

**AUTOMATIZAÇÃO DE MEDIDAS FOTOMICRODENSITOMÉTRICAS**

Sibelius Lellis Vieira

Orientador - Armando Turtelli Jr.

Tese apresentada no Instituto de Física "Gleb Wataghin" da  
Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos  
para a obtenção do Título de Mestre em Física.

*Este exemplar corresponde à redação final da tese  
defendida pelo aluno Sibelius Lellis Vieira e apro-  
vada pela Comissão Julgadora*

Campinas

1987

*A. Turtelli Jr.*

*25-IX-87*

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Armando Turtelli Jr., pela orientação e apoio prestados durante a realização deste trabalho

Aos Profs. Edison Shibuya e Kotaro Sawayanagi pelas discussões e sugestões apresentadas

Ao Sr. Mário de Castro Souza Jr., pela colaboração dispensada

As Secretárias Marilena e Sandra, pela simpatia e atenção

As Microscopistas Analzira, Divanilde e Rosângela, pela ajuda e compreensão

Ao Pessoal da Colaboração Brasil/Japão, pela contribuição prestada

A todos os meus amigos, que muito me incentivaram, meus agradecimentos

A meus pais, agradeço pelo estímulo e apoio

Ao CNPq, pela bolsa concedida no período de 8/84 à 7/86

À FAPESP, pela bolsa concedida no período de 8/86 à 7/87

# ÍNDICE

	pg
RESUMO.....	1
Capítulo I - INTRODUÇÃO GERAL.....	2
Capítulo II - FOTOMICRODENSITOMETRIA.....	4
II.1 - Histórico.....	4
II.2 - A Experiência de Chacaltaya.....	5
II.3 - Teoria da Cascata.....	6
II.4 - Detetores Fotossensíveis.....	10
II.5 - Medidas em Fotomicrodensitometria.....	11
II.6 - Fotomicrodensitometro NLM 101.....	13
Capítulo III - INTERFACE INTELIGENTE.....	20
III.1 - Hardware do Sistema.....	21
III.2 - Placa do Processador.....	22
III.3 - Placa do Conversor A/D.....	26
III.4 - Software do Sistema.....	27
Capítulo IV - AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTRÔLE.....	47
IV.1 - Atuadores.....	47
IV.2 - Motores de Passo.....	48
IV.3 - Aquisição de Dados e Contrôles.....	52

Capítulo V -	CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS.....	61
Referências.....		63
Apêndice A -	Software do Sistema Operacional.....	65
Apêndice B -	Software de Aquisição de Dados.....	88

## RESUMO

Apresentamos neste trabalho um sistema de automatização de medidas em fotodensitometria microscópica. Basicamente, tais medidas se constituem em quantificar as relações entre a Intensidade de um feixe transmitido em relação à Intensidade do feixe incidente em filmes de Raio-X.

No processo de automatização, implementamos o hardware e o software de uma Interface Inteligente, baseada no microprocessador Z80, cujo objetivo é controlar a aquisição de dados do Fotomicrodensitômetro. Além de controlar a aquisição e transmissão de dados, a Interface é responsável pelo comando do Motor de Passo acoplado ao equipamento.

Tal sistema facilita a análise de dados dos filmes de Raio-X, bem como proporciona melhor resolução e confiabilidade às medidas.

## CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO GERAL

O presente trabalho está inserido no contexto de Instrumentação em Física Experimental de Altas Energias. O objetivo principal desta tese é a implementação de um sistema automatizado para Análise de chapas de Raio-X. A importância de tal sistema é tornar o processo de medida mais preciso, rápido e confiável.

As primeiras observações sobre a produção de desintegrações nucleares por raios cósmicos em câmaras datam da década de 30. Os detectores utilizados eram constituídos de emulsões fotográficas. Nos anos seguintes, foram feitas melhorias nos detectores de modo a permitir a detecção de partículas muito energéticas. Juntamente com as emulsões, outros detectores foram desenvolvidos e entre eles, a chapa de Raio-X, objeto de nosso trabalho.

Atualmente, usamos o Fotomicrodensitômetro NLM 101 para medidas de ionização causada nas chapas por elétrons de cascatas eletromagnéticas que atravessam a película. Essa ionização aparece no filme como uma mancha escura, cujo tamanho e grau de enegrecimento dependem da energia da cascata eletromagnética. No processamento químico das chapas fotográficas, o que se faz é retirar todo o haleto de prata que não foi ionizado, fixando-se na chapa apenas a prata ionizada. Com o Fotomicrodensitômetro, consegue-se medir a razão sinal/fundo. O que se faz é medir a transmitância em um ponto onde houve ionização e compará-la com a medida em um ponto não-ionizado. Quando manualmente operado, o aparelho NLM 101 registra as medidas através de um graficador com base de tempo independente da velocidade da platina. As ativi-

dades desenvolvidas no trabalho consistem, basicamente, na automatização da fase de coleta de dados (hardware e software) e movimento de "mudança de linha", possibilitando o aparelho NLM 101 operar como processador de imagens.

No Capítulo II descrevemos o processo de detecção de raios cósmicos utilizando chapas fotográficas de Raio-X. No Capítulo III apresentamos a descrição da Interface Inteligente, projetada para o controle do equipamento. No Capítulo IV, descrevemos o processo de medida automatizado. Finalmente, no Capítulo V, algumas considerações sobre o trabalho. Nos Apêndices A e B, fornecemos a listagem dos principais programas do Sistema Operacional e Aquisição de Dados.

## CAPÍTULO II - FOTOMICRODENSITOMETRIA

### II.1-HISTÓRICO

A Radiação Cósmica começou a ser investigada sistematicamente a partir do início deste século. Dentre os muitos resultados obtidos nessas pesquisas, podemos citar, por exemplo, a descoberta de várias partículas elementares, como o pósitron, os mésons, entre outras.

A Radiação cósmica é em geral dividida em radiação cósmica primária e radiação cósmica secundária. A componente primária da Radiação Cósmica é a componente proveniente de fontes externas e que ainda não interagiu com a atmosfera. Essas partículas são predominantemente prótons e seu espectro energético observado se estende além de  $10^{13}$  eV. A componente secundária é formada na interação destas partículas com os núcleos da atmosfera. As partículas produzidas nessas interações são principalmente píons e káons e os produtos de seus decaimentos, como raios gama, neutrinos e múons [1].

Para o estudo destas interações hadrônicas de altas energias induzidas pela radiação cósmica iniciou-se nos idos de 1961 uma colaboração entre grupos japoneses e brasileiros, hoje conhecida como Colaboração Brasil-Japão (CBJ). Foi desenvolvido pela CBJ um detetor especialmente projetado para permitir o estudo das interações hadrônicas induzidas por partículas da radiação cósmica. Esse detetor é constituído de filmes de raio-X e emulsões nucleares. Passaremos a uma breve descrição da metodologia usada pela CBJ em sua experiência no Monte Chacaltaya (5220m), Bolívia.



## II.2-A EXPERIÊNCIA DE CHACALTAYA

O detector utilizado é uma câmara de emulsões nucleares, filmes de raio-X e blocos de chumbo, exposta no Monte Chacaltaya, nos Andes Bolivianos. Estas câmaras são constituídas de blocos de 40x50 cm de material fotossensível e placas de chumbo, alternadamente. O esquema das interações detetadas pode ser visto na Fig. 1.

O escopo inicial da CBJ era analisar as interações ocorridas na atmosfera. Entretanto, como a altura do detector até o topo da atmosfera é de aproximadamente 6 caminhos livre médios de interação, deteta-se em geral a superposição de mais de uma interação [2]. Além disso, há uma certa ambiguidade na determinação da altura da interação. Com o objetivo de evitar tal ambiguidade, decidiu-se montar um detector de dois andares: uma parte superior, chamada câmara superior, abaixo da qual se localiza um alvo de espessura de  $1/3$  de caminho livre médio, e um pouco mais abaixo um segundo detector, a câmara inferior. Desta forma, as cascatas eletromagnéticas detetadas na parte inferior da câmara são, em grande parte, provenientes de raios- $\gamma$  produzidos em interações localizadas no alvo. A câmara inferior é composta por blocos com camadas de raio-X e de emulsões nucleares, enquanto a câmara superior contém principalmente filmes de raio-X usando algumas emulsões nucleares para calibração. O piche foi o material escolhido como alvo devido à necessidade de se ter um material onde o número de interações nucleares fosse o maior possível e o número de pares produzidos fosse o menor. O espaçamento entre o alvo e o detector possibilita uma determinação da altura com erro de aproximadamente 5%. O esquema atual do detector está na Fig. 2.

Nas interações hadrônicas induzidas pela radiação cósmica o processo dominante é a de produção múltipla de mésons [3]. Por produção múltipla entende-se que os mésons produzidos são provenientes de uma única colisão hadron-núcleon. As interações podem se dar na atmosfera, no alvo ou nas placas de chumbo, sendo denominadas respectivamente A-jatos, C-jatos e Pb-jatos. Nessas interações são produzidos píons carregados e neutros. Os fótons produzidos no decaimento destes últimos podem se materializar, criando pares  $e^+ + e^-$ , os quais podem dar origem a novos fótons e assim por diante, desenvolvendo desta forma as chamadas cascatas eletromagnéticas (cem) [4]. Os elétrons das cem impressionam as chapas e nos permitem reconstruir o evento. A busca de eventos nas chapas de raio-X é feita a olho nu, uma vez que os pontos por onde passaram as partículas (chuveiros) são visíveis e estão ligeiramente enegrecidos. Encontrados os eventos, podemos medir suas energias através do método de contagem de traços e fotomicrodensitometria. Passaremos, agora, a uma sucinta explicação da teoria de formação do chuveiro.

### II.3-TEORIA DA CASCATA

Os elétrons e fótons dos chuveiros são produzidos a partir do processo de produção múltipla de mésons: a componente primária da RC interagindo com os nucleons da atmosfera produz píons e os píons neutros decaem em raios- $\gamma$ . Estes, interagindo com a matéria, produzem elétrons, dando origem ao processo de cascata.

No processo de formação da cem (chuveiro), os mecanismos básicos são: Bremsstrahlung e produção de pares.

O Bremsstrahlung (Radiação de Freiamento) é o processo de emissão de fótons quando partículas carregadas são aceleradas. Esses fótons, ao atravessarem um meio material podem dar origem a pares  $e^+ + e^-$ , processo conhecido como produção de par. Esses elétrons, por sua vez, podem ionizar o material fotossensível e sofrer novamente bremsstrahlung, realimentando o processo. A ionização consiste basicamente na concessão de energia para elétrons de órbitas mais externas em um átomo (energia de ligação), sendo esta energia cedida por partículas externas [5].

Para partículas próximas à velocidade da luz a energia perdida por ionização é praticamente independente da energia cinética da partícula e do material atravessado. Já no processo de bremsstrahlung, a energia perdida é proporcional à energia da partícula. Em baixas energias o processo dominante é o de ionização enquanto que o bremsstrahlung é mais importante na região das altas energias. No caso dos fótons, além da produção de par, ocorre também o efeito Compton. Para energias que nos interessam, porém, esse processo é pouco importante. Portanto, verificamos que na formação do chuvaire os processos de interesse são o de bremsstrahlung e o de produção de pares. De fato, um processo pode ser considerado o inverso do outro. As Figs. 3a e 3b ilustram os principais processos de perda de energia para elétrons e fótons.

A teoria da cascata foi desenvolvida pela 1ª vez por Babha, Heitler, Carlson e Oppenheimer, em 1937 [6], com algumas aproximações.

A energia perdida por um elétron através de radiação é dada por:

$$\frac{dE}{dX} = X_0^{-1} \cdot E \quad (1)$$

onde:

E=energia do elétron

X=distância percorrida

X<sub>0</sub>=comprimento da radiação

Esta energia vai diminuindo a medida que o elétron interage com o meio material até atingir um valor crítico, chamado E<sub>0</sub>, para o qual a energia perdida por bremsstrahlung é aproximadamente igual à energia perdida por ionização. E<sub>0</sub> é uma constante que depende do meio material.

Se os elétrons têm energia muito maior que a energia crítica do material, o efeito de energia perdida por ionização pode ser desprezado. Neste caso, o número de partículas do chuveiro tende a aumentar infinitamente com a profundidade de matéria atravessada. Por outro lado, se for levada em conta a perda de energia por ionização, a energia da partícula tende à energia crítica.

O desenvolvimento lateral das partículas do chuveiro é devido ao ângulo de abertura no processo de produção de par, ao ângulo de emissão do fóton e aos desvios causados pelo efeito "Landau-Pomeranchuk" [7].

Os cálculos sobre desenvolvimento lateral e transversal das cascatas eletromagnéticas em materiais não homogêneos (câmaras de emulsão) foram realizados por Kamata e Nishimura [8]. A distribuição

transversal das partículas do chuveiro se deve principalmente ao espalhamento múltiplo coulombiano que ocorre quando essas partículas atravessam um meio material. O ângulo de espalhamento é inversamente proporcional à energia do elétron e daí vem a relação entre a energia do elétron e a distância ao centro do chuveiro,  $E=K/r$ , sendo  $K$  a constante de espalhamento. As partículas de maior energia ficam concentradas no centro, quanto menor a energia, maior o ângulo de espalhamento. Por outro lado, as partículas de menor energia são rapidamente absorvidas e não mais contribuem para o desenvolvimento do chuveiro. Se  $E_0$  é a energia da partícula primária, temos que:

$$\rho(E_0, r, t) \sim \left(\frac{E_0 \cdot r}{K}\right)^5 \cdot \frac{1}{r^2} \quad (2)$$

onde  $\rho$  é a função que dá a distribuição das partículas no chuveiro em função da distância  $r$  ao seu centro, da profundidade  $t$  e da energia  $E_0$ .

São calculadas teoricamente as curvas que representam a variação do número de elétrons de um chuveiro em função da profundidade, as curvas de transição. O número máximo de elétrons que uma cascata pode produzir é proporcional à sua energia. Experimentalmente, a energia do chuveiro é obtida contando-se os traços de ionização dos elétrons na emulsão nuclear, em um círculo de raio  $r$ , para diferentes profundidades  $t$ . Comparando-se a curva experimental com a curva de transição teórica, obtém-se o número máximo de elétrons na cascata, o qual é proporcional à energia do gama que deu início a cem [9]. A Fig. 4 ilustra as curvas de transição.

## II.4-DETECTORES FOTOSSENSÍVEIS

A ação da luz em sais de prata é conhecida há muito tempo, sendo as primeiras referências datadas do século XVII. Contudo, somente por volta de 1839 foi desenvolvido um método de reproduzir imagens através de sais de prata colocados sobre uma base de vidro. Verificou-se posteriormente que partículas poderiam produzir traços em chapas fotográficas. A. Schopper foi o pioneiro nas pesquisas sobre raios Cósmicos com métodos fotográficos, utilizando filmes como detectores. Várias partículas elementares foram descobertas através do método fotográfico. Atualmente, apesar do desenvolvimento de vários tipos de detetores, permanecem as vantagens do método fotográfico, quais sejam, a maneabilidade, simplicidade, rapidez, eficiência das medidas e principalmente a resolução espacial, até agora insuperável.

A emulsão fotográfica é composta de grãos de haleto de prata em suspensão em uma gelatina à base de proteína animal. O haleto se constitui de brometo e pequenas quantidades de iodeto. Os grãos de AgBr possuem uma estrutura cristalina cuja célula unitária é do tipo Cúbico de Face Centrada. A rede cristalina eventualmente possui defeitos como impurezas, lacunas, átomos deslocados, entre outros.

O princípio de formação da imagem na chapa baseia-se na absorção de energia sob a forma de radiação eletromagnética e de energia cinética de partículas carregadas [10]. Basicamente, esta absorção produz elétrons na banda de condução e buracos na banda de valência. Os elétrons se movimentam pelo cristal até o seu local de captura e os buracos se movimentam até a superfície e formam átomos halogêneos que

$$D = \log \left( \frac{I_0}{I} \right) \quad (3)$$

Os filmes de raio-X possuem uma opacidade de fundo que depende de várias causas: idade do filme, temperatura, umidade, etc. A opacidade medida pelo aparelho é chamada opacidade absoluta ( $D'$ ), pois se considera tanto o efeito do chuveiro como o do fundo ( $D_0$ ). A opacidade real ( $D$ ) deve ter como referência o fundo; portanto:

$$D = D' - D_0 \quad (4)$$

A opacidade no filme de raio-X é proporcional à densidade de elétrons até  $10^7$  elétrons/cm<sup>2</sup> para filmes de alta sensibilidade e até  $10^8$  elétrons/cm<sup>2</sup> para filmes de baixa sensibilidade. Acima destes valores começa a haver saturação nos filmes e a relação deixa de ser linear. A relação da opacidade com a densidade de elétrons nos permite determinar a energia do chuveiro fotoeletrônico. As curvas de transição relacionam a opacidade com o desenvolvimento dos chuveiros na câmara. Uma vez de posse dos valores de opacidade para as diversas unidades de cascata (profundidade), traçamos as curvas que melhor concordam com os pontos experimentais e obtemos o valor de opacidade máxima ( $D_{\text{máx}}$ ) para cada chuveiro. Como as medidas de opacidade variam conforme a câmara, é necessário uma calibração para cada câmara para se ajustar os valores de  $D_{\text{máx}}$ . Uma vez obtido o valor de  $D_{\text{máx}}$  calibrado, podemos calcular a energia do chuveiro e reconstruir o evento.

A medida da opacidade depende da área em que é feita. Para

delimitar essa área usa-se uma fenda variável no fotomicrodensitômetro. O tamanho da fenda tem importância fundamental na exatidão da medida. Os filmes de raio-X usados tem uma camada de material fotossensível depositada em cada face e portanto, um chuveiro foto-eletrônico é registrado nos dois lados do filme. Assim, a opacidade máxima do chuveiro é medida com relação às duas manchas e a variação desta opacidade com a largura da fenda é linear até um valor mínimo, abaixo do qual esta relação linear não mais é válida. Evidentemente, a largura mínima depende do ângulo de incidência do chuveiro. Pode-se obter, então, um tamanho de fenda para o qual a opacidade medida é o dobro da real. As fendas mais comumente usadas situam-se entre  $150\mu\text{m}$  a  $200\mu\text{m}$ , que são suficientemente grandes para a maioria dos ângulos de incidência e tamanho dos eventos, mas não tão grandes a ponto de perdermos muitos detalhes das estruturas das manchas deixadas pelo chuveiro.

## II.6-FOTOMICRODENSITÔMETRO NALUMI 101

Observamos, do que foi colocado anteriormente, que a energia do chuveiro foto-eletrônico pode ser determinada a partir das curvas de transição, que nos fornecem o valor de  $D_{\text{máx}}$ , o qual relacionamos com a energia. O valor de  $D_{\text{máx}}$  é obtido a partir de um ajuste da curva teórica com os pontos experimentais obtidos, ou seja, a opacidade do evento para cada unidade de cascata (profundidade). A opacidade nos é dada através da medida da atenuação de um feixe luminoso ao atravessar o detector (filme). Esta medida é feita através de fotometria, utilizando-se um Fotomicrodensitômetro, que passaremos a descrever.

A Fig. 5 mostra o esquema [12] do aparelho de fotometria NLM



foi usado na análise dos filmes de Chacaltaya. Como o nosso objetivo é automatizar este processo de medida, devemos compreender como este processo é executado atualmente.

O feixe luminoso é gerado por uma lâmpada principal, de 24V e 150W, geralmente de halogêneo. O feixe luminoso é separado em dois, o feixe de medida e o feixe de referência. A largura do feixe de medida é controlada por uma 1ª fenda, ajustável externamente. Após o ajuste de largura, este feixe é adicionado a outro feixe de largura maior para facilitar o posicionamento do evento. Este feixe adicional é gerado pela lâmpada de grande campo. Posteriormente, o feixe de medida passa pelo condensador (objetiva 1) e incide no filme, e sendo atenuado segundo a relação:

$$I = I_0 \cdot e^{-\lambda x} \quad (5)$$

onde  $\lambda$  é uma constante do material atenuador.

Após a passagem pelo filme, o feixe passa pela objetiva 2 e novamente tem sua largura regulada, agora pela fenda 2. A 2ª fenda é que determina a largura do feixe que terá sua intensidade medida. É desejável que as fendas (1 e 2) sejam do mesmo tamanho.

O Feixe de Referência é atenuado por uma cunha padrão no sentido de igualar sua intensidade à do feixe de medida. Posteriormente, os feixes vão para uma fotomultiplicadora. A fotomultiplicadora tem por objetivo transformar em sinal elétrico grandezas luminosas. Em seguida, o sinal que representa a intensidade do feixe passa por um amplificador, estando disponível em uma saída padrão. Este sinal é proporcional à opacidade do ponto medido.

O controle do movimento da platina (suporte para o filme) é feito independente nas direções X e Y. O movimento na direção X é automático, sendo sua velocidade ajustável externamente. O controle da velocidade é feito internamente por um servo motor. Além do sinal de medida, temos também o sinal de Marker-Out, que sincroniza a posição do feixe no filme e sua intensidade. Este sinal é formado por um trem de pulsos nível TTL com "período" de  $10\mu\text{m}$  de movimento da platina; portanto, sua frequência depende da velocidade da platina. Este sinal é usado para sincronizar a posição da pena do graficador, permitindo o registro das opacidades em papel. O movimento na direção Y é manual, sendo ajustado externamente.

No processo de medida, inicialmente é feita a localização do centro do evento do modo que este coincida com o centro da fenda. A seguir, posiciona-se o filme para possibilitar medidas de fundo nas adjacências do evento. Tal processo permite obtermos  $D'$ , que é tomado como valor de pico e  $D_0$ , que é fixado como valor de referência no papel. Desta forma, temos o valor de maior opacidade e fundo, o que nos fornece o valor de  $D$ . A ilustração do método está na Fig. 6.

Este processo é tornado automático com a implementação de uma interface que faz a coleta destes dados, para posterior processamento e cálculo. Tal interface, doravante chamada Interface Inteligente, tem como objetivo a aquisição de dados e controle do processo de medida. Passaremos à descrição detalhada da Interface.

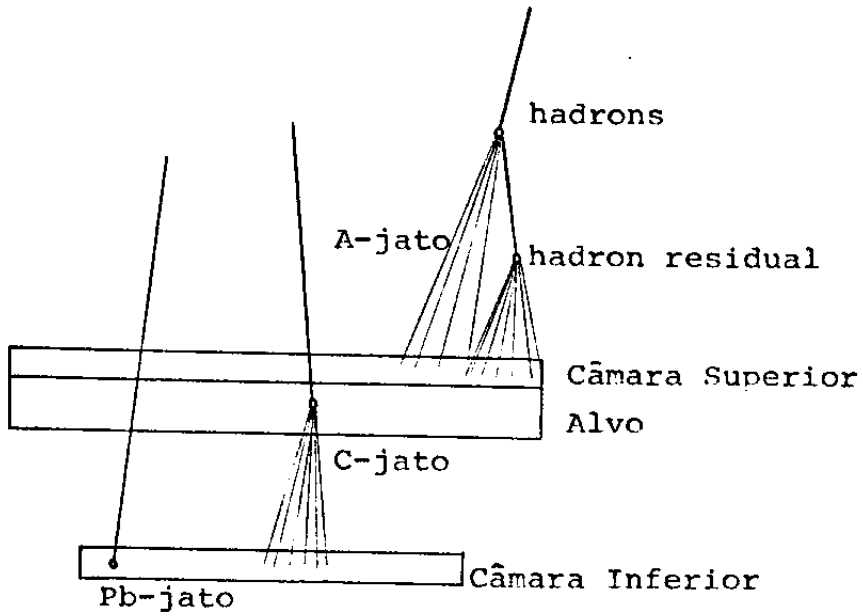


Fig. 1 - Esquema de interações detectadas

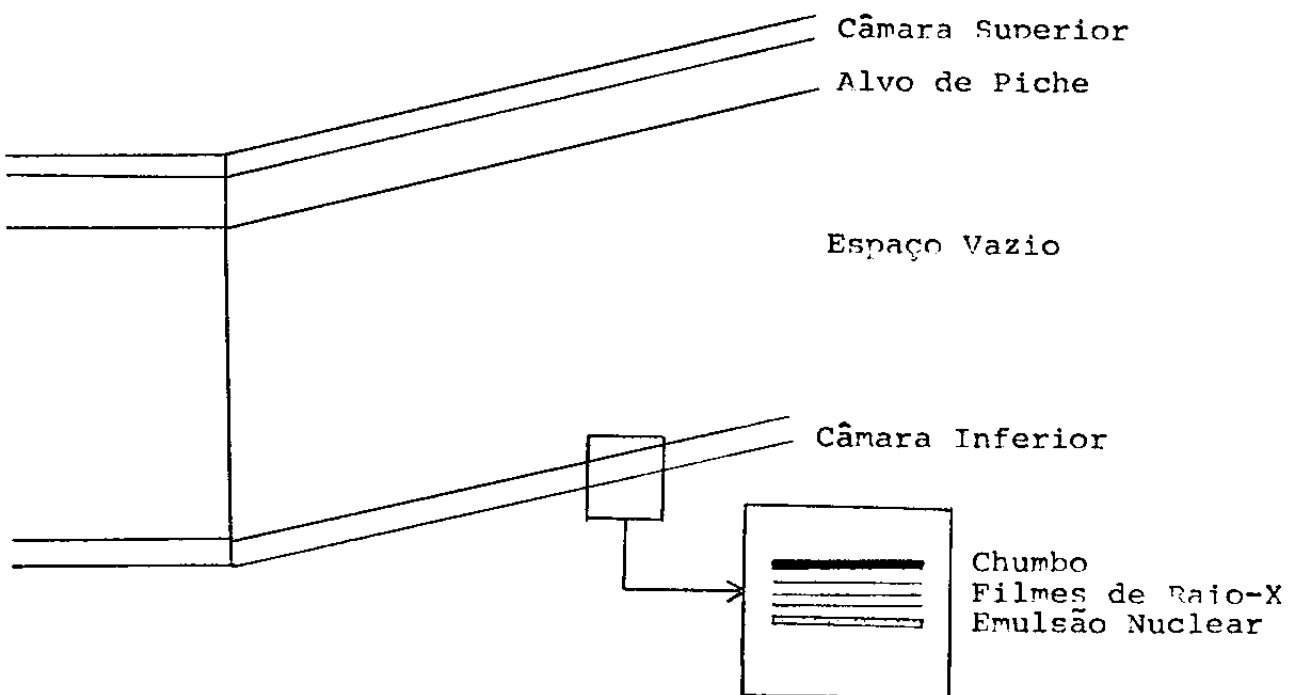
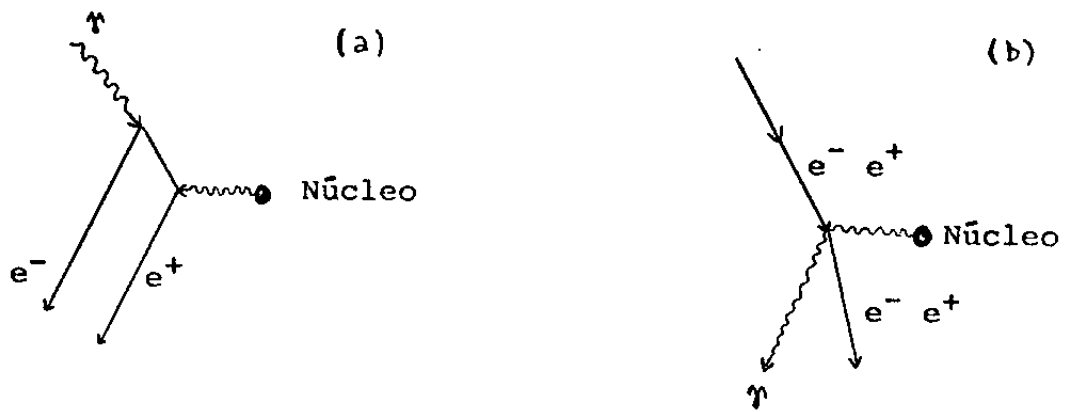


