

TFRT-5059

# KONSTRUKTION AV PRBS - GENERATOR

BENGT ROSENGREN  
INGEMAR NORDH

Rapport RE-59 juni 1969

TILLHÖR REFERENSBIBLIOTEKET  
UTLÅNAS EJ

KONSTRUKTION AV PRBS-GENERATOR

Redogörelse för examensarbete utfört vt 1969

av Bengt Rosengren och Ingemar Nordh.

Ansvarig handledare: Bo Leden

Institutionen för regleringsteknik vid LTH

Lund, juni 1969

## KONSTRUKTION AV PRBS-GENERATOR

### Sammanfattning

Denna rapport beskriver hur man i praktiken genererar en PRBS-signal, som kan användas för mätningar på vitt skilda system.

I princip består apparaten av ett skiftregister där vissa tillstånd återkopplas via ett logiknät bestående av modulo 2 ( exclusive or )-grindar. Klockpulstiden kan varieras från 1 sek till 1 tin. Detta innebär att apparaten kan användas för mätningar på system vars tidskonstanter varieras från någon sek till flera timmar. För att göra apparaten så anpassningsbar som möjligt består utgångsarrangemanget av parvis komplementära reed-reläer som tål en max ström på 5 A. För mätning på system med flera insignaler genererar apparaten fyra av varandra oberoende PRBS-signaler.

Som exempel på användandet av apparaten redogörs i rapporten för en praktisk mätning, nämligen bestämning av överföringsfunktionen för värmeledningssystemet i ett större hyreshus.

MAKING A PRBS-GENERATORSummary

This report describes how to generate a PRBS-signal, which can be used for measurements on various systems.

Chiefly the device consists of a shift-register where certain states are fed back through a logical network built of exclusive-or-gates. The duration of the clock pulse can be varied from 1 sec to 1 hour. This means that the device can be used for measurements on systems whose time constants are varying from a few seconds to some hours. To make the device as flexible as possible the output is made of pairs of complementary reed-relays which can carry a current of 3 Amps. To enable measurements on systems with several inputs, the device generates four independant PRBS-signals.

As an example of how to use the device there is also a report from a practical measurement, namely how to find the transfer function of the heating-system in a big house.

## INNEHÅLL :

1. Förord	sid. 1
2. Realisering av PRBS	2
3. Konstruktion och uppbyggnad av PRBS-generatorn	3
3.1. Praktiska arrangemang	4
3.2. Fördröjda utsignaler	5
3.3. Indikeringsanordningar	6
4. Erfarenheter vid byggandet och användandet av apparaten	7
5. Instruktion för användning av apparaten	8
6. Demonstration av det s.k. FOA-knepet	9
7. Exempel på användning av PRBS-generatorn	10
7.1. Mätgång 1	10
7.2. Mätgång 2	11
7.3. Mätosvårigheter	11
8. Referenser	13

## Appendix :

Beskrivning av kretskorten	A1
Ledningsdragnin mellan kontaktdon för de olika korten	A2
Fästaggregat	A6
Komponentlista	A7
Kostnadsöversikt	A7

Figurblad med fig. 1 - 56

## 1. Förord

Vid processidentifiering har man ofta nytta av att som insignal använda en s.k. PRBS-signal ( PRBS = Pseudo Random Binary Sequense ). Det finns flera skäl till att göra detta, bl.a. finns det färdiga program för beräkning av överföringsfunktionen då insignalen är PRBS. Vi skall emellertid inte redogöra för teorin bakom PRBS, utan skall istället redogöra för konstruktion och bygge av en PRBS-generator. För den som är intresserad av teorin bakom PRBS hänvisar vi till tidigare examensarbeten vid institutionen för reglerteknik vid LTH, samt till kompendiet "Stokastiska system" som används i kursen Reglerteknik PK.

## 2. Realisering av PRBS

Man har funnit att PRBS kan genereras med hjälp av ett skiftregister där vissa tillstånd återkopplas via ett logiknät.

Allmänt principschema visas i fig.1

Skiftregistret består av kaskadkopplade synkroniserade bistabila vippor, och logiken består av ett grindnät där de återkopplade tillstånd adderas modulo 2. Genom att på lämpligt sätt välja de tillstånd som återkopplas kan automatonen generera en utsekvens av maximal längd, nämligen  $2^n - 1$ , där  $n$  är antalet vippor i skiftregistret.

Hela kopplingen kan beskrivas som en GK(2)-automaton, vars teori professor Löfgren vid institutionen för elautomatik utförligt beskriver i sina kompendier Automatik II och Automatik IV. Här symboliseras en GK(2)-automaton enligt fig.2. Tillståndet  $x$  kan nu beskrivas som en linjärkombination av övriga tillstånd

$$x = a_1 dx + a_2 d^2 x + \dots + a_n d^n x \quad \text{modulo } 2$$

där  $a_i = 1$  om switchen är sluten och  $a_i = 0$  om switchen är bruten.

Det är genom lämpligt val av  $a_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ , som den tidigare nämnda maximallängdssekvensen genereras. Genom att välja  $n$  tillräckligt stort dröjer det så länge innan sekvensen upprepas, att man kan anse sig ha fått en PRBS-signal.

### 3. Konstruktion och uppbyggnad av PRBS-generatorn

En praktiskt arbetande PRBS-generator måste tillfredsställa vissa krav :

1. Utsignalen skall ha medelvärdet 0. Detta medför att man måste göra ett symmetriskt utgångsarrangemang, t.ex. med komplementära transistorer eller reläer.
2. Man vill kunna mäta på system med vitt skilda tidskonstanter, vilket medför att klockfrekvensen och därmed pulslängden skall kunna varieras inom vida gränser.
3. Ofta vill man ha flera oberoende insignaler till ett system. Ett sätt att åstadkomma detta är att fördröja den ursprungliga PRBS-signalen. Detta ger visserligen inte helt oberoende signaler, men detta har föga praktisk betydelse.
4. Apparaten skall kunna användas även för undervisningsändamål, vilket medför att man har vissa pedagogiska krav på utförandet, exempelvis en lamptabla som visar tillståndsvektorn.



### 3.1. Praktiska arrangemang

Vi valde att bygga ett 12-bitars skiftregister med Philco-vippor typ 9945. Återkopplingsnätet realiserades med grindar ur Pilcos 99-serie. En modulo 2-grind är uppbyggd enligt fig.3.

Informationen i skiftregistret skiftas vidare med hjälp av klockpulser från en räknarenhet, vars insignal är den frekvensstabila 50-periodiga spänningen på nätet. Genom en omkopplare kan klockpulsens längd ges följande värden :

1,2,10 eller 20 sek., 1,2,10,20 eller 60 min.

Räknarenheten har blockschema enligt fig. 4.

Skiftregistret med återkopplingsnätet består av två enheter enligt fig.5. Dessa kopplas samman enligt schemat i fig.6.

Figurerna 7-11 visar uppkopplingen av schmittriggern samt deolika räknarna.

För den kompletta apparaten fås blockschema enligt fig. 12.

Startanordningen består av en vipa som vid intryckning av startstartknappen asynkront 1-ställes, samtidigt som skiftregistret 0-ställes. När klockpulsen kommer skiftas denna 1:a in i skiftregistrets första vipa, samtidigt som startvippan 0-ställes. Schema visas i fig. 13.

Utgångssignalen kan i princip tas ut från vilken vipa som helst i skiftregistret, ty det är bara en tidsförskjutning dem emellan. Vi har valt att ta ut signalen från den första vippan. För att utsignalen skall kunna göras symmetrisk kring 0 har vi valt att låta utsignalen styra två komplementära reläer av reed-typ, som tål 3A DC, 75W. Utsignalen är alltså endast en kontaktfunktion som användaren får anpassa till sitt system på bästa möjliga sätt. För att få pulslängden bättre normalfördelad har man på FOA visat hur man enkelt åstadkommer detta med hjälp av en extra vipa i utgångsarrangemang-  
et. Denna extra finess kan valfritt in- eller urkopplas med hjälp av en switch på frontpanelen. Utgångsarrangemanget får därmed det utförande som visas i fig. 14.

### 3.2. Fördröjda utsignaler

Om man använder PRBS av maximal längd, d.v.s. genererad med hjälp av samtliga 12 vippor i skiftregistret, kan man också få tillgång till signaler som är fördröjda  $1/4$ ,  $1/2$  och  $3/4$  av cykeltiden. Dessa signalers värden är funktioner av tillståndet hos vissa vippor i skiftregistret. Genom att räkna ut vilka dessa tillstånd är, kan man bygga ett kombinatoriskt nät som genererar de önskade signalerna.

Begynnelsestillståndet är  $S_0^T = (100000000000)$  hos skiftregistret.

Återkopplingspolynomet av längden 12 är

$$x = dx + d^4x + d^6x + d^{12}x \quad \text{modulo } 2$$

Då ges nästa tillstånd  $S_1$  av

$$S_1 = \begin{pmatrix} 100101000001 \\ 100000000000 \\ 010000000000 \\ 001000000000 \\ \vdots \\ 000000000010 \end{pmatrix} S_0 = AS_0$$

Detta ger  $S_{1/4} = A^{2^{10}} S_0$

$A^{2^{10}}$  erhålles genom successiva kvadreringar av  $A$ .

På samma sätt fås  $S_{1/2} = A^{2^{11}} S_0$  och  $S_{3/4} = A^{2^{10}} A^{2^{11}} S_0$

Vid uträkning erhålles polynomen

$$P_{1/4} = d^3x + d^5x + d^6x + d^7x + d^9x + d^{12}x \quad \text{modulo } 2$$

$$P_{1/2} = dx + d^2x + d^3x + d^4x + d^{12}x \quad \text{modulo } 2$$

$$P_{3/4} = dx + d^6x + d^7x + d^{12}x \quad \text{modulo } 2$$

Detta leder till det kombinatoriska nät som visas i fig. 15.

### 3.3. Indikeringsanordningar

På frontpanelens övre del finns en rad lampor, en för varje vippa i skiftregistret. Om en viss lampa är tänd innebär detta att motsvarande vippa i skiftregistret är 1-ställd.

Under varje lampa sitter en switch. Om man fäller ned switchen innebär detta att man återkopplar motsvarande tillstånd.

Bredvid startknappen finns en lampa som indikerar starttillståndet 100000000000 och därefter är släckt tills detta tillstånd återkommer efter  $2^{12} - 1$  klockpulser. ( vid maximallängd ).

Fig. 16 visar hur indikatorlamporna drives. Fig. 17 visar hur startlampan drives.

#### 4. Erfarenheter vid byggandet och användandet av apparaten

Racken visade sig vara lätt att montera och modifiera enligt egna önskemål. Speciellt kan den rekommenderas på grund av de rika variationsmöjligheter som leverantörens sortiment medger. Även apparatlådan var lättmonterad och blev dessutom mycket snygg.

Huvuddelen av elektroniken är uppbyggd på Veroboard XY-kort. För den ovane kan bygge på XY-kort förefalla svårt, men redan efter ett kort har man funnit sig väl tillrätta i den speciella teknik som krävs. Dessutom ger XY-korten synnerligen goda resultat, bl.a. när det gäller mekanisk hållfasthet, då endast ett minimum av tråd dragning behöver tillgripas.

Under apparatens första tid visade den sig vara mycket känslig för störningar. För att eliminera störningar som kom från själva apparaten avkopplades varje kort med en kondensator. Vid praktiska försök visade det sig dessutom att transienter på nätspänningen kom att störa apparaten på ett sådant sätt att ren PRBS-signal ej erhöles. För att eliminera dessa störningar byggdes ett filter enligt fig. 25. Detta filter visade sig fungera utmärkt, några falska utsignaler har efter inkopplingen av filtret inte kunnat upptäckas.

≠/ Kondensatorn ligger mellan 0 V och +5 V. På de kort som innehåller vipor är dessas clear-ingång avkopplad till 0 V med en kondensator.

## 5. Instruktion för användning av apparaten

Apparaten består utifrån sett av tre delar, vilket framgår av fig. 26.

På manöverpanelen finns :

1. Högströmbrytare
2. Tidbasorkopplare ( TIME BASE ) där grundtiden för PRBS-signalen kan väljas till ett av följande värden:

1,2,10 eller 20 sek, 1,2,10,20 eller 60 min

Denna grundtid får användaren själv bestämma med hänsyn till det system han skall mäta på.

3. Switchar för inkoppling av återkopplingspolynom. Genom att fälla ned en viss switch återkopplas motsvarande tillstånd. Då man vill generera PRBS skall man återkoppla enligt ett s.k. maxinallängdspolynom. Ett lämpligt sådant polynom är

$$x = dx + d^4x + d^6x + d^{12}x \text{ modulo } 2$$

d.v.s. switcharna 1,4,6,12 fälls ned. Man har upprättat tabeller över maxinallängdspolynom av olika längder, sådana finns bl.a. på institutionen för reglerteknik.

Man kan även generera andra utsignaler än PRBS, t.ex. steg, pulser som upprepas periodiskt, m.m.

4. Lamptablan indikerar tillståndsvektorn.
5. Utgång. Vi erinrar än en gång om att utsignalen är en kontaktfunktion som realiseras med hjälp av reed-reläer. Dessa tål 3 A DC, 75 W. Användaren av apparaten har således stora möjligheter att välja sitt inkopplingsarrangemang efter behag. Om man vill driva en motor med PRBS-signal kan kopplingen enligt fig. 27 rekommenderas. Insignalen till motorn kommer då att få ett utseende enligt fig. 23. De fördröjda utgångarna (6) inkopplas på samma sätt.
7. Startknapp. En intryckning av denna resulterar i nollställning av tillståndsvektorn. När klockpulsen startar räkningen lyser den gröna lampan (8) under ett klockpulsintervall.

## 6. Demonstration av det s.k. FOA-knepet

Som tidigare nämnts kan man genom att fälla ned switchen märkt  
"FOA" koppla in det s.k. FOA-knepet som skall göra signalen <sup>≠/</sup>bättre  
normalfördelad.

