komponentliste til tællerprint

R1 - R14 220R (eller 100R) se tekst
 IC1 - 2 N7490A
 IC3 - 4 N7447B
 IC5 - 6 Display CQY81

Fig. 75. Komponentplacering til tæller.

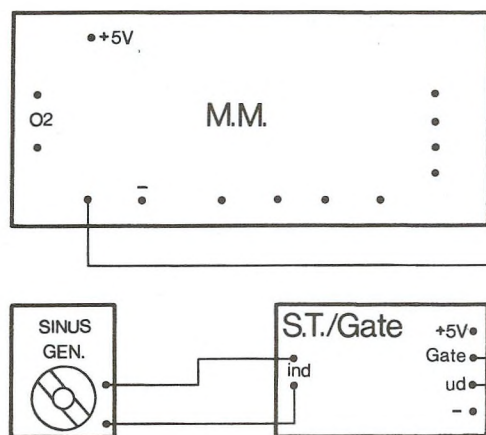
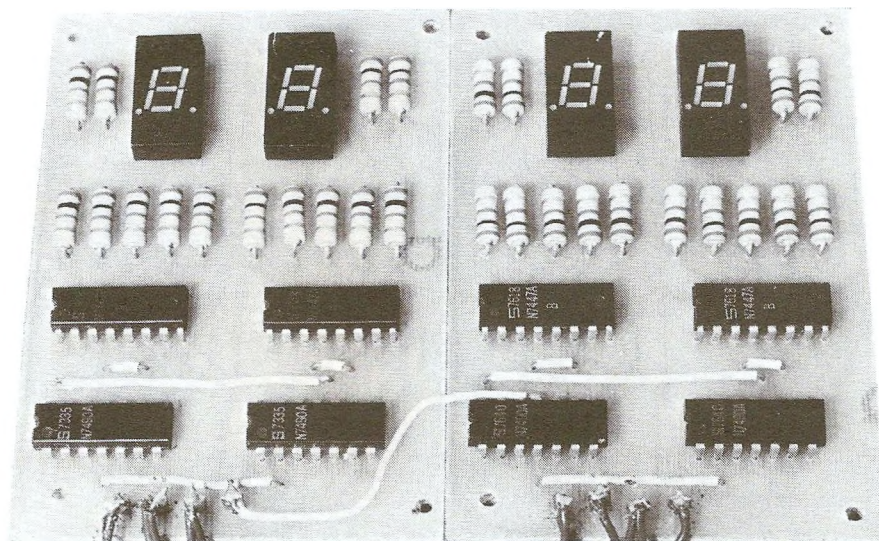
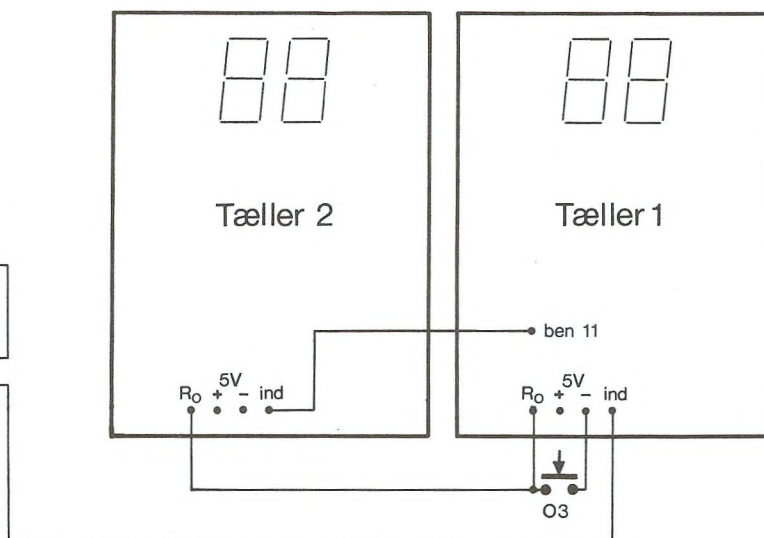


Fig. 76. Frekvenstæller.



