

Universidade Estadual de Campinas

UNICAMP

FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS

*Automação de uma linha, em escala
de laboratório, para destilação de clo-
rosilanos utilizados em microeletrôni-
ca.*

13100 - CAMPINAS - S.P.
BRASIL

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE CAMPINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Automação de uma linha, em escala de laboratório, para destilação de clorosilanos utilizados em microeletrônica.

Autor : Carlos Roberto Lacerda
Orientador : Prof. Dr. Rezende Gomes dos Santos
Prof. Dr. Antonio Celso F. de Arruda
Prof. Dr. Amauri Garcia

Trabalho apresentado à Comissão de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Engenharia Mecânica.

Campinas - SP - Brasil

Setembro de 1985

*Este trabalho foi realizado através do Projeto Silício
Monocristalino do Laboratório NGE/DEM/UNICAMP, financiado pela Finao-
ciadora de Estudos e Projetos (FINEP).*

À meu pai

À minha mãe (in memoriam)

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Dr. Rezende Gomes dos Santos ,
pela orientação e apoio no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. José Mario De Martino, pelas sugestões e idéias
dadas na montagem do microcomputador.

Ao Prof. João A. F. Rocha Pereira, pelas discussões, i-
déias e dúvidas sanadas.

Ao Eng. Oswaldo B.M. Profeta, pelo grande apoio técnico
prestado.

Ao Centro de Engenharia Biomédica, na pessoa da Profa.
Vera L. Nantes Button, pelo suporte técnico dado.

A National Semicondutores do Brasil Ltda., na pessoa do
Sr. Rubens Ferreira Torres, pela compreensão e cessão de componentes.

Ao Jorge F. Ubata, pela confecção dos desenhos apresenta-
dos neste trabalho.

A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribui-
ram para a realização deste trabalho.

Aos meus familiares e amigos.

*Feliz o homem que acha sabedoria,
E o homem que adquire conhecimento*

Prov 3:13

*O temor do Senhor é o princípio da sabedoria:
revelam prudência todos os que a praticam*

Sal 111:10

... o saber ensoberbece, mas o amor edifica

I Co 8:1

R.E.S.U.M.O

Neste trabalho, foi projetado e montado um microcomputador, baseado no microprocessador 8085-A, com o objetivo de automatizar o processo de destilação, para a obtenção de triclorossilano puro, utilizado como insumo para a Microeletrônica.

Foram projetadas e montadas as interfaces D/As e A/Ds, para a comunicação entre o microcomputador e a linha de processamento. Foram realizadas, posteriormente, a aplicação prática do sistema de controle desenvolvido e a análise dos resultados obtidos.

Foi feito, ainda, um estudo teórico das variáveis de controle do processo.

A B S T R A C T

In this work it was designed and constructed a microcomputer based on the 8085-A microprocessor to control the distillation process of the trichlorosilane used in microeletronic.

The D/A and A/D electrical interfaces between the microcomputer and the processing line were also developed.

The control system was applied and the results were analysed.

Finally, theoretical study on the process variables was carried out.

Í N D I C E

	Págs.
CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO	1
I.1 - ASPECTOS GERAIS	1
I.2 - DESTILAÇÃO CONTÍNUA VERSUS DESTILAÇÃO DES- CONTÍNUA	2
I.3 - PRODUÇÃO DE CLOROSILANOS	5
I.4 - UTILIZAÇÃO DA DESTILAÇÃO NA PURIFICAÇÃO DO TRICLOROSILANO	6
I.5 - OBJETIVOS DESTE TRABALHO	9
CAPÍTULO II - CONTROLE AUTOMÁTICO	12
II.1 - PORQUE O USO DE SISTEMAS DIGITAIS ?	12
II.2 - VANTAGENS DO USO DE MICROPROCESSADORES NO CONTROLE DE PROCESSOS	13
II.3 - TIPOS DE CONTROLE	14
II.4 - ASPECTOS IMPORTANTES RELATIVOS À JUSTIFI- CATIVA DE SE IMPLEMENTAR UM MICROCOMPUTA- DOR NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO	16
II.5 - CONTROLE DAS VARIÁVEIS NO PROCESSO DE DES- TILAÇÃO	19
II.5.1- Controle da pressão	26
II.5.2- Controle da temperatura	28
II.5.3- Controle da composição	29
II.5 - MONITORAÇÃO DO EQUIPAMENTO	30

	Pág.
CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE "HARDWARE" E "SOFTWARE" DO MICROCOMPUTADOR UTILIZADO NESTE TRABALHO	33
III.1 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA DO MICROCOMPUTADOR	33
III.2 - DESCRIÇÃO DO "HARDWARE"	37
III.2.1 - Bloco da CPU	37
III.2.2 - Bloco dos periféricos	38
III.3 - ENDEREÇAMENTO DE MEMÓRIAS E E/S	42
III.4 - PROGRAMA MONITOR DO MCL - 85	49
CAPÍTULO IV - PROGRAMA DE CONTROLE	52
CAPÍTULO V - SISTEMA DE CONTROLE	56
V.1 - MODO DE CONTROLE	56
V.2 - DESCRIÇÃO DO CIRCUITO DE CONTROLE	59
V.2.1 - Interface D/A e circuito controlador ...	59
V.2.2 - Interface A/D	64
CAPÍTULO VI - DADOS EXPERIMENTAIS	68
CAPÍTULO VII- CONCLUSÕES	74
CAPÍTULO VIII-SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78

	Pág.
CAPÍTULO III - DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE "HARDWARE" E "SOFTWARE" DO MICROCOMPUTADOR UTILIZADO NESTE TRABALHO	33
III.1 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA DO MICROCOMPUTADOR	33
III.2 - DESCRIÇÃO DO "HARDWARE"	37
III.2.1 - Bloco da CPU	37
III.2.2 - Bloco dos periféricos	38
III.3 - ENDEREÇAMENTO DE MEMÓRIAS E E/S	42
III.4 - PROGRAMA MONITOR DO MCL - 85	49
 CAPÍTULO IV - PROGRAMA DE CONTROLE	 52
 CAPÍTULO V - SISTEMA DE CONTROLE	 56
V.1 - MODO DE CONTROLE	56
V.2 - DESCRIÇÃO DO CIRCUITO DE CONTROLE	59
V.2.1 - Interface D/A e circuito controlador ...	59
V.2.2 - Interface A/D	64
 CAPÍTULO VI - DADOS EXPERIMENTAIS	 68
 CAPÍTULO VII- CONCLUSÕES	 74
 CAPÍTULO VIII-SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	 76
 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	 78

	Pág.
APÊNDICES	82
APÊNDICE A- TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS	82
APÊNDICE B- LISTAGEM ALFABÉTICA DAS TECLAS DO MONITOR.	83
APÊNDICE C- PROCEDIMENTO PARA CALIBRAÇÃO DO CIRCUITO CONTROLADOR	84
APÊNDICE D- PROGRAMA BASIC PARA A MISTURA SIHC13-SIC14	85
APÊNDICE E- LISTAGEM DO PROGRAMA DE CONTROLE	86
APÊNDICE F- LISTAGEM DO PROGRAMA MONITOR	101

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

I.1 - ASPECTOS GERAIS

A destilação tem tido um papel importante nos processos industriais. Já na antiguidade, os alquimistas insistiram na destilação como um dos processos necessários na obtenção da pedra filosofal.

O objetivo geral da destilação, é a separação de compostos que tem diferente pressão de vapor em qualquer temperatura dada. A palavra destilação, utilizada neste trabalho, refere-se a separação física de uma mistura em duas ou mais frações que tem diferentes pontos de ebulição.

Se uma mistura líquida de dois componentes voláteis é aquecida, o vapor formado tem uma maior concentração do componente de menor ponto de ebulição que o líquido do qual ele foi formado. Por outro lado, se um vapor aquecido é congelado, o componente de maior ponto de ebulição tem a tendência de se condensar em uma proporção maior que o componente de menor ponto de ebulição. As mais recentes destilarias de álcool para bebida aplicam esses princípios fundamentais. Embora a destilação tenha sido conhecida e praticada desde a antiguidade e um destilador comercial tenha sido desenvolvido por Coffey em 1832, a teoria da destilação só foi estudada a partir do trabalho de Sorel [1] em 1893. No início do século 19, outros trabalhos sobre produção de álcool foram feitos na França por Cellis - Blumenthal e Derosne [1]. Na subsequente evolução de aparelhos para destilação [2], aplicações em larga escala e também industriais, precederam o desenvolvimento em laboratório. Atualmente, já se consegue o desenvolvimento em larga esca-

la da separação por destilação do etilbenzeno e p-xileno, os quais tem uma diferença de 3,9 °F no ponto de ebulição.

Com o contínuo desenvolvimento da tecnologia, verificou-se um grande avanço no controle de processos, tanto em escala de laboratório, como em escala industrial. Atualmente, já se tem informações sobre o estudo de processos controlados por computador [3], com ou sem a assistência da instrumentação convencional. Os processos estão sendo otimizados pelo computador em adição às funções primárias do computador na manutenção de certas variáveis em seus valores desejados. E, finalmente, não apenas estas variáveis estão sendo controladas e otimizadas dentro de um processo particular, mas elas estão sendo também otimizadas com respeito à uma planta completa ou mesmo, no caso de uma indústria, com respeito à todas as operações da mesma.

I.2 - DESTILAÇÃO CONTÍNUA VERSUS DESTILAÇÃO DESCONTÍNUA

Pode-se dizer que a destilação por batelada (Fig. I.1), provê uma maior flexibilidade operacional que a destilação contínua e, é frequentemente conveniente para uma operação com multiprodutos. Por outro lado, a destilação por batelada requer consideravelmente maior trabalho e atenção. Esses fatores são usualmente os mais importantes na escolha do tipo de processos de destilação. No entanto, é também instrutivo considerar a quantidade de separação oferecida pelos dois tipos de destilação. A destilação por batelada tem a mesma vantagem em pureza de produto que a destilação de estágio simples tem em comparação à destilação contínua [4]. Referindo-se a Fig. I.2, para uma operação com razão de refluxo constante, suponha que a composição final do fundo da coluna seja $X_{A,b2}$. Em uma destilação contínua, com 3 estágios de equilíbrio mais o vaporizador, a composição do topo é $X_{a,d2}$. Em uma

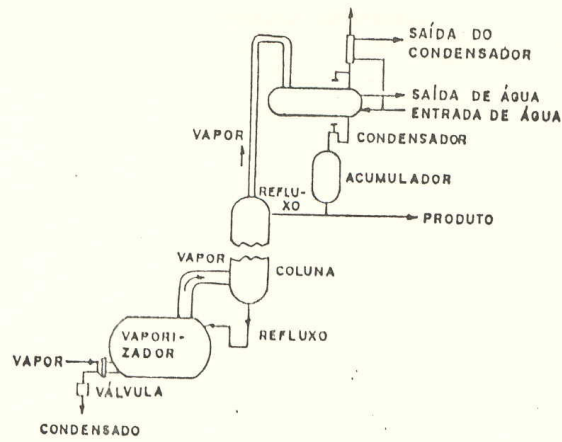


Fig. I.1 - Coluna típica para destilação por batelada

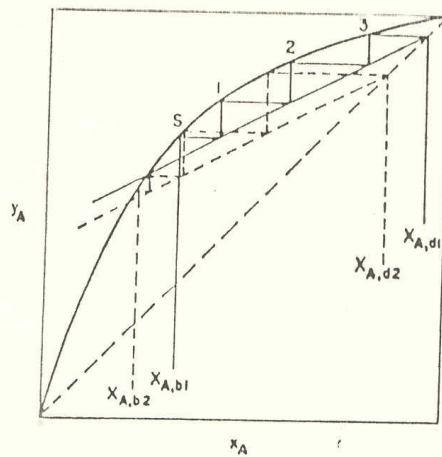


Fig. I.2 - Diagrama de destilação por batelada com razão de refluxo constante; tres estágios de equilíbrio mais o vaporizador

destilação por batelada, apenas a última quantidade de destilado terá essa composição. Todas as porções anteriores de destilado serão ricas em A e, desse modo, a média $X_{A,d}$ para o destilado acumulado, será maior que $X_{A,d2}$.

Uma desvantagem da destilação por batelada, é que a coluna mostrada na Fig. I.1, provê ação de retificação, mas não de exaustão. Consequentemente, é possível obter um destilado de alta pureza, mas a recuperação do componente mais volátil, no destilado, é pobre.

Isso ocorre, pois $X_{A,b}$ não pode ser reduzido grandemente sem reduzir $X_{A,d}$ substancialmente ou, usando uma razão de refluxo alta. Uma maneira de contornar essa dificuldade, é tomar um ponto de corte intermediário. A coluna é inicialmente acionada para coletar o destilado de alta pureza então, o fluxo de produto no topo é desviado para um vaso de produtos intermediários, e a destilação se processa até que o fundo se torne concentrado no componente menos volátil. O produto intermediário pode ser então misturado com a carga para a próxima corrida.

Em contraste à destilação por batelada, a destilação contínua é idealmente e, na prática, um processo muito perto do estado estacionário [1].

Apesar da maior flexibilidade da destilação por batelada, como já foi comentado, nos últimos anos tem aumentado o interesse em aplicações de destilação contínua, em laboratório [5] ou em escala piloto, com objetivos voltados para aplicações industriais, como é o caso da tecnologia do petróleo e a indústria do álcool.

I.3 - PRODUÇÃO DE CLOROSILANOS

O processo de destilação é uma das etapas utilizadas na purificação do Silício, que é largamente utilizado na fabricação de dispositivos e circuitos eletrônicos. O Silício faz parte dos Materiais de Grau Eletrônico (MGE), caracterizados pelo elevado grau de pureza (aprox. 99.999%) e, portanto, associados ao alto grau de tecnologia que se utiliza nos seus processos de purificação. A Indústria eletrônica tem, no Silício de grau eletrônico, sua matéria prima principal e, para se chegar ao produto final, tem-se várias etapas de processamento fundamentais: obtenção, purificação e transformação em monocristal.

Nomalmente, o Silício metalúrgico é produzido pela redução de quartzo (SiO_2) com carbono, em forno à arco submerso [6]. A reação se processa à temperaturas da ordem de 1800 °C:



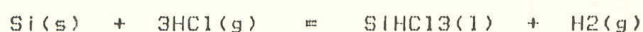
Como produto deste processo, obtém-se um material com pureza de 95 a 99%. Sendo assim, a purificação do Silício envolve métodos químicos pelos quais se produz, à partir do Silício de grau metalúrgico, um composto intermediário que, por sua vez, apresenta maior facilidade de purificação, o que permite uma posterior recuperação do Silício com elevada pureza.

O processo de deposição do Silício de grau eletrônico, à partir de triclorosilano e hidrogênio puros, quando comparado aos processos envolvendo outros compostos, apresenta maiores taxas de produção e rendimento da reação, além da menor toxicidade do triclorosila -

damental para a produção de Silício com pureza de grau eletrônico.

Através da Fig. I.3 [7], pode-se ver o esquema simplificado do processamento do Silício de grau eletrônico, que envolve a produção, purificação de triclorosilano e sua redução com hidrogênio [8], obtendo-se Silício de alta pureza na forma policristalina. Em seguida, o Silício é transformado em monocristal por Fusão Zonal ou pelo processo Czochralski.

Para a produção de triclorosilano (SiHCl₃), efetua-se normalmente a oxidação de Silício metalúrgico com cloreto de hidrogênio (HCl) [9] à uma temperatura de aproximadamente 300°C. Tem-se, desse modo, a seguinte reação:



Estudos realizados [9], mostram que também ocorre a formação de outros clorosilanos (tetraclorosilano, diclorosilano, clorosilano, etc) sendo o tetraclorosilano obtido em maior proporção que o triclorosilano e, os demais silanos, em proporções bem pequenas.

I.4 - UTILIZAÇÃO DA DESTILAÇÃO NA PURIFICAÇÃO DO TRICLOROSILANO

A obtenção e purificação do triclorosilano por destilação fracionada é um método muito utilizado, devido a diferença significativa entre a temperatura de ebulição deste composto e os demais clorosilanos formados durante a produção. Na destilação, pode-se assumir que o composto de partida é uma mistura binária, formada pelo tri-

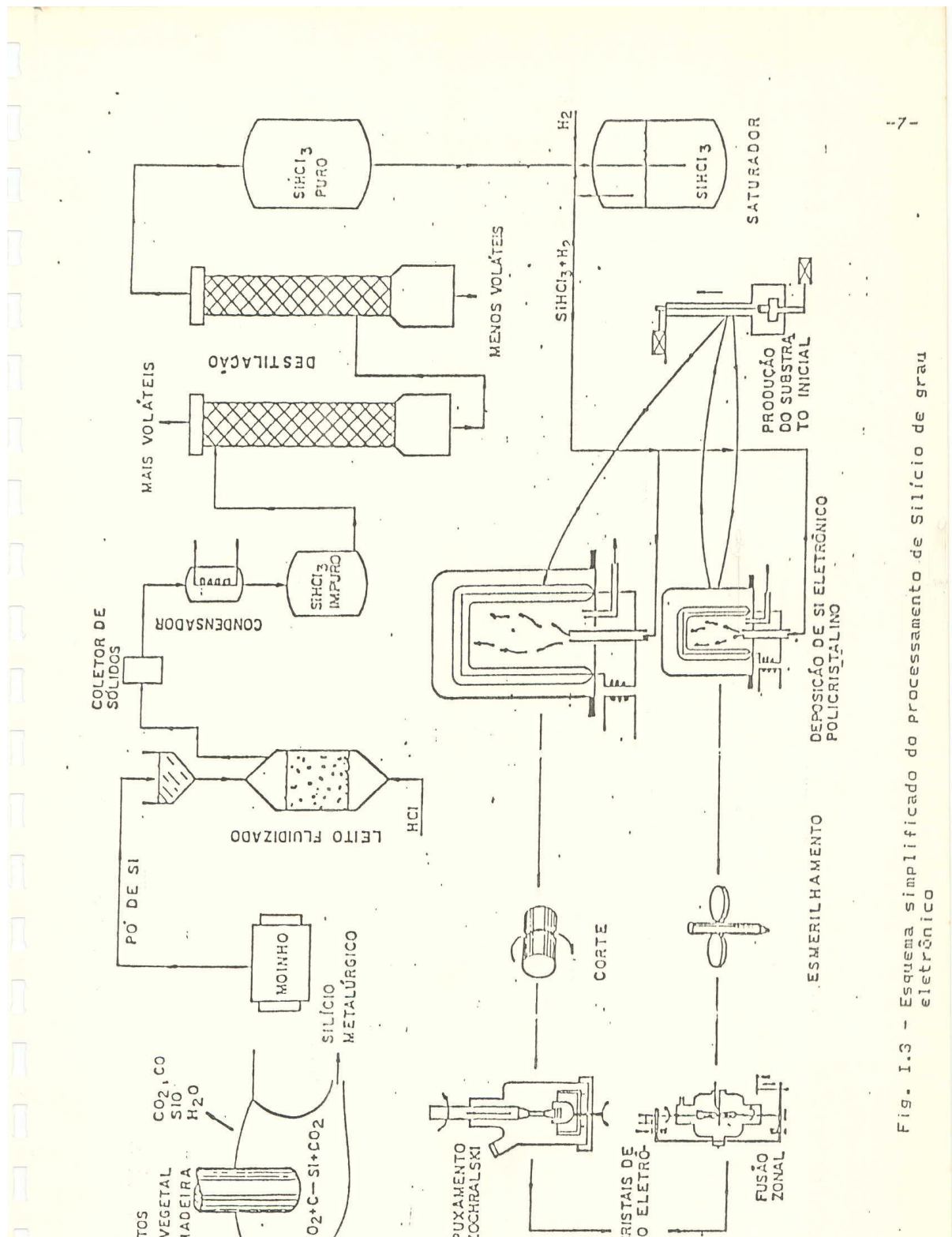


Fig. I.3 - Esquema simplificado do processamento de Silício de grau eletrônico

sendo em porcentagens bem inferiores, praticamente não interferem no controle do processo, podendo-se esperar níveis de alta pureza no produto final [9]. A facilidade de separação da mistura binária em questão, também pode ser medida em termos de volatilidade relativa, ou:

$$\alpha = \frac{P_a}{P_b}$$

onde:

P_a = pressão de vapor do componente puro mais volátil

P_b = pressão de vapor do componente puro menos volátil

A volatilidade relativa é uma medida direta da facilidade de separação dos componentes pelo processo de destilação. Assim, substâncias facilmente separáveis por destilação, tem grandes valores de volatilidade relativa [10].

Tomando-se a relação derivada da expressão para um α dado, para uma mistura binária, a relação entre x e y para um α constante, será:

$$y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + x(\alpha - 1)} \quad (I.1)$$

onde,

x = fração molar do componente mais volátil na fase líquida

y = fração molar do componente mais volátil na fase de vapor

Dentro da faixa de 25 a 80°C, a volatilidade relativa da mistura SiHCl3-SiCl4 é aproximadamente constante [11], obtendo-se :

$$\alpha = 2.57$$

Com base neste dado e, utilizando a Eq. I.1, pode-se traçar o diagrama de equilíbrio líquido-vapor da Fig. I.4, da mistura binária. Através do diagrama em questão, pode-se fazer uma análise gráfica dos parâmetros a serem utilizados no controle do processo de separação por destilação fracionada, o que será discutido mais adiante.

1.5 - OBJETIVOS DESTE TRABALHO

Devido à importância da destilação, tanto em escala de laboratório como em plantas industriais e, ao recente desenvolvimento e uso de microprocessadores no controle de processos, este trabalho visa à um estudo do controle automático de destilação, utilizando como aplicativo a purificação de triclorosilano, devido à sua grande importância como matéria prima na obtenção do Silício de grau eletrônico. Sendo assim, os seguintes objetivos foram estabelecidos:

- a. revisão bibliográfica sobre controle automático de processos e implementação de microprocessadores no controle de destilação
- b. projeto e montagem de um microcomputador para controle de uma coluna de destilação fracionada
- c. projeto e montagem de interfaces para monitoração do processo
- d. estudo dos parâmetros que regem o controle do processo, com poste -

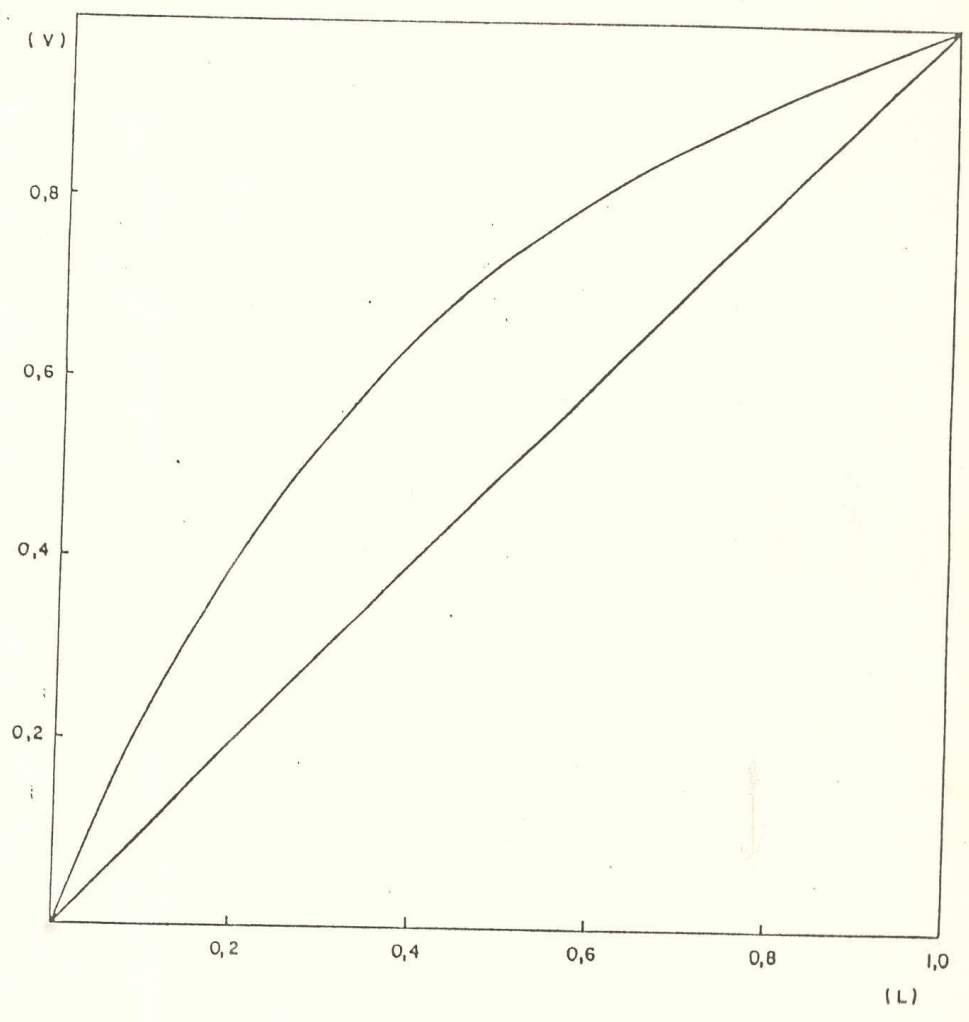


Fig. I.4 - Curva de equilíbrio líquido-vapor para o triclorosilano

rior aplicação prática

e. aplicação do sistema desenvolvido, na coluna de destilação da linha de purificação de clorosilanos do Laboratório MGE.

CAPÍTULO II

CONTROLE AUTOMÁTICO

II.1 - PORQUE O USO DE SISTEMAS DIGITAIS ?

O mundo real do engenheiro de controle é um mundo analógico (mas não necessariamente linear) e variáveis, tais como, pressão, temperatura e fluxo parecem variar continuamente, contanto que estajamos medindo níveis de quantidades físicas.

Então, porque a representação discreta, digital, dos dados de um processo, se continuamos a medir e controlar com instrumentos analógicos, tais como, transmissores e válvulas ?

As respostas nos apresentam várias vantagens como, o baixo custo por função, flexibilidade, segurança (precisão e estabilidade), fatores humanos, capacidade de controle avançado, etc. Em adição a isto, o enorme avanço na arte dos manufaturados eletrônicos, nos últimos dez anos, com conseqüente redução no preço e tamanho dos circuitos digitais, implica em que dezenas ou centenas de funções conhecidas pela complexidade dos novos dispositivos, podem ser efetuadas em menor espaço e à um custo (para o "hardware") comparável àquele de um simples controlador analógico; conseqüentemente, o custo, por função, é certamente menor. Ou, olhando para um outro aspecto, atualmente é possível, do ponto de vista do custo e do espaço na sala de controle, conduzir múltiplas e complexas questões onde, anteriormente, apenas uma função analógica simples era executada.

Por fim, o controle digital permite a compatibilidade

com outros computadores do mesmo ou de diferentes níveis hierárquicos. Isso possibilita uma maior facilidade para se implementar um controle avançado. Devido ao controlador digital possuir uma larga variedade e um maior número de funções do que seu similar analógico, a transferência de questões entre este e um computador supervisor pode, mais rigorosamente, aproximar-se do ótimo. Ademais, o último pode dedicar toda sua capacidade ao controle avançado e não necessita estar preocupado com A/D ou outras questões de interfaces.

II.2 - VANTAGENS DO USO DE MICROPROCESSADORES NO CONTROLE DE PROCESSOS [12]

Atualmente, os microprocessadores tem sido empregados em uma série de aplicações práticas, tais como: automóveis, espectômetros de absorção atômica, sistemas de banho, cromatógrafos, jogos, instrumentos para máquinas, equipamentos médicos, forno à microondas, controladores de processos, terminals de pontos de venda, robos, processadores de palavras, etc.

Uma das vantagens mais importantes do microprocessador é a habilidade de ser programado e reprogramado, e as conveniências de poder substituir o "hardware" pelo "software" no sentido de satisfazer as exigências específicas do usuário individual. O uso do microprocessador torna possível acrescentar funções lógicas a baixo custo, todas as vezes que for necessário.

A utilização do microprocessador proporciona outros tipos de eficiência como a redução do número de componentes exigidos; outra, resulta da substituição do projeto de "hardware" por projeto de "software", que simplifica as fases de engenharia e projeto no desen -

volvimento do produto. Um outro ponto importante, é que os resultados baseados em microprocessares podem, até certo ponto, colaborar com o usuário, reduzindo o período de instrução e minimizando os erros de uso e os resultados ficam mais consistentes. Com os microprocessadores, os usuários se defrontam com menos falhas e estão protegidos contra muitos mal entendidos óbvios no controle e na operação. Além disso, a habilidade de "raciocinar", "calcular" e "lembrar" representa um passo a frente em qualquer tipo de sistema de controle.

II.3 - TIPOS DE CONTROLE

Para se falar em automação, faz-se necessário antes saber a diferença entre os diversos tipos de controle.

O controle pode ser classificado da seguinte forma [13]:

1. No controle manual (Fig. II.1), há um operador presente ao processo, criador de uma variável física e que, de acordo com algum critério de seu conhecimento, opera um aparelho qualquer (elemento de controle) que, por sua vez, produz alterações naquela variável.
2. No controle automático por realimentação (Fig. II.2) parte, ou a totalidade das funções do operador é realizada por um equipamento que, por sua vez, age sobre o elemento de controle, baseando-se em informações da medida da variável a ser controlada.
3. O controle automático por programa (Fig. II.3), envolve a existência de um programa de ações, que se cumpre com base no decurso do tempo, ou a partir de modificações eventuais em variá

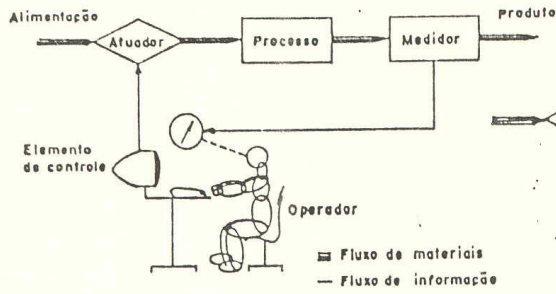


Fig. II.1 - Controle manual

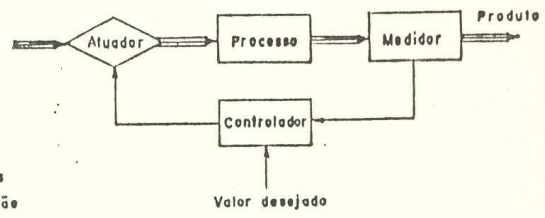


Fig. II.2 - Controle automático com realimentação

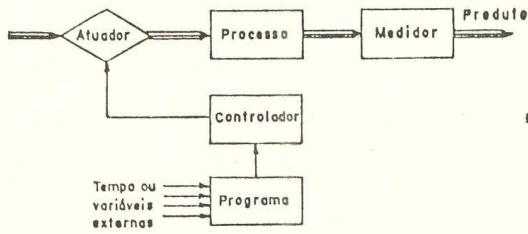


Fig. II.3 - Controle automático por programa

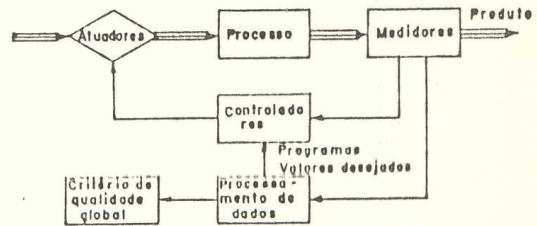


Fig. II.4 - Automação

veis externas ao sistema (programa lógico).

