



**System Elektronik**  
**Digital Elektronik**

**Gyldendal**

**Ryan Holm**

2. oplag

**System Elektronik**  
**Digital Elektronik**

**Gyldendal**

**Ryan Holm**

System elektronik: Digital elektronik

© 1977 by Gyldendalske Boghandel,

Nordisk Forlag A. S. Copenhagen.

Illustrationer af P. W. H. Dam

Fotografier af forfatteren

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

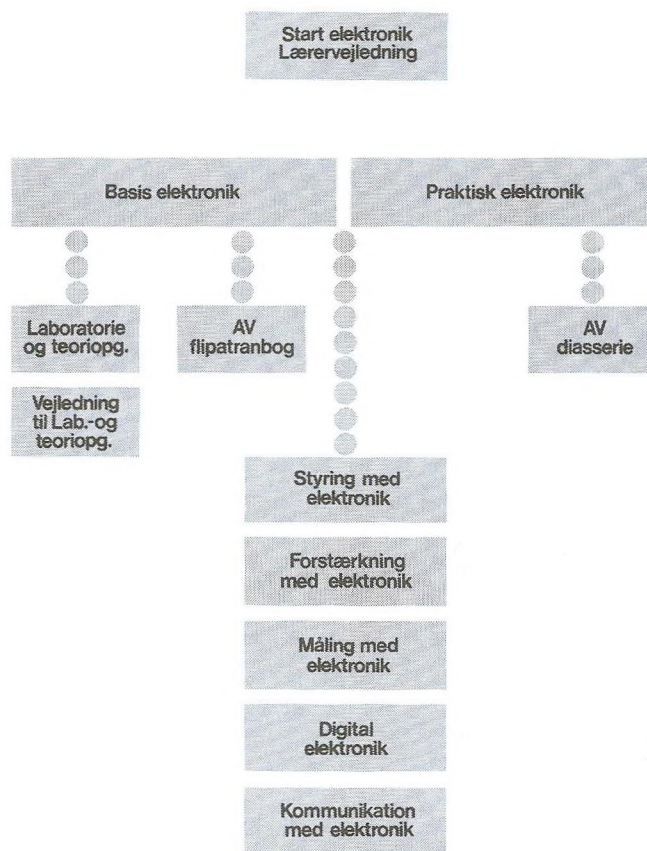
Omslag: art/Grafik

Bogen er sat med Akzidenz-Grotesk (Diatronic)

og trykt hos Th. Laursens Bogtrykkeri a-s, Tønder

Printed in Denmark 1981

ISBN 87-01-41872-6





# Indhold

Forord . . . . .	4	AND-gate med lampedrivertrin . . . . .	21
Den astabile multivibrator . . . . .	7	Elektronisk tæller med udlæsning i ti-talsystemet	22
Transistoren som switch-afbryder . . . . .	7	Tæller med integreret kreds . . . . .	23
Transistoren styret af en kondensator . . . . .	7	Lampedrivertrin display . . . . .	25
Transistoren styret af en anden transistor . . . . .	8	LED display . . . . .	25
To transistorer styrer hinanden (astabil multivibrator) . . . . .	8	Syvsegment display . . . . .	26
Ændring af blinkfrekvensen for den astabile multivibrator . . . . .	9	Display med lysdioder . . . . .	28
Variationer af den astabile multivibrator . . . . .	9	Display med glødelamper . . . . .	29
Blinkere . . . . .	9	Monostabil multivibrator . . . . .	29
Tonegenerator med variabel frekvens . . . . .	10	Schmitt-trigger . . . . .	31
Regulering af frekvensen med potentiometer	11	Anvendelse af logiske elementer . . . . .	32
Regulering af frekvensen pr. »håndkraft« – eller en løgnedetektor . . . . .	11	Oversigt over multivibratore	33
Regulering af frekvensen med lys . . . . .	11	Astabil multivibrator . . . . .	33
En astabil multivibrator styrer en anden multivibrator . . . . .	11	Monostabil multivibrator . . . . .	33
Beregning af frekvensen ved den astabile multivibrator . . . . .	12	Bistabil multivibrator . . . . .	33
Impulsgeneratore	12	Schmitt-triggeren . . . . .	33
Firkantimpulser . . . . .	12	Andre logiske elementer . . . . .	33
Beregning af frekvensen ved tonegenerator med variabel frekvens . . . . .	13	AND-gate . . . . .	33
Astabil multivibrator med usymmetriske impulser . . . . .	13	Invertertrin – NOT . . . . .	34
Lampedrivertrin . . . . .	14	NAND-gate . . . . .	34
Lampedrivertrin med 2 transistorer . . . . .	14	OR-gate . . . . .	34
Lampedrivertrin, der kan vise HØJ – LAV	14	NOR-gate . . . . .	35
Bistabil multivibrator . . . . .	15	Forskellige symboler for gates . . . . .	35
RS flip-flop . . . . .	16	Gates med elektriske afbrydere . . . . .	36
RS flip-flop med triggeretværk . . . . .	16	AND . . . . .	36
T flip-flop . . . . .	17	NOT . . . . .	36
Hvornår skifter flip-flop'en . . . . .	17	NAND . . . . .	36
To flip-flop's styrer hinanden . . . . .	18	OR . . . . .	36
Det binære talsystem . . . . .	18	NOR . . . . .	36
Den binære tæller . . . . .	19	Mængdelære . . . . .	36
Firkantimpulser ved RC led . . . . .	19	Nogle anvendelser af gates . . . . .	37
Binær tæller med flip-flop's . . . . .	19	NAND-gate som inverter . . . . .	37
Binær tæller med indbygget lampedrivertrin	20	NAND-gate som AND-gate . . . . .	37
And-gate . . . . .	21	NAND-gate + inverter . . . . .	37
Symboler . . . . .	31	Addition med gates . . . . .	38
		HALF-ADDER . . . . .	38
		FULL-ADDER . . . . .	38
		Gates med integrerede kredse . . . . .	39
		7400 som flip-flop . . . . .	39
		7400 som astabil multivibrator . . . . .	39
		Printtegninger . . . . .	40
		Stikordsregister . . . . .	42



# 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 elevøvelseshæfter:

### **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 komponentplaceringstegning.

### **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 de oplysninger, man får hos sin radioforhandler, når man skal købe et stereo-

anlæg. 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.

### **Styring med elektronik**

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

### **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 radio-modtagere og -sendere gennemgås.

### **Måling med elektronik**

I denne bog ses på et vigtigt område af elektronikken, 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.

### **Digital elektronik**

Digital elektronikken 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 med og af elektronik er baseret på digital elektronik.



I 1975 udgjorde digital elektronikken ca. 38 % af det totale elektronikmarked. Det skønnes, at i 1985 vil 80-90 % af alle elektroniske funktioner blive udført i digital teknik. Disse tal stammer fra Elektronikcentralen, der selv siger, at tallene ikke er optimistiske. Tværtimod.

Der må derfor lægges vægt på, at man forstår og kender de grundlæggende funktioner for digital elektronik, og det er formålet med denne bog.

I den digitale elektronik arbejdes der ikke med analoge signaler, men med digitale signaler. At et signal er analogt vil sige, at det er trinkløst variabelt. Det kan f.eks. være et sinusformet signal. Et digitalt signal har kun to niveauer, 0 eller 1, LAV eller HØJ.

Optræder der sinusformede signaler, kan de med en schmitt-trigger omdannes til en firkantspænding. Det analoge signal bliver til et digitalt signal.

Det er spændende og sjovt at arbejde med digital elektronik. Jeg har som eksempel taget den astabile multivibrator og med den vist nogle af dens mange muligheder. Dette kan der bygges videre på, lige som alle andre elektroniske byggeklodser kan sammensættes på forskellige måder. Elektronik er et meget kreativt fag.

Vil man arbejde med digital elektronik, må man før eller siden beskæftige sig med integrerede kredse. I *Digital elektronik* præsenteres enkelte integrerede kredse. De bruges bl.a. til forskellige former for displays.

I det sidste kapitel i bogen præsenteres familien af logiske elementer med anvisninger på nogle anvendelser af disse elementer.

Den digitale elektronik er et forsømt område i den danske litteratur. *Digital elektronik* forsøger at råde bod på dette, og denne bog er ikke kun skrevet for at blive anvendt i folkeskolens 8.-10. skoleår, men, som det også gælder de øvrige bøger i *System elektronik*, vil den kunne finde anvendelse på seminarier og i gymnasiet. Den er, sammen med

andre bøger i *System elektronik*, velegnet til den, der i sin hobby eller i sit erhverv har brug for en grundlæggende viden om elektronik.

*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**

**Kommunikation med elektronik**

**Styring 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*

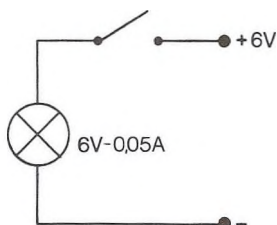


# Den astabile multivibrator

## Transistoren som switch – afbryder

I *Basis elektronik* så vi på to af transistorens funktioner: transistoren som switch (side 52) og transistoren som signalforstærker (side 54). Her i den digitale elektronik vil vi kun beskæftige os med transistorens switch-funktion og se på de mange muligheder, det frembyder.

Fig. 1

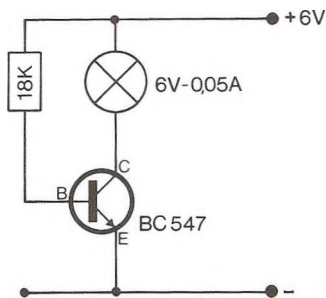


I fig. 1 har vi en opstilling med en strømkilde, en afbryder og en glødelampe. Når afbryderen slutes, går der en strøm gennem glødelampen, og den lyser. Vi kan sige, at den er ON (engelsk for: i funktion).

Når vi afbryder strømmen gennem glødelampen, lyser den ikke. Vi siger, at den er OFF (engelsk for: afbrudt).

På samme måde kan vi se på en opstilling med en transistor, der kan være ON eller OFF (fig. 2).

Fig. 2

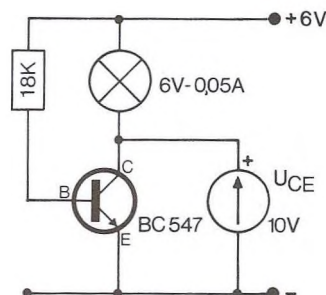


Kollektor er gennem en glødelampe forbundet til plus, emitter er forbundet til minus, og basis er gennem en modstand forbundet til plus.

I denne opstilling går der strøm gennem transistoren, glødelampen lyser. Transistoren er ON.

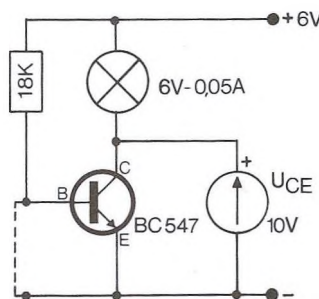
Når et voltmeter forbindes fra kollektor til emitter (fig. 3) måler vi  $U_{CE}$  – kollektor-emitter spændingen.  $U_{CE}$  er meget lille, den er næsten nul volt, og der går strøm gennem glødelampen. Over den vil der så være et spændingsfald på (næsten) 6 V.

Fig. 3



Basis forbindes nu med en ledning til minus (fig. 4). Når basis bliver nul, kan der ikke længere gå strøm gennem transistoren, og den er OFF. Glødelampen lyser ikke.

Fig. 4



Når der ikke går strøm gennem glødelampen, bliver der heller ikke noget spændingsfald over den. Vi ser derfor, at  $U_{CE}$  stiger til 6 V, der er tilslutningsspændingen.

Vi har her set på transistoren i ON og OFF stillingen, og da det er et meget vigtigt forsøg, vi netop har gennemført, må vi huske resultatet heraf.

Når transistoren er ON, er  $U_{CE} = 0$  V

Når transistoren er OFF, er  $U_{CE} =$  tilslutningsspændingen (6 V).

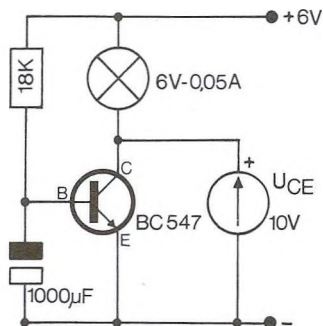
Transistoren har arbejdet som switch, og der er kun to muligheder. Enten er transistoren ON, ellers er den OFF.

## Transistoren styret af en kondensator

Vi kan prøve at gøre en transistor ON/OFF med en kondensator.

Når en kondensator tilsluttes en spændingskilde, op-lades den og kan „gemme“ på spændingen som et batteri (*Basis elektronik* side 24). Det vil vi benytte os af.

Fig. 5



Vi oplader en elektrolytkondensator på 1000µF ved at tilslutte den en spændingskilde (husk at forbinde plus på kondensatoren til plus).

Den opladede kondensator forbindes nu med minus til basis på transistoren (fig. 5) og plus til emitter.

Transistoren bliver OFF, da basis er gjort negativ, og den vil vedblive at være OFF, til kondensatoren igen er afladet. Når dette er sket, bliver transistoren igen ON.

Vi kan således styre transistoren med en kondensator.

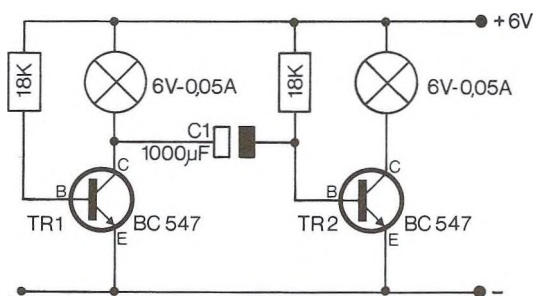
Det samme forsøg gennemføres nu med en elektrolytkondensator på 100 µF og derefter med en på 10 µF.

Vi vil her se, at transistoren bliver OFF i kortere tid afhængig af kondensatorens kapacitans. I *Basis elektronik* side 25 så vi netop, at jo mindre kapacitans jo hurtigere blev kondensatoren op- og afladet.

### Transistoren styret af en anden transistor.

Vi danner nu opstillingen i fig. 6 med to transistorer.

Fig. 6

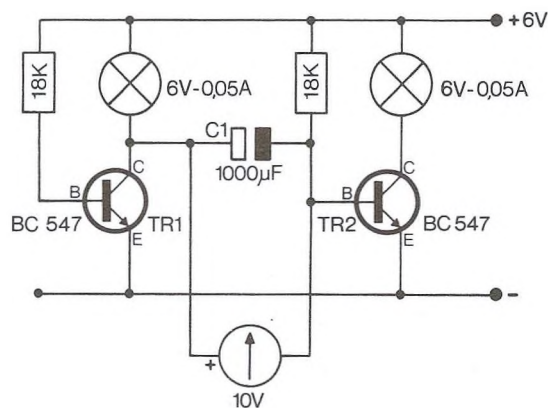


Det er samme transistoropstilling, som vi hidtil har arbejdet med, blot har vi nu to transistorer i samme opstilling. Fra kollektor på den ene transistor (TR1) til basis på den anden transistor (TR2) er der forbundet en elektrolytkondensator på 1000 µF. Minus forbindes til basis. Når opstillingen tilsluttes spændingskilden, lyser begge glødelamper. Både TR1 og TR2 er ON.

Basis på TR1 forbindes til minus, og TR1 bliver OFF. Når forbindelsen afbrydes, bliver TR1 igen ON, men nu bliver TR2 OFF. Efter et stykke tid bliver TR2 igen ON. Det må være kondensatoren, C1, der har gjort TR2 OFF, og dette vil vi undersøge nærmere.

Et voltmeter forbindes over kondensatoren med plus til kollektor på TR1 og minus til basis på TR2 (fig. 7).

Fig. 7



TR1 og TR2 er begge ON og  $U_{CE}$  for TR1 er derfor 0V.  $U_{BE}$  for TR2 er 0,7 V (*Basis elektronik* side 52–54). Over kondensatoren er der således en spænding på – 0,7 V, og måleinstrumentet vil give udslag til den forkerte side.

Nu gør vi TR1 OFF ved at forbinde basis til minus.  $U_{CE}$  stiger så til 6 V, og spændingen over kondensatoren stiger samtidig til en spændingsforskel på 5,3 V, idet kondensatoren oplades.

Forbindelsen fra basis på TR1 til minus afbrydes, og TR1 bliver ON.  $U_{CE}$  bliver 0 V. Kondensatoren gør nu basis på TR2 negativ og dermed TR2 OFF. Det svarer til forsøget i fig. 5, hvor vi gjorde basis negativ med en opladet kondensator.

TR2 forbliver OFF, til kondensatoren er afladet.

### To transistorer styrer hinanden (astabil multivibrator)

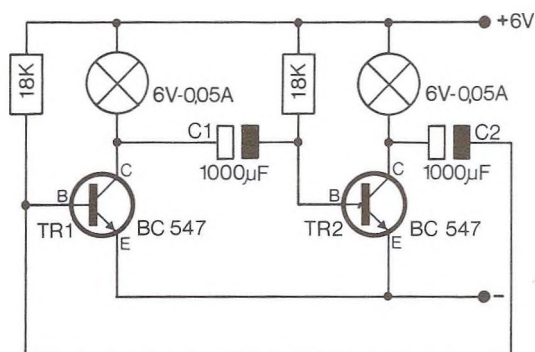
Vi så i fig. 7, at TR1 kunne styre TR2 med en kondensator. Vi beholder denne opstilling med en kondensator C1 (1000 µF) fra kollektor på TR1 til basis på TR2.

Fra kollektor på TR2 forbindes nu en kondensator C2 (1000 µF) til basis på TR1 (fig. 8).

Opstillingen tilsluttes spændingskilden, og nu begynder glødelamperne IL1 og IL2 at lyse skiftevis. Det er en blinker, som vi kender den fra fodgængerovergange, et „Torontolys“.



Fig. 8



Når TR1 er ON, er TR2 OFF og omvendt. Når TR1 er ON, holdes TR2 OFF med kondensatoren C1. Når TR2 er OFF, bliver kondensatoren C2 opladet.

Når C1 er afladet, bliver TR2 igen ON, og C2 gør nu TR1 OFF.

Herved oplades C1 igen.

Således skifter den hele tiden frem og tilbage med en bestemt takt. Svenskerne kalder denne opstilling for en vippe, en astabil vippe. Det korrekte navn er en astabil multivibrator.

Den astabile multivibrator er medlem af familien af multivibratorer, som vi skal se nærmere på i denne bog, og vi vil se på, hvilke anvendelser vi kan have af de forskellige slags „vipper“.

### Ændring af blinkfrekvensen for den astabile multivibrator

Den astabile multivibrator i fig. 8 blinkede meget langsomt. Vi vil nu prøve at ændre på blinkfrekvensen.

C1 og C2 havde begge en kapacitans på 1000 µF. De erstattes af to elektrolytkondensatorer med en kapacitans på 100 µF.

Når opstillingen tilsluttes spændingskilden, ser vi, at glødelamperne blinker hurtigere end før.

C1's og C2's kapacitans er blevet mindre (100 µF). Det betyder, at kondensatorerne hurtigere lades op og hurtigere aflades. Herved får vi den højere blinkfrekvens.

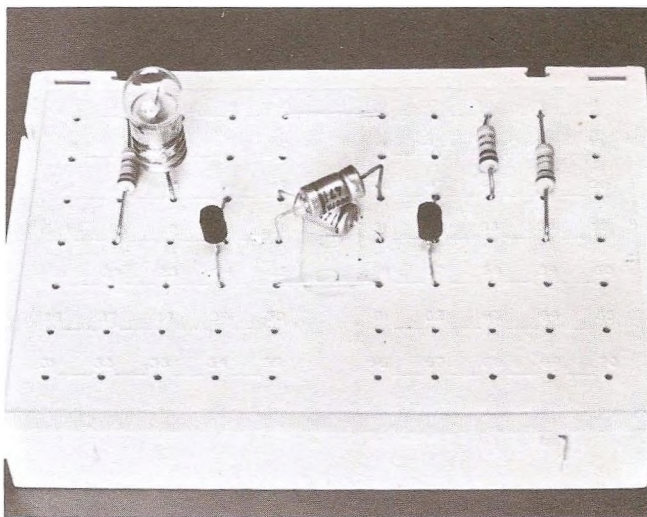
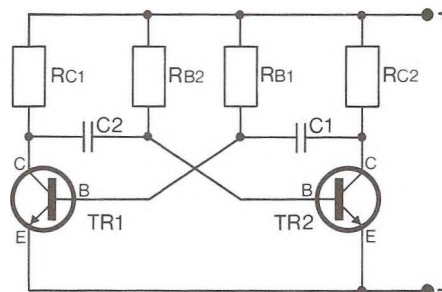
Hvis C1 og C2 er kondensatorer med en kapacitans på 10 µF eller 1 µF, bliver blinkfrekvensen så høj, at vi ikke kan se, at glødelamperne blinker. Vi kan blot se, at de lyser svagere.

## Variationer af den astabile multivibrator

### Blinkere

Diagrammet i fig. 9 svarer til diagrammet i fig. 8, blot er TR1 blevet tegnet spejlvendt. Det gør det lettere at tegne opstillingen. For at få så få krydsende ledninger som muligt er basismodstanden tegnet som vist. I kollektorledningerne havde vi før glødelamper. De er her tegnet som modstande.