Tælleren anvendt som stopur

Den elektroniske tæller kan udbygges til en funktion som elektronisk ur. Det eneste, der mangler for at kunne bruge tælleren som elektronisk ur, er en pulsgiver, der kan levere 100 impulser pr. sekund.

Her er det oplagt at udnytte vekselstrømsnetets frekvens, der er 50 Hz.

Den enkleste måde at gøre det på er at tilslutte en brokoblet ensretter til 6 V vekselspænding. Ud fra ensretteren kommer så 100 impulser pr. sek. Figur 77 viser et blokdiagram af opstillingen. Til indgangen sluttes ca. 6 V vekselspænding. Man kan bruge en meget lille transformator. Strømforbruget er under 10 mA.

Den brokoblede ensretter er bygget op af fire siliciumdioder, 1N4148.

Ud fra den brokoblede ensretter kommer 100 impulser pr. sek. Dette pulstog går til en schmitt-trigger, 7413. Derfra kommer pæne firkantpulser, 100 Hz.

Ved at sende signalet gennem en 10-deler, 7490, kan vi også få 10 Hz ud. Dette signal kan også sendes gennem en 10-deler, og ud har vi 1 Hz, 1 impuls pr. sek.

Sendes 1 Hz signalet direkte til en tæller, vil tælleren være et ur, der viser sekunder.

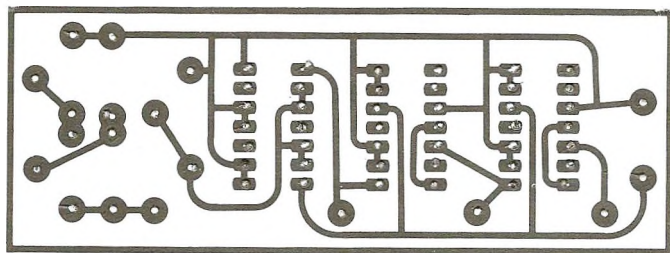


Fig. 77. Printtegning til pulsgiver.

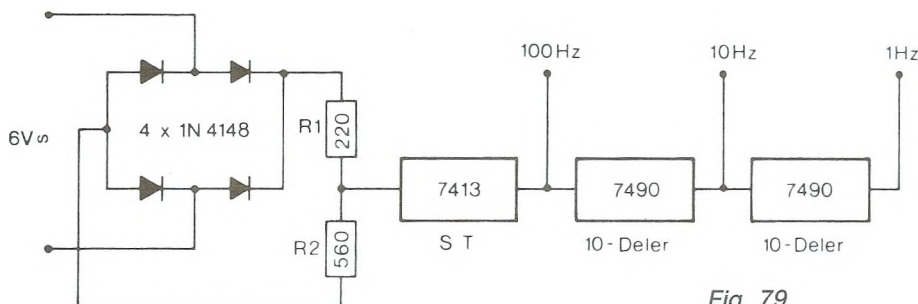


Fig. 78. Komponentplacering.

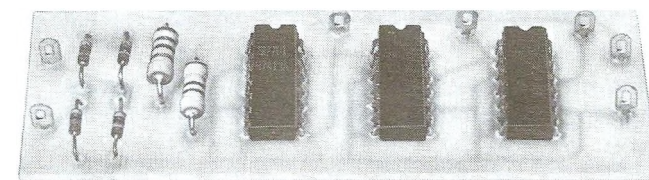


Fig. 79

Der kan indsættes en afbryder i plusledningen til pulsgiveren. Hermed kan man starte eller standse uret.

Tilsluttes tælleren 100 Hz, vil de to første cifre af tælleren vise sekunder, de to bageste vil vise hundrededele sekunder.

I stedet for at slutte pulsgiveren direkte til tælleren, kan vi også koble schmit-trigger/gate enheden, som vi bruger til frekvenstællerudgaven, ind mellem tæller og pulsgiver.

Komponentliste til pulsgiver

D1 - D4	1N4148
R1	220R
R2	560R
IC1	7413
IC2	7490
IC3	7490

Start/stop enhed

Som start/stop enhed til et elektronisk ur kan man bruge følgende:

1. En simpel trykknafbryder (TK), der forbinder pulsgiveren til plus. Når der trykkes på TK, starter uret, og det kører, til man slipper igen.