Som en demonstration ger vi i fig. 29 två kurvor som visar signa-  
ler med och utan FOA-knepet inkopplat.

## 7. Exempel på användning av PRBS-generatorn

För att bl.a. testa PRBS-generatorn gjordes i samarbete med Billman Regulator AB i Malmö ett försök att bestämma överföringsfunktionen för värmeledningssystemet i ett större hyreshus i Malmö, beläget vid Gulsparvsvägen 53. Huset har 8 våningar och är c:a 2 år gammalt. Värmeledningssystemet i huset består av två identiska halvor, varav vi mätte på den halva som betjänar västra fasaden. Huset är anslutet till fjärrvärmennätet. Värmeledningssystemets principskema framgår av fig. 30.

### 7.1. Mätning 1

Denna mätning gick ut på att bestämma överföringsfunktionen från blandningsventil till rumstemperatur. Detta gick dock inte att genomföra, då termoelementen med vilka rumstemperaturerna mättes inte var tillräckligt känsliga, varför istället överföringsfunktionen från blandningsventil till radiatorns yttemperatur bestämdes.

Mätningarna gjordes på tre lägenheter, belägna på våningarna 5, 6 och 7. Dessa lägenheter kan anses vara representativa för huset.

Mätgivarna, som utgjordes av termoelement, tejpades fast på ytan av radiatorerna, och anslöts via en lång kompenseringsskabel till en 12-kanalig skrivare, placerad i värmecentralen i källaren.

Fig. 31 och 32 visar huset samt PRBS-generatorn placerad ovanpå skrivaren.

Vid försöket bröts återkopplingsloopen (1), se fig. 30, och PRBS-generatorn tilläts styra ventilmotorn som visas i fig. 53.

På skrivaren registrerades följande storheter:

Kanal 2	Radiatorns yttemperatur, 7 vån.
" 4	" " 6 vån.
" 6	" " 5 vån.
" 7	Vattentemperatur, framledning

Kanal 8	Vattentemperatur, returledning
" 10	Grovshunt, framledning
" 12	Ventilläge ( =insignal )

För att få någon stora utslag på skrivaren valde vi att ge PRBS-signalen en sådan amplitud att framledningens temperatur varierade c:a  $15^{\circ}\text{C}$ . Med tanke på systemets tröghet valde vi tidbasen 10 min på PRBS-generatoren. Representativa mätresultat visas i fig. 34.

Våra mätserier har behandlats, bl.a. med hjälp av datamaskin, av en beräkningsgrupp vid institutionen. Resultatet härav kommer att redovisas på sätt som institutionen finner lämpligt.

### 7.2. Mätgång 2

Avsikten med detta försök var att bestämma överföringsfunktionen för värmeväxlaren. Se fig. 35. Vattentemperaturerna i punkterna A, B och C samt ventilläget registrerades på en UV-skrivare.

Temperaturamplituden blev i A c:a  $20^{\circ}\text{C}$ . Då värmeväxlaren är ett relativt snabbt system, valde vi tidbasen 1 min på PRBS-generatoren. Typiska mätresultat visas i fig. 36.

Vi kunde dessutom konstatera att temperaturen i C var konstant, vilket innebär att återkopplingen till blandningsventilen fungerar tillfredsställande.

Även här har utvärderingen av resultaten skötts av den ovan nämnda beräkningsgruppen.

### 7.3. Mätosvårigheter

Rumstemperaturerna gick inte att mäta på grund av att det är svårt att mäta små temperaturdifferenser med hjälp av termoelement.

Dessutom kan man teoretiskt påvisa att rummen är mycket tröga i värmehänseende. Se examensarbete av Birger Ekengren. Tidskonstanten för ett rum har storleksordningen flera timmar. Möjligen skulle rumstemperaturdifferenserna kunna mätas med termistorer, men



det var inte praktiskt genomförbart vid detta tillfälle.

Det var vid mätningarna på huset, som vi upptäckte att PPS-generatorn var känslig för störningar. Bredvid rummet där apparaterna var uppställda finns en tvättstuga med ett flertal tvättmaskiner. Vi upptäckte att PPS-generatorn gick kländerfritt natttid, då inga tvättmaskiner var igång, men att störningarna började komma vid 8-tiden på morgonen, då tvättstugan togs i bruk. Vi drog då slutsatsen att apparaten var känslig för transienter på nätet, något som senare verifierades vid laboratorieförsök. De tidigare nämnda avstörningsåtgärderna vidtogs, och har lett till önskat resultat.

## 8. Referenser

Lars Löfgren : Automatik del 2, Sekvensnät. TLTH/VBV 1966

Jan-Olof Wintzell : Identifiering av processdynamik med korrelations-  
analys då insignalen är en nollsekvens om maximal längd ( PRBS ).  
LTH rapport RE-22 okt. 1967

Anders Nilsson : Projektering av apparat för processidentifiering  
med hjälp av pseudoslumptal. LTH rapport RE-30 juni 1968

Dirger Ekengren : I skrivande stund odöpt examensarbete, som behand-  
lar problemet att teoretiskt beräkna överföringsfunktionen för vär-  
meledningssystemet i ett fjärrvärmeuppvärmt hus. Examensarbetet har  
utförts vid Institutionen för reglerteknik, LTH.

Beskrivning av kretskorten

Huvuddelen av elektroniken är uppkopplad på 5 kort av XY-typ

Kort 1:	Återkopplingslogik	Fig. 18
" 2:	Skiftregister, startvippa, indikator för startvektorn	" 19
" 3:	Räknarenhet	" 20
" 4:	Schmitttrigger, 50-räknare	" 21
" 5:	Kombinatoriskt nät för fördröjda ut signaler	" 22

På 8"-modulens sidor sitter två kretskort monterade. Det vänstra kortet innehåller reed-reläerna, drivkretsar för reläerna samt den vippa som realiserar FOA-knepet. Det högra kortet innehåller drivkretsar för lamporna som indikerar tillståndsvektorn. I 2"-modulen finns ett kretskort som innehåller drivkretsar för reläerna till de fördröjda utsignalerna, samt reed-reläerna. Se fig 23

Ledningsdragning mellan kontaktdon för de olika korten

## 1. Kontaktdon för kort nr 1.

Stift nr	Ändamål				
29	Från	mittkontakt	på	switch	till dx
31	"	"	"	"	" (dx) *
32	"	"	"	"	" d <sup>2</sup> x
28	"	"	"	"	" (d <sup>2</sup> x) *
25	"	"	"	"	" d <sup>3</sup> x
27	"	"	"	"	" (d <sup>3</sup> x) *
30	"	"	"	"	" d <sup>4</sup> x
24	"	"	"	"	" (d <sup>4</sup> x) *
14	"	"	"	"	" d <sup>5</sup> x
16	"	"	"	"	" (d <sup>5</sup> x) *
17	"	"	"	"	" d <sup>6</sup> x
13	"	"	"	"	" (d <sup>6</sup> x) *
9	"	"	"	"	" d <sup>7</sup> x
8	"	"	"	"	" (d <sup>7</sup> x) *
7	"	"	"	"	" d <sup>8</sup> x
10	"	"	"	"	" (d <sup>8</sup> x) *
1	"	"	"	"	" d <sup>9</sup> x
4	"	"	"	"	" (d <sup>9</sup> x) *
5	"	"	"	"	" d <sup>10</sup> x
2	"	"	"	"	" (d <sup>10</sup> x) *
22	"	"	"	"	" d <sup>11</sup> x
21	"	"	"	"	" (d <sup>11</sup> x) *
20	"	"	"	"	" d <sup>12</sup> x
23	"	"	"	"	" (d <sup>12</sup> x) *
26	0 V från spänningsaggregatet				
6	+5 V	"	"	"	"
3	Utgång från logiknätet				

## 2. Kontaktplan för kort nr 2

Stift nr	Ändamål
8	Utgång för dx
9	" " $(dx)'$
10	" " $d^2x$
11	" " $(d^2x)'$
12	" " $d^3x$
13	" " $(d^3x)'$
14	" " $d^4x$
15	" " $(d^4x)'$
16	" " $d^5x$
17	" " $(d^5x)'$
18	" " $d^6x$
19	" " $(d^6x)'$
20	" " $d^7x$
21	" " $(d^7x)'$
22	" " $d^8x$
23	" " $(d^8x)'$
24	" " $d^9x$
25	" " $(d^9x)'$
26	" " $d^{10}x$
27	" " $(d^{10}x)'$
28	" " $d^{11}x$
29	" " $(d^{11}x)'$
30	" " $d^{12}x$
31	" " $(d^{12}x)'$
6	0 V från spänningsaggregatet
1	+5 V " "
5	Utgång till startindikatorlampa
2	Ingång från startknapp
3	Klockpuls in ( mittkontakt på tidbasankoppl. )
32	Återkoppling från logikkort ( kort nr 1 )

## 3. Kontaktdon för kort nr 3

Stift nr	Ändamål
11	Utgång för 2 sek klockpulslängd
12	" " 10 " "
14	" " 20 " "
15	" " 1 min "
23	" " 2 " "
22	" " 10 " "
21	" " 20 " "
20	" " 1 tim "
5	0 V från spänningsaggregatet
3	+5 V " "
1	Ingång för 1 Hz från 50-räknare

## 4. Kontaktdon för kort nr 4

Stift nr	Ändamål
9	Utgång för 1 Hz från 50-räknare
2	0 V från spänningsaggregatet
7	+5 V " "
3	Ingång för 50 Hz från nättrafons nedsida

## 5. Kontakttdon för kort nr 5

Stift nr	Ändamål
3	Ingång från dx
6	" " $(dx)^{\cdot}$
5	" " $d^2x$
2	" " $(d^2x)^{\cdot}$
30	" " $d^3x$
31	" " $(d^3x)^{\cdot}$
32	" " $d^4x$
29	" " $(d^4x)^{\cdot}$
26	" " $d^5x$
28	" " $(d^5x)^{\cdot}$
4	" " $d^6x$
1	" " $(d^6x)^{\cdot}$
9	" " $d^7x$
10	" " $(d^7x)^{\cdot}$
25	" " $d^9x$
24	" " $(d^9x)^{\cdot}$
23	" " $d^{12}x$
22	" " $(d^{12}x)^{\cdot}$
17	Utgång för signal fördröjd 1/4 cykeltid
15	D:o primad
20	Utgång för signal fördröjd 1/2 cykeltid
21	D:o primad
14	Utgång för signal fördröjd 3/4 cykeltid
12	D:o primad
27	0 V från spänningsaggregatet
8	+5 V " "

## 6. Kontaktdon för 2"-modulen

Stift nr	Ändamål
2	0 V från spänningsaggregatet
31	+5 V " "
6	Ingång för signal fördröjd 1/4 cykeltid
10	D:o primmad
17	Ingång för signal fördröjd 1/2 cykeltid
21	D:o primmad
29	Ingång för signal fördröjd 3/4 cykeltid
22	D:o primmad

## 7. Kontaktdon för vänster kort på 3"-modulen

Stift nr	Ändamål
1	Till tidbasomkopplare 1 sek
2	" " 2 "
3	" " 10 "
4	" " 20 "
5	" " 1 min
6	" " 2 "
7	" " 10 "
8	" " 20 "
9	" " 1 tin
17	Ingång för dx från skiftregister (=utsignal)
18	" " dx " " "
21	Utgång för klockpuls (mittkontakt på onkoppl .
24	Från startknapp
26	Till startindikatorlampa
28	Utgång för 50 Hz från nättrafons nedsida
30	0 V från spänningsaggregatet
32	+5 V " "

Nättaggregat

Som nättaggregat i apparaten användes Seltron ISA 4 som ger en stabiliserad spänning på 5 V och tål en belastning på 1,2 A.

Aggregatets kopplingsplint är utförd enligt fig. 24.



Komponentlista

Från Elektroholm AB, Stockholm

Philco integrerade kretsar:

36 st 9945 RS/JK Master-slave clocked flip-flop

1 " 9930 Dual four input gate circuit

12 " 9946 Quad two input gate circuit

4 " 9936 Hex single input gate circuit

11 " 9944 Dual four input power gate circuit

1 " 9933 Dual four input expander circuit

65 st

Från C. DeLataud AB, Stockholm

65 st Hållare för dual-in-line-kapslar, Texas IC 014 ST 7519

Från Ingenjörsfirma Gunnar Petterson, Stockholm

1 st Alton apparatlåda

1 " Kompletta Vero 19" modulrack för 7"x11" Veroboard-kort

1 " 8" modulenhet VIU/7/11/8/P

1 " 2" " " VIU/7/11/2/P

8 " Kontaktdon 6 P 54600 AH 32, 2234

6 " Veroboard XY-kort 1911

3 " " -kort 310

6 " Korthandtag 4093

Från ELFA Radio&amp;TV AB, Stockholm

8 st Tungelement H 1940

8 " Manöverspoler H 1962

13 " FUJISOKU miniatyromkopplare H 221

13 " Lamphållare, grön G 658

13 " Lampa 6 V, G 371

1 " Omkopplare 12-vägs, H 875

Diverse smådelar

Kostnadsöversikt

Apparatlåda, Alton	205:-
Vero 19" modulrack kompl. m. kort, moduler, kontaktdon etc.	570:-
Integrerade kretsar med hållare	560:-
Tungelement med manöverspoler	140:-
Staggregat	315:-
Övrigt	200:-
	<hr/>
Summa	1990:-

