

CODEN:LUTFD2/(TFRT-5263)/1-065/(1981)

MIKRODATORBASERAD TEMPERATURREGULATOR FÖR YSTKAR

ANDERS HILLBUR

INSTITUTIONEN FÖR REGLERTEKNIK
LUNDS TEKNISKA HÖGSKOLA

NOVEMBER 1981

| | | |
|---|--|-------------------|
| LUND INSTITUTE OF TECHNOLOGY DEPARTMENT OF AUTOMATIC CONTROL Box 725 S 220 07 Lund 7 Sweden | Document name MASTER THESIS | |
| | Date of issue November 1981 | |
| | Document number CODEN:LUTFD2/(TFRT-5263)/1-065/(1981) | |
| Author(s) Anders Hillbur | Supervisor Björn Wittenmark, Conny Persson | |
| | Sponsoring organization | |
| Title and subtitle Mikrodatorbaserad Temperaturregulator för Ystkar (Microcomputer based temperature controller) | | |
| Abstract The document contains a description of the software unit of a temperature regulator and the construction of an interface used by this regulator. A PID-regulator is implemented which consists of a microcomputer and a PC-unit called PBS Micro which takes care of the interface functions for external digital signals. The regulator also contains a separate interface taking care of the analog temperature signals and in some cases also the digital signals. The document gives a brief information about the total system and then gives more specific information about the separate interface and the program unit. It also describes the theory behind the PID-algorithm and the digital filter. | | |
| Key words | | |
| Classification system and/or index terms (if any) | | |
| Supplementary bibliographical information | | |
| ISSN and key title | | ISBN |
| Language Swedish | Number of pages 65 | Recipient's notes |
| Security classification | | |

DOKUMENTTABLAD RT 3/81

Distribution: The report may be ordered from the Department of Automatic Control or borrowed through the University Library 2, Box 1010, S-221 03 Lund, Sweden, Telex: 33248 Lubbis lund.

MICRODATORBASERAD TEMPERATURREGULATOR

FÖR YSTKAR

EXAMENSARBETE UTFÖRT AV:

ANDERS HILLBUR

Handledare: Conny Persson (SATT Electronics AB)
Björn Wittenmark (Inst för reglerteknik)

| INNEHÅLLSFÖRTECKNING | | Sid |
|----------------------|---|-----|
| 1. | INLEDNING | 1 |
| 2. | KONSTRUKTIONSUPPGIFT | 3 |
| 3. | SYSTEMÖVERSIKT | 5 |
| 4. | INTERFACEKORTET | 6 |
| 4.1 | BESKRIVNING AV PROTOTYPINTERFACET | 6 |
| 4.2 | IN- OCH UTLÄSNING FRÅN PROTOTYPKORTET | 10 |
| 4.3 | SKILLNADER MELLAN PROTOTYPEN OCH LAYOUTEN .. | 11 |
| 5. | REGULATORN | 13 |
| 5.1 | PRINCIP | 13 |
| 5.2 | SLUTNA SYSTEMETS BEROENDE PÅ K, T OCH T .. | 15 |
| 5.3 | INVERKAN PÅ APPROXIMATIONER OCH AVRUND- NINGAR | 15 |
| 6. | NÅGRA PRINCIPER FÖR INSTÄLLNING AV REGULA- TORPARAMETRAR | 17 |
| 7. | DET DIGITALA FILTRET | 19 |
| 8. | PBS MICRO:NS FUNKTION I REGULATORHETEN .. | 22 |
| 9.1 | BESKRIVNING AV TERMINALHANTERING | 24 |
| 9.1.1 | ÄNDRING AV PUNKT | 24 |
| 9.2 | INMATNING AV REGULATORPARAMETRAR | 25 |
| 9.3 | ÖVRIGA FUNKTIONER | 25 |
| 9.4 | EXEMPEL | 26 |
| 9.5 | KOMMENTARER | 27 |

| | Sid |
|------|---|
| 10 | PROGRAMBESKRIVNING 30 |
| 10.1 | BLOCKSHEMA 30 |
| 10.2 | BESKRIVNING AV AVBROTTSRUTINERNA 32 |
| 10.3 | BESKRIVNING AV TERMINALRUTINERNA 33 |
| 10.4 | BESKRIVNING AV REGULATORRUTINERNA 38 |
| 10.5 | HJÄLPRUTINERNA 39 |
| | |
| 11 | BILAGOR 41 |
| 11.1 | PROTOTYPKORTET 41 |
| 11.2 | LAYOUTKORTET 42 |
| 11.3 | IN- OCH UTGÅNGAR 43 |
| 11.4 | FELMEDDELANDEN 44 |
| 11.5 | PBS-ADRESSER 45 |
| 11.6 | DATABLAD VIA (utdrag) 47 |
| 11.7 | PROGRAMLISTNING (utdrag regleringsrutinen) 52 |
| | |
| 12 | LITTERATURREFERENSER 65 |

1. INLEDNING

I vintras ringde jag upp SATT Electronics AB för att förhöra mig om examensarbete. Efter någon vecka blev det klart vad det skulle gå ut på och att Conny Persson skulle bli handledare för projektet i företaget. Handledare på skolan blev Lars Pernebo och därefter Björn Wittenmark, där den senare hade hand om det slutliga godkännandet.

Examensarbetet, som påbörjades i mars och som var en del av ett beställningsjobb från ARLA-mejerier i Kalmar och Götene, gick ut på att i assembler implementera en PID-regulator för reglering av temperaturen i ett ostkar enligt en given referenstemperaturkurva. Själva mikrodatorkortet var klart, men i uppgiften ingick också konstruktion av ett interfacekort för att ta in och lägga ut analoga och digitala signaler till processen.

Först tas i ett avsnitt upp konstruktionen i stora drag samt vad den ska kunna utföra. Därefter följer en beskrivning av den prototyp till interfacekortet som konstruerats. Då det senare framkommit önskemål om två analoga ingångar i stället för en, har vissa modifieringar fått göras på layout-kortet. Dessa skillnader tas upp, eftersom programmet är konstruerat för detta kort.

Därpå följer en beskrivning av hur regulatorn uppför sig och vilka begränsningar som finns i fråga om avkortningar och approximationer. En kort beskrivning av den digitala filtreringen av temperatursignalen ingår också.

Programbeskrivningen börjar med ett blockschema och beskrivning av uppdelning i avbrottsnivå och grundnivå. Därefter kommer en mer ingående beskrivning av de olika delarna.

En beskrivning av terminalhanteringen och upprogrammeringen av PBS MICRO, som även finns med i den manual som går ut till kunden medföljer.

Sist kommer bilagor i form av programlistningar och datablad samt en litteraturreferensförteckning.

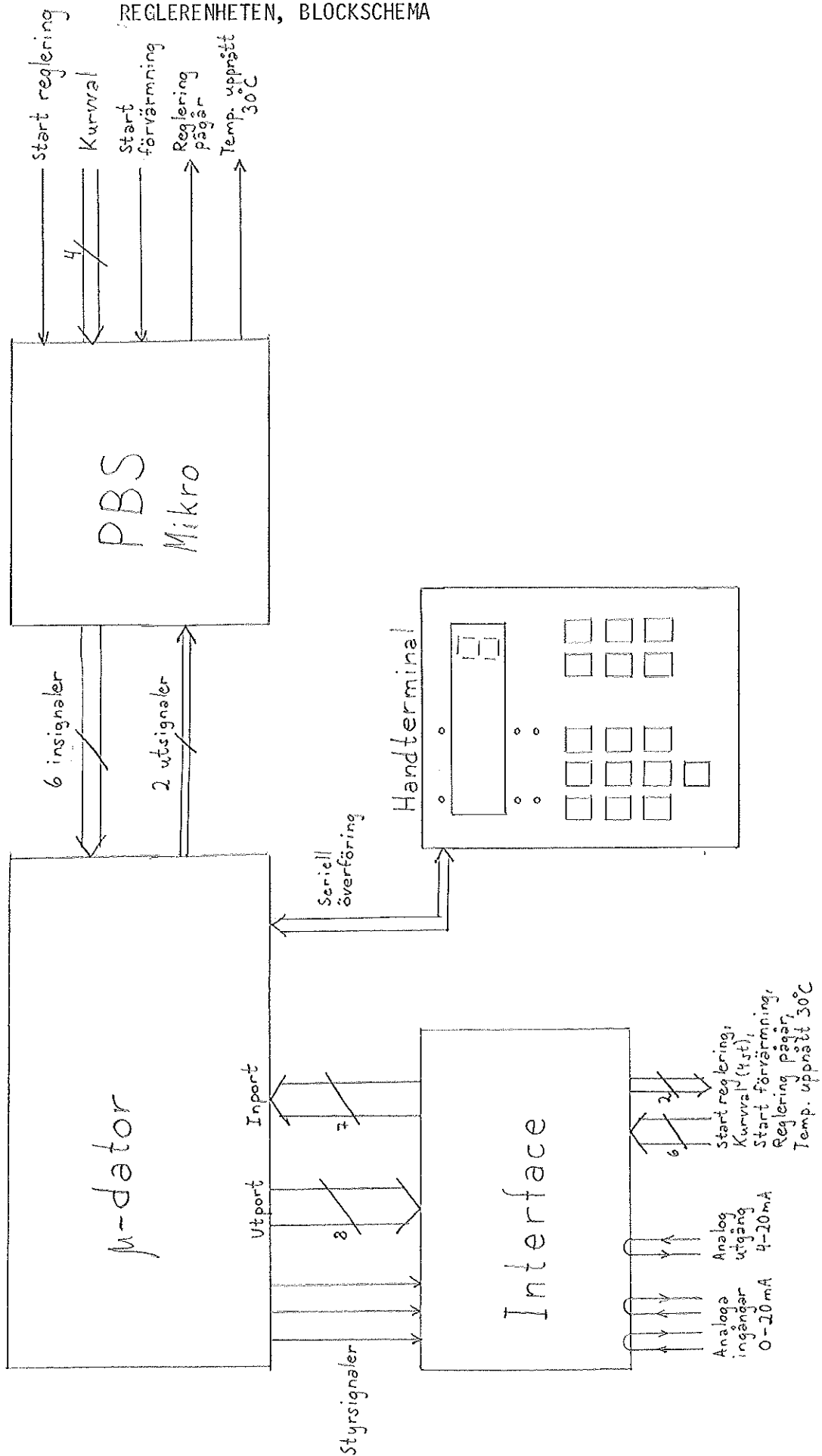
MALMÖ i augusti 1981

Anders Hillbur

2. KONSTRUKTIONENS UPPGIFT

Projektet går ut på att reglera temperaturen i ostmassan vid ystningsprocessen i ett mejeri, enligt givna börvärdeskurvor som ska kunna matas in utifrån. Temperaturområdet som avses är 20°-60°C. Dessutom ska möjlighet finnas till förvärmning med hjälp av hetvatten. Konstruktionen ska implementeras som en PID-regulator där de olika parametrarna ska kunna varieras. Reglernoggrannheten ska vara minst 1%. Om temperaturen ligger över börvärdet vid start, ska regleringen ej sätta igång förrän de är lika. Lutningen på kurvorna är ca $\frac{1}{2}$ °C/min. Kommunikationen med enheten ska ske med digitala in- och ut signaler. Dessa signaler ska antingen kunna tas in och läggas ut direkt av enheten eller via en PBS MICRO, där kunden kan programmera upp villkor på signalerna av typen booleska uttryck.

REGLERENHETEN, BLOCKSCHEMA



3. SYSTEMÖVERSIKT

Enheten består av fyra huvudsakliga delar: mikrodatorn, ett analogt in- utgångsinterface, en handterminal samt i vissa fall en PBS MICRO.

Regleringen styrs av sex digitala insignaler som läses in till mikrodatorn antingen via PBS MICRO:n, då denna ingår i utrustningen, eller via det analoga in- utgångsinterfacet. Fördelen med att läsa in signalerna via PBS:en är möjligheten att ställa villkor på ingångarna (se vidare detta avsnitt). Dessa insignaler är start reglering, kurvval (4 st) samt start förvärmning. Start reglering sätter igång regleringen av temperaturen i ostkaret i temperaturintervallet 20° - 60° C enligt det kurvval (0-9) som gjorts med de 4 kurvvalsknapparna (binäravkodat).

Kurvorna som matas in via handterminalen består av 10 st referenstemperaturkurvor som funktion av tiden. Dessa byggs upp med max 15 st punkter och därefter approximeras kurvorna med räta linjer mellan punkterna.

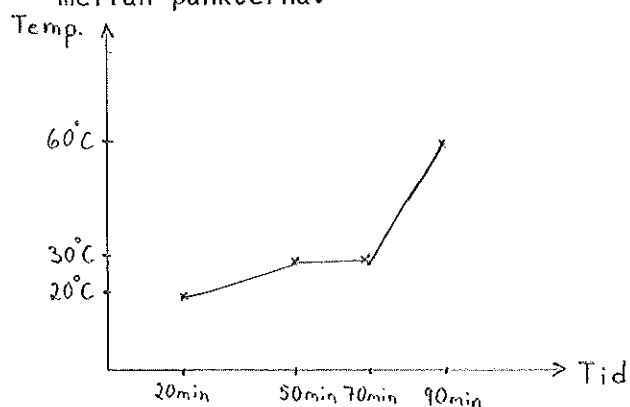


Fig: Ex på referenstemperaturkurva

Start förvärmning sätter igång regleringen av hetvattnet enligt kurvval i temperaturintervallet 20° - 100°C. Denna funktion finns bara på vissa enheter. Härvid mäts temperaturen i hetvattnet.

Ärvärdet, d v s aktuella temperaturen fås från en Pt-100-givare placerad i ostkaret (vid förvärmning i hetvattnet). Signalen går sedan via en mätomvandlare in på en analog ingång på in- utgångskortet i form av en ström 0-20 mA.

Den analoga utgången, som är regulatorns utsignal, ger ut 4-20 mA till en reglerventil.

De båda digitala utgångarna är Reglering pågår samt Temperatur uppnått 30°. Reglering pågår slår till på Start reglering eller Start förvärmning och förblir till, tills tiden för regleringen gått ut. Temperatur uppnått 30° är till då temperaturen överstiger detta värde.

4.1 BESKRIVNING AV PROTOTYPINTERFACET

Interfacet består av 1 analog ingång där temperatursignalen tas in, 6 digitala ingångar, 1 analog utgång där styrsignalen till ventilerna läggs ut samt 2 digitala utgångar (se kretsschem).

Kortet matas med +5V. Emellertid kräver OP-förstärkarna på de analoga in- och utgångarna +/-15V, och AD- och DA-omvandlarna -15V och +5V. Därför görs en DC- DC-omvandling med hjälp av kretsen V5 R 15-15 (se kretsschema) som omvandlar 0-5V till +15V. Då denna krets är känslig för rippel i spänningsförsörjningen låter jag spänningsmatningen passera filtret C₅-C₆-R₁₄ innan den tas in på ingången,

för att filtrera bort ripplet. Storleken på motstånden och kondensatorerna är rekommenderade värden som finns angivna i anvisningarna till kretsen. För att balansera utgångarna ansluts de båda motstånden R_{10} . Dessa är valda till $12\text{ k}\Omega$ vilket förutsätter ett max strömutfog på 65 mA . Detta är långt mer än vad som i verkligheten tas ut (ca 13 mA).

På den analoga ingången tas en temperatursignal $0\text{--}20\text{ mA}$ in. På ingången omvandlas strömmen till en spänning $0\text{--}2,0\text{V}$ via motståndet R på 100Ω . På ingången sitter också en backspänd zenerdiod för att stabilisera spänningen samt en lysdiod som fungerar som indikering. Den spänningsomvandlade signalen passerar sedan en differential förstärkare uppbyggd av en återkopplad OP-förstärkare, AD503K, som valts med speciell hänsyn till att få ett högt CMRR (Common Mode Rejection Ratio), d v s undertryckning av likspänningen, samt att man vill ha en så liten offsetspänning som möjligt på ingången. Denna typ av OP-förstärkare används genomgående på kortet. Differentialförstärkaren förstärker en faktor

$$\frac{R_2 + P_2}{R_1} = \frac{R_4 + P_1}{R_3}$$

där $R_2 = R_4 = 470\text{ k}\Omega$ och $R_1 = R_3 = 100\text{ k}\Omega$

P_1 och P_2 är två potentiometrar $0\text{--}100\text{ k}\Omega$ som ska ställas in i ett läge så att förstärkningen blir 5. Nu har vi alltså en signal $0\text{--}10\text{V}$. Denna signal låter jag först passera ett RC-filter med tidskonstanten $T = \frac{1}{R_5 C_4} = 100\text{ ms}$ för att få bort till-

fälliga störningar, och därefter en följare för att sänka utgångsimpedansen så att denna är låg i förhållande till den efterföljande AD-omvandlarens in-

gångsimpedans. AD-omvandlaren består av en AD571 som drivs med -15V till +5V och som för 0-10V på analog ingången ger ut 10 digitala signaler med den mest signifikanta biten på ben 9 (se schema). Omvandlingen sker på så sätt att man låter $B\bar{C}$ gå från etta till nolla. Därefter väntar man 25 μ s, vilket är den tid det tar innan omvandlingen är klar. Utgångarna på AD-omvandlaren är kopplade via två 8-4-avkodare (TTL) till PA-porten på expansionsporten på mikrodatorkortet. Eftersom det omvandlade talet består av 10 bitar måste man läsa in talet i två omgångar. De 8 mest signifikanta bitarna fås då WORD SELECT på avkodarna sätts till 0 och de två minst signifikanta bitarna fås i de två mest signifikanta bitarna i PA-porten då WORD SELECT sätts till 1. $B\bar{C}$ på AD-omvandlaren och WORD SELECT styrs av CB2 resp CA2 på expansionsporten. Denna kan programmeras upp så att önskade styrsignaler erhålls.

Den analoga utsignalen läggs ut med 8 bitar i PB-porten som fungerar som utport. Denna är kopplad till en D/A-omvandlare AM6080 som omvandlar de 8 bitarna till en analog ström 0-2,0 mA. För att trimma in utgången till 0-2,0 mA används två referensspänningar $VREF^+$ och $VREF^-$. Dessa kopplas via motstånd till +10V resp jord. Storleken på motståndet R_{11} fås ur:

$$R_{11} = \frac{4 \cdot 10V}{2,0 \text{ mA}} = 20k_{\Omega} \text{ där närmsta värde blir } 22k_{\Omega}$$

Referensspänning 10V tas från en särskild krets AD581J som mycket noggrant ger 10V för matningsspänningar mellan 12V och 40V. I detta fall utnyttjas +15V.