Med en omskifter bestemmer man, om uret skal vise hele sekunder og om der skal tiendedele eller hundrededele sekunder med.

2. Enheden kan styres med en lysstyret kontakt

Manuel og lysstyret start/stop enhed

Diagrammet (figur 80) viser, hvordan start/stop enheden er opbygget. Den integrerede kreds N7400 består af 4 NAND-gates. De to gates bruges sammen med en »digitast« trykknafbryder til manuel start/stop af timeren.

De to andre gates bruges til lysstyret start/stop af timeren.

TR1 og TR2 er fototransistorer. De bliver ON, når de bliver belyst. Transistorerne er i det hus, der kendes fra lysdioder, og der er indbygget en linse, der samler lyset på selve krystallet i transistoren. Når TR1 bliver belyst, bliver den ON. TR3 er forbundet til kollektor og bliver OFF. Det samme for TR2 og TR4. Lyset fra pulsgiveren skal være så kraftigt, at U_{CE} kollektor-emitterspændingen, både på TR3 og TR4 er ca. 5V, dvs. de begge er helt OFF.

Den elektroniske tæller som stopur

Figur 81 viser, hvordan start/stop enheden, sammen med det elektroniske ur, udbygger den elektroniske tæller til et stopur.

Med en omskifter kan der fra pulsgiveren vælges 1, 10 eller 100 impulser pr. sek. Pulserne går direkte til ST/GATE indgang. Omskifteren kan være en omskifter med 1 pol, 4 positioner også kaldet 1×4 . Den 4. position kan være tilsluttet frekvenstællerens indgangsterminal. Omskifteren kan også være en ledning med et krokodillenæb. Ledningen loddes på indgangen på ST/GATE, og krokodillenæbbet kan så flyttes til den ønskede position.

Timeren styres af start/stop enheden. Til 1 og 2 er der tilsluttet to fototransistorer.

En ledning fra GATE på ST/G kan med en 1×4 omskifter (eller en ledning med krokodillenæb) tilsluttes B1, B2, A1 eller A2. Vælges en 1×5 omskifter, kan den 5. position være tilsluttet den monostabile multivibrator. I denne stilling er timeren så en frekvenstæller.

Vi skal se på, hvordan timeren fungerer i de fire positioner.

B1:

Når der skygges for TR1, starter timeren. Når der skygges for TR2, standser timeren.

B2:

Her er det omvendt. TR2 starter, og TR1 standser timeren.

A1:

Timeren kører, indtil der trykkes på TK1. Dvs. at man trykker TK1 ned og nulstiller. Timeren kører derefter, så længe der ikke trykkes på TK1.

A2:

Timeren kører, når der trykkes på TK1.

Enkeltimpulser

Hvis pulsgiveren ikke er forbundet til ST/GATE (i frekvenstæller stilling), og start/stop enheden er