Fig. 9



Blinker med glødelampe på S-DeC

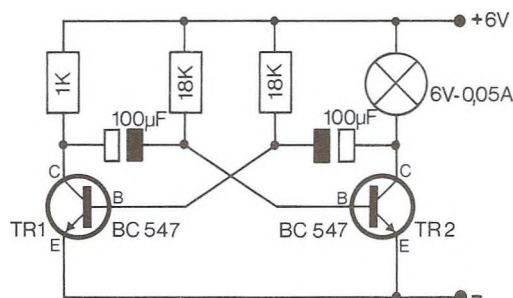
TR1's kollektormodstand betegnes RC1, og dens basismodstand betegnes med RB1.

På denne måde vil vi fremover tegne en astabil multivibrator.

I den astabile multivibrator fra fig. 8 kan vi prøve at erstatte den ene glødelampe, IL1, med en fast modstand på 1 K. Så får vi en blinker med én glødelampe (fig. 10).



Fig.10



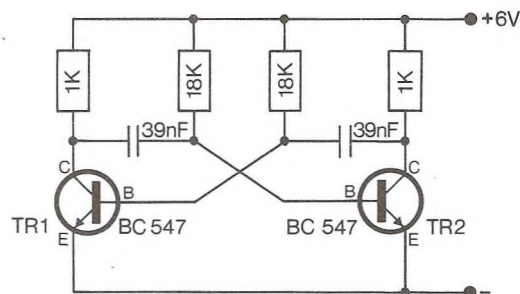
I fig. 11 genkender vi også den astabile multivibrator.

Her er C1 og C2 valgt til 39 nF, og det betyder, at multivibratoren skifter med en meget høj frekvens. Den skifter ca. 1000 gange pr. sekund.

Dette er vi ikke i stand til at opfatte med øjet, så hvis opstillingen havde været med glødelamper, ville vi blot kunne konstatere, at de lyste svagere. Med et oscilloskop kan vi se, at opstillingen fungerer. Oscilloskopet tilsluttes mellem kollektor og minus på en af transistorerne.

Et skift på 1000 gange pr. sekund kan vi opfatte med øret, hvis det blot omsættes til lydsvingninger. Det sker, når der tilsluttes en højttaler (højohms) eller en hovedtelefon mellem kollektor og minus ved en af transistorerne. Vi vil så høre en tone på 1000 Hz. Det er den tone, fjernsynet sender, når der sendes prøvebillede.

Fig. 11



Højttaleren kan også tilsluttes mellem kollektor på de to transistorer.

I begge tilfælde skal der i serie med højttaleren være en kondensator, C3, med en kapacitans på 0,1 µF eller mindre. Den spærrer for jævnstrøm, men lader vekselstrøm passere. 1000 Hz tonen er et vekselstrømsignal.

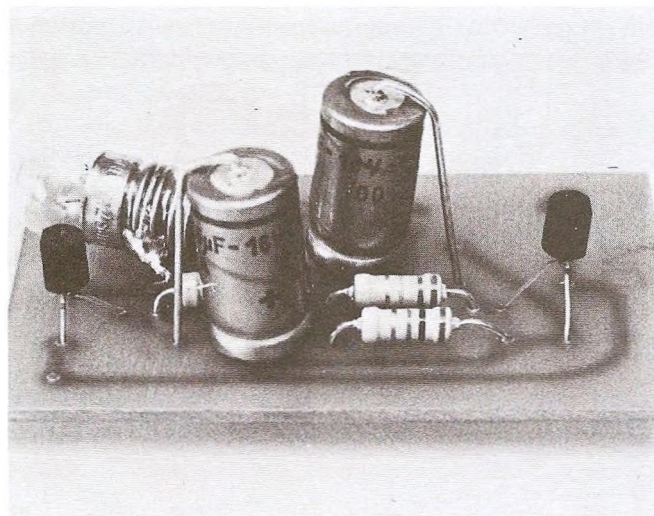
### Tonegenerator med variabel frekvens

Diagrammet i fig. 12 viser en „normal“ astabil multivibrator, blot er basismodstanden ikke lagt til plus – multivibratoren „kører“ ikke.

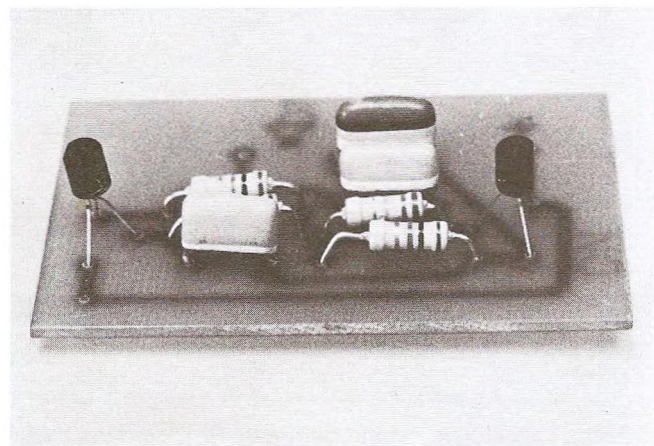
Hvis punktet A lægges til plus, får vi positiv spænding på basis af transistorerne, og hvis vi ved B og minus tilslutter en hovedtelefon, en højohms højttaler eller en forstærker hører vi, at multivibratoren svinger. Frekvensen er ca. 1830 Hz.

Ledningen fra A til plus afbrydes nu, og i stedet tilsluttes A og minus til en anden spændingskilde, f. eks. et batteri på 4,5 V.

Vi får nu en dybere tone ud.



Blinker på printplade

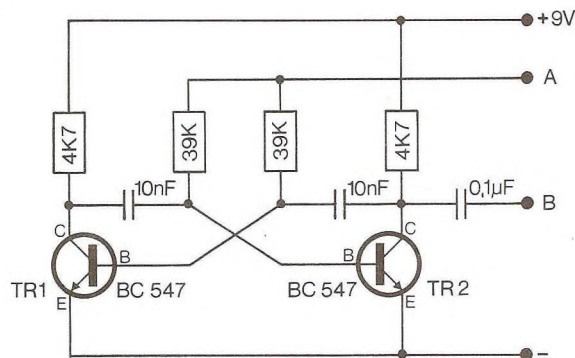


tonegenerator på printplade

Hvis begge glødelamper erstattes med modstande på 1K, har vi stadig en astabil multivibrator. Vi kan blot ikke se, at den skifter, men et voltmeter tilsluttet fra kollektor til minus ved den ene eller begge transistorer ville vise, at den astabile multivibrator stadig arbejder som før.



Fig. 12



Hvis vi tilslutter A og minus en højere spænding end 9 V, f.eks. 12 V, bliver tonen højere end den oprindelige.

Der kan indsættes et potentiometer (evt. trimmepotentiometer) fra plus til minus. Midterbenet af potentiometeret forbindes til A. Tonehøjden kan nu reguleres med potentiometeret, og den astabile multivibrator kan anvendes som elektronisk musikinstrument.

Ved at benytte en variabel spændingskilde til at „forsyne“ A, kan spændingen over A og minus varieres. Prøv blot at sætte spændingen op til 30–40 V. Det viser sig, at tonegeneratoren er lineær over et meget stort område. Det vil sige, at hvis spændingen på A bliver 1 V større, bliver tonen måske 150 Hz højere. 2 V højere spænding giver så en tone, der er 300 Hz højere.

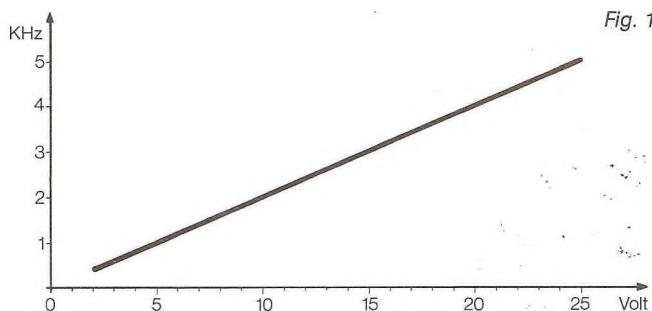


Fig. 13

Har man en frekvenstæller til sin rådighed, kan denne astabile multivibrator bruges som voltmeter. Den spænding, man ønsker at måle, sættes ind på A og minus. Resultatet (i form af en tone – en frekvens) kan aflæses på frekvenstælleren. Dette er princippet i et digital-voltmeter.

### Regulering af frekvensen med potentiometer

Tonegeneratoren kan også reguleres med et potentiometer fra A til plus. Et potentiometer (eller trimmepotentiometer) på 100K er passende til opstillingen. Det giver en god regulering af tonehøjden.

### Regulering af frekvensen pr. „håndkraft“ – eller en løgnedetektor

Føres et par ledninger fra A og plus ud, kan man få tonegeneratoren til at sige noget ved at kortslutte disse to ledninger.

Tager man en ledning i hver hånd, virker man selv som basismodstand (ufarligt). Der er stor resistans, derfor dyb tone.

Har man fugtige hænder, bliver resistansen mindre og tonen højere.

Tonegeneratoren kan således virke som løgnedetektor. Den „anklagede“ holder en ledning i hver hånd. Når han får stillet et spørgsmål, han svarer usandt på, begynder han ubevidst at svede lidt i hænderne, og det regulerer på tonehøjden.

På samme måde kan vi bruge opstillingen til fugtighedskontrol.

### Regulering af frekvensen med lys

Hvis der mellem A og plus anbringes en LDR modstand (lysafhængig modstand), kan vi regulere tonehøjden med lys.

Når LDR modstanden bliver belyst, er resistansen i den meget lille, så lille, at det svarer til, at A er lagt til plus.

Blot en hånd foran lysgiveren giver en dybere tone.

Bedst er det at indbygge LDR modstanden i et mørkt plastrør eller paprør. Hvis man lukker helt af for lyset til den, bliver resistansen i den meget stor – tonen bliver meget dyb.

### En astabil multivibrator styrer en anden multivibrator

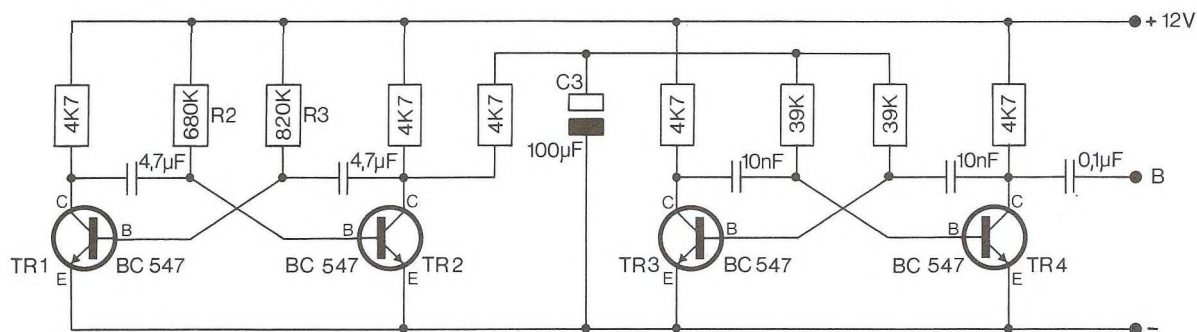
Spændingen til A kan også tages fra en anden astabil multivibrator. Den nye multivibrator, vi har sat foran, arbejder på en lav frekvens (fig. 14).

Spændingen over den anden transistors kollektor varierer i takt med frekvensen. Kondensatoren C3 lades således op hele tiden og aflades af den anden multivibrator.

Den anden multivibrator vil køre op og ned i frekvens i takt med den førstes frekvens. Vi har konstrueret en sirene.

I den første astabile multivibrator er der anvendt kondensatorer på 4,7 µF. Hvis disse værdier ændres, kan sirenen køre mere eller mindre „hidsigt“, alt efter ens temperament. Ændringer (med potmeter) af R<sub>2</sub> eller R<sub>3</sub> vil også ændre på sirenen. Endelig betyder opladningskondensatorens (C3) størrelse også noget.

Fig. 14



Hvis man mener, at naboen også skal have glæde af sirenen, kan der over B og minus kobles en forstærker på. De forbindes til grammofon- eller mikrofonindgangen.

Ellers kan man klare sig med en højhørsøjttaler.

## Beregning af frekvens ved den astabile multivibrator

### Impulsgeneratorer

Vi har set, at den frekvens, den astabile multivibrator svinger med, afhænger af kondensatorerne C1 og C2. Basismodstandene har også indflydelse.

TR1 og TR2 er skiftevis ON og OFF, og betragter vi spændingsvariationerne over kollektor på et oscilloskop, vil vi se et impulstog som fig. 15.

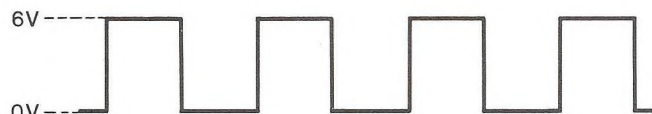


Fig. 15

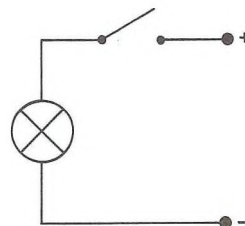
Det er en række firkantimpulser, der dog ikke er så pæne som her tegnet.

Når spændingen er 6 V, er transistoren OFF. Vi siger blot, at spændingen er HØJ. Når transistoren bliver ON, falder spændingen til 0 V. Vi siger, at spændingen er LAV.

En HØJ og en LAV spænding er en firkantimpuls. Den kunne vi også frembringe på denne måde (fig. 16):

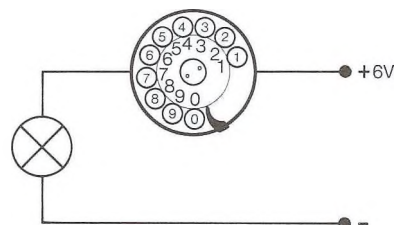
Afbrydes og sluttet spændingen til opstillingen meget hurtigt, vil det give spændingsvariationer over glødelampen. Den blinker. På et oscilloskop vil disse spændingsvariationer ses som firkantimpulser.

Fig. 16



En drejeskive fra en telefon er også en afbryder. Når der drejes 5, afbrydes en spændingskilde 5 gange. Vi får 5 impulser.

Fig. 17



7 giver 7 impulser og 0 giver 10 impulser. Prøv at tilslutte en telefondrejeskive i serie med et batteri og en glødelampe (fig. 17). Telefondrejeskiven er en impulsgiver. Den astabile multivibrator er også en impulsgenerator.

### Firkantimpulser

I firkantimpulsen i fig. 18 er spændingen HØJ i t1 sekunder og LAV i t2 sekunder. En hel firkantimpuls varer således t1 + t2 sek.

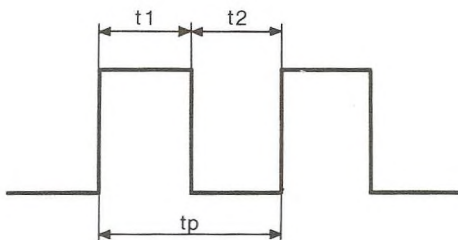
Tiden t1 og t2 kan beregnes efter formelen:

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

0,7 er en konstant, R er basismodstandens resistans angivet i ohm, og C er kondensatorens kapacitans angivet i farad. Vi vil beregne blinkfrekvensen for en astabil multivibrator, hvor basismodstanden er 18K, og kondensatorerne er 1000 µF (fig. 6).



Fig. 18



$$R = 18K = 18000 \Omega$$

$$C = 1000 \mu F = \frac{1}{1000} F$$

$$t = 0,7 \cdot 18000 \cdot 0,001 \text{ sek.}$$

$$t = 12,6 \text{ sek.}$$

Det vil sige, at glødelampen lyser i 12,6 sek. og er slukket i 12,6 sek.

Ved praktiske forsøg vil vi ikke få dette helt nøjagtigt. Modstandene har en tolerance på 5–10 %. Elektrolytkondensatorerne har almindeligvis en endnu større tolerance – 10 % + 50%. Det vil sige, at en 1000  $\mu F$  kondensator kan have en kapacitans fra 900  $\mu F$  til 1500  $\mu F$ .

På samme måde kan vi beregne den tid, glødelampen vil lyse, hvis kondensatorerne havde været på 100  $\mu F$ , 10  $\mu F$  og 1  $\mu F$

Med 1000  $\mu F$  lyser IL1 i 12,6 sek.

- 100  $\mu F$  lyser IL1 i 1,26 sek.
- 10  $\mu F$  lyser IL1 i 0,126 sek.
- 1  $\mu F$  lyser IL1 i 0,0126 sek.

I fig. 11 havde vi en tonegenerator, hvor basismodstandene var 18 K, og kondensatorerne var på 39 nF.

$$t = 0,7 \cdot 18000 \cdot \frac{0,039}{1000000} \text{ sek.}$$

$$t = 0,0005 \text{ sek.}$$

$$t_1 = t_2 = 0,0005 \text{ sek.}$$

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,001 \text{ sek.}$$

$t_p$  er tiden for en svingning.

$$\text{På 1 sek. får vi således: } \frac{1}{0,001} = 1000 \text{ svingninger.}$$

Frekvensen er 1000 Hz.

### Beregning af frekvensen ved tonegenerator med variabel frekvens

Vi kan beregne frekvensen, når punktet A i fig. 12 er forbundet til plus 9 V.

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

$$t = 0,7 \cdot 39000 \cdot \frac{0,01}{1000000} \text{ sek.}$$

$$= 0,000273 \text{ sek.}$$

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,000546 \text{ sek.}$$

$$\text{På 1 sek. får vi: } \frac{1}{t_p} = \frac{1}{0,000546} = 1831,5 \text{ svingninger}$$

Tonegeneratorens frekvens er 1831 Hz.

I 1. oplag af Praktisk Elektronik side 15 er frekvensen angivet til 1750 Hz. Det skal være ca. 1830 Hz.

### Astabil multivibrator med usymmetriske impulser

Hvis overføringskondensatorerne i en astabil multivibrator ikke er lige store, får vi en astabil multivibrator, hvis impulser ikke er lige lange. Dvs.  $t_1$  og  $t_2$  ikke er lige store.

$$C_1 = 200 \mu F, C_2 = 100 \mu F$$

$$t_1 = 0,7 \cdot 18000 \cdot \frac{200}{1000000} \text{ sek.}$$

$$= 2,52 \text{ sek.}$$

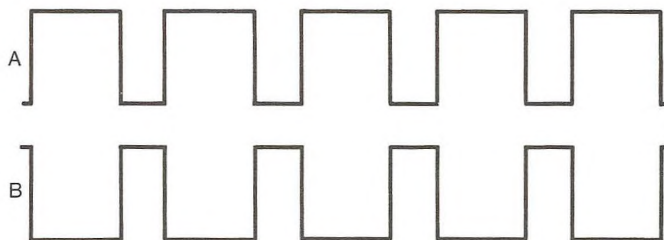
$$T_2 = 0,7 \cdot 18000 \cdot \frac{100}{1000000} \text{ sek.}$$

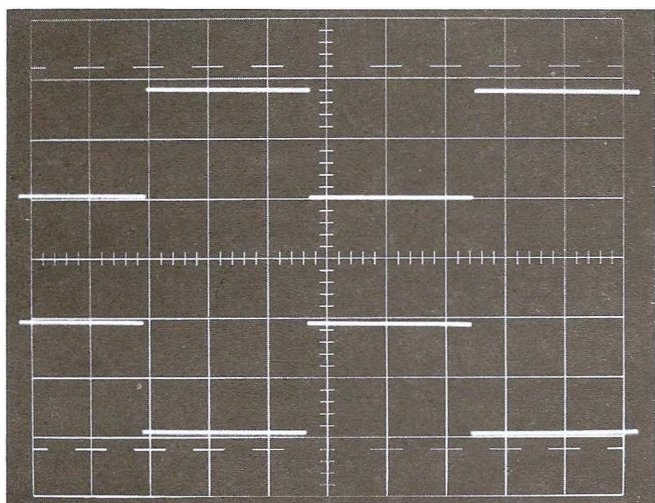
$$= 1,26 \text{ sek.}$$

$$t_p = t_1 + t_2 = 3,78 \text{ sek.}$$

Ser vi på denne udgave af en astabil multivibrator på et oscilloskop, vil impulserne fra TR1 se ud som A, og impulserne fra TR2 se ud som B på fig. 19.

Fig. 19





To firkantspændinger i modtakt. Optaget på dobbeltstråleoscilloskop

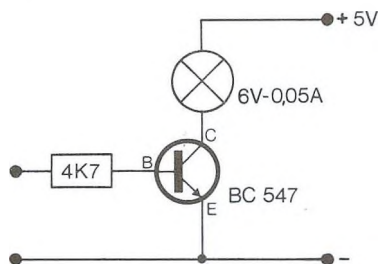
På et dobbeltstråleoscilloskop kan vi se på impulserne fra TR1 og TR2 på én gang.

## Lampedrivertrin

Med et voltmeter eller et oscilloskop kan vi måle, om et trin i en multivibrator er HØJ eller LAV. Vi har ikke brug for at vide, hvor stor spændingen er, blot om den er H eller L, og dette kan indikeres af et lampedrivertrin.

En glødelampe kan ikke tilsluttes direkte mellem kollektor på en transistor og minus, men vi må skyde en transistor ind imellem for at undgå at belaste transistoren. Denne opstilling med en glødelampe og en transistor kaldes et lampedrivertrin (fig. 20).

Fig. 20



Kollektor er gennem en glødelampe forbundet til plus, emitter går til minus. I basis er der en modstand på 4,7 KΩ. Hvis modstanden forbindes til + 5 V, får transistoren positiv spænding på basis, og den trækker strøm. Glødelampen lyser.