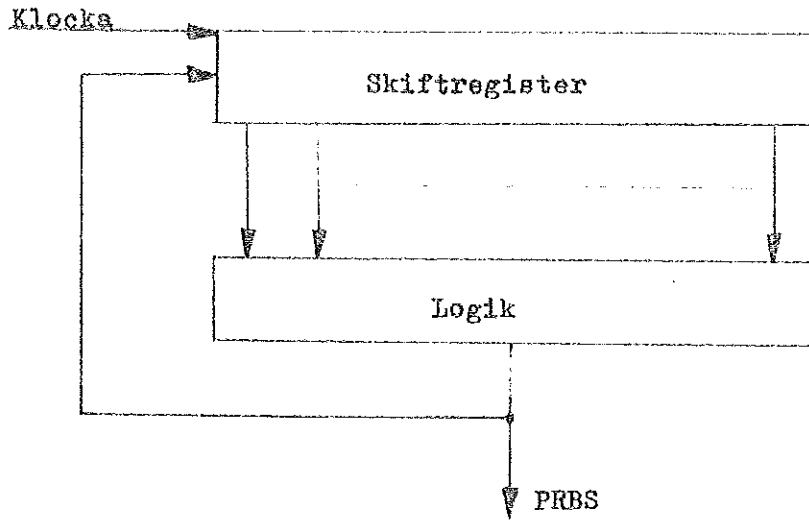


Fig. 1

Allmänt principschema för PRBS-generator

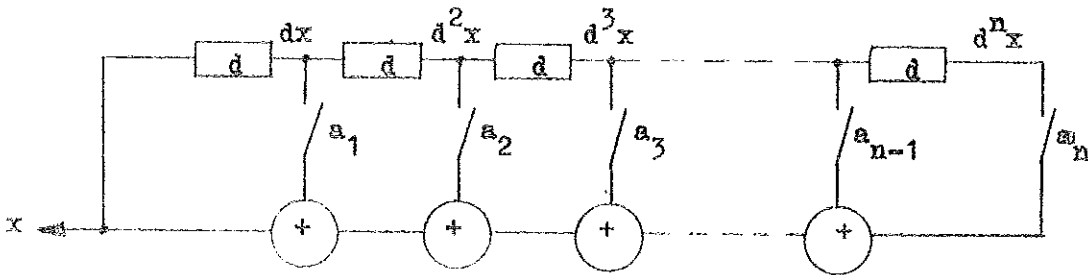


Fig. 2

PRBS-generator framställd som GK(2)-automaten

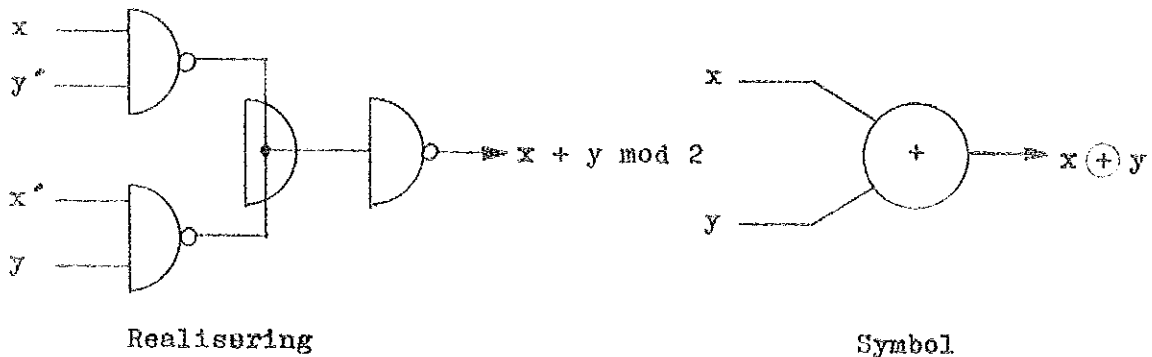


Fig. 3

Modulo 2-grind

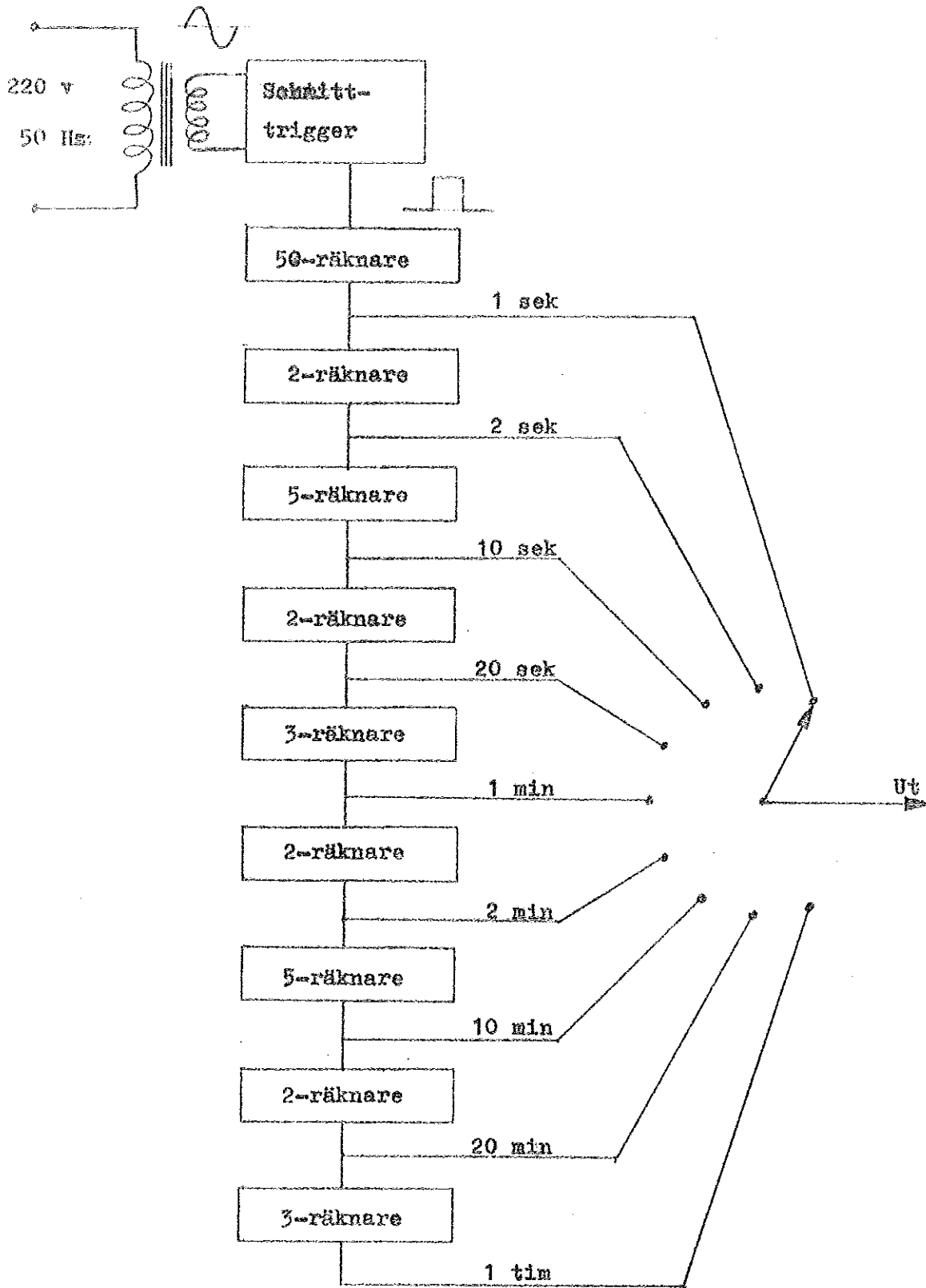


FIG 4  
Tidbasenhet, blockschema

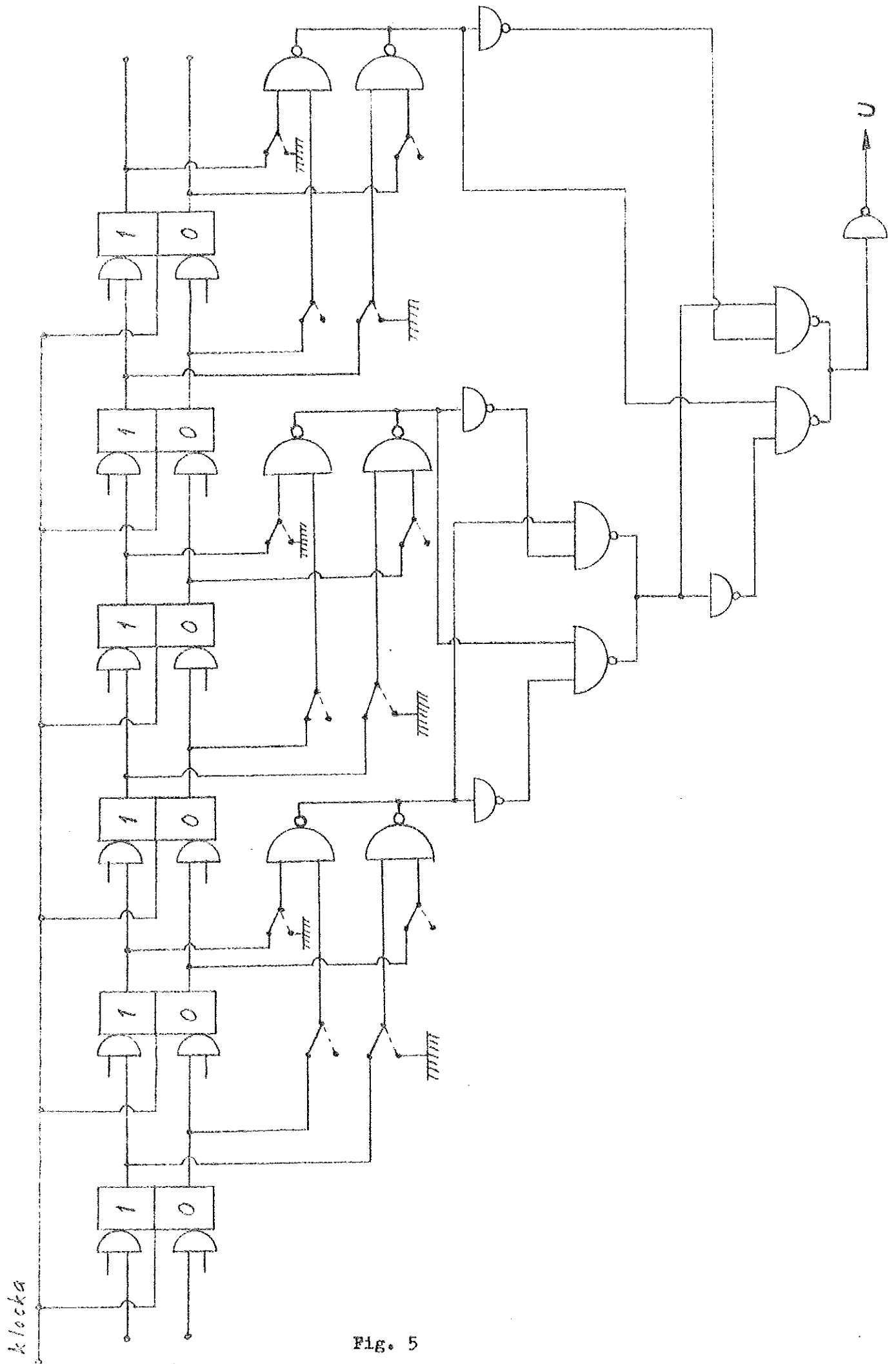


Fig. 5

6 bits skiftregister med återkopplingslogik