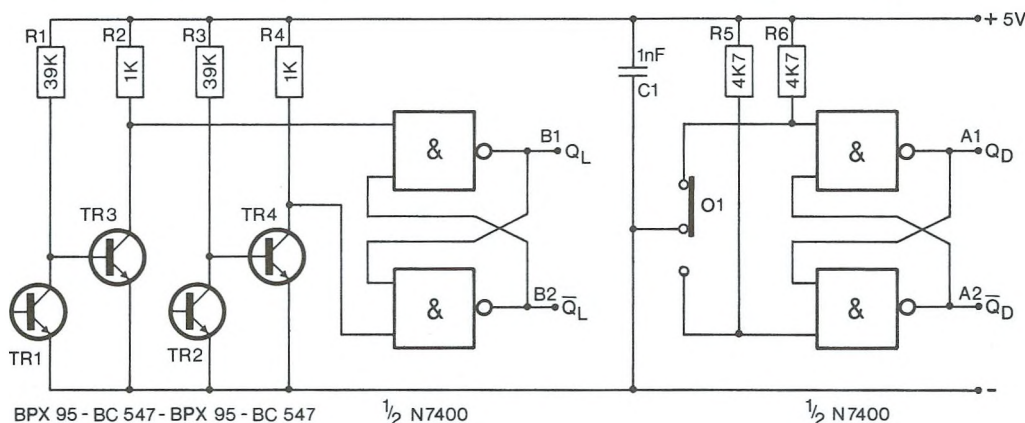


Fig. 80

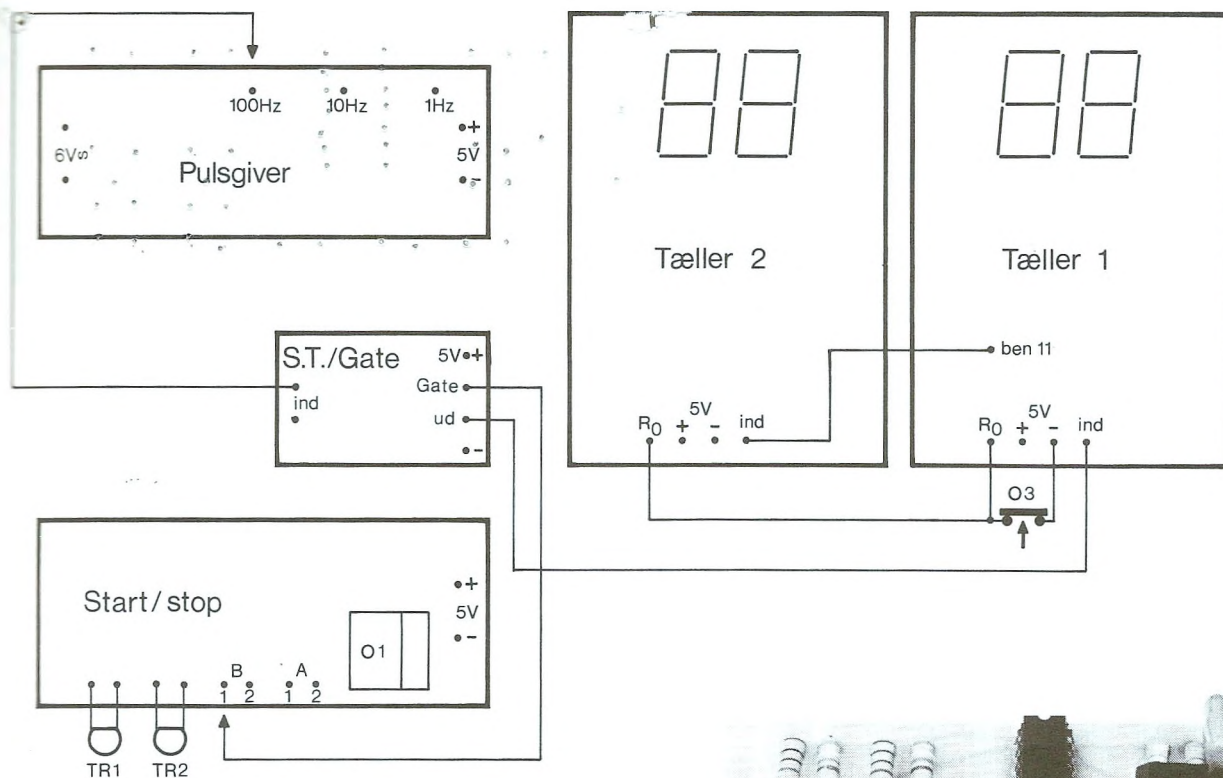


Fig. 81

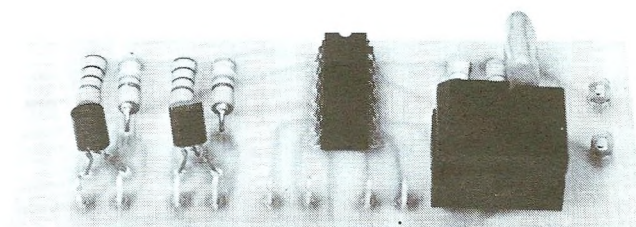
tilsluttet ST/GATE ved A1 eller A2, vil TK1 fungere som enkelt impuls giver. Hver gang der trykkes på TK1, kommer der en impuls.