Fig. 2 - Esquema de detector da CBJ



Figs. 3a e 3b - Produção de Par (a) e Bremsstrahlung (b)

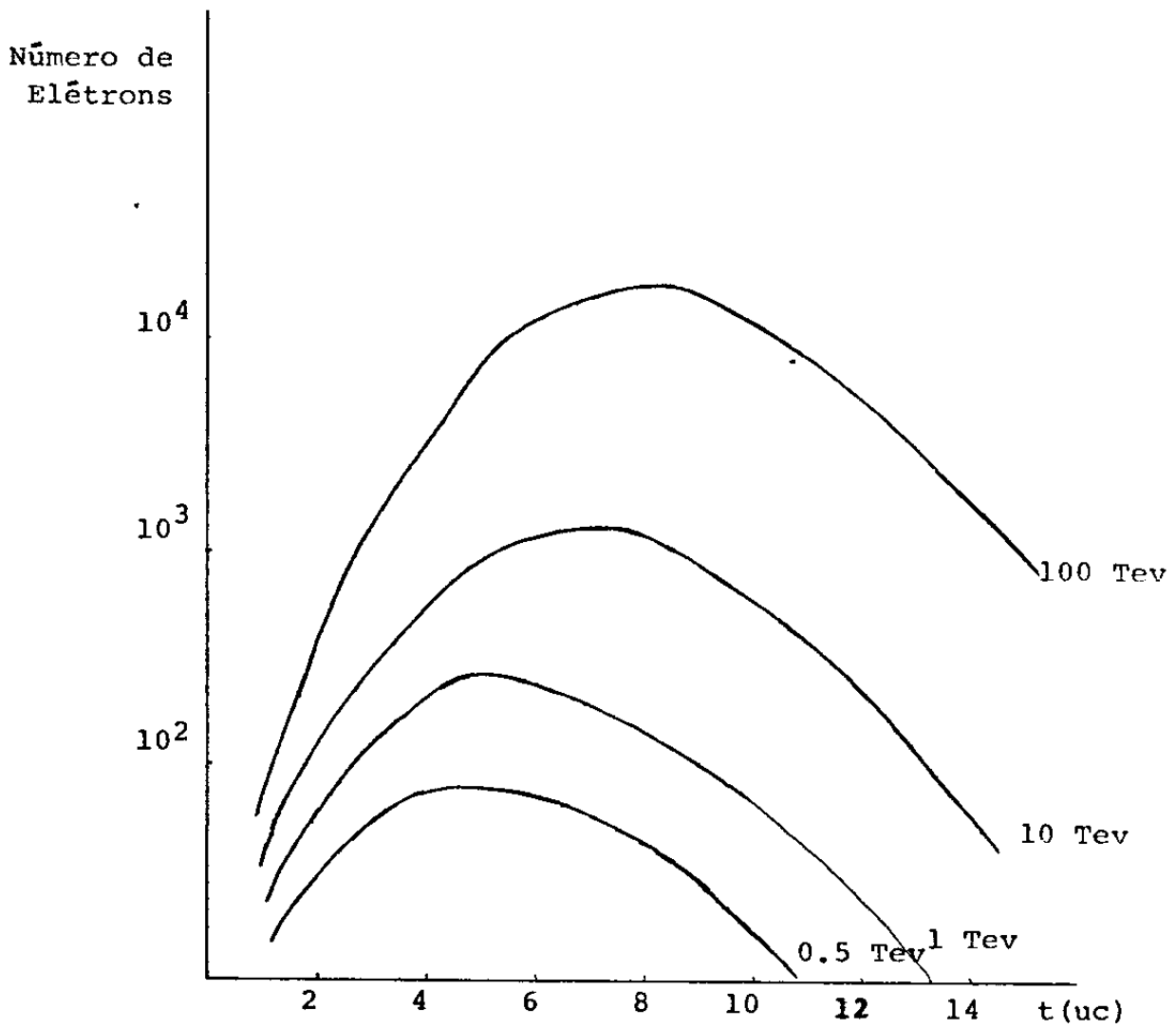


Fig. 4 - Curva de transição teórica

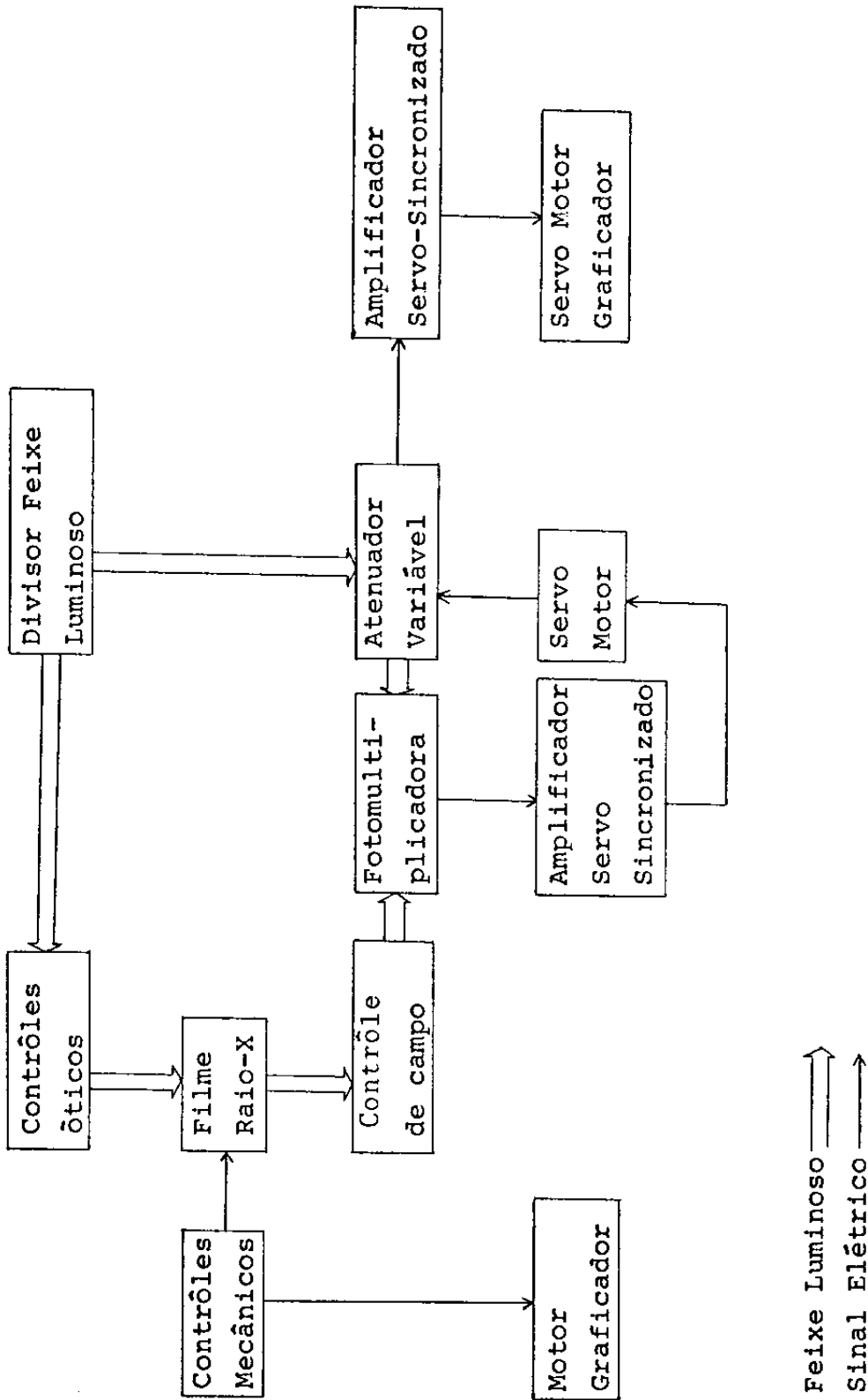


DIAGRAMA DE BLOCOS - FOTOMICRODENSITÔMETRO

Fig. 5 - Esquema do Aparelho NLM 101.

## Medida da Opacidade através do Graficador

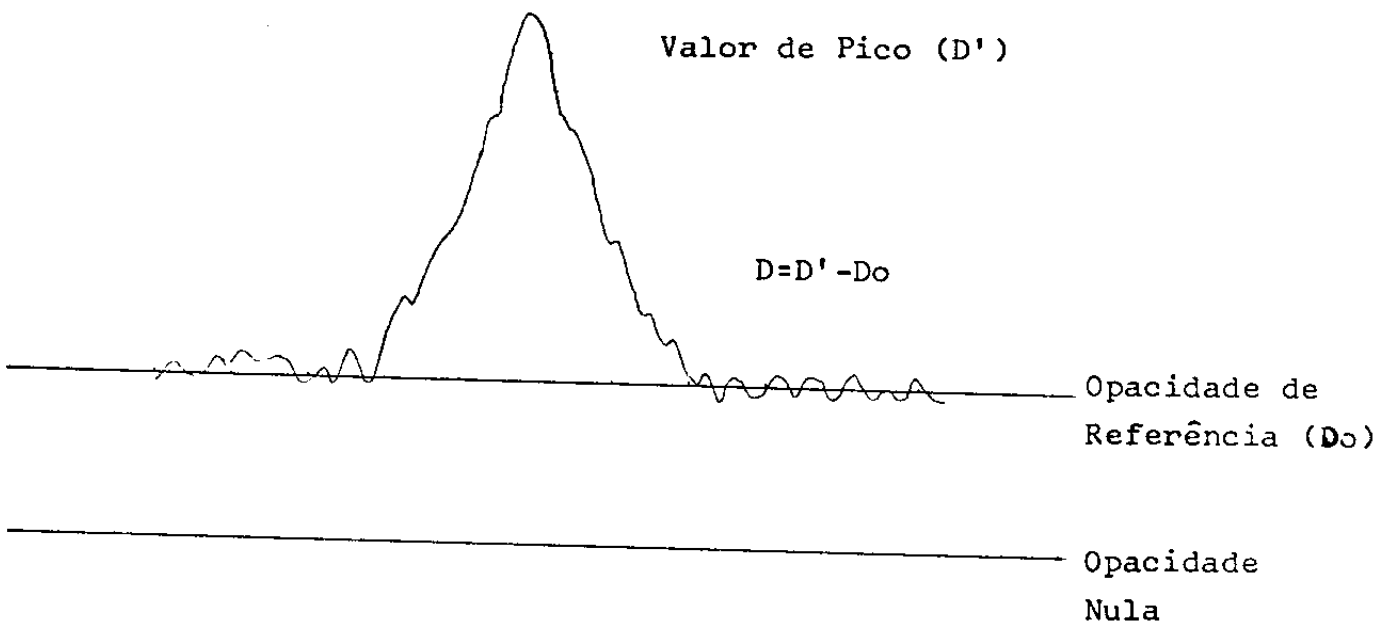


Fig. 6 - Registro da opacidade do evento no Graficador

### CAPÍTULO III - INTERFACE INTELIGENTE

A Interface Inteligente é baseada em um microprocessador Z80, com programa monitor básico em EPROM. A idéia era desenvolver uma interface compatível com a maioria dos microcomputadores disponíveis no mercado nacional, de modo a poder utilizá-los na automatização de medidas e de controle em laboratórios de pesquisa. Sua comunicação com o microcomputador é feita através de uma interface RS232C.

O Programa Monitor (1,5 Kbytes) está gravado em uma EPROM 2732 de 4 Kbytes, podendo o usuário adaptar seu próprio monitor no espaço restante. O Monitor residente prevê a transmissão em ASCII a uma taxa de 9600 baud, taxa que pode ser modificada por hardware (utilização de outro gerador de clock) e por software, como veremos.

A Interface poderia ser acessada por teclado próprio, mas como em geral ela funcionará como auxiliar de um sistema maior (microcomputador comercial), prevê-se que ela será acessada por este, aproveitando o investimento.

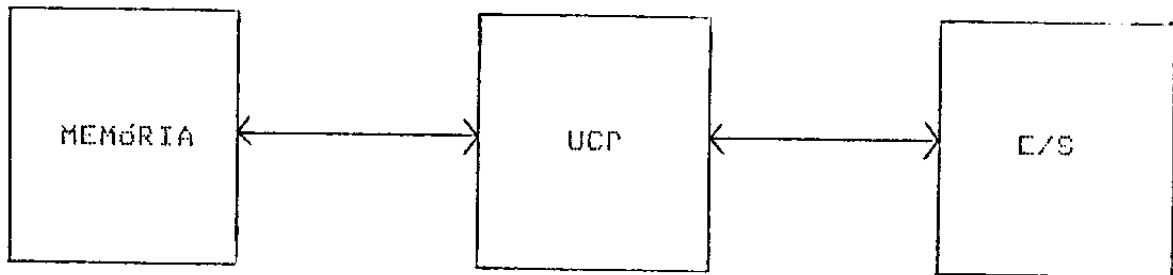
Na configuração atual, a interface é conectada a um microcomputador NEC PC 9801 de 16 bits ( $\mu$ P 8086) e a um VAX 11/780, e está sendo utilizada para processamento de imagens de filmes de raio-X. O sinal analógico de entrada é digitalizado e transmitido à RS232C. Os comandos do conversor analógico-digital são fornecidos através de interrupções externas provocadas pelo instrumento de medida. O monitor prevê níveis de interrupt não-vetorizados. Dos 2 Kbytes de RAM, 256 são usados pelo monitor como buffer de entrada, Stack pointer, sendo que o restante pode ser utilizado como buffer ou para software do

usuário.

### III.1-HARDWARE DO SISTEMA

A interface Inteligente desenvolvida para o sistema se compõe basicamente de duas placas e uma fonte de alimentação de +12 V, -12 V, +5 V e sinal de referência. Uma placa é a do processador e a outra é a do conversor Analógico Digital.

A placa do processador contém os elementos básicos de um sistema de processamento [13], como Unidade Central de Processamento (UCP), Memórias e Unidades de Entrada/Saída. Podemos, basicamente, dizer que um computador contém os seguintes elementos:



A UCP ou Unidade Central de Processamento é o cérebro do sistema. É nela que se concentra a lógica de operações que o computador executa [14]. No caso de microprocessadores, uma única pastilha simples contém os circuitos de controle, lógica e aritmética. Tal combinação inclui, às vezes, pequena quantidade de memória. Geralmente estes sis



temas possuem palavras de 4,8,12 ou 16 bits. A UCP consiste do processador (ou microprocessador) propriamente dito adicionado aos circuitos auxiliares que dão suporte a este, como sistemas de Reset, geradores de clock, entre outros.

A UCP executa programas retirados da memória, que pode conter, além de programas, dados, sendo portanto uma configuração de Von Neumann. As memórias não voláteis (ROM) armazenam os programas do sistema e as tabelas. O armazenamento temporário é feito pelas memórias de acesso aleatório (RAM) e para grande quantidade de dados utiliza-se os sistemas de armazenamento de massa, como discos, fitas magnéticas entre outros.

Para a comunicação com o meio externo, temos as Unidades de Entradas e Saída (E/S), que servem como interface homem-máquina. Através delas, podemos receber resultados do processador numa forma inteligível. Os dispositivos de E/S mais comumente utilizados são teclado, o tubo de Raios Catódicos, a impressora, transdutores (elementos que convertem uma medida física em sinal eletrônico).

A configuração acima apresentada está totalmente contida na placa do processador, a qual passaremos a descrever.

### III.2-PLACA DO PROCESSADOR

Na Fig. 7 podemos observar as ligações na placa do Processador. No sistema apresentado, é utilizado o microprocessador Z80 da Zilog, de 8 bits. As memórias se subdividem em memórias RAM (2 Kbytes expandíveis até 4 Kbytes) e EPROM (4 Kbytes), sendo que as memórias voláteis (RAM) são estáticas. A Unidade de Entrada e Saída pode ser

dividida em E/S paralela e E/S Serial, sendo que a E/S paralela serve para aquisição de dados e controle e a E/S serial para a comunicação com o meio externo. Passaremos agora à descrição das partes do sistema detalhadamente.

### Unidade Central de Processamento

A Unidade central de Processamento consiste do microprocessador Z80, dos circuitos geradores de reset e clock e dos decodificadores de endereço de memórias e dispositivos de E/S.

O Microprocessador Z80 de 8 bits de dados e 16 bits de endereço contém 208 bits de memória interna de escrita/leitura acessíveis ao programador, através de seus registradores e é capaz de endereçar até 65535 palavras de oito bits e 256 portas de E/S. Possui 3 modos de interrupção e trabalha com um sistema de clock de até 4 MHz. Para maiores detalhes, consultar a ficha técnica do Z80 [15]. Todos o CI's TTL são detalhados no Catálogo TTL [16].

### Ligações do Microprocessador

A Fig.7 representa o esquema de ligações da placa do processador. A pinagem do Z80 está descrita na referência 15. Baseados neste esquema, podemos descrever as ligações desta configuração. O Barramento de endereços do Z80 foi ligado na forma padrão. O selecionamento de endereços de memória foi implementado utilizando o CI 8205, descrito na referência [17]. Os endereços de 0000H a 0FFFH estão em EPROM, enquanto a RAM ocupa os endereços de 1800H a 1FFFH. Para o endereçamento

das portas de E/S foram usados os pinos A2 e A3 para a decodificação e A0 e A1 para seleção interna.

Os pinos NMI\*, BUSREQ\* e WAIT\*, respectivamente interrupção não-mascarada, requisição do barramento de dados e espera no ciclo de máquina do microprocessador, não são implementados na configuração atual.

Como não utilizamos memória dinâmica, o pino RFSH\* foi deixado em aberto.

O pino INT\* de interrupção mascarada foi ligado diretamente na placa de conversão. Como veremos, a chegada de um dado provocará uma interrupção na UCP para tratamento deste dado.

Nesta configuração, utilizamos um clock gerado por um cristal de 3.58 MHz. O circuito gerador do sinal de clock permite, através de uma chave, regular a frequência de clock para 1.79 MHz. Este circuito contém o CI4040, que é usado para dividir as frequências e gerar os sinais de clock múltiplos entre si.

O circuito de reset permite o reset manual da UCP através de Push-button. O pulso de reset tem uma largura variável. Este reset é também utilizado para CI8255.

### Ligações da Memória

A Unidade de memória da Placa do Processador contém uma EPROM 2702 de 4 Kbytes, sendo 1.5 Kbytes utilizados pelo Sistema. Além da EPROM, o sistema contém 4 memórias RAM 2114, totalizando 2 Kbytes de memória de acesso aleatório, disponíveis para armazenamento temporário de dados, pilha, etc.

As especificações lógicas e técnicas da EPROM 2732 e da RAM 2114 estão na referência [17]. A EPROM contém 4 Kbytes, de 0000H até 0FFFH. A RAM utiliza os endereços de 1000H até 1FFFH totalizando mais 2 Kbytes. Os endereços de 1000H a 1700H estão reservados para acoplar uma outra RAM 2114.

### Ligações de Entrada/Saída

A Unidade de E/S pode ser dividida em duas partes: As portas de E/S paralelas, implementadas com o CI8255 e a E/S serial da RS232C. Através do decodificador CI7442 pode-se habilitar ambas as portas.

#### a) E/S Paralela

As portas do CI8255 descritas na referência [17] são habilitadas através dos pinos A1 e A0. São três portas de 8 bits de propósito geral que podem ser utilizadas para transferência paralela de dados e controle. Os endereços das portas são:

00H para a porta A, 01H para a porta B, 02H para a porta C e 03H para a palavra de controle. A programação das portas é feita palavra a palavra, com exceção da porta C, que pode ser programada por nibble.

#### b) E/S Serial

A interface implementada é a forma de comunicação serial mais simples dentre as existentes [18]. O esquema detalhado das ligações da porta está ilustrado na Fig. 8. Esta interface foi utilizada no lugar da porta serial que faz a conversão paralela-serial e serial-paralela sendo necessário, na configuração utilizada, um software adicional.

Esta interface permite a comunicação da placa do processador

com um console e terminal de vídeo na taxa de 9600 baud. É possível também a habilitação para comunicação do VAX 11/780 com o terminal. O Endereço das portas é 04H para leitura do console e 0BH para leitura do VAX e escrita em vídeo.

### III.3-PLACA DO CONVERSOR

A Placa do Conversor é a interface de Aquisição de Dados propriamente dita. É composta de um elemento de conversão Analógico-Digital, o conversor A/D 80AG12 da Burr-Brown[19]. As ligações da placa estão ilustradas na Fig. 7.

Um trem de pulso proveniente do NLM 101 é usado para sincronizar a leitura do dado. Entretanto, este sinal não é compatível com a largura de pulso exigida para o início da conversão, largura esta que deve estar compreendida entre 100ns e 2µs, fazendo-se necessário a utilização do CI74121, que faz a conversão na largura do pulso. Esta largura será:

$$T_w = 0.7 \times C \times R_t$$

No caso,  $C=100$  pF,  $R_t=3.3$  K $\Omega$  de modo que  $T_w=241$  ns.

O modelo ADC 80AG12 é um conversor A/D de aproximações sucessivas. O Sinal de Entrada analógico pode estar em uma das seguintes amplitudes: +2.5V, +5V, +10V, 0 a +5V e 0 a +10V. A Operação do conversor é confiável na faixa de -25°C a 85°C.

Para a conversão de 8bits, o tempo de conversão é de 20µs, suficientemente pequeno para os nossos propósitos. O sinal de saída do

NLM situa-se na faixa de 0 a 5V, sendo portanto a faixa de sinal escolhida. A Resolução é de 0.4%, ou seja, 20 mV ou 1 dígito menos significativo, que é de aproximadamente 20 mV.

### III.4-SOFTWARE DO SISTEMA

#### Sistema Operacional PMC 2.5

Para gerenciar as atividades da interface [20] desenvolveu-se o Sistema Operacional PMC 2.5 (Monitor). Está implementado em 1.5 Kbytes em EPROM, permitindo a execução de programas de aquisição de dados e controle, bem como a transferência destes dados para microcomputador NEC.

As principais funções permitidas pelo sistema são:

#### a) Listagem de Bloco de Memória

Através do comando L XXXX YYYY pode-se listar o conteúdo da memória desde a posição XXXX até a posição YYYY, inclusive. Se é digitado apenas o comando L, o sistema pede o início e o fim do bloco de memória a ser listado.

#### b) Examinar/Trocar conteúdo da Memória

Com o comando IN XXXX é possível verificar o conteúdo da memória endereçada por XXXX. Se é necessário modificar o conteúdo da memória, basta digitar o conteúdo desejado após o comando acima.

#### c) Executar Programas

Com o comando G XXXX pode-se executar o programa que começa a partir de XXXX.

#### d) Identificação

Se é digitado a letra I, o sistema se identifica.

e) Listagem de Registros

Com o comando REG, podemos observar o conteúdo dos registradores da UCP.

f) Transmissão de Dados

Através do comando D, podemos transmitir dados diretamente do buffer da Interface para o buffer de entrada do computador NEC.

g) Comunicação com Host

Com o comando Host, habilita-se a comunicação com o computador VAX/11.

Os fluxogramas dos Comandos apresentados estão ilustrados na Fig. 10.

As partes dependentes de hardware são basicamente os endereços das rotinas de serviço de interrupção (RSI) e os endereços de RAM e dispositivos de E/S.

Como já foi visto anteriormente, o hardware do sistema não prevê interrupções vetorizadas; portanto, temos apenas a interrupção não-mascarável (NMI\*) e a interrupção mascarável modo 1 (INT\*). Para a NMI\*, o sistema vai para endereço 0066H, aonde a instrução JUMP 1F22 está colocada; portanto, a RSI da NMI\* começa em 1F22; para a interrupção INT\* o endereço 0038H, aonde temos um JUMP 1F1E, endereço do início da RSI desta interrupção.

Os endereços em RAM estão limitados entre 1000H a 1FFFH; as portas de E/S serial são respectivamente 04H para entrada e 08H para saída (RS232C).

Passaremos agora a descrição sucinta do Monitor PMC 2.5; para maiores detalhes, veja Apêndice A.

Subrotina Begin - é a rotina de inicialização do sistema; vai de 0000H até 003AH.. Na inicialização, são chamadas várias subrotinas; faremos uma descrição deste processo.

início: declara Stack Pointer em 1FE0H;

chama Subrotina Carrega-Tabela (0477H-0486H) que têm como função carregar uma tabela de EPROM para RAM; esta tabela contém elementos que controlam a largura do sinal de bit serial e portanto está relacionada com a velocidade de transmissão do sistema; chama Subrotina Salve-Registros (042CH-0467H), que salva o conteúdo dos registradores da UCP no topo da RAM; chama Subrotina Imprime-Mensagem (048FH-0495H), que escreve na tela a identificação do sistema.

chama Subrotina Sinal (0468H-0476H), que coloca um ponto na tela e por fim chama as Subrotinas Entrada (012DH-01AAH) e Reconhecimento (01EDH-01F3H); A Subrotina Entrada fica esperando por caracteres entrados pelo teclado (Pooling do teclado), enquanto a Subrotina Reconhecimento faz, como o nome indica, o reconhecimento do comando digitado.

