

Este exemplar corresponde a redação final.
Tese defendida por Boaventura Freire dos Reis
e Aprovado pela Comissão Julgadora
Campinas, 01 de julho de 1986
Omarildo dos Santos

DESENVOLVIMENTO DE UM MICROCOMPUTADOR
DEDICADO PARA CONTROLE E AQUISIÇÃO
DE DADOS EM TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA.

Boaventura Freire dos Reis

TESE DE DOUTORADO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE QUÍMICA

Boaventura Freire dos Reis

TESE DE DOUTORADO

Orientador: Prof. Dr. Oswaldo Espírito Santo Godinho

DESENVOLVIMENTO DE UM MICROCOMPUTADOR
DEDICADO PARA CONTROLE E AQUISIÇÃO
DE DADOS EM TITULAÇÃO POTENCIOMÉTRICA.

CAMPINAS -- SP

- 1986 -

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Oswaldo Espírito Santo Godinho que acreditou ser possível realizar um trabalho dessa natureza no Departamento de Química Analítica da UNICAMP.

Aos colegas Benedito Renê Fischer, Willian Ferreira da Costa e Jarbas José Rohwedder pela colaboração durante o desenvolvimento do equipamento e na fase de testes com titulação potenciométrica.

Aos Prof. Dr. Fernando Galembeck e Dr. Roy Edward Bruns, que através da SUBIN, proveram os recursos para aquisição do material necessário ao desenvolvimento do microcomputador.

Aos colegas da Seção de Radioquímica e Química Analítica do CENA, cujo apoio e incentivo esteve sempre presente.

Aos demais colegas que com sua amizade e apoio me ajudaram a realizar esse trabalho.

Ao CNPq e a FINEP pela ajuda financeira que tem prestado ao CENA, instituição a que pertencço e ao Instituto de Química da UNICAMP durante a realização desse trabalho.

RESUMO

Um microcomputador baseado no kit SDK-85 da Intel, foi desenvolvido para automatizar o processo de titulação potenciométrica. A capacidade do sistema foi aumentada de 2,256k de memórias para 16,5k e tendo sido incluído interface analógica/digital e demais periféricos necessários às funções de controle.

Com esse microcomputador é possível acessar 2 potenciômetros digitais e 4 analógicos. As 4 interfaces digitais são de uso geral e cobrem a faixa de $\pm 800\text{mV}$, sendo que as 2 interfaces digitais são específicas para os potenciômetros ORION modelos 701 e 701A.

Os volumes das alíquotas das soluções titulantes são previamente determinadas pelo operador e são adicionadas empregando um propulsor de fluidos. Para controlar o propulsor de fluidos e as demais etapas envolvidas na titulação potenciométrica, foi desenvolvido um "software", em assembler do microprocessador 8085, o qual inclui também, rotinas para transferência de dados para um computador CP 500.

O sistema de automação foi testado, titulando-se misturas de ácidos acético e clorídrico com hidróxido de sódio.

O sistema proposto apresenta uma boa precisão (r.s.d. $< 0,5\%$) para os volumes de equivalência, sendo que o valor do pKa encontrado apresenta boa concordância com os valores da literatura.

SUMMARY

A microcomputer based on a SDK-85 kit from INTEL was developed to automate potentiometric titrations. To improve the capacity of the system, the memory was expanded from 2,256 to 16,5 kbytes, and analogic/digital interfacing and other peripheral devices were included.

With this microcomputer, it is possible to access 2 digital and 4 analogic potentiometers. The 4 general purpose analogic interfaces cover the range from -800 to + 800mV, and the digital interfaces were made specific for the 701 and 701A ORION potentiometers.

The aliquots of the titration solutions, previously defined by the operator, are added employing a fluid propelling. To control the fluid propelling and all the other steps involved in the potentiometric titrations, a software was developed in the 8085 assemble language. This software includes routines for data transference to a personal CP-500 microcomputer.

The automated potentiometric titration system was tested to analyse samples containing mistures of hydrochloric and acetic acids, the titrations being carried out with sodium hidroxide solutions.

The proposed system is chacterized by good precision (r.s.d. < 0,5%) and accuracy. The pKa values found compare well with the literature data.

LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág</u>
1. Diagrama de bloco do microcomputador.....	06
2. Esquema do Kit SDK-85	07
3. Esquema do decodificador de teclado do Kit SDK-85	08
4. Matriz do teclado	09
5. Desmultiplexação e buffer dos dutos de endereços e dados. 11	11
6. Expansão das memórias de usuário	13
7. Expansão para usar as linhas disponíveis do decodificador de endereços A_4	15
8. Esquema da interface analógica/digital	17
9. Fonte de alimentação	20
10. Vista superior do módulo de propulsão das soluções titu- lantes	22
11. Esquema da fonte de alimentação e dos controles do módu- lo de propulsão	24
12. Diagrama do comutador	25
13. Fluxograma do "software" básico núcleo I	37
14. Fluxograma do "software" básico núcleo 2.....	38
15. Diagrama da conexão do comutador com as celas de titula- ção e com os reservatórios das soluções titulantes	84
16. Gran Plot - titulação de ácido clorídrico com hidróxido de sódio	95

LISTA DE TABELAS

	<u>Pág</u>
1. Parâmetros de controle do "software"	32
2. Testes de estabilidade da interface analógica/digital...	39
3. Testes de reprodutibilidade do módulo de propulsão de fluidos	92
4. Titulação de uma solução de ácido clorídrico com hidróxi do de sódio	96
5. Titulação de misturas de ácidos com hidróxido de sódio .	98

Í N D I C E

	<u>Pág.</u>
1. INTRODUÇÃO	01
2. Desenvolvimento do "hardware" e do "software" do micro-computador "SACI"	05
3. Desenvolvimento dos módulos de propulsão de fluidos e de comutação	21
4. Material	29
5. Desenvolvimento do "software" de controle e aquisição de dados	30
6. Listagem do "software" para aquisição de dados pelo microcomputador "SACI"	42
7. Operação do módulo de propulsão de fluidos e do micro-computador "SACI"	83
8. Verificação da estabilidade da interface analógica/digital e do módulo de propulsão das soluções titulantes ..	88
9. Titulação de soluções de ácido com hidróxido de sódio .	94
10. Discussão e conclusão	101
11. Bibliografia	108

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A titulação ácido-base é, talvez, um dos processos analíticos mais simples, quando as características físico-químicas das espécies tituladas possibilitam que se identifique, com segurança, o ponto final da titulação. Entretanto muitas vezes em pesquisa e em rotina de laboratório, precisamos determinar a concentração de componentes individuais em misturas de ácidos, as quais nem sempre apresentam uma curva de titulação com inflexões bem definidas (1). Casos semelhantes também acontecem quando se necessita titular soluções de ácidos e bases fracas, ou mesmo soluções muito diluídas de ácido ou base forte. Porém a disponibilidade de computadores, hoje existentes, nas universidades e nos institutos de pesquisa, tem favorecido o surgimento de muitas propostas de soluções matemáticas, para resolver misturas de ácidos, bem como determinar outros parâmetros de interesse analítico (2,3,4,5,6,7,8,9). Essas propostas de soluções matemáticas, dependendo dos parâmetros que se pretende determinar, necessitam de um grande número de dados em cada titulação. A fonte dos mesmos tem sido, na maioria dos casos, a titulação potenciométrica, realizada ponto a ponto, que é um processo intrinsecamente moroso, por tanto envolvendo uma considerável demanda de tempo para obtê-los.

Muitas propostas de automação do processo de titulação potenciométrica tem sido publicados (10,11,12,13, 14 , 15), as quais empregam recursos de informática, sendo que na maioria dos casos, tais dispositivos são apresentados em diagramas de blocos, onde muito pouca informação é fornecida sobre o "hardware" dos mesmos, bem como sobre os "software" que os controlam. Além disso muitos desses equipamentos são máquinas dedicadas, criadas para resolver uma tarefa específica, não se adaptando, portanto, para solução de tarefas distintas.

Em vista do exposto não resta aos pesquisadores com interesse nessa área, outro caminho se não adquirir conhecimento básico de eletrônica digital e desenvolver o seu próprio sistema de automação.

Tendo como objetivo liberar o pesquisador da massante tarefa, que é, adicionar titulantes e anotar números, desenvolveu-se um equipamento baseado em microprocessador, para controle e aquisição de dados em titulação potenciométrica. O mesmo pode ser considerado um microcomputador, tendo como unidade central de processamento (CPU), o microprocessador 8085 da Intel e foi desenvolvido a partir do kit SDK-85 do mesmo fabricante.

Empreendeu-se então, o desenvolvimento do "hardware", abrangendo expansão de memórias, portas de comunicação paralela, interfaces digitais e analógicas para acoplamento dos potenciômetros, interface serial para transferência de dados para um computador CP500. Também foram providenciados circuitos de controle para acionar dispositivos externos, tais como os solenóides do módulo de comutação e o motor do módulo de propulsão.

Desenvolveu-se também uma unidade para adição de titulantes às celas de titulação, sendo a mesma composta por um módulo de propulsão de fluídos e um módulo de comutação.

O módulo de propulsão de fluidos pode ser uma bomba peristáltica ou um sistema composto por um conjunto de seringas, desenvolvido para esse fim, o qual tem seu funcionamento controlado pelo microcomputador. O módulo de comutação é comum a qualquer um dos dois módulos de propulsão de fluídos, e é também controlado pelo microcomputador.

O módulo de comutação atua na definição dos volumes das alíquotas das soluções titulantes, a serem liberadas em cada cela de titulação, quando se está empregando bomba peristáltica para movimentar as soluções titulantes. Entretanto se o propulsor de fluídos que estiver sendo empregado, for o módulo de seringas, o comutador, sob o controle do microcomputador, cria os meios para liberar as alíquotas das soluções titulantes às respectivas celas de titulação e recarregar as seringas para o próximo ciclo de adição.

Em grande parte o desempenho de um microcomputador, semelhante a esse, como máquina dedicada depende do "software" que o controla. Levando-se em conta o "hardware" do mesmo e as características dos equipamentos a serem monitorados, desenvolveu-se o "software" para que o microcomputador em apreço, atue na adição das soluções titulantes às celas de titulação e na leitura dos potenciômetros.

O microcomputador em questão foi desenvolvido para monitorar dois potenciômetros com saídas digitais e quatro

saídas analógicas. As interfaces digitais são específicas para os potenciômetros ORION modelos 701 e 701A, enquanto que as interfaces analógicas, idênticas entre si, são de uso geral e cobrem a faixa de diferenças de potenciais entre ± 800 mv.

O usuário pode decidir por "software" quais os potenciômetros que serão monitorados, habilitando ou não a respectiva entrada. Pode também estabelecer entre 01 e 45 o número de leituras a serem feitas em cada potenciômetro, para cada alíquota de solução titulante adicionada à cela de titulação, e o dado expresso, é a média das leituras correspondentes.

Para se colocar esse microcomputador em operação, é necessário apenas introduzir-se, via teclado, os parâmetros de controle do "software" e o comando de inicialização. Assim os usuários que não desejarem adquirir conhecimento do "hardware" e do "software" do mesmo, poderão operá-lo sem nenhuma dificuldade, sem que o microcomputador perca sua eficiência como máquina dedicada. Entretanto aqueles que desejarem ou necessitam, poderão elaborar outros programas em linguagem de máquina, aproveitando as facilidades do monitor residente.

CAPÍTULO II

DESENVOLVIMENTO DO "HARDWARE" DO MICROCOMPUTADOR SADI.

O microcomputador cujo diagrama de blocos é mostrado na figura 1, foi desenvolvido a partir do kit SDK-85 da Intel, o qual é baseado no microprocessador 8085 do mesmo fabricante. Compõe este KIT, além da placa de circuito impresso, a unidade central de processamento (CPU), 2K de memórias apenas de leitura (ROM), na qual está gravado o monitor residente, 512 "bytes" de memórias de usuário (RAM), 6 portas programáveis de 8 bits cada e 2 de 6, 2 timers programáveis de 14 bits cada, teclado de 24 teclas e "display" de LEDs de 6 dígitos, sendo que a fiação do mesmo é mostrada nas figuras 2, 3 e 4.

Esta é a configuração de um sistema mínimo, sendo com ele possível desenvolver programas em linguagem de máquina (base hexadecimal), usando as facilidades do monitor residente, bem como implementar algum tipo de controle externo, através das portas de entrada e saída (E/S) disponíveis, desde que se façam as interfaces necessárias.

O microprocessador 8085 endereça periféricos com 16 bits e manipula dados com 8 bits, porém o seu barramento é composto, apenas, pelos dutos de endereços e de controle, não tendo portanto, um duto específico para dados (16,17). Isso é possível porque este microprocessador, multiplexa os dutos de endereços e de dados, o que torna possível a movimentação de dados en

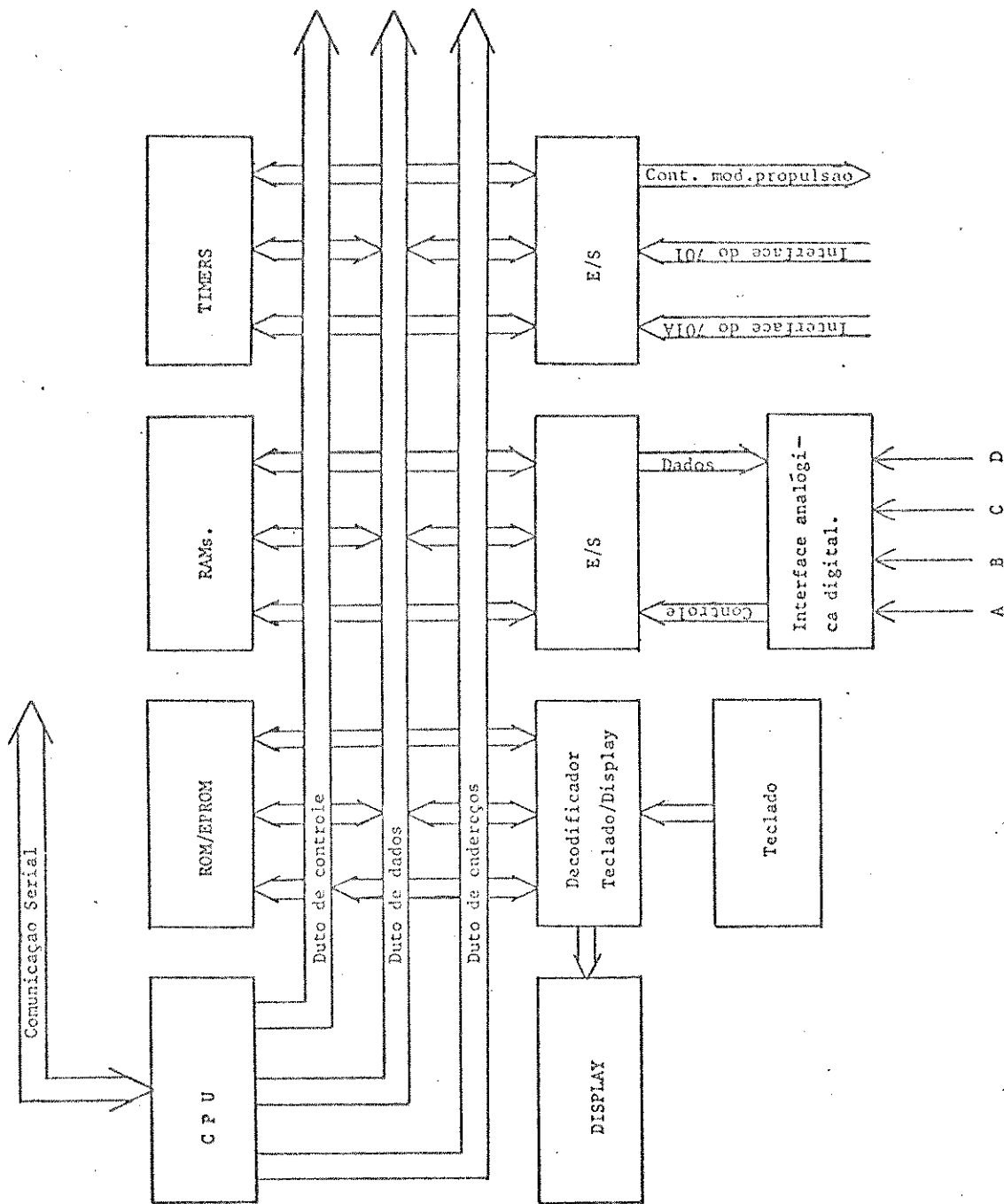


Figura 1. Diagrama de blocos do microcomputador. E/S portas programáveis, A, B, C e D são as entradas dos potenciômetros analógicos. CPU microprocessador 8085, ROM/EPROMs 6k bytes com sistema operacional e o software de controle e aquisição de dados, RAMs 10,5Kbytes de memórias de usuário - TIMERS 5 timers programáveis, 2 de 14 bits e 3 de 16.

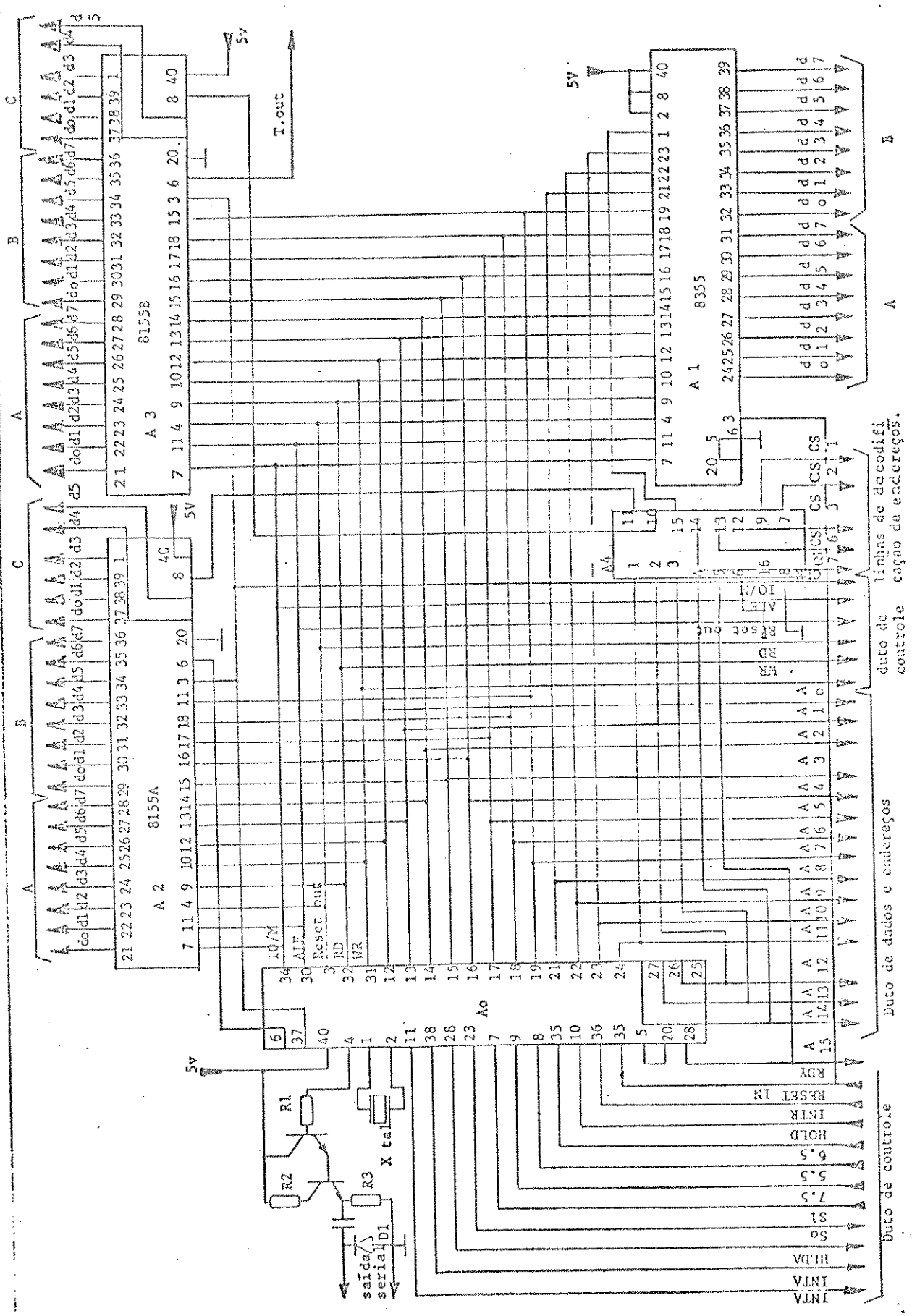
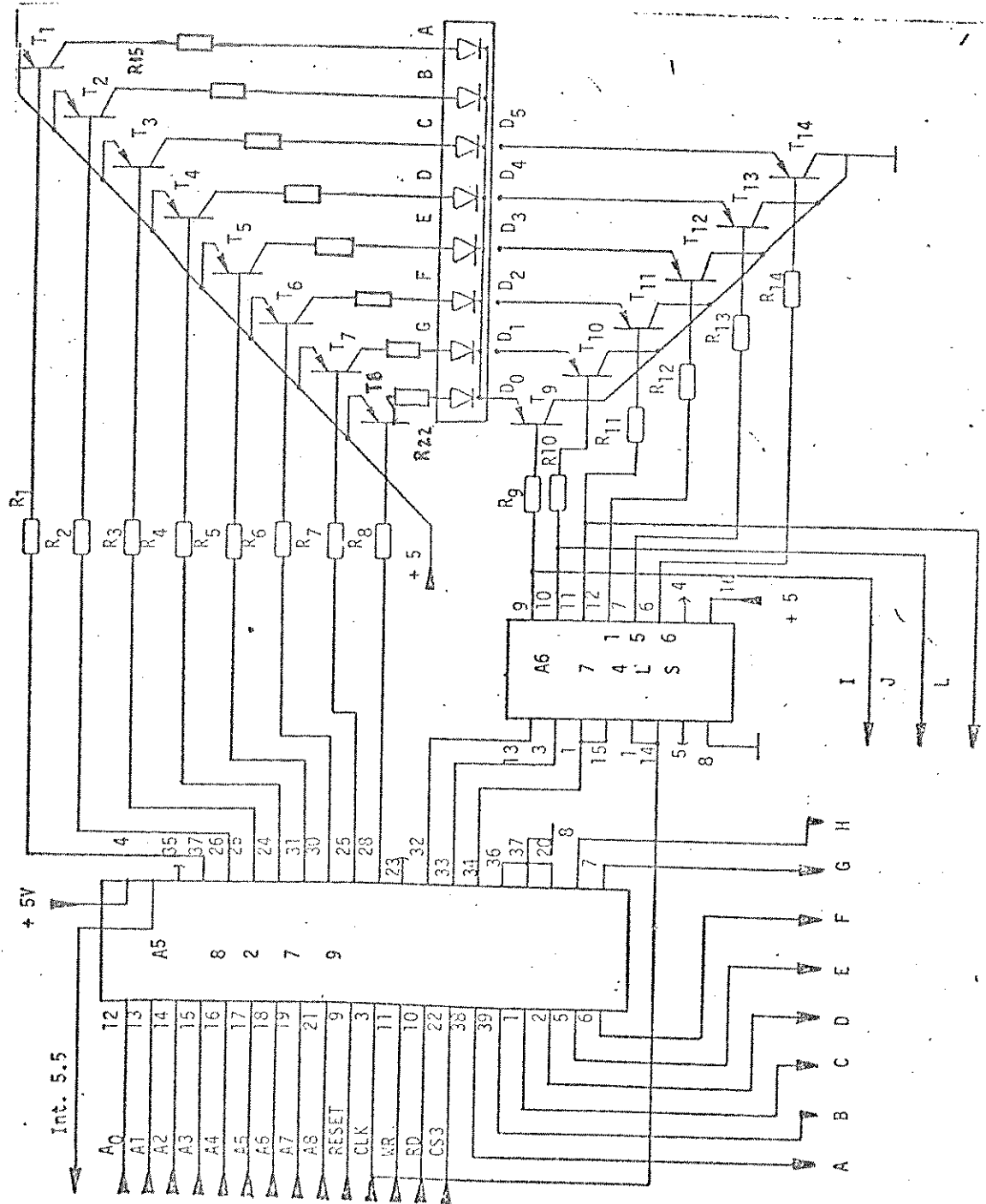


Figura 2. Esquema de parte do Kit SDK-95, A0 CPU 8085, A4 decodificador de endereços, A1 ROM 2 K bytes e 2 portas E/S de 8 bits, A2 e A3 RAMs 256 bytes, 2 portas E/S de 8 bytes cada e 2 de 6, 2 timers programáveis de 14 bits, T.out saída do timer de A3, R1, 1K, R2, 22 e R3 470hm, 1/4 W, C 100 microf., D1 diodo retif., D1 diodo retif., D1 diodo retif. 1A, os 2 transistores BC 337, X tal

Figura 3. Esquema de decodifica-
dor de teclado do Kit
SDK-85. As linhas A,
B,..... J e L são
conectadas à matriz
de teclado. D0, D1,...
D5 são os dígitos de
LEDs que formam o dis-
play. R₁, R₂ R₈
3K, R₉, R₁₀..... R₁₄
270 , R₁₅, R₁₆,
R₂₂, 22 Ohm e 1/4W.