Omvandlingen startar då WR går låg, d v s då CA2 och CB2 båda är höga. Dessa styrsignaler går via en vanlig NAND-grind in på WR-ingången. Detta gäller under förutsättning att de båda ingångarna CS och DE är låga och därför är dessa ingångar dragna till jord. Strömsignalen på utgången av D/A-omvandlaren går sedan via en strömförstärkare ut som en signal 0-20 mA. Strömförstärkningen blir

$$R_{13} = 820 \Omega$$

$$1 + \frac{R_{13} + P_3}{R_{12}}$$

$$R_{12} = 100 \Omega$$

där P_3 justeras så att strömförstärkningen = 10.

De 6 digitala ingångarna som ansluts till endera 0 eller 24V spänningsdelas ner till 5V via motstånden R_8 och R_9 .

R_8 , R_9 och C_2 utgör ett filter med tidskonstanten = 10 ms för att ta bort kontaktstudsar. Dessa signaler kopplas sedan via en krets 74C914 som innehåller Schmitttriggrar för att få snygga till- och frånslag till de båda 8-4-avkodarna. Genom att sätta CA2, d v s WORD SELECT, hög och samtidigt CB2 hög för att undvika A/D-omvandling, fås signalerna in på de sex minst signifikanta bitarna. Observera att dessa kan läsas in samtidigt som de två minst signifikanta bitarna av temperaturen.

De två digitala utsignalerna läggs ut i de två minst signifikanta bitarna i PB-porten. Dessa klockas vidare i TTL-kretsen 7474 då CK får en negativ flank, d v s då CA2 går låg och CB2 hög. Härvid hålls \overline{WR} -ingången på D/A-omvandlaren hög så att ingen om

vandling sker. 7474 består av D-vippor och dessa går vidare till UDN5790A som innehåller drivers som ökar utspänningen från 5V till 24V.

4.2 IN- OCH UTLÄSNING FRÅN PROTOTYPKORTET

Följande programsekvens läser in den analoga temperatursignalen och de digitala insignalerna och placerar i TEMP- TEMP+1 resp DIGIND (variabelnamn: se stora programbeskrivningen).

```

LDAA #:EC    B&C̄ HÖG
STAA PCR
LDAA #:CC    B&C̄ LÅG
STAA PCR
LDAB #4
WAIT DECB
BEQ KLAR
BRA WAIT    VÄNTA TILLS OMVANDLING KLAR
KLAR LDAA IRA
STAA TEMP
LDAA #:CE    WORD SELECT = 1
STAA PCR
LDAA IRA
ANDA #:CO    TEMP BITARNA
STAA TEMP+1
LDAA IRA
ANDA #:3F    DIGITALA INIGNALER
STAA DIGIND

```

För att få temperaturbitarna i rätt talområde i TEMP måste dessutom dessa minnesceller skiftas åt höger. Detta faller emellertid inom programbeskrivningens ramar. Samma sak gäller upprogrammeringen av timern på expansionsporten samt av PA- och PB-porten.

Utläsning av analog utsignal U sker på följande sätt:

```
LDAA U
STAA ORB
LDAA #:CE   $\overline{WR}$  HÖG
STAA PCR
LDAA #:EE   $\overline{WR}$  LÅG
STAA PCR
```

varefter omvandling sker.

Utläsning av digitala utsignaler (anta att båda ska vara höga):

```
LDAA #:3
STAA ORB
LDAA #:CC
STAA PCR
LDAA #:EC  GER NEGATIV FLANK PÅ CK
STAA PCR
```

4.3 SKILLNADER MELLAN PROTOTYPEN OCH LAYOUTEN

På grund av ett senare önskemål, att man ville ha två analoga ingångar, en för ostvärmning och en för förvärmning, har vissa modifikationer gjorts på layoutkortet.

Den främsta skillnaden är att portarna är skiftade, d v s PA-porten fungerar som utport och PB-porten som inport, bortsett från PB7 som fungerar som utport. Härvid kan man utnyttja möjligheten att programmera upp expansionsporten så att när ett värde skrivs ut i PA-porten ges automatiskt en puls på PB7.

De båda analoga insignalerna scannas i kretsen IH5043 (se layoutritning) före AD-omvandlaren. Vilken man väljer bestäms av vad som läggs ut på PA0. De två mest signifikanta bitarna fås sedan på PB5 och PB4. Övriga åtta bitar läses in i två inläsningar i PB3 - PB0, där de 4 minst signifikanta bitarna fås då PB7 är låg och de övriga 4 då PB7 är hög.

CB2 används för A/D-omvandlingen och CA2 och PB7 för utläsning av utsignaler.

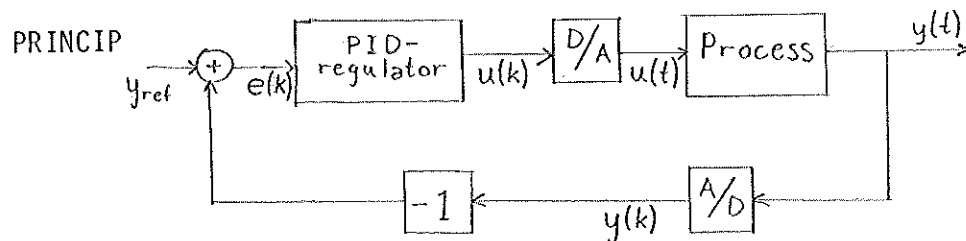
De digitala insignalerna läses in en i taget på PB6. Vilken avgörs av vad som lagts ut på PA2 - PA0.

På layouten är dessutom några extra digitala utgångar utdragna. TTL-kretsen 7474 på prototypen är utbytt mot 74LS374, med precis samma funktion.

Slutligen är OP-förstärkarna utbytta mot LM324 som finns lagerförda på företaget.

5. REGULATORN

5.1



Processen består av ett ostkar där temperaturen ska regleras. Denna avläses med hjälp av en Pt100-givare som via en mätvärdesmovandlare ($20^{\circ}\text{-}60^{\circ} \rightarrow 0\text{-}20\text{ mA}$) går till en PID-regulatorn. PID-regulatorn jämför ärtemperaturen, d v s det inlästa värdet, med börvärdet som ges ur en kurva, vilken är referenstemperaturen som funktion av tiden.

Utsignalen u från PID-regulatorn blir om den vore analog:

$$u(t) = K \left(e(t) + \frac{1}{T_I} \int_0^t e(t) dt + T_D \frac{de(t)}{dt} \right)$$

där

K = förstärkningen

T_I = integrationstiden

T_D = derivationstiden

och

$e(t) = y_{\text{ref}}(t) - y(t) = \text{reglerfelet.}$

Eftersom alla signaler behandlas digitalt får vi i stället en samplad regulator på formen:

$$u(k) = K \left(e(k) + \frac{T_S}{T_I} \sum_{j=0}^k e(j) + \frac{T_D}{T_S} (e(k) - e(k-1)) \right)$$

där $t = k \cdot T_S$

Om referensvärdet y_{ref} ej predikteras fås i stället

$$u(k) = K \left(e(k) + \frac{T_S}{T_I} \sum_{j=0}^k e(j) - \frac{T_D}{T_S} (y(k) - y(k-1)) \right)$$

P-delen av regulatorn ges här av $K e(k)$ d v s förstärkningen multiplicerat med reglerfelet. I-delen kan skrivas om på följande sätt:

$$\frac{K \cdot T_S}{T_I} \sum_{j=0}^k e(j) = I(k-1) + \frac{K \cdot T_S}{T_I} e(k)$$

där $I(k-1)$ är upplagrad integration sedan tidigare och $\frac{K \cdot T_S}{T_I} e(k)$ är nytillskottet. Slutligen utgörs D-delen av den sista biten.

$$\frac{K \cdot T_D}{T_S} (y(k) - y(k-1))$$

Det slutliga uttrycket utgörs då av

$$u(k) = K e(k) + I(k-1) + \frac{K \cdot T_S}{T_I} e(k) - \frac{K \cdot T_D}{T_S} (y(k) - y(k-1))$$

Denna formel är den som programmet använder sig av.

Ett antal begränsningar finns på den implementerade regulatorn:

- Om beräkningen av utsignalen skulle ge ett negativt värde ges 0 mA ut (ångventilen stängs) d v s någon kylning kan ej åstadkommas.
- Utsignalen har ett maxvärde på 20 mA. Om resultatet av beräkningen skulle ge ett högre värde, ges maxvärdet ut. Eftersom processen som regulatorn är avsedd för är relativt trög, kan detta ge problem om reglerfelet från början är alltför stort och

börvärdeskurvan stiger alltför brant eftersom ärvärdet då aldrig hinner ikapp börvärdet även med full utsignal.

Därtill kommer några i avsnitt 5.3 helt kort diskuterade begränsningar i approximationer och avrundningar av beräknade mellanresultat.

5.2 SLUTNA SYSTEMETS BEROENDE PÅ K , T_I OCH T_D

Då jag ej känner processens överföringsfunktion, kan inga optimala värden på K , T_I och T_D beräknas. I stället tar jag upp rent allmänt om de olika parametrarnas inverkan samt några metoder för att ställa in dessa.

En ökning av förstärkningen K medför att stationära felet minskar. Emellertid kan systemet bli instabilt vid alltför stora K -värden. Högt K -värde ger också stor bandbredd, vilket medför att känsligheten för störningar och mätbrus ökar.

Vid användning av enbart P -regulator kan man ej helt ta bort stationära fel. Därför införs i allmänhet även en integrerande del för att eliminera det stationära felet. Detta görs genom att medelvärdesbilda felet över ett längre tidsintervall. Reglerfelet går då mot 0 med tidskonstanten T_I . Integrations tiden T_I bör väljas i samma storleksordning som det slutna systemets periodtid.

Genom att införa en derivataterm har man möjlighet att förekomma eller prediktera det framtida reglerfelet. Detta är den svåraste parametern att justera och bör användas med försiktighet. En ökning av derivat tiden T_D förbättrar stabiliteten upp till ett kritiskt värde där stabiliteten försämras.

5.3 INVERKAN AV APPROXIMATIONER OCH AVRUNDNINGAR

De allra flesta parametrar och värden har två bytes nog-

grannhet. Vissa har 4 för att ej tappa bort noggrannheten vid subtraktion av två ungefär lika tal, eller för att addition av ett litet tal många gånger ska slå igenom så småningom.

Antalet timeravbrott till nästa punkt i referensvärdeskurvan TAVBR anges med 4 bytes eftersom sampelintervallet $T_S = 100/16$ ms är så litet i förhållande till tider i övrigt (0-200 min). Detta för att talområdet ska räckta till samtidigt som man enkelt ska kunna dekrementera variabeln vid varje timeravbrott. Av i stort sett samma skäl anges också REFOKA, börvärdesändringen/sampelintervall, med 4 bytes då detta värde blir väldigt litet. Värdet av börvärdet YREF anges också med 4 bytes för att de små referensvärdesökningarna vid varje sampelintervall så småningom ska slå igenom. Vid jämförelsen med Y, ärvärdet, utnyttjas dock endast de två första byten.

Vid inläsningen av temperaturen passerar de inlästa värdena ett digitalt filter och vi antar därför här att yttre störningar är eliminerade. Temperaturen (20-60°C) läses in i 10 bitar som läggs i två bytes. Detta ger en noggrannhet på

$$\frac{\Delta T}{2^{10}-1} = \frac{40}{1023} = 0,04^\circ\text{C} \text{ eller } 0,1\%$$

Referensvärdet har mycket högre noggrannhet, varför felet $e = y_{ref} - y$ också har en noggrannhet på 0,1%.

Förstärkningen K anges i två bytes har och noggrannheten

$$\frac{1}{240} = 0,4\%$$

$K \cdot e$ får då ungefär relativa felet $0,4 + 0,1 = 0,5\%$

T_I anges i två bytes och har noggrannheten $\frac{1}{999} = 0,1\%$

I-termen får då relativa felet $0,1 + 0,1 + 0,4\% = 0,6\%$

D-termen får på samma sätt relativa felet $0,6\%$

Relativa felet för utsignalen blir det största av felet från deltermerna d v s ungefär $0,6\%$.

6. NÅGRA PRINCIPER FÖR INSTÄLLNING AV REGULATORPARAMETRAR

I detta avsnitt tas upp några av Ziegler-Nichols regler för att få fram en bra regulatorinställning.

SJÄLVSVÄNGNINGSMETODEN

Enligt denna metod kopplas regulatorn först som en ren P-regulator och K ökas till gränsen för självsvängning T_0 . K_{\max} registreras. Därefter görs inställning enligt nedanstående tabell.

| Regulator | Operator | K | T_I | T_D | T_N |
|-----------|------------------------------------|----------------|-----------|---------|-----------|
| P | K | $0,5K_{\max}$ | | | T_0 |
| PI | $K(1 + \frac{1}{T_{IP}})$ | $0,45K_{\max}$ | $T_0/1,2$ | | $1,43T_0$ |
| PID | $K(1 + \frac{1}{T_{IP}} + T_{DP})$ | $0,6K_{\max}$ | $T_0/2$ | $T_0/8$ | $0,85T_0$ |

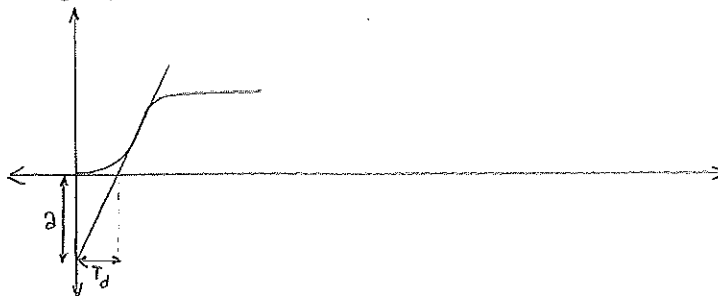
Tabell

Inställning av regulatorparametrar. T_0 = perioden för självsvängning, K_{\max} = förstärkning vid självsvängning. T_N = ^{uppmätt} periodtid för respektive regulator.

STEGSVARSMETODEN

Här registreras det öppna systemets stegsvar (se

figur) och största lutningen bestäms.



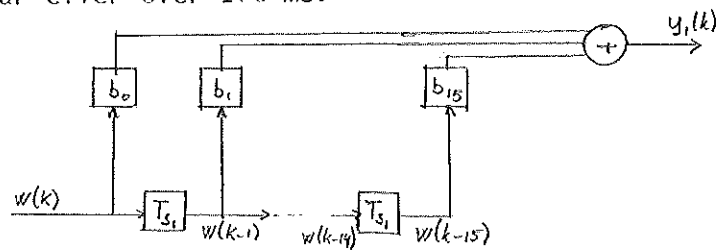
Sedan ritas tangenten i denna punkt ut och parametrarna a och T_d bestäms. Rekommenderade regulatorinställningar får sedan ur nedanstående tabell.

| Regulator | K | T_I | T_D |
|-----------|---------|--------|---------|
| P | $1/a$ | | |
| PI | $0,9/a$ | $3T_d$ | |
| PID | $1,2/a$ | $2T_d$ | $T_d/2$ |

Den senare metoden förutsätter dock att man kan gå in i processen och mäta stegsvaret. I denna applikation är det tveksamt eftersom man kan få råvaran förstörd.

7. DET DIGITALA FILTRET

Det digitala filtret består av ett transversalfilter (medelvärdesbildande) följt av ett rekursivt filter. Transversalfiltret medelvärdesbildar över 16 inläsningar eller över 100 ms.



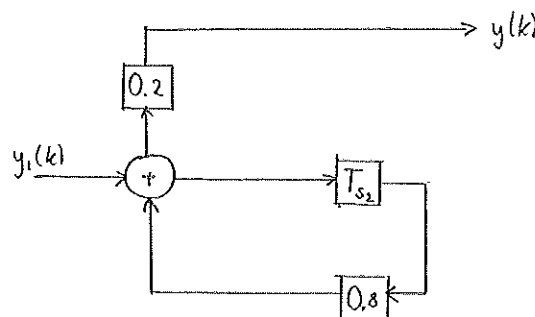
Figur: Transversalfilter av ordning 16. $T_{S1} = 100/16$ ms

Eftersom alla inläsningarna viktas lika är b_0, b_1, \dots, b_{15} alla $1/16$. $W/16$ motsvaras i programmet av variabeln TEMPV.

In- utsignals sambandet ser ut på följande sätt:

$$y(k) = \sum_{\ell=0}^{15} b_{\ell} w(k-\ell) = \frac{1}{16} \sum_{\ell=0}^{15} w(k-\ell)$$

Det rekursiva filtret ser ut på följande sätt:



Figur: Rekursivt filter där gamla värdet viktas 0,8 och nya 0,2. $T_{S2} = 100$ ms.

Kretsens in- utsignals samband är

$$y(k+1) - 0,8y(k) = 0,2y_1(k+1)$$

En spikstörning som passerat första filtret är då efter 100 ms $\frac{1}{16}$ av spikens storlek och efter båda filterna $\frac{1}{80}$ d v s spiken är vid inläsning dämpad till lite mer än 1% av störningen.

Fördröjningen $k \cdot T_{S2}$ tills ett steg slagit igenom till 95% blir med

$$\begin{cases} f(k) = \frac{w(k)}{(0,8)^{k+1}} = \frac{0,2}{(0,8)^{k+1}} \\ g(k) = \frac{y(k)}{(0,8)^{k+1}} \end{cases} \quad k > 0$$

$$\text{och } w(k) = 0,2y_1^{(k+1)} \\ y(k) + 0,8^k g(0) + \sum_{n=0}^{k-1} (0,8)^{k-n-1} \cdot 0,2$$

Detta ger $y(14) = 0,96$

d v s $k \cdot T_{S2} = 14 \cdot 100 \text{ ms} \approx 1,4 \text{ s}$

d v s fördröjningen blir $14 \cdot 100 \text{ ms} = 1,4 \text{ s}$

Denna fördröjning är ingen begränsning på en så trög process. Hur beter sig då filtren på en ramp? Med det medelvärdesbildande filtret kommer inlästa temperaturen att ligga 50 ms efter verkliga temperaturen om rampen är ideal.

Med lutningen l per sekund blir då medelvärdesbildande värdet $\frac{l}{20}$ för lågt. En typisk lutning för processen som är $0,5^\circ\text{C}/\text{min}$ ger då $\frac{0,5}{20 \cdot 60} = 0,0004^\circ\text{C}$ för lågt värde.

Antag att $y(0) = 0$ och lutningen är l/sek .

Verkligt värde efter 1 sek = l .

Rekursiva filtret ger med $w(k) = 0,2$ $0,1l = 0,02l$

och $g(0) = 0$ samt i övrigt samma beteckningar

$$y(k) = \sum_{n=0}^{k-1} (0,8)^{k-n-1} \cdot 0,02l$$

för $k=10$ fås

$y(10) = 0,64l$ d v s cirka 64% av verkliga värdet.

Verkligt värde efter 2 s = $2l$.

$y(20) = 1,60l$ d v s ungefär 80% av verkliga värdet.

Efter 4 s är verkliga värdet $4l$.