Além das chamadas destas subrotinas, a inicialização contém a área de memória de interrupção por software (RST n, n=1,8); os endereços para as RSI das Restarts (RST's) estão listados no Apêndice .

A Subrotina Imprime-Mensagem coloca na tela a mensagem:

LEPTONS - DRC - UNICAMP 10#95

Isto é feito através da chamada de outras subrotinas. A Subrotina String (011EH-0128H) coloca na tela o caractere endereçado por HL se este caracter não for o '\$'; para isto, ela chama a Subrotina COutput (0038H-0065H), abreviatura de character output, que é responsável pela transmissão de caracteres que são representados em ASCII pelo



conteúdo do Registrador C, ou seja, o valor do Registrador C é enviado para tela na forma de caractere. COutput chama a Subrotina Input-Time (03D3H-0409H) para verificar se o CTRL-Z foi teclado. Quando o CTRL-Z é digitado, o sistema vai para o início. A Subrotina Cinput-Time (03BBH-03D2H) verifica se algum caractere foi digitado.

Portanto, a mensagem listada pode ser interrompida por um CTRL-Z; esta é a forma de se interromper uma listagem de memória. A porta de saída serial e a largura do bit (bit time) é dada pelo conteúdo de 1F09H e 1F0AH, sendo que o half bit (bit de início) é dado por 1F0BH e 1F0CH.

A Subrotina Sinal, como foi dito, coloca um ponto (.) na tela, o qual serve para indicar que o sistema está pronto para receber um comando.

A Subrotina Entrada faz pooling do teclado para verificar a entrada do comando; os caracteres de entrada são colocados no buffer de entrada e ecoados para a tela através da Subrotina Echo (00A2H-00E5H). Esta Subrotina chama a Subrotina CInput (0067H-0099H), responsável pela leitura do caractere que entra pela RS232C; este caractere é colocado no registrador C e ecoado; a Subrotina Echo também verifica se houve erro na digitação do comando através da Subrotina Erro (00F4H-010EH).

Preenchido corretamente o buffer de entrada, é agora necessário o reconhecimento do comando digitado. Isto é realizado pela Subrotina Reconhecimento. Esta subrotina utiliza-se da Subrotina Valdl (010DH-011DH) que verifica se o caractere é um caractere especial: (,) vírgula, ( ) espaço ou (CR) retorno do carro.

No caso de ocorrer erro na entrada, as letras (??!) aparece-

rão na tela e o sistema ficará esperando por uma nova entrada. Uma vez feito o reconhecimento do caractere, é necessário executar a subrotina correspondente ao comando; são os seguinte os tipos de comandos:

I  
 REG  
 L,LIST  
 IN  
 G  
 B  
 HOST

Descreveremos as subrotinas correspondentes a cada um dos comandos acima.

Comando I - Pede a identificação do sistema, ou seja, chama a Subrotina Imprime-Mensagem.

Comando REG - Lista os registradores da UCP e seus respectivos conteúdos. para isso, é chamada a Subrotina Liste-Registros (0496H-04EEH), que basicamente tem como função listar os registradores que tiveram seus conteúdos armazenados pela Subrotina Salve-Registros.

Comando L ou LIST - Lista um bloco de memória, como visto anteriormente. A Subrotina List (0223H-0254H) é chamada pelo comando. Esta Subrotina pede o endereço de início da listagem, chama a Subrotina Pega-Endereço (0269H-0276H) para verificar se o início foi carregado; a Subrotina Pega 4-hex (0284H-02D4H) é responsável pelo armazenamento do endereço digitado; posteriormente, é chamado o endereço do fim do bloco e o processo é repetido.

Subrotina Calcbytes (0205H-0222H) - Calcula o número de bytes que deverão ser listados. Na sequência, é listado o endereço inicial e

os conteúdos deste e dos 15 próximos endereços; faz-se o retorno do carro e o processo continua até o fim do bloco.

Subrotina Out-Hex (02F9H-0313H) - Responsável pela saída dos caracteres na sua própria forma, ou seja, ela transforma de código ASCII para caractere. Para isto, ela se utiliza da Subrotina Prval (0324H-032BH), que compara o valor de saída com o valor da tabela hexa.

Comando IN - Responsável pela verificação e alteração do conteúdo da memória. A Subrotina Input (033FH-03AAH) pede o endereço do conteúdo que se quer ver/alterar; se se digita um espaço, a subrotina se incumbem de mostrar o conteúdo da memória endereçada e avança um endereço; posteriormente, o processo é automático, ou seja, digitando-se caractere especial os conteúdos da memória são mostrados automaticamente. Desta forma podemos examinar a memória.

Para alteração do conteúdo da memória, basta posicionar o endereço e escrever o dado pelo teclado. A Subrotina Valdg (02DEH-02F8H) verifica se é um dado válido (caractere hexadecimal). Para deletar um conteúdo, a Subrotina Rubout-hex (03ABH-03BAH) é chamada. Esta subrotina volta uma posição de memória e se posiciona para alteração. Para sair do comando basta apertar a tecla ESC (Escape).

Comando G (Goto) - Corresponde à Subrotina Goto (040AH-042BH). A função desta subrotina é simplesmente pegar o endereço que deve ser o início do programa a ser executado e carregado no Contador de Programa (PC); desta forma, a execução é imediata.

Comando B - Através deste comando, podemos transmitir o conteúdo do buffer cujo endereço inicial é 1C00H; o fim de buffer é indicado pelo seu próprio conteúdo, ou seja, quando são encontrados dois

valores nulos (00H), cessa-se a transmissão. A Subrotina Buff (054AH-0564H) é a responsável pelo comando.

Comando HOST - Responsável pela comunicação NEC/VAX através da Interface Inteligente. Para retornar à Interface, digita-se o caracter CTRL-A. A subrotina Host (053DH-0549H) é a Subrotina do comando.

Existem ainda no Monitor as tabelas com as letras "INICIO:", "FIM:", "ENDEREÇO:" e outras como conversão para código ASCII, etc.

O Apêndice A contém uma listagem completa do Sistema Operacional PMC 2.5.

## Relação dos Circuitos Integrados (IC's) das Figs. 7 e 8.

IC 1 - Z80A : CPU  
IC 2 - 2732 : EPROM  
IC 3 - 2114 : RAM  
IC 4 - 2114 : RAM  
IC 5 - 2114 : RAM  
IC 6 - 2114 : RAM  
IC 7 - 0255 : PIO  
IC 8 - 7400 : NAND GATES  
IC 9 - 7404 : NOT GATES  
IC 10 - 4040 : PULSE DIVIDER  
IC 11 - 0205 : DECODER  
IC 12 - 7408 : AND GATES  
IC 13 - 7442 : DECODER  
IC 14 - 7432 : OR GATES  
IC 15 - 74125 : BUFFER GATES  
IC 16 - 1489 : LEVEL CONVERTER  
IC 17 - 74073 : D-LATCH  
IC 18 - 1488 : LEVEL CONVERTER  
IC 19 - ADC 0812 : A/D CONVERTER  
IC 20 - 74121 : MONOSTABLE MULTIVIBRATOR

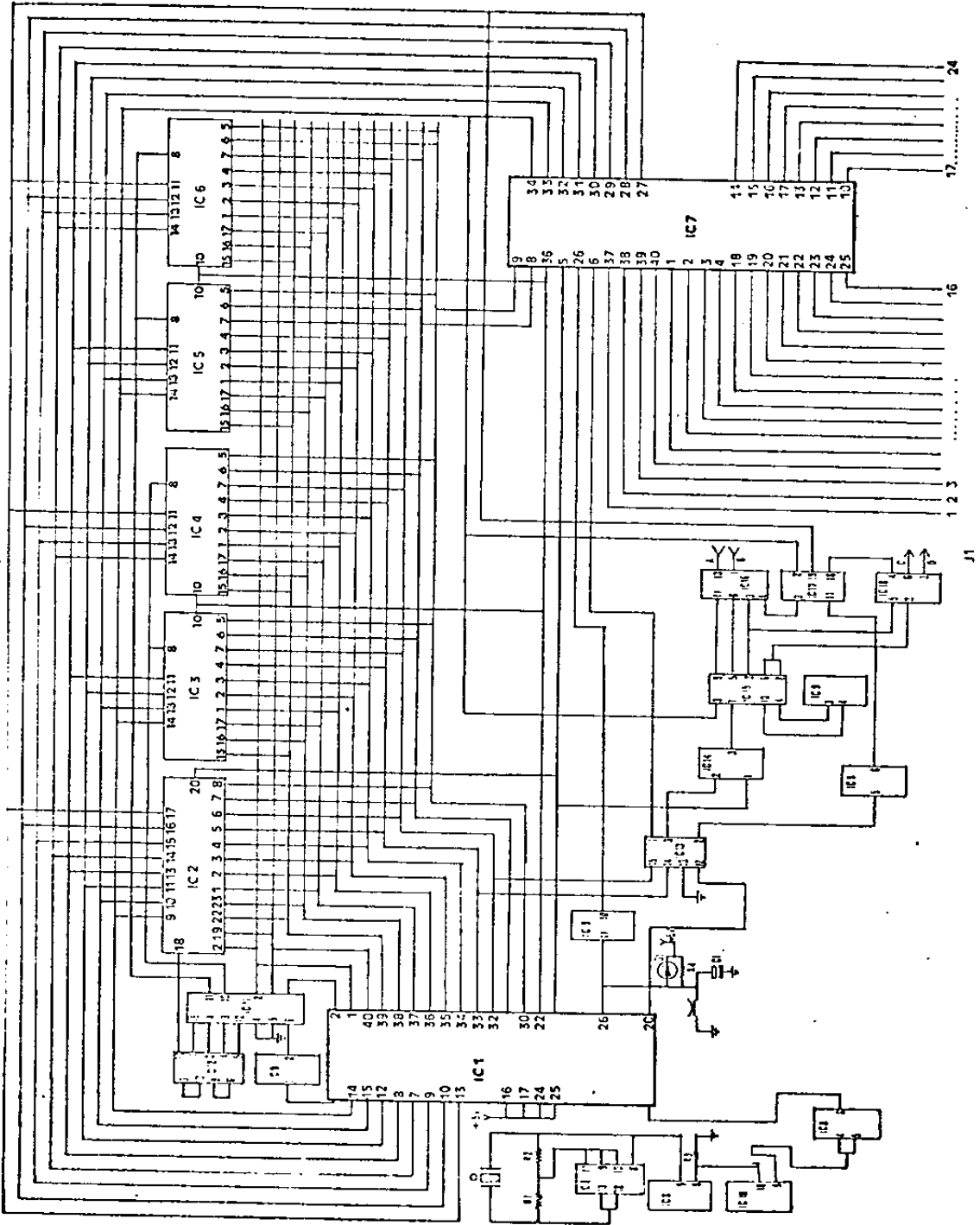
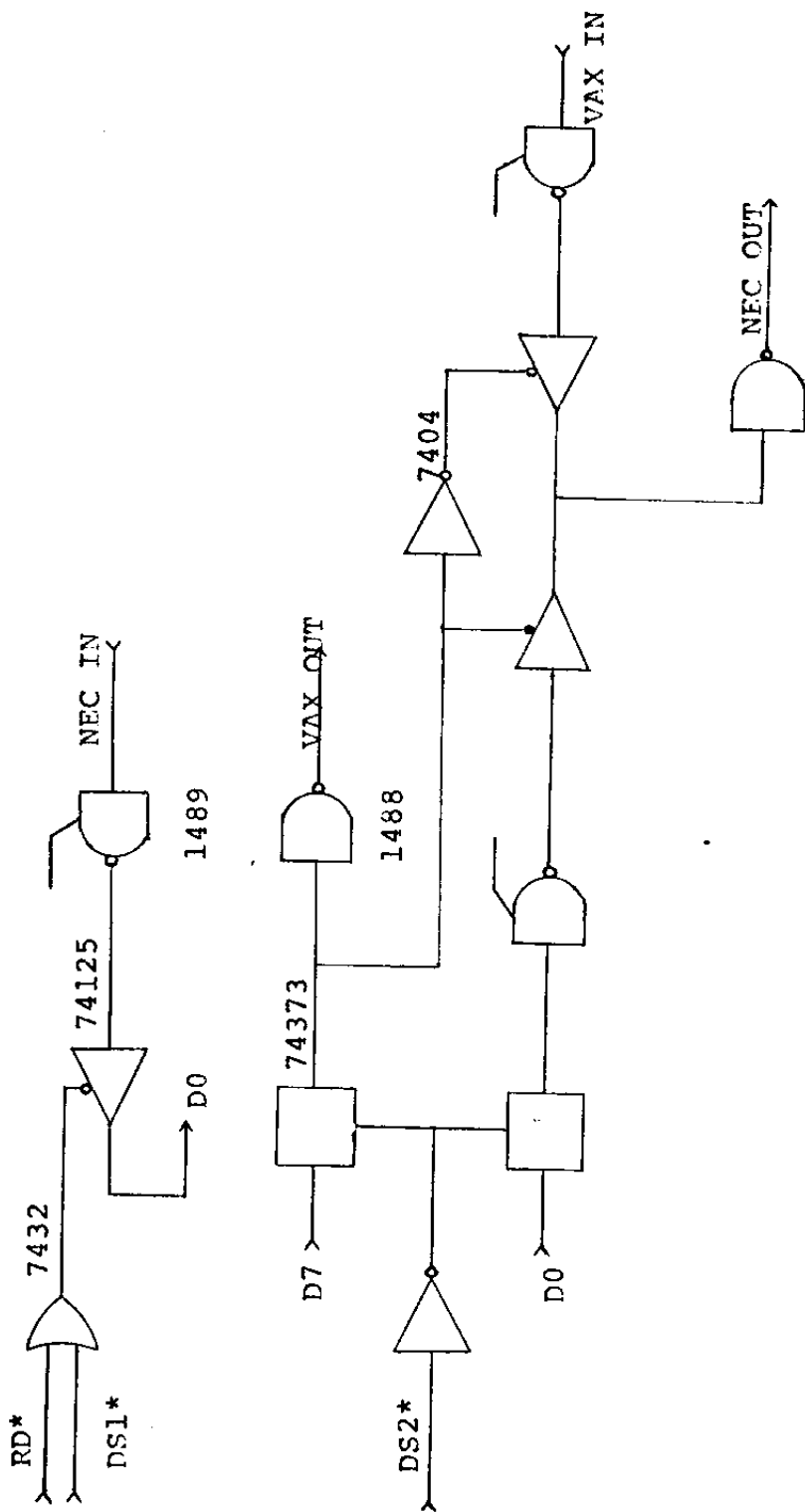


Fig. 7 - Ligações da Placa do Processador



\* representa ativo alto

DS1\* corresponde ao endereço 04H

DS2\* corresponde ao endereço 08H

Fig. 8 - Esquema da E/S Serial

J1

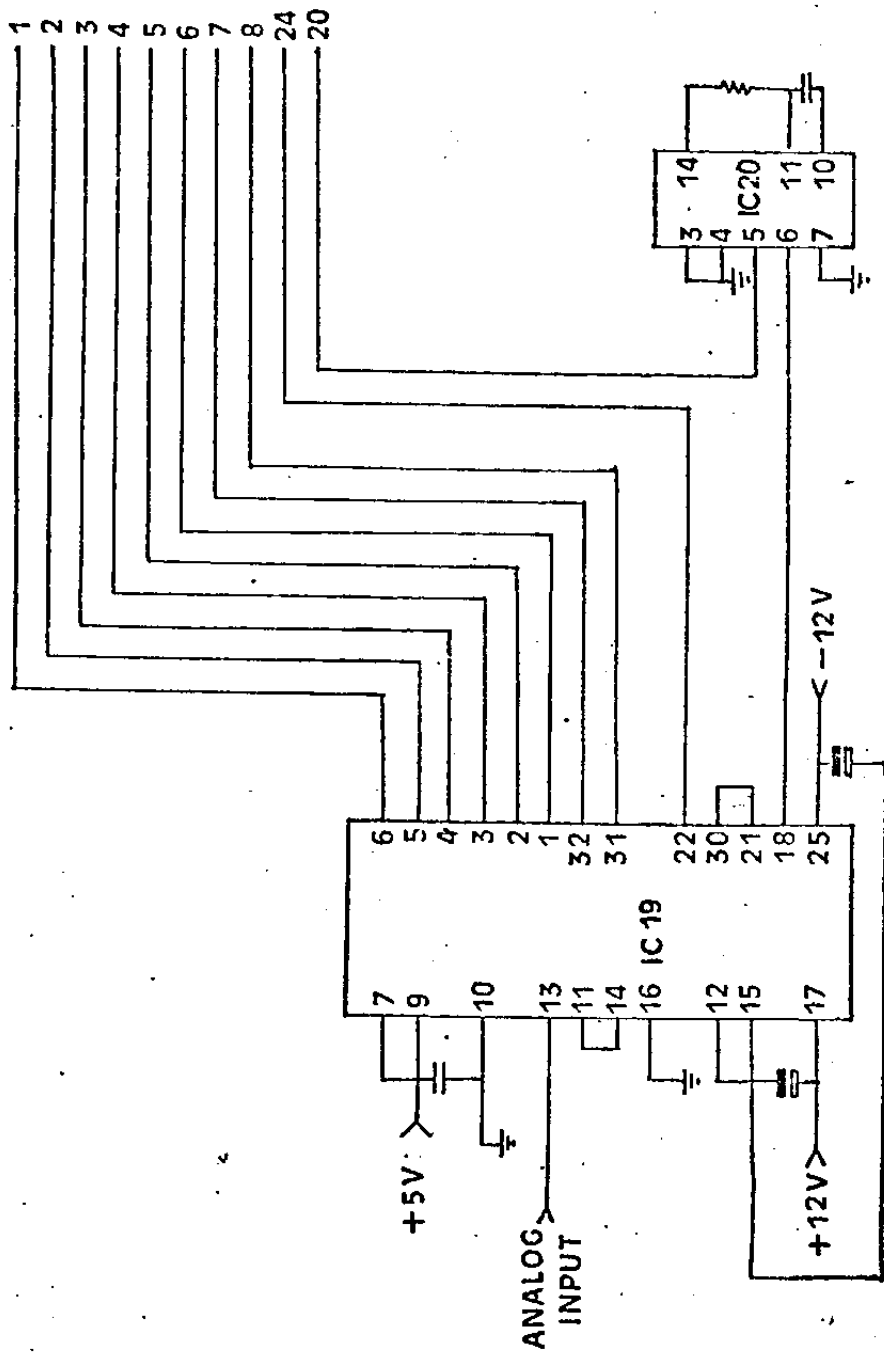


Fig. 9 - Ligações da Placa do Conversor



## INICIALIZAÇÃO (I)

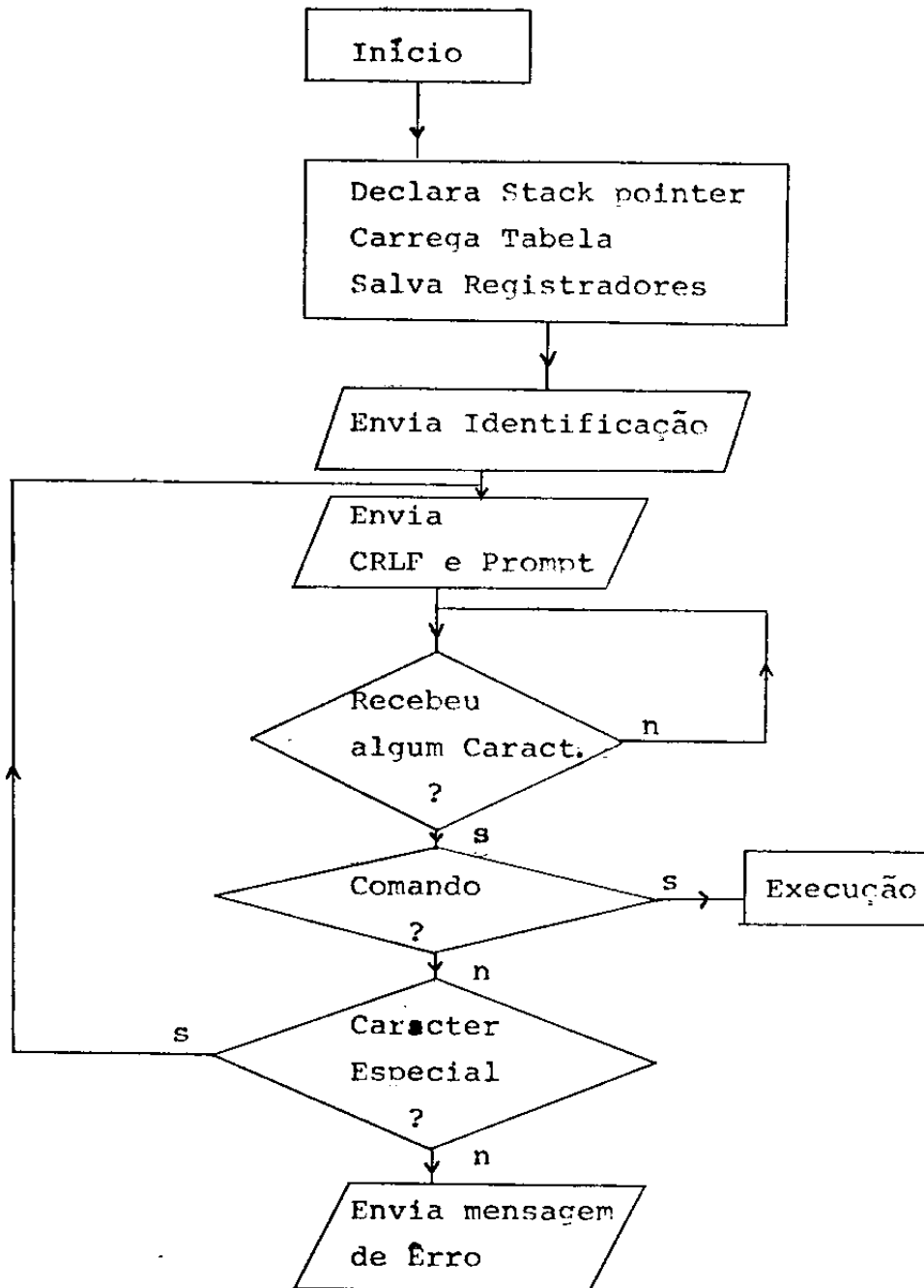
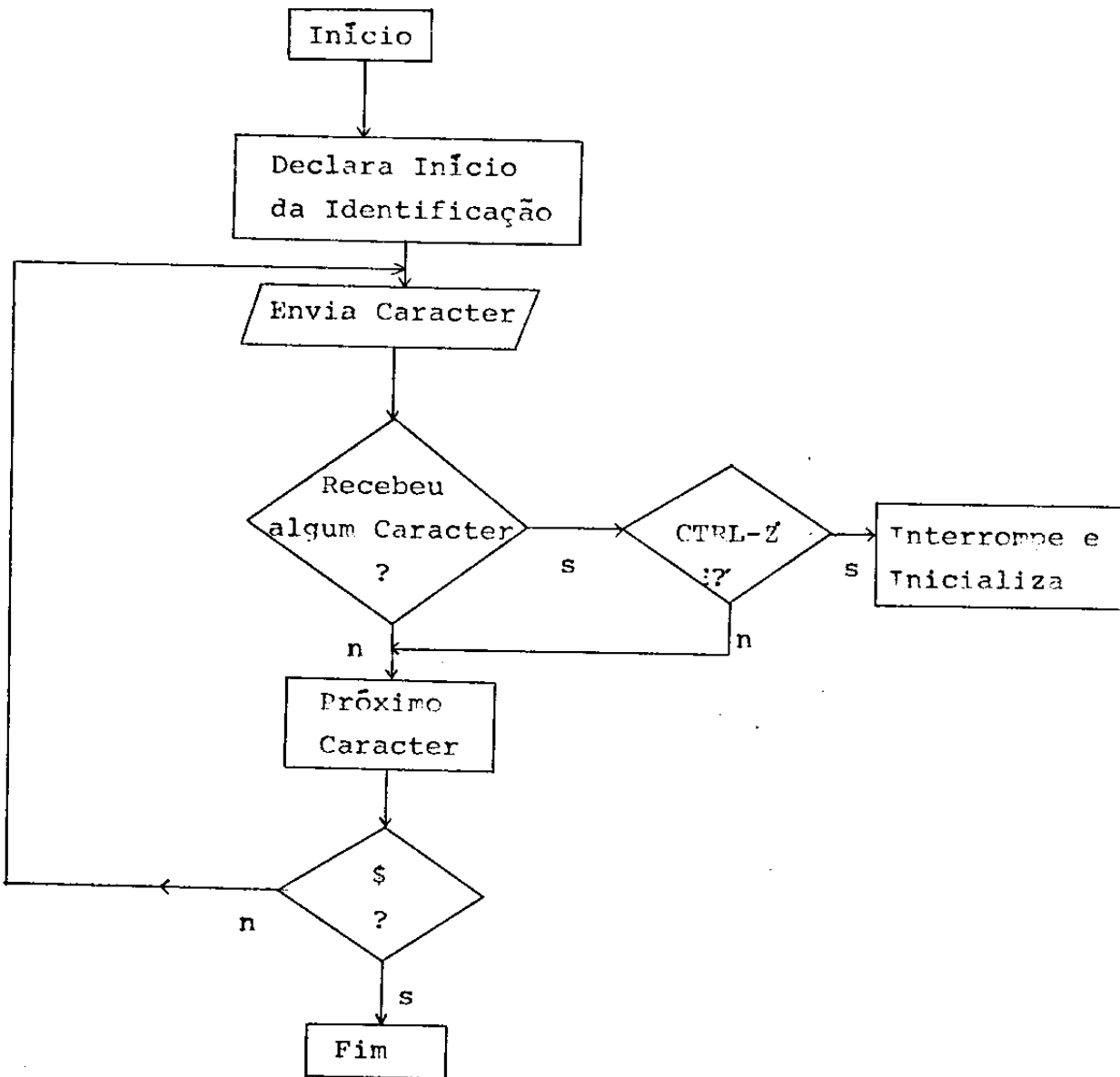
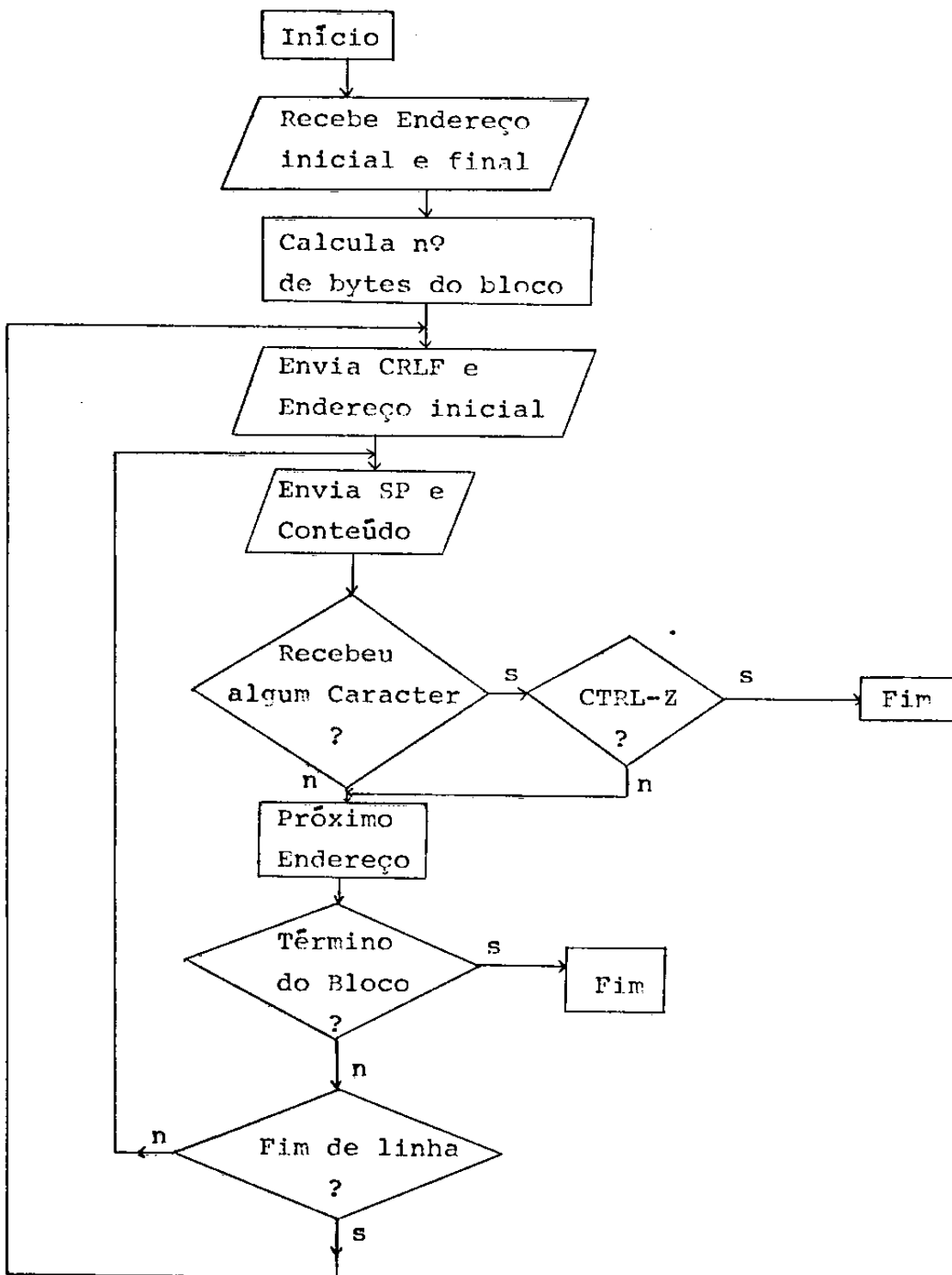