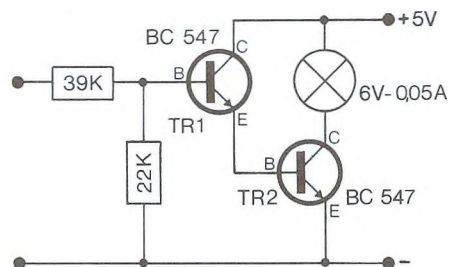
Hvis basismodstanden forbindes til minus (eller svæver), er basisspændingen nul volt, og der går ikke strøm gennem transistoren. Glødelampen lyser ikke.

Med dette lampedrivertrin kan vi måle, om spændingen er HØJ eller LAV. Når spændingen på indgangen er HØJ, lyser glødelampen.

## Lampedrivertrin med 2 transistorer

I fig. 21 er der opbygget et lampedrivertrin med to transistorer.

Fig. 21



Transistoren BC547B har en strømforstærkning på ca. 300 gange. Det betyder, at strømmen i basis er 300 gange mindre end den strøm, der går i kollektor. Jo mindre strøm i basis, jo mindre belastes den transistor, der måles på.

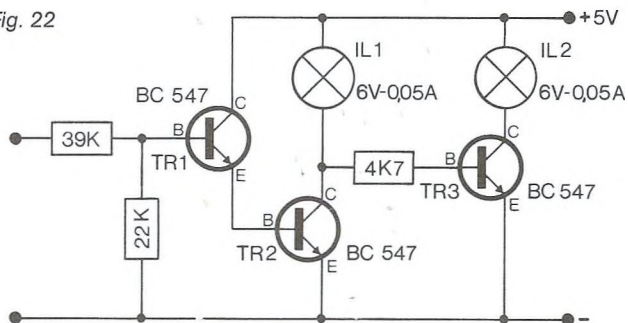
Glødelampen trækker en strøm på ca. 50 mA. Det giver en basisstrøm på 0,167 mA = 167 μA.

Hvis to transistorer forbindes som i fig. 21, bliver trinetts samlede strømforstærkning =  $300 \times 300 = 90000$  gange. Det betyder, at nu bliver basisstrømmen ikke ca. 167 μA, men 0,5 μA.

## Lampedrivertrin, der kan vise HØJ – LAV

Kobles to lampedrivertrin efter hinanden, har vi en opstilling med to glødelamper (fig. 22). Er indgangen HØJ, lyser IL<sub>1</sub>, hvis indgangen er LAV, lyser IL<sub>2</sub>. Her er opstillingen

Fig. 22

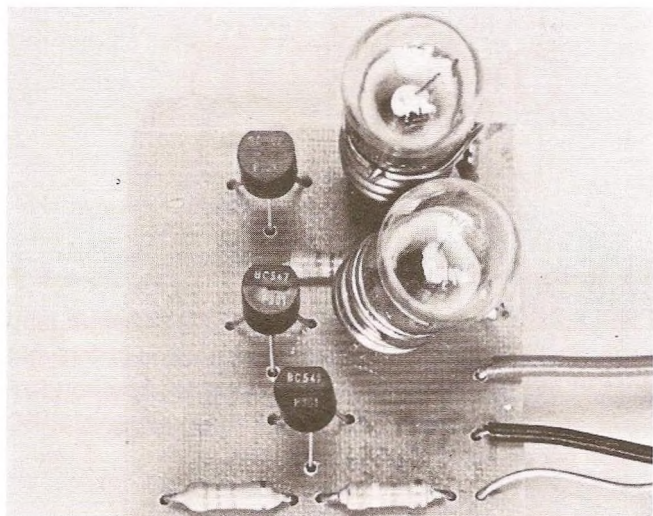




lavet med to forskellige lampedrivertrin. Begge trin kunne godt være som fig. 20.

Når det, man måler på, er HØJ, lyser  $IL_1$ , og  $U_{CE}$  på TR2 er så LAV. Dvs. at spændingen på TR3's basismodstand er LAV.  $IL_2$  lyser derfor ikke.

Hvis derimod det, der måles på, er LAV, lyser  $IL_1$  ikke.  $U_{CE}$  på TR2 er så HØJ, og TR3 trækker strøm.  $IL_2$  lyser. Denne opstilling viser således straks, om noget er HØJ eller LAV, om en transistor er OFF eller ON.



Tester, der kan vise HØJ/LAV

I det følgende har vi ofte brug for et lampedrivertrin, og vi vælger derfor at tegne et symbol herfor (fig. 23). I

Fig. 23



Praktisk Elektronik er der printtegning til et lampedrivertrin side 32.

## Bistabil multivibrator

Den astabile multivibrator er opbygget af to forstærkertrin, der styrer hinanden. To forstærkertrin kan imidlertid forbindes sammen på mange måder, og vi får herved multivibratorer med forskellige funktioner.

Det er lettere at se på funktionen af en multivibrator, hvis vi bruger et symbol, så lad fig. 24 være et symbol for et forstærkertrin. Indgang er basis, og udgang er kollektor.

Fig. 24

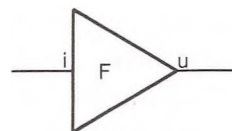
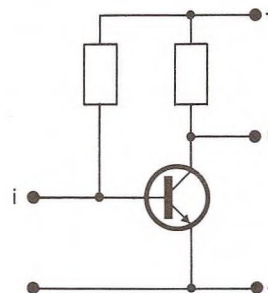


Fig. 25



Den astabile multivibrator er to forstærkertrin, hvor udgang på det første trin er forbundet til indgang på det andet trin gennem en kondensator. Udgang på det andet trin er forbundet til indgang på det første forstærkertrin, også gennem en kondensator.

I diagram ser opstillingen ud som fig. 26, og med symboler ser den ud som fig. 27.

Fig. 26

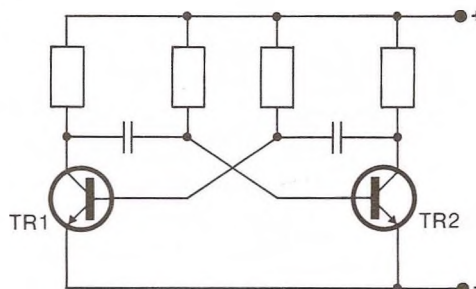
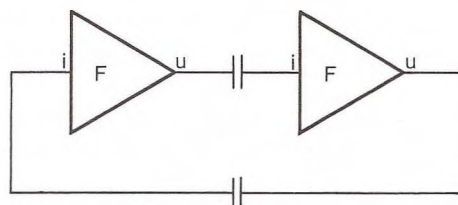


Fig. 27



Hvis udgang på det første forstærkertrin forbindes direkte til indgang på det andet, og udgang på det andet forbindes direkte til indgang på det første forstærkertrin, kaldes opstillingen en *bistabil multivibrator* (fig. 28 og fig. 29).



Fig. 28

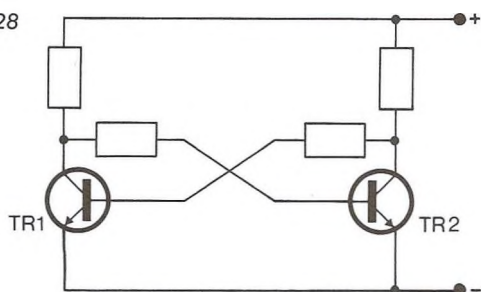
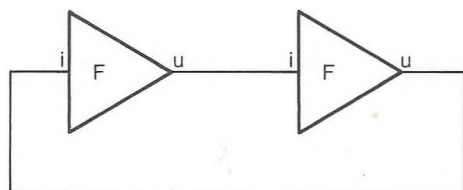
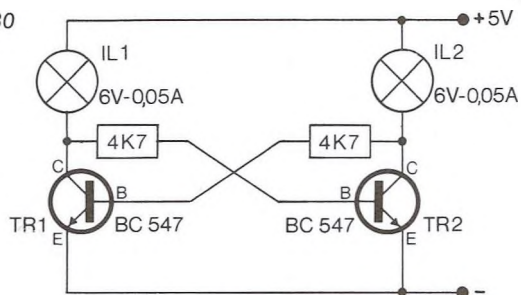


Fig. 29



Vi skal prøve at undersøge funktionen af en bistabil multivibrator (fig. 30).

Fig. 30



Vi antager, at TR2 er ON.

Når TR2 er ON, lyser IL2, og  $U_{CE} = 0V$ . Det betyder, at TR1 ikke får nogen basisspænding, og den er OFF. TR2 kan nu gøres OFF ved at forbinde basis til minus. Når TR2 går OFF, stiger  $U_{CE}$  til  $+5V$ . Det betyder HØJ spænding på TR1's basis nu, og TR1 bliver ON.

Når TR1 bliver ON, falder  $U_{CE}$  her til  $0V$ , og det betyder, at TR2 vedbliver at være OFF, også når vi fjerner ledningen fra basis til minus.

Hvis vi nu gør TR1 OFF, skifter opstillingen igen, og TR2 bliver ON.

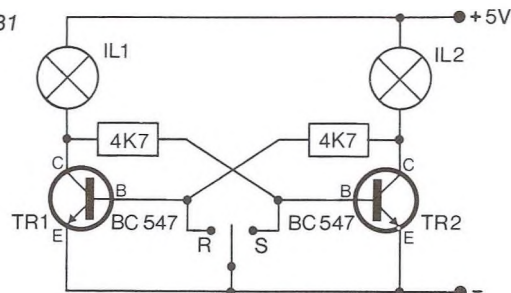
Den bistabile multivibrator er således meget forskellig fra den astabile multivibrator, der hele tiden skifter med en frekvens bestemt af værdierne for basismodstandene og overføringskondensatorerne.

## RS flip-flop

En bistabil multivibrator kaldes også en flip-flop.

I fig. 31 er basis på TR1 og TR2 ført ud. Denne udformning kaldes en R S flip-flop. Flip-flop'en skifter, når enten R eller S forbindes til minus.

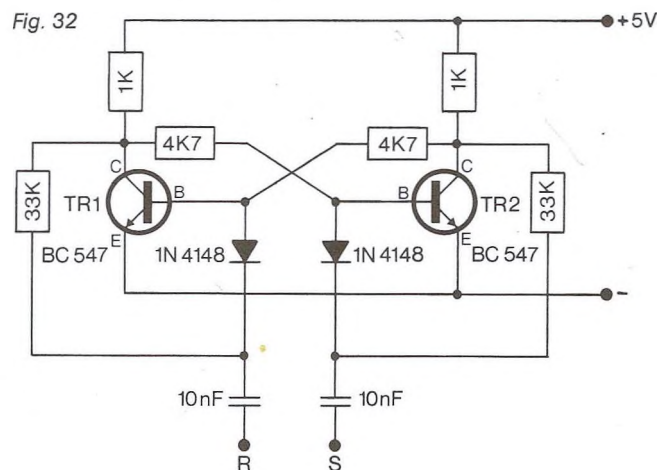
Fig. 31



## RS flip-flop med triggeretværk

I FF i fig. 32 er glødelamperne i kollektor skiftet ud med faste modstande på  $1K\Omega$ . R og S indgangene er forsynet med et såkaldt triggeretværk. Det består af en kondensator og en modstand i et RC led. Fra udgangen af RC leddet går en diode til basis.

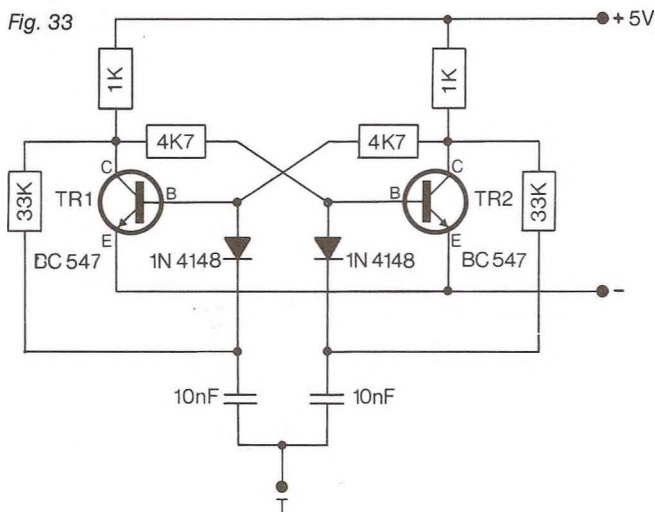
Fig. 32



Når en firkantimpuls passerer et triggeret, bliver firkantimpulsen omdannet til en positiv og en negativ nåleimpuls. (Se herom i afsnittet: Firkantimpulser ved RC led).

Sendes en firkantimpuls ind ved R eller S, vil dioden spærre for den positive nåleimpuls, mens den negative vil nå basis og gøre den negativ. Hvis transistoren er ON, vil den skifte til OFF. Hvis transistoren i forvejen er OFF, sker der intet.

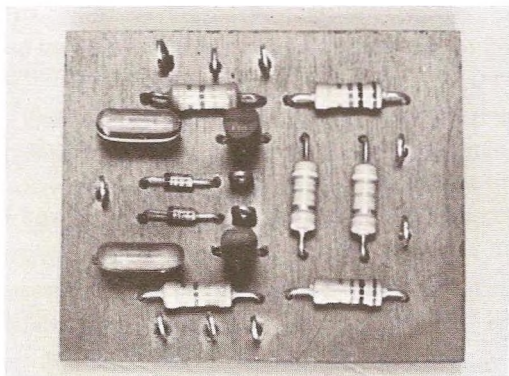
Fig. 33



Vi kan derfor forbinde R og S (fig. 33).

### T flip-flop

I fig. 33 er R og S forbundet i punktet T. Hvis der til T kommer en firkantimpuls, vil den negative nåleimpuls straks gå til basis på TR1 og TR2. Den transistor, der er ON, skifter og går OFF.

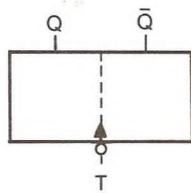


T flip-flop

T flip-flop'en skifter således hver gang, der kommer en firkantimpuls til T.

I fig. 34 har vi et symbol for en T flip-flop.

Fig. 34



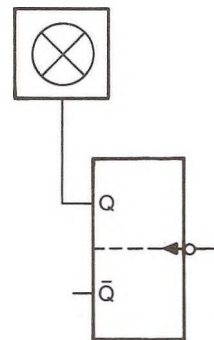
Indgangen er ved T, og forbindelserne fra kollektor på TR2 og TR1 er ført ud og benævnt Q og  $\bar{Q}$ .  $\bar{Q}$  læses „Q inverteret“, og det betyder „det modsatte af Q“. Hvis Q (kollektor på TR2) er HØJ, er  $\bar{Q}$  (kollektor på TR1) LAV. Omvendt, hvis Q er LAV, er  $\bar{Q}$  HØJ. Internationalt bruges også H for HØJ (HIGH) og L for LAV (LOW), men man kan også i stedet for H skrive 1 og i stedet for L skrive 0.

Vi kan lave et skema, der viser Q og  $\bar{Q}$ .

Q	$\bar{Q}$
H	L
L	H

Et lampedrivertrin forbundet til Q vil lyse, når Q er H.

Fig. 35

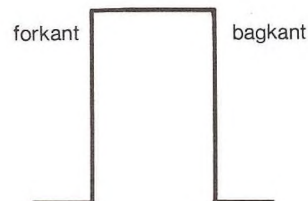


### Hvornår skifter flip-flop'en

Med en firkantgenerator kan vi undersøge, hvordan FF'en reagerer over for en firkantimpuls.

Hvis vi sender meget lange firkanter (firkantimpulser med lav frekvens) ind i FF'en kan vi på et oscilloskop eller med et voltmeter se, hvornår FF'en skifter. Skifter den, når firkanten starter – ved forkant – eller skifter den, når firkantimpulsen slutter – ved bagkant?

Fig. 36



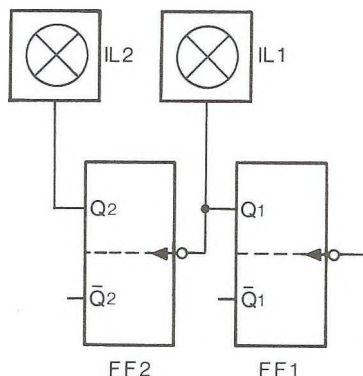
Det konstateres, at denne FF skifter ved bagkant. Det vil sige, at når indgangen har været H og bliver L, skifter FF'en.



## To flip-flop's styrer hinanden

Som vi så, skifter Q hele tiden mellem H og L i takt med de impulser, der kommer på indgangen. Q er således en slags firkantgenerator, og vi kan prøve at forbinde to FF's så indgangen på den anden FF er tilsluttet Q på den første (fig. 37).

Fig. 37



Når vi starter, er Q1 og Q2 begge L, og vi sender en række firkantimpulser ind i FF1.

1. impuls får Q1 til at skifte fra L til H. IL1 lyser.

2. impuls. Q1 går fra H til L. IL1 slukkes.

Da indgangen på FF2 er forbundet til Q1, betyder det, at denne indgang går fra H til L, og det er det samme som en bagkant af en firkantimpuls. FF2 skifter, og Q2 bliver HØJ. IL2 lyser.

3. impuls. FF1 skifter. Q1 bliver H. FF2 bliver uforandret. IL1 og IL2 lyser.

4. impuls. FF1 skifter. Q1 bliver L. FF2 skifter. Q2 bliver L. IL1 og IL2 slukkes.

Dette kan vi stille op i skemaform:

Q2	Q1		IL2	IL1
L	L	start		
L	H	1. impuls		
H	L	2. impuls		
H	H	3. impuls		
L	L	4. impuls		

Af skemaet kan vi se, at lyset i glødelamperne følger et bestemt system. Det er det binære talsystem, som vi skal se lidt nærmere på. Vi kan af skemaet konstatere, at IL1 skifter for hver impuls, mens IL2 skifter for hver anden.

## Det binære talsystem

Til daglig regner vi i ti-talsystemet, hvor vi har ti forskellige tal 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9. I et tal som 387 er der tre cifre.

Der er 7 enere, 8 tiere og 3 hundreder.

Vi skal her se på et andet talsystem, hvor der kun er to tal, 0 og 1. Med disse to tal er to-talsystemet, det binære talsystem, opbygget.

Det første tal er 1.

Da der kun findes to tal, må vi kalde det næste 1 0 (læses: en – nul). 0 står på enernes plads og 1 på toernes plads. Der er således én toer og nul enere. Det er 2.

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

Nu har vi igen brug for et nyt ciffer i systemet, og det fjerde tal kommer til at hedde 1 0 0 (en-nul-nul). Den nye plads er firernes plads.

Det femte tal består af én firer, nul toere og én ener og hedder 1 0 1.

Det sjette og det syvende tal hedder 1 1 0 og 1 1 1, og så får vi igen brug for en ny plads. Otternes plads. Tal nr. otte hedder 1 0 0 0.

Næste gang, vi får brug for nye pladser, er ved tal nr. 16, nr. 32, nr. 64, nr. 128, nr. 256 osv.

Vi skriver nu et tilfældigt tal op:

1 0 1 1 1 0 1 0

Der er: 0	1'er = 0
1	2'er = 2
0	4'er = 0
1	8'er = 8
1	16'er = 16
1	32'er = 32
0	64'er = 0
1	128'er = 128
<hr/>	
	186

Tallet er nr. 186

Tallene i det binære talsystem ser således ud:

1	1
10	2
11	3
100	4
101	5
110	6
111	7
1000	8
1001	9
1010	10
1011	11
1100	12
1101	13
1110	14
1111	15
10000	16

Tal fra det binære talsystem kan let adderes og subtraheres. Man skal tænke sig mere om, når tallene skal multipliceres og divideres.

## Den binære tæller

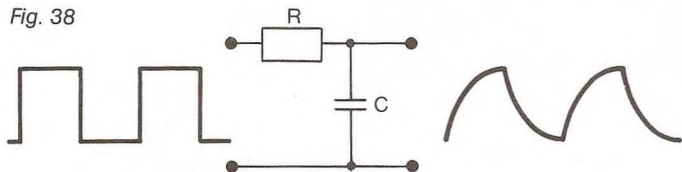
### Firkantimpulser ved RC led

RC leddet blev behandlet i Basis Elektronik. RC leddet er bygget op af en kondensator og en modstand, og de kan forbindes som et lavpasfilter eller et højpasfilter.

Det var sinusformede svingninger, vi sendte gennem RC leddet.

Vi skal nu prøve at sende firkantimpulser gennem et lavpasfilter og et højpasfilter.

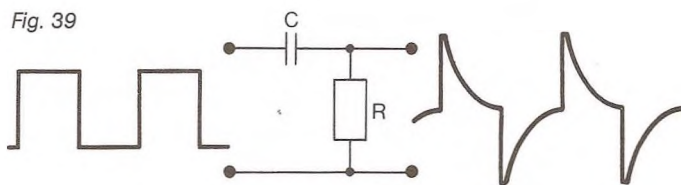
Fig. 38



Lavpasfilteret ses i fig. 38. Når firkantens forkant kommer til lavpasfilteret, lades kondensatoren langsomt op, og når bagkant er passeret, aflades kondensatoren.

I fig. 39 ses resultatet ved højpasfilteret. Når firkantens forkant når RC leddet, kommer der en positiv nåleimpuls, og ved bagkant kommer der en negativ nåleimpuls. Det

Fig. 39



er et højpasfilter, der bruges som triggeretværk ved T flip-flop'en (side 17).

### Binær tæller med flip-flops

Kobles to FF's sammen som i fig. 37, har vi en elektronisk tæller, der kan tælle til tre.