4. Automação (Fig. II.4), envolve um sistema capaz de escolher os programas e os valores desejados das variáveis do processo, baseado nas medidas das saídas, das entradas e das perturbações e, tendo como objetivo, atingir certa "qualidade global do processo". Na automação, encontram-se ambas as formas de controle automático (por realimentação e por programa), integradas em um sistema geralmente de alta complexidade.

II.4 - ASPECTOS IMPORTANTES RELATIVOS À JUSTIFICATIVA DE SE IMPLEMENTAR UM MICROCOMPUTADOR NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO

Ao se pretender instalar um computador de alto custo de investimento, deve-se antes estudar a viabilidade do projeto tanto em termos econômicos, como técnicos.

Kemp e Ellis [14] mostram alguns fatores que devem nortear o engenheiro de projetos na implementação de computadores em plantas de destilação.

Segundo Kemp e Ellis, economia e segurança são os dois argumentos mais poderosos em favor do controle de colunas por computador.

A primeira etapa do procedimento da Justificativa é estimar quão bem o sistema de controle existente está operando em comparação com o idealizado teoricamente, o que envolve a coleta de dados básicos da operação relativos à um período normal ou uma média do tempo de operação. Kemp e Ellis usam como exemplo ilustrativo a separação etano-propano (deethanizer).

Sendo assim, os dados podem incluir as seguintes variáveis:

- componente mais pesado no produto obtido no topo (propano)
- componente mais leve na descarga no fundo (etano)
- temperatura, pressão, composição e taxa de fluxo de massa na alimentação.
- energia requerida para processar o material - geralmente, calor fornecido ao vaporizador

Em seguida, dados obtidos prato-a-prato, usando análises previamente determinadas com relação a um dado período de tempo, são plotados como mostra a Fig. II.5. O gráfico estabelece a relação entre a pureza do produto no topo da coluna e a energia requerida para uma pureza específica na parte inferior - nesse caso 6% de etano em propano. Pode-se assim, desenvolver várias curvas para o etano, tanto para uma eficiência de pratos constante (Fig. II.6), como para uma eficiência variável (Fig. II.7). Comparando-se os dados do processo (Fig. II.8) com o cálculo teórico (Fig. II.9), pode-se obter a faixa de desvio, a qual representa a condição prévia para a aplicação de controles avançados, e serve como base para estimar o custo do projeto.

A otimização é melhor vista na Fig. II.9. O novo valor desejado (set point) indica uma demanda de energia bem menor, resultando em menores custos de operação e uma qualidade média de produto maior. Kemp e Ellis mostram que a melhoria do controle em ambas as extremidades da coluna maximiza a descarga do componente leve no fundo e a obtenção do componente pesado no topo, tudo com um menor consumo de energia. A eficiência do prato também aumenta com uma melhor controlabilidade da coluna.

Pode-se ver na Fig. II.10 a redução total atingida por

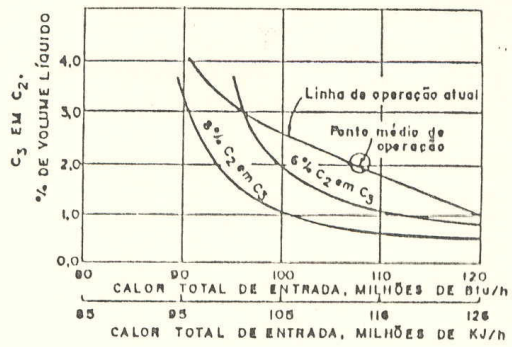


Fig. II.5 - Calor de entrada no vaporizador do desetanizador

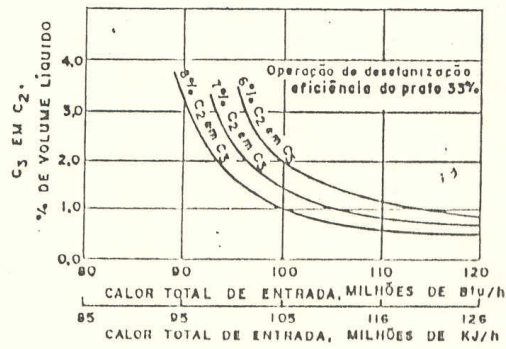
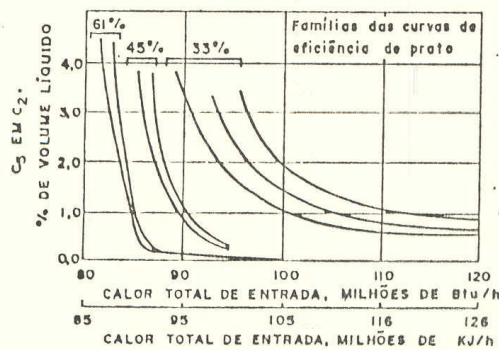


Fig. II.6 - Calor de entrada em 6, 7 e 8% de etano em propano



Kemp e Ellis relatam ainda que, após se ter decidido pela compra do equipamento, faz-se necessário atentar para alguns fatos, tais como:

- entradas do processo para o computador
- saídas do computador para o controle do processo
- requisitos de potência
- necessária segurança
- localização e sensibilidade dos sensores, etc

Kemp e Ellis concluem que, para se implementar um computador ao processo de destilação, deve-se verificar desde os custos do projeto em si, até a familiarização do funcionamento do sistema por parte dos operadores, com o objetivo de se obter a requerida performance.

II.5 - CONTROLE DAS VARIÁVEIS NO PROCESSO DE DESTILAÇÃO

Nos últimos anos, sofisticadas técnicas computacionais tem possibilitado tanto o estudo teórico [15], quanto prático com o objetivo de se compreender melhor o comportamento das variáveis que regem o controle de uma coluna de destilação. No entanto, as muitas possibilidades de configuração de uma coluna de destilação e o grande número de variáveis envolvidas na especificação de sua operação, tem tornado quase impossível prover uma imagem completamente integrada à todos os aspectos do controle de colunas. Muitos trabalhos tem sido publicados a esse respeito. Forman [16], mostra ser importante o estudo de cada componente do "loop" de controle, as características matemáticas do controle, critérios utilizados no processo e a teoria de "feedback" e "feedforward". Estudos feitos para o cálculo da separação de

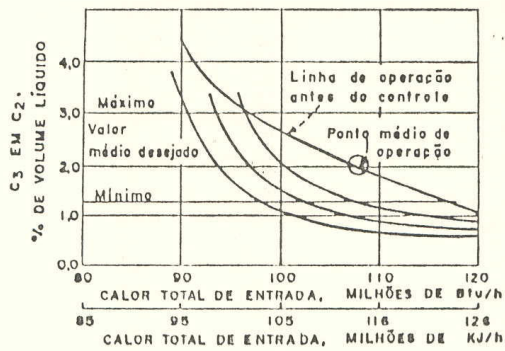


Fig. II.8 - Dados da operação

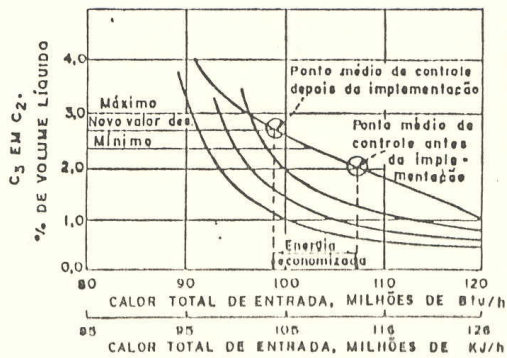
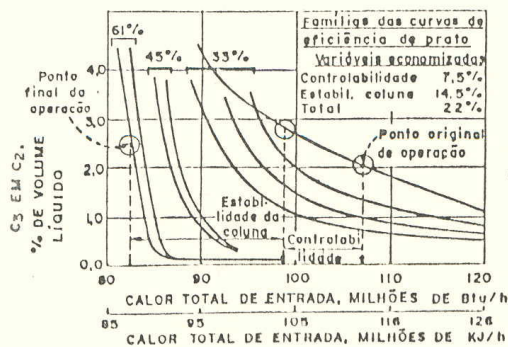


Fig. II.9 - Dados teóricos



misturas com multicomponentes, foram publicados por McCabe-Thiele [1] e, em trabalhos adicionais, foram discutidos com maiores detalhes por Gilliland e Robinson [17] e mais tarde por Hengstebeek [18].

Para simplicidade do estudo, pode-se supor uma mistura binária destilada em uma coluna típica (Fig. II.11).

Os balanços de massa e calor revelam algumas características do processo.

Através da Fig. II.11, pode-se ver que o balanço de massa total da coluna mostra que:

$$F = D + W \quad (\text{II.1})$$

onde F é a massa na alimentação, D é a massa do destilado, e W é a massa da mistura que permanece no vaporizador, cada uma expressa em termos de kg.moles/h.

O componente mais volátil é:

$$F \cdot x_f = D \cdot x_d + W \cdot x_w \quad (\text{II.2})$$

e o menos volátil é:

$$F(1-x_f) = D(1-x_d) + W(1-x_w) \quad (\text{II.3})$$

onde x_f , x_d e x_w são as frações molares do componente mais volátil na alimentação, destilado e mistura, respectivamente.

O balanço de calor, em condições estacionárias, fica:

$$F \cdot H_f + Q_s = D \cdot H_d + W \cdot H_w + Q_c \quad (\text{II.4})$$

onde H é a entalpia, J/kg.moles, e os subscritos f, d, w indicam alimentação, destilado e mistura, respectivamente; Q_s é o calor adicionado pelo vaporizador, J/h; e Q_c é o calor removido pelo condensador, J/h.

Bertrand [19], estudou a importância de se escolher os graus de liberdade na especificação das variáveis de controle. De acordo com Bertrand, pode-se assumir que:

a capacidade calorífica e o calor latente de vaporização de todos os componentes são os mesmos; a perda de calor na coluna é desprezível; e o calor de mistura é desprezível. O fluxo de vapor ascendente e o fluxo de líquido descendente, por conseguinte, tanto nas seções acima e abaixo do ponto de alimentação, são invariantes. Também, considera-se que o balanço de calor na coluna é independente das composições do fluxo do produto.

Sendo assim, de acordo com a Fig. II.11, tem-se:

$$L_n = (1 + b).R \quad (II.5)$$

$$V_{n+1} = D + (1 + b).R \quad (II.6)$$

$$L_m = L_n + q.F \quad (II.7)$$

$$V_{m+1} = L_m - W \quad (II.8)$$

$$x_w = f(L_m/V_{m+1}) \quad (II.9)$$

$$x_d = g(L_n/V_{n+1}) \quad (II.10)$$

onde V é a taxa de vapor e L é a taxa do líquido na seção de retificação (acima do ponto de alimentação - subscrito n) e seção de exaustão (abaixo do ponto de alimentação - subscrito m), kg.mol/unidade de tempo. A taxa de destilado D e o refluxo externo R possuem as mesmas unidades. O fator numérico b , nas Eq. (5) e (6), depende da entalpia do refluxo ou temperatura, e ele é maior que zero quando a temperatura do refluxo está abaixo daquela do topo da coluna.

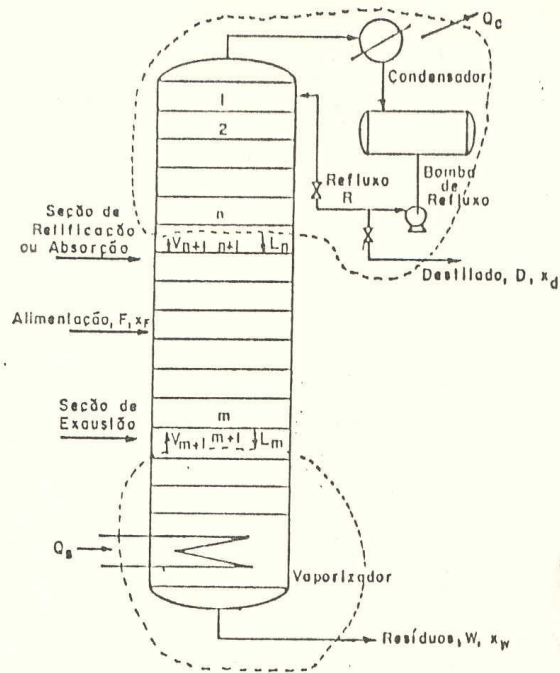
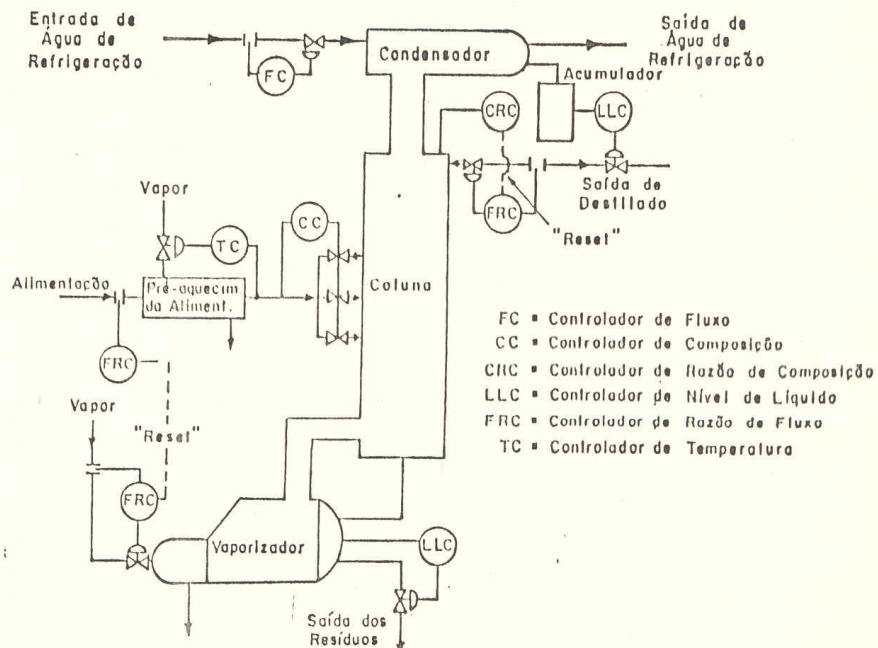


Fig. II.11 - Fluxos padrões em uma coluna de destilação



O fator q na Eq. (7), depende da entalpia da alimentação e assume valores de acordo com a Tabela II.1

Nas Eqs. (9) e (10) f e g , segundo Bertrand, são dependentes da geometria da coluna, tal como: localização do prato de controle, prato de alimentação, temperatura, etc. Assim, do ponto de vista de controle, esses fatores são fixados.

Portanto, excluindo as funções f e g , as Eqs. (5) à (10) incluem 13 variáveis. Há muitos modos de combinações que caracterizam diferentes modos de controle da coluna. Alguns deles, são mostrados na Tab. II.2. Cinco dessas variáveis são definidas, o que deixa um conjunto de 8 variáveis, possuindo uma única solução para esse conjunto e, a performance da coluna é completamente determinada. Geralmente, essas 5 variáveis representam as condições impostas pelas etapas precedentes do processo, tais como: composição da alimentação, taxa de alimentação e entalpia da alimentação. Usualmente, a composição do topo ou a base é especificada.

Qualquer desses parâmetros mostrados na Tab. II.2, tem uma influência na escolha da instrumentação.

Forman [16] relata que o maior problema nos controles de colunas de destilação é prever os distúrbios no estágio de projeto. É possível prever mudanças na alimentação e composição, antecipadamente, para um estudo do processo. Forman exemplifica que se uma torre está utilizando o efluente de um processo anterior e não há um tanque de estocagem, a taxa de fluxo pode variar, com conseqüentes mudanças na produção. A composição pode também variar pela mesma razão, ou independente disso. Em muitos casos, refinamentos de controle final podem apenas ser adicionados se a torre estiver em funcionamento, devido a dificuldade de analisar uma destilação complexa, matematicamente.

-----TAB.II.1 - VALORES ASSUMIDOS PELA VARIÁVEL q-----

CONDIÇÕES EXPERIMENTAIS	VALOR DE q
Temperatura de alimentação está abaixo da temperatura de alimentação	$q > 1$
Temperatura de alimentação e da composição são idênticas à do prato de alimentação	$q = 1$
Alimentação entra na coluna parcialmente vaporizada	$1 > q > 0$
Alimentação é completamente vaporizada e em temperatura saturada	$q = 0$
Alimentação é um vapor superaquecido	$q < 0$

-----TAB.II.2 - TABELA DOS POSSÍVEIS MODOS DE CONTROLE DE UMA COLUNA-----

Dest. e Alim.	Dest. e fundo	Dest. e tx.vap.	Dest. fund.e tx.vap.	Fundo e tx.vap.	Fundo, e ref.	Tx.Alim., Dest.e tx.vap.	Dest., fund.e tx.vap.	Dest., fund.e ent.alim.
Variáveis livres								
X_f, q, b	X_f, q, b	X_f, q, b	X_f, b	X_f, q, b	X_f, b	X_f, b	F, X_f, b	X_f, b
Variáveis especificadas								
F, X_d	X_d, X_w	X_d, V_m	X_d, X_w, V_m	X_w, V_m	X_w, V_m, L_n	X_d, F, V_m	X_d, X_w, V_m	X_d, X_w, q
Variáveis dependentes								
$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_w$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_w, F$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_w, L_n, F, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_d, F, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_d, F, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, X_d, F, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, L_n, q$	$W, D, R, V_m, L_m, V_n, V_n, L_n, F$

Significantes resultados, foram conseguidos por Moczek , Otto e Williams [20] no estudo de modelos matemáticos aproximados para resposta dinâmica de grandes colunas de destilação. O trabalho mostra um estudo por computador da dinâmica do benzeno com alimentação no topo (stripping) da mistura benzeno-xileno.

Williams [21] mostra um estudo detalhado da relação da escolha das variáveis internas com a possível ação de variáveis externas.

A Tab. II.3 e a Fig. II.12 resumem o resultado do esquema de controle básico [23] e incluem as funções principais de controle e as auxiliares.

CONTROLE DA PRESSÃO, TEMPERATURA E COMPOSIÇÃO NA COLUNA

II.5.1 - CONTROLE DA PRESSÃO

A pressão é considerada uma variável primária nas torres, devido a sua influência direta na destilação. O balanço de energia pode ser mantido pelo controle da pressão o que, associa distúrbios no topo à base da coluna e vice-versa. Para entender o controle da pressão, pode-se considerar a coluna com um volume no vaporizador constante e em uma temperatura média. A lei dos gases em estado ideal, diz que a pressão será proporcional ao número de moles do vapor no vaporizador.

Na destilação, o vapor é gerado na alimentação (alimentação vaporizada) e no vaporizador, condensado no condensador (no topo da coluna) e reciclado como um produto do topo da coluna.

-----TAB.II.3 - RESUMO DO ESQUEMA DE CONTROLE-----

Principais funções de controle

Variável interna designada- independente	Método de determinação e va- riação da regulagem requerida
Composição do produto no topo	Amostragem pela variável dependen- te próxima ao topo da coluna é ma- tida tão constante quanto possível ajustando o controlador da taxa de refluxo
Razão: taxa de vapor ascendente-taxa de alimentação	As variações na taxa de alimentação são detetadas pelo controlador de fluxo e usadas para ajustar o con- trolador da taxa de fluxo da entra- da, previamente setado em alguma ta- xa intermediária, por conveniência

Subsídios para o controle

Variáveis	Método de controle
Temperatura de alimentação	Pré-aquecimento na linha de alimen- tação
Taxa de retirada do que permanece no fundo	Controle de nível no vaporizador
Taxa de retirada do des- tilado	Controle de nível no acumulador

moles do vapor. Assim, sempre será controlada por uma variável que, direta ou indiretamente, tenha o controle da malha de vapor.

II.5.2 - CONTROLE DA TEMPERATURA

Já a temperatura é uma das variáveis mais importantes, a qual torna-se um controle indireto da composição. Pode-se tomar a temperatura em um ponto da coluna para controlar a razão de refluxo. O perfil da temperatura da coluna, dá uma indicação do ponto onde se deve localizar o sensor de temperatura. O ponto escolhido deve ser aquele onde há a maior mudança da temperatura com a composição. Essa variação de temperatura precisa ocorrer para ativar o instrumento de controle antes que ocorra qualquer efeito sério na qualidade do produto. Longwell [22] obteve interessantes resultados sobre o estudo do perfil de temperatura em colunas. Longwell mostra ser difícil o controle do perfil de temperatura em colunas com uma grande volatilidade relativa. Quando o controlador é ajustado para um controle fino, o "loop" se torna instável; reduzindo o ganho pode-se conseguir estabilidade, no entanto, o perfil pode se deslocar para qualquer um dos extremos, resultando em perda do controle.

O trabalho de Longwell mostra a dificuldade para resolver tais questões.

Na resolução do problema de controle do sistema, ele utilizou modelamento, simulação e critérios de engenharia ("bom senso"). Longwell associou o controle à variáveis manipuladas, baseado em experiência adquirida. Associou o controle crítico de temperatura às variáveis manipuladas que tinham as mais rápidas respostas dinâmicas e os g

dinâmico para a coluna e o sistema de controle utilizando, em seguida, simulação.

Os resultados conseguidos por simulação, indicaram que o controle de temperatura seria estável para relativamente pequenas (menor que 10%) mudanças na taxa de alimentação. Com base nesses dados, Longwell desenvolveu um sistema de controle (feedforward) na alimentação o que possibilitou um controle de temperatura estável para mudanças relativamente grandes (maiores que 30%) na taxa de alimentação.

II.5.3 - CONTROLE DA COMPOSIÇÃO

Com respeito ao controle da composição, sabe-se que o controle da destilação está ligado ao controle da composição, tanto do destilado como do material no vaporizador e, às vezes, ambos. A regulação da composição do produto é normalmente acompanhada da manipulação das taxas do vapor ascendente e do refluxo. Na Fig. II.12, pode-se ver uma aplicação típica, onde o controle da composição no topo da coluna, regula a razão de refluxo, mantendo a qualidade do produto no valor desejado. Já uma interessante aplicação do controle da composição é o sistema proposto por Anisimov [23] (Fig. II.13).

Anisimov, ao estudar as características estáticas e dinâmicas em sistemas de destilação fraçãoada, propôs o sistema controlado por computador, utilizando medidas da composição e do fluxo de alimentação.

Devido ao grande avanço da microeletrônica, colunas de destilação já utilizam analisadores "on line", apesar de muitos processos não se utilizarem do sistema "on line", devido a complexidade do sistema quando ocorrem falhas. O mais simples modo de interfacear um

analisador, é conseguir um sinal contínuo com um circuito de amostragem e retenção (sample/hold) e usar essa medida como se fosse um sinal padrão transmitido para setar, por exemplo, a taxa de refluxo.

Atualmente, a quantidade de sofisticados analisadores viáveis comercialmente, tem aumentado. Já se usa Raio X, ultra-som, laser, e tecnologia de espectro de massa no controle de processos. Nesses casos, a integridade da medida e a habilidade de detetar falhas é mais importante que a exatidão. A necessidade de análises rápidas, precisas e atualizadas, tem movido o técnico, do laboratório diretamente para o próprio processo.

No caso de processos cromatográficos [24] a implementação de microprocessadores em sistemas analisadores tem visivelmente mudado a precisão das análises, segurança e, o mais importante, o manuseio por parte do técnico. Integração de picos, mudança automática da escala, auto calibração, ajuste da linha base, checagem do tempo de e-luição, normalização dos dados e, impressão direta das concentrações do componente em unidades de engenharia são formas de problemas, as quais tem sido facilmente resolvidas através da adaptação da tecnologia do microcomputador.

II.6 - MONITORAÇÃO DO EQUIPAMENTO

A monitoração dos instrumentos que controlam um processo de destilação, é de vital importância devido a grande variedade de medidas feitas por tais instrumentos, como pode ser visto na Fig.II.14 onde se exige segurança e confiabilidade. O aumento da quantidade de equipamentos está ligado ao grau de complexidade do processo, como é

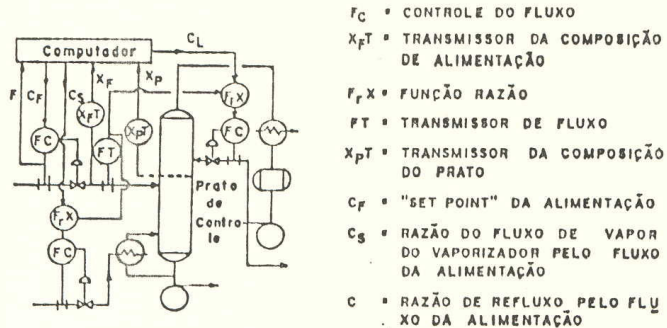
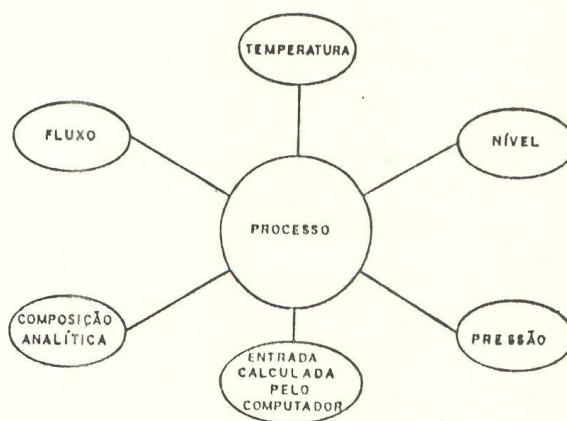


Fig. 11.13 - Controle de coluna utilizando controle da alimentação de vapor por computador



produção de álcool. A planta é controlada por um microcomputador central. O computador lê um total de 56 instrumentos na planta e controla 57 bombas, motores e válvulas. Um monitor de vídeo mostra o estado da planta e as variáveis que controlam o processo.

Kennedy [26] mostra que programas podem monitorar a operação de equipamentos críticos ou com alta taxa de falhas e mover a unidade, com segurança e rapidamente, para uma operação alternativa.

Os relês lógicos são mais comumente usados apenas para iniciar uma parada de emergência ou um sinal de ação de operação. Um sistema digital pode detetar uma falha através de uma variedade de técnicas; duas das mais comuns são chamadas de checagem retroativa ("back check") e checagem do comportamento ("pattern check").

A checagem retroativa, continuamente compara duas medidas que são, de algum modo, equivalentes. No caso de fluxos, a posição de uma válvula de controle de fluxo e o transmissor são uma simples checagem retroativa.

A checagem do comportamento, é uma rotina de checagem para ver se o estado de todos os itens de importância em volta da unidade estão no padrão correto.

CAPITULO III

DESENVOLVIMENTO DOS SISTEMAS DE "HARDWARE" E "SOFTWARE" DO MICROCOMPUTADOR UTILIZADO NESTE TRABALHO

III.1 - CONFIGURAÇÃO BÁSICA DO MICROCOMPUTADOR

Ao se propor a automatizar um determinado processo, uma questão lógica é ter-se um computador compatível com o processo, à disposição. Para tanto, pode-se utilizar uma das duas alternativas: a simples aquisição ou o projeto e montagem do computador.

Para a realização deste trabalho, optou-se pela segunda opção, o que fez com que se procurasse soluções para problemas que surgiram como, por exemplo, compatibilidade entre componente, mas procurando manter a flexibilidade e performance do sistema.

O microcomputador projetado tem, neste trabalho, a designação de MCL-85.

A seguir, são discutidas algumas das principais características do "hardware" do microcomputador (Fig. III.1):

1. CPU (Unidade Central de Processamento):

Neste trabalho, optou-se pela utilização do microprocessador 8085A da Intel, com:

ciclo de instrução: 1,3 microseg.

Tci: 330 nanoseg.

como foi utilizado um sinal de clock de 3,58 MHz, o microprocessador opera nas seguintes condições:

ciclo de instrução: 2,2 microseg.

Tci: 558 nanoseg.

2. MEMÓRIA:

EPROM: optou-se pela EPROM 2716 de 2K x 8 bits

RAM : optou-se pela RAM estática 2114 de 1K x 8 bits, obtendo-se 4K (expandível para 8K).

3. ENDEREÇAMENTO:

EPROM: 0000 - 07FF ; pode-se expandir para 0FFF através da utilização de mais um CI 2716.

RAM: 1800 - 27FF (expandível em 1000 - 17FF e 2800 - 2FFF); pode-se usar o endereçamento 0800 - 0FFF para RAM e fazendo uso de 3 CIs 6116, pode-se expandir a RAM para 10K.

Obs.: Todas as citações feitas nesse trabalho sobre endereçamento, serão feitas no código hexadecimal.

4. PORTA PROGRAMÁVEL DE ENTRADA E SAÍDA (PPI):

optou-se pela utilização do PPI 8255, o qual possui um total de 24 linha paralelas de entrada e saída (E/S)

Endereço de entrada e saída: 00 - 03.

5. DISPLAY:

No projeto foi previsto um display composto de 6(seis) dígitos , sendo cada dígito formado por 8 segmentos.

6. TECLADO:

O teclado projetado possui um total de 24 teclas (expandível para 36), sendo 16 teclas destinadas ao sistema de numeração hexadecimal , 4 teclas destinadas às funções e 2 teclas podem ser definidas pelo u -

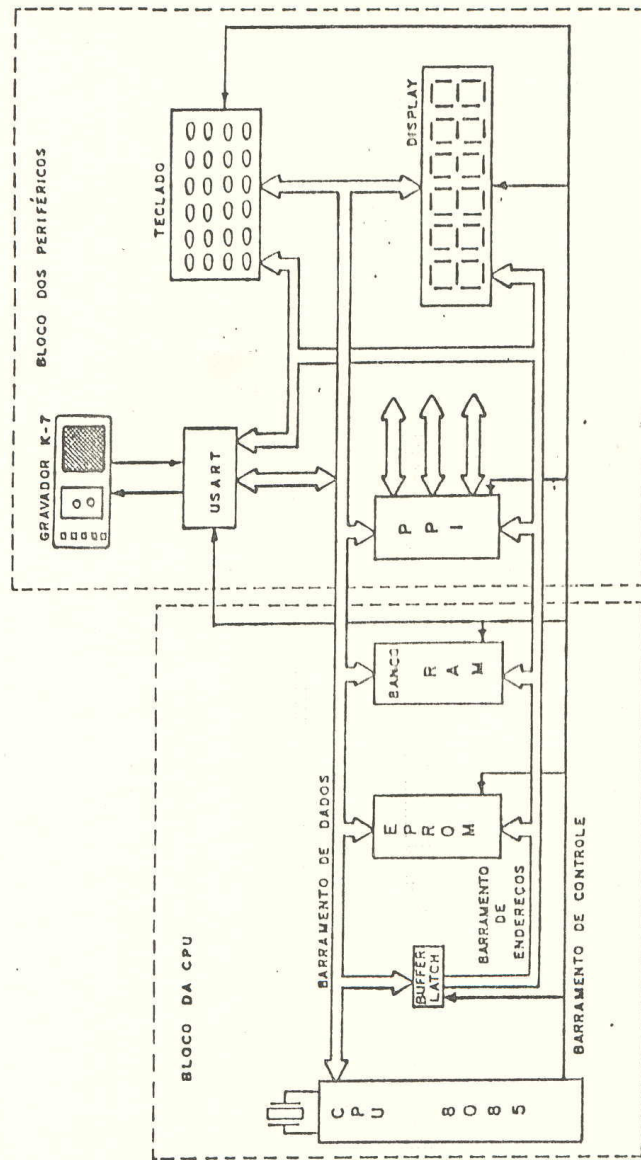


Fig. III.1 - Esquema simplificado do microcomputador MCL-85

suário através de "software".

7. INTERFACE PARA GRAVADOR CASSETE:

O circuito permite a gravação e leitura de programas em gravadores cassette comerciais, sendo que a velocidade de transferência de dados do sistema é de aproximadamente 200 bps.