Fig. 10 - Fluxogramas do Sistema Operacional

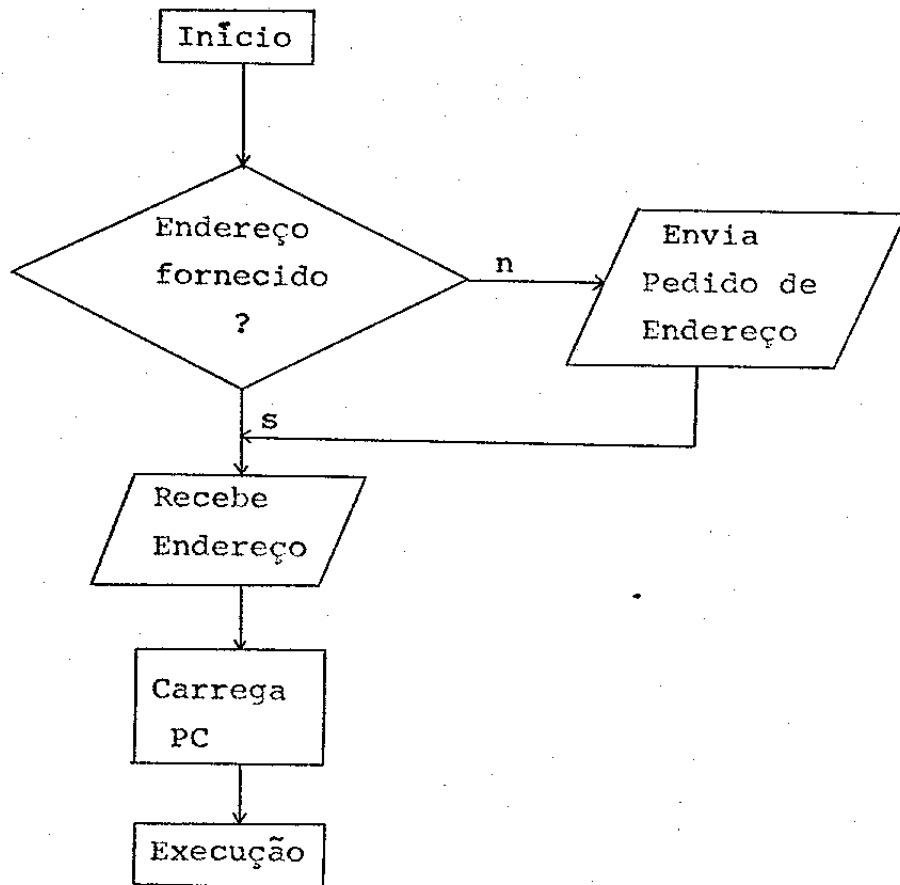
## IDENTIFICAÇÃO (I)



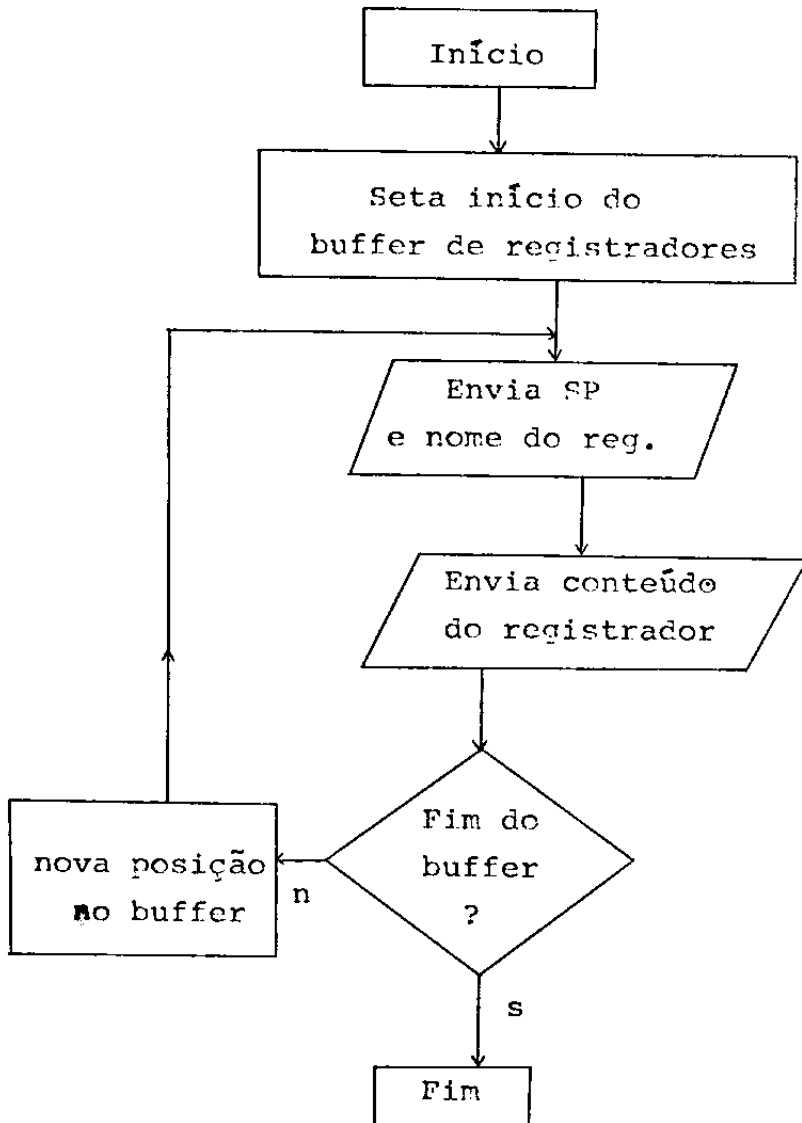
## LISTAGEM DE MEMÓRIA (L-LIST)



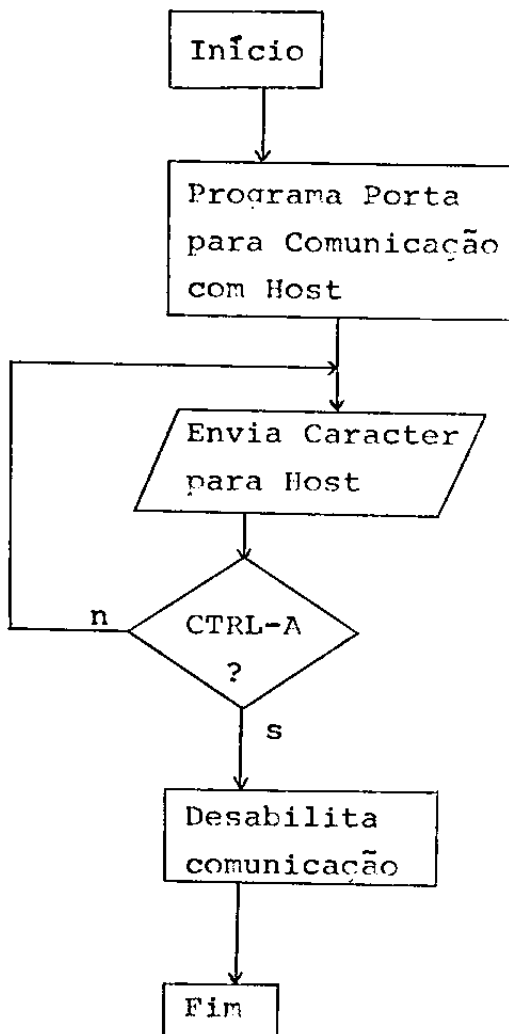
## EXECUÇÃO. (G)



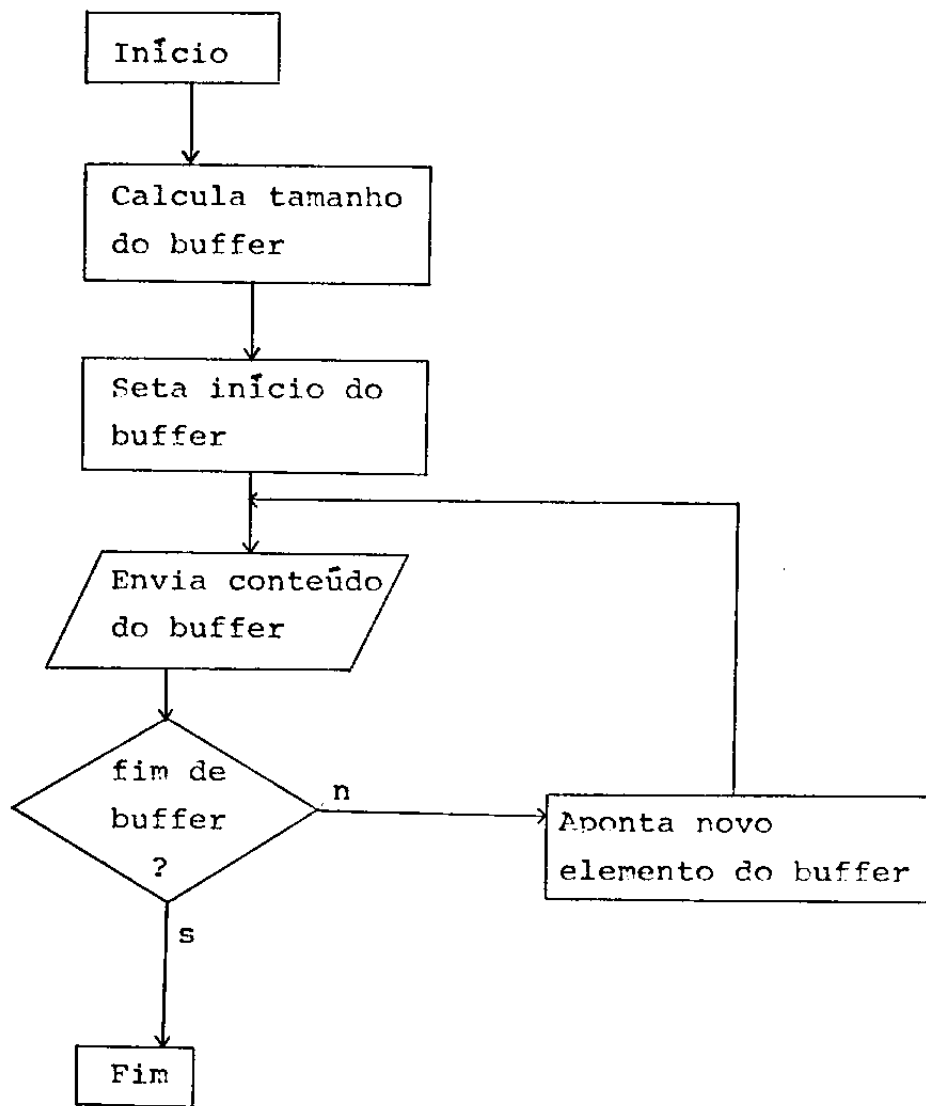
## LISTE REGISTRADORES (REG)



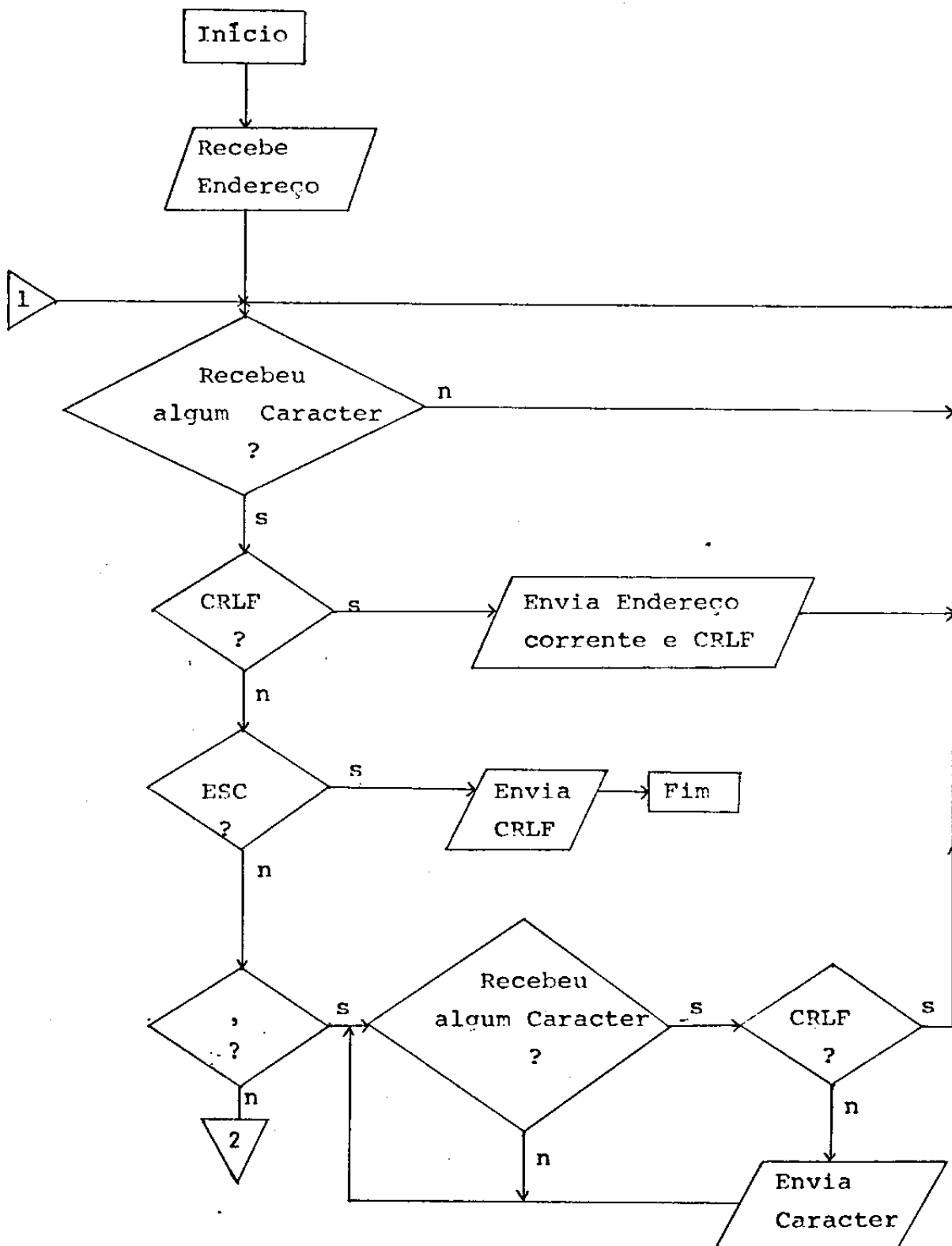
## COMUNICAÇÃO COM HOST (HOST)



## ENVIA BUFFER PARA NEC (B)

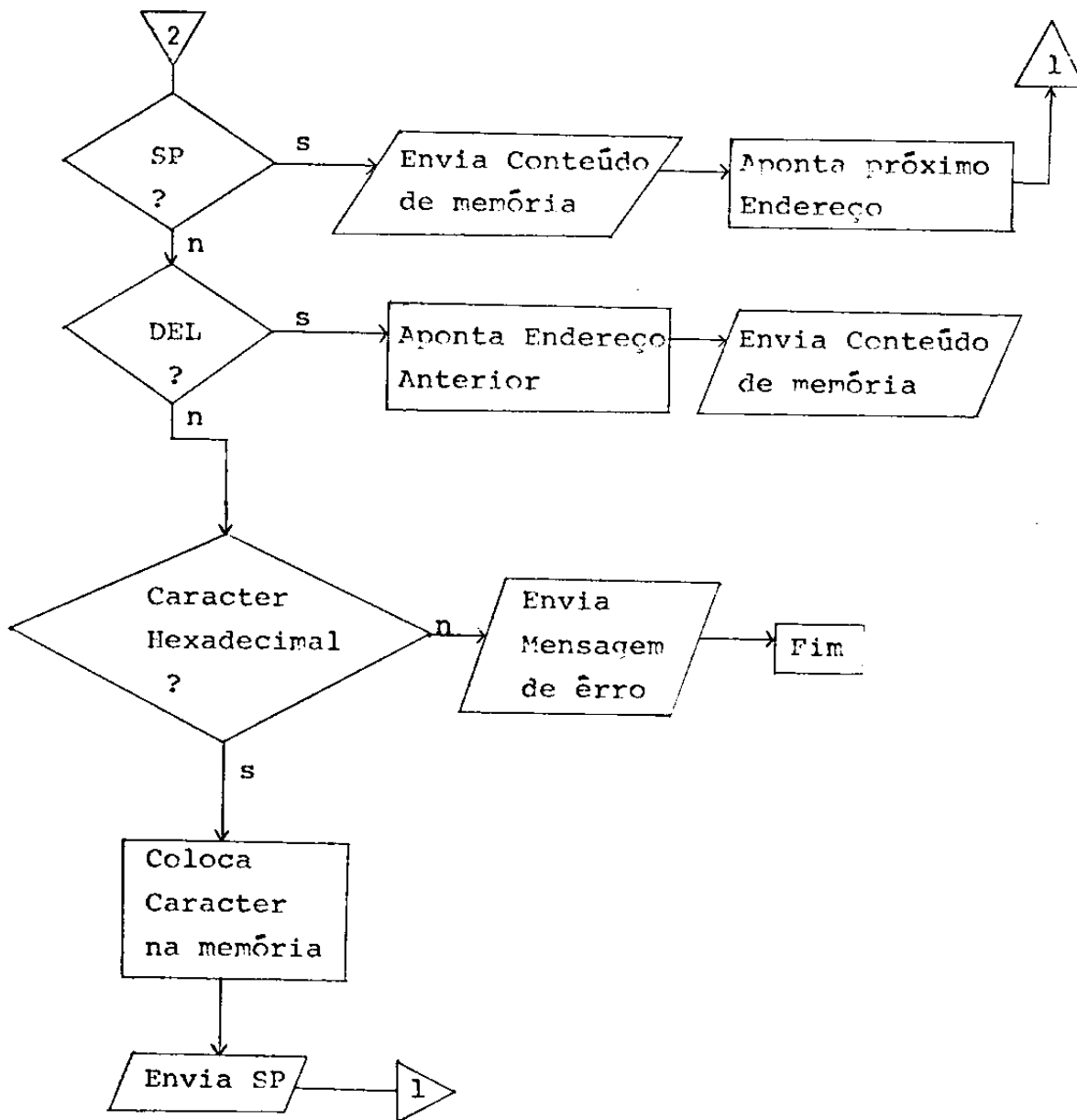


## EXAMINAR/ALTERAR CONTEÚDO DE MEMÓRIA (IN)





(IN) - continuação



## CAPÍTULO IV - AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTRÔLE

Neste capítulo, descreveremos o processo de controle automático de medida através de Motores de Passo (MP). Neste processo, o MP movimenta a platina na direção Y de acordo com o software fornecido pelo operador. A aquisição de dados é concorrente ao controle de movimento da platina. Os MP são elementos do sistema de controle de processos conhecidos como atuadores. Passaremos a uma descrição destes e do Motor de Passo.

### IV.1-ATUADORES

O atuador, por definição, é um hardware físico projetado para aceitar um sinal como entrada e convertê-lo em movimento mecânico apropriado [21]. Geralmente o sinal de entrada vem de um controlador e é normalmente de natureza elétrica. A saída é alguma forma de movimento mecânico (linear, rotatório) e é este movimento mecânico que interfere nas variáveis de um processo.

O atuador é selecionado e colocado fisicamente no processo de tal maneira a afetar convenientemente as variáveis que estão sendo controladas. A teoria de Controle Automático de Sistemas tem como meta o cálculo de sinais de comando necessários para ativar o atuador no processo no sentido de se obter controle satisfatório. Eles são conectado diretamente ao processo, e todo hardware deste ponto é especificamente determinado por requerimentos do processo e não do sistema de controle.

O atuador é o oposto do sensor, pois enquanto este converte variáveis de informação do processo numa forma compatível para uso do sistema, o atuador pega um sinal do sistema de controle e causa mudanças nas variáveis do processo. Ambos são transdutores, devido ao fato de transformarem uma informação de um sistema de energia para outro.

Podemos classificar os atuadores em elétricos e não-elétricos. Ambas categorias são subdivididas em função do tipo de movimento de saída que produzem, linear ou rotatório, e os tipos de sinal de entrada (analógico e digital).

#### IV.2-MOTORES DE PASSO

Os motores de passo (MP) pertencem a categoria de atuadores conhecidos como atuadores eletromecânicos de rotação. Como o nome diz, este motor responde diretamente a um código digital, o que torna natural suas aplicações em sistemas de controle digital. é um dos poucos atuadores digitais disponíveis.

Existem vários princípios básicos diferentes através dos quais os projetistas de motores de passo digitais podem se basear. As mais comuns e relativamente simples são o de magneto-permanente e os de relutância variável. Vamos nos ater à descrição dos MP de relutância variável. A Fig. 11 ilustra um MP típico. Ele tem 12 estatores enrolados energizados em grupos de quatro (chamado fases). A ilustração mostra um conjunto completo (de quatro) enrolamentos para uma fase em cada esquema; os outros são omitidos. O Rotor é feito de um material magnético (não é magneto permanente) e tem uma série de dentes. A ilustração mostra um rotor com 8 dentes e a Fig. 11a ilustra o rotor

na posição de equilíbrio para uma energização da fase A. Os dentes do rotor se alinham com o conjunto de polos energizados que estão mais próximos, que é a posição de menor relutância magnética entre os campos do rotor e de estator. Subsequentemente, desenergizando a fase A e energizando a fase B causará um alinhamento dos dentes do rotor com o conjunto de pólos mais próximos, como visto na Fig. 11b. Isto causa um movimento no rotor de um passo no sentido antihorário (15° no caso ilustrado). O Energizamento da fase C causa o movimento do rotor de mais um passo na mesma direção. Contudo, se a fase A for reenergizada ao invés da fase C, o rotor voltará a posição inicial, movendo-se um passo no sentido horário, como indicado na Fig. 11c. Portanto, a MP de relutância variável necessita do energizamento externo das bobinas do estator para uma sequência de operações de passo bidirecionais. Através do controle deste energizamento, esta sequência de passos é controlada.

O Motor de Passo utilizado no sistema é o modelo B.21.00X.X de 5 fases, da Syncro Eletromecânica, fornecendo 500 passos por rotação [22]. A precisão de passo destes motores é de 5% do passo. Isto significa que funcionando sem carga ou com carga constante sempre na mesma direção o rotor se posicionará com um erro médio máximo de 5% do passo da posição desejada.

Existem diversos tipos de torque a serem considerados em um motor de passo:

- i. Torque de Travamento - é o torque necessário para deslocar o rotor para uma nova posição de equilíbrio, quando o motor está parado e com a alimentação ligada. Este torque atua como freio segurando a carga com o motor parado.

ii. Torque Dinâmico - Subdivide-se em:

Torque Pull-in - É o torque máximo fornecido pelo motor na partida ou parada sem erro (perda de passo) quando acionado com uma determinada frequência fixa.

Torque Pull-out - É o torque contínuo produzido pelo motor.

iii. Torque Residual - É o resultado do fluxo magnético do ímã permanente do rotor.

A descrição detalhada do MP S.21.00X-X está no Apêndice 4A. Daremos aqui apenas algumas características importantes do motor.

