

Rapport nr. 87.148

Automatisering av
petrofysiske målinger



Norges geologiske undersøkelse

Leiv Eirikssons vei 39, Postboks 3006, 7001 Trondheim - Tlf. (07) 92 16 11
Oslokontor, Drammensveien 230, Oslo 2 - Tlf. (02) 50 25 00

Rapport nr. 87.148	ISSN 0800-3416	Åpen/Offentlig	
Tittel: Automatisering av petrofysiske målinger			
Forfatter: Frank Andersson		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartbladnavn (M. 1:250 000)		Kartbladnr. og -navn (M. 1:50 000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 86	Pris: kr. 110,-
		Kartbilag:	
Feltarbeid utført:	Rapportdato: 1984	Prosjektnr.:	Prosjektleder:
Sammendrag: <p>Magnetisk remanens ble tidligere målt med et manuelt instrument, et "Oerstedmeter", som ved hjelp av fire målesonder på et målestativ måler små magnetfelt som avleses på et viserinstrument. Dette instrumentets funksjoner er omlagt slik at de kan utføres av en mikrodatamaskin.</p> <p>Arbeidet er utført som prosjektoppgave i teknisk kybernetikk ved NTH.</p>			
Emneord	Magnetometri		
Geofysikk			
Petrofysikk			Brukerdokumentasjon

Prosjektoppgave
i
teknisk kybernetikk
for
Frank Andersson

Utført våren 1984

ved

Norges geologiske undersøkelse
Trondheim

Trondheim, 27. april 1984
Frank Andersson

Prosjektoppgave i teknisk kybernetikk

for

Frank Andersson:

"Automatisering av petrofysiske målinger"

Måledata for beregning av bergartsprøvers egenvekt, susceptibilitet og remanens digitaliseres, prosesseres og lagres sammen med prøvenummer i mikrodatamaskin.

De ferdige data overføres fra mikrodatamaskinen til et database-system i HP3000 hvor prøvenes geologiske og geokjemiske data ligger lagret.

Denne oppgaven begrenses til utvikling av nødvendig hardware og software for å automatisere målingene med et Oerstedmeter. Styling av målingene samt lagring av dataene foretas ved hjelp av en mikrodatamaskin "GEOMAC I".

Faglig veileder: Per Eidsvig, Geofysisk avdeling, Norges geologiske undersøkelse

INNHold

	<u>Side</u>
SAMMENDRAG	5
1. INNLENDING	6
2. BESKRIVELSE AV UTSTYRET	7
2.1. Beskrivelse av instrumentet	7
2.2. Beskrivelse av mikrodatamaskina	10
2.3. Beskrivelse av utviklingsutstyret	13
3. GROVSKISSE AV LØSNING	14
3.1. Kontroll av forsterkerens linearitet	14
3.2. Kalibrering av instrumentet	17
3.3. Kompensasjon/kalibreringssignalet	18
3.4. Oppsummering	20
4. KRETSE OG PROGRAM	24
4.1. Inn-kretser for målesignalet	25
4.2. Ut-kretser med multipleksere	27
4.3. Tilleggs-kretser for multiplikasjon/divisjon	29
4.4. Testprogram for multiplikasjon/divisjon	33
4.5. Testprogram for inn- og utlesning	34
4.6. Kompensasjonsprogram	36
4.7. Kalibreringsprogram	40
4.8. Måleprogram	40
5. KONKLUSJON	45

VEDLEGG

1. Bruksanvisning for oerstedmeter med kretsskjema
2. Beskrivelse av mikrodatamaskina med kretsskjema
3. Sammendrag av RCA CDP 1802S instruksjonssett
4. Huskeliste for bruk av RCA Cosmac utviklingssystem
5. Testprogram for multiplikasjon/divisjon

6. Testprogram for inn/utlesning og konvertering
7. Kompensasjonsprogram
8. Kalibreringsprogram

SAMMENDRAG

Oppgaven går ut på å automatisere laboratoriemålinger av magnetisme i steinprøver. Vi har et manuelt instrument, et "Oersted-meter", som ved hjelp av fire målesonder på et målestativ måler små magnetfelt som avleses på et viserinstrument.

Instrumentets funksjoner omlegges noe slik at de kan utføres av en mikrodatamaskin. Vi lager kretser for grensesnittet mellom datamaskin og instrument. En instrumenteringsforsterker og en A/D-konverter muliggjør innlesning av målesignal, mens vi har en utkrets hvor en D/A-konverter genererer et statisk likespenningssignal, og et par analoge multipleksere sørger for skalavalg i instrumentet.

I tillegg til dette ble det koblet opp kretser for multiplikasjon/divisjon av to-bytes tall i mikrodatamaskina.

I denne oppgaven inngår en plan for hvordan instrumentet tenkes å bli samt prøveoppkobling av kretser og uttesting av disse. Jeg har også laget et par program som forbereder selve måleprogrammet, nemlig kompensasjon- og kalibreringsprogram.

Det som gjenstår er å lage måleprogram, monitorprogram, et langtidskalibreringsprogram og å koble kretsene til instrumentet.

KAP. 1. INNLEDNING

I denne oppgaven skal vi automatisere et instrument som måler små magnetfelt i steinprøver. Instrumentet har betegnelsen presisjonsfeltstyrkemåler type 1.107 eller "Oerstedmeter". Hensikten med automatiseringen er ikke å forbedre nøyaktigheten av målingene, men å forenkle bruken av instrumentet.

Instrumentet skal tilkobles en RCA CDP 1802 mikroprosessor med inn/ut porter og hukommelse sammensatt til en liten mikrodata-maskin. Som hjelpemiddel brukes en komplett utviklingsstasjon for RCA-mikroprosessorer.

Programmene som beskrives i oppgaven ligger lagret på disketten "FRANK".

Ellers rettes en takk for god hjelp og velvilje under utførelsen av oppgaven til veileder og andre ansatte ved Norges geologiske undersøkelse.

KAP. 2. BESKRIVELSE AV UTSTYRET

Vi skal først se litt nærmere på måleinstrumentet og kort forklare oppbygging og virkemåte. Deretter skal vi se litt på mikrodatamaskina og utviklingsutstyret vi skal bruke.

2.1. Beskrivelse av instrumentet

Instrumentet som skal automatiseres er altså et "Oerstedmeter" dvs. et instrument for måling av magnetfelt. (Oersted (oe) er enhet for felt, $1\text{oe}=10^{-4}$ Tesla). Instrumentet er tyskprodusert og litt over 20 år gammelt, slik at forsterkerkomponentene er radorør. Dets nøyaktighet er likevel relativt bra, og vi kan måle felt ned til størrelsesorden lik jordens magnetfelt (0,5 oe).

Instrumentets oppbygging og virkemåte er omstendig forklart i bruksanvisningen og kretsskjemaet som følger vedlagt. Her finner en også bilde av instrumentet og dets ulike funksjoner.

Som en kortfattet prinsipiell forklaring, kan en si at vi sender et høyfrekvent sinusformet signal i spoler med "høypermeabel" kjerne. Dette induserer signal i sekundærspoler som omslutter hver sin primærspole. Den ytre feltkomponenten som måles vil påvirke det induserte signalet. Null ytre felt vil gi bare ulike harmoniske i indusert signal, mens et ytre felt vil gi like harmoniske komponenter i signalet. Den 2. harmoniske i signalet blir filtrert ut, forsterket opp og brukt som et mål på ytre felt.

I praksis kobles spolene parvis slik at primærfeltene opphever hverandre og sekundærfeltene adderer hverandre. I fig. 1 ser vi en prinsippskisse for instrumentet, og i fig. 2 ser vi en oversikt over hva de forskjellige modulene i koblingsskjemaet gjør (jfr. vedlegg).

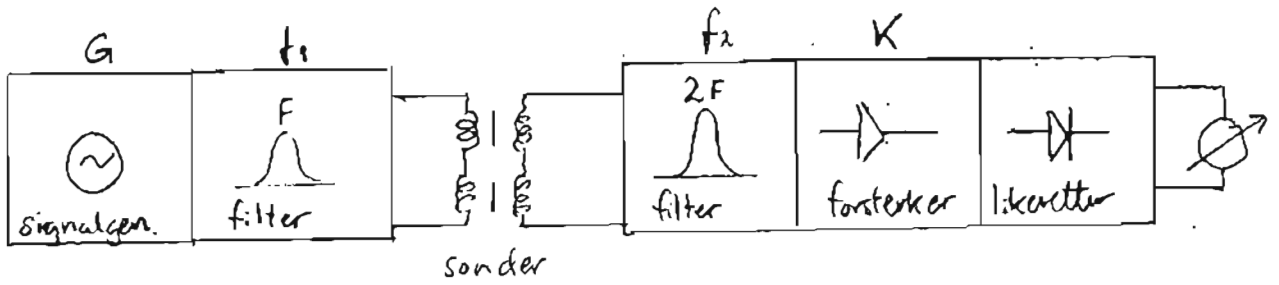


Fig. 1: Prinsippskisse Oerstedmeter.

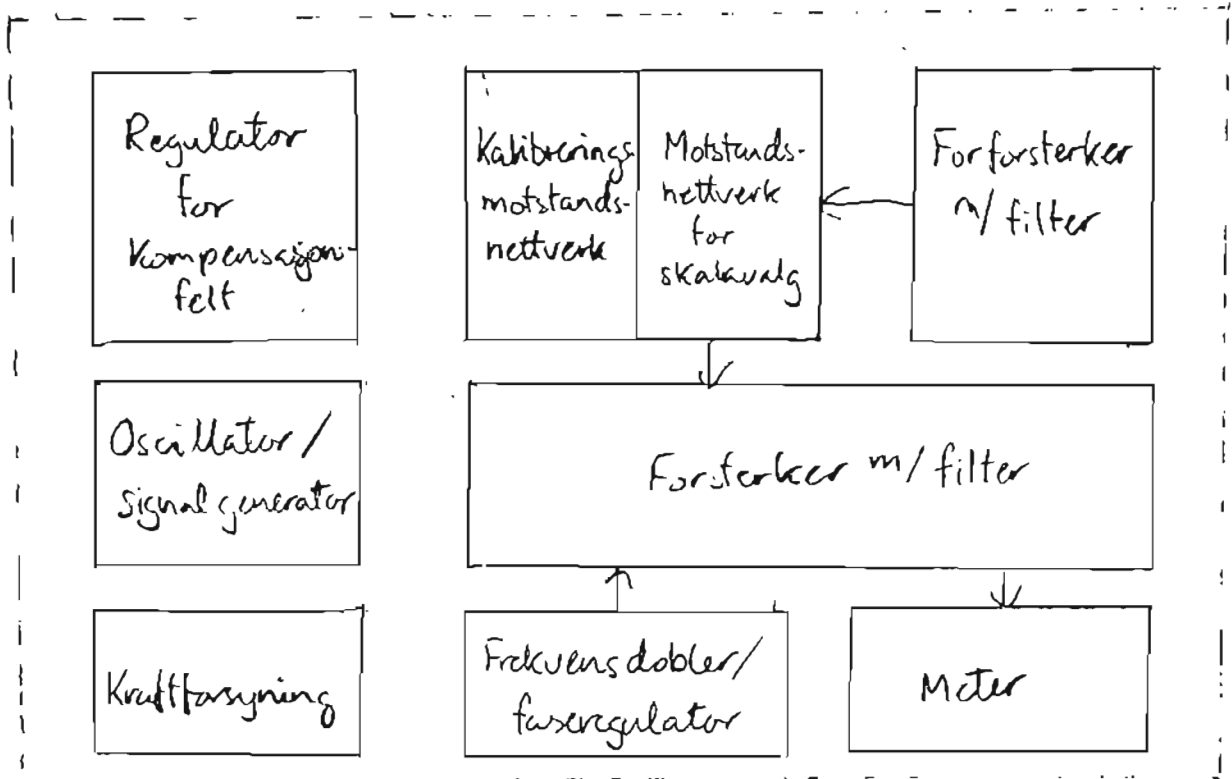


Fig. 2: Blokkskjema Oerstedmeter

Av bruksanvisningen ser vi at det fins en rekke anvendelsesmuligheter og forskjellig spoleutstyr for instrumentet. Vi bruker en spesialsonde for steinprøvemålinger som består av fire målesonder med hver sin primær- og sekundærspole plassert symmetrisk rundt steinprøven i et stativ som kan innstilles i forhold til jordfeltet. I senter av sondene har vi en kasse hvor steinprøven kan legges og måles i seks forskjellige retninger som en "terning". I tillegg har vi informasjon om avstanden fra sonde til sentrum av steinprøven slik at retning og størrelse på feltet i prøven kan bestemmes. Av dette og diverse andre målinger (vekt og volum) kan så steinprøvens susceptibilitet og remanens beregnes. Framgangsmåten for dette omtales ikke da den ansees som uinteressant for vårt problem.

I bruksanvisningen inngår også en beskrivelse av denne spesialsonden, og selve koblingen av spolene kan studeres nærmere i vedlegget.

Av funksjonene på instrumentet nevner vi de viktigste:

- skalavelger
- skrue for innstilling av nullpunkt i forsterkeren
- skrue for innstilling av forsterkning i forsterkeren
- grov- og fininnstilling av kompensasjonsfelt

Som vist i koblingsskjemaet har vi ti skalaområder og dertilhørende faste motstander for justering av forsterkningen.

For oversiktens skyld tar vi med en oversatt "punkt-for-punkt" bruksanvisning:

1. Sett skalaknapp på "START" og slå på nettbryter. Instrumentet har en oppvarmingstid på ca. 10 min.
2. Sjekk at mekanisk nullpunktsjustering av meteret er i orden.
3. Koble inn meteret og slå av kompensasjonsfelt.
4. Sett skalaknapp på "0" og juster nullpunktsjusteringa med et skrujern.

5. Velg skalaområde, trykk inn justeringsknapp og juster forsterkningsskruen slik at meteret gjør et utslag på 100 delstreker.
6. Still på kompensasjonsfelt slik at meter viser null uten steinprøve.
7. Legg i steinprøve, velg rett skala og les av meter.

Avstanden fra instrument til sonde bør være minst 1,5 m og sondestativet bør anbringes på et umagnetisk underlag. Ved svært nøyaktige målinger kan nullpunkts- og forsterkningsjustering gjentas ved skifte av måleområde.

En må altså kompensere slik at meteret viser null før måling. Denne innstillingen er avhengig av hvilket skalaområde som velges, og det vet man ikke før en tar en grovmåling av steinprøven. På denne måten blir det ganske mye skruing og innstilling av instrumentet hvis en skal gjøre nøyaktige målinger.

2.2. Beskrivelse av mikrodatamaskina

Målingen omtalt i forrige avsnitt skal altså styres av en mikrodatamaskin. Den maskina vi har til rådighet er utviklet av Sveriges geologiske undersøkelse for eget bruk. Den er oppbygd omkring en RCA CDP 1802 mikroprosessor og har rikelig med inn-/ uttilkoblingsmuligheter og lagerplass for vårt bruk. Det er for det meste CMOS-kretser som er brukt og forsyningsspenninga er på +5V. Maskina består av fire kort i et lite "rack". Kretsskjema for kortene samt en beskrivelse på svensk finnes i vedlegg 2. På kortene fins følgende:

Kort 1 (nederst): 7 kbyte CMOS EEPROM

Lageradresse fra 8000H til 9C00H

Kort 2: 16 kbyte CMOS RAM

Lageradresse fra 0 til 4000H

Kort 3: Inn-kort

Består av 3 bufrede RCA CDP 1852-porter og en 1852 port med tastaturdekoder for tilkobling av tastatur.

Kort 4: Prosessor-/ut-kort

Består av CDP 1802 prosessor med krystall og diverse kretser samt 4 stk. RCA CDP 1852 utporter.

Programmering foregår i assemblerspråk, og for uinvidde tar vi med at RCA prosessorene skiller mellom inn-/utlesing og lesing til/fra hukommelse. Vi har 3 n-linjer som bestemmer hvilken inn-/utport som adresseres. Er alle null så adresseres hukommelsen. Vi har også styresignalene MRD og MWR som kontrollerer inn-/utoperasjoner.

Ellers har vi fire EF-linjer inn til prosessoren som vi kan teste direkte på i programmet, og vi har en Q-linje ut fra prosessor som kan settes/resettes direkte. Vi merker oss at EF1 og EF3 er brukt internt på kortene.

I fig. 3 ser vi en skjematisk skisse av registrene i prosessoren og fig. 4 viser tilkoblingene. Vi ser at databuss og adressebuss er adskilt, og at vi har 16-2 bytes registre som kan fungere som pekere til adresser i programmet o.l. Akkumulator er D-registeret og vi har pekerne N,P,X som til enhver tid peker til bestemte registre.

Beskrivelse av avbruddssystem og mere detaljerte finesser utelates da vi ikke får bruk for det i oppgaven.

På prosessorkortet vårt har vi et krystall på 1.12 MHz. Det gir oss en instruksjonstid på 14 μ sek for alle instruksjoner unntatt lange "branch" og "skip" instruksjoner som tar 21 μ sek.

Data Flow in RCA-CDP1802 COSMAC Microprocessor

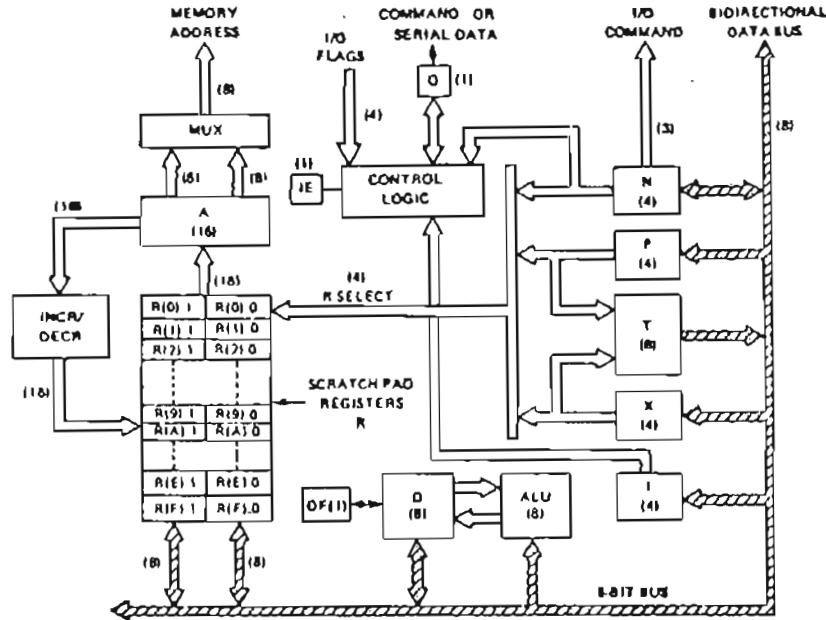


Fig. 3: Registerstruktur für Mikroprozessoren.

Terminal Assignments for the RCA CDP1802 COSMAC Microprocessor

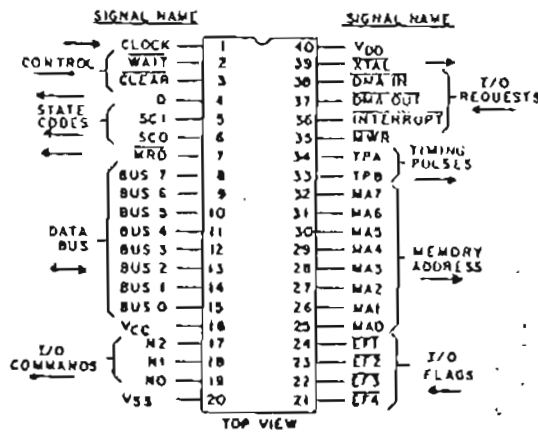


Fig. 4: Mikroprozessors anliedlinger.

Forandringer og koblinger internt og eksternt mellom kortene bortsett fra busskontaktene i "racket" omtales i kapittel 3, hvor vi også skal ta for oss tilkoblingen til instrumentet.

2.3. Beskrivelse av utviklingsutstyret

For utvikling og testing av program og kretser benyttes en RCA COSMAC utviklingsstasjon. Den består av en sentral mikrodata-maskin med tastatur og skjerm tilkoblet en dobbel diskettdriver og en skriver. Her har en mulighet for å skrive programmer i editor, lagring på diskett, ta ut programlisting på skriver og assemblere programmer.

I tillegg har en tilkobling til en mikromonitor for debugging og testing av programmer mot ferdig oppkoblet hardware. Mikromonitoren kan kjøres selvstendig mot hardware eller kommandoen kan overføres til den sentrale mikrodatamaskina slik at den styrer programutførelsen. Selve tilkoblingen mellom mikromonitoren og den hardware som skal testes består av at vi fjerner prosessoren fra sin sokkel og kobler inn en ledning til mikromonitoren. Prosessoren plasseres på en sokkel på mikromonitoren og får sine styresignaler gjennom den.

En kan så kontrollere programutførelsen ved hjelp av tastaturet og f.eks. kjøre et bestemt antall instruksjoner og se på innholdet i lager og CPU når som helst.

Programmene som skal testes lastes opp fra diskett og kan forandres direkte fra tastaturet dersom de ligger i RAM.

I tillegg brukte jeg også en logikkanalysator for å se tidsforløpet av signalene.

KAP. 3. GROVSKISSE AV LØSNING

Følgende signal skal overføres mellom instrumentet og mikrodata-maskina:

- målesignal fra instrumentet
- kompensasjonssignal til instrumentet
- signal for skalavalg i instrumentet
- signal for kalibrering av instrumentets forsterker.

Valg av skala skjer ved spenningsdeling av signalet fra forsterkeren. I stedet for en mekanisk kontakt her kan vi bruke en analog multiplekser. Samtidig bør vi undersøke om det lar seg gjøre å redusere antall måleområder.

Av kretsskjemaet ser vi at kompensasjonssignalet går ut i spolekontakten over pin 6, mens kalibreringssignalet går direkte ut i målespolen gjennom pin 8. Det viser seg at også pin 6 er koblet til målespolen, dvs. pin 6 og 8 er kortsluttet i en spolefordelingsboks som hører med til steinprøvesonden. Det betyr at kalibreringssignal og kompensasjonssignal kan slås sammen til ett signal.

For å finne ut litt mere om signal som er nevnt over, må vi se litt nærmere på det opprinnelige instrumentet. Vi må undersøke linearitetsegenskapene til forsterkeren i instrumentet, og vi må se litt mere på kompensasjons- og kalibreringssignalet.

3.1. Kontroll av forsterkerens linearitet

Det opprinnelige instrumentet har 10 forskjellige måle/skalaområder. Dersom forsterkerens linearitet tillater det kan vi redusere dette antallet slik at spenningen varierer over et større område uten at vi trenger å skifte skala.

For å ta opp en målekarakteristikk, dvs. spenning ut av forsterker som funksjon av felt, bruker vi en spole som vi sender strøm i og plasserer den i målestativet i sentrum av spolene.

Med instrumentet på måleområde 100 og nullpunkt, kompensasjon og forsterkning riktig innstilt, ble det tatt opp en god del målepunkter, og vinkelkoeffisienten $\Delta U / \Delta I$ ble beregnet. Verdiene ses i tabell 1 på neste side og I er strøm i spolen (prop. med felt) og U_0 er spenning ut av instrumentet. Det bemerkes at meteret på instrumentet var innkoblet under disse målingene.

Med spenning ut av instrumentet menes spenning målt mellom pin 1 og 5 i kontakten Bu3. Fullt utslag på meteret tilsvarer en spenning på 1,479 V med meteret innkoblet og 1,675V med meteret utkoblet.

På bakgrunn av målingene ser vi at lineariteten i forsterkeren er bra opp til 1,5·FS (full skala av meter).

Vi velger å redusere antall måleområder til 4, dvs. at vi må bruke en 8-kanals analog multiplekser hvor vi bruker følgende kanaler bestemt av multiplekserens tre styrebits.

MUX=0 tilsvarer område 1000 (styrebits lik 000)
MUX=1 tilsvarer område 200 (styrebits lik 001 osv.)
MUX=2 tilsvarer område 20
MUX=3 tilsvarer område 2
MUX=4,5,6,7 kobles til jord

(Merk at vi må ha 8-kanals siden vi også må ha mulighet for å jorde forsterkerinngangen). Siden multiplekseren kobler signal inn til en rørforsterker som har inngangsimpedans i $M\Omega$ -området, vil motstanden i multiplekseren bli neglisjerbar.

Når vi bruker forsterkeren opp til 1,5·FS får vi følgende måleområder dekket av de respektive skalavalg:

I [mA]	V_o [V]	$\frac{\Delta V_o}{\Delta I}$ [$10^{-3} \frac{V}{A}$]
-97.4	-3.156	31.01
-69.8	-2.300	31.94
-63.6	-2.102	32.86
-32.5	-1.080	33.17
-22.1	-0.735	33.09
-14.0	-0.467	33.47
-6.8	-0.226	32.73
-3.5	-0.118	32.67
0.7	0.016	22.86
1.4	0.040	34.29
2.1	0.062	31.43
2.59	0.079	34.69
3.1	0.098	37.25
4.4	0.141	33.08
5.08	0.163	32.35
7.24	0.237	24.26
10.46	0.346	33.25
15.57	0.521	34.28
20.6	0.692	34.00
26.8	0.972	34.15
36.4	1.231	24.08
38.9	1.314	33.20
43.3	1.464	34.09
45.5	1.537	33.18
46.8	1.582	34.62
48.2	1.631	35.00
50.8	1.717	33.08
52.1	1.761	33.25
53.0	1.792	34.44
54.9	1.853	32.11
56.2	1.899	35.38
60.6	2.043	30.73
63.5	2.141	33.79
72.9	2.448	32.66
76.7	2.571	32.37
81.0	2.710	32.33
85.4	2.849	31.59
89.1	2.965	31.35
94.1	3.121	31.20
96.5	3.194	30.42
97.0	3.210	32.00
100.4	3.315	30.88
103.8	3.414	29.12
105.7	3.470	29.47
109.5	3.581	29.21

Tabell 1: Kontroll av forsterkerens linearitet.

Merk at full skala (100 mV) utslag fås for $I = 42.95$ mA.

MUX=3 målinger med absoluttverdi 0-3-moe
MUX=2 målinger med absoluttverdi 3-30 moe
MUX=1 målinger med absoluttverdi 30-300 moe
MUX=0 målinger med absoluttverdi 300-1500 moe

3.2. Kalibrering av instrumentet

I det opprinnelige instrumentet foretas kalibreringen av forsterkeren ved at en justerer pot.metre slik at en får riktig utslag på meteret. Først justeres nullpunkt, deretter forsterkninga ved at en trykker inn justeringsknappen slik at en forhåndsbestemt strøm sendes i målespolene. Denne strømmen er bestemt av de faste motstandene som kobles inn ved å stille på skalaknappen. I den automatiserte versjonen blir disse motstandene koblet ut. Kalibreringen foregår på følgende måte:

Nullpunktskalibrering: Før måling reguleres kompensasjonsspenningen slik at vårt nullpunkt blir liggende innen rimelige grenser. Deretter måles spenning ut av forsterkeren for null felt og lagres i tabell. Dette blir gjort automatisk før hver måling så ofte operatøren vil, og for alle skalaområder, da det er uvisst hvilket område som blir benyttet. Med rimelige grenser mener vi en øvre og en nedre grense rundt null slik at vi ikke forskyver forsterkerens arbeidsområde ut over linearitetsgrensene. Da vi på denne måten korrigerer vår måling med nullpunktverdien spiller det ingen rolle for nøyaktigheten hva disse grensene er.

Forsterkningskalibrering: Etter at nullpunktskalibreringen er ferdig, adderer vi en spenning til kompensasjonsspenninga slik at vi får en kjent feltstørrelse ut av forsterkeren. Differansen mellom denne målingen og nullpunktsmålingen legges i tabell for alle fire skalaområder og gir sammenhengen mellom målt spenning og felt. Størrelsen på den spenninga som skal adderes til kompensasjonsspenninga under kalibreringen finnes som et tall i en

tabell, og kan bestemmes når vi vet at for en gitt strøm i vår testspole fra avsnitt 3.1., er feltet gitt. Dermed kan vi ta opp en del verdier for strøm-felt-sammenhengen før vi kobler ut den opprinnelige kalibreringssystemet i instrumentet. Dette er gjort i tabell 2 på neste side. Når vi kjenner denne sammenhengen, kan vi bestemme hvilken kompensasjonsspennning som gir samme spenning ut av forsterkeren som det påtrykte feltet gitt av strømmen i prøvespolen.

Denne oppdateringen av kalibreringstabellen kan kjøres som et langtidskalibreringsprogram, hvor en samtidig justerer mekanisk nullpunkt og forsterkning i forsterkeren med å skru på pot.metrene. Denne justeringen av forsterkeren har ingenting å si for nøyaktigheten i målingene våre, da forsterkeren blir kalibrert foran hver måling. En bør likevel foreta en slik justering en gang i blant slik at forsterkeren ligger i sitt normale arbeidsområde hvor lineariteten er best.

Vi velger å lese inn målesignalet til datamaskina under forutsetning av at meteret i instrumentet er utkoblet. Nominelt skal feltverdiene i tabell 2 gi 1,675V ut av instrumentet, noe som kan justeres ved langtidskalibrering.

3.3. Kompensasjon-/kalibreringssignalet

Som nevnt foran slås kompensasjon- og kalibreringssignalet sammen til en spenning som skal leses ut fra datamaskina og stå konstant ut til instrumentet. Her benytter vi en D/A-konverter, men vi må undersøke nærmere hvor store strømmer som skal leveres. Siden vårt signal setter opp et felt gitt av en strøm i spoler, er det strømstyrken som er interessant.

Maksimal strøm fra kompensasjonskretsen i instrumentet blir ca. $55 \mu\text{A}$ ($8,2\text{V}/150 \text{ k}$). Strømmen vra kalibreringsskretsen i instrumentet er forsøkt beregnet ved å måle spenninger i spennings-

Felt [mde]	Strøm i prøvespole [mA]	Skala-omr.
1000 -1000	437.0 -440.0	1000 1000
200 -200	86.49 -87.44	200 200
20 -20	8.688 -9.067	20 20
2 -2	0.8360 -0.871	2 2

Tabell 2: Sammenhengen mellom strøm i prøvespole og målt fett.

Målt med digitalmultimeter FLUKE s.no. 32 38 240 når kalibrering av oerstødmeteret er OK.

Avstanden fra senter av målestativ til måleprobene var:

- for spole i horisontalaksen: 12,0 cm
- for spole i vertikalaksen: 5,2 cm (stativet har påtrykt måleskala)

deleren som forsyner spenning til kalibreringsmotstandene. Denne opprinnelige kalibreringskretsen er tegnet i fig. 5 på neste side, men vi hopper over selve beregningen da resultatet likevel er meget unøyaktig. Målingene gir likevel en pekepinn om hvor mye strøm som går under kalibreringen. Vi får at kalibrering for:

- område 1000 gir	$I_k = 1,98 \text{ mA}$	$2000 \text{ } \mu\text{A}$	} Full (y) = $50 \times I_k (\mu\text{A})$ 18
- område 200 gir	$I_k = 397 \text{ } \mu\text{A}$	$396 \text{ } \mu\text{A}$	
- område 20 gir	$I_k = 44,9 \text{ mA}$	$40,2 \text{ } \mu\text{A}$	
- område 2 gir	$I_k = 8,8 \text{ mA}$	$3,97 \text{ } \mu\text{A}$	

Dermed har vi grunnlaget for å dimensjonere ut-kretsene klart. Skulle det vise seg at våre strømberegninger ikke holder og at det i realiteten går mere strøm ved kalibrering, går det fint å rette opp det etterpå.

En mere detaljert beskrivelse av de ut- og inn-kretser som trengs, kommer i kapittel 4 hvor vi tar for oss konstruksjon av kretser og program.

3.4. Oppsummering

Dermed skulle vårt måleproblem være omtalt såpass grundig at vi begynner å se konturene av løsningen. Vi skal oppsummere hvilke inn- og ut-kretser som må kobles til mikrodatamaskina og også ta med en kort brukerspesifikasjon for hvordan det ferdige systemet tenkes å bli.

En 8-kanals analog multiplekser styrer valg av skala. Inn fra instrumentet leses et differanselikespenningssignal hvis maksimale amplitude blir $1,675\text{V} \cdot 1,5 = 2,51\text{V}$ siden vi måler opp til 1,5 ganger full skala og 1,675V er spenning ut av forsterker ved FS-utslag. Dette forsterkes ca. 2 ganger i en instrumenteringsforsterker, lavpassfiltreres da vi har litt rippel på speningene

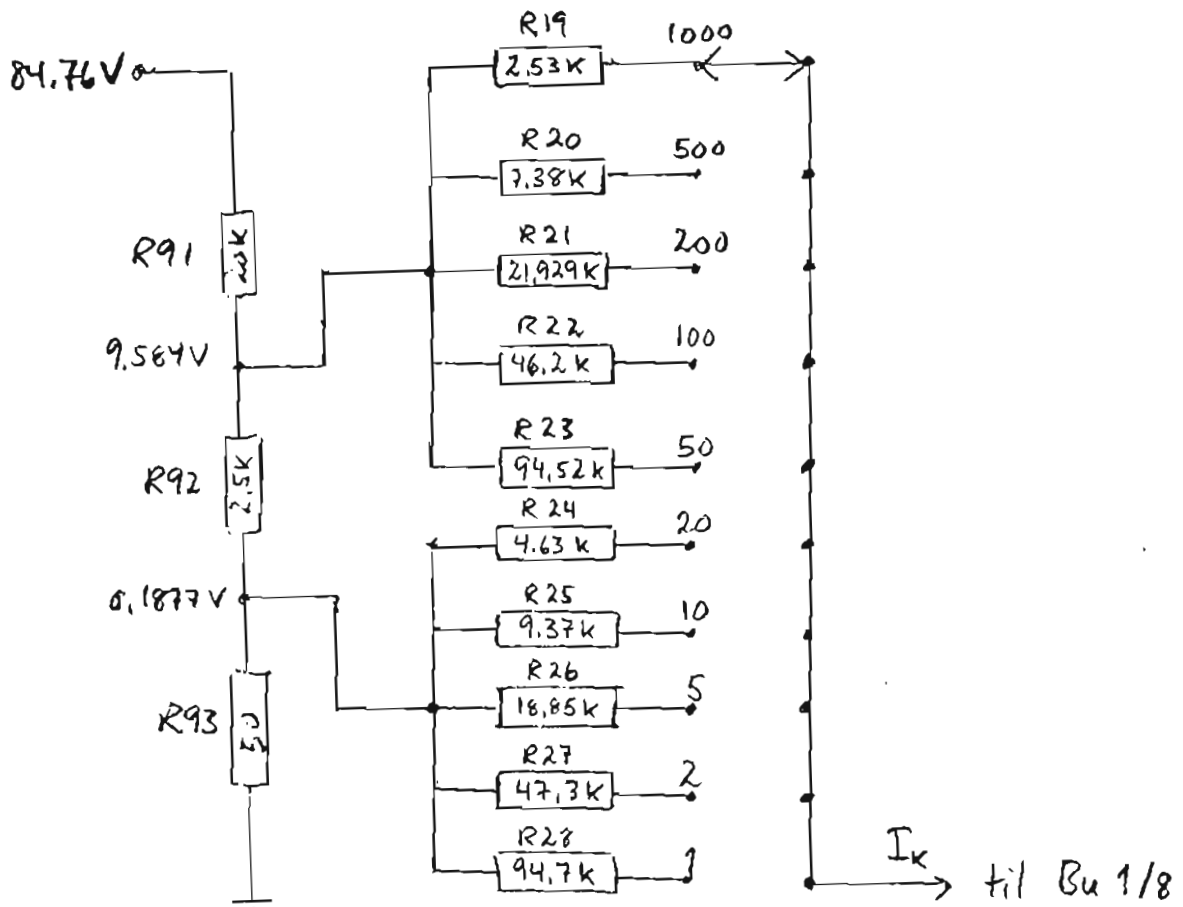


Fig. 5: Motstandsnettverk for kalibrering.