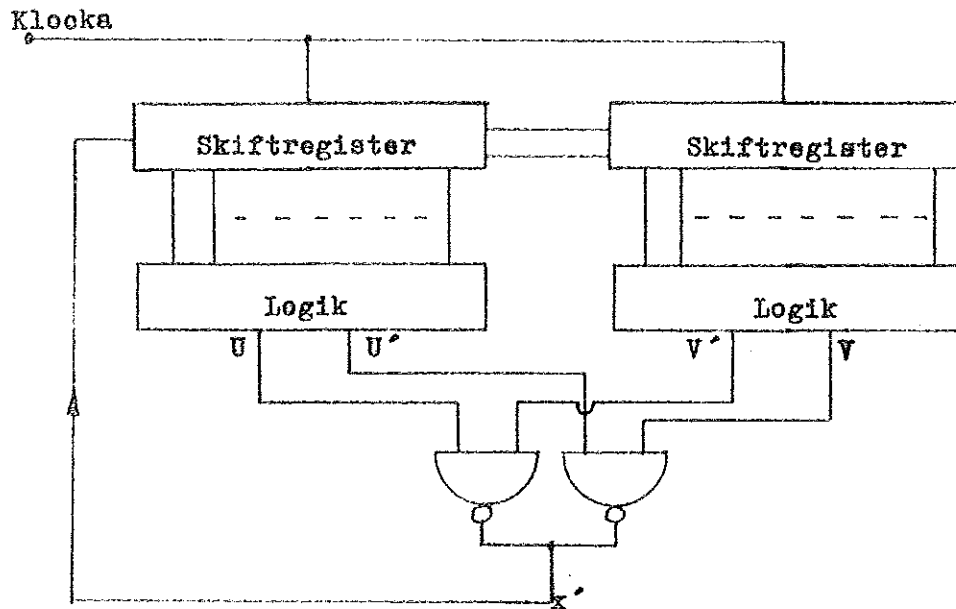


Fig. 6

Sammankoppling av två skiftregister-logik-enheter

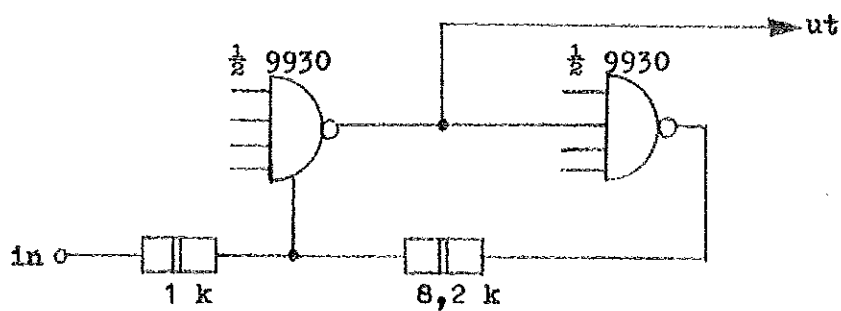


Fig. 7 Schmitttrigger

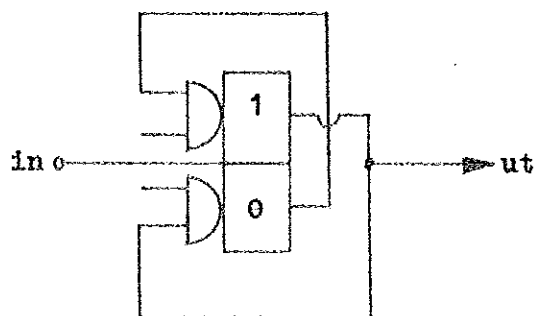


Fig. 8 2-räknare

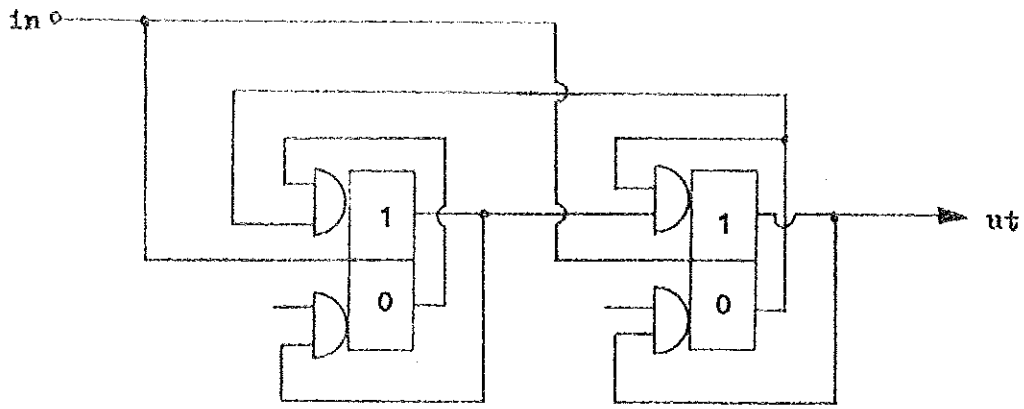


Fig. 9 3-räknare

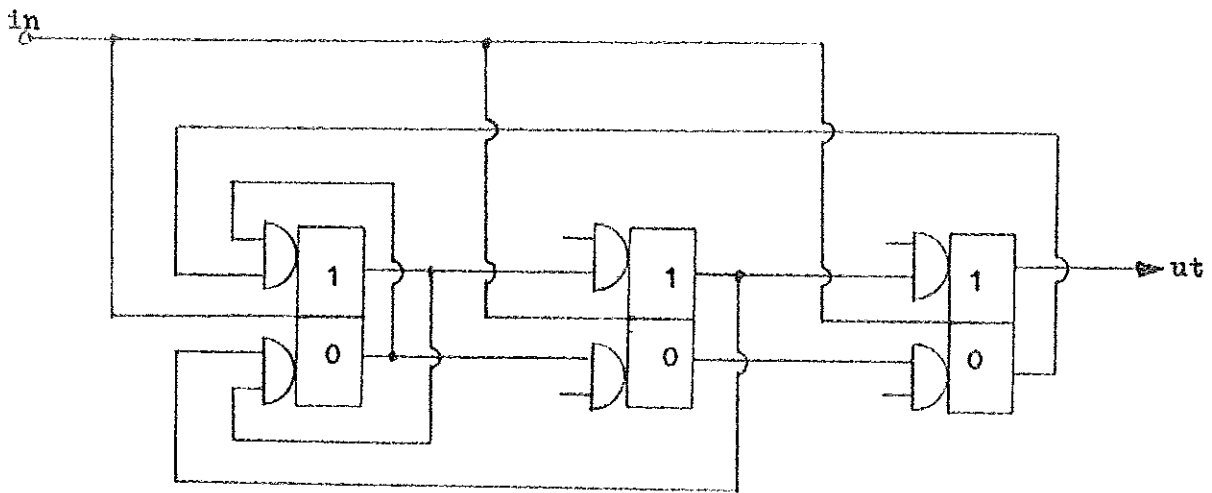


Fig. 10 5-räknare

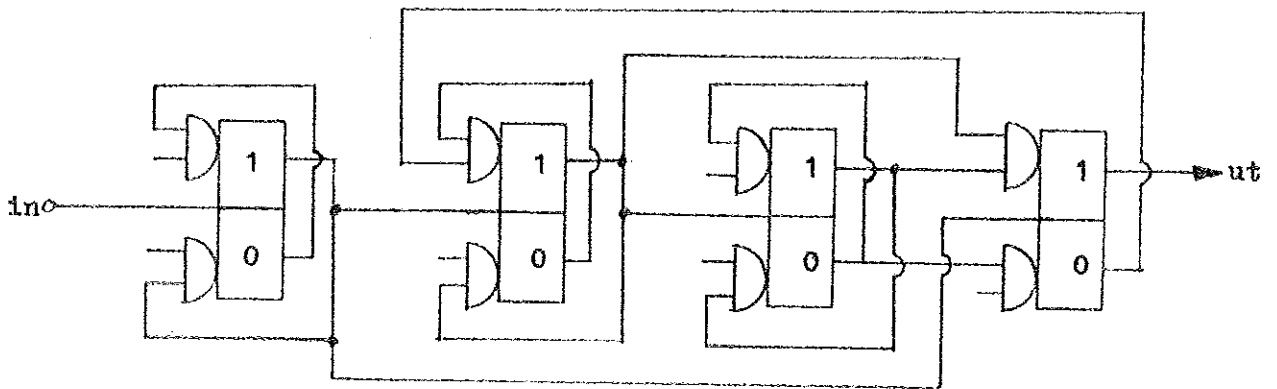


Fig. 11 10-räknare

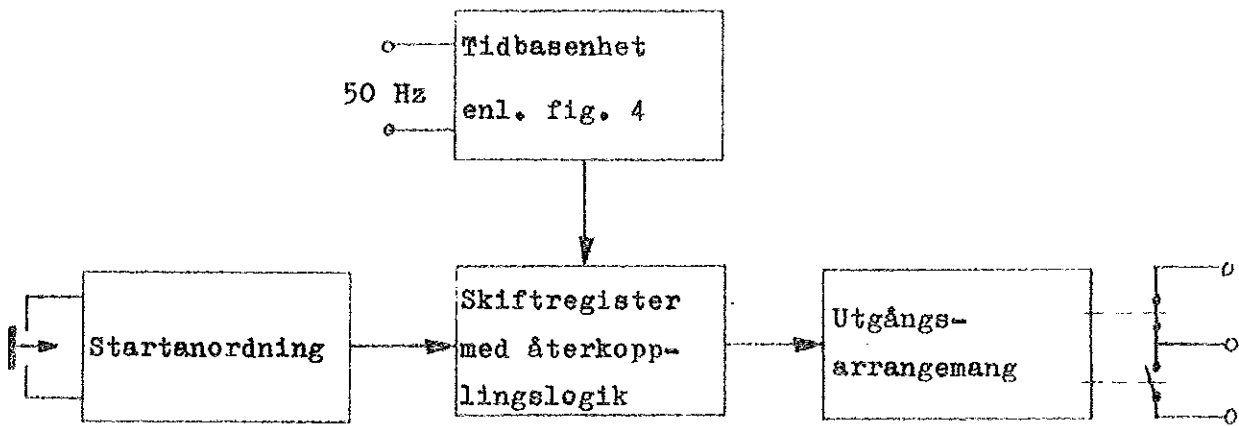