Nº de fases - 5

Ângulo de passo -  $0,72^\circ$

Nº de passos/Rotação - 500

Torque Pull-out - 95 N.cm

Máx. Freq. Pull-in - 2 KHz

Pêso - 1.5 Kg

O sistema MP é composto ainda de uma fonte de alimentação, rede de resistores e Módulo de Comando. A função da rede de resistores é fornecer a corrente nominal especificada por fase, da ordem de 1.25 A.

O módulo de comando converte um trem de pulsos em sequência de chaveamentos das saídas de potência que comandam bidirecionalmente o MP. Aceleração, velocidade e sentido são controlados externamente. Os sinais para controle destes parâmetros são os seguintes:

CK1 - Avança o motor um passo angular a cada descida de pulso.

S - Inverte o sentido de rotação do motor a cada descida de

pulso.

LM - Libera o motor. Mantém o motor desenergizado e o rotor livre quando estiver em nível 1.

RS - Retôrno de sentido. Mantém-se em 1 quando o sentido for horário e em 0 quando for antihorário.

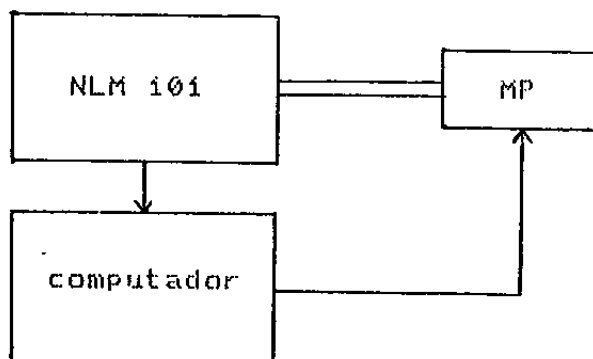
O acoplamento entre o MP e o aparelho de medida é feito através de engrenagens. A platina do aparelho é a base sobre a qual se coloca o filme de raio-X para medições. Consiste basicamente de uma mesa apoiada sobre um parafuso sem fim. Cada rotação do parafuso corresponde a um movimento de 1mm na platina. Como o ângulo de passo do MP é de  $0.72^\circ$ , vemos que a resolução máxima para medida é de  $2\mu\text{m}$ , com uma precisão de 5%.

A Transmissão de Movimento do MP para a platina é implementada através de engrenagens adaptadas ao eixo do motor e do parafuso sem fim da platina.

### IV.3-AQUISIÇÃO DE DADOS E CONTRÔLE

Descreveremos aqui o processo de aquisição de dados de filmes de raio-X utilizando o equipamento NALUMI já descrito no Capítulo I. Os filmes de raio-X contêm manchas escuras provocadas por ionização de elétrons da radiação cósmica. As opacidades destas manchas correspondem à energia do chuveiro eletromagnético e portanto é muito útil para descrever a cascata.

No processo de aquisição automática, são necessários pelo menos dois sinais provenientes do equipamento: o sinal de saída correspondente à opacidade do ponto que está sendo lido e um sinal de sincronização, que serve como gatilho para a conversão do dado[20]. Por outro lado, precisamos de sinais de controle para posicionamento da platina. Estes sinais partem da Interface Inteligente e habilitam o passo do Motor, indicando também o sentido de movimento deste. Um controlador permite que o movimento da platina através do motor possa ser ajustado manualmente. Lembrando-se que o acoplamento MP-NLM é mecânico, temos o seguinte esquema geral:



A medida da opacidade é dada pelo sinal analógico que se quer adquirir, enquanto que o trem de pulsos controla o momento de leitura. No nosso caso, este sinal é o sinal de Marker-Out nível TTL com "frequência" de  $10\mu\text{m}$ , ou seja, a cada  $10\mu\text{m}$  de movimento da platina teremos um pulso de Marker-Out.

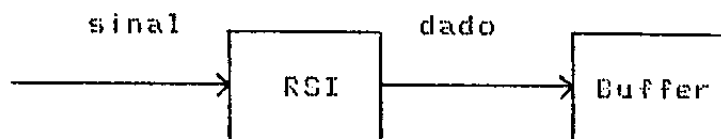
A velocidade da platina em relação ao eixo X assume valores discretos, tendo 10 níveis permitidos submúltiplos da velocidade máxima, que é de  $1.6\text{mm/s}$ . O período do Marker-Out é, portanto, dependente da velocidade.

O sinal de Marker-Out é utilizado também para gerar uma interrupção mascarável na Interface Inteligente, para leitura e tratamento do dado. O sinal analógico da medida de opacidade é convertido a cada pulso de Marker-Out e a saída de oito bits (1 byte) fica disponível na porta A para leitura. Terminada a conversão, a Interface inteligente é interrompida para leitura e tratamento do dado.

O tratamento do dado é feito pela Rotina de Serviço de Interrupção (RSI) e depende do tipo de evento analisado. Dividiremos os eventos em duas categorias: o evento normal ( $<10\mu\text{m}$  de raio) e o evento grande (de  $10\mu\text{m}$  à  $1\text{mm}$  de raio). Esta divisão é puramente convencional, pois o evento grande pode ser tratado pela RSI do evento normal. No caso de eventos grandes, torna-se às vezes interessante a reconstrução do evento na tela do microcomputador, e desta forma, existe o tratamento a parte. Vamos discutir inicialmente o software para eventos grandes e posteriormente, descreveremos o software para o evento normal.

A Rotina de Serviço de Interrupção (RSI) pode ser esquematizada como se segue:





O dado é lido pela placa do processador e em seguida é transmitido ao buffer de entrada do uC NEC PC 9801 através da Subrotina Out-Hex. A taxa de transmissão é submúltipla da frequência do sinal de Marker-Out. Dependendo do tamanho da fenda da leitura, esta taxa é igual, a metade ou um quarto da frequência deste sinal. Para fendas de  $10\mu\text{m}$ , toda conversão é transmitida. Para fendas de  $20\mu\text{m}$ , a transmissão é efetuada a cada duas leituras e para fendas de  $40\mu\text{m}$  ou mais, temos 4 conversões por transmissão. Isto é feito para evitar a superposição de leituras, embora para fendas maiores de  $40\mu\text{m}$  esta superposição seja inevitável. Com uma transmissão de 9600 baud, teremos um máximo de 0.2 ms para transmissão de 2 caracteres (1 dado); portanto, a velocidade máxima compatível é de 1.6mm/s.

O programa NLM.BAS concorrente à RSI no uC NEC PC 9801 é o responsável pela geração do evento reconstruído. A RSI para evento grande é conhecida como comando NLM. Basicamente, o funcionamento do programa é o seguinte: O operador ajusta através do controlador a chapa fotográfica para leitura do evento, além de fornecer a identificação do evento ao programa. No caso de eventos grandes, esta leitura é feita fazendo-se uma varredura da região que engloba o evento. A RSI está sendo executada na placa do processador, fazendo a leitura do evento e transmitindo os dados para o buffer do uC NEC. A leitura deste buffer é feita por pooling através do programa NLM.BAS. Após a lei-

tura de X dados, a RSI ajusta a platina para leitura da próxima linha. A transmissão continua até a leitura de todas as linhas desejadas. Cada linha tem uma largura igual à altura da fenda escolhida. O número de linhas é determinado pelo operador no programa. Terminada a transmissão, o programa passa para a fase de cálculo dos valores de pico e de fundo, sendo este último tomado como o valor que mais se repete nas medidas. Estabelece-se então, o valor da opacidade em relação ao fundo, que é o valor que nos interessa (Capítulo II). A matriz que contém os valores lidos é desenhada na tela do computador.

Uma variante deste comando é o comando FT. Através deste comando, faz-se a leitura de 100 a 1000 dados por varredura. Estes dados são simultaneamente transmitidos ao uC NEC. O programa concorrente FT. BAS é responsável pela manipulação e armazenamento deste dados, ou parte deles. Esta manipulação depende do objetivo específico de cálculo que se deseja efetuar sobre tais dados.

Para o evento normal, utilizamos uma fenda de dimensões de  $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ , pois neste caso não nos interessam todos os valores lidos para reconstrução do evento. A leitura é feita através da RSI para eventos normais, o comando NLM. Este software divide a área de memória RAM em três páginas de 256 bytes cada uma, sendo que duas destas páginas servem como buffer de armazenamento temporário e a outra restante como buffer de dados definitivo. A técnica de aquisição é do tipo multicanal e o valor do fundo é tomado como o valor que mais se repete, como no caso anterior. A leitura de um evento específico é feita numa única varredura, sendo tomados 200 dados. O ajuste que centraliza o evento para leitura é implementado através de comparações entre varreduras adjacentes. Considera-se que o evento está mais centralizado

quanto maior for o valor lido. Obtêm-se os valores de pico, fundo e variância, este último sendo calculado como a diferença entre o valor de fundo e o valor para o qual a frequência de dados é de  $f/2.7$ , onde  $f$  é a frequência do fundo (máxima). Os valores de diferença ( $D-D_0$ ) e variância para cada evento são armazenados no buffer definitivo e é feita a sinalização para a próxima leitura. Os valores  $D_m, \sigma_m$ , são posteriormente transmitidos para o buffer de entrada do NEC, através do comando B e lidos pelo programa FMD.BAS.

Uma variante do comando FMD é o comando FD. Este software tem as mesmas propriedades básicas do comando FMD, com algumas modificações em função de uma leitura dedicada. Neste caso, a leitura é feita em uma única varredura, podendo ser tomados de 100 a 1000 dados. Não existe ajuste automático para posicionamento da platina e a leitura é feita em velocidade máxima. Por questões de sincronização, a leitura é feita apenas uma vez, deixando o processador em estado de suspensão e interrupções desabilitadas. A transmissão de dados para o  $\mu C$  NEC é análoga à do comando FMD.

O programa FMD.BAS é análogo ao NLM.BAS. é feita a leitura dos dados no buffer para todos os eventos lidos e formado o arquivo NALUMI.DAT. Formamos, portanto, o arquivo com valores sequenciais de todas as  $D_m, \sigma_m$  dos eventos de uma região de uma unidade de cascata específica. O programa permite ainda a impressão dos dados para documentação, bem como sua correção, em caso de erros de medida.

Posteriormente, o arquivo NALUMI.DAT é transferido ao computador VAX 11 para análise. A transferência é feita utilizando os programas de conversão e transmissão de dados.

A última fase do processo consiste em ajustar o arquivo NALU-

MI.DAT de modo a termos os vários valores de  $D_m, \sigma_m$  das várias unidades de cascata para um evento particular. Este ajuste é necessário para se traçar as curvas de transição para um evento específico. Através delas, podemos obter o valor de opacidade máxima,  $D_{max}$ , que já vimos ser proporcional à energia da cascata. O ajuste dos arquivos é feito utilizando-se o programa TRANS.FOR, que coloca os valores da opacidade em relação à unidade de cascata em um arquivo específico. Este arquivo será utilizado para os programas de interpolação para traçar a curva e obter os parâmetros requeridos, como  $D_{max}$ .

A seguir, podemos calcular diretamente a energia da cascata a partir de  $D_{max}$  e do ângulo de incidência da cascata. Na Fig. 12 vemos o esquema geral do processo de aquisição de dados. Na Fig. 13, um exemplo de curva de transição para o evento X. As listagens dos programas de Aquisição e Contrôles estão no Apêndice B.

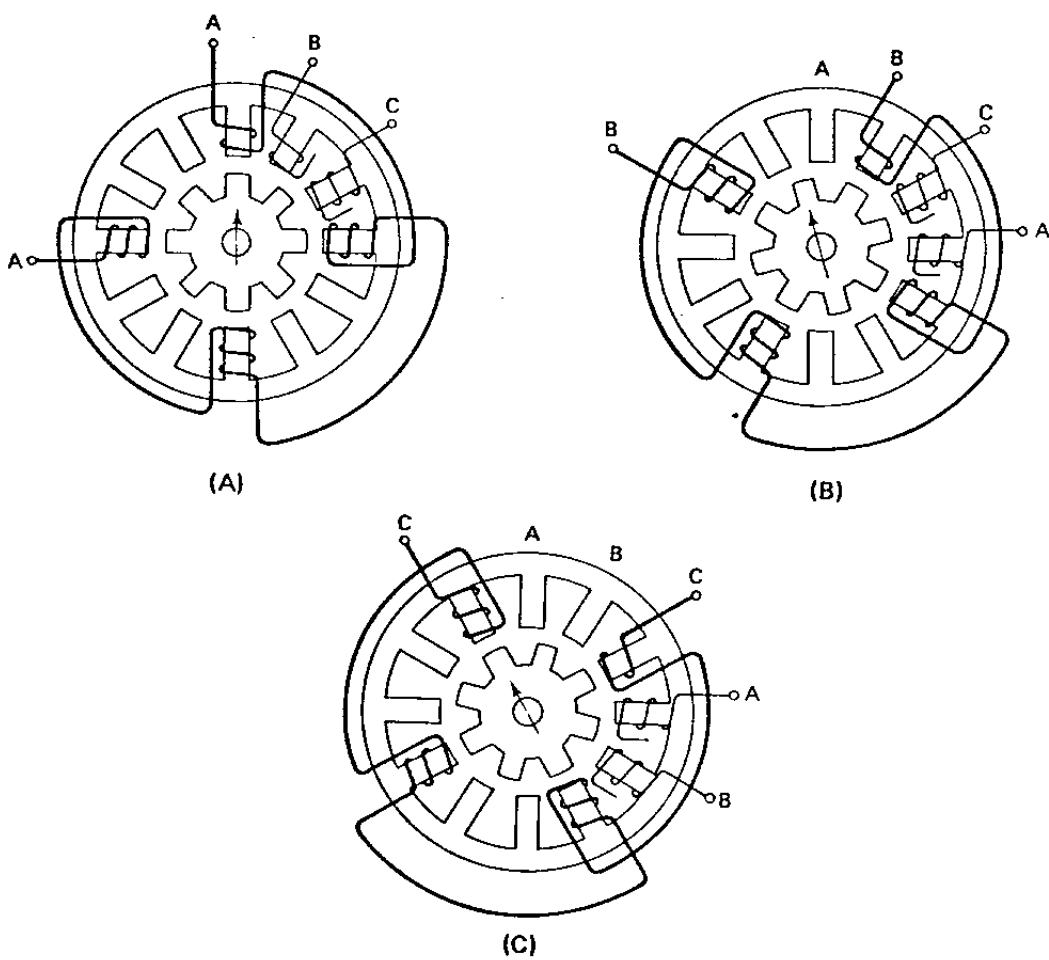
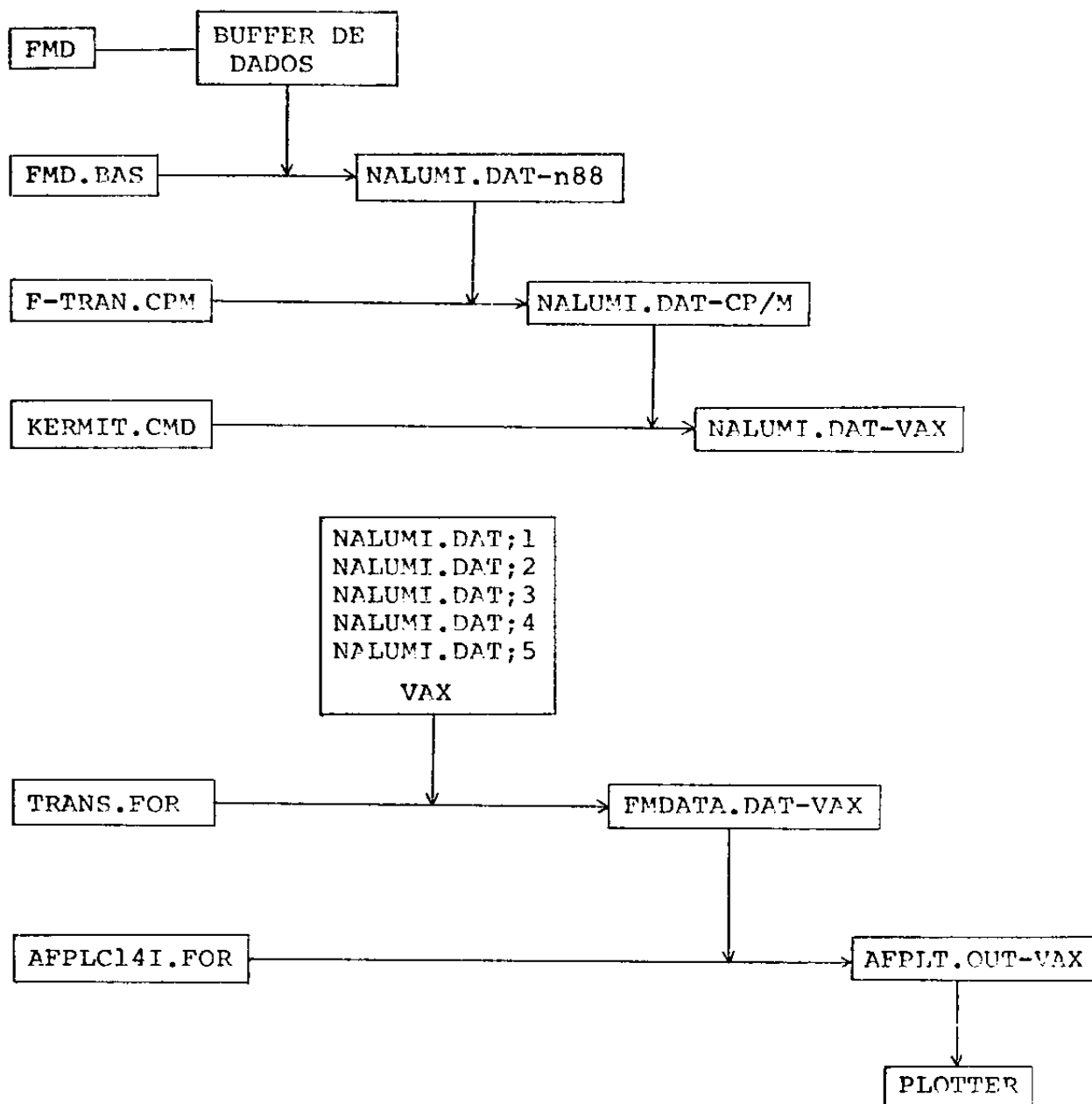


Fig .11 - Estrutura Interna de um Motor de Passo



Os elementos à esquerda são programas e os da direita são arquivos de dados.

Fig. 12 - Esquema Geral do processo de aquisição de dados

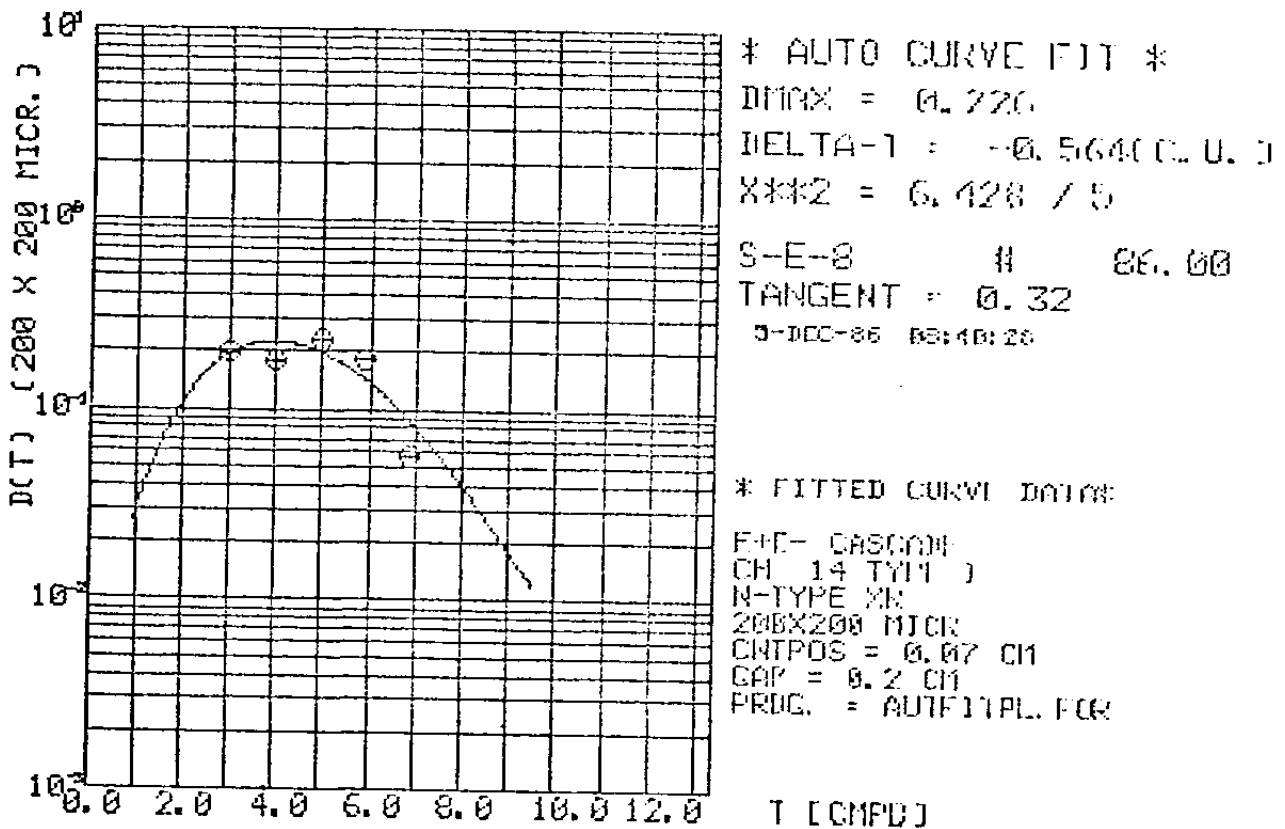


Fig. 13 - Exemplo de uma Curva de Transição (Plotter VAX)

## CAPÍTULO V - CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS

O novo sistema de medidas implementado representa um refinamento no processo de medidas fotomicrodensitométricas e abre novas possibilidades de desenvolvimento. Em primeiro lugar, o operador fica livre da tarefa de registrar, coletar e armazenar os dados para posterior análise e processamento. A definição precisa quanto à opacidade de referência é uniforme para todos os eventos, permitindo uma maior confiabilidade, bem como uma melhor resolução na tomada do valor de fundo.

Como colocado no Capítulo III, o sistema implementado pode ser utilizado na automatização de outros processos em laboratórios de Física e conectado a qualquer outro microcomputador que permita E/S Serial tipo RS 232C. Aliada a esta flexibilidade, existe também a possibilidade de modificações que permitam um sistema mais rápido e inteligente. O uso de periféricos compatíveis com o microprocessador Z80, tais como E/S Serial DART Z80 facilitam o sistema operacional na gerência de rotinas de comunicação, bem como aproveitam melhor as capacidades do dito processador. Um relógio de tempo real pode ser implementado através de um dispositivo CTC Z80, possibilitando um sistema de leitura que não necessita de gatilhos externos, bem como o serviço de várias rotinas de interrupção simultaneamente, através de interrupções vetorizadas.

Todos estes melhoramentos dependem, evidentemente, do problema específico a ser tratado. Cada sistema de medida fornece um conjunto diferente de saídas e permite a implementação de outro conjunto co-



no entrada. De posse destas variáveis, o processo de automatização torna-se um processo simples, porém eficiente.

## REFERÊNCIAS

- [1] - Hayakawa, S.- "Cosmic Ray Physics" - John Wiley & Sons New York, 1969.
- [2] - Shibuya, E. "Observações sobre Interações na Atmosfera de Hadrões (Partículas Nuclearmente Ativas) da radiação cósmica, detectadas em câmaras de fotoemulsões-chumbo espessos a 5220 metros acima do nível do mar" - Tese de Doutorado apresentada à Unicamp, 1977.
- [3] - Turtelli Jr., A.- "Produção Múltipla de píons induzidas por partículas de radiação cósmica ( $E < 240$  TeV) e comparação com dados do ISR-CERN" - Tese de Doutorado apresentada à Unicamp, 1974.
- [4] - Wolfendale, A.W. - "Cosmic Rays" - Charles Birchall & Sons, 1963.
- [5] - Rossi, B.- "Cosmic Rays" - McGraw-Hill, 1964.
- [6] - Nishimura, J. - "Theory of Cascade Showers" - Handbuch der Physik - Springer-Verlog - 46/II, 1967.
- [7] - Migdal, A.B.- "Bremsstrahlung and Pair Production in Condensed Media at High Energies" - Phys. Rev., 103, 1811, 1956.
- [8] - Kamata, K., Nishimura, J. - "The Lateral and angular structure functions of electron showers" - Prog. Theor. Phys., Sup 6, 23, 1958.
- [9] - Cardoso Jr., J.L. "Fotodensitometria no estudo de cascatas eletromagnéticas" - Tese de Mestrado apresentada à Unicamp, 1980.
- [10] - Demers, P. - "Photographie Corpusculaire II", Les Presses Universitaires de Montréal, 21, 1959.
- [11] - Piller, H.- "Microscope Photometry" - Springer-Verlog,

1977.

[12] - Fotomicrodensitômetro NLM 101 - Manual de Operação

[13] - Fregni, E. - "Projeto de Computadores Digitais" - Edgard  
Blucher, 1974.

[14] - Millman, J. - "Microelectronics: Digital and Analog Cir-  
cuits and Systems" - McGraw-Hill, 1977.

[15] - Ciarcia, S. - "Construa seu próprio microcomputador" -  
McGraw-Hill, 1984.

[16] - The TTL Data Book for Designer Engineers - Texas Ins-  
truments, Inc, 1976.

[17] - MCS 85, Intel, 1979.

[18] - SDK 85 User's Manual, Intel, 1978.

[19] - Ficha Técnica ADC 8012 , Burr-Brown.

[20] - Peterson, L. - "Operational System Concepts" - Addison-  
Wesley Publishing Company, 1985.

[21] - Hunter, R. - "Automated Process Control Systems" ,1975.

[22] - Motor de Passo: Características e Aplicações - Syncro  
Eletromecânica.

[23] - Johnson, E. - "Servomechanisms" - Prentice-Hall, Inc, 1963.