$y(40) = 3,60l$ d v s ungefär 90% av verkliga värdet.

Man kan se att avlästa värdet efter rekursiva filtret hela tiden ligger $0,4l$ under verkliga värdet. Transversalfilter + rekursivt filter ger då $\frac{l}{20} + 0,4l$ under verkliga värdet. Med lutning $0,5^\circ\text{C}/\text{min}$ fås $\frac{0,45}{60} \cdot 0,5 = 0,004^\circ\text{C}$ för lågt, vilket mer än väl uppfyller kraven.

Filtrets fördröjning utgår alltså ingen allvarlig begränsning på regulatorns reaktion på steg och ramper inom det intressanta intervallet. (Max stigning ca $1^\circ\text{C}/\text{min}$.) Däremot filtreras störningar på upp till några sekunder bort.

Det analoga filtret på ingången har tidskonstanten $\frac{1}{RC} = \frac{1}{100 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-6}} = 10^6$ S = 100 ms och utgör alltså en ännu mindre begränsning.

PBS MICRO: NS FUNKTION I REGULATORENHETEN

Regulatorenheten använder för de digitala ingångarna adresserna 2000 - 2005 och för de digitala utgångarna 4000 - 4001. Dessa adresser motsvarar i PBS-adresser 240 - 245 resp 200 - 201 om man anger grupp 0 (adress 270) vid grupputställningen (se bilaga).

För att överföra de digitala insignalerna från ingång 0-5 på PBS till adress 2000 - 2005 på mikrodator^h och de digitala utsignalerna från adress 4000 - 4001 på mikrodatorn till utgång 40 - 41 på PBS:en kan följande PBS-program användas:

```

SE 270      (Grupputställning)
AD 0
SE 240      (2000)
AD 1
SE 241      (2001)
AD 2
SE 242      (2002)
AD 3
SE 243      (2003)
AD 4
SE 244      (2004)
AD 5
SE 245      (2005)
AD 40       (4000)
SE 200
AD 41       (4001)
SE 201
END

```

De digitala signalerna läggs sedan ut och kommer in på databit 0 i respektive mikrodatoradress.

Om man i stället angivit grupp 1 (adress 271) vid grupputställningen hade ingångarna motsvarat adresserna 2020 - 2025 resp 4020 - 4021 på mikrodatorn.

Dessutom finns möjlighet för kunden att programmera in booleska villkor på PBS-ingångarna, men detta tas ej upp här utan hänvisas till särskild programmeringsmanual för PBS MICRO.

9 BESKRIVNING AV TERMINALHANTERING

9.1 INMATNING AV NY KURVA (nyckel frånslagen)

Tryck in CU Kurvnr (0 - 9)

NEW Temperatur punkt 0

(20,0° - 60,0° ostvärmning, 20,0° - 100,0°
förvärmning)

WRITE

↑ (Stegar framåt)

NEW Tid punkt 0 (0,0 - 200,0 min)

WRITE

↑

NEW Temp pkt 1

WRITE

etc

9.1.1 ÄNDRING AV PUNKT

Tryck in CU Kurvnr

PO Pkt nr

NEW Värde

WRITE

9.2 INMATNING AV REGULATORPARAMETRAR (nyckel tillslagen)

K K-värde (0,0 - 24,0)

WRITE

T_I T_I-värde (0,0 - 99,9 min)

WRITE

T_D T_D-värde (0,0 - 99,9 min)

WRITE

9.3 ÖVRIGA FUNKTIONER

| | |
|------------|--|
| TEMP | Ger aktuell temperatur |
| ↑ | Stega framåt |
| ↓ | Stega bakåt |
| CLEAR | Ta bort inslaget värde (endast före WRITE) |
| 2:nd CLEAR | Ta bort den punkt man befinner sig på i kurvan |
| 2:nd PO | och nyckel tillslagen. Ta bort <u>alla</u> kurvor och <u>alla</u> regulatorparametrar. Detta görs endast efter längre avbrott då värden i minnet kan ha förändrats. (Batteri-backup ungefär 14 dagar.) |

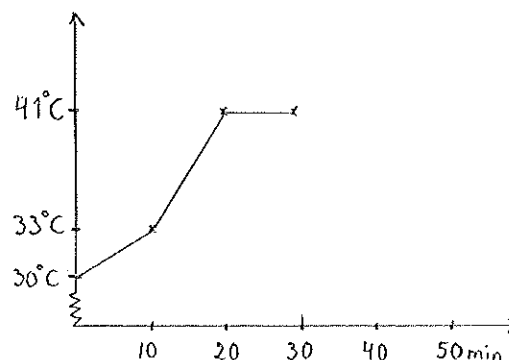
PBS

och nyckel tillslagen. Kopplar över digitala in- och utsignaler från kort till PBS om PBS tidigare frånkopplad, och tvärtom om PBS tidigare tillkopplad. (Vid 2:nd PO med nyckel tillslagen kopplas PBS ur.)

9.4

EXEMPEL

Antag att vi vill mata in följande referenskurva som kurva nummer 2.



Man trycker då ner

CU 2

Därmed har man kurva 2 och temperaturen i punkt 0.

Om en gammal kurva finns kvar, trycker man ner

2:nd CLEAR

så många gånger att alla gamla punkter försvinner.

Därefter trycks följande sekvens ned:

```

NEW 30.0 WRITE (Temp punkt 0)
↑
NEW .0 WRITE (Tid fram till punkt 0)
↑
NEW 33.0 WRITE (Temp punkt 1)
↑
NEW 10.0 WRITE (Tid från punkt 0 till punkt 1)
↑
NEW 41.0 WRITE
↑
NEW 10.0 WRITE
↑
NEW 41.0 WRITE
↑
NEW 10.0 WRITE

```

Nu är hela kurvan inslagen. Skulle man nu vilja ändra så att man fick 15 min mellan punkt 1 och 2 trycker man följande sekvens (kurva 2 gäller tills man slår nytt kurvnummer).

```

PO 02
↑
NEW 15.0 WRITE

```

Om man efter detta vill ta bort punkt gör man

```

PO 01

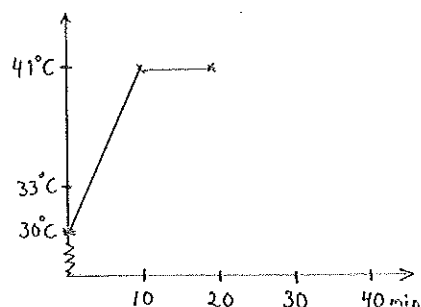
```

```

2:nd CLEAR

```

Kurvan har nu efter dessa båda ändringar följande utseende:



9.5

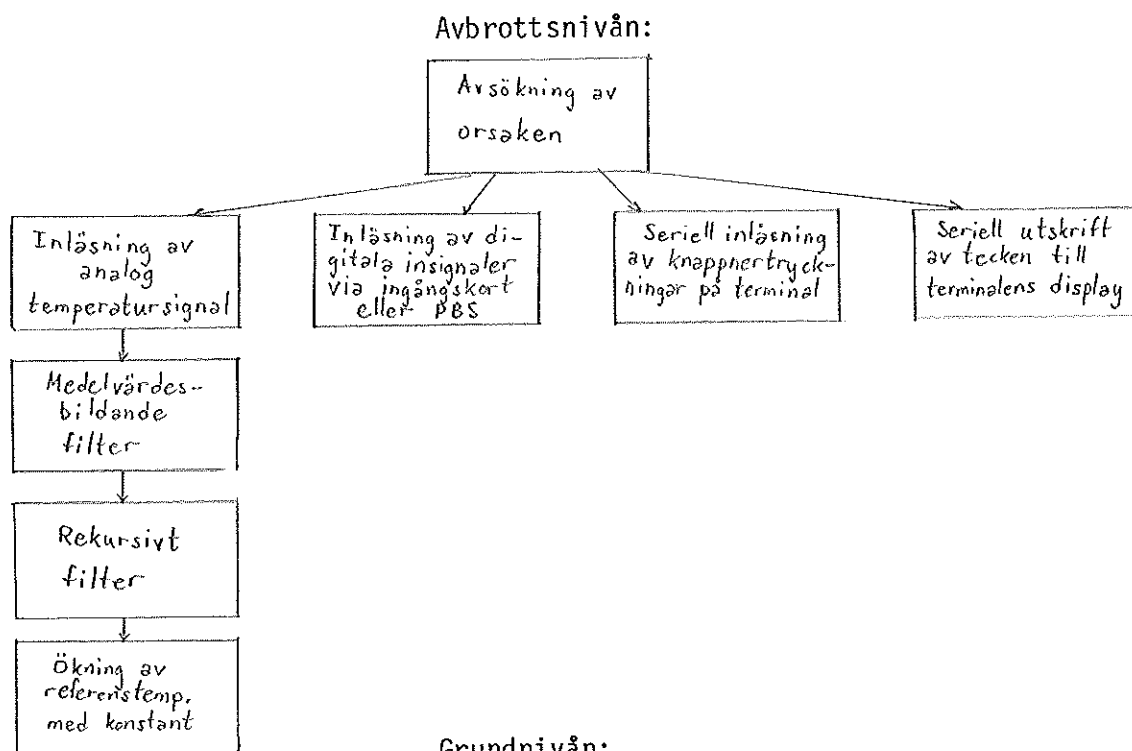
KOMMENTARER

- * Kurvnr slås med en siffra (0-9).
- * Punktnr slås med två siffror (00-15).
- * Vid inslagning av tid, temperatur och regulatorparametrar skall värdet anges med en decimal. Decimalpunkt och decimal måste slås in även då decimalen = 0. Däremot kan t ex 0,7 slås in som .7.
- * Felutskrifter fås då felaktig tangent slås ned (se nedan).
- * Vid inslagning av enbart CU fås automatiskt temperatur i punkt 0 kurva 0.
- * Vid inslagning av enbart P0 fås tempertur i punkt 0 aktuell kurva.
- * Vid inslagning av enbart CU kurvnr fås temperatur i punkt 0 i denna kurva.
- * Tiden i en punkt når man genom att slå in önskad punkt och därefter ↑.

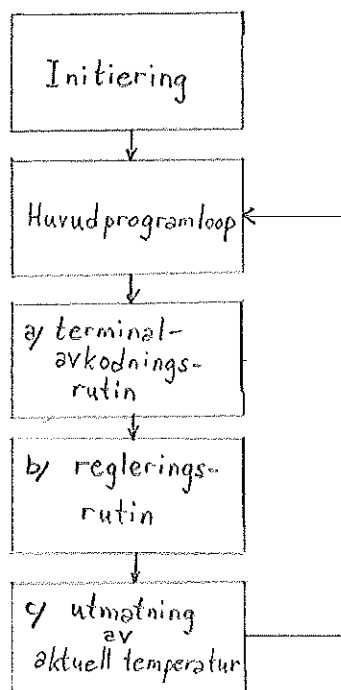
- * Punktnr lika stora som nuvarande antal punkter + 1 accepteras. Vid högsta numret, d v s där man kan slå in värde efter sista punkten skrivs inget värde ut (eftersom inget värde finns!).
- * Saknas regulatorparametrar eller kurvan man vill reglera efter inte innehåller några värden, startar ingen reglering.
- * Om man försöker ändra i en kurva som körs (NEW trycks ned), tänds lysdioden PROT och kurvans nummer anges på displayen. Värdet går då ej att ändra.
- * Lysdioden PBS tänds efter att PBS nertryckts med nyckel tillslagen, om PBS efter nertryckning är inkopplad.
- * Error tänds vid felutskrift (E - felnummer) på displayen.
- * Om Curve är tänd med nyckel frånslagen anger det att numret ovanför är ett kurvnr. Lysdioden Point anger analogt att numret är ett punktnr.
- * Temp och Time anger typen av värde som visas på displayen K, TI och TD anger typen av värde med nyckel tillslagen.
- * Den inslagna tiden är tiden mellan två punkter.

10 PROGRAMBESKRIVNING

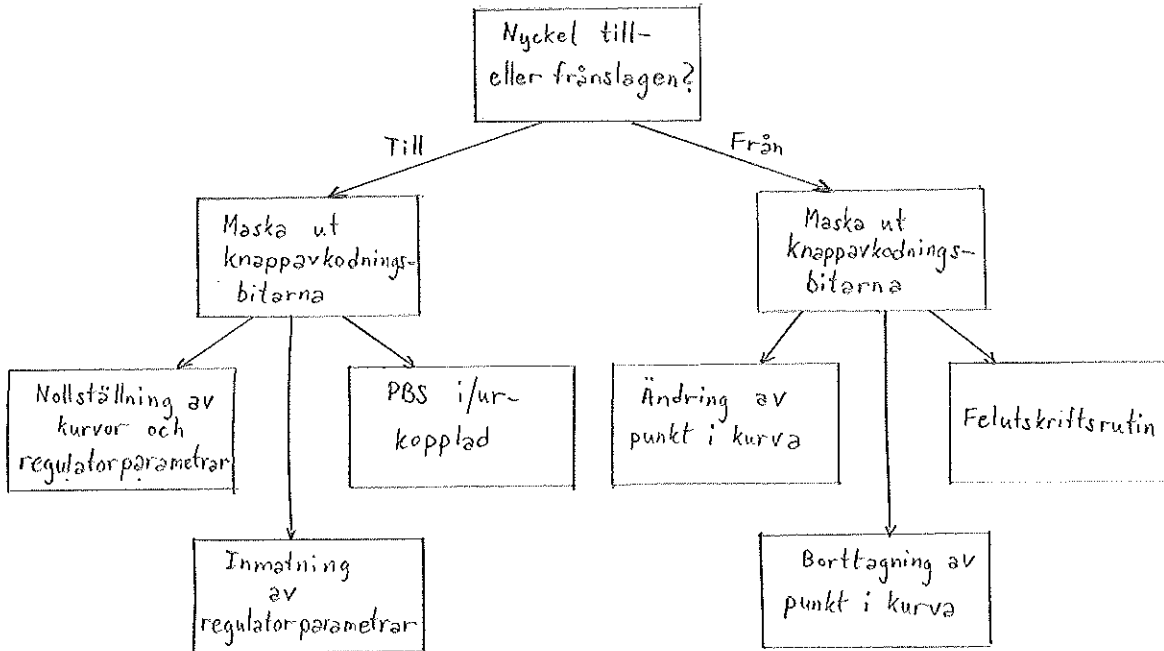
10.1 BLOCKSCHEMA



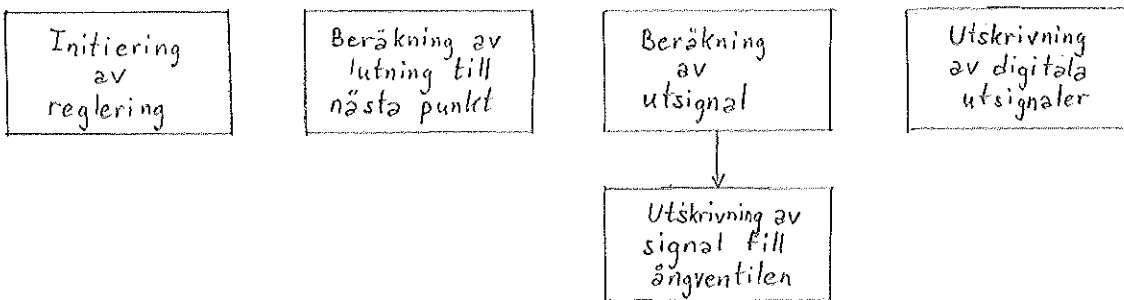
Grundnivån:



a/ terminalavkodningsrutin



b/ regleringsrutin



10.2 BESKRIVNING AV AVBROTTSRUTINERNA

Programmet handhar två typer av avbrott, dels timeravbrott och dels asynkrona avbrott för den seriella kommunikationen med terminalen (ACIA-avbrott).

TIMERAVBROTTE

Var 100/16:e ms sker avbrott för inläsning av analoga och digitala insignaler. De digitala insignalerna läses in antingen via PBS:en eller via in- utgångskortet. Dessa signaler skiftas sedan in i de sex minst signifikanta bitarna i DIGIND, Start förvärmningen i bit 5, Kurvval i bit 4-1 oh Start reglering i bit 0. För att undvika påverkan från eventuella glappande relän utifrån, måste en avstängning av regleringen läsas in minst 16 ggr i sträck, d v s det dröjer 100 ms innan regleringen betraktas som avstängd. Inläsningen från PBS:en sker i adress 2000 - 2005 databit D0 (se vidare användning av PBS). Inläsning från in- utgångskortet sker via en expansionsport i adress 8020 - 802F (se vidare beskrivning av in- utgångskort). Detta gäller både digitala och analoga insignaler.

Det finns totalt två analoga ingångar, en för temperaturen i ostkaret samt en för temperaturen i hetvattnet. Dessa temperaturer medelvärdesbildas över 16 inläsningar, d v s man får en ny temperatur var 100:e ms. Denna temperatur passerar sedan ett rekursivt filter, som viktar nya temperaturen med 0,2 och gammal med 0,8. Vid varje avbrott ökas dessutom börvärdet med en konstant (REFOKA) som motsvarar lutningen till nästa punkt på kurvan. Variabeln TAVBR som innehåller antal timeravbrott till nästa punkt minskas med 1,

och på så sätt håller enheten reda på tiden mellan punkterna.

ACIA-AVBROTTE

Två typer av ACIA-avbrott används, RDRF (Receive Data Register Full) och TDRE (Transmit Data Register Empty), d v s avbrott fås då en ny knappnertryckning inkommit eller då värdet man lagt ut till en display skickats iväg. Terminalhanteringen tillgår så att man varannan gång adresserar terminalen och varannan gång skickar ut data till displayerna. Varje gång svarar terminalen med en kod som motsvarar senaste knappnertryckningen, där en bit talar om ifall knappen är nertryckt eller ej. Koden för tecknet som skickas ut till terminalen finns i de fyra minst signifikanta bitarna. En bit stegar en räknare för att mata ut på rätt display, en bit anger om motsvarande lysdiod ska tändas, och en bit anger om decimalpunkten ska tändas. Första biten anger om adress eller data skickas ut. Avbrotten löper kontinuerligt, d v s man får in samma nertryckning väldigt många gånger. Två efter varandra påföljande inläsningar jämförs och om resultatet ej blir lika ignoreras inläsningen. För att en ny knappnertryckning ska registreras måste knappen vara uppe emellan. Detta håller variabeln NER i huvudprogrammet reda på.

10.3 BESKRIVNING AV TERMINALROUTINERNA

(För funktionerna på terminalknapparna, inmatning av parametrar och kurvor mm, se särskilt avsnitt!)