Fig. 12

Blockschemå för komplett PRBS-generator

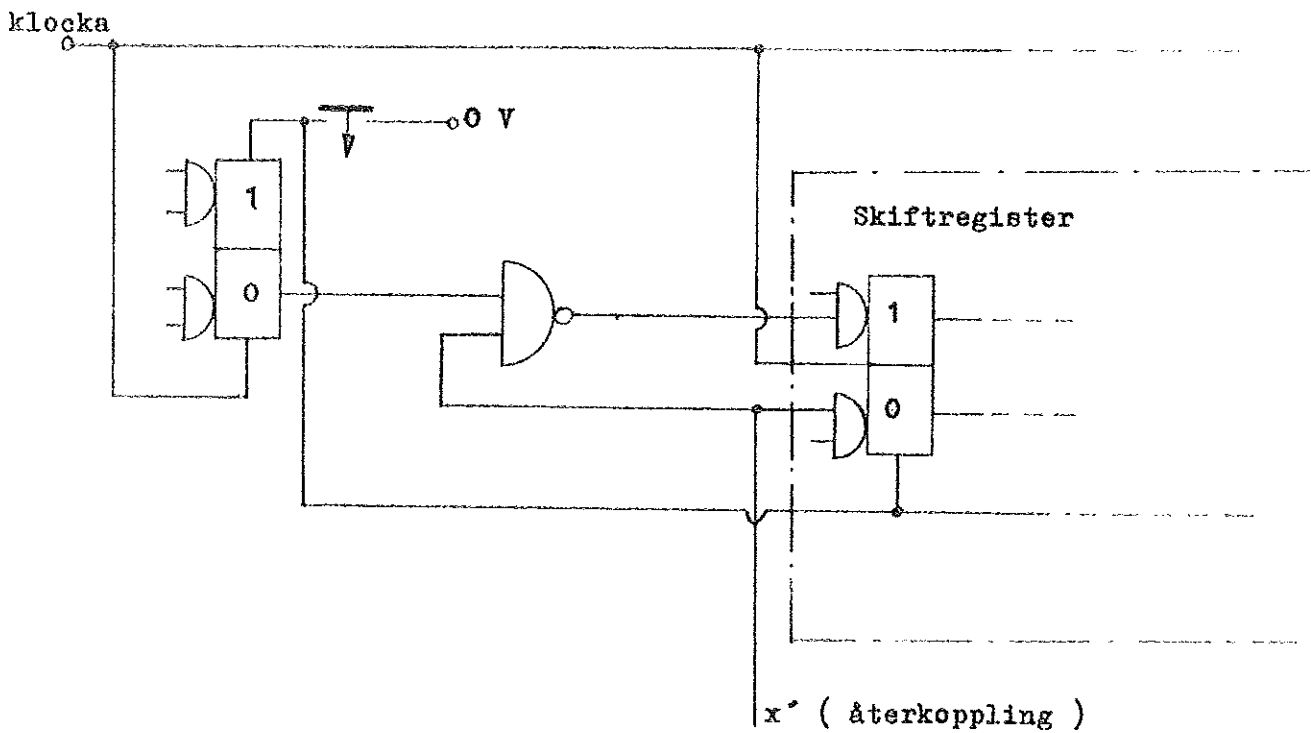


Fig. 13 Startanordning

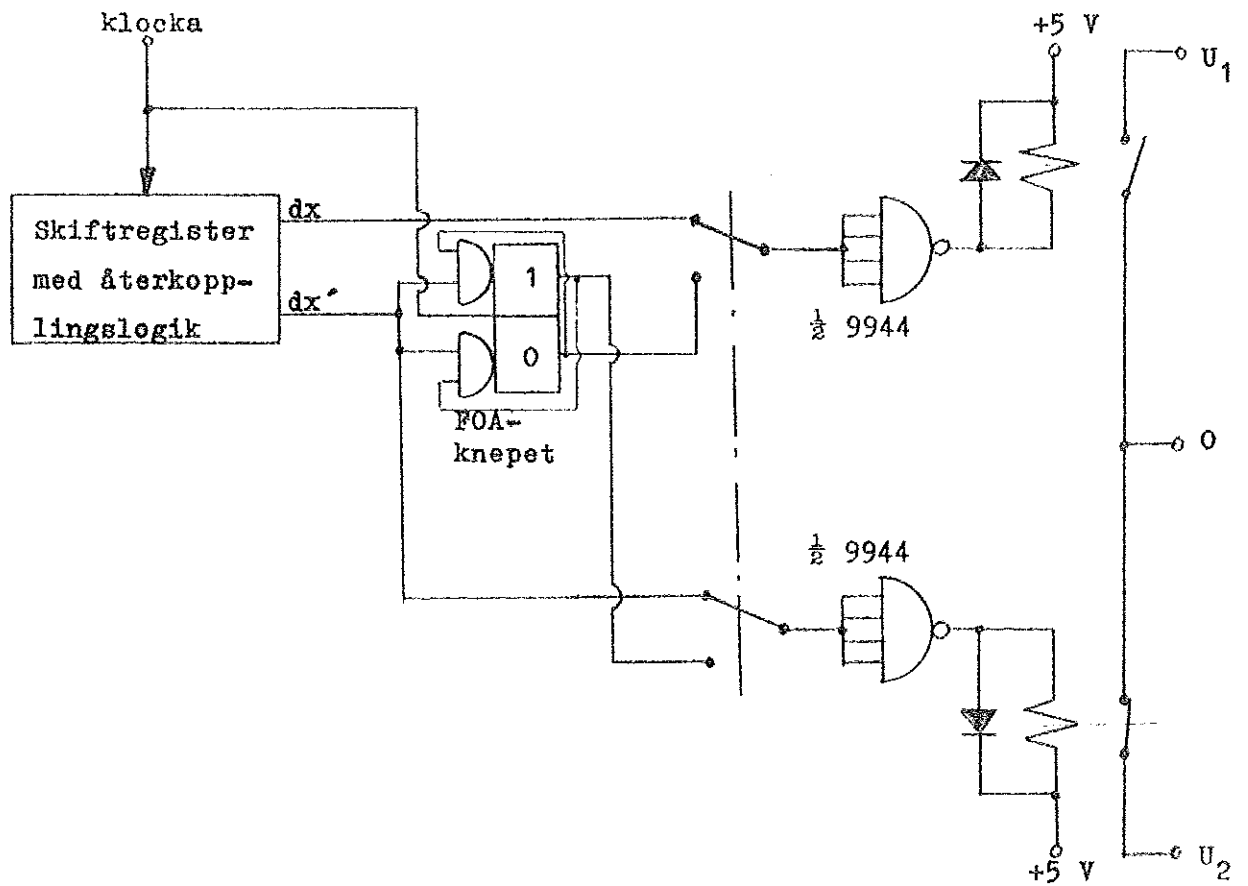


Fig. 14 Utgångsarrangemang

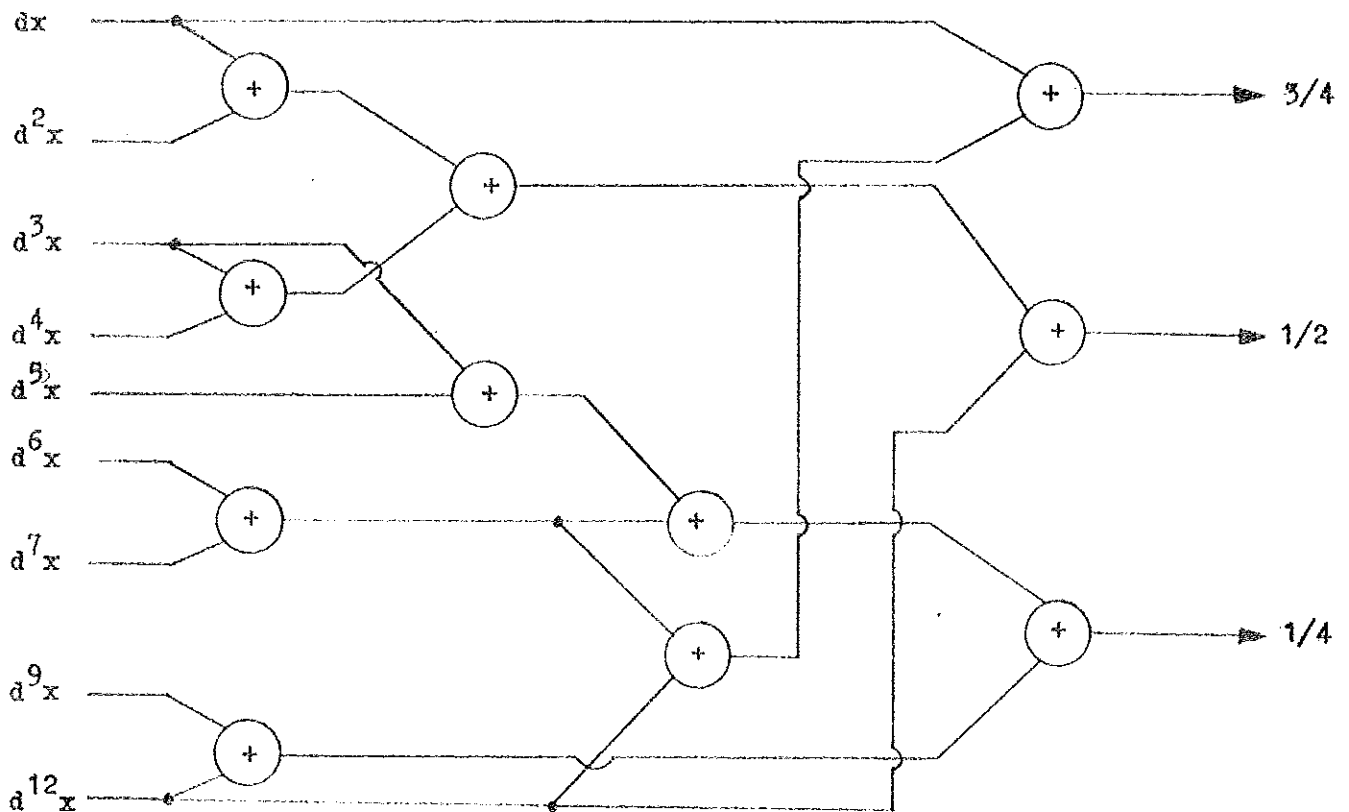


Fig. 15 Fördröjda utgångar



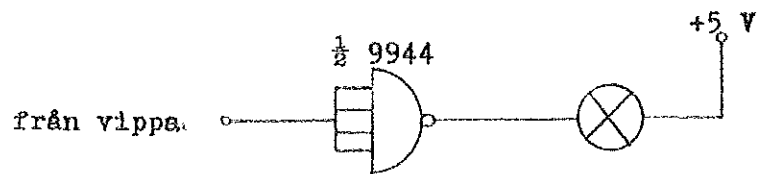


Fig. 16  
Drivning av indikatorlampor

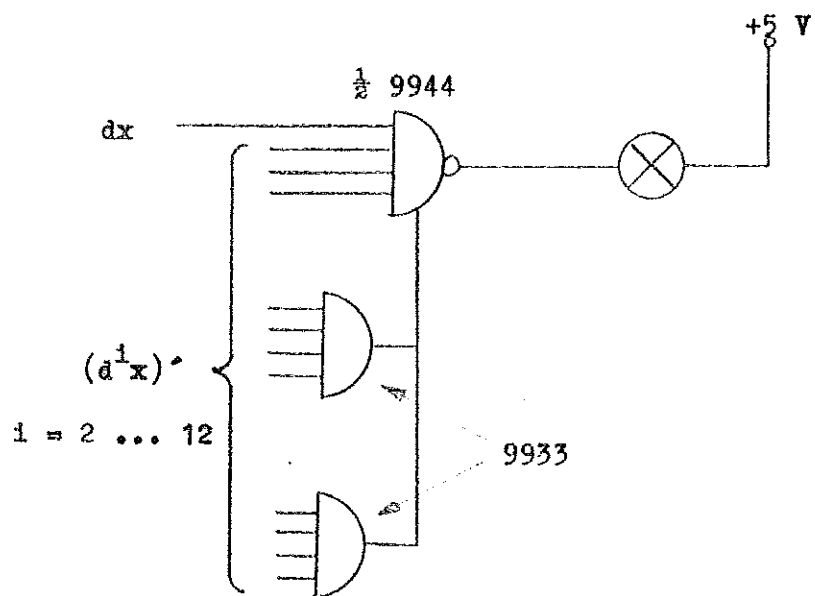


Fig. 17  
Drivning av startlampa