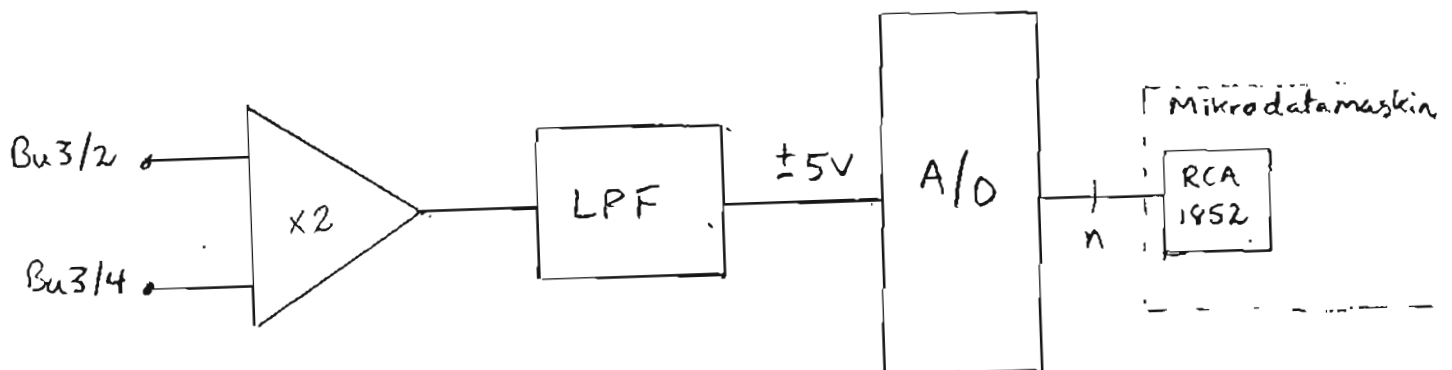


Fig. 6: Blokkskjema inn-kretser.

ut fra instrumentet, hvorpå signalet omformes i en A/D-konverter. Blokkskjema av inn-krets er vist i fig. 6.

Som nevnt får vi utsignal fra mikrodatamaskina som styrer multi-plekser og gir kompensasjonsspenning fra D/A-konverter. I tillegg kommer eventuell styring/kontroll av konverterne og tilkobling av tastatur/display. Tastatur/display er ferdig utviklet hos NGU og kan tilkobles prosessoren som et ordinært hukommelselement.

De forskjellige program bør styres av et monitorprogram som kaller forskjellige subrutiner. Disse subrutinene startes av operatør fra tastatur, og en får følgende subrutiner:

- langtidskalibreringsprogram hvor operatør foretar mekanisk justering av forsterkeren i instrumentet og oppdaterer en kalibreringstabell med å sende en bestemt strøm i prøve-spolen
- kompensasjon og kalibreringsprogram som startes før hver steinprøve skal måles, og som gir riktig nullpunkt og bestemmer sammenhengen mellom målt spenning og felt på grunnlag av kalibreringstabellen
- måleprogram som måler feltet i steinprøven og velger riktig skala automatisk
- eventuelt kan også finnes program som overfører måleresultatene til et sentralt dataregister eller et permanent sekundærlager.

Monitorprogrammet bør sørge for at når ingen av programmene går så multiplekser forsterkerens inngang til jord samtidig som kompensasjonssignalet settes lik null.

Vi nevner også at hver steinprøve har sitt prøvenummer og skal måles i seks forskjellige retninger. En passende datastruktur for lagring av dette bør finnes.

En foreløpig brukerspesifikasjon for systemet blir noenlunde slik:

1. Slå på systemet og la det stå på ca. 10 min. for oppvarming.
2. Legg inn verdiene i kalibreringstabellen eller foreta ny oppdatering av tabellen og kalibrering av forsterkeren i instrumentet
3. Kjør kalibrering/kompensasjonsprogram
4. Legg i steinprøven, trykk kommando for start og måleprogram. Dette gjentas for alle seks forskjellige retninger av steinprøven
5. Tast inn prøvenummer

Dermed lagres målingen på fast plass i mikrodatamaskinens hukommelse, og den kan senere overføres til en annen enhet.

Selve lagringen av data og datastruktur omtales ikke, da det faller utenfor rammen av hva som blir gjort i oppgaven.

En mere detaljert beskrivelse av kretser og program følger i neste kapittel.

KAP. 4. KRETSE OG PROGRAM

Vi skal se litt nærmere på konstruksjon og valg av komponenter i ut- og innkretser for mikrodatamaskina. Som nevnt har vi ut/innporter ferdig oppkoblet som kan adresseres direkte i program med spesielle inn- og ut-instruksjoner. Problemet blir da å lage resten av grensesnittet mellom datamaskina og instrumentet, koble opp kretsene og teste dem. Deretter må instrumentet kobles til og programvare må lages og testes ut.

De hensyn som ble lagt til grunn for valg av komponenter så som konvertere, multipleksere etc. var i første rekke at det skulle være CMOS-kompatible og at de skulle forefinnes på lager hos NGU.

Jeg vil alt nå foregripe begivenhetens gang, og medgi at jeg på langt nær ble ferdig med denne oppgaven. Det som er gjort er konstruksjon av de kretser som må til samt skriving av noen små program for uttesting av kretsene. I tillegg er delprogram for kompensasjon og kalibrering ferdige.

Men ennå gjenstår å lage måleprogram, program for langtidskalibrering, monitorprogram og å koble kretsene til instrumentet. Det bemerkes også at kretsene kun er oppkoblet på et "patchebrett" slik at permanente kort må loddes.

I tillegg til de kretsene som hittil er nevnt, ble det koblet opp kretser for multiplikasjon/divisjon på mikrodatamaskina.

Et annet spørsmål var hvor mange bits nøyaktighet en skulle ha på konverterne. Det kritiske er målesignalet, og det har et variasjonsområde på 5V. Med 8 bits konverter blir oppløsninga ca. 20mV, og med 12 bits blir den 1,2mV. For ikke å få dårligere oppløsning enn det vi hadde med det gamle viserinstrumentet, måtte vi velge 12 bits, og det ble gjort.

Vi skal nå se litt nærmere på det arbeidet som er gjort - og en del av det som er ugjort.

4.1. Inn-kretser for målesignalet

Innkretsen ble konstruert ut i fra blokkskjemaet i fig. 6, og den ferdige kretsen er vist i fig. 7 på neste side.

Instrumenteringsforsterkeren er en krets fra Burr Brown typebetegnelse INA 101, og dens forsterkning er gitt av ligningen $G=1+40K/R_G$.

Med $R_G=39k\Omega$ får vi $G=2,03$.

Målesignalet fra instrumentet har en støykomponent (en rippelspanning) med frekvensen 20 kHz. Et enkelt lavpassfilter med en pol bestående av en motstand og en kondensator med knekkfrekvens på 1,95 kHz fjerner støykomponenten.

A/D-konverteren er fra Datel og jobber etter dobbel rampe-prinsippet. Den kan kjøres kontinuerlig eller startes av en "start convert" puls. Vi vilger å starte den med Q-signalet fra prosessoren. Under konvertering går E.O.C. (end of conversion) høy, og når nye data er klar, går den lav. Dette testes på linja EF2.

Operasjonsforsterkeren AD 301 AL sørger for at konverteren får sitt tallområde $\pm 5V$. Dette gjøres på den måten at den leverer en konstant strøm til inngangsterminalen på konverteren som blir addert til signalstrømmen gjennem R_{INN} .

For mere informasjon henvises til datablad for kretsene. I figurteksten står forklaring på tilkoblingskodene til mikrodatamaskina. Disse kontaktangivelsene kan finnes igjen på kortkontaktene eller i vedlegg 2.

I datablad for konverteren står det at en konvertering tar mindre enn 24 mS. Konverteren er altså relativt treg, men for vårt bruk er den rask nok ettersom vi ikke har noen strenge tidskrav.

For uttesting av kretsen henvises til et senere avsnitt hvor vi presenterer et testprogram for inn- og ut-lesning.

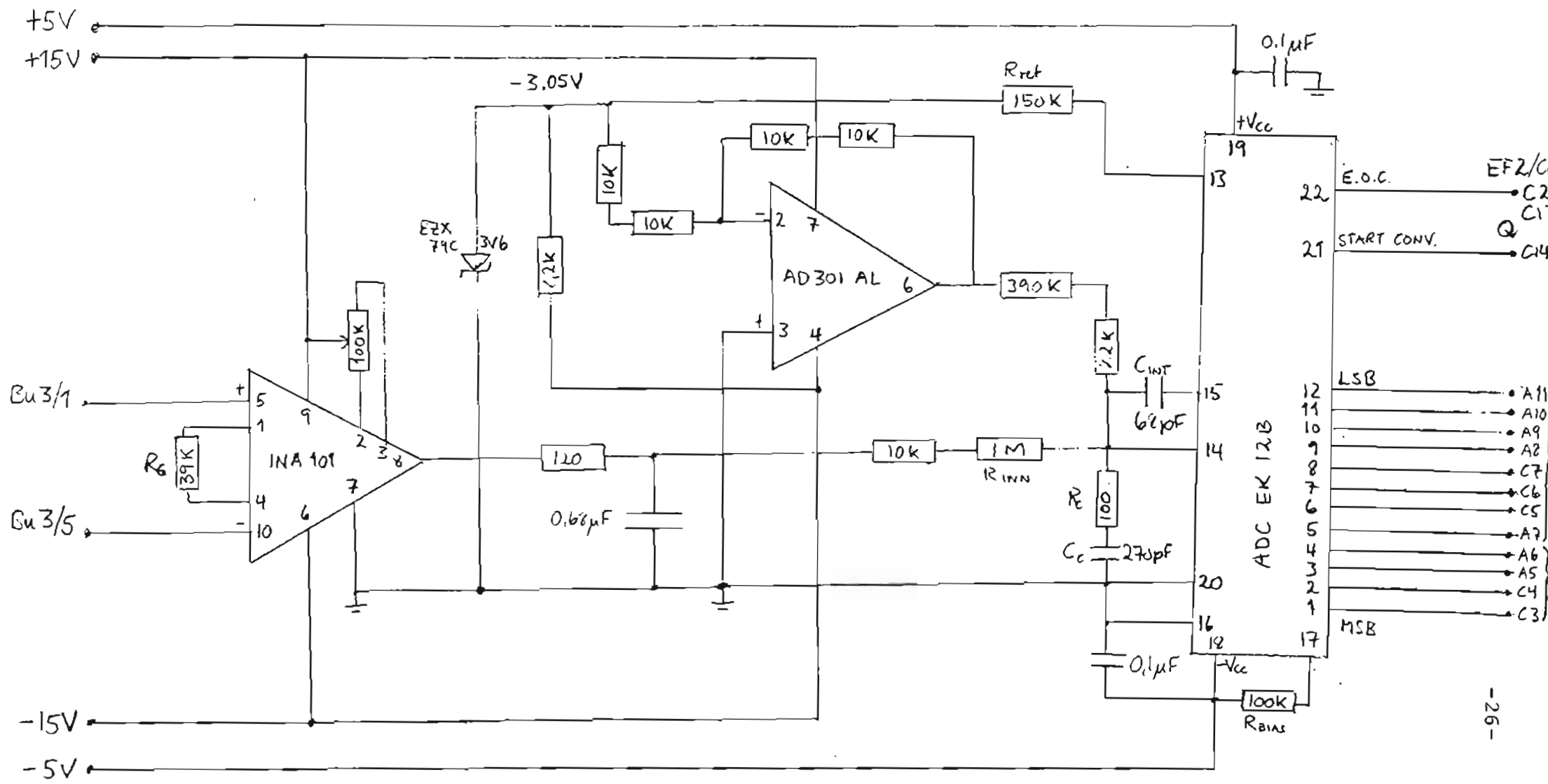


Fig. 7: Innkretser for målesignalet.

Merk at foran R_{INN} og på utgangen av operasjonsforsterkeren AD301AL skal det stå potmeter for innstilling av konverterens tallområde. Pinneanslutningen ut fra konverteren gjelder for EF2 og Q signalene. Disse kontaktene på prosessor-kortet, mens for inngangssignalet på INP5 og INP6 gjelder pinneanslutningen innkontaktene på inn-kortet. E.O.C. signalet klaffer også data inn i inn-portene ved at det er koblet til pinne C27 og C17 på prosessor-kortet.

4.2. Ut-kretser med multipleksere

Som nevnt i kap. 3.3. skal vi ved hjelp av en D/A-konverter lese ut et likespenningssignal som brukes både til kompensasjon og kalibrering. De kalibreringsstrømmene som ble beregnet i kap. 3.3. viser at det er stor forskjell i strømstyrken for de forskjellige skalaområdene. For å få et stort variasjonsområde med bra oppløsning i alle skalaområder, ble utgangssignalet fra konverteren multiplekset gjennom forskjellige motstander for de ulike skalaområdene slik som vist i fig. 8.

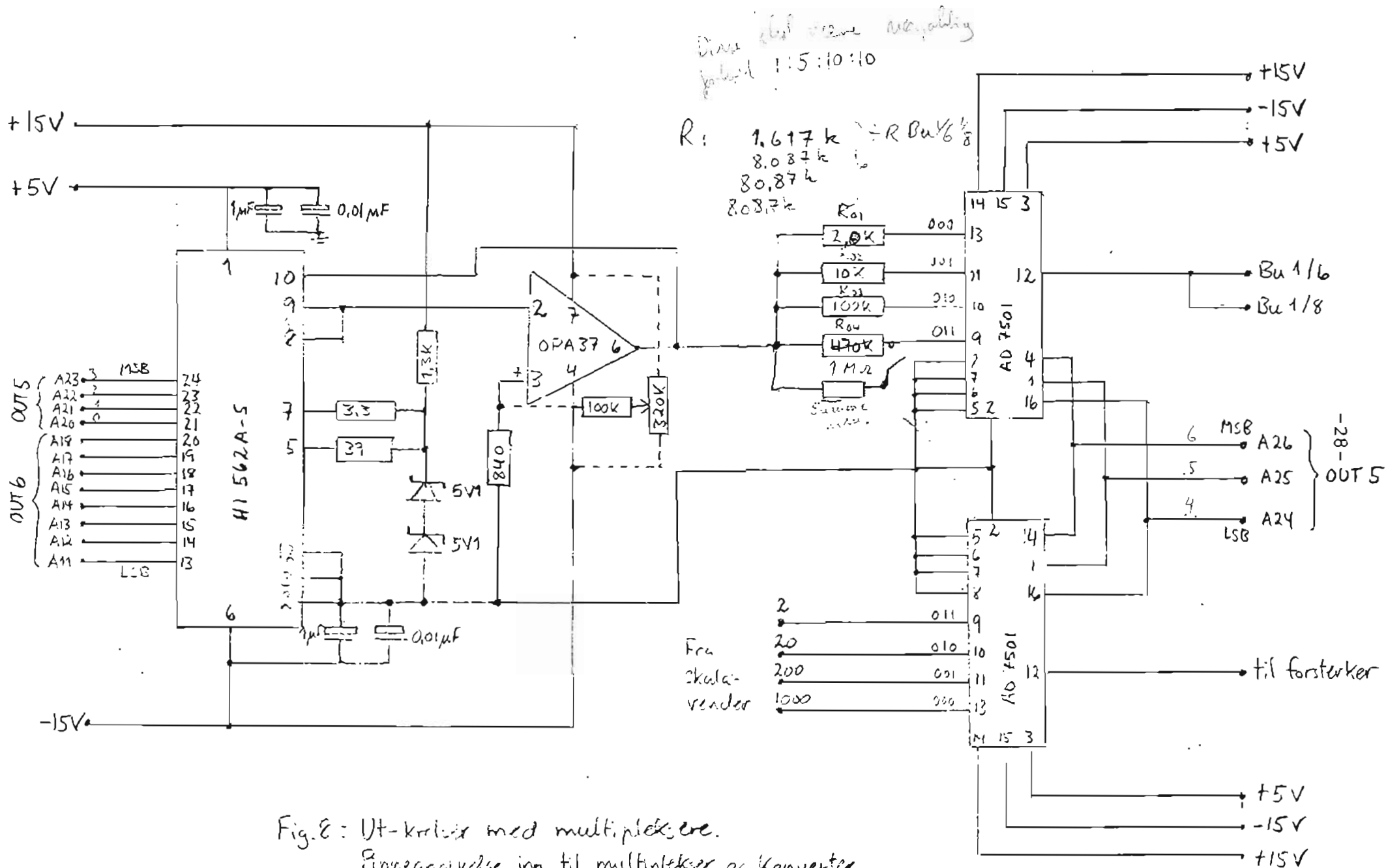
Fig. 8 viser hele ut-kretsen, og vi merker oss at de to multiplekserne styres av de samme signalene som leses ut over en av ut-portene med OUT 5 instruksjonen. Multiplekserne er for analoge signaler og har betegnelsen AD 7501.

D/A-konverteren er av type Harris HI 562A-5 (stigenettverk av motstander) og er koblet med en operasjonsforsterker på utgangen slik at spenningen ut ligger i området $+5V$. Nærmere beskrivelse av koblingen finnes i datablad for konverteren.

Konverteren adresseres direkte med ut-instruksjonene OUT 6 og de fire mest signifikante bits av OUT 5.

De pot.metre som er tegnet inn på kretsskjemaet med stiplede linjer er kuttet ut. I stedet for motstandene inn til pinne 5 og 7 skal det stå pot.metre på 200Ω . Disse pot.metre er sløffet da egnede komponenter ikke var for hånden. Pot.metrene er nødvendige for å finjustere konverterens utgangsspenning, men for vårt bruk har vi ikke strenge krav til nøyaktigheten her.

Med de motstandsverdiene vi har valgt foran multiplekseren på utgangssignalet vårt kan vi beregne hva den maksimale strømmen ut blir når vi har $5V$ ut og motstanden i målespolen er neglisjerbar. Vi får at i skalaområdene



- 1000 blir maks. strøm 2,27 mA - $R_{01} = 2,2 \text{ k}\Omega$
- 200 blir maks. strøm 500 μA - $R_{02} = 10 \text{ k}\Omega$
- 20 blir maks. strøm 50 μA - $R_{03} = 100 \text{ k}\Omega$
- 2 blir maks. strøm 10,6 μA - $R_{04} = 470 \text{ k}\Omega$

Dette ligger noe over de verdiene som ble beregnet i kap. 3.3. og burde holde.

For uttesting av tallområde henvises til kapittel om testing av inn- og utlesning.

4.3. Tilleggskretser for multiplikasjon/divisjon

For å slippe langsomme og omstendige rutiner for divisjon og multiplikasjon, ble to stk. RCA CDP 1855 tilkoblet prosessoren. Disse kretsene adresseres ved hjelp av vanlige inn- og utinstruksjoner, og en kan sette sammen to kretser slik at vi får regning med 16 bits tall. Kretsene regner bare med positive tall.

1855 kretsen sett utenfra består av 4 registre: X,Y,Z og et statusregister. Disse nås med hver sin inn/utinstruksjon. De forskjellige bitene i statusregisteret har følgende funksjon:

B7:=1 gir neddeling av ekstern klokkefrekvens
=0 gjør at kretsene jobber etter ekstern klokkefrekvens
B6:=1 nullstiller sekvensteller
B5=1
B4=0 betyr at vi har to MDU-kretser
B3=1 nullstiller Y-registeret
B2=1 nullstiller Z-registeret
B1,B0=0,0 gir ingen operasjon
B1,B0=0,1 starter multiplikasjon
B1,B0=1,0 starter divisjon
B1,B0=1,1 er ikke tillatt

Oppkoblingen av kretsene er vist i fig. 9 på neste side.

Multiplikasjon og divisjon ble realisert som makroer i programmene og i datablad finner vi følgende algoritme for bruk av kretsene:

1. Les ut kontrollord som sletter de registre som ikke skal brukes og nullstiller sekvensteller
2. Les ut de tall som inngår i operasjonen. Mest signifikante del av tallet leses ut først
3. Les ut kontrollord som starter operasjonen
4. Vent til kretsen er ferdig og les inn svaret.

Ved multiplikasjon beregnes $X \cdot Z = (YZ)$.

Ved divisjon beregnes $(YZ):X=Z+\text{rest i Y}$.

På innkortet i mikrodatamaskina er n-linjene dekodet og instruksjonene INP 3,5,6 og 7 er benyttet. For utportene kobler vi n-linjer fra busskontrakten på det samme kortet til utkontakten. Vi kobler slik at OUT 5,6 og 7 brukes. Den fjerde utporten benyttes ikke. I 1855-kretsen adresseres registrene med INP/OUT 4,5,6 og 7. Jfr. tabell 3.

Vi kobler ut forbindelsen til INP 3 på innkortet og lager logikkretser som forandrer n-linjesignalene til 1855-kretsene som vist i tabell 3. Ved å studere bitkombinasjonene i tabellen ser vi at N1 og N0 blir uforandret. N2 inn til 1855 (her kalt N2M) blir en logisk kombinasjon av N0, N1 og N2 ut fra prosessoren. Av karnaughdiagrammet i fig. 10 ser vi lett at det logiske uttrykket blir

$$\begin{aligned} N2M &= N2 N0 + N2 N1 + N2 N1 N0 \\ &= N2 (N0+N1) + N2 N1 N0 \end{aligned}$$

$$= N2 + (N0+N1) + N2 + N1 + N0$$

når uttrykket utvikles for neller-porter.

For realisering av uttrykket bruker vi to IC'er:

Nellerkrets m/3 innganger - MC 14025 B - krets A i fig. 11.

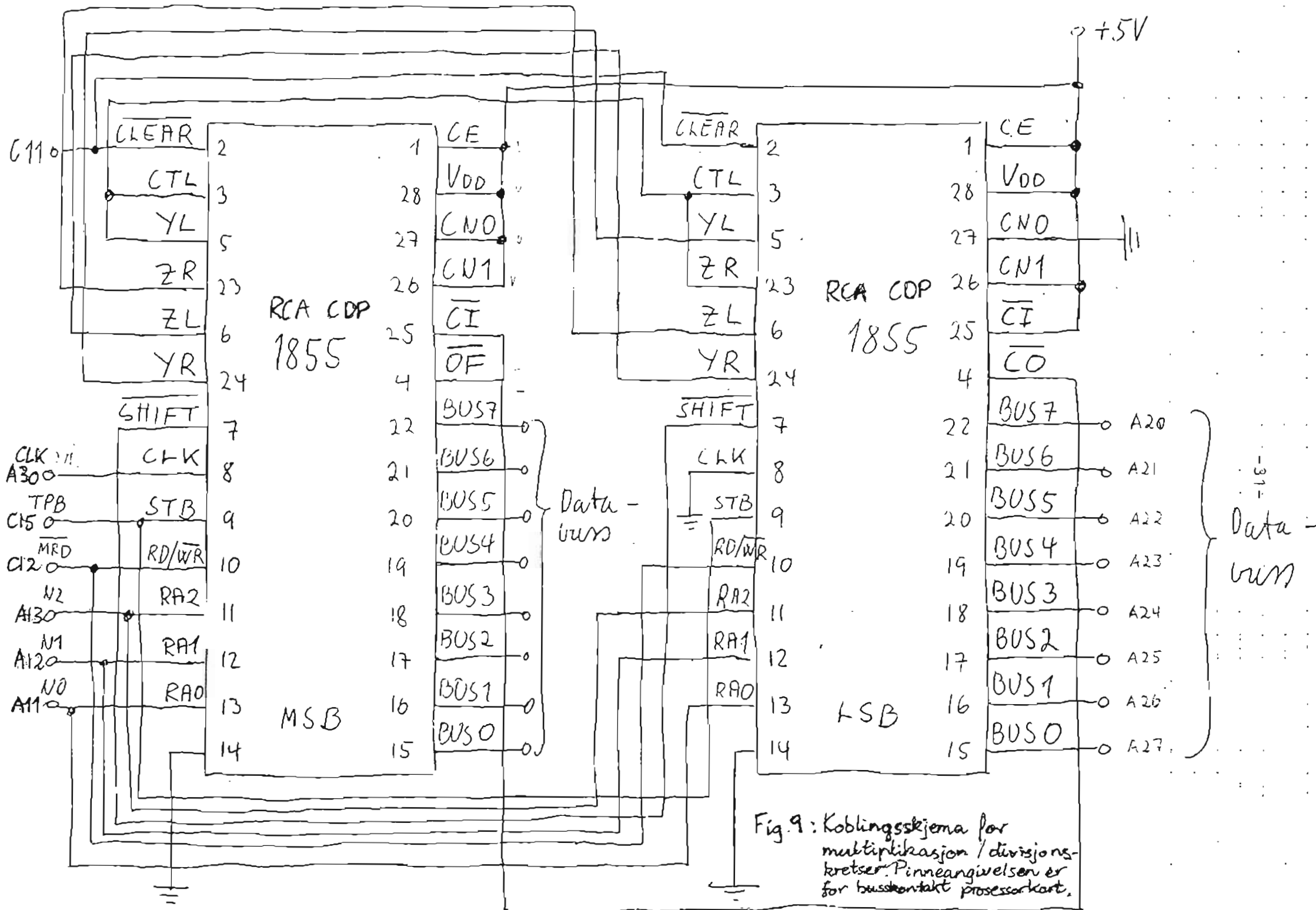


Fig. 9: Koblingskjema for multiplikasjon / divisjonskretser. Pinneangivelse er for busskontakt prosessorcard.

Data-buss

Register i 1855	Instruksjon til 1855	Bit-komb. 1855 n-linje (n ₂ n ₁ n ₀)	Instruksjon fra CPU ..	Bitkomb. CPU n-linje (n ₂ n ₁ n ₀)
X	OUT 4 / INP 4	100	OUT 4 / INP 4	100
Z	OUT 5 / INP 5	101	OUT 1 / INP 1	001
Y	OUT 6 / INP 6	110	OUT 2 / INP 2	010
Status	OUT 7 / INP 7	111	OUT 3 / INP 3	011

Tabell 3: Oversikt over n-linjesignaler.

	N ₀	0	1	1	0
N ₂	N ₁	0	0	1	1
0	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	0

N2M

Fig. 10: Karnaughdiagram for N2M.

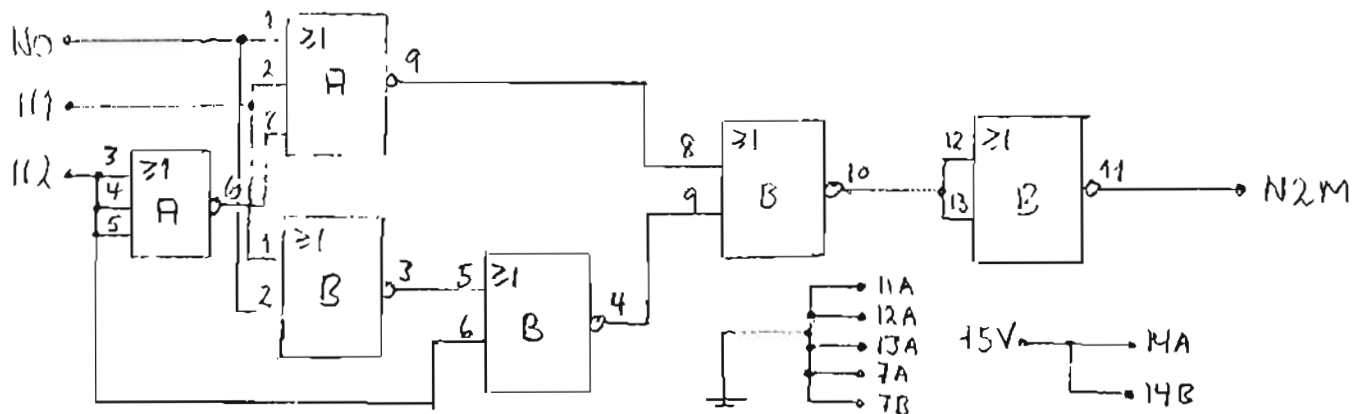


Fig. 11: Logiske kretser for signalet N2M.

Nellerkrets m/2 innganger - MC 14001 B - krets B i fig. 11. I fig. 11 viser vi kretsen tegnet med portkretssymboler. Fig. 11 inneholder også pinnenr. og er således et fullstendig koblingsskjema for logikkretsen.

Mere om testing av disse kretsene kommer i neste kapittel:

4.4. Testprogram for multiplikasjon/divisjon

Rutinene for multiplikasjon og divisjon er laget som makroer. Det gjør at vi får generert mere kode av programmene enn hvis vi hadde laget subrutiner i stedet for makroer. Med den store lagerplass vi har til disposisjon er ikke dette noen ulempe.

Det ble laget to korte testprogram for testing av multiplikasjon og divisjon. Programmene er identiske bortsett fra at vi kaller makroen mult i det ene programmet og makroen div i det andre. Programmene kan studeres i vedlegg 5.

Når vi bruker en makro, må den deklarereres først i programmet. Da må dens variable skrives i hakeparentes. Denne hakeparentesen skrives som $\&$ og \AA av printerens. Ellers merker vi oss at i vår notasjon i programforklaringa bruker vi uttrykkene LSB og MSB om den minst/mest signifikante byte av et to-bytes tall. I vedlegget står også hvilke filer testprogrammene ligger på.

Programmene legges fra heksadesimal adresse 300 i RAM-lageret, mens data som de opererer på er plassert som følger (heksadesimale adresser):

```
100 Plass for statusord
101 MSB-X
102 LSB-X
103 MSB-Y
104 LSB-Y
```

105 MSB-Z
106 LSB-Z
107 Plass fpr statusord

4.5. Testprogram for inn- og utlesning

I vedlegg 6 er vist et testprogram som konverterer og Leser inn en spenning påtrykt målekretsens inn-terminaler. I programmet foretas en test på innlest verdi om den er stabil. Det gjøres slik at spenninga konverteres og leses inntil to verdier på rad blir like. Hensikten er at en skal vente til transiente signaler i målespolene har dødd ut før gyldig måling tas. Hvordan dette fungerer når vi kobler oss til forsterkeren i instrumentet er vanskelig å si. Kanskje tar innlesningen for lang tid slik at rutinen må forandres.

Flytskjema for testprogrammet er tegnet i fig. 12. Den samme tallverdi som er lest inn kan deretter leses ut. På denne måten får vi testet tallområdet på konverterne.

Vi merker oss at IDLE-instruksjonen stopper programmet under testen. Når programmet foran første IDLE-instruksjon er OK, kan den erstattes med en NOP-instruksjon slik at programmet går videre. IDLE har koden 00H, og NOP har koden C4H, og disse kan settes direkte inn i lageradressen fra terminalen under testingen.

Testprogrammet legges i fra adresse 500H i RAM-lager og bruker pekerne VAR og PEK til lokasjonene 422H og 424H hvor innlest tall gjemmes.

Sammenhengen mellom konverternes tallområde og spenning er gitt av følgende testspenninger:

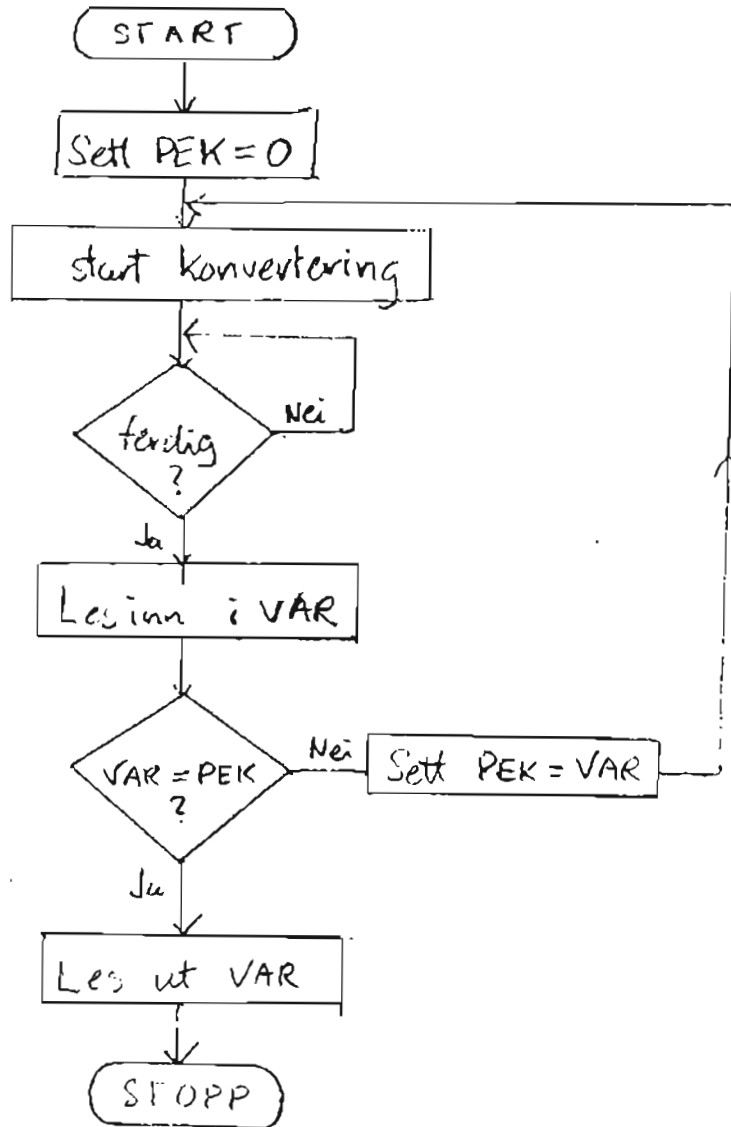


Fig. 12: Flytskjema for testprogram inn / utlesning.

Inn til A/D	Tall	Ut fra D/A
0V	85DH	0,586V
2,00V	E57H	3,92V
-2,01V	251H	-3,60V

Dermed kan vi beregne at for A/D-konverteren:

2,55V inn gir FFF H

-2,799V inn gir 000H

og for D/A konverteren:

000H gir - 5,049V ut

811H gir 0 V ut

FFF H gir 4,956V ut

4.6. Kompensasjonsprogram

Den mest fornuftige fremgangsmåten nå ville vært å koble kretsene til instrumentet og kjøre testprogrammet for inn/utlesningen på ny for å se om innlesningsrutina og vår algoritme for kalibrering virker som forutsagt.

På grunn av mangel på tid har jeg utsatt sammenkoblingen med instrumentet og antatt at alt virker som planlagt.

Et program for kompensasjon er laget og testet på de kretsene som er oppkoblet, og jeg har sjekket at programmet virker som det skal.

Vi antar en lineær sammenheng mellom kompensasjonsspenning ut og målt felt (se fig. 13). Først måles feltet med null kompensasjonsspenning. Dersom det ikke ligger innenfor grensene FMAX og FMIN, må vi kompensere for å oppnå dette. En formel for kompensasjonsspenningen kan vi finne da vi av langtidskalibreringen kjenner stigningen på kurva:

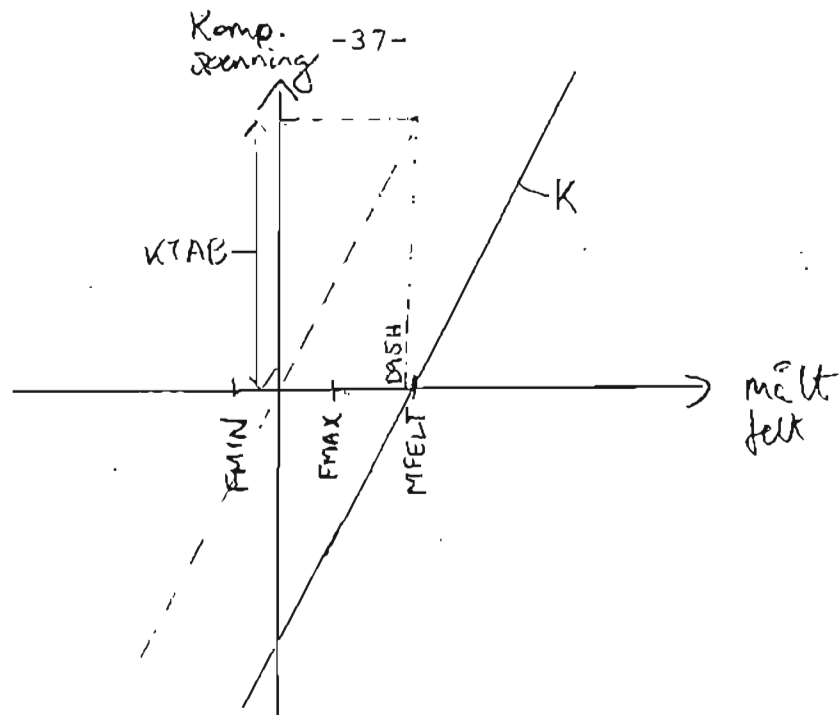


Fig. 13: Linear sammenheng mellom kompensasjonsspenning og målt felt.

	MSB	LSB
400	KIAB	KAL
402		
408	KOMP	
	X	D
	R	O
410	NULL	
418	IRST	
420	MFELT	
422	MUX	6C
424	DIV X	
426	DIV Y	
428	DIV Z	
42A	62	9C
42C	MULTX	
42E	MULTY	
430	MULTZ	
	92	

Handwritten notes and diagrams on the right side of the page, including a small sketch of a line and some illegible text.

Fig. 14: Plassering av variable i programmeret.

$$K = \frac{KTAB}{1,675V} = \frac{KTAB}{D95H-868H} = \frac{KTAB}{52DH}$$

når KTAB er differansen mellom kalibreringsverdi og nullpunktsverdi for det aktuelle skalaområde.