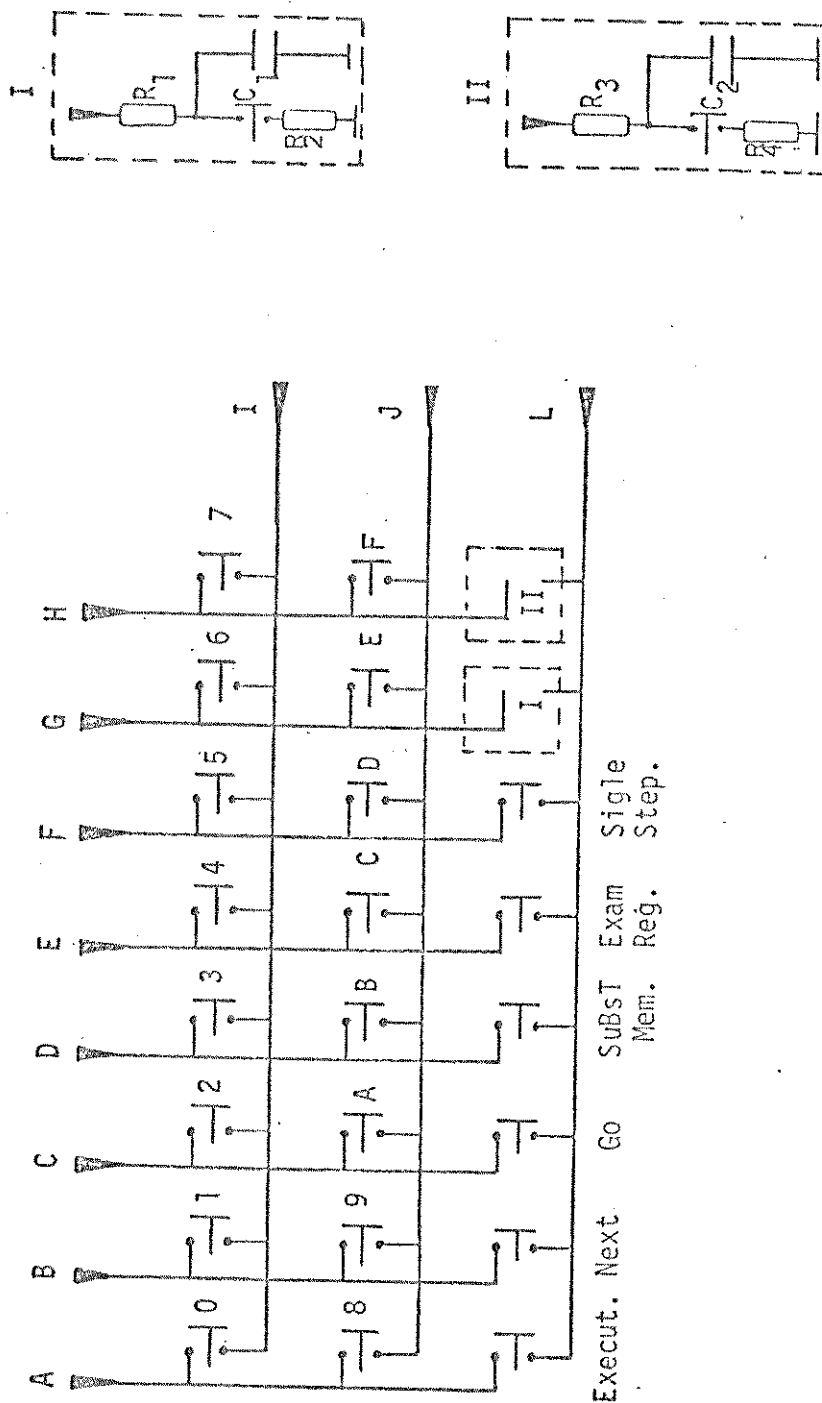


Figura 4. Matriz de teclado. As 24 teclas são do tipo normalmente abertas, as linhas - A, B, ..., J e L são conectadas as - correspondentes da figura 3, I Reset, II Int.Vetor. R1 47k, R2 1k, R3 200 e R4 3k9 Ohm e 1/2 W, C1 1 e C2 0,1 microf.

tre a CPU e os periféricos, usando as 8 linhas menos significativas de duto de endereços.

Por causa do barramento multiplexado, somente circuitos integrados que também possuam essa característica, podem ser acoplados diretamente ao microprocessador 8085, como é o caso dos componentes A1, A2, A3 e A5, os quais compoem o sistema mínimo. Há, entretanto, muitos periféricos (circuitos integrados) necessários à expansão do sistema, que não possuem dutos de endereços e dados multiplexados, sendo portanto necessário que se proceda a desmultiplexação dos mesmos (17, 18).

A fiação para desmultiplexar os dutos de endereços e dados, faz parte da placa do kit SDK-85, sendo necessário, apenas, que se solde os componentes. A corrente fornecida em cada linha do barramento da CPU, é suficiente para excitar somente uma carga TTL (16, 17) portanto além da desmultiplexação (separação do duto de dados do duto de endereços), "buffers" foram instalados na área de expansão do kit, figura 5, para aumentar a capacidade de corrente de todo o barramento do microcomputador.

É através dessa interface formada pelos CIs A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A14 e A15 que o microprocessador se comunica com parte dos dispositivos acoplados ao seu barramento. A lógica de controle dessa interface foi arranjada de modo que ela somente pode ser habilitada para os endereços compreendidos entre 32k e 64k. Através da emissão dos sinais de controle, a CPU ativa o "latch" da porta A12, que executa a desmultiplexação dos dutos de dados e endereços e também posiciona o "buffer" do duto de dados (A10, A11) como entrada ou saída nas instruções de

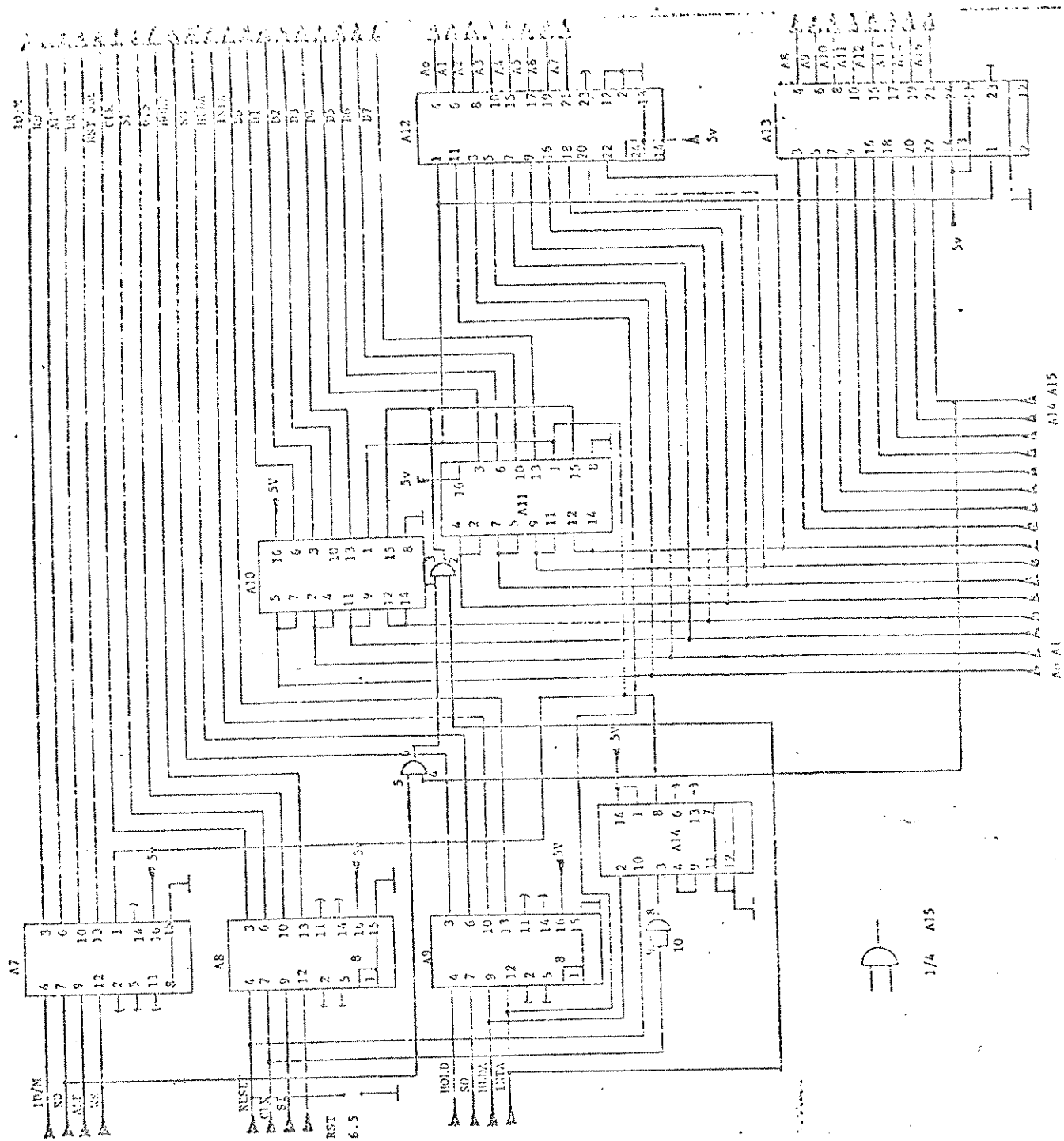


Figura 5. Desmultiplexação e buffer dos dutos de endereços e dados. A7, A8, A9, A10 e A11 são 8216, A12 e A13 são 8212, A14 e A15 são TTL 74LS74 e 74LS00 respectivamente. As setas entrando significam - conexão ao barramento da CPU, figura 2, e as setas saindo formam - os dutos de dados, endereços e controle para conexão dos periféricos de expansão.

leitura ou de escrita. A mesma lógica de controle possibilita que a CPU coloque os circuitos integrados A7, A10, A11, A12 e A13 em estado de alta impedância (tri-state), durante uma imposição externa dos sinais de RESET ou HOLD.

A disponibilidade de memórias de usuário (RAMs) no sistema mínimo é somente 512 "bytes", portanto insuficiente para guardar os dados das leituras dos potenciômetros durante as titulações. Para suprir essa carência, instalou-se na área de expansão 8k "bytes" de memórias de usuários, segundo o esquema da figura 6.

O microprocessador 8085 é uma máquina sequencial e assim sendo somente pode acessar um periférico por vez, porém tal como em outros sistemas semelhantes (19, 20, 21), os dispositivos que compõem o microcomputador, compartilham os mesmos dutos de dados, de endereços e de controle, figuras 2, 3, 4 e 6. Em vista disso é necessário o emprego de decodificadores de endereços, tais como os CIs A4 e A16, para selecionar individualmente cada periférico, de acordo com o endereço emitido pelo microprocessador.

No sistema mínimo, figuras 2 e 3, a lógica de controle do decodificador A4, foi arranjado de modo que cada linha de saída do decodificador, seleciona um espaço de 2k localidades, cobrindo os endereços de zero a 16k (0000 H a 4000 H).

O sistema mínimo tem somente 4 periféricos endereçáveis A1, A2, A3 e A4, havendo portanto 4 linhas decodificadas CS1, CS2, CS6 e CS7 disponíveis, mas para que se possa aproveitá-las em periféricos comuns, é necessário desmultiplexar os dutos de endereços e dados, para os endereços de zero a 32k, o

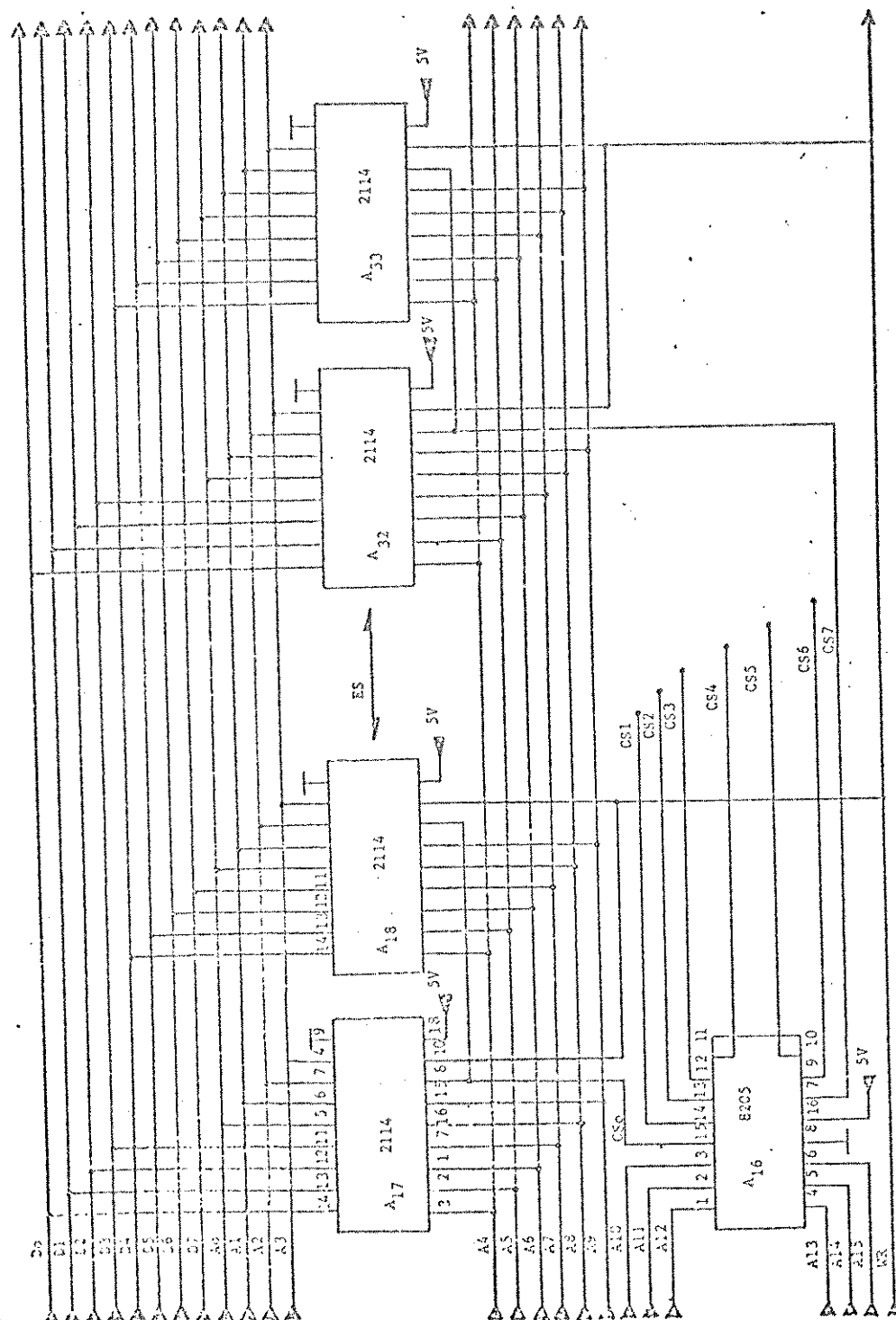


Figura 6. Expansão de memórias de usuário, 8k bytes de RAMs. Cada par de CIs, A17 A18, A19 A20, . . ., A32 A33, formam 1k byte de memórias, e as linhas CS1, CS2, . . ., CS6 do decodificador de endereços A16, habilitam os pares de CIs que ocupam o espaço ES.

que é feito por B0 , figura 7. Conforme mostra essa figura as quatro linhas restantes do decodificador A₄ (CS1, CS4, CS6 e CS7) , são empregados para selecionar os CIs A34, A35, A36 e A44. Os CIs A35 e A34 são memórias EPROM e estão gravadas com o software de controle e aquisição de dados e cobrem os endereços de 0800H a 17FFH. Os CIs A38 e A39 formam a lógica de controle para habilitar os pedidos de interrupção feitos pelo "timer" To de A37 e os feitos externamente pelo módulo de propulsão de fluidos, o qual será abordado no capítulo III.

O CI A37 possui 3 "timers" programáveis de 16 bits, e são usados somente os "timers" Ti e To, sendo que a entrada de T1 está acoplada a saída do "timer" de A3, na saída dele está a entrada de To, conforme é mostrado na figura 7. O endereçamento desse CI não segue o padrão de usar linhas decodificadas, emprega as linhas de endereços A12, A13, A14 e A15 e uma porta NAND para fazer a lógica de seleção do mesmo. É um modo de endereçamento somente possível, se houver um longo espaço de endereços disponíveis como é o caso do SACI, que dos 64K endereços que ele pode acessar, somente 24K estão ocupados. O arranjo feito para acessar as 4 locações endereçáveis de A₃₇, figura 7, abrangem os endereços de C000 H a FFFF H, cobrindo portanto um espaço de 16K.

O microcomputador cujo projeto de "hardware" estamos descrevendo, foi concebido para monitorar 6 potenciômetros, sendo dois com saídas digitais e quatro com saídas analógicas. As interfaces digitais são específicas para os potenciômetros ORION modelos 701 e 701A. Tendo em vista que as saídas digitais desses potenciômetros, são compatíveis com o padrão TTL e os dados são

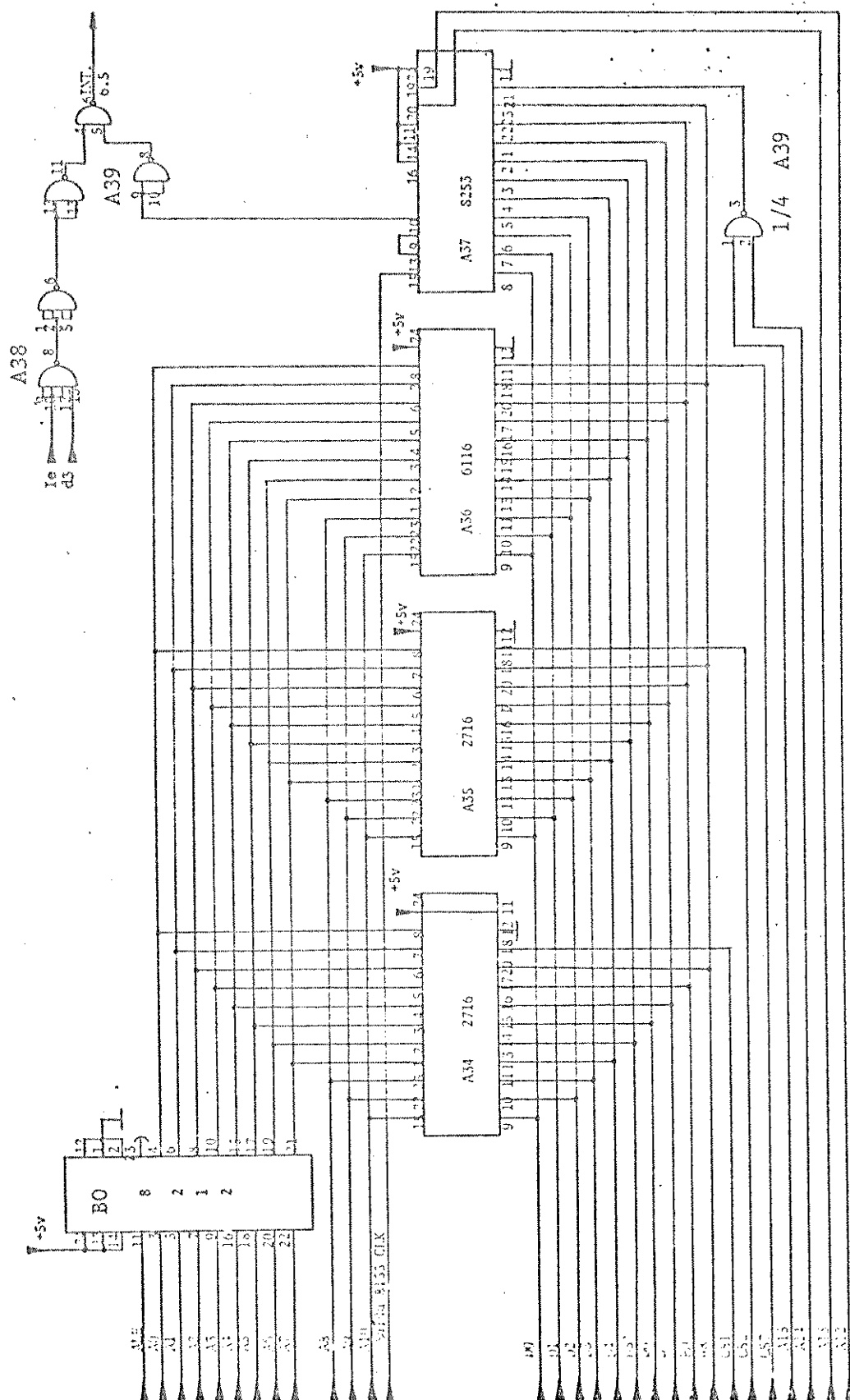


Figura 7. Expansão para usar as linhas disponíveis do decodificador de endereços A4. O CI BO desmultiplexa os dutos de endereços e dados, A34 e A35 são EPROMs gravadas com software de controle e aquisição de dados, A37 3 timers programáveis de 16 bits cada, Ie entrada dos pedidos externos de interrupção e d3 entrada de habilitação de A38. A38 74LS13 e A39 74LS00.

fornecidos no código BCD, então as respectivas interfaces são formadas, apenas, pelos conectores e por um cabo multiveias, sendo o acoplamento de ambos feito através das portas indicadas nas figuras 1 e 2.

Quanto aos quatro potenciômetros com saídas apenas analógicas, os mesmos são monitorados através das respectivas saídas para registrador potenciométrico, tendo-se para esse fim, desenvolvido uma interface analógica/digital, cujo esquema é mostrado na figura 8.

O conversor analógico/digital A41, que é o núcleo básico da interface A/D, apresenta resolução de 1:2000, indicação de polaridade e ultrapassagem de fundo de escala, apresentando a saída digital codificada para "display" de 7 segmentos, sendo portanto necessário passar o dado para o código BCD. Através da malha formada por R17 e C7, ele gera um "clock" de 48KHz, o que lhe dá uma taxa de 3 conversões por segundo (22). O fundo de escala foi ajustado para $\pm 199,9\text{mv}$ e como os sinais elétricos a serem medidos, cobrem uma faixa de diferença de potenciais mais ampla que o fundo de escala estabelecido, foi incorporado entre a malha de amplificação e a entrada do conversor A/D, um preciso divisor de tensão, formado pelos resistores R9, R10 e R11, cobrindo os fundos de escala de $\pm 200,0$, $\pm 400,0$ e $\pm 800,0$ mv. O microcomputador seleciona por "software" o fundo de escala adequado, ativando, por meio dos bits d0 e d1 de A2, as entradas de A42 indicadas para esse fim na figura 8. Os quatro potenciômetros analógicos estão acoplados à mesma interface analógica/digital, através do multiplexador, figura 8, e seguindo as diretrizes estabelecidas no "software", o microcomputador seleciona cada um deles

habilitando a respectiva entrada através dos bits d2, d3 e d4 de A3.

Os CIs A2 e A3 possuem cada um 256 "bytes" de memórias RAMs, um "timer" programável de 14 bits, duas portas programáveis de 8 bits e duas de 6, sendo que nas figuras 1 e 2, está especificado o uso de cada porta. O "timer" de A2 que faz parte do "hardware" do sistema mínimo, é usado pelo programa monitor, não estando, em vista disso, disponível para qualquer tipo de aplicação. O "timer" de A3 e os "timers" T1 e T0 de A37, foram acoplados em cascata, formando assim uma cadeia de divisores. A frequência de clock da CPU (3,072MHz) é dividida pelo "timer" de A3, é por sua vez dividida por T1, sendo o resultado também dividido por T0, o qual gera, no final do ciclo de contagem, um pedido de interrupção à CPU. O tipo de sinal gerado pelos 3 "timers" bem como o número pelo qual será dividida a frequência de entrada de cada um, serão definidos por "software", o que proporciona uma grande maleabilidade nas funções de controle que se pretende implementar.

A saída do "timer" T0, figura 7, está acoplada à linha de pedidos de interrupção à CPU, e o mesmo é programado para no final da contagem do número de pulsos programados, colocar sua saída em nível lógico alto. Isso fará o microprocessador interromper a execução do programa corrente e atender a rotina específica para o caso. Existe também a necessidade de um dispositivo externo solicitar um pedido de interrupção à CPU, o que pode ser feito através de A38, o qual tem como função adequar o sinal do pedido externo de interrupção ao padrão TTL, bem como permitir que através do bit d3 da porta C da A3, a CPU em função

da etapa do "software" que estiver executando, habilite a chegada até ela, dos pedidos externos de interrupção. Essa habilitação é feita por "software", e é necessária, pois devido a configuração do "hardware" proposto, o microprocessador não discrimina entre dois pedidos simultâneos de interrupção. Assim sendo, o "software" foi escrito de modo que a CPU somente habilitará A38 para transmitir os pedidos externos de interrupção, após ter desabilitado o "timer" T0 de A37.