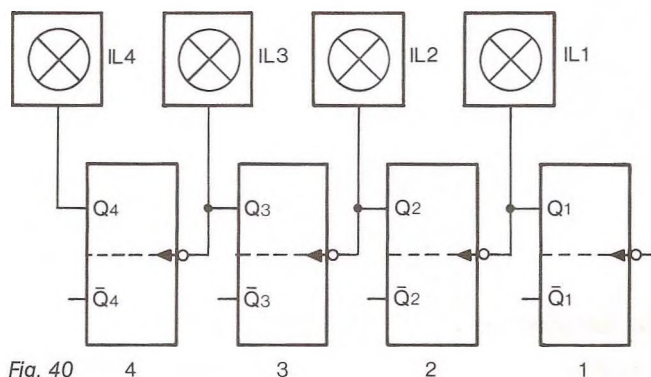
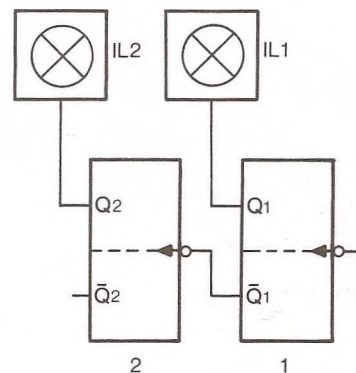


Fig. 40

Sættes 4 FF's sammen, kan der tælles til 15.

I fig. 37 er indgangen fra FF2 forbundet til Q1. Hvis vi i stedet forbinder den til  $\bar{Q}1$ , får tælleren en anden funktion. Idet vi husker, at en FF skifter, når indgangen går fra HØJ til Lav, sendes en række firkantimpulser til indgangen af FF1.

Fig. 41













Ved start er Q1 og Q2 begge L.

1. impuls. FF1 skifter, Q1 bliver H, og da  $\bar{Q}1$  så samtidig bliver L, betyder det, at indgangen på FF2 går fra H til L, og FF2 skifter også. Q2 bliver H.



- IL1 og IL2 begynder begge at lyse.  
 2. impuls. FF1 skifter. Q1 bliver L, og IL1 går ud.  
 3. impuls. FF1 skifter. Q1 bliver H. Nu går Q1 igen fra H til L, og FF2 skifter også. Q2 bliver L. IL1 tændes, og IL2 går ud.  
 4. impuls. FF1 skifter. Q1 bliver L. IL1 går ud.

Q2	Q1	Q1		IL2	IL1
L	H	L	start		
H	L	H	1. impuls		
H	H	L	2. impuls		
L	L	H	3. impuls		
L	H	L	4. impuls		

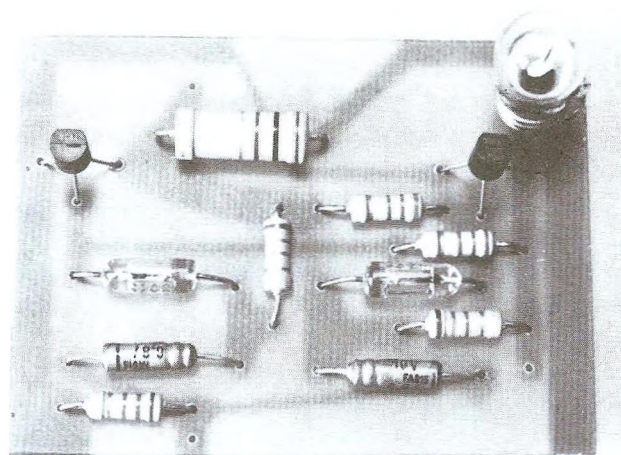
Sammenlignes skemaet med det binære talsystem ses, at tælleren trækker fra. 3 - 2 - 1 - 0.

### Binær tæller med indbygget lampedrivertrin

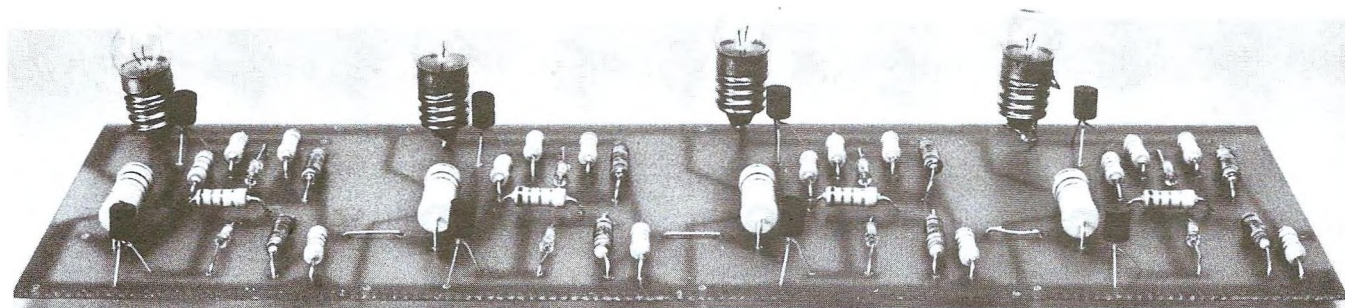
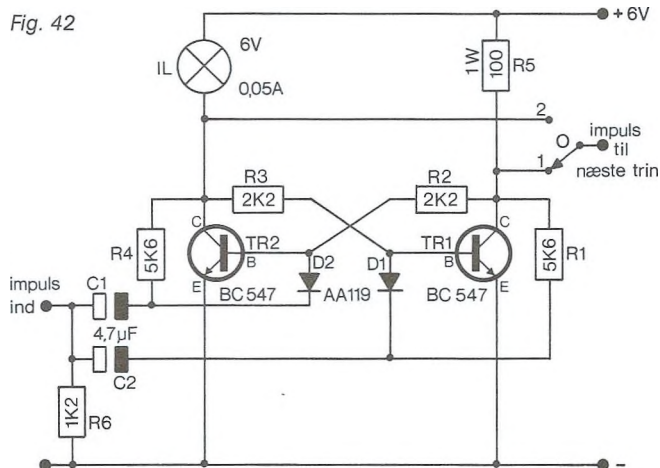
I fig. 42 er der en anden udgave af en bistabil multivibrator. Her er den ene kollektormodstand erstattet af en glødelampe, og vi undgår herved et lampedrivertrin.

Med en omskifter kan man bestemme, om indgangen på næste trin skal forbindes til TR1 (1) eller TR2 (2). Er omskifteren på 1, adderer tælleren indkomne signaler, er den på 2, subtraherer tælleren.

I *Praktisk Elektronik* findes printtegninger til en konstruktion af denne binære tæller (side 22).



Flip-flop med indbygget lampedrivertrin

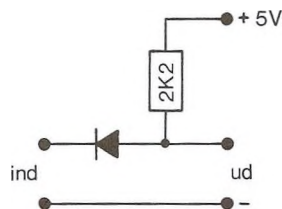


## AND-gate

Ifølge den engelske ordbog betyder „gate“ port, låge, led, bom, indgang osv., og vi kunne godt bruge et af de danske udtryk, men det viser sig at være praktisk at bruge det vedtagne engelske udtryk „gate“.

En gate er en elektrisk slutte/brydekontakt. Der kan være et forskelligt antal indgange, og det giver mange muligheder med gaten.

Fig. 43



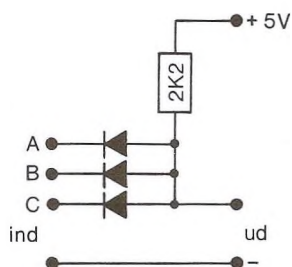
I fig. 43 har vi en gate med én indgang.

Hvis indgangen kortsluttes, vil dioden lede, og der vil gå en strøm på 2,3 mA gennem den. Ser man på diodens karakteristik, vil man se, at en strøm på 2,3 mA vil give et spændingsfald på 0,4 V over den. Det betyder, at udgangsspændingen bliver 0,4 V.

Hvis indgangen lægges til plus, er dioden forbundet i spærreretningen, og udgangsspændingen vil være 5 V.

Vi kan således med indgangen bestemme, om udgangen skal være HØJ eller LAV.

Fig. 44



I fig. 44 er opstillingen udbygget med tre dioder i indgangen. Hvis vi forbinder én af indgangene A, B eller C til minus, vil den pågældende diode trække strøm, og udgangen bliver 0,4 V uanset, hvad vi gør med de andre indgange. For at få HØJ spænding (5 V) skal alle tre indgange lægges til plus.

Både A og B og C skal være HØJ, for at udgangen er HØJ. Det er derfor, vi kalder det for en AND-gate (OG-PORT). Blot én indgang LAV vil resultere i LAV udgang.

Funktionen af en AND-gate kan opstilles i skemaform, et „sandhedsskema“. Vi vælger en AND-gate med to indgange, A og B.

A	B	UD
LAV	LAV	LAV
HØJ	LAV	LAV
LAV	HØJ	LAV
HØJ	HØJ	HØJ

Rent praktisk kan vi sætte LAV = 0 og HØJ = 1. Så kommer skemaet til at se således ud:

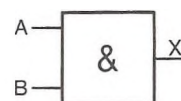
A	B	UD
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

### Symboler

Der findes flere forskellige symboler for en AND-gate.

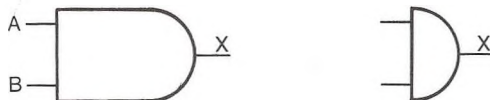
Fig. 45 viser det symbol, der er dansk standard. Det

Fig. 45



kommer fra IEC, International Electrotechnical Commission, men det har svært ved at slå igennem. Der findes i forvejen to andre symboler, der er stærkt udbredte, nemlig et amerikansk og et tysk (fig. 46).

Fig. 46



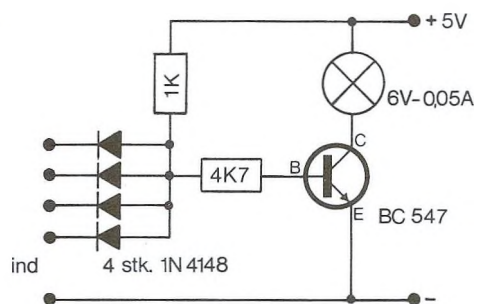
### AND-gate med lampedrivertrin

Et lampedrivertrin efter en AND-gate er en god indikator for, om udgangen er HØJ eller LAV (fig. 47).

Kun hvis alle indgange er HØJ, lyser glødelampen. Konstruktion og printtegning til denne „fire-indgang-AND-gate“ med lampedrivertrin findes i *Praktisk Elektronik* side 25.

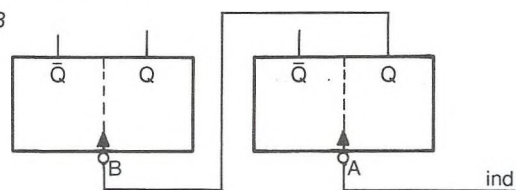


Fig. 47



Vi skal først se på en tæller med to flip-flops. Den kan tælle til tre (fig. 48).

Fig. 48



I skemaet har vi en oversigt over Q og  $\bar{Q}$  for de to flip-flops A og B.

	A		B	
	Q	$\bar{Q}$	Q	$\bar{Q}$
0	0	1	0	1
1	1	0	0	1
2	0	1	1	0
3	1	0	1	0

Til udlæsning har vi brug for fire to-input-AND-gates med lampedrivertrin.

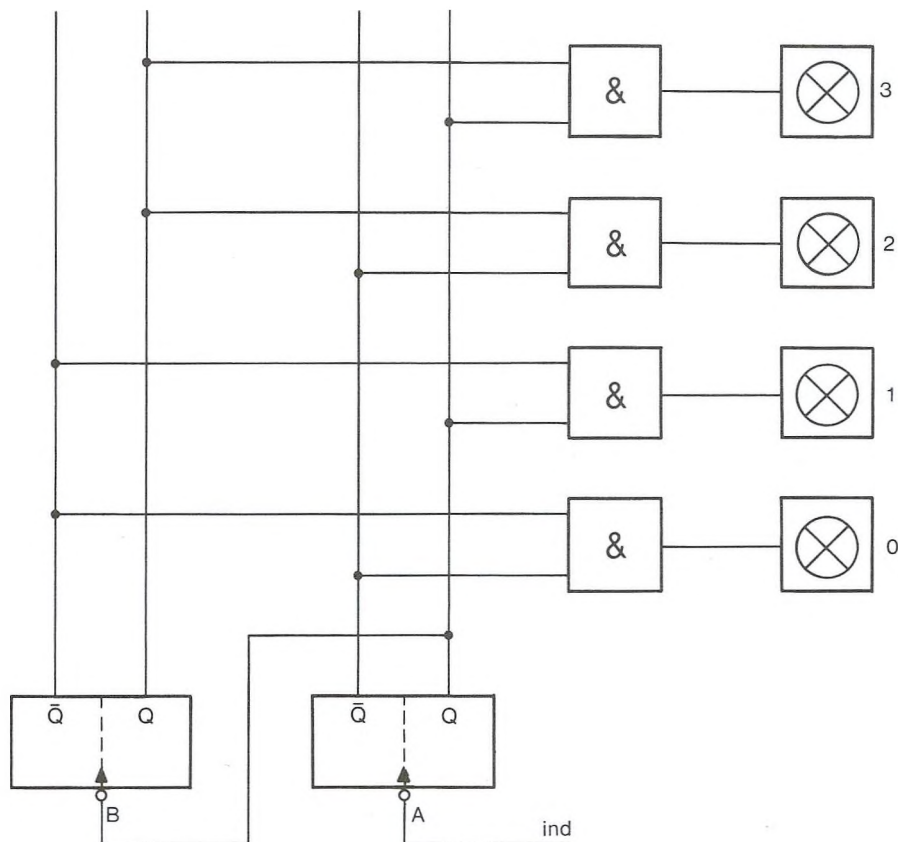
Den første skal lyse ved 0.

## Elektronisk tæller med udlæsning i ti-talsystemet

Vi har set på flip-flops med binær udlæsning. Udlæsningen – glødelampen – kaldes også for et *display*.

Til praktisk brug har vi brug for en tæller med udlæsning i ti-talsystemet. Vi skal have omsat fra binær form til decimalform, og som omsætter eller dekoder kan vi bruge et antal AND-gates.

Fig. 49



Vi ser i tabellen, at ved 0 er begge  $\overline{Q}$  HØJ. Hvis de to indgange forbindes til  $A\overline{Q}$  og  $B\overline{Q}$ , vil glødelampen lyse ved 0.

Af tabellen ses også, at i ingen andre tilfælde end ved 0 er begge  $\overline{Q}$  HØJ. Lampen 0 lyser kun ved 0.

Ved 1 er  $AQ$  og  $B\overline{Q}$  HØJ. Hertil forbindes de to gateindgange på det næste display.

Ved 2 er  $A\overline{Q}$  og  $BQ$  HØJ.

Ved 3 er  $AQ$  og  $BQ$  HØJ.

I fig. 49 ses det færdige resultat af en tæller, der kan tælle 0, 1, 2, 3.

Har vi fire flip-flops, kan der tælles til 16. Det kræver 16 fire-input-AND-gates. Til alle udgaver kan konstruktionen med en AND-gate og et lampedrivertrin fra *Praktisk Elektronik* bruges. Har man brug for en to-input, monteres blot to dioder.

## Tæller med integreret kreds

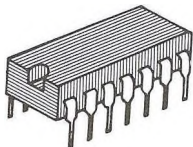
De tællere, vi har arbejdet med, har været med diskrete komponenter (diskret = adskilt). Diskrete komponenter er transistorer, kondensatorer, modstande m.v.

I modsætning til diskrete komponenter har man integrerede kredse, IC'er, hvor hele konstruktionen er indeholdt i en black-box. I en sådan IC kan der være et ufatteligt antal transistorer, dioder, modstande osv. Vi ser dem ikke.

Et eksempel på en sådan IC er N7490A. Den indeholder fire flip-flops. Dimensionerne på IC'en er  $8 \times 19$  mm!

Huset, den er i, kaldes DIL (Dual In Line). Der er to rækker ben med 7 ben i hver række (fig. 50).

Fig. 50

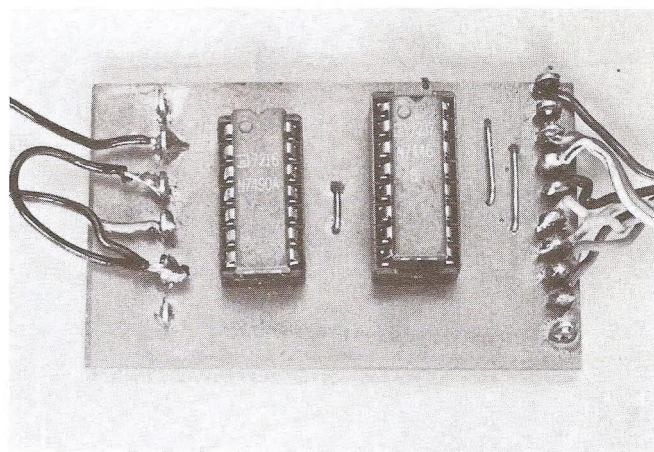


I fig. 51 ses indholdet i en N7490A. Tegningen er fra et datablad over IC'en, og vi skal prøve at „oversætte“ de vigtigste ting fra databladet.

Ben 1. Input BD

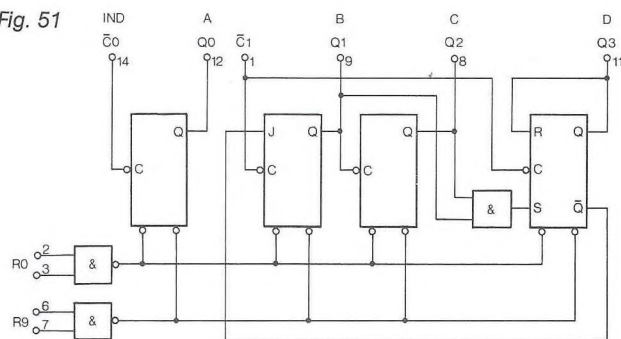
Det er indgang til flip-flop B og D.

2. RO(1)



Tæller med integreret kreds

Fig. 51



3. RO(2)

2 og 3 er indgangene på en gate, der kan nulstille IC'en. Dvs. uanset, hvad den har talt til, kan man ved 2 og 3 få udgangene på A, B, C og D til at være 0.

4. NC

NC står for No Connection – ingen forbindelse. Benet er ikke forbundet til noget i IC'en.

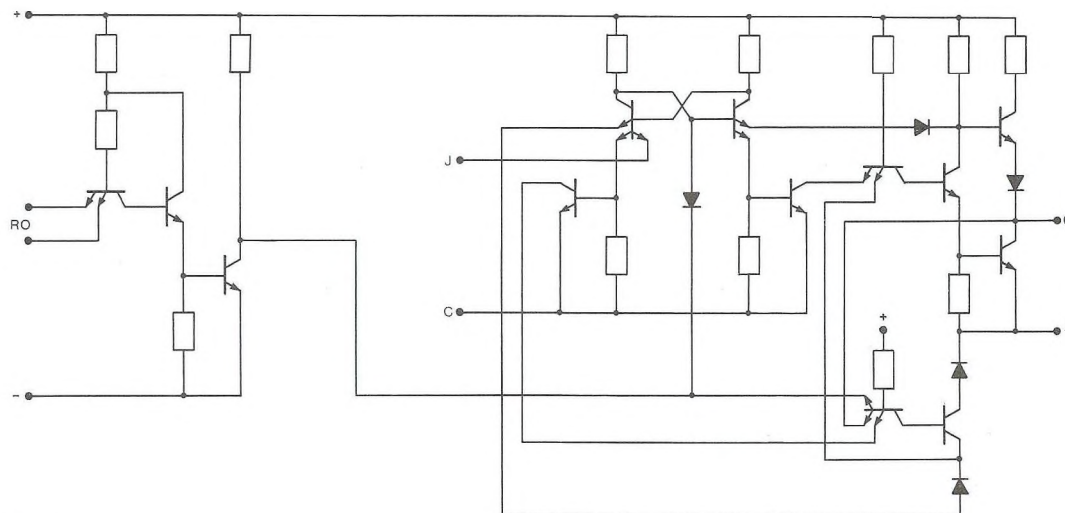
5.  $V_{CC}$

Her skal plus fra spændingsforsyningen tilsluttes. For N7490A skal spændingen være 5 V. Den må variere fra 4,75 V til 5,25 V. I praksis kan vi til laboratorieforsøg udmærket klare os med et 4,5 V batteri.

6. R9(1)



Fig. 52



## 7. R9(2)

6 og 7 er også indgang for en gate. Her kan IC'en 9-stilles, dvs. udgang A er 1, B er 0, C er 0, og D er 1. 1001 er 9 i det binære talsystem.

I skemaet ses, hvordan man får tælleren til at tælle impulser. Skemaet findes i databladet over IC'en.

## 8. C

Det er Q udgangen for FF C.

## 9. B

Udgang for FF B.

## 10. GND

GND står for ground (jord, fælles nulpotential). Det er tilslutningen for minus fra spændingsforsyningen.

## 11. D

Udgang for FF D.

## 12. A

Udgang for FF A.

## 13. NC

## 14. Input A

Indgang for FF A.

RESET/COUNT TRUTH TABLE

R0		R9		OUTPUT			
Pin 2	Pin 3	Pin 6	Pin 7	Q3	Q2	Q1	Q0
1	1	0	X	0	0	0	0
1	1	X	0	0	0	0	0
X	X	1	1	0	0	0	1
X	0	X	0	COUNT COUNT COUNT COUNT			
0	X	0	X				
0	X	X	0				
X	0	0	X				

X = Don't care.