Spenning inn på 1,675V tilsvarer kalibreringsfeltene som er bestemt i kapittel 3. Omregnet til heksadesimale tall får vi D95H. Vi regner med nullpunktsverdi inn lik 868H. Det stemmer ikke helt med testverdiene fra kapitlet foran, og burde kanskje vært rettet opp. Feilen blir i alle fall liten.

Videre får vi når gammel kompensasjonsverdi kalles KOMP, ny verdi kalles KP og målt felt kalles MFELT at:

$$K = \frac{KOMP - KP}{MFELT-868H}$$

som gir at ny kompensasjon blir:

$$KP = KOMP - K (MFELT-868H)$$

Når dette skal beregnes får vi problemer. Svaret fra divisjonen ved beregning av K blir for lite. Vi skalerer derfor opp ved å multiplisere med desimalt 100 eller 64H (=K') før divisjonen. Formlene blir dermed slik:

$$K'K = (KTAB:K')/52DH$$

Når (MFELT-868H > 0):

$$KP = KOMP - (K'K' \cdot (MFELT-868H)/K')$$

Når (MFELT-868H < 0)

$$KP = KOMP + (K'K'(-1)(MFELT-868H)/K')$$

eller $KP = KOMP + (K'K' \cdot (868H - MFELT)/K')$

Programmet jobber med variablene vist i fig. 14. Adressene er angitt med heksadesimale tall fra 400H og oppover mens programmet ligger fra 500H.

Vi har avsatt plass til 16 bits tall og to områder som vi kan bruke ved kall av makroer for multiplikasjon og divisjon. Variabelnavnene er selvforklarende og omtales ikke noe videre.

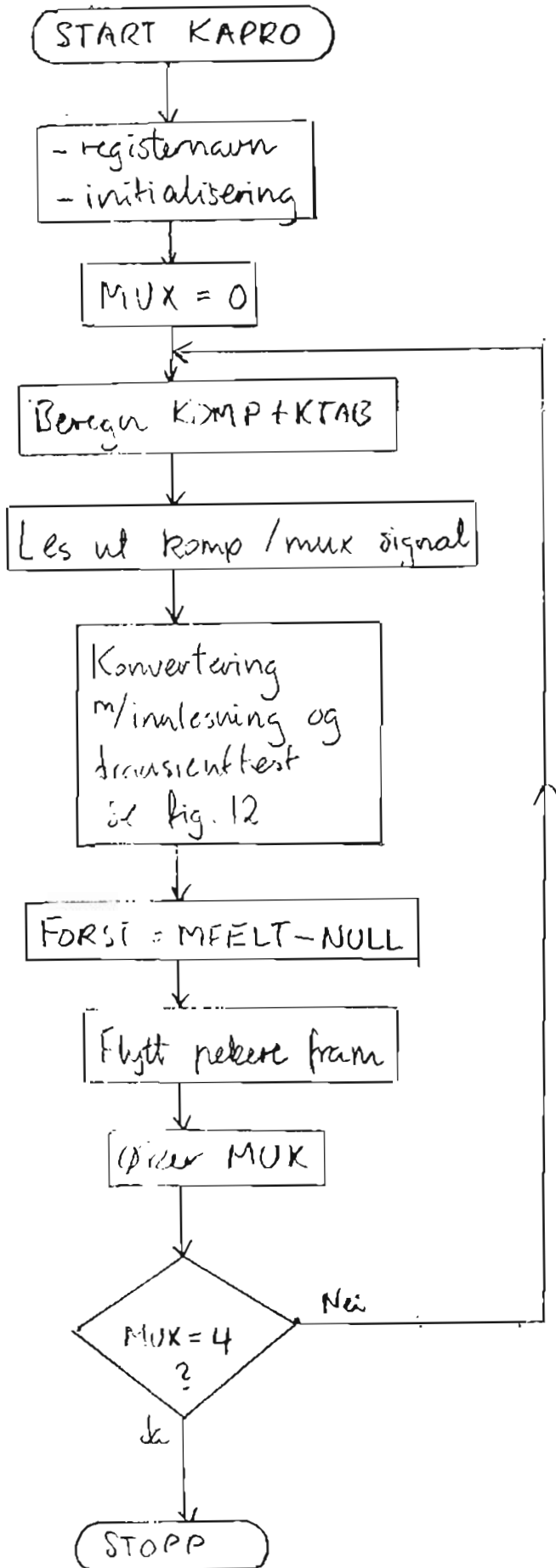


Fig. 16: Flytskjema for kalibreringsprogram.

Det er altså ett sett variable for hvert skalaområde, og grensene FMAX og FMIN er satt til 8A8H og 828H. Videre beskrivelse av programmet finnes i flytskjema fig. 15. Listing finnes i vedlegg 6.

4.7. Kalibreringsprogram

Kalibreringsprogrammet kunne vært laget sammen med kompensasjonsprogrammet, men jeg valgte å dele opp de to programmene for oversiktens skyld.

Slik som de er laget fungerer de to programmene som selvstendige delprogram, men i den ferdige løsningen bør de settes sammen til en subrutine.

Vi lar flytskjemaet i fig. 16 og programlistingen i vedlegg 7 være dokumentasjon for dette programmet som legges fra adresse 200H og opererer på de samme variable som kompensasjonsprogrammet.

4.8. Måleprogram

Mangel på tid gjorde at jeg ikke fikk programmert denne rutina. Jeg skal likevel ta med litt om hvordan jeg har tenkt meg programmet og tegne et grovt flytskjema for det.

Programmet må først lese ut den kompensasjonsverdi som er bestemt og ligger i "tabellen" KOMP for det minst følsomme skalavalg dvs. MUX=0. På grunnlag av målt felt her velges ny skala dersom det er nødvendig. Med de måleområder som er skissert i kap. 3.1. kan vi regne ut hvilke grenser bestemt av heksadesimale tall som skal resultere i måling i de bestemte skalaområder.

& foregående side
feil sider.

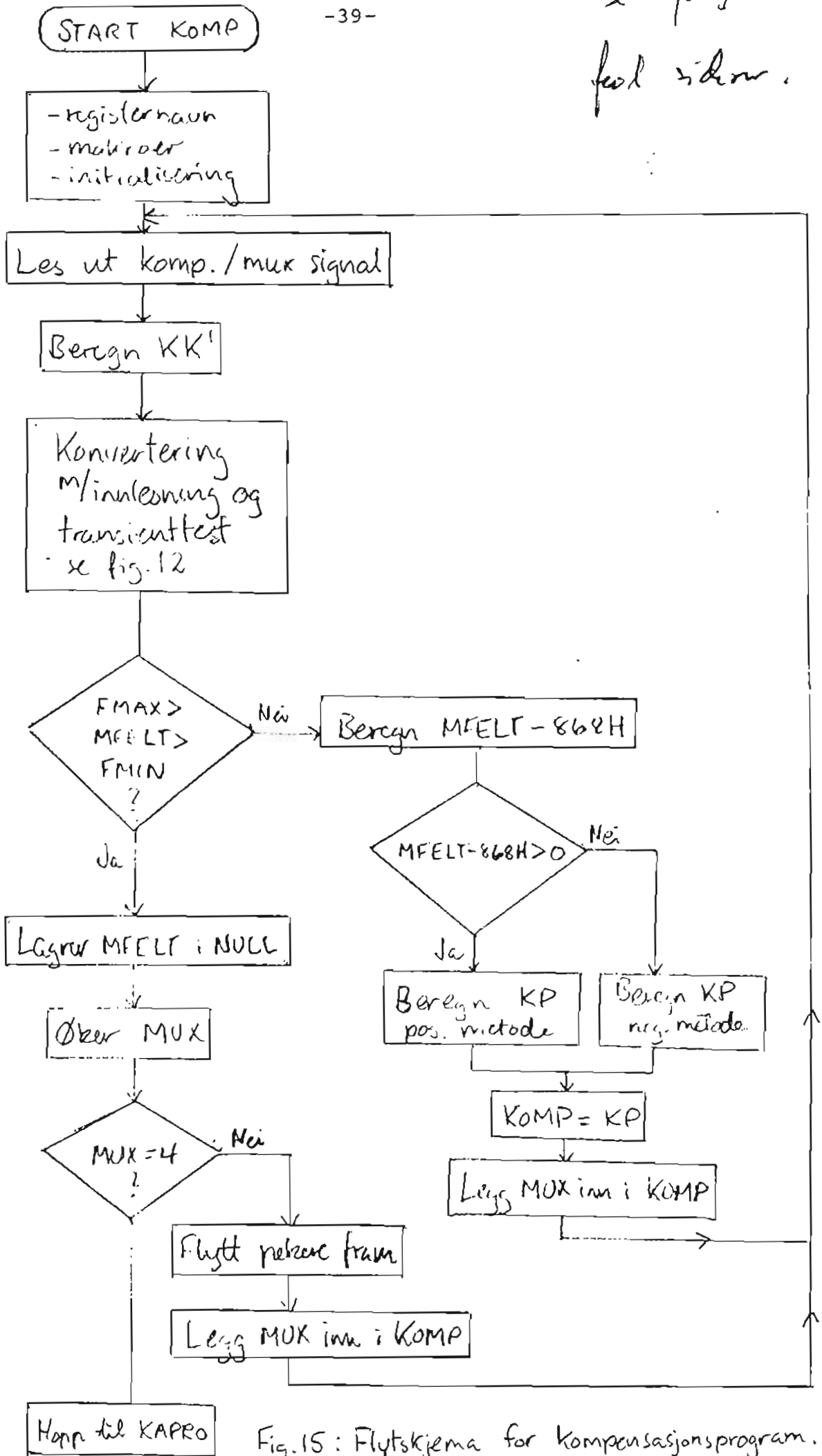


Fig.15: Flytskjema for kompensasjonsprogram.

Sammenhengen mellom målt spenning og felt finnes i fig. 17. $H(I)$ er kalibreringsfelt for de fire skalaområdene ($I=0,1,2,3$) dvs. at

$$H(0) = 1000 \text{ moe}$$

$$H(1) = 200 \text{ moe}$$

$$H(2) = 20 \text{ moe}$$

$$H(3) = 2 \text{ moe}$$

Når X er ukjent felt, kan vi skrive

$$\frac{\text{FORST}(I)}{H(I)} = \frac{\text{MFELT} - \text{NULL}(I)}{X}$$

som gir oss formelen

$$X = \frac{(\text{MFELT} - \text{NULL}(I)) \cdot H(I)}{\text{FORST}(I)}$$

I fig. 18 er det vist et forslag til algoritme for måleprogrammet. Vi ser at vi får feilmelding dersom feltet blir for stort. Dersom spenningsområdene for de forskjellige skalaområdene dimensjoneres med litt godmål slik at små svingninger i målespenningen ikke resulterer i overflyt i konverterens tallområde, blir overflyt umulig bortsett fra første måling. Da kan vi kutte ut å teste om $\text{MUX}=0$ og trenger ikke returmuligheten herfra.

I flytskjemaet har jeg antatt at vi har beregnet grensene SKVP og SKVN som indikerer om vi bør gå ned i skala. Slike grenser som indikerer hvor mange trinn vi skal gå ned må også beregnes og brukes til å bestemme ny MUX-verdi. Merk at når $\text{MUX}=4$ beregner vi feltet samme hva MFELT er.

Feltberegningen gir regning med positive og negative tall og filosofiske betraktninger om hvordan dette skal gjøres tas ikke med her.

Til slutt bemerkes at når jeg i flytskjemaene skriver START og STOPP betyr dette at det ferdige programmet skal være ei subrutine som kalles fra monitorprogrammet.

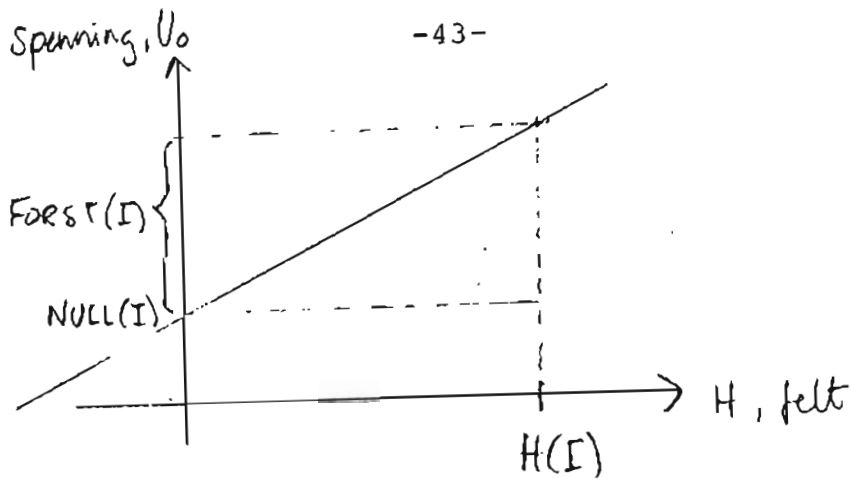


Fig. 17: Sammenhengen mellom målt spenning og felt.

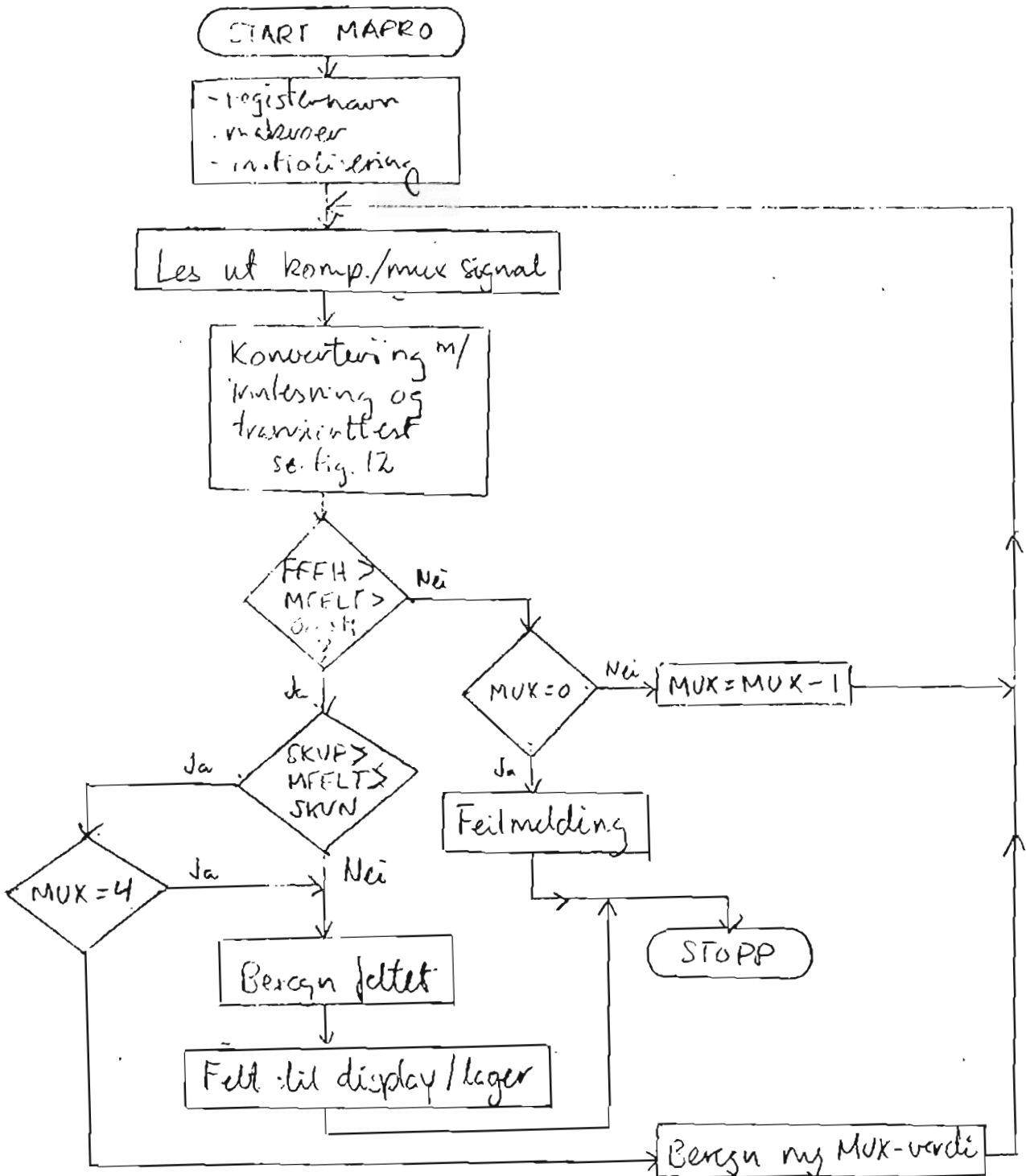


Fig. 18: Flytskjema for måleprogram.

For generelle betraktninger om hvordan det ferdige systemet tenkes å bli, henvises til kapittel 3. En nærmere beskrivelse av de andre delprogrammene er lite interessant da de allikevel må konstrueres i detalj.

KAP. 5. KONKLUSJON

Siden jeg ikke kom så langt at jeg fikk koblet opp og testet ut det modifiserte instrumentet er det vanskelig å foreta en vurdering av resultatet.

Jeg synes selv at en god del av tida som er lagt ned i oppgaven har gått med til planlegging av framgangsmåten og testing av kretser. Alt i alt har det blitt for lite tid til programutvikling, og det gjenstår ennå å lage noen delprogrammer.

Jeg synes at oppgaven har vært både interessant og lærerik. Først og fremst har jeg fått litt erfaring i kretskonstruksjon, men jeg har også fått et lite innblikk i hvordan utvikling av mikroprosessorbaserte målesystemer foregår ved Norges geologiske undersøkelse.

VEDLEGG 1

Bruksanvisning for oerstedmeter
med kretsskjema

INSTITUT DR. FÖRSTER · REUTLINGEN

BESCHREIBUNG UND BEDIENUNGSANLEITUNG

zum

Präzisions-Feldstärkemesser "Oerstedmeter" Typ 1.107

Inhalt:

A) Allgemeines

- 1.) Beschreibung des Verfahrens
- 2.) Prinzipschaltung des Feldstärkemessers

B) Gerätebeschreibung

- 1.) Oerstedmeter
- 2.) Feld- und Gradientensonde Typ FGK-32-T9-3
- 3.) Mikrofildsonde Typ FK-5-T9-5
- 4.) Punktpolsonde Typ GK-22-T9-1
- 5.) Spaltsonde (für Tonbänder) Typ SK-10-20-T9-2
- 6.) Mikro-Differenzsonde Typ GK-5-T9-2
- 7.) Texturtaster Typ GM-5-T9-2

C) Aufstellung des Gerätes

schriftl. d. d. d. d. d.

D) Inbetriebnahme des Gerätes

E) Verschiedenes

- 1.) Zusatzeinrichtungen
- 2.) Hinweise
- 3.) Anwendungen

F) Gerätedaten

G) Beilagen (Schaltungen)

A) Allgemeines

$$10e = 10^{-4} \text{ Tesla}$$

1.) Beschreibung des Verfahrens:

Die Messungen von magnetischen Feldstärken in dem Feldstärkebereich von $1 \cdot 10^{-5}$ Oe bis ca. 10 Oe werden in den allermeisten Fällen mit dem Oberwellenverfahren durchgeführt, welches - nach dem Erfinder Dr. Friedrich Förster benannt - als FÖRSTER-Feldstärkemesser mit der Förstersonde vorwiegend bekannt ist. Dieses magnetische Feldmeßverfahren verwendet als Meßelement einen Kern aus einem hochpermeablen Material, der von einer wechselstrom-durchflossenen Spule umgeben ist. Meist ist der Kern noch von einer zweiten, als Sekundärspule benutzten Spule umgeben. Bei Einwirkung eines äußeren magnetischen Feldes tritt an den Klemmen der Spule eine Spannung der 2. Harmonischen von der Erregerfrequenz auf, welche ein Maß für die angelegte Feldstärke ist.

Besondere Daten des Verfahrens sind:

- a) Der Feldstärkemesser mißt die Feldkomponente in der Sondenachse.
- b) Die Ausgangsspannung der 2. Harmonischen ist dem Feld proportional. Sie ist also Null für das Feld Null, ihre Phase kehrt sich um bei Umkehr der Feldrichtung. *→ Drehen*
- c) Es kann die Differenz der Feldstärke an zwei Punkten gemessen werden.
- d) Durch die Durchmagnetisierung des Sondenkernes bis in die magnetische Sättigung hinein verbleibt keine remanente Magnetisierung auf dem Sondenkern nach Messung in einem großen Feld.
- e) Der Meßbereich ist sehr groß. Es kann z.B. mit einer Sonde ein Meßbereich von $1 \cdot 10^{-5}$ bis 1 Oe überstrichen werden.
- f) Die Anzeige ist kontinuierlich.
- g) Die Einstellzeit kann sehr kurz sein, je nach Anzeigesystem $< 1/100$ sec.
- h) Die Messung kann in jeder Lage der Förstersonde durchgeführt werden und ist unempfindlich gegen Erschütterungen. *→ stabil*
- i) Die Abmessungen der wirksamen Kernlänge für die verschiedensten Anwendungen sind in den einzelnen Sondentypen zwischen 3 und 60 mm; es können also nahezu punktförmig magnetische Feldstärken gemessen werden.
- j) Das Meßorgan und das Anzeigegerät sind räumlich getrennt. Es können bei entsprechender Kabelanpassung Sonden in bis zu ca. 500 Meter Entfernung betrieben werden.
- k) Bei Anschluß von schnell einstellenden Registriergeräten an den Feldstärkemesser können auch veränderliche Gleichfelder oder niederfrequente Wechselfelder aufgezeichnet werden.

- 1) Bei Anbau zusätzlicher Schalteinrichtungen können z.B. für Überwachungswecke oder ähnliches bei Überschreitung einer einstellbaren Feldstärke akustische oder optische Signalgeber ausgelöst werden. Außerdem ist der Anschluß einer Zählordnung möglich.

Der physikalische Meßvorgang ist im wesentlichen der folgende:

Ein Eisenkern wird durch ein Feld magnetisiert, welches sich zeitlich nach einer Sinusfunktion ändert und dessen Amplitude mindestens so groß ist, daß im Eisen die Sättigung erreicht wird. Der zeitliche Verlauf des Flusses im Kern ist wegen der Krümmung der Magnetisierungsschleife nicht sinusförmig. Analysiert man ihn nach Fourier, so enthält er nur die Grundfrequenz und ungeradzählige Harmonische, da die Magnetisierungsschleife und das magnetisierende Feld punktsymmetrisch zum Nullpunkt sind.

Überlagert man aber der sinusförmigen Erregung ein (kleines) Gleichfeld H_0 , so wird diese Symmetrie gestört. Es treten geradzählige Harmonische im Verlauf des Flusses auf und damit auch in der Spannung an den Klammern der Spule, da diese Spannung proportional dem zeitlichen Differentialquotienten des Flusses ist. Diese Spannung der geradzähligen Harmonischen ist ein Maß für die Stärke des Gleichfeldes H_0 . Zur Messung der Feldstärke wird stets nur die Spannung U_2 der doppelten Grundfrequenz benutzt. Sie wird herausgeselektiert und über eine geeignete Verstärkeranordnung gemessen.

Sollte die genaue Theorie des Verfahrens mit der Förstersonde weiter interessieren, so wird auf folgende Arbeiten hingewiesen:

- a) F. Förster und K. Stabke, Zeitschrift für Metallkunde Band 33 (1941) Seite 97.
- b) F. Förster, Zeitschrift für Metallkunde Band 32 (1940) Seite 184.
- c) Berichte 1 bis 21 der "Stuttgarter Arbeitsgemeinschaft" von 1940 bis 1943 (teilweise veröffentlicht).
- d) F. Förster, Ein Verfahren zur Messung von Magnetfeldern und Magnetfelddifferenzen. Bericht 1 der "Stuttgarter Arbeitsgemeinschaft" Herbst 1941, (unveröffentlicht).
- e) R. Feldtkell r, Zur Berechnung der Magnetfeld-Meßgeräte mit Förstersonden. Bericht 21 der "Stuttgarter Arbeitsgemeinschaft" Juli 1943, (unveröffentlicht).
- f) R. Kühne, ATM V 392-1. (August 1952).

2.) Schaltung des FÖRSTER-Magnetfeldstärkemessers:

Die Prinzipschaltung des Feldstärkemessers zeigt Bild 1.

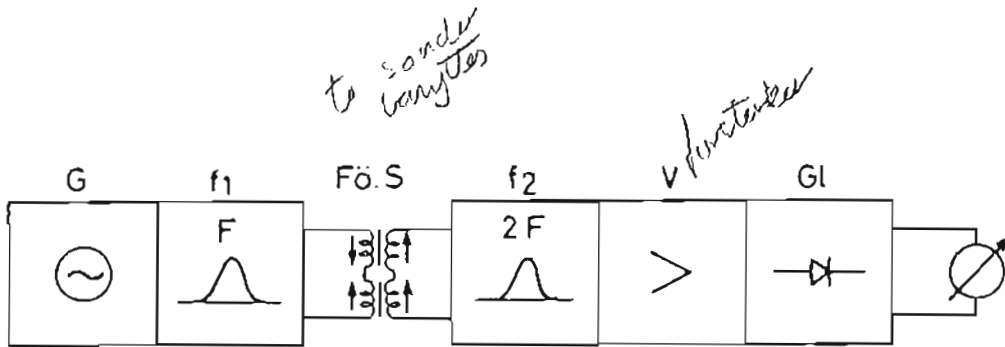


Bild 1

In dem FÖRSTER-Magnetfeldstärkemesser werden 2 Sonden verwendet, welche als Sondenpaar entsprechend Bild 1 zusammengeschaltet sind. Jede Sonde besitzt einen hochpermeablen Kern mit jeweils einer Erreger- und einer Meßwicklung. Bei dieser Schaltung addieren sich die Spannungen der 2. Harmonischen, da deren Polarität nur von der Feldrichtung, nicht aber von der Polarität des Erregerstromes abhängt. Holt man die beiden Wicklungen einer der beiden Sonden um, oder - was auf dasselbe herauskommt - dreht man eine Sonde um eine Querachse um 180° , so erhält man eine Schaltung für einen Feldstärken-Differenzmesser. Hier sind die beiden Sonden sowohl für die Grundfrequenz als auch für die 2. Harmonische gegeneinander geschaltet. Die Prinzipschaltung Bild 1 besitzt folgende Baugruppen:

G stellt einen möglichst oberwellenfreien Oszillator dar, welcher über die Filter- und Verstärker-Anordnung F die Förstersonde Fo.S. erregt. Die Ausgangsspannung der beiden Sekundärwicklungen vom Sondenpaar wird über die Filteranordnung 2F, welche die 2. Harmonische herausfiltert, und den Verstärker V auf die Gleichrichterstufe gegeben, die das Anzeigeelement betreibt.

Die erweiterte Prinzipschaltung des Feldstärkemessers zeigt Bild 2.

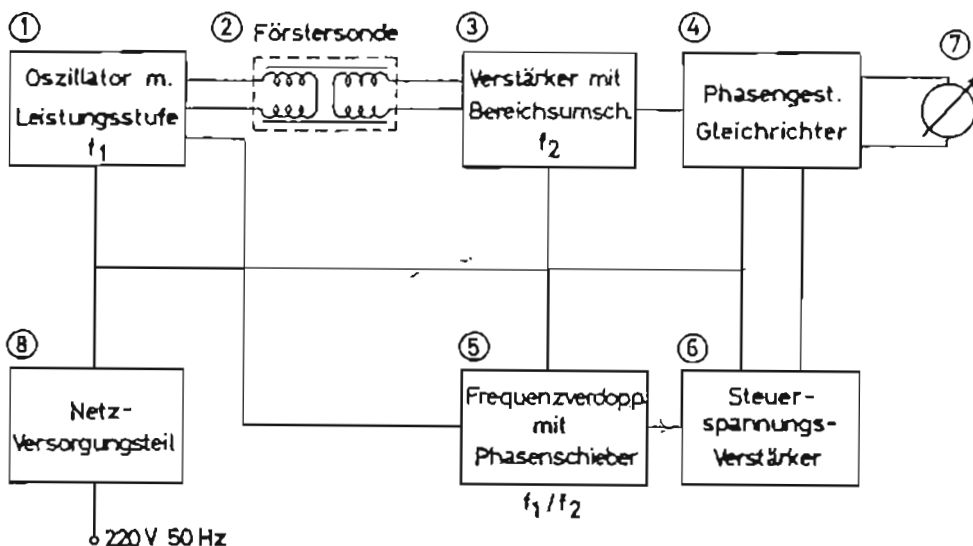


Bild 2

Zur Erregung der Förstersonde (2) dient der stabilisierte Oszillator (1) mit Leistungsstufe. Aus der Sekundärspannung der Sonde wird die doppelte Frequenz herausgesiebt und in den selektiven Verstärker mit Bereichumschaltung (3) auf die gesteuerte Gleichrichtung (4) gegeben. Zur Versorgung des phasengesteuerten Gleichrichters mit einer geeigneten Steuerspannung wird aus der Oszillator-Leistungsstufe in Serie mit dem Sondenerregerstrom eine Frequenz F_1 auf die Frequenzverdoppler-Anordnung F_1/F_2 (5) gegeben, welche in der richtigen Phasenlage über den Steuerspannungs-Verstärker (6) eine Steuerspannung auf den phaseneempfindlichen Gleichrichter (4) gibt. Dadurch ist es möglich, die Feldstärken auch richtungsabhängig anzuzeigen. Die einzelnen Gerätestufen wie Oszillator, Verstärker sowie Gleichrichterstufe werden über das stabilisierte Netzversorgungsgerät (8) aus dem Wechselstromnetz gespeist.

B) Gerätebeschreibung

Lederbuch als selbe "Oerstedmeter"

1.) Präzisions-Feldstärkemesser "Oerstedmeter" Typ 1.107

Das Oerstedmeter Typ 1.107 ist ein Präzisions-Feldstärkemesser zur Messung magnetischer Gleichfelder und Gleichfelddifferenzen zusammen mit der Förstersonde als Feldstärkenfühler. Die größte Empfindlichkeit des Gerätes beträgt zusammen mit der normalen Feld- und Gradientensonde auf der empfindlichsten Stufe $1 \cdot 10^{-5}$ Oe je Skalenteil auf einer 100-teiligen Skala. Das Anzeigeelement ist ein Einbauelement der Klasse 0,5 mit Spiegelskala und Messerzeiger. Die Nullstellung des Zeigers ist in der Mitte der Skala mit einer Teilung von 100-0-100 Skalenteilen. Die einzelnen Empfindlichkeitsstufen sind folgende: 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 und 1000 mOe für jeweils 100 Skalenteile. Die Meßgenauigkeit auf jedem Meßbereich beträgt $\pm 1\%$ von Skaleneindwert.

Im Gerät ist eine Eichkontroll-Vorrichtung eingebaut, die gestattet, auf jedem Meßbereich die Eichung des Feldstärkemessers zu kontrollieren. Ebenso ist es möglich, mit einer an der Frontplatte des Gerätes herausgeführten Nacheichvorrichtung die evtl. notwendige Nacheichung bei Röhrenwechsel usw. durchzuführen. Der Anschluß der Förstersonde erfolgt über eine 9-polige Steckdose an der Frontplatte des Gerätes.

Um die gemessenen Feldstärkewerte auf ein weiteres Anzeigeelement oder ein Registriergerät übertragen zu können, ist an der Frontplatte des Gerätes der Anschluß über eine 5-polige Tuchel-Steckdose vorgesehen. Diese Anschlußmöglichkeit kann mit einem neben dem Anzeigeelement eingebauten Schalter nach Belieben zu- oder abgeschaltet werden.

*Janke Bild
a. O. 1. 107*

*1. Maßstab
für mittlere
u. niedrige
auf vorderer p. für
a. Bild 17 nr. 9*

Zur Prüfung evtl. auf die Sonde wirkender Wechselfelder ist an der Frontplatte des Gerätes die Anschlußmöglichkeit eines geeigneten Oszillographen über eine koaxiale Steckdose vorgesehen. Außer der mechanischen Zeigernullstellung auf dem Anzeigeinstrument ist am Meßbereichumschalter eine elektrische Nullstellungs-Einrichtung für das Anzeigeinstrument eingebaut, um eine evtl. vorhandene Unsymmetrie der elektronischen Ausgangsschaltung zu korrigieren.

Vor-empfindlich

Zusätzlich ist in das Oerstedmeter noch eine Feldkompensationsanordnung eingebaut, um evtl. auf die Sonde wirkende Gleichfelder kompensieren zu können. Diese Kompensationsanordnung kann mit zwei an der Frontplatte des Gerätes aufgebauten Grob- und Feinregelgliedern ein Kompensationsfeld erzeugen, z.B. mit der normalen Feld- und Gradientensonde von ca. ± 25 mOe. Unter dem Anzeigeinstrument sind auf der Frontplatte des Gerätes der Netzschalter, die Netzmeißelampe sowie die Netzsicherung eingebaut und das Netzanschlußkabel montiert. Der Feldstärkemesser ist in Einschubbauweise aufgebaut und in einem mit grauem Hammerschlageffekt lackierten Stahlblechgehäuse mit 2 Seitengriffen untergebracht. Auf die Montagefrontplatte des Gerätes ist eine eloxierte Beschriftungs-Frontplatte mit schwarzem Grund montiert. *15.10.64*

Der elektrische Aufbau des Gerätes besteht im wesentlichen aus dem Netzversorgungsteil mit magnetischer Spannungskonstanthalte-Vorrichtung und Gleichstrecken-Stabilisatoren, dem hochkonstanten Oszillator mit Leistungsstufe zur Sondenerregung, der Empfindlichkeits- und Eichbereichumschaltung mit dem Meßverstärker, der phasengesteuerten Gleichrichteranordnung, der Frequenzverdopplerstufe mit Steuerspannungsverstärkung zur Erzeugung der Steuerphase und der Ausgangsschaltung zur Aussteuerung und Anpassung des Schreibers.

Lichtkompensierungsmittel

6) Nullstellung für Oerstedmeter ...

... Nullpunkt in Nullstellung

2.) Die Feld- und Gradientensonde Typ FGK-32-T9-3 ist geeignet zur Messung von statischen und langsamen, dynamischen (bis zu etwa 50 Hz) magnetischen Feldstärken sowie Feldstärkegradienten im Feldstärkebereich zwischen $1 \cdot 10^{-5}$ und 1 Oe. Die Empfindlichkeitsbereiche und Absolutdaten des Oerstedmeters gelten zusammen mit dieser Feld- und Gradientensonde Typ FGK-32-T9-3. Die magnetisch wirksame Kernlänge des Sondenpaares beträgt 32 mm. Das Sondenpaar ist in 2 separate Kunststoffkörper mit den Abmessungen 10 x 10 x 70 mm eingebaut, die beiden Einzelsonden sind jeweils über ein 3 Meter langes, flexibles Kabel an einem 9-pol. Stecker angeschlossen. Durch die Trennung des Sondenpaares können die Sonden entsprechend Bild 16 a) - d) parallel zur Feldstärkemessung oder antiparallel zur Feldstärkedifferenzmessung verwendet werden. Mit dem Sondenpaar wird eine Kunststoffhalterung entsprechend Bild 3 mitgeliefert, in welcher die Sonden je nach Verwendungszweck parallel oder antiparallel gehalten werden. Zur Eichung des Oerstedmeters wird das Sondenpaar entsprechend Bild 3 in die Halterung gebracht. Der Abstand der beiden Sondenkerne ist dabei 20 mm. Wenn beide Sondenkörper bei einer Messung dicht nebeneinander gelegt werden, so ändert sich die Eichung durch geringe gegenseitige Beeinflussung um 1 %. Es entspricht also dann bei sehr genauer Messung ein Ausschlag von z. B. 100 Skalenteilen auf dem 100 mOe-Bereich einer Feldstärke von 101 mOe. Bei Einbringen des Sondenpaares in ein enges NE-Metallrohr ändert sich ebenfalls in geringem Maße die Eichung des Gerätes. Es ist daher für genaue Messungen in den zuletzt beschriebenen Fällen empfehlenswert, das Oerstedmeter nochmals nachzueichen. Die genaue Lage der wirksamen Sondenkerne ist durch einen in das Kunststoffgehäuse eingravierten und mit weißer Farbe ausgelegten Strich bezeichnet. Die Sondenkerne mit den Sonden sind mit einer Genauigkeit von $\pm 1^\circ$ in Bezug auf die Kanten des Kunststoffgehäuses in den Sondenhalterkörper eingebaut.