8. ALIMENTAÇÃO:

O microcomputador é alimentado por uma tensão de +5V/1,3A e +-12V

9. SISTEMA "PASSO A PASSO":

Este sistema permite, ao ser acionado, executar programas, instrução por instrução, bem como, verificar o funcionamento do programa, modificando memória e/ou os registros antes de executar o mesmo.

10. INTERRUPÇÃO:

Tres níveis de interrupções mascaradas:

RST 7.5 - nível TTL

RST 6.5 - nível TTL

RST 5.5 - interrupção via teclado

"TRAP" - interrupção não mascarada (utilizada pelo passo a passo)

11. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:

comprimento : 0,24 m

largura : 0,24 m

altura : 0,03 m

peso : 0,50 kg

III.2 - DESCRIÇÃO DO "HARDWARE":

A descrição do "hardware" do MCL-85 pode ser melhor compreendida se o mesmo for dividido em blocos, como mostra a Fig. III.1.

Com base nesta figura, pode-se observar 2 blocos:

- 1º - bloco da CPU
- 2º - bloco de periféricos

Cabe salientar, que o projeto do "hardware" foi desenvolvido no sentido de atender o objetivo inicialmente proposto, ou seja, o controle do processo de destilação mas, ao mesmo tempo, o micro foi implementado com algumas características (outras expansões foram previstas e podem ser implementadas), o que torna possível o seu uso em outros tipos de controle de processos.

III.2.1 - BLOCO DA CPU

Componentes do Sistema MCL-85

Este bloco pode ser melhor visualizado na Fig. III.2A e Fig. III.2B.

A CPU 8085A possui a habilidade de, diretamente, endereçar 65.536 (ou 64K) bytes de programa-memória e, individualmente, 256 portas de entrada e saída. Sendo assim, prevendo expansões futuras e também para prevenir contra a possível sobrecarga da CPU, foram utilizados "buffers" (CI 36-39) para o barramento de dados, possibilitando uma drenagem de corrente de 2ma para 16ma.

Também, no barramento de endereços (CI 2-3) e em algumas

possibilitando que futuras expansões possam ser utilizadas, sem correr o risco de danos para a CPU (Fig. III.2A).

Ainda, no bloco da CPU, pode-se visualizar, através da Fig III.2B, o banco de memória do MCL-85, onde foi utilizado o sistema memória E/S (Entrada/Saída) mapeada [27], não incluindo todos os periféricos. Cada "chip" do sistema é acessado por um sinal vindo do decodificador de endereços 74LS42.

A Tab. III.1 lista cada CI ativado com seu espaço endereçável que pode ser acessado e o dispositivo do sistema MCL-85 que é selecionado. Já as Tab. III.2 e III.3, mostram os "chips" selecionados pelo decodificador 74LS139 e seus respectivos dispositivos.

Para tornar compatível (eliminar áreas que não seriam acessadas) o uso das memórias 2114 com a EPROM 2716, foi necessário implementar um circuito, formado com portas e "buffers tri-state" (Fig. III.2B), associado ao decodificador 74LS42, isto porque não se dispunha de recursos para a compra de outro tipo de memória, por exemplo 6116, que é compatível com 2716, e tornaria a montagem mais simples, com um custo mais baixo.

III.2.2 - BLOCO DE PERIFÉRICOS

No projeto do MCL-85, foi possível a utilização de vários CIs para controlar os periféricos, diminuindo o uso de "software" no controle dos periféricos, deixando a CPU livre para fazer outros serviços e diminuindo a quantidade de memória utilizada pelo programa monitor.

TAB. III.1 - DECODIFICAÇÃO PELO 74LS42

SAIDA	FAIXA DE END. ATIVADA	DISPOSITIVO SELECIONADO
CS0	0000 - 07FF	2716 EPROM DO MONITOR
CS1	0800 - 0FFF	N/C
CS2	1000 - 17FF	N/C
CS3	1800 - 1FFF	2114 (banco1 + banco2) - RAM BÁSICA
CS4	2000 - 27FF	2114 (banco3 + banco4) - RAM BÁSICA
CS5	2800 - 2FFF	N/C
CS6	3000 - 37FF	DECODIFICADOR 74LS139
CS7	3800 - 3FFF	N/C
CS8	4000 - 47FF	N/C
CS9	4800 - 4FFF	N/C

TAB.III.2 - DECODIFICAÇÃO PELO 74LS139(CI 16A)

CS6.0	3000 - 3003	74C911 - Controlador de display (A18) para ender- reco
CS6.1	3004 - 3005	74C911 - Controlador de display (A19) para dados
CS6.2	3008	MM54C923 - Controlador de teclado (A24)
CS6.3	300C	N/C

TAB.III.3 - DECODIFICAÇÃO PELO 74LS139(CI 16B)

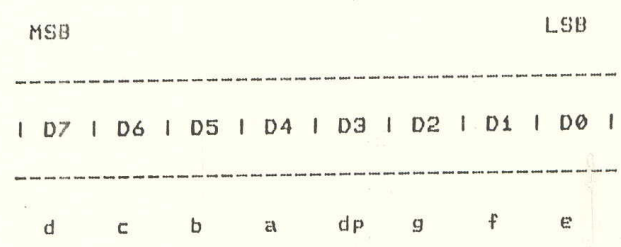
IO/0	00 - 03	8255 - PPI (A40)
IO/1	40 - 41	8251 - USART (A22)
IO/2	80 - BF	N/C
IO/3	CO - FF	N/C

OBS: AXX = CI# no esquema da FIG. 2A, 2B, 2C, 2D
N/C = não conectado - viável para expansão

DISPLAY:

No caso do display, conforme Fig. III.2C, foram utilizados 2 CIs 74C911 (CMOS), onde cada um pode controlar 4 dígitos através de um circuito interno de varredura dos dígitos. No MCL-85, foram utilizados 6 dígitos, portanto ainda há a possibilidade de se utilizar, diretamente, mais 2 dígitos como expansão.

O formato dos bytes para os caracteres que são mostrados pelo 74C911, tem a seguinte configuração:



O "hardware" foi projetado de modo que, ao se escrever "0" na posição de um determinado bit, acende o correspondente segmento do LED.

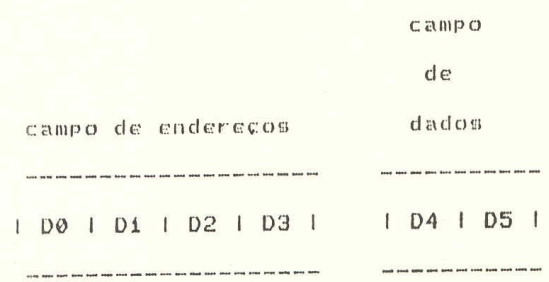


Fig. III.3 - Configuração do Display.

Na Fig. III.3, pode-se ver a disposição do display no m1

TECLADO:

O teclado está mostrado na Fig. III.2C. No controle do teclado foi utilizado o CI MM54C923 (CMOS), o qual possui uma matriz de 4 colunas x 5 linhas podendo, dessa maneira, controlar 20 teclas. Para se fazer a expansão do teclado, pode-se utilizar alguns diodos e aumentar o número de teclas para 36. Este CI possui ainda um sistema de "keybounce" e 2 "key roll-over", o que facilitou bastante a manipulação do teclado. As funções do teclado estão melhor detalhadas no Apêndice B.

INTERFACE PARA CASSETE:

Como solução para a interface para cassete (Fig. III.2D) foi utilizado o sistema FSK (frequency shift keying) [28], o que proporcionou ótimos resultados. Para tanto, foi utilizado o CI 8251 (USART), devido a sua grande versatilidade e facilidade de programação na transmissão e/ou recepção de dados, tanto na forma síncrona como assíncrona.

No sistema MCL-85, foram utilizadas duas frequências, 4,47 KHz e 2,23 KHz, possibilitando uma taxa de transferência da ordem de 280 bps.

A interface para cassete foi de grande importância no desenvolvimento deste trabalho, devido à necessidade de armazenar dados e/ou programas a todo instante, devido ao fato de se tratar de um trabalho experimental, onde as condições mudam ou devem ser mudadas, obtendo-se resultados diferentes, que devem ser armazenados para uma posterior análise.

SISTEMA ENTRADA/SAÍDA (E/S):

Se se utilizar um micro no controle de processos, há a

necessidade de que o mesmo possa se comunicar com o mundo exterior (processo), através de interfaces para entrada e saída de dados.

Desse modo, optou-se por uma interface de periféricos programável ou, simplesmente, PPI servindo de interface entre a máquina (microcomputador) e os dispositivos de entrada/saída (E/S). O CI escolhido foi o PPI 8255 (Fig. III.2C). O CI 8251, já citado, também se constitui numa interface E/S, porém seu funcionamento é serial.

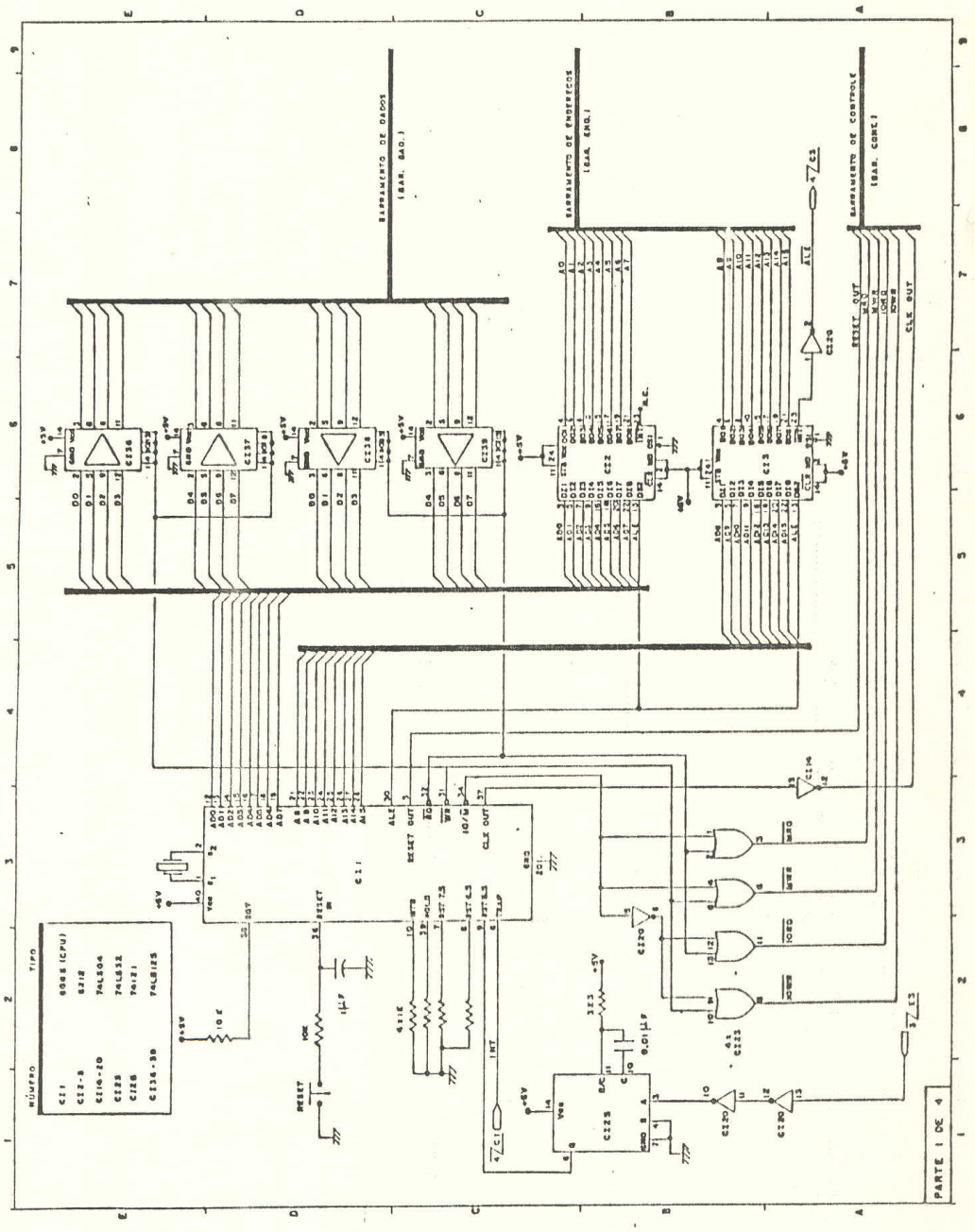
Entre os fatores que nortearam tal escolha, podemos citar dois de grande importância: o primeiro, talvez o mais importante, diz respeito a alta flexibilidade que o PPI proporciona ao interfaceamento do MCL-85 com os dispositivos externos de E/S. Esta flexibilidade é obtida, tornando o "software" configurável, de forma que as linhas de E/S estejam mais sob o controle do "software" do que do "hardware", facilitando qualquer alteração que se deseje nas linhas de E/S; o segundo fator está relacionado com o fato de que o PPI concentra as funções paralelas de E/S em um único CI, diminuindo o número de circuitos e o grau de complexibilidade do sistema de interfaceamento.

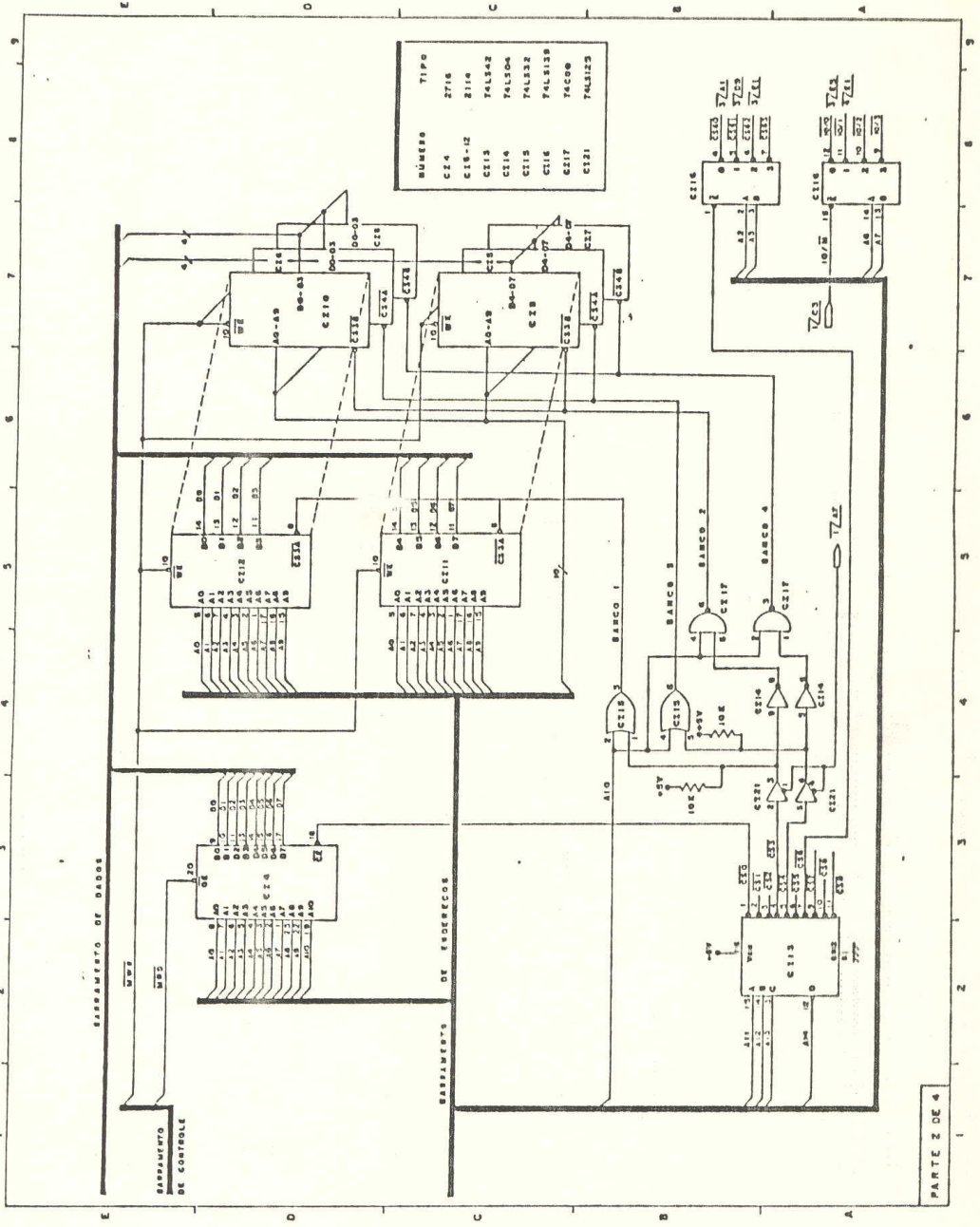
III.3 - ENDEREÇAMENTO DE MEMÓRIAS E E/S

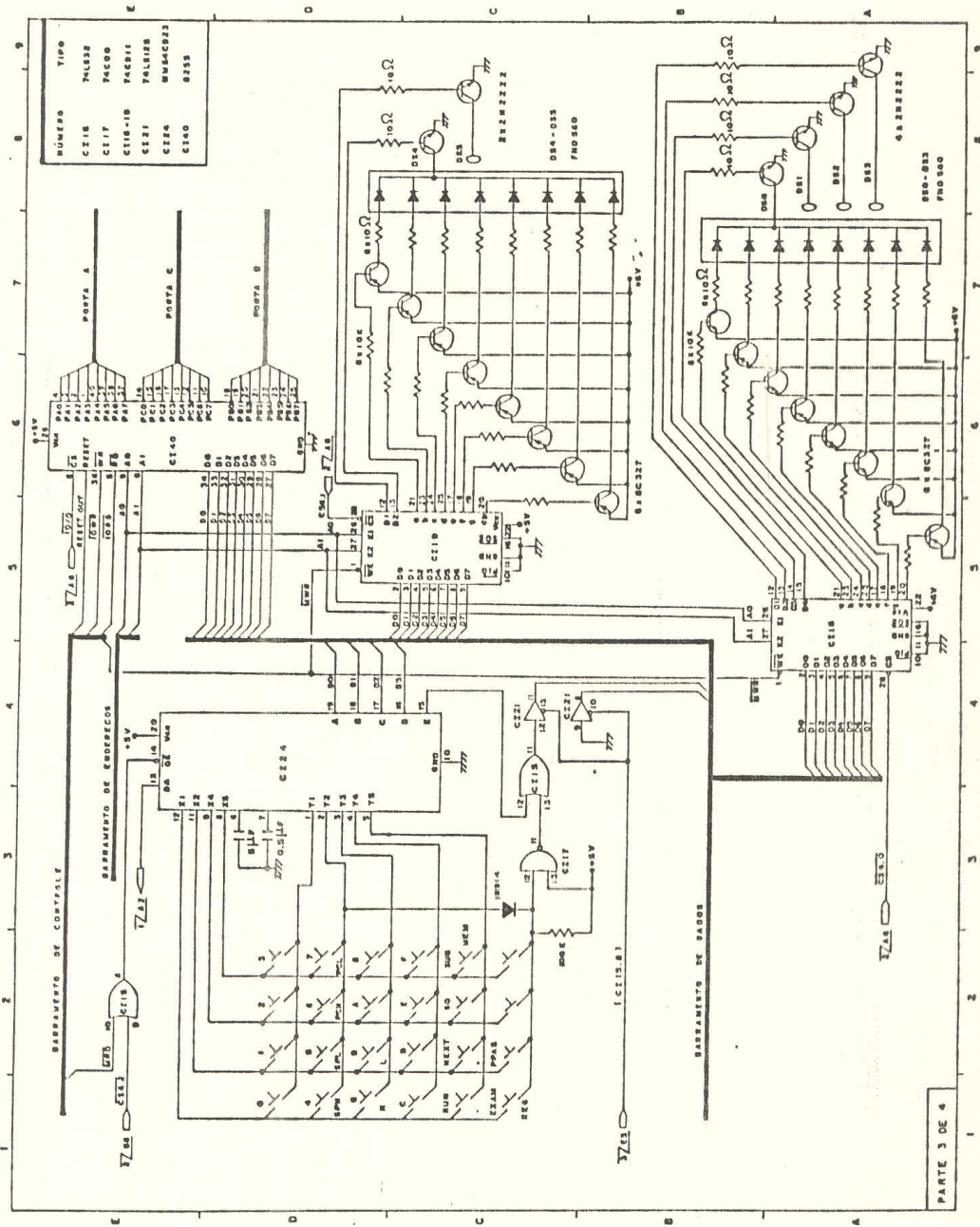
O endereçamento das memórias EPROM e RAM do MCL-85 consta da Tab. III.1 e a lista das localizações reservadas em RAM para uso do programa monitor, pode ser vista na Tab. III.4. A Tab. III.5 mostra o endereçamento do display.

No caso do teclado, o acesso é feito através do CI MM54C923, pelo endereço 3009.

Com relação aos CIs 8255 e 8251, esses realmente são acessados usando as instruções "IN" e "OUT" do 8085. A Tab. III.6 con-

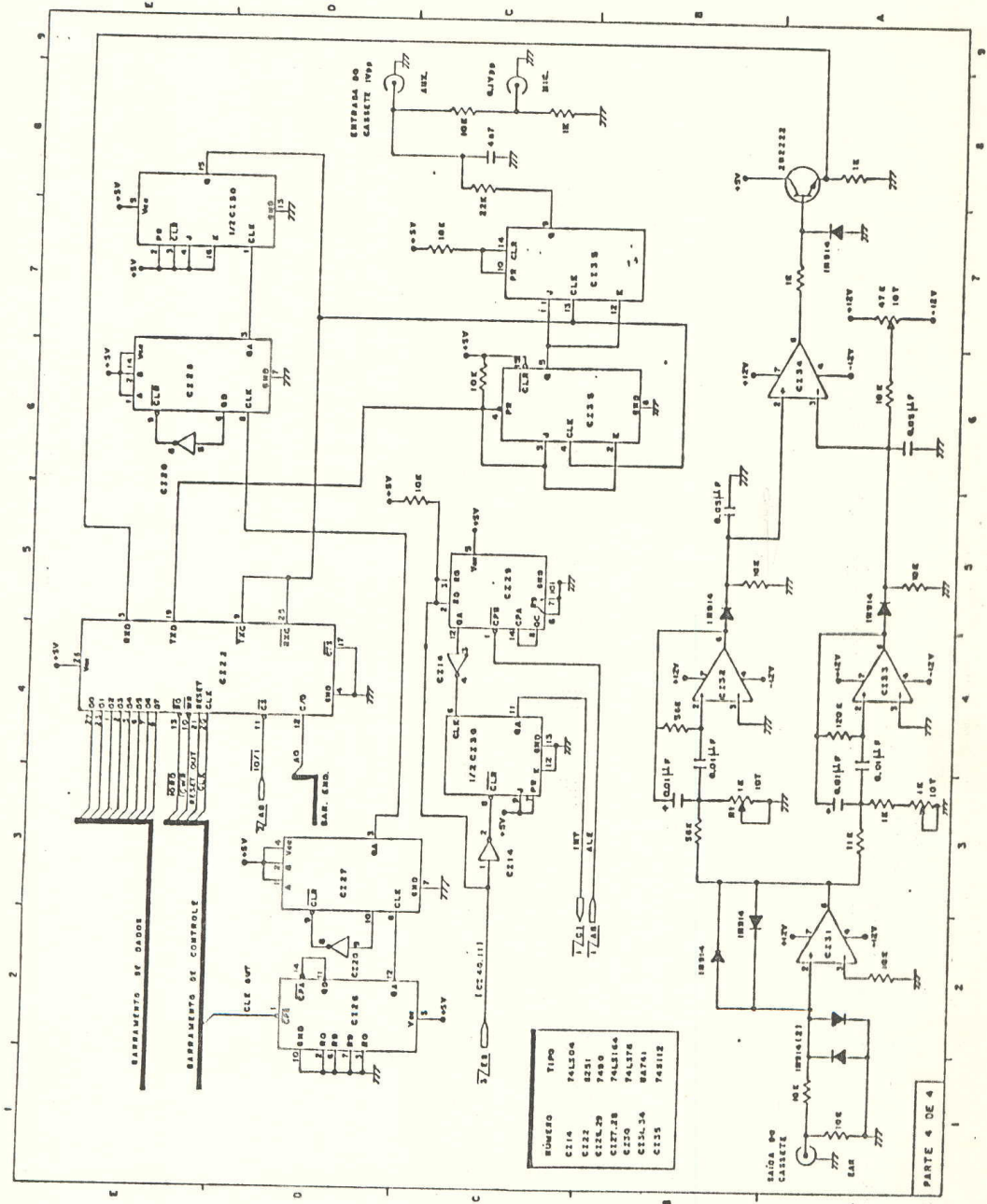






NÚMERO	TIPO
C118	74LS28
C117	74C00
C110-119	74C011
C121	74LS125
C140	MS84C222
C140	8255

PARTE 3 DE 4



NÚMERO	TIPO
C114	74LS04
C122	8231
C126,29	7490
C127,28	74LS164
C130	74LS165
C131,34	8474
C135	74LS162

PARTE 4 DE 4

TAB.III.4 - ÁREA DA RAM RESERVADA PARA O MONITOR

LOC.	CONTEUDO
27B6	Váriavel Cont \
27B7	Nome do Programa - Low Byte local utilizado
27B8	Nome do Programa - HI Byte pela interface
27B9	End. inicial do Progr. - Low Byte cassette apenas
27BA	End. inicial do Progr. - HI Byte no momento de
27BB	End. final do Progr. - Low Byte gravar ou
27BC	End. final do Progr. - HI Byte ler
27BD	Nº de Bytes transmitidos - Low Byte programas
27BE	Nº de Bytes transmitidos - HI Byte
27BF	N/C /
27C0	End. do digito - Low Byte utilizado para endereçar
27C1	End. do digito - HI Byte do display
27C2	O usuário pode colocar uma instrução JMP \
	para a rotina RST 5 nos endereços 27C2-27C4 utilizado
27C5	JMP para rotina RST 6 pelo
27C8	JMP para rotina RST 6.5 usuário
27CB	JMP para rotina RST 7
27CE	JMP para rotina vetorizada "Vect Intr" /
27D1-27E8	Stack do monitor (armazenagem temporária feita pelo monitor)
27E9	Registro E \
27EA	Registro D
27EB	Registro C
27EC	Registro B armazenadores
27EE	Registro A para o re-
27EF	Registro L gistro das
27F0	Registro I imagens do
27F1	Mascara de Interrupção usuário
27F2	Contador de Programa - Low Byte
27F3	Contador de Programa - HI Byte
27F4	Ponteiro da Pilha (Stack Pointer) -
	Low Byte
27F5	Ponteiro da Pilha (Stack Pointer) -
	HI Byte /
27F6	Endereço atual
27F8	Dado atual
27F9-27FC	Buffer de saída
27FD	Ponteiro do Registro
27FE	Buffer de entrada
27FF	N/C

N/C = NADA CONSTA

têm os endereços desses dispositivos E/S.

-----TAB.III.5 - ENDEREÇAMENTO DO DISPLAY-----

ENDEREÇO	I	PROPÓSITO
3000	I	digito de endereços D0
3001	I	D1
3002	I	D2
3003	I	D3
3004	I	digito de dados D4
3005	I	D5

-----TAB.III.6 - ENDEREÇAMENTO DO PPI E DA INTERFACE P/ CASSETE-----

ENDEREÇO	I	PROPÓSITO
00	I	Porta A \
01	I	Porta B 0255
02	I	Porta C
03	I	Palavra de Controle /
40	I	Transmissão/Recepção \
41	I	Palavra de Controle / 0251

A Fig. III.3, mostra detalhes do microcomputador montado, enquanto que a Fig. III.4, mostra o MCL-85 com os periféricos.

III.4 - PROGRAMA MONITOR DO MCL-85

O programa residente do sistema [29] ocupa 1536 bytes de um total de 2048 bytes (2K) de EPROM. Sendo assim, o restante pode ser utilizado para expansões futuras.

O monitor possui, além das rotinas para manipulação dos dados pelo micro, uma rotina para a interface cassete e, no final do monitor, foi incorporada uma tabela (linhas 1131 à 1204) com uma série de caracteres que podem auxiliar o operador na visualização de mensagens como, temperatura, pressão, tempo, relativos ao processo que se está controlando.

A listagem do programa monitor, incluindo a explicação sobre o funcionamento de cada subrotina, pode ser vista no Apêndice F.

Obs.: Os termos técnicos utilizados neste trabalho estão relacionados no Apêndice A.

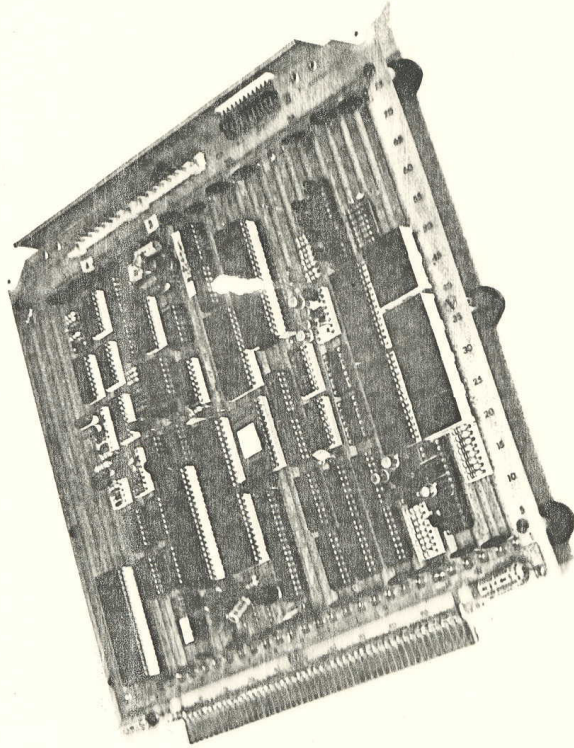


Fig. III.3 - Microcomputador MCL - 85

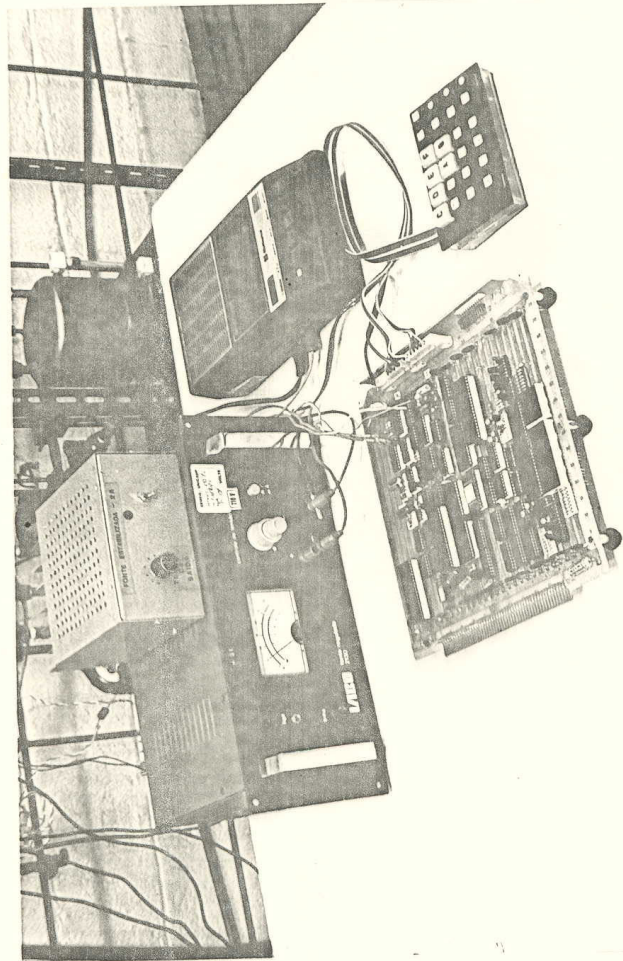


Fig. III.3 - Microcomputador desenvolvido e periféricos utilizados (teclado + gravador cassette)

CAPÍTULO IV

PROGRAMA DE CONTROLE

Ao se utilizar um microcomputador no controle de uma planta, faz-se necessário a escolha de uma linguagem que seja adequada ao processo que se pretende controlar. No presente trabalho, optou-se pela linguagem Assembler que, apesar de ser uma linguagem de baixo nível, possui as vantagens de ocupar menor espaço de memória e um tempo de processamento menor, quando comparada com linguagens de alto nível [30].