COUNT SEQUENCE TRUTH TABLE

COUNT	OUTPUT			
	Q3	Q2	Q1	Q0
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1

Q0 connected to  $\bar{C}1$ .

Skal IC'en tælle, skal der tilsluttes +5 V til ben 5 og minus til ben 10.

På tegninger er IC'en altid set fra oven (modsat transistorer). Et hak eller et hul i huset angiver, hvad der er front på IC'en, og i diagrammer tegnes ofte en prik ved ben nr. 1.

I skemaet betyder 0 LAV og 1 HØJ. Ved X er det lige meget, om det er HØJ eller LAV (don't care).

Linie 1 og 2 i skemaet fortæller, hvordan indgangene på de to gates R0 og R9 skal være.

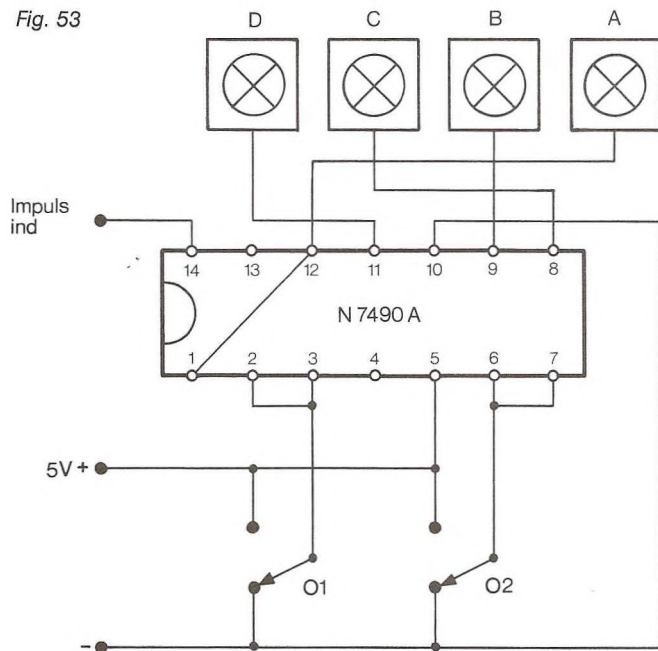
Hvis R0(1) og R0(2) er HØJ, og én af indgangene på R9 er LAV, nulstilles tælleren (output på ABCD er 0 0 0 0).

Tredje linie fortæller, at tælleren nulstilles, hvis R9(1) og R9(2) begge er HØJ. Output fra A B C og D er 1 0 0 1.

Linie 4, 5, 6 og 7 er Count (tælle) Her fortælles, hvordan man får tælleren til at tælle. Af de fire linier kan læses, at hvis blot én af indgangene på begge gates er 0, vil tælleren tælle.

Af fig. 51 ses, at udgang A ikke er tilsluttet indgang B. For at få en tæller ud af det, må ben 12 forbindes til ben 1.

Fig. 53



### Lampedrivertrin display

Fig. 53 viser, hvordan IC'en skal tilsluttes spændingsforsyningen, og med fire lampedrivertrin kan der tælles til 9. Når tælleren kommer til 9, nulstilles den automatisk og kan så begynde at tælle forfra.

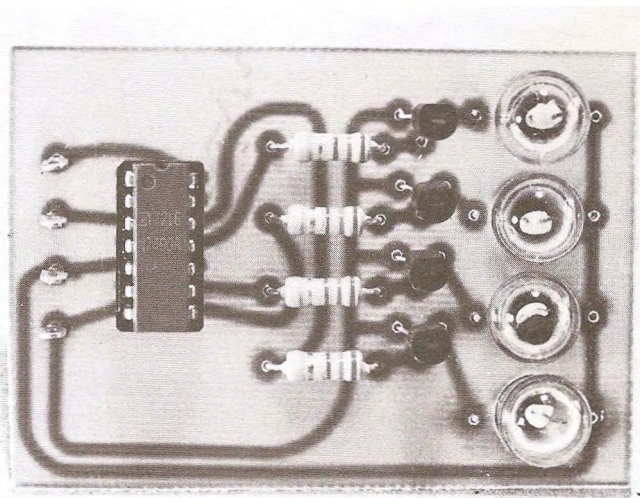
Med omskifteren O1 kan vi lægge R0(1) og R0(2) til plus. Tælleren nulstilles herved. Når der skal tælles, skal O1 være til minus.

Med omskifteren O2 kan R9(1) og R9(2) lægges til plus. Tælleren nulstilles herved. Når der skal tælles, skal O2 være til minus.

Det er en hurtigt arbejdende tæller. Den kan tælle 20 millioner impulser pr. sekund!

To N7490A kan forbindes, så man kan tælle til 99. Indgang fra den anden N7490A forbindes til udgang D på den første N7490A.

Ubegrænset mange N7490A kan forbindes efter hin-



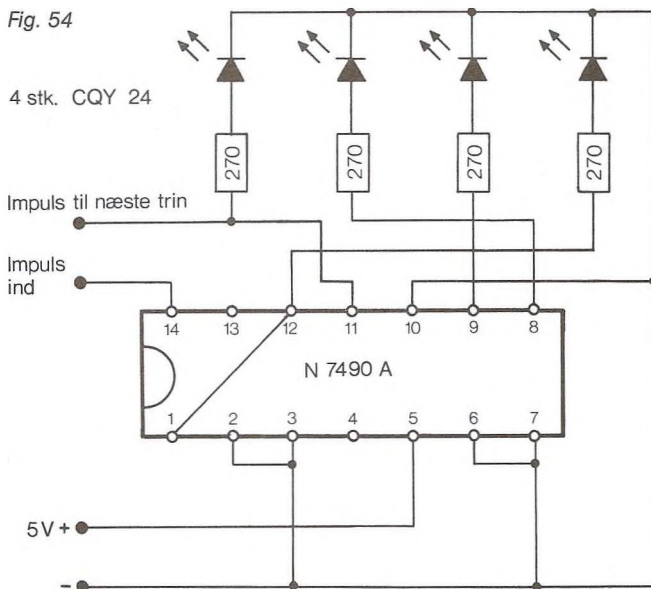
Binær tæller med glødelampe display

anden. Bagest i bogen er der printtegning til denne konstruktion (fig. 109).

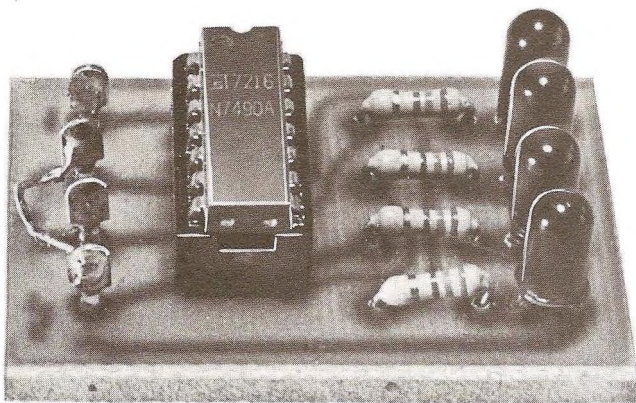
### LED display

I fig. 54 er displayet fire lysdioder – CQY24A e.l. En N7490A kan trække 10-15 mA på hver udgang, så til indikering kan lysdioder direkte anvendes. Bagest i bogen er der printtegning til denne konstruktion (fig. 107).

Fig. 54







Binær tæller med lysdiode display

## Syvsegment display

Et syvsegmentdisplay består af 7 segmenter eller streger, der kan danne alle tal fra 0 til 9 (fig. 55).

I de første syvsegmenttyper var segmenterne glødetråde. Et eksempel herpå er Minitron 3015F.

Nu er de fleste displays lavet af lysdioder, nogle med to lysdioder i hvert segment.

Segmenterne benævnes med små bogstaver a, b, c, d, e og f. h er et komma, der kan være placeret foran eller bag tallet.

Et syvsegment display kan ikke umiddelbart kobles efter en tællekreds som N7490A. Output fra de fire FF udgange må først omsættes, dekodes.

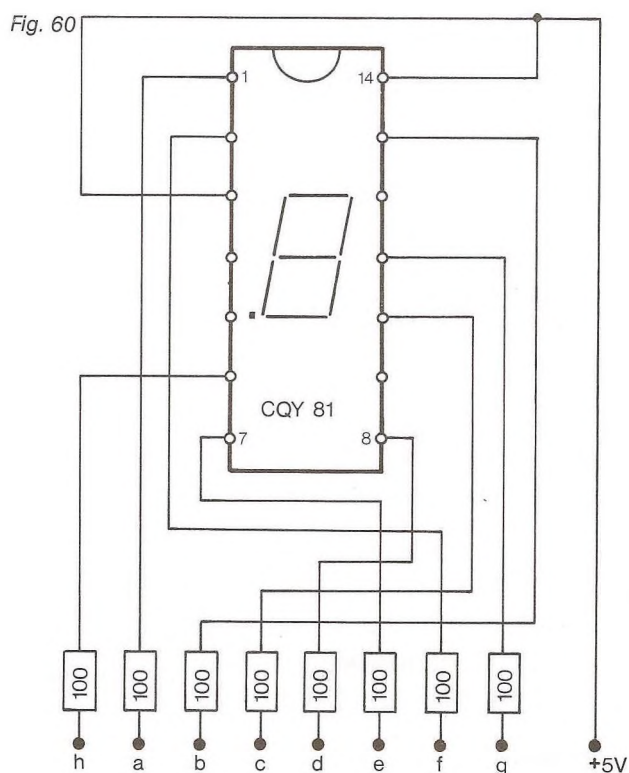
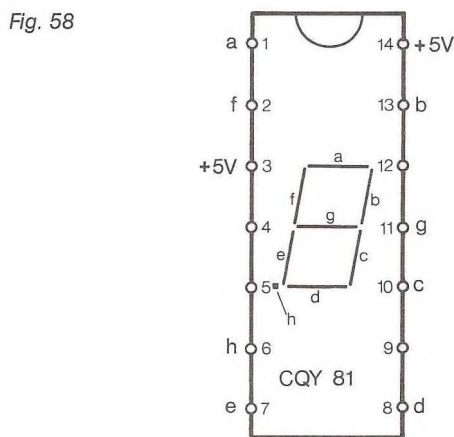
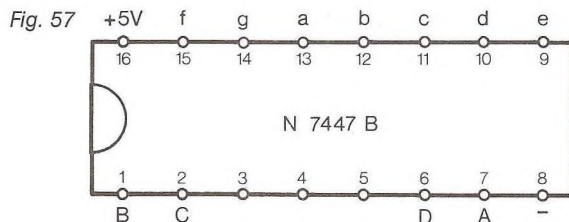
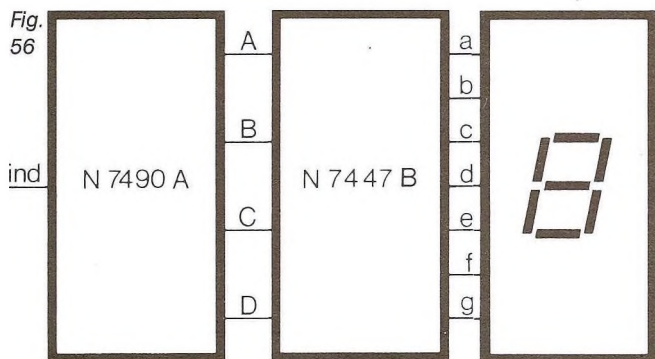
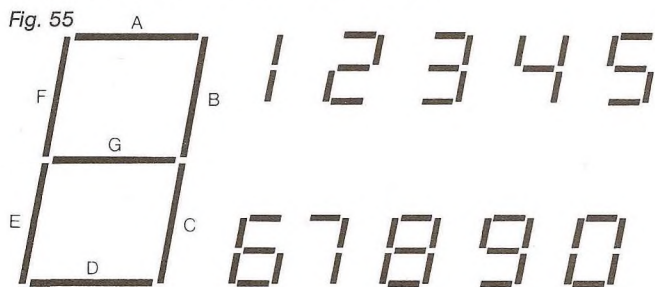
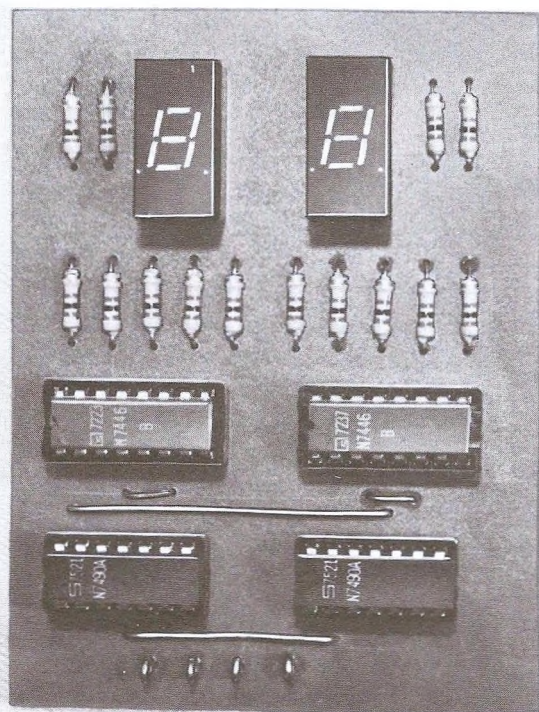
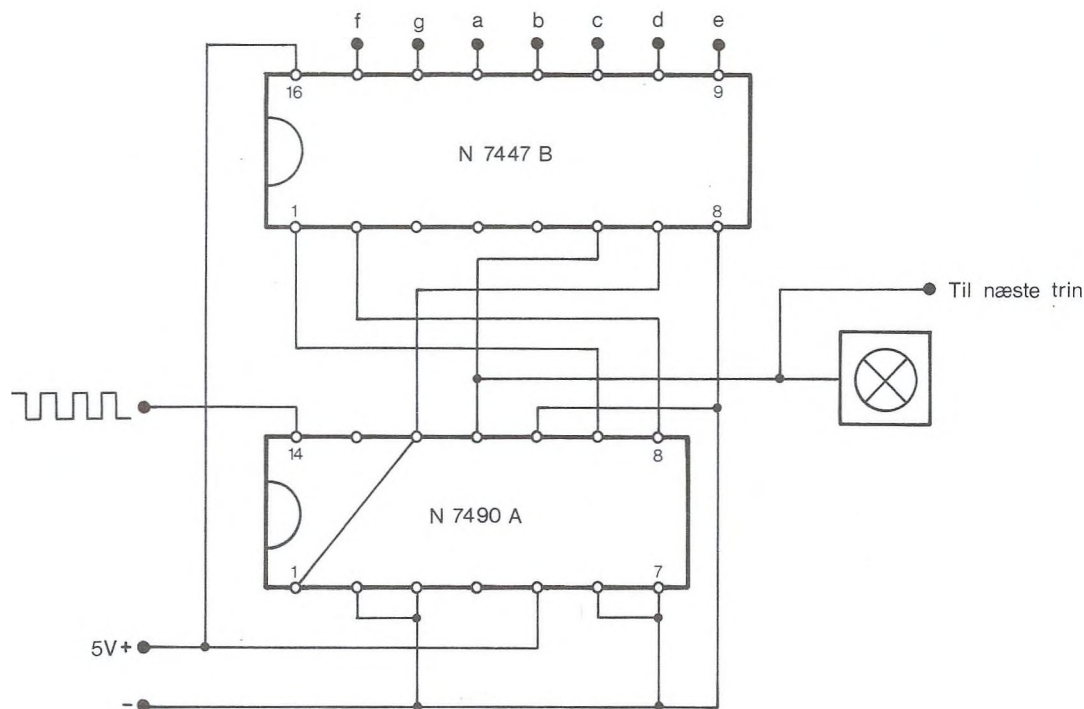


Fig. 59



Tæller med display CQY81

Første impuls skal få b og c til at lyse. Næste impuls skal få a, b, g, e og d til at lyse.

Denne dekodning til syvsegment klares af én IC: N7447B (fig. 56).

Fig. 57 viser tilslutningen for N7447B. Den er i DIL hus, men har 16 ben.

CQY81 er i et 14 ben DIL hus, og fig. 58 viser tilslutningsforbindelserne herfor.

I fig. 59 er alle ledningsforbindelserne for én tællekreds med dekoder tegnet op. Det svarer til fig. 56.

Herpå skal blot kobles et syvsegmentdisplay.

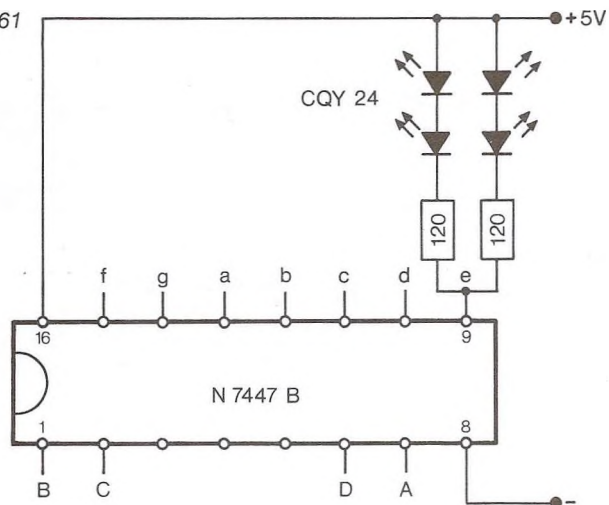
I CQY81 skal alle segmenterne have en spænding på 3 V, og de vil så trække en strøm på 20 mA. For at slutte display'et til 5 V, må der mellem hvert segment og dekoder indskydes en modstand på 100  $\Omega$ .

I *Praktisk Elektronik* findes der en printtegning til en tæller med N7490A og N7447B.

Bag i denne bog er der printtegning og komponentplaceringstegning til en tæller med to tællekredse. Den kan så tælle til 99 (fig. 111).



Fig. 61



### Display med lysdioder

På billedet ses et display med lysdioder. Hvert segment består af fire lysdioder (fig. 61) af typen CQY24A (Philips) e.l.

Lysdioderne er serieforbundne to og to med modstande på 120  $\Omega$ . Højden på tallet er 6,5 cm, så det kan ses på stor afstand.

Displayet kan drives af tæller + dekoderenhed fig. 59. Printtegning hertil og til lysdiodedisplayet findes i *Praktisk Elektronik* side 26 og 30.

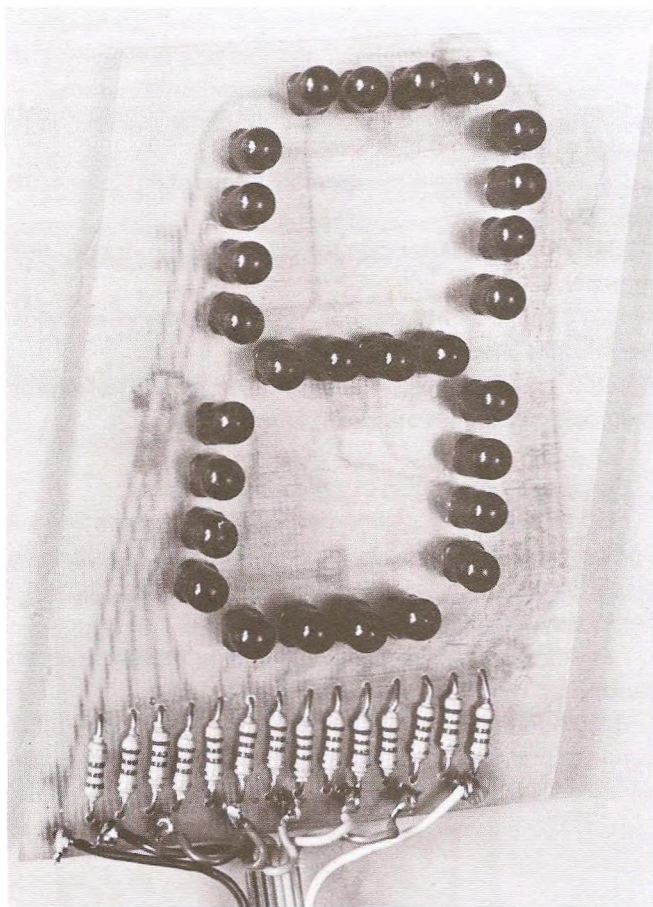
### Display med glødelamper

Har man brug for et endnu større display, kan man konstruere et med glødelamper (foto).

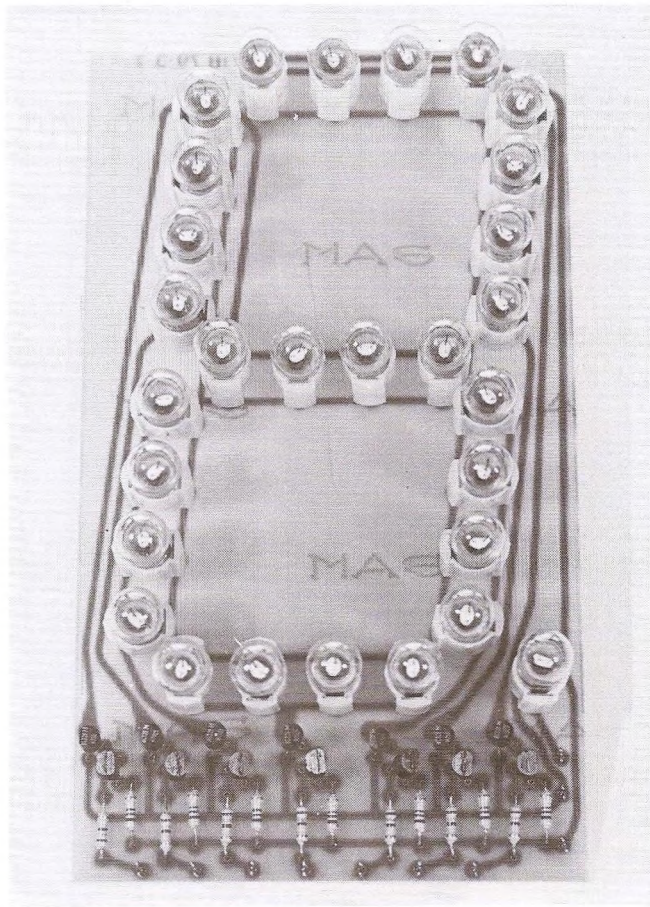
Hvert segment her består af fire glødelamper 6 V – 0,05 A.