Uma vez terminada as titulações programadas os dados podem ser transferidos, serialmente, para um computador CP 500, através da saída SOD (serial output data) do microprocessador, figuras 1 e 2, empregando as subrotinas desenvolvidas para esse fim. O acoplamento ao CP 500 é feito por meio de um cabo blindado, conectado à entrada de cassete do mesmo.

Para alimentar esse microcomputador, é necessário uma fonte de corrente de 3A, estabilizada em 5V. Adotou-se então a fonte baseada no regulador de tensão LM 317, o qual em conjunto com os transistores 2N 2905 e 2N 3055, forma uma fonte regulável no intervalo de 1,25 a 30V. Para minimizar os problemas relativos a dissipação térmica visto que não usamos ventilação estabilizou-se a mesma em 10V. Dividiu-se a placa em 4 blocos sendo cada um alimentado por regulador de tensão 7805, os quais fornecem 5V estabilizados a partir da tensão de 10V, além de possuírem proteção contra curto circuito, propriedade que não possui uma fonte baseada exclusivamente no regulador LM 317.

A tensão negativa é necessária para polarizar os circuitos integrados A38, A39, A40 e A41 que compoem a interface analógica/digital.

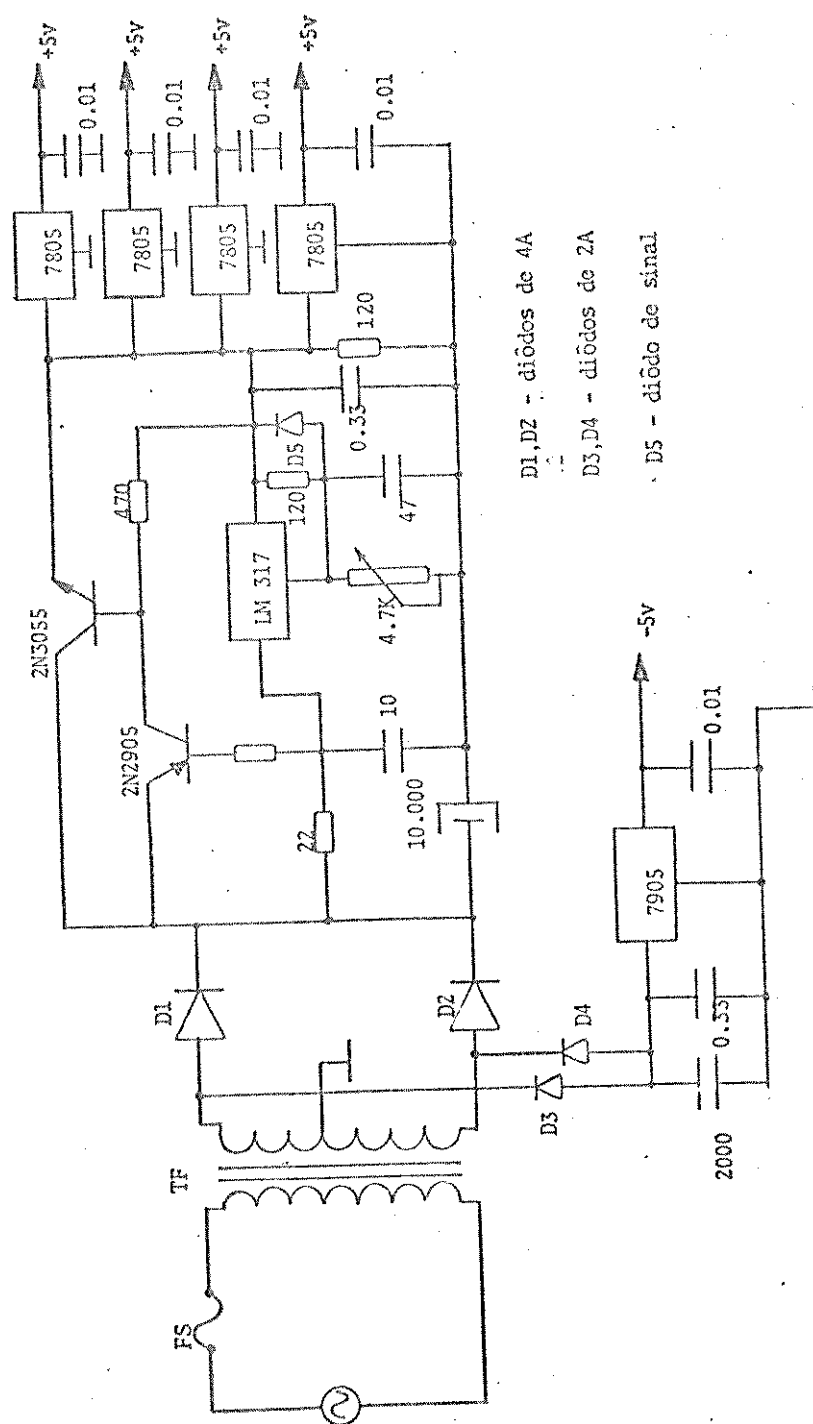


Figura 9. Fonte de alimentação. Os capacitores são em microfarads e os resistores em Ohm.
 TF transformador com secundário de 12 + 12V e 5A e FS - fusível para 0,5A.

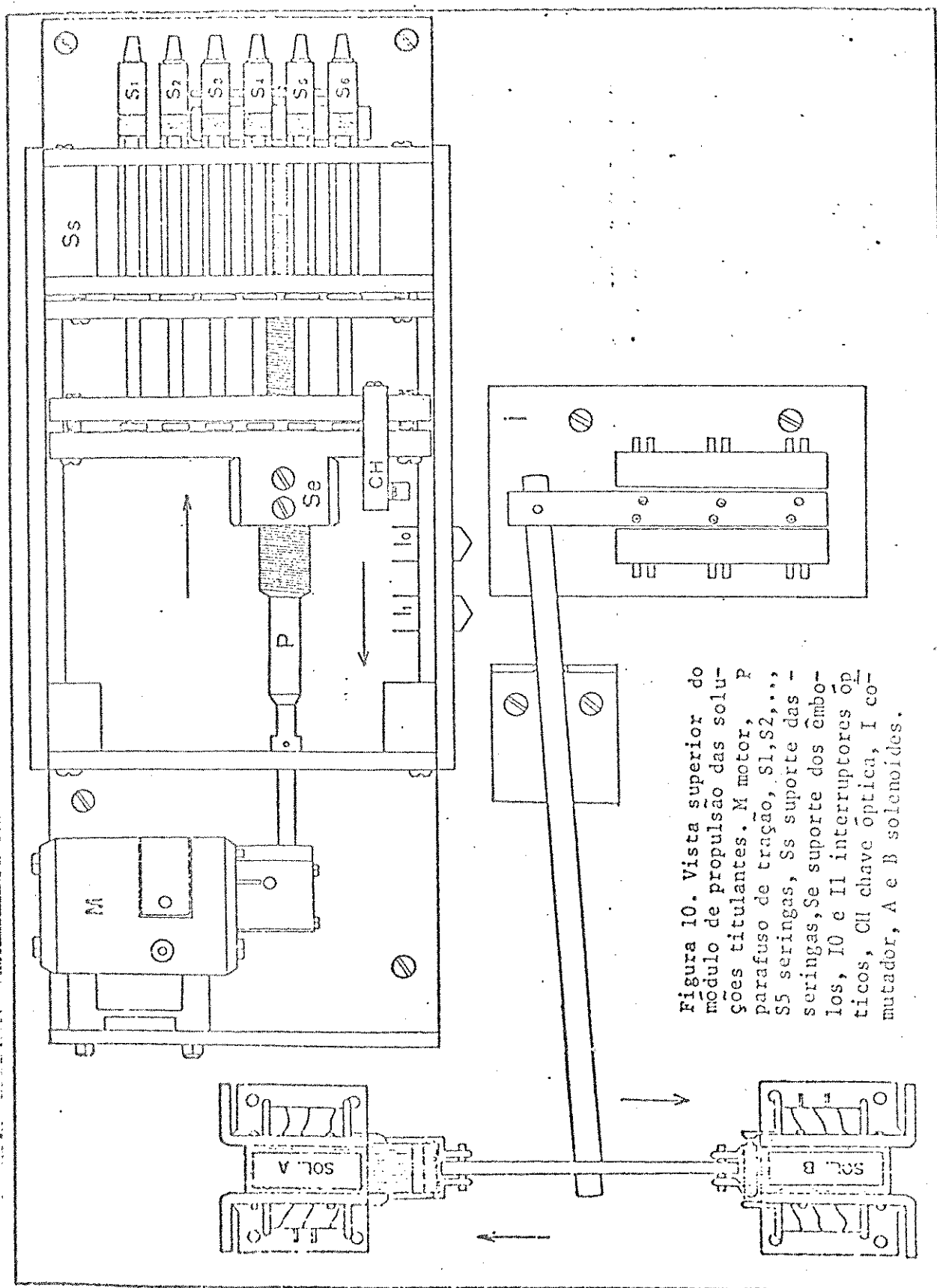
CAPÍTULO III

DESENVOLVIMENTO DOS MÓDULOS DE PROPULSÃO DE FLUÍDOS E DE COMUTAÇÃO

Para adicionar as alíquotas das soluções titulantes às respectivas celas de titulação, desenvolveu-se a unidade propulsora de fluidos mostrada na figura 10. A fonte de força mecânica é um motor de corrente contínua de 18W e com redução para 26 RPM, sendo o sentido de rotação determinado pelo microcomputador, em função dos parâmetros de controle do "software", o qual também determina o início e o fim do ciclo de adição dos titulantes. O SACI controla o módulo de propulsão das soluções titulantes, através dos bits d4 e d5 da porta C de A2, segundo o esquema da figura 11.

Como elementos propulsores das soluções titulantes, adotaram-se seringas de plástico, as quais são presas a um suporte feito de acrílico. Os êmbolos das mesmas são acoplados, através do seu suporte, a porca do parafuso de tração, e assim à medida que o motor faz o parafuso girar, a porca arrasta os êmbolos das seringas com ela.

O conjunto foi montado sobre uma prancha de madeira de 50 x 30 x 5cm, a qual também serve de base para o módulo de comutação (injetor e solenóides). A transmissão de força do motor aos elementos propulsores de fluidos (seringas), é feito através do parafuso de tração acoplado ao eixo do motor, o qual



é feito de latão e fixado à base por meio de um mancal com rolamento.

O parafuso de transmissão de força (ou tração) tem rosca com passo de 1mm, assim a cada volta do motor os êmbolos das seringas são deslocados 1mm, para frente ou para trás, dependendo do sentido de rotação, a qual é controlada pelo microcomputador segundo o esquema da figura 11.

Os volumes das alíquotas das soluções titulantes, a serem liberadas em cada ciclo de adição, é determinado pelo espaço compreendido entre IO e I1. Esse espaço pode ser variado de 2 em 2mm e desse modo seleciona-se por "hardware", os volumes das alíquotas das soluções titulantes.

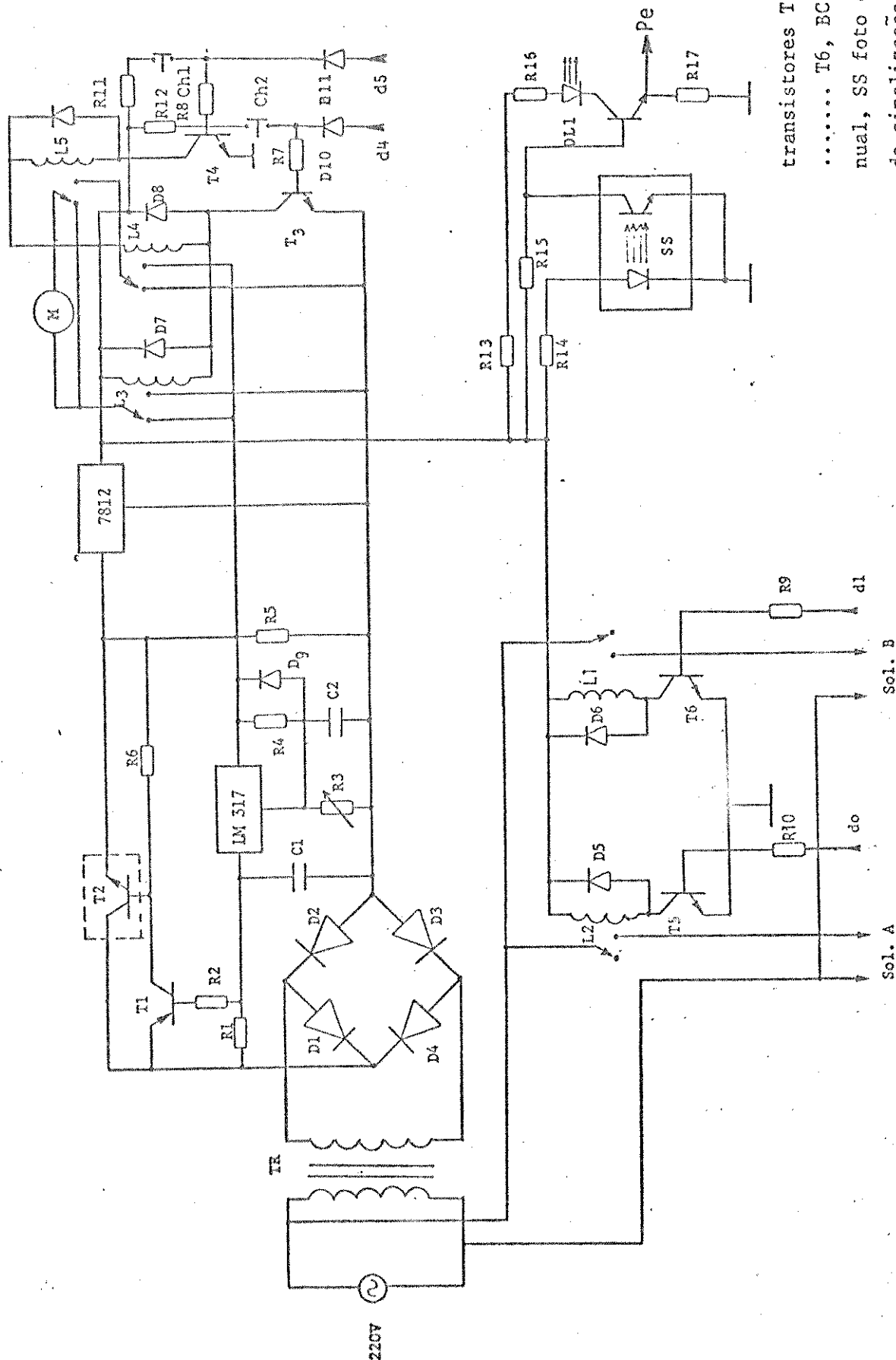
A chave CH acoplada ao suporte dos êmbolos das seringas, que é a parte móvel do propulsor de fluidos, é formada por um diodo foto-emissor de infravermelho e por um transistor foto-sensor, também específico para infravermelho. Quando o feixe de radiação é interrompido por IO ou I1, um sinal de nível TTL é enviado ao SACI através da linha de pedido externo de interrupção, figura 7 e 11.

O comutador, figuras 10 e 12, é semelhante aos empregados em sistemas de análise química em fluxo contínuo (23,24,25), e tem como função nesse projeto comutar os dutos que formam o diagrama de fluxo, provendo assim, o acoplamento das seringas ora com os reservatórios das soluções titulantes, ora com as celas de titulação, sendo que a sequência e a duração do comutador em cada estado de repouso, é determinada pelo microcomputa

Figura 11.

Esquema da fonte de alimentação e dos controles do duto de propulsão e do controlador. Tr transf. c/se dário de 24V e 2A, D1, D4 diodos p/ 2A, D5, D9 diodos p/ 1A, R1 22 R2 4K7, R4 120, R5 100, 470, 1W, R3 4K7 Trimpot R10 2K2, R13 e R1K, R15 100K, R16 e R17 330 Ohm e 114W, L1, L5 relês c/ bobinas para 12V e contatos p/ 10A. 2200, C2 10 microf., A B saídas p/ solenóides, e d1 são conectados à porta C de A2 nectados à porta C de A2

transistores T1 2N 2907, T2 2N 3055, T3 T6, BC 547, ch1 e ch2 controle nual, SS foto emissor/sensor e DL 1, LEI de sinalização, PE pedidos de interrupçã



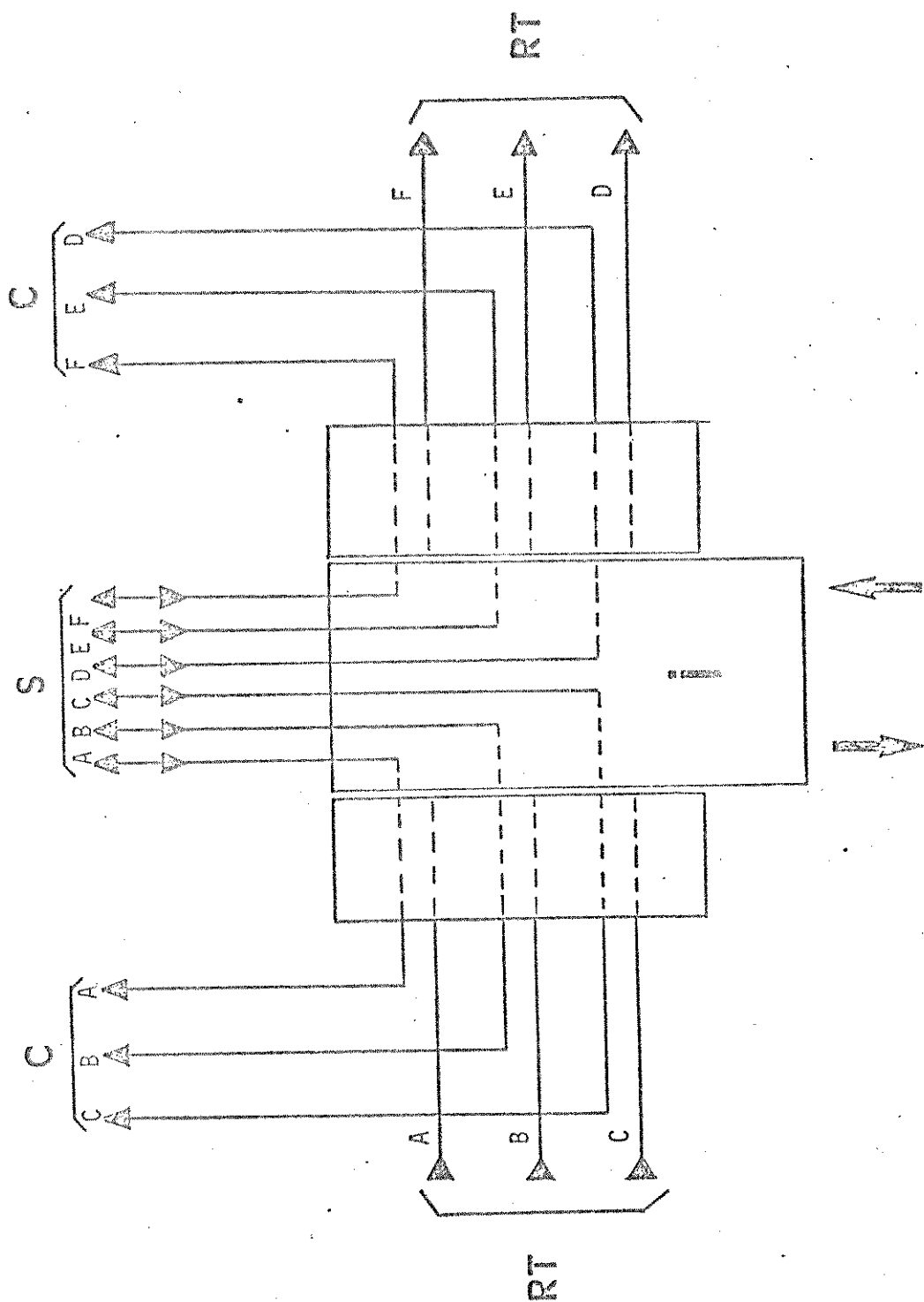


Figura 12. Diagrama do comutador S. acoplamento do comutador às seringas do módulo de propulsão, RT acoplamento do comutador aos reservatórios das soluções titulantes, C saída para as células de titulação, I comutador e as setas indicam a direção de movimentação das soluções e do comutador. As conexões do comutador com o módulo de propulsão, com os reservatórios das soluções titulantes e com as células de titulações são feitas com tubos de polietileno com diâmetro interno de 0,8mm.

dor. É conveniente observar que estamos chamando de comutador, o conjunto formado pelo injetor e pelo par de solenóides.

Os dutos de conexão das seringas ao comutador e desse com as celas de titulação, e com os reservatórios das soluções titulantes, figuras 12 e 15 são feitos com tubos de polietileno com diâmetro interno de 0,8mm.

Seguindo as diretrizes estabelecidas no "software", o microcomputador habilita a entrada de pedidos externos de interrupção, aciona o solenóide A, o qual comuta o injetor para a posição de liberação dos titulantes nas celas de titulação, em sequência liga o motor com rotação no sentido de movimentação dos êmbolos das seringas para frente. Quando a chave óptica CH chega ao interruptor I1, então em resposta ao corte do feixe de radiação infravermelha, um pedido de interrupção é enviado ao microprocessador, o qual prontamente desliga o motor. Passados 4s o microcomputador ativa o solenóide B, para que seja efetuada a comutação do injetor para o outro estado de repouso, ligando em seguida o motor com rotação invertida em relação ao semi-ciclo anterior. Nessa condição os êmbolos das seringas são puxados para trás e quando a chave CH chega ao interruptor IO, outro pedido de interrupção é enviado ao microprocessador para que ele desligue o motor. Nesse ponto termina um ciclo de adição dos titulantes e somente após as leituras dos potenciômetros, o injetor e o motor serão acionados novamente.

Embora as vazões de cada solução titulante seja baixa, existe uma resistência hidrodinâmica, cuja pressão deve ser aliviada antes que o injetor seja comutado para recarreg

gar as seringas, sendo essa a função do "delay" de 4s, citado no parágrafo anterior.

Existe também a opção de ser usado bomba peristáltica para propulsão de fluidos, o que pode ser conveniente em casos de titulações, onde os volumes das alíquotas das soluções titulantes, são acima de 300 microlitros. Para esse caso emprega-se a mesma unidade de comutação, abordada nos parágrafos precedentes, e a mudança apenas, de um dígito dentre os parâmetros de controle do "software", é suficiente para o microcomputador identificar qual unidade propulsora de fluidos será empregada.

CAPÍTULO IV

MATERIAL

Quantidade	Discriminação
01	Kit SDK-85
01	Conversor A/D 7107
01	CI 8155
01	CI 8255
01	CI 8253
01	CI 8205
02	CI 74LS00
01	CI 74LS 74
03	CI 8212
05	CI 8216
02	CI 2716
01	CI 6116
16	CI 2114
01	CI 74LS 13
01	CI LM 308
02	CI 4051B
01	CI 7905
05	CI 7805
01	CI 7912
02	CI LM 317
05	Relés com bobina de 12V e contatos para 10A.

Quantidade	Discriminação
02	Solenóides para 1,7 Kgf de tração
01	Motor CC para 20V, 18W e 26 RPM
01	Injetor comutador com 6 seções de comutação do tipo 1:2, isto é, uma entrada e duas saídas.
06	Seringas hipodérmicas com volume de 1 cm ³
01	Foto sensor
01	Rolo de fio para wire wrap de 1000 pés
03	Soquetes para wire wrap de 40 pinos
16	Soquetes para wire wrap de 18 pinos
04	Soquetes para wire wrap de 16 pinos
05	Soquetes para wire wrap de 24 pinos
04	Soquetes para wire wrap de 14 pinos
02	Transistores de 2 N 3055
02	Transistores de 2 N 2905
06	Transistores de BC 207
02	Capacitores de 5000 µF X 35V
01	Capacitor de 200 µF X 35V
01	Transformador de 12X12 V/5A
02	Dissipadores de calor de 10X15 cm
04	Conectores do tipo RS 232
01	Caixa de madeira de 40 X 30 X 25cm
01	Prancha de madeira de 50 X 30 X 5cm
01	Parafuso de latão com 20 cm de rosca com passo 1mm, adimetro 1,5 cm e extremidades rebaixadas para encaixe de rolamento
06	LEDs para sinalização
	Resistores e capacitores, vide esquemas das figuras 2, 3, 4, 8, 9 e 11.

CAPÍTULO V

DESENVOLVIMENTO DO "SOFTWARE" DE CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS.

O sistema mínimo mostrado nas figuras 2, 3 e 4, o qual foi o embrião do microcomputador, cujo projeto de "hardware" descreveu-se no capítulo II, possui um pequeno sistema operacional (monitor residente) de 2K "bytes", localizado a partir do endereço 0000H. O mesmo é constituído por um conjunto de subrotinas, para interpretar o teclado, ler e escrever dados nas memórias, escrever mensagens no "display", e verificar e executar programas. Essas facilidades tornam possível usá-lo como um sistema de desenvolvimento, porém por ser um sistema mínimo, os programas tem que ser escritos em linguagem de máquina (base hexadecimal), que é o código interpretado pelo monitor residente e para isso o teclado possui os dígitos de base hexadecimal, 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E e F. Além dessas 16 teclas existem outras 8, as quais representam funções codificadas pelo monitor residente, sendo que é através dessas funções que o usuário informa ao microcomputador, o tipo de tarefa que pretende executar (26).