Sendo assim, para o controle da planta, via microcomputador, foi desenvolvido o programa mostrado no Apêndice E. O programa possui aproximadamente 1K byte. A Fig. IV.1, mostra o fluxograma do programa utilizado.

O programa faz uso de várias sub-rotinas do monitor possuindo, também, rotinas para cálculos, criação de mensagens para o display, ajuste dos controlados, e outras. Discutiremos, porém, apenas as mais importantes.

Endereço: 2000 à 2167 - inicialização do programa. Nesta rotina os controladores são zerados e a memória é carregada com o valor do refluxo via teclado. Através da sub-rotina VOLTA, o display mostra também, os valores atualizados de DT0, DT1, DT2 e a taxa de vapor.

Endereço: 2168 à 2190 - sub-rotina INIC. Uma das mais importantes do programa, pois é responsável pelo controle do conversor A/D. Iniciali-

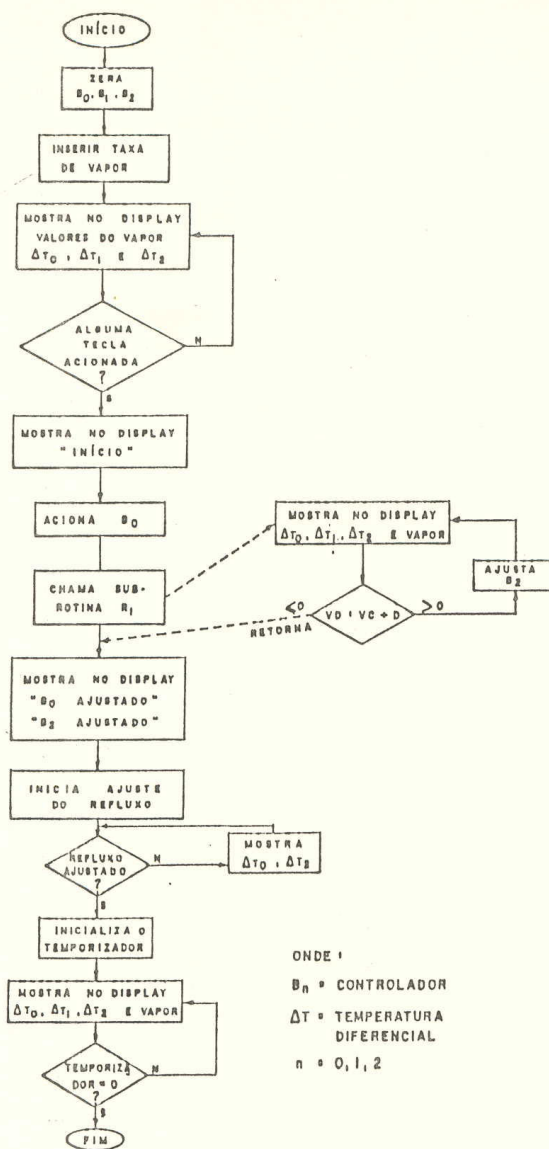


Fig. IV.1 - Fluxograma do programa de controle da coluna

Endereço: 218A à 2211 - sub-rotina HEXDEC. Faz a conversão binária para ASCII (base decimal), antes que o valor seja enviado ao display.

Endereço: 2213 à 2237 - sub-rotina MAIMEN. Compara dois números com 16 bits cada, indicando, como resultado, qual deles é o maior.

Endereço: 2262 à 2299 - sub-rotina CALCVAP. Calcula a taxa de fluxo de vapor, utilizando-se da equação abaixo:

$$V = \frac{mH2O}{Hv} \times DT$$

onde:

- V = taxa do fluxo de vapor ascendente na coluna em g/h
- mH2O = vazão de água de refrigeração em g/h
- Hv = calor latente de vaporização do destilado em KJ/g
- DT = temperatura diferencial em DTØ em °C

No final, o programa possui várias localizações de memória, para armazenagem de dados ou caracteres responsáveis pelas mensagens visualizadas no display.

Sabe-se que a destilação pode se processar a refluxo constante ou refluxo variável. Se o processo for a refluxo constante, basta que se tenha um circuito contador de tempo (CCT), para sinalizar a CPU, indicando quando o processo precisa ser desligado. No caso de destilação a refluxo variável, faz-se necessário sinalizar a CPU o instante em que o microcomputador deve mudar o valor do refluxo. Para tau

01/15 à 01/20 Base de dados vazios para serem utiliza-

dos na ativação do CCT, no início do período de um dado refluxo. No caso de refluxo variável, necessita-se de uma sub-rotina adicional que altere os valores das variáveis para se ter o novo refluxo, antes de voltar ao programa principal.

Os cálculos feitos para a obtenção das condições iniciais inseridas no programa de controle, ou as condições a cada novo refluxo, antes que o mesmo comece a "rodar", são bastante cansativos e extensos. No entanto, a obtenção desses dados, como o valor de cada refluxo e seus tempos de duração, o tempo total gasto para a destilação, etc, pode ser conseguida rapidamente com a utilização do programa em Basic, desenvolvido em um microcomputador CP-500, o qual está mostrado no Apêndice D, sendo que o mesmo foi criado para a mistura triclorosilano-tetraclorosilano (para outras misturas, basta mudar a volatilidade relativa). O programa tem como princípio a tabulação de dados à partir do diagrama McCabe-Thiele [31]. A utilização deste programa, mostrou-se bastante eficiente na previsão das etapas de refluxo necessárias e no comportamento do equilíbrio líquido-vapor em cada uma delas, para se chegar a um produto com determinado grau de pureza, partindo de uma mistura com composição previamente determinada.

CAPÍTULO V

SISTEMA DE CONTROLE

V.1 - MODO DE CONTROLE

Para executar a monitoração da planta pelo controle com microcomputador, faz-se necessária a implementação de interfaces para a comunicação micro(-)processo. Os sinais contínuos do processo (analógicos) provenientes de transdutores, são convertidos em sinais digitais por um conversor A/D, o qual é usualmente multiplexado com um número de entradas. O microcomputador usa o sinal digital em uma equação de controle (algoritmo) [32], que foi programada para fornecer um sinal de controle apropriado. O sinal digital é convertido em sinal analógico pelo conversor D/A. Uma descrição geral do processamento de dados, via interface, é mostrado na Fig. V.1.

Neste trabalho, utilizou-se o método de Controle Super-visionado por Computador Digital, onde o microcomputador, como o nome já diz, atua como um supervisor. A Fig. V.2 mostra este tipo de controle.

Este método foi escolhido pois, como os controladores atuam com realimentação através do "hardware", foi possível projetar um "software" de controle menos complicado, o que tornou o trabalho de depuração do programa mais simples.

Como pode ser visto na Fig. V.2, as variáveis de saída x_1 , x_2 , x_3 são "sentidas" e convertidas em sinais pelos transdutores DT0, DT1 e DT2 que transmitem a temperatura diferencial entre dois pontos.

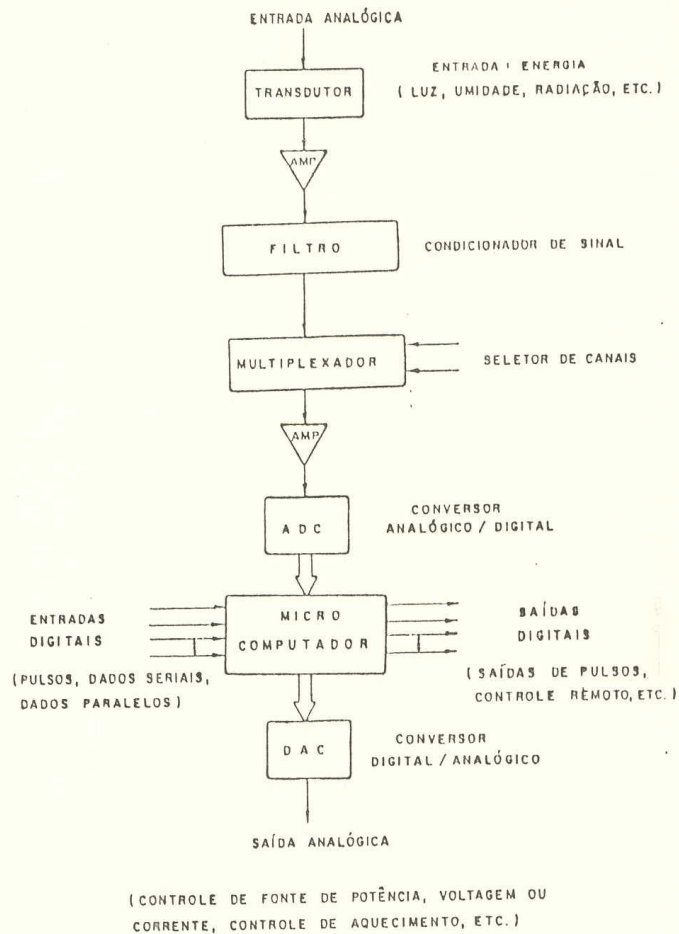
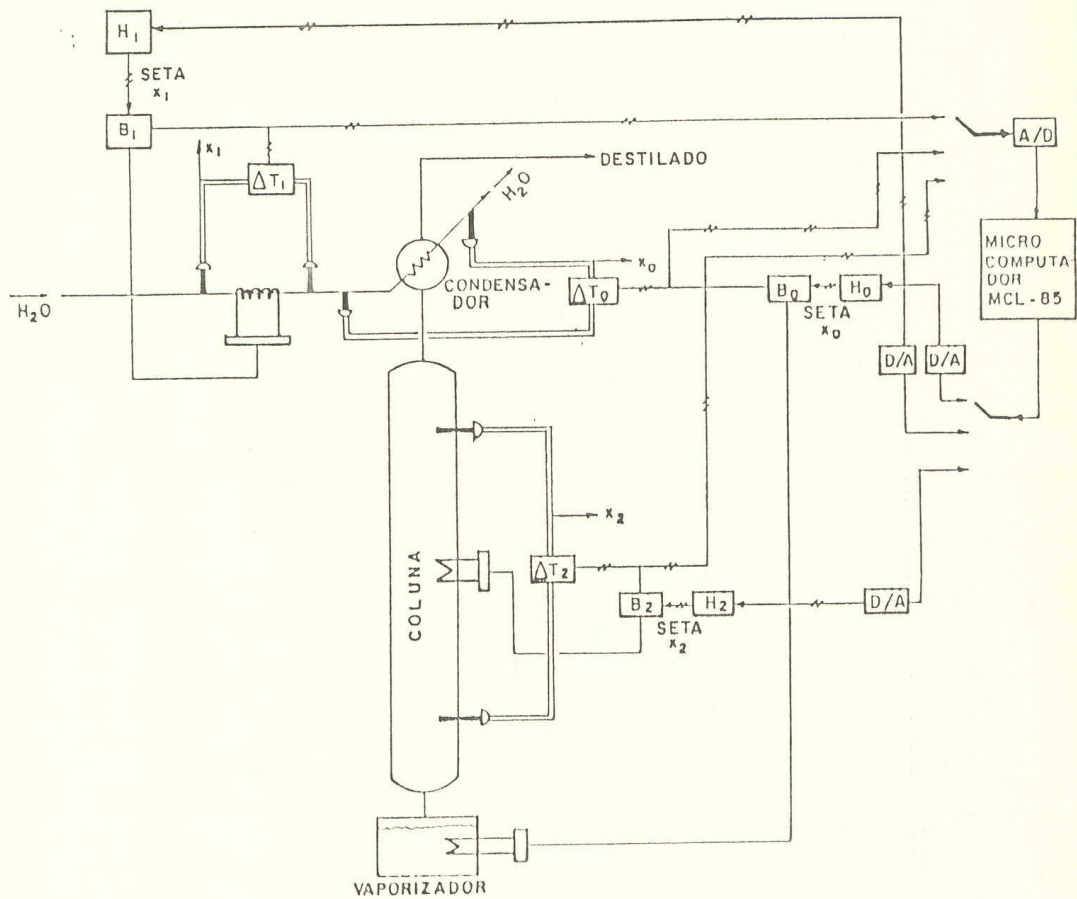


Fig. V.1 - Diagrama de blocos de um sistema de aquisição de dados



ONDE :

A/D = CONVERSOR ANALÓGICO - DIGITAL

D/A = CONVERSOR DIGITAL - ANALÓGICO

H_n = ARMAZENADOR

B_n = CONTROLADOR

ΔT_n = TEMPERATURA DIFERENCIAL

x_n = VARIÁVEL DE SAÍDA

SENDO $n = 0, 1, 2$

B2, B3 mandam sinais para os elementos finais de controle (elementos resistivos) que controlam as variáveis manipuladas M1, M2 e M3 (no caso: temperatura).

O valor desejado (set point) dos controladores analógicos vem do microcomputador, sendo o sinal memorizado pelos armazenadores H1, H2 e H3. Os dados entram para o microcomputador através do conversor multiplexado A/D.

Os sinais dos valores desejados são enviados para os armazenadores através dos conversores D/A. O diagrama de blocos de um "loop" de controle [33] é mostrado na Fig. V.3.

V.2 - DESCRIÇÃO DO CIRCUITO DE CONTROLE

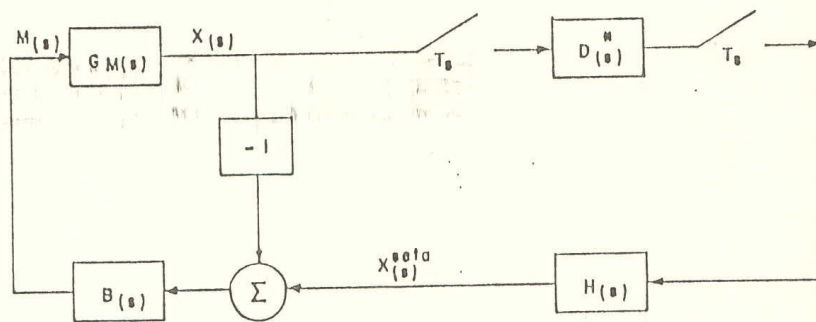
Como pode ser visto na Fig. V.2, foram utilizados para o controle do processo, o microcomputador MCL-85, cujo funcionamento já foi descrito com detalhes no Cap. III e, também, 4 interfaces para o controle do processo, sendo uma interface A/D (Fig.V.4) e 3 interfaces D/As (Fig. V.5).

V.2.1 - INTERFACE D/A e SISTEMA CONTROLADOR

Pelo esquema elétrico da Fig. V.6, pode-se ver que a informação enviada pelo microcomputador é convertida em sinal analógico, através do DAC-0808 (CI2), sendo enviado para o comparador de modo a se constituir em um sinal de referência de 0 à 5V.

Cada controlador possui como sensores, 2 termistores de aproximadamente 330 ohms cada, montados em uma ponte de Wheatstone. De

utilizada o sinal gerado pela ponte é praticamente



onde:
 $GM(s)$ = função de transferência da variável manipulada $M(s)$
 $X(s)$ = variável de saída do sistema
 $X^*(s)$ = valor desejado do sistema
 $H(s)$ = função de transferência do armazenador
 $B(s)$ = função de transferência do controlador
 T_s = tempo de amostragem
 $D(s)^*$ = função de transferência do microcomputador

Fig. V.3 - Diagrama do "loop" de controle

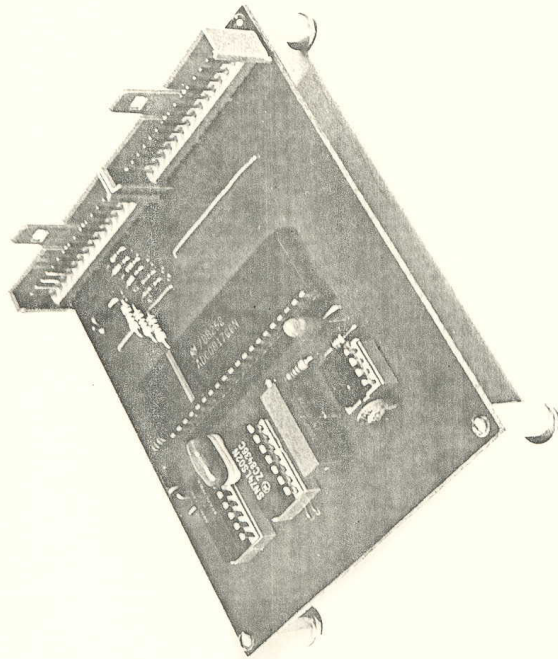


Fig. V.4 - Interface analógico-digital

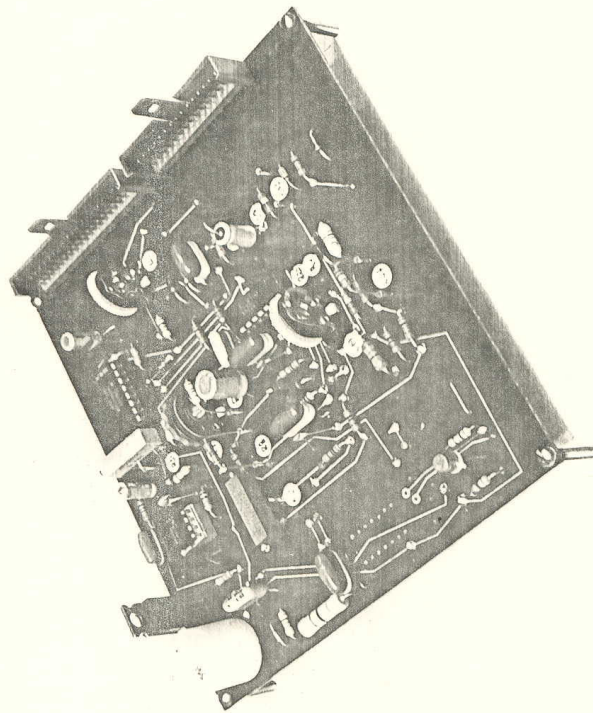
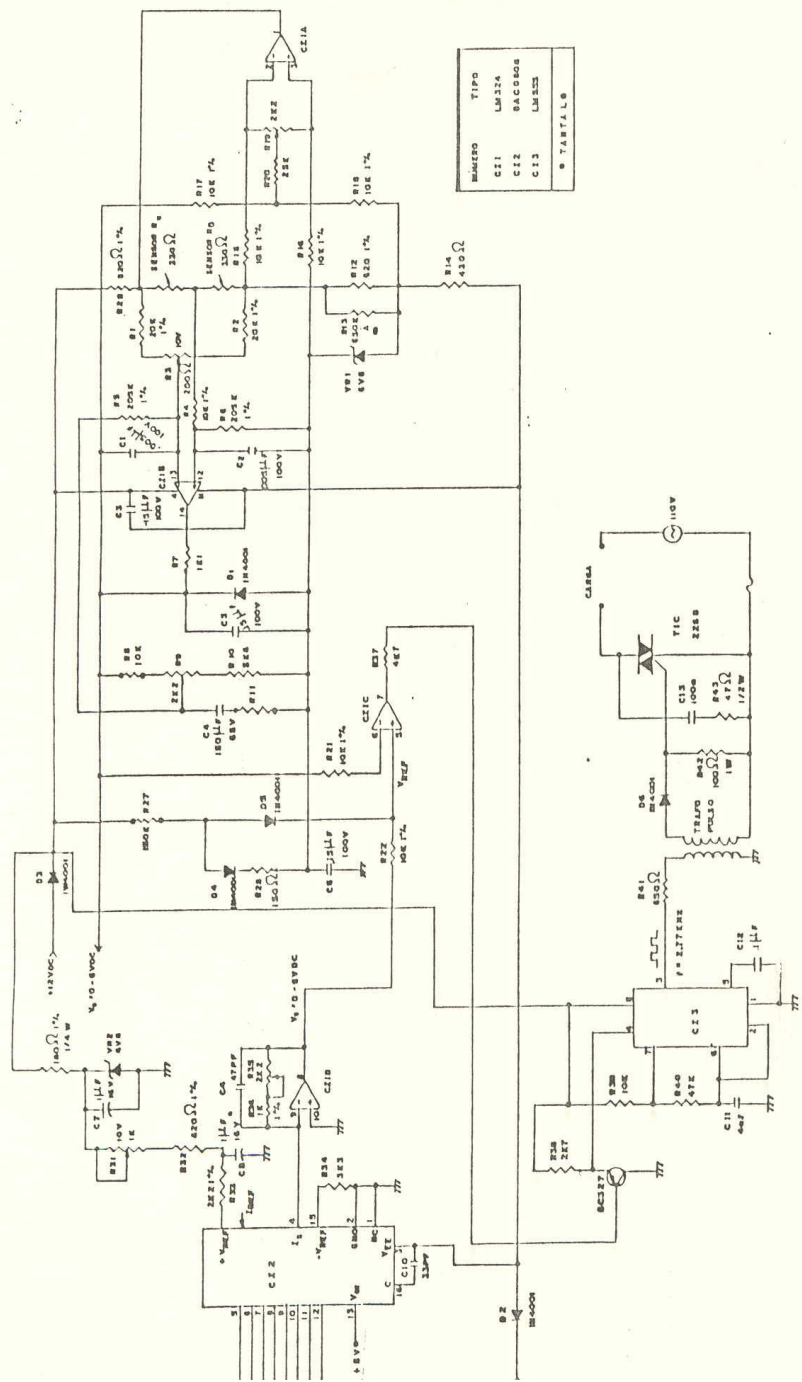


Fig. V.5 - Interface digital-analógica + sistema controlador



NUMERO	TIPO
C1	LM324
C2	8AC008
C13	LM323
S. TARTALLO	

insensível a perturbações externas como, por exemplo, mudanças na temperatura ambiente, pressão, etc. Pelo fato dos sensores não possuírem características lineares [34], o circuito é dotado de um linearizador formado pelo CI1A.

O sinal gerado é amplificado pelo CI1B, gerando um sinal DC de 0 à 5V (V_0), que é enviado para o conversor A/D e também para o comparador CI1C onde o controlador, dependendo do valor de referência enviado pelo microcomputador, atuará ou não sobre o elemento resistivo. O controlador atua no modo PI (proporcional-integral), sendo que sua calibração está detalhada no Apêndice C. Provavelmente, 75% dos controladores por retro-ali...ção (feedback) de uma planta típica são PI.

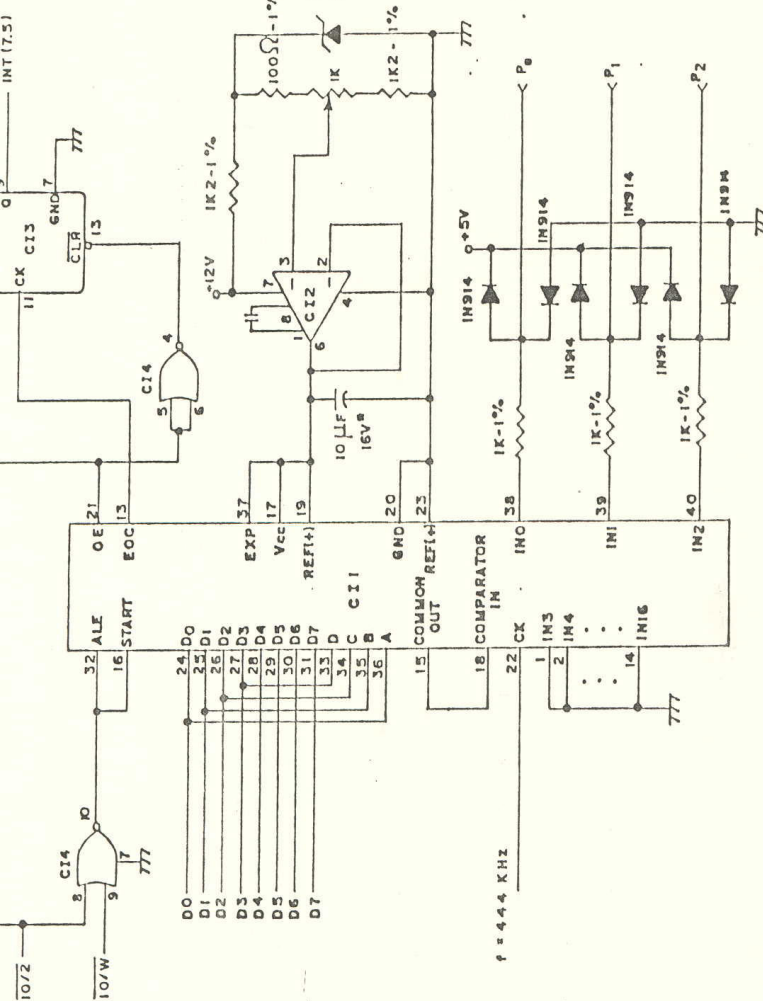
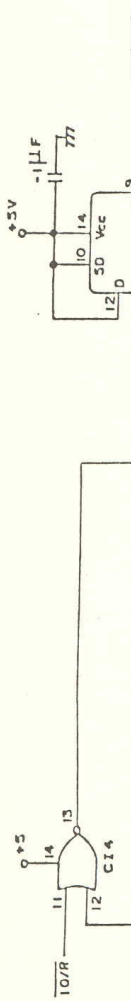
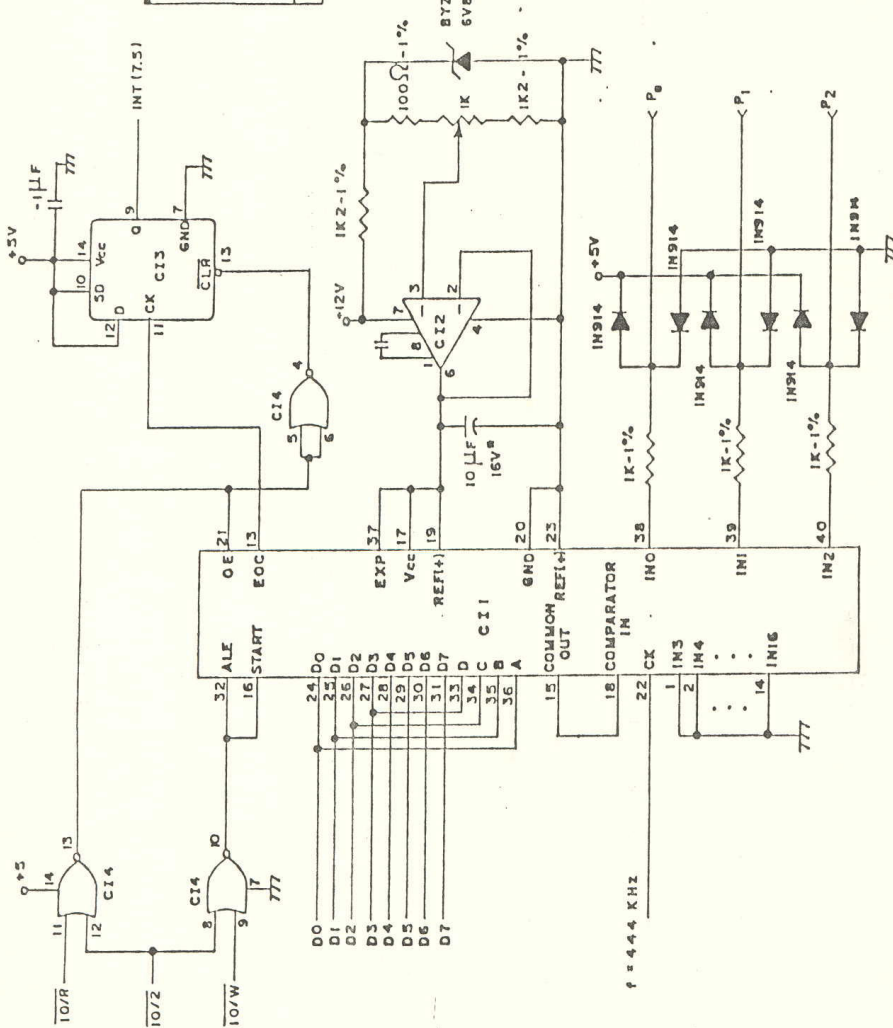
Para se conseguir resultados mais precisos, pode-se ver, pela Fig. V.6, que foram utilizados resistores de alta precisão nos lugares mais críticos do circuito. Com relação a resolução, tem-se que para uma tensão de 0 à 5V obtém-se, para o conversor D/A, 20mV/bit.

V.2.2 - INTERFACE A/D

A interface A/D, cujo circuito elétrico está mostrado na Fig. V.7, é constituída basicamente pelo CI1 (ADC-017), o qual mostrou grande versatilidade na sua utilização neste trabalho, pelo fato de possuir 17 canais de entrada multiplexados e, desse modo, possibilitar a monitoração de parâmetros em 17 pontos diferentes da planta.

Pela Fig. V.7, vê-se que os sinais enviados pelos 3 controladores (V_0), são injetados nas entradas P0, P1 e P2 e, após a conversão, a informação digital pode ser lida pelo microcomputador. Neste trabalho, utilizou-se para a leitura de dados a interrupção RST 7.5. A

HÚMERO	TIPO
CI 1	ADCO817
CI 2	LM301
CI 3	1/2 74LS74
CI 4	74LS02
* TANTALO	



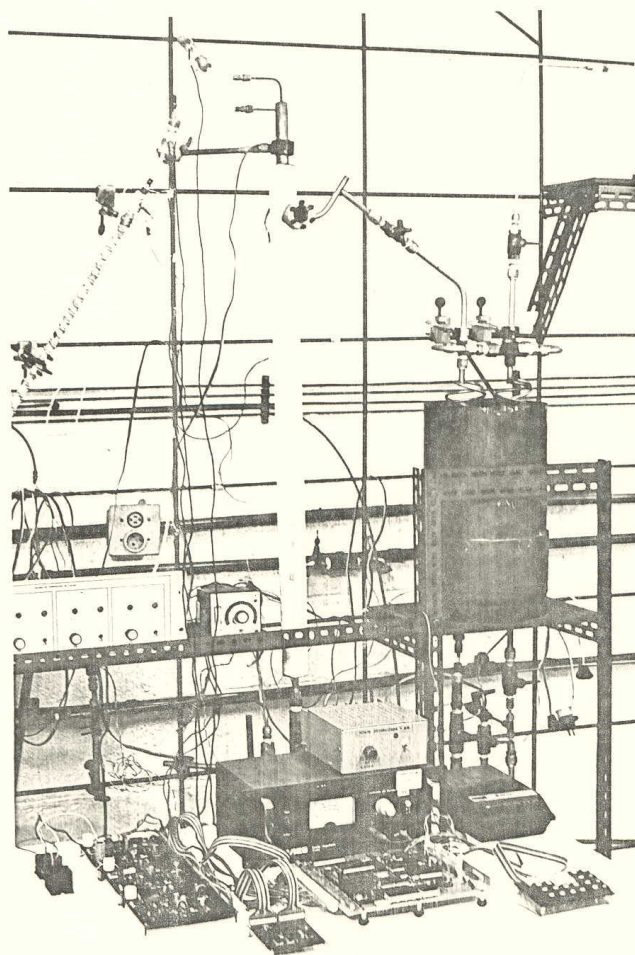


Fig. V.8 - Sistema MCL-85, controlando a coluna de destilação de clorosilanos

Para se ter maiores informações sobre as características dos CIs utilizados neste trabalho, consultar literatura técnica a respeito [35,36,37].