Terminalrutinerna avkodar knappnertryckningarna på terminalen till kommandon till mikrodatorn. Dessa rutiner styrs av subrutinen TOLK, som börjar med att avgöra om två på varandra följande inläsningar är lika. I så fall sparas inläsningen i TECSAV för avkodning. Om en knapp ej är nertryckt (Bit 5 = 0) lämnas bara rutinen. Annars anropas olika rutiner beroende på om nyckeln är tillslagen (NYCKEL), 2:nd nertryckt (SECOND) eller ingetdera (KURVIN). I samtliga fall tillser variabeln NER att ingen knappnertryckning registreras mer än en gång. Sedan maskas själva knappavkodningsbitarna (5 sista) ut.

Kort beskrivning av vad som händer vid olika nertryckningar:

NYCKELN FRÅNSLAGEN:

- CU Kurvpekarna i den decimala och den binära kurvbufferten placeras på kurva 0 och punktpekarna på punkt 0. Temperaturen tillsammans med kurvnumret matas ut på displayerna. Finns kurvan ej, visas inget värde. LASTKN sätts = 0, d v s föregående knappnertryckning blir CURVE.
- PO Punktpekaren placeras på punkt 0:s referens-temperatur i aktuell kurva. Detta värde visas på displayen om kurvan finns tillsammans med punktnummer 0. LASTKN blir 1.
- NEW Först kollas upp att man inte försöker ändra i den kurva som just körs. I så fall tänds lysdioden Protected. Annars sätts först LASTKN=2. Därmed möjliggör man att nästa gång slå en siffra eller ett kommatecken. Sedan

visas punktnummer på displayen men inget värde.

WRITE Först kollas att tid eller temperatur slagits in förra gången, samt att värdet är färdiginslaget. Därefter ersätts inledande F, d v s blanktecken med nollor och binäromvandlas. Härvid används temperaturkonstanter eller tidskonstanter beroende på värdets typ. Om det är ett temperaturvärde subtraheras dessutom 20 före binäromvandlingen för att få ett område som börjar på 0°C. Det decimala värdet placeras sedan på rätt plats i decimala kurvbufferten, och det binära värdet på motsvarande plats i binära bufferten. SIFFNR och KOMMA nollställs, d v s antalet inslagna siffror sätts till 0 och ingen decimalpunkt är inslagen. LASTKN sätts lika med 3. Sist skrivs punktnumret ut på displayerna.

Punktpekaren i decimala bufferten flyttas två bytes framåt, d v s till nästa värde. Om pekaren redan står på tidvärdet på sista punkten i kurvan flyttas den till temperaturvärdet i första punkten. LASTKN sätts lika med 4 och värdet efter stegningen visas på displayen.

Punktpekaren i decimala bufferten flyttas två bytes bakåt, d v s till föregående värde. Om pekaren redan står på temperaturvärdet i första punkten flyttas den till tidvärdet i sista punkten. LASTKN sätts lika med 4 och värdet efter stegningen visas på displayen.

1 - 9 Fyra typer av värden kan slås in då nyckeln är frånslagen: kurvnummer (1 siffra), punktnummer (2 siffror), referenstemperatur och tid (1-4 siffror varav 1 decimal). Vilken typ det gäller, avgörs av föregående knapptryckning (LASTKN), och hopp sker till respektive subrutin. Vid inslagning av ett kurvnummer (0-9) flyttas kurvpekaren till angiven kurva och punktpekaren till temperaturvärdet i första punkten i denna kurva. Vid inslagning av punktnummer flyttas punktpekaren till denna punkts temperatur efter att båda siffrorna slagits in. Om punktnumret är högre än det antal punkter som finns i kurvan fås felutskrift. Vid inläsning av temperatur- eller tidvärde börjar programmet med att lägga :FF i WORD-WORD+1. Detta motsvarar vid utskrift släckta displayer. Därefter skiftas siffrorna in från höger till vänster. Decimalpunkten antas befinna sig mitt i sista byten. SIFFNR håller reda på hur många siffror som slagits in.

. SIFFNR sätts till 3, vilket betyder att bara decimalen är kvar, och KOMMA sätts till 1. Därefter skrivs hittills inslagna siffror ut med ett kommatecken på slutet.

TEMP LASTKN sätts till :OD, vilket medger utskrift av aktuellt temperaturvärde på terminalen.

CLEAR SIFFNR nollställs, och WORD raderas, vilket betyder att inslagna siffror tas bort.

2:nd CLEAR Aktuell punkt tas bort, d v s det minnesutrymme, som kurvan upptar packas ihop. Punkterna som ligger efter i kurvan flyttas upp 4 bytes.

NYCKELTILLSLAGEN:

CLEAR

WRITE

TEMP

. Dessa fungerar likadant som ovan.

WRITE skriver in värdet av K, TI eller TD i motsvarande minnesceller.

1 - 9 3 typer av värden kan slås in: förstärkning (K), integrationstid (T_I) och derivationsstid (T_D). Dessa anges med 3 siffror, varav 1 decimal. Inläsning sker på samma sätt som temperatur och tid vid inläsning av kurva.

K

TI

TD LASTKN blir 5 resp 6 och DERINT (derivation, integration) 0 eller 1, vilket anger vilken typ av värde som följer.

PBS PBSINK 1-komplementeras. PBSINK = 0 = MICR0n urkopplad. PBSINK = FF = MICR0n inkopplad. D v s funktionen blir till/från.

2:nd PO Denna knapptryckning innebär reset av minnet, d v s alla kurvor och regulatorparametrar raderas.

Dessutom finns i terminalrutinerna särskilda rutiner för felutskrifter och för utskrift av värde till display. Vid anrop av felutskriftrutinen anges i FEL felutskriftsnumret. Detta kan sedan kollas mot en fellista.

10.4 BESKRIVNING AV REGULATORRUTINERNA

Regleringen handhas av rutinen REGL. Denna börjar med att kolla de digitala insignalerna om någon reglering eller förvärmning satts igång. Om inte lämnas bara reglerrutinen och regulatorn ger utsignalen 0. Annars sker följande:

- 1) Initiering av regulatorn, vilket innebär att den plockar ut första punkten i den kurva som ska köras, laddar TAVBR med antalet timeravbrott fram till denna. Därefter avvaktar den tills denna tid gått ut och ger under tiden utsignalen 0. Om denna tid ej är 0.0 fås alltså en fördröjning innan regleringen startar.
- 2) När denna tid gått ut plockas nästa punkt fram och lutningen beräknas. Detta ger en konstant referensvärdesökning/sampleintervall som i programmet kallas REFOKA. Samtidigt beräknas ett nytt TAVBR.
- 3) Därefter beräknas felsignalen $E = YREF - Y$ där Y = aktuell temperatur och $YREF$ referenstemperatur. Sedan beräknas $PTERM + KCONST \times E$, $ITERM = LASTI + IKONST \times E$, $DTERM = DKONST \times (Y - YOLD)$ samt utsignalen $U = PTERM + ITERM + DTERM$. Här är $LASTI = I(k-1)$ = ackumulerad integration, $YOLD$ = föregående temperaturvärde, samt $KCONST$, $IKONST$ och $DKONST$ konstanter som beräknats vid inmatning av regulatorparametrar enligt följande:

KKONST = K = förstärkningen

$$IKONST = \frac{K \cdot T_S}{T_I}$$

$$DKONST = \frac{K \cdot T_D}{T_S} \quad \text{där } T_S = \text{sampletiden} = 100 \text{ ms}$$

(Mera om beräkningsalgoritmen i avsnittet Regleringen, teori.)

Om U blir negativ ges 0 mA ut och om $U > \text{maxvärdet}$ ges maxvärdet ut (20 mA). Dessa beräkningar sker endast då ett nytt temperaturvärde lästs in, d v s var 100:e ms. En speciell flagga REGFL tillser detta. Det beräknade värdet ligger kvar på utgången tills man beräknat nytt värde.

- 4) När nästa punkt uppnåtts upprepas moment 2 och sedan upprepas moment 2 och 3 tills sista punkten uppnådd, d v s då tiden gått ut. Då ges utsignalen 0.

En speciell rutin PUTOUT används för att lägga ut utsignalen. Denna lägger även ut de digitala utsignalerna Reglering pågår och Temperatur uppnått 30°. Dessa läggs ut antingen via in- utgångskort (se speciell beskrivning) eller via PBS:en.

10.5 HJÄLPRUTINERNA

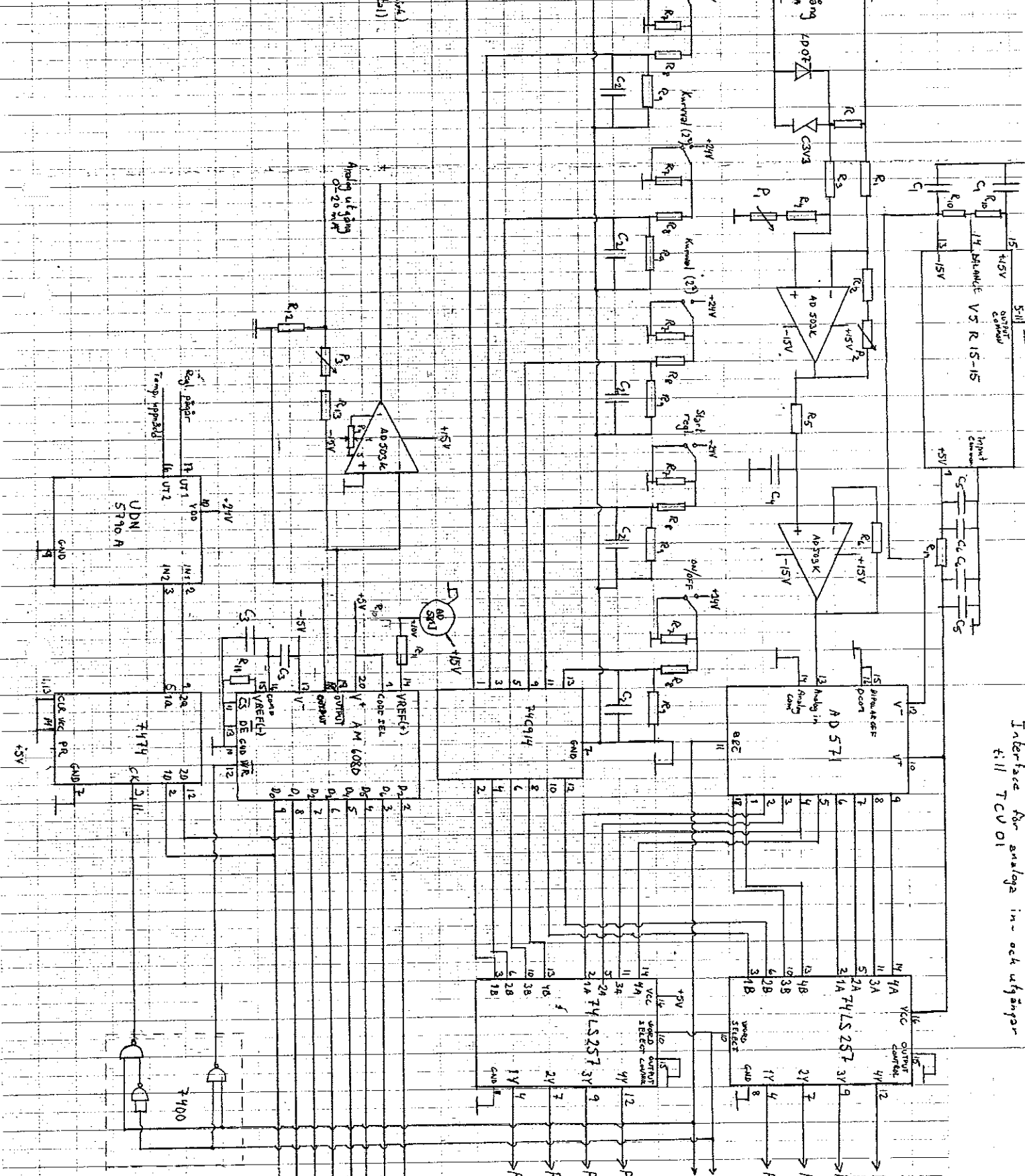
MULT multiplicerar två stycken tvåbytes-tal och ger som resultat ett fyrbytes-tal enligt principen "skifta och addera".

DIV dividerar två fyrbytes-tal och ger som resultat ett fyrbytes-tal enligt principen "skifta och subtrahera".

- BIDE omvandlar tvåbytes binära tal till tvåbytes BCD-tal. Detta gör rutinen genom att subtrahera konstanter från det binära talet och notera antalet subtraktioner.
- DEBI omvandlar tvåbytes BCD-tal till tvåbytes binära tal. Detta gör den genom att addera motsvarande konstanter för varje potens så många gånger som siffrorna för potenserna anger. Olika konstantgrupper finns beroende på om värdet är av typen temperatur, tid, förstärkning, integrationstid eller derivationsstid.
- ADDXAX adderar ackumulator A till X-registret och lägger resultatet i X-registret.
- PACK packar ihop ett minnesutrymme med startadress i CELL1 och slutadress i CELL2 så många bytes som anges av ackumulator B.

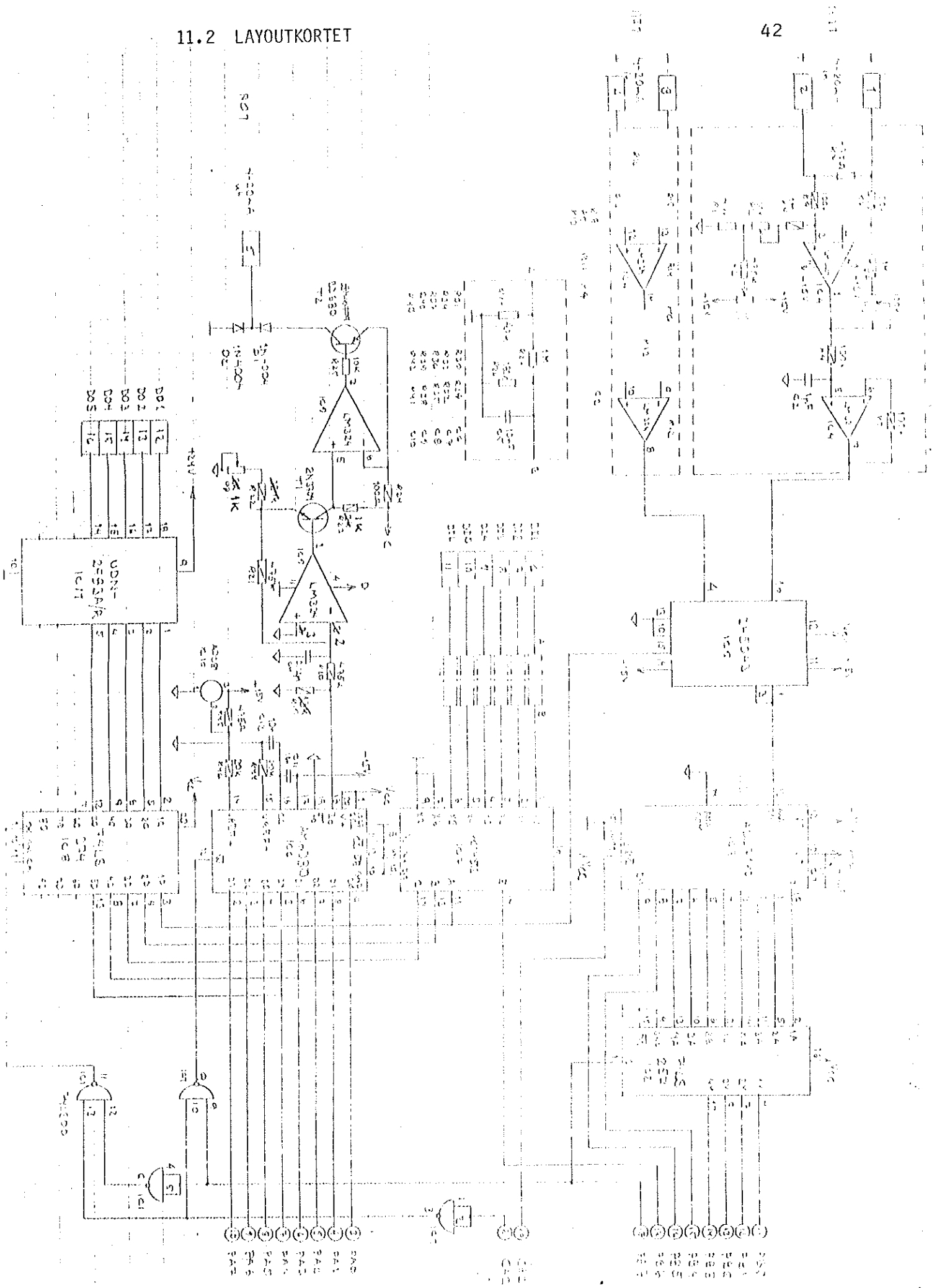
11.1 PROTOTYPKORTET

- C₁ = 15µF
- C₂ = 10µF
- C₃ = 100µF
- C₄ = 1µF (35V)
- R₁ = 100k
- R₂ = 100k
- R₃ = 100k
- R₄ = 100k
- R₅ = 100k
- R₆ = 100k
- R₇ = 100k
- R₈ = 100k
- R₉ = 100k
- R₁₀ = 100k
- R₁₁ = 100k
- R₁₂ = 100k
- R₁₃ = 100k
- R₁₄ = 100k
- R₁₅ = 100k
- R₁₆ = 100k
- R₁₇ = 100k
- R₁₈ = 100k
- R₁₉ = 100k
- R₂₀ = 100k
- R₂₁ = 100k
- R₂₂ = 100k
- R₂₃ = 100k
- R₂₄ = 100k
- R₂₅ = 100k
- R₂₆ = 100k
- R₂₇ = 100k
- R₂₈ = 100k
- R₂₉ = 100k
- R₃₀ = 100k
- R₃₁ = 100k
- R₃₂ = 100k
- R₃₃ = 100k
- R₃₄ = 100k
- R₃₅ = 100k
- R₃₆ = 100k
- R₃₇ = 100k
- R₃₈ = 100k
- R₃₉ = 100k
- R₄₀ = 100k
- R₄₁ = 100k
- R₄₂ = 100k
- R₄₃ = 100k
- R₄₄ = 100k
- R₄₅ = 100k
- R₄₆ = 100k
- R₄₇ = 100k
- R₄₈ = 100k
- R₄₉ = 100k
- R₅₀ = 100k



Interface för analoga in- och utgångar till TCVO1

11.2 LAYOUTKORTET



11.3 IN- OCH UTGÅNGAR

Digitala ingångar:

1. På ingångskortet:

DI1 Start reglering (ostreglering)
DI2 - DI5 Kurvnr (DI2 minst signifikant)
DI6 Start förvärmning

2. På PBS:

000 Start reglering
001 - 004 Kurvnr (001 minst signifikant)
005 Start förvärmning

Digitala utgångar:

1. På ingångskortet:

D01 Reglering pågår
D02 Temp. uppnått 30°

2. På PBS:

200 Reglering pågår
201 Temp. uppnått 30°

Analoga ingångar:

AI1 Osttemperatur
AI2 Förvärmningstemperatur

11.4 FELMEDDELANDEN

- E-0 för högt punktnummer (00 - 15)
- E-1 för många siffror
- E-2 glömt kommatecken
- E-3 felaktigt temperaturvärde (20,0 - 100,0°)
- E-4 för lång tid (0,0 - 200,0 min)
- E-5 föregående värde ej färdiginslaget
- E-6 finns inget tal att skriva in
- E-7 siffra ej förväntad
- E-8 decimalpunkt ej förväntad
- E-9 kurva som skall köras ej angiven
- E-10 för högt K-värde (0,0 - 24.0)
- E-11 för högt TI- eller TD-värde (0,0 - 99,9 min)

| Adresser: | | Datum | Sida |
|----------------------------|-----|-------|-------------------------------|
| PBS-utgång A → timer enhet | | Sign. | |
| 0 | 270 | 2000 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 1 | 271 | 2020 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 2 | 272 | 2040 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 3 | 273 | 2060 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 4 | 274 | 2080 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 5 | 275 | 20A0 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 6 | 276 | 20C0 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| 7 | 277 | 20E0 | 1 2 3 4 5 6 7 8 9 A B C D E F |
| PBS Micro utgång | | 240 | TI 1 |
| | | 241 | TI 2 |
| | | 242 | TI 3 |
| | | 243 | TI 4 |
| | | 244 | TI 5 |
| | | 245 | TI 6 |
| | | 246 | TI 7 |
| | | 247 | TI 8 |
| | | 250 | HT 1 |
| | | 251 | HT 2 |
| | | 252 | HT 3 |
| | | 253 | HT 4 |
| | | 254 | HT 5 |
| | | 255 | HT 6 |
| | | 256 | HT 7 |
| | | 257 | HT 8 |
| | | 260 | RI 1 |
| | | 261 | RI 2 |
| | | 262 | RI 3 |
| | | 263 | RI 4 |
| | | 264 | RI 5 |
| | | 265 | RI 6 |
| | | 266 | RI 7 |
| | | 267 | RI 8 |

PROCESSOR INTERFACE

This section contains a description of the buses and control lines which are used to interface the SY6522 to the system processor. Electrical parameters associated with this interface are specified elsewhere in this document.