O "display" é formado por seis dígitos de LEDs divididos em dois campos, sendo que o sistema operacional define o campo de quatro dígitos para representar endereços e o campo de dois dígitos para representar dados.

O microprocessador 8085 ao ser ligado na fonte de alimentação, leva o registro apontador de programa para o endereço 0000H, e então executa o programa existente a partir desse endereço. No caso do monitor residente do SDK-85, o programa existente a partir do endereço 0000H, manda a CPU escrever, no "display", a mensagem 8085. Feito isso, permanece em estado de espera, até que o usuário o instrua, pressionando a tecla que representa a função a ser executada (26).

O programa de controle e aquisição de dados, o qual possibilita que através do microcomputador SACI, se automatize o processo de titulação potenciométrica, foi desenvolvido tendo-se em mente torná-lo operacionalmente simples. Assim para colocar-se o SACI em operação, é necessário apenas que se introduza, via teclado, os parâmetros de controle do "software", os quais determinam as principais ações a serem executadas pelo microcomputador.

Uma vez estabelecidos os parâmetros de controle, conforme estão definidos na tabela I a seguir, envia-se o comando de inicialização para o endereço 0F00H, e então o microcomputador SACI, assume o controle de todas as etapas da titulação, segundo as definições estabelecidas na tabela I.

TABELA I. - Parâmetros de Controle do "Software".

Endereço	Dado	Ordem	Definição dos parâmetros
2800	08		O número 08 define propulsão de fluidos com o módulo de seringas 00 define bomba peristáltica.
2801	XX	LSB	YYXX define a duração da adição dos titulantes, quando é usado bomba peristáltica, sendo 0,25s/unidade.
2802	YY	MSB	
2803	XX		XX define o intervalo de tempo entre a adição dos titulantes e o início de leitura do primeiro potenciômetro.
2804	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro 701.
2805	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro 701A.
2806	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro analógico A.
2807	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro analógico B.
2808	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro analógico C.
2809	ON		ON define o número de leituras do potenciômetro analógico D.
280A	OX		OX define o número de repetições (varreduras) do ciclo de leituras dos potenciômetros em cada adição dos titulantes.

Endereço	Dado	Ordem	Definição dos parâmetros
280B	XX		XX em hexadecimal define o número de dados a serem tomados na titulação.
280C	XX	LSM	YYXX leitura padrão para o
280D	YY	MSB	potenciômetro analógico A.
280E	XX	LSB	YYXX leitura padrão para o
280F	YY	MSB	potenciômetro analógico B.
2810	XX	LSB	YYXX leitura padrão para o
2811	YY	MSB	potenciômetro analógico C.
2812	XX	LSB	YYXX leitura padrão para o
2813	YY	MSB	potenciômetro analógico D.
2814	00	LSB	Endereço inicial dos dados
2815	80	MSB	do potenciômetro 701.
2816	00	LSB	Endereço inicial dos dados
2817	84	MSM	do potenciômetro 701A.
2818	00	LSB	Endereço inicial dos dados
2819	88	MSB	do potenciômetro analógico.
281A	00	LSB	Endereço inicial dos dados
281B	8C	MSB	do potenciômetro analógico.
281C	00	LSB	Endereço inicial dos dados
281D	90	MSB	do potenciômetro analógico.
281E	00	LSB	Endereço inicial dos dados
281F	94	MSB	do potenciômetro analógico.

O parâmetro ON que define o número de leituras para cada potenciômetro, pode assumir os valores de 00 a 05, enquanto que o parâmetro OX pode assumir os valores 01 a 09. Sendo que 00 para ON significa que o potenciômetro correspondente não é para ser lido. Portanto o valor 00 para esse parâmetro, significa potenciômetro não habilitado para leitura.

Os potenciômetros são monitorados pelo microcomputador, na sequência em que seus contadores de leituras estão dispostos na Tabela I, e somente após completar o número de leituras estabelecidas, ele passa para o potenciômetro seguinte.

O intervalo de tempo entre duas leituras consecutivas é de 0,5s, portanto tendo o conversor A/D uma taxa de 3 conversões por segundo, evita-se a repetição de leituras da mesma conversão.

As informações colocadas nas memórias de endereços 2800 a 2803, 280A e 280B, Tabela I, são comuns a todos os potenciômetros, enquanto que as demais são especificadas para o instrumento determinado. Os endereços especificados nessa tabela, a partir dos quais serão guardados os dados de cada potenciômetro, devem ser sempre aqueles que estão especificados, pois em muitas etapas da execução da titulação, o microcomputador acessa tais endereços.

As diferenças de potenciais presentes nas saídas analógicas dos potenciômetros, são um submúltiplo dos valores mostrados nos respectivos "displays", sendo que a relação entre os dois valores varia de um modelo para outro.

se inicialize o "SACI" para o endereço OF00H, para que ele assuma o controle de todas as etapas envolvidas na titulação.

Em obediência as características do "hardware" do microcomputador, desenvolveu-se o "software", para trabalhar em regime de interrupção, em vista disso o programa de controle e aquisição é dividido em dois núcleos. O primeiro cuida da programação dos periféricos (portas e "timers") e do processamento dos dados, sendo que o segundo núcleo cuida da leitura dos potenciômetros e dos controles do comutador e do propulsor de fluidos, segundo os fluxogramas das figuras 13 e 14.

O microcomputador permanece executando as subrotinas que compoem o fluxograma da figura 13, até o instante em que um pedido de interrupção é enviado à CPU, e sendo por ela aceito, o SACI para imediatamente a execução do programa corrente e vai executar uma etapa do fluxograma da figura 14 correspondente ao pedido de interrupção. Cada pedido de interrupção tem uma programação própria, sendo que a primeira é feita pelo "timer" T0 de A37, o qual é programado pela CPU, para emitir esse pedido de interrupção 0,5s, após o microcomputador ter sido inicializado.

Conforme se pode observar nas figuras 14A, 14B e 14C, existem nesses fluxogramas vários inícios de atendimento de pedidos de interrupção, cada qual correspondendo a uma etapa específica do processo, sendo que ao terminar cada uma delas, é programada a seguinte. Conforme está explícito no fluxograma da figura 14 C, ao completar o atendimento da interrupção, o próximo pedido de interrupção é programado para o início do fluxograma da

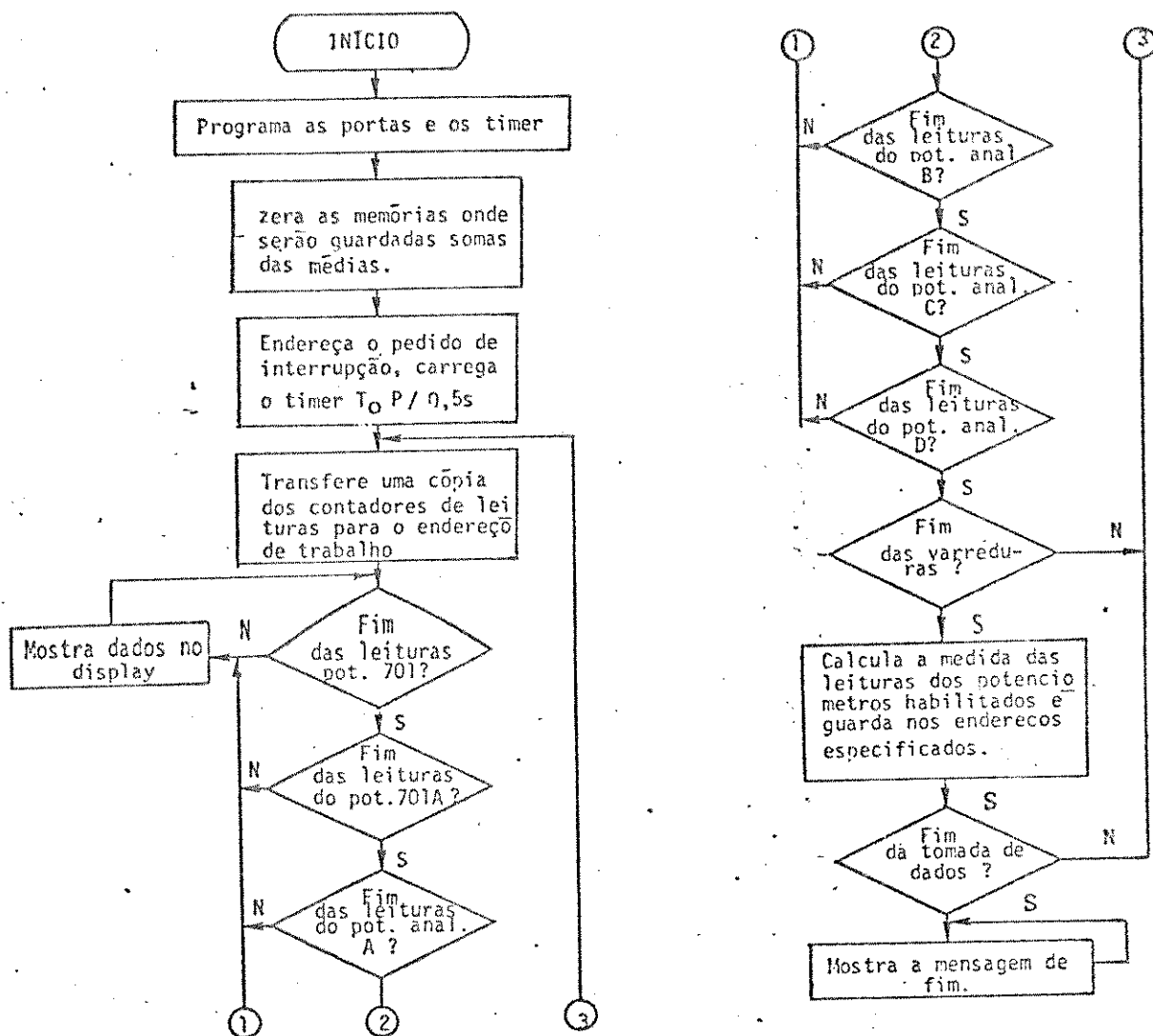


Figura 13. Fluxograma do "software" básico núcleo 1.

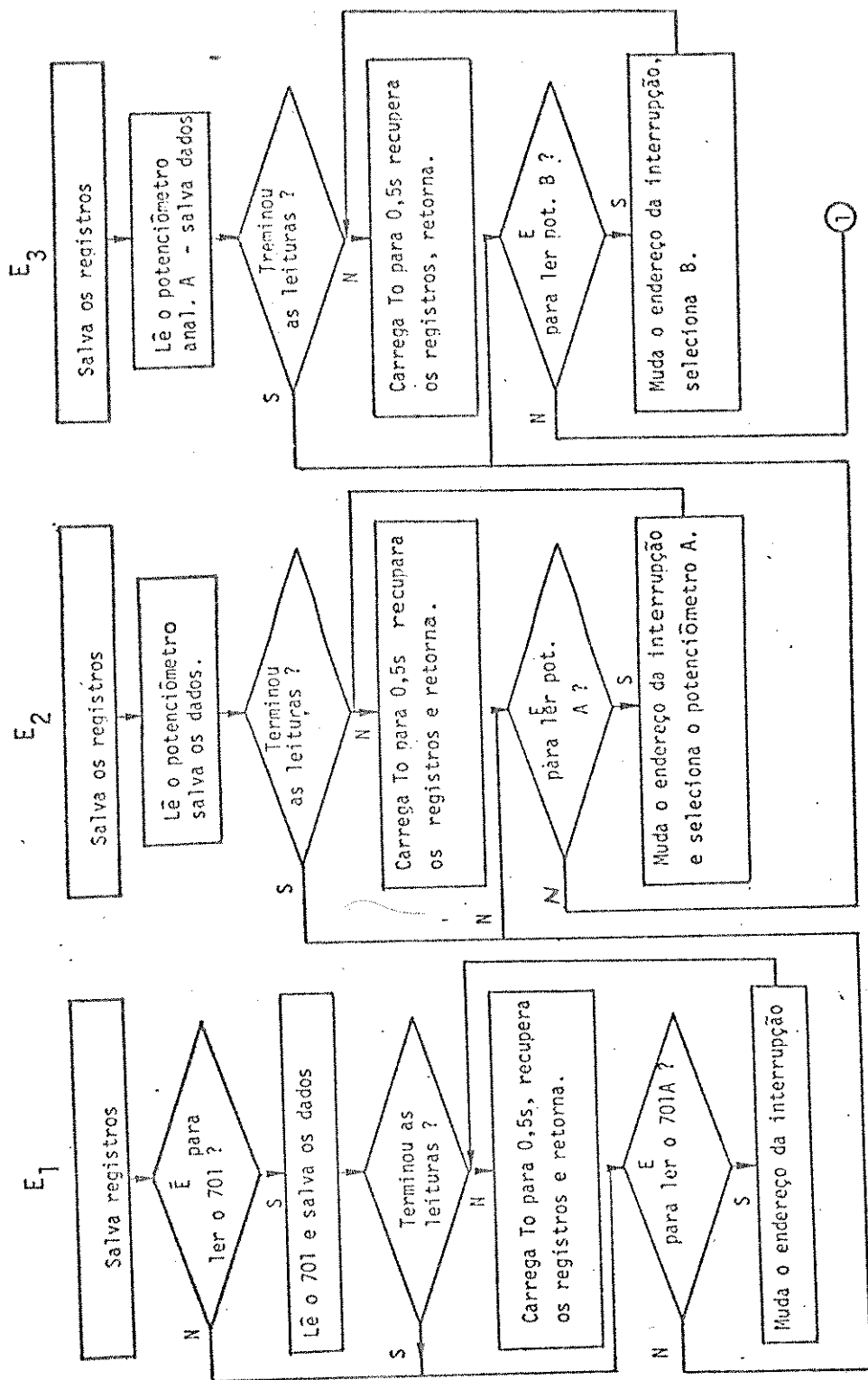


Figura 14A. Fluxograma do "software" básico núcleo 2. E₁, E₂ e E₃ início do "software" de atendimento dos pedidos de interrupção para ler os potenciômetros ORION 701 e 701A e o potenciômetro analógico A respectivamente.

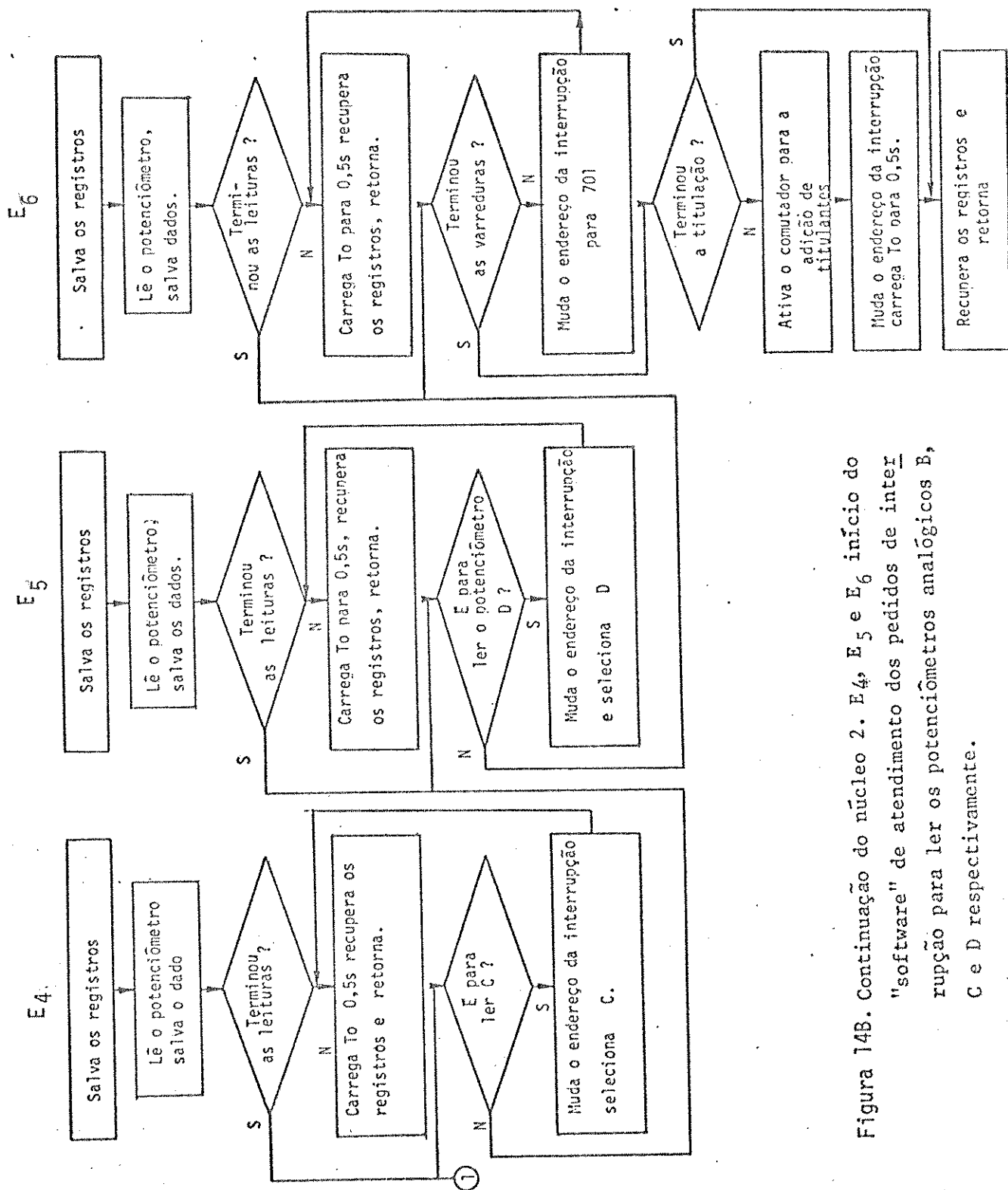


Figura 14B. Continuação do núcleo 2. E4, E5 e E6 início do "software" de atendimento dos pedidos de interrupção para ler os potenciômetros analógicos B, C e D respectivamente.

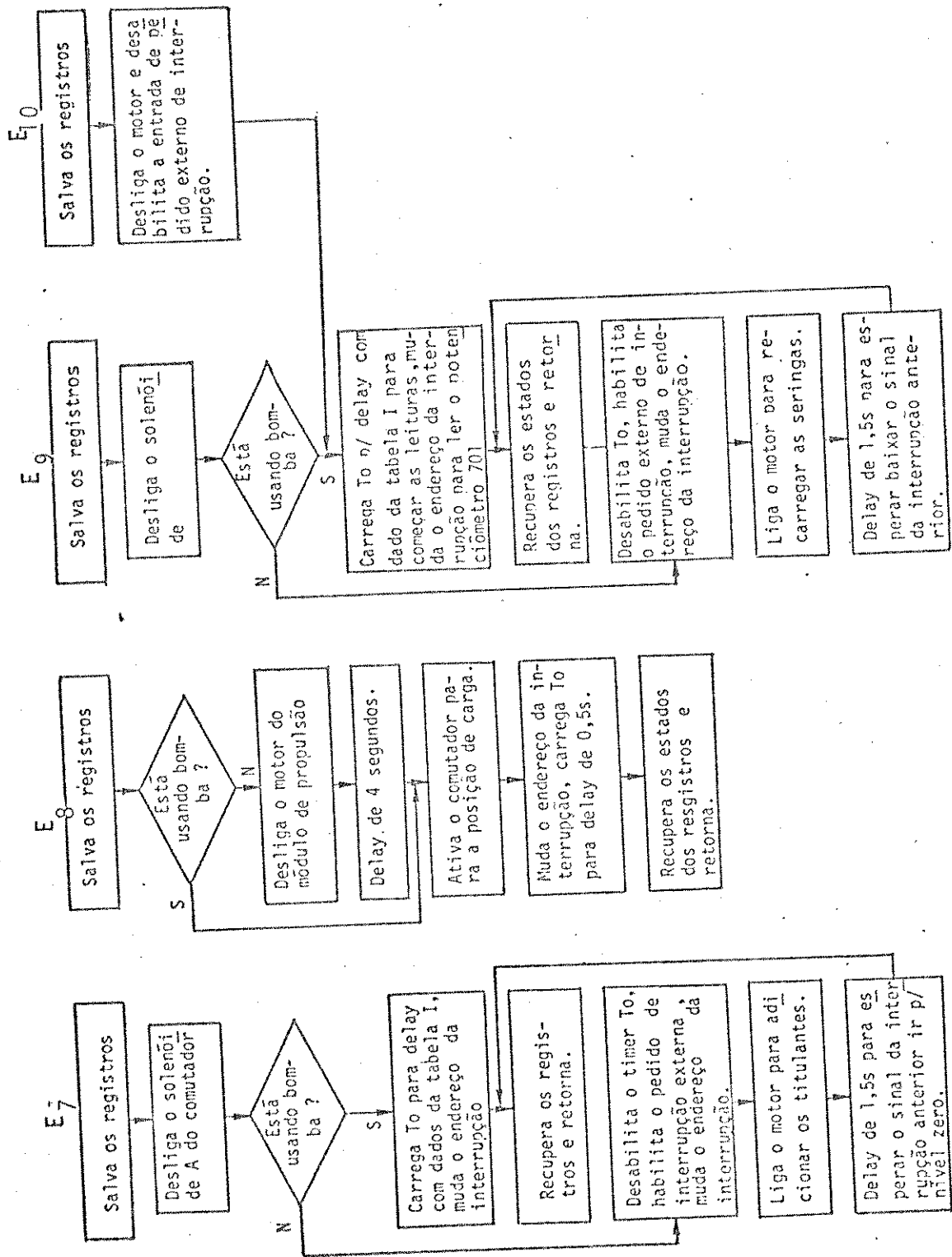


Figura 14C. Continuação do núcleo 2. Essa parte do software controla o módulo de propulsão de fluidos. E7, E8, E9 e E10, são os inícios do software de atendimento dos pedidos de interrupção.

da figura 15A, e assim se a titulação ainda não terminou, repetem-se todo o ciclo novamente.

Conforme já foi abordado nos capítulos precedentes, os pedidos de interrupção são feitos pelo "timer" T0 e pelos interruptores ópticos I0 e I1, em função da etapa do processo de titulação que estiver sendo executada.

Pretendeu-se com essa abordagem, até então apresentada, dar uma visão geral sobre o "software" que controla o microcomputador, em todas as etapas do processo de titulação, procurando tornar essa visão a mais clara possível, sem contudo entrar em detalhes técnicos de programação.

CAPÍTULO VI

LISTAGEM DO "SOFTWARE" PARA CONTROLE E AQUISIÇÃO DE DADOS PELO MICROCOMPUTADOR SACI.

O "software" em apreço é constituído por dois núcleos básicos, sendo que o núcleo pelo qual o microcomputador é inicializado, executa a programação dos periféricos (portas e timers) e o processamento das leituras dos potenciômetros. O segundo núcleo atende aos pedidos de interrupção, os quais são feitos em instantes programados em função de cada etapa do processo de titulação. Os dois núcleos são interdependentes entre si, e fazem uso de um amplo conjunto de subrotina, as quais são apresentadas nesse capítulo.

Os dois núcleos básicos correspondem as figuras 13 e 14, e tanto as listagens deles como as das subrotinas, são apresentadas em linguagem de máquina (base hexadecimal), tendo no cabeçalho uma descrição sucinta das respectivas funções.

PROGRAMA BÁSICO - NÚCLEO I

Ao ser inicializado a primeira tarefa executada pelo microcomputador, é a programação das portas de entrada

e saída e dos "timers", pois é por meio desses periféricos que se rão executadas as tarefas necessárias as funções de controle e aquisição de dados, permanecendo em um loop de espera até que ocorra o pedido de interrupção para ler o primeiro potenciômetro. Ao terminar as leituras programadas para os potenciômetros, em cada ciclo de adição de titulantes, as médias são calculadas e os resultados são guardados nas memórias cujos endereços são especificados na Tabela I. Uma vez tomado o número de dados estabelecidos, a mensagem "SACI" é escrita no display, a qual indica o fim da titulação.

LISTAGEM DO PROGRAMA BÁSICO - NÚCLEO I.