CAPÍTULO VI

DADOS EXPERIMENTAIS

Um dos objetivos principais deste trabalho, é o controle da purificação de triclorosilano, utilizando um microcomputador. Por falta de matéria prima, não foi possível promover a destilação da mistura SiHC13-SiCl4, quando da execução deste trabalho. Mesmo assim, o presente trabalho mostra várias informações que podem ser utilizadas quando do procedimento experimental para a purificação do triclorosilano. Como alternativa, para se chegar a conclusões sobre a operabilidade do sistema, promoveu-se a destilação da acetona e os dados obtidos são aqui discutidos.

Os dados sobre a controlabilidade do sistema, foram obtidos mediante a destilação de acetona, observando-se que não foi possível promover a destilação por completo, pelo fato da coluna apresentar problemas com o trocador de calor (dedo-frio), não sendo possível atingir o equilíbrio a refluxo total (sem destilado na saída).

Utilizou-se acetona com composição 99.5% com uma temperatura de ebulição de 56 °C. A coluna possuía 10 pratos teóricos.

Os controladores foram calibrados de modo a se obterem as seguintes faixas de variação:

controlador B0 : 0,031 °C/bit

controlador B1 : 0,05 °C/bit

controlador B2 : 0,015 °C/bit

Antes de começar a "rodar" o programa no micro, faz-se a inicialização do CPU, a inserção dos dados que

são manipulados pelo programa.

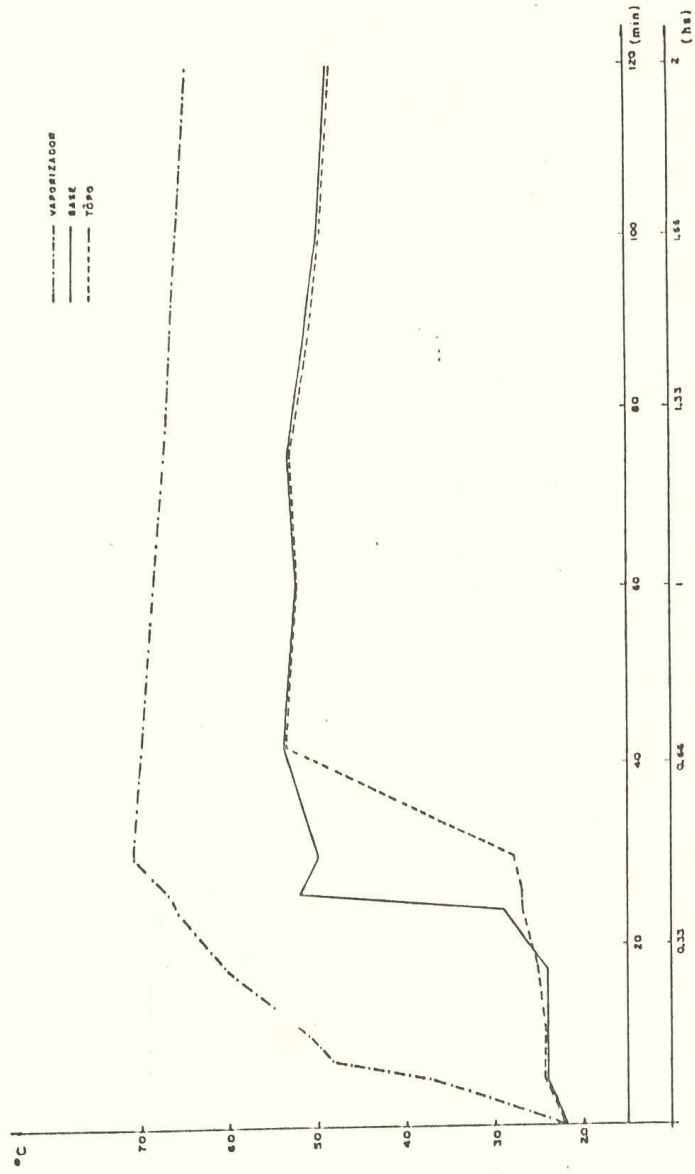
Os dados utilizados estão mostrados na Tab. VI.1.

----TAB. VI.1 - DADOS UTILIZADOS PELO PROGRAMA DE CONTROLE----

Var. manipulada pelo programa	decimal	hexadecimal	unidade
Veloc. de subida do vapor	14,52	0E,80	g/h
calor latente de vaporização	7,64	07,A0	KJ/g
Temperatura Dt1 para obter o refluxo desejado	2	02,00	°C

Após a inserção dos dados, o microcomputador inicia o controle do sistema, acionando o controlador B0 (Fig. V.2) para potência máxima (aprox. 600 W). O perfil de temperatura da coluna é mostrado na Fig. VI.1.

Pela Fig. VI.1, pode-se ver que após 20 minutos de operação, a temperatura da base começa a tornar-se maior que a temperatura do topo. Nesse momento, o controlador B2 é acionado e, sob a supervisão do microcomputador, o controlador aquece o "corpo" da coluna, tentando fazer com que a diferença de temperatura DT2 seja zero, com o objetivo de acelerar a estabilização da coluna. Após, aproximadamente, 30 minutos do início da operação do sistema, ve-se, pela Fig. VI.2e, um aumento significativo de DT0. Nesse ponto, o microcomputador começa a mostrar a taxa de vapor ascendente pelo display, conforme mostra a Fig.



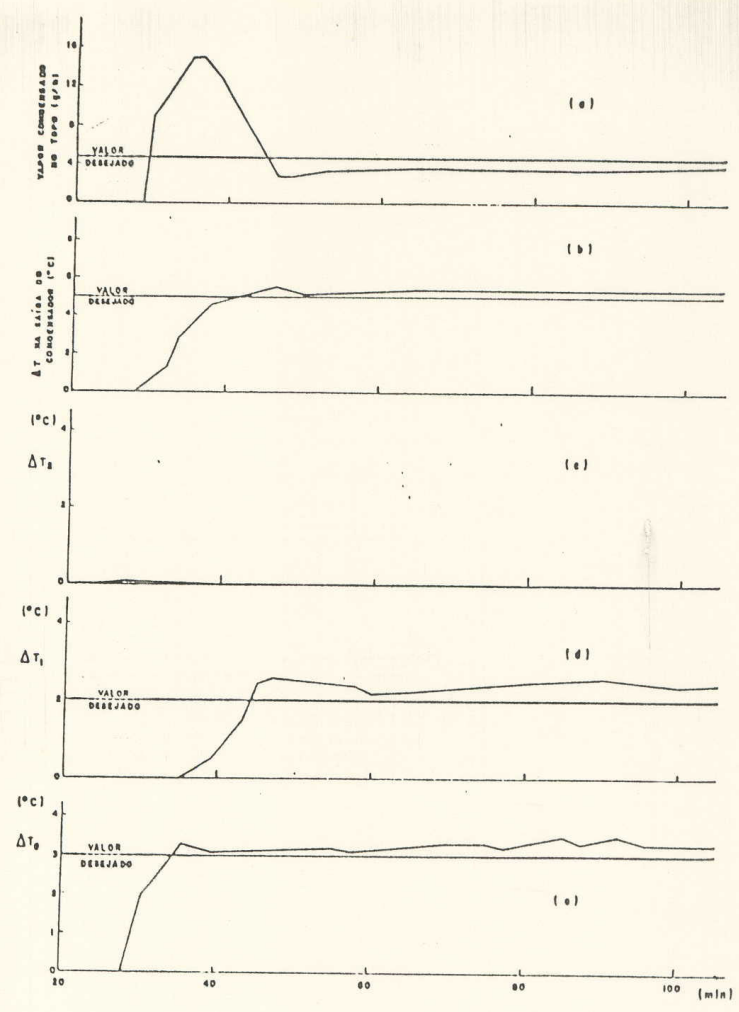


Fig. VI.2 - Comportamento da planta durante sua operação:
a) variação da taxa de vapor do condensado;
b) variação da temperatura na saída do condensador;
c) variação da temperatura DT_2 ; d) variação da temperatura de refrigeração; e) variação da temperatura DT_0

VI.2a. Ao atingir o valor de vapor desejado (Fig. VI.2e), nota-se que neste instante (aproximadamente 35 minutos), o micro aciona o controlador B1 e a diferença de temperatura DT1 começa a subir (Fig. VI.2d). Quando, aos 45 minutos, DT1 atinge o valor desejado, B1 tentará manter a diferença de temperatura no valor desejado, o que equivale dizer que nesse ponto, sai da coluna, em forma de vapor, aproximadamente 9,7mg/h de acetona. Nesse ponto, atingiu-se o valor de refluxo desejado e o microcomputador continua a supervisionar os controladores no sentido de manter a taxa do fluxo de vapor e o refluxo desejado.

CONTROLABILIDADE DO SISTEMA

A controlabilidade pode ser bem visualizada pelos gráficos da Fig. VI.2, onde vê-se que o microcomputador procurou manter o sistema nos valores desejados. Apesar disso, houve um desvio, da ordem de 20%, entre os valores desejados e os valores obtidos.

Apesar do sistema ser controlado por microcomputador, são vários os motivos que explicam o fato de não se ter obtido um desvio menor. Uma das principais razões é a dificuldade no controle do sistema, como é mostrado por pesquisadores citados neste trabalho. Outro motivo é o atraso ocorrido entre a atuação do controlador B0 sobre o vaporizador e o efeito sentido em DT0, ou vice-versa. Outro fato é o motivo do trocador de calor estar funcionando de modo deficiente, o que não permitiu um cálculo mais exato do valor do destilado, fazendo com que surgisse o desvio mostrado na Fig. VI.2d. Além disso, para o controle do refluxo, utilizou-se o aquecimento prévio da água de refrigeração, o que mostrou-se um método pouco prático e de difícil controle. Uma maneira de contornar o problema, seria o uso de uma válvula que

do, num sistema mais preciso e de mais fácil controle. Também, o calor perdido para o material da coluna, que é feita de aço-INOX, causa erro de leitura por parte dos sensores.

Com todos esses problemas técnicos, a controlabilidade do sistema ficou comprometido, tornando-se relativamente instável e, desse modo, seriam necessárias modificações, as quais são sugeridas no Cap. VIII.

O procedimento experimental para a destilação do triclorosilano, seria idêntico fazendo-se necessário, apenas a mudança nos valores das variáveis manipuladas pelo programa, para se obter o produto com o grau de pureza desejado.

CAPÍTULO VII

CONCLUSÕES

O microcomputador desenvolvido para este trabalho, apresentou uma ótima performance, tanto a nível de "software" como de "hardware".

No caso do "software", o sistema operacional (S.O.), mostrou-se bastante versátil, tanto na fase de desenvolvimento do programa de controle, como no envio de informações, via display, sobre as variáveis do processo. O fato do microcomputador ter sido dotado com um gravador cassete, como memória de massa, foi de inegável utilidade, devido ao longo tempo gasto no desenvolvimento das várias rotinas de controle.

O programa de controle desempenhou bem o papel para o qual foi desenvolvido, tanto a nível de monitoração do sistema, como no cálculo e manipulação das variáveis do processo. As rotinas matemáticas, apresentaram resultados com desvio da ordem de 2,3% do valor real. Uma maneira de diminuir tal desvio, seria a utilização do método de ponto flutuante, que não foi utilizado nesse trabalho por ser um método de difícil entendimento e bastante complexo.

Com relação ao "hardware", o uso de 4K de RAM proveu uma ótima flexibilidade no desenvolvimento do "software" e, a utilização da PPI 8255, possibilitou um ótimo interfaceamento entre o microcomputador e os conversores D/As.

Já os controladores mostraram-se bastante versáteis, devido ao fato de poderem ser calibrados de acordo com o objetivo do usuário e, desse modo, tais controladores, associados ao microcomputador

Os resultados obtidos no controle do processo não foram ideais para um controle automático, por razões já discutidas no capítulo anterior, como a ineficiência do trocador de calor e as dificuldades de se controlar as variáveis do processo, através do controle de temperatura em vários pontos da planta. Quanto ao fato de se utilizar o controle via medição de temperatura, sabe-se que interações entre várias seções da coluna tendem a mascarar os efeitos de entrada de calor.

Apesar das experiências terem sido realizadas com acetona, para a utilização do sistema de controle na purificação do triclorosilano, é suficiente a alteração dos valores das variáveis de controle, as quais podem ser obtidas mais facilmente através do programa em Basic, desenvolvido neste trabalho e apresentado no Apêndice D.

CAPÍTULO VIII

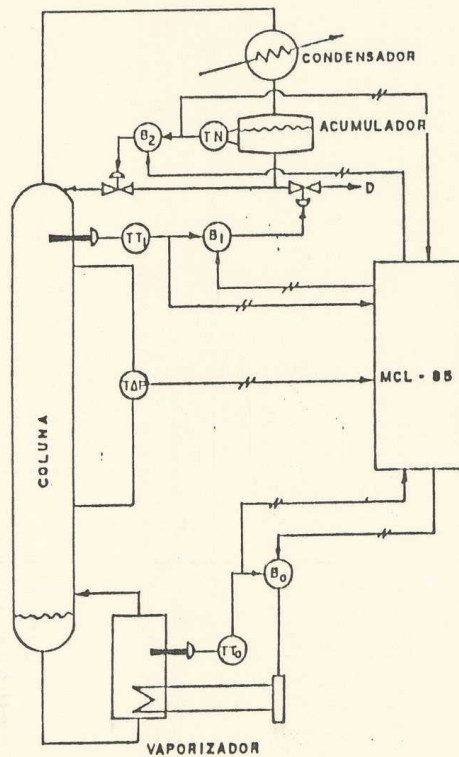
SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Pelos resultados obtidos neste trabalho, pode-se tirar várias sugestões para trabalhos futuros.

Para o controle da taxa do fluxo de vapor (boil-up rate) ao invés do controlador B0, podemos utilizar um medidor diferencial de pressão colocado no lugar de DT2. O sinal diferencial de pressão seria enviado ao microcomputador que, após processar o mesmo, teria condições de prover um controle mais sensível e eficiente. Os sensores de DT0 seriam então deslocados para um ponto bem próximo do vaporizador, de modo a diminuir sensivelmente o tempo de resposta para o controle de aquecimento do vaporizador. Após processar as informações, o microcomputador reajusta o valor da taxa de vapor.

Uma maneira de melhorar também o controle do refluxo, seria fazer uso de um acumulador no topo da coluna, onde o controle de nível estaria ligado a taxa de vapor. Desse modo, mudanças na taxa do fluxo de vapor, não afetariam a taxa de destilado e, o microcomputador, poderia rapidamente corrigir a variação no fluxo.

A Fig. VIII.1, mostra as modificações aqui sugeridas as quais, certamente, melhorariam em muito a controlabilidade e a eficiência de todo o sistema, resultando em uma otimização econômica.



TN = TRANSMISSOR DE NÍVEL
TT = TRANSMISSOR DE TEMPERATURA
B_n = CONTROLADOR
TΔP = TRANSMISSOR DE PRESSÃO DIFERENCIAL
onde n = 0, 1, 2

Fig. UTT-1 - Montagem sugerida para um melhor

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] - PERRY, E.S. Distillation. *Technique of Organic Chemistry*. Interscience Publishers. 4 (1965)
- [2] - LIEBMANN, A.J. History of Distillation. *J. Chem. Educ.*, 33, (1956) p.166-1173
- [3] - SOMMERVILLE, R.F. New Method gives quick, accurate estimate of distillation costs. *Chem. Eng.*, 22, maio 1 (1972) p.71-76
- [4] - KING, C. JUDSON. *Separation Processes*. McGraw Hill chemical engineering series (1981) p.243-250
- [5] - LHOYD. *Petrol Refiner*. 22, (1950) p.135
- [6] - FAIRCHILD, W.T. Electric Furnace Manufacture of Silicon Metal. *Journal of Metals*. (1970) p.55-58
- [7] - HERRMANN, H.; HERZEK, H. and SIRTLE, E. *Modern Silicon Technology*. Wilsbaden, Friedrich Vieweg and Sohn (1975)
- [8] - GREGOLIN, J.A.R. Desenvolvimento e Operação de um Reator para a Deposição de Silício puro à partir de Triclorosilano. *Tese de Mestrado*. DEM/FEC/UNICAMP (1979)

- [9] - CARVALHO, CAMILHER, J.W. Desenvolvimento de um Processo para a Obtenção de Triclorosilano, a partir de Silício Metalúrgico Nacional, destinado a Produção de Silício de Grau Eletrônico. Tese de Mestrado. DEM/FEC/UNICAMP(1979)
- [10] - ELLERBE, R.W. Batch Distillation Basics. Chem. Eng., maio 28, (1973)p.110
- [11] - WACKER CHEMITRONIC. Clorosilanes, paper nº29897611 Burghausen, Al. Ocidental
- [12] - Microprocessadores em sistemas de controle. C&I, ago(1983)p.6-7
- [13] - MIYAGI, P.EIGI. Uso de Microprocessadores em Controle. C&I, 124, março (1983)p.16-19
- [14] - KEMP, DANIEL W, et al. Computer controle of fractionation plants. Chem. Eng., dez 8 (1975)p.115-118
- [15] - ECONOMOPOULOS, A.P. A Fast Computer Method for Distillation Calculations. Chem. Eng., abril 24(1978)p.91-100
- [16] - FORMAN, E.R. Control Systems for Distillation. Chem. Eng., nov 8 (1965)p.213
- [17] - GILLILAND and ROBINSON. Elements of Fractional Distillation. McGraw-Hill, New York (1950)
- [18] - HENGSTEBECK. Distillation - Principles and Design Procedure,

- [19] - BERTRAND, L. and JONES, J.B. Controlling Distillation Columns. *Chem. Eng.*, 20 fev (1961)p.139
- [20] - MOCZEK, J.S. et al. Approximation Models for the Dynamic Response of Large Distillation Columns. paper 432/1, International Federation of Automatic Control Congress, Butterworth-Oldenbourg, London-Munich (1963)
- [21] - WILLIAMS, T.J. Automation in Distillation. *Distillation - Technology of Organic Chemistry*, Interscience Publishers, 4 (1965)p.773
- [22] - LONGWELL, E.J. Control System Design for Distillation Columns. *Chem. Eng. Prog.*, setemb (1982)p.63-66
- [23] - ANISIMOV, I.V. A Study of the Dynamic and Static Characteristics of process of fractional distillation. paper 508/1, International Federation of Automatic Control Congress, Butterworth-Oldenbourg, London - Munich (1963)
- [24] - PUZNIAK, Thomas J. On Line Analysis for Process Optimization and Control. *Chem. Eng. Prog.*, ago (1984)p.29
- [25] - BERGLUND, Gary R. and RICHARDSON, J. G. Design for a small-scale fuel alcohol plant. *Chem. Eng. Prog.*, ago (1982)p.60-67
- [26] - KENNEDY, J. Patrick. Sequential Control of Continuous Distillations. *Chem. Eng. Prog.*, nov, (1981) p.33-37
- [27] - TAUB, Herbert. Digital Circuits and Microprocessors. International Studen

- [28] - CIARCIA, Steve. Build Your Own Z-80 Computer. McGraw Hill (1981)
- [29] - SDK - 85. User's Manual, Intel Corporation (1978)
- [30] - BIBBERO, Robert J. Microprocessors_in_Instruments_and_Control. A Wiley-Interscience Publication (1977) p.138
- [31] - KOPPEL, Paul M. Fast Way to Solve Problems for Batch Distillations. Chem. Eng., out 16 (1972)p.109-112
- [32] - AUSLANDERS, David M. and SAGUES, Paul. Microprocessors_for Measurement_and_Control. Ed. A Osborne/McGraw Hill (1981)
- [33] - LUYBEN, W.L. Process_Modeling_Simulation_and_Control_for Chemical_Engineers. McGraw Hill, International Book Company (1974) p.455-460
- [34] - BOUCHER, E.A. Theory and Applications of Thermistors. J.Chem. Ed., 44 nov (1967) p. A935-66
- [35] - CMOS DATABOOK, National Semiconductor Corporation (1981)
- [36] - LINEAR DATABOOK, National Semiconductor Corporation (1980)
- [37] - MCS - 85. User's Manual, Intel Corporation (1980)

APÊNDICE_A

TERMOS TÉCNICOS UTILIZADOS NESTE TRABALHO

A/D = analógico para digital

BPS = bits por segundo

BUFFER = zona tampão

CI = circuito integrado

CMOS = semicondutor complementar metal-óxido

D/A = digital para analógico

EPROM = memória de apenas leitura com programação apagável

FSK = modulação por chaveamento de frequência

HARDWARE = equipamento físico

KEY BOUNCE = circuito eliminador de rebotes

KEY ROLL-OVER = circuito identificador de 1 entre 2 teclas acionadas

PPI = porta paralela programável

RAM = memória de acesso aleatório

SOFTWARE = conjunto de programas

TTL = lógica transistor-transistor

USART = transmissor/receptor universal síncrono/assíncrono

APÊNDICE_B

Listagem alfabética das teclas do Monitor.

EXAM REG (função) = permite ao usuário examinar ou alterar o conteúdo dos registros da CPU 8085A

GO (função) = faz com que o conteúdo do contador de programas (PCH e PCL), seja mostrado no campo de endereços, sendo viável sua mudança

NEXT = incrementa um valor; seu uso depende de qual chave de função foi acionada previamente

PASSO PASSO (função) = executa uma única instrução quando pressionada

PCH = mostra o conteúdo do byte mais signif. do contador de programas

PCL = mostra o conteúdo do byte menos signif. do contador de programas

SPH = mostra o conteúdo do byte mais signif. do ponteiro da pilha

SPL = mostra o conteúdo do byte menos signif. do ponteiro da pilha

RUN = a CPU inicia a execução no endereço mostrado no campo de endereços, mostrando a mensagem "E" (execução) no canto esquerdo do campo de endereços

SUBST MEM (função) = permite ao usuário ler o conteúdo da memória ROM e, examinar e modificar os conteúdos das localizações da RAM

APÊNDICE_C

PROCEDIMENTO PARA A CALIBRAÇÃO DO CIRCUITO CONTROLADOR

1. Ajuste o potenciômetro R3 para fazer a saída marcar zero.
2. Ajuste a variável (processo) para o valor de fundo de escala. Faça a saída marcar 5Vcc no fundo de escala, usando o potenciômetro de ganho R9.
3. Verifique novamente o zero como mostrado em 1.
4. Depois de atingir a calibração para os valores mínimo e máximo da variável, o ponto médio da calibração pode ser checado ajustando a variável controlada para mostrar 2,5Vcc na saída. A variável precisa indicar metade do fundo de escala. Se não, coloque a variável em 1/2 do fundo de escala e ajuste a saída para 2,5Vcc, usando o potenciômetro de linearidade R19. Embora esse ajuste seja essencialmente independente do ajuste de zero e fundo de escala, as etapas 1 e 2, podem ser repetidas até que os 3 pontos estejam dentro da calibração desejada.

Se for necessário o uso do medidor para outros tipos de variáveis, pode não ser suficiente que se ajuste o potenciômetro de ganho para 5,0Vcc no valor máximo da variável. Nesse caso, centre o potenciômetro de ganho e substitua R8 com um resistor, o qual produza perto de 5Vcc para o valor máximo da variável e recalibre seguindo os procedimentos das etapas 2, 3 e 4.

5. A resposta dinâmica envolve a escolha de R11 durante testes de transientes para otimizar a performance. Um valor muito baixo para R11, resultará em oscilações na saída e instabilidade. Já um valor muito elevado resultará em um tempo de resposta mais lento.

APÊNDICE_D
PROGRAMA BASIC PARA A MISTURA SIHC13-SIC14

```
10 CLS
20 REM TABULAÇÃO DE TADOS A PARTIR DO DIAGRAMA DE MCCABE-THIELE
30 REM PARA UMA MISTURA BINÁRIA
40 REM DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS:
50 REM X = FRAÇÃO MOLAR DO COMPONENTE MAIS VOLÁTIL
80 REM R = (L/D) = RAZÃO DE REFLUXO EXTERNA
90 REM VL = 1/(L/V); L/V = INCLINAÇÃO DA LINHA DE OPERAÇÃO
110 REM DL = INVERSO DO REFLUXO = 1/R
120 REM ALFA = VOLATILIDADE RELATIVA
130 REM Xw = COMPOSIÇÃO DO LIQUIDO NO VAPORIZADOR; FRAÇÃO MOLAR
140 REM Xd = FRAÇÃO MOLAR INSTANTÂNEA DO COMPONENTE NO DESTILADO
150 REM QUE ESTÁ DEIXANDO O CONDENSADOR NO TEMPO TETA
160 REM FI = PARAMETRO CORRESPONDENTE A 1/(Xd-Xw)
170 REM N = NUMERO DE PRATOS TEÓRICOS
194 INPUT " R,ALFA";R,ALFA
200 DEFINT I,J
210 DIM X(30,30),FI(30,30),AT(30,30),BIT(30,30)
212 LET I=0
214 FOR J = 0 TO 14
216 READ X(I,J)
218 NEXT J
230 LET VL = (R+1)/R
240 LET DL = 1/R
250 PRINT " *****"
260 PRINT " VOLATILIDADE RELATIVA="ALFA"- RAZÃO DE REFLUXO="R"
265 PRINT TAB(84)"*"
280 PRINT " Xd: ";
290 LET I = 0
310 FOR J = 0 TO 14
330 PRINT USING " ###";X(I,J);
350 IF J = 14 THEN PRINT " " ELSE 360
360 NEXT J
370 DATA .999,.997,.995,.993,.990,.985,.980,.975,.965,.960,.940,.920,
.900,.800
380 PRINT " PRATO N="
390 FOR I = 1 TO 12
400 PRINT USING " ## ";I;
410 FOR J = 0 TO 14
420 LET Xd = X(0,J)
430 LET X(I,J) = (X(I-1,J) + DL*Xd)/ALFA*VL-X(I-1,J)*(ALFA-1)-Xd*(ALFA-1)*DL)
440 LET AT = INT(X(I,J)*1000+0.5)/1000
450 PRINT USING ".### ";AT;
470 LET FI(I,J) = 1/(Xd - X(I,J))
480 NEXT J
485 PRINT " *"
486 PRINT " - ";
490 FOR J = 0 TO 14
500 LET BIT = INT(FI(I,J)*10+0.5)/10
510 PRINT USING "###.#";BIT;
530 NEXT J
540 PRINT " "
550 NEXT I
560 PRINT " "
570 PRINT " "
590 END
```



```

2000' 31 27E9 LXI SP,27E9H ;Carrega ponteiro de pilha
2003' 0B 00 IN I002 ;Zera FF do conversor A/D
2005' 3E C3 MVI A,0C3H ;Carrega reg. A com comando Jump
2007' 32 2085 STA 2085H ;Altera ponto de salto do programa
200A' 3E 00 MVI A,00H ;Carrega A com palavra de controle da interface
200C' 03 00 OUT 00H ;Programacao da PPI
200E' 3E C0 MVI A,0C0H ;Carrega A com palavra de controle da interface
2010' 03 C3 OUT 0C3H ;Programa da PPI-B
2012' 3E 01 MVI A,01 ;Coloca a saida da PPI-B
2014' 03 C2 OUT 0C2H ;em Tri-State
2016' 0D 01D7 CALL LIMPA ;Limpa o display
2019' 3E 25 MVI A,025H ;Carrega A com a letra 't'
201B' 21 245D LXI H,245DH ;Guarda caracter na memoria
201E' 77 MOV M,A ;
201F' 23 INX H ;
2020' 3E 0A MVI A,0AH ;Carrega A com a letra 'a'
2022' 77 MOV M,A ;Guarda caracter na memoria
2023' 2B DCX H ;Pega endereco inicial da mensagem
2024' 06 00 MVI B,NOPT ;Sem ponto no campo de enderecos
2026' 0D 0366 CALL 0366H ;Manda mensagem para o display
2029' 0D 2339' CALL TECLADO ;
202C' EB XCHG ;
202D' 22 2451 SHLD 2451H ;Guarda valor da temperatura ambiente
2030' 21 241A LXI H,241AH ;Endereco da mensagem "vapor="
2033' 06 00 MVI B,NOPT ;Sem ponto no campo de dados
2035' 0D 0366 CALL 0366H ;Escreve mensagem
2038' 06 00 MVI B,00 ;/no campo
203A' 0D 0372 CALL 0372H ;/de enderecos
203D' 0D 2339' CALL TECLADO ;Le vapor do teclado
2040' EB XCHG ;
2041' 22 2459 SHLD VLRD ;Armazena valor desejado para o vapor
2044' 06 0D MVI A,0DH ;/na memoria
2046' 32 245F STA 245FH ;Carrega reg. A com letra 'd'
2049' 21 2088' LXI H,SAIL00H ;Guarda caracter na memoria
204C' 22 2187 SHLD 2187H ;
204F' 3E 00 MVI A,00 ;
2051' 30 30H ;Ativa mascara de interrupcao
2052' 01 0008 LXI B,FAT00 ;Fator C/bit para B0
2055' AF XRA A ;Carrega reg. A com canal Zero
2056' CD 2349' CALL CANAL ;Chama conversor A/D
2059' 2A 244A LHLD GERAL ;Pega valor convertido da memoria

```

```

205C' 22 244B SHLD DT0 ;Guarda diferenca DT0
205F' 3E 01 MVI A,01 ;Carrega reg. A com canal Um
2061' 01 000D B,FATB1 ;Fator C/bit para B1
2063' CD 2349 CANAL ;Chama conversao A/D
2067' 2A 244A LHL0 GERAL
206A' 22 244D SHLD DT1 ;Guarda diferenca DT1
206D' 3E 02 MVI A,02 ;Carrega reg. A com canal Dois
206F' 01 000A B,FATB2 ;Fator C/bit para B2
2072' CD 2349 CANAL ;Chama conversao A/D
2075' 2A 244A LHL0 GERAL
2078' 22 244F SHLD DT2 ;Guarda diferenca DT2
207B' CD 239E' MGSVAP ;Envia mensagem "vapor" ao display
207E' CD 2261' CALL CALCVAP ;calcula o valor do vapor
2081' EB XCHG ;Mostra valor do vapor no display
2082' CD 2505' CALL MGSNUMV ;Volta ao inicio da rotina - Esta
2085' C3 2044' JMP VOLTA ;/pode ser substituida por RET

2088' SAIL00P:
2089' MVI B,04 ;Inicializa contador
208A' DECR ;
208B' PUSH B ;Salva valor do contador no Stack
208C' LXI H,2420H ;Carrega H com end. da mensag. "inicio"
208E' 06 00 MVI B,00 ;
2090' XRA A ;
2091' CD 02E7 CALL SAIDA ;Envia mensagem ao display
2094' 06 00 MVI B,00 ;
2096' 3E 01 MVI A,01 ;
2098' CD 02E7 CALL SAIDA ;Envia mensagem ao display
2099' CD 2193' TEC ;Chama rotina de verificacao
;do teclado

209E' 06 00 MVI B,00 ;
20A0' CD 01D7 CALL LIMPA ;Carrega contador
20A3' 11 40FF LXI D,40FFH ;Chama rotina de atraso
20A6' CD 01F1 CALL 01F1H ;Restaura reg. B
20A9' C1 POP B ;
20AA' 05 DCR B ;Decrementa contador
20AB' C2 208A' JNZ DEC ;
20AE' 3E FF MVI A,0FFH ;
20B0' 03 0B OUT B0 ;Aciona controlador B0
20B2' 3E C9 MVI A,0C9H ;
20B4' 32 2085 STA 2085H ;Altera endereco de retorno
20B7' SOBE: ;
20B8' CD 236A' CALL RI ;Bo esta ajustado?
20BA' D2 2000' JNC SETP ;sim - verifique o desvio