## APÊNDICE A - SOFTWARE DO SISTEMA OPERACIONAL

### SUBROTINA INICIALIZAÇÃO

Inicializa o sistema; Declara Stack Pointer; faz a identificação do sistema; aguarda comando

0000	00	NOP		; início
0001	31E01F	LD	SP,1FE0H	; declara SP
0004	CD7704	CALL	0477H	; carrega em RAM tabela
0007	00	NOP		; de velocidade
0008	CD2C04	CALL	042CH	; salva registradores da UCP
000B	CD8F04	CALL	048FH	; envia identificação
000E	1803	JR	03H	; do sistema
0010	CD2C04	CALL	042CH	;
0013	31E01F	LD	SP,1FE0H	;
0016	1803	JR	03H	;
0018	C3151F	JP	1F15H	;
001B	CD6804	CALL	0468H	; envia prompt
001E	1803	JR	03H	;
0020	C3181F	JP	1F18H	;
0023	CD2D01	CALL	012DH	; aguarda comando
0026	CD8D01	CALL	01EDH	; faz reconhecimento
0029	18F8	JR	F8H	; volta para aguardar
002B	FF			; próximo comando
002C	FF			;
002D	FF			;
002E	FF			;
002F	FF			;
0030	C31B1F	JP	1F1BH	;
0033	FF			;
0034	FF			;
0035	FF			;
0036	FF			;
0037	FF			;
0038	C31E1F	JP	1F1EH	; entrada de interrupção

## SUBROTINA COUTPUT

Envia Caracter para terminal

003B	CDD303	CALL	03D3H	;faz pooling do teclado
003E	C5	PUSH	BC	;salva
003F	E5	PUSH	HL	;BC e HL
0040	79	LD	A,C	;caracter a ser enviado
0041	07	RLCA		;envia através do carry
0042	2F	CPL		;
0043	4F	LD	C,A	;
0044	060B	LD	B,0BH	;ins de bits a enviar
0046	3E01	LD	A,01H	;envia linha alta
0048	E601	AND	01H	;
004A	D308	OUT	08H,A	;envia bit corrente
004C	2A0B1F	LD	HL,(1F0BH)	;dá um
004F	2D	DEC	L	;atraso de
0050	C24F00	JP	NZ,004FH	;um tempo de bit
0053	25	DEC	H	;
0054	C24F00	JP	NZ,004FH	;
0057	B7	OR	A	;
0058	79	LD	A,C	;retorna caracter
0059	1F	RRA		;acerta próximo bit
005A	4F	LD	C,A	;restaura
005B	05	DEC	B	;se não completou o
005C	C24800	JP	NZ,0048H	;fim do caracter, envia
005F	3E00	LD	A,00H	;envia bit de parada
0061	D308	OUT	08H,A	;
0063	E1	POP	HL	;restaura
0064	C1	POP	BC	;HL e BC
0065	C9	RET		;e retorna

## INTERRUPÇÃO NÃO-MASCARÁVEL

0066	C3221F	JP	1F22H	;entrada de interrupção
------	--------	----	-------	-------------------------

## SUBROTINA CINPUT

Recebe Caracter do terminal através de Pooling

0069	F3	DI		;desabilita interrupção
006A	E5	PUSH	HL	;salva HL
006B	0609	LD	B,09H	;nº de bits
006D	DB04	IN	A,04H	;lê a porta
006F	1F	RRA		;coloca linha no carry
0070	DA6D00	JP	C,006DH	;linha alta, lê novamente
0073	2A091F	LD	HL,(1F09H)	;linha baixa
0076	2D	DEC	L	;espere meio tempo
0077	C27600	JP	NZ,0076H	;de bit
007A	25	DEC	H	;
007B	C27600	JP	NZ,0076H	;
007E	2A081F	LD	HL,(1F08H)	;espere um tempo
0081	2D	DEC	L	;de bit
0082	C28100	JP	NZ,0081H	;
0085	25	DEC	H	;
0086	C28100	JP	NZ,0081H	;
0089	DB04	IN	A,04H	;coloca linha no carry
008B	1F	RRA		;
008C	05	DEC	B	;fim de leitura?
008D	CA9600	JP	Z,0096H	;sim, finaliza
0090	79	LD	A,C	;não, coloca valores
0091	1F	RRA		;lidos em C
0092	4F	LD	C,A	;
0093	C37E00	JP	007EH	;continua a leitura
0096	AF	XOR	A	;zera acumulador
0097	E1	POP	HL	;restaura HL
0098	FB	EI		;habilita interrupção
0099	C9	RET		;e retorna

## SUBROTINA CINPUT-PARIDADE

Coloca Caracter recebido na forma ASCII com paridade

009A	CD6900	CALL	0069H	;lê caracter
009D	79	LD	A,C	;e seta paridade
009E	E67F	AND	7FH	;
00A0	4F	LD	C,A	;
00A1	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA ECHO

Ecoa Caracter para terminal

00A2	CD9A00	CALL	009AH	;pega caracter
00A5	C5	PUSH	BC	;com paridade
00A6	F5	PUSH	AF	;salva DC,HL
00A7	DE1C	LD	A,1CH	;testa se é
00A9	B9	CP	C	;alfanumérico
00AA	F2B300	JP	F,00B3H	;salta se não for
00AD	CD3B00	CALL	003BH	;é, ecoa o caracter
00B0	C3E300	JP	00E3H	;e finaliza
00B3	79	LD	A,C	;testa se
00B4	FE1B	CP	1BH	;é ESC
00B6	CAD600	JP	Z,00D6H	;salta se for
00B9	FE0A	CP	0AH	;testa se
00BB	CAE000	JP	Z,00E0H	;é CRLF
00BE	FE0D	CP	0DH	;salta se for
00C0	CAE000	JP	Z,00E0H	;
00C3	00	NOP		;
00C4	00	NOP		;
00C5	00	NOP		;
00C6	F5	PUSH	AF	;salva AF
00C7	0E5E	LD	C,5EH	;ecoa caracter
00C9	CD3B00	CALL	003BH	;como ""letra"
00CC	F1	POP	AF	;
00CD	C640	ADD	A,40H	;calcula
00CF	4F	LD	C,A	;código ASCII
00D0	CD3B00	CALL	003BH	;e ecoa
00D3	C3E300	JP	00E3H	;finaliza
00D6	0E2E	LD	C,2EH	;ecoa ESC
00D8	CD3B00	CALL	003BH	;como prompt
00DB	0E1B	LD	C,1BH	;
00DD	C3E300	JP	00E3H	;finaliza
00E0	CDE900	CALL	00E9H	;ecoa CRLF
00E3	F1	POP	AF	;restaura
00E4	C1	POP	BC	;AF e BC
00E5	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA CROUT

Envia Retorno de Carro para terminal

00E6	CDE900	CALL	00E9H	;envia CR
00E9	0E0D	LD	C,0DH	;duas vezes
00EB	CD3B00	CALL	003BH	;código ASCII de CR
00EE	0E0A	LD	C,0AH	;é enviado juntamente
00F0	CD3B00	CALL	003BH	;com código ASCII de LF
00F3	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA ERRO

Envia mensagem de erro para terminal

00F4	21001F	LD	HL,1F08H	;aponta buffer de entrada
00F7	4E	LD	C,(HL)	;caracter em C
00F8	CD0C01	CALL	010CH	;verifica se é especial
00FB	DA0501	JP	C,0105H	;se for, não é ecoado
00FE	CD3B00	CALL	003BH	;não é, ecoa o caracter
0101	2D	DEC	L	;pega próximo elemento
0102	C2F700	JP	NZ,00F7H	;até o fim do buffer
0105	212C01	LD	HL,012CH	;aponta tabela de êrro
0108	CDEF04	CALL	04EFH	;envia mensagem
010B	FF	RST	7	;retorna

## SUBROTINA VALDL

Verifica se Caracter recebido é especial

010C	79	LD	A,C	;verifica se
010D	FE2C	CP	2CH	;caracter é
010F	280B	JR	Z,0BH	;especial
0111	FE0D	CP	0DH	;vírgula, CR
0113	2807	JR	Z,07H	;ou espaço
0115	FE20	CP	20H	;se for, seta
0117	2803	JR	Z,03H	;carry flag
0119	37	SCF		;se não,
011A	3F	CCF		;reseta carry
011B	C9	RET		;se retorna
011C	37	SCF		;
011D	C9	RET		;

## SUBROTINA STRING

Envia mensagem para terminal

011E	3E24	LD	A,24H	;caracter de parada
0120	BE	CP	(HL)	;verifica se é
0121	C8	RET	Z	;sim, retorna
0122	4E	LD	C,(HL)	;não, envia
0123	CD3B00	CALL	003BH	;caracter
0126	2B	DEC	HL	;próximo elemento
0127	1BF5	JR	F5H	;continua

## LETRAS "??!"

0129	24	'\$'
012A	21	'!'
012B	21	'!'
012C	3F	'?'



## SUBROTINA ENTRADA

Recebe Comando através do terminal

012D	21081F	LD	HL,1F08H	;aponta buffer de entrada
0130	CDA200	CALL	00A2H	;pega caracter de entrada
0133	3E1F	LD	A,1FH	;coloca em C
0135	B9	CP	C	;testa se é alfanumérico
0136	00	NOP		;se não for
0137	D24E01	JP	NC,014EH	;salta
013A	79	LD	A,C	;testa se
013B	FE7F	CP	7FH	;é delete
013D	CA8501	JP	Z,0105H	;salta se for
0140	71	LD	(HL),C	;coloca caracter no buffer
0141	FE2C	CP	2CH	;testa se é
0143	C8	RET	Z	;caracter
0144	FE20	CP	20H	;especial
0146	C8	RET	Z	;retorna se for
0147	2D	DEC	L	;nova posição
0148	C23001	JP	NZ,0130H	;fim de buffer? não, volta
014B	C3F400	JP	00F4H	;fim, aponta erro
014E	79	LD	A,C	;caracter não-alfanumérico
014F	FE1A	CP	1AH	;testa se é ^Z
0151	CA1300	JP	Z,0013H	;se for, inicialização
0154	FE0D	CP	0DH	;testa se é CR
0156	CA6E01	JP	Z,016EH	;se for, salta
0159	FE1B	CP	1BH	;testa se é ESC
015B	CA6E01	JP	Z,016EH	;se for, salta
015E	FE12	CP	12H	;testa se é ^R
0160	CA7401	JP	Z,0174H	;^R repete o comando
0163	FE15	CP	15H	;testa se é ^U
0165	C20401	JP	NZ,0104H	;se for, deleta linha
0168	CDE900	CALL	00E9H	;envia CR
016B	C32D01	JP	012DH	;volta para início
016E	360D	LD	(HL),0DH	;coloca CR no buffer
0170	C9	RET		;se retorna
0171	00	NOP		;
0172	00	NOP		;
0173	00	NOP		;
0174	CDE900	CALL	00E9H	;envia CR
0177	3624	LD	(HL),24H	;coloca "\$" no buffer
0179	21081F	LD	HL,1F08H	;início do buffer
017C	CD1E01	CALL	011EH	;envia comando
017F	C33001	JP	0130H	;se volta para início
0182	00	NOP		;
0183	00	NOP		;
0184	00	NOP		;
0185	0E2F	LD	C,2FH	;envia "/"
0187	CD3B00	CALL	003BH	;
018A	23	INC	HL	;testa se é
018B	3E09	LD	A,09H	;1º elemento do buffer
018D	BD	CP	L	;
018E	CA1300	JP	Z,0013H	;sim, inicialização
0191	4E	LD	C,(HL)	;não, ecoa
0192	CD3B00	CALL	003BH	;elemento

0195	CD9A00	CALL	009AH	;espera outro caracter
0198	79	LD	A,C	;testa se é
0199	FE7F	CP	7FH	;delete
019B	CA8A01	JP	Z,018AH	;se for, repete
019E	C5	PUSH	BC	;procedimento
019F	0ESC	LD	C,5CH	;envia "/"
01A1	CD3B00	CALL	003BH	;
01A4	C1	POP	BC	;
01A5	CDA500	CALL	00A5H	;novo caracter de entrada
01A8	C33301	JP	0100H	;volta para início

## LETRAS "PMC2.0"

01AB	24	'\$'
01AC	00	'NUL'
01AD	00	'NUL'
01AE	20	'SP'
01AF	30	'0'
01B0	2E	'.'
01B1	32	'2'
01B2	43	'C'
01B3	4D	'M'
01B4	50	'P'
01B5	0A	'LF'
01B6	0D	'CR'

## SUBROTINA RECONHECIMENTO

Faz o reconhecimento do comando recebido utilizando uma tabela de comandos

01B7	21FF06	LD	HL,06FFH	;aponta tabela de comando
01BA	11091F	LD	DE,1F09H	;aponta buffer de entrada
01BD	2B	DEC	HL	;acerta
01BE	1B	DEC	DE	;apontadores
01BF	1A	LD	A,(DE)	;pega elemento do buffer
01C0	CD0D01	CALL	010DH	;testa se é especial
01C3	DADA01	JP	C,01DAH	;se for, salta
01C6	BE	CP	(HL)	;testa se é da tabela
01C7	CABD01	JP	Z,01BDH	;se for, continua verificação
01CA	3E24	LD	A,24H	;testa se
01CC	2B	DEC	HL	;está no
01CD	BE	CP	(HL)	;fim da tabela
01CE	C2CC01	JP	NZ,01CCH	;se não, novo elemento
01D1	2B	DEC	HL	;sim, verifica novamente
01D2	BE	CP	(HL)	;fim da tabela, faz o link
01D3	CCF401	CALL	Z,01F4H	;próximo elemento
01D6	23	INC	HL	;volta para início
01D7	C3BA01	JP	01BAH	;testa se é
01DA	3E3A	LD	A,3AH	;caracter ":"
01DC	BE	CP	(HL)	;se não, volta
01DD	C2CA01	JP	NZ,01CAH	;sim, coloca
01E0	2B	DEC	HL	;endereço em DE
01E1	56	LD	D,(HL)	;endereço da rotina
01E2	2B	DEC	HL	;do comando
01E3	5E	LD	E,(HL)	;em
01E4	EB	EX	DE,HL	;HL
01E5	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA RECONHECIMENTO 1

Chama Subrotina Reconhecimento

01E6	CDEC01	CALL	01ECH	;chama reconhecimento
01E9	C31300	JP	0013H	;partida quente
01EC	E9	PCHL		;troca PC com HL
01ED	CDB701	CALL	01B7H	;início do reconhecimento
01F0	CDE601	CALL	01E6H	;execução
01F3	C9	RET		;se retorna

## SUBROTINA LINK

Faz o link do comando com a tabela de comandos

01F4	3E24	LD	A,24H	;fim da tabela
01F6	2B	DEC	HL	;
01F7	BE	CP	(HL)	;testa se é "Z"
01F8	CAF400	JP	Z,00F4H	;se for, aponta erro
01FB	56	LD	D,(HL)	;não, coloca endereço
01FC	2B	DEC	HL	;em DE
01FD	5E	LD	E,(HL)	;
01FE	EB	EX	DE,HL	;transfere endereço
01FF	2B	DEC	HL	;para HL
0200	BE	CP	(HL)	;testa se houve erro
0201	C0	RET	NZ	;retorna se não
0202	C3F601	JP	01F6H	;sim, volta para início

## SUBROTINA CALCBYTES

Calcula nº de bytes para listagem do bloco de memória

0205	21111F	LD	HL,1F11H	;Endereços
0208	11131F	LD	DE,1F13H	;inicial e
020B	B7	OR	A	;final
020C	1A	LD	A,(DE)	;pega parte baixa
020D	96	SUB	(HL)	;final e subtrai da
020E	12	LD	(DE),A	;inicial, resultado na
020F	13	INC	DE	;parte final
0210	23	INC	HL	;
0211	1A	LD	A,(DE)	;pega parte alta
0212	9E	SBC	A,(HL)	;se subtrai com carry
0213	12	LD	(DE),A	;guarda resultado
0214	DA0501	JP	C,0105H	;carry setado indica erro
0217	2A131F	LD	HL,(1F13H)	;incrementa
021A	23	INC	HL	;diferença
021B	22131F	LD	(1F13H),HL	;
021E	EB	EX	DE,HL	;diferença em DE
021F	2A111F	LD	HL,(1F11H)	;início em HL
0222	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA LIST

Lista Bloco de memória no terminal

0223	CD5502	CALL	0255H	; início da listagem
0226	CD5F02	CALL	025FH	; fim da listagem
0229	CD0502	CALL	0205H	; calcula nº de bytes
022C	D5	PUSH	DE	; salva nº de bytes
022D	CDE900	CALL	00E9H	; envia CR e
0230	7C	LD	A,H	; parte alta
0231	CDF902	CALL	02F9H	; do endereço
0234	7D	LD	A,L	; envia parte baixa
0235	CDF902	CALL	02F9H	; do endereço
0238	CDD1703	CALL	0317H	; de espaço
023B	00	NOP		;
023C	00	NOP		;
023D	00	NOP		;
023E	7E	LD	A,(HL)	; pega conteúdo
023F	CDF902	CALL	02F9H	; e envia
0242	23	INC	HL	; próximo endereço
0243	D1	POP	DE	; testa se é o
0244	CD1D03	CALL	031DH	; último
0247	C8	RET	Z	; retorna se acabou
0248	D5	PUSH	DE	; não
0249	7D	LD	A,L	; testa se é
024A	E60F	AND	0FH	; fim de linha
024C	0E00	LD	C,00H	;
024E	B9	CP	C	;
024F	CA2D02	JP	Z,022DH	; sim, envia endereço
0252	C33802	JP	0238H	; não, envia espaço e conteúdo

## SUBROTINA INICIO

Recebe Endereço inicial do bloco a ser listado

0255	218302	LD	HL,0283H	; aponta buffer de início
0258	CD6902	CALL	0269H	; pega endereço
025B	22131F	LD	HL,(1F11H)	; guarda e
025E	C9	RET		; retorna

## SUBROTINA FIM

Recebe Endereço final do bloco a ser listado

025F	217B02	LD	HL,027BH	; aponta buffer de fim
0262	CD6902	CALL	0269H	; pega endereço
0265	22131F	LD	HL,(1F13H)	; guarda e
0268	C9	RET		; retorna

SUBROTINA PEGA-ENDEREÇO  
 Recebe endereço do terminal

0269	3E0D	LD	A,0DH	; testa se endereço
026B	B9	CP	C	; foi dado
026C	C27202	CALL	0272H	; salta se foi
026F	CD1E01	CALL	011E	; não, pede endereço
0272	CD8402	CALL	0284H	; se coloca em
0275	EB	EX	DE,HL	; HL
0276	C9	RET		; retorna

LETRAS "FIM:"

0277	24	'\$'
0278	3A	':'
0279	4D	'M'
027A	49	'I'
027B	46	'F'

LETRAS "INICIO:"

027C	24	'\$'
027D	3A	':'
027E	4F	'O'
027F	49	'I'
0280	43	'C'
0281	49	'I'
0282	4E	'N'
0283	49	'I'

## SUBROTINA PEGA 4 HEX

Recebe 4 dígitos hexadecimais do terminal

0284	1604	LD	D,04H	;pega 4 hexadecimais
0286	C38D02	JP	028BH	;salta próxima instrução
0289	1602	LD	D,02H	;pega 2 hexadecimais
028B	21001F	LD	HL,1F00H	;aponta fim de buffer
028E	D5	PUSH	DE	;
028F	CDA200	CALL	00A2H	;recebe caracter
0292	CDDE02	CALL	02DEH	;se não for hexadecimal,
0295	D20501	JP	NC,0105H	;aponta erro
0298	CDD502	CALL	02D5H	;transforma em hexadecimal
029B	77	LD	(HL),A	;coloca o caracter
029C	23	INC	HL	;no buffer
029D	15	DEC	C	;testa se acabou
029E	C28F02	JP	NZ,028FH	;se não, volta
02A1	CDA200	CALL	00A2H	;recebe caracter
02A4	CD0D01	CALL	010DH	;testa se é especial
02A7	C2C102	JP	NZ,02C1H	;se não, salta
02AA	21001F	LD	HL,1F00H	;sim, posiciona buffer
02AD	D1	POP	DE	;
02AE	3E00	LD	A,00H	;
02B0	47	LD	B,A	;
02B1	7E	LD	A,(HL)	;pega elemento do
02B2	07	RLCA		;buffer
02B3	07	RLCA		;troca nibble alto
02B4	07	RLCA		;com baixo
02B5	07	RLCA		;
02B6	23	INC	HL	;
02B7	86	ADD	A,(HL)	;forma parte alta
02B8	23	INC	HL	;do endereço
02B9	15	DEC	D	;caracter original
02BA	15	DEC	D	;
02BB	C2B002	CALL	02B0H	;testa se acabou
02BE	5F	LD	E,A	;sim, salva caracter
02BF	50	LD	D,B	;em DE
02C0	C9	RET		;e retorna
02C1	D1	POP	DE	;
02C2	D5	PUSH	DE	;entrada de
02C3	15	DEC	D	;outro caracter
02C4	21001F	LD	HL,1F00H	;posiciona buffer
02C7	23	INC	HL	;
02C8	7E	LD	A,(HL)	;lê buffer
02C9	2B	DEC	HL	;e escreve
02CA	77	LD	(HL),A	;na posição anterior
02CB	23	INC	HL	;remanejando de modo
02CC	15	DEC	D	;a aceitar o último
02CD	C2C702	JP	NZ,02C7H	;caracter entrado
02D0	1601	LD	D,01H	;
02D2	C39202	JP	0292H	;volta para definir caracter

## SUBROTINA CNVBN

Transforma de código ASCII para caracter hexadecimal

02D5	79	LD	A,C	;subtrai código
02D6	D630	SUB	30H	;se for
02D8	FE0A	CP	0AH	;numérico
02DA	F8	RET	M	;se retorna
02DB	D607	SUB	07H	;é letra, subtrai novamente
02DD	C9	RET		;se retorna

## SUBROTINA VALDG

Verifica se o Caracter é hexadecimal

02DE	79	LD	A,C	;testa se caracter
02DF	FE30	CP	30H	;é maior que zero
02E1	FA1901	JP	M,0119H	;se não, código inválido
02E4	FE39	CP	39H	;se também menor
02E6	FA1C01	JP	M,011CH	;ou igual a nove
02E9	CA1C01	JP	Z,011CH	;
02EC	FE41	CP	41H	;testa se é letra
02EE	FA1901	JP	M,0119H	;hexadecimal
02F1	FE47	CP	47H	;se não, seta
02F3	F21901	JP	P,0119H	;carry
02F6	C31C01	JP	011CH	;dígito válido

## SUBROTINA OUT-HEX

Envia para terminal o conteúdo do Acumulador

02F9	E5	PUSH	HL	;salva
02FA	F5	PUSH	AF	;HL e AF
02FB	0F	RRCA		;troca nibble alto
02FC	0F	RRCA		;com nibble baixo
02FD	0F	RRCA		;
02FE	0F	RRCA		;
02FF	E60F	AND	0FH	;coloca na forma
0301	4F	LD	C,A	;padrão nibble alto
0302	CD2403	CALL	0324H	;calcula código ASCII
0305	CD3B00	CALL	003BH	;se envia
0308	F1	POP	AF	;
0309	E60F	AND	0FH	;coloca nibble baixo
030B	4F	LD	C,A	;se
030C	CD2403	CALL	0324H	;calcula código
030F	CD3B00	CALL	003BH	;envia
0312	E1	POP	HL	;restaura HL
0313	C9	RET		;se retorna



## SUBROTINA ESPACO

Envia Espaço para terminal

0314	CD1703	CALL	0317H	;envia 2 espaços
0317	0E20	LD	C,20H	;envia 1 espaço
0319	CD3B00	CALL	003BH	;
031C	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA DECREMENTE D E

Decrementa Registradores DE com carry

031D	1B	DEC	DE	;decrementa DE
031E	3E00	LD	A,00H	;
0320	BB	CP	E	;testa se é fim
0321	C0	RET	NZ	;retorna se não
0322	BA	CP	D	;sim, decrementa D
0323	C9	RET		;e retorna

## SUBROTINA PRVAL

Transforma nibble em código ASCII

0324	212C03	LD	HL,032CH	;endereço da tabela
0327	0600	LD	B,00H	;de códigos
0329	09	ADD	HL,BC	;calcula posição na tabela
032A	4E	LD	C,(HL)	;pega código
032B	C9	RET		;e retorna

## SUBROTINA INPUT

Responsável por examinar/alterar palavras da memória

033F	CD5502	CALL	0255H	;pega endereço inicial
0342	CDA200	CALL	00A2H	;lê caracter e ecoa
0345	79	LD	A,C	;testa se
0346	FE0D	CP	0DH	;é CR
0348	C25903	JP	NZ,0359H	;se não, salta
034B	7C	LD	A,H	;envia
034C	CD9F02	CALL	02F9H	;endereço
034F	7D	LD	A,L	;
0350	CD9F02	CALL	02F9H	;envia espaço
0353	CD1703	CALL	0317H	;se espera novo caracter
0356	C34203	JP	0342H	;testa se é vírgula
0359	FE2C	CP	2CH	;se não, salta
035B	C26A03	JP	NZ,036AH	;pega próximo
035E	CDA200	CALL	00A2H	;caracter
0361	79	LD	A,C	;testa se é CR
0362	FE0D	CP	0DH	;se não, ecoa
0364	C25E03	JP	NZ,035EH	;se continua
0367	C34B03	JP	034BH	;sim, envia endereço
036A	FE20	CP	20H	;testa se é espaço
036C	CAA603	JP	Z,03A6H	;se for, salta
036F	FE7F	CP	7FH	;testa se é DEL
0371	CAA003	JP	Z,03A0H	;se for, salta
0374	CDDE02	CALL	02DEH	;testa se é hexadecimal
0377	D29703	JP	NC,0397H	;se não, salta
037A	CDD502	CALL	02D5H	;calcula caracter
037D	07	RLCA		;troca nibble
037E	07	RLCA		;salto com baixo
037F	07	RLCA		;
0380	07	RLCA		;
0381	57	LD	D,A	;se guarda em D
0382	CDA200	CALL	00A2H	;pega o caracter
0385	CDDE02	CALL	02DEH	;testa hexadecimal
0388	D20501	JP	NC,0105H	;se não, aponta erro
038B	CDD502	CALL	02D5H	;calcula caracter
038E	82	ADD	A,D	;caracter completo
038F	77	LD	(HL),A	;na memória
0390	23	INC	HL	;nova posição
0391	CD1703	CALL	0317H	;envia espaço
0394	C34203	JP	0342H	;se recomeça
0397	FE1B	CP	1BH	;testa se é ESCAPE
0399	C20501	JP	NZ,0105H	;se não, aponta erro
039C	CD1703	CALL	0317H	;envia espaço
039F	C9	RET		;se retorna
03A0	CDAB03	CALL	03ABH	;delete posição anterior
03A3	C34203	JP	0342H	;se recomeça
03A6	7E	LD	A,(HL)	;pega conteúdo
03A7	23	INC	HL	;se envia
03A8	C35003	JP	0350H	;recomeça