Praktisk anvendelse af timeren

TR1 og TR 2 anbringes begge i et sort rør, så de kun kan »se« de lamper, der belyser dem. Timeren kan så bruges i forbindelse med luftpudebænken.

Man kan også bruge den til forsøg med det frie fald. Hertil anvendes et plastrør (elektrikerrør). Med 10 cm afstand bores der huller i røret. Ved ét hul anbringes TR1 sammen med sin lampe. Ved et andet hul 1,2 m herfra anbringes TR2 sammen med sin lampe.

Røret anbringes nu lodret, og lader man en jernkugle falde gennem røret, vil den starte timeren, når den bryder lysstrålen ved TR1, og standse timeren, når den bryder lysstrålen ved TR2. På tælleren kan faldtiden aflæses. Afstanden mellem TR1 og TR2 kan så ændres til 0,6 m, og herefter til 0,3 m og vi kan måle faldtiden for den halve vej, 1/4 af vejen osv.



Komponentliste til start/stop enhed

R1	1K
R2	39K
R3	1K
R4	39K
R5	4K7
R6	4K7
C1	1 nF polyester
TR1	BPX95
TR2	BPX95
TR3	BC547
TR4	BC547
IC1	7400
TK1	Digitast

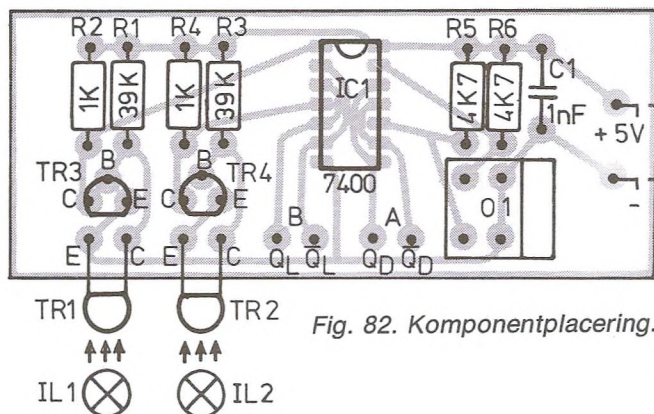


Fig. 82. Komponentplacering.

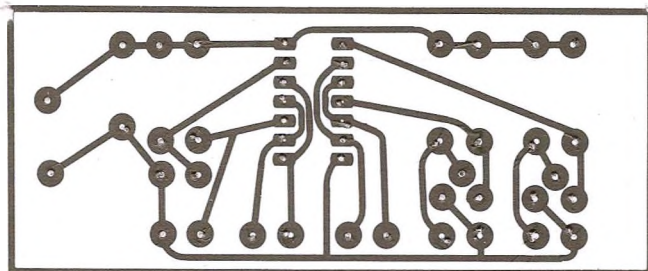


Fig. 83. Printtegning til start/stop enhed.

Frekvenstæller/timer

Frekvenstæller/timer konstruktionen er nu færdigt udbygget, og her bringes et diagram, der viser, hvordan de forskellige moduler kan forbindes til en kombineret frekvenstæller/timer. Der er sat et ekstra modul på diagrammet, nemlig en forstærker. Ønsker man at måle frekvensen af svage signaler, må disse forstærkes op. En sådan forstærker kan bygges sammen med de øvrige moduler. Der bringes ikke forslag til en sådan forstærker. Der er mange muligheder.

Funktionerne af de forskellige omskiftere

- 01 Trykknapskifter på start/stop enheden. Digitalet.
- 02 Trykknapskifter til monostabil multivibrator. Når der trykkes, afgiver MM en impuls med en længde på 1/1000, 1/100, 1/10 eller 1/1 sekund.
- 03 Trykknapskifter til tælleenhed. Når der afbrydes for forbindelsen mellem R_0 og minus, nulstilles tælleren.
Ved drift skal 03 være sluttet.
- 04 Omskifter 1 pol, 6 positioner. MS401. Kun den ene halvdel af MS401 bruges.
 1. pos. Frekvenstæller. Start/stop enheden er ikke i funktion.
 2. pos. Timer. Start/stop med lys. Når der skygges for TR1, starter timeren. Når der skygges for TR2, standser timeren.
 3. pos. Timer. Start/stop med lys. Når der skygges for TR2, starter timeren.