I fig. 62 ses, hvordan kredsen er opbygget.

Til hvert segment hører et lampedrivertrin. Her er valgt at bruge et lampedrivertrin med 2 transistorer. Det er imidlertid ikke det lampedrivertrin, vi tidligere har arbejdet med. Det skyldes, at udgangene på N7447B går LAV i stedet for som ved N7490A, det går HØJ. Det valgte lampedrivertrin trækker strøm, når indgangen bliver LAV (fig. 62).



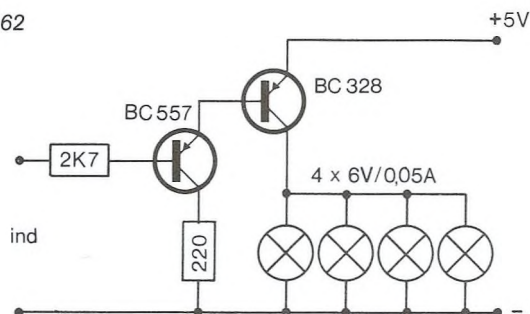
Tæller med syvsegment lysdiode display



Tæller med syvsegment glødelampe display



Fig. 62



Hvert segment består af fire glødelamper, 6 V-0,05 A. De drives af to transistorer, BC557 og BC328 i en slags Darlington-kobling. Med en minimal strømforstærkning på henholdsvis 75 og 40 gange, giver de en samlet strømforstærkning på mindst 3000 gange. Strømmen i de fire glødelamper er 200 mA. Det giver en basisstrøm i BC557 på 60  $\mu$ A.

Diagrammet viser, hvordan hvert segment er opbygget. Når indgangen bliver LAV, lyser de fire glødelamper.

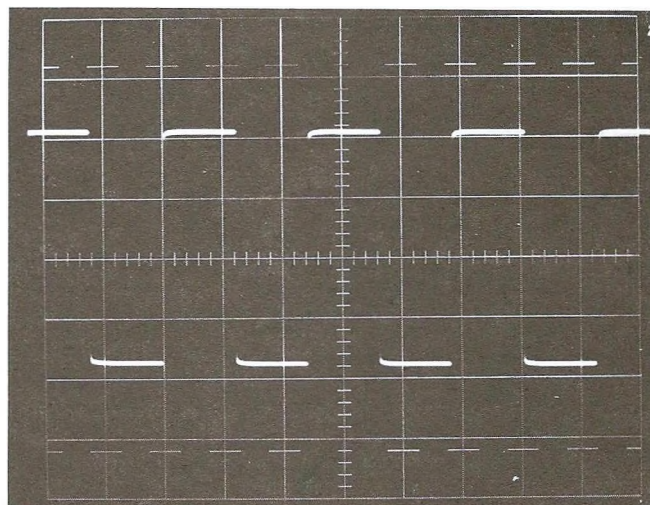
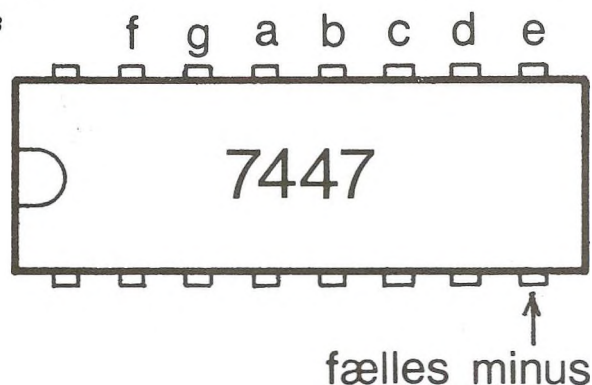
Displayet kan bruges i alle konstruktioner med syvsegment display's. Det belaster ikke det kredsløb, det tilsluttes, ret meget. Derfor kan indgangene a, b, c, d, e, f, g, og h forbindes direkte til de tilsvarende udgange samtidig med, at det normale display er tilsluttet.

I praksis kan man lave det således, at der på bagsiden af kabinettet med konstruktionen, som glødelampdisplayet skal tilsluttes, monteres et antal syvpoled DIN fatninger. Fra benene på DIN fatningen monteres en ledning til a, b, c, d, e, f og g på 7447. På glødelampe-displayet monteres et syvleder kabel, der afsluttes med et syvpolet DIN stik. Glødelampe-displayet strømforsynes fra en særskilt 6 V spændingsforsyning. Hvert display bruger en strøm på ca. 1,5 A.

Minus fra den ydre spændingsforsyning skal tilsluttes minus på konstruktionens spændingsforsyning.

Printtegning og komponentplacerings-tegning bringes på side 41.

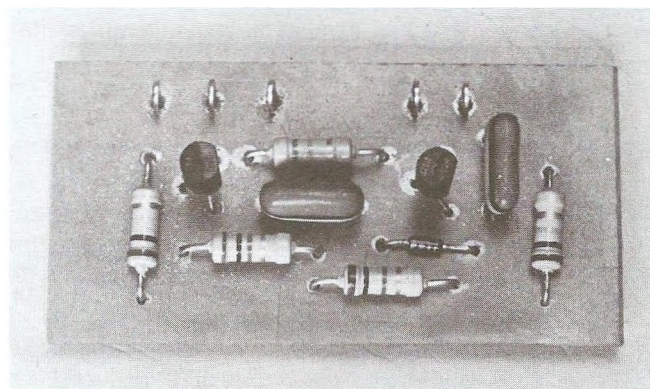
Fig. 63



Oscilloskopbillede af firkantimpulser. Man ser på skopet kun den vandrette streg

## Monostabil multivibrator

Den monostabile multivibrator er en mellemting mellem den astabile multivibrator og den bistabile multivibrator. TR1's basismodstand er som ved den bistabile multivibrator forbundet direkte til kollektor på TR2. TR2's basismodstand er lagt direkte til plus. Fra TR1's udgang til TR2's indgang er der en kondensator.



Monostabil multivibrator

Når der tilsluttes spænding, er TR2 ON.  $U_{CE}$  er her ca. 0 V, og TR1 er derfor OFF.

Hvis basis på TR2 lægges til minus, går TR2 OFF, og TR1 går ON.

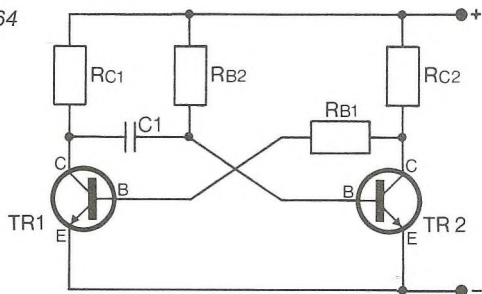
Når ledningen til minus fra basis på TR2 fjernes, går TR2 ikke straks ON, men først når C1 er afladet.

$R_{B2}$  og C1 danner et RC led. Når TR1 går ON, falder  $U_{CE}$



her til ca. 0 V fra 5 V. Det svarer til bagkant af en firkantimpuls. Denne firkantimpuls går gennem RC leddet ( $C_1 - R_{B2}$ ), og den resulterende negative impuls gør TR2 Off (se firkantimpulser ved RC led).

Fig. 64



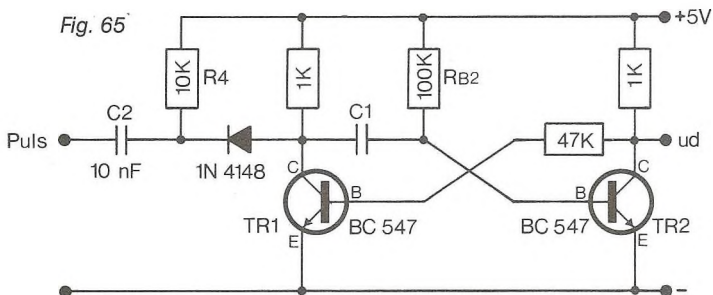
En monostabil multivibrator er stabil i én stilling med TR2 ON. En impuls udefra kan få multivibratoren til at skifte, og efter et bestemt tidsrum vender den tilbage til udgangstillingen. Skiftetiden er som ved den astabile multivibrator afhængig af  $R_{B2}$  og  $C_1$ 's værdier.

I fig. 65 har vi forsynet den monostabile multivibrator med et triggeretværk bestående af en kondensator,  $C_2$  (10 nF), en modstand,  $R_4$  (10 K) og en diode (1N4148 e.l.).

Når der til triggeindgangen kommer en negativ impuls, skifter den monostabile multivibrator.

Hvis indgangen kort lægges til minus, vil multivibratoren også skifte. Ja, opstillingen er så følsom, at blot man berører indgangen med et stykke metal (ledning), skifter multivibratoren.

Fig. 65



Pulstiden,  $t_p$ , den tid, den monostabile multivibrator er i sin ustabile tilstand, er afhængig af  $R_{B2}$  og  $C_1$ . Den beregnes efter formelen:

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

hvor R er resistansen i ohm, og C er kapacitansen i farad.

$R_{B2}$	$C_1$	$t_p$
100K	0,1 $\mu F$	0,01 sek.
100K	1 $\mu F$	0,1 sek.
100K	10 $\mu F$	1 sek.
100K	100 $\mu F$	10 sek.
100K	1000 $\mu F$	100 sek.

I skemaet angives nogle beregnede pulstider fra 0,01 sek. (10 millisek.) til 100 sek. Hvis man ved praktiske forsøg ikke når til de samme resultater, skyldes det, at modstande, der anvendes, ofte har en tolerance på 10%, elektrolytkondensatorer en tolerance på 50–100%.

Modstanden  $R_{B2}$  kan erstattes af en fast modstand på 10K og et potentiometer på f.eks. 100K. Man kan med potentiometret variere pulstiden. Med en kondensator på 100  $\mu F$  kan pulstiden med potentiometret varieres fra 1 sek. til 11 sek. Den faste modstand på 10K skal forhindre, at basis

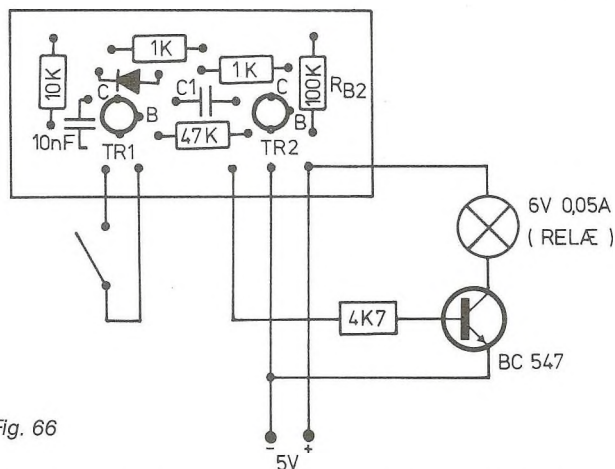


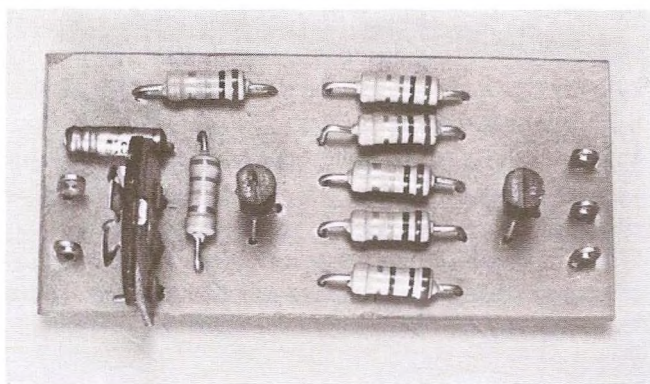
Fig. 66

på transistoren lægges direkte til plus, hvorved transistoren ville „brænde af“.

Et lampedrivertrin kan forbindes til udgangen af en monostabil multivibrator. En impuls på indgangen vil få lampen til at lyse fra 1 til 11 sek. med de her anvendte komponenter (fig. 66).

Den monostabile multivibrator bruges til at styre andre elektroniske enheder med. Den kan „lukke op“ i et ønsket tidsrum og er meget anvendt i digitale kredsløb som „timer“. Den kan også styre belysningen på en trappeopgang, så det kun er tændt i f.eks. 2 minutter. Den kan styre et forstørrelsesapparat etc.

Glødelampen skal så blot erstattes af et relæ. Printtegning til konstruktionen findes i *Praktisk Elektronik* side 21.



Schmitt-trigger

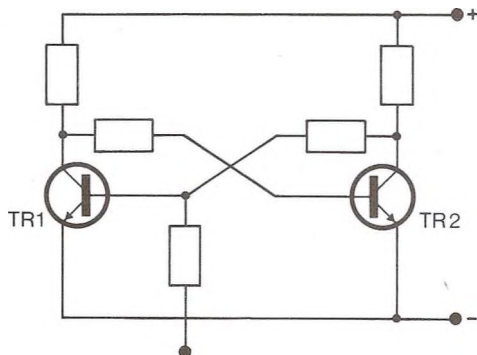
## Schmitt-trigger

Schmitt-triggeren er en bistabil multivibrator, hvor der er forbundet en modstand fra basis på TR1.

TR1 er OFF, og TR2 er ON.

Hvis der sendes en sinusformet spænding ind på basis af TR1, vil TR1 blive ON, når sinusspændingen gør basis positiv ( $> 0,7$  V). Når sinusspændingen falder, bliver TR1 igen OFF, og TR2 bliver ON.

Fig. 67



Ser vi på kollektorspændingen på TR2, ser vi, at den bliver HØJ, når transistoren bliver OFF, og LAV, når transistoren igen bliver ON.

Det er en firkantspænding.

Resultatet er, at sendes en sinusspænding ind på basis af TR1, kommer der en firkantspænding ved TR2.

Vi har her fået en opstilling, der kan omsætte sinusspændinger til firkantspændinger. Den kaldes en Schmitt-trigger.

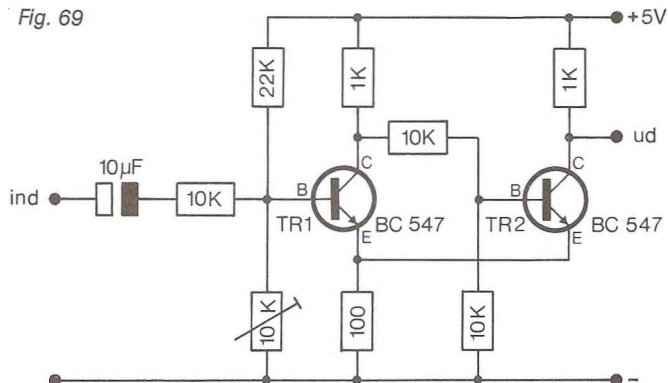


Fig. 68

Den kaldes også for en pulsformer („pulse shaper“), da den laver uregelmæssige firkantspændinger til „pæne“ firkantspændinger.

Schmitt-triggeren laver analoge signaler til digitale signaler.

Fig. 69



I fig. 69 ses en praktisk konstruktion af en schmitt-trigger. Fra basis til stel på den første transistor er der et potentiometer. Med dette kan man regulere spændingen på basis og dermed bestemme, hvor lille ekstra spænding der skal til for at åbne transistoren.

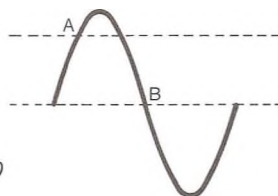


Fig. 70

Fig. 70 viser en sinusspænding. Når spændingen når op til A, bliver transistoren ON, og det bliver den ved med at være, til spændingen når ned til B. Her er spændingen lidt lavere end ved A. Afstanden mellem A og B kaldes triggevinduet.

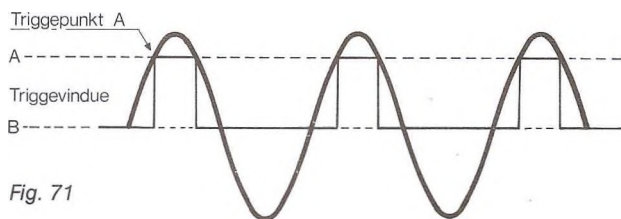


Fig. 71

Triggevinduet kan med potentiometret flyttes op og ned, og det bestemmes herved, hvilken del af sinuskurven, der skal lukke op. Resultatet bliver forskellige firkantspændinger.



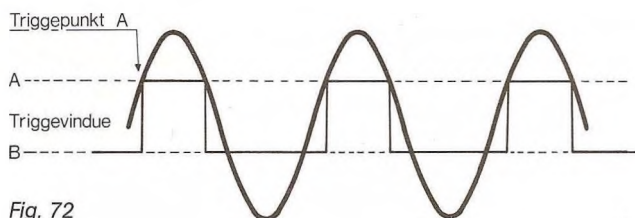


Fig. 72

Den tid, hvor spændingen er HØJ, kaldes MARK, og den tid, hvor spændingen er LAV, kaldes SPACE. Hvis MARK og SPACE er lige lange, siger vi, at MARK-SPACE forholdet er 1:1.

Med potentiometret reguleres MARK-SPACE forholdet. MARK-SPACE forholdet har ingen indflydelse på frekvensen.

Firkantimpulsfrekvensen er lig den tilførte sinusfrekvens.

## Anvendelse af logiske elementer

De mange logiske elementer, vi har set, kan sammensættes og sammenkobles på mange forskellige måder. Vi skal blot se ét eksempel her (fig. 73).

Her har vi fire forskellige logiske elementer. 1 er en schmitt-trigger, 2 er en monostabil multivibrator, 3 er en AND-gate, og 4 er en impulstæller.

Til schmitt-triggeren sendes sinusimpulser, der omdannes til firkantimpulser. De går til den ene indgang på en AND-gate.

Til den anden AND-gate indgang kommer impulser fra en monostabil multivibrator.

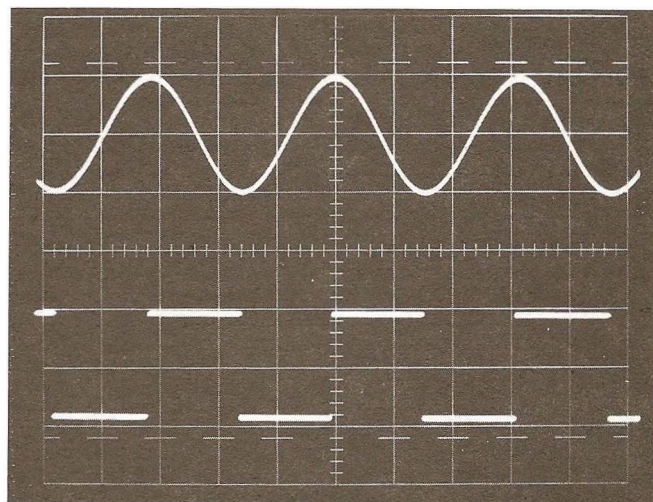
Fra schmitt-triggeren kommer der hele tiden firkantimpulser, mens der fra den monostabile multivibrator kun

kommer én. Lad os sige, den har en pulstid på  $\frac{1}{100}$  sek. Det vil så sige, at begge indgangene på AND-gaten er HØJ indenfor  $\frac{1}{100}$  sek., og kun inden for dette  $\frac{1}{100}$  sek. kan udgangen være HØJ.

Man kan også sige, at den monostabile multivibrator lukker op for firkantimpulser i  $\frac{1}{100}$  sek. De firkantimpulser, der kommer igennem, bliver talt af impulstælleren.

Hvis tælleren nu viser 5, vil det sige, at der i  $\frac{1}{100}$  sek. er kommet 5 impulser. Det svarer til 500 impulser pr. sek. Frekvensen af den sinusspænding, vi sendte ind i schmitt-triggeren, er 500 Hz.

Med de anvendte logiske elementer har vi lavet en model af en frekvenstæller.



Oscilloskopbillede. Øverst sinusspænding, nederst firkantspænding

Fig. 73

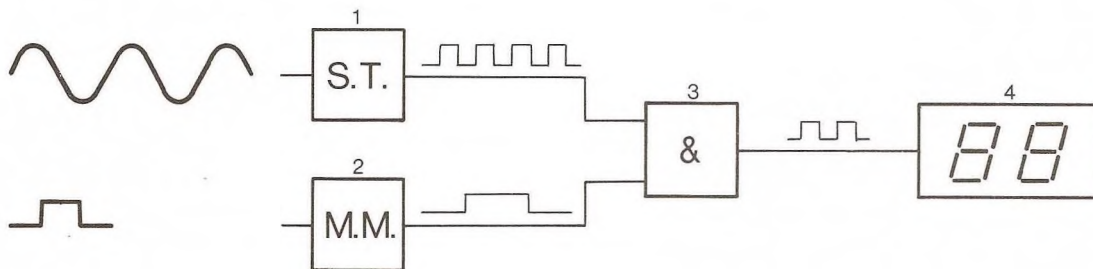
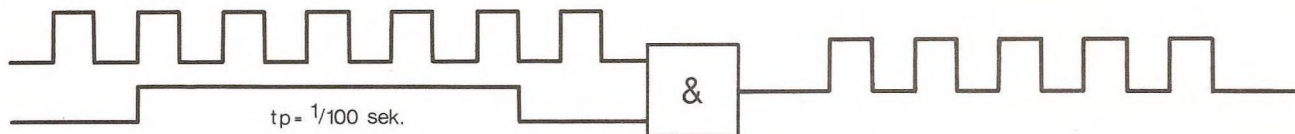


Fig. 74



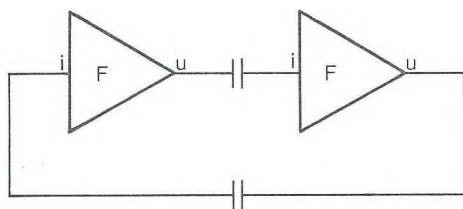


# Oversigt over multivibratorer

## Astabil multivibrator

Kobles to forstærkertrin,  $F_1$  og  $F_2$ , sammen, idet udgang fra  $F_1$  gennem en kondensator forbindes med indgang på  $F_2$ , og udgang fra  $F_2$  gennem kondensator forbindes med indgang på  $F_1$ , har vi en astabil multivibrator.