## SUBROTINA RUBOUT-HEX

Retorna posição de memória

03AB	0E2F	LD	C,2FH	;envia "\"
03AD	2B	DEC	HL	;
03AE	CD3B00	CALL	003BH	;
03B1	7E	LD	A,(HL)	;envia
03B2	CDF902	CALL	02F9H	;conteúdo da memória
03B5	0E2C	LD	C,2CH	;envia "/"
03B7	CD3B00	CALL	003BH	;
03BA	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA CINPUT-TIME

Faz pooling do terminal

03BB	F3	DI		;
03BC	E5	PUSH	HL	;
03BD	0609	LD	B,09H	;ms de bits
03BF	210001	LD	HL,0100H	;constante de atraso
03C2	DB04	IN	A,04H	;lê a porta
03C4	1F	RRA		;testa a linha
03C5	D27600	JP	NC,0076H	;linha baixa, lê caracter
03C8	2D	DEC	L	;linha alta, espere
03C9	C2C203	JP	NZ,03C2H	;intervalo
03CC	25	DEC	H	;de
03CD	C2C203	JP	NZ,03C2H	;tempo
03D0	E1	POP	HL	;
03D1	FB	EI		;
03D2	C9	RET		;e retorna

## SUBROTINA INPUT-TIME

Verifica tipo de Caracter recebido

03D3	C5	PUSH	BC	;salva BC
03D4	CDBB03	CALL	03BBH	;testa se recebeu caracter
03D7	DA0704	JP	C,0407H	;se não, finaliza
03DA	00	NOP		;
03DB	79	LD	A,C	;coloca caracter
03DC	E67F	AND	7FH	;com paridade
03DE	061B	LD	B,1BH	;testa se
03E0	B8	CP	B	;é ESCAPE
03E1	D20704	JP	NC,0407H	;se for maior, finaliza
03E4	FE13	CP	13H	;testa se é ^S
03E6	C2FA03	JP	NZ,03FAH	;se não, salta
03E9	CD9A00	CALL	009AH	;sim, próximo caracter
03EC	FE11	CP	11H	;deve ser ^Q
03EE	CA0704	JP	Z,0407H	;se for, finaliza
03F1	CD3E00	CALL	003EH	;não, ecoa caracter
03F4	79	LD	A,C	;testa se é
03F5	FE1A	CP	1AH	;^Z
03F7	C2E903	JP	NZ,03E9H	;se não for, próximo caracter
03FA	FE1A	CP	1AH	;testa novamente
03FC	CA1300	JP	Z,0013H	;se for, inicializa
03FF	FE0F	CP	0FH	;testa se é ^O
0401	C20704	JP	NZ,0407H	;se não for, finaliza
0404	37	SCF		;seta carry flag
0405	C1	POP	BC	;
0406	C9	RET		;se retorna
0407	C1	POP	BC	;finalização
0408	AF	XOR	A	;zera acumulador
0409	C9	RET		;se retorna

## SUBROTINA GOTO

Executa programa cujo endereço é enviado pelo terminal

040A	3E0D	LD	A,0DH	;testa se é
040C	B9	CP	C	;CR
040D	C21604	JP	NZ,0416H	;se não for, salta
0410	212B04	LD	HL,042BH	;sim, envia pedido
0413	CD1E01	CALL	011EH	;de endereço
0416	CD8402	CALL	0284H	;pega endereço
0419	EB	EX	DE,HL	;se coloca em HL
041A	C3E601	JP	01E6H	;troca HL com PC
041D	C9	RET		;se retorna

## LETRAS "ENDEREÇO:"

041E	00	NOP
041F	00	NOP
0420	24	'\$'
0421	3A	':'
0422	4F	'O'
0423	2C	','
0424	09	'BS'
0425	43	'C'
0426	45	'E'
0427	52	'R'
0428	45	'E'
0429	44	'D'
042A	4E	'N'
042B	45	'C'

## SUBROTINA SALVE REGISTROS

Salva Registradores da UCP em buffer de memória

042C	E5	PUSH	HL	;salva HL
042D	21FF1F	LD	HL,1FFFH	;apontador de buffer
0430	C5	PUSH	BC	;salva BC
0431	75	PUSH	AF	;coloca AF
0432	C1	POP	BC	;em BC
0433	77	LD	(HL),A	;guarda A
0434	2B	DEC	HL	;e
0435	71	LD	(HL),C	;flags
0436	ED57	LD	A,I	;guarda I
0438	2B	DEC	HL	;
0439	77	LD	(HL),A	;
043A	ED5F	LD	A,R	;guarda R
043C	2B	DEC	HL	;
043D	77	LD	(HL),A	;
043E	C1	POP	BC	;restaura BC
043F	2B	DEC	HL	;original
0440	70	LD	(HL),B	;e guarda
0441	2B	DEC	HL	;BC
0442	71	LD	(HL),C	;
0443	2B	DEC	HL	;
0444	72	LD	(HL),D	;guarda DE
0445	2B	DEC	HL	;
0446	73	LD	(HL),E	;
0447	2B	DEC	HL	;coloca
0448	D1	POP	DE	;HL em DE
0449	72	LD	(HL),D	;guarda HL
044A	2B	DEC	HL	;
044B	73	LD	(HL),E	;
044C	DD22F41F	LD	(1FF4H),IX	;guarda IX
0450	FD22F21F	LD	(1FF2H),IY	;e IY
0454	C1	POP	BC	;guarda PC
0455	E1	POP	HL	;
0456	E5	PUSH	HL	;

0457	C5	PUSH	BC	;
0458	22F01F	LD	(1FF0H),HL	;
045B	210400	LD	HL,0004H	;calcula
045E	39	ADD	HL,SP	;valor de SP
045F	22EE1F	LD	(1FEEH),HL	;guarda SP
0462	C9	RET		;retorna
0463	CD2C04	CALL	042CH	;nova chamada
0466	C9	RET		;retorna
0467	00	NOP		;

## SUBROTINA SINAL

Envia Retorno de Carro e Prompt para terminal

0468	79	LD	A,C	;testa se
0469	3E0D	LD	A,0DH	;é CR
046B	B9	CP	C	;
046C	2B03	JR	Z,03H	;se for, envia CR
046E	CDE900	CALL	00E9H	;
0471	0E2E	LD	C,2EH	;envia prompt
0473	CD3B00	CALL	003BH	;
0476	C9	RET		;retorna

## SUBROTINA CARREGA-TABELA

Carrega tabela de velocidade em RAM

0477	060C	LD	B,0CH	;nº de elementos
0479	11B704	LD	DE,04B7H	;apontador da EPROM
047C	21091F	LD	HL,1F09H	;apontador da RAM
047F	1A	LD	A,(DE)	;pega elemento da EPROM
0480	77	LD	(HL),A	;transfere para RAM
0481	23	INC	HL	;novos valores
0482	13	INC	DE	;de endereço
0483	05	DEC	B	;próximo elemento
0484	20F9	JR	NZ,F9H	;se não terminou, volta
0486	C9	RET		;terminou, retorna

## TABELA

0487	00
0488	01
0489	90
048A	02
048B	24
048C	24
048D	24
048E	24

SUBROTINA IMPRIME MENSAGEM  
Envia Identificação para terminal

048F	212105	LD	HL,0521H	;apontador da identificação
0492	CD1E01	CALL	011EH	;envia identificação
0495	C9	RET		;e retorna

SUBROTINA LISTE REGISTROS  
Envia conteúdo dos Registradores da UCP para terminal

0496	11FF1F	LD	DE,1FFFH	;aponta buffer
0499	21E704	LD	HL,04E7H	;aponta tabela de registros
049C	CDE804	CALL	04E8H	;envia registrador
049F	0E3D	LD	C,3DH	;e "="
04A1	CD3B00	CALL	003BH	;
04A4	1A	LD	A,(DE)	;envia conteúdo
04A5	CDF902	CALL	02F9H	;do registrador
04A8	1B	DEC	DE	;posiciona
04A9	2B	DEC	HL	;próximo registrador
04AA	3E23	LD	A,23H	;testa se é
04AC	BE	CP	(HL)	;par de registradores
04AD	20ED	JR	NZ,EDH	;se não, volta
04AF	2B	DEC	HL	;par de registradores
04B0	CDE804	CALL	04E8H	;são enviados
04B3	0E0D	LD	C,0DH	;
04B5	CD3B00	CALL	003BH	;
04B8	1A	LD	A,(DE)	;
04B9	CDF902	CALL	02F9H	;
04BC	1B	DEC	DE	;
04BD	1A	LD	A,(DE)	;
04BE	CDF902	CALL	02F9H	;
04C1	2B	DEC	HL	;
04C2	AF	XOR	A	;zera acumulador
04C3	BE	CP	(HL)	;testa se terminou
04C4	1B	DEC	DE	;
04C5	20E9	JR	NZ,E9H	;se não, recomeça
04C7	C9	RET		;sim, retorna
04C8	00	NOP		;

## TABELA DE REGISTROS

04C9	24	'\$'
04CA	50	'P'
04CB	53	'S'
04CC	24	'\$'
04CD	43	'C'
04CE	50	'P'
04CF	24	'\$'
04D0	59	'Y'
04D1	49	'I'
04D2	24	'\$'
04D3	58	'X'
04D4	49	'I'
04D5	24	'\$'
04D6	4C	'L'
04D7	48	'H'
04D8	24	'\$'
04D9	45	'E'
04DA	44	'D'
04DB	24	'\$'
04DC	43	'C'
04DD	42	'B'
04DE	23	'#'
04DF	24	'\$'
04E0	52	'R'
04E1	24	'\$'
04E2	47	'I'
04E3	24	'\$'
04E4	46	'F'
04E5	24	'\$'
04E6	41	'A'
04E7	00	

## SUBROTINA LISTE·R

Envia mensagem para terminal

04E8	CD1703	CALL	0317H	envia mensagem
04E9	CD1E01	CALL	011EH	através da memória
04EE	C9	RET		retorna

## SUBROTINA COMPLEMENTO DO ERRO

Envia letras "??!" para terminal; mensagem de erro

04EF	CD1E01	CALL	011EH	envia letras "??!"
04F2	C31300	JP	0013H	erro, partida quente



## LETRAS DA MENSAGEM

04F5	FF	
04F6	FF	
04F7	FF	
04F8	FF	
04F9	FF	
04FA	FF	
04FB	FF	
04FC	FF	
04FD	FF	
04FE	FF	
04FF	FF	
0500	24	'S'
0501	35	'S'
0502	38	'O'
0503	23	'H'
0504	30	'O'
0505	31	'I'
0506	20	'SP'
0507	20	'SP'
0508	50	'P'
0509	4D	'M'
050A	41	'A'
050B	43	'C'
050C	49	'I'
050D	4E	'N'
050E	55	'U'
050F	20	'SP'
0510	2D	'.'
0511	20	'SP'
0512	43	'C'
0513	52	'R'
0514	44	'D'
0515	20	'SP'
0516	2D	'.'
0517	20	'SP'
0518	53	'G'
0519	4E	'N'
051A	4F	'O'
051B	54	'T'
051C	50	'P'
051D	45	'E'
051E	4C	'L'
051F	20	'SP'
0520	0A	'LF'
0521	0D	'CR'

## SUBROTINA SALVE\*LIST\*RESTAURE

Salva, Lista e Restaura Registradores da UCP

0522	CD2C04	CALL	042CH	;salva e lista
0525	CD9604	CALL	0496H	;registradores
0528	CDE900	CALL	00E9H	;
052B	2AFE1F	LD	HL,(1FFEh)	;restaura
052E	E5	PUSH	HL	;AF
052F	F1	POP	AF	;
0530	2AFA1F	LD	HL,(1FFAh)	;restaura
0533	4D	LD	C,L	;BC
0534	44	LD	B,H	;
0535	2AF81F	LD	HL,(1FF8h)	;restaura
0538	EB	EX	DE,HL	;DE
0539	2AF61F	LD	HL,(1FF6h)	;restaura HL
053C	C9	RET		;e retorna

## APÊNDICE B - SOFTWARE DE AQUISIÇÃO DE DADOS

## PROGRAMA FMD

Programa de Aquisição de Dados e Controle

```

0800 ED 56 IM 1 ;programa principal
0802 3E 99 LD A,99H ;seta modo de interrupção
0804 D3 03 OUT 03H ;programa portas E/S
0806 21 1E 1F LD HL,1F1EH ;seta endereço
0809 36 C3 LD (HL),C3H ;da RSI
080B 23 INC HL ;
080C 36 58 LD (HL),58H ;
080E 23 INC HL ;
080F 36 08 LD (HL),08H ;
0811 11 01 1C LD DE,1C01H ;seta início
0814 D5 PUSH DE ;do buffer de eventos
0815 21 FF 07 LD HL,07FFH ;envia pedido
0818 CD 1E 01 CALL 011EH ;do nº de ajustes
081B CD A2 00 CALL 00A2H ;
081E CD D5 02 CALL 02D5H ;
0821 32 F0 19 LD (19F0H),A ;guarda em 19F0H
0824 CD E9 00 CALL 00E9H ;
0827 11 00 01 LD DE,0100H ;zera buffer de eventos
082A 21 00 1C LD HL,1C00H ;
082D 3E 00 LD A,00H ;
082F 77 LD (HL),A ;
0830 23 INC HL ;
0831 CD 1D 03 CALL 031DH ;
0834 C2 2F 08 JP NZ,082FH ;
0837 11 00 02 LD DE,0200H ;zera buffer multicanal
083A 21 00 1A LD HL,1A00H ;de 1A00H à 1BFFH
083D 3E 00 LD A,00H ;
083F 77 LD (HL),A ;
0840 23 INC HL ;
0841 CD 1D 03 CALL 031DH ;
0844 C2 3F 08 JP NZ,083FH ;
0847 06 00 LD B,00H ;inicializa máximo local
0849 0E C8 LD C,C8H ;nº de leituras
084B 16 00 LD D,00H ;inicializa máximo global
084D 3A F0 19 LD A,(19F0) ;
0850 5F LD E,A ;nº de ajustes
0851 26 1B LD H,1BH ;parte alta do buffer
0853 FB EI ;
0854 76 HALT ;suspensa até
0855 C3 54 08 JP 0854H ;ser interrompido
0858 F3 DI ;início da RSI
0859 DB 00 IN 00H ;leitura do dado
085B 2F CPL ;
085C 6F LD L,A ;armazenamento do dado
085D 34 INC (HL) ;tipo multicanal
085E B8 CP B ;armazena valor máximo
085F DA 63 08 JP C,0863H ;local em B
0862 47 LD B,A ;
0863 0D DEC C ;fim de leitura?

```

0864	CA 5A 00	JP	Z,086AH	use for, salta
0867	FB	EI		use não, continua
0868	ED 4D	RETI		na leitura
086A	78	LD	A,B	testa local
086B	BA	CP	D	com global
086C	DA 9B 08	JP	C,089BH	use local é menor, salta
086F	57	LD	D,A	não, novo valor
0870	D5	PUSH	DE	para máximo global
0871	21 FF 1B	LD	HL,1BFFH	transfere buffer multicanal
0874	7E	LD	A,(HL)	para buffer temporário
0875	36 00	LD	HL,(00H)	zera buffer multicanal
0877	25	DEC	H	
0878	77	LD	(HL),A	
0879	24	INC	H	
087A	2D	DEC	L	
087B	C2 74 08	JP	NZ,0874H	
087E	11 FF FF	LD	DE,FFFFH	
0881	CD 1D 03	CALL	031DH	
0884	C2 81 08	JP	NZ,0881H	
0887	3E 06	LD	A,06H	dá 1 passo no motor
0889	D3 01	OUT	01H	de passo
088D	3E 04	LD	A,04H	no sentido corrente
088D	D3 01	OUT	01H	
088F	06 00	LD	B,00H	inicializa máximo local
0891	0E C8	LD	C,C8H	ne de leituras
0893	D1	POP	DE	
0894	1D	DEC	E	fim de ajustes?
0895	CA C7 08	JP	Z,08C7H	use for, salta
0898	FB	EI		
0899	ED 4D	RETI		não, estado de suspensão
089B	21 FF 1B	LD	HL,1BFFH	máximo global é maior
089E	3E 00	LD	A,00H	zera buffer multicanal
08A0	77	LD	(HL),A	
08A1	2D	DEC	L	
08A2	C2 A0 08	JP	NZ,08A0H	
08A5	D5	PUSH	DE	
08A6	11 FF FF	LD	DE,FFFFH	
08A9	CD 1D 03	CALL	031DH	
08AC	C2 A9 08	JP	NZ,08A9H	
08AF	3E 06	LD	A,06H	dá 1 passo no motor
08B1	D3 01	OUT	01H	de passo no sentido
08B3	3E 00	LD	A,00H	inverso
08B5	D3 01	OUT	01H	
08B7	3E 02	LD	A,02H	
08B9	D3 01	OUT	01H	
08BB	06 00	LD	B,00H	inicializa máximo local
08BD	0E C8	LD	C,C8H	ne de leituras
08BF	D1	PUSH	DE	
08C0	1D	DEC	E	fim de ajustes?
08C1	CA C7 08	JP	Z,08C7H	use for, salta
08C4	FB	EI		
08C5	ED 4D	RETI		não, estado de suspensão
08C7	42	LD	B,D	valor máximo
08C8	04	INC	B	do evento
08C9	48	LD	C,B	no registrador B

08CA	C5		PUSH	BC	;
08CB	06 00		LD	B,00H	;inicializa frequência
08CD	21 00 1A		LD	HL,1A00H	;máxima
08DE	7E		LD	A,(HL)	;testa para encontrar
08D1	B9		CP	B	;frequência máxima
08D2	DA D7 08		JP	C,08D7H	;
08D5	47		LD	D,A	;armazena em B
08D6	5D		LD	E,L	;armazena em E posição
08D7	23		INC	HL	;da frequência máxima
08D8	0D		DEC	C	;valor de fundo
08D9	C2 D0 08		JP	NZ,08D0H	;
08DC	7B		LD	A,E	;armazena
08DD	60		LD	H,B	;temporariamente
08DE	C1		POP	BC	;
08DF	4F		LD	C,A	;subtrai valor máximo
08E0	05		DEC	B	;do valor de fundo
08E1	78		LD	A,B	;coloca a diferença
08E2	91		SUB	C	;no registrador B
08E3	47		LD	B,A	;
08E4	C1		PUSH	BC	;
08E5	7C		LD	A,H	;divide frequência
08E6	0E 04		LD	C,04H	;máxima por 2.7
08E8	47		LD	B,A	;
08E9	B0		ADD	A,B	;
08EA	0D		DEC	C	;
08EB	C2 E9 08		JP	NZ,08E9H	;
08EC	06 00		LD	B,00H	;
08F0	0E 0D		LD	C,0DH	;
08F2	04		INC	B	;
08F3	91		SUB	C	;
08F4	D2 F2 08		JP	NC,08F2H	;
08F7	05		DEC	B	;
08F8	78		LD	A,B	;resultado da divisão
08F9	C1		POP	BC	;no acumulador
08FA	26 1A		LD	H,1AH	;testa para encontrar
08FC	69		LD	L,C	;posição cuja frequência
08FD	BE		CP	(HL)	;é o resultado da divisão
08FE	D2 08 09		JP	NC,0908H	;
0901	CA 08 09		JP	Z,0908H	;
0904	23		INC	HL	;
0905	C3 FD 08		JP	08FDH	;
0908	C5		PUSH	BC	;
0909	7D		LD	A,L	;posição no acumulador
090A	41		LD	B,C	;valor de fundo em B
090B	90		SUB	B	;subtrai e obtém a variância
090C	C1		POP	BC	;
090D	E1		POP	HL	;
090E	D1		POP	DE	;buffer de eventos
090F	12		LD	(DE),A	;armazena variância
0910	13		INC	DE	;
0911	78		LD	A,B	;
0912	12		LD	(DE),A	;armazena diferença
0913	13		INC	DE	;
0914	D5		PUSH	DE	;
0915	21 37 08		LD	HL,0837H	;seta endereço de retorno

0918	E5	PUSH	HL	;
0919	11 FF FF	LD	DE,FFFFH	; dá um atraso
091C	CD 1D 03	CALL	031DH	;
091F	C2 1C 09	JP	NZ,091CH	;
0922	3E 07	LD	A,07H	; sinalização
0924	D3 01	OUT	01H	; para próxima medida
0926	FB	EI		;
0927	ED 4D	RETI		; estado de suspensão

## TABELA

07FF	23	'#'
07FE	20	':'
07FD	41	'A'
07FC	4A	'J'
07FB	55	'U'
07FA	53	'S'
07F9	54	'T'
07F8	45	'E'
07F7	53	'S'
07F6	3A	':'
07F5	24	'\$'

## PROGRAMA NLM

Programa de Aquisição de Dados e Controle

0700	ED 56	IM	1	; programa principal
0702	3E 99	LD	A,99H	; seta modo de interrupção
0704	D3 03	OUT	03H	; programa portas de E/S
0706	21 1E 1F	LD	HL,1F1EH	; seta endereço
0709	36 C3	LD	(HL),C3H	; da RSI
070B	23	INC	HL	;
070C	36 5B	LD	(HL),5BH	;
070E	23	INC	HL	;
070F	36 07	LD	(HL),07H	;
0711	21 6F 05	LD	HL,056FH	; envia pedido
0714	CD 1E 01	CALL	011EH	; do tamanho
0717	CD A2 00	CALL	00A2H	; do campo de
071A	CD D5 02	CALL	02D5H	; leitura (1,2,4)
071D	0F	RRCA		;
071E	0F	RRCA		;
071F	0F	RRCA		;
0720	0F	RRCA		;
0721	32 F0 19	LD	(19F0H),A	;
0724	CD A2 00	CALL	00A2H	;
0727	CD D5 02	CALL	02D5H	;
072A	21 F0 19	LD	HL,19F0H	;
072D	86	ADD	A,(HL)	;
072E	77	LD	(HL),A	; guarda em 19F0H
072F	CD E9 00	CALL	00E9H	;
0732	7E	LD	A,(HL)	; verifica
0733	FE 01	CP	01H	; tamanho do
0735	CA 44 07	JP	Z,0744H	; campo para setar
0738	FE 02	CP	02H	; nº de leituras
073A	CA 4B 07	JP	Z,074BH	; se posicionamento
073D	0E C8	LD	C,C8H	; do motor de passo
073F	06 14	LD	B,14H	;
0741	C3 4F 07	JP	074FH	;
0744	0E 32	LD	C,32H	;
0746	06 05	LD	B,05H	;
0748	C3 4F 07	JP	074FH	;
074B	0E 64	LD	C,64H	;
074D	06 0A	LD	B,0AH	;
074F	57	LD	D,A	;
0750	21 F1 19	LD	HL,19F1H	; guarda parâmetros
0753	70	LD	(HL),B	; de leitura
0754	23	INC	HL	; em 19F1H e 19F2H
0755	71	LD	(HL),C	;
0756	FB	EI		;
0757	76	HALT		; suspenso até
0758	C3 57 07	JP	0757H	; ser interrompido
075B	F3	DI		; início da RSI
075C	3E 00	LD	A,00H	;
075E	15	DEC	C	; testa se
075F	BA	CP	D	; faz leitura
0760	C2 6F 07	JP	NZ,076FH	; se não, salta
0763	D8 00	IN	00H	; leitura do dado

0765	2F		CPL		envia
0766	C5		PUSH	BC	estado lido
0767	CD F9 02		CALL	02F9H	para buffer do NCC
076A	C1		PDP	BC	;
076B	21 F0 19		LD	HL,19F0H	;
076E	56		LD	D,(HL)	restaura parâmetros
076F	0D		DEC	C	de leitura
0770	CA 76 07		JP	Z,0776H	verifica se é fim de leitura
0773	FB		EI		se for, salta
0774	ED 4D		RETI		não, continua a leitura
0776	F3		DI		fim de leitura
0777	11 FF FF		LD	DE,FFFFH	dá um
077A	CD 1D 03		CALL	031DH	atraso
077D	C2 7A 07		JP	NZ,077AH	para sincronização
0780	11 FF FF		LD	DE,FFFFH	ajusta platina
0783	CD 1D 03		CALL	031DH	para leitura de nova linha
0786	C2 83 07		JP	NZ,0783H	através de motor de passo
0789	3E 06		LD	A,06H	envia
078B	D3 01		OUT	01H	pulsos
078D	3E 04		LD	A,04H	para
078F	D3 01		OUT	01H	motor de passo
0791	05		DEC	B	;
0792	C2 80 07		JP	NZ,0780H	;
0795	21 F0 19		LD	HL,19F0H	restaura
0798	56		LD	D,(HL)	parâmetros
0799	23		INC	HL	de leitura
079A	46		LD	B,(HL)	;
079B	23		INC	HL	;
079C	4E		LD	C,(HL)	;
079D	FB		EI		;
079E	ED 4D		RETI		retorna ao estado suspenso

## TABELA

056F	23	'#'
056E	20	':'
056D	4D	'M'
056C	45	'E'
056B	44	'D'
056A	49	'I'
0569	44	'D'
0568	41	'A'
0567	50	'S'
0566	3A	':'
0565	24	'\$'



## PROGRAMA FD

Programa de Aquisição de Dados e Contrôlc

0A00	ED 56	IM	1	; programa principal
0A02	3E 99	LD	A,99H	; seta modo de interrupção
0A04	D3 03	OUT	03H	; programa portas de E/S
0A06	21 1E 1F	LD	HL,1F1EH	; seta endereço
0A09	36 C3	LD	(HL),C3H	; da RSI
0A0B	23	INC	HL	;
0A0C	36 42	LD	(HL),42H	;
0A0E	23	INC	HL	;
0A0F	36 0A	LD	(HL),0AH	;
0A11	21 FF 09	LD	HL,09FFH	; envia pedido
0A14	CD 1E 01	CALL	011EH	; de nº de blocos
0A17	CD A2 00	CALL	00A2H	; para leitura
0A1A	CD D5 02	CALL	02D5H	;
0A1D	32 F0 19	LD	(19F0H),A	; guarda em 19F0H
0A20	CD E9 00	CALL	00E9H	;
0A23	11 0F 01	LD	DE,010FH	; zera buffer
0A26	21 00 1B	LD	HL,1B00H	; buffer multicanal
0A29	3E 00	LD	A,00H	; de 1B00H à 1BFFH
0A2B	77	LD	(HL),A	;
0A2C	23	INC	HL	;
0A2D	CD 1D 03	CALL	031DH	;
0A30	C2 2B 0A	JP	NZ,0A2BH	;
0A33	06 00	LD	B,00H	; inicializa valor máximo
0A35	0E 64	LD	C,64H	; tamanho do bloco
0A37	3A F0 19	LD	A,(19F0H)	;
0A3A	5F	LD	E,A	; nº de blocos
0A3D	26 1B	LD	H,1BH	; parte alta do buffer
0A3D	FB	EI		;
0A3E	76	HALT		; suspenso até
0A3F	C3 3E 0A	JP	0A3EH	; ser interrompido
0A42	F3	DI		; início da RSI
0A43	DB 00	IN	00H	; leitura do dado
0A45	2F	CPL		;
0A46	6F	LD	L,A	; guarda dado no buffer
0A47	34	INC	(HL	; armazenamento tipo
0A48	B9	CP	B	; multicanal
0A49	DA 4D 0A	JP	C,0A4DH	; valor máximo
0A4C	47	LD	B,A	; é colocado em B
0A4D	0D	DEC	C	;
0A4E	C2 57 0A	JP	NZ,0A57H	;
0A51	1D	DEC	E	; fim de leitura?
0A52	CA 5A 0A	JP	A,0A5AH	; se for, salta
0A55	0E 64	LD	C,64H	;
0A57	FB	EI		; se não, continua
0A58	ED 4D	RETI		; a leitura
0A5A	F3	DI		; fim de leitura
0A5B	04	INC	B	; valor máximo
0A5C	4B	LD	C,B	; do evento
0A5D	C5	PUSH	BC	; no registrador B
0A5E	06 00	LD	B,00H	; inicializa frequência
0A60	21 00 1B	LD	HL,1B00H	; máxima