```

```

20BD' 3E 02          A 02
20BF' 01 0004     LXI  B,FATB2
20C2' CD 2349'   CALL CANAL
20C5' 3A 2444     LDA  CONV
20C8' D3 0A      OUT  00H
20CA' CD 2044'   CALL VOLTA
20CD' C3 20B7'   JMP  SOBEE
20D0'          SETP:
20D0' AF         XRA  A
20D1' 01 0008     LXI  B,FATB0
20D4' 32 2407     STA  2407H
20D7' CD 2349'   CALL CANAL
20DA' 2A 244A     LDA  GEARL
20DD' 23 2448     SHLD D10
20E0' CD 207B'   CALL LOOP
20E3' 2A 2457     LHL  VLRC
20E6' CD 2384'   CALL RI4
20E9' DA 20D0'   UC   SETP
20EC' 3A 2444     LDA  CONV
20EF' D3 08      OUT  B0
20F1' C3 238E'   CALL MENSAG
20F4' 3E 02      RVI  A,02H
20F6' 32 2407     STA  2407H
20F9' 01 0004     LXI  B,FATB2
20FC' CD 2349'   CALL CANAL
20FF' 3A 2444     LDA  CONV
2102' D3 0A      OUT  B2
2105' C3 238E'   CALL MENSAG
2107' CD 207B'   CALL VOLTA
210A' CD 0974'   CALL LIMPA
210D' 21 2426     LXI  H,2426H
2110' 06 00      RVI  B,NDPT
2113' CD 0366     CALL 0366H
2116' 21 242A     LXI  H,242AH
2119' 7E         MOV  A,H
211C' CD 0972'   CALL 0972H
211F' C3 2193'   CALL TEC
2120' 00         NOP
2121' 00         NOP
2122' 00         NOP
2123' 00         NOP
2124' 3A 2453     LDA  REF1
2127' D3 09      OUT  B1
;nao - Continua aquecimento
;Fator C/bit para B2
;Chama conversao A/D
;Pega resultado da conversao
;Ajusta controlador B2
;Carrega reg. A com canal Zero
;Fator C/bit para B0
;Chama conversao A/D
;transfere valor convertido para
;outro lugar da memoria
;Chama rotina para mostrar valor
;/do vapor no display
;Coloca valor calculado em H&L
;Atingiu o valor desejado?
;Nao - continua monitorando B0
;Sim - pega o valor de delta To
;Ajusta controlador B0
;Escreve mensagem "Po ajustado"
;Guarda caracter a ser enviado ao
;/display
;Fator C/bit para B2
;Chama conversao A/D
;Pega valor convertido na memoria
;Ajusta controlador B2
;Escreve mensagem "P2 ajustado"
;Limpa o display
;Endereço da mensagem para refluxo
;Sem ponto no campo de dados
;Atualiza display
;Chama rotina de atraso
;Pega valor do refluxo na memoria
;Seta controlador B1

```

```

2129' XRA A
2130' LXI B,FATB0
2131' STA 2497H
2132' CALL CANAL
2133' LDA CONU
2134' OUT B0
2135' MVI A,01
2136' LXI B,FATB1
2137' CALL CANAL
2138' CALL GERAL
2139' XCHG
2140' MLD
2141' CALL KAPEN
2142' TESTA
2143' JC A,07H
2144' SVA
2145' LXI B,FATB1
2146' CALL RENSAG
2147' REF:
2148' XRA A
2149' LXI B,FATB0
2150' CALL CANAL
2151' CALL V01
2152' JMP REF
2153' NOP
2154' NOP
2155' NOP
2156' NOP
2157' NOP

2168' INIC:
2169' MVI E,00
2170' OUT 0C0H

2171' MVI A,00
2172' OUT 0C2H
2173' OUT 1002
2174' INR A
2175' OUT 0C2H
2176' INIC01:
2177' XRA A
2178' ORA E
2179' JNZ SAI
2180' EI
2181' JMP INIC01
2182' SAI:
2183' MOV A,D

```

```

;Carrega reg. A com canal Zero
;Fator C/bit para B0
;Chama conversao A/D
;Pega valor convertido
;Ajuda controlador B0
;Fator c/bit para B1
;Chama conversao A/D
;Pega valor de delta T1 desejado
;O refluxo esta ajustado?
;Nao - volta para continuar ajuste
;Fator C/bit para B1
;Escreve mensagem 'P1 ajustado'
;Fator C/bit para B0
;Chama conversao A/D
;Rotina para conversao A/D
;Zera registro E
;Sinaliza para conversor A/D qual porta
;/sera utilizada
;Inicio da conversao
;Registro E e igual a Zero?
;Nao - sai do loop e guarda valor convertido
;Sim - ativa interrupcao e espera
;/fim da conversao
;Guarda valor em A

```

```

217F' C9
2180' 3E 03
2181' D3 C2
2182' D8 00
2183' 3E 01
2184' D3 C2
2185' D8 C0
2186' 57
2187' 1C
2188' F3
2189' 32 2444
2190' C9

2191' RET
2192'

2193' TEC:
2194' MUI A.00
2195' STA BUFFER
2196' MUI A.00
2197' 30H
2198' EI
2199' MUI B.01
219A' TEC01: D.0E9FFH
219B' LXI
219C' 11 E0FF
219D' 1B
219E' 3A 27FE
219F'

21A0' FE 00
21A1' C2 21B7'
21A2' 7A
21A3' 03
21A4' C2 21A1'
21A5' 03
21A6' 3E 00
21A7' 80
21A8' C2 219E'
21A9' C9
21AA'

21AB' EI
21AC' 21 208B'
21AD' E9
21AE'

21AF' 21 2447
21B0' H,2447H
21B1'

21B2' HEXDEC:
21B3' LXI
21B4' H,2447H
21B5'

21B6'
21B7'
21B8'
21B9'
21BA'
21BB'
21BC'
21BD'
21BE'
21BF'
21C0'
21C1'
21C2'
21C3'
21C4'
21C5'
21C6'
21C7'
21C8'
21C9'
21CA'
21CB'
21CC'
21CD'
21CE'
21CF'
21D0'
21D1'
21D2'
21D3'
21D4'
21D5'
21D6'
21D7'
21D8'
21D9'
21DA'
21DB'
21DC'
21DD'
21DE'
21DF'
21E0'
21E1'
21E2'
21E3'
21E4'
21E5'
21E6'
21E7'
21E8'
21E9'
21EA'
21EB'
21EC'
21ED'
21EE'
21EF'
21F0'
21F1'
21F2'
21F3'
21F4'
21F5'
21F6'
21F7'
21F8'
21F9'
21FA'
21FB'
21FC'
21FD'
21FE'
21FF'

```

```

;Retorna a rotina principal
;Tira o conversor do estado
;/Tri-state
;Transfere valor convertido

;Le valor
;Guarda valor em D
;Seta registro E
;Desativa interrupcao
;Guarda valor na memoria
;Retorna

;Rotina de atraso para o teclado
;Ajuda buffer do teclado
;/para vazios
;Ativacao da mascara de
;/interrupcoes

;Carrega contador 1
;Carrega contador 2

;Decrementa contador 2
;Carrega o registro A com valor
;/do buffer
;Alguem tecla acionada?
;Sis- salta espera
;Nao- continua esperando
;Contador 2 e' igual a zero?
;Nao- continua a contagem
;Sis- decrementa contador 1
;Contador 1 e' igual a zero?
;Nao- continua contagem
;Sis- retorna ao programa principal

;Carrega H&L com endereco de retorno
;Retorna ao endereco indicado
;Rotina de transformacao HEXA para DEC
;Entrada em D&E
;Carrega H&L com endereco onde os 4

```

21BF'	0E 04	MVI	C,04	;/digitos serao armazenados
21C1'		HD00:		;/Contador de digitos
21C1'	36 00	MVI	M,00	;/Zera as 4 localizacoes da memoria
21C3'	23	INX	H	
21C4'	0D	DCR	C	;/Decrementa contador de digitos
21C5'	C2 21C1'	JNZ	HD00	;/Todos os digitos foram zerados?
21C8'	26	DCX	H	;/Nao continua
21C9'	01 19FC	LXI	B,19FCH	;/Sim- pega endereco do milhar
21CC'	CD 21E6'	CALL	DIGITO	;/Carrega B com -1000
21CF'	01 90FF	LXI	B,90FFH	;/Adiciona -1000 ao conteudo de D&E ate
21D2'	CD 21E6'	CALL	DIGITO	;/Carrega B com -100 e o processo
21D5'	01 51FF	LXI	B,0F4FFH	;/de sdico, repetido
21D8'	CD 21E6'	CALL	DIGITO	;/Adiciona -10 e repete-se o processo
21D9'	79	MOV	M,E	;/ate, ocorrer vai um
21DC'	77	MOV	M,E	;/Pega o numero de unidades
21DD'	21 2448	LXI	H,2448H	;/Pega endereco da dezena
21E0'	CD 21FE'	CALL	AJUSTE	;/Coloca dezena e unidade em um unico
21E3'	C3 2207'	JMP	HD01	;/Bste
21E6'		DIGITO:		
21E6'	E5	PUSH	H	;/Salva endereco do digito
21E7'	EB	XCHG		;/Poe numero sendo transformado
21EB'	09	DAD	B	;/Ea H&L
21E9'	D2 21F2'	JNC	ADDIT	;/Adiciona o complemento de 2 do numero
21EC'	EB	XCHG		;/teste. Dcorre vai um?
21ED'	E1	POP	H	;/Nao- restaura numero verdadeiro
21EE'	34	INR	H	;/Restaura corretamente H&L e D&E
21EF'	C3 21E6'	JMP	DIGITO	;/Restaura H&L
21F2'		ADDIT:		;/Adiciona 1 ao digito na memoria
21F2'	79	MOV	A,C	;/Continua conversao
21F3'	2F	CHA		;/Faz o complemento de 2 do
21F4'	5F	MOV	E,A	;/complemento de 2
21F5'	78	MOV	A,B	
21F6'	2F	CHA		
21F7'	57	MOV	D,A	
21F8'	13	INX	D	;/D&E contem agora o numero positivo
21F9'	19	DAD	D	;/Adicione-o ao numero teste
21FA'	EB	XCHG		
21FB'	E1	POP	H	
21FC'	2B	DCX	H	


```

21FD, C9
21FE,
21FF, 7E
21FF, 07
2200, 07
2201, 07
2202, 07
2203, 2B
2204, 96
2205, 77
2206, C9
2207,
2207, 21 2449
220A, CD 21FE
220D,
220E, 2B
220F, 2B
2210, 5E
2211, C9

RET
AJUSTE:
MOV A,M
RLC
RLC
RLC
RLC
DCX H
ADD M
MOV M,A
RET
H081:
LXI H,2449H
CALL AJUSTE
MOV D,M
DCX H
DCX H
MOV E,M
RET

M1M1M:
PUSH B
MOV B,A
PUSH H
MOV A,D
ORA E
JZ M105
INX H
MOV A,H
ORA L
JZ M105
POP H
PUSH D
MVI A,0FFH
XRA D
MOV D,A
MVI A,0FFH
XRA E
MOV E,A
INX D
MOV A,L
ADD E
MOV A,H
ADC D

2212,
2213,
2214,
2215,
2216,
2217,
2218,
2219,
221A,
221B,
221C,
221D,
2220,
2221,
2222,
2224,
2225,
2226,
2228,
2229,
222A,
222B,
222C,
222D,
222E,

C5
47
E5
7A
83
CA 2233'
7C
B5
CA 2233'
E1
D5
3E FF
AA
57
3E FF
AB
5F
13
7D
83
7C
8A

;Retorna ao programa principal
;Coloca digito em A
;Desloca o digito
;para os 4 bits de
;maior ordem
;Pega outro digito
;Coloca os 2 digitos no mesmo byte
;Guarda o byte na memoria

;Pega endereco do milhar
;Coloca o milhar junto com a centena
;Guarda milhar e centena em D
;Guarda dez. e unid. em E

;Rotina de comparacao HL : DE
;CY=0 se HL < DE
; 1 se HL > DE

;Salva B&C
;Salva A no registro B
;Checagem para D&E=0000

;Procura testar o resultado depois
;de incrementar
;Se satisffeito, H&L deve conter 0FFFFH
;Se nao, restaura H&L original
;Salva D&E
;FAZ o complemento de 2 dos conteudos

;Adiciona H&L e D&E
;Esta operacao seta o CY apropriadamente

```

```

222F' D1 POP D
2230' 78 MOV A,B
2231' C1 POP B
2232' C9 RET
2233' MAI05:
2233' E1 POP H
2234' 78 MOV A,B
2235' C1 POP B
2236' C3 02FA JMP 02FAH

2239' PTDEC:
2239' 06 00 B,NOPT
2239' CD 0343 CALL 0343H
2239' 21 27FA LXI H,27FAH
2241' 7E 0384 MOV A,M
2242' 21 0384 LXI H,0324H
2245' 85 ADD L
2246' 4F MOV L,A
2247' 7E 08 MOV A,M
2248' F6 ORI 08
224A' 2F CMA
224B' 32 3001 STA 3001H
224E' 21 245F LXI H,245FH
2251' 36 00 MVI M,00H
2253' CD 2257' CALL MSG
2256' C9 RET

2257' MSG:
2257' 06 00 B,NOPT
2259' 21 245F LXI H,245FH
225C' 79 MOV A,01
225D' CD 02E7 CALL SAIDA
2260' C9 RET

2261' CALCVAR:
2261' 11 07A4 LXI D,07A4H
2264' 01 0025 LXI B,0025H
2267' CD 2304' CALL DIVIDE
226A' 01 0001 LXI B,0001H
226D' CD 22DE' CALL MULTIPL
2270' 53 MOV D,E
2271' 5C GUARDA RESULTADO
2272' 21 2440 LXI H,DT

```

```

;Restaura o conteúdo original em D&E
;Restaura o conteúdo original em A
;Restaura o conteúdo original em B&C
;Retorna ao programa principal

;Se H&L contém FFFFH, então CY será 1
;Restaura o conteúdo original dos
;/registros
;Seta o CY e retorna

;Rotina para ponto decimal no display

;Sem ponto no campo de endereços
;Formata para o display
;Pega endereço da unidade
;Guarda dígito em A
;Endereço da tabela do display
;Usa caractere de saída como
;/ponteiro para o display
;Pega formato do caractere
;Seta o ponto decimal

;Envia caractere para o display

;Retorna ao programa principal

;Sem ponto no campo de dados

;Rotina para cálculo da taxa de
;/vapor
;Carrega H&L com calor latente
;Carrega valor da vazão de água
;Calcula divisão
;/se convertido Cal-Jou
;/se necessário
;Guarda resultado
;/em D&E
;/pesa diferença de temperatura

```

2275	4E	MOV	C,M			
2276	23	INX	B,M			
2277	46	MOV	B,M			
2278	CD 22DE	CALL	MULTIPL			
2279	6C	MOV	L,H			
227C	43	MOV	H,E			
227D	22 2457	SHLD	VLRC			;Guarda valor calculado
2280	EB	XCHG	D			
2281	D5	PUSH	FRAC			;Calcula o valor da fracao
2282	CD 2299	CALL	HEXDEC			;Transforma em decimal
2285	CD 21BC	CALL	D			;Salva fracao
2288	EB	XCHG	E,D			
2289	D1	POP	D,00			;Zera registro D
228A	F5	PUSH	HEXDEC			;Transforma em decimal
228B	5A	MOV	H			
228C	16 00	MVI	D,00			
228E	CD 21BC	CALL	D			
2291	E1	POP	H			
2292	29	DAD	H			
2293	59	DAD	H			
2294	29	DAD	H			
2295	29	DAD	H			
2296	6C	MOV	L,H			
2297	63	MOV	H,E			
2298	C9	RET				;Retorna ao programa principal
2299		FRAC:				
2299	21 2463	LXI	H,2463H			;Calcula a fracao de um numero
229C	06 00	MVI	H,00			;Pega endereco da fracao
229E	23	INX	H			;Zera o endereco
229F	30 00	MVI	A,00			
22A1	AF	XRA	A			;Poe valor a ser convertido em A
22A2	7B	MOV	A,E			
22A3	21 2464	LXI	H,2464H			;Carrega contador com numero de bits
22A6	11 2460	LXI	D,2460H			;D bit e igual a 1;
22A7	06 07	MVI	B,07H			;Sim- continua deslocando
22AB	17	RAL				;Nao- nao desloca
22AC	D2 25C0	JNC	PROX			
22AF	F5	PUSH	PSW			
22B0	7E	MOV	A,M			
22B1	EB	XCHG	M,A			
22B2	77	MOV	M,A			
22B3	23	INX	H			
22B4	13	INX	D			
22B5	EB	XCHG	M,A			
22B6	7E	MOV	A,M			

```

22B7' EB XCHG
22B8' 77 MOV M,A
22B9' 2B DCX H
22BA' 13 INX D
22BB' EB XCHG
22BC' F1 POP PSW
22BD' C3 22C2' JPP FRAC00
22C0' 23 PROX:
22C1' 23 INX H
22C2' 23 INX H
22C3' 17 FRAC00:
22C4' D2 22D3' RAL
22C5' F5 JNC SBIT
22C6' AF YUSH PSW
22C7' 7E XRA A
22C8' 84 MOV A,M
22C9' 77 XCHG
22CA' 86 ADD H
22CB' 23 MOV M,A
22CC' AF INX H
22CD' BE XRA A
22CE' 77 ADC M
22CF' 2B MOV M,A
22D0' F1 DCX H
22D1' EB POP PSW
22D2' 05 XCHG
22D3' C3 22C0' SBIT:
22D4' 7E DCR B
22D5' 2B JNZ PROX
22D6' 7E XCHG
22D7' 5F MOV A,M
22D8' 23 MOV E,A
22D9' 7E INX H
22DA' 23 MOV A,M
22DB' 57 MOV D,A
22DC' C9 RET
22DD' 22DE' MULTIPL:
22DE' 3E 10 MVI A,10H
22E0' 21 0000 LXI H,0000H
22E1' E5 PUSH H
22E2' 7E PROBIT:
22E3' EB XCHG

```

;Zera registro A

```

;Todos os bits foram testados?
;Nao- continua o processo
;Sim-

```

```

;Retorna ao programa principal
;
;Rotina de multiplicacao
;A entrada de dados e' efetuada em D&E e
;B&C. O resultado sai em D&E e H&L
;Carrega A com o numero de bits no
;multiplicador
;Ajusta H&L e a ultima entrada do SP
;para 0000H
;Poe multiplicador em H&L

```

```

22E5' 29          DAD          H
22E6' EB          XCHG         DAD
22E7' D2 22F1'   JNC          MOADI
22E8' 09          DAD          B
22EA' D2 22F1'   JNC          MOADI
22EB' 23          XTHL         H
22EE' E3          INX          H
22EF' 23          XTHL         H
22F0' E3          MOADI:
22F1' 3D          DCR          A
22F2' C2 22F7'   JNZ          MOFIM
22F3' D1          POP          D
22F4' C9          RET
22F5' C9          MOFIM:
22F6' 29          DAD          H
22F7' 29          XTHL         H
22F8' E3          PUSH         PSW
22F9' F5          DAD          H
22FA' 29          POP          PSW
22FB' F1          JNC          MOCKSB
22FC' D2 2300'   INX          H
22FF' 23          MOCKSB:
2300' E3          XTHL         H
2301' C3 22E4'   JMP          PROBIT
2304'           DIVIDE:
2304' 21 2452    LXI          H,2452H
2307' 71          MOV          K,C
2308' 23          INX          H
2309' 70          MOV          H,B
230A' 23          INX          H
230B' 36 11      MVI          M,11H
230D' 01 0000    LXI          H,0000H
2310'           DIV00:
2310' 21 2443    LXI          H,CONTA
2313' 78          MOV          A,E

```

```

;Roda MSB para o CY
;Volta multiplicador para D&E
;Se CY=0, nao adiciona
;Se 1, faz B&C + H&L
;Byte mais significativo(MSBY) do
;/Resultado armazenado em SP?
;Sim- troca H&L e a entrada do SP
;Incrementa o 16 bit MSBY de 1

;Decrementa a contagem dos bits
;/Conteudo diferente de zero, entao testa
;/outro bit do multiplicador
;/POP o MSBY de 16 bit da pilha
;/Retorna com o resultado em D&E e H&L

;Gira o LSBY do resultado para esquerda
;Pega MSBY em H&L
;/Salva MSBY e CY na pilha
;/Gira MSBY para esquerda
;Pega contador e CY da pilha
;/Havia um CY no LSBY?
;/Nao- entao nao adiciona 1 ao MSBY
;/Incrementa o MSBY de 1

;Poe o MSBY de volta no SP e testa
;/outro bit do multiplicador
;/Rotina de divisso. As entradas sao:
; D&E - dividendo
; B&C - divisor
; Saída em D&E
;/Carrega H&L com endereço da memoria para
;/o Reg. de end. simbolico temporario
;/Salva o LSBY do divisor na memoria
;/Incrementa o endereço da memoria
;/Salva o MSBY do divisor na memoria
;/Incrementa o endereço da memoria
;/Salva o contador de bits do divi-
;/sor na memoria
;/Carrega B&C com Zero. Sera usado para
;/armazenar o dividendo parcial

;/Carrega H&L com o end. da memoria onde
;/o contador de bits esta armazenado
;/Poe o LSBY do dividendo em A

```

2314'	17	RAL			!Gira o MSB dentro do CY
2315'	5F	MOV	E,A		!Salva o LSBY do dividendo novamente em E
2316'	7A	MOV	A,D		!Entao pega o MSBY do dividendo
2317'	17	RAL			!Gira o MSB dentro do CY
2318'	57	MOV	D,A		!Salva o MSBY do dividendo novamente em E
2319'	35	DCR	M		!Decrementa o contador de bits na memoria
					!O contador e' Zero?
231A'	C3	RZ			!Sim- retorna
231B'	79	MOV	A,C		!Nao- gira o MSB do dividendo dentro do
231C'	17	RAL			!dividendo parcial
231D'	4F	MOV	C,A		!armazenado nos registros B&C
231E'	7B	MOV	A,B		
231F'	17	RAL			
2320'	26	DCX	H	B,A	
2321'	28	DCX	H		!Decrementa o endereco de memoria de modo
2322'	25	DCX	H		!que H&L aponta para o divisor na mem.
2323'	77	MOV	A,C		!pega o LSBY do dividendo parcial
2324'	4F	SUB	M,C		!Subtrai o LSBY do divisor
2325'	4F	MOV	C,A		!Salva o resultado novamente em C
2326'	23	INX	H		!Incrementa o endereco
2327'	7B	MOV	A,B		!pega o MSBY do dividendo parcial
2328'	9E	SBB	M		!Subtrai com "vai um" o divisor
					!na memoria
2329'	47	MOV	B,A		!Salva o resultado novamente em B
232A'	D2 2335'	JRC	NOAO		!Se CY=0, nao soma o divisor ao
					!resultado da subtracao previa
232D'	2B	DCX	H		!O divisor e' maior que o dividendo
232E'	79	MOV	A,C		!parcial entao o divisor precisa ser
232F'	86	ADD	M		!adicionado ao resultado da subtracao
2330'	4F	MOV	C,A		!de modo que o valor previo do divi-
2331'	23	INX	H		!dendo parcial e' restabelecido
2332'	7B	MOV	A,B		
2333'	8E	ADC	H		
2334'	47	MOV	B,A		
2335'		NOAO:			
2336'	3F 2310'	CHC			!Complementa o CY
		JHP	DIV00		!Entao testa outro bit no divisor
2339'	3E 0A	TECLADO:			
		HVI	A,0AH		!Carrega mascara para interrupcao
					!do teclado
233B'	30	CALL	02E7H		!Chama rotina do monitor
233C'	CD 02E7	LXI	H,BUFFER		!Endereco do buffer do teclado
233F'	21 27FE	MOV	H,A		
2342'	77	HVI	B,00		
2343'	06 00				

```

2345'  C0 022B      ;Chama rotina do monitor
2348'  C9          ;Retorna ao programa principal
;
2349'  LXI H,2406H  ;Carrega H&L com end. do ponto
234C'  77 MOV M,A   ;Guarda ponto na memoria
234D'  C0 2168'   CALL INIC
2350'  C0 235A'   CALL CONVERS
2353'  EB XCHG
2354'  C0 2239'   CALL PTOEC
2357'  C3 2193'   JMP TEC
235A'  CONVERS:
235B'  5F MOV E,A
235C'  16 00 MVI D,00
235D'  01 0000 LXI B,0000H
;
2360'  C0 220E'   CALL MULTIPL
2363'  22 244A'   SHLD GERAL
2366'  C0 2299'   CALL FRAC
2369'  C9 RET
;
236A'  R1:
236B'  AF XRA
236C'  01 0008 LXI B,FATB0
236E'  C0 2168'   CALL INIC
2371'  C0 235A'   CALL CONVERS
2374'  2A 244A'   LHL GERAL
2377'  22 2448'   SHLD DT0
237A'  C0 2261'   CALL CALCVAP
237D'  2A 2445'   LHL DESV
2380'  EB XCHG
2381'  2A 2457'   LHL VLRC
2384'  AF XRA
2385'  19 DAD D
2386'  R1A:
2386'  EB XCHG
2387'  2A 2459'   LHL VLRO
238A'  C0 2212'   CALL MATHEN
238D'  C9 RET
;
238E'  HENSAG:
2390'  C0 0107      ;Rotina para escrever mensagem rolando
2391'  21 2400      ;da direita para a esquerda
2394'  11 2405      ;Limpa o display
2397'  HENR0:        ;Endereco inicial da mensagem
                ;Endereco inicial da mensagem+4bits

```

```

MACRO-80 3.37 08-Jul-80 PAGE 1-14
2397' 3E 00 MVI A,00 ;Usa campo de enderecos
2399' 04 00 MVI B,00 ;Usa campo de dados
2398' E5 PUSH H
239C' D5 PUSH D
239D' CD 01B7 CALL 01B7H ;Rotina do monitor
23A0' D1 POP D
23A1' E1 POP H
23A2' EB POP H
23A3' E5 XCHG
23A4' D5 PUSH H
23A5' 2E 01 PUSH D
23A7' 06 00 MVI A,01 ;Usa campo de dados
23AC' 11 00FF CALL 01B7H ;Sem ponto no campo de dados
23AF' D1 01F1 LXI D,0A0FFH ;Rotina do monitor
23B2' E1 CALL 01F1H ;Carrega contador com valor de atraso
23B3' E1 POP D
23B4' 53 POP H
23B5' E5 INX H ;Incrementa o endereco
23B6' 7D INX H
23B7' FE 11 MOV A,L
23B8' C5 2397' CPI 11H
23BA' C9 JNZ MEN00 ;Retorna ao programa principal
23BD' C7 RET
;
MOSVAP:
23BE' CD 01D7 CALL LIMPA
23BF' AF XRA A ;Limpa o display
23C0' 06 00 MVI B,NOPT ;Sem ponto no campo de enderecos
23C1' 21 241A LXI H,241AH
23C2' CD 02B7 CALL 02B7H
23C3' 06 00 MVI B,00
23C4' 3E 01 MVI A,01
23C5' CD 02B7 CALL 02B7H ;Retorna ao programa principal
23C6' C7 RET
;
MOSNUMV:
23D5' D5 PUSH D
23D6' CD 01D7 CALL LIMPA
23D7' D1 POP D
23DA' CD 2399' CALL PTDEC
23DB' CD 01DE CALL 01DEH
23DE' C7 RET
END
;Retorna ao programa principal

```


APENDICE E
LISTAGEM DO PROGRAMA MONITOR

```

1:
2:
3:
4:
5:
6:
7:
8:
9:
10:
11:
12:
13:
14:
15:
16:
17:
18:
19:
20:
21:
22:
23:
24:
25:
26:
27:
28:
29:
30:
31:
32:
33:
34:
35:
36:
37:
38:
39:
40:
41:
42:
43:
44:
45:
46:
47:
48:
49:
50:
51:
52:
53:
54:
55:
56:
57:
58:
59:
60:

```

PROGRAMA : MONITOR MCL-85
 COPIA 1985
 CARLOS R. LACERDA
 TESE DE MESTRADO

RESUMO:
 =====

ESSE PROGRAMA E UM PEQUENO SISTEMA MONITOR PARA O SISTEMA MCL-85 E
 PROVE UM NIVEL MINIMO DE FUNCOES UTEIS PARA A INTERACAO TECLADO/
 DISPLAY E GRAVACAO/LEITURA EM CASSETE. ATRAVES DO TECLADO O MONI-
 TOR PERMITE AO USUARIO EXECUTAR FUNCOES COMO MANIPULACAO DE MEMO-
 RIA E REGISTROS, CARREGAMENTO DE PROGRAMAS, EXECUCAO DE PROGRAMAS,
 INTERRUPCAO DE UM PROGRAMA EM EXECUCAO E, REINICIAR (RESET) O SIS-
 TEMA.

ORGANIZACAO DO PROGRAMA

O PROGRAMA ESTA ORGANIZADO COMO SEGUI-

- 1) ROTINA DE PROGRAMACAO DA USART
- 2) INICIALIZACAO - ROTINA PARA SALVAR REGISTROS
- 3) VETORES DE INTERRUPCAO
- 4) MONITOR PARA O TECLADO
- 5) LAYOUT DO USO DA RAH

O MONITOR DO TECLADO COMECA COM UM RECONHECIMENTO DE COMANDO, SEGUIDO
 PELA SECAO DE ROTINA DO COMANDO, SECAO DE ROTINAS DE UTILIDADE E TA-
 BELAS DO MONITOR. AS ROTINAS DE COMANDO E UTILIDADE ESTAO EM ORDEM
 ALFABETICA DENTRO DE SUAS RESPECTIVAS SECOES

EM TODO O MONITOR DO TECLADO, UM CAMPO DE COMENTARIOS INICIA COM
 "ARG-" QUE INDICA UM ENUNCIADO O QUAL INSERE UM VALOR DENTRO DE UM RE-
 GISTRO COMO UM ARGUMENTO PARA UMA FUNCAO.