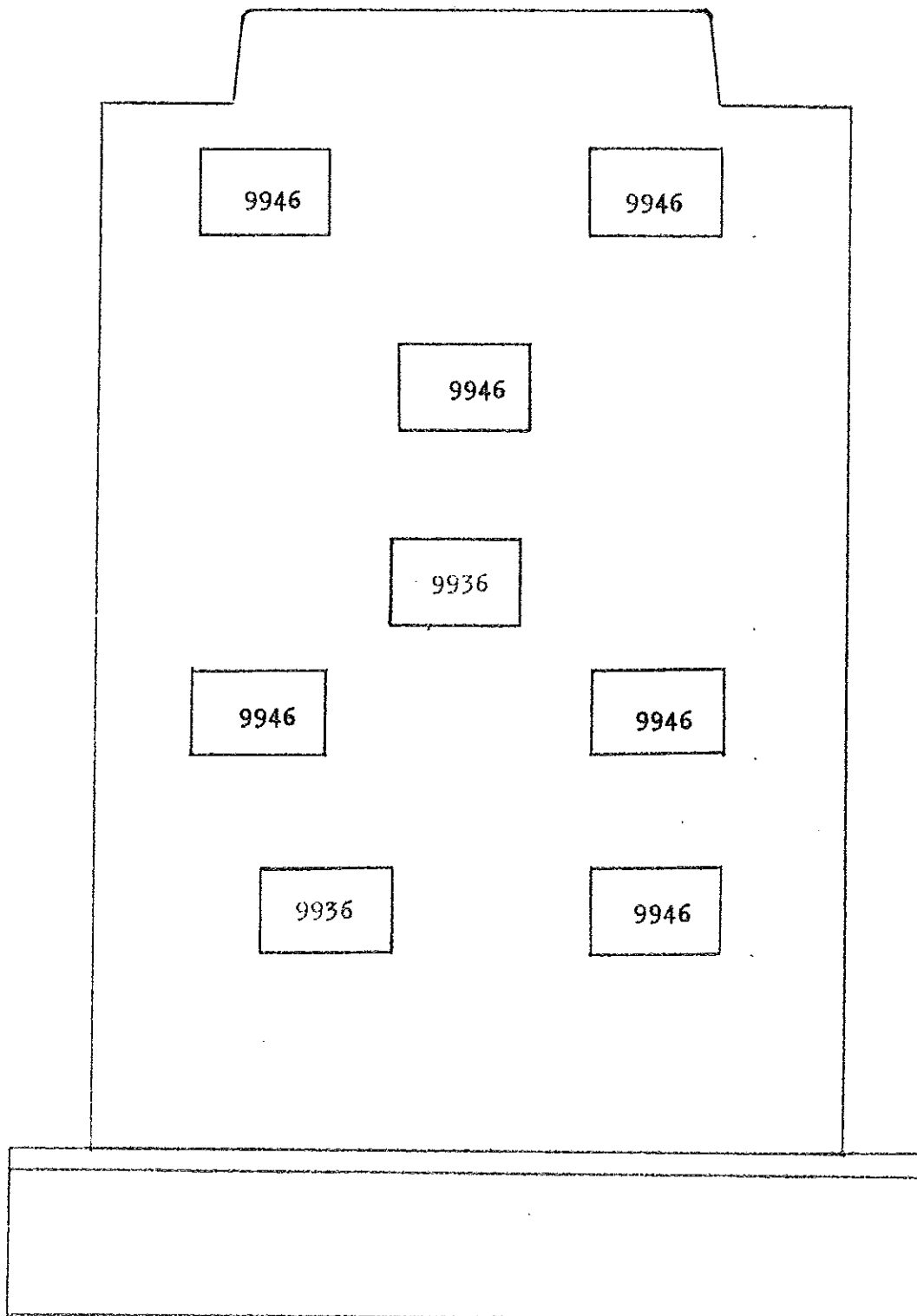


Fig. 18 Kort nr 1 : Återkopplingslogik

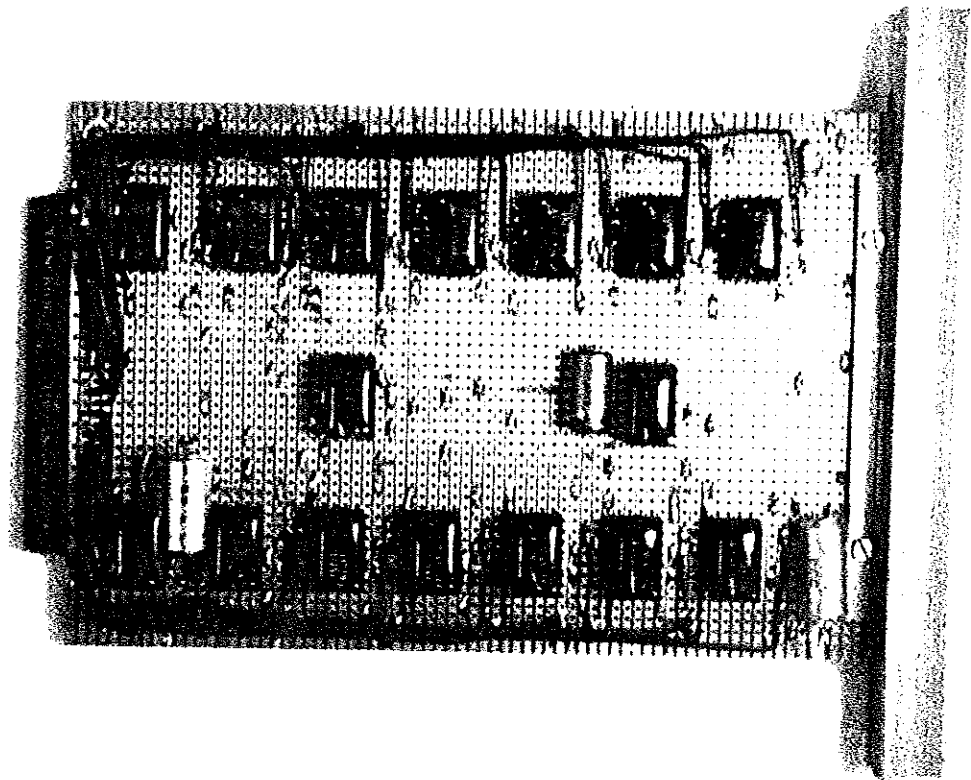


Fig. 19 Skiftregister

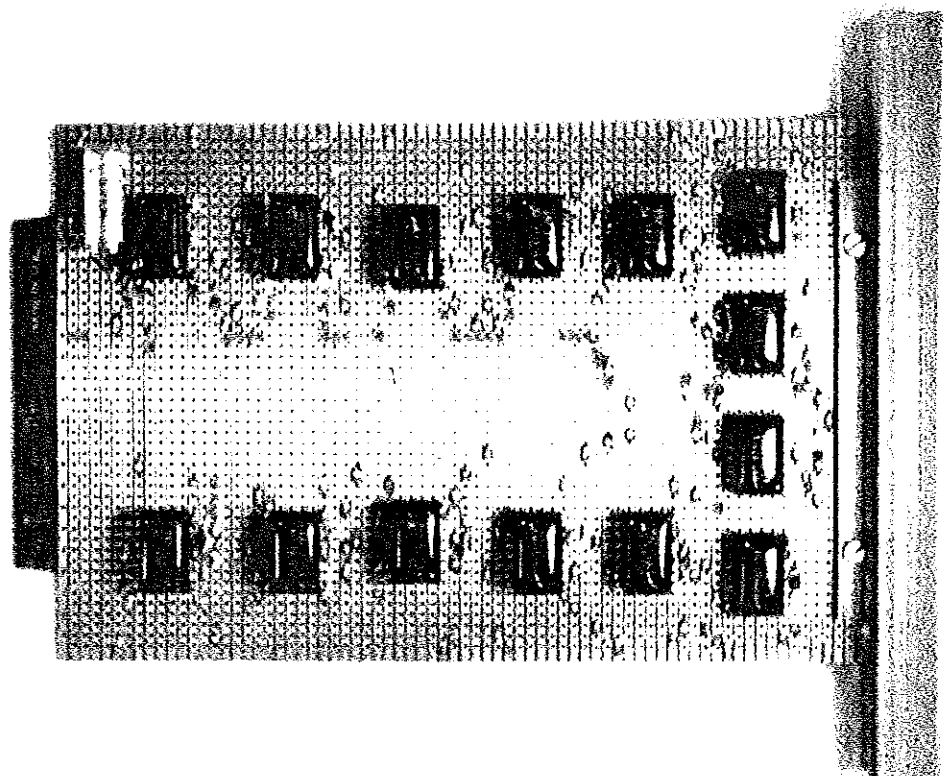


Fig. 20 Räknenhet

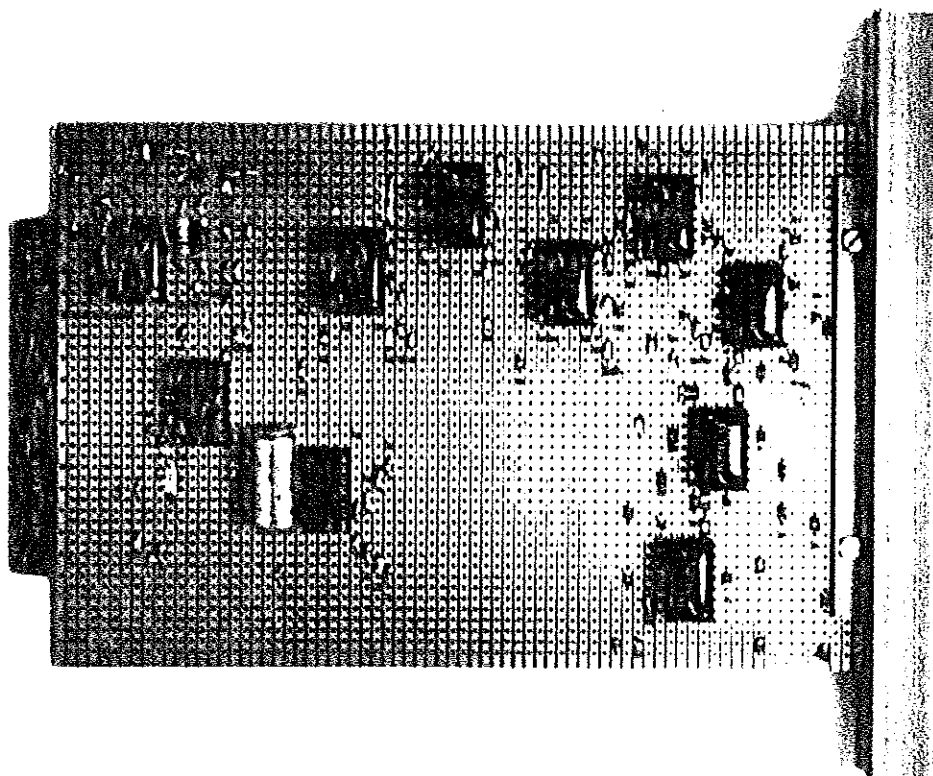


Fig. 21 Schmitttrigger, 50-räknare

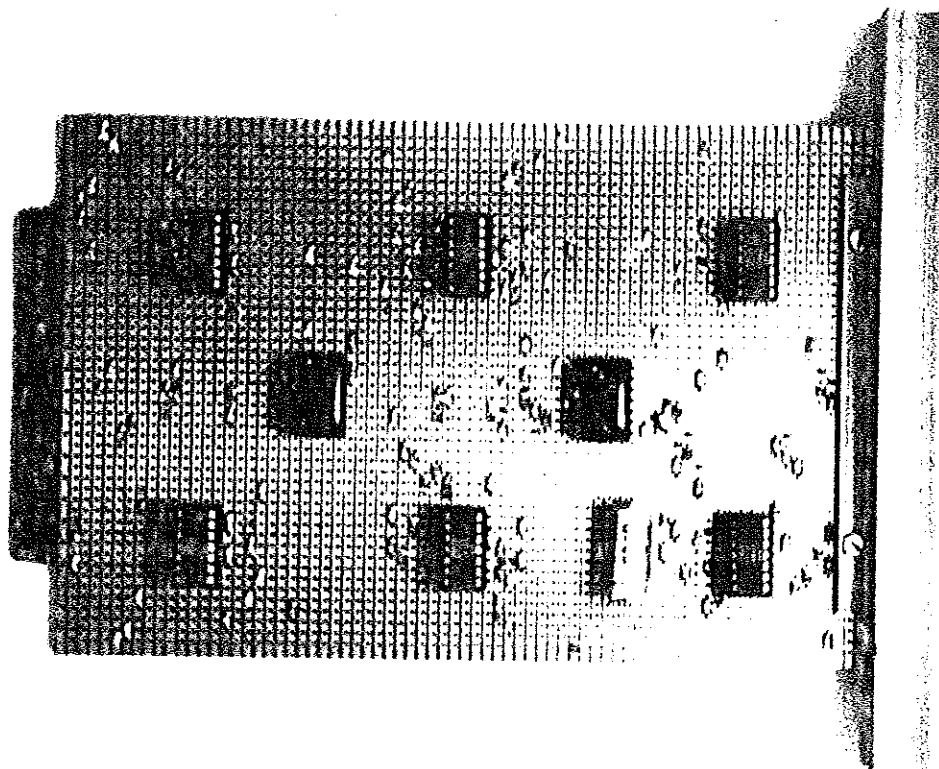


Fig. 22 Födröjningslogik

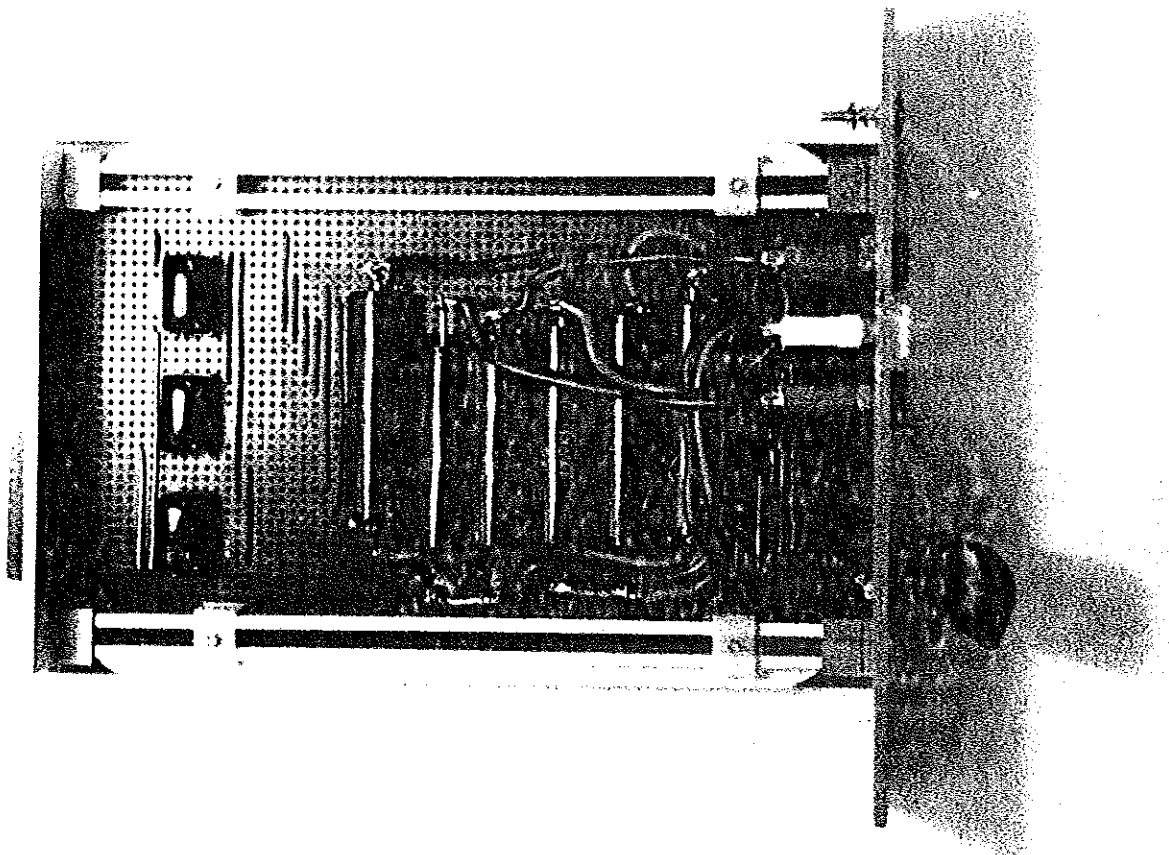


Fig. 23 2<sup>nd</sup>-modulen