1. Phase Two Clock ($\Phi 2$)

Data transfers between the SY6522 and the system processor take place only while the Phase Two Clock is high.
In addition, $\Phi 2$ acts as the time base for the various timers, shift registers, etc. on the chip.

2. Chip Select Lines ($\overline{CS1}$, $\overline{CS2}$)

The two chip select inputs are normally connected to processor address lines either directly or through decoding.
The selected SY6522 register will be accessed when $\overline{CS1}$ is high and $\overline{CS2}$ is low.

3. Register Select Lines ($\overline{RS0}$, $\overline{RS1}$, $\overline{RS2}$, $\overline{RS3}$)

The four Register select lines are normally connected to the processor address bus lines to allow the processor to select the internal SY6522 register which is to be accessed. The sixteen possible combinations access the registers as follows:

| | RS3 | RS2 | RS1 | RS0 | REGISTER | REMARKS |
|------|-----|-----|-----|-----|----------|-----------------------------------|
| 020 | L | L | L | L | ORB, IRB | |
| 021 | L | L | L | H | ORA, IRA | Controls Handshake |
| 022 | L | L | H | L | DDRB | |
| 023 | L | L | H | H | DDRA | |
| 024 | L | H | L | L | T1L-L | Write Latch Read Counter |
| 025 | L | H | L | H | T1C-H | Trigger T1L-L/ T1C-L Transfer |
| 026 | L | H | H | L | T1L-L | |
| 027 | L | H | H | H | T1L-H | |
| 028 | H | L | L | L | T2L-L | Write Latch Read Counter |
| 029 | H | L | L | H | T2C-L | Triggers T2L-L/ T2C-L Transfer |
| A 10 | H | L | H | L | SR | |
| B 11 | H | L | H | H | ACR | |
| C 12 | H | H | L | L | PCR | |
| D 13 | H | H | L | H | IFR | |
| E 14 | H | H | H | L | IER | |
| F 15 | H | H | H | H | ORA | No Effect on Handshake |

NOTE: L < 0.4V
H > 2.4V

4. Read/Write Line (R/W)

The direction of the data transfers between the SY6522 and the system processor is controlled by the R/W line.
If R/W is low, data will be transferred out of the processor into the selected SY6522 register (write operation).
If R/W is high and the chip is selected, data will be transferred out of the SY6522 (read operation).

5. Data Bus (DB0 - DB7)

The 8 bi-directional data bus lines are used to transfer data between the SY6522 and the system processor. The internal drivers will remain in the high-impedance state except when the chip is selected ($\overline{CS1}=\text{HI}$, $\overline{CS2}=\text{LO}$), Read/Write is high and the Phase Two Clock is high. At this time, the contents of the selected register are placed on the data bus. When the chip is selected, with Read/Write low and $\Phi 2 = 1$, the data on the data bus will be transferred into the selected SY6522 register.

| REGISTER NAME | REGISTER BIT | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|----|----|-----|-----|----|-----|-----|
| | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Interrupt Flag Register (IFR) | IRQ | T1 | T2 | CB1 | CB2 | SR | CA1 | CA2 |
| Interrupt Enable Register (IER) | Set/clear control | T1 | T2 | CB1 | CB2 | SR | CA1 | CA2 |

802D

802E

Interrupt Flag Register

The IFR is a read/bit-clear register. When the proper chip select and register signals are applied to the chip, the contents of this register are placed on the data bus. Bit 7 indicates the status of the IRQ output. This bit corresponds to the logic function: $IRQ = IFR6 \times IER6 + IFR5 \times IER5 + IFR4 \times IER4 + IFR3 \times IER3 + IFR2 \times IER2 + IFR1 \times IER1 + IFR0 \times IER0$. Note: X = logic AND, + = Logic OR.

Bits six through zero are latches which are set and cleared as follows:

| Bit # | Set by | Cleared By |
|-------|---|---|
| 0 | Active transition of the signal on the CA2 pin. | Reading or writing the A port Output Register (ORA) using address 0001. |
| 1 | Active transition of the signal on the CA1 pin. | Reading or writing the A Port Output Register (ORA) using address 0001. |
| 2 | Completion of eight shifts. | Reading or writing the Shift Register. |
| 3 | Active transition of the signal on the CB2 pin. | Reading or writing the B Port Output Register. |
| 4 | Active transition of the signal on the CB1 pin. | Reading or writing the B Port Output Register. |
| 5 | Time-out of Timer 2. | Reading T2 low order counter. Writing T2 high order counter. |
| 6 | Time-out of Timer 1. | Reading T1 low order counter. Writing T1 high order counter. |

The IFR bit 7 is not a flag. Therefore, this bit is not directly cleared by writing a logic 1 into it. It can only be cleared by clearing all the flags in the register or by disabling all the active interrupts as discussed in the next section.

Interrupt Enable Register (IER)

For each interrupt flag in IFR, there is a corresponding bit in the Interrupt Enable Register. The system processor can set or clear selected bits in this register to facilitate controlling individual interrupts without affecting others. This is accomplished by writing to address 1110 (IER address). If bit 7 of the data placed on the system data bus during this write operation is a 0, each 1 in bits 6 through 0 clears the corresponding bit in the Interrupt Enable Register. For each zero in bits 6 through 0, the corresponding bit is unaffected.

Setting selected bits in the Interrupt Enable Register is accomplished by writing to the same address with bit 7 in the data word set to a logic 1. In this case, each 1 in bits 6 through 0 will set the corresponding bit. For each zero, the corresponding bit will be unaffected. This individual control of the setting and clearing operations allows very convenient control of the interrupts during system operation.

In addition to setting and clearing IER bits, the processor can read the contents of this register by placing the proper address on the register select and chip select inputs with the R/W line high. Bit 7 will be read as a logic 0.

I. Function Control

Control of the various functions and operating modes within the SY6522 is accomplished primarily through two registers, the Peripheral Control Register (PCR) and the Auxiliary Control Register (ACR). The PCR is used primarily to select the operating mode for the four peripheral control pins. The Auxiliary Control Register selects the operating mode for the interval timers (T1, T2), and the serial port (SR).

Peripheral Control Register

The Peripheral Control Register is organized as follows:

| | | | | | | | | |
|----------|-------------|---|-------------|-------------|---|-------------|---|---|
| Bit # | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| Function | CB2 Control | | CB1 Control | CA2 Control | | CA1 Control | | |

802C

Each of these functions is discussed in detail below.

1. CA1 Control

Bit 0 of the Peripheral Control Register selects the active transition of the input signal applied to the CA1 interrupt input pin. If this bit is a logic 0, the CA1 interrupt flag will be set by a negative transition (high to low) of the signal on the CA1 pin. If PCR0 is a logic 1, the CA1 interrupt flag will be set by a positive transition (low to high) of this signal.

2. CA2 Control

The CA2 pin can be programmed to act as an interrupt input or as a peripheral control output. As an input, CA2 operates in two modes, differing primarily in the methods available for resetting the interrupt flag. Each of these two input modes can operate with either a positive or a negative active transition as described above for CA1.

In the output mode, the CA2 pin combines the operations performed on the CA2 and CB2 pins of the SY6522. This added flexibility allows processor to perform a normal "write" handshaking in a system which uses CB1 and CB2 for the serial operations described above. The CA2 operating modes are selected as follows:

| PCR3 | PCR2 | PCR1 | Mode |
|------|------|------|---|
| 0 | 0 | 0 | Input mode—Set CA2 interrupt flag (IFR0) on a negative transition of the input signal. Clear IFR0 on a read or write of the Peripheral A Output Register. |
| 0 | 0 | 1 | Independent interrupt input mode—Set IFR0 on a negative transition of the CA2 input signal. Reading or writing ORA does not clear the CA2 interrupt flag. |
| 0 | 1 | 0 | Input mode—Set CA2 interrupt flag on a positive transition of the CA2 input signal. Clear IFR0 with a read or write of the Peripheral A Output Register. |
| 0 | 1 | 1 | Independent Interrupt input mode—Set IFR0 on a positive transition of the CA2 input signal. Reading or writing ORA does not clear the CA2 interrupt flag. |
| 1 | 0 | 0 | Handshake output mode—Set CA2 output low on a read or write of the Peripheral A Output Register. Reset CA2 high with an active transition on CA1. |
| 1 | 0 | 1 | Pulse Output mode—CA2 goes low for one cycle following a read or write of the Peripheral A Output Register. |
| 1 | 1 | 0 | Manual output mode—The CA2 output is held low in this mode. |
| 1 | 1 | 1 | Manual output mode—The CA2 output is held high in this mode. |

In the independent input mode, writing or reading the ORA register has no effect on the CA2 interrupt flag. This flag must be cleared by writing a logic 1 into the appropriate IFR bit. This mode allows the processor to handle interrupts which are independent of any operations taking place on the peripheral I/O ports. The handshake and pulse output modes have been described previously. Note that the timing of the output signal varies slightly depending on whether the operation is initiated by a read or a write.

3. CB1 Control

Control of the active transition of the CB1 input signal operates in exactly the same manner as that described above for CA1. If PCR4 is a logic 0 the CB1 interrupt flag (IFR4) will be set by a negative transition of the CB1 input signal and cleared by a read or write of the ORB register. If PCR4 is a logic 1, IFR4 will be set by a positive transition of CB1.

If the Shift Register function has been enabled, CB1 will act as an input or output for the shift register clock signals. In this mode the CB1 interrupt flag will still respond to the selected transition of the signal on the CB1 pin.

4. CB2 Control

With the serial port disabled, operation of the CB2 pin is a function of the three high order bits of the PCR. The CB2 modes are very similar to those described previously for CA2. These modes are selected as follows:

| PCR7 | PCR6 | PCR5 | Mode |
|------|------|------|---|
| 0 | 0 | 0 | Interrupt input mode—Set CB2 interrupt flag (IFR3) on a negative transition of the CB2 input signal. Clear IFR3 on a read or write of the Peripheral B Output Register. |
| 0 | 0 | 1 | Independent interrupt input mode—Set IFR3 on a negative transition of the CB2 input signal. Reading or writing ORB does not clear the interrupt flag. |
| 0 | 1 | 0 | Input mode—Set CB2 interrupt flag on a positive transition of the CB2 input signal. Clear the CB2 interrupt flag on a read or write of ORB. |
| 0 | 1 | 1 | Independent input mode—Set IFR3 on a positive transition of the CB2 input signal. Reading or writing ORB does not clear the CB2 interrupt flag. |
| 1 | 0 | 0 | Handshake output mode—Set CB2 low on a write ORB operation. Reset CB2 high with an active transition of the CB1 input signal. |
| 1 | 0 | 1 | Pulse output mode—Set CB2 low for one cycle following a write ORB operation. |
| 1 | 1 | 0 | Manual output mode—The CB2 output is held low in this mode. |
| 1 | 1 | 1 | Manual output mode—The CB2 output is held high in this mode. |

AUXILIARY CONTROL REGISTER

Many of the functions in the Auxiliary Control Register have been discussed previously. However, a summary of this register is presented here as a convenient reference for the SY6522 user. The Auxiliary Control Register is organized as follows:

| Bit | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----------|------------|---|------------|------------------------|---|---|-----------------|-----------------|
| Function | T1 Control | | T2 Control | Shift Register Control | | | PB Latch Enable | PA Latch Enable |

1. PA Latch Enable

The SY6522 provides input latching on both the PA and PB ports. In this mode, the data present on the peripheral A input pins will be latched within the chip when the CA1 interrupt flag is set. Reading the PA port will result in these latches being transferred into the processor. As long as the CA1 interrupt flag is set, the data on the peripheral pins can change without affecting the data in the latches. This input latching can be used with any of the CA2 input or output modes.

It is important to note that on the PA port, the processor always reads the data on the peripheral pins (as reflected in the latches). For output pins, the processor still reads the latches. This may or may not reflect the data currently in the ORA. Proper system operation requires careful planning on the part of the system designer if input latching is combined with output pins on the peripheral ports.

Input latching is enabled by setting bit 0 in the Auxiliary Control Register to a logic 1. As long as this bit is a 0, the latches will directly reflect the data on the pins.

2. PB Latch Enable

Input latching on the PB port is controlled in the same manner as that described for the PA port. However, with the peripheral B port the input latch will store either the voltage on the pin or the contents of the Output Register (ORB) depending on whether the pin is programmed to act as an input or an output. As with the PA port, the processor always reads the input latches.

3 Shift Register Control

The Shift Register operating mode is selected as follows:

| ACR4 | ACR3 | ACR2 | Mode |
|------|------|------|--|
| 0 | 0 | 0 | Shift Register Disabled. |
| 0 | 0 | 1 | Shift in under control of Timer 2. |
| 0 | 1 | 0 | Shift in under control of system clock. |
| 0 | 1 | 1 | Shift in under control of external clock pulses. |
| 1 | 0 | 0 | Free-running output at rate determined by Timer 2. |
| 1 | 0 | 1 | Shift out under control of Timer 2. |
| 1 | 1 | 0 | Shift out under control of the system clock. |
| 1 | 1 | 1 | Shift out under control of external clock pulses. |

4. T2 Control

Timer 2 operates in two modes. If $ACR5 = 0$, T2 acts as an interval timer in the one-shot mode. If $ACR5 = 1$, Timer 2 acts to count a predetermined number of pulses on pin PB6.

5. T1 Control

Timer 1 operates in the one-shot or free-running mode with the PB7 output control enabled or disabled. These modes are selected as follows:

| ACR7 | ACR6 | Mode |
|------|------|---|
| 0 | 0 | One-shot mode—Output to PB7 disabled |
| 0 | 1 | Free-running mode—Output to PB7 disabled. |
| 1 | 0 | One-shot mode—Output to PB7 enabled. |
| 1 | 1 | Free-running mode—Output to PB7 enabled. |

APPLICATION OF THE SY6522

The SY6522 represents a significant advance in general-purpose microprocessor I/O. Unfortunately, its many powerful features, coupled with a set of very flexible operating modes, cause this device to appear to be very complex at first glance. However, a detailed analysis will show that the VIA is organized to allow convenient control of these powerful features. This section seeks to assist the system designer in his understanding of the SY6522 by illustrating how the device can be used in microprocessor-based systems.

A. Control of the SY6522 Interrupts

Organization of the SY6522 interrupt flags into a single register greatly facilitates the servicing of interrupts from this device. Since there is only one \overline{IRQ} output for the seven possible sources of interrupt within the chip, the processor must examine these flags to determine the cause of an interrupt. This is best accomplished by first transferring the contents of the flag register into the accumulator. At this time it may be necessary to mask off these flags which have been disabled in the Interrupt Enable Register. This is particularly important for the edge detecting inputs where the flags may be set whether or not the interrupting function has been enabled. Masking off these flags can be accomplished by performing an AND operation between the IER and the accumulator or by performing an "AND IMMEDIATE". The second byte of this AND # instruction should specify those flags which correspond to interrupt functions which are to be serviced.