Fig. 75



Den er ustabil og svinger hele tiden. Snart er TR1 ON og TR2 OFF og snart omvendt.

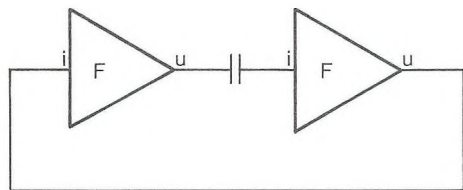
## Monostabil multivibrator

To forstærkertrin kan også kobles sammen, så udgangen fra  $F_2$  direkte (gennem en modstand) forbindes til indgangen på  $F_1$  og indgangen på  $F_2$  gennem en kondensator til udgang  $F_1$ . Det er en monostabil multivibrator.

TR2 er hele tiden ON, TR1 er OFF. Hvis basis på TR1 tilføres en positiv puls (den gøres positiv et øjeblik), bliver TR1 ON, og TR2 bliver OFF. Vi siger, at vi „trigger“ den. Denne tilstand er ikke stabil, men afhænger af værdierne på  $C_2$  og  $R_{B2}$ . Når kondensatoren er afladet, skiftes der tilbage til den oprindelige udgangsstilling, hvor TR2 var ON.

En monostabil multivibrator kan således „trigges“ og skifter så. Efter kortere eller længere tid vender den tilbage til sin udgangsstilling.

Fig. 76



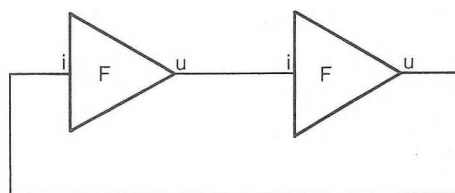
## Bistabil multivibrator

Det må nu være nærliggende at koble begge ud- og indgange på de to forstærkertrin direkte sammen.

Det er en bistabil multivibrator.

Her kan TR1 være ON, dvs. den leder. TR2 er så OFF. Hvis basis på TR1 et øjeblik lægges til minus, bliver TR1

Fig. 77



OFF, og TR2 bliver ON. Denne tilstand bliver opstillingen i, til der igen foretages „indgreb“ udefra.

## Schmitt-triggeren

Schmitt-triggeren er en bistabil multivibrator udført på en anden måde. Der er forbundet en modstand fra basis på TR1 og ud.

Hvis vi sender en sinusformet vekselspænding ind her, vil TR1 være ON, når basisspændingen når op over 0,7 V, og OFF, når spændingen igen falder til under 0,7 V. Spændingen på udgangen af TR2 ( $U_{CE}$ ) varierer i takt med den sinusformede spænding, der sendes ind, mens spændingen på udgangen er en firkantspænding.

Fig. 78



Schmitt-triggerens funktion er, at den omdanner sinusformede spændingsvariationer til firkantspændinger. Den kan også gøre firkantspændinger „pænere“. Den kaldes derfor også en pulsformer („pulse shaper“).

## Andre logiske elementer

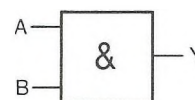
### AND-gate

Vi kalder en AND-gate for et logisk element. Der findes mange forskellige logiske elementer, og vi skal her se på nogle af de vigtigste.

Fig. 79 viser symbolet for en AND-gate, og skemaet fortæller om dens funktion.

A	B	X
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Fig. 79



Når både A og B er HØJ, er udgangen HØJ.



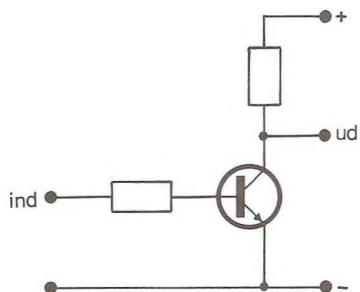


Dobbeltstråle oscilloskop

## Invertertrin-NOT

En almindelig transistorforstærker hører også til familien af logiske elementer (fig. 80).

Fig. 80

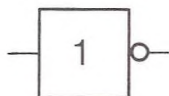


Vi har tidligere brugt dette kredsløb som et lampedrivertrin, og her har vi erstattet glødelampen med en fast modstand. Sandhedstabellen eller -skemaet ser således ud:

IND	UD
1	0
0	1

Udgangen er altså altid modsat indgangen. Vi betegner det som et *invertertrin* eller blot NOT. At invertere betyder at vende om, ombytte, omstille. Hvis A er et tal er  $\bar{A}$  det modsatte. Det læses „A inverteret“.

Fig. 81



## NAND-gate

Vi kan nu prøve at kombinere de to kredse, AND-gate og Inverteren. Den ser i diagram ud som fig. 82 og med symboler som i fig. 83.

Fig. 82

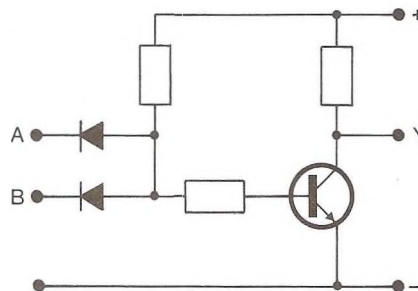


Fig. 83

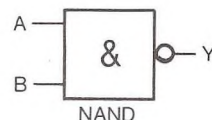


Det er et nyt logisk element: NOT-AND-gate. Det sammentrækkes til NAND-gate.

Den fremkomne NAND-gate er en af de mest udbredte logiske kredse. Den anvendes i utallige opstillinger og fås i mange udgaver med 2, 3 eller flere indgange.

Symbolet for en NAND-gate er AND-gate symbolet med en cirkel på udgangen. Denne cirkel betyder en invertering af et signal.

Fig. 84



Sandhedstabellen for NAND-gaten ser således ud:

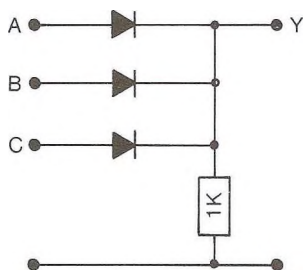
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

## OR-gate

Hvis to eller tre dioder forbindes som på fig. 85, har vi en ny kreds.

Prøv at sætte spænding på A, B og C og mål resultatet på udgangen. Der er 8 måder at gøre det på. Resultatet føres ind i en sandhedstabel.

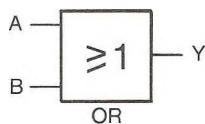
Fig. 85



A	B	C	X
0	0	0	0
1	0	0	1
0	1	0	1
0	0	1	1
1	1	0	1
1	0	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1

Af sandhedstabellen kan vi læse, at hvis alle indgange er LAV, er udgangen LAV.

Fig. 86



Hvis blot én indgang er HØJ, er udgangen HØJ. Det vil sige, at hvis den ene *eller* den anden *eller* den tredje indgang er HØJ, er udgangen HØJ. Man kalder kredsen en *eller*-kreds, en OR-gate.

## NOR-gate

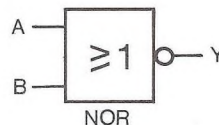
Med et invertertrin efter en OR-gate, får vi en NOT-OR-gate. Det trækkes sammen til en NOR-gate.

Sandhedstabel for NOR-gate med to indgange:

A	B	X
0	0	1
1	0	0
0	1	0
1	1	0

Hvis hverken den ene eller den anden indgang på NOR-gaten er HØJ, er udgangen HØJ.

Fig. 87



## Forskellige symboler for gates

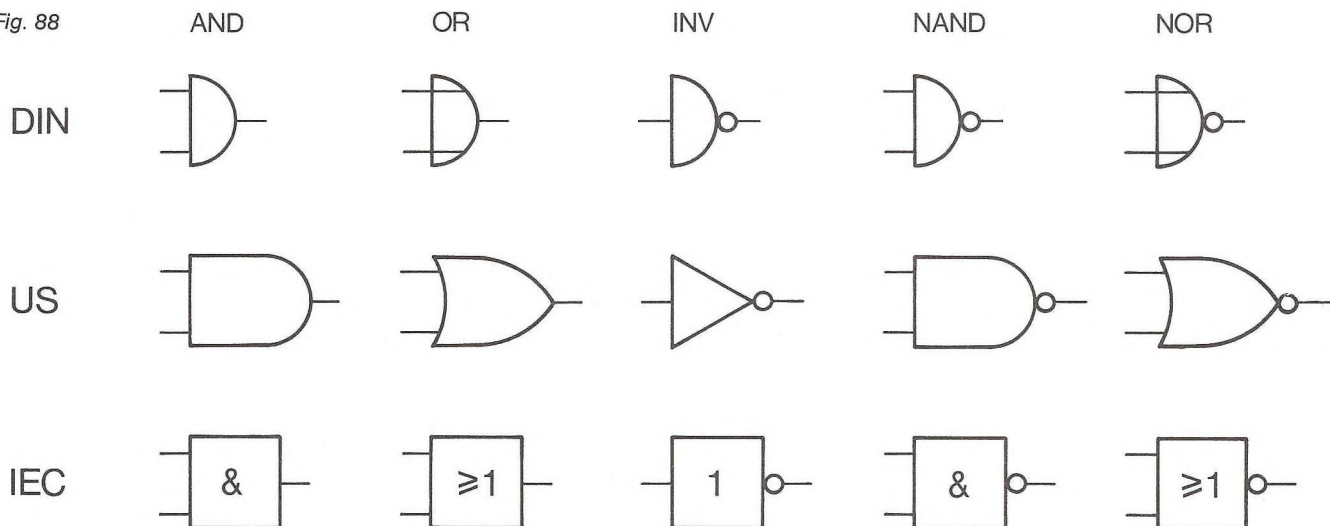
I fig. 88 er der en oversigt over de forskellige symboler, der benyttes for gates.

I første række DIN symbolerne. Det er symbolerne efter Deutsche Industrie Norm.

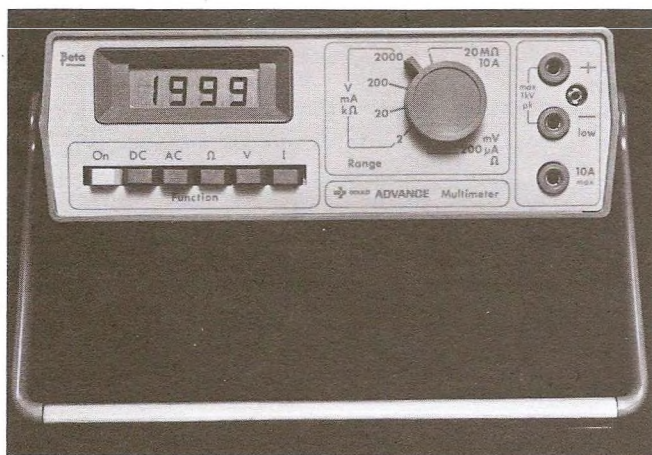
I anden række US symbolerne, det vil sige de symboler, man anvender i USA. Det er nok de ældste symboler.

I tredje række har vi de nye symboler, som de er anbefalet af IEC (International Electrotechnical Commission) og som nu er Dansk Standard.

Fig. 88







Digital multimeter

## Gates med elektriske afbrydere

### AND

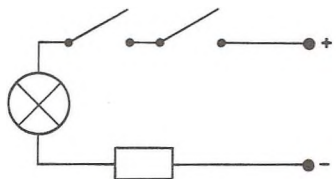
Funktionen af de forskellige gates, vi har set på kan let illustreres med elektriske afbrydere.

I fig. 89 har vi et elektrisk kredsløb med en spændingskilde, to afbrydere, en modstand og en glødelampe.

Hvis både den ene og den anden afbryder er sluttet, vil glødelampen lyse.

Det er AND funktionen.

Fig. 89

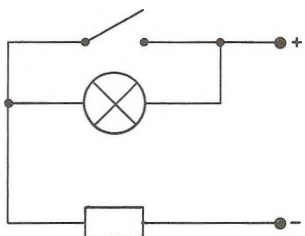


### NOT

I fig. 90 vil glødelampen lyse, når opstillingen tilsluttes spændingskilden.

Når afbryderen sluttes, lyser glødelampen ikke mere.  
Det er NOT funktionen.

Fig. 90



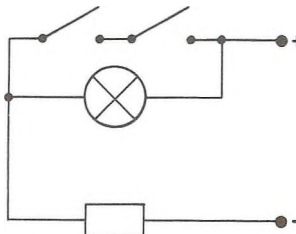
### NAND

En kombination af AND og NOT giver NAND.

Hvis både den ene og den anden afbryder sluttes, lyser glødelampen ikke (fig. 91).

Det er NAND funktionen.

Fig. 91

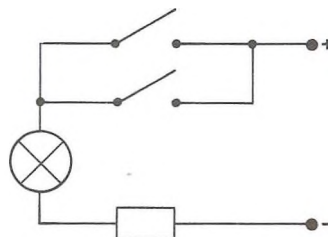


### OR

Hvis enten den ene eller den anden afbryder sluttes, vil glødelampen lyse (fig. 92).

Det er OR funktionen.

Fig. 92



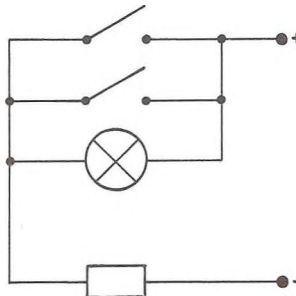
### NOR

Endelig har vi i fig. 93 to afbrydere parallel med glødelampen.

Hvis enten den ene eller den anden afbryder sluttes, lyser glødelampen ikke.

Det er NOR funktionen.

Fig. 93

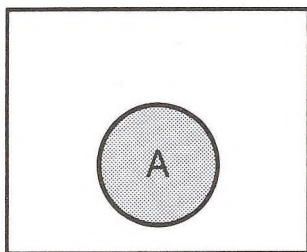


## Mængdelære

Vi kan også illustrere de forskellige gates funktioner ud fra mængdelæren.

Firkanten (fig. 94) betegner drengene i en skoleklasse. Vi betegner de drenge, der har lyst hår, med A. Det er mængden A.

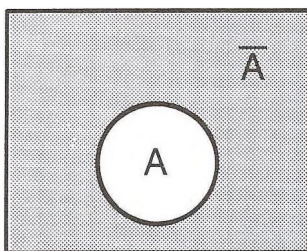
Fig. 94



De drenge, der ikke har lyst hår, må være dem, der er uden for cirklen.

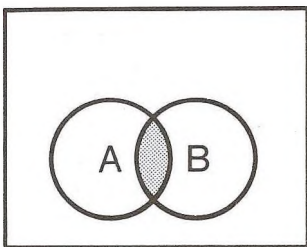
Det er NOT A eller  $\bar{A}$  (A inverteret – modsat A) (fig. 95).

Fig. 95



I fig. 96 har vi to forskellige mængder. A er drenge med lyst hår, B er drenge med blå øjne.

Fig. 96



Det skraverede område er fællesmængden for A og B ( $A \cap B$ ). Det er drenge, der både har lyst hår og blå øjne.

Det er AND funktionen.

Fig. 97

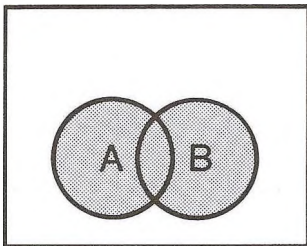


Fig. 97 viser foreningsmængden for A og B ( $A \cup B$ ).

Det skraverede område repræsenterer de drenge, der enten har lyst hår eller blå øjne.

Det er OR funktionen.

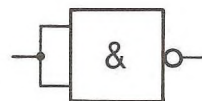
## Nogle anvendelser af gates

### NAND-gate som inverter

En NAND-gate kan kobles som inverter (fig. 98).

Indgang A og B lægges sammen. Sandhedstabellen bli-

Fig. 98



ver enkel, da indgangene begge kan være HØJ eller LAV. Det giver henholdsvis LAV eller HØJ udgang.

Det er en inverter.

A	B	X
0	0	1
1	1	0

### NAND-gate som AND-gate

Her skal bruges to NAND-gates (fig. 99).

Den første arbejder som NAND-gate, den anden som inverter.

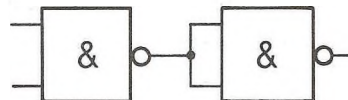
Input  $A \cdot B$

Output fra den første NAND-gate bliver  $\overline{A \cdot B}$ .

Det inverteres:

$$\overline{\overline{A \cdot B}} = A \cdot B$$

Fig. 99



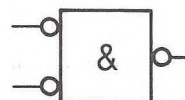
Skal det udtrykkes med ord, må det blive: Output bliver det modsatte af det modsatte input. Det vil sige input.

Det er en AND-gate.

### NAND-gate + inverter

En NAND-gate kobles ofte med en inverter på den ene indgang. Det angives med en ring på den indgang, hvor inverteren er (fig. 100).

Fig. 100





## Addition med gates

Med tre gates kan man lave en additionsenhed (fig. 101). Gate nr. 1 fortæller os, om der kommer noget „i mente“. Det er en AND-gate, der giver 1 ud, hvis både X og Y er 1. Det vil sige, der bliver 1 i mente ved C.

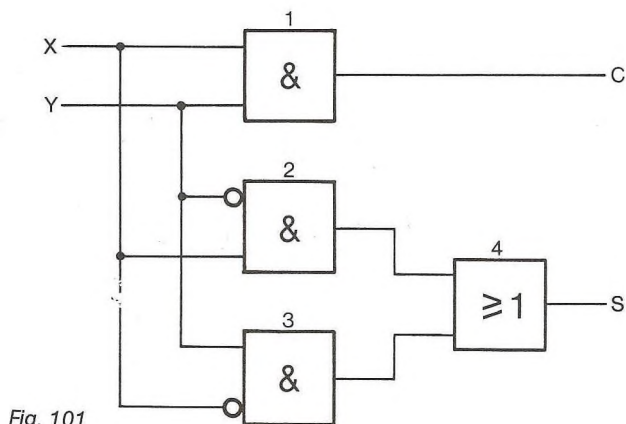


Fig. 101

Ved S fås summen af tallene X og Y.

Vi prøver med nogle tal og skriver resultatet i tabelform:

A	B	S (sum)	C (mente)
0	0	0	0
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Hvordan kom vi nu frem til tallene i denne tabel?

Lad os som eksempel tage den sidste linie, hvor  $X + Y$  er  $1 + 1$ .

Gate 1 er en AND-gate. Både X (A) og Y (B) er 1. Resultatet er 1 (vor mente).

A og B på gate 2 : 0 (1 inverteret) og 1. Det er en AND-gate, så den giver 0 ud.

A og B på 3 er 1 og 0. Det er også en AND-gate, så her får vi også 0 ud.

A og B på 4 er 0. Kredsen er en OR-gate, så her bliver resultatet 0.

Summen af 1 og 1 giver således 0 plus 1 i mente, altså  $1-0$ .

## HALF-ADDER

Den enhed, vi har opbygget med tre AND-gates, to invertere og en OR-gate kaldes for en HALF-ADDER. Den har sit eget symbol (fig. 102).

Fig. 102



## FULL-ADDER

Med to HALF-ADDERS og en OR-gate kan der opbygges en FULL-ADDER (fig. 103).

C <sub>in</sub>	A	B	C <sub>out</sub>	S
0	0	0	0	0
0	0	1	0	1
0	1	0	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	1
1	0	1	1	0
1	1	0	1	0
1	1	1	1	1

En FULL-ADDER kan således addere tre binære cifre, A, B og C<sub>in</sub>.

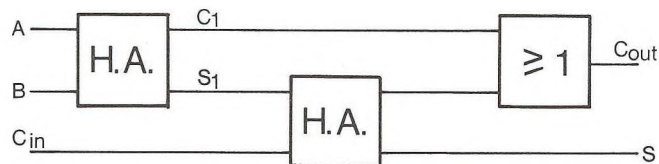


Fig. 103

Resultatet ud bliver S (summen) og C<sub>out</sub> (mente, engelsk = carry).

Man kan selv opbygge en FULL-ADDER med forskellige gates. Den kan (selvfølgelig) også fås som IC.