End.	Inst.	Mnemon.	End.	Inst.	Mnemon.	End.	Inst.	Mnemon.
0F00	31FF28	LXI,SP	0F03	CD0008	CALLR1	0F06	0E40	MVI,C
0F08	CD3308	CALLR3	0F0B	0E08	MVI,C	0F0D	217B08	LXI,H
0F10	CD2508	CALLR2	0F13	CD1F0A	CALLR4	0F16	212A28	LXI,H
0F19	222828	SHLD	0F1C	210428	LXI,H	0F1F	112028	LXI,D
0F22	014428	LXI,B	0F25	CD3B08	CALLR5	0F28	C4BB09	CNZR6
0F2B	23	INX,H	0F2C	13	INX,D	0F2D	014928	LXI,B
0F30	CD3B08	CALLR5	0F33	C4BB09	CNZR6	0F36	23	INX,H
0F37	13	INX,D	0F38	014E28	LXI,B	0F3B	CD3B08	CALLR5
0F3E	C4BB09	CNZR6	0F41	23	INX,H	0F42	13	INX,D
0F43	015328	LXI,B	0F46	CD3B08	CALLR5	0F49	C4BB09	CNZR6
0F4C	23	INX,H	0F4D	13	INX,D	0F4E	015828	LXI,B
0F51	CD3B08	CALLR5	0F54	C4BB09	CNZR6	0F57	23	INX,H
0F58	13	INX,D	0F59	015D28	LXI,B	0F5C	CD3B08	CALLR5
0F5F	C4BB09	CNZR6	0F62	EB	XCHG	0F63	23	INX,H
0F64	0E06	MVI,C	0F66	B6	DRA,M	0F67	C20D0F	JNZ

OF6A CD4508 CALLR7	OF6D CD4D08 CALLR8	OF70 3A3728 LDA
OF73 A7 ANA,A	OF74 CA700F JZ	OF77 CDEC10 CALLR52
OF7A 00 NOP	OF7B 00 NOP	OF7C AF XRA,A
OF7D 212728 LXI,H	OF80 B6 DRA,M	OF81 CA910F JZ
OF84 00 NOP	OF85 0E40 MVI,C	OF87 2E37 MVI,L
OF89 CD2E0A CALLR14	OF8C 0E07 MVI,C	OF8E C3130F JMP
OF91 F3 DI	OF92 21990F LXI,H	OF95 CDB702 CALLMONT
OF98 76 HLT	OF99 05 DADO	OF9A 0A DADO
OF9B 0C DADO	OF9C 13 DADO.	

PROGRAMA BÁSICO - NÚCLEO II

Este "software" foi desenvolvido para trabalhar em regime de interrupções, as quais são geradas pelo timer To de A 37, ou pelos interruptores ópticos Io e I1. Sendo que o "timer" To é um contador de tempo e os interruptores ópticos são detectores de eventos. O primeiro, pedido de interrupção, é programado pelo núcleo I, para ocorrer 0,5s após o microcomputador ser inicializado. Conforme é mostrado na figura 14, o microcomputador verifica se é para ler o potenciômetro 701, não sendo, passa para o seguinte. Desse ponto em diante os pedidos de interrupção são programados por esse núcleo, abrangendo as etapas de leitura dos potenciômetros e o controle do módulo de propulsão de fluidos.

LISTAGEM DO PROGRAMA BÁSICO - NÚCLEO II.

087B C5	PUSH,B	087C D5	PUSH,D	087D E5	PUSH,H
087E F5	PUSH,PSW	087F 3A2028	LDA	0882 A7	ANA,A
0883 C4	CNZR15	0886 A7	ANA,A	0887 CAE009	JZ
088A 217B08	LXI,H	088D CD2508	CALLR2	0890 F1	POP,PSW
0891 E1	POP,H	0892 D1	POP,D	0893 C1	POP,B
0894 C9	RET	0895 C5	PUSH,B	0896 D5	PUSH,D
0897 E5	PUSH,H	0898 F5	PUSH,PSW	0899 CD6B0B	CALLR16
089C A7	ANA,A	089D C2E009	JNZ	08A0 3A2228	LDA
08A3 A7	ANA,A	08A4 CAC908	JZ	08A7 3E04	MVI,A
08A9 CDD009	CALLR17	08AC 21B308	LXI,H	08AF C38D08	JMP

08B2 FF	SEM USD	08B3 C5	PUSH,B	08B4 D5	PUSH,D
08B5 E5	PUSH,H	08B6 F5	PUSH,PSW	08B7 CDAB0B	CALLR18
08BA A7	ANA,A	08BB CAC908	JZ	08BE FEFF	CPI
08C0 C2AC08	JNZ	08C3 CD810B	CALLR19	08C6 C3AC08	JMP
08C9 3A2328	LDA	08CC A7	ANA,A	08CD CAF108	JZ
08D0 3E08	MVI,A	08D2 CDD009	CALLR17	08D5 21DB08	LXI,H
08D8 C38D08	JMP	08DB C5	PUSH,B	08DC D5	PUSH,D
08DD E5	PUSH,H	08DE F5	PUSH,PSW	08DF CDB90B	CALLR20
08E2 A7	ANA,A	08E3 CAF108	JZ	08E6 FEFF	CPI
08E8 C2D508	JNZ	08EB CD810B	CALLR19	08EE C3D508	JMP
08F1 3A2428	LDA	08F4 A7	ANA,A	08F5 CA1909	JZ
08F8 3E0C	MVI,A	08FA CDD009	CALLR17	08FD 210309	LXI,H
0900 C38D08	JMP	0903 C5	PUSH,B	0904 D5	PUSH,D
0905 E5	PUSH,H	0906 F5	PUSH,PSW	0906 CDC70B	CALLR21
090A A7	ANA,A	090B CA1909	JZ	090E FEFF	CPI
0910 C2FD08	C2FD08	0913 CD810B	CALLR19	0916 C3FD08	JMP
0919 3A2528	LDA	091C A7	ANA,A	091D CA4009	JZ
0920 3E10	MVI,A	0922 CDD009	CALLR17	0925 212B09	LXI,H
0928 C38D08	JMP	092B C5	PUSH,B	092C D5	PUSH,D
092D E5	PUSH,H	092E F5	PUSH,PSW	092F CDD50B	CALLR22
0932 CA4009	JZ	0935 FEFF	CPI	0937 C22509	JNZ
093A CD810B	CALLR19	093D C32509	JMP	0940 2E26	MVI,1
0942 35	DCR,M	0943 C28A08	JNZ	0946 C30010	JMP
0949 CA9008	JZ	094C 3E01	MVI,A	094E D32B	OUT
0950 C38D08	JMP	0953 C5	PUSH,B	0954 D5	PUSH,D
0955 E5	PUSH,H	0956 F5	PUSH,PSW	0957 AF	XRA,A
0958 D32B	OUT	095A 210028	LXI,H	095D B6	ORA,M

095E CABC09 JZ	0961 3E28 NVI,A	0963 216F09 LXI,H
0966 D323 OUT	0968 CDBD0F CALLR24	096B FB EI
096C C39008 JMP	096F C5 PUSH,B	0970 D5 PUSH,D
0971 E5 PUSH,H	0972 F5 PUSH,PSW	0973 AF XRA,A
0974 D323 OUT	0976 CDDB0E CALLR25	0979 0E02 MVI,A
097B 218109 LXI,H	097E C34E09 JMP	0981 C5 PUSH,B
0982 D5 PUSH,D	0983 E5 PUSH,H	0984 F5 PUSH,PSW
0985 AF XRA,A	0986 D32B OUT	0988 210028 LXI,H
098B B6 ORA,M	098C CA9E09 JZ	098F 3E38 MVI,A
0991 219709 LXI,H	0994 C36609 JMP	0997 C5 PUSH,B
0998 D5 PUSH,D	0999 E5 PUSH,H	099A F5 PUSH,PSW
099B AF XRA,A	099C D323 OUT	099E 210328 LXI,H
09A1 57 MOVD,A	09A2 5E MOVE,M	09A3 217B08 LXI,H
09A6 CD050A CALLR26	09A9 C39008 JMP	09AC 23 INX,H
09AD 5E MOVE,M	09AE 23 INX,H	09AF 56 MOVD,M
09BD 216F09 LXI,H	09B3 C3A609 JMP	XXXX XXXXXX XXXXXXXX
XXXX XXXXXX XXXXXXXX	XXXX XXXXXX XXXXXXXX	09E0 3A2128 LDA
09E3 A7 ANA,A	09E4 CAA008 JZ	09E7 219508 LXI,H
09EA C38D08 JMP	XXXX XXXXXX XXXXXXXX	XXXX XXXXXX XXXXXXXX
XXXX XXXXXX XXXXXXXX	1000 AF XRA,A	1001 D32B OUT
1003 D323 OUT	1005 210B10 LXI,H	1008 C38011 JMP
100B C5 PUSH,B	100C D5 PUSH,D	100D E5 PUSH,H
100E F5 PUSH,PSW	100F CDE90D CALLR37	1012 C29A0B JNZ
1015 CD680D CALLR35	1018 A7 ANA,A	1018 C20510 JNZ
101C 3A2828 LDA	101F D630 SUI	1021 C20010 JNZ
1024 112C28 LXI,D	1027 0E02 MVI,C	1029 212A28 LXI,H
102C B7 ORA,A	102D 1A LDAX,D	102E 8E ADC,M
102F 27 DAA	1030 77 MOVM,A	1031 23 INX,H

1032 13	INX,D	1033 1A	LDAX,D	1034 8E	ADC,M
1035 27	DAA	1036 77	MOVM,A	1037 13	INX,D
1038 0D	DCR,C	1039 C22910	JNZ	103C 23	INX,H
103D 71	MOVM,C	103E 23	INX,H	103F 71	MOVM,C
1040 41	MOVB,C	1041 59	MOVE,C	1042 51	MOVD,C
1043 0E03	MVI,C	1045 2E2A	MVI,L	1047 CDFCOB	CALLR39
104A 2E39	MVI,L	104C 71	MOVM,C	104D 23	INX,H
104E 70	MOVM,B	104F 23	INX,H	1050 73	MOVM,E
1051 23	INX,H	1052 3A3028	LDA	1055 77	MOVM,A
1056 3EFF	MVI,A	1058 323728	STA	105B 2E27	MVI,L
105D AF	XRA,A	105E B6	ORA,M	105F CA4909	JZ
1062 35	DCR,M	1063 215309	LXI,H	1066 C34909	JMP.

SUB-ROTINA R 1.

Programa as portas de A1, A2 e A3, e os "timers" de A3 e A 37. O "timer" de A3 é programado para gerar uma onda quadrada de 256Hz, a partir do "clock" da CPU que é de 3,072 MHz. O "timer" T1 de A 37 é programado para gerar uma onda quadrada de 4Hz a partir do sinal de 256Hz, emitido pelo "timer" de A3. O "clock" de 4Hz gerado por T1, é a base de tempo usada pelo "timer" T0 de A 37, para gerar os pedidos de interrupção, programados ao longo da titulação.

LISTAGEM DA SUBROTINA R1.

0800 3EE0	MVI,A	0802 D32C	OUT	0804 3E6E	MVI,A
0806 D32D	OUT	0808 3ECC	D328	080C 3E0C	MVI,A
080E 3E0C	MVI,A	080E D320	OUT	0810 3E9B	MVI,A
0812 D333	OUT	0814 3E56	MVI,A	0816 3200FO	STA
0819 3E40	MVI,A	081B 3200DO	STA	081E AF	XRA,A
081F D302	OUT	0821 D323	OUT	0823 C9	RET.

SUB-ROTINA R 2.

Carrega o par de registros DE com o dado para programar o "timer" TO, para gerar um pedido de interrupção 0,5s após ser programado, chama, então, a subrotina R25 para programar o "timer".

LISTAGEM DA SUBROTINA R2.

0825 110200 LXI,D	0828 CD050A CALLR26	082B C9	RET.
-------------------	---------------------	---------	------

SUB-ROTINA R 3.

As memórias com endereços a partir de 282A até 2880 são usadas durante a aquisição dos dados e cálculo das médias, sendo que muitas delas precisam ser previamente zeradas, então essa subrotina, coloca nos registros HL o endereço inicial a ser zerado e chama a rotina R14 para colocar zero nas memórias especificadas.

LISTAGEM DA SUBROTINA R3.

0833 212A28 LXI,H 0836 CD2E0A CALLR14 0839 C9 RET.

SUB-ROTINA R 4.

Durante a leitura de um potenciômetro, o respectivo contador de leituras é decrementado até zero, mas para que o mesmo ciclo de leituras possa ser repetido em cada adição de titulantes, é necessário que se salve uma cópia dos contadores de leituras. Então para isso, essa subrotina transfere uma cópia dos contadores de leituras, das memórias especificadas na Tabela I, para outras posições determinadas nessa subrotina.

LISTAGEM DA SUB-ROTINA R 4.

OA1F	212028	LXI,H	OA21	110428	LXI,D	OA25	1A	LDAX,D
OA26	77	MOVM,A	OA2A	13	INX,D	OA28	23	INX,H
OA29	0D	DCR,C	OA2A	C2250A	JNZ	OA2D	C9	RET.

SUB-ROTINA R 5.

Verifica se terminaram as leituras programadas para o potenciômetro, cujo contador de leituras está no acumulador. Se o potenciômetro não foi habilitado, isto é, contador de leituras igual a zero, ou se as leituras ainda não terminaram, simplesmente retorna ao endereço de chamada, caso contrário chama a subrotina R 27, para somar os dados lidos e guardar a soma nas memórias, cujo endereço inicial está no registro BC.

LISTAGEM DA SUBROTINA R5.

083B 1A	LDAX.D	083C A7	ANA,A	083D C0	RNZ
083E 7E	MOVA,M	083F A7	ANA,A	0840 C8	RZ
0841 CD610A	CALLR27	0844 C9	RET.		

SUB-ROTINA R 6.

Mostra no campo de endereços do "display," o dado lido no potenciômetro que está sendo monitorado naquele instante, e no campo de dados mostra quantos dados ainda faltam para completar a titulação. Essa subrotina retorna ao programa básico, núcleo I, 9 posições de memórias abaixo do endereço de chamada, assim a execução do programa básico fica preso em um "loop", até que termine as leituras programadas para aquele potenciômetro e assim essa subrotina deixe de ser chamada.

LISTAGEM DA SUBROTINA R6.

09BB E5	PUSH,H	09B6 D5	PUSH,D	09BD 00	NOP
09BE 2A2A28	LHLD	09C1 3A2728	LDA	09C4 CD720E	CALLR28
09C7 D1	POP,D	09C8 E1	POP,H	09C9 E3	XTHL
09CA 7D	MOVA,L	09CB D609	SUI	09CD 6F	MOVL,A
09CE E3	XTHL	09CF AF	XRA,A	09D0 C9	RET.

SUB-ROTINAS R 7 a R 12.

Cada uma dessas sub-rotinas verifica na mesma sequência de numeração, se foram habilitados para leituras os potenciômetros ORION 701, 701A e os potenciômetros analógicos A, B, C e D. Tendo o respectivo potenciômetro sido habilitado, é chamada, em cada caso, uma outra sub-rotina para calcular a média. As sub-rotinas a serem chamadas são de R_{28} a R_{33} , sendo R_{28} para o potenciômetro 701, R_{29} para o potenciômetro 701A, e assim por diante.

LISTAGEM DA SUBROTINA R7.

```
0845 3A0428 LDA      0848 A7      ANA,A      0849 C4A10A CNZR29
084C C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R8.

```
084D 3A0528 LDA      0850 A7      ANA,A      0851 C4B40A CNZR30
0854 C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R9.

```
0855 3A0628 LDA      0858 A7      ANA,A      0859 C4C70A CNZR31
085C C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R10.

```
085D 3A0728 LDA      0860 A7      ANA,A      0861 C4E90A CNZR32
0864 C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R11.

```

0865 3A0828 LDA      0868 A7      ANA,A      0869 C40B0B CNZR33
086C C9      RET.

```

LISTAGEM DA SUBROTINA R 12.

```

086D 3A0928 LDA      0870 A7      ANA,A      0871 C42D0B CNZR34
0874 C9      RET.

```

SUB-ROTINA R 13.

Verifica se já tomou o número de dados programados, não sendo verdade, decrementa o respectivo contador, coloca em HL o endereço do próximo pedido de interrupção e então, retorna ao endereço de chamada.

LISTAGEM DA SUBROTINA R13.

```

09ED B6      ORA,M      09EF 35      DCR,M      09F0 215409 LXI,H
09F3 C9      RET.

```

SUB-ROTINA R 14.

Zera as memórias cujo endereço inicial está nos registros HL e o contador do número de memórias a zerar está no registro C.

LISTAGEM DA SUBROTINA R14.

0A2E AF	XRA,A	0A2F 77	MOVM,A	0A30 23	INX,H
0A31 OD	DCR,C	0A32 C22FOA	JNZ	0A35 C9	RET.

SUB-ROTINAS R 15 e R 16.

As sub-rotinas R_{15} e R_{16} lêem respectivamente os potenciômetros ORION 701 e 701A. Em ambas, não sendo o dado li do o primeiro, é chamada a bus-rotina R_{34} para ordenar os dados, até então lidos, em ordem crescente a partir do endereço 282A.

LISTABGEM DA SUBROTINA R15.

0B53 DB29	IN	0B55 4F	MOVC,A	0B56 DB2A	IN
0B58 57	MOVD,A	0B59 E61F	ANI	0B5B 47	MOVE,A
0B5C 7A	MOVA,D	0B5D E620	ANI	0B5F 07	RLC
0B60 07	RLC	0B61 57	MOVD,A	0B62 CD680D	CALLR35
0B65 2E20	MVI,L	0B67 CDD00E	CALLR36	0B6A C9	RET.

LISTAGEM DA SUBROTINA R16.

0B6B DB21	IN	0B6D 4F	MOVC,A	0B6E DB22	IN
0B70 47	MOVB,A	0B71 DB00	IN	0B73 E602	ANI
0B75 07	RLC	0B76 07	RLC	0B77 57	MOVD,M
0B78 CD680D	CALLR35	0B7B 2E21	MVI,L	0B7D CDD00E	CALLR36
0B80 C9	RET.				

SUB-ROTINAS R 17, R 18, R 19, R 20, R 21 e R 22.

A sub-rotina R₁₇ ativa o multiplex A38 para selecionar um dos potenciômetros analógicos, ativa também A40 para selecionar o fundo de escala de 200mv. As subrotinas R₁₈, R₂₀, R₂₁ e R₂₂, lêem respectivamente os potenciômetros analógicos A, B, C e D. Após ler o respectivo potenciômetro chama a sub-rotina R₃₄ para ordenar os dados lidos em ordem crescente a partir do endereço 282A.

LISTAGEM DA SUBROTINA R17.

```
09D0 D32B   OUT          09D2 AF      XRA,A      09D3 324328 STR
09D6 D323   OUT          09D8 C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R18.

```
0BAB CDE90D CALLR37  0BAE A7      ANA,A      0BAF C0      RNZ
0BB0 CD680D CALLR35  0BB3 2E22   MVI,L      0BB5 CDD00E CALLR36
0BB8 C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R20.

```
0BB9 CDE90D CALLR37  0BBC A7      ANA,A      0BBD C0      RNZ
0BBE CD680D CALLR35  0BC1 2E23   MVI,L      0BC3 CDD00E CALLR36
0BC6 C9      RET.
```

LISTAGEM DA SUBROTINA R21.

```

OBB7 CDE90D CALLR37  OBBA A7      ANA,A      OBCB C0      RNZ
OBCC CD680D CALLR35  OBCF 2E24    MVI,L      OBD1 CDD00E CALLR36
OBD4 C9      RET.

```

LISTAGEM DA SUBROTINA R22.

```

OBD5 CDE90D CALLR37  OBD8 A7      ANA,A      OBD9 C0      RNZ
OBDA CD680D CALLR35  OBDD 2E25    MVI,L      OBDF CDD00E CALLR36
OBC2 C9      RET.

```

SUB-ROTINA R 19.

Muda o fundo de escala e se a diferença de po-
tencial for superior a 800mv, escreve uma mensagem de erro no dis-
play, indicando que a leitura ultrapassou o fundo de escala permi-
tido.

LISTAGEM DA SUBROTINA R19.

```

OB81 E5      PUSH,H      OB82 214328 LXI,H      OB85 AF      XRA,A
OB86 BE      CMP,M      OB87 C2910B JMP      OB8A D323      OUT
OB8E 34      INR,M      OB8F E1      POP,A      OB90 C9      RET.
OB91 3C      INR,A      OB92 BE      CMP,M      OB93 C29B0B JNZ
OB96 3E04    MVI,A      OB98 C38C0B JMP      OB9B 21A40B LXI,H
OB90 AF      XRA,A      OB9F 47      MOV,B,A      OBA0 CDB702 CALMON.
OBA3 76      HLT      OBA4 0E      DADO      OBA5 14      DADO
OBA6 14      DADO      OBA7 00      DADO.

```

SUB-ROTINAS R 23 e R 24.

A sub-rotina R₂₃ gera um "delay" de 1,5s, intervalo de tempo necessário para que o pedido externo de interrupção, anteriormente emitido seja desativado. A sub-rotina R₂₄, gera um "delay" de 5s, entre os intervalos que desliga o motor do módulo de propulsão de fluidos e liga-o novamente com rotação invertida em relação ao semi-ciclo anterior. É o tempo necessário para aliviar a pressão da tubulação.

LISTAGEM DA SUBROTINA R23.

OFBD 3E31	MVI,A	OFBF 3200F0	STA	OFC2 22C920	SHLD
OFC5 0603	MVI,B	OFC7 21FFFF	LXI,H	OFC9 2B	DCX,H
OFCB 7D	MOVA,L	OFCF B4	ORA,H	OFCF C2CA0F	JNZ
OFD0 05	DCR,B	OFD1 C2C70F	JNZ	OFD4 C9	RET.

LISTAGEM DA SUBROTINA R24.

OEDB F3	DI	OEDC 060A	MVI,B	OEDE 21FFFF	LXI,H
OEE1 2B	DCX,H	OEE2 7D	MOVA,L	OEE3 B4	ORA,H
OEE4 C2E10E	JNZ	OEE7 05	DCR.B	OEE9 C2E10E	JNZ
OEEB FB	EI	OEEC C9	RET.		

SUB-ROTINA R 25.

Endereça a interrupção 6.5, programa o "timer" TO de A 37 para gerar um pedido de interrupção no final da contagem dos pulsos programados. O número de pulsos a serem contados deve estar no registro DE.

LISTAGEM DA SUBROTINA R25.

0A05 3EC3	MVI,A	0A07 32C820	STA	0A0A 22C920	AHLD
0A0D 2100F0	LXI,H	0A10 3E31	MVI,A	0A12 77	MOVM,A
0A13 26C0	MVI,L	0A15 73	MOVM,E	0A16 72	MOVM,D
0A17 3E08	MVI,A	0A19 30	SIM	0A1A FB	EI
0A1B C9	RET.				

SUB-ROTINA R 26.

Soma os dados guardados nas memórias a partir do endereço 282 A, com os das memórias endereçadas por BC. O número de dados a somar deve estar no registro A. Essa subrotina considera cada dado tendo 2 bytes de comprimento.

LISTAGEM DA SUBROTINA R26.

0A61 E5	PUSH,H	0A62 D5	PUSH,D	0A63 60	MOVH,B
0A64 69	MOVL,C	0A65 1E2A	MVI,E	0A67 47	MOVB,A
0A68 E5	PUSH,H	0A69 1A	LHLD	0A6A 86	ADD,M
0A6B 27	DAA	0A6C 77	MOVM,A	0A6D 23	INX,D

0A6F 1A	LDAX,D	0A70 0E03	MVI,C	0A72 8E	ADC,M
0A73 27	DAA	0A74 77	MOVH,A	0A75 23	INX;H
0A76 3E00	MVI,A	0A78 0D	DCR,C	0A79 C2720A	JNZ
0A7C 13	INX,D	0A7D 05	DCR,B	0A7E CA850A	JZ
0A81 E1	POP,H	0A82 C3680A	JMP	0A85 1A	LDAX,D
0A86 77	MOVH,A	0A87 E1	POP,H	0A88 D1	POP,D
0A89 E1	POP,H	0A8A 3E2A	MVI,A	0A8C 322828	STA
0A8F AF	XRA,A	0A90 C9	RET.		

SUB-ROTINA R 27

Mostra no campo de endereços do display o último dado lido e no campo de dados, mostra quantos dados ainda faltam ser tomados.

LISTAGEM DA SUBROTINA R27.

0E72 E5	PUSH,H	0E73 CD6E03	CALLMON.	0E76 D1	POP,D
0E77 CD6303	CALLMON.	0E7A C9	RET.		

SUB-ROTINAS R28 e R29

As sub-rotinas R 28 calculam as médias das leituras dos potenciômetros 701 e 701A respectivamente, ambas usam as sub-rotinas R 37, R 38 e R 39.

LISTAGEM DA SUBROTINA R28.

```

OAA1 CDEAOB CALLR38   OAA4 214428 LXI,H   OAA7 CDFOCB CALLR39
OAAA 2A1428 LHLD      OAAD CDE3OB CALLR40  OAB0 221428 SHLD
OAB3 C9               RET.

```

LISTAGEM DA SUBROTINA R29.

```

OAB4 CDEAOB CALLR38   OAB7 214928 LXI,H   OABA CDFOCB CALLR39
OABD 2A1628 LHLD      OAC0 CDE3OB CALLR40  OAC3 221628 SHLD
OAC6 C9               RET.

```

SUB-ROTINAS R 30, R 31, R 32 e R 33.