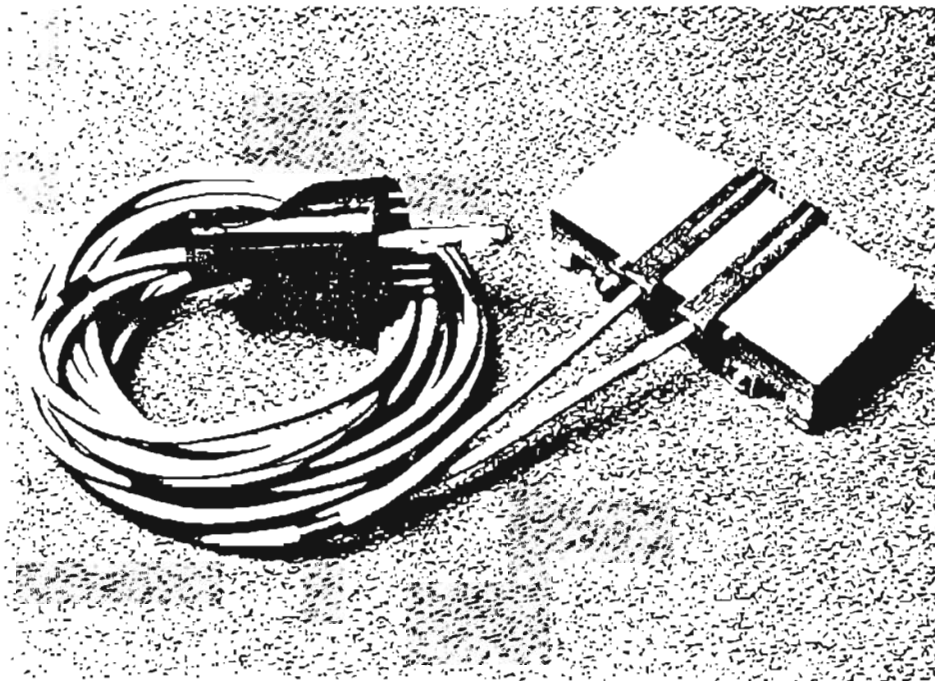
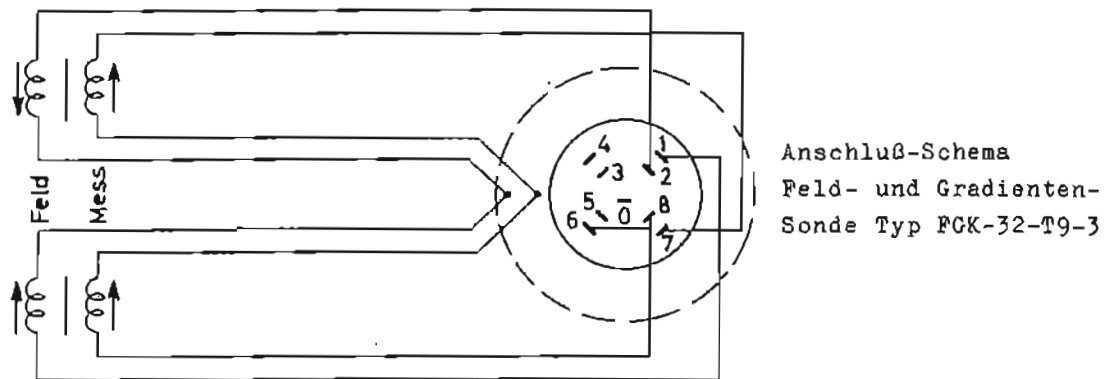


Bild 3



Meßwicklungen	7 und 8	60 Ohm
Erregerwicklungen	1 und 2	6 Ohm
Erregerstrom		55 mA _{eff.}

Bild 4

- 3.) Die Mikrofeldsonde Typ FK-5-T9-5 ist geeignet zur punktförmigen Messung von statischen und langsamen, dynamischen, magnetischen Feldstärken im Feldstärkebereich von $1 \cdot 10^{-4}$ Oe bis zu 10 Oe. Die magnetisch wirksame Kernlänge beträgt 5 mm bei einem Durchmesser von 0,2 mm. Das Sondenpaar ist in einem kleinen Kunststoffgehäuse von 10 x 10 x 50 mm nebeneinander eingebaut, wobei der Abstand der beiden Sondenkerne 6 mm beträgt. Die Lage der beiden wirksamen Sondenkerne ist durch zwei in das Kunststoffgehäuse eingravierte und mit weißer Farbe ausgelegte Striche bezeichnet. Die Winkelabweichung der Sondenachse zu den Kanten des Kunststoffgehäuses beträgt maximal $\pm 2^\circ$. Die Länge des Sondenanschlußkabels zum 9-poligen Stecker beträgt 3 Meter. Die zur Anpassung der Mikrofeldsonde an das Oerstedmeter evtl. notwendigen Abgleichglieder sind in dem 9-poligen Anschlußstecker untergebracht. Bei Anschluß der Mikrofeldsonde an das Oerstedmeter beträgt die auf dem Oerstedmeter vermerkte Empfindlichkeit nur 1/10. Die auf dem Oerstedmeter abgelesenen Werte sind daher mit dem Faktor 10 zu vervielfachen. Ge-eicht wird die Feldstärken-Meßanordnung mit der Mikrofeldsonde auf dem Empfindlichkeitsbereich 10. Beim Drücken auf die Eichtaste wird auf der Sonde ein Gleichfeld von 100 mOe erzeugt, welches auf dem Anzeig-instrument einen Ausschlag von 100 Skalenteilen ergeben muß.

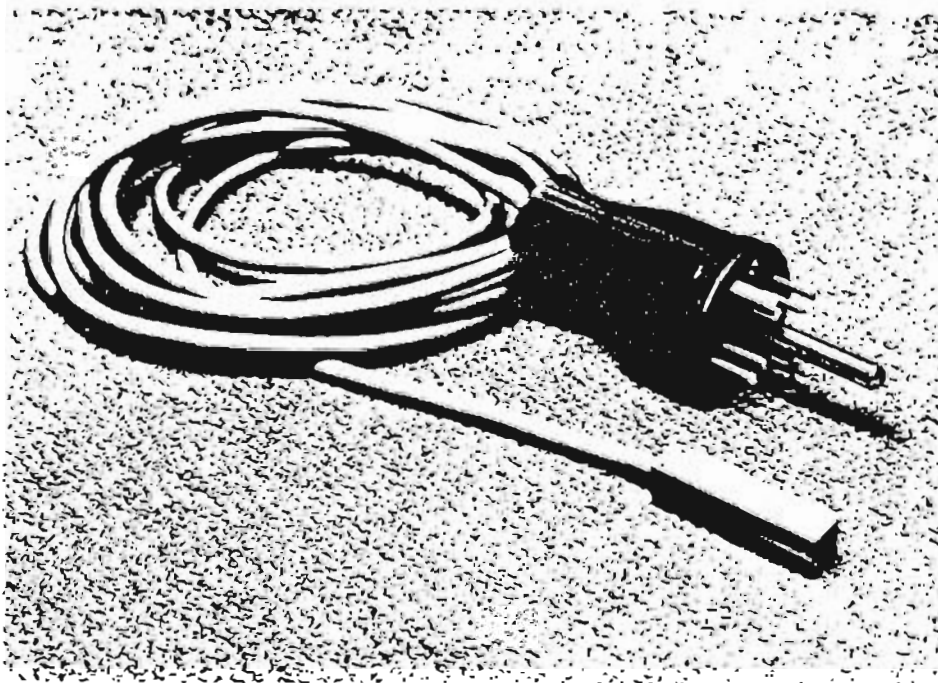
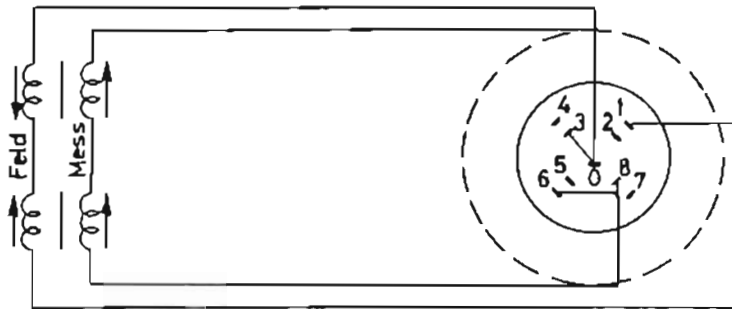


Bild 5



Anschluß-Schema
Mikrofeldsonde
Typ FK-5-T9-5

Melwicklungen	0 und 8	15 Ohm
Erregerwicklungen	0 und 1	6 Ohm
Erregerstrom		140 mA _{eff.}

Bild 6

- 4.) Die Punktpolsonde Typ GK-22-T9-1 ist eine koaxiale Stiftsonde in Differenzschaltung und besitzt nur einen Sondenstreifen von 22 mm Länge, auf welchem die entsprechenden Erreger- und Meßwicklungen angebracht sind. Es wird bei dieser Sonde die Differenz des Gleichfeldflusses in der ersten gegenüber der zweiten Sondenhälfte gemessen.

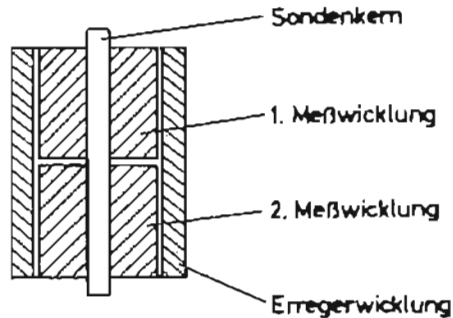


Bild 7

Prinzipaufbau der Punktpolsonde Typ GK-22-T9-1

Die Punktpolsonde ist vorgesehen zur Relativmessung von vertikal aus dem Werkstück austretenden Feldstärken, z.B. bei einer Punktpolmagnetisierung zur Werkstoffsortierung oder ähnlichem auf Grund von unterschiedlichem magnetischem Restfeld. Die Punktpolsonde ist koaxial in einem konischen Kunststoffkörper mit 12 mm Durchmesser so eingebaut, daß der Sondenstreifen 2 mm hinter dem vorn am Taster aufgeklebten Metallplättchen beginnt. Die Länge des Anschlußkabels beträgt 3 Meter.

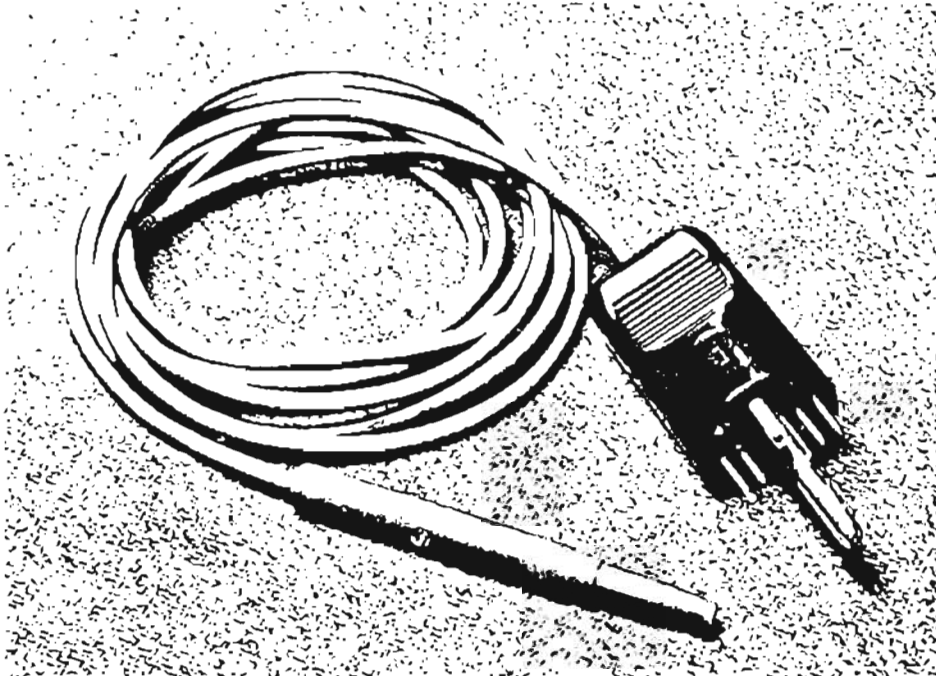
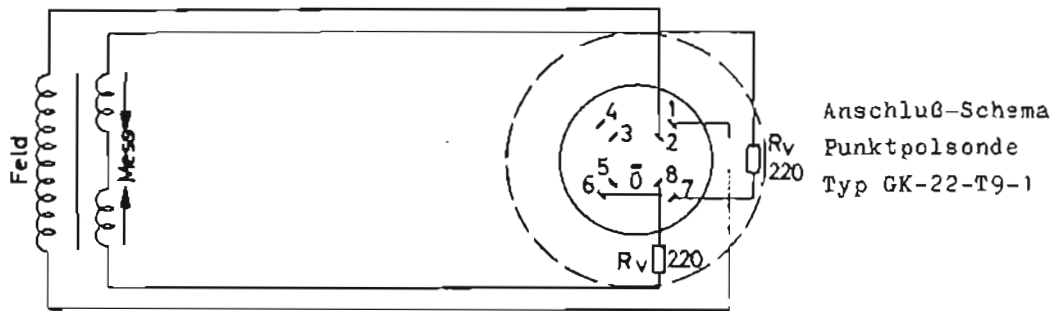


Bild 8



Anschluß-Schema
Punktpolsonde
Typ GK-22-T9-1

Meßwicklungen (mit R _v)	7 und 8	470 Ohm
Erregerwicklungen	1 und 2	15 Ohm
Erregerstrom		55 mA _{eff.}

Bild 9

- 5.) Die Spaltsonde für Tonbänder Typ SK-10-20-T9-2 dient zur relativen Feldstärken-Differenzmessung an aufmagnetisierten Tonbändern, zur Untersuchung der linearen Aussteuerbarkeit von Tonbändern sowie der langsamen Abtastung von magnetischen Aufzeichnungen und der Registrierung auf geeigneten Registriergeräten. Es wird die Differenz der auf dem Tonband aufgetragenen vertikalen Magnetisierung an einer Spaltlänge von $20\ \mu$ gemessen. Absolute Angaben über die gemessene Differenzfeldstärke sind nicht möglich. Die Sondenspaltanordnung ist in einem Kunststoffkörper von $170 \times 30 \times 15\ \text{mm}$, etwa $15\ \text{mm}$ vom Ende entfernt, eingebaut. Es ist ein Bandleitkanal von $6,5\ \text{mm}$ Breite vorgesehen, in dessen Mitte das Abnahmesystem sitzt. Die beiden Differenzfeld-Abnahmefühler sind in Richtung der Bandlänge jeweils $0,1\ \text{mm}$ dick, und der Spaltabstand der beiden Magnetfeldfühler beträgt $20\ \mu$. Zur Kompensation evtl. noch auf das Spaltsondenpaar wirkender Gleichfelder ist in dem Kunststoffkörper zusätzlich noch ein durch einen Drehknopf zu betätigender Kompensationsmagnet eingebaut. Die Sondenkabellänge beträgt $3\ \text{Meter}$.

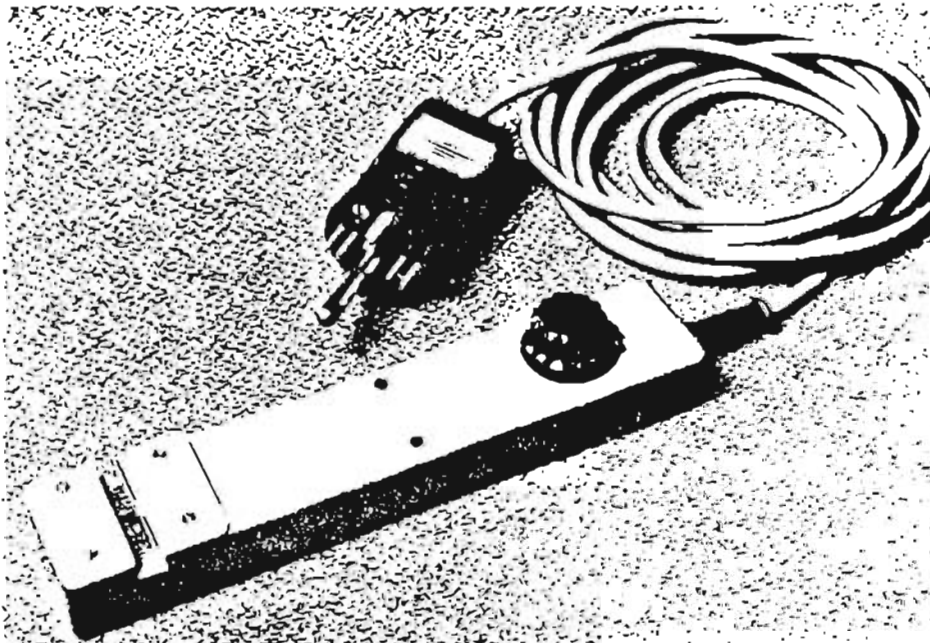
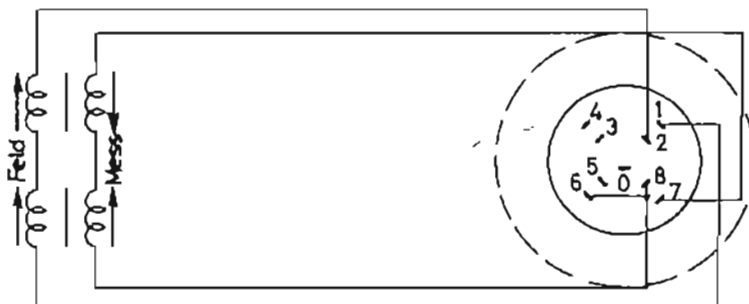


Bild 10



Anschluß-Schema
Spaltsonde
Typ SK-10-20-T9-2

Meßwicklungen	7 und 8	40 Ohm
Erregerwicklungen	1 und 2	18 Ohm
Erregerstrom		$55\ \text{mA}_{\text{eff}}$

Bild 11

6.) Die Mikrodifferenzsonde Typ GK-5-T9-2 ist vorgesehen zur Messung von Differenzfeldstärken an kleinen magnetischen Feldquellen. Sie dient z.B. zum Nachweis von magnetischen Streuflüssen an ferromagnetischen Körpern, welche an Rissen im Material nach geeigneter Magnetisierung des Werkstückes auftreten. Die magnetisch wirksame Kernlänge des Sondenpaares beträgt 5 mm. Der Abstand der beiden in einem kleinen Kunststoffkörper mit den Abmessungen von 60 x 15 x 12 mm eingebauten Einzelsonden beträgt 6 mm. Die genaue Lage der beiden wirksamen Sondenkerne ist durch zwei in den Kunststoffkörper eingravierte und mit weißer Farbe ausgelegte Striche gekennzeichnet. Zum Schutz gegen zu starken Verschleiß beim Messen von rauen Oberflächen von Werkstoffen sind in die Kopfseite des Meßtasters zwei kleine Sintersteine eingebaut. Die Länge des Sondenanschluskabels beträgt 3 Meter. Die Sondenempfindlichkeit bei Differenzmessungen ist etwa 1/100 der auf dem Oerstedmeter angezeigten Empfindlichkeit.

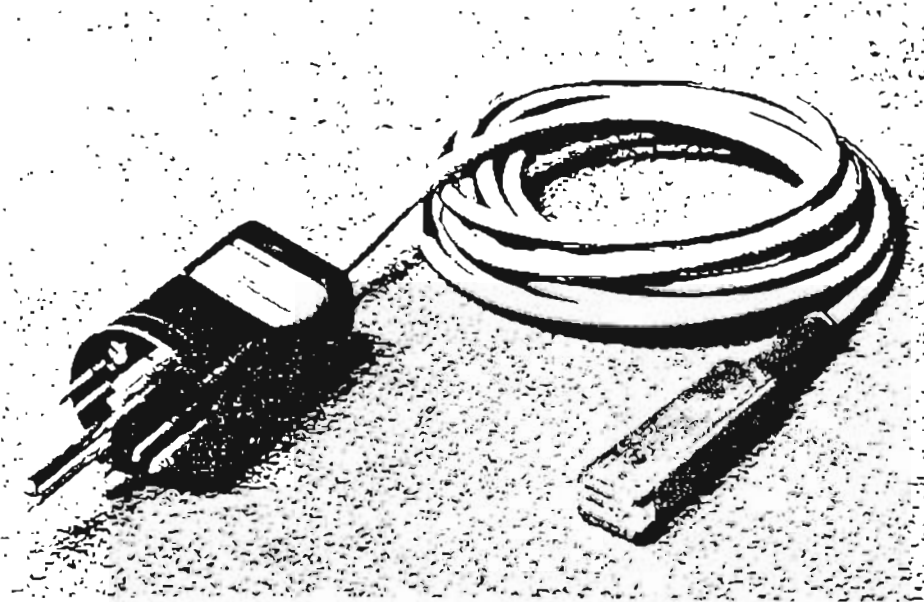
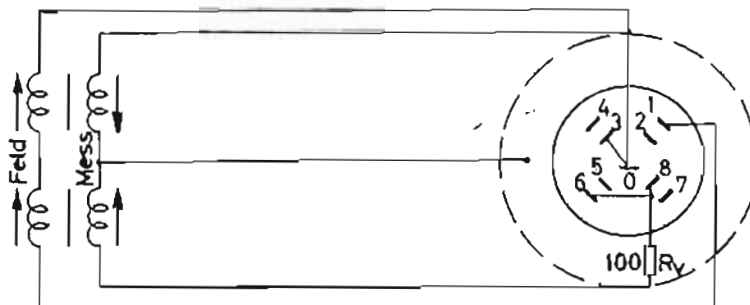


Bild 12



Anschluß-Schema
Mikrodifferenzsonde
Typ GK-5-T9-2

Meßwicklungen (mit R_v)	0 und 8	115 Ohm
Erregerwicklungen	0 und 1	6 Ohm
Erregerstrom		140 mA _{eff.}

Bild 13

- 7.) Der Texturmessertaster Typ GM-5-T9-2 dient vorzugsweise zur Messung der magnetischen Anisotropie in Elektroblechen mit magnetischer Vorzugsrichtung. Es kann die Größe und Richtung der magnetischen Vorzugsrichtung bestimmt werden. Zu diesem Zweck ist in den Texturmessertaster ein Permanent-Punktpolmagnet eingebaut, der auf dem Elektroblech einen Punktpol erzeugt. Mit einem drehbar angeordneten Differenzsondenpaar, welches an der Oberfläche des Bleches die tangentielle Differenzfeldstärke des aufgebrachtten Punktpoles ausmißt, kann aus der Restfeldstärke die relative Koerzitivkraft bei Drehung des Tasters um 360° bestimmt werden. Es wird an dieser Stelle auf die genaue Beschreibung des Verfahrens in der Zeitschrift für Metallkunde, Band 45, Jahrgang 1954, Heft 4, Seite 83 hingewiesen: "Die schnelle, zerstörungsfreie Bestimmung der Blechanisotropie mit Restpunktpolverfahren" von Dr. Friedrich Förster und Gustav Zizelmann. Die Kabellänge beträgt 3 Meter und das Gewicht des Tasters ca. 3 kg.

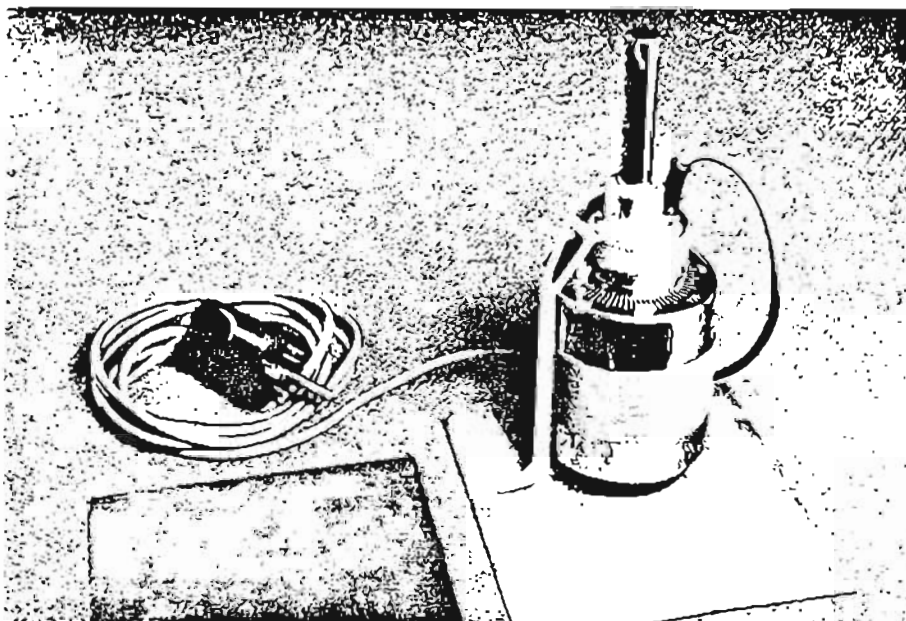


Bild 14

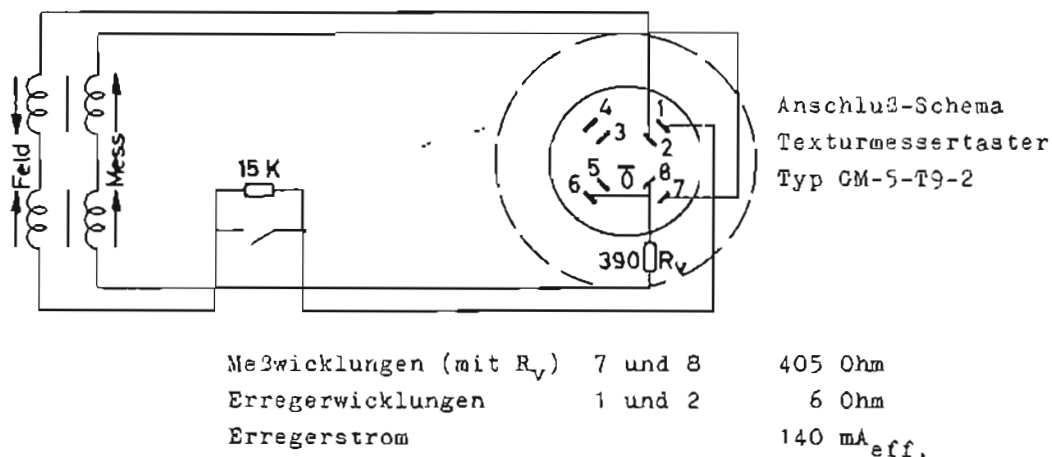


Bild 15

C) Aufstellung des Oerstedmeters sowie Anschluß

Der Aufstellungsort des Oerstedmeters ist weitgehend unkritisch. Das Gerät kann bei normaler Atmosphäre fast überall aufgestellt werden. Es ist zu vermeiden, daß z.B. säurehaltige Luft an das Gerät ^{nur von} gelangt. Im Temperaturbereich von -20°C bis $+50^{\circ}\text{C}$ ist das Oerstedmeter voll betriebsfähig. Die Anzeige des Gerätes ist nur ^{lokal} insofern lageabhängig, wie das eingebaute Präzisionsinstrument der Klasse 0,5 lageempfindlich ist. Die Ausgangsspannung, z.B. zu einer Registriereinrichtung, ist völlig lageunabhängig. Größere magnetische Gleich- oder Wechselfelder stören nicht bis zu einer Feldstärke von ca. 500 Oe.

Das Oerstedmeter ist über das angebaute Netzkabel mit Schutzkontaktstecker an ein geeignetes Wechselspannungsnetz mit 220 Volt, 50 Hz über eine Schutzkontaktsteckdose anzuschließen, um sicherzustellen, daß das Gerät geerdet ist. Sollte eine Erdung über eine Schuko-Steckdose nicht möglich sein, so ist die an der Frontplatte des Gerätes vorhandene blanke Erdungsbuchse (Pos. 16) mit einem geeigneten Erder (z.B. der geerdeten Wasserleitung oder ähnlichem) zu verbinden.

Die Aufstellung der Meßsonden ist in der Beschreibung zur Inbetriebnahme des Gerätes mit den Sonden beschrieben.

D) Inbetriebnahme des Oerstedmeters mit Sonden

Nachdem das Gerät bereits, wie unter C) beschrieben, an das Stromversorgungsnetz angeschlossen wurde, kann mit der Inbetriebnahme begonnen werden. Zunächst wird der Empfindlichkeits-Bereichschalter (Pos. 7) auf Stellung "Anzeigen" gestellt und dann der Netzschalter (Pos. 1) auf "Ein" geschaltet. Es ist das Aufleuchten der Netzmeldelampe (Pos. 2) zu beachten. Zur Erreichung der Betriebstemperatur läßt man das Gerät ca. 10 Minuten einbrennen. Man beachte ferner, daß der mechanische Nullpunkt des Zeigers vom Anzeigeinstrument (Pos. 4) mit dem Nullpunkt der Skala übereinstimmt (notfalls mit Schraubenzieher an Pos. 17 nachregeln). Während der Anheizzeit wird die zur Messung der entsprechenden Felder benötigte Sonde über die 9-polige Tuchel-Steckdose (Pos. 8) an das Oerstedmeter angeschlossen.

Es wird im folgenden nun die Inbetriebnahme mit der normalen Feld- und Gradientensonde (Typ. FGK-32-T9-3) beschrieben. Bei allen anderen Sonden verfährt man ^{gemäß} sinngemäß. Das Sondenpaar wird mit beiden einzelnen Sonden in entgegengesetzter Richtung (so daß die beiden Anschlußkabel in entgegengesetzter Richtung von den Sonden wegführen) in dem mitgelieferten Kunststoffhalteklötzchen in die beiden nahe zusammenliegenden Nuten eingebracht. Der Abstand des Sondenpaares vom Oerstedmeter sollte nicht geringer als ca. 1 - 1,5 Meter sein, um die Einwirkung eines größeren Wechselfeldes, hervorgerufen durch den eingebauten, etwas stärker streuenden magnetischen Konstanthalter-Trafo, zu vermeiden. Das Sondenpaar sollte auf eine möglichst unmagnetische Unterlage gestellt werden.

Es ist nun zu beachten, daß der Instrumenten- und Schreiber-Umschalter (Pos. 14) auf "Instr." oder auf der Mittelstellung steht und daß der Kompensationsfeld-Grobschalter (Pos. 11) ausgeschaltet ist. Der Empfindlichkeitsstufenschalter (Pos. 7) wird auf Stellung "0" gebracht, ein passender Schraubenzieher in den Achsschlitz der Buchse (Pos. 6) gesteckt und mit Hilfe dieses Schraubenziehers an dieser Stelle so lange feinfühlig nach rechts oder links geregelt, bis der Zeiger des Anzeigeegerätes genau auf Null zeigt.

Es wird nun z.B. der Empfindlichkeits-Bereichschalter auf 100 gestellt, dann kann die Empfindlichkeits-Kontrolle bzw. Nacheichung vorgenommen werden. Zu diesem Zweck drückt man auf die mit "Eichen" bezeichnete Drucktaste (Pos. 5). Bei richtig eingestellter Eichung muß sich auf dem Anzeigegerät (Pos. 4) ein Ausschlag von 100 Skalenteilen ergeben. Sollte die notwendige Empfindlichkeit nicht vorhanden sein, so kann mit einem Schraubenzieher an dem Regler "Eichen" (Pos. 3) die erforderliche Empfindlichkeit nachjustiert werden. Damit ist die Empfindlichkeitseichung zur Feldstärkemessung durchgeführt.

Für sehr genaue Messungen kann dieser vorher beschriebene Eichvorgang in den anderen Empfindlichkeits-Stellungen kontrolliert und evtl. nachjustiert werden.

Zur Messung von Feldstärken sind die beiden Sonden des Sondenpaares parallel zu legen, während bei der Messung von Feldstärkedifferenzen das Sondenpaar antiparallel gelegt werden muß.

Sondenordnung bei:

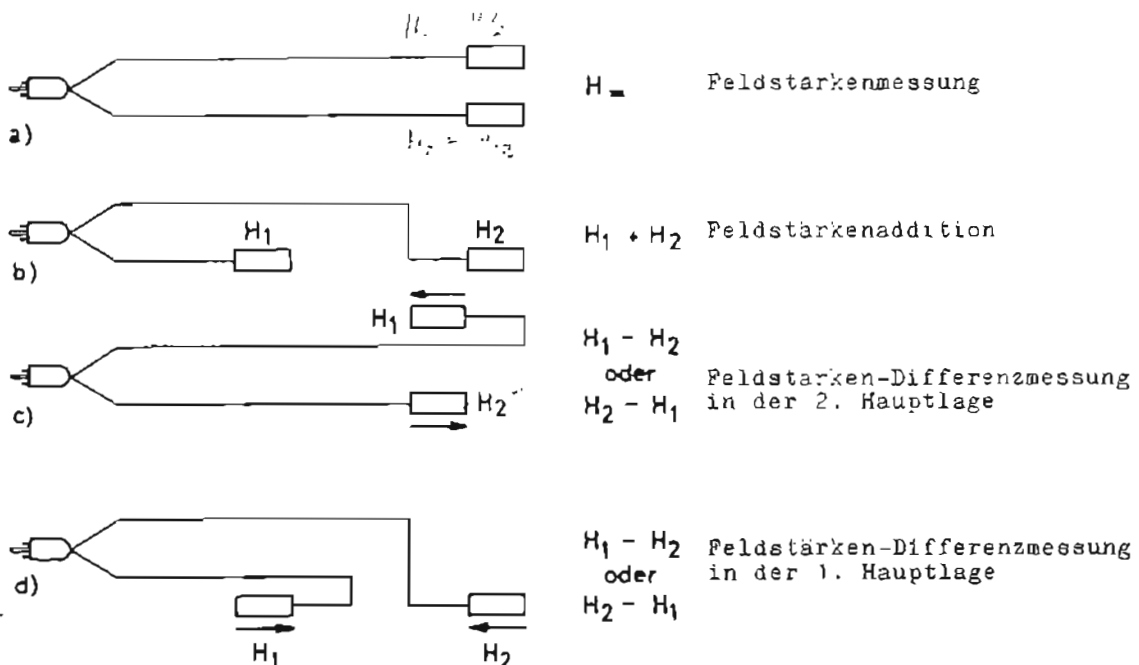


Bild 16

Bei der Lage des Sondenpaars nach Bild 16a (zusammenliegendes Sondenpaar) wird der Absolutwert der Feldstärke angezeigt, während bei der Lage entsprechend Bild 16b die Summe der Felder H_1 und H_2 gemessen wird. Bei der Lage des Sondenpaars nach Bild 16c wird die Feldstärkedifferenz zwischen den beiden Sondenhälften, unabhängig vom vorhandenen Gleichfeld, in der 2. Hauptlage angezeigt, während bei der Lage des Sondenpaars nach Bild 16d wie bei 16c ebenfalls die Feldstärkedifferenz angezeigt wird, jedoch in der 1. Hauptlage (Sondenachsen hintereinander). Bei Verwendung des Sondenpaars für Differenzmessungen sind die Feldstärkewerte mit dem Faktor 2 zu multiplizieren. Es entspricht z.B. ein Ausschlag von 100 Skalenteilen auf dem Empfindlichkeitsbereich 1 einer Differenzfeldstärke von 2 mOe.

Um bei der Feldstärkemessung in den empfindlichen Bereichen (z.B. Stufe 1 - 20) keine Empfindlichkeitsverminderung durch äußere, auf die Sonden wirkende Wechselfelder zu erhalten, ist darauf zu achten, daß die Sondenanordnung möglichst weit von Wechselfeldquellen (Netztrafo oder ähnlichem) aufgestellt ist. Dieser Effekt kann z.B. getestet werden, indem die Eichkontrolle in dem empfindlichen Meßbereich betätigt wird. Wirkt ein störendes Wechselfeld auf die Sonde, z.B. 5 mal größer als der eingestellte Gleichfeldbereich, so ist die Empfindlichkeit nur noch ca. 60 %. Die Größe und der Einfluß von äußeren Wechselfeldern auf die Sonde kann, wie weiter hinten beschrieben ist, mit einem Oszillographen festgestellt werden.