PAGE 0001 81/08/26 05:15:17 REGULATORRUTINER
 168ASX(V03) SI= CREGUL BO=

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|---------------------------------------|--|-----------------------------------|
| 0002 | | | | * | | | |
| 0003 | | | | * | | | |
| 0004 | | | | * | | | |
| 0005 | | | | NAM | TEMPUT,PARAM | | |
| 0006 | | | | NAM | REGL,FELSIG,UTSIG,NYPKT,INITRG,PUTOUT | | |
| 0007 | | | | * | | | |
| 0008 | | | | * | | | |
| 0009 | | | | * | | | |
| 0010 | | | | EXTR | BIDE,MULT,ADDXAX,DIV | | |
| 0011 | | | | * | | | |
| 0012 | | | | * | | | |
| 0013 | | | | * | | | |
| 0014 | | | | ***** | | | |
| 0015 | | | | * | | | |
| 0016 | | | | * | TEMPUT | SKRIVER UT AKTUELL TEMPERATUR PA DISPLAYEN | |
| 0017 | | | | * | | | |
| 0018 | | | | * | | | |
| 0019 | | | | * | IN: | Y - Y+1 (TEMPERATURSIGNALEN) | |
| 0020 | | | | * | | | |
| 0021 | | | | * | UT: | DATA - DATA+7 | |
| 0022 | | | | * | | | |
| 0023 | | | | * | | | |
| 0024 | | | | * | | | |
| 0025 | | | | * | | | |
| 0026 | | | | * | ANROPAS | AV: HPROG | |
| 0027 | | | | * | | | |
| 0028 | | | | * | | | |
| 0029 | | | | * | ANROPAR: | BIDE | |
| 0030 | | | | * | | | |
| 0031 | | | | * | | | |
| 0032 | 0000 | 0F | | TEMPUT | SEI | | |
| 0033 | 0001 | B6 | 02D2 | | LDAA | TEMP | AKTUELL TEMPERATUR |
| 0034 | 0004 | F6 | 02D3 | | LDAB | TEMP+1 | |
| 0035 | 0007 | 0E | | | CLI | | |
| 0036 | 0008 | 7D | 030C | | TST | FÖRVM | =0 OST, =1 FÖRVÄRMNING |
| 0037 | 000B | 26 | 02 | | BNE | TE0 | |
| 0038 | 000D | 44 | | | LSRA | | OST,HALVA TEMPERATUREN |
| 0039 | 000E | 56 | | | RORB | | |
| 0040 | 000F | E7 | 029E | TE0 | STAA | BINAR | |
| 0041 | 0012 | F7 | 029F | | STAB | BINAR+1 | |
| 0042 | 0015 | B0 | 0000 | | JSR | BIDE | BINÄR-DECIMALOMVÄNDLING |
| 0043 | 0018 | B6 | 029C | | LDAA | BCD | |
| 0044 | 001B | 8E | 02 | | ADDA | #2 | |
| 0045 | 001D | 81 | 0A | | CMPA | #10 | |
| 0046 | 001F | 26 | 02 | | BNE | TE05 | |
| 0047 | 0021 | 8B | 06 | | ADDA | #6 | |
| 0048 | 0023 | E7 | 029C | TE05 | STAA | BCD | ADDERA 20 GRADER FÖR RÄTT TEMP UT |
| 0049 | 0026 | CE | 0005 | | LDX | #DATA | |
| 0050 | 0029 | 86 | 4F | | LDAA | #:4F | STEGA RÄKNARE,SLÄCK DISPLAY |
| 0051 | 002B | A7 | 00 | | STAA | @0 | |
| 0052 | 002D | A7 | 01 | | STAA | @1 | |
| 0053 | 002F | A7 | 02 | | STAA | @2 | |
| 0054 | 0031 | A7 | 03 | | STAA | @3 | |
| 0055 | 0033 | B6 | 029C | | LDAA | BCD | AKTUELL TEMP DECIMALKODAD |
| 0056 | 0036 | 84 | F0 | | ANDA | #:F0 | |
| 0057 | 0038 | 26 | 04 | | BNE | TE1 | NE=FÖRSTA SIFFRAN EJ NOLL |
| 0058 | 003A | 86 | 4F | | LDAA | #:4F | |
| 0059 | 003C | 2D | 06 | | BRA | TE2 | |
| 0060 | 003E | 44 | | TE1 | LSRA | | |
| 0061 | 003F | 44 | | | LSRA | | |
| 0062 | 0040 | 44 | | | LSRA | | |
| 0063 | 0041 | 44 | | | LSRA | | |
| 0064 | 0042 | 80 | 40 | | ORAA | #:40 | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|------------------------------|------------|---------|--------------------------------------|
| 0066 | 0046 | B6 | 029C | | LDAA | BCD | |
| 0067 | 0049 | 26 | 04 | | BNE | TE3 | |
| 0068 | 004B | 86 | 4F | | LDAA | #:4F | |
| 0069 | 004D | 20 | 04 | | BRA | TE4 | |
| 0070 | 004F | 84 | 0F | TE3 | ANDA | #:0F | |
| 0071 | 0051 | 8A | 40 | | ORAA | #:40 | |
| 0072 | 0053 | A7 | 05 | TE4 | STAA | @5 | ANDRA SIFFRAN (OM 0 SA SLÄCKT) |
| 0073 | 0055 | B6 | 029D | | LDAA | BCD+1 | |
| 0074 | 0058 | 84 | FD | | ANDA | #:FD | |
| 0075 | 005A | 44 | | | LSRA | | |
| 0076 | 005B | 44 | | | LSRA | | |
| 0077 | 005C | 44 | | | LSRA | | |
| 0078 | 005D | 44 | | | LSRA | | |
| 0079 | 005E | 8A | 50 | | ORAA | #:50 | TÄND DEC.PKT.. |
| 0080 | 0060 | A7 | 06 | | STAA | @6 | TREDJE SIFFRAN |
| 0081 | 0062 | B6 | 029D | | LDAA | BCD+1 | |
| 0082 | 0065 | 84 | 0F | | ANDA | #:0F | |
| 0083 | 0067 | 8A | 40 | | ORAA | #:40 | |
| 0084 | 0069 | A7 | 07 | | STAA | @7 | DECIMALEN |
| 0085 | 006B | 39 | | | RTS | | |
| 0087 | | | | * | | | |
| 0088 | | | | ***** | END TEMPUT | ***** | |
| 0089 | | | | * | | | |
| 0090 | | | | * FELSIG BERÄKNAR E=YREF-Y | | | |
| 0091 | | | | * | | | |
| 0092 | | | | * | | | |
| 0093 | | | | * IN: YREF - YREF+1; Y - Y+1 | | | |
| 0094 | | | | * | | | |
| 0095 | | | | * | | | |
| 0096 | | | | * UT: E - E+1 | | | |
| 0097 | | | | * | | | |
| 0098 | | | | * | | | |
| 0099 | | | | * | | | |
| 0100 | | | | * ANROPAS AV: REGL | | | |
| 0101 | | | | * | | | |
| 0102 | | | | * | | | |
| 0103 | 006C | FE | 02D4 | FELSIG | LDX | Y | |
| 0104 | 006F | FF | 02D6 | | STX | YOLD | LÄGG FÖREGÅENDE TEMP I YOLD |
| 0105 | 0072 | 7D | 02F7 | | TST | FIRSTY | |
| 0106 | 0075 | 26 | 06 | | BNE | FELSO | NE=EJ FÖRSTA Y-VÄRDET |
| 0107 | 0077 | 7F | 02D6 | | CLR | YOLD | |
| 0108 | 007A | 7F | 02D7 | | CLR | YOLD+1 | |
| 0109 | 007D | 0F | | FELSO | SEI | | |
| 0110 | 007E | B6 | 02D2 | | LDAA | TEMP | |
| 0111 | 0081 | F6 | 02D3 | | LDAB | TEMP+1 | |
| 0112 | 0084 | B7 | 02D4 | | STAA | Y | |
| 0113 | 0087 | F7 | 02D5 | | STAB | Y+1 | LÄGG INLÄST TEMP.VÄRDE SOM NYTT Y |
| 0114 | 008A | B6 | 02D8 | | LDAA | YREF | REFERENSTEMPERATUR |
| 0115 | 008D | F6 | 02D9 | | LDAB | YREF+1 | |
| 0116 | 0090 | 0E | | | CLI | | |
| 0117 | 0091 | 7D | 030C | | TST | FORVM | |
| 0118 | 0094 | 26 | 02 | | BNE | FELS1 | NE=FÖRVARMNING |
| 0119 | 0096 | 58 | | | ASLB | | OST; DUBBELT SA STORT BINÄRT REF.VÄR |
| 0120 | 0097 | 49 | | | ROLA | | |
| 0121 | 0098 | FD | 02D5 | FELS1 | SUBB | Y+1 | |
| 0122 | 009B | B2 | 02D4 | | SBCA | Y | |
| 0123 | 009E | B7 | 02DC | | STAA | E | =FELET=YREF-Y |
| 0124 | 00A1 | F7 | 02DD | | STAB | E+1 | |
| 0125 | 00A4 | 39 | | FELEND | RTS | | |
| 0126 | | | | * | | | |
| 0127 | | | | ***** | END FELSIG | ***** | |