Calcula a média das leituras dos potenciômetros analógicos A, B, C e D respectivamente. Se a memória de endereços 280B estiver zerada, significa que está sendo executada a etapa de padronização dos potenciômetros, então o SACI calcula o fator de correção, dividindo a leitura padrão da Tabela I pela média que acabou de calcular, guardando o resultado no endereço estabelecido na mesma tabela. Entretanto, se o conteúdo da memória 280B for diferente de zero, ele executa a sub-rotina R 40 a qual corrige a diferença que existir entre a leitura feita pelo SACI e a que seria obtida lendo-se o display do instrumento.

LISTAGEM DA SUBROTINA R30.

```

OAC7 CDEAOB CALLR38   OACA 214E28 LXI,H   OACD CDFOCB CALLR39
OADO CDA010 CALLR51   OAD3 CC2011 CZR55   OAD6 CADFOA JZ
OAD9 210088 LXI,H     OADC CDFOCB CALLR41  OADF 2A1828 LHLD
OAE2 CDE3OB CALLR40   OAE5 221828 SHLD   OAE9 C9       RET.

```

LISTAGEM DA SUBROTINA R31.

0AE9 CDEA0B CALLR38	0AEC 215328 LXI,H	0AEF CDFOCB CALLR39
0AF2 CDA010 CALLR51	0AF5 CC2C11 CZR56	0AF8 CA010B Jz
0AFB 21008C LXI,H	0AFE CDFOC CALLR41	0B01 2A1A28 LHLD
0B04 CDE30B CALLR40	0B07 221A28 SHLD	0B0A C9 RET.

LISTAGEM DA SUBROTINA R32.

0B0B CDEA0B CALLR38	0B0E 215828 LXI,H	0B11 CDFOCB CALLR39
0B14 CDA010 CALLR51	0B17 CC3211 CZR57	0B1A CA230B JZ
0B1D 210090 LXI,H	0B20 CDFOC CALLR41	0B23 2A1C28 LHLD
0B26 CDE30B CALLR40	0B29 221C28 SHLD	0B2C C9 RET.

LISTAGEM DA SUBROTINA R33.

0BAD CDEA0B CAAR38	0B30 215D28 LXI,H	0B33 CDFOCB CALLR39
0B36 CDA010 CALLR51	0B39 CC3811 CZR58	0B3C CA450B JZ
0B3F 210094 LXI,H	0B42 CDFOC CALLR41	0B45 2A1E28 LHLD
0B48 CDE30B CALLR40	0B4B 221E28 SHLD	0B4E C9 RET.

SUB-ROTINA R 34

Guarda o dado que acabou de ser lido no potenciômetro e não sendo o mesmo o primeiro da série de leituras, ordena-os em ordem crescente a partir do endereço 282 A. Verifica a diferença entre o maior e o menor, e sendo a mesma maior, que 0,2mV, então despreza o dado de maior e o de menor valor e incre-

menta o contador de leituras do potenciômetro para tomar duas leituras a mais, para compensar os 2 dados desprezados.

LISTAGEM DA SUBROTINA R34.

OD68 2A2828 LHLD	OD6B CDE30B CALLR38	OD6E 2B	DCX,H
OD6F 222828 SHLD	OD72 3E2C MVI,A	OD74 95	SUB,L
OD75 C8 RZ	OD76 2B	DCX,H	OB77 0600 MVI,B
OD79 E5 PUSH,H	OD7A 54	MOVD,H	OD7B 5D MOVE,L
OD7C 1B DCX,D	OD7D 1B	DCS,D	OD7E 1A LDAX,D
OD7F BE CMP,M	OD80 CAC00D JZ	OD83 D2D20D	JNC
OD86 3E2B MVI,A	OD88 EB	XCHG	OD89 95 SUB,L
OD8A C27A0D JNZ	OD8D E1	POP,H	OD8E B0 ORA,B
OD8F C2770D JNZ	OD92 1E2A	MVI,C	OD94 1A LDAX,D
OD95 C602 ADI	OD97 27	DAA	OD4F 4F MOVC,A
OD99 13 INX,D	OD9A 1A	LDAX,D	OD9B CE00 ACI
OD9D 27 DAA	OD9E BE	CMP,M	OD9F C2DB0D JNZ
ODAZ 2B DCX,H	ODAZ 79	MOVA,C	ODA4 BE CMP,M
ODAS 3E00 MVI,A	ODA7 D0	RNC	ODAS C8 RZ
ODA9 45 MOVB,L	ODAA 62	MOVH,D	ODAB 6B MOVL,E
ODAC 1B DCX,D	ODAD 23	INX,H	ODAE 7E MOVA,M
ODAF 12 STAXD	ODBO 13	INX,D	ODB1 78 MOVA,B
ODB2 95 SUB,L	ODB3 C2AD0D JNZ	ODB6 212828	LXI,H
ODB9 35 DCR,M	ODBA 35	DCR,M	ODBB 35 DCR,M
ODBC 35 DCR,M	ODBD 3EFF	MVI,A	ODBF C9 RET.
ODCO 2B DCX,H	ODC1 1B	DCX,D	ODC2 1A LDAXD
ODC3 13 INX,D	ODC4 BE	CMP,M	ODC5 CA860D JZ

ODCS D860D JC	ODCB 1B	DCX,D	ODCC 4E	MOVC,M
ODCD 77	MOVM,A	ODCE 79	MOVA,C	ODCF 12
ODDO 13	INX,H	ODD1 23	INX,H	ODD2 1A
ODD3 4E	MOVC,M	ODD4 77	MOVM,A	ODD5 79
ODD6 12	ATAX,D	ODD7 04	INR,B	ODD8 C38D0D JMP
ODDB D2A50D JNC	ODDE 2B	DCX,H	ODDF C3A90D JMP.	

SUB-ROTINA R 35.

Incrementa ou decrementa o contador de leituras do potenciômetro que estiver sendo monitorado nesse momento . Qual alternativa será executada, dependerá do acumulador estar zerado ou não.

LISTAGEM DA SUBROTINA R35.

OED0 A7	ANA,A	OED1 C2D70E JNZ	OED2 35	DCR,M
OED3 B6	ORA,M	OED4 C9	ORA,M	OED4 C9
OED5 34	INR,N	OED6 7E	MOVA,M	OED7 C9
				RET .
				RET.

SUB-ROTINA R 36

Lê potenciômetro analógico através das portas A, B e C de A42. Se a leitura ultrapassar o fundo de escala estabelecido, retorna ao endereço de chamada para mudá-lo. Após ler as três portas separa os bits correspondentes a cada dígito e os decodifica de sete segmentos para BCD. Retorna ao endereço de chamada com o dado no registro BC e o dígito de polaridade no registro D.

LISTAGEM DA SUBROTINA R36.

ODE9 DB30	IN	ODEB 4F	MOVC,A	ODEC DB31	IN
ODEE 47	MOVB,A	ODEF DB32	IN	ODF1 57	MOVD,A
ODF2 DB30	IN	ODF4 B9	CMF,M	ODF5 C2E90D	JNZ
ODF8 FEFF	CFI	ODFA C8	RZ	ODFB 3E7F	MVI,A
ODFD A1	ANA,C	ODFE 6F	MOVL,A	ODFF 3E80	MVI,A
OE01 A1	ANA,C	OE02 07	RLC	OD03 4D	MOVC,L
OE04 6F	MOVL,A	OE05 3E3F	MVI,A	OD07 A0	ANA,B
OE08 07	RLC	OE09 85	ADD,L	OE0A 6F	MOVL,A
OE0B 3ECO	MVI,A	OE0D A0	ANA,B	OE0E 07	RLC
OE0F 07	RLC	OE10 45	MOVB,L	OE11 6F	MOVL,A
OE12 3E1F	MVI,A	OE14 A2	ANA,D	OE15 07	RLC
OE16 07	RLC	OE17 85	ADD,L	OE18 5F	MOVE,A
OE19 79	MOVA,C	OE1A CD570E	CALLR42	OE1D 78	MOVA,B
OE1E 41	MOVB,C	OE1F CD570E	CALLR42	OE22 79	MOVA,C
OE23 07	RLC	OE24 07	RLC	OE25 07	RLC
OE26 07	RLC	OE27 80	ADD,B	OE28 47	MOVB,A
OE29 7B	MOVA,E	OE2A CD570E	CALLR42	OE2D 7A	MOVA,D
OE2E 2F	CMA	OE2F 57	MOVD,A	OE30 E620	ANI

0E32 0F	RRC	0E33 81	ADD,C	0E34 48	MOVC,B
0E35 47	MOVB,A	0E36 7A	MOVA,D	0E37 00	NDF
0E38 E640	ANI	0E3A 07	RRC	0E3B 57	MOVD,A
0E3C AF	XRA,A	0E3D 5F	MOVE,A	0E3E 214328	LXI,H
0E41 96	SUB,M	0E42 C8	RZ	0E43 CD4DOE	CALLRa
0E46 3C	INR,A	0E47 96	SUB,M	0E48 C8	RZ
0E49 CD4DOE	CALLRa	0E4C C9	RET.		

LISTAGEM DA SUBROTINA Ra.

0E4D 79	MOVA,C	0E4E 87	ADD,A	0E4F 27	DAA
0E50 4F	MOVC,A	0E51 78	MOVA,B	0E52 8F	ADC,A
0E53 27	DAA	0E54 47	MOVB,A	0E55 AF	XRA,A
0E56 C9	RET.				

SUB-ROTINA R 37

Multiplica o contador de leituras, que está no aculador, pelo contador de varreduras, obtendo assim o número total de leituras válidas, para calcular a média final, empregando a sub-rotina R 38.

LISTAGEM DA SUBROTINA R37.

0BEA 4F	MOVC,A	0BEB 3A0A28	LDA	0BEE 47	MOVB,A
0BEF AF	ANA,A	0BFO 89	ADC,C	0BF1 27	DAA
0BF2 05	DCR,B	0BF3 C2FO0B	JNZ	0BF6 4F	MOVC,A
0BF7 58	MOVE,B	0BF8 78	MOVA,B	0BF9 C9	RET.

SUB-ROTINA R 38.

Empregando as sobrotinas R 42, R 43 e R 44, devida o dado cujo endereço inicial está em HL pelo dado do registro BC. Retorna com o quociente em BC, o dígito de polaridade em D e mantendo em HL o endereço inicial do quociente. Essa subrotina considera o dado endereçado por HL, tendo quatro "bytes" de comprimento, então ela acrescenta duas casas decimais ao mesmo, fazendo aproximação no final, para corrigir o número de casas do quociente.

LISTAGEM DA SUBROTINA R38.

0BFC C5	PUSH,H	0BFD D5	PUSH,D	0BFE 116228	LXI,H
0C01 CD0011	CALLR53	0C04 0E15	MVI,C	0C06 2E68	MVI,L
0C08 CD2E0A	CALLR14	0C0B EB	XCHG	0C0C D1	POP,D
0C0D C1	POP,B	0C0E E5	PUSH,H	0C0F 2B	DCX,H
0C10 E5	PUSH,H	0C11 2E68	MVI,L	0C13 1699	MVI,D
0C15 7A	MOVA,D	0C16 91	SUB,C	0C17 77	MOVM,A
0C18 23	INX,H	0C19 7A	MOVA,D	0C1A 98	SBB,B
0C1B 77	MOVM,A	0C1C 23	INX,H	0C1D 7A	MOVA,D
0C1E 9B	SBB,E	0C1F 77	MOVM,A	0C20 23	INX,H
0C21 7A	MOVA,D	0C22 DE00	SBI	0C24 77	MOVM,A
0C25 2E68	MVI,L	0C27 0604	MVI,B	0C29 3E01	MVI,A
0C2B B7	ORA,A	0C2C 8E	ADC,M	0C2D 27	DAA
0C2E 77	MOVM,A	0C2F 23	INX,H	0C30 3E00	MVI,A

0C32 05	DCR,A	0C33 C22C0C	JNZ	0C36 00	NOP
0C37 00	NOP	0C38 00	NOP	0C39 2E68	MVI,A
0C3B D1	POP,D	0C3C 0E0A	MVI,C.	0C3E 1A	LDAX,D
0C3F E6F0	ANI	0C41 0F	RLC	0C42 0F	RLC
0C43 0F	RLC	0C44 0F	RLC	0C45 D5	PUSH,H
0C46 C5	PUSH,H	0C47 E5	PUSH,H	0C48 F5	PUSH,PSW
0C49 0601	MVI,B	0C4B 2E6C	MVI,L	0C4D 0EC8	MVI,C
0C4F E5	PUSH,H	0C50 CD910C	CALLR43	0C53 E1	POP,H
0C54 F1	POP,PSW	0C55 B6	ADD,M	0C56 77	MOVM,A
0C57 EB	XCHG	0C58 E1	POP,H	0C59 E5	PUSH,H
0C5A D5	PUSH,D	0C5B CDA80C	CALLR44	0C5E D2670C	JNC
0C61 34	INR,M	0C62 D1	POP,D	0C63 E1	POP,H
0C64 C3590C	JMP	0C67 D1	POP,D	0C68 E1	POP,H
0C69 C1	POP,B	0C6A D1	POP,D	0C6B 0D	DCR,C
0C6C CA850C	JZ	0C6F 3E0A	MVI,A	0C71 3D	DCR,A
0C72 B9	CMP,C	0C73 C27C0C	JNZ	0C76 1A	LDAX,D
0C77 E60F	ANI	0C78 C3450C	JMP	0C7C 3D	DCR,A
0C7D B9	CMP,C	0C7E C2710C	JNC	0C81 1B	DCR,D
0C82 C33E0C	JMP	0C85 C36A10	JMP	XXXX XXXXXX XXXXXX	
XXX XXXXXXXX XXXXXXXX XXXX XXXXXX XXXXXXXX		106A E1	POP,H		
106B E3	XTHL	106C 45	MOVB,L	106D E3	XTHL
106E E5	PUSH,H	106F 3E4A	MVI,A	1071 90	SUB,B
1072 C28610	JNZ	1075 217028	LXI,H	1078 4E	MOVC,M
1079 23	INX,H	107A 45	MOVB,M	107B 23	INX,H
107C 5E	MOVE,M	107D 56	MOVD,M	107E E1	POP,H
107F 3A0B28	LDA	1082 A7	ANA,A	1083 C8	RZ
1084 56	MOVD,M	1085 C9	RET.	1086 3EAA	MVI,A

1088 90	SUB,B	1089 CA9210 JZ	108C 3EBD	MVI,A
108E 90	SUB,B	108F C27510 JNZ	1092 217028	LXI,H
1095 010204	LXI,B	1098 CDCBOC	CALLR45	109B C37E10 LMP.

SUB-ROTINA R 39

Guarda nas memórias endereçadas por HL, o da do dos registros C, B e . Incrementa HL para retornar com o endereço do próximo dado.

LISTAGEM DA SUBROTINA R39.

OBE3 71	MOVM,C	OBE4 23	INX,H	OBE5 70	MOVM,B
OBE6 23	INX,H	OBE7 72	MOVM,D	OBE8 23	INX,H
OBE9 C9	RET.				

SUB-ROTINA R 40.

Multiplica o dado cujo endereço inicial está em HL, pelo dado dos registros C, B e E. O dado endereçado por HL, é o fator de correção do potenciômetro analógico. O dado dos registros C, B e E é a média de um ciclo de leitura do respectivo potenciômetro, sendo portanto o produto dessa subrotina, o dado corrigido para torná-lo igual ao lido no display do potenciômetro.

LISTAGEM DA SUBROTINA R40.

OCFC D5	PUSH,D	OCFD E5	PUSH,H	OCFE 217528	LXI,H
ODO1 71	MOVM,C	ODO2 23	INX,H	ODO3 70	MOVM,B
ODO4 23	INX,H	ODO5 73	MOVM,E	ODO6 23	INX,H

OD07 CD1511 CALLR56	OD0A D1	POP,D	OD0B CD3A0D CALLR46
OD0E 3EFO MVI,A	OD10 A6	ANA,M	OD11 CA1B0D JZ
OD14 OF RRC	OD15 OF RRC	OD16 OF RRC	
OD17 OF RRC	OD18 CD470D CALLR47	OD1B CD3A0D CALLR46	
OD1E 3EOF MVI,A	OD20 A6	ANA,M	OD21 CA270D JZ
OD24 CD470D CALLR47	OD27 2B	DCX,H	OD28 3E74 MVI,A
OD2A 95 SUM,L	OD2A C20B0D JNZ	OD2E 217828 LXI,H	
OD31 010606 LXI,B	OD34 CDCB0C CALLR45	OD37 D1	POP,D
OD38 C9	RET.		

SUB-ROTINA R 41

Decodifica o dado do registro A de sete segmentos para BCD e retorna ao endereço de chamada com o dado decodificado no registro C. Essa decodificação é necessária, porque o conversor A/D fornece os dados codificados para display de sete segmentos.

LISTAGEM DA SUBROTINA 41.

OE57 216D0E LXI,H	OE5A OE09	MVI,C	OE5C BE	CMP,M
OE5D C8 RZ	OE5E 2B	DCX,H	OE5F 0D	DCR,C
OE60 C25C0E JNC	OE63 C9	RET	OE64 40	DADO
OE65 79 DADO	OE66 24	DADO	OE67 30	DADO
OE68 19 DADO	OE69 12	DADO	OE6A 02	DADO
OE6B 78 DADO	OE6C 00	DADO	OE6D 10	DADO.

SUB-ROTINA R 42.

Desloca à esquerda os dados cujo endereço inicial está em HL. Devem estar, respectivamente, nos registros C B o número de "bytes" do dado e o número de casa decimal a serem deslocadas. Retorna com o endereço do LBS do dado em HL.

LISTAGEM DA SUBROTINA R42.

0C91 1604	MVI,D	0C93 E5	PUSH,H	0C94 59	MOVE,C
0C95 B7	DRA,A	0C96 7E	MOVA,M	0C97 17	RAL
0C98 77	MOVM,A	0C99 23	INX,H	0C9A 1D	DCR,E
0C9B C2960C	JNZ	0C9E E1	POP,H	0C9F 15	DCR,D
0CA0 C2930C	JNZ	0CA3 05	DCR,B	0CA4 C2910C	JNZ
0C47 C9	RET.				

SUB-ROTINA R 43

Adiciona o complemento 10 do divisor ao resto parcial. Os registros HL e DE devem ter, respectivamente, os endereços iniciais do complemento e do resto parcial. Essa subrotina usada nas operações de divisão com números decimais.

LISTAGEM DA SUBROTINA R43.

0CA8 E5	PUSH,H	0CA9 B7	DRA,A	0CAA 0604	MVI,B
0CAC 2E74	MVI,L	0CAE E3	XTHL	0CAF 1A	LDAXD
0CB0 8E	ADC,M	0CB1 27	DAA	0CB2 E3	XTHL
0CB3 77	MOVM,A	0CB4 23	INX,H	0CB5 E3	XTHL
0CB6 23	INX,H	0CB7 13	INX,D	0CB8 05	DCR,B
0CB9 C2AF0C	JNZ	0CBC E1	POP,H	0CBD D0	RNZ
0CBE 0604	MVI,B	0CC0 2B	DCX,H	0CC1 1B	DCX,D

```

OCC2 7E      MOVA,M   OCC3 12      STAX,D   OCC4 05      DCR,B
OCC5 C2C00C JNZ      OCC8 2E70     MVI,1    OCCA C9      RET.

```

SUB-ROTINA R 44

Faz aproximação, adicionando 05 ao LSB do dado e deslocando o mesmo uma casa decimal a direita. O endereço do LSB do dado deve estar em HL, sendo que nos registros C e B devem estar, respectivamente, o número de casas decimais a aproximar e o número de "bytes" do dado. Retorna com o dado nos registros C, B e E, estando em HL o endereço inicial do mesmo.

LISTAGEM DA SUBROTINA R44.

```

OCCB E5      PUSH,H   OCCC 1604     MVI,D     OCCE 58      MOVE,B
OCCF 3E05     MVI,A   OCD1 B7      ORA,A     OCD2 8E      ADC,M
OCD3 27       DAA      OCD4 77      MOVN,A    OCD5 23      INX,H
OCD6 3E00     MVI,A   OCD8 1D      DCR,E     OCD9 C2D20C JNC
OCDC 58       MOVE,B   OCDD E5      PUSH,H    OCDE B7      ORA,A
OCDF 2B       DCX,H    OCE0 7E      MOVN,A    OCE1 1F      RAR
OCE2 77       MOVN,A   OCE3 1D      DCR,E     OCE4 C2DFOC JNZ
OCE7 E1       POP,H    OCE8 15      DCR,D     OCE9 C2DC0C JNZ
OCEC E1       POP,B    OCED 0D      DCR,C     OCEE C2CBOC JNZ
OCF1 E5       PUSH,H   OCF2 4E      MOVC,M    OCF3 23      INX,H
OCF4 46       MOVN,M   OCF5 23      INX,H     OCF6 5E      MOVE,M
OCF7 E1       POP,H    OCF8 3A0B28 LDA      OCFB C0      RET.

```

SUB-ROTINA R 45

Coloca nos registros as informações referentes ao dado a ser deslocado e chama a subrotina R 42, para deslocar o mesmo à esquerda.

LISTAGEM DA SUBROTINA R45.

0D3A D5	PUSH,H	0C3B E5	PUSH,H	0C3C 2E78	MVI,L
0D3E 010601	MVI,B	0C41 CD910C	CALLR43	0C44 E1	POP,H
0D45 D1	POP,D	0C46 C9	RET.		

SUB-ROTINA R 46

Soma o multiplicando ao produto parcial. Devem estar, respectivamente, nos registros DE e B o endereço inicial do multiplicando e o número de adições a serem feitas. Isso porque o SACI multiplica por sucessivas adições.

LISTAGEM DA SUBROTINA R46

0D47 47	MOVB,A	0D48 E5	PUSH,H	0D49 D5	PUSH,D
0D4A 2E78	MVI,L	0D4C B7	ORA,A	0D4D 0E03	MVI,C
0D4F 1A	LDAX,D	0D50 8E	ADC,M	0D51 27	DAA
0D52 77	MOVH,A	0D55 13	INX,D	0D54 23	INX,H
0D55 0D	DCR,C	0D56 C24F0D	JNZ	0D59 79	MOVA,C
0D5A 0C	INR,C	0D5B DA500D	JC	0D5E D1	POP,D
0D5F 05	DCR,C	0D60 C2490D	JNC	0D63 E1	POP,H
0D64 C9	RET.				

SUB-ROTINA R 47.

Por meio dessa subrotina o microcomputador SACI transmite, serialmente, dados para um computador CP 500. Os endereços iniciais e finais dos dados devem estar, respectivamente nas memórias de endereços 2800 - 2801 e 2802 - 2803. O endereço final dos dados de cada potenciômetro é encontrado nas memórias especificadas na Tabela I, pois para guardar os dados durante a titulação, o SACI apanha o endereço nas memórias estabelecidas na Tabela I, guardando de volta nas mesmas o endereço seguinte para o próximo dado.

Os dados são transmitidos a velocidade de 660 "bits" por segundo e o SACI inicia a transmissão enviando "byte" A5, o qual o CP500 interpreta como sendo a senha do início de transmissão e encerra enviando o "byte" D0. Antes de se inicializar o microcomputador SACI para começar a transmissão, deve-se inicializar o computador CP500 para a rotina de recepção.

A transmissão é feita do seguinte modo: a saída SOD (serial "output" data) da CPU 8085 é colocada no estado lógico um, sendo o bit a ser transmitido zero, esse estado ser mantido durante 500 microsegundos, sendo então desativada e mantida no estado lógico zero durante 1000 microsegundos, iniciando, então, outro ciclo de transmissão. Mas se o bit a ser transmitido for

um, os intervalos de tempo citados são invertidos.

Essa subrotina, na verdade, prepara o dado para ser transmitido, e então chama a subrotina R 48 para transmiti-lo.

LISTAGEM DA ROTINA R47.

0E80 31FF28 LXI,SP	0E83 2A0028 LHLD	0E86 0EA5 MVI,C
0E88 CDA40E CALLR49	0E8B 4E MOVC,M	0E8C CDA40E CALLR49
0E8F 23 INX,H	0E90 3A0228 LDA	0E93 95 SUB,L
0E94 C28B0E JNZ	0E97 3A0328 LDA	0E9A 94 SUB,H
0E9B C28B0E SUB,H	0E9E 0E0D MVI,C	0EAO CDA40E CALLR49
0EA3 CF RST1.		

SUB-ROTINA R 48.

Transmite o dado do registro C através da saída SOD da CPU.

LISTAGEM DA SUBROTINA R48.

0EA4 0608 MVI,B	0EA6 3ECO MVI,A	0EA8 30 SIM
0EA9 79 MOVA,C	0EAA 1F RAR	0EAB 4F MOVC,A
0EAC DAC30E JC	0EAF 166C MVI,D	0EB1 15 DCR,D
0EB2 C2B10E JNZ	0EB5 16B7 MVI,D	0EB7 3E40 MVI,A
0EB9 30 SIM	0EBA 15 DCR,D	0EBB C2BA0E JNZ
0EBE 05 DCR,B	0EBF C2A60E JNZ	0EC2 C9 RET.
0EC3 16DA MVI,D	0EC5 15 DCR,D	0EC6 C2C50E JNZ
0EC7 166C MVI,A	0ECB C3B70E JMP.	