E) Verschiedenes

1.) Zusatzeinrichtungen:

Spannungskorrektur

- a) Mit dem Oerstedmeter ist die Möglichkeit gegeben, die auf dem Anzeigeelement angezeigten Feldstärkewerte sowie auch niederfrequente Wechselfelder und sprunghaft sich ändernde Gleichfelder mit einem geeigneten Registriergerät aufzuzeichnen. Zu diesem Zweck kann ein Registriergerät über Ausgang II (Pos. 9, Kontakt 1 und 5) an das Oerstedmeter angeschlossen werden. Der Innenwiderstand des Oerstedmeterausganges zum Anschluß des Schreibers beträgt 500 Ohm und die Ausgangsspannung für ± 100 Skalenteile $\pm 1,5$ Volt. Das Frequenzverhalten der Ausgangsspannung gegenüber einem auf die Sonden wirkenden Wechselfeld beträgt:

0	10	20	30	40	50	Rz
100	99	97,5	95	93,5	92	%

- b) Eine weitere Möglichkeit, niederfrequente magnetische Wechselfelder zusammen mit dem Oerstedmeter zu messen, bietet sich bei Anschluß eines geeigneten Oszillographen an die koaxiale Anschlußbuchse Ausgang I (Pos. 15) an der Frontplatte des Gerätes. Dieser Weg der Messung von Wechselfeldern wird gewählt, wenn die Zeitkonstante der phasenempfindlichen Gleichrichterstufe des Oerstedmeters sich störend bemerkbar macht. Bei Messung mit dem Oszillographen wird die Sondenträgerfrequenz von 20 kHz zur Übertragung und Anzeige auf dem Oszillographenschirm benutzt. Die Ausgangsspannung an der Buchse I beträgt für ± 100 Skalenteile 2,5 Volt_{eff.} an einem R_1 von etwa 700 Ohm. Zweckmäßigerweise wird die Eichung des Oszillographenschirmbildes so vorgenommen, daß z.B. durch Drücken auf die Eich-taste (Pos. 5) ein Ausschlag auf dem Anzeigeelement von 100 Skalenteilen erzeugt und dann durch geeignete Empfindlichkeitsregelung am Oszillographen das Schirmbild auf eine Höhe von z.B. 100 mm gebracht wird. Dadurch ist man in der Lage, die Größe eines magnetischen Wechselfeldes bis zu ca. 100 Hz grob zu bestimmen. Auf den empfindlichen Meßbereichen des Oerstedmeters - hauptsächlich mit der Feld- und Gradientensonde - ist zu beachten, daß der Störpegel der Ausgangsspannung etwa einem Wechselfeld von 0,2 - 0,8 μ Oe entspricht. Es ist also empfehlenswert, entsprechende Wechselfeldmessungen nur auf den unempfindlicheren Meßbereichen durchzuführen. Auf den empfindlichen Meßbereichen besteht zusammen mit dem Oszillographen die Möglichkeit, störende Wechselfelder festzustellen, welche auf die Sonden wirken und die Empfindlichkeit des Oerstedmeters (wie unter d) beschrieben), herabsetzen.
- c) Es besteht die Möglichkeit, zusammen mit dem Oerstedmeter eine Anordnung aufzubauen, welche z.B. in einer Spulenanordnung bei Zwischenschaltung eines geeigneten Verstärkers ein Magnetfeld erzeugt, welches proportional dem auf die Sonde wirkenden Magnetfeld, z.B. zur Kompensation von magnetischen Störungen, hervorgerufen durch Störquellen aus industriellen Anlagen, Bahnen usw., ist. Außerdem ist diese Anordnung geeignet zur Konstanthaltung von magnetischen Felderzeugern und als Steuergerät für entsprechende Regelschaltungen.

*parallel zur
für Kopie
Kopie*

2.) Hinweise:

- a) Die magnetische Feldstärke wird mit dem Präzisions-Magnetfeldmesser Typ 1.104 in Oe gemessen.

$$\begin{aligned} 1 \text{ Oe} &= 1000 \text{ mOe} = 100\,000 \text{ Gamma} \\ 1 \text{ mOe} &= 100 \text{ Gamma} \\ 1 \text{ Gamma} &= 1 \cdot 10^{-5} \text{ Oe} \end{aligned}$$

Auf dem empfindlichen Meßbereich 1 entspricht daher 1 Skalenteil einer Feldstärke von 1 Gamma.

$$\begin{aligned} M=1 &\Rightarrow \text{lokkt} \Leftrightarrow 1 \text{ mOe} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Oe} \\ 1 \text{ skf} &\Leftrightarrow 10^{-5} \text{ Oe} = 1 \text{ Gamma} \end{aligned}$$

- b) Es wird darauf hingewiesen, daß magnetische Felder, bis zu einigen 100 Oe nicht angezeigt werden, wenn diese ^{senkrecht} auf der Sondenachse stehen. Dadurch werden aber die kleinsten Änderungen der Feldrichtung sehr empfindlich angezeigt. Es entsteht ein sehr scharfer Nulldurchgang.
- c) Zur Vermeidung von Fehlmessungen wird empfohlen, darauf zu achten, daß keine ferromagnetischen Verunreinigungen an den Sonden oder Sondenhalterungen haften bleiben.
- d) Sondenstrom_{eff.} (gemessen mit Strommesser) $R_i = 1 \text{ Ohm}$.

3.) Anwendungen:

$$H = K I$$

- a) Die Bestimmung von Spulenkonstante und Spulenfaktor K einer Spule, d.h. der Wert der Spulenfeldstärke in Oe, welcher bei einem Spulenstrom von 1 Amp. erzeugt wird, kann sehr bequem mit dem Oerstedmeter und zwar mit der Feld- und Gradientensonde sowie mit der Mikrofildsonde ermittelt werden.

Mit der Feld- und Gradientensonde sind zwei Möglichkeiten gegeben: Einmal können die beiden Einzelsonden parallel (als Feldmeßsonden) in die Spule gebracht und in geeigneter Weise miteinander verbunden werden (z.B. mit Tesaband), damit keine Verschiebung der Einzelsonden gegeneinander und gegen die Spulenordnung auftreten kann. Die Bedienung des Oerstedmeters wird, wie unter D) beschrieben, vorgenommen und die Spulenordnung, welche auf einer unmagnetischen Unterlage, z.B. Holztisch oder ähnlichem, steht, wird so im magnetischen Erdfeld gedreht, daß die Sondenachse in die Ost-West-Richtung zeigt. Dies ist hinreichend erreicht, wenn der Instrumentenzeiger des Anzeigeinstrumentes auf dem 10 mOe-Bereich Null anzeigt. Es kann mit den Feldkompensations-Regelgliedern (Pos. 10 und 11) diese Nullkompensation erleichtert werden, wenn es nicht genau möglich ist, die Spule auf Ost-West zu drehen. Nun wird z.B. der Empfindlichkeits-Bereichschalter auf 100 gestellt und die Eichung des Gerätes kontrolliert (evtl. mit Schraubenzieher Regelglied Pos. 3 nachjustieren). Diese Nacheichung könnte erforderlich sein, wenn z.B. die Spule auf ein enges Metallrohr gewickelt ist. Es wird nun die Spule mit einem Gleichstrom beschickt, der so groß gemacht wird, daß das Oerstedmeter-Instrument 100 Skalenteile zeigt. Die Spulenfeldstärke ist dabei also 0,1 Oe. Ist bei diesem Beispiel der durch die Spule fließende Strom zur Erzeugung dieser Feldstärken von 0,1 Oe = 0,02 Amp., so beträgt der Spulenfaktor 5. Es ist $H_{Oe} = I \times K$ entsprechend dem Beispiel $0,02 \times 5 = 0,1 \text{ Oe}$. Diese Faktorbestimmung kann ebenso auf den anderen Feldstärkebereichen durchgeführt werden.

Die zweite Möglichkeit mit der Feld- und Gradientensonde bei Spulen mit kleinem Innendurchmesser ist, nur eine Sonde in die Spule zu bringen. Die zweite Sonde wird in so großem Abstand von der Spule

gelegt, daß das Spulenfeld nicht mehr auf die zweite Sonde wirken kann. Wenn diese äußere Sonde antiparallel zu der in die Spule gebrachten Sonde liegt, kann auf die Ost-West-Ausrichtung der Spule verzichtet werden. Es ist bei dieser Anordnung nur zu beachten, daß vor der Messung der Zeiger des Oerstedmeter-Instrumentes wieder auf Null steht. Es wird bei dieser Spulenfaktorbestimmung noch darauf hingewiesen, daß der angezeigte Meßwert doppelt so groß ist, also 100 Skalenteile auf dem 100 mOe-Bereich einer Feldstärke von 200 mOe entsprechen.

Die Faktorbestimmung mit der Mikrofeldsonde wird wie mit der normalen Feldsonde durchgeführt, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Feldwerte mit dem Faktor 10 zu vervielfachen sind und daß die Mikrofeldsonde nur im Bereich 10 eichbar ist.

- b) Mit Hilfe der Feld- und Gradientensonde oder der Mikrofeldsonde ist es möglich, von den verschiedensten Spulenordnungen Inhomogenitäten in der Spule sowie die gesamte Form der aus der Spule austretenden magnetischen Feldlinien zu bestimmen. Es ist zu diesem Zweck empfehlenswert, eine Anordnung zu verwenden, welche die Bewegung der Feldmeßsonden in Koordinatenlinien gestattet. Für die genaue Bestimmung der Richtung von magnetischen Feldlinien wird empfohlen, die Sondenachse 90° zu der Feldlinienrichtung zu drehen, sodaß auf dem Oerstedmeter keine Anzeige entsteht. Damit kann wesentlich genauer außerhalb der Spule die Feldlinienrichtung bestimmt werden.
- c) Wie unter E 2b erwähnt, werden senkrecht auf der Sondenachse stehende Felder nicht angezeigt. Dadurch ist es z.B. möglich, außerhalb einer Spule, unabhängig vom Spulenfeld, von einem in der Spule befindlichen Werkstück magnetische Werte zu messen. Dieses Verfahren wird in dem FÖRSTER-Präzisions-Koerzimeter Typ 1.091 und 1.092 angewendet, wo eine Oerstedmeter-Anordnung unabhängig vom Spulenfeld die Werkstoffmagnetisierung I anzeigt. Es wird in dieser Anordnung $I H_c$ gemessen.
- d) Ähnlich wie zuvor unter c) beschrieben, kann die Curie-Punktbestimmung von Werkstoffen durchgeführt werden. In eine Spulenordnung, welche ähnlich der Koerzimeter-Anordnung aufgebaut ist, wird eine geeignete, möglichst feldfreie Ofenanordnung gebracht, welche das Werkstück aufheizt. Während ein Gleichfeld durch die äußere Spulenordnung auf die Probe wirkt, wird durch die spulenfeldunabhängige Sondenordnung die Probenmagnetisierung I gemessen, und so wird das Verschwinden der Magnetisierung über der Curie-Temperatur angezeigt.
- e) Bei der Durchführung von magnetometrischen Messungen an z.B. rotationssymmetrischen Ellipsoiden in einiger Entfernung vom Prüfkörper wird die Sonde parallel zur Spulenachse außerhalb der Magnetisierungsspule angeordnet und das vom Spulenfeld noch auf die Feldsonde wirkende Feld durch eine geeignete, vom Spulenstrom durchflossene Kompensationsspule kompensiert. Dadurch ist es möglich, die Proben-

magnetisierung $4\pi I$ in der zweiten Gauß'schen Hauptlage unter Berücksichtigung des Abstandes zwischen Prüfkörper und Sondenachse mit hinreichender Genauigkeit zu bestimmen. Ebenso ist es möglich, in ähnlicher Weise die im Prüfling vorhandene innere Magnetisierung H_i bei nicht zu hochpermeablen Werkstoffen zu messen. Dieses Verfahren wird vorteilhaft angewendet, wenn die Messung von magnetischen Stoffwerten auch bei höheren Temperaturen durchgeführt werden soll. Es kann zu diesem Zweck ein Ofen in die Spulenanordnung eingebaut werden.

- f) Die Messung der magnetischen Vorzugsrichtung und deren Größe von Elektroblechen kann, wie unter B 7) beschrieben, mit dem Texturmessertaster Typ GX-5-T9-2 durchgeführt werden.
- g) Mit dem Oerstedmeter und der Mikrofeldsonde ist die Möglichkeit gegeben, die Abschirmwirkung von magnetischen Abschirmungen aus hochpermeablen Material (μ -Metall usw.) zu bestimmen. Zu diesem Zweck wird die Mikrofeldsonde mit der Sondenachse in die Richtung der Feldlinien des Störfeldes gebracht und dann die Größe des Störfeldes bestimmt. Anschließend wird die Sonde am gleichen Meßort und in gleicher Lage in die Abschirmanordnung gebracht und wieder die Störfeldstärke der Störquelle bestimmt. Es ist besonders zu beachten, daß der Zeiger des Oerstedmeters auf Null steht, wenn die Störquelle ausgeschaltet ist. Ist die Störfeldstärke, z.B. von einem Netztrafo herrührend, an einem bestimmten Ort ohne Abschirmung 200 mOe und nach Abschirmung desselben Ortes 10 mOe, so beträgt der Abschirmungsfaktor 20.
- h) Messungen an Tonbändern zur Untersuchung der Aussteuerbarkeit sowie der Abnahme der statischen magnetischen Aufzeichnung zur Registrierung und Sichtbarmachung können mit der Spaltscheibe, wie unter B 5) beschrieben, durchgeführt werden. Die langsame Wiedergabe und Übertragung auf Registriergeräte vom Tonband nach schneller Aufnahme eines physikalischen Vorganges ist damit möglich. Es wird an dieser Stelle auf folgende Veröffentlichung hingewiesen: "Zur Bestimmung der Magnetisierung auf Tonband" von O. Schmidbauer, Elektronische Rundschau Heft 10 (1957) Seite 302.
- i) Zur Messung der Größe des magnetischen Erdfeldes in den verschiedenen Komponenten wird die Feld- und Gradientensonde als Feldsonde (parallel) in eine geeignete Halterung gebracht. Für genaue Messungen ist eine um 360° drehbare Anordnung, welche sowohl horizontal als auch vertikal gedreht werden kann, sehr empfehlenswert. Nach Ausrichtung der horizontal stehenden Scheibe mit einer 360° -Teilung mit Hilfe der Sonde als Null-Indikator in Ost-West-Richtung auf 90° bzw. 270° , kann die Nord-Süd-Feldstärke genau gemessen werden. Bei Auslenkung der Sonde aus der Ost-West-Richtung um $\pm 1^\circ$ wird eine Feldstärkenänderung von etwa ± 7 mOe angezeigt (etwa im Breitengradbereich 45). Die Messung der vertikalen Komponente oder des Absolutbetrages wird durch Kippen der vertikalen Achse von der drehbaren

Scheibe in die Ost-West-Richtung ermöglicht. Diese Ausführung soll jedoch nur als Hinweis dienen.

- k) Zur Messung der Änderung des magnetischen Erdfeldes, z.B. in der vertikalen Richtung, wird die Feldsonde vertikal gestellt, und mit einer geeigneten Kompensationspule um die Sonde, welche aus einer höchst konstanten Spannungsquelle gespeist ist, wird das magnetische Erdfeld auf weniger als $1 \cdot 10^{-5}$ Oe kompensiert. Der Meßbereich des Oerstedmeters ist nach der Erdfeldkompensation auf den Bereich 1 zu stellen und nun können die Änderungen des magnetischen Erdfeldes direkt in Gamma/Skalenteil abgelesen werden.
- l) Zur Kontrolle des Entmagnetisierungs-Vorganges an ferromagnetischen Werkstücken, z.B. nach der Eisenpulverprüfung, wird die Feldsonde in Ost-West-Richtung gelegt und in einer bestimmten Entfernung, je nach Größe des Prüfkörpers, das zu kontrollierende Werkstück an der Sonde vorbeibewegt. Damit ist es möglich, magnetische Werte über den Entmagnetisierungszustand zu erhalten.

4.) Empfindlichkeits-Umschaltung 1 : 10

Sollte die normale Empfindlichkeit des Gerätes (Empfindlichkeits-Umschalter Pos. 20 auf Stellung 1 und Messbereich-Umschalter Pos. 7 auf Stellung 1), d.h. Empfindlichkeit 1 Gamma je Skalenteil, nicht ausreichen, so besteht die Möglichkeit, die Geräteempfindlichkeit mit dem Empfindlichkeits-Umschalter (Pos. 20) auf Stellung 0,1 um den Faktor 10 zu vergrößern, so dass auf der Stellung 1 des Messbereich-Umschalters (Pos. 7) eine Empfindlichkeit von 1/10 Gamma je Skalenteil bzw. 10 Gamma für Vollausschlag erreicht wird.

Spezial-Sondenordnung zur Gesteinprobenvermessung

Die Sondenordnung besteht aus 2 Paaren rauscharmer Feld- und Gradientensonden vom Typ FGK-32-T9-4 spez., die in einer Haltevorrichtung so fixiert werden, daß jedes Sondenpaar antiparallel als Differenzsonde liegt; beide Sondenpaare zusammen aber wie eine Feldsonde mit doppelter Empfindlichkeit wirken.

Der Einbau der Sonden in die Haltevorrichtung erfolgt so, daß die weißen bzw. roten Markierungspfeile der Sonden in derselben Pfeilrichtung genau neben den weißen bzw. roten Markierungspfeilen der Haltevorrichtung zu liegen kommen. Die Haltevorrichtung ist in Ost-West-Richtung zu legen und möglichst auf einer feststehenden unmagnetischen Unterlage zu befestigen. Die zu vermessende Probe wird in die Bohrung in der Mitte der Haltevorrichtung eingeführt.

Der Anschluß der beiden Sondenpaare an das Oerstedmeter erfolgt über ein Verteilerkästchen. Der weiß bzw. rot markierte Spolige Tuchelstecker wird mit der entsprechend markierten Tucheldose des Verteilerkästchens verbunden. Das Verteilerkästchen wird über einen Spoligen Tuchelstecker an das Oerstedmeter angeschlossen.

Die Inbetriebnahme des Oerstedmeters mit der Sonde erfolgt entsprechend Abschnitt 1) Absatz 1, 3 und 4.

Sind die Sonden wie vorgeschrieben eingebaut und ist die Geräteempfindlichkeit kontrolliert (100 Skt. Instrumentenausschlag beim Drücken der Lichttaste), so kann das magnetische Moment einer in der Mitte der Haltevorrichtung befindlichen Probe nach folgender Formel bestimmt werden.

$$M = \text{Skt.} \times \text{Meßbereich} \times \text{Faktor Empf. Umschalter} \times 6,5 \times 10^{-5} = \frac{G}{\text{cm}^3}$$

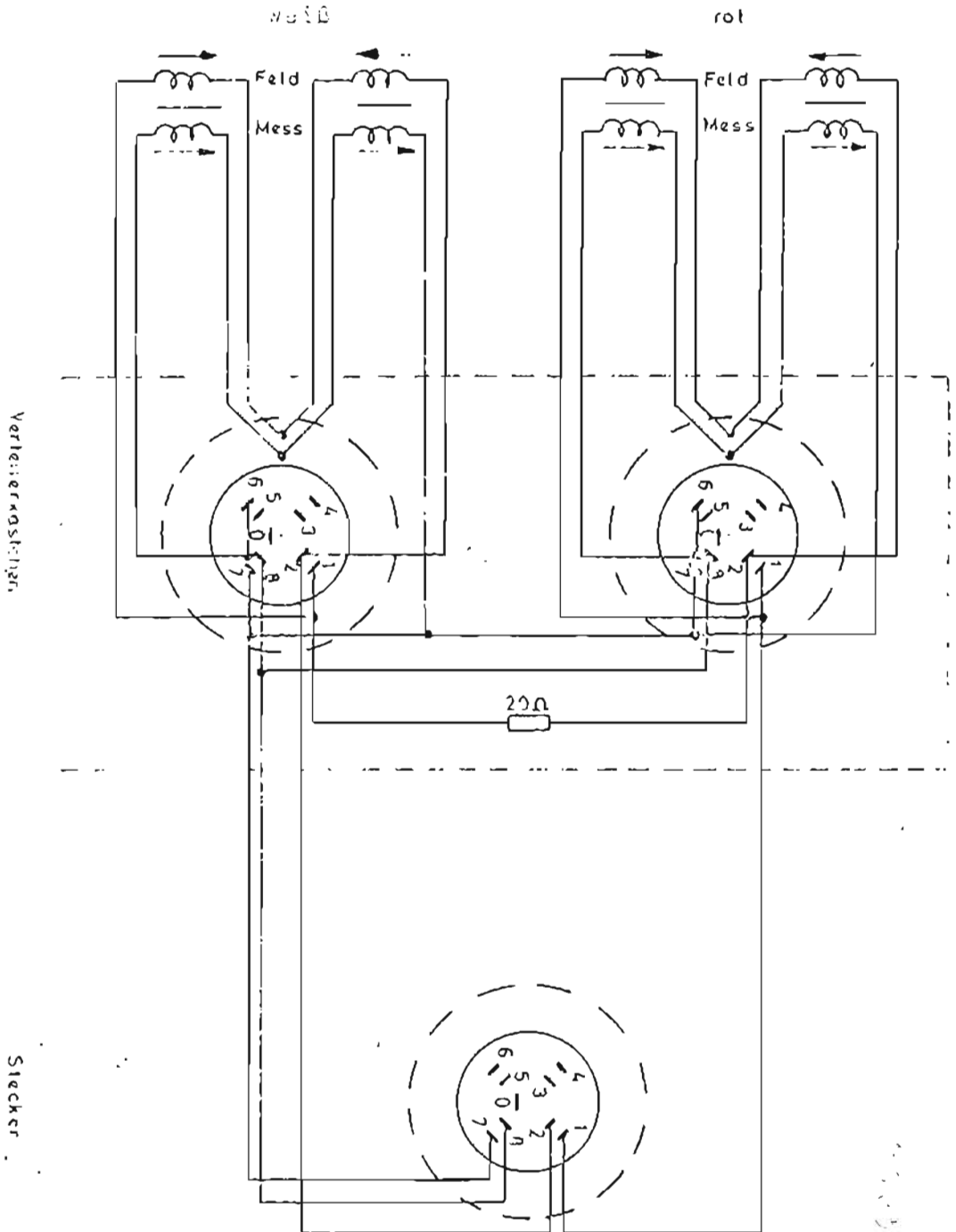
$$M = \text{Skalawert} \times \text{Meßbereich} \times \text{Faktor Empf. Umschalter} \times 6,5 \cdot 10^{-5}$$

[magnetische Moment]

Beispiel: Beim Durchdrehen einer Probe werden ± 100 Skt am Oerstedmeter abgelesen. Der Meßbereichumschalter (Pos. 7) steht auf Bereich 200. Der Empfindlichkeitsumschalter (Pos. 20) steht auf Stellung 0,1. Dann ist

$$M = 100 \cdot 200 \cdot 0,1 \cdot 6,5 \cdot 10^{-5} = 0,13 \frac{\text{G}}{\text{cm}^3}$$

Hinweis: Jedes Sondenpaar der Anordnung kann unmittelbar an das Oerstedmeter angeschlossen und wie eine normale Feld- und Gradientensonde Typ FCK-32-T9-4 betrieben werden.



Handwritten notes:
 Feld- und Messspulen
 Feldspulen: 1, 2, 3, 4, 5
 Messspulen: 6, 7

Anschlußschema der Spez. Feld- und Gradientensonden-Anordnung (2 FGK-32-10-4 20 mA)
 Erregestrom 55 mA eff.

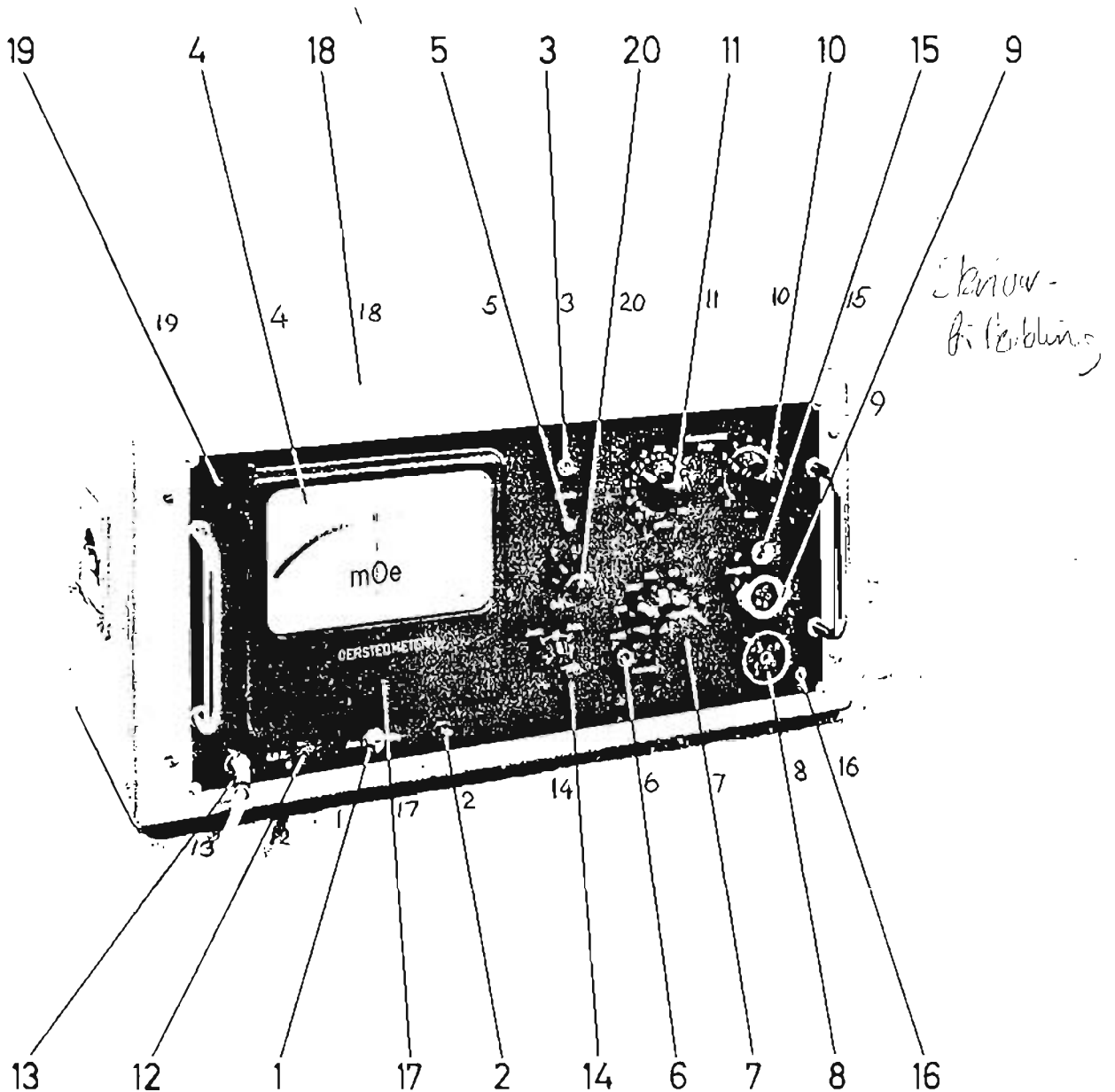
Handwritten notes:
 Ausg. rot/weiß
 - Messspulen: 6, 7
 - Feldspulen: 1, 2, 3, 4, 5
 Ausg. rot/weiß: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

BILD 14

F) Gerätedaten

Abmessungen des Gerätes:	55 x 27 x 32 cm
Gewicht des Gerätes:	23 kg
Netzanschluß:	220 Volt \pm 10 %, 50 Hz \pm 1 %
Stromaufnahme:	ca. 80 VA
Netzsicherung:	Feinsicherung 0,8 A träge
Netzmeldelampe:	Glimmlampe 220 V E 10
Röhren:	5 x E 83 F 2 x ECC 81 1 x E 80 CC 1 x 6201 1 x 85 A 2 1 x 150 B 2
Meßbereich für jeweils 100 Skalenteile (Endausschlag):	
a) mit normaler Feld- und Gradienten- sonde Typ FGK-32-T9-3:	1 mOe 2 mOe 5 mOe 10 mOe 20 mOe 50 mOe 100 mOe 200 mOe 500 mOe 1000 mOe
b) mit Mikrofeldsonde Typ FK-5-T9-5:	alle Bereiche mal Faktor 10
Ausgangsspannung für Schreiber oder Ähnliches (Ausgang II):	1,5 Volt bei R_i 500 Ohm für 100 Skalenteile am Instrument
Ausgangsspannung für Oszillographen- anschluß (Ausgang I):	2,5 $V_{eff.}$ bei R_i 700 Ohm
Verwendbarer Temperaturbereich:	- 20°C bis + 50°C
Meßgenauigkeit:	\pm 1 % vom Skalenendwert
Bereich der eingebauten Feldkompensation:	\pm 25 mOe (mit Sonde FGK-32-T9-3)

Hersteller: Institut Dr. Förster, 741 Reutlingen / Württ.



20 - Frequenzverstellung

10-11 - Kompensationsfeldtregulierung

7 - volger für Maßstab

Skizze - für Feilung

Präzisions - Feldstärkemesser „Oerstedmeter“ - Typ 1.107

Positionsliste zum Präzisions-Magnetfeldmesser Typ 1.107

- 1) Netzschalter
- 2) Netzmeldelampe
- 3) Regler "Eichen"
- 4) Anzeigeeinstrument
- 5) Eichtaste
- 6) Nullpunktregler (Brücke)
- 7) ^{r-01100-001A} Meßbereichumschalter
- 8) 9-polige Steckdose für Sondenanschluß
- 9) 5-polige Steckdose für Schreiberanschluß
- 10) Kompensationsfeldregler "fein"
- 11) Kompensationsfeldregler "grob"
- 12) Netzsicherung
- 13) Netzkabel
- 14) Instrument- und Schreiberumschalter
- 15) Koaxiale Anschlußbuchse für Oszillograph
- 16) Erdungsbuchse
- 17) Mechanischer Nullpunktregler
- 18) Gerätegehäuse
- 19) Beschriftungs-Frontplatte
- 20) Empfindlichkeits-Umschalter.

Bild 17

VEDLEGG 2

Beskrivelse av mikrodatamaskina
med kretsskjema

BESKRIVNING GEOMACDATOR

Geomacdatorn består av fyra kretskort plus batterikort. Kort nr 1 underifrån räknat är programminneskortet med 7 kbyte CMOS eeprom av typ Intersil 6654. Kortet är konstruerat så att minnena ligger på programadress 8000 och uppåt. Kort nr 2 är RAM-minneskortet som har 16 kbyte minne av CMOS typ RCA MWS5114. Minnet är organiserat från 0 till 16k. Kort nr 3 är I/O kortet med kommunikation till datorn. Kortet har 4 inportar av typ 1852 varav 1 är kopplad till en tangentbordsenkoder 74C922. Denna krets är en matriskopplad dekoder för 16 knappar 4X4 lines. För att få möjlighet att från denna krets kunna skriva alla ASCII tecken (64) finns fyra skiftnivåer som bestäms av lines A20, A21 och A22 på TB-kontakten. Om ingen är hög erhålles nivå 1 om A20 är hög erhålles nivå 2 o.s.v. Returntecknet har en egen line A17, om denna line högas får man ett returntecken till porten. Samtliga tecken hamnar i porten som nås från datorn med instruktionen INP 3. Denna port indikerar att tecken har kommit genom att flagga EF3 till datorn.

De tre andra portarna används till att plocka in data från exempelvis geofysiska instrument. Portarna är buffrade med 4 stycken 4050 så att man kan komma in med olika spänningsnivåer till datorn, data kan ha spänningsnivåer från +5 till +12 volt. Som kortet nu är gjort klockas data på dessa portar parallellt, genom att klocka C27 eller C31 om man har högre spänning på klockpuls än +5 volt. Om man vill använda portarna en och en kan man skrapa av linken mellan external clocklines C16, C17 och C18, sedan kan man använda dessa till separata klocklines till varje port. Man kan då koppla external requestlines till vilken flagga man vill. Dessa har nr C19, C20 och C21 på buskontakten. Portarna nås från datorn med instruktionen INP 5, INP 6 och INP 7. När portarna är klockade flaggar de normalt av med EF 1.

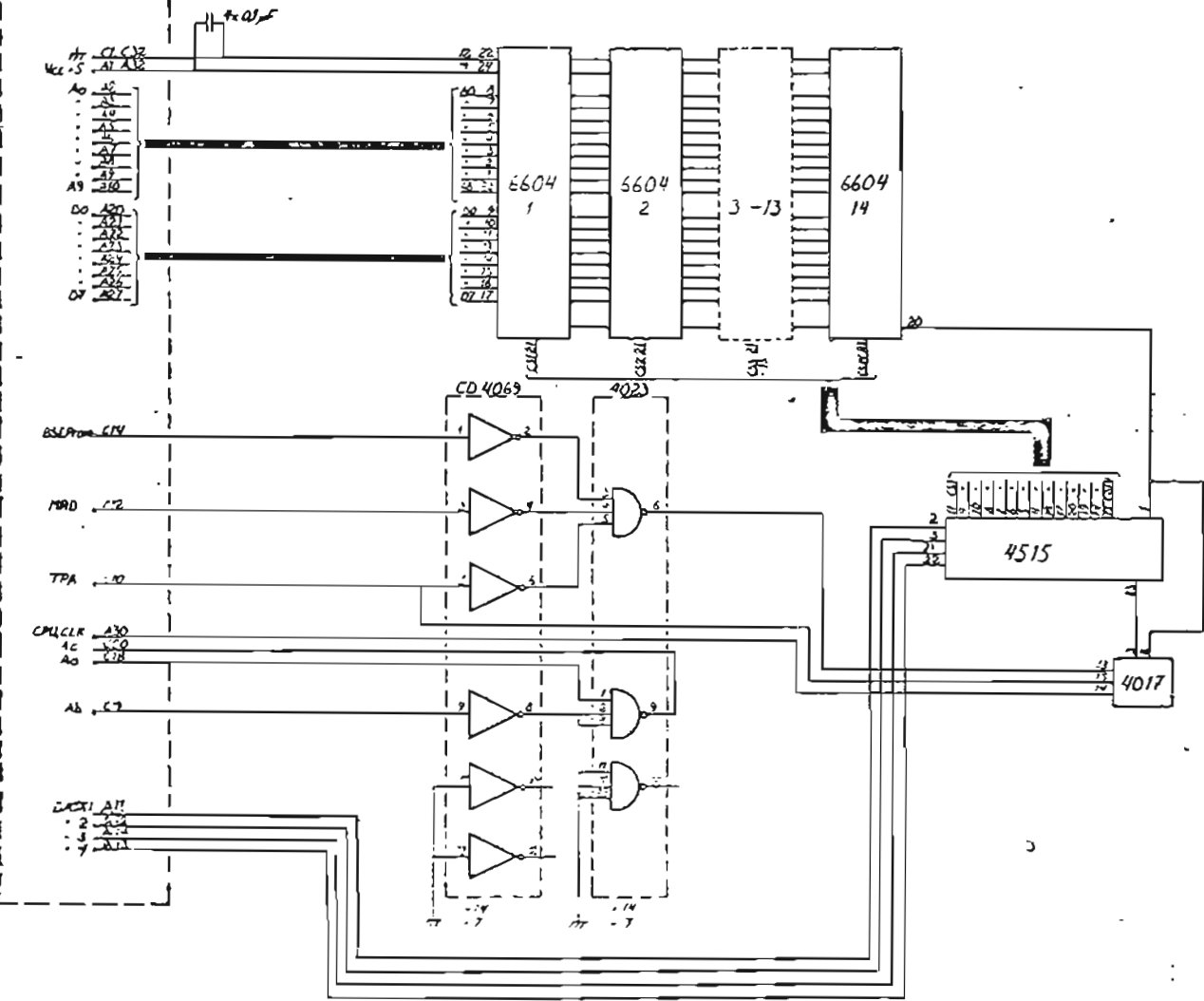
Kort nr 4 är CPU-kortet, detta innehåller bussavslutningar 4 utportar, n-linesdekoder 4028 och en klockneddelare som tillsammans med den udda kristallfrekvensen gör det möjligt att få interrupt med ned till enminutsintervall så att man kan konstruera en softwareklocka/kalender. Om man inte vill använda denna kvalite snittas ledningen mellan 4001 och 4011 external interrupt. Nandgaten 4011 är ett intruptlatch som sätts av intruptförfrågan och resettas av statuslinjerna från datorn när processorn betjänar det begärda intruptet. Utportarna nås med intruktionerna OUT 1 för den port som är märkt dispadr, OUT 2 för den som är märkt dispdata, OUT 5 för den som är märkt band och OUT 7 för skrivporten. Dessa namn hänger bara ihop med vår användning, de kan givetvis användas till vad som helst. Eftersom PROM-adresserna ligger på 8000 och uppåt skall alla program som är färdigutvecklade och skall prommas börja med instruktionerna:

```
DIS,#00 .. gör interrupt omöjlig
LDI#80 .. 80>D
PHI R0 .. ställ i höga R0
```

Datorn är nämligen gjord så att vid resetpuls hålls högsta adressbiten upp under ett kort ögonblick så att dessa instruktioner hinner utföras, efter ett normalt reset startar en 1802 på programadress 0. På detta sätt får man möjlighet att loada externa program via DMA-pekaren direkt in i ramminnet och sedan köra enbart i ram. För att få denna möjlighet får man ta den lilla nackdel det är att alltid starta prommade program med de omtalade instruktionerna.