LISTA DE ROTINAS DO MONITOR DO TECLADO
 =====

```

?CHHND
?EXAM
?CHGO
?PPASS
?SUBST
?ATOD
?ATEVO
?ATRAZO
?DISPC
?ENINT
?ERRO

```



```

121: 0000 00      NOP
122: 0001 00      NOP
123: 0002 00      NOP
124: 0003 00      NOP
125: 0004 00      NOP
126: 0005 00      NOP
127: 0006 00      NOP
128: 0007 00      NOP
129: 0008      ORG
130: 0008 22EF27 SHLD
131: 0008 E1     POP
132:
133: 000C 22F227  SHLD
134: 000F F5     PUSH
135: 0010 E1     POP
136: 0011 22ED27 SHLD
137: 0014 210000 LXI
138: 0017 39     DAD
139: 0018 22F427 SHLD
140: 001B 21ED27 LXI
141: 001E F9     SPHL
142: 001F C5     PUSH
143: 0020 D5     PUSH
144: 0021 C33F00 JMP
145:
146:
147:
148: 0024      ;***** PONTO DE ENTRADA (RST 4.5)
149: 0024 C35701  ORG
150:
151: 0024      JMP
152:
153: 0028      ;***** PONTO DE ENTRADA (RST 5)
154: 0028 C3C227  ORG
155:
156:
157:
158: 002C      ;***** PONTO DE ENTRADA DA ENTRADA (RST 5.5)
159: 002C C38E02  ORG
160:
161:
162: 0030      ;***** PONTO DE ENTRADA PARA INTERRUPCAO (RST 6)
163: 0030 C3C527  ORG
164:
165:
166:
167:
168: 0034      ;***** PONTO DE ENTRADA DA INTERRUPCAO (RST 6.5)
169: 0034 C3C827  ORG
170:
171:
172:
173: 0038      ;***** PONTO DE ENTRADA PARA RST 7
174: 0038 C3CB27  ORG
175:
176:
177: 003C      ;***** PONTO DE ENTRADA DA "INTERRUPCAO VETORIZADA" (RST 7.5)
178: 003C C3CE27  ORG
179:
180:

```

```

;SALVA REGISTROS H2L
;PEGA O CONTADOR DO PROGRAMA DO USUARIO
;/DO TOPO DA FILHA
;/E SALVA-O

;SALVA F & E REGISTRADOR A
;LIMPA H2L
;PEGA STACK POINTER DO USUARIO
;/E SALVA-O
;/SETA STACK POINTER PARA SALVAR OS RE-
;/GISTROS
;SALVA R5
;SALVA R6
;SALVA R7
;DEIXA ESPACO PARA VETORES DE INTERRUP
;/CAO

;***** PONTO DE ENTRADA (RST 4.5)
ORG 24H
JMP PPASS25 ;RETORNA PARA ROTINA PASSO A PASSO

;***** PONTO DE ENTRADA (RST 5)
ORG 28H
RSETS ;LOCALIZACAO LIVRE PARA RST 5 NA RAM

;***** PONTO DE ENTRADA DA ENTRADA (RST 5.5)
ORG 2CH
ENINT ;ESPACO LIVRE PARA ENTRADA DE ROTINA
;/DE INTERRUPCAO
;/DE INTERRUPCAO (RST 6)

ORG 30H
RSET6 ;ESPACO LIVRE PARA RST6 NA RAM

;***** PONTO DE ENTRADA DA INTERRUPCAO (RST 6.5)
ORG 34H
RST65 ;ESPACO LIVRE PARA RST 6.5 NA RAM

;***** PONTO DE ENTRADA PARA RST 7
ORG 38H
RSET7 ;ESPACO LIVRE PARA RST 7 NA RAM

;***** PONTO DE ENTRADA DA "INTERRUPCAO VETORIZADA" (RST 7.5)
ORG 3CH
USINT ;ESPACO LIVRE NA RAM PARA INTERRUP
;/CAO DO USUARIO

```

```

181: 003F 20      RESID: :CONTINUA SALVANDO STATUS DO USUARIO
182: DB          :PEGA STATUS DE INTERRUPTAO DO U-
183: 20H        :SUARIO E MASCARA DE INTERRUPTAO
184: ANI        :PEGA OS BITS DO STATUS & MASCARA
185: OFH        :SALVA MASCARA & STATUS DE INTERRUPTAO
186: ISAV       :INTERRUPTOES NAO MASCARADAS PARA USO
187: A.NOHASC   :/DO MONITOR
188: DB        :
189: 30H       :
190: DI        :
191:           :
192: DB        :
193: RIC       :
194: NOP       :
195: NOP       :
196: NOP       :
197: NOP       :
198:           :
199:           :
200:           :
201:           :
202:           :
203:           :
204:           :
205: 004E AF      :
206: XRA       :
207: B.NOPT    :
208: LXI       :
209: H.ENDSI   :
210: CALL     SAIDA
211:           :
212: 0057 3E01   :
213: MVI       :
214: B.NOPT    :
215: LXI       :
216: CALL     SAIDA
217:           :
218: 0061 3E80   :
219: MVI       :
220: STA      IBUFF
221:           :
222:           :
223:           :
224:           :
225:           :
226:           :
227:           :
228:           :
229:           :
230:           :
231: 0066 24E927 :
232: MVI       :
233: SPHL     :
234:           :
235: 006A 240030 :
236: LXI     H-3000H
237: MVI     H-0FBH
238: NOP     :
239: NOP     :
240: NOP     :
241: CALL   RDKBD
242: LXI   B.NUHC
243:           :
244: 0073 C0E702 :
245: CALL   RDKBD
246: LXI   B.NUHC
247:           :
248: 0075 010400 :
249:           :
250:           :

```

```

241: 0078 217803          LXI      H,TBCHO      ;PEGA ENDEREÇO DA TABELA DE COMANDOS
242: 0078 8E              CHP      M              ;RECONHECE O COMANDO?
243: 007C C88700          JZ       CH015         ;SIM - VA E EXECUTE-O
244: 007F 23              INX     H              ;NAO - PROXIMO COMANDO DA TABELA
245: 0080 00              DCR     C              ;FIM DA TABELA?
246: 0081 C27800          JNZ     CH010         ;NAO - VA CHECAR PROXIMA ENTRADA
247: 0084 C31502          JMP     ERRO          ;SIM - COMANDO DESCONHECIDO
248: 0084 C31502          JMP     ERRO          ;ENVIAR MENSAGEM DE ERRO PARA O DISPLAY
249: 0084 C31502          JMP     ERRO          ;E PEGA OUTRO COMANDO
250: 0087 217C03          LXI      H,ENDCHO     ;PEGA ENDEREÇO DA TABELA DE COMANDOS
251: 008A 00              DCR     C              ;DE ENDEREÇOS
252: 008A 00              DCR     C              ;AJUSTA CONTADOR DE COMANDO, O CONTADOR
253: 008B 09              DAD     B              ;AGE COMO PONTEIRO PARA A TABELA DE
254: 008C 09              DAD     B              ;ENDEREÇO DE COMANDO
255: 008D 09              DAD     B              ;ADICIONA O PONTEIRO A TABELA DE ENDE-
256: 008E 23              MOV     A,M           ;RECORRE 2 VEZES PORQUE A TABELA TEM 2
257: 008F 66              INX     H              ;BYTES DE ENTRADA
258: 0090 6F              MOV     L,A           ;PEGA BYTE DE MENOR ORDEM DO ENDEREÇO
259: 0091 E9              PCHL                    ;DE COMANDOS
260: 0092 0601          MOV     B,PT         ;PEGA BYTE DE MAIOR ORDEM DO ENDEREÇO
261: 0094 C00701          CALL    LIMPA        ;DE COMANDOS EM H
262: 0097 C04403          CALL    FIXRG       ;POE BYTE DE MENOR ORDEM EM L
263: 009A 021502          JNC     ERRO        ;O ENDEREÇO DA ROTINA DO COMANDO ESTA AGORA EM H&L
264: 009C 000000          JMP     ERRO        ;SALTA PARA O ENDEREÇO EM H&L
265: 009E 000000          JMP     ERRO        ;*****
266: 009F 000000          JMP     ERRO        ;*****
267: 00A0 000000          JMP     ERRO        ;*****
268: 00A1 000000          JMP     ERRO        ;*****
269: 00A2 000000          JMP     ERRO        ;*****
270: 00A3 000000          JMP     ERRO        ;*****
271: 00A4 000000          JMP     ERRO        ;*****
272: 00A5 000000          JMP     ERRO        ;*****
273: 00A6 000000          JMP     ERRO        ;*****
274: 00A7 000000          JMP     ERRO        ;*****
275: 00A8 000000          JMP     ERRO        ;*****
276: 00A9 000000          JMP     ERRO        ;*****
277: 00AA 000000          JMP     ERRO        ;*****
278: 00AB 000000          JMP     ERRO        ;*****
279: 00AC 000000          JMP     ERRO        ;*****
280: 00AD 000000          JMP     ERRO        ;*****
281: 00AE 000000          JMP     ERRO        ;*****
282: 00AF 000000          JMP     ERRO        ;*****
283: 00B0 000000          JMP     ERRO        ;*****
284: 00B1 000000          JMP     ERRO        ;*****
285: 00B2 000000          JMP     ERRO        ;*****
286: 00B3 000000          JMP     ERRO        ;*****
287: 00B4 000000          JMP     ERRO        ;*****
288: 00B5 000000          JMP     ERRO        ;*****
289: 00B6 000000          JMP     ERRO        ;*****
290: 00B7 000000          JMP     ERRO        ;*****
291: 00B8 000000          JMP     ERRO        ;*****
292: 00B9 000000          JMP     ERRO        ;*****
293: 00BA 000000          JMP     ERRO        ;*****
294: 00BB 000000          JMP     ERRO        ;*****
295: 00BC 000000          JMP     ERRO        ;*****
296: 00BD 000000          JMP     ERRO        ;*****
297: 00BE 000000          JMP     ERRO        ;*****
298: 00BF 000000          JMP     ERRO        ;*****
299: 00C0 000000          JMP     ERRO        ;*****
300: 00C1 000000          JMP     ERRO        ;*****
301: 00C2 000000          JMP     ERRO        ;*****
302: 00C3 000000          JMP     ERRO        ;*****
303: 00C4 000000          JMP     ERRO        ;*****
304: 00C5 000000          JMP     ERRO        ;*****
305: 00C6 000000          JMP     ERRO        ;*****
306: 00C7 000000          JMP     ERRO        ;*****
307: 00C8 000000          JMP     ERRO        ;*****
308: 00C9 000000          JMP     ERRO        ;*****
309: 00CA 000000          JMP     ERRO        ;*****
310: 00CB 000000          JMP     ERRO        ;*****
311: 00CC 000000          JMP     ERRO        ;*****
312: 00CD 000000          JMP     ERRO        ;*****
313: 00CE 000000          JMP     ERRO        ;*****
314: 00CF 000000          JMP     ERRO        ;*****
315: 00D0 000000          JMP     ERRO        ;*****
316: 00D1 000000          JMP     ERRO        ;*****
317: 00D2 000000          JMP     ERRO        ;*****
318: 00D3 000000          JMP     ERRO        ;*****
319: 00D4 000000          JMP     ERRO        ;*****
320: 00D5 000000          JMP     ERRO        ;*****
321: 00D6 000000          JMP     ERRO        ;*****
322: 00D7 000000          JMP     ERRO        ;*****
323: 00D8 000000          JMP     ERRO        ;*****
324: 00D9 000000          JMP     ERRO        ;*****
325: 00DA 000000          JMP     ERRO        ;*****
326: 00DB 000000          JMP     ERRO        ;*****
327: 00DC 000000          JMP     ERRO        ;*****
328: 00DD 000000          JMP     ERRO        ;*****
329: 00DE 000000          JMP     ERRO        ;*****
330: 00DF 000000          JMP     ERRO        ;*****
331: 00E0 000000          JMP     ERRO        ;*****
332: 00E1 000000          JMP     ERRO        ;*****
333: 00E2 000000          JMP     ERRO        ;*****
334: 00E3 000000          JMP     ERRO        ;*****
335: 00E4 000000          JMP     ERRO        ;*****
336: 00E5 000000          JMP     ERRO        ;*****
337: 00E6 000000          JMP     ERRO        ;*****
338: 00E7 000000          JMP     ERRO        ;*****
339: 00E8 000000          JMP     ERRO        ;*****
340: 00E9 000000          JMP     ERRO        ;*****
341: 00EA 000000          JMP     ERRO        ;*****
342: 00EB 000000          JMP     ERRO        ;*****
343: 00EC 000000          JMP     ERRO        ;*****
344: 00ED 000000          JMP     ERRO        ;*****
345: 00EE 000000          JMP     ERRO        ;*****
346: 00EF 000000          JMP     ERRO        ;*****
347: 00F0 000000          JMP     ERRO        ;*****
348: 00F1 000000          JMP     ERRO        ;*****
349: 00F2 000000          JMP     ERRO        ;*****
350: 00F3 000000          JMP     ERRO        ;*****
351: 00F4 000000          JMP     ERRO        ;*****
352: 00F5 000000          JMP     ERRO        ;*****
353: 00F6 000000          JMP     ERRO        ;*****
354: 00F7 000000          JMP     ERRO        ;*****
355: 00F8 000000          JMP     ERRO        ;*****
356: 00F9 000000          JMP     ERRO        ;*****
357: 00FA 000000          JMP     ERRO        ;*****
358: 00FB 000000          JMP     ERRO        ;*****
359: 00FC 000000          JMP     ERRO        ;*****
360: 00FD 000000          JMP     ERRO        ;*****
361: 00FE 000000          JMP     ERRO        ;*****
362: 00FF 000000          JMP     ERRO        ;*****

```



```

361:
362:
363:
364:
365:
366:
367:
368:
369:
370:
371:
372:
373:
374:
375:
376:
377:
378:
379:
380:
381:
382:
383:
384:
385:
386:
387:
388:
389:
390:
391:
392:
393:
394:
395:
396:
397:
398:
399:
400:
401:
402:
403:
404:
405:
406:
407:
408:
409:
410:
411:
412:
413:
414:
415:
416:
417:
418:
419:
420:

*****
: FUNCAO: PPASS - PASSO A PASSO (EXECUTA UMA INSTRUCAO DO USUARIO)
: ENTRADA: NAO
: SAIDA: NAO
: CHAMADA: DISPC, ROKBD, LIMP, PEHEX, ERRO
: DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F,W,S
PPASS:
370: 00FD C00002 CALL DISPC
371: 0100 C0E702 CALL ROKBD
372: 0103 FE10 CPI PERIO
373: 0105 CAE901 JZ LINDIS
374: 0108 FE11 CPI VIRG
375: 010A CA2601 JZ PPASS20
376: 0100 32FE27 :NAO- O CARACTER DO TECLADO NAO ERA NEM UM PERIODO NEM UMA VIRGULA
377: 0100 32FE27 STA IBUFF
378: 0110 0401 MVI B,PT
379: 0112 C0D701 CALL LIMP
380: 0115 0400 MVI B,CMPEND
381: 0117 C02B02 CALL PEHEX
382:
383:
384:
385:
386: 011A D21502 JNC EF-0
387: 0110 EB 32F227 XCHG SHLD
388: 011E 32F227 CPI PERIO
389: 0121 FE10 JZ LINDIS
390:
391: 0123 CAE901
392:
393:
394: 0126 3AF127 LDA ISAV
395: 0129 E608 ANI 000EH
396: 012B 32FD27 STA TEMP
397: 012E 2AF227 PSAV LHL0
398: 0131 7E MOV A,M
399: 0132 FEF3 CPI (DI)
400: 0134 C2B601 JNZ PPASS21
401: 0137 AF XRA A
402:
403: 0139 C34201 JMP PPASS22
404:
405: 013B FEFB (EI)
406: 013D C24501 JNZ PPASS23
407: 0140 3E06 MVI A,000BH
408:
409:
410: 0142 32FD27 STA TEMP
411:
412:
413:
414: 0145 3E93 MVI A,00B3H
415: 0147 3B03 OUT 03H
416: 0149 3E8D MVI A,0080H
417: 014B 0302 OUT 02H
418: 014E 00 NOP
419: 014F 39FF27 LDA LDA
420: 0152 00 NOP

```

```

: MOSTRA O CONTADOR DE PROG.DO USUARIO
: LEITURA DO TECLADO
: ERA O CARACTER UM PERIODO?
: SIN- LIMP O DISPLAY E TERMINA O COMANDO
: ERA O ULTIMO CARACTER UMA ','?
: SIN- SALVA MASCARA DE INTERRUPCOES
: NAO- RECOLOCA O COMANDO NO BUFFER DE
: ENTRADA
: ARG- PONTO NO CAMPO DE ENDEREÇOS
: LIMP O DISPLAY
: ARG- USA CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY
: PEGA DÍGITOS HEXA - FORAM TODOS OS
: DÍGITOS RECEBIDOS?
: NAO- ENVIA MENSAGEM DE ERRO PARA O
: DISPLAY E TERMINA O COMANDO
: VALOR HEXA DE PEHEX PARA H&L
: VALOR HEXA E', AGORA NOVO PC DO USUARIO
: ERA O ULTIMO CARACTER DE PEHEX UM PERI
: ODOO?
: SIN- LIMP O DISPLAY E TERMINA O COMANDO
: NAO- PODE TER SIDO UMA VIRGULA
: PEGA MASCARA DE INTERRUPCAO DO USUARIO
: GUARDA STATUS DAS INTERRUPCOES
: SALVA STATUS DE INTERRUPCAO DO USUARIO
: PEGA PC DO USUARIO
: PEGA INSTRUCAO DO USUARIO
: INSTRUCAO DI?
: NAO
: SIN- RESETA STATUS DE INTERRUPCAO DO
: USUARIO
: INSTRUCAO EI?
: NAO
: SIN- SETA STATUS DE INTERRUPCAO DO
: USUARIO
: SALVA NOVO STATUS DE INTERRUPCAO DO
: USUARIO
: PALAVRA DE COMANDO DA USART
: ENVIA PALAVRA DE COMANDO PARA USART
: SETA BIT 7 DA PORTA C
: BIT 7 DA PORTA C EM NIVEL 1
: PEGA MASCARA DO USUARIO

```

```

421: 0153 00      NOP
422: 0154 C31B03  JMP
423:
424:
425: 0157 F5      PUSH
426: 0158 3AFF27  LDA
427: 0159 E63F    ANI
428: 015D 3E80    MVI
429: 015F D302    OUT
430: 0161 F1     POP
431: 0162 22EF27 SHLD
432: 0165 E1     POP
433: 0166 22F227 SHLD
434: 0169 F5     PUSH
435: 016A E1     POP
436: 016B 22ED27 SHLD
437: 016E 210000 LXI
438: 0171 39     DAD
439: 0172 22F427 SHLD
440: 0175 21ED27 LXI
441:
442: 0178 F9      SPHL
443: 0179 C5     PUSH
444: 017A D5     PUSH
445: 017B 20     DB
446: 017C E607    ANI
447: 017E 21FD27 LXI
448: 0181 86     ORA
449: 0182 32F127 STA
450: 0185 3E0E    MVI
451:
452: 0187 30     DB
453: 0188 C3FD00 JMP
454:
455:
456:
457:
458:
459:
460:
461:
462:
463:
464: 0188 0601    MVI
465: 018D C00701  CALL
466: 0190 0600    MVI
467: 0192 C02B02  CALL
468:
469:
470: 0195 D21502  :FALSO
471: 0198 EB     JNC
472: 0199 22F627  XCHG
473:
474:
475: 019C FE11    SHLD
476:
477: 019E C0CF01  SUB05:
478: 01A1 0600    CPI
479: 01A3 C05F03  JNZ
480: 01A9 7E     MVI
481: 01AA 32FB27  B.NOPT
482:
483:
484:
485:
486:
487:
488:
489:
490:
491:
492:
493:
494:
495:
496:
497:
498:
499:
500:
501:
502:
503:
504:
505:
506:
507:
508:
509:
510:
511:
512:
513:
514:
515:
516:
517:
518:
519:
520:
521:
522:
523:
524:
525:
526:
527:
528:
529:
530:
531:
532:
533:
534:
535:
536:
537:
538:
539:
540:
541:
542:
543:
544:
545:
546:
547:
548:
549:
550:
551:
552:
553:
554:
555:
556:
557:
558:
559:
560:
561:
562:
563:
564:
565:
566:
567:
568:
569:
570:
571:
572:
573:
574:
575:
576:
577:
578:
579:
580:
581:
582:
583:
584:
585:
586:
587:
588:
589:
590:
591:
592:
593:
594:
595:
596:
597:
598:
599:
600:
601:
602:
603:
604:
605:
606:
607:
608:
609:
610:
611:
612:
613:
614:
615:
616:
617:
618:
619:
620:
621:
622:
623:
624:
625:
626:
627:
628:
629:
630:
631:
632:
633:
634:
635:
636:
637:
638:
639:
640:
641:
642:
643:
644:
645:
646:
647:
648:
649:
650:
651:
652:
653:
654:
655:
656:
657:
658:
659:
660:
661:
662:
663:
664:
665:
666:
667:
668:
669:
670:
671:
672:
673:
674:
675:
676:
677:
678:
679:
680:
681:
682:
683:
684:
685:
686:
687:
688:
689:
690:
691:
692:
693:
694:
695:
696:
697:
698:
699:
700:
701:
702:
703:
704:
705:
706:
707:
708:
709:
710:
711:
712:
713:
714:
715:
716:
717:
718:
719:
720:
721:
722:
723:
724:
725:
726:
727:
728:
729:
730:
731:
732:
733:
734:
735:
736:
737:
738:
739:
740:
741:
742:
743:
744:
745:
746:
747:
748:
749:
750:
751:
752:
753:
754:
755:
756:
757:
758:
759:
760:
761:
762:
763:
764:
765:
766:
767:
768:
769:
770:
771:
772:
773:
774:
775:
776:
777:
778:
779:
780:
781:
782:
783:
784:
785:
786:
787:
788:
789:
790:
791:
792:
793:
794:
795:
796:
797:
798:
799:
800:
801:
802:
803:
804:
805:
806:
807:
808:
809:
810:
811:
812:
813:
814:
815:
816:
817:
818:
819:
820:
821:
822:
823:
824:
825:
826:
827:
828:
829:
830:
831:
832:
833:
834:
835:
836:
837:
838:
839:
840:
841:
842:
843:
844:
845:
846:
847:
848:
849:
850:
851:
852:
853:
854:
855:
856:
857:
858:
859:
860:
861:
862:
863:
864:
865:
866:
867:
868:
869:
870:
871:
872:
873:
874:
875:
876:
877:
878:
879:
880:
881:
882:
883:
884:
885:
886:
887:
888:
889:
890:
891:
892:
893:
894:
895:
896:
897:
898:
899:
900:
901:
902:
903:
904:
905:
906:
907:
908:
909:
910:
911:
912:
913:
914:
915:
916:
917:
918:
919:
920:
921:
922:
923:
924:
925:
926:
927:
928:
929:
930:
931:
932:
933:
934:
935:
936:
937:
938:
939:
940:
941:
942:
943:
944:
945:
946:
947:
948:
949:
950:
951:
952:
953:
954:
955:
956:
957:
958:
959:
960:
961:
962:
963:
964:
965:
966:
967:
968:
969:
970:
971:
972:
973:
974:
975:
976:
977:
978:
979:
980:
981:
982:
983:
984:
985:
986:
987:
988:
989:
990:
991:
992:
993:
994:
995:
996:
997:
998:
999:
1000:

```

```

:PEARMAZENA OS REGISTRADORES DO USUARIO
:ENTRADA DA INTERRUPTAO DEPOIS QUE FOI
:EXECUTADA UMA INSTRUCAO DO USUARIO
:SALVA PSM
:PEGA IMAGEM DO USUARIO QUE ESTA EM CSR
:ZERA OS 2 BITS DE MAIOR ORDEM
:DESATIVA CONTADOR DE INTERRUPTAO
:ZERA BIT 7 DA PORTA C
:RESTITUI PSM
:SALVA H&L
:PEGA PC DO USUARIO DO TOPO DA PILHA
:SALVA PC DO USUARIO

:SALVA FLIP/FLOPS E REGISTRO A
:LIMPA H&L
:PEGA STACK POINTER DO USUARIO
:SALVA STACK POINTER DO USUARIO
:SETA STACK POINTER DO MONITOR PARA
:/SALVAR OS REGISTROS RESTANTES DO
:/USUARIO
:SALVA B&E
:SALVA D&E
:PEGA MASCARA DE INTERRUPTAO DO USUARIO
:GUARDA OS BITS DA MASCARA
:PEGA STATUS DE INTERRUPTAO DO USUARIO
:FAZ OR COM A MASCARA
:SALVA STATUS & MASCARA DE INTERRUPTAO
:DESMASCARA INTERRUPTOES PARA USO DO
:/MONITOR

:VOLTA E EXECUTA OUTRA INSTRUCAO

```

```

:*****
:
: FUNCAO: SUBST - SUBSTITUE MEMORIA
: ENTRADAS: NAO
: SAIDAS: NAO
: CHAMADAS: LIMPA, PEHEX, ATEND, ATDD, ERRO
: DESTRUI: A,B,C,D,E,H,L,F,S
:
:
SUBST:
MVI B,PT
CALL LIMPA
MVI B,CHPEND
CALL PEHEX
:FALSO ERRO
JNC ERRO
XCHG ERRO
SHLD ENDCOR
SUB05:
CPI VIRG
JNZ SUB15
MVI B,NOPT
CALL ATEND
CALL ENDCOR
MOV A,M
STA DACOR

```

```

:ARG- PONTO NO CAMPO DE ENDERECOS
:LIMPA O DISPLAY
:ARG- USA CAMPO DE ENDERECOS DO DISPLAY
:PEGA DIGITOS HEXA FORAM TODOS OS
:/DIGITOS RECEBIDOS?
:NAO- MENS. DE ERRO NO DISPLAY E TER-
:/MINA COMANDO
:TROCA VALOR HEXA, RETORNADO DE PEHEX,
:/PELO ENDERECO CORENTE
:FOI ' ' O ULTIMO CARACTER DO TECLADO?
:NAO- TERMINA O COMANDO
:ARG- SEM PONTO NO CAMPO DE ENDERECOS
:ATUALIZA CAMPO DE ENDERECOS DO DISPLAY
:PEGA ENDERECO ATUAL EM H&L
:PEGA BYTE APONTADO PELO ENDERECO ATUAL
:ARMAZENA BYTE NO DADO ATUAL

```



```

481: 01A0 0A01      MVI      B,PT
482: 01A1 CD4803    CALL     AIDO
483: 01A2 0A01      MVI      B,CHPDD
484: 01A4 CD2802    CALL     PEHEX
485:
486: 01A7 F5        PUSH     PSW
487:
488:
489: 01BB 02C401    JNC     SUB10
490: 01BB 3AF627    MOV     H,ENDCOR
491: 01BE 73        MOV     H,E
492:
493: 01BF 7B        :CHECKA SE DADO FOI REALMENTE ARMAZENADO NO ENDEREÇO ATUAL
494: 01C0 BE        MOV     A,E
495: 01C1 C21502    CMP     M,A
496:
497:
498: 01C4 2AF627    JNZ     ERRO
499:
500: 01C8 22F627    LHL    ENDCOR
501: 01CB F1        INX    H
502: 01CC C39C01    SHLD  ENDCOR
503:
504: 01CF FE10      POP     PSW
505: 01D1 C21502    JMP     SUB10S
506:
507: 01D4 C3E901    JMP     LINDIS
508:
509:
510:
511:
512:
513:
514:
515:
516:
517:
518:
519:
520:
521:
522:
523:
524:
525:
526:
527:
528:
529:
530: 01D7 AF      XRA     A
531:
532: 01D8 211004    LXI    H,BRCOS
533: 01DB CD8702    CALL   SALDA
534: 01DE 3E01      MUI    A
535: 01E0 0A00      MVI    B,CHPDD
536: 01E3 211004    LXI    H,BRCOS
537: 01E6 CDB702    CALL   SALDA
538: 01E9 C9        RET
539:
540:

```

:ARG- PONTO NO CAMPO DE DADOS
:ATUALIZA CAMPO DE DADOS DO DISPLAY
:ARG- USA CAMPO DE DADOS
:PEGA DÍGITOS HEXA - FORAM TODOS OS
DÍGITOS RECEBIDOS?
:SE NÃO, DEIXA ÚLTIMO CARACTER)
:SE NÃO, DEIXA DADO INALTERADO NO ENDEREÇO
:ATUAL
:SIH- PEGA ENDEREÇO ATUAL EM HEL
:ARMAZENA NOVO DADO NO END. ATUAL
:CHECKA SE DADO FOI REALMENTE ARMAZENADO NO ENDEREÇO ATUAL
:MOV A,E
:FOI O DADO ARMAZENADO CORRETAMENTE?
:NAO- MENS. DE ERRO NO DISPLAY E
:/TERMINA COMANDO
:INCREMENTA ENDEREÇO ATUAL
:RESTAURA O ÚLTIMO CARACTER
:ERA O ÚLTIMO CARACTER UM, *?
:NAO- MENS. DE ERRO NO DISPLAY E
:/TERMINA COMANDO
:SIH- LIMPA O DISPLAY E TERMINA COMANDO

ROTINAS UTILITARIAS

:FUNCAO: LIMPA - LIMPA O DISPLAY
:ENTRADAS: B - FLAG DO PONTO - 1 SIGNIFICA POR PONTO NO CAMPO DE ENDE-
REÇOS DO DISPLAY
- 0 SIGNIFICA SEM PONTO
:SAIDAS: NAO
:CHAMADAS: SAIDA
:DESTRUI: A,B,C,D,E,H,L,F,*
:DESCRICO: LIMPA- MANDA CARACTERES BRANCOS PARA OS CAMPOS DE ENDE-
REÇOS E DADOS DO DISPLAY. SE O FLAG DE PONTO ESTA SETADO
ENTAO UM PONTO APARECERA NO CANTO DIREITO DO CAMPO DE ENDE.