SUB-ROTINA R 49.

Essa subrotina possibilita que um computador CP 500, receba pela interface de casset, dados transmitidos serialmente pelo SACI. Essa subrotina está escrita em linguagem de máquina do CP500, mas é chamada em BASIC. Uma vez inicializado o CP 500 para essa subrotina, ele monitora a interface de casset, e detectando a presença de um sinal, ele espera 750 microsegundos, verificando, novamente, se o sinal ainda permanece. Sendo verdade ele considera o bit transmitido um, e em caso contrário o considera zero. Se os primeiros 8 bits recebidos correspondem ao código A5, o qual é transmitido pelo SACI como indicador do início da transmissão de dados, então o CP 500 guardará, em sequência, os "bytes" recebidos a partir desse instante, até receber o "byte" DO que é o código de fim de transmissão.

Após encerrar a transmissão, o controle do CP 500 é transferido para a subrotina R 50, a qual é escrita em BASIC e tem como função montar os dados. Os dados transmitidos estão no padrão BCD e tem 3 "bytes" de comprimento, incluindo o "bytes" de sinal o qual somente pode ser 00 ou 80, portanto erro de transmissão que leve algum dado a sair desse padrão, será detectado e o CP 500 escreverá, na tela, a mensagem "recepção incorreta".

SUB-ROTINA R 49

```

0  DEFUSR i = 8 H7BD4
10 FOR I = 31700 TO 31745 .
20 READX
30 POKEI, X:Print: "; PEEK (I)
40 NEXT I
50 STOP
60 Data 33,56,124,22,8,1,55,0,219,252,230,1,194,220,123,205,
      96,0,219,252,1,15,123,31,95,219,252,230,1,202,
      238,123,21,194,217,123,123,119,254,242,35,194,215,
      123,201

```

SUB-ROTINA R 50

```

0  DEFINTX: DIMX (256)
10 REM***Recepção de dados***
20 POKEI 16526,212:POKE 16527,123
30 Z = USR1(0)
40 IF PEEK (31800) = 90 THEN GOTO 80
50 PRINT " ***RECEPÇÃO INCORRETA***
60 STOP
70 REM*** MONTAGEM DO VETOR DE DADOS***
80 FOR I = 0 TO 255
90 A=255-PEEK(31801 + 3*I):C=255 - PEEK (31802 + 3*I)
100 IF A=13 THEN GOTO 200
110 B= INT(A/16): A=A-16*B
120 D=INT(C/16):C=C-16*D

```

```

130 IF A > 9 OR B > 9 OR C > 9 OR D > 9 THEN GOTO 50
140 E=PEEK(31803 + 3*I): IF E < > 255 AND E < > 127 THEN GOTO 50
150 IF E=255 THENX(I)=1 ELSE X (I)=-1
160 X(I)=X(I)*(A+B*10+C*100+D1000)
170 NEXTI
180 REM *** SAIDA DO VETOR X NA TELA ***
190 PRINT " PRESSIONE QUALQUER TECLA PARA IMPRIMIR DADOS "
200 CMD"Z", "ON"
210 PRINT TAB(10);"DADOS DO SISTEMA SACI -
220 PRINT"    "
230 OPEN "O", 3, "ENGES/TIT:1"
240 PRINT TAB (10);" pH-METRO - MARCA - FORMA DE LEITURA"
250 FOR K=0 TO I-1
260 IF INKEY$="" THEN GOTO 270
270 PRINT "X(";K;")=";X(K),
280 PRINT 3,X(K)
290 NEXTK
300 CMD"Z", "OFF"
310 CLOSE
320 REM *** DAQUI PARA FRENTE: PROGRAMA QUE UTILIZA DADOS ***

```

SUB-ROTINA R 51

Após ler os potenciômetros que foram habilitados, o microcomputador lê também, a tensão de offset e ao calcular a média das leituras de cada potenciômetro, o microcomputador, por meio dessa subrotina, compara as polaridades do dado calculado e da tensão de offset. Sendo iguais ele subtrai o valor da tensão de offset do dado, sendo diferentes a mesma será somada, e assim corrige o desvio provocado pela aparecimento residual de offset, após o ajuste manual do mesmo.

LISTAGEM DA SUBROTINA R51.

10A0 213928 LXI,H	10A3 4E	MOVC,M	10A4 23	INX,H
10A5 46	MOVB,M	10A6 23	INX,H	10A7 5E
10A8 23	INX,H	10A9 7E	MOVA,M	10AA 2E67
10AC 56	MOVD,M	10AD 96	SUB,M	10AE CACB10
10B1 2E70	MVI,L	10B3 7E	MOVA,M	10B4 81
10B5 27	DAA	10B6 77	MOV,M,A	10B7 4F
10B8 23	INX,H	10B9 7E	MOVA,M	10BA 88
10BB 27	DAA	10BC 77	MOV,M,A	10BD 47
10BE 23	INX,H	10BF 7E	MOVA,M	10C0 8B
10C1 27	DAA	10C2 77	MOV,M,A	10C3 5F
10C4 3A0B28	LDA	10C7 A7	ANA,A	10C8 C0
10C9 53	MOVD,E	10CA C9	RET.	10CB 3E99
10CD 91	SUB,C	10CE 4F	MOVC,A	10CF 3E99
10D1 98	SBB,B	10D2 47	MOVB,A	10D3 3E99
10D5 9B	SBB,E	10D6 5F	MOVE,A	10D7 3E01
10D9 81	ADD,C	10DA 27	DAA	10DB 4F
				MOVC,A

10DC 3E00	MVI,A	10DE 88	ADC,B	10DF 27	DAA
10E1 3E00	MVI,A	10E3 8B	ADC,E	10E4 27	DAA
10E5 5F	MOVE,A	10E6 C3B110	JMP.		

SUB-ROTINA R 52

Calcula a média das leituras dos potenciômetros analógicos, empregando as subrotinas R 9, R 10, R 11 e R 12.

LISTAGEM DA SUBROTINA R52.

10EC CD5508	CALLR9	10EF CD5D08	CALLR10	10F2 CD6508	CALLR11
10F5 CD6D08	CALLR12	10F8 C9	RET.		

SUB-ROTINA R 53

Transfere uma cópia do dividendo para as memórias de endereços a partir de 2862. O endereço inicial do dividendo deve estar em HL, e considera o mesmo tendo 5 "bytes" de comprimento, então acrescenta-lhe 2 decimais, para melhorar a resolução final do dado.

LISTAGEM DA SUBROTINA R53.

1100 AF	XRA,A	1101 0606	MVI,B	1103 12	STAXD
1104 7E	MOVA,M	1105 13	INX,D	1106 23	INX,H
1107 05	DCR,B	1108 C20311	JNZ	110B 1B	DCX,D
110C C9	RET.				

SUB-ROTINA R 54

Coloca no registro C o número de memórias a serem usadas pela rotina de multiplicação, chama a subrotina R 14 para zerar tais memórias, e então retorna com o endereço do MSB do multiplicando no registro HL.

LISTAGEM DA SUBROTINA R54.

1115 E5	PUSH,H	1116 OE0A	MVI,C	1118 CD2E0A	CALLR14
111B E1	POP,H	111C 2B	DCX,H	111D C9	RET.

SUB-ROTINA R 55

Calcula o fator de correção do potenciômetro analógico A. Coloca no registro HL o endereço do MSB (Most Significant Byte) da leitura padrão, Tabela I, chama a subrotina R 57 para preparar a leitura padrão como dividendo e então chama a subrotina R 39 para calcular o fator de correção. É tomado como divisor o dado presente nos registros C, B e E.

LISTAGEM DA SUBROTINA R55.

1120 210D28	LXI,H	1123 CD4011	CALLR57	1126 2E44	MVI,L
1128 CDFC0B	CALLR38	112B C9	RET.		

SUB-ROTINA R 56, R 57 e R 58

As subrotinas R 56, R 57 e R 58 calculam, respectivamente, os fatores de correção dos potenciômetros analógicos B, C e D. Todas elas após colocarem em HL o endereço do MS do dado, saltam no endereço 1123 de R 55, de onde continua o cálculo.

LISTAGEM DA SUBROTINA R56.

112C 210F28 LXI,H 112F C32311 JMP SALTA NA SUBROTINA
R55.

LISTAGEM DA SUBROTINA R57.

1132 211128 LXI,H 1135 C32311 LMP SALTA NA SUBROTINA
R55.

LISTAGEM DA SUBROTINA R58

1138 211328 LXI,H 113B C32311 JMP SALTA NA SUBROTINA
R55.

SUB-ROTINA R 59

Apanha o dado da leitura padrão cujo endereço está no registro HL, transfere uma cópia para as memórias de endereços 2843 a 2847, acrescentando-lhe quatro decimais.

LISTAGEM DA SUBROTINA R59.

1140 D5	PUSH,H	1141 114728 LXI,D	1144 7E	MOVA,M
1145 12	STAX,D	1146 1B	DCX,D	1147 2B
1148 7E	MOVA,M	1149 12	STAX,D	114A AF
				XRA,A

114B 1B	DCX,D	114C 12	STAX,D	114D 1B	DCX,D
114E 12	STAX,D	114F D1	POP,D	1150 C9	RET.

SUB-ROTINA R 60.

Lê a tensão de offset e mostra no campo de dados do display. Essa rotina uma vez chamada, mantém o controle da CPU preso em um loop, assim possibilitando que se ajuste, manualmente, o valor da tensão de offset. Uma vez terminado o ajuste desejado, um RESET leva o controle da CPU de volta para o monitor residente.

LISTAGEM DA ROTINA R60.

1160 31FF28 LXI,SP	1163 3E0C MVI,A	1165 D328 OUT
1167 D320 OUT	1169 AF XRA,A	116A D32B OUT
116C D323 OUT	116E CDE90D CALLR37	1171 58 MOVE,B
1172 C5 PUSH,H	1173 CD6303 CALLMON.	1176 C1 POP,B
1177 79 MOVA,C	1178 CD6E03 CALLMON.	C36E11 JMP.

CAPÍTULO VII

OPERAÇÃO DO MÓDULO DE PROPULSÃO DE FLUÍDOS E DO MICROCOMPUTADOR "SACI"

Antes de se inicializar o microcomputador, para executar o programa de titulação, é necessário que se prepare o módulo de propulsão das soluções titulantes, figuras 10, 12 e 15.

Durante os testes preliminares do módulo de propulsão, observou-se um enrijecimento das borrachas dos êmbolos das seringas, quando a solução empregada era hidróxido de sódio. Esse fato reduz a vida útil das seringas, então para evitar o contacto das soluções titulantes com os êmbolos das seringas, adotou-se o processo esquematizado na figura 15.

As seringas são previamente cheias com água destilada, e então conectadas ao comutador, conforme é mostrado na figura 15, deixando-se dentro dos tubos de conexão T, uma bolha de ar de 4 ou 5cm de comprimento. Essa bolha de ar tem como finalidade, evitar o contato das soluções titulantes com os êmbolos das respectivas seringas.

Após essa etapa de preparação, usando-se o comando manual do propulsor de fluido, figura 11, lava-se a tubulação com as respectivas soluções titulantes. No percurso entre o comutador e os reservatórios das soluções titulantes, não pode

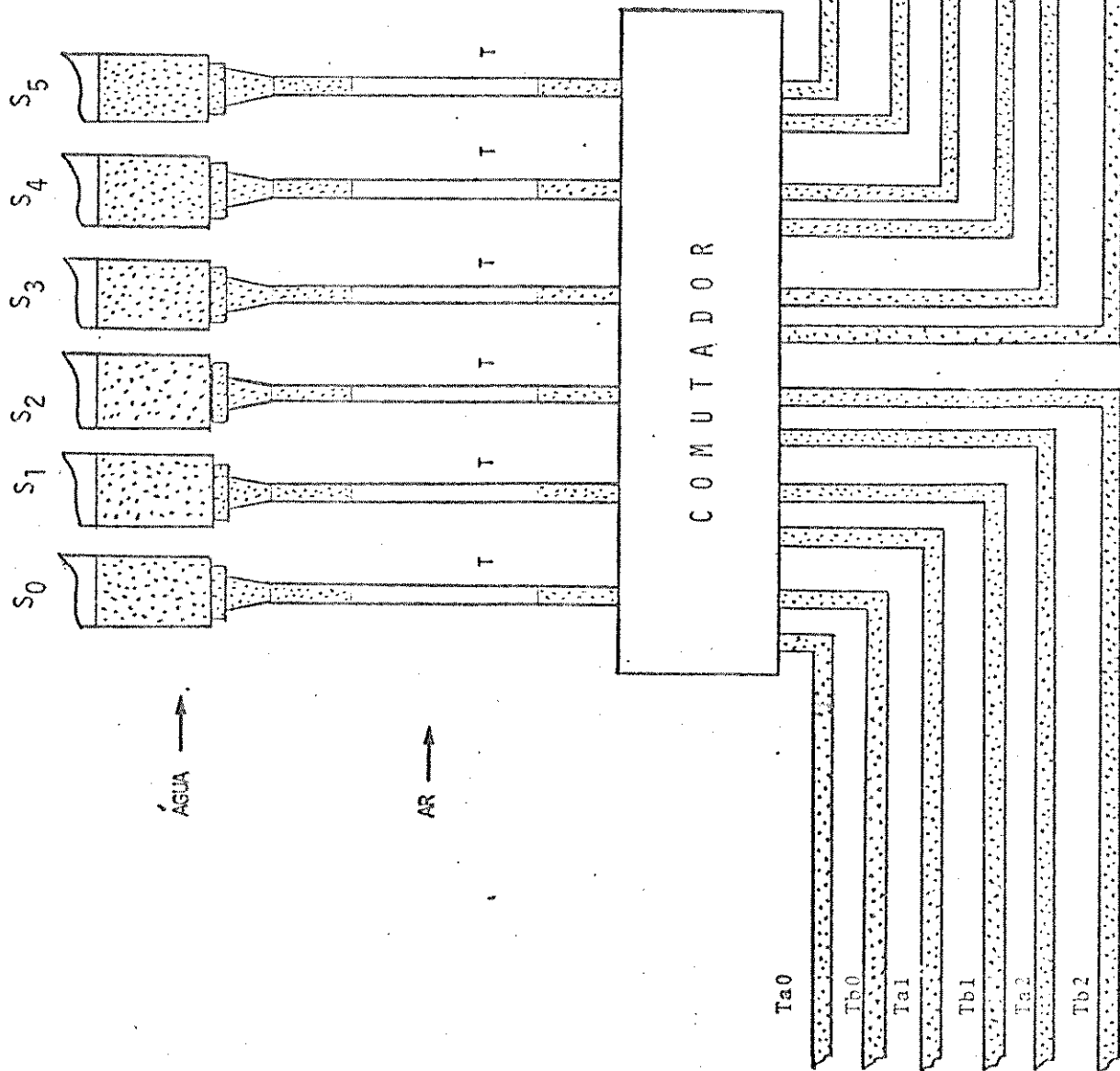


Figura 15. Diagrama da conexão do comutador com os reservatórios das soluções titulantes, com as celas de titulação e com o módulo de propulsão de fluidos. $S_0, S_1, \dots, S_5$ seringas T, tubos de polietileno, Ta0, Ta5, tubos de conexão com as celas de titulação e Tb0, Tb5, tubos de conexão com os reservatórios de soluções titulantes.

existir bolhas de ar, pois essas, inevitavelmente, alcançariam o comutador, e assim afetariam a precisão dos volumes das alíquotas selecionadas nessa ocasião.

Os volumes das alíquotas das soluções titulantes é função do diâmetro interno de cada seringa e do espaçamento entre os interruptores ópticos IO e II. O espaço entre IO e II, pode ser variado de 2 em 2mm, sendo que a variação de volume correspondente, situa-se entre 30 e 40 microlitros. O acoplamento correto dos interruptores ópticos IO e II, deve ser feito pelo "SACI", assim evita-se que o volume da primeira alíquota seja diferente dos demais. Então para isso com os tubos fora das celas de titulações, manda-se o microcomputador executar duas ou três adições de titulantes.

O programa de titulação que se pretende executar, é estabelecido através dos parâmetros de controle da Tabela I, e após introduzir-se os mesmos, via teclado, inicializa-se o microcomputador para o endereço 0FOOH, que é onde se localiza o início do "software" que controla o "SACI".

Ao assumir o controle da titulação, antes de adicionar a primeira alíquota das soluções titulantes nas celas de titulação, o "SACI" lê todos os potenciômetros que estejam habilitados, assim o primeiro dado tomado, corresponde ao estado do respectivo potenciômetro, antes de começar a titulação.

No capítulo V foi abordado a necessidade de padronização dos potenciômetros analógicos, para isso na primeira etapa da tomada de dados, coloca-se 00 na memória de endereço 280B, Tabela I. Quando o "SACI" terminar o primeiro ciclo de lei

turas, verifica o estado dessa memória, e sendo zero, ele interpreta como estando executando a etapa de padronização do potenciômetro analógico, então ela apanha os dados de padronização, colocados nos endereços de 280C a 2813, calcula o fator de correção para cada potenciômetro analógico, guardando os mesmos nas três primeiras memórias, a partir do endereço especificado na Tabela I, para os dados dos respectivos potenciômetros. Terminado o cálculo dos fatores de correção o microcomputador escreve no "display" a mensagem "SACI", que significa fim de execução.

Durante a titulação, a cada ciclo de leituras, o "SACI" multiplica a média obtida pelo respectivo fator de correção, assim corrige na mesma proporção os desvios que possam existir entre os dados tomados pelo microcomputador e os que se obteria se lêssemos os "display" dos potenciômetros.

Os volumes das alíquotas das soluções titulantes são determinadas, conectando-se uma micropipeta graduada ao tubo que leva a solução à cela de titulação. Devido a praticidade no acoplamento e na leitura dos volumes, aconselha-se, empregar pipeta de 100 microlitros com graduação de um microlitro. Uma vez conectada a pipeta e ajustado o nível inicial da solução programa-se o SACI para executar uma adição, lê-se o volume liberado e repete-se a operação se for julgado necessário. O mesmo procedimento deve ser executado para os outros canais de propulsor de fluidos que for ser usado na titulação.

Uma vez terminada a titulação, os dados são transferidos para um computador CP 500, usando as duas rotinas R 48 e R 50, capítulo IV, sendo que o CP 500 deve ser inicializa

do antes que o "SACI". Para a transmissão de dados coloca-se na memórias de endereço 2800 - 2801, o endereço inicial dos dados serem transmitidos e nas memórias de endereços 2802 ÷ 2803, o endereço final dos dados acrescidos de uma unidade. Feito isso, basta inicializar o "SACI" para o endereço OE80.

CAPÍTULO VIII

VERIFICAÇÃO DA ESTABILIDADE DA INTERFACE ANALÓGICA/DIGITAL E DO MÓDULO DE PROPULSÃO DAS SOLUÇÕES TITULANTES.

A interface para conversão analógica/digital figura 8, é baseada no circuito integrado 7107, o qual foi posto no mercado como indicador em painéis (22), onde, em geral, a finalidade das medidas não requer muito rigor na precisão das mesmas. Porém tratando-se de um instrumento para pesquisa em potenciometria, as medidas fornecidas pelo equipamento, precisam ser confiáveis. O meio escolhido para testar sua performance, foi submetê-lo a um longo período de trabalho e verificar a reprodutibilidade das medidas executadas.

A interface analógica/digital é composta também por outros circuitos integrados com características analógicas, A40, A41 e A42 os quais podem apresentar algum "drift" ao longo do tempo, portanto os testes de estabilidade servem para aferir o desempenho da interface como um todo.

Antes de iniciar a fase dos testes de estabilidade, ajustou-se o fundo de escala de $\pm 200\text{mV}$, usando uma fonte de tensão variável e um multímetro digital (ECB modelo MDM220). Ajustou-se a fonte de tensão, até ler-se com o multímetro, na

entrada do conversor A/D, uma tensão de 198,0mV, ajustando-se a seguir o potenciômetro TRP para que a leitura do "display" do microcomputador fosse a mesma do multímetro.

Para os testes de estabilidade da interface A/D, empregou-se pilha de lanterna para simular os potenciômetros analógicos, sendo que os resultados são apresentados na Tabela II a seguir.

TABELA II. - Testes de estabilidade da interface analógica/digital.

Média mV.	Desvio Padrão	SDVx1000: Média	Número de medidas
160,1	0,046	0,3	120
342,5	0,118	0,3	120
629,9	0,14	0,2	120
79,8	0,032	0,4	120

As medidas cujas médias são apresentadas na tabela 2, foram tomadas empregando-se pilhas de lanterna para simular os potenciômetros analógicos. Conforme estabelecido na subrotina R₂, capítulo VI, o intervalo entre duas leituras consecutivas, é de 0,5s, portanto foram dispendidos 240 minutos na tomada dos dados, representados pelas médias da tabela II, portanto cada diferença de potencial foi monitorada durante uma hora.

A partir dos dados dessa tabela, podemos afirmar que o desempenho da interface A/D é muito bom; visto que o erro relativo (desvio padrão/média) está em torno de 0,3‰.

Segundo está estabelecido na tabela I, capítulo V, podem ser feitas até 5 leituras consecutivas de cada potenciômetro, separados por intervalos de 0,5s, podendo essa sequência ser repetida até 9 vezes (9 varreduras), o que possibilita ter-se como resultado a média entre 1 e 45 leituras. Entretanto para melhor caracterizar o desempenho da interface A/D, para as leituras de 79 e 160 mv, foi programado através dos parâmetros de controle, Tabela I, apenas uma leitura e uma varredura.

O fundo de escala do conversor A/D (A41) foi ajustado para 200 mv, se na primeira leitura o microcomputador detecta que o fundo da escala foi ultrapassado, então ele rejeita o dado e muda o mesmo (subrotina R₁₉), repetindo a leitura novamente. Durante a mudança de fundo de escala, há um tempo de transição, para o potencial estabilizar, portanto uma leitura feita nesse intervalo pode não refletir o valor real, por isso foram programadas 3 leituras para as diferenças de potenciais de 342 e 629 mv. Assim o microcomputador somente aceitará os dados, depois que a leitura estabilizar, pois através da subrotina R₃₅, ele determina a diferença entre o dado maior e o menor, sendo a mesma superior a 0,2 mv, ele despreza os dois e faz mais duas leituras, testando o resultado novamente. Esse expediente foi criado para garantir que durante a titulação, o SACI somente valide os dados, após a reação ter se estabilizado, entretanto, o mesmo princípio é aplicável nas mudanças de fundo de escala. Es-

sa subrotina somente é chamada se o número de leituras em cada ciclo for maior que um.

A seleção dos potenciômetros analógicos e dos fundos de escala, são feitos através dos multiplexadores A58 e A40, os quais são dispositivos analógicos, e esses poderiam afetar de alguma maneira, os sinais de entrada. Entretanto os testes realizados demonstram que não há diferença significativa entre as entradas A, B, C e D, bem como a proporcionalidade de 1:2 e 1:4 no fundo de escala.

Durante uma titulação potenciométrica o sinal medido excursiona de positivo a negativo, vice-versa, foi verificado se a resposta da interface A/D, era simétrica com respeito a mudança de polaridade da tensão de entrada. Testes realizados com bateria demonstraram uma variação de 0,2 mv ao ser invertida a polaridade do sinal de entrada, para uma leitura de 600,0 mv, portanto se pode considerar essa interface perfeitamente simétrica.

Os testes de reprodutibilidade do módulo de propulsão de fluidos foram feitos, empregando-se água destilada e uma balança digital (Mettler Modelo A30) a qual tem resolução de décimos de miligrama. Para tomar cada alíquota de solução, o microcomputador "SACI" era inicializado para liberar somente uma alíquota, a qual era coletada em um pequeno frasco, sendo a pesagem realizada imediatamente após o "SACI" comutar o injetor para a posição de recarga das seringas.

TABELA III. - Testes de reprodutibilidade do módulo de propulsão de fluidos.

Média(mg)	Desv. padrão(mg)	(SDV/média) x 100	núm. de medidas.
75,3	0,4	0,5	18
75,5	0,4	0,5	15
76,2	0,3	0,4	15
76,4	0,2	0,3	14
76,1	0,5	0,6	16
76,6	0,4	0,5	20
38,8	0,7	1,8	30
100,2	0,5	0,5	30
139,7	0,5	0,3	23
170,6	0,6	0,4	18
212,3	0,4	0,2	12
245,8	0,5	0,2	10
245,8	0,5	0,2	20
281,6	0,6	0,3	20
311,6	0,7	0,2	20

As primeiras seis médias desta tabela, foram tomadas com intervalos de 30 minutos entre elas, assim incluindo-se o tempo dispendido para se tomar as medidas, o tempo gasto foi em torno de quatro horas e os dados mostram que não houve mudança significativa ao longo desse tempo.