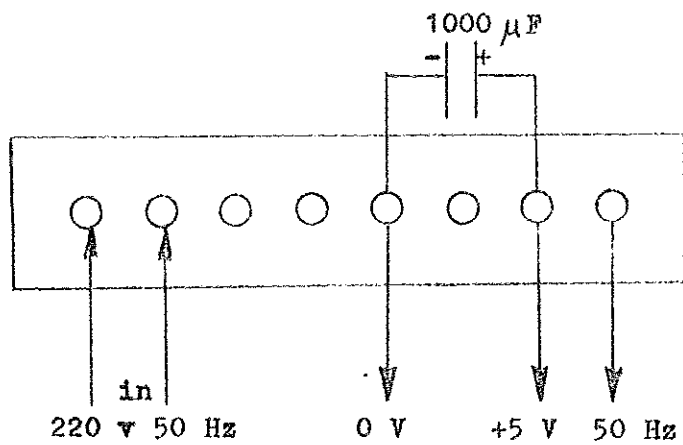


Fig. 24

Kopplingspanel på nätaggregat

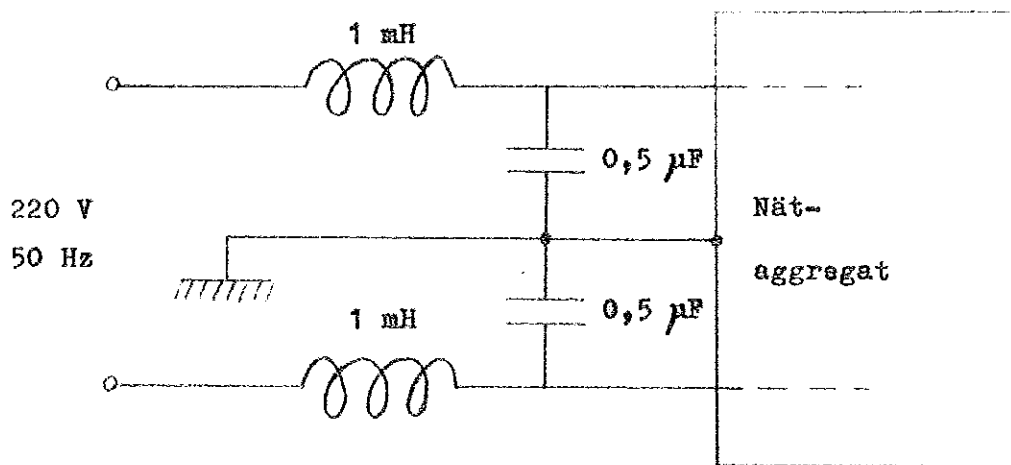


Fig. 25

Avstörningsfilter

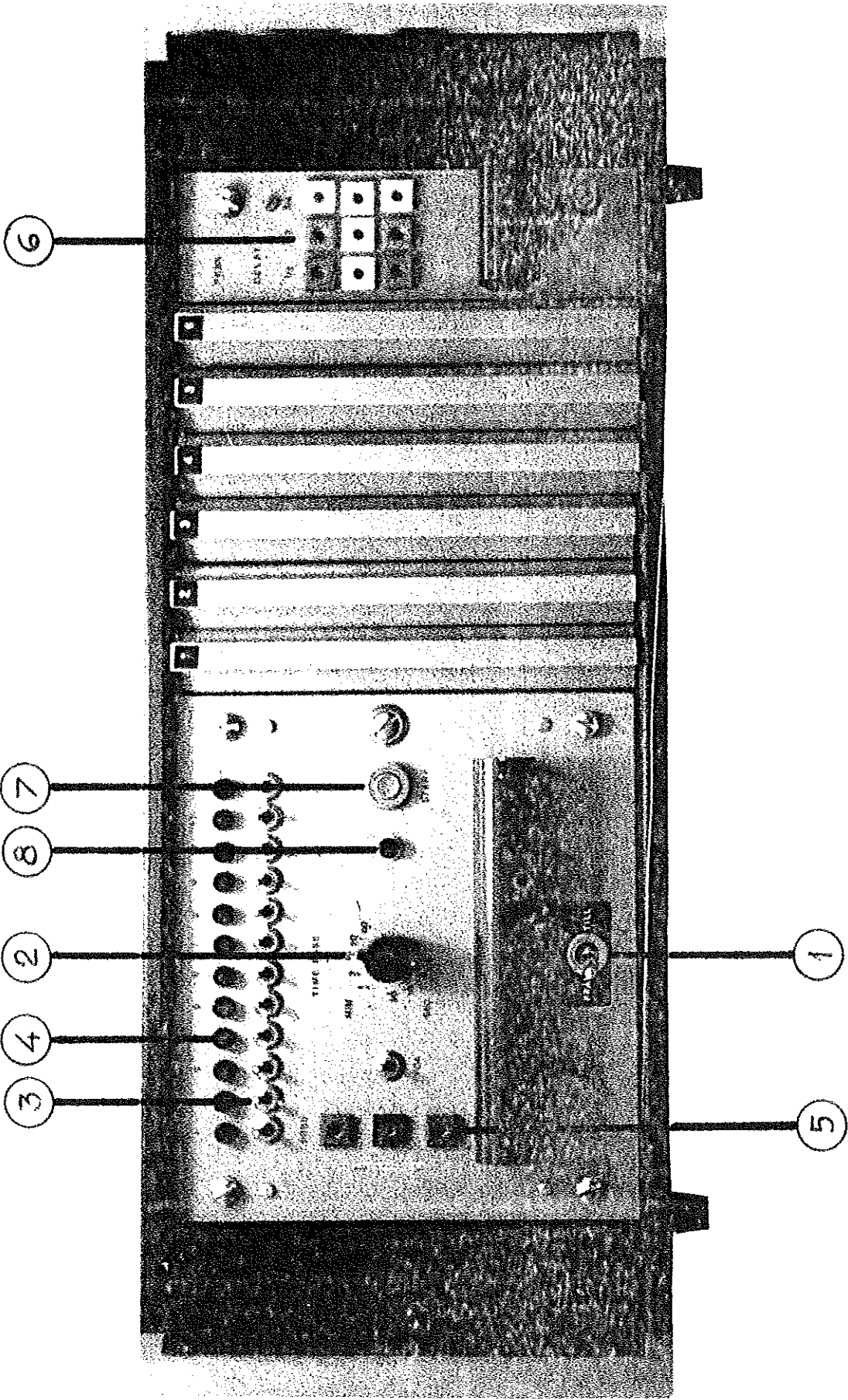


Fig. 26  
Front view

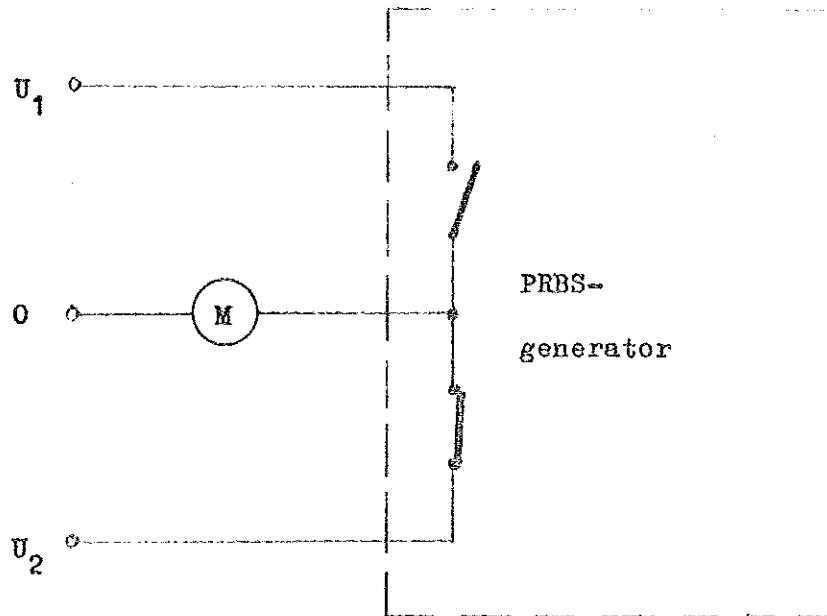


Fig. 27  
Inkoppling av elmotor

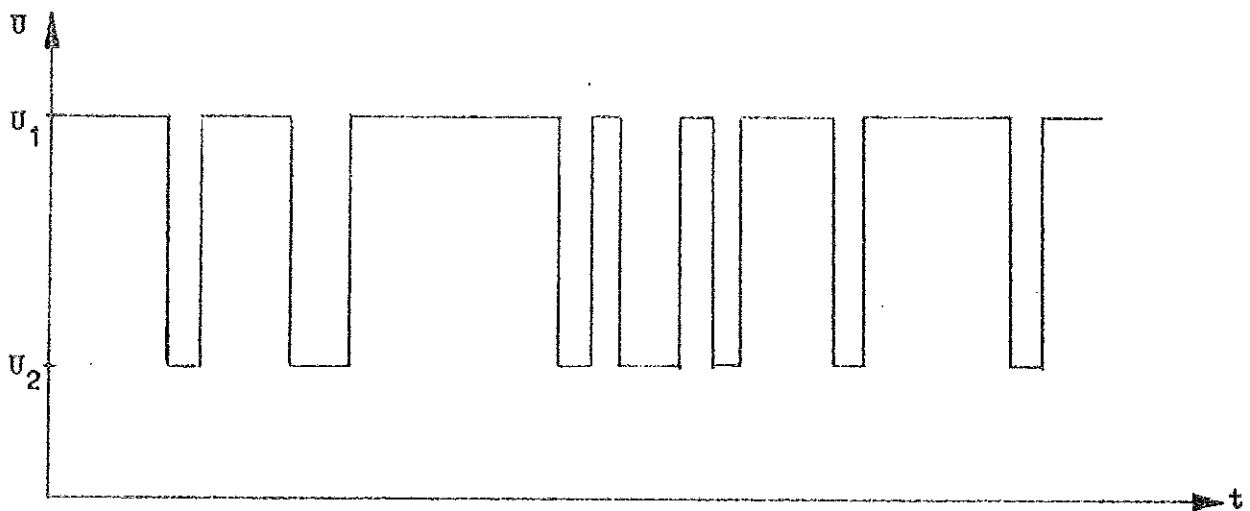


Fig. 28  
PRBS-signal till elmotor



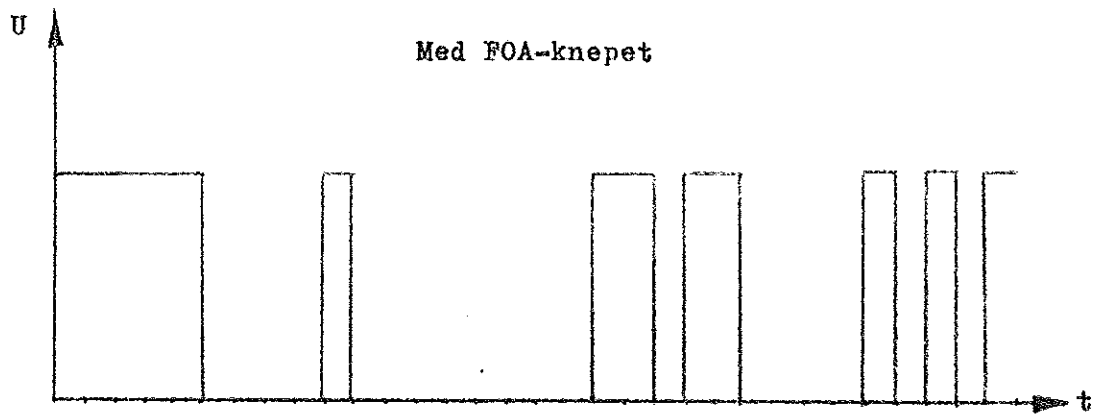
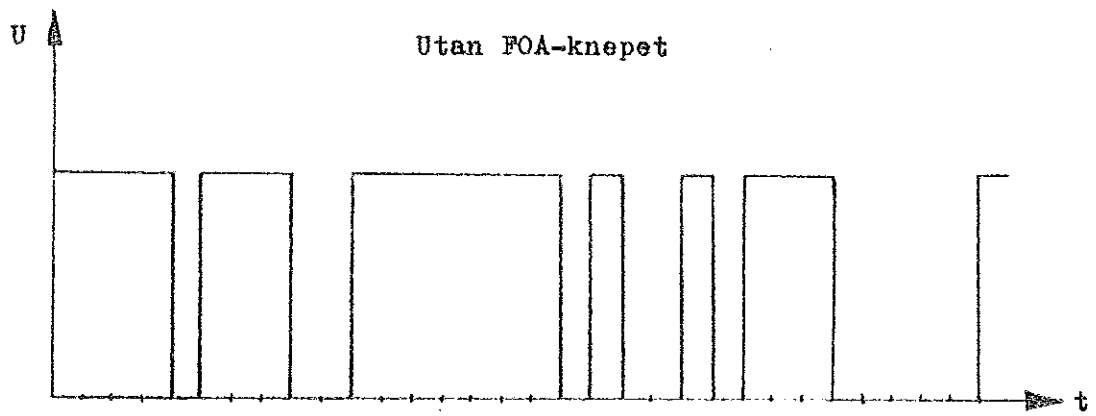