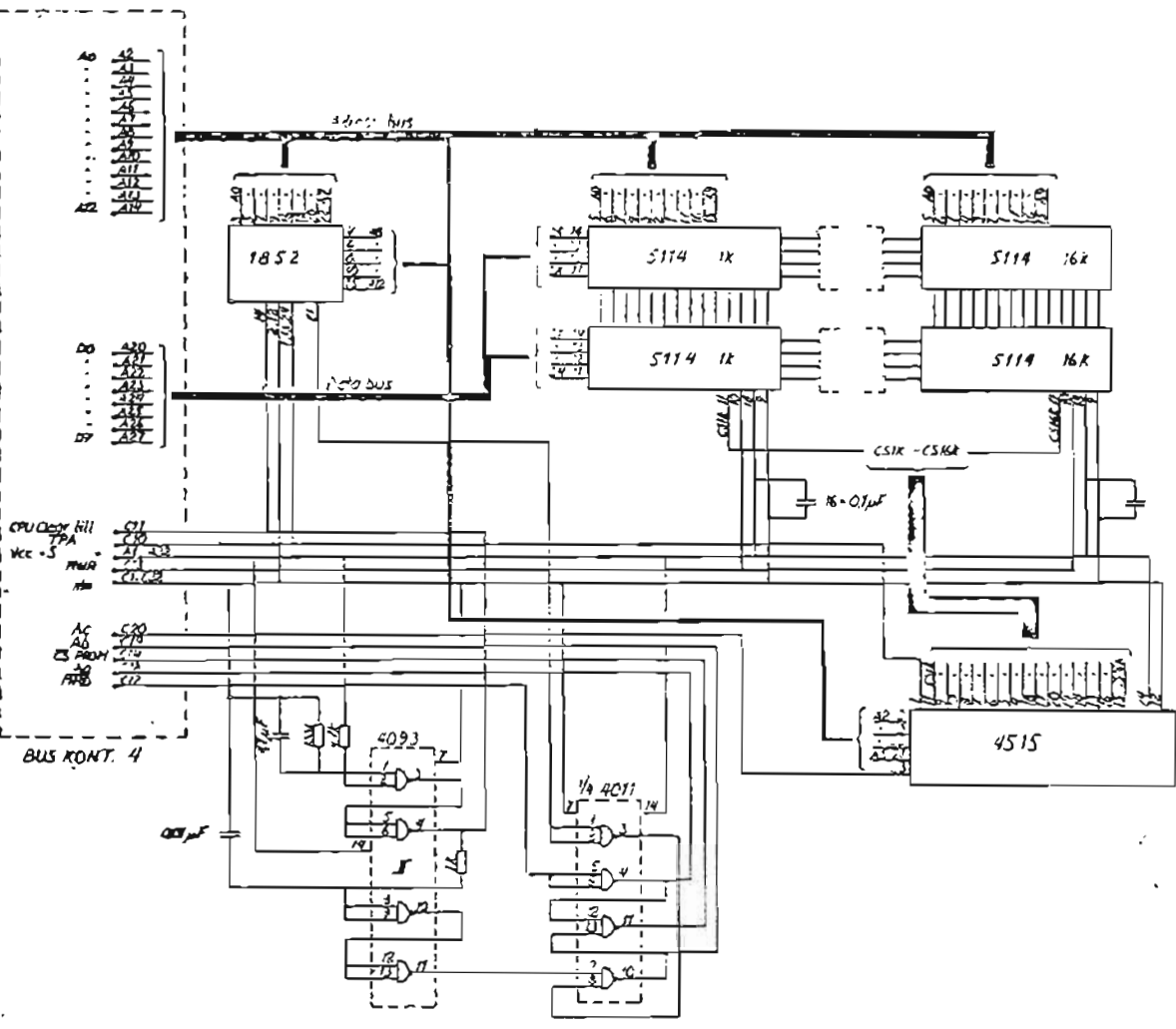
Kort nr 5 är batterikortet som har 1,2 Ah 5 volt. Datorn drar ca 20mA om inga extra interfacekort supplyas.

BUSKONT 6



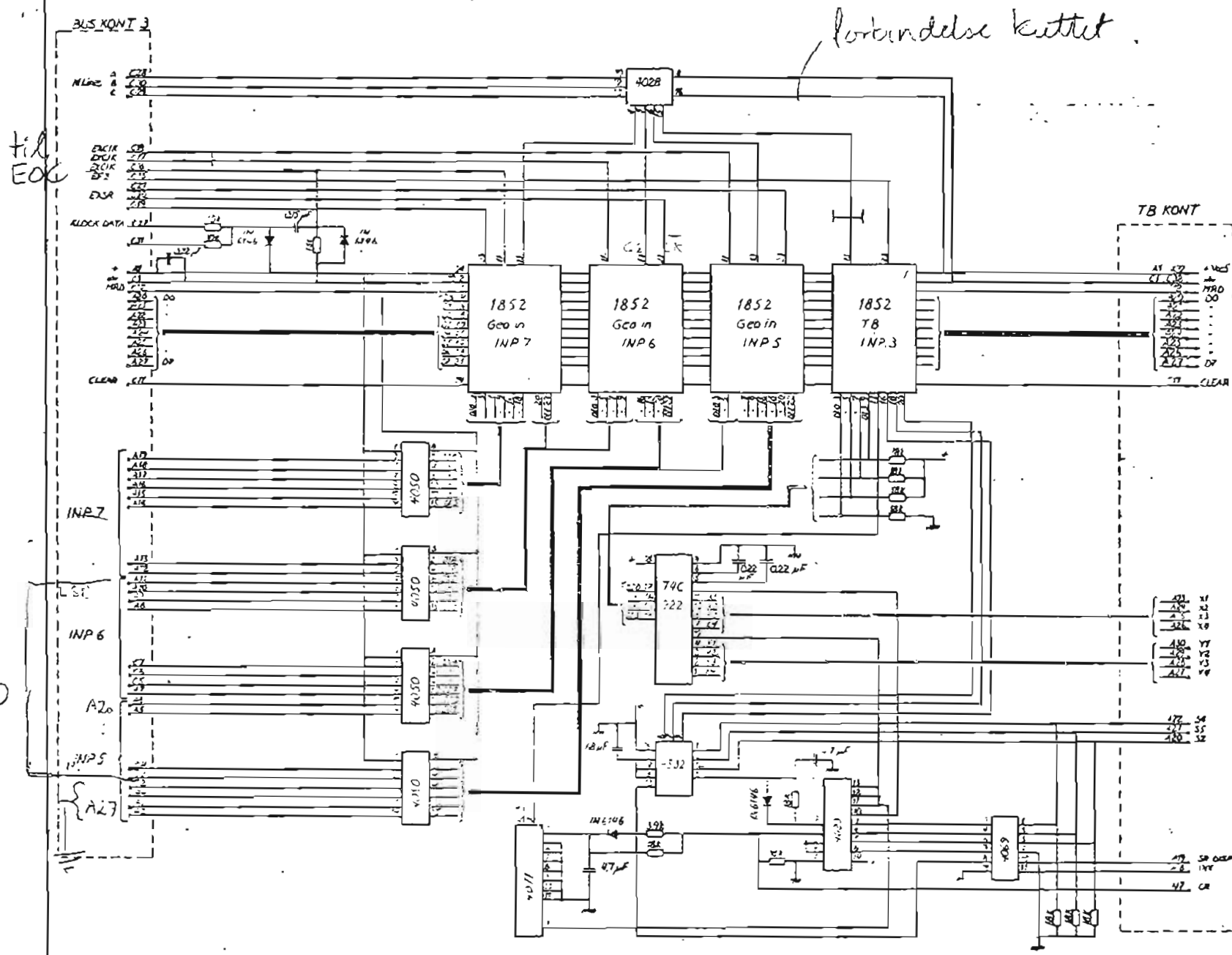
PROM-kort

SGU MALÅ	FÄLTDATAINSAMLING	PROSOM - 000000
----------	-------------------	-----------------



RAM-kort

Serial	nummer	merk	type	aanw.
SGU MALA	FEET/DATAINSAMING



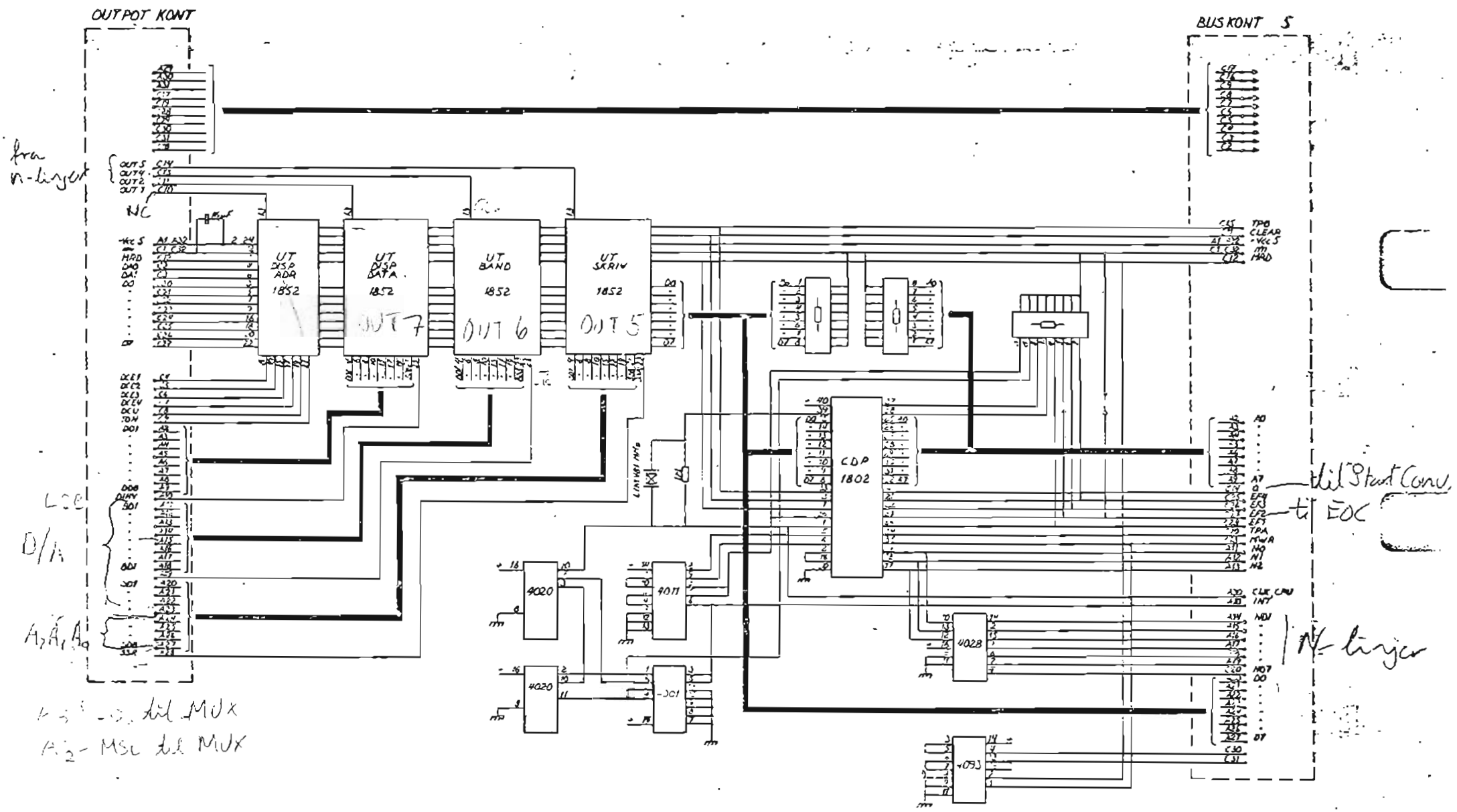
Portindelse kættil

til EOC

fra A/D

lav-kort

SGU MALÅ	FALSTADANLÅNING	INDRØBT	1981
	12.11.81		



fra n-ligert

LCE
D/A

A₂A₁A₀

A₂A₁A₀ del MUX
A₂-MSC del MUX

del Start Conv
to EOC

N- larger

Proyekor kont/utkont

SGU MALA	FALTDATOR	SI-003
	PU - 4.8 OUT	

VEDLEGG 3

Sammendrag av RCA CDP 1802 instruksjonssett

Appendix A — Instruction Summary

The COSMAC instruction summary is given in Tables I and II. Hexadecimal notation is used to refer to the 4-bit binary codes.

In all registers bits are numbered from the least significant bit (LSB) to the most significant bit (MSB) starting with 0.

R(W): Register designated by W, where W=N or X, or P

R(W).0: Lower-order byte of R(W)
R(W).1: Higher-order byte of R(W)
N0 = Least significant Bit of N Register

Operation Notation

$M(R(N)) \rightarrow D; R(N) + 1$

This notation means: The memory byte pointed to by R(N) is loaded into D, and R(N) is incremented by 1.

TABLE I — INSTRUCTION SUMMARY
by Class of Operation

INSTRUCTION	MNEMONIC	OP CODE	OPERATION
MEMORY REFERENCE			
LOAD VIA N	LDN	0N	$M(R(N)) \rightarrow D; \text{FOR } N \text{ NOT } 0$
LOAD ADVANCE	LDA	4N	$M(R(N)) \rightarrow D; R(N) + 1 \rightarrow R(N)$
LOAD VIA X	LDX	F0	$M(R(X)) \rightarrow D$
LOAD VIA X AND ADVANCE	LDXA	72	$M(R(X)) \rightarrow D; R(X) + 1 \rightarrow R(X)$
LOAD IMMEDIATE	LDI	F8	$M(R(P)) \rightarrow D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
STORE VIA N	STR	5N	$D \rightarrow M(R(N))$
STORE VIA X AND DECREMENT	STXD	73	$D \rightarrow M(R(X)); R(X) - 1 \rightarrow R(X)$
REGISTER OPERATIONS			
INCREMENT REG N	INC	1N	$R(N) + 1 \rightarrow R(N)$
DECREMENT REG N	DEC	2N	$R(N) - 1 \rightarrow R(N)$
INCREMENT REG X	IRX	60	$R(X) + 1 \rightarrow R(X)$
GET LOW REG N	GLO	8N	$R(N).0 \rightarrow C$
PUT LOW REG N	PLO	AN	$D \rightarrow R(N).0$
GET HIGH REG N	GHI	9N	$R(N).1 \rightarrow D$
PUT HIGH REG N	PHI	BN	$D \rightarrow R(N).1$
LOGIC OPERATIONS^{♦♦}			
OR	OR	F1	$M(R(X)) \text{ OR } D \rightarrow D$
OR IMMEDIATE	ORI	F9	$M(R(P)) \text{ OR } D \rightarrow D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
EXCLUSIVE OR	XOR	F3	$M(R(X)) \text{ XOR } D \rightarrow D$
EXCLUSIVE OR IMMEDIATE	XRI	F8	$M(R(P)) \text{ XOR } D \rightarrow D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
AND	AND	F2	$M(R(X)) \text{ AND } D \rightarrow D$
AND IMMEDIATE	ANI	FA	$M(R(P)) \text{ AND } D \rightarrow D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHIFT RIGHT	SHR	F6	SHIFT D RIGHT, $LSB(D) \rightarrow DF$, $0 \rightarrow MSB(D)$
SHIFT RIGHT WITH CARRY	SHRC	76 [♦]	SHIFT D RIGHT, $LSB(D) \rightarrow DF$, $DF \rightarrow MSB(D)$
RING SHIFT RIGHT	RSHR		
SHIFT LEFT	SHL	FE	SHIFT D LEFT, $MSB(D) \rightarrow DF$, $0 \rightarrow LSB(D)$
SHIFT LEFT WITH CARRY	SHLC	7E [♦]	SHIFT D LEFT, $MSB(D) \rightarrow DF$, $DF \rightarrow LSB(D)$
RING SHIFT LEFT	RSHL		

[♦]NOTE THIS INSTRUCTION IS ASSOCIATED WITH MORE THAN ONE MNEMONIC EACH MNEMONIC IS INDIVIDUALLY LISTED.

^{♦♦}NOTE THE ARITHMETIC OPERATIONS AND THE SHIFT INSTRUCTIONS ARE THE ONLY INSTRUCTIONS THAT CAN ALTER THE DF AFTER AN ADD INSTRUCTION

DF = 1 DENOTES A CARRY HAS OCCURRED
DF = 0 DENOTES A CARRY HAS NOT OCCURRED

AFTER A SUBTRACT INSTRUCTION

DF = 1 DENOTES NO BORROW D IS A TRUE POSITIVE NUMBER
DF = 0 DENOTES A BORROW D IS TWO'S COMPLEMENT

THE SYNTAX "-(NOT DF)" DENOTES THE SUBTRACTION OF THE BORROW

TABLE I - INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

INSTRUCTION	MNEMONIC	OP CODE	OPERATION
ARITHMETIC OPERATIONS♦♦			
ADD	ADD	F4	$M(R(X)) + D \rightarrow DF, D$
ADD IMMEDIATE	ADI	FC	$M(R(P)) + D \rightarrow DF, D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
ADD WITH CARRY	ADC	74	$M(R(X)) + D + DF \rightarrow DF, D$
ADD WITH CARRY, IMMEDIATE	ADCI	7C	$M(R(P)) + D + DF \rightarrow DF, D$ $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SUBTRACT D	SD	F5	$M(R(X)) - D \rightarrow DF, D$
SUBTRACT D IMMEDIATE	SDI	FD	$M(R(P)) - D \rightarrow DF, D; R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SUBTRACT D WITH BORROW	SDB	75	$M(R(X)) - D - (NOT DF) \rightarrow DF, D$
SUBTRACT D WITH BORROW, IMMEDIATE	SDBI	7D	$M(R(P)) - D - (NOT DF) \rightarrow DF, D;$ $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SUBTRACT MEMORY	SM	F7	$D - M(R(X)) \rightarrow DF, D$
SUBTRACT MEMORY IMMEDIATE	SMI	FF	$D - M(R(P)) \rightarrow DF, D;$ $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SUBTRACT MEMORY WITH BORROW	SMB	77	$D - M(R(X)) - (NOT DF) \rightarrow DF, D$
SUBTRACT MEMORY WITH BORROW, IMMEDIATE	SMBI	7F	$D - M(R(P)) - (NOT DF) \rightarrow DF, D$ $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
BRANCH INSTRUCTIONS—SHORT BRANCH			
SHORT BRANCH	BR	30	$M(R(P)) \rightarrow R(P).0$
NO SHORT BRANCH (SEE SKP)	NBR	38♦	$R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF D=0	BZ	32	IF D=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF D NOT 0	BNZ	3A	IF D NOT 0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF DF=1	BDF	33♦	IF DF=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF POS OR ZERO	BPZ		
SHORT BRANCH IF EQUAL OR GREATER	BGE	3B♦	IF DF=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF DF=0	BNF		
SHORT BRANCH IF MINUS SHORT BRANCH IF LESS SHORT BRANCH IF Q=1	BM BL BQ		
SHORT BRANCH IF Q=0	BNQ	31	IF Q=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF1=1 (EF1 = VSS)	B1	34	IF EF1=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF1=0 (EF1 = VCC)	BN1	3C	IF EF1=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF2=1 (EF2 = VSS)	B2	35	IF EF2=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF2=0 (EF2 = VCC)	BN2	3D	IF EF2=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF3=1 (EF3 = VSS)	B3	36	IF EF3=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF3=0 (EF3 = VCC)	BN3	3E	IF EF3=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF4=1 (EF4 = VSS)	B4	37	IF EF4=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$
SHORT BRANCH IF EF4=0 (EF4 = VCC)	BN4	3F	IF EF4=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P) + 1 \rightarrow R(P)$

♦NOTE: THIS INSTRUCTION IS ASSOCIATED WITH MORE THAN ONE MNEMONIC. EACH MNEMONIC IS INDIVIDUALLY LISTED.

♦♦NOTE: THE ARITHMETIC OPERATIONS AND THE SHIFT INSTRUCTIONS ARE THE ONLY INSTRUCTIONS THAT CAN ALTER THE DF.

AFTER AN ADD INSTRUCTION:

DF = 1 DENOTES A CARRY HAS OCCURRED

DF = 0 DENOTES A CARRY HAS NOT OCCURRED

AFTER A SUBTRACT INSTRUCTION:

DF = 1 DENOTES NO BORROW. D IS A TRUE POSITIVE NUMBER

DF = 0 DENOTES A BORROW. D IS TWO'S COMPLEMENT

THE SYNTAX "--(NOT DF)" DENOTES THE SUBTRACTION OF THE BORROW

TABLE I — INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

INSTRUCTION	MNEMONIC	OP CODE	OPERATION
BRANCH INSTRUCTIONS—LONG BRANCH			
LONG BRANCH	LBR	C0	$M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
NO LONG BRANCH (SEE LSKP)	NLBR	C8 [♦]	
LONG BRANCH IF D=0	LBZ	C2	IF D=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG BRANCH IF D NOT 0	LBNZ	CA	IF D NOT 0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG BRANCH IF DF=1	LDF	C3	IF DF=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG BRANCH IF DF=0	LBNF	CB	IF DF=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG BRANCH IF Q=1	LBO	C1	IF Q=1, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG BRANCH IF Q=0	LBNO	C9	IF Q=0, $M(R(P)) \rightarrow R(P).1$ $M(R(P)+1) \rightarrow R(P).0$ ELSE $R(P)+2 \rightarrow R(P)$
SKIP INSTRUCTIONS			
SHORT SKIP (SEE NBR)	SKP	38 [♦]	$R(P)+1 \rightarrow R(P)$
LONG SKIP (SEE NLBR)	LSKP	C8 [♦]	$R(P)+2 \rightarrow R(P)$
LONG SKIP IF D=0	LSZ	CE	IF D=0, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF D NOT 0	LSNZ	C6	IF D NOT 0, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF DF=1	LSDF	CF	IF DF=1, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF DF=0	LSNF	C7	IF DF=0, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF Q=1	LSQ	CD	IF Q=1, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF Q=0	LSNO	C5	IF Q=0, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
LONG SKIP IF IE=1	LSIE	CC	IF IE=1, $R(P)+2 \rightarrow R(P)$ ELSE CONTINUE
CONTROL INSTRUCTIONS			
IDLE	IDL	00 ⁼	WAIT FOR DMA OR INTERRUPT; $M(R(0)) \rightarrow$ BUS CONTINUE
NO OPERATION	NOP	C4	
SET P	SEP	DN	$N \rightarrow P$
SET X	SEX	EN	$N \rightarrow X$
SET Q	SEQ	78	$1 \rightarrow Q$
RESET Q	REQ	7A	$0 \rightarrow Q$
SAVE	SAV	78	$T \rightarrow M(R(X))$
PUSH X,P TO STACK	MARK	79	$(X,P) \rightarrow T$; $(X,P) \rightarrow M(R(2))$ THEN $P \rightarrow X$; $R(2)-1 \rightarrow R(2)$
RETURN	RET	70	$M(R(X)) \rightarrow (X,P)$; $R(X)+1 \rightarrow R(X)$ $1 \rightarrow IE$
DISABLE	DIS	71	$M(R(X)) \rightarrow (X,P)$; $R(X)+1 \rightarrow R(X)$ $0 \rightarrow IE$

⁼An idle instruction initiates a repeating S1 cycle. The processor will continue to idle until an I/O request (INTERRUPT, DMA-IN, or DMA-OUT) is activated. When the request is acknowledged, the IDLE cycle is terminated and the I/O request is serviced, and then normal operation is resumed.

*NOTE THIS INSTRUCTION IS ASSOCIATED WITH MORE THAN ONE MNEMONIC. EACH MNEMONIC IS INDIVIDUALLY LISTED

TABLE I - INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

INSTRUCTION	MNEMONIC	OP CODE	OPERATION
INPUT-OUTPUT BYTE TRANSFER			
OUTPUT 1	OUT 1	61	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 1
OUTPUT 2	OUT 2	62	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 2
OUTPUT 3	OUT 3	63	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 3
OUTPUT 4	OUT 4	64	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 4
OUTPUT 5	OUT 5	65	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 5
OUTPUT 6	OUT 6	66	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 6
OUTPUT 7	OUT 7	67	M(R(X))-BUS; R(X) +1 → R(X); N LINES = 7
INPUT 1	INP 1	69	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 1
INPUT 2	INP 2	6A	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 2
INPUT 3	INP 3	68	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 3
INPUT 4	INP 4	6C	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 4
INPUT 5	INP 5	6D	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 5
INPUT 6	INP 6	6E	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 6
INPUT 7	INP 7	6F	BUS ← M(R(X)); BUS ← D; N LINES = 7

TABLE II — INSTRUCTION SUMMARY
By Numerical Order

OPERATION CODE	OPERAND	MNEMONIC	NAME	MACHINE CYCLE	NUMBER OF PROGRAM BYTES
00	—	IDL	IDLE	2	1
0N	REG N	LDN	LOAD VIA N	2	1
1N	REG N	INC	INCREMENT REG N	2	1
2N	REG N	DEC	DECREMENT REG N	2	1
30	ADDRESS	BR	SHORT BRANCH	2	2
31	ADDRESS	BO	SHORT BRANCH IF O=1	2	2
32	ADDRESS	BZ	SHORT BRANCH IF D=0	2	2
33	ADDRESS	BDF	SHORT BRANCH IF DF=1	2	2
—	ADDRESS	BPZ	SHORT BRANCH IF POS OR ZERO	2	2
—	ADDRESS	BGE	SHORT BRANCH IF EQUAL OR GREATER	2	2
34	ADDRESS	B1	SHORT BRANCH IF EF1=1	2	2
35	ADDRESS	B2	SHORT BRANCH IF EF2=1	2	2
36	ADDRESS	B3	SHORT BRANCH IF EF3=1	2	2
37	ADDRESS	B4	SHORT BRANCH IF EF4=1	2	2
38	ADDRESS	NBR	NO SHORT BRANCH	2	2
—	ADDRESS	SKP	SHORT SKIP	2	1
39	ADDRESS	BNQ	SHORT BRANCH IF Q=0	2	2
3A	ADDRESS	BNZ	SHORT BRANCH IF D NOT 0	2	2
3B	ADDRESS	BNF	SHORT BRANCH IF DF=0	2	2
—	ADDRESS	BM	SHORT BRANCH IF MINUS	2	2
—	ADDRESS	BL	SHORT BRANCH IF LESS	2	2

INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

OPERATION CODE	OPERAND	MNEMONIC	NAME	MACHINE CYCLES	NUMBER OF PROGRAM BYTES
3C	ADDRESS	BN1	SHORT BRANCH IF EF1=0	2	2
3D	ADDRESS	BN2	SHORT BRANCH IF EF2=0	2	2
3E	ADDRESS	BN3	SHORT BRANCH IF EF3=0	2	2
3F	ADDRESS	BN4	SHORT BRANCH IF EF4=0	2	2
4N	REG N	LDA	LOAD ADVANCE	2	1
5N	REG N	STR	STORE VIA N	2	1
60	-	IRX	INCREMENT REG X	2	1
61	DEVICE 1	OUT1	OUTPUT 1	2	1
62	DEVICE 2	OUT2	OUTPUT 2	2	1
63	DEVICE 3	OUT3	OUTPUT 3	2	1
64	DEVICE 4	OUT4	OUTPUT 4	2	1
65	DEVICE 5	OUT5	OUTPUT 5	2	1
66	DEVICE 6	OUT6	OUTPUT 6	2	1
67	DEVICE 7	OUT7	OUTPUT 7	2	1
68			DO NOT USE		
69	DEVICE 1	INP1	INPUT 1	2	1
6A	DEVICE 2	INP2	INPUT 2	2	1
6B	DEVICE 3	INP3	INPUT 3	2	1
6C	DEVICE 4	INP4	INPUT 4	2	1
6D	DEVICE 5	INP5	INPUT 5	2	1
6E	DEVICE 6	INP6	INPUT 6	2	1
6F	DEVICE 7	INP7	INPUT 7	2	1
70	-	RET	RETURN	2	1
71	-	DIS	DISABLE	2	1
72	-	LDXA	LOAD VIA X, ADVANCE	2	1
73	-	STXD	STORE VIA X AND DECREMENT	2	1
74	-	ADC	ADD WITH CARRY	2	1
75	-	SDB	SUBTRACT D WITH BORROW	2	1
76	-	SHRC	SHIFT RIGHT WITH CARRY	2	1
-	-	RSHR	RING SHIFT RIGHT	2	1
77	-	SMB	SUBTRACT MEMORY WITH BORROW	2	1
78	-	SAV	SAVE	2	1
79	-	MARK	PUSH X,P TO STACK	2	1
7A	-	REQ	RESET Q	2	1
7B	-	SEQ	SET Q	2	1
7C	DATA	ADCI	ADD WITH CARRY IMMEDIATE	2	2

INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

OPERATION CODE	OPERAND	MNEMONIC	NAME	MACHINE CYCLES	NUMBER OF PROGRAM BYTES
7D	DATA	SOBI	SUBTRACT D WITH BORROW IMMEDIATE	2	2
7E	—	SHLC	SHIFT LEFT WITH CARRY	2	1
	—	RSHL	RING SHIFT LEFT	2	1
7F	DATA	SMBI	SUBTRACT MEMORY WITH BOR- ROW, IMMEDIATE	2	2
8N	REG N	GLO	GET LOW REG N	2	1
9N	REG N	GHI	GET HIGH REG N	2	1
AN	REG N	PLO	PUT LOW REG N	2	1
BN	REG N	PHI	PUT HIGH REG N	2	1
C0	ADDRESS	LBR	LONG BRANCH	3	3
C1	ADDRESS	LBQ	LONG BRANCH IF Q=1	3	3
C2	ADDRESS	LBZ	LONG BRANCH IF D=0	3	3
C3	ADDRESS	LBDF	LONG BRANCH IF DF=1	3	3
C4	—	NOP	NO OPERATION	3	1
C5	—	LSNQ	LONG SKIP IF Q=0	3	1
C6	—	LSNZ	LONG SKIP IF D NOT 0	3	1
C7	—	LSNF	LONG SKIP IF DF=0	3	1
C8	—	LSKP	LONG SKIP	3	1
—	ADDRESS	NLBR	NO LONG BRANCH	3	3
C9	ADDRESS	LBNQ	LONG BRANCH IF Q=0	3	3
CA	ADDRESS	LBNZ	LONG BRANCH IF D NOT 0	3	3
CB	ADDRESS	LBNF	LONG BRANCH IF DF=0	3	3
CC	—	LSIE	LONG SKIP IF IE=1	3	1
CD	—	LSQ	LONG SKIP IF Q=1	3	1
CE	—	LSZ	LONG SKIP IF D=0	3	1
CF	—	LSDF	LONG SKIP IF DF=1	3	1
DN	REG N	SEP	SET P	2	1
EN	REG N	SEX	SET X	2	1
F0	—	LOX	LOAD VIA X	2	1
F1	—	OR	OR	2	1
F2	—	AND	AND	2	1

INSTRUCTION SUMMARY (CONT'D)

OPERATION CODE	OPERAND	MNEMONIC	NAME	MACHINE CYCLES	NUMBER OF PROGRAM BYTES
F3	-	XOR	EXCLUSIVE OR	2	1
F4	-	ADD	ADD	2	1
F5	-	SD	SUBTRACT D	2	1
F6	-	SHR	SHIFT RIGHT	2	1
F7	-	SM	SUBTRACT MEMORY	2	1
F8	DATA	LDI	LOAD IMMEDIATE	2	2
F9	DATA	ORI	OR IMMEDIATE	2	2
FA	DATA	ANI	AND IMMEDIATE	2	2
FB	DATA	XRI	EXCLUSIVE OR IMMEDIATE	2	2
FC	DATA	ADI	ADD IMMEDIATE	2	2
FD	DATA	SDI	SUBTRACT D IMMEDIATE	2	2
FE	-	SHL	SHIFT LEFT	2	1
FF	DATA	SMI	SUBTRACT MEMORY IMMEDIATE	2	2

Interpretation of DF

	DF	Carry Generated	Borrow Generated	D
After Addition	1	Yes		
	0	No		
After Subtraction	1		No	Positive Number
	0		Yes	Negative Number 2's complement

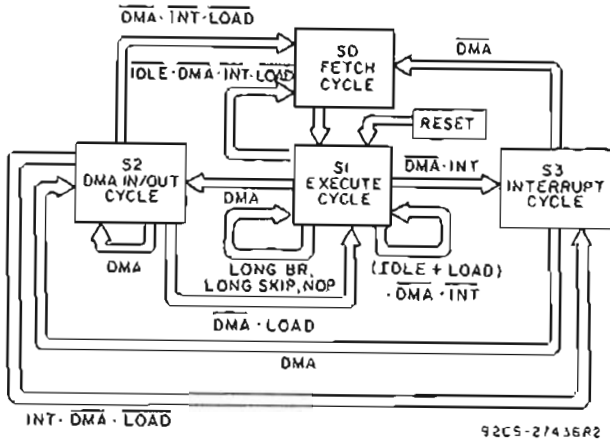
Hexadecimal Code

HEX	BINARY	HEX	BINARY
0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

COSMAC Register Summary

D	8 Bits	Data Register (Accumulator)	N	4 Bits	Holds Low-Order Instr. Nibble
DF	1 Bit	Data Flag (ALU Carry)	I	4 Bits	Holds High-Order Instr. Nibble
R	16 Bits	1 of 16 Scratchpad Registers	T	8 Bits	Holds old X, P after Interrupt (X is high nibble)
P	4 Bits	Designates which register is Program Counter	IE	1 Bit	Interrupt Enable Flip Flop
X	4 Bits	Designates which register is Data Pointer	O	1 Bit	Output Flip Flop

Appendix B – State Sequencing

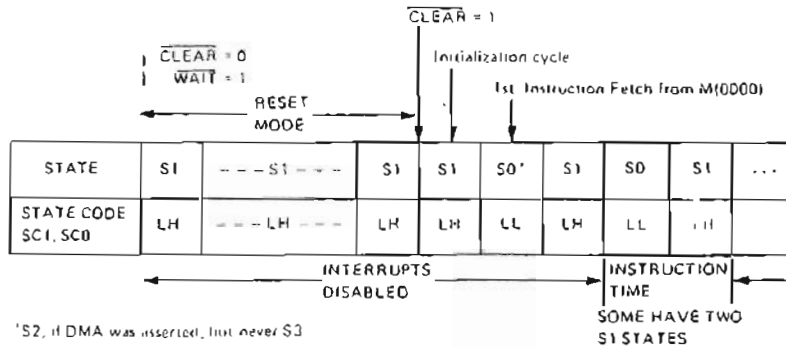


State Type	State Code Lines	
	SC1	SC0
S0 (Fetch)	L	L
S1 (Execute)	L	H
S2 (DMA)	H	L
S3 (Interrupt)	H	H

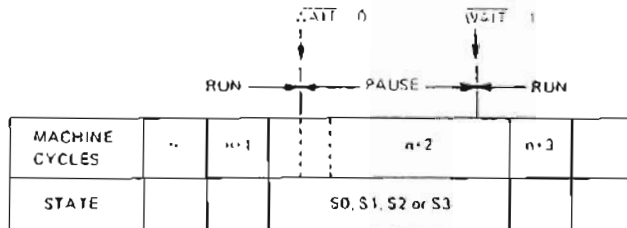
The CDP1802 state transitions when in the RUN mode. Each cycle requires the same period of time—8 clock pulses. The execution of an instruction requires either

two or three machine cycles, S0 followed by a single S1 cycle or by two S1 cycles. S2 is the response to a DMA request and S3 is the interrupt response.