Når der skygges for TR1, standser timeren.

4. pos. Timer. Timeren kører, når der ikke trykkes på 01.

5. pos. Timer. Timeren kører, når der trykkes på 01.

6. pos. Ingen funktion.

Om 04 kan man sige, at den bestemmer, om funktionen skal være frekvenstæller (1) eller timer (2,3,4,5).

- 05 Bruges ved frekvenstælling. Omskifter 2 poler, 6 positioner. MS401. Omskifter til den monostabile multivibrator.
 1. pos. 1/1000 sekunds impuls. Frekvensen vises i kHz.
 2. pos. 1/1000 sekunds impuls.
 3. pos. 1/10 sekunds impuls.
 4. pos. 1/1 sekunds impuls. Frekvensen vises i Hz.

Man kunne bruge en 2×2 omskifter. I den ene stilling gives frekvensen i Hz, i den anden i kHz.
- 06 Bruges ved timer. Omskifter 1 pol, 6 positioner. MS401. Kun den ene halvdel bruges.
 1. pos. Frekvenstæller.
 2. pos. Timer. Bageste ciffer viser sekunder.
 3. pos. Timer. Bageste ciffer viser 1/10 sek.
 4. pos. Timer. Bageste ciffer viser 1/100 sek.

Den halvdel af omskifteren MS401, der ikke bruges, kan udnyttes til at få en lysdiode til at lyse som komma mellem de sidste displays. Tiden angives så hele tiden i sekunder. (Se figur 85 og 86).
- 07 Dobbelt netafbryder.