Fig. 29  
FOA-knepets inverkan på den ursprungliga signalen

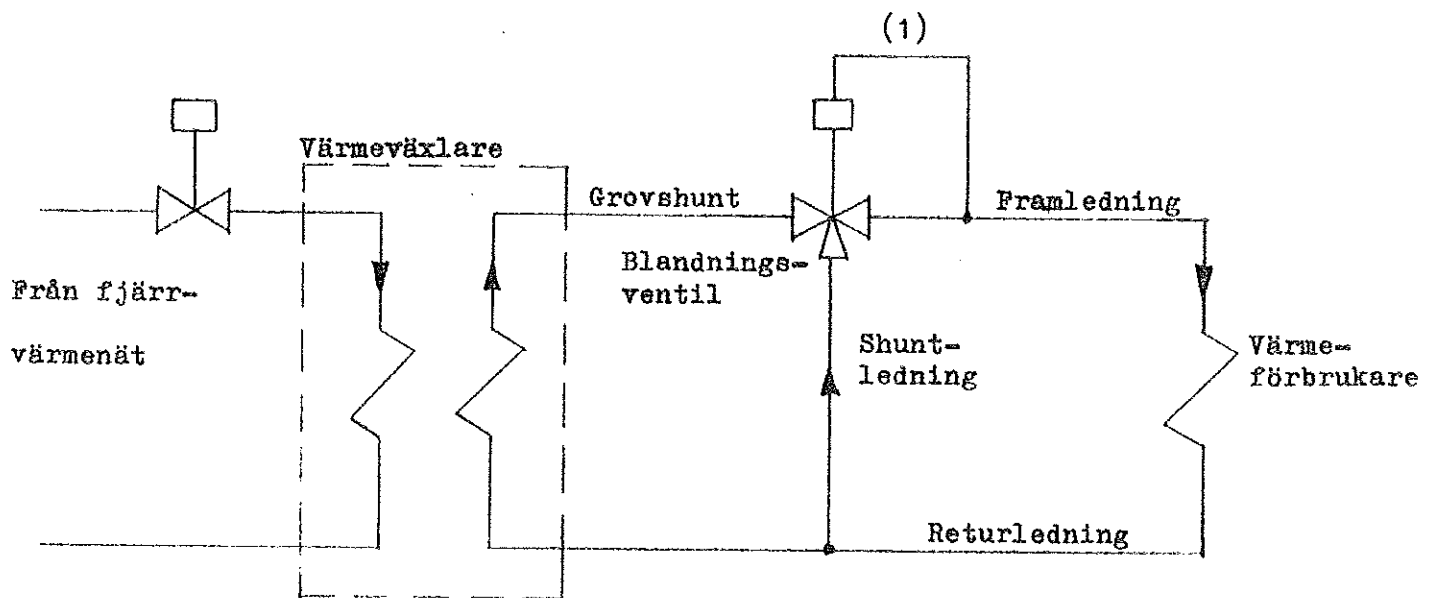


Fig. 30  
Husets värmesystem



Fig. 31

Ledningsdragnig på utsidan av huset

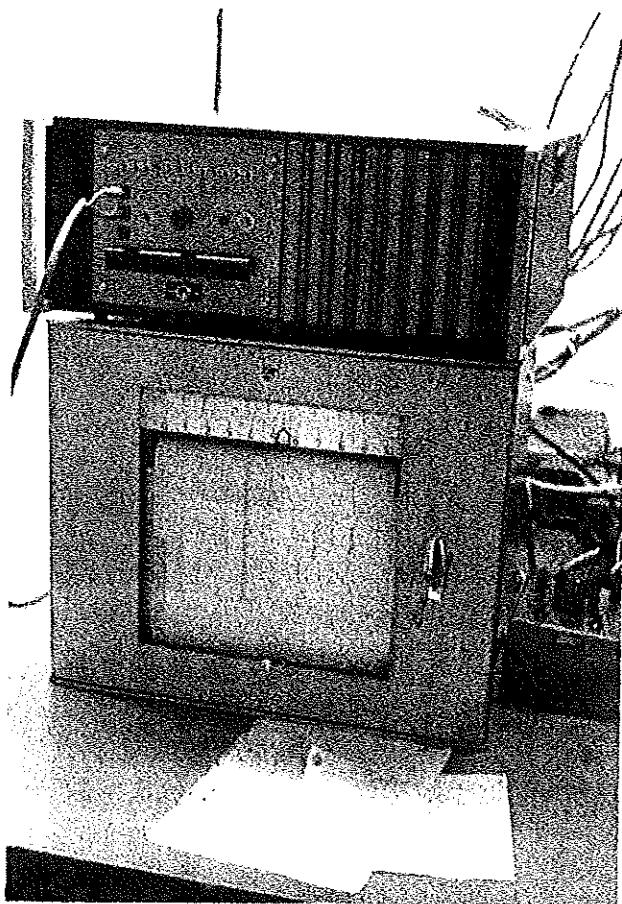


Fig. 32

PRBS-generator och skrivare

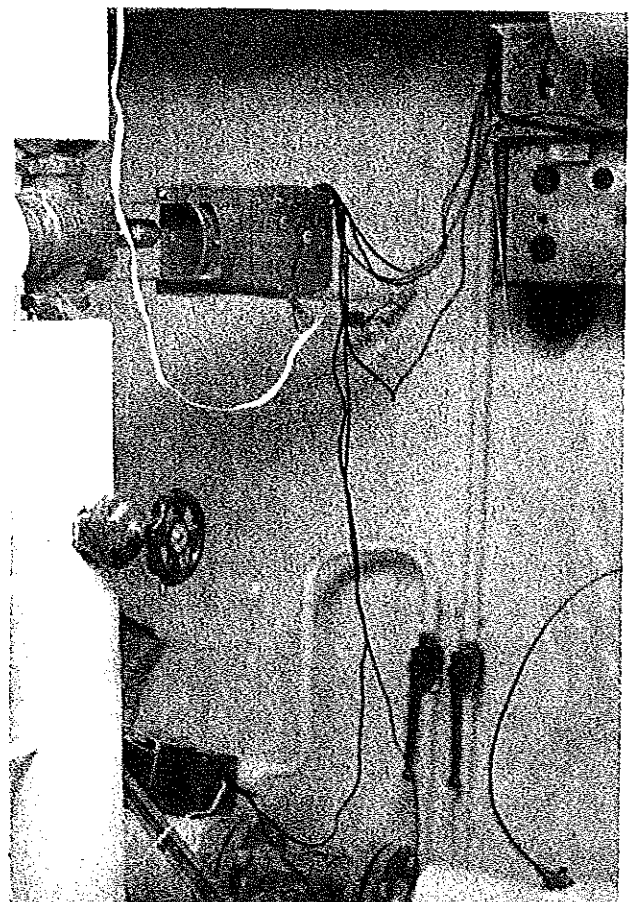


Fig. 33

Blandningsventil med motor

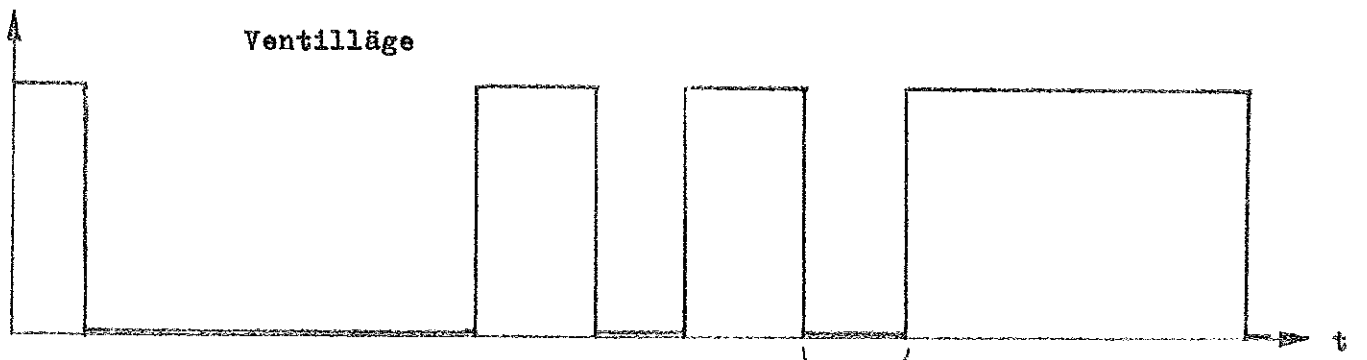
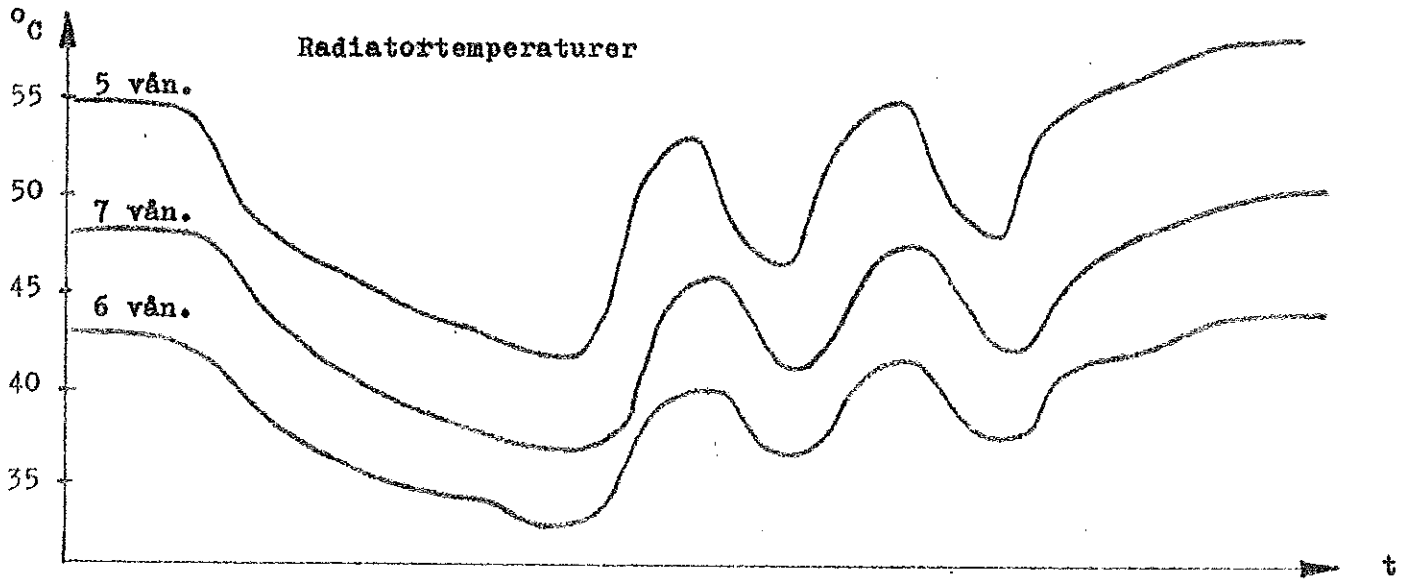
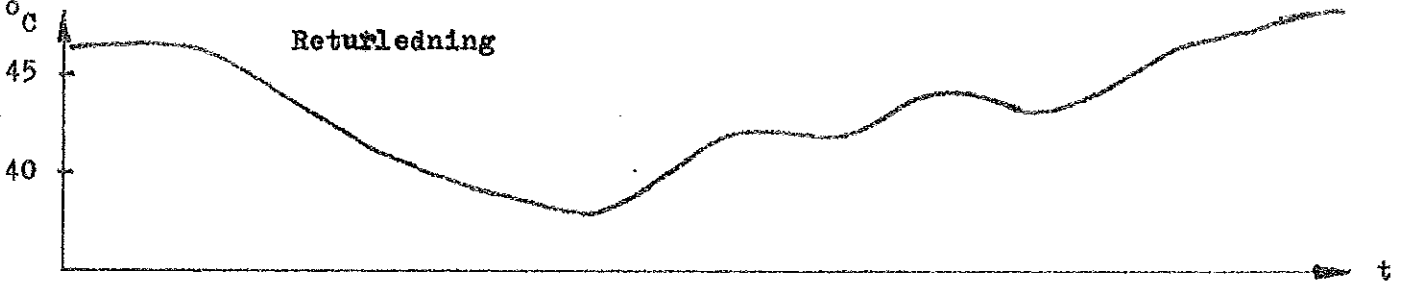
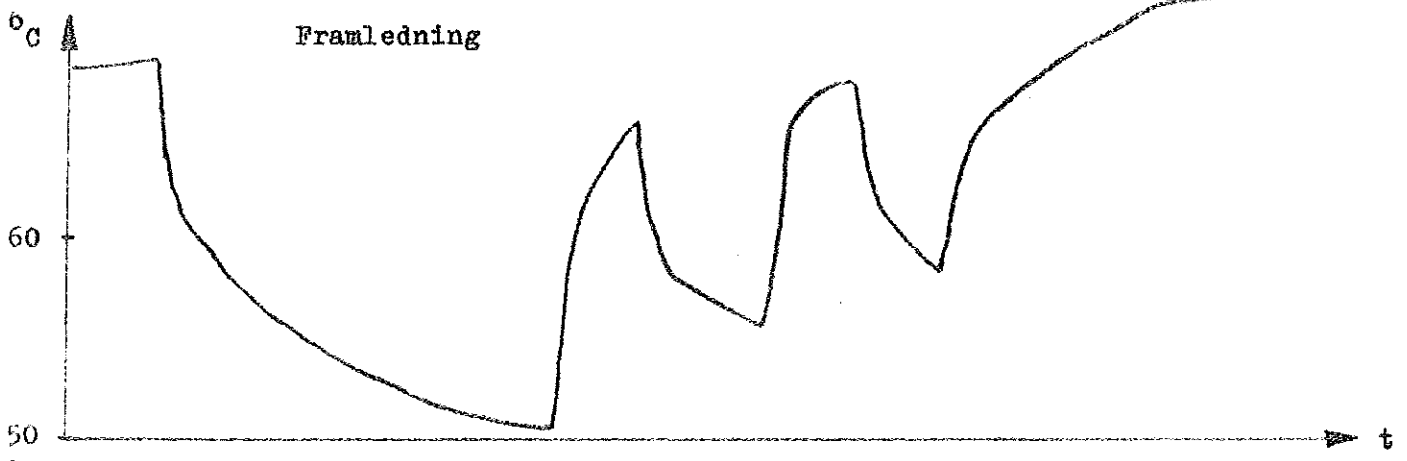


Fig. 34 20 min

Representativa mätresultat

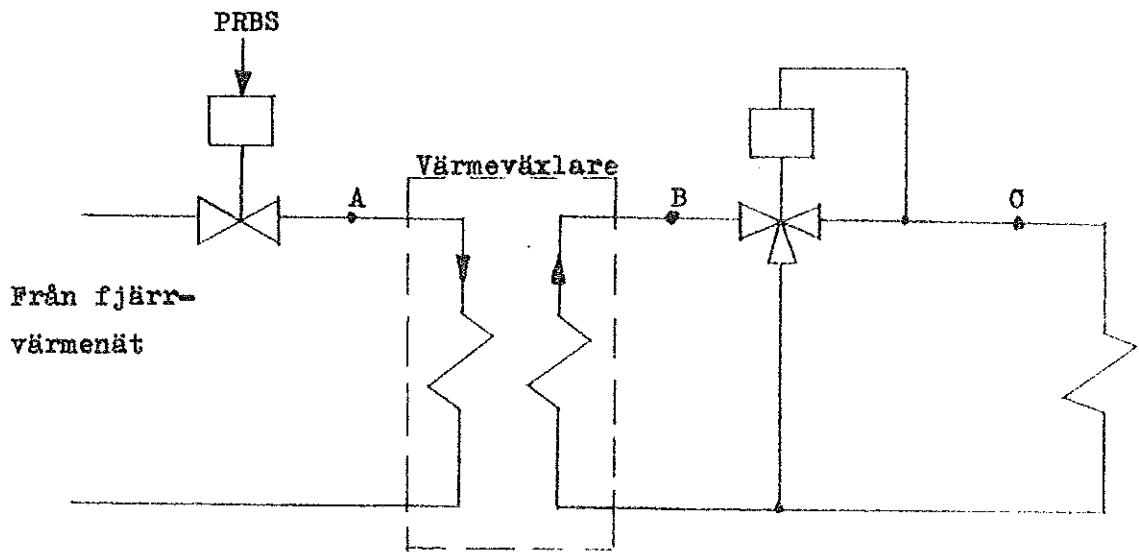


Fig. 35  
 Arrangemang vid mätning på värmeväxlare

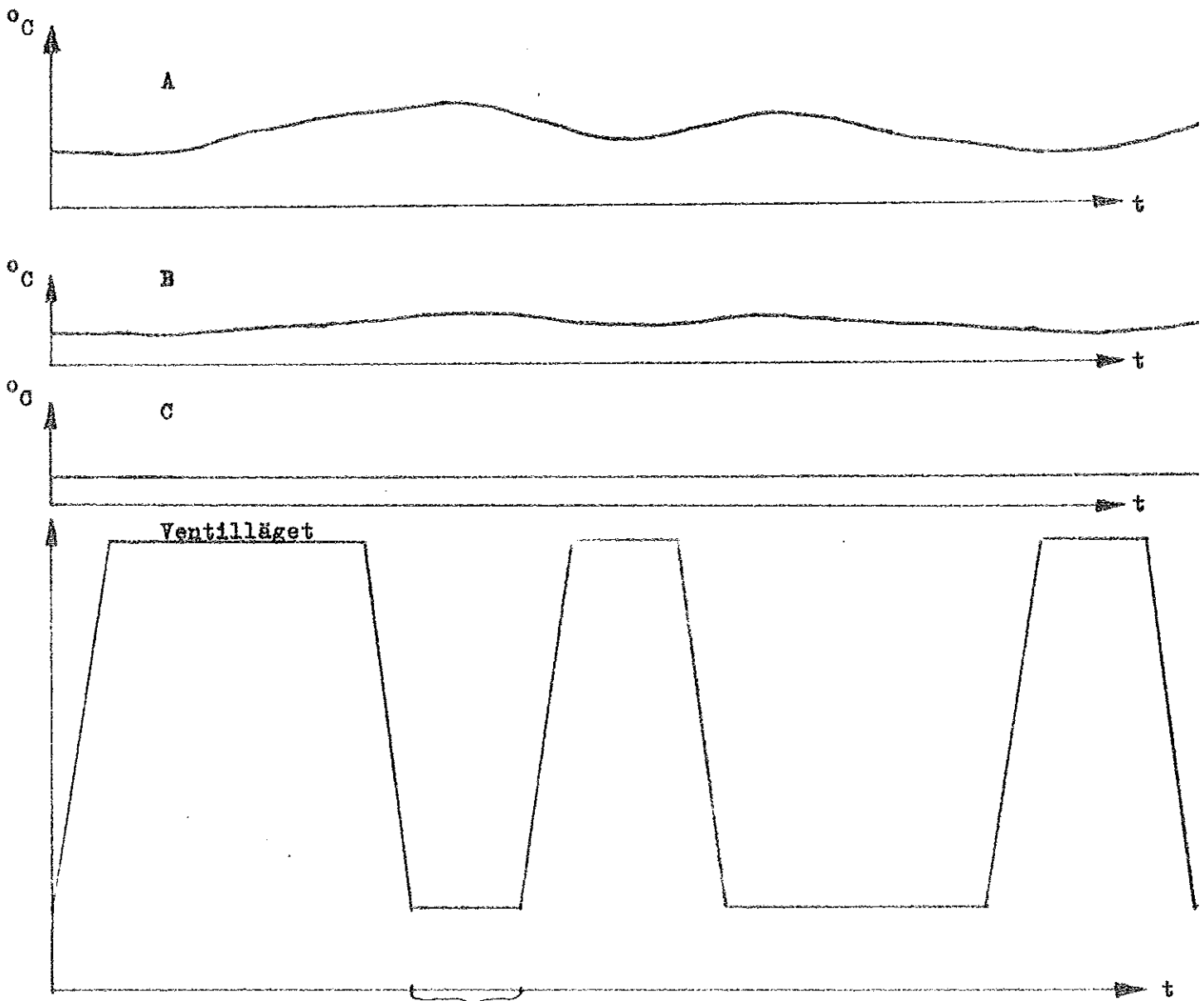


Fig. 36  
 Representativa mätresultat