O grau de precisão aferido pelos dados da Tabela III, estão dentro da faixa aceitável para titulação potenciométrica (melhor que 1%). Convém atentar para o fato de que no pior caso, o erro relativo é 1,8%, para as alíquotas cuja massa média

é 38,8mg, o que é evidente, considerando-se que a maioria dos desvios padrões dessa tabela situam-se na faixa de 0,4 a 0,7mg independente da massa da alíquota tomada. Em vista desses resultados decidiu-se adotar esse dispositivo como unidade propulsora das soluções titulantes, no equipamento de automação que nos propusemos a desenvolver para titulação potenciométrica.

CAPÍTULO IX

TITULAÇÃO DE SOLUÇÕES DE ÁCIDOS COM HIDRÓXIDO DE SÓDIO

O desempenho de um microcomputador como máquina dedicada, depende de sua estrutura física (hardware) e do "software" que controla, sendo ambos desenvolvidos em função do processo que se pretende controlar.

O sistema de automação que estamos propondo constitui além do microcomputador SACI, outros dispositivos, os quais embora sejam controlados pelo microcomputador, esse não possui meios para aferir o desempenho de cada um. Os testes abordados no capítulo VIII foram executados, com a finalidade de verificar o funcionamento de partes individualizadas, faltando portanto um teste de caráter mais global.

Nos pareceu não haver dúvidas que o melhor meio, para se aferir o desempenho do sistema de automação como um todo, seria executando com o mesmo titulações cujos resultados pudessem ser obtidos por outros meios. Então programou-se uma série de titulações de ácido clorídrico com hidróxido de sódio, cujos resultados são mostrados na figura 16 e na tabela IV.

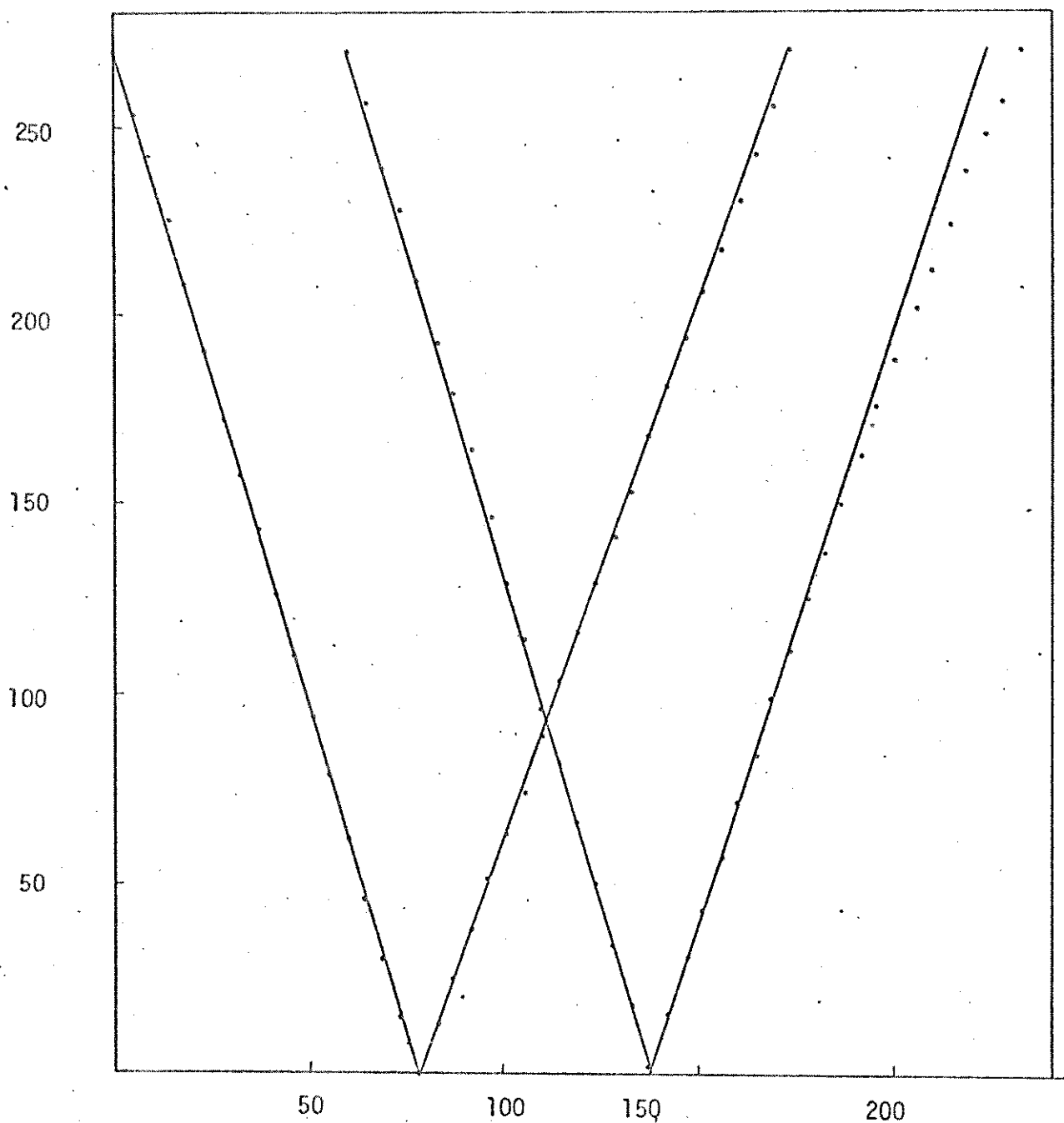


Figura 16. Gran Plot - Titulação de ácido clorídrico com hidróxido de sódio 0,0947 molar. Ordenada $(V_o + V) \exp. (\frac{E}{59,16})$, abcissa V, s , do V_o o volume inicial de HCl, V o volume de hidróxido de sódio adicionado e E , a diferença de potencial em milivolts.

Tabela IV. Titulação de uma solução de ácido clorídrico com hidróxido de sódio 0,0947 molar.

volumes das aliquotas de titulante (ml)	volume de equivalência (ml)	nº de pontos	coeficiente correlação near.
0,07376	2,234	21	0,99984
0,06469	2,243	15	0,99978
0,08275	2,231	16	0,99974
0,07259	2,241	13	0,99998
0,06501	2,229	11	0,99965
0,08219	2,224	18	0,99979
0,11225	2,231	12	0,99995
0,11794	2,222	19	0,99985
0,10635	2,252	14	0,99976

$$V_e = 2,234, \text{ ml}; \sigma = 0,009 \text{ ml}; \sigma/V_e = 0,4\%; V_{em} = 2,253 \text{ ml}$$

$\bar{V}_e$ = volume de equivalência médio e V_{em} volume de equivalência determinada manualmente. Cada um dos três conjuntos de dados, corresponde a uma programação de titulantes feita com três potenciômetros.

Os volumes de equivalência dessa tabela foram obtidos a partir das curvas de regressão das leituras dos potenciômetros, empregando-se as respectivas funções de Gran (27), conforme ilustrado na figura 16.

Nessa fase de testes os parâmetros de interesse são o volume de equivalência e o coeficiente de regressão linear, visto que a reprodutibilidade dos mesmos nos dá, uma visão global da eficiência do sistema como um todo. E desses dados podemos inferir que é satisfatório o desempenho do microcomputador e dos demais dispositivos que compoem o sistema de automação que estamos propondo, visto que o volume de equivalência determinado nessa fase de testes, apresenta uma concordância em torno de 99% com aquele obtido em titulação manual.

Embora esses dados já nos dessem segurança quanto a eficiência do microcomputador como máquina dedicada, queremos verificar a estabilidade ao longo do tempo, principalmente do módulo de propulsão de fluidos, que é parte sujeita a fadiga, por envolver dispositivos de ação mecânica. Assim ampliou-se a faixa de testes e titulou-se algumas misturas de ácidos, cujos resultados são mostrados na tabela V.

As titulações foram executadas em solução 0,1M em cloreto de potássio e, cada conjunto de dados corresponde a uma programação de titulação e cada linha corresponde a um potenciômetro. Foram usados os potenciômetros ORION 701A e Microanal B 375.

Tabela V. Titulação de misturas de ácidos com uma solução de hidróxido de sódio 0,0947 molar.

Ácido	volume de equivalência (ml)	erro percentual do volume	coeficiente de regressão linear	nº pontos	P K
HCl	2,6804	0,252	0,99992	18	-
	2,7003	0,153	0,99988	15	-
	2,6925	0,135	0,99989	19	-
ACÉTICO	2,1505	0,486	0,99988	12	4,505
	2,1468	0,314	0,99972	13	4,504
	2,1481	0,371	0,99981	11	4,511
HCl	0,6774	4,027	0,99998	16	-
	0,6783	4,159	0,99961	21	-
	0,6812	4,604	0,99998	18	-
ACÉTICO	1,4801	0,595	0,99974	12	4,558
	1,4780	0,739	0,99960	16	4,557
	1,4804	0,577	0,99971	15	4,564
BÓRICO	1,4809	0,171	0,99903	12	9,053
	1,4940	1,054	0,99926	11	9,063
	1,4911	1,828	0,99904	10	9,038
HCl	1,5934	3,686	0,99998	28	-
	1,5940	3,691	0,9998	20	-
ACÉTICO	1,4482	0,464	0,99998	15	4,574
	1,4470	0,381	0,9998	11	4,574
BÓRICO	1,3932	2,644	0,9997	17	9,001
	1,4084	1,589	0,9999	10	9,014

HCl	0,9456	1,733	0,99983	16	-
	0,9431	1,741	0,99992	14	-
	0,9452	1,728	0,99987	13	-
ACÉTICO	1,4675	0,433	0,99987	11	4,567
	1,4736	0,021	0,99983	14	4,570
	1,4721	0,205	0,99987	15	4,568
BÓRICO	1,4683	0,337	0,99987	11	9,053
	1,4706	0,492	0,99989	14	9,063
	1,4672	0,501	0,99996	12	9,054
HCl	0,9871	1,678	0,99991	14	-
	0,9920	1,171	0,99996	10	-
ACÉTICO	1,5098	2,518	0,99954	13	4,551
	1,5080	2,394	0,99981	08	4,561
BÓRICO	1,4747	1,475	0,99984	09	8,951
	1,4748	0,846	0,99993	13	8,92

Ácido acético $PKa = 4,552 \pm 0,026$ e ácido bórico $PKa = 9,022 \pm 0,046$, valores tabelados para a mesma força iônica (28) , $4,57 \pm 0,03$ e $8,97 \pm 0,02$ respectivamente para ácido acético e ácido bórico.

Os dados constantes da tabela V, foram obtidos a partir das curvas de regressão linear dos dados de cada titulação, segundo o método de cálculo proposto por Godinho e Aleixo (7).

Parece não haver dúvida, a partir dos dados até aqui apresentados, que o microcomputador SACI e o módulo de propulsão de fluidos, cobrem os requisitos necessários a uma máquina dedicada ao controle e aquisição de dados em titulação potenciométrica. Tendo esse sido o nosso objetivo, ao qual dedicamos boa parte do nosso esforço nos últimos tempos, então acreditamos estar colocando à mão dos pesquisadores dessa área uma potente ferramenta de trabalho, da qual espero que eles extraiam máximo proveito, pois o SACI os libera da massante e nada criativa tarefa, que é adicionar titulantes e anotar números.

Achamos conveniente lembrar que essa proposta de automação, cobre somente as etapas referentes a adição de solução titulante e a coleta dos dados, não dispensa portanto, os cuidados referentes a manipulação e acondicionamento das soluções, etc. Tais cuidados obedecem os mesmos procedimentos da titulação manual e por isso deixou-se de abordá-los.

CAPÍTULO X.

DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A criação de um microcomputador para controle e aquisição de dados, envolve, sempre o conhecimento prévio das variáveis a serem controladas e da natureza e magnitude dos sinais que serão monitorados. Elabora-se, então, os projetos de "hardware" e de "software", a partir dessas informações.

Sendo a titulação potenciométrica, o processo a ser controlado, então a variável de controle é o volume das alíquotas da solução titulante e o sinal a ser monitorado é a diferença de potencial na saída do potenciômetro. Procurou-se então, um dispositivo que nos possibilitasse manipular, com facilidade, a variável de controle, obtendo-se, como resultado final, o módulo de propulsão de fluidos descrito no capítulo III.

Além da simplicidade operacional do módulo de propulsão de fluidos e de seu desempenho como alíquotador, segundo os dados dos capítulos VIII e IX outro aspecto a considerar, o custo dos acessórios para construí-lo, os quais não ultrapassa a casa de dois mil cruzados não existindo, no mercado, nenhum dispositivo que possa ser usado para esse fim e que tenha um custo des

ordem. Em geral os alíquotadores citados na literatura são mononais enquanto esse que se está propondo, pode alimentar, simultaneamente, seis celas de titulação.

Os dados da tabela III capítulo VIII demonstram que esse módulo de propulsão de fluidos não é suficientemente preciso (erro < 1%), para titulação em que seja necessário balhar com alíquotas de solução, cujo volume seja menor do que microlitros. Os dutos por onde flui a solução titulante, são plástico (Tygon e Polietileno) possuindo, portanto, um certo grau de elasticidade e por isso expandem-se em respostas a pressão hidrodinâmica. Consequentemente a vazão da solução titulante estabiliza-se somente após essas duas forças alcançarem um estado de equilíbrio. Outro fato a considerar é a inércia do motor, o qual após ser desligado ainda se move durante algum tempo. Sobre esses dois fatores: a inércia do motor e a expansão experimentada pela tubulação, não temos nenhum controle e acreditamos ser eles contribuintes maiores dos erros observados nos dados da tabela III capítulo VIII.

Há, entretanto, situações experimentais, em que é necessário que se trabalhe, tomando alíquotas de soluções com volume menor do que 40 microlitros, portanto o módulo de propulsão de fluidos em apreço não atende essa faixa de operação.

Uma vez determinada a forma de ação sobre a variável de controle, a etapa seguinte a considerar é quanto sinal a ser medido. No caso da titulação potenciométrica o sinal a ser monitorado, é a diferença de potencial presente na saída do potenciômetro. Somente os potenciômetros importados tem saída

digital, a qual pode ser lida por um microcomputador, porém o padrão da pinage do conector da saída, varia de um fabricante para outro, e até entre modelos diferentes, mas do mesmo fabricante. Em vista disso, a interface digital que facilitaria o acoplamento desses instrumentos ao microcomputador, torna-se específica para um dado potenciômetro, diminuindo a maleabilidade do sistema.

O "hardware" do microcomputador SACI foi provido com duas interfaces digitais para os potenciômetros ORION 701 e 701A, e uma interface analógica com quatro entradas, as quais são acopladas aos potenciômetros através das respectivas saídas para registrador potenciométrico, facilidade disponível em todos os potenciômetros. Assim com um conversor A/D, monitora-se quatro potenciômetros analógicos. A desvantagem desse acoplamento em relação às interfaces digitais, é que nesse caso, o microcomputador seleciona o potenciômetro e espera 0,5s para dar tempo ao A/D realizar a primeira conversão, para então fazer a leitura, enquanto que ao acessar a interface digital, o dado já está pronto. Portanto o emprego da interface analógica, implica em dispêndio de tempo mais longo para tomar o número de dados programados. Por outro lado, essa interface torna o uso do microcomputador mais geral, pois para ela, basta que a diferença de potencial esteja na faixa de $\pm 800,0$ mv. Também o fato do conversor analógico/digital que compoem essa interface, ter resolução de décimos de milivolts, possibilita que se use potenciômetro que não possui resolução dessa ordem, para as leituras feitas nos "displays" dos mesmos.

A saída do conversor A/D empregado é de 3.1/ dígitos, então para se obter a resolução de décimos de milivolts o fundo de escala do mesmo foi ajustado para $\pm 199,9$ mv. Entretanto as diferenças de potenciais a serem medidos em uma titulação abrangem uma faixa mais ampla, então, por isso incorporou-se à interface A/D um divisor de tensão na ordem de 1:1; 1:2 e 1:4, que corresponde aos fundos de escala de 200, 400, 800 mv respectivamente. Em função disso compoem o "software" de aquisição de dados sub-rotinas para escolher o fundo de escala adequado, e fazer os cálculos necessários para recompor o dado ao valor de entrada.

A magnitude da diferença de potencial presente na saída analógica dos potenciômetros, é um submúltiplo do valor apresentado no respectivo "display", sendo que a relação entre as mesmas varia de um instrumento para outro. A malha de amplificação da interface A/D, figura 8, é a mesma para os quatro entradas analógicas, portanto não seria possível corrigir, as diferenças citadas no início desse parágrafo, mudando o ganho do amplificador operacional. É por esse fato, que a titulação feita com potenciômetro analógico, necessita de uma padronização prévia, qual o microcomputador calcula os fatores de correção para os potenciômetros que estiverem habilitados para leitura. Durante a titulação, o microcomputador multiplica a média final de cada leitura, por esse fator, levando-a assim ao mesmo valor observado "display" do respectivo potenciômetro.

Da abordagem desses dois últimos parágrafos está claro que há muitos cálculos envolvidos, demonstrando portanto que o "software" se estende além da fronteira relativa ao co

trole e aquisição de dados. Em vista disso uma de nossas preocupações, no desenvolvimento dessas sub-rotinas foi quanto a propagação de erro que essas manipulações intermediárias poderiam causar. Assim para minimizar essa possibilidade, as rotinas matemáticas foram escritas, para efetuar os cálculos acrescentam-lhes duas ou quatro decimais e fazendo aproximação, para reduzir o dado ao número de casas decimais iniciais, somente na última etapa.

O erro de arredondamento que afeta o dígito menos significativo de cada dado, é de 0,1mv, e somente poderia ser menor que esse, se admitíssemos os dados com um número de casas decimais, maior do que a gerada pelo instrumento de medida.

Ao desenvolver-se o "software" para máquina de controle e aquisição de dados, temos que ter em conta a estrutura física do computador e as características do processo que se pretende controlar, pois uma vez definido o "hardware" do mesmo seu desempenho na execução das tarefas a ele atribuídas, dependerá do "software" desenvolvido para tal fim. Procurou-se, então desenvolver para o SACI, um "software" que o tornasse operacionalmente fácil, sem contudo perder a eficiência como máquina dedicada. Quanto a facilidade operacional do microcomputador, está explícito no fato de que para colocá-lo em operação, é necessário somente introduzir os parâmetros de controle, especificados na tabela I, capítulo V.

A adição das alíquotas nas seis celas de titulação, são feitas simultaneamente, enquanto que as leituras dos potenciômetros são feitas sequencialmente, segundo o que foi programado na tabela I, portanto cabe ao usuário, em função de

conhecimento sobre as reações envolvidas, escolher a distribuição dos potenciômetros de tal forma que a reação mais lenta seja monitorada pelo potenciômetro, que o microcomputador vai ler por último.

Dentro das especificações da tabela I, a definição do número de leituras consecutivas de cada potenciômetro, número de varreduras e também os volumes das alíquotas das soluções titulantes, é de livre arbítrio do usuário, e sem dúvida uma boa escolha desses parâmetros, melhora a qualidade dos dados a serem obtidos. Além do número de leituras consecutivas que se pode definir para cada potenciômetro, outro parâmetro importante é o intervalo de tempo compreendido entre a adição dos titulantes e o início da leitura do primeiro potenciômetro. Segundo as informações da tabela I, esse intervalo de tempo pode ser no mínimo 1/4 e no máximo 24,75s. Sendo o intervalo de tempo escolhido desnecessariamente longo, aumentará o tempo de execução da titulação sem nenhum ganho na qualidade dos dados.

Em cada ciclo de leituras, o microcomputador coloca em ordem crescente, o número de dados programados, e somente aceita como válidos se a diferença entre a maior e a menor for no máximo de 0,2mv. Não sendo satisfeita essa condição, ele despreza o maior e o menor, programa duas leituras a mais e repete o teste, até que essa condição seja satisfeita. Isso por um lado previne a não aceitação dos dados, se a reação ainda estiver se desenvolvendo, entretanto se o sistema de medida for muito instável, tal ponto que essa condição não seja alcançada, o microcomputador não saíra desse instrumento, devendo então o operador resetá-lo para procurar a causa da instabilidade das leituras.

A transmissão serial de dados do SACI para CP 500, verifica se o dado está no padrão BCD, se o dado é de dois "bytes" de comprimento e se o "byte" de sinal é 0 ou 80. Mas pode ocorrer erro na detecção de um "byte" e, não afetar esses três parâmetros, portanto é conveniente que se faça duas transmissões e uma rápida comparação visual sobre os dados, ou o emprego de um pequeno programa em BASIC, revela se houve ou não, erro na transmissão. Convém observar que somente em duas oportunidades o fato ocorreu e a correção foi feita repetindo-se a transmissão novamente.

Acreditamos que os dados apresentados nos capítulos precedentes, demonstram que o objetivo a que nos propomos foi alcançado. Quero deixar expresso aqui a minha satisfação pela oportunidade, a qual me possibilitou desenvolver esse sistema para automação do processo de titulação potenciométrica, o qual espero que facilite em muito o trabalho dos meus colegas do Departamento de Química Analítica da UNICAMP. Desejo também, que o mesmo sirva de incentivo aos novos alunos, pois tal como toda área de conhecimento, o SACI não é produto terminal e, sim um protótipo que embora tenha um bom desempenho, precisa ser aperfeiçoado, tarefa a qual espero que se unam mais pessoas.

Quanto ao custo desse protótipo, nós não sabíamos estimar, se for considerar também o nosso salário na universidade, entretanto, considerando-se o conhecimento que o desenvolvimento de um protótipo desse nos proporciona, o seu custo deixa de ser um fator importante.

CAPÍTULO XI.

BIBLIOGRAFIA

1. IVASKA, A. and NAGYPAL, I., *Talanta* 27(1980) 721-720.
2. IVASKA, A. and WANNINEN, *Analytical Letters* 6(11), (1973) 961-967.
3. IGMAN, F.; JOHANSSON, A.; JOHANSSON, S.; KARESSON, R., *Analytica Chimica Acta*, 64(1973) 113-120.
4. JOHANSSON, A. and JOHANSSON, S., *Analyst*, 104(1979) 601-612.
5. McCALLUM, C., MEDGLEY, D., *Analytica Chimica Acta*, 78(1975) 1-181.
6. ARENA, G. RIZZARELLI, E.; SAMMARTANO, S., *Talanta*, 36(1978) 113.
7. GODINHO, O.E.S. and ALEIXO, L.M., *Analytical Biochemistry*, 110(1981) 323-328.
8. GODINHO, O.E.S., ALEIXO, L.M., ALVES, J.P.H., *Analytical Biochemistry*, 123(1982) 244-248.
9. SOUZA, N.E.; GODINHO, O.E.S.; ALEIXO, L.M., *Analyst*, 110(1985) 989-991.
10. VALCHER, S.; PAGURA, C.; COIN, S., *Chem. Biomed. and Environ. Instrum.*, 12(5 e 6), (1982 - 1983) 327-352.

11. WU, A. H. and MALMSTADT, H.V., Analytical Chemistry, 50, 14, (1978)2090-2096.
12. GAMP, H.; MAEDER, M.; ZUBERBUHLER, A.D.; KADEN, T. A., Talant 27(1980)513-518.
13. LEGGET, D.J., Analytical Chemistry, 50, 6, (1978)718-722.
14. McCLINTOCK, S.A. and PURDY, W.C., Analytical Letters, 15(A 12 (1982)1001-1008.
15. BUCH, N. FREYER; P. SZAMEIT, H., Analytical Chemistry, 50, 14 (1978)2166-2167.
16. COFFRON, J. W and LORIG, W.E. "Practical Interfacing Techniques for Microprocessor Systems", Printice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1983, p. 11 - 20.
17. Component Data Catalog, Intel Corporation, 3066 Bowers Avenue Santa Clara, CA 95051, 1980, P.G. 10-10 a 6-29.
18. VISCONTI, A. C. J. F., "Microprocessadores 8080 e 8085", volume 1, Livros Erica Editora Ltda., 1981, p. 125-130.
19. "MCS - 8085 Family User's Manual", Intel Corporation, 3066 Bowers Avenue, Santa Clara CA 95051, 1979, p
20. SALIN, D.E.; BLODES, M.W.; HORLICK, G., Talanta, 28, (1981)519 525.
21. STIEG, S. and NIEMAN, Analytical Chemistry, 52, 6, (1980)801 - 804.

22. "7107 A/D Converter", Intel Inc., 10710 N, Tantau Ave., Cupertino, CA 95014.
23. BERGAMIN, H.; ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J.; REIS, B.F., Analytica Chimica Acta, 101, (1978)17-23.
24. REIS, B.F.; BERGAMIN, H.; ZAGATTO, E.A.G.; KRUG, F.J., Analytica Chimica Acta, 107 (1979)309.
25. REIS, B.F.; JACINTHO, A.O.; KRUG, F.J.; ZAGATTO, E.A.G.; BERGAMIN, H.; PESSENDA, L.C.R., Analytica Chimica Acta, 123. (1981)221.
26. "SDK-85, System Design Kit", User's Manual, Intel Corporation 3065 Bowers Avenue, Santa Clara, California, 95051, 1978.
27. Gran. G. Analyst, 77, (1952) 661.
28. Martell, A.E., "Critical Stability Constant", Edit. Plenum Press New York, volume 4 (1976) pp.25.