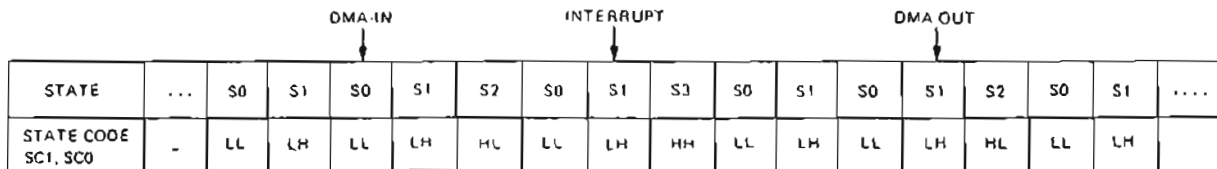
RESET - RUN MODE



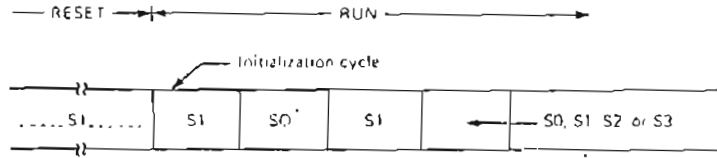
RUN - PAUSE - RUN MODE



DMA AND INTERRUPT MODE:

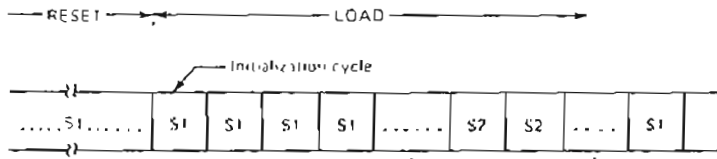


STATUS OF TPA AND TPB DURING RESET, RUN, OR LOAD:



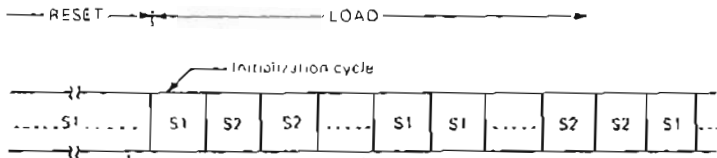
No TPA or TPB TPA and TPB

* S2, if DMA was asserted but never S3



No TPA or TPB TPB TPB TPB TPB TPA TPB TPA TPB TPB

DMA

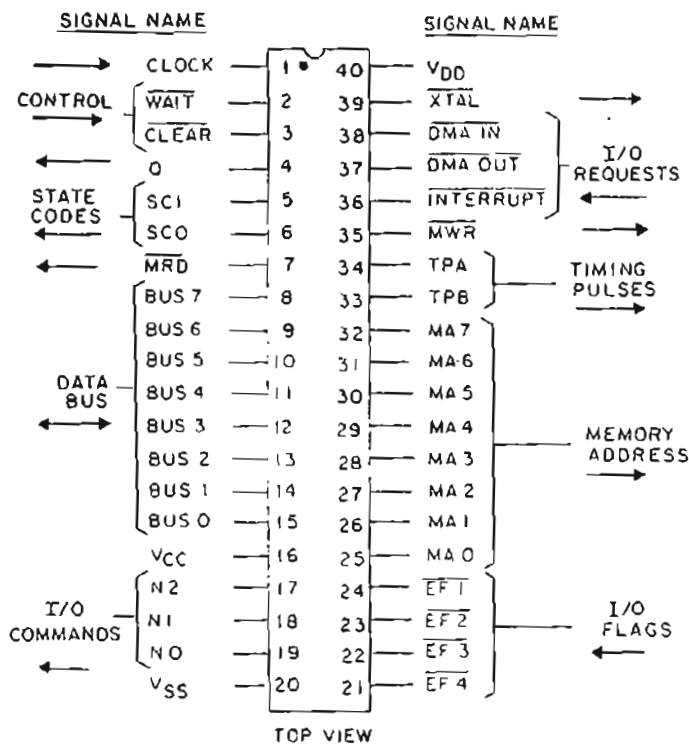


No TPA or TPB TPB TPA TPB TPA TPB TPB TPB TPA TPB TPA TPB TPB

DMA

DMA

Appendix C — Terminal Assignments for the RCA CDP1802 COSMAC Microprocessor



92C5-27467

VEDLEGG 4

Huskeliste for bruk av RCA Cosmac Development system

COSMAC Development System Utility Commands

!Maaaa xx . . .	CHANGE MEMORY AT aaaa TO xx . . .	NOTES: aaaa IS AN ADDRESS xx IS A HEX DIGIT PAIR n IS A REGISTER NUMBER h IS A HEX DIGIT
?Maaaa hhhh	LIST MEMORY AT aaaa FOR hhhh BYTES	
?R	LIST CONTENTS OF REGISTERS	
\$Uaaaa	RUN FROM LOCATION aaaa. 2-LEVEL I/O ENABLED	
\$Paaaa	RUN FROM LOCATION aaaa. 2-LEVEL I/O DISABLED	
\$Luutt	LOAD FROM DISK UNIT uu TRACK tt	

Disk Text Editor Commands

B	MOVE TO BEGINNING OF BUFFER	NOTE: n IS A POSITIVE OR NEGATIVE NUMBER RESPOND TO READ= OR WRITE= WITH uutt. uu = 00 OR 01 tt = 00 TO 76
Z	MOVE TO BOTTOM OF BUFFER	
nC	MOVE BY n CHARACTERS	
nL	MOVE BY n LINES	
A	APPEND TO END OF BUFFER	
nD	DELETE n LINES	
!text\$	INSERT text	
Fsearchtext\$	FIND THE TEXT	
Ssearchtext\$Substitutetext\$	FIND AND REPLACE THE TEXT	
nX	SAVE n LINES	
G	GET THE SAVED LINES	
nT	TYPE n LINES	
nP	PARALLEL OUTPUT n LINES	
nW	DISK WRITE AND DELETE 1ST n LINES	
E	END UPDATE OF FILE	
Y	END CREATION OF FILE	
R	DEFINE INPUT UNIT AND TRACK	
O	DEFINE OUTPUT UNIT AND TRACK	

COSMAC Development System Utility Subroutines (Standard Call and Return Conventions Apply)

INIT1	83F3	A(CALL) INTO R4, A(RETURN) INTO R5 LAST RAM INTO R2, HOME DISK, SELECT GROUP 1 P=3, LBR TO 5
INIT2	83F6	SAME AS INIT1 EXCEPT LBR (R3); R3 PREVIOUSLY INITIALIZED
READ	813E	INPUT ASCII INTO RF.1
READAH	813B	SAME AS READ. IF HEX DIGIT, THEN DIGIT SHIFTED LEFT INTO RD
TYPE6	81A2	OUTPUT ASCII CHAR AT M(R(6)). THEN INC R6
TYPE	81A4	OUTPUT ASCII CHAR IN RF.1
TYPE2	81AE	OUTPUT 2 ASCII CHARS FROM HEX DIGIT PAIR IN RF.1
LINEPR	850E	OUTPUT RF.1 TO LINE PRINTER PORT
TIMALC	80FE	READ INPUT CHAR AND SET UP TIMING CONSTANT IN RE.1. INITIALIZE RC TO POINT TO DELAY1
DELAY1	80EF	DELAY AS A FUNCTION OF M(R(3)). THEN INC R3
GOUT20	83F9	RETURN TO UT20
OSTRNG	83F0	OUTPUT ASCII STRING AT M(R(6)). DATA BYTE 00 ENDS TYPEOUT

NOTES: ALL ROUTINES EXCEPT DELAY1 USE P=3, EXIT WITH SEP R5 AND ALTER REGISTERS X, F, DF, RE, RF, AND M(R(2))

FOR ALL SUBROUTINES EXCEPT INIT1 AND LINEPR, RC MUST CONTAIN AN 80EF AND RE.1 MUST CONTAIN THE APPROPRIATE TIMING CONSTANT

Micromonitor Terminal Commands

Function	Question	Modify	Defaults	Function	Command	Defaults
Memory	?Maaaa hhhh	!Maaaa xxxx	For ?M only aaaa=0000 hhhh=1	Run, stop after hhhh breaks	\$Paaaa:hhhh	}
Register	?Rn	!Rn hhhh	For ?Rn n=all For !Rn n=0 hhhh=0	Run, do hhhh instructions	\$Naaaa:hhhh	
				Run, do hhhh machine cycles	\$Saaaa:hhhh	
	?D	!Dhh	hh=00	[For above three commands, X,P are unchanged for unspecified aaaa; X=P=0 for specified aaaa. After completion - > is displayed followed by Break Condition (M=Manual)]		
DF	?F	!Fb	b=0	Return to Micromonitor Keyboard	\$K	
	?X	!Xn	n=0	DMAIN	[Sets requests, Reset is by RR or proper S2, S3 response]	
P	?P	!Pn	n=0	DMAOUT	[DO/ICH] [half-duplex mode] or [DO/ICF] [full-duplex mode]	
IE	?IE	!IEb	b=0	Interrupt	!I	
	?T	!Thh	hh=00	Reset Requests	!RR	
u	?Q	!Qb	b=0			
Wait	?W	!Wb	b=0			
ar	?C	!Cb	b=0			
External Memory	?EM	!EMb	b=0			
Inhibit System Requests	?IR	!IRb	b=0	Half Duplex	!CH	
				Full Duplex	!CF	
Internal	?EF	!EFfb	f=all b=0	Abort Command	Control C	

Inhibit System Requests	?IR	IRb	b=0
External tags	?EF	EFf b	f=all b=0
Data Log	?Lh	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> After break in SP or instruction in SN </div>	h=all
Break Conditions	?BS	IBSc [set] IBCc [clear]	c=all
I/O Devices	?Ip	IOaaaa:hh:p	aaaa=0 hh=M(aaaa) p=1

Half Duplex	'CH
Full Duplex	'CF
Abort Command	Control-C
Manual Break	ESCAPE

WARNING: If Micromonitor is OFF, do NOT apply power to the System Under Test.

Prompts: "." Micromonitor in control; enter any command.
 "*" Micromonitor not in control; do NOT enter a command.

I
E
C

^ For these functions, the Micromonitor must be in control. Terminate all commands with a / or CR (carriage return).

aaaa is an address f is a flag number (1-4)
 b is a 0 or a 1 hhhh is a hex number
 c is one or more of n is a register number (0-F)
 1, 2, 3, 4, E, I, p is a port number (1-7)
 S, R, W, (aaaa) xx is a hex pair

N
O
T
E
S

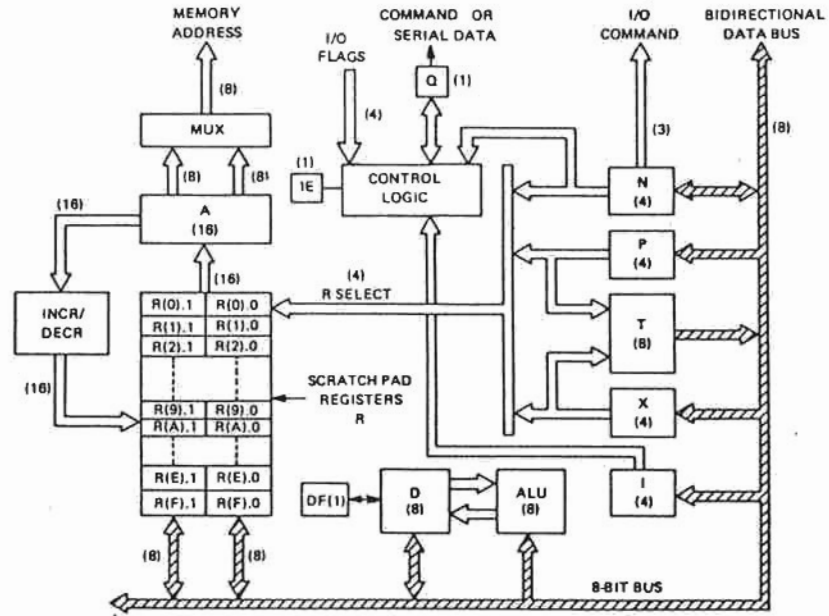
MOPS Command Summary List

- STI Set the terminal as the input device
- STO Set the terminal as the output device
- SDKI uutt Set the disk as the input device
- SDKO uutt Set the disk as the output device
- SDKC Close a disk file
- SO uutt Set both terminal and disk as output devices
- ?CPU Dump the CPU state to the output device(s)
- ?MRn hhhh Dump memory pointed to by register n for hhhh bytes
- \$Haaaa₁ aaaa₂ uutt Hold the state of the machine on disk
- SL uutt Load a disk file
- SMSG Type a message to the terminal
- SWB Wait for a break condition
- SWT dddd Wait for dddd (decimal) seconds
- *SMB Force a manual break
- !J hhhh Set the index J to hhhh
- !J+ Increment the index J
- !J- Decrement the index J
- ?J Question the current value of the index:J
- *IBP aaaa... Declare software breakpoints on executable addresses
- *IBR aaaa... Remove breakpoint addresses from current list
- ?BP Question the current software breakpoint addresses
- SGO TO %label Search forward for %label and if found continue at that point, else end
- \$IF v₁ op v₂ THEN GO TO %label If the relation is true, execute "go to", else proceed
- SDKW uutt Write a command sequence to a disk file
- SDKL uutt List a disk file to the terminal
- SDKP uutt Print a disk file to the line printer
- SU Return to the utility program (UT20)

NOTES:
 aaaa is an address
 aaaa₁ is starting address
 aaaa₂ is ending address
 uutt denotes unit uu, track tt
 d is a decimal digit
 label is an alphanumeric label

* In MOPS version 2.0 requiring an 8K system.
 v is one of {Rn, D, F, X, P, IE, T, Q, W, C, EM, IR, EFf, Ip, J, #hhhh, PROMPT, ., %}
 op is one of {=, >, <, EQ, LT, GT, LE, GE, NE}

Data Flow in RCA-CDP1802 COSMAC Microprocessor



Terminal Assignments for the RCA CDP1802 COSMAC Microprocessor

CDP1802 Register Summary

D	8 Bits	D Register (Accumulator)
OF	1 Bit	Data Flag (ALU Carry)
R	16 Bits	1 of 16 Scratchpad Registers
P	4 Bits	Designates which register is Program Counter
X	4 Bits	Designates which register is Data Pointer
N	4 Bits	Low-order Instruction Nibble
T	4 Bits	High-order Instruction Nibble
T	8 Bits	Holds old X, P after Interrupt
IE	1 Bit	Interrupt Enable
Q	1 Bit	Output Flip-flop

Interrupt Action: X and P are stored in T after executing current instruction; designator P is set to 1; designator X is set to 2; interrupt enable is reset to 0 (inhibit); and the interrupt request is serviced.

DMA Action: Finish executing current instruction. R(0) points to memory area for data transfer; data is loaded into or read out of memory; and increment R(0).

Note: In the event of concurrent DMA and INTERRUPT requests, DMA has priority.

External Flags: Four one-bit Flags set externally and tested by some branching instructions.

Information furnished by RCA is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by RCA for its use, nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of RCA.

Printed in USA/5-80

CDP1802 Microprocessor Instructions

VEL1 NTAX	NAME	ACTION
Control Instructions		
IDL	IDLE	WAIT FOR DMA OR INTERRUPT; M(R(0)) ← BUS
OP	NO OPERATION	CONTINUE
EP	reg SET P	N ← P
EX	reg SET X	N ← X
SEQ	SET Q	1 ← Q
REQ	RESET Q	0 ← Q
SAV	SAVE	T ← M(R(X))
IARX	PUSH X, P TO STACK	(X, P) ← T; (X, P) ← M(R(2)); THEN P ← X; R(2) ← 1
IET	RETURN	M(R(X)) ← (X, P); R(X) ← 1; 1 ← IE
IIS	DISABLE	M(R(X)) ← (X, P); R(X) ← 1, 0 ← IE

Memory Reference

LDN	reg	LOAD VIA N	M(R(N)) ← D; FOR N NOT 0
DA	reg	LOAD ADVANCE	M(R(N)) ← D; R(N) ← 1
DX		LOAD VIA X	M(R(X)) ← D
DXA		LOAD VIA X AND ADVANCE	M(R(X)) ← D; R(X) ← 1
LDI	expr	LOAD IMMEDIATE	M(R(P)) ← D; R(P) ← 1
STR	reg	STORE VIA N	D ← M(R(N))
STXD		STORE VIA X AND DECREMENT	D ← M(R(X)); R(X) ← 1

Register Operations

INC	reg	INCREMENT REG N	R(N) ← 1
DEC	reg	DECREMENT REG N	R(N) ← 1
IRX		INCREMENT REG X	R(X) ← 1
LO	reg	GET LOW REG N	R(N), 0 ← D
LO	reg	PUT LOW REG N	D ← R(N), 0
HI	reg	GET HIGH REG N	R(N), 1 ← D
PHI	reg	PUT HIGH REG N	D ← R(N), 1

Logic Operations **

R		OR	M(R(X)) OR D ← D
RI	expr	OR IMMEDIATE	M(R(P)) OR D ← D; R(P) ← 1
OR		EXCLUSIVE OR	M(R(X)) XOR D ← D
XRI	expr	EXCLUSIVE OR IMMEDIATE	M(R(P)) XOR D ← D; R(P) ← 1
AND		AND	M(R(X)) AND D ← D
ANI	expr	AND IMMEDIATE	M(R(P)) AND D ← D; R(P) ← 1
HR		SHIFT RIGHT	SHIFT D RIGHT, LSB(D) ← DF, 0 ← MSB(D)
HRC		SHIFT RIGHT WITH CARRY	SHIFT D RIGHT, LSB(D) ← DF, DF ← MSB(D)
SHR		RING SHIFT RIGHT	
SHL		SHIFT LEFT	SHIFT D LEFT, MSB(D) ← DF, 0 ← LSB(D)
*SHLC		SHIFT LEFT WITH CARRY	SHIFT D LEFT, MSB(D) ← DF, DF ← LSB(D)
*RSHL		RING SHIFT LEFT	

Arithmetic Operations **

ADD		ADD	M(R(X)) + D ← DF, D
ADI	expr	ADD IMMEDIATE	M(R(P)) + D ← DF, D; R(P) ← 1
ADC		ADD WITH CARRY	M(R(X)) + D + DF ← DF, D;
DCI	expr	ADD WITH CARRY, IMMEDIATE	M(R(P)) + D + DF ← DF, D; R(P) ← 1
D		SUBTRACT D	M(R(X)) - D ← DF, D
DI	expr	SUBTRACT D IMMEDIATE	M(R(P)) - D ← DF, D; R(P) ← 1
SDB		SUBTRACT D WITH BORROW	M(R(X)) - D - (NOT DF) ← DF, D
SDBI	expr	SUBTRACT D WITH BORROW IMMEDIATE	M(R(P)) - D - (NOT DF) ← DF, D; R(P) ← 1
M		SUBTRACT MEMORY	D - M(R(X)) ← DF, D
MI	expr	SUBTRACT MEMORY IMMEDIATE	D - M(R(P)) ← DF, D; R(P) ← 1
MB		SUBTRACT MEMORY WITH BORROW	D - M(R(X)) - (NOT DF) ← DF, D
MBI	expr	SUBTRACT MEMORY WITH BORROW, IMMEDIATE	D - M(R(P)) - (NOT DF) ← DF, D; R(P) ← 1

Branch Instructions

C	LEVEL 1		NAME	ACTION
C	IE	SYNTAX		
Short Branch				
3 ^r	BR	expr	SHORT BRANCH	$M(R(P)) - R(P) 0$
3	*NBR	expr	NO SHORT BRANCH (SEE SKP)	$R(P) + 1$
3	BZ	expr	SHORT BRANCH IF D = 0	$IF D=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	BNZ	expr	SHORT BRANCH IF D NOT 0	$IF D \text{ NOT } 0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
33	*BDF	expr	SHORT BRANCH IF DF=1	$IF DF=1, M(R(P)) - R(P) 0$
	*BPZ	expr	SHORT BRANCH IF POS OR ZERO	$ELSE R(P) + 1$
	*BGE	expr	SHORT BRANCH IF GREATER OR EQUAL	
3	*BNF	expr	SHORT BRANCH IF DF=0	$IF DF=0, M(R(P)) - R(P) 0$
	*BM	expr	SHORT BRANCH IF MINUS	$ELSE R(P) + 1$
	*BL	expr	SHORT BRANCH IF LESS	
31	BQ	expr	SHORT BRANCH IF Q=1	$IF Q=1, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	BNO	expr	SHORT BRANCH IF Q=0	$IF Q=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	B1	expr	SHORT BRANCH IF EF1=1	$IF EF1=1, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	BN1	expr	SHORT BRANCH IF EF1=0	$IF EF1=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
35	B2	expr	SHORT BRANCH IF EF2=1	$IF EF2=1, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3D	BN2	expr	SHORT BRANCH IF EF2=0	$IF EF2=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3 ^r	B3	expr	SHORT BRANCH IF EF3=1	$IF EF3=1, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	BN3	expr	SHORT BRANCH IF EF3=0	$IF EF3=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3	B4	expr	SHORT BRANCH IF EF4 = 1	$IF EF4=1, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
3 ^r	BN4	expr	SHORT BRANCH IF EF4=0	$IF EF4=0, M(R(P)) - R(P) 0 \text{ ELSE } R(P) + 1$
Long Branch				
C0	LBR	expr	LONG BRANCH	$M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0$
C ^r	*NLBR	expr	NO LONG BRANCH (SEE LSKP)	$R(P) + 2$
C	LBZ	expr	LONG BRANCH IF D=0	$IF D=0, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$
C	LBNZ	expr	LONG BRANCH IF D NOT 0	$IF D \text{ NOT } 0, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$
C ₃	LBDZ	expr	LONG BRANCH IF DF=1	$IF DF=1, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$
CB	LBNZ	expr	LONG BRANCH IF DF=0	$IF DF=0, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$
CT	LBO	expr	LONG BRANCH IF Q=1	$IF Q=1, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$
C	LBNO	expr	LONG BRANCH IF Q=0	$IF Q=0, M(R(P)) - R(P) 1; M(R(P) + 1) - R(P) 0; \text{ ELSE } R(P) + 2$

Shift Instructions

3	*SKP		SHORT SKIP (SEE NBR)	$R(P) + 1$
CB	*LSKP		LONG SKIP (SEE NLBR)	$R(P) + 2$
CE	LSZ		LONG SKIP IF D=0	$IF D=0, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
C ^r	LSNZ		LONG SKIP IF D NOT 0	$IF D \text{ NOT } 0, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
C	LSDF		LONG SKIP IF DF=1	$IF DF=1, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
C	LSNF		LONG SKIP IF DF=0	$IF DF=0, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
C	LSQ		LONG SKIP IF Q=1	$IF Q=1, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
C5	LSNQ		LONG SKIP IF Q=0	$IF Q=0, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$
CC	LSIE		LONG SKIP IF IE=1	$IF IE=1, R(P) + 2; \text{ ELSE CONTINUE}$

C	LEVEL 1		NAME	ACTION
CODE	SYNTAX			

Input-Output Byte Transfer

6N	OUT	dev	OUTPUT	$M(R(X)) \rightarrow \text{BUS}; R(X) + 1; \text{ FOR } N=1 \text{ TO } 7$
6N	INP	dev	INPUT	$\text{BUS} \rightarrow M(R(X)); \text{ BUS} \rightarrow D; \text{ FOR } N=9 \text{ TO } F$

NOTES:

- N A HEX DIGIT
 - r A HEX DIGIT, "R" FOLLOWED BY A HEX DIGIT, OR A SYMBOLIC NAME.
 - d "1" THROUGH "7" OR A SYMBOLIC NAME IN THAT RANGE.
 - e A CONSTANT, "++", OR A SYMBOLIC NAME POSSIBLY PLUS ("+") OR MINUS ("-") A CONSTANT.
 - * THIS INSTRUCTION IS ASSOCIATED WITH MORE THAN ONE MNEMONIC. EACH MNEMONIC IS INDIVIDUALLY LISTED.
 - * THE ARITHMETIC OPERATIONS AND THE SHIFT INSTRUCTIONS ARE THE ONLY INSTRUCTIONS THAT CAN ALTER THE DF.
- AFTER AN ADD INSTRUCTION:
- DF=1 DENOTES A CARRY HAS OCCURRED
 - DF=0 DENOTES A CARRY HAS NOT OCCURRED
- AFTER A SUBTRACT INSTRUCTION:
- DF=1 DENOTES NO BORROW; D IS A TRUE POSITIVE NUMBER
 - DF=0 DENOTES A BORROW; D IS TWO'S COMPLEMENT
- THE SYNTAX - (NOT DF) DENOTES THE SUBTRACTION OF THE BORROW

Op. Code	Mnemonic	Type
00	IDL	Control
04	LDN	Mem. Ref.
14	INC	Reg. Op.
24	DEC	Reg. Op.
30	BR	S-Branch
31	BQ	S-Branch
32	BZ	S-Branch
33	BDF	S-Branch
34	B1	S-Branch
35	B2	S-Branch
36	B3	S-Branch
37	B4	S-Branch
38	NBR	S-Branch
	SKP	Skip
39	BNQ	S-Branch
3A	BNZ	S-Branch
3B	BNF	S-Branch
3C	BN1	S-Branch
3D	BN2	S-Branch
3E	BN3	S-Branch
3F	BN4	S-Branch
44	LDA	Mem. Ref.
54	STR	Mem. Ref.
60	IRX	Reg. Op.
64*	OUT	I/O
64*	INP	I/O
70	RET	Control

Op. Code	Mnemonic	Type
71	DIS	Control
72	LDXA	Mem. Ref.
73	STXD	Mem. Ref.
74	ADC	Arith. Op.
75	SDB	Arith. Op.
76	SHRC	Logic Op.
77	SMB	Arith. Op.
78	SAV	Control
79	MARK	Control
7A	REQ	Control
7B	SEQ	Control
7C	ADCI	Arith. Op.
7D	SDBI	Arith. Op.
7E	SHLC	Logic Op.
7F	SMBI	Arith. Op.
84	GLO	Reg. Op.
94	GHI	Reg. Op.
AN	PLO	Reg. Op.
BN	PHI	Reg. Op.
CD	LBR	L-Branch
C1	LBQ	L-Branch
C2	LBZ	L-Branch
C3	LBDF	L-Branch
C4	NOP	Control
C5	LSNQ	Skip
C6	LSNZ	Skip
C7	LSNF	Skip

Op. Code	Mnemonic	Type
CB	LSKP	Skip
	NLBR	L-Branch
CB	LBNQ	L-Branch
CA	LBZ	L-Branch
CB	LBDF	L-Branch
CC	LSIE	Skip
CD	LSQ	Skip
CE	LSZ	Skip
CF	LSDF	Skip
DN	SEP	Control
EN	SEX	Control
F0	LXQ	Mem. Ref.
F1	OR	Logic Op.
F2	AND	Logic Op.
F3	XOR	Logic Op.
F4	ADD	Arith. Op.
F5	SD	Arith. Op.
F6	SHR	Logic Op.
F7	SM	Arith. Op.
F8	LDI	Mem. Ref.
F9	ORI	Logic Op.
FA	ANI	Logic Op.
FB	XRI	Logic Op.
FC	AOI	Arith. Op.
FD	SDI	Arith. Op.
FE	SHL	Logic Op.
FF	SMI	Arith. Op.

*61-67 ARE OUTPUT WHILE 69-6F ARE INPUT INSTRUCTIONS

ASCII (Without Parity)

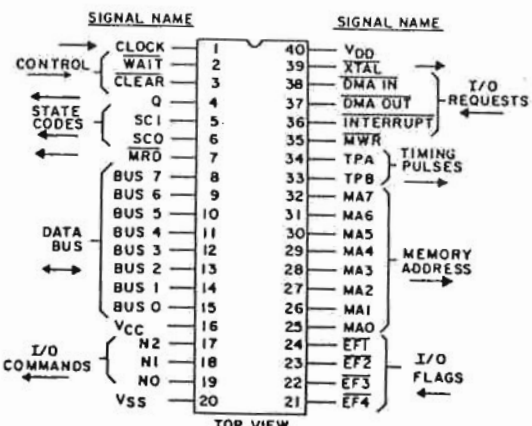
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CH	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2	SP	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[\]	^	_
6	~	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

EXAMPLES: A IS CODE 41. CARRIAGE-RETURN 0D

Hexadecimal - Decimal Conversion

HEX - BINARY	HEX - DEC	HEX - DEC	HEX - DEC	HEX - DEC
0 0000	0 0	0 0	0 0	0 0
1 0001	1 4,096	1 256	1 16	1 1
2 0010	2 8,192	2 512	2 32	2 2
3 0011	3 12,288	3 768	3 48	3 3
4 0100	4 16,384	4 1,024	4 64	4 4
5 0101	5 20,480	5 1,280	5 80	5 5
6 0110	6 24,576	6 1,536	6 96	6 6
7 0111	7 28,672	7 1,792	7 112	7 7
8 1000	8 32,768	8 2,048	8 128	8 8
9 1001	9 36,864	9 2,304	9 144	9 9
A 1010	A 40,960	A 2,560	A 160	A 10
B 1011	B 45,056	B 2,816	B 176	B 11
C 1100	C 49,152	C 3,072	C 192	C 12
D 1101	D 53,248	D 3,328	D 208	D 13
E 1110	E 57,344	E 3,584	E 224	E 14
F 1111	F 61,440	F 3,840	F 240	F 15

Terminal Assignments for the RCA CDP1802 COSMAC Microprocessor



92C3-27467R1



Brussels • Buenos Aires • Hamburg • Madrid • Mexico City • Milan
 Montreal • Paris • Sao Paulo • Somerville NJ • Stockholm
 Sunbury-on-Thames • Taipei • Tokyo

VEDLEGG 5

Testprogram for multiplikasjon/divisjon

Fil MULT.A:1
 DIV.A:1
Listefil MUL.LST:1
 DIV.LST:1

Multiplikasjon

```

0000 ; 0001 ORG 300H
0300 ; 0002
0300 ; 0003 OLA EQU R1
0300 ; 0004
0300 ; 0005 MACRO
0300 ; 0006 MULT #EXPEKA
0300 ; 0007 SEX #EXPEKA
0300 ; 0008
0300 ; 0009 LDI 06CH ; KONTROLLORD
0300 ; 0010 STR #EXPEKA
0300 ; 0011 OUT 3
0300 ; 0012 OUT 4
0300 ; 0013 OUT 4
0300 ; 0014 IRX; IRX
0300 ; 0015 OUT 1
0300 ; 0016 OUT 1 ; UTLESNING
0300 ; 0017 LDI 069H ; KONTROLLORD MULT
0300 ; 0018 STR #EXPEKA
0300 ; 0019 OUT 3
0300 ; 0020
0300 ; 0021 DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA
0300 ; 0022 DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA
0300 ; 0023 INP 2; IRX
0300 ; 0024 INP 2; IRX
0300 ; 0025 INP 1; IRX
0300 ; 0026 INP 1 ; INNLESNING
0300 ; 0027
0300 ; 0028 ENDM
0300 ; 0029
0300 ; 0030 MACRO
0300 ; 0031 DIV #EXPEKA
0300 ; 0032 SEX #EXPEKA
0300 ; 0033
0300 ; 0034 LDI 90H ; KONTROLLORD
0300 ; 0035 STR #EXPEKA
0300 ; 0036 OUT 3
0300 ; 0037 OUT 4
0300 ; 0038 OUT 4
0300 ; 0039 OUT 2
0300 ; 0040 OUT 2
0300 ; 0041 OUT 1
0300 ; 0042 OUT 1 ; UTLESNING
0300 ; 0043 LDI 92H ; KONTROLLORD DIV
0300 ; 0044 STR #EXPEKA
0300 ; 0045 OUT 3
0300 ; 0046 DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA
0300 ; 0047 DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA; DEC #EXPEKA
0300 ; 0048
0300 ; 0049 INP 2; IRX
0300 ; 0050 INP 2; IRX
0300 ; 0051 INP 1; IRX
0300 ; 0052 INP 1 ; INNLESNING
0300 ; 0053
0300 ; 0054 ENDM
0300 ; 0055
0300 ; 0056
0300 ; 0057 ; START PROGRAM TEST.
0300 ; 0058
0300 F801B1; 0059 LDI 1; PHI OLA
0300 F800A1; 0060 LDI 0; PLO OLA
0306 ; 0061
0306 ; 0062 MULT OLA
0306 E1; 0062 SEX OLA

```


307 F86C;	0062	LDI	06CH	..KONTROLLORD
0309 51;	0062	STR	OLA	
030A 63;	0062	OUT	3	
030B 64;	0062	OUT	4	
030C 64;	0062	OUT	4	
030D 6060;	0062	IRX;	IRX	
030F 61;	0062	OUT	1	
0310 61;	0062	OUT	1	..UTLESNING
0311 F869;	0062	LDI	069H	..KONTROLLORD MULT.
0313 51;	0062	STR	OLA	
0314 63;	0062	OUT	3	
0315 2121;	0062	DEC	OLA; DEC OLA	
0317 212121;	0062	DEC	OLA; DEC OLA; DEC OLA	
031A 6A60;	0062	INP	2; IRX	
031C 6A60;	0062	INP	2; IRX	
031E 6960;	0062	INP	1; IRX	
0320 69;	0062	INP	1	..INNLESNING
0321 00;	0063	IDLE		
0322 ;	0064			
0323 ;	0065	END		
000				

Division

```

M
0000 ;          0001          ORG      300H
0300 ;          0002
0300 ;          0003 OLA      EQU      R1
0300 ;          0004
0300 ;          0005          MACRO
0300 ;          0006          MULT    EXPKEA
0300 ;          0007          SEX     EXPKEA
0300 ;          0008
0300 ;          0009          LDI     06CH          .. KONTROLLORD
0300 ;          0010          STR     EXPKEA
0300 ;          0011          OUT     3
0300 ;          0012          OUT     4
0300 ;          0013          OUT     4
0300 ;          0014          IRX;    IRX
0300 ;          0015          OUT     1
0300 ;          0016          OUT     1          .. UITLESNING
0300 ;          0017          LDI     069H          .. KONTROLLORD MULT.
0300 ;          0018          STR     EXPKEA
0300 ;          0019          OUT     3
0300 ;          0020
0300 ;          0021          DEC     EXPKEA; DEC EXPKEA
0300 ;          0022          DEC     EXPKEA; DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
0300 ;          0023          INF     2; IRX
0300 ;          0024          INF     2; IRX
0300 ;          0025          INF     1; IRX
0300 ;          0026          INF     1          .. INNLESNING
0300 ;          0027
0300 ;          0028          ENDM
0300 ;          0029
0300 ;          0030          MACRO
0300 ;          0031          DIV     EXPKEA
0300 ;          0032          SEX     EXPKEA
0300 ;          0033
0300 ;          0034          LDI     6CH          .. KONTROLLORD
0300 ;          0035          STR     EXPKEA
0300 ;          0036          OUT     3
0300 ;          0037          OUT     4
0300 ;          0038          OUT     4
0300 ;          0039          OUT     2
0300 ;          0040          OUT     2
0300 ;          0041          OUT     1
0300 ;          0042          OUT     1          .. UITLESNING
0300 ;          0043          LDI     62H          .. KONTROLLORD DIV
0300 ;          0044          STR     EXPKEA
0300 ;          0045          OUT     3
0300 ;          0046          DEC     EXPKEA; DEC EXPKEA
0300 ;          0047          DEC     EXPKEA; DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
0300 ;          0048
0300 ;          0049          INF     2; IRX
0300 ;          0050          INF     2; IRX
0300 ;          0051          INF     1; IRX
0300 ;          0052          INF     1          .. INNLESNING
0300 ;          0053
0300 ;          0054          ENDM
0300 ;          0055
0300 ;          0056
0300 ;          0057          .. START PROGRAM TEST.
0300 ;          0058
0300 F801B1;      0059          LDI     1; PHI OLA
0300 F800A1;      0060          LDI     0; PLO OLA
0306 ;          0061
0306 ;          0062          DIV     OLA
0306 E1;         0062          SEX     OLA

```

0307	F86C;	0062	LDI	6CH	..KONTROLLORD
0309	51;	0062	STR	OLA	
030A	63;	0062	OUT	3	
030B	64;	0062	OUT	4	
030C	64;	0062	OUT	4	
030D	62;	0062	OUT	2	
030E	62;	0062	OUT	2	
030F	61;	0062	OUT	1	
0310	61;	0062	OUT	1	..UTLESNING
0311	F862;	0062	LDI	62H	..KONTROLLORD DIV
0313	51;	0062	STR	OLA	
0314	63;	0062	OUT	3	
0315	2121;	0062	DEC	OLA; DEC OLA	
0317	212121;	0062	DEC	OLA; DEC OLA; DEC OLA	
031A	6A60;	0062	INP	2; IRX	
031C	6A60;	0062	INP	2; IRX	
031E	6760;	0062	INP	1; IRX	
0320	69;	0062	INP	1	..INNLESNING
0321	00;	0063	IDL		
0322	;	0064			
0322	;	0065	END		
0000					

VEDLEGG 5

Testprogram for inn/utlesning og konvertering

Fil KOTST.C:1

Listefil KOTST.LST:1

0000 ;	0001	ORG	500H	
0500 ;	0002			
0500 ;	0003	VAR EQU	R5	
0500 ;	0004	PEK EQU	R6	
0500 ;	0005			
0500 F804B5B6;	0006	LDI	4; PHI VAR; PHI PEK	
0504 F822A5;	0007	LDI	22H; PLO VAR	
0507 F824A6;	0008	LDI	24H; PLO PEK	
050A ;	0009			
050A F800;	0010	LDI	0	
050B 56;	0011	STR	PEK	
050D 16;	0012	INC	PEK	
050E 56;	0013	STR	PEK	
050F 26;	0014	DEC	PEK	..NULLER UT PEK
0510 ;	0015			
0510 E5;	0016	SEX	VAR	
0511 ;	0017			
0511 7B;	0018	STKO	SEQ	
0512 7A;	0019		REQ	
0513 C4;	0020	VENT	NOP	
0514 3D13;	0021		BNZ	VENT ..KONVERTER OG VENT TIL 7ERDIG
0516 ;	0022			
0516 6D;	0023	INF	5	
0517 60;	0024	IRX		
0518 6E;	0025	INF	6	
0519 ;	0026			
0519 16;	0027	INC	PEK	
051A 06;	0028	LDN	PEK	
051B F5;	0029	SD		
051C 3A24;	0030	BNZ	SJEKK	..NY KONV.HVIS ULIK
051E 26;	0031	DEC	PEK	
051F 25;	0032	DEC	VAR	
0520 06;	0033	LDN	PEK	
0521 75;	0034	SDB		
0522 3232;	0035	BZ	CONT	..VERDI SYLDES HVIS LIK
0524 F823A5;	0036	SJEKK	LDI	23H; PLO VAR
0527 F825A6;	0037		LDI	25H; PLO PEK
052A 0556;	0038	LDN	VAR; STR PEK	
052C 2526;	0039	DEC	VAR; DEC PEK	
052E 0556;	0040	LDN	VAR; STR PEK	..SETT DML. VERDI LIK NY
0530 3011;	0041	BR	STKO	..NY KONV.
0532 ;	0042			
0532 00;	0043	CONT	IDLE	
0533 65;	0044		OUT	5
0534 66;	0045		OUT	6 ..LES UT SAMME TALL
0535 ;	0046			
0535 00;	0047		IDLE	
0536 ;	0048			
0536 ;	0049		END	
000				

MUX blir ikke påvirket av denne rutinen og det er derfor tilfældig hvordan den står.
 Flytt til linje 35 MUX skynes av bit 4,5 og 6 av VAR.