:ARG- USA CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY
:FLAG PARA PONTO NO CAMPO DE ENDE. ESTA EM B
:ARG- ENDEREÇO PARA BRANCOS NO DISPLAY
:ENVIJA BRANCOS PARA O CAMPO DE ENDEREÇOS
:ARG- USA CAMPO DE DADOS DO DISPLAY
:ARG- SEM PONTO NO CAMPO DE DADOS
:ARG- ENO. PARA BRANCOS NO DISPLAY
:ENVIJA BRANCOS PARA O CAMPO DE DADOS
:RETORNA

```

601: 020C CD5F03          CALL ATEMO
602: 020F 0600          MVI B,NOPT
603: 0211 CD4803          CALL ATDO
604: 0214 C7            RET
605:
606:
607:
608:
609:
610:
611:
612:
613:
614:
615:
616:
617:
618:
619:
620:
621:
622:
623:
624:
625:
626:
627:
628:
629:
630:
631:
632:
633:
634:
635:
636:
637:
638:
639:
640:
641:
642:
643:
644:
645:
646:
647:
648:
649:
650:
651:
652:
653:
654:
655:
656:
657:
658:
659:
660:

```

```

; ATUALIZA CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY.
; ARG- SEM PONTO NO CAMPO DE DADOS
; ATUALIZA CAMPO DE DADOS DO DISPLAY
;*****
; FUNCAO: ERRO - MOSTRA MENSAGEM DE ERRO NO DISPLAY
; ENTRADAS: NAO
; SAIDAS: NAO
; CHAMADAS: SAIDA
; DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F*'S
; DESCRICAO: ERRO= E, EXECUTADO PELAS ROTINAS DE COMANDO COM O SENTI-
; DO DE FINALIZAR DEVIDO A UM ERRO COHEITDO.
; ERRO MANDA UMA MENSAGEM DE ERRO PARA O DISPLAY E SALTA
; PARA O RECONHECIMENTO DE OUTRO COMANDO.
;
; ERRO:
; XRA A
; MVI B,NOPT
; H,MSBR
; LXI SAIDA
; CALL A,CHPDD
; MVI B,NOPT
; LXI H,HERR2
; CALL SAIDA
; JMP CMHND
;*****
; FUNCAO: PEHEX - PEGA DIGITOS HEXA
; ENTRADAS: B - FLAG DO DISPLAY - 0 SIGNIFICA USO DO CAMPO DE END.DO DISPLAY
; SAIDAS: A - ULTIMO CARACTER LIDO NO TECLADO
; CARRY - SETA SE PELO MENOS UM DIGITO HEXA VALIDO FOI LIDO
; CHAMADAS: RDKBD, INSDG, EXDSP, SAIDA
; DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F*'S
; DESCRICAO: PEHEX= ACEITA UM STRING DE DIGITOS HEXA DO TECLADO, MOS-
; TRA COMO FORAM RECEBIDOS E, TRANSFORMA-OS EM VALORES IN-
; TEIROS DE 16 BITS. SE MAIS DE 4 DIGITOS SAO RECEBIDOS, APE-
; NAS OS 4 ULTIMOS SAO USADOS. SE O FLAG DO DISPLAY E', SETADO
; OS ULTIMOS 2 DIGITOS HEXA SAO MOSTRADOS NO CAMPO DE DADOS
; DO DISPLAY. CASO CONTRARIO, OS ULTIMOS 4 DIGITOS HEXA SAO
; MOSTRADOS NO CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY. EM AMBOS OS CA-
; SOS UM PONTO SERA MOSTRADO NO CANTO DIREITO DO CAMPO. UM
; CARACTER QUE NAO SEJA UM DIGITO HEXA TERMINA O STRING E'
; ASSUMIDO COMO UMA SAIDA DA FUNCAO. SE O FINALIZADOR NAO E'
; UM PONTO OU UMA VIRGULA, ENTAO QUAISQUER DIGITOS HEXA QUE
; PODEM SER RECEBIDOS SAO CONSIDERADOS INVALIDOS. A FUNCAO
; RETORNA COM O FLAG INDICANDO SE DIGITOS HEXA FORAM RECE-
; BIDOS OU NAO.
;
; PEHEX:
; MVI C,00H
; PUSH B
; LXI D,0000H
; PUSH D
; PEHOS:

```

```

661: 0232 CDE702 CALL RDXBD
662: 0235 FE10 CPI 10H
663: 0237 D25502 JNC PEH20
664:
665: 023A 01 POP D
666: 023B CD9F02 CALL INSDG
667: 023E C1 POP B
668: 023F 0E01 RVI C,01H
669:
670: 0241 C5 PUSH B
671: 0242 95 PUSH D
672: 0243 78 MOV A,B
673: 0244 0F RRC
674:
675: 0245 D24902 JNC PEH10
676:
677:
678:
679: 0248 53 MOV D,E
680:
681:
682:
683:
684: 0249 C06C02 CALL EXDSP
685:
686:
687: 024C 78 MOV A,B
688: 024D 0601 RVI B,PT
689: 024F C08702 CALL SAIDA
690: 0252 C33202 JMP PEH05
691:
692: 0255 01 POP D
693: 0256 C1 POP B
694: 0257 FE11 CPI VIRG
695: 0259 C86702 JZ PEH25
696: 025C FE10 CPI PERIO
697: 025E C86702 JZ PEH25
698: 0261 110000 JNC- TERMINADOR INVALIDO - IGNORE QUALQUER DIGITO HEXA LIDO
699: 0264 C3F702 LXI D,0000H
700: JMP RETIF
701:
702: 0267 47 PEH25: MOV B,A
703: 0268 79 MOV A,C
704: 0269 0F RRC
705: 026A 78 MOV A,B
706: 026B C9 RET
707:
708:
709:
710:
711:
712:
713:
714:
715:
716:
717:
718:
719:
720:

```

```

!LE TECLADO
!E' O CARACTER UM DIGITO HEXA?
!NAO- CHECA COMANDO FINALIZADOR
!SIN- ARG- NOVO VALOR HEXA ESTA EM A
!ARG- RESTAURA VALOR HEXA
!INSERE NOVO DIGITO NO VALOR HEXA
!RESTAURA FLAG DO DISPLAY
!SETA FLAG DO DIGITO ,I.E., UM DIGITO
!HEXA FOI LIDO
!SALVA FLAGS DO DISPLAY E DIGITO HEXA
!SALVA VALOR HEXA
!TESTA FLAG DO DISPLAY
!O CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY PODE
!SER USADO?
!SIN- COLOCA VALOR HEXA NELE
!NAO- APENAS O BYTE DE MENOR ORDEM DO
!VALOR HEXA PODE SER USADO PARA O
!CAMPO DE DADOS DO DISPLAY
!COLOCA O BYTE DE MENOR ORDEM DO VALOR
!HEXA EM D

```

```

!ARG- VALOR HEXA A SER EXPANDIDO ESTA
!EM OXE
!EXPANDE VALOR HEXA PARA O DISPLAY
!ARG- ENDEREÇO DO VALOR HEXA EXPANDIDO
!ESTA EM H&L
!ARG- COLOCA O FLAG DO DISPLAY EM A
!O CAMPO NO CAMPO APROPRIADO
!ENVIÁ VALOR HEXA PARA O DISPLAY
!PEGA OUTRO CARACTER
!O ÚLTIMO CARACTER NAO ERA UM DIGITO HEXA
!RESTAURA VALOR HEXA
!RESTAURA FLAG DO DIGITO HEXA EM C
!O ÚLTIMO CARACTER ERA UMA ', '?
!SIN- PRONTO PARA RETORNAR
!NAO- ERA O ÚLTIMO CARACTER UM ', '?
!SIN- PRONTO PARA RETORNAR
!IGNORA QUALQUER DIGITO HEXA LIDO
!SETA VALOR HEXA PARA ZERO.
!RETORNA PARA FALSO

```

```

!SALVA O ÚLTIMO CARACTER
!DESLOCA O FLAG DO DIGITO HEXA PARA
!O CARRY BIT
!REARMAZENA O ÚLTIMO CARACTER
!RETORNA
;
;*****
;
; FUNCAO: EXDSP - EXPANDE DIGITOS HEXA PARA USO DO DISPLAY
; ENTRADAS: DE - 4 DIGITOS HEXA
; SAIDAS: HL - ENDEREÇO DO BUFFER DE SAIDA
; CHAMADAS: NAO
; DESTRUI: A,H,L,F,F'S
; DESCRICAO: EXDSP= EXPANDE CADA BYTE INSERIDO PARA 2 BYTES EM UMA FORMA
; COMPATIVEL COM O DISPLAY VIA ROTINA DE SAIDA. CADA BYTE IN-
; SERIDO E' DIVIDIDO EM 2 DIGITOS HEXA. CADA DIGITO HEXA E'
; COLOCADO NOS 4 BITS DE MENOR ORDEM DO BYTE, CUJOS 4 BITS
; DE MAIOR ORDEM SAO RESEIADOS. O BYTE RESULTANTE E' ARMA-
; ZENADO NO BUFFER DE SAIDA. A FUNCAO RETORNA COM O

```

```

721:                                     ENDERECO DO BUFFER DE SAIDA.
722:                                     ?
723: EXDSP: MOV A,D                                ;PEGA O PRIMEIRO BYTE DE DADO
724: RRC                                     ;CONVERTE OS 4 BITS DE MAIOR ORDEM
725: RRC                                     ;PARA UM UNICO CARACTER
726: RRC
727: RRC
728: RRC
729: ANI DFH                                ;PEGA ENDERECO DO BUFFER DE SAIDA
730: LXI H,OBUFF                            ;GUARDA CARACTER NO BUFFER DE SAIDA
731: MOV M,A                                ;PEGA PRIMEIRO BYTE DE DADOS E CONVERTE
732: MOV A,D                                ;OS 4 BITS DE MENOR ORDEM 'A UM UNICO
733: ANI DFH                                ;CARACTER
734:                                     ;
735: INX H                                  ;PROXIMA POSICAO DO BUFFER
736: MOV M,A                                ;GUARDA CARACTER NO BUFFER
737: RRC                                     ;PEGA SEGUNDO BYTE DE DADOS
738: RRC                                     ;CONVERTE OS 4 BITS DE MAIOR ORDEM
739: RRC                                     ;PARA UM UNICO CARACTER
740: RRC
741: RRC
742: ANI DFH                                ;
743: INX H                                  ;PROXIMA POSICAO DO BUFFER
744: MOV M,A                                ;GUARDA CARACTER NO BUFFER
745: MOV A,E                                ;PEGA SEGUNDO BYTE DE DADOS E CONVERTE
746: ANI DFH                                ;OS 4 BITS DE MENOR ORDEM A UM UNICO
747:                                     ;CARACTER
748: INX H                                  ;PROXIMA POSICAO DO BUFFER
749: MOV M,A                                ;GUARDA CARACTER NO BUFFER
750: LXI H,OBUFF                            ;PRECOLOCA END.DO BUFFER DE SAIDA EM H&L
751: RET
752:
753: *****
754:
755: FUNCAO: ENINT - ENTRADA DO PROCESSAMENTO DE INTERRUPCAO DO TECLADO
756: ENTRADAS: NAO
757: SAIDAS: NAO
758: CHAMADAS: NAO
759: DESTRUI: NAO
760: DESCRICAO: ENINT= E' EXECUTADA PELA ACAO DO VETOR DE INTERRUPCAO(IU2CC)
761: QUANDO A ROTINA DE LEITURA DO TECLADO ESTA ESPERANDO POR
762: UM CARACTER E O USUARIO PRESSIONA UMA CHAVE NO TECLADO.
763: ENINT GUARDA O CARACTER INSERIDO NO BUFFER DE ENTRADA E O
764: CONTROLE RETORNA PARA A ROTINA DE LEITURA DO TECLADO.
765:
766: ENINT:
767: PUSH H
768: PUSH PSM                                ; SALVA F/F'S & REGISTRADOR A
769: LDA LEIAC                                ;LE UM CARACTER DO TECLADO
770: ANI ZFH                                ;ZERA OS 2 BITS DE MAIOR ORDEM
771: STA IBUFF                                ;GUARDA O CARACTER NO BUFFER DE ENTRADA
772: POP PSM
773: POP H
774: RET
775: NOP
776: NOP
777: NOP
778: NOP
779: NOP
780: *****

```

```

781: ; FUNCAO: INSDG - INSERE DIGITO HEXA
782: ; ENTRADAS: A - DIGITO HEXA A SER INSERIDO
783: ; SAIDAS: DE - VALOR HEXA
784: ; SAIDAS: DE - VALOR HEXA COM O DIGITO INSERIDO
785: ; CHAMADAS: NAO
786: ; DESTROI: A,F,F'S
787: ; DESCRICAO: INSDG= DESLOCA O CONTEUDO DE D&E EM 4 BITS PARA A ESQUERDA
788: ; (1 DIGITO HEXA) E INSERE O DIGITO HEXA UM A UM NA POSICAO
789: ; DE MENOR ORDEM DO DIGITO RESULTANTE. E' ASSUMIDO CONTER
790: ; UM UNICO DIGITO HEXA NOS 4 BITS DE MENOR ORDEM E ZEROS NOS
791: ; 4 BITS DE MAIOR ORDEM.
792: ;
793: ;
794: ;
795: ;
796: ;
797: ;
798: ;
799: ;
800: ;
801: ;
802: ;
803: ;
804: ;
805: ;
806: ;
807: ;
808: ;
809: ;
810: ;
811: ;
812: ;
813: ;
814: ;
815: ;
816: ;
817: ;
818: ;
819: ;
820: ;
821: ;
822: ;
823: ;
824: ;
825: ;
826: ;
827: ;
828: ;
829: ;
830: ;
831: ;
832: ;
833: ;
834: ;
835: ;
836: ;
837: ;
838: ;
839: ;
840: ;
841: ;
842: ;
843: ;
844: ;
845: ;
846: ;
847: ;
848: ;
849: ;
850: ;
851: ;
852: ;
853: ;
854: ;
855: ;
856: ;
857: ;
858: ;
859: ;
860: ;
861: ;
862: ;
863: ;
864: ;
865: ;
866: ;
867: ;
868: ;
869: ;
870: ;
871: ;
872: ;
873: ;
874: ;
875: ;
876: ;
877: ;
878: ;
879: ;
880: ;
881: ;
882: ;
883: ;
884: ;
885: ;
886: ;
887: ;
888: ;
889: ;
890: ;
891: ;
892: ;
893: ;
894: ;
895: ;
896: ;
897: ;
898: ;
899: ;
900: ;
901: ;
902: ;
903: ;
904: ;
905: ;
906: ;
907: ;
908: ;
909: ;
910: ;
911: ;
912: ;
913: ;
914: ;
915: ;
916: ;
917: ;
918: ;
919: ;
920: ;
921: ;
922: ;
923: ;
924: ;
925: ;
926: ;
927: ;
928: ;
929: ;
930: ;
931: ;
932: ;
933: ;
934: ;
935: ;
936: ;
937: ;
938: ;
939: ;
940: ;
941: ;
942: ;
943: ;
944: ;
945: ;
946: ;
947: ;
948: ;
949: ;
950: ;
951: ;
952: ;
953: ;
954: ;
955: ;
956: ;
957: ;
958: ;
959: ;
960: ;
961: ;
962: ;
963: ;
964: ;
965: ;
966: ;
967: ;
968: ;
969: ;
970: ;
971: ;
972: ;
973: ;
974: ;
975: ;
976: ;
977: ;
978: ;
979: ;
980: ;
981: ;
982: ;
983: ;
984: ;
985: ;
986: ;
987: ;
988: ;
989: ;
990: ;
991: ;
992: ;
993: ;
994: ;
995: ;
996: ;
997: ;
998: ;
999: ;
1000: ;

```



```

961: ; CHAMADAS: SAIDA
962: ; DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F,F'S
963: ; DESCRICAO: NOMRG= MOSTRA NO CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY, O NOME DO
964: ; REGISTRO CORRESPONDENTE AO VALOR DO PONTEIRO DE REGISTRO
965: ; ATUAL.
966: ;
967: ;
968: ;
969: ;
970: ;
971: ;
972: ;
973: ;
974: ;
975: ;
976: ;
977: ;
978: ;
979: ;
980: ;
981: ;
982: ;
983: ;
984: ;
985: ;
986: ;
987: ;
988: ;
989: ;
990: ;
991: ;
992: ;
993: ;
994: ;
995: ;
996: ;
997: ;
998: ;
999: ;
1000: ;
1001: ;
1002: ;
1003: ;
1004: ;
1005: ;
1006: ;
1007: ;
1008: ;
1009: ;
1010: ;
1011: ;
1012: ;
1013: ;
1014: ;
1015: ;
1016: ;
1017: ;
1018: ;
1019: ;
1020: ;

0309 2AF027 ; PEGA O PONTEIRO DO REGISTRO
030C 2600 ;MULTIPLICA O VALOR DO PONTEIRO POR 4
030E 29 ;/IA TABELA DE NOMES DOS REGISTROS
030F 29 ;/TEM 4 BYTES DE ENTRADA)
0310 018903 ;PEGA ENDEREÇO DE INICIO DA TABELA DE
;NOME DE REGISTROS.
0313 09 ;ARG- ADICIONA O ENDEREÇO DA TABELA AO
;PONTEIRO - O RESULTADO E' O ENDEREÇO
;CORRETO DO NOME DO REGISTRO EM H&L
0314 AF ;ARG- USA CAMPO DE ENDEREÇOS DO DISPLAY
0315 0400 ;ARG- SEM PONTO NO CAMPO DE ENDEREÇOS
0317 C08702 ;SAI COM O NOME DO REGISTRO NO CAMPO
;DE ENDEREÇOS
031A C9 ;
;*****
; FUNCAO: RSTOR - RESTAURA OS REGISTROS DO USUARIO
; ENTRADAS: NAO
; SAIDAS: NAO
; CHAMADAS: NAO
; DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F,F'S
; DESCRICAO: RSTOR= RESTAURA TODOS OS REGISTROS DA CPU, FLIP FLOP'S,
; STATUS DE INTERRUCCAO, MASCARA DE INTERRUCCAO, STACK
; POINTER E O PC EM SUAS RESPECTIVAS LOCALIZACOES DE PRO-
; TECAO NA MEMORIA. RESTAURANDO O CONTADOR DO PROGRAMA, A
; ROTINA EFETIVAMENTE TRANSFERE O CONTROLE PARA O ENDEREÇO
; NA LOCALIZACAO RESERVADA AO CONTADOR DO PROGRAMA.
;
; RSTOR: LDA ISAV ;PEGA MASCARA DE INTERRUCCAO DO USUARIO
; ORI 18H ;SETA MASCARA DE INTERRUCCAO E RESETA
; ;FLIP FLOP RST 7.5
; DB 30H ;RESTAURA MASCARA DE INTER. DO USUARIO
; LDA ISAV ;RESTAURA STATUS DE INTER. DO USUARIO
; ANI 08H ;PEGA MASCARA DE INTERRUCCAO DO USUARIO
; ;AS INTERRUCCOES DO USUARIO PODEM SER
; ;ATIVADAS?
; RSR10 ;NAO- DEIXA AS INTERRUCCOES DESATIVADAS
; EI
;
; RSR10: LXI H,MNSTK ;SETA PONTEIRO DA PILHA DO MONITOR PARA O
; ;INICIO DA PILHA, O QUAL E', TAMBEM
; ;O FINAL DA AREA RESERVADA AOS REG.
;
; RSTOR: SPHL ;RESTAURA REGISTROS
; POP D ;
; POP B ;
; POP PSM ;
; LHL D ;
; LHL SSV ;
; SPHL ;
; LHL PSV ;
; PUSH H ;
; COLOCA PC DO USUARIO NA PILHA

```

```

1021: 0339 2AEF27          LSAV          PRESTAURA OS REGISTROS H&L
1022: 033C 00             NOP
1023: 033D 00             NOP
1024: 033E 00             NOP
1025: 033F 3E00          HUI          ?ATIVA PORTA PARA INTERRUPCAO
1026: 0341 0302          OUT          ?INTERRUPCAO ATIVADA
1027: 0343 C9             RET
?*****
? FUNCAO: FIXRG - SETA PONTEIRO DE REGISTRO
? ENTRADAS: NAO
? SAIDAS: CARRY - SETA SE CARACTER DO TECLADO E' UM DESIGNADOR DE REG.
?          RESETA EM CASO CONTRARIO
? CHAMADAS: RDKB
? DESTROI: A,B,C,H,L,F,F'S
? DESCRICAO: FIXRG= LE UM CARACTER DO TECLADO, SE O CARACTER E' UM DE-
?             SIGNADOR DE REGISTOS, ELE E' CONVERTIDO AO CORRESPONDENTE
?             VALOR DO PONTEIRO DE REGISTOS, O PONTEIRO E' SALVO E A
?             FUNCAO RETORNA COM VERDADEIRO, CASO CONTRARIO, COM FALSO.
?
? FIXRG:
1041: 0344 CDE702        CALL         ?LE TECLADO
1042: 0347 FE10          CPI          ?O CARACTER E' UM DIGITO?
1043: 0349 D2F702        JNC          ?NAO- RETORNA FALSO - O CARACTER NAO E'
1044: 034C 0403          SUI          ?/UM DESIGNADOR DE REGISTOS
1045: 034E DAF702        JC           ?SIN- TENTA CONVERTER O DESIGNADOR DE
1046: 0351 4F            MOV          ?/REG. AO INDICE CORRESPONDENTE AO PON-
1047: 0352 0400          HUI          ?/TEIRO DA TABELA DE REGISTOS
1048: 0354 21AC03        LXI          ?NAO- RETORNA FALSO
1049: 0357 09            DAD          ?INDICE PARA B&C
1050: 0358 7E            MOV          ?PEGA ENDERECO DA TABELA DE PONTEIRO
1051: 0359 32FD27        STA          ?/DE REGISTOS
1052: 035C C3FA02        JMP          ?PEGA PONTEIRO NA TABELA
1053: 035E 00            DAD          ?PEGA PONTEIRO DE REGISTRO DA TABELA
1054: 035F 32FD27        STA          ?SALVA PONTEIRO DE REGISTRO
1055: 0360 00            JMP          ?RETORNA VERDADEIRO
?*****
? FUNCAO: ATEND - ATUALIZA CAMPO DE ENDERECOS DO DISPLAY
? ENTRADAS: B - FLAG DO PONTO - 1 SIGNIFICA NO CANTO DIREITO DO CAMPO
?             - 0 SIGNIFICA SEM PONTO
? SAIDAS: NAO
? CHAMADAS: EXDSP, SAIDA
? DESTROI: A,B,C,D,E,H,L,F,F'S
? DESCRICAO: ATEND= ATUALIZA O CAMPO DE ENDERECO DO DISPLAY USANDO O
?             ENDERECO CORRENTE
?
? ATEND:
1071: 035F 2AF627        LHL         ?PEGA O ENDERECO CORRENTE
1072: 0362 EB            XCHG        ?ARG- COLOCA ENDERECO CORRENTE EM H&L
1073: 0363 CD4C02        CALL        ?EXPANDE O END. CORRENTE PARA O DISPLAY
1074: 0366 AF            XRA         ?ARG- ENDERECO DO ENDERECO EXPANDIDO ESTA EM H&L
1075: 0367 CD8702        CALL        ?ARG- USA CAMPO DE ENDERECOS DO DISPLAY
1076: 036A C9            RET         ?ENVAIA ENDERECO ATUAL PARA CAMPO DE END.
?*****
1080:

```


1141:	0387	F4	DB	DF4H	; 3
1142:	0388	66	DB	66H	; 4
1143:	0005	=	EGU	\$ -	TBDSP
1144:	0005	=	EGU	\$ -	TBDSP
1145:	0389	D6	DB	006H	; 5 E S
1146:	038A	D7	DB	007H	; 6
1147:	038B	D0	DB	70H	; 7
1148:	0008	=	EGU	\$ -	TBDSP
1149:	038C	F7	DB	0F7H	; 8
1150:	038D	76	DB	76H	; 9
1151:	000A	=	EGU	\$ -	TBDSP
1152:	038E	77	DB	77H	; A
1153:	000B	=	EGU	\$ -	TBDSP
1154:	038F	C7	DB	0C7H	; B (MINUSCULO)
1155:	000C	=	EGU	\$ -	TBDSP
1156:	0390	93	DB	93H	; C
1157:	000D	=	EGU	\$ -	TBDSP
1158:	0391	E5	DB	0E5H	; D (MINUSCULO)
1159:	000E	=	EGU	\$ -	TBDSP
1160:	0392	97	DB	97H	; E
1161:	000F	=	EGU	\$ -	TBDSP
1162:	0393	17	DB	17H	; F
1163:	0010	=	EGU	\$ -	TBDSP
1164:	039	67	DB	67H	; H
1165:	001	=	EGU	\$ -	TBDSP
1166:	039	83	DB	83H	; L
1167:	0012	=	EGU	\$ -	TBDSP
1168:	0396	37	DB	37H	; P
1169:	0013	=	EGU	\$ -	TBDSP
1170:	0397	60	DB	60H	; I
1171:	0014	=	EGU	\$ -	TBDSP
1172:	0398	05	DB	05H	; R (MINUSCULO)
1173:	0015	=	EGU	\$ -	TBDSP
1174:	0399	00	DB	00H	; BRANCO
1175:	0016	=	EGU	\$ -	TBDSP
1176:	039A	03	DB	003H	; G
1177:	0017	=	EGU	\$ -	TBDSP
1178:	039B	47	DB	47H	; H (MINUSCULO)
1179:	0018	=	EGU	\$ -	TBDSP
1180:	039C	40	DB	40H	; I (MINUSCULO)
1181:	0019	=	EGU	\$ -	TBDSP
1182:	039D	E1	DB	0E1H	; J
1183:	001A	=	EGU	\$ -	TBDSP
1184:	039E	45	DB	45H	; N (MINUSCULO)
1185:	0018	=	EGU	\$ -	TBDSP
1186:	039F	C5	DB	0C5H	; O (MINUSCULO)
1187:	001C	=	EGU	\$ -	TBDSP
1188:	03A0	E3	DB	0E3H	; U
1189:	001D	=	EGU	\$ -	TBDSP
1190:	03A1	C1	DB	0C1H	; U (MINUSCULO)
1191:	001E	=	EGU	\$ -	TBDSP
1192:	03A2	E6	DB	0E6H	; Y
1193:	001F	=	EGU	\$ -	TBDSP
1194:	03A3	27	DB	27H	; Y (MINUSCULO)
1195:	03A4	04	DB	04H	; -
1196:	03A5	84	DB	84H	; =
1197:	03A6	35	DB	35H	; ?
1198:	03A7	B4	DB	0B4H	; >
1199:	03A8	94	DB	96H	; <
1200:	0025	=	EGU	\$ -	TBDSP


```

1261: 03F0 EA          DB          AND OFFH          ; REGISTRO D
1262: 03F1 E9          DB          AND OFFH          ; REGISTRO E
1263: 03F2 ED          DB          AND OFFH          ; LAGS
1264: 03F3 F1          DB          AND OFFH          ; MASCARA DE INTERRUCCAO
1265: 03F4 F0          DB          AND OFFH          ; REGISTRO H
1266: 03F5 EF          DB          AND OFFH          ; REGISTRO L
1267: 03F6 F5          DB          AND OFFH          ; MAIOR ORDER DO SP
1268: 03F7 F4          DB          AND OFFH          ; MENOR ORDER DO SP
1269: 03F8 F3          DB          AND OFFH          ; MAIOR ORDER DO PC
1270: 03F9 F2          DB          AND OFFH          ; MENOR ORDER DO PC
1271: 0000 =          EQU          (% - TBLRG)
NUMRG          EQU          (% - TBLRG)
;*****
; ESTAS DUAS SUBROTINAS SAO A CONTINUACAO DO TRATAMENTO PARA A SAIDA
; DE CARACTERES PARA O DISPLAY.
;*****
PCONTR:
1272:          XCHG          27COH          ; SALVA ENDERECO DO DIGITO EM D8E
1273:          SHLD          27COH          ; PEGA ENDERECO DO DIGITO NA RAM
1274:          XCHG          RET           ; RETORNA COM ENDERECO DO DIGITO
1275:          RET
1276:
1277:
; SAI20:
1284:          CHA          0400 2F          ; COMPLEMENTA CARACTER DE SAIDA
1285:          LHLD          0401 2AC027      ; PEGA ENDERECO DO DIGITO
1286:          MOV          H,A           ; ENLTA CARACTER PARA O DISPLAY
1287:          INX          0405 23          ; ENDERECO DO PROXIMO DIGITO
1288:          D           0406 13          ; PROXIMO CARACTER PARA SAIR
1289:          SHLD          0407 2C0C27      ; GUARDA ENDERECO DO PROXIMO DIGITO
1290:          XCHG          040A EB          ; RETORNA AO ENDERECO DO CHARACTER DE
1291:
1292:          DCR          C           ; HAIS ALGUM CARACT. PARA O DISPLAY?
1293:          JNZ          SAI15          ; SIM- PROCESSA OUTRO CHARACTER
1294:          040F C9          RET
1295:
1296:
; *****
; MENSAGENS ENVIADAS AO DISPLAY
; *****
1297:
1298:
1299:
1300:          BRC05: DB          BRANCO.BRANCO.BRANCO.BRANCO          ;BRANCO PARA CAMPO DE
1301:
1302:          MSG08: DB          BRANCO.LETRAE.LETRAR.LETRAR          ;DADOS OU ENDEREÇOS
1303:
1304:          MSG09: DB          LETRAE.BRANCO.BRANCO.BRANCO          ; MENSAGEN DE ERRO PARA
1305:
1306:          MSG10: DB          BRANCO.BRANCO.OITO.ZERO          ;O CAMPO DE ENDERECOS
1307:
1308:          DASI: DB          OITO.CINCO          ;MENSAGEN DE EXECUCAO
1309:
1310:          MERR2: DB          LETRAO.BRANCO          ;INICAL PARA O
1311:
1312:          ;CAMPO DE ENDERECOS
1313:
1314:          ;IDE DADOS
1315:
1316:          ;MENSAGEN DE ERRO (CAMPO DE DADOS)
1317:
;*****
; NAS SEGUINTE LOCALIZACOES, O USUARIO PODE COLOCAR INSTRUCCOES DE
; SALTO PARA ROTINAS DE ACORDO COM O QUE SEGUIR:
;*****
1318:          27C3          ORG          USRBR          ; INICIO DAS LOCALIZACOES LIVRES
1319:          27C5          RSET5          DB          0.0.0          ;SALTO PARA ROTINA RST 5
1320:          27C7          RSET6          DB          0.0.0          ;SALTO PARA ROTINA RST 6

```



```

1621: *****
1622: TABELA DAS MENSAGENS UTILIZADAS NA INTERFACE
1623: *****
1624:
1625: 05B8 2513251C LEIRAT,LEIRAI,LEIRAT,LETRAU
1626: 05BC 1100 MIITU: 08 LEIRAL,ZERO
1627: 05BE 0F002625 MIIT2: 08 LEIRAF,ZERO,LETRAAM,LEIRAT
1628: 05C2 0E15 MFONT2: 08 LEIRAE,BRANCO
1629: 05C4 0F13260A MFINA: 08 LEIRAF,LEIRAI,LETRAAN,LETRAA
1630: 05C8 1115 MFIN2: 08 LEIRAL,BRANCO
1631:
1632:
1633: *****
1634:
1635:
1636:
1637:
1638:
1639:
1640:
1641:
1642:
1643:
1644:
1645:
1646:
1647:
1648:
1649:
1650:
1651:
1652:
1653:
1654:
1655:
1656:
1657:
1658:
1659:
1660:
1661:
1662:
1663:
1664:
1665:
1666:
1667:
1668:
1669:
1670:
1671:
1672:
1673:
1674:
1675:

```

```

*****
TABELA DAS MENSAGENS UTILIZADAS NA INTERFACE
*****
LEIRAT,LEIRAI,LEIRAT,LETRAU
LEIRAL,ZERO
LEIRAF,ZERO,LETRAAM,LEIRAT
LEIRAE,BRANCO
LEIRAF,LEIRAI,LETRAAN,LETRAA
LEIRAL,BRANCO
*****
ESPACO RESERVADO PARA A PILHA DO MONITOR
*****
ORG HNSTK ? INICIO DA PILHA DO MONITOR
*****
LOCALIZACAO PARA SALVAR OS REGISTROS DO USUARIO
*****
ESAV: DB 0 ;REGISTRO E
DSAV: DB 0 ;REGISTRO D
CSAV: DB 0 ;REGISTRO C
BSAV: DB 0 ;REGISTRO B
FSAV: DB 0 ;FLAGS
ASAV: DB 0 ;REGISTRO A
LSAV: DB 0 ;REGISTRO L
MSAV: DB 0 ;REGISTRO M
ISAV: DB 0 ;MASCARA DE INTERRUPCAO
PSAV: ;CONTADOR DE PROGRAMA (PROGRAM COUNTER)
PLSV: DB 0 ;BYTE DE MENOR ORDEM
PCHSV: DB 0 ;SITE DE MAIOR ORDEM
SSAV: ;PONTEIRO DE PILHA (STACK POINTER)
SPLSV: DB 0 ;BYTE DE MENOR ORDEM
SPSHV: DB 0 ;BYTE DE MAIOR ORDEM
*****
LOCALIZACOES DO MONITOR QUE SAO ARMAZENADAS
*****
ENDCOR: DW 0 ;ENDEREÇO CORRENTE
DACOR: DB 0 ;DADO CORRENTE
OBUFF: DS 4 ;BUFFER DE SAIDA
TEMP:
PTRRG: DB 0 ;PONTEIRO DE REGISTRO
IBUFF: DB 0 ;BUFFER DE ENTRADA
USCSR: DB 0 ;O USUARIO PODE ARMAZENAR A IMAGEM DO
;CSR AGUI TODA VEZ QUE CSR E' MUDADO.
;POR OUTRO LADO, A ROTINA PASSO A PASSO
;DESTRUIRA O CONTEUDO DE CSR.
END

```