0A63	7E		LD	A,(HL)	; testa para
0A64	B8		CP	B	; encontrar frequência
0A65	DA	6A 0A	JP	C,0A6AH	; máxima e
0A68	47		LD	B,A	; armazenar em B
0A69	5D		LD	C,L	; posição da frequência
0A6A	23		INC	HL	; é armazenada em E
0A6B	0D		DEC	C	; valor de fundo
0A6C	C2	63 0A	JP	NZ,0A63H	;
0A6F	7D		LD	A,E	; armazenar
0A70	60		LD	H,B	; temporariamente
0A71	C1		POP	BC	;
0A72	4F		LD	C,A	;
0A73	05		DEC	B	; subtrai valor máximo
0A74	78		LD	A,B	; do valor de fundo
0A75	91		SUB	C	; armazenar diferença
0A76	47		LD	B,A	; no registrador B
0A77	C5		PUSH	BC	;
0A78	7C		LD	A,H	; restaura frequência
0A79	0E	04	LD	C,04H	; máxima
0A7B	47		LD	B,A	; divide frequência
0A7C	B0		ADD	A,B	; máxima por 2.7
0A7D	0D		DEC	C	;
0A7E	C2	7C 0A	JP	NZ,0A7CH	;
0A81	06	00	LD	B,00H	;
0A83	0E	0D	LD	C,0DH	;
0A85	04		INC	B	;
0A86	91		SUB	C	;
0A87	D2	85 0A	JP	NC,0A85H	;
0A8A	05		DEC	B	;
0A8B	78		LD	A,B	; testa para
0A8C	C1		POP	BC	; encontrar posição
0A8D	26	1B	LD	H,1BH	; cuja frequência é
0A8F	69		LD	L,C	; o resultado da divisão
0A90	BE		CP	(HL)	; anterior
0A91	D2	9B 0A	JP	NC,0A9BH	;
0A94	CA	9B 0A	JP	Z,0A9BH	;
0A97	23		INC	HL	;
0A98	C3	90 0A	JP	0A90H	;
0A9B	C5		PUSH	BC	;
0A9C	7D		LD	A,L	; armazenar posição
0A9D	41		LD	B,C	; no acumulador
0A9E	90		SUB	B	; de valor de fundo em B
0A9F	C1		POP	BC	; subtrai e obtém a variância
0AA0	11	01 1C	LD	DE,1C01H	; início do buffer de eventos
0AA3	12		LD	(DE),A	; armazenar variância
0AA4	13		INC	DE	; de diferença
0AA5	78		LD	A,B	;
0AA6	12		LD	(DE),A	;
0AA7	3E	07	LD	A,07H	; sinaliza
0AA9	D3	01	OUT	01H	; fim de programação
0AAB	76		HALT		; suspenso

## PROGRAMA FT

Programa de Aquisição de Dados e Controle

```

0930 ED 56 IM 1 ;programa principal
0932 3E 99 LD A,99H ;seta modo de interrupção
0934 D3 03 OUT 03H ;programa portas de E/S
0936 21 1E 1F LD HL,1F1EH ;seta endereço
0939 36 C3 LD (HL),C3H ;da RSI
093B 23 INC HL ;
093C 36 5E LD (HL),2EH ;
093E 23 INC HL ;
093F 36 09 LD (HL),09H ;
0941 21 FF 09 LD HL,09FFH ;envia pedido
0944 CD 1E 01 CALL 011EH ;de nº de blocos
0947 CD A2 00 CALL 00A2H ;de leitura
094A CD D5 02 CALL 02D5H ;
094D 32 F0 19 LD (19F0H),A ;guarda em 19F0H
0950 CD E9 00 CALL 00E9H ;
0953 0E 64 LD C,64H ;cada bloco faz
0955 3A F0 19 LD A,(19F0H) ;a leitura de
0958 5F LD E,A ;100 dados do NLM
0959 FB EI ;
095A 76 HALT ;suspensa até
095B C3 5A 09 JP 095AH ;ser interrompido
095E F3 DI ;início da RSI
095F DB 00 IN 00H ;leitura do dado
0961 2F CPL ;
0962 C5 PUSH BC ;envia dado lido
0963 CD F9 02 CALL 02F9H ;para buffer do NEC
0966 C1 POP BC ;
0967 0D DEC C ;
0968 C2 71 09 JP NZ,0971H ;
096B 1D DEC E ;fim de leitura?
096C CA 74 09 JP C,0974H ;se for, salta
096F 0E 64 LD C,64H ;
0971 FB EI ;se não, continua
0972 ED 4D RETI ;a leitura
0974 F3 DI ;fim de leitura
0975 3E 07 LD A,07H ;sinalização
0977 D3 01 OUT 01H ;
0979 0E 04 LD C,04H ;
097B 11 FF FF LD DE,FFFFH ;dá um atraso
097E CD 1D 03 CALL 031DH ;para sincronização
0981 C2 7E 09 JP NZ,097EH ;
0984 0D DEC C ;
0985 C2 7B 09 JP NZ,097BH ;
0988 0E 64 LD C,64H ;
098A 3A F0 19 LD A,(19F0H) ;carrega nº de blocos
098D 5F LD E,A ;sinaliza
098E 3E 00 LD A,00H ;pronto para
0990 D3 01 OUT 01H ;nova leitura
0992 FB EI ;
0993 ED 4D RETI ;retorna ao estado suspenso

```

```
100 '=====
110 '=====
120 '
130 '          PROGRAMA   DE   AQUISICAO   DE   DADOS
140 '
150 '          LEITURA   DO   FOTOMICRODENSITOMETRO
160 '
170 '          PROGRAMA   F   M   D
180 '
190 '=====
200 '=====
210 '
220 '
230 '          PROGRAMA PRINCIPAL
240 '
250 DIM A$(60,60),CAM$(100),BLC$(100),UNCAST$(100),DIF(100)
260 DIM A(1000),B(60,60),C(100)
270 DIM VMAX(100),TOT(100)
280 COM ON
290 OPEN "COM:" AS #1
300 CLS 1:V=-1
310 PRINT SPACE$(10); "PROGRAMA DE LEITURA DO FOTOMICRODENSITOMETRO"
320 V=V+1
330 PRINT SPACE$(5); "# DA CAMARA";: INPUT CAM$(V)
340 PRINT SPACE$(5); "# DO BLOCO";: INPUT BLC$(V)
350 PRINT SPACE$(5); "# UNIDADE DE CASCATA";: INPUT UNCAST$(V)
360 PRINT "ENTRE COM # DE MEDIDAS";: INPUT II
370 JJ=0
380 PRINT "PRONTO PARA MEDIDA ";
390 INPUT B$
400 IF B$<>"S" GOTO 400
410 I=0
420 ON COM GOSUB *LEIT
430 IF I< II GOTO 420
440 BEEP
450 GOSUB *LINES
460 JJ=JJ-1: PRINT "NUMERO DE LINHAS="; JJ+1
470 GOSUB *CALC
480 CLOSE #2
490 PRINT "QUER FAZER IMPRESSAO";
500 INPUT D$
510 IF D$="S" THEN GOSUB *PRIN
520 PRINT "QUER REPETIR A MEDIDA";
530 INPUT K$
540 IF K$<>"S" GOTO 560
550 V=V-1 : GOTO 310
560 PRINT "QUER GUARDAR EM DISCO";
570 INPUT E$
580 IF E$<>"S" THEN GOTO 630
590 IF V=0 THEN GOTO 620
600 GOSUB *DISK2
610 GOTO 630
620 GOSUB *DISK1
630 PRINT "QUER LER DISCO";
640 INPUT F$
650 IF F$="S" THEN GOSUB *DISK3
660 PRINT "QUER FAZER DESENHO";
670 INPUT H$
680 IF H$="S" THEN GOSUB *DESENHO
690 PRINT "QUER SAIR";
700 INPUT G$
```

```

710 CLOSE
720 END
730
740
750 SUBROTINA DE LEITURA DO BUFFER
760
770 *LEIT
780 IF LOC(1)>1 THEN DAT$(I)=INPUT$(2,#1): I=I+1
790 RETURN
800
810
820 SUBROTINA DE CALCULO
830
840 *CALC
850 PRINT I
860 FOR J=2 TO I
870 B#=LEFT$(DAT$(J),1)
880 IF B#<>"0" GOTO 930
890 FOR M=0 TO 15
900 C#=RIGHT$(DAT$(J),1)
910 IF C#=HEX$(M) GOTO 960
920 NEXT M
930 FOR M=16 TO 255
940 IF DAT$(J)=HEX$(M) GOTO 960
950 NEXT M
960 DAT(J)=M
970 NEXT J
980 PRINT "CAMARA="; CAM#
990 PRINT "BLOCO="; BLC#
1000 PRINT "UNIDADE DE CASCATA="; UNCAST#
1010 FOR J=2 TO I-1 STEP 2
1020 M=J/2
1030 SIGMA(M)=DAT(J)*3/256
1040 DIF(M)=DAT(J+1)*3/256
1050 PRINT "# EVENTO="; M, "SIGMA="; SIGMA(M), "DIF="; DIF(M)
1060 NEXT J
1070 RETURN
1080
1090
1100 SUBROTINA DE IMPRESSAO
1110
1120 *PRIN
1130 LPRINT
1140 LPRINT "CAMARA "; CAM#
1150 LPRINT "BLOCO "; BLC#
1160 LPRINT "UNIDADE DE CASCATA "; UNCAST#
1170 FOR J=2 TO I-1 STEP 2
1180 M=J/2
1190 LPRINT "#="; M, "SIGMA="; SIGMA(M), "DIF="; DIF(M)
1200 NEXT J
1210 RETURN
1220
1230

```

```

1240 '          SUBROTINA DE ESCRITA EM DISCO
1250 '
1260 *WRDISK
1270 OPEN "NALUMI.DAT" FOR OUTPUT AS #2
1280 Y=0
1290 FOR X=1 TO M
1300 FOR T=0 TO L
1310 IF NUL(T)=X THEN GOTO 1340 ELSE GOTO 1320
1320 NEXT T
1330 Y=Y+1 : SIGMA(Y)=SIGMA(X) : DIF(Y)=DIF(X)
1340 NEXT X
1350 FOR W=1 TO Y
1360 WRITE #2, SIGMA(W) : WRITE #2, DIF(W)
1370 NEXT W
1380 CLOSE #2
1390 RETURN
1400 '
1410 '
1420 '          SUBROTINA DE LEITURA DE DISCO
1430 '
1440 *RDDISK
1450 OPEN "NALUMI.DAT" FOR INPUT AS #2
1460 FOR W=1 TO Y
1470 INPUT #2,SIGMA(W):INPUT #2,DIF(W)
1480 NEXT W
1490 FOR W=1 TO Y
1500 PRINT SIGMA(W),DIF(W)
1510 NEXT W
1520 CLOSE #2
1530 RETURN
1540 '
1550 '
1560 '          SUBROTINA DE NULIDADE DE DADOS
1570 '
1580 *ANULE
1590 FOR L=0 TO 10
1600 PRINT "# MEDIDA";:INPUT NUL(L)
1610 PRINT "ALGUMA MAIS";:INPUT M#
1620 IF M#<>"S" GOTO 1640
1630 NEXT L
1640 RETURN

```

```

100 '=====
110 '=====
120 '
130 '          PROGRAMA   DE   AQUISICAO   DE   DADOS
140 '
150 '          LEITURA   DO   FOTOMICRODENSITOMETRO
160 '
170 '          PROGRAMA   F   T
180 '
190 '=====
200 '=====
210 '
220 '
230 '          PROGRAMA PRINCIPAL
240 '
250 DIM DAT$(1100),CAM$(50),BLC$(50),UNCAST$(50),DIF(50)
260 DIM A(1000),B(10,1100),C(50)
270 DIM VMAX(50),TOT(50)
280 COM ON
290 OPEN "COM:" AS #1
300 CLS 1:V=-1
310 PRINT SPACE$(10); "PROGRAMA DE LEITURA DO FOTOMICRODENSITOMETRO"
320 V=V+1
330 PRINT SPACE$(5); "# DA CAMARA";: INPUT CAM$(V)
340 PRINT SPACE$(5); "# DO BLOCO";: INPUT BLC$(V)
350 PRINT SPACE$(5); "# UNIDADE DE CASCATA";: INPUT UNCAST$(V)
360 PRINT "ENTRE COM # DE MEDIDAS";: INPUT II
370 II=II-1
380 PRINT "PRONTO PARA MEDIDA ";
390 INPUT B$
400 IF B$<>"S" GOTO 400
410 I=0
420 ON COM GOSUB *LEIT
430 IF I< II GOTO 420
440 BEEP
450 GOSUB *CALC
460 CLOSE #2
470 PRINT "QUER FAZER IMPRESSAO";
480 INPUT D$
490 IF D$="S" THEN GOSUB *PRIN
500 PRINT "QUER REPETIR A MEDIDA";
510 INPUT K$
520 IF K$<>"S" GOTO 540
530 V=V-1 : GOTO 310
540 PRINT "QUER GUARDAR EM DISCO";
550 INPUT E$
560 IF E$<>"S" THEN GOTO 610
570 IF V=0 THEN GOTO 600
580 GOSUB *DISK2.
590 GOTO 610
600 GOSUB *DISK1
610 PRINT "QUER LER DISCO";
620 INPUT F$
630 IF F$="S" THEN GOSUB *DISK3
640 PRINT "QUER SAIR";
650 INPUT G$

```

```

660 PRINT "FIM DE PROGRAMA"
670 FOR E=0 TO 3000: NEXT E
680 IF G#<> "S" GOTO 310
690 CLOSE
700 END
710 '
720 '
730 '      SUBROTINA DE CALCULO DE VALOR MAXIMO E VALOR DE FUNDO
740 '
750 *CALC
760 TEMP=0
770 ' DEFINE OS A(J) E OS B(J): FAZ A CONVERSÃO DECIMAL
780 FOR J=0 TO II
790 A(J)=0
800 B#=LEFT$(DAT$(J),1)
810 IF B#<>"0" GOTO 850
820 FOR M=0 TO 15
830 C#=RIGHT$(DAT$(J),1)
840 NEXT M
850 FOR M=16 TO 255
860 IF DAT$(J)=HEX$(M) GOTO 880
870 NEXT M
880 B(V,J)=M
890 SUB=TEMP - M
900 IF SUB>=0 GOTO 920
910 TEMP=M
920 NEXT J
930 ' CALCULA O MAIOR VALOR
940 VMAX(V)=TEMP*3/256
950 PRINT "CAMERA "; CAM$(V)
960 PRINT "BLOCO "; BLC$(V)
970 PRINT "UNIDADE DE CASCATA "; UNCAST$(V)
980 ' CALCULA O VALOR QUE MAIS SE REPETE
990 FOR J=0 TO II
1000 MC=B(V,J)
1010 A(MC)=A(MC)+1
1020 NEXT J
1030 T=0
1040 FOR I=0 TO TEMP
1050 SUB=T-A(I)
1060 IF SUB>=0 GOTO 1080
1070 T=A(I): L=I
1080 NEXT I
1090 TOT(V)=L*3/256
1100 DIF(V)=VMAX(V)-TOT(V)
1110 PRINT "VMAX="; VMAX(V)
1120 PRINT "FUNDO="; TOT(V)
1130 PRINT "DIF="; DIF(V)
1140 PRINT "# LEITURAS="; J
1150 RETURN
1160 '
1170 '
1180 '      SUBROTINA DE AQUISIÇÃO DE DADOS - LEITURA DO BUFFER
1190 '
1200 *LEIT
1210 IF LOC(1)>1 THEN DAT$(I)=INPUT$(2,#1): I=I+1: TEM=0
1220 RETURN
1230 '
1240 '

```



```

1250 '          SUBROTINA DE LEITURA DE DISCO
1260 '
1270 *DISK2
1280 PRINT "PROCESSO DE GRAVACAO"
1290 OPEN "NALUMI.DAT" FOR INPUT AS #2
1300 FOR X=0 TO V-1
1310 FOR Y=0 TO II
1320 INPUT #2, B(X,Y)
1330 NEXT Y
1340 NEXT X
1350 CLOSE #2
1360 GOSUB *DISK1
1370 RETURN
1380 '
1390 '
1400 '          SUBROTINA DE ESCRITA EM DISCO
1410 '
1420 *DISK1
1430 OPEN "NALUMI.DAT" FOR OUTPUT AS #2
1440 FOR X=0 TO V
1450 FOR Y=0 TO II
1460 WRITE #2, B(X,Y)
1470 NEXT Y
1480 NEXT X
1490 CLOSE #2
1500 RETURN
1510 '
1520 '
1530 '          SUBROTINA DE ESCRITA EM DISCO DE TODOS OS DADOS
1540 '
1550 *DISK3
1560 OPEN "NALUMI.DAT" FOR INPUT AS #2
1570 FOR X=0 TO V
1580 FOR Y=0 TO II
1590 INPUT #2, B(X,Y)
1600 NEXT Y
1610 NEXT X
1620 FOR X=0 TO V : PRINT X
1630 FOR Y=0 TO II
1640 PRINT B(X,Y);
1650 NEXT Y
1660 NEXT X
1670 CLOSE #2
1680 GOSUB *DISK2
1690 RETURN
1700 '
1710 '
1720 '          SUBROTINA DE IMPRESSAO
1730 '
1740 *PRIN
1750 LPRINT
1760 LPRINT "CAMARA ";CAM$(V)
1770 LPRINT "BLOCO ";BLC$(V)
1780 LPRINT "UNIDADE DE CASCATA ";UNCAST$(V)
1790 LPRINT V
1800 FOR I=0 TO II
1810 LPRINT B(V,I);
1820 NEXT I
1830 RETURN

```

```
100 *****
110 *****
120
130          PROGRAMA DE AQUISICAO DE DADOS
140
150          LEITURA DO FOTOMICRODENSITOMETRO
160
170          PROGRAMA N L M
180
190 *****
200 *****
210
220
230          PROGRAMA PRINCIPAL
240
250 DIM DAT$(500),SIGMA(100),DIF(100),NUL(10),DAT(500)
260 CLS 1
270 COM ON
280 OPEN "COM:" AS #1
290 PRINT SPACE$(10); "PROGRAMA DE LEITURA DO FOTOMICRODENSITOMETRO"
300 PRINT SPACE$(5); "# DA CAMARA";: INPUT CAM$
310 PRINT SPACE$(5); "# DO BLOCO";: INPUT BLC$
320 PRINT SPACE$(5); "# DA UNIDADE DE CASCATA";: INPUT UNCAST$
330 PRINT "QUER FAZER MEDIDA";
340 INPUT B$
350 IF B$<>"S" GOTO 660
360 DAT$(1)="10"
370 PRINT #1,"B"
380 FOR COUNT=1 TO 1000
390 NEXT COUNT
400 PRINT #1," "
410 I=0
420 ON COM GOSUB *LEIT
430 IF I<16 THEN MAX$="0"+HEX$(I) ELSE MAX$=HEX$(I)
440 IF MAX$=DAT$(1) GOTO 450 ELSE GOTO 420
450 BEEP
460 IF I<16 THEN MAX$="0"+HEX$(I) ELSE MAX$=HEX$(I)
470 IF MAX$=DAT$(1) GOTO 500
480 I=I+1
490 GOTO 460
500 PRINT "FIM DE MEDIDA";
510 INPUT C$
520 IF C$="S" THEN GOSUB *CALC
530 CLOSE #2
540 PRINT "QUER FAZER IMPRESSAO";
550 INPUT D$
560 IF D$="S" THEN GOSUB *PRIN
570 PRINT "QUER ANULAR MEDIDAS";
580 INPUT K$
590 IF K$="S" THEN GOSUB *ANULE
600 PRINT "QUER GUARDAR EM DISCO";
610 INPUT E$
620 IF E$="S" THEN GOSUB *WRDISK
630 PRINT "QUER LER DISCO";
640 INPUT F$
650 IF F$="S" THEN GOSUB *RDISK
660 PRINT "QUER SAIR";
670 INPUT G$
680 FOR E=0 TO 3000: NEXT E
690 IF G$="S" THEN GOTO 710
700 GOTO 330
```

```

710 PRINT "FIM DE PROGRAMA"
720 FOR E=0 TO 3000: NEXT E
730 IF G#<> "S" GOTO 310
740 CLOSE
750 END
760 '
770 '
780 '      SUBROTINA DE CALCULO DE VALOR MAXIMO E VALOR DE FUNDO
790 '
800 *CALC
810 TEMP=0
820 ' DEFINE OS A(J) E OS B(J): FAZ A CONVERSAO DECIMAL
830 FOR J=0 TO 49
840 A(J)=0
850 FOR K=0 TO JJ
860 B#=LEFT$(A$(J,K),1)
870 IF B#<>"0" GOTO 920
880 FOR M=0 TO 15
890 C#=RIGHT$(A$(J,K),1)
900 IF C#=HEX$(M) GOTO 950
910 NEXT M
920 FOR M=16 TO 255
930 IF A$(J,K)=HEX$(M) GOTO 950
940 NEXT M
950 B(J,K)=M
960 SUB=TEMP - M
970 IF SUB>=0 GOTO 990
980 TEMP=M
990 NEXT K
1000 NEXT J
1010 ' CALCULA O MAIOR VALOR
1020 VMAX(V)=TEMP*3/256
1030 PRINT "CAMERA "; CAM$(V)
1040 PRINT "BLOCO "; BLC$(V)
1050 PRINT "UNIDADE DE CASCATAS "; UNCAST$(V)
1060 ' CALCULA O VALOR QUE MAIS SE REPETE
1070 FOR J=0 TO 49
1080 FOR K=0 TO JJ
1090 MC=B(J,K)
1100 A(MC)=A(MC)+1
1110 NEXT K
1120 NEXT J
1130 T=0
1140 FOR I=0 TO TEMP
1150 SUB=T-A(I)
1160 IF SUB>=0 GOTO 1180
1170 T=A(I): L=I
1180 NEXT I
1190 TOT(V)=L*3/256
1200 DIF(V)=VMAX(V)-TOT(V)
1210 PRINT "VMAX="; VMAX(V)
1220 PRINT "FUNDO="; TOT(V)
1230 PRINT "DIF="; DIF(V)
1240 PRINT "# LEITURAS="; J
1250 RETURN
1260 '
1270 '

```

```

1280 '          SUBROTINA DE AQUISICAO DE DADOS - LEITURA DO BUFFER
1290 '
1300 *LEIT
1310 IF LOC(1)>1 THEN A$(I,JJ)=INPUT$(2,#1): I=I+1: TEM=0
1320 RETURN
1330 '
1340 '
1350 '          SUBROTINA DE LEITURA DE DISCO
1360 '
1370 *DISK2
1380 PRINT "PROCESSO DE GRAVACAO"
1390 OPEN "NALUMI.DAT" FOR INPUT AS #2
1400 FOR X=0 TO V-1
1410 INPUT #2, DIF(X)
1420 NEXT X
1430 CLOSE #2
1440 GOSUB *DISK1
1450 RETURN
1460 '
1470 '
1480 '          SUBROTINA DE ESCRITA EM DISCO
1490 '
1500 *DISK1
1510 OPEN "NALUMI.DAT" FOR OUTPUT AS #2
1520 FOR X=0 TO V
1530 WRITE #2,DIF(X)
1540 NEXT X
1550 CLOSE #2
1560 RETURN
1570 '
1580 '
1590 '          SUBROTINA DE ESCRITA EM DISCO DE TODOS OS DADOS
1600 '
1610 *DISK3
1620 OPEN "NALUMI.DAT" FOR INPUT AS #2
1630 FOR Y=0 TO V
1640 NEXT Y
1650 FOR Y=0 TO V
1660 PRINT "DIF="; DIF(Y)
1670 NEXT Y
1680 CLOSE #2
1690 RETURN
1700 '
1710 '
1720 '          SUBROTINA DE CONTROLE DE LINHA
1730 '
1740 *LINES
1750 JJ=JJ+1
1760 PRINT "LINHA="; JJ: PRINT "NOVA LINHA";: INPUT L$
1770 IF L$="S" THEN GOTO 410
1780 RETURN
1790 '
1800 '

```

```
1810 '      SUBROTINA DE IMPRESSAO
1820 '
1830 *PRIN
1840 LPRINT
1850 LPRINT "CAMARA ";CAM$(V)
1860 LPRINT "BLOCO ";BLC$(V)
1870 LPRINT "UNIDADE DE CASCATA ";UNCAST$(V)
1880 LPRINT "VMAX=";VMAX(V)
1890 LPRINT "FUNDD=";TOT(V)
1900 LPRINT "DIF=";DIF(V)
1910 RETURN
```

```
1920 '
1930 '
1940 '      SUBROTINA DE DESENHO DO EVENTO
1950 '
1960 *DESENHO
```

```
1970 CLS 2
1980 CLS 1
1990 JJ=4*(JJ+1)-1
2000 FOR J=0 TO JJ
2010 N=INT(J/4)
2020 FOR I=0 TO 399
2030 M=INT(I/8)
2040 C=INT(B(M,N)/15)+1
2050 PSET (I,J),C
2060 NEXT I
2070 NEXT J
2080 RETURN
```