VEDLEGG 7

Kompensasjonsprogram

Fil KOMP.A:1

Listefil KOMP.LST:1

Kompensācijas program

F.1 KOMP. A: 1

Līdzpil KOMP. LST: 1

23/4-84

```

M
000 0001 ORG --500H
000 0002
0500 0003
0500 0004 KTAB EQU R1
000 0005 KOMP EQU R2
0500 0006 NULL EQU R3
0500 0007 FORST EQU R4
000 0008 VAR EQU R5
000 0009
0500 0010 MACRO
000 0011 MULT EXPKEA
000 0012
0500 0013 SEX EXPKEA
0500 0014 LDI 6CH
000 0015 STR EXPKEA
0500 0016 OUT 3
0500 0017 OUT 4
000 0018 OUT 4
000 0019 IRX
0500 0020 IRX
0500 0021 OUT 1
000 0022 OUT 1
0500 0023
0500 0024 LDI 69H
000 0025 STR EXPKEA
000 0026 OUT 3
0500 0027 DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
000 0028 DEC EXPKEA; DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
000 0029 INP 2; IRX
0500 0030 INF 2; IRX
0500 0031 INP 1; IRX
000 0032 INP 1
0500 0033
0500 0034 ENDM
000 0035
000 0036 MACRO
0500 0037 DIV EXPKEA
000 0038
000 0039 SEX EXPKEA
0500 0040 LDI 6CH
0500 0041 STR EXPKEA
000 0042
0500 0043 OUT 3
0500 0044 OUT 4
000 0045 OUT 4
000 0046 OUT 2
0500 0047 OUT 2
0500 0048 OUT 1
000 0049 OUT 1
0500 0050
0500 0051 LDI 62H
000 0052 STR EXPKEA
000 0053 OUT 3
0500 0054
000 0055 DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
000 0056 DEC EXPKEA; DEC EXPKEA; DEC EXPKEA
0500 0057 INF 2; IRX
0500 0058 INF 2; IRX
000 0059 INP 1; IRX
0500 0060 INF 1
0500 0061
000 0062 ENDM
000 0063

```


0500	F80FA2;	0064	LDI	0FH; PLO KOMP	
503	F810A3;	0065	LDI	10H; PLO NULL	
506	F818A4;	0066	LDI	18H; PLO FORST	..VERDIER I PEKERE SE...
0509	F820A5;	0067	LDI	20H; PLO VAR	
50C	F804B1B2B3;	0068	LDI	04H; PHI KTAB; PHI KOMP; PHI NULL	
511	B4B5;	0069	PHI	FORST; PHI VAR	
0513	F800A1;	0070	LDI	0; PLO KTAB	
0516	55;	0071	STR	VAR	MUX = 0
517	;	0072			
517	E273;	0073	SEX	KOMP; STXB	
0519	F80873;	0074	LDI	8; STXD	
51C	F80873;	0075	LDI	0; STXB	
51F	F80873;	0076	LDI	8; STXD	
0522	F80073;	0077	LDI	0; STXD	
0525	F80873;	0078	LDI	8; STXD	
528	F80073;	0079	LDI	0; STXD	
052B	F80852;	0080	LDI	8; STR KOMP	..STILL KOMP SLIK AT SE...
052E	;	0081			..UTBLIR NULL
52E	55;	0082	KOPRO	OUT	5
52F	66;	0083		OUT	6
0530	;	0084			..LES UT KOMP OG MUX
530	2222;	0085	DEC	KOMP; DEC KOMP	
532	70;	0086	LDX		
0533	FA0F;	0087	ANI	0FH	
0535	52;	0088	STR	KOMP	..FJERNER MUX FRA KOMP
536	;	0089			
536	F820A5;	0090	LDI	20H; PLO VAR	..VAR TIL MULTX
0539	E1;	0091	SEX	KTAB	
53A	72;	0092	LDXA		
53B	55;	0093	STR	VAR	
053D	13;	0094	INC	VAR	
053E	F0;	0095	LDX		
53E	55;	0096	STR	VAR	
053F	21;	0097	DEC	KTAB	
0540	F800A5;	0098	LDI	30H; PLO VAR	..VAR TIL MULTX
542	F80055;	0099	LDI	0; STR VAR	
546	17;	0100	INC	VAR	
0547	F80455;	0101	LDI	64H; STR VAR	..LES UT KOMP I MULTX
54A	F820A5;	0102	LDI	20H; PLO VAR	
54B	;	0103			
054D	;	0104	MULT	VAR	
054E	E5;	0104	SEX	VAR	
54E	F860;	0104	LDI	6CH	
0550	55;	0104	STR	VAR	
0551	63;	0104	OUT	3	
552	64;	0104	OUT	4	
553	64;	0104	OUT	4	
0554	60;	0104	IRX		
0555	60;	0104	IRX		
556	61;	0104	OUT	1	
0557	61;	0104	OUT	1	
0558	F869;	0104	LDI	69H	
55A	55;	0104	STR	VAR	
055B	63;	0104	OUT	3	
055C	2525;	0104	DEC	VAR; DEC VAR	
55E	252525;	0104	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
561	6A60;	0104	INP	2; IRX	
0563	6A60;	0104	INP	2; IRX	
0565	6960;	0104	INP	1; IRX	
567	69;	0104	INP	1	
0568	;	0105			
0569	F820A5;	0106	LDI	20H; PLO VAR	..VAR TIL MULTX
56B	F805;	0107	LDI	5	
56D	55;	0108	STR	VAR	

056E 15;	0109	INC	VAR	
056F FB2D;	0110	LDI	20H	
0571 55;	0111	STR	VAR	..MULTX=052DH
0572 FB2BA5;	0112	LDI	2BH; PLO VAR	
0575 ;	0113			
0575 ;	0114	DIV	VAR	..BERMED KK' =MULTZ
0575 E5;	0114	SEX	VAR	
0576 FB6C;	0114	LDI	6GH	
0578 55;	0114	STR	VAR	
0579 63;	0114	OUT	3	
057A 64;	0114	OUT	4	
057B 64;	0114	OUT	4	
057C 62;	0114	OUT	2	
057D 62;	0114	OUT	2	
057E 61;	0114	OUT	1	
057F 61;	0114	OUT	1	
0580 FB62;	0114	LDI	62H	
0582 55;	0114	STR	VAR	
0583 63;	0114	OUT	3	
0584 2525;	0114	DEC	VAR; DEC VAR	
0586 252525;	0114	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
0589 6A60;	0114	INP	2; IRX	
058B 6A60;	0114	INP	2; IRX	
058D 6960;	0114	INP	1; IRX	
05BF 69;	0114	INP	1	
0590 ;	0115			M
0590 FB2DA5;	0116	LDI	20H; PLO VAR	..VAR TIL BERNFEST
0593 FB25A4;	0117	LDI	25H; PLO FORST	..FORST TIL BERNFEST
0596 FB00;	0118	LDI	0	
0598 54;	0119	STR	FORST	
0599 24;	0120	DEC	FORST	
059A 54;	0121	STR	FORST	..FORSTAD FOR TRINEST
059B ;	0122			
059B E5;	0123	SEX	VAR	
059C 7B;	0124	STKO	REQ	
059D 7A;	0125	REQ		..START KONVERTERING
059E 046D9E;	0126	VENT	NOF;	..VENT TIL PERIOD
05A1 ;	0127			
05A1 60;	0128	INP	5	
05A2 60;	0129	IRX		
05A3 6E;	0130	INP	6	..LFS I 40 0128
05A4 ;	0131			
05A4 14;	0132	INC	FORST	
05A5 04;	0133	LDN	FORST	
05A6 73;	0134	SD		..BEREKN DIFFLINSEN
05A7 3AAF;	0135	BNZ	5JEK	..NY KONV. HVIS LIK
05A9 24;	0136	OLE	FORST	
05AA 25;	0137	DEC	VAR	
05AB 04;	0138	LDN	FORST	
05AC 75;	0139	SUB		..BEREKN DIFF.MSE
05AD 32BD;	0140	BZ	CONT	..FORTSETT HVIS DIFF=0
05AF FB21A5;	0141	SJEK	LDI	21H; PLO VAR
05B2 FB25A4;	0142	LDI	25H; PLO FORST	
05B3 F0;	0143	LDX		
05B6 54;	0144	STR	FORST	
05B7 2524;	0145	DEC	VAR; DEC FORST	
05B9 F0;	0146	LDX		
05BA 54;	0147	STR	FORST	..SETT GML.LIK NY (FORST
05BB 309D;	0148	BR	STKO	..HOPP TIL NY KONV.
05BD ;	0149			
05BD FB18A4;	0150	CONT	LDI	18H; PLO FORST
05C0 ;	0151			
05C0 72;	0152	LDXA		..TESTER OM NY KOMP. SKA
05C1 FD08;	0153	SDI	8	

0503	3AF6;	0154	BNZ	KP	..HOPP TIL KOMP. PROGRAM
505	;	0155			
505	FO;	0156	LDX		
0506	FDA8;	0157	SDI	0A8H	
508	3BF6;	0158	BNF	KP	..HOPP TIL KOMP. PROGRAM
50A	;	0159			..HVIS VERDI FOR STOR
50CA	FO;	0160	LDX		
050B	FD28;	0161	SDI	28H	
50D	3BF6;	0162	BDF	KP	..HOPP TIL KOMP. PROGRAM
50F	;	0163			..HVIS VERDI FOR LITEN
050F	FO;	0164	LDX		
500	E3;	0165	SEX	NULL	
501	60;	0166	IRX		
0502	73;	0167	STXD		
0503	25;	0168	DEC	VAR	
504	05;	0169	LBN	VAR	
505	53;	0170	STR	NULL	..SETT NULL LIK MFELT
0506	;	0171			
506	F022A5;	0172	LDI	22H; PLO VAR	..VAR TIL MULX
509	E5;	0173	SEX	VAR	
05DA	FO;	0174	LDX		
05DB	FC01;	0175	ADI	1	..INKREMENTER MULX
50D	55;	0176	STR	VAR	
05DE	FD04;	0177	SDI	4	
05E0	0206D9;	0178	LBZ	KAPRO	..KOPRO ER STREK
5E3	;	0179			..HOPP TIL KAPRO
5E3	FO;	0180	LDX		
05E4	FEFEFEFE;	0181	SHL;	SHL; SHL; SHL	..FLYTT SIFRENE I MULX
5E6	ED;	0182	SEX	KOMP	
5E9	60;	0183	IRX		..KOMP RYKKER 60
05FA	50;	0184	IRX		..FOR NYE TIL 5
05EB	F1;	0185	OR		
50C	52;	0186	STR	KOMP	..LIGGER 5 I 52
05E8	;	0187			
05E9	E1;	0188	SEX	KTAB	
05EE	6060;	0189	IRX;	IRX	
05F0	E3;	0190	SEX	NULL	
05F1	6060;	0191	IRX;	IRX	..KOMB 05 6060 6060
05F6	E2;	0192	SEX	KOMP	
05F7	802E;	0193	BE	KOPRO	..HOPP TIL NY KOMP
05F8	;	0194			
05F9	;	0195			..BEREGNER KOMP
5F6	;	0196			
5F6	F021A5;	0197	LDI	21H; PLO VAR	..VAR TIL LUBNFELT
05F9	FO;	0198	LDX		..X TEKER TIL VAR
05FA	FF68;	0199	SKI	68H	
5FD	73;	0200	STXD		
05FD	FO;	0201	LDX		
05FE	7F08;	0202	SMBI	8	
500	55;	0203	STR	VAR	..MFELT+MFELT+08604
0601	;	0204			
0601	CB0662;	0205	LBNF	NEG	..NEG TALE
604	;	0206			..POSITIVT TALL
504	F82CA4;	0207	LDI	2CH; PLO FORST	..FORST TIL MULTX
0607	72;	0208	LDXA		
608	54;	0209	STR	FORST	
609	14;	0210	INC	FORST	
060A	FO;	0211	LDX		
060B	54;	0212	STR	FORST	..MFELT LEGGES I MULTX
50C	;	0213			
060C	F82BA5;	0214	LDI	2BH; PLO VAR	..PEKER FOR MULTIPLIKASJ
060F	;	0215			..KK' LIGGER I MULTZ
60F	;	0216	MULT	VAR	..BEREGN KK' (MFELT-868H)
50F	ES;	0216	SEX	VAR	

0610	F86C;	0216	LDI	6CH	
612	55;	0216	STR	VAR	
613	63;	0216	OUT	3	
0614	64;	0216	OUT	4	
615	64;	0216	OUT	4	
616	60;	0216	IRX		
0617	60;	0216	IRX		
0618	61;	0216	OUT	1	
619	61;	0216	OUT	1	
61A	F869;	0216	LDI	69H	
061C	55;	0216	STR	VAR	
61D	63;	0216	OUT	3	
61E	2525;	0216	DEC	VAR; DEC VAR	
0620	252525;	0216	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
0623	6A60;	0216	INP	2; IRX	
625	6A60;	0216	INP	2; IRX	
0627	6960;	0216	INP	1; IRX	
0629	69;	0216	INP	1	
62A	;	0217			
62A	E5;	0218	SEX	VAR	
062B	F82CA5;	0219	LDI	2CH; PLO VAR	..VAR TIL MULTX
62E	F800;	0220	LDI	0	
630	55;	0221	STR	VAR	
0631	60;	0222	IRX		
0632	F864;	0223	LDI	64H	
634	55;	0224	STR	VAR	..LEGG K' I MULTX
635	F82BA5;	0225	LDI	2EH; PLO VAR	..PEKER FOR DIVISJONEN
0638	;	0226			
638	;	0227	DIV	VAR	..DELER MED K'
638	E5;	0227	SEX	VAR	
0639	F86C;	0227	LDI	6CH	
063B	55;	0227	STR	VAR	
63D	63;	0227	OUT	3	
63D	64;	0227	OUT	4	
63E	64;	0227	OUT	4	
63F	52;	0227	OUT	2	
640	52;	0227	OUT	2	
0641	61;	0227	OUT	1	
642	61;	0227	OUT	1	
643	F862;	0227	LDI	62H	
0645	55;	0227	STR	VAR	
0646	63;	0227	OUT	3	
647	2525;	0227	DEC	VAR; DEC VAR	
649	252525;	0227	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
064C	6A60;	0227	INP	2; IRX	
64E	6A60;	0227	INP	2; IRX	
650	6960;	0227	INP	1; IRX	
0652	69;	0227	INP	1	
653	;	0228			
653	E5;	0229	SEX	VAR	
0654	F831A5;	0230	LDI	31H; PLO VAR	..VAR TIL RESULTATET-LSI
0657	F0;	0231	LIX		
658	52;	0232	SEX	KOMP	
659	60;	0233	IRX		
065A	55;	0234	SD		
65B	73;	0235	STXD		..KOMP=KOMP+VAR (LSB)
65C	25;	0236	DEC	VAR	
065D	05;	0237	LUN	VAR	
063E	75;	0238	SDE		
65F	52;	0239	STR	KOMP	..KOMP=KOMP-VAR (MSB)
0660	30CB;	0240	BR	LESUT	..HOPP FORBI NEGATIV BEP
0662	;	0241			
662	F82CA5;	0242	LDI	2CH; PLO FORST	..FORST TIL MULTX
665	60;	0243	IRX		..X=VAR PEKER TIL

0666	FO;	0244	LDX		..LSEMFELT
0667	FBFF;	0245	XRI	0FFH	
0669	FC01;	0246	ADI	1	
066E	73;	0247	STXD		
066C	FO;	0248	LDX		
066D	FBFF;	0249	XRI	0FFH	
066F	7C00;	0250	ADCI	0	
0671	55;	0251	STR	VAR	..TALL I MFELT ER
0672	;	0252			..KOMPLEMENTERT
0672	72;	0253	LDXA		
0673	54;	0254	STR	FORST	
0674	14;	0255	ING	FORST	
0675	FO;	0256	LDX		
0676	54;	0257	STR	FORST	..KOMPL.TALL I MULTX
0677	;	0258			..KK' LIGGER I MULTZ
0677	FB2BA5;	0259	LDI	2BH; PLO VAR	..PEKER FOR MULTIPLIKASJ
067A	;	0260			
067A	;	0261	MULT	VAR	..BEREGN -KK' (MFELT-0666
067A	E5;	0261	SEX	VAR	
067B	FB6C;	0261	LDI	6CH	
067D	55;	0261	STR	VAR	
067E	63;	0261	OUT	3	
067F	64;	0261	OUT	4	
0680	64;	0261	OUT	4	
0681	60;	0261	IRX		
0682	60;	0261	IRX		
0683	61;	0261	OUT	1	
0684	61;	0261	OUT	1	
0685	FB69;	0261	LDI	39H	
0687	55;	0261	STR	VAR	
0688	63;	0261	OUT	3	
0689	2525;	0261	DEC	VAR; DEC VAR	
0689	252525;	0261	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
068E	6A60;	0261	INP	2; IRX	
0690	6A60;	0261	INP	2; IRX	
0692	6960;	0261	INP	1; IRX	
0694	69;	0261	INP	1	
0695	;	0262			
0695	E5;	0263	SEX	VAR	
0696	FB2CA5;	0264	LDI	2CH; PLO VAR	..PEKER FOR MULTIPLIKASJ
0697	FB80;	0265	LDI	0	
0698	55;	0266	STR	VAR	
069E	50;	0267	IRX		
069D	FB60;	0268	LDI	60H	
069F	55;	0269	STR	VAR	..TALL I MULTX
06A0	FB2BA5;	0270	LDI	2BH; PLO VAR	
06A3	;	0271			
06A5	;	0272	SEX	VAR	..BEREGN BRUKER
06A5	E7;	0272	SEX	VAR	
06A4	FB60;	0272	LDI	6CH	
06A6	55;	0272	STR	VAR	
06A7	63;	0272	OUT	3	
06A8	64;	0272	OUT	4	
06A9	64;	0272	OUT	4	
06AA	62;	0272	OUT	2	
06AB	62;	0272	OUT	2	
06AC	61;	0272	OUT	1	
06AD	61;	0272	OUT	1	
06AE	FB62;	0272	LDI	62H	
06B0	55;	0272	STR	VAR	
06B1	63;	0272	OUT	3	
06B2	2525;	0272	DEC	VAR; DEC VAR	
06B4	252525;	0272	DEC	VAR; DEC VAR; DEC VAR	
06B7	6A60;	0272	INP	2; IRX	

06B9	6A60;	0272	INF	2;	IRX	
06BB	6960;	0272	INF	1;	IRX	
06BD	69;	0272	INF		1	
06BE	;	0273				
06BE	E5;	0274	SEX		VAR	
06BF	F881A5;	0275	LDI	31H;	FLO VAR	..PEKER TIL RESULTATET
06C2	F0;	0276	LDX			
06C3	E2;	0277	SEX		KOMP	
06C4	60;	0278	IRX			..PEKER TIL LSB
06C5	F4;	0279	ADD			
06C6	73;	0280	STXD			..KOMP=KOMP+VAR (LSB)
06C7	;	0281				
06C7	25;	0282	DEC		VAR	
06C8	05;	0283	LDN		VAR	
06C9	74;	0284	ADC			
06CA	52;	0285	STR		KOMP	..KOMP=KOMP+VAR (MSB)
06CB	;	0286				
06CB	;	0287				
06CB	F822A5;	0288	LESUT	LDI	22H;	FLO VAR ..VAR TIL MUX
06CE	05;	0289	LDN		VAR	
06CF	FEPLFEFL;	0290	SHL;	SHL;	SHL;	SHL ..FLYTT SITRE I MUX
06D3	;	0291				
06D3	E2;	0292	SEX		KOMP	
06D4	F1;	0293	OR			
06D5	52;	0294	STR		KOMP	..LEGGER MUX INN I MSBK
06D6	;	0295				
06D6	D0052E;	0296	LBR		KOPRO	..HOPP TIL NY UTLESNING
06D9	;	0297				
06D9	;	0298				
06D9	;	0299				
06D9	00;	0300	KAPRO	IDL		
06DA	;	0301				
06DA	;	0302				
06DA	;	0303				
0000						

VEDLEGG 8

Kalibreringsprogram
Kompensasjonsprogram

Fil KAPRO.B:1

Listefil KAPRO.LST:1

```

000 ; 0001 ORG 200H
200 ; 0002
0200 ; 0003 KTAB EQU R1
200 ; 0004 KOMP EQU R2
200 ; 0005 NULL EQU R3
0200 ; 0006 FORST EQU R4
0200 ; 0007 VAR EQU R5
200 ; 0008
200 ; 0009 *****KALIBRERINGSPROGRAM*****
0200 ; 0010
0200 F800A1; 0011 KAFRO LDI 0; PLO-KTAB
203 F800A2; 0012 LDI 8; PLO-KOMP
0206 F810A3; 0013 LDI 10H; PLO-NULL
0209 F818A4; 0014 LDI 18H; PLO-FORST ..SETT ALLE PEKERE
20C F804B1B2B3; 0015 LDI 4; PHI-KTAB; PHI-KOMP; PHI-NULL
0211 B4B5; 0016 PHI FORST; PHI-VAR
0213 F822A5; 0017 LDI 22H; PLO-VAR ..VAR TIL MUX
216 ; 0018
216 F800; 0019 LDI 0
0218 55; 0020 STR VAR ..LEGGER 0 I MUX
0219 ; 0021
219 F821A5; 0022 KALOOP LDI 21H; PLO-VAR ..VAR TIL LSBFELT
021C E1; 0023 SEL KTAB
021D 60; 0024 IRX
21E 12; 0025 INC KOMP ..PEKERE TIL L3B
21F ; 0026
021F 02; 0027 LDN KOMP
220 F4; 0028 ADD
021 55; 0029 STR VAR
0002 25; 0030 DEC VAR
0223 21; 0031 DEC KTAB
224 22; 0032 DEC KOMP ..PEKERE TIL MSB
0225 02; 0033 LDN KOMP
0226 04; 0034 ADD
227 55; 0035 STR VAR ..MEST AND VERDIT
228 ; 0036
0228 F822A4; 0037 LDI 22H; PLO-FORST ..FORST TIL 00A
022E 04; 0038 LDN FORST
22C FAFEFEB; 0039 SHL; SHL; SHL; SHL
0230 55; 0040 SEL VAR
0231 F1; 0041 OR
22F 55; 0042 OR VAR ..MUX AND 0 TIL 00A
0233 ; 0043 ..FOR LITTLE END
230 63; 0044
234 56; 0045 OUT 5
0235 ; 0046
0005 F800A5; 0047
0238 F823A4; 0048 LDI 20H; PLO-VAR ..VAR TIL LSBFELT
0236 F800; 0049 LDI 25H; PLO-FORST ..FORST TIL L3B 00A
023D 54; 0050 LDI 0
23E 24; 0051 STR FORST
023F 54; 0052 DEC FORST
0240 ; 0053 STR FORST ..FORST=0 FOR TRILIST
240 E5; 0054
241 7B; 0055 SEL VAR
0242 7A; 0056 STKON SEQ
0243 043D43; 0057 REQ
0244 ; 0058 VENTE NOP; EN2-VENTE ..VENT TIL FERDIG
245 6D; 0059
0246 6E; 0060 INP 5
247 60; 0061 IRX
248 6E; 0062 INP 6
249 ; 0063

```


0247	14;	0064	INC	FORST	
24A	04;	0065	LDN	FORST	
24B	F5;	0066	SD		..BEREGN DIFF.
024C	3A54;	0067	BNZ	SJEKKE	
24E	24;	0068	DEC	FORST	
24F	25;	0069	DEC	VAR	
0250	04;	0070	LDN	FORST	
0251	75;	0071	SDB		..BEREGN DIFF.MSR
252	3262;	0072	BZ	CONTE	..FORTSETT HVIS DIFF.=0
254	F821A5;	0073	SJEKKE LDI	21H; PLO VAR	
0257	F825A4;	0074	LDI	25H; PLO FORST	
25A	F0;	0075	LDX		
25B	54;	0076	STR	FORST	
025C	2524;	0077	DEC	VAR; DEC FORST	
025E	F0;	0078	LDX		
25F	54;	0079	STR	FORST	..SETT GML.LIK NY
0260	3041;	0080	BR	STKON	..NY KONV.
0262	;	0081			
262	13;	0082	CONTE INC	NULL	..PEK TIL LSB
268	83;	0083	GLO	NULL	
0264	FC08;	0084	ADI	8	
266	A4;	0085	PLO	FORST	..SETT TILBAKE FORST
267	50;	0086	IRX		..VAR TIL LSEMPELT
0268	03;	0087	LDN	NULL	
0269	F5;	0088	SD		
26A	54;	0089	STR	FORST	..FORST=MFELT=NULL (LSE
26B	;	0090			
026B	24;	0091	DEC	FORST	
26C	25;	0092	DEC	VAR	
26D	28;	0093	DEC	NULL	..PEKERE TIL MSB
026E	03;	0094	LDN	NULL	
26F	75;	0095	SUB		
270	54;	0096	STR	FORST	..FORST=MFELT=NULL (MSB
0271	;	0097			
0271	E1;	0098	SEX	KTAB	
272	6060;	0099	IRX;	IRX	
274	E2;	0100	SEX;	KOMP	
0275	6060;	0101	IRX;	IRX	
277	E3;	0102	SEX	NULL	
278	6060;	0103	IRX;	IRX	
027A	E4;	0104	SEX	FORST	
027B	6060;	0105	IRX;	IRX	..SETT FRAM PEKERE 2 BY
27D	;	0106			
27D	F822A5;	0107	LDI	23H; PLO VAR	..VAR TIL MSB
0280	E5;	0108	SEX	VAR	
281	F0;	0109	LDX		
282	FC01;	0110	ADI	1	
0284	55;	0111	STR	VAR	..MIX INKREMENTERES
285	;	0112			
285	F004;	0113	SDI	4	
0287	3A19;	0114	BNZ	KALOOP	..HOPP TIL NY KALIBRERT
0289	00;	0115	IDL		..HVIS IKKE FERDIG
28A	;	0116			
28A	;	0117			
028A	;	0118	END		
000					

TABLE 1. INPUT DATA

*** MEASURING FIELD = 46500. LEAST COIL-DISTANCE = 12.0 APP-CONST. = 864.0 EICHEN-CONST. = 1.000. DEM.FACTOR = 3.90

R = 3.90

GEOL ID	IDENT	DRYW	WETW	O	ALFA	BETA	+A	-A	+B	-B	+C	-C
TES84	4508938	583.2	379.3	N	.0	.0	225.00	273.00	405.00	113.00	439.00	90.00
TES84	4508393	508.4	332.5	N	.0	.0	423.00	-216.00	239.00	-22.00	-112.00	296.00
TES84	4508941	551.9	362.9	F	33.0	11.0	323.00	255.00	325.00	263.00	34.00	563.00
							334.00	266.00	323.00	270.00	25.00	556.00
							315.00	260.00	321.00	266.00	35.00	561.00
							327.00	268.00	320.00	266.00	23.00	555.00
TES84	4508938	583.2	379.3	N	.0	.0	225.00	273.00	405.00	113.00	439.00	90.00
TES84	4508393	508.4	332.5	N	.0	.0	423.00	-216.00	239.00	-22.00	-112.00	296.00
00 84	TEST1	300.0	200.0	N	.0	.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
PE 84	U5	90.0	67.5	N	.0	.0	340.30	338.80	338.80	340.30	338.80	338.80
PE 84	0/009	90.0	67.5	N	.0	.0	2.40	2.40	2.50	2.50	2.50	2.50
PE 84	0/0095	90.0	67.5	N	.0	.0	13.10	13.10	12.00	13.10	12.00	12.00

9 SAMPLES CALCULATED IN THIS JOB

PROGRAM PETFYS - VERSION 1 CALCULATION OF MAGNETIC PROPERTIES OF SAMPLES MEASURED WITH OERSTEDT METER

TABLE 2. QUANTITIES RELATED TO MEASURING COORDINATES. 5I-UNITS COMPUTATION-DATE 17

U.	GEOL ID	IDENT	SUSC./A	SUSC./B	SUSC./C	S-MEAN	ANISOTR.F	REM./A	REM./B	REM./C	R-TOTAL	STD.	DE
0	TES84	4508938	.02851	.02966	.03029	.02949	1.06225	-10.170	61.866	73.942	96.944	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	TES84	4508393	.01374	.01440	.01221	.01345	1.17935	156.935	64.100	-100.202	196.921	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
5	TES84	4508941	.03626	.03635	.03632	.03631	1.04348	14.286	12.800	-121.029	122.548	.39	.39
5	UNC.												
5	DEM.												
0	TES84	4508938	.02851	.02966	.03029	.02949	1.06225	-10.170	61.866	73.942	96.944	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	TES84	4508393	.01374	.01440	.01221	.01345	1.17935	156.935	64.100	-100.202	196.921	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	TEST1		.00023	.00023	.00023	.00023	1.00000	.000	.000	.000	.000	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	PE 84	U5	.35237	.35237	.35159	.35211	1.00221	2.880	-2.880	.000	4.073	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	PE 84	07009	.00249	.00259	.00259	.00256	1.04167	.000	.000	.000	.000	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	PE 84	070095	.01359	.01302	.01245	.01302	1.09167	.000	-2.112	.000	2.112	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	PE 84		.01365	.01308	.01250	.01308	1.09206	.000	-2.112	.000	2.112	.00	.00
0	UNC.												
0	DEM.												
0	TEST1												

FILE UNNUMBERED
 PROGRAM PETFYS - VERSION 1 CALCULATION OF MAGNETIC PROPERTIES OF SAMPLES MEASURED WITH OERSTEDT METER

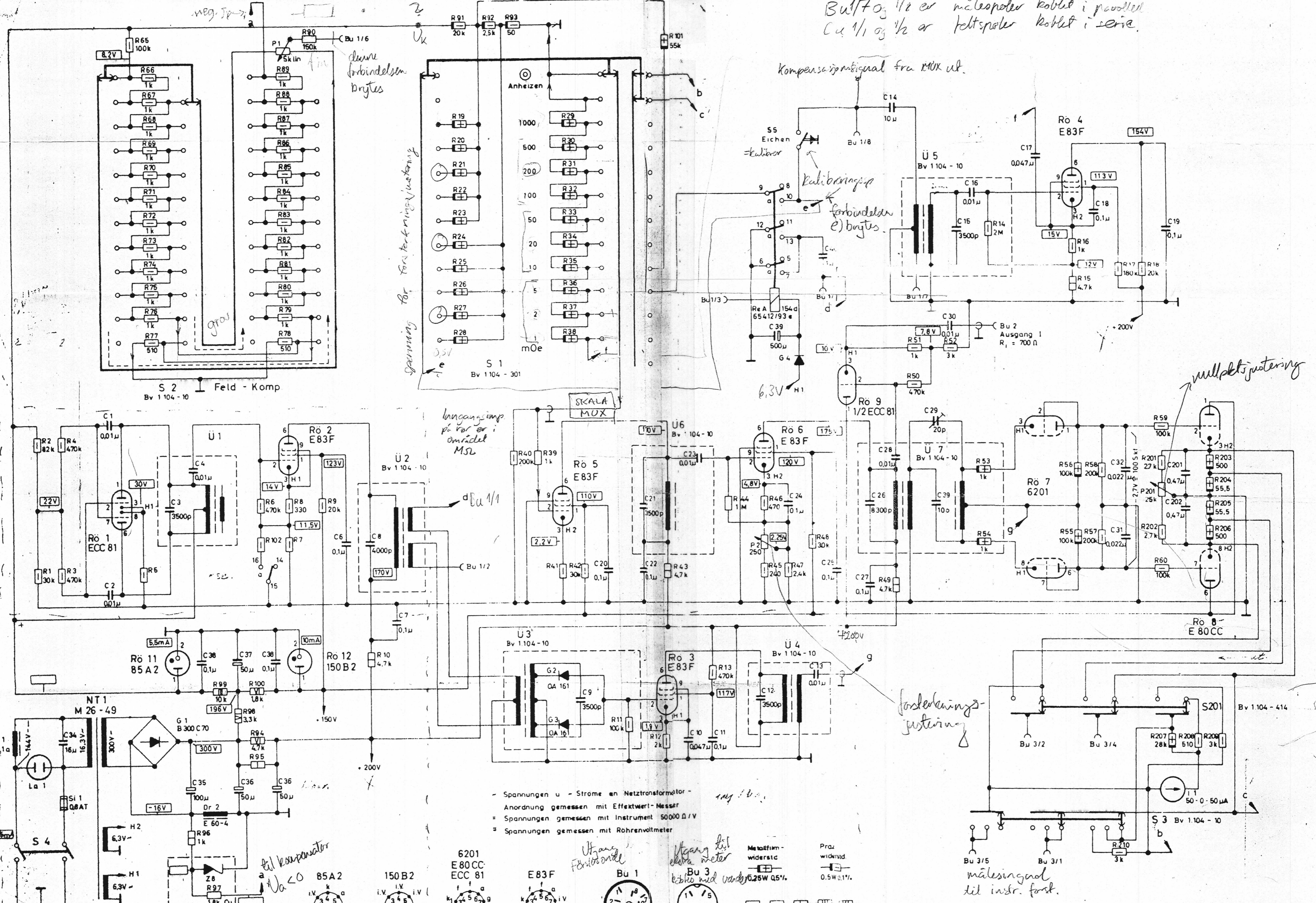
TABLE 3. QUANTITIES RELATED TO ORIGINAL ORIENTATION. SI-UNITS AND DEGREES. COMPUTATION-DATE

17-12-1984
 TOT. MAGN. INTENSITY APPROX ACCORDING TO: (NONORIENTED) - TMI = GEOF*MEAN SUSC.*(1+Q)
 (HALFORIENTED) - TMI = SUSC*GEOF*SQRT(1+2*Q*COS(A)+Q**2)

GEOMAGNETISM FIELD = 52500. ,DECL = 5.0 ,INCL = 77.0 ,MAP-CODE =
 ORIENTATION = N

---	SAMPLE	----	SUSCEPTIBILITY--	-----	REMANENCE	-----	TOTAL MAGNETIS
ATION	-----	---	---	---	---	---	---
DECL. INCL.	GEOL ID	DJUMBO	DENSITY	Q-VALUE	MEAN ANISOTR.	INTENSITY	STD.DEV. DECL. INCL, INTENSITY (DEV.)
0	TES84	4508938	2860.	.79	.02976	1.063	96.944 .000 .0 .0 212. 0.
0	TES84	4508393	2890.	3.50	.01351	1.180	196.921 .000 .0 .0 242. 0.
5	TES84	4508941	2920.	.81	.03672	1.044	122.548 .395 69.4 81.7 274. 54809.
0	TES84	4508938	2860.	.78	.02976	1.063	96.944 .000 .0 .0 212. 0.
0	TES84	4508393	2890.	3.50	.01351	1.180	196.921 .000 .0 .0 242. 0.
0	00 84	TEST1	3000.	.00	.00023	1.000	.000 .000 .0 .0 1. 0.
0	PE 84	U5	4000.	.00	.39530	1.002	4.073 .000 .0 .0 1577. 0.
0	PE 84	0/009	4000.	.00	.00256	1.042	.000 .000 .0 .0 10. 0.
0	PE 84	0/0095	4000.	.04	.01308	1.092	2.112 .000 .0 .0 54. 0.

Bu1/70₃ 1/2 er målespøler koblet i parallel
 Cu 1/1 og 1/2 er feltspøler koblet i serie.



- Spændinger u - Strøme an Netstransformator -
 Anordning gemessen mit Effektwert-Messr
 = Spændungen gemessen mit Instrument 50000 Ω/V
 = Spændungen gemessen mit Röhrevoltmeter