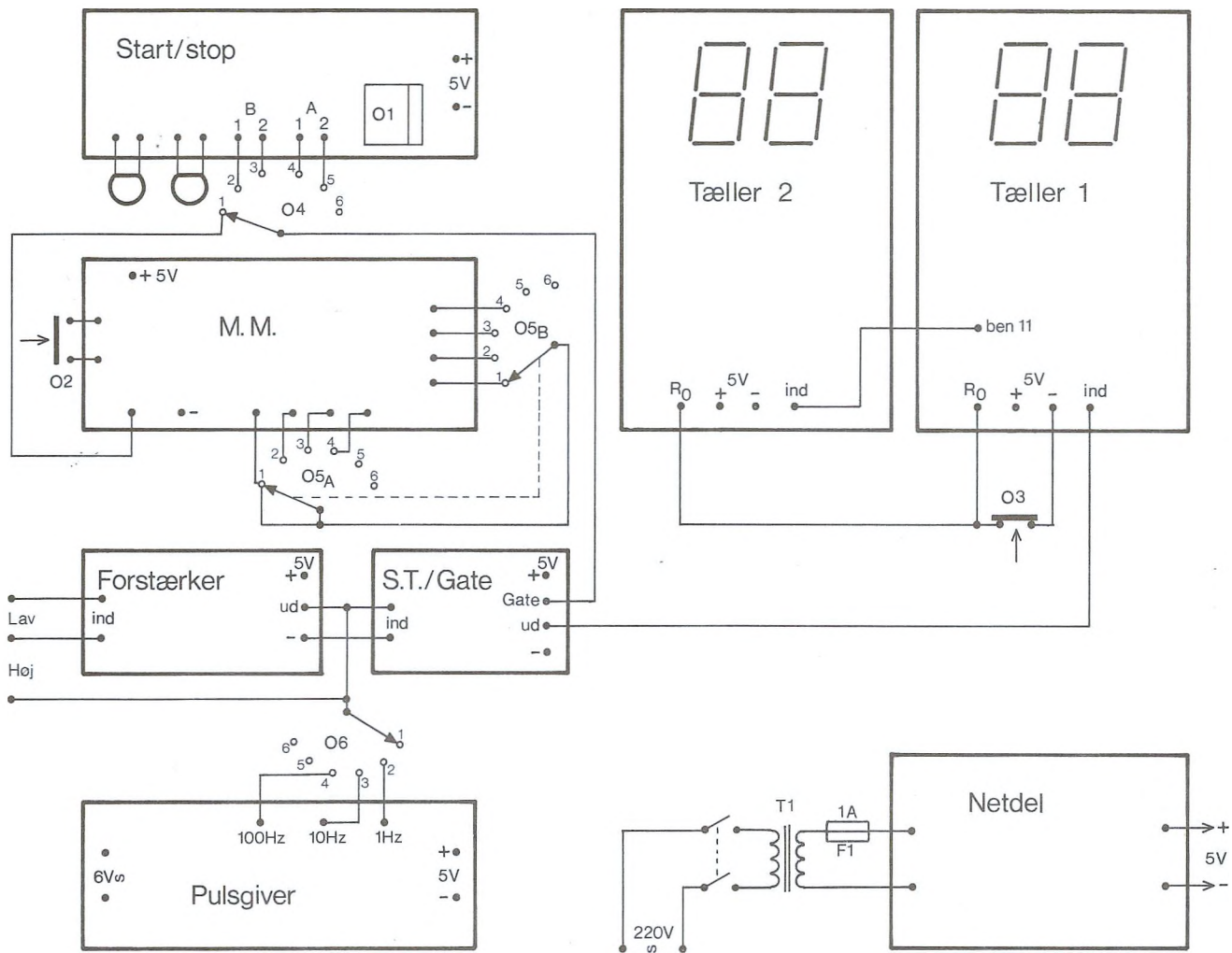


Fig. 84. Samlet diagram over frekvenstæller/timer.

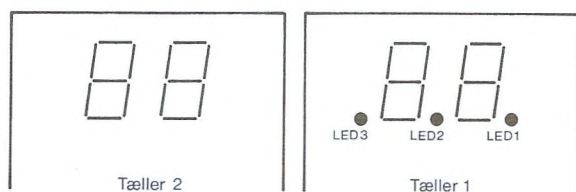


Fig. 85. Lysdiode-komma.

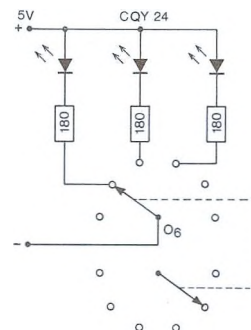


Fig. 86. Diagram over tilslutning af lysdiode-komma.

Stikordsregister

- afbøjningsplade 20
amperemeter 10, 12
analogmåleinstrument 9
blødtjernsinstrument 10, 11
bromålinger 13, 18
brum 33
dekoder 43
digital måleinstrument 9
display 43
dobbelstråleoscilloskop 23, 26, 31
drejespoleinstrument 9, 10, 11
dæmpede svingninger 30
elektronkanon 20
ensretning af vekselstrøm 29
firkantspænding 31
formodstand 11, 12
forstærker 22
forstærkerstøj 32
frekvensmåling 28, 40
frekvenstæller 40, 43, 48
følsomhed 14, 15
gate 40
katodestrålerør 19
kipgenerator 21
kontaktprel 42
lavfrekvensforstærker 32, 37
Lissajous 33
lysstyret start/stop 42
monostabil 42
multitester 14
ohmmeter 13, 18
oscilloskop 19, 25, 26
oscilloskopmåling 26
pulsformer 40
resistansmåling 18
savtakspænding 31
schmitt-trigger 40
shunt 10
sikring mod overbelastning 13
spændingsmåling 11, 14
start/stop 46
stopur 45, 46
strømmåling 10, 16
sweeper 21
time base 21
transistormåling 15, 16, 17
trigger 22
timer 47, 48
tæller 43, 48
U 15
U_B 15
U_{BE} 15
U_C 15
U_{CE} 15
U_E 15
universalmåleinstrument 14
U_{RC} 15
vekselspændingsmåling 16
vekselstrømmåling 17
voltmeter 11, 12
Wheatstone 18
x-forstærker 22
y-forstærker 22



System Elektronik
er planlagt med følgende udgivelser:

Basis Elektronik
Praktisk Elektronik
Forstærkning med Elektronik
Digital Elektronik
Styring med Elektronik
Måling med Elektronik
Kommunikation med Elektronik