PAGE 0003 81/08/26 05:15:17 REGULATRRUTINER
 ModASx(VD3) S1= CREGUL B0=

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|-------|------|----------|---|
| 0130 | | | | | | | * $U=K \cdot E + I(K-1) + (K \cdot TS \cdot E) / TI - (K \cdot TD \cdot (Y - YOLD)) / TS$ |
| 0131 | | | | | | | * |
| 0132 | | | | | | | * |
| 0133 | | | | | | | * IN: IKONST, DKONST, K KONST, E, LASTI, Y, YOLD |
| 0134 | | | | | | | * |
| 0135 | | | | | | | * |
| 0136 | | | | | | | * UT: U - U+1 |
| 0137 | | | | | | | * |
| 0138 | | | | | | | * |
| 0139 | | | | | | | * ANROPAS AV: REGL |
| 0140 | | | | | | | * |
| 0141 | | | | | | | * |
| 0142 | | | | | | | * ANROPAR: MULT, DIV |
| 0143 | | | | | | | * |
| 0144 | | | | | | | * |
| 0145 | 00A5 | FE | 02BA | UTSIG | LDX | IKONST | =(K*TS)/TI |
| 0146 | 00A8 | 8C | 0000 | | CPX | #0 | |
| 0147 | 00AB | 26 | 03 | | BNE | UTS1 | NE=IKONST EJ 0, INTTERM MED |
| 0148 | 00AD | 7E | 01E8 | | JMP | NEJ | |
| 0149 | 00B0 | FF | 02E5 | UTS1 | STX | TAL1 | |
| 0150 | 00B3 | B6 | 02DC | | LDAA | E | FELET |
| 0151 | 00B6 | F6 | 02D0 | | LDAB | E+1 | |
| 0152 | 00B9 | 7D | 02DC | | TST | E | |
| 0153 | 00BC | 2A | 06 | | BPL | P01 | |
| 0154 | 00BE | 43 | | | COMA | | |
| 0155 | 00BF | 53 | | | COMB | | E NEGATIVT, KOMPLEMENTERA FÖRE MULT |
| 0156 | 00C0 | CB | 01 | | ADDB | #1 | |
| 0157 | 00C2 | 89 | 00 | | ADCA | #0 | TVAKOMPL. |
| 0158 | 00C4 | B7 | 02E9 | P01 | STAA | TAL2 | |
| 0159 | 00C7 | F7 | 02EA | | STAB | TAL2+1 | |
| 0160 | 00CA | BD | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0161 | 00CD | CE | 0000 | | LDX | #0 | |
| 0162 | 00D0 | FF | 02E9 | | STX | TAL2 | |
| 0163 | 00D3 | CE | 003C | | LDX | #60 | TI=60*TS |
| 0164 | 00D6 | FF | 02EB | | STX | TAL2+2 | |
| 0165 | 00D9 | BD | 0000 | | JSR | DIV | |
| 0166 | 00DC | FE | 02ED | | LDX | RESULT | |
| 0167 | 00DF | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0168 | 00E2 | FE | 02EF | | LDX | RESULT+2 | |
| 0169 | 00E5 | FF | 02E7 | | STX | TAL1+2 | |
| 0170 | 00E8 | 78 | 02E8 | | ASL | TAL1+3 | |
| 0171 | 00EB | 79 | 02E7 | | ROL | TAL1+2 | |
| 0172 | 00EE | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0173 | 00F1 | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *2 |
| 0174 | 00F4 | 29 | 5F | | BVS | OFL1 | |
| 0175 | 00F6 | 78 | 02E8 | | ASL | TAL1+3 | |
| 0176 | 00F9 | 79 | 02E7 | | ROL | TAL1+2 | |
| 0177 | 00FC | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0178 | 00FF | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *4 |
| 0179 | 0102 | 29 | 51 | | BVS | OFL1 | |
| 0180 | 0104 | 78 | 02E8 | | ASL | TAL1+3 | |
| 0181 | 0107 | 79 | 02E7 | | ROL | TAL1+2 | |
| 0182 | 010A | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0183 | 010D | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *8 |
| 0184 | 0110 | 29 | 43 | | BVS | OFL1 | |
| 0185 | 0112 | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | |
| 0186 | 0115 | FF | 02ED | | STX | RESULT | |
| 0187 | 0118 | FE | 02E7 | | LDX | TAL1+2 | |
| 0188 | 011B | FF | 02EF | | STX | RESULT+2 | |
| 0189 | 011E | 78 | 02E8 | | ASL | TAL1+3 | |
| 0190 | 0121 | 79 | 02E7 | | ROL | TAL1+2 | |
| 0191 | 0124 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|------|----------|----------------------------------|
| 0194 | 012C | B6 | 02E8 | | LDAA | TAL1+3 | |
| 0195 | 012F | B8 | 02F0 | | ADDA | RESULT+3 | |
| 0196 | 0132 | B7 | 02E8 | | STAA | TAL1+3 | |
| 0197 | 0135 | B6 | 02E7 | | LDAA | TAL1+2 | |
| 0198 | 0138 | B9 | 02EF | | ADCA | RESULT+2 | |
| 0199 | 013B | B7 | 02E7 | | STAA | TAL1+2 | |
| 0200 | 013E | B6 | 02E6 | | LDAA | TAL1+1 | |
| 0201 | 0141 | B9 | 02EE | | ADCA | RESULT+1 | |
| 0202 | 0144 | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | |
| 0203 | 0147 | B6 | 02E5 | | LDAA | TAL1 | |
| 0204 | 014A | B9 | 02ED | | ADCA | RESULT | *24=MAX K |
| 0205 | 014D | 29 | 06 | | BVS | OFL1 | |
| 0206 | 014F | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0207 | 0152 | 7E | 0161 | | JMP | ETEST1 | |
| 0208 | 0155 | CE | 7FFF | OFL1 | LDX | #:7FFF | |
| 0209 | 0158 | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0210 | 015B | CE | FFFF | | LDX | #:FFFF | |
| 0211 | 015E | FF | 02E7 | | STX | TAL1+2 | |
| 0212 | 0161 | 7D | 020C | ETEST1 | TST | E | |
| 0213 | 0164 | 2A | 2C | | BPL | POSE1 | PL=E POSITIVT |
| 0214 | 0166 | 73 | 02E5 | | COM | TAL1 | |
| 0215 | 0169 | 73 | 02E6 | | COM | TAL1+1 | |
| 0216 | 016C | 73 | 02E7 | | COM | TAL1+2 | |
| 0217 | 016F | 73 | 02E8 | | COM | TAL1+3 | NEGATIVT KOMPLEMENTERA FÖRE MULT |
| 0218 | 0172 | B6 | 02E8 | | LDAA | TAL1+3 | |
| 0219 | 0175 | 8E | 01 | | ADDA | #1 | |
| 0220 | 0177 | B7 | 02E8 | | STAA | TAL1+3 | |
| 0221 | 017A | B6 | 02E7 | | LDAA | TAL1+2 | |
| 0222 | 017D | 89 | 00 | | ADCA | #0 | |
| 0223 | 017F | B7 | 02E7 | | STAA | TAL1+2 | |
| 0224 | 0182 | B6 | 02E6 | | LDAA | TAL1+1 | |
| 0225 | 0185 | 89 | 00 | | ADCA | #0 | |
| 0226 | 0187 | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | |
| 0227 | 018A | B6 | 02E5 | | LDAA | TAL1 | |
| 0228 | 018D | 89 | 00 | | ADCA | #0 | |
| 0229 | 018F | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0230 | 0192 | B6 | 02C7 | POSE1 | LDAA | LASTI+3 | ACKUNULERAD I-TERM |
| 0231 | 0195 | B8 | 02E8 | | ADDA | TAL1+3 | |
| 0232 | 0198 | B7 | 02C7 | | STAA | LASTI+3 | |
| 0233 | 019B | B6 | 02C6 | | LDAA | LASTI+2 | |
| 0234 | 019E | B9 | 02E7 | | ADCA | TAL1+2 | |
| 0235 | 01A1 | B7 | 02C6 | | STAA | LASTI+2 | |
| 0236 | 01A4 | B6 | 02C5 | | LDAA | LASTI+1 | |
| 0237 | 01A7 | B9 | 02E6 | | ADCA | TAL1+1 | |
| 0238 | 01AA | B7 | 02C5 | | STAA | LASTI+1 | |
| 0239 | 01AD | B6 | 02C4 | | LDAA | LASTI | |
| 0240 | 01B0 | B9 | 02E5 | | ADCA | TAL1 | |
| 0241 | 01B3 | 28 | 22 | | BVC | NOFLW1 | VC=RESULTATET GAV INGEN OVERFLOW |
| 0242 | 01B5 | B7 | 02C4 | | STAA | LASTI | |
| 0243 | 01B8 | 7D | 02C4 | | TST | LASTI | |
| 0244 | 01BB | 2A | 0E | | BPL | NEG1 | PL=STORT NEGATIVT TAL |
| 0245 | 01BD | CE | 7FFF | | LDX | #:7FFF | |
| 0246 | 01C0 | FF | 02C4 | | STX | LASTI | |
| 0247 | 01C3 | CE | FFFF | | LDX | #:FFFF | |
| 0248 | 01C6 | FF | 02C6 | | STX | LASTI+2 | |
| 0249 | 01C9 | 20 | 0C | | BRA | NOFLW1 | |
| 0250 | 01CB | CE | 0000 | NEG1 | LDX | #0 | |
| 0251 | 01CE | FF | 02C6 | | STX | LASTI+2 | |
| 0252 | 01D1 | CE | 8000 | | LDX | #:8000 | |
| 0253 | 01D4 | FF | 02C4 | | STX | LASTI | STORT, NEGATIVT TAL |
| 0254 | 01D7 | B7 | 02C4 | NOFLW1 | STAA | LASTI | |
| 0255 | 01DA | 7D | 02F7 | | TST | FIRSTY | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|------|----------|------------------------------|
| 0258 | 01E2 | FF | 02C4 | | STX | LASTI | |
| 0259 | 01E5 | FF | 02C6 | | STX | LASTI+2 | |
| 0260 | 01E8 | FE | 02C4 | NEJ | LDX | LASTI | |
| 0261 | 01EB | FF | 02C0 | | STX | ITERM | K*TS*E/TI+I(K-1) |
| 0262 | | | | * | | | |
| 0263 | | | | * HAR | AR | ITERM | FÄRDIG |
| 0264 | | | | * | | | |
| 0265 | 01EE | FE | 02B8 | | LDX | KKONST | =K |
| 0266 | 01F1 | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0267 | 01F4 | B6 | 02D0 | | LDAA | E | |
| 0268 | 01F7 | F6 | 02D0 | | LDAB | E+1 | |
| 0269 | 01FA | 7D | 02D0 | | TST | E | |
| 0270 | 01FD | 2A | 06 | | BPL | PO2 | |
| 0271 | 01FF | 43 | | | COMA | | |
| 0272 | 0200 | 53 | | | COMB | | E NEGATIVT; KOMPL. FÖRE MULT |
| 0273 | 0201 | CB | 01 | | ADDB | #1 | |
| 0274 | 0203 | 89 | 00 | | ADCA | #0 | TVAKOMPL. |
| 0275 | 0205 | B7 | 02E9 | P02 | STAA | TAL2 | |
| 0276 | 0208 | F7 | 02EA | | STAB | TAL2+1 | |
| 0277 | 020B | B0 | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0278 | 020E | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0279 | 0211 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0280 | 0214 | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *2 |
| 0281 | 0217 | 29 | 3E | | BVS | OFL3 | |
| 0282 | 0219 | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0283 | 021C | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0284 | 021F | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *4 |
| 0285 | 0222 | 29 | 33 | | BVS | OFL3 | |
| 0286 | 0224 | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0287 | 0227 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0288 | 022A | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *8 |
| 0289 | 022D | 29 | 28 | | BVS | OFL3 | |
| 0290 | 022F | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | |
| 0291 | 0232 | FF | 02A5 | | STX | XSLASK | |
| 0292 | 0235 | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0293 | 0238 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0294 | 023B | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *16 |
| 0295 | 023E | 29 | 17 | | BVS | OFL3 | |
| 0296 | 0240 | B6 | 02E6 | | LDAA | TAL1+1 | |
| 0297 | 0243 | F6 | 02E5 | | LDAB | TAL1 | |
| 0298 | 0246 | BB | 02A6 | | ADDA | XSLASK+1 | |
| 0299 | 0249 | F9 | 02A5 | | ADCB | XSLASK | *24=MAX K |
| 0300 | 024C | 29 | 09 | | BVS | OFL3 | |
| 0301 | 024E | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | |
| 0302 | 0251 | F7 | 02E5 | | STAB | TAL1 | |
| 0303 | 0254 | 7E | 025D | | JMP | ETEST2 | |
| 0304 | 0257 | CE | 7FFF | OFL3 | LDX | #:7FFF | |
| 0305 | 025A | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0306 | 025D | 7D | 02D0 | ETEST2 | TST | E | |
| 0307 | 0260 | 2A | 12 | | BPL | POSE2 | PL=E POSITIVT |
| 0308 | 0262 | B6 | 02E5 | | LDAA | TAL1 | K*E BORTSETT FRAN TECKEN |
| 0309 | 0265 | F6 | 02E6 | | LDAB | TAL1+1 | |
| 0310 | 0268 | 43 | | | COMA | | |
| 0311 | 0269 | 53 | | | COMB | | |
| 0312 | 026A | CB | 01 | | ADDB | #1 | |
| 0313 | 026C | 89 | 00 | | ADCA | #0 | TVAKOMPL. |
| 0314 | 026E | F7 | 02E6 | | STAB | TAL1+1 | |
| 0315 | 0271 | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0316 | 0274 | FE | 02E5 | POSE2 | LDX | TAL1 | |
| 0317 | 0277 | FF | 02BE | | STX | PTERM | K*E MED TECKEN |
| 0318 | | | | * | | | |
| 0319 | | | | * HAR | AR | PTERM | FÄRDIG |
| 0320 | | | | * | | | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|------|----------|--------------------------------------|
| 0322 | 027D | 27 | 03 | | BEQ | D1 | |
| 0323 | 027F | 7E | 0322 | | JMP | NOTD | FÖRSTA INLÄSNINGEN, INGEN D-TERM |
| 0324 | 0282 | 86 | 02D4 | D1 | LDAA | Y | |
| 0325 | 0285 | F6 | 02D5 | | LDAB | Y+1 | |
| 0326 | 0288 | FD | 02D7 | | SUBB | YOLD+1 | |
| 0327 | 028B | B2 | 02D6 | | SBCA | YOLD | Y(K)-Y(K-1) |
| 0328 | 028E | B7 | 029A | | STAA | SLASK | FÖR CHECK AV TECKENBIT SENARE |
| 0329 | 0291 | 7D | 029A | | TST | SLASK | |
| 0330 | 0294 | 2A | 06 | | BPL | P03 | |
| 0331 | 0296 | 43 | | | COMA | | |
| 0332 | 0297 | 53 | | | COMB | | NEGATIVT, KOMPL. FÖRE MULT |
| 0333 | 0298 | CB | 01 | | ADDB | #1 | |
| 0334 | 029A | 89 | 00 | | ADCA | #0 | TVAKOMPL. |
| 0335 | 029C | B7 | 02E5 | P03 | STAA | TAL1 | |
| 0336 | 029F | F7 | 02E6 | | STAB | TAL1+1 | |
| 0337 | 02A2 | FE | 02BC | | LDX | DKONST | K*TD/TS |
| 0338 | 02A5 | 8C | 0000 | | CPX | #0 | |
| 0339 | 02A8 | 26 | 03 | | BNE | D2 | |
| 0340 | 02AA | 7E | 0322 | | JMP | NOTD | DKONST=0 |
| 0341 | 02AD | FF | 02E9 | D2 | STX | TAL2 | |
| 0342 | 02B0 | BD | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0343 | 02B3 | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0344 | 02B6 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0345 | 02B9 | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *2 |
| 0346 | 02BC | 29 | 3E | | BVS | OFL5 | |
| 0347 | 02BE | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0348 | 02C1 | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0349 | 02C4 | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *4 |
| 0350 | 02C7 | 29 | 33 | | BVS | OFL5 | |
| 0351 | 02C9 | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0352 | 02CC | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0353 | 02CF | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *8 |
| 0354 | 02D2 | 29 | 28 | | BVS | OFL5 | |
| 0355 | 02D4 | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | |
| 0356 | 02D7 | FF | 02A5 | | STX | XSLASK | |
| 0357 | 02DA | 78 | 02E7 | | ASL | TAL1+2 | |
| 0358 | 02DD | 79 | 02E6 | | ROL | TAL1+1 | |
| 0359 | 02E0 | 79 | 02E5 | | ROL | TAL1 | *16 |
| 0360 | 02E3 | 29 | 17 | | BVS | OFL5 | |
| 0361 | 02E5 | B6 | 02E6 | | LDAA | TAL1+1 | |
| 0362 | 02E8 | F6 | 02E5 | | LDAB | TAL1 | |
| 0363 | 02EB | BE | 02A6 | | ADDA | XSLASK+1 | |
| 0364 | 02EE | F9 | 02A5 | | ADCB | XSLASK | *24=MAX K |
| 0365 | 02F1 | 29 | 09 | | BVS | OFL5 | |
| 0366 | 02F3 | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | |
| 0367 | 02F6 | F7 | 02E5 | | STAB | TAL1 | |
| 0368 | 02F9 | 7E | 0302 | | JMP | ETEST3 | |
| 0369 | 02FC | CE | 7FFF | OFL5 | LDX | #:7FFF | |
| 0370 | 02FF | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0371 | 0302 | 7D | 029A | ETEST3 | TST | SLASK | |
| 0372 | 0305 | 2A | 12 | | BPL | POSE3 | PL= Y-YOLD POSITIVT |
| 0373 | 0307 | B6 | 02E5 | | LDAA | TAL1 | (K*TD*(Y-YOLD))/TS BORTSETT FRAN TEC |
| 0374 | 030A | F6 | 02E6 | | LDAB | TAL1+1 | |
| 0375 | 030D | 43 | | | COMA | | |
| 0376 | 030E | 53 | | | COMB | | |
| 0377 | 030F | CB | 01 | | ADDB | #1 | |
| 0378 | 0311 | 89 | 00 | | ADCA | #0 | NEGATIVT, TVAKOMPL. |
| 0379 | 0313 | F7 | 02E6 | | STAB | TAL1+1 | |
| 0380 | 0316 | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0381 | 0319 | FE | 02E5 | POSE3 | LDX | TAL1 | |
| 0382 | 031C | FF | 02C2 | | STX | DTERM | K*TD*(Y(K)-Y(K-1))/TS |
| 0383 | 031F | 7E | 0328 | | JMP | SUMMA | |
| 0384 | 0322 | 8E | 02D4 | NOTD | LDX | #0 | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|---------------|--|--------------------------------------|
| 0386 | | | | * | | | |
| 0387 | | | | * | HAR | AR DTERM FÄRDIG | |
| 0388 | | | | * | | | |
| 0389 | | | | * | SUMMERA | PTERM, ITERM OCH DTERM | |
| 0390 | | | | * | | | |
| 0391 | 0328 | B6 | 02BF | SUMMA | LDAA | PTERM+1 | |
| 0392 | 0328 | B8 | 02C1 | | ADDA | ITERM+1 | |
| 0393 | 032E | B7 | 02DF | | STAA | U+1 | |
| 0394 | 0331 | B6 | 02BE | | LDAA | PTERM | |
| 0395 | 0334 | B9 | 02C0 | | ADCA | ITERM | |
| 0396 | 0337 | 29 | 09 | | BVS | OVERFL | VS=RESULTATET GAV OVERFLOW |
| 0397 | 0339 | B7 | 02DE | | STAA | U | |
| 0398 | 033C | 7F | 03DA | | CLR | OF | OF=0 - INGEN OVERFLOW VID 1:A ADD |
| 0399 | 033F | 7E | 034A | | JMP | DSUB | |
| 0400 | 0342 | B7 | 02DE | OVERFL | STAA | U | |
| 0401 | 0345 | 86 | 01 | | LDAA | #1 | |
| 0402 | 0347 | B7 | 03DA | | STAA | OF | OF=1 - OVERFLOW VID FÖRSTA ADD |
| 0403 | 034A | B6 | 02DF | DSUB | LDAA | U+1 | |
| 0404 | 034D | B0 | 02C3 | | SUBA | DTERM+1 | |
| 0405 | 0350 | B7 | 02DF | | STAA | U+1 | |
| 0406 | 0353 | B6 | 02DE | | LDAA | U | |
| 0407 | 0356 | B2 | 02C2 | | SBCA | DTERM | |
| 0408 | 0359 | 28 | 1B | | BVC | NOFLW2 | VC=INGEN NY OVERFLOW |
| 0409 | 035B | B7 | 02DE | | STAA | U | |
| 0410 | 035E | 7D | 03DA | | TST | OF | |
| 0411 | 0361 | 26 | 2A | | BNE | KLAR | NE=TVÅ OVERFLOW, TILLBAKA I TALOMRÅD |
| 0412 | 0363 | 7D | 02C2 | | TST | DTERM | |
| 0413 | 0366 | 2B | 07 | | BMI | POS | MI=STORT POSITIVT RESULTAT |
| 0414 | 0368 | 86 | 80 | | LDAA | #:80 | |
| 0415 | 036A | C6 | 00 | | LDAB | #0 | |
| 0416 | 036C | 7E | 038D | | JMP | KLAR | |
| 0417 | 036F | 86 | 7F | POS | LDAA | #:7F | |
| 0418 | 0371 | C6 | FF | | LDAB | #:FF | |
| 0419 | 0373 | 7E | 038D | | JMP | KLAR | |
| 0420 | 0376 | B7 | 02DE | NOFLW2 | STAA | U | |
| 0421 | 0379 | 7D | 03DA | | TST | OF | |
| 0422 | 037C | 27 | 0F | | BEQ | KLAR | EQ=INGA OVERFLOW |
| 0423 | 037E | 7D | 02BE | | TST | PTERM | |
| 0424 | 0381 | 2B | 07 | | BMI | NEG2 | MI=STORT NEGATIVT RESULTAT |
| 0425 | 0383 | 86 | 7F | | LDAA | #:7F | |
| 0426 | 0385 | C6 | FF | | LDAB | #:FF | |
| 0427 | 0387 | 7E | 038D | | JMP | KLAR | |
| 0428 | 038A | 86 | 80 | NEG2 | LDAA | #:80 | |
| 0429 | 038C | 5F | | | CLRB | | |
| 0430 | 038D | B7 | 02DE | KLAR | STAA | U | |
| 0431 | 0390 | F7 | 02DF | | STAB | U+1 | |
| 0432 | 0393 | 39 | | | RTS | | |
| 0433 | | | | * | | | |
| 0434 | | | | ***** | END UTSIG | ***** | |
| 0435 | | | | * | | | |
| 0436 | | | | * | NYPKT | BERÄKNAR LUTNINGEN FRÅN EN PUNKT TILL NÄSTA | |
| 0437 | | | | * | | | |
| 0438 | | | | * | | | |
| 0439 | | | | * | | | |
| 0440 | | | | * | IN: | KURVA (=ADRESSEN TILL KURVAN SOM KÖRES), PKTNO | |
| 0441 | | | | * | | | |
| 0442 | | | | * | | | |
| 0443 | | | | * | UT: | REFOKA (=REFERENSÖKNINGEN TILL NÄSTA PUNKT), | |
| 0444 | | | | * | TAVBR - | TAVBR+1 (=ANTAL SAMPELINTERVALL TILL | |
| 0445 | | | | * | NÄSTA PUNKT). | | |
| 0446 | | | | * | | | |
| 0447 | | | | * | | | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|-------|------|----------|--|
| 0450 | | | | | | | * |
| 0451 | | | | | | | * |
| 0452 | | | | | | | * ANROPAR: MULT, DIV |
| 0453 | | | | | | | * |
| 0454 | | | | | | | * |
| 0455 | 0394 | FE | 02A2 | NYPKT | LDX | KURVA | PEKAR PA KURVA SOM KÖRES |
| 0456 | 0397 | B6 | 030B | | LDAA | PKTNO | NÄSTA PUNKTNUMMER |
| 0457 | 039A | 48 | | | ASLA | | |
| 0458 | 039B | 48 | | | ASLA | | =MULT MED4 (4 BYTES/PUNKT) |
| 0459 | 039C | 08 | | | INX | | |
| 0460 | 039D | 08 | | | INX | | |
| 0461 | 039E | B0 | 0000 | | JSR | ADDXAX | |
| 0462 | 03A1 | A6 | 00 | | LDAA | @0 | |
| 0463 | 03A3 | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0464 | 03A6 | A6 | 01 | | LDAA | @1 | |
| 0465 | 03A8 | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | ANTAL MINUTER TILL NÄSTA PKT I TAL1 |
| 0466 | 03AB | 86 | 00 | | LDAA | #0 | |
| 0467 | 03AD | B7 | 02E9 | | STAA | TAL2 | |
| 0468 | 03B0 | 86 | 3C | | LDAA | #60 | 60 SAMPELINTERVAL/10:DELS MINUT |
| 0469 | 03B2 | B7 | 02EA | | STAA | TAL2+1 | |
| 0470 | 03B5 | B0 | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0471 | 03B8 | FE | 02E7 | | LDX | TAL1+2 | |
| 0472 | 03BB | FF | 02EB | | STX | TAL2+2 | |
| 0473 | 03BE | 0F | | | SEI | | |
| 0474 | 03BF | FF | 02CC | | STX | TAVBR+2 | |
| 0475 | 03C2 | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | |
| 0476 | 03C5 | FF | 02CA | | STX | TAVBR | TID TILL NÄSTA PKT I SAMPELINTERVALL |
| 0477 | 03C8 | 0E | | | CLI | | |
| 0478 | 03C9 | FF | 02E9 | | STX | TAL2 | |
| 0479 | 03CC | FE | 02A2 | | LDX | KURVA | |
| 0480 | 03CF | B6 | 030B | | LDAA | PKTNO | |
| 0481 | 03D2 | 48 | | | ASLA | | |
| 0482 | 03D3 | 48 | | | ASLA | | MULT MED 4 |
| 0483 | 03D4 | B0 | 0000 | | JSR | ADDXAX | |
| 0484 | 03D7 | A6 | 00 | | LDAA | @0 | |
| 0485 | 03D9 | E6 | 01 | | LDAB | @1 | NÄSTA PUNKTS TEMPERATUR |
| 0486 | 03DB | F0 | 02D9 | | SUBB | YREF+1 | |
| 0487 | 03DE | B2 | 02D8 | | SBCA | YREF | |
| 0488 | 03E1 | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0489 | 03E4 | F7 | 02E6 | | STAB | TAL1+1 | |
| 0490 | 03E7 | A6 | 00 | | LDAA | @0 | |
| 0491 | 03E9 | E6 | 01 | | LDAB | @1 | |
| 0492 | 03EB | CE | 0000 | | LDX | #0 | |
| 0493 | 03EE | FF | 02E7 | | STX | TAL1+2 | |
| 0494 | 03F1 | B0 | 0000 | | JSR | DIV | |
| 0495 | 03F4 | FE | 02ED | | LDX | RESULT | |
| 0496 | 03F7 | 0F | | | SEI | | |
| 0497 | 03F8 | FF | 02E0 | | STX | REFOKA | REFERENSÖKNING/SAMPELINTERVALL |
| 0498 | 03FB | FE | 02EF | | LDX | RESULT+2 | |
| 0499 | 03FE | FF | 02E2 | | STX | REFOKA+2 | |
| 0500 | 0401 | 0E | | | CLI | | |
| 0501 | 0402 | 39 | | | RTS | | |
| 0502 | | | | | | | * |
| 0503 | | | | | | | ***** END NYPKT ***** |
| 0504 | | | | | | | * |
| 0505 | | | | | | | * REGPAR BERÄKNAR KONSTANTERNA K KONST, I KONST, D KONST |
| 0506 | | | | | | | * K KONST=K, I KONST=K*TS/TI, D KONST=K*TD/TS |
| 0507 | | | | | | | * |
| 0508 | | | | | | | * |
| 0509 | | | | | | | * |
| 0510 | | | | | | | * IN: K, TD, TI, TS |
| 0511 | | | | | | | * |
| 0512 | | | | | | | * |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|------------|---|-----------------------------|
| 0514 | | | | * | | | |
| 0515 | | | | * | | | |
| 0516 | | | | * | | | |
| 0517 | | | | * | ANROPAS | AV: NYCKEL | |
| 0518 | | | | * | | | |
| 0519 | | | | * | ANROPAR: | MULT, DIV | |
| 0520 | | | | * | | | |
| 0521 | | | | * | | | |
| 0522 | 0403 | CE | 0000 | PARAM | LDX | #0 | |
| 0523 | 0406 | FF | 02C4 | | STX | LASTI | I(K-1)=0 |
| 0524 | 0409 | FE | 02B1 | | LDX | K | |
| 0525 | 040C | FF | 02B8 | | STX | KKONST | |
| 0526 | 040F | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0527 | 0412 | CE | 0000 | | LDX | #0 | |
| 0528 | 0415 | FF | 02E7 | | STX | TAL1+2 | |
| 0529 | 0418 | FF | 02E9 | | STX | TAL2 | |
| 0530 | 041B | FE | 02B5 | | LDX | TI | |
| 0531 | 041E | 8C | 0000 | | CPX | #0 | |
| 0532 | 0421 | 27 | 09 | | BEQ | TINOLL | |
| 0533 | 0423 | FF | 02EB | | STX | TAL2+2 | |
| 0534 | 0426 | BD | 0000 | | JSR | DIV | |
| 0535 | 0429 | FE | 02ED | | LDX | RESULT | |
| 0536 | 042C | FF | 02BA | TINOLL | STX | IKONST | |
| 0537 | 042F | FE | 02B1 | | LDX | K | |
| 0538 | 0432 | FF | 02E5 | | STX | TAL1 | |
| 0539 | 0435 | FE | 02B3 | | LDX | TD | |
| 0540 | 0438 | 8C | 0000 | | CPX | #0 | |
| 0541 | 043B | 27 | 09 | | BEQ | TDNOLL | |
| 0542 | 043D | FF | 02E9 | | STX | TAL2 | |
| 0543 | 0440 | BD | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0544 | 0443 | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | |
| 0545 | 0446 | FF | 02BC | TDNOLL | STX | DKONST | |
| 0546 | 0449 | 39 | | | RTS | | |
| 0547 | | | | * | | | |
| 0548 | | | | ***** | END REGPAR | ***** | |
| 0549 | | | | * | | | |
| 0550 | | | | * | INITRG | INITIERAR | REGULATORN |
| 0551 | | | | * | | | |
| 0552 | | | | * | | | |
| 0553 | | | | * | IN: | KUBUFB - KUBUFB+639 | |
| 0554 | | | | * | | | |
| 0555 | | | | * | UT: | TAVBR (=ANTAL SAMPELINTERVALL TILL 1:A PKTEN) | |
| 0556 | | | | * | | | |
| 0557 | | | | * | | | |
| 0558 | | | | * | | | |
| 0559 | | | | * | ANROPAS | AV: REGL | |
| 0560 | | | | * | | | |
| 0561 | | | | * | ANROPAR: | ADDXAX, MULT | |
| 0562 | | | | * | | | |
| 0563 | | | | * | | | |
| 0564 | 044A | CE | 1000 | INITRG | LDX | #KUBUFB | |
| 0565 | 044D | F6 | 02E4 | | LDAB | DIGIND | |
| 0566 | 0450 | C4 | 1E | | ANDB | #:1E | |
| 0567 | 0452 | 54 | | | LSRB | | |
| 0568 | 0453 | F7 | 029A | | STAB | SLASK | SPARA KURVNUMRET (SE NEDAN) |
| 0569 | 0456 | 86 | 02 | | LDAA | #2 | |
| 0570 | 0458 | B7 | 02F7 | | STAA | FIRSTY | |
| 0571 | 045B | 5D | | IN1 | TSTB | | |
| 0572 | 045C | 27 | 08 | | BEQ | IN2 | |
| 0573 | 045E | 86 | 4D | | LDAA | #64 | |
| 0574 | 0460 | BD | 0000 | | JSR | ADDXAX | |
| 0575 | 0463 | 5A | | | DECB | | |
| 0576 | 0466 | 20 | 55 | | BRA | IN1 | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|-------|------|----------|-----------------------------------|
| 0578 | 0469 | A6 | 00 | | LDAA | @0 | |
| 0579 | 046B | B7 | 0208 | | STAA | YREF | |
| 0580 | 046E | A6 | 01 | | LDAA | @1 | |
| 0581 | 0470 | B7 | 0209 | | STAA | YREF+1 | |
| 0582 | 0473 | A6 | 02 | | LDAA | @2 | TIDEN I PKT 0 |
| 0583 | 0475 | B7 | 02E5 | | STAA | TAL1 | |
| 0584 | 0478 | A6 | 03 | | LDAA | @3 | |
| 0585 | 047A | B7 | 02E6 | | STAA | TAL1+1 | |
| 0586 | 047D | 86 | 00 | | LDAA | #0 | |
| 0587 | 047F | B7 | 02E9 | | STAA | TAL2 | |
| 0588 | 0482 | 86 | 3C | | LDAA | #6D | |
| 0589 | 0484 | B7 | 02EA | | STAA | TAL2+1 | 60 SAMPELINT./10:DELS MIN |
| 0590 | 0487 | 8D | 0000 | | JSR | MULT | |
| 0591 | 048A | FE | 02E7 | | LDX | TAL1+2 | |
| 0592 | 048D | 0F | | | SEI | | |
| 0593 | 048E | FF | 02CC | | STX | TAVBR+2 | |
| 0594 | 0491 | FE | 02E5 | | LDX | TAL1 | ANTAL TIMERAVBROTT TILL NASTA PKT |
| 0595 | 0494 | FF | 02CA | | STX | TAVBR | |
| 0596 | 0497 | 0E | | | CLI | | |
| 0597 | 0498 | 7C | 030D | | INC | ERST | |
| 0598 | 049B | 5F | | | CLRB | | |
| 0599 | 049C | B6 | 02E4 | | LDAA | DIGIND | |
| 0600 | 049F | 85 | 20 | | BITA | #:20 | |
| 0601 | 04A1 | 26 | 01 | | BNE | IN3 | NE=OST |
| 0602 | 04A3 | 5C | | | INCB | | |
| 0603 | 04A4 | F7 | 030C | IN3 | STAB | FORVM | |
| 0604 | 04A7 | CE | 02FA | | LDX | #ELEMNO | |
| 0605 | 04AA | B6 | 02YA | | LDAA | SLASK | SE OVAN |
| 0606 | 04AD | 8D | 0000 | | JSR | ADDXAX | |
| 0607 | 04B0 | A6 | 00 | | LDAA | @0 | |
| 0608 | 04B2 | B7 | 030E | | STAA | TOTPKT | |
| 0609 | 04B5 | 7D | 030E | | TST | TOTPKT | |
| 0610 | 04B8 | 26 | 09 | | BNE | IN4 | |
| 0611 | 04BA | 7F | 030D | | CLR | ERST | |
| 0612 | 04BD | 7F | 02DE | | CLR | U | |
| 0613 | 04CD | 8D | 04CF | | JSR | PUTOUT | |
| 0614 | 04C3 | CE | 0000 | IN4 | LDX | #0 | |
| 0615 | 04C6 | FF | 02E0 | | STX | REFOKA | |
| 0616 | 04C9 | FF | 02E2 | | STX | REFOKA+2 | |
| 0617 | 04CC | 39 | | | RTS | | |

```

0618 *
0619 ***** END INITRG *****
0620 *
0621 * PUTOUT LÄGGER UT ANALOGA OCH DIGITALA
0622 * UTSIGNALER
0623 *
0624 *
0625 * IN: U,Y,DIGIND
0626 *
0627 *
0628 * ANROPAS AV: REGL
0629 *
0630 04CD 0FFF TRETTI DATA 4095 30 GRADER BINÄRT
0631 *
0632 *
0633 04CF 86 EA PUTOUT LDAA #:EA A GER PULS PA CA2 VID UTLÄS
0634 04D1 B7 802C STAA PCR
0635 04D4 86 80 LDAA #:80 DA-OMVANDLING
0636 04D6 B7 8020 STAA IRB
0637 04D9 B6 02DE LDAA U
0638 04DC 88 33 ADDA #:33 OFFSET 4 MA
0639 04DE 81 33 CKPA #:33
  