## Gates med integrerede kredse

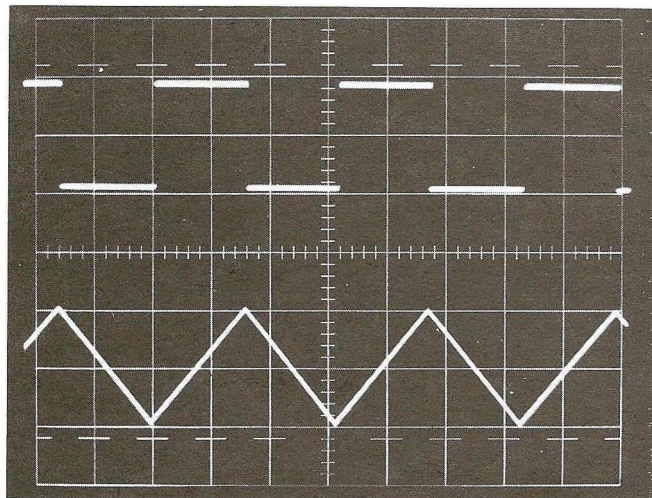
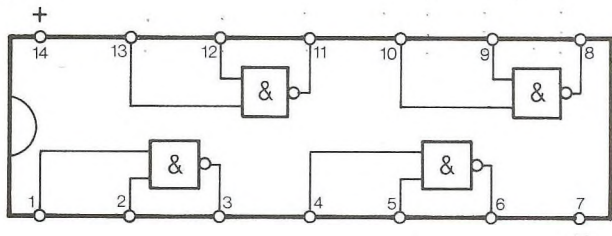
Skal man arbejde med gates, kommer man ikke uden om at arbejde med integrerede kredse. Det er DIGITAL INTEGRATED CIRCUITS. Fra de firmaer, der fremstiller IC'er, kan man købe en DATA HANDBOOK over de forskellige kredse. Det er firmaer som Motorola, Texas, Signetics (Philips) og Philips.

Det vil føre for vidt med denne bog at komme ind på de mange IC'er, men lad os som eksempel se på en af de mest udbredte digitale IC'er, 7400. Den kan benævnes med forskellige bogstaver foran og efter tallet alt efter hvilket firma, der fremstiller den.

Prisen for en 7400 er et par kroner, og her får man virkelig noget for pengene.

Det er en „QUADRUPLE 2-INPUT NAND GATE“. Det betyder, at den indeholder fire NAND-gates, hver med to indgange. Indpakningen er et 14 bens DIL-hus. Hvis man betragter IC'en fra oven og vender „Index notch“, indhakked, fremefter, er ben 1 altid venstre forreste ben. Så følger ben

Fig. 104



Oscilloskopbillede. Øverst trekantsspænding, nederst firkantsspænding

2, 3 osv. hele vejen rundt, og man ender med forreste højre ben som ben nr. 14.

Kredsen skal tilsluttes spændingsforsyningen (5 V) med plus til ben 14 og minus til ben 7. Det er spændingstilslutning for alle fire gates. I diagrammer med gates ser man aldrig disse tilslutninger. De er underforstået.

### 7400 som flip-flop

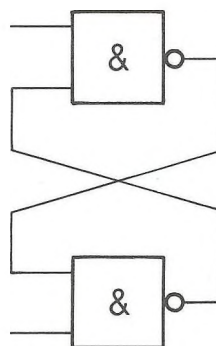
To NAND-gates forbindes som vist på fig. 105. Den ene indgang på nr. 1 er forbundet til udgang på nr. 2. Den ene indgang på nr. 2 er forbundet til udgang på nr. 1.

Det er en bistabil multivibrator, en R S flip-flop.

Så simpelt kan den laves med gates.

Med en 7400 kan man lave to flip-flop's.

Fig. 105



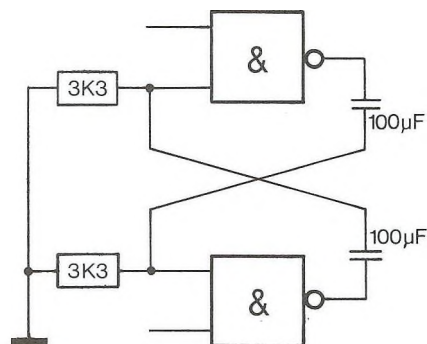
### 7400 som astabil multivibrator

Med en 7400, et par modstande og et par kondensatorer kan man opbygge en astabil multivibrator (fig. 106).

Med 7400 kan der laves to astabile multivibratorer.

Med  $C = 100\mu\text{F}$  og  $R = 3\text{K}3$  bliver frekvensen ca. 2 Hz.

Fig. 106





# Printtegninger

Fig. 107 Printtegning til binær tæller med lysdioder (fig. 54)

Fig. 108 Komponentplacering til fig. 107

Fig. 109 Printtegning til binær tæller med glødelamper (fig. 53)

Fig. 110 Komponentplacering til fig. 109

Fig. 111 Printtegning til elektronisk tæller med syvsegment display (fig. 60)

Fig. 112 Komponentplacering til fig. 111

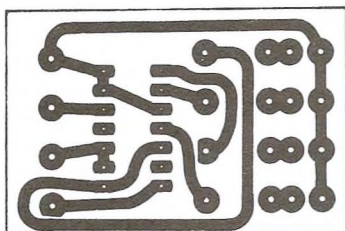


Fig. 107

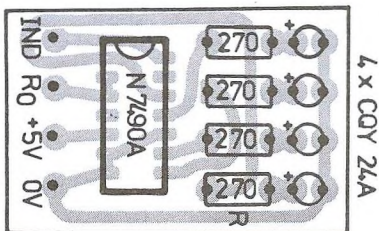


Fig. 108

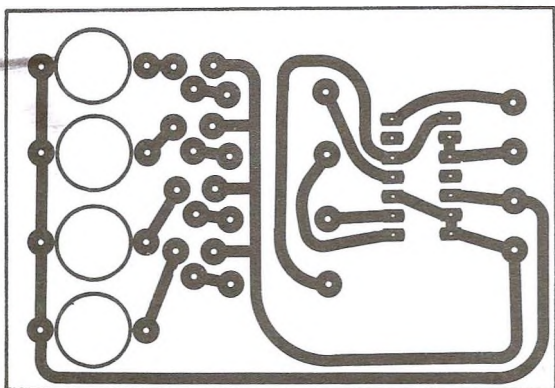


Fig. 109

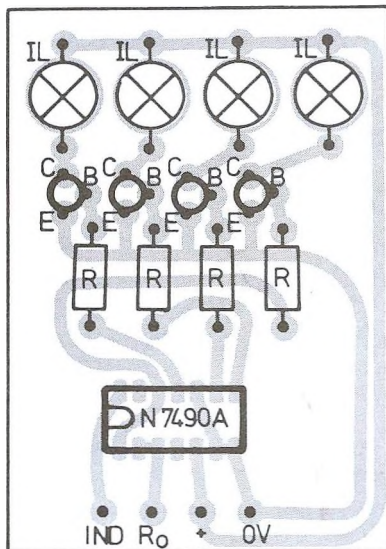


Fig. 110

IL = 6V-0,05A (4stk.)

BC 547B (4stk.)

R = 2K7 (4stk.)

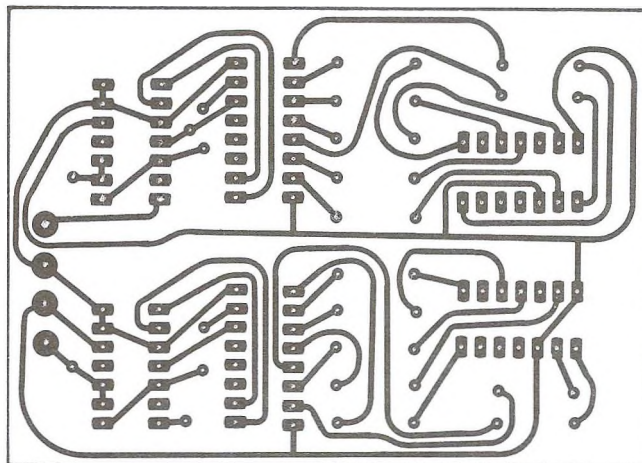


Fig. 111

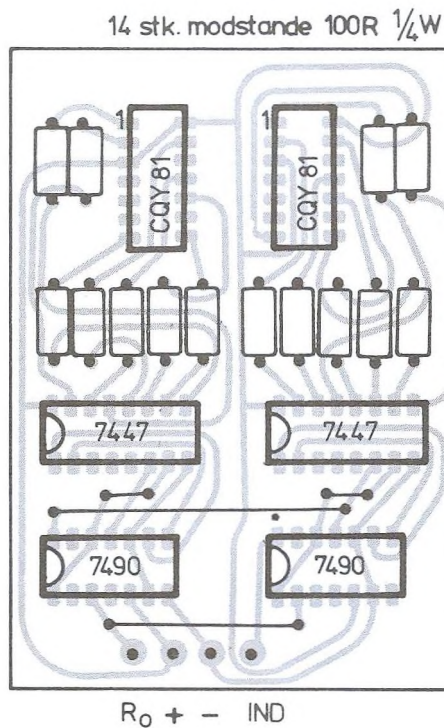


Fig. 112



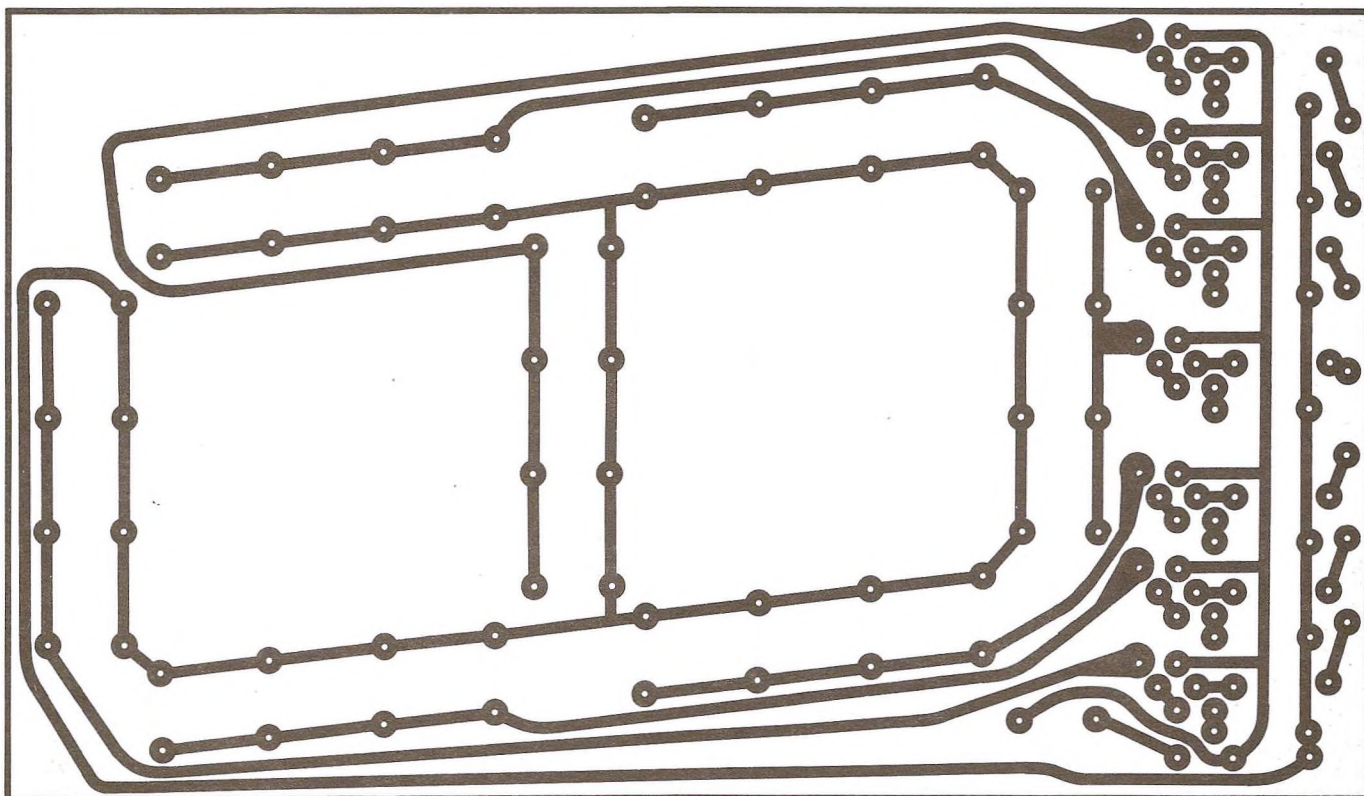


Fig. 113 Printtegning til glødelampdisplay side 28

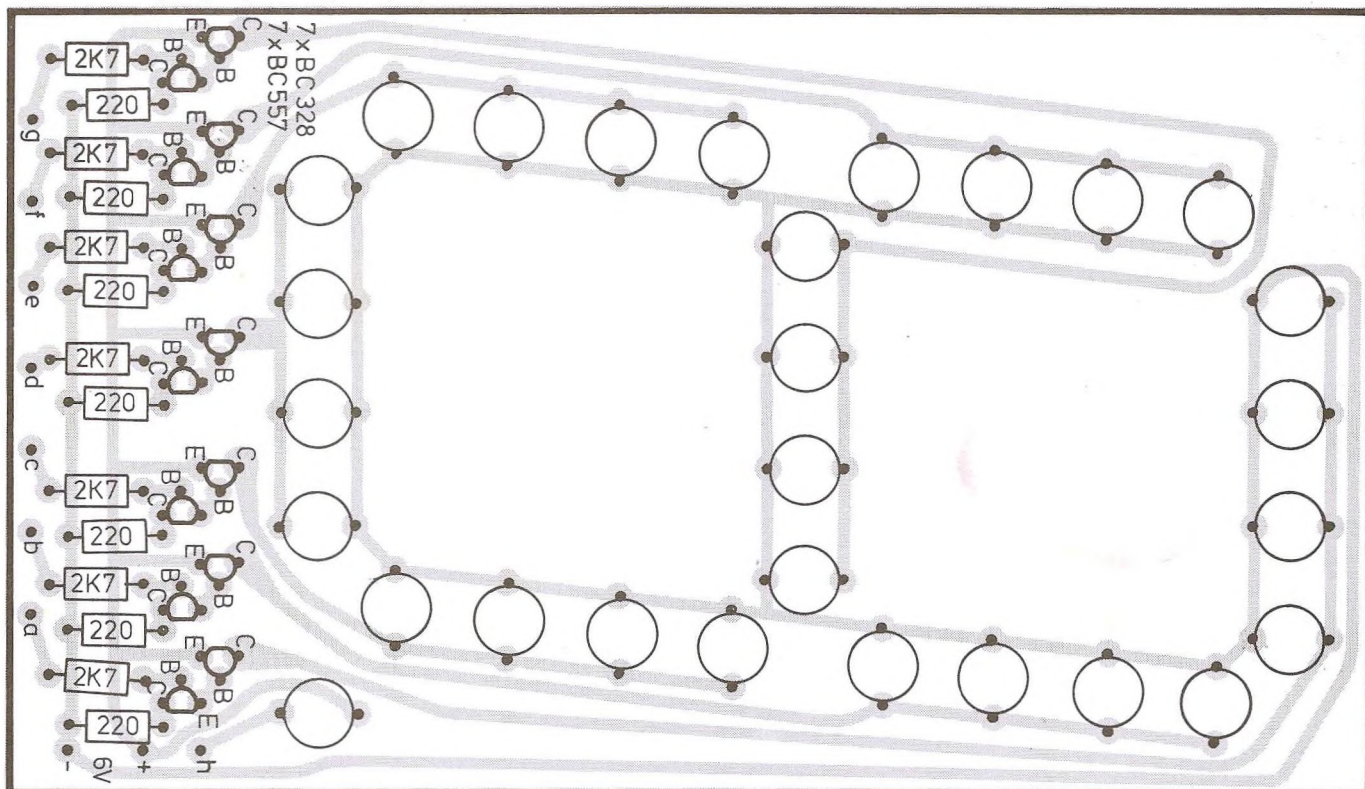
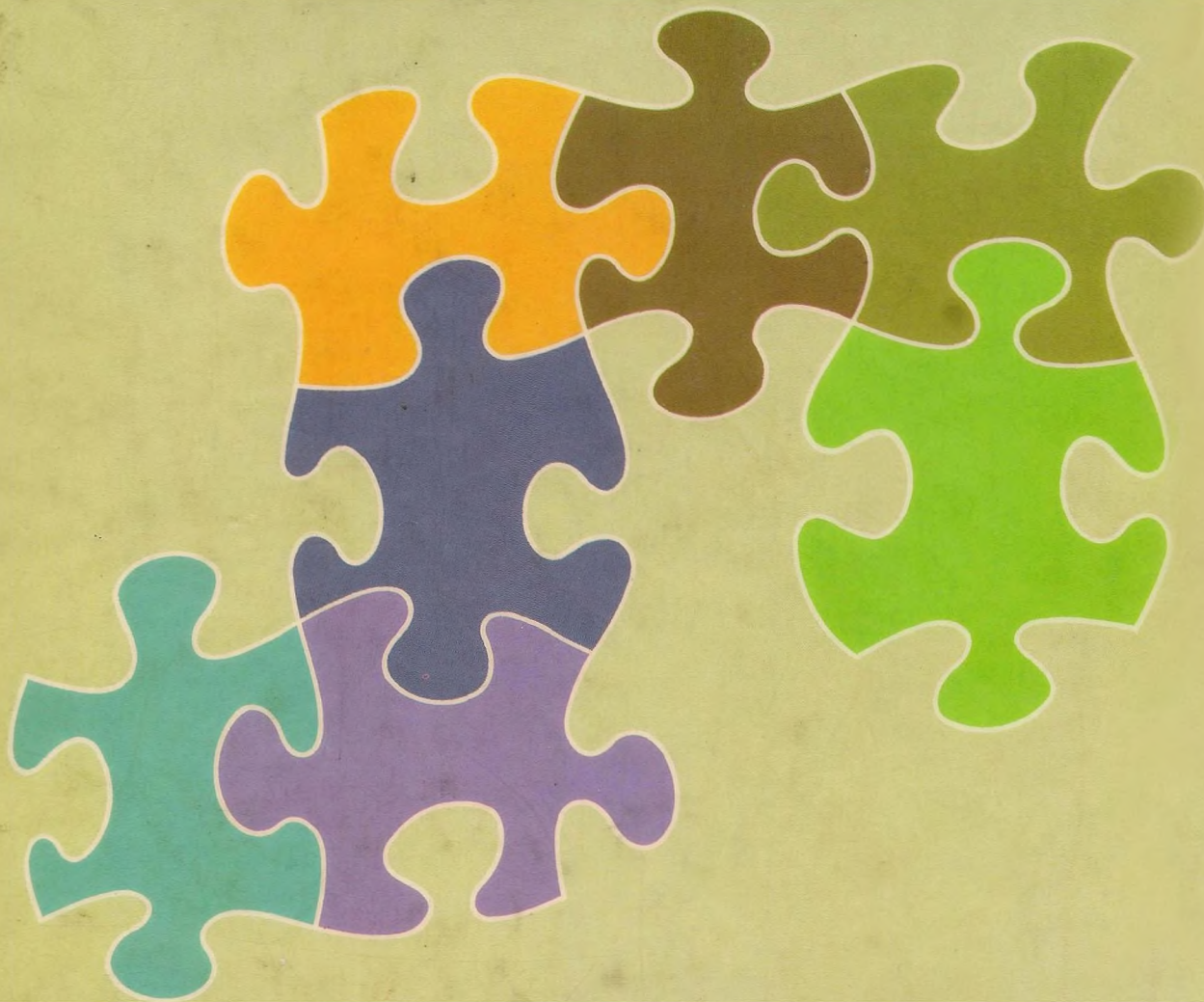


Fig. 114 Komponentplacering til display



# Stikordsregister

- analoge signaler 31
- AND-gate 21, 22, 33, 35, 36
- A-inverteret 34
- astabil multivibrator 8, 15, 32, 39
- bagkant 17
- binære talsystem 18
- binær tæller 19, 20
- bistabil multivibrator 15, 33
- blinker 9
- CQY24 28
- CQY81 26
- digitale signaler 31
- DIL 23
- DIN-symboler 35
- diskrete komponenter 23
- display 22, 25, 26, 28
- elektronisk tæller 19, 32
- firkant 17
- firkant impulser 12, 31
- firkant spænding 12, 31
- flip-flop 16, 17, 22, 39
- foreningsmængde 37
- frekvens 13
- frekvenstæller 32
- full adder 38
- fælles mængde 37
- gate 21
- half adder 38
- HØJ 12
- højpasfilter 19
- IC 23
- IEC symboler 35
- impulsgenerator 12
- integreret kredsløb 23, 39
- inverter 34
- inverteret 17
- invertertrin 34, 37
- lampedrivertrin 14
- LAV 12
- lavpasfilter 19
- LDR 11
- LED 25
- logisk element 32, 33, 34
- løgnetektor 11
- mark 32
- monostabil multivibrator 29, 33
- multivibrator 7, 9, 12, 15, 29, 33, 39
- mængdelære 36
- NAND-gate 34, 35, 36, 37
- NOR-gate 34, 36
- NOT 34, 36
- N7400 39
- N7447A 57
- N7490A 57
- OFF 7
- ON 7
- OR-gate 34, 35, 36
- pulsformer 31, 33
- puls shaper 31
- RC led 19
- RS flip-flop 16
- sandhedsskema 21
- schmitt-trigger 31, 33
- sinus spænding 31
- sirene 11
- space 32
- switch 7
- syvsegment 26
- telefondrejeskive 12
- t-flip-flop 17
- tonegenerator 10
- Toronto lys 8
- triggenetværk 16, 30
- triggepunkt 31
- triggevindue 31, 33
- U<sub>CE</sub> 7
- 7400 39
- 7447 57
- 7490 23



**System Elektronik**  
**er planlagt med følgende udgivelser:**

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