```

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|--------|------|----------|---|
| 0642 | 04E4 | B7 | 8021 | PD | STAA | ORA | |
| 0643 | 04E7 | 5F | | | CLRB | | |
| 0644 | 04E8 | B6 | 02E4 | | LDAA | DIGIND | |
| 0645 | 04EB | 85 | 21 | | BITA | #:21 | |
| 0646 | 04ED | 27 | 08 | | BEQ | PUT1 | EQ=REGLERING PAGAR EJ |
| 0647 | 04EF | B6 | 030E | | LDAA | TOTPKT | |
| 0648 | 04F2 | 81 | FF | | CMPA | #:FF | |
| 0649 | 04F4 | 27 | 01 | | BEQ | PUT1 | EQ=REGLERING KLAR MEN START REGL EJ |
| 0650 | 04F6 | 5C | | | INCB | | GE UT REGLERING PAGAR |
| 0651 | 04F7 | B6 | 04C0 | PUT1 | LDAA | TRETTI | |
| 0652 | 04FA | 7D | 030C | | TST | FORVM | |
| 0653 | 04FD | 26 | 0E | | BNE | PUT2 | NE=FÖRVÄRMNING |
| 0654 | 04FF | B6 | 04CE | | LDAA | TRETTI+1 | |
| 0655 | 0502 | 48 | | | ASLA | | OST,MULT MED 2 |
| 0656 | 0503 | B7 | 04CE | | STAA | TRETTI+1 | |
| 0657 | 0506 | B6 | 04C0 | | LDAA | TRETTI | |
| 0658 | 0509 | 49 | | | ROLA | | |
| 0659 | 050A | B7 | 04C0 | | STAA | TRETTI | |
| 0660 | 050D | B1 | 0202 | PUT2 | CMPA | TEMP | |
| 0661 | 0510 | 2E | 0C | | BGT | PUT4 | |
| 0662 | 0512 | 2D | 08 | | BLT | PUT3 | |
| 0663 | 0514 | B6 | 04CE | | LDAA | TRETTI+1 | |
| 0664 | 0517 | B1 | 0203 | | CMPA | TEMP+1 | |
| 0665 | 051A | 24 | 02 | | BCC | PUT4 | |
| 0666 | 051C | CB | 02 | PUT3 | ADDB | #2 | GE UT 30 GRADER UPPNATT |
| 0667 | 051E | 7D | 02A9 | PUT4 | TST | PBSINK | |
| 0668 | 0521 | 27 | 0A | | BEQ | PUT5 | EQ=PBS EJ INKOPPLAD |
| 0669 | 0523 | CE | 4000 | | LDX | #:4000 | ADRESS TILL PBS-UTSIG |
| 0670 | 0526 | E7 | 00 | | STAB | @0 | REGL PAGAR, DATABIT 0 |
| 0671 | 0528 | 54 | | | LSRB | | |
| 0672 | 0529 | E7 | 01 | | STAB | @1 | TEMP UPPNADD |
| 0673 | 052B | 2D | 06 | | BRA | PUTEND | |
| 0674 | 052D | 7F | 8020 | PUT5 | CLR | #IRB | DIG. UT PÅ KORTET |
| 0675 | 0530 | F7 | 8021 | | STAB | ORA | |
| 0676 | 0533 | 39 | | PUTEND | RTS | | |
| 0677 | | | | * | | | |
| 0678 | | | | * | | | ***** END PUTOUT ***** |
| 0679 | | | | * | | | |
| 0680 | | | | * | | | * REGL HANDHAR SJÄLVA REGLERALGORITMEN |
| 0681 | | | | * | | | |
| 0682 | | | | * | | | |
| 0683 | | | | * | | | * IN: TEMP - TEMP+1, DIGIND |
| 0684 | | | | * | | | |
| 0685 | | | | * | | | |
| 0686 | | | | * | | | * UT: AN. OCH DIG. UTSIGNALER |
| 0687 | | | | * | | | |
| 0688 | | | | * | | | |
| 0689 | | | | * | | | * ANROPAS AV: HPROG |
| 0690 | | | | * | | | |
| 0691 | | | | * | | | |
| 0692 | | | | * | | | * ANROPAR: INITRG, PUTOUT, FELSIG, UTSIG, |
| 0693 | | | | * | | | NYPKT |
| 0694 | | | | * | | | |
| 0695 | | | | * | | | |
| 0696 | 0534 | B6 | 02E4 | REGL | LDAA | DIGIND | |
| 0697 | 0537 | 85 | 20 | | BITA | #:20 | |
| 0698 | 0539 | 27 | 09 | | BEQ | REGL1 | EQ=EJ FÖRVÄRMNING |
| 0699 | 053B | 7F | 030C | | CLR | FORVM | |
| 0700 | 053E | 7C | 030C | | INC | FORVM | |
| 0701 | 0541 | 7E | 0568 | | JMP | REGL3 | |
| 0702 | 0544 | 85 | 01 | REGL1 | BITA | #1 | |
| 0703 | 0546 | 26 | 1D | | BNE | REGL2 | NE=OST |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|-------|------|---------|--------------------------------------|
| 0706 | 054E | 7F | 02DE | | CLR | U | |
| 0707 | 0551 | BD | 04CF | | JSR | PUTOUT | |
| 0708 | 0554 | 86 | 7F | | LDAA | #:7F | |
| 0709 | 0556 | B7 | 030E | | STAA | TOTPKT | REGLERING AVSTANGD |
| 0710 | 0559 | CE | 0000 | | LDX | #0 | |
| 0711 | 055C | FF | 02C4 | | STX | LASTI | ACKKULERAD ITEM |
| 0712 | 055F | FF | 02C6 | | STX | LASTI+2 | |
| 0713 | 0562 | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | |
| 0714 | 0565 | 7F | 030C | REGL2 | CLR | FORVM | =0ST |
| 0715 | 0568 | 7D | 030B | REGL3 | TST | PKTNO | |
| 0716 | 056B | 26 | 56 | | BNE | REGL6 | NE=EJ FÖRSTA PUNKTEN |
| 0717 | 056D | 7D | 030D | | TST | ERST | |
| 0718 | 0570 | 26 | 2A | | BNE | REGL4 | NE=INITIERING SKA EJ SKE |
| 0719 | 0572 | CE | 02FA | | LDX | #ELEMNO | |
| 0720 | 0575 | B6 | 02E4 | | LDAA | DIGIND | |
| 0721 | 0578 | 84 | 1E | | ANDA | #:1E | |
| 0722 | 057A | 44 | | | LSRA | | |
| 0723 | 057B | 81 | 0A | | CMPA | #10 | |
| 0724 | 057D | 2D | 03 | | BLT | RD | |
| 0725 | 057F | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | FÖR STORT KURVNR |
| 0726 | 0582 | BD | 0000 | RO | JSR | ADDXAX | |
| 0727 | 0585 | 6D | 00 | | TST | RD | |
| 0728 | 0587 | 26 | 03 | | BNE | R1 | NE=KURVA FINNES |
| 0729 | 0589 | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | |
| 0730 | 058C | B6 | 030E | R1 | LDAA | TOTPKT | |
| 0731 | 058F | 81 | 7F | | CMPA | #:7F | |
| 0732 | 0591 | 27 | 03 | | BEQ | INRG | EQ=INITIERING SKA SKE |
| 0733 | 0593 | 7E | 060F | | JMP | REGL9 | |
| 0734 | 0596 | BD | 044A | INRG | JSR | INITRG | |
| 0735 | 0599 | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | |
| 0736 | 059C | B6 | 02CA | REGL4 | LDAA | TAVBR | |
| 0737 | 059F | 81 | FF | | CMPA | #:FF | |
| 0738 | 05A1 | 27 | 17 | | BEQ | REGL5 | EQ=VANTETID UPPNADD |
| 0739 | 05A3 | 0F | | | SEI | | |
| 0740 | 05A4 | B6 | 02D2 | | LDAA | TEMP | |
| 0741 | 05A7 | F6 | 02D3 | | LDAB | TEMP+1 | |
| 0742 | 05AA | B7 | 02D4 | | STAA | Y | |
| 0743 | 05AD | F7 | 02D5 | | STAB | Y+1 | |
| 0744 | 05B0 | 0E | | | CLI | | |
| 0745 | 05B1 | 7F | 02DE | | CLR | U | =AVSTANGD |
| 0746 | 05B4 | BD | 04CF | | JSR | PUTOUT | |
| 0747 | 05B7 | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | |
| 0748 | 05BA | 7C | 030B | REGL5 | INC | PKTNO | |
| 0749 | 05BD | BD | 0374 | | JSR | NYPKT | |
| 0750 | 05C0 | 7E | 0629 | | JMP | REGEND | |
| 0751 | 05C3 | B6 | 02CA | REGL6 | LDAA | TAVBR | |
| 0752 | 05C6 | 81 | FF | | CMPA | #:FF | |
| 0753 | 05C8 | 27 | 35 | | BEQ | REGL8 | EQ=TIDEN TILL NASTA PKT UPPNADD |
| 0754 | 05CA | 7D | 030F | | TST | REGFL | |
| 0755 | 05CD | 27 | 5A | | BEQ | REGEND | EQ=EJ TID FÖR BER. AV U |
| 0756 | 05CF | 7F | 030F | | CLR | REGFL | |
| 0757 | 05D2 | BD | 000C | | JSR | FELSIG | |
| 0758 | 05D5 | BD | 00A5 | | JSR | UTSIG | |
| 0759 | 05D8 | 7D | 02DE | | TST | U | |
| 0760 | 05DB | 2B | 19 | | BMI | REGL7 | MI=U NEGATIV, SLA AV |
| 0761 | 05DD | 7D | 02D8 | | TST | YREF | |
| 0762 | 05E0 | 2B | 14 | | BMI | REGL7 | MI=FÖRSÖK ATT KÖRA OST>60 GRAD - OFF |
| 0763 | 05E2 | B6 | 02DE | | LDAA | U | |
| 0764 | 05E5 | F6 | 02DF | | LDAB | U+1 | |
| 0765 | 05E8 | 58 | | | ASLB | | |
| 0766 | 05E9 | 49 | | | ROLA | | SKIFTA UT TECKENBITEN |
| 0767 | 05EA | B7 | 02DE | | STAA | U | |

| LINE | LOC | INST | ADRS | LABEL | MNEM | OPERAND | COMMENT |
|------|------|------|------|-------|----------|---------|--------------------------|
| 0770 | 05F3 | 7E | 0629 | | JMP | REGEN | |
| 0771 | 05F6 | 7F | 02DE | REGL7 | CLR | U | SLA AV |
| 0772 | 05F9 | BD | 04CF | | JSR | PUTOUT | |
| 0773 | 05FC | 7E | 0629 | | JMP | REGEN | |
| 0774 | 05FF | 7C | 030B | REGL8 | INC | PKTNO | |
| 0775 | 0602 | 86 | 030B | | LDAA | PKTNO | |
| 0776 | 0605 | B1 | 030E | | CMPA | TOTPKT | |
| 0777 | 0608 | 27 | 05 | | BEQ | REGL9 | EQ=SISTA PUNKTEN UPPNADD |
| 0778 | 060A | BD | 0394 | | JSR | NYPKT | |
| 0779 | 060D | 20 | 1A | | BRA | REGEN | |
| 0780 | 060F | 7F | 030D | REGL9 | CLR | ERST | |
| 0781 | 0612 | 86 | FF | | LDAA | #:FF | |
| 0782 | 0614 | B7 | 030E | | STAA | TOTPKT | REGLERING KLAR |
| 0783 | 0617 | 7F | 02DE | | CLR | U | |
| 0784 | 061A | BD | 04CF | | JSR | PUTOUT | |
| 0785 | 061D | 7F | 030B | | CLR | PKTNO | |
| 0786 | 0620 | CE | 0000 | | LDX | #0 | |
| 0787 | 0623 | FF | 02C4 | | STX | LASTI | |
| 0788 | 0626 | FF | 02C6 | | STX | LASTI+2 | |
| 0789 | 0629 | 39 | | REGEN | RTS | | |
| 0790 | | | | * | | | |
| 0791 | | | | ***** | END REGL | ***** | |
| 0792 | | 0000 | | END | | | |

GOOD ERRORS

LITTERATURREFERENSER

PID-reglering, utkast 2, 801021, K J Åström

Teletransmissionsteori, tidsdiskreta kretsar, 1979,
Göran Salomonsson, Per Ola Börjesson, Olle Pahlm

Computer control theory, 1981, K J Åström, B Witten-
mark

Datablad och manualer på färdiga delar och kring-
utrustningar.