

DA. 19.12.1986

RODOLFO MOLINARI

Eng. Mecânico, EESC - USP, 1975

DESENVOLVIMENTO DE UM ANALISADOR
DINAMICO DE MANCAIS DE DESLIZAMENTO
COM BASE EM MICROCOMPUTADOR.

Dissertação apresentada à Es-
cola Politécnica da USP para
a obtenção do Título de Mes-
tre em Engenharia.

Orientador: Prof. Dr. Carlos C. C. Tu

Professor Assistente Doutor do Depar-
tamento de Engenharia Mecânica da
EPUSP.

São Paulo, 1986.

à minha esposa Márcia e aos nossos
queridos Rodolfo e Rafaella.

a todos os companheiros de trabalho
da Companhia Siderúrgica Paulista,

COSIPA

Agradeço:

- Ao Prof. Dr. Carlos C.C. Tu, meu prezado orientador neste trabalho, e ao Prof. Dr. Walter F.A. Alves, pelo grande apoio e incentivo recebidos durante todo o tempo.

- A todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse desenvolvido.

RESUMO.

Foi desenvolvido um instrumento capaz de determinar a órbita de eixos com rotação menor que 13500 rpm. Os sinais são amostrados com frequência variável de 500 Hz até 57 KHz, ajustada por um microprocessador Z80A controlado por um programa em ASSEMBLER que também processa a Transformada de Fourier Discreta para obter o espectro de distribuição de componentes do deslocamento em frequência. Sua aplicação é em manutenção condicional de máquinas rotativas com mancais de deslizamento.

ABSTRACT.

An instrument to obtain the shaft orbit for rotational speeds less than 13500 rpm was designed and constructed. The signals are sampled with frequency varying from 500 Hz to 57 KHz controlled by a Z80A microprocessor programmed in ASSEMBLY language which also does the FFT of data to obtain the frequency spectrum of the shaft displacements. Its application is in condition maintenance of rotating machines with hydrodynamic bearings.

ÍNDICE.

	pg.
I - Introdução	1
II - Metodologia de desenvolvimento	8
II.1 - Descrição geral	8
II.2 - Definição da estrutura básica	13
II.3 - Escolha do tipo de sensor	16
II.4 - Definição do microcomputador	20
II.5 - Definição do conversor analógico-digital...	23
II.6 - Definição do condicionador de sinais	34
II.7 - Desenvolvimento do programa	37
II.7.1 - Considerações gerais	37
II.7.2 - Estrutura básica do programa	38
II.7.3 - Rotinas auxiliares	39
II.7.4 - Rotinas funcionais	45
II.7.5 - Rotinas gerenciadoras	48
II.7.6 - Descrição de operação do programa...	49
II.8 - Testes finais de verificação	53
III - Análise dos resultados e sugestões	67
III.1 - Limitação gráfica	67
III.2 - Controle de início de leitura	69
III.3 - Exatidão numérica	71
III.4 - Obsolescência do microcomputador.....	73

APENDICE.....

A.1 - Documentação do programa A_ 1

 A.1.1 - Mapeamento das rotinas A_ 1

 A.1.2 - Mapeamento das variáveis A_ 3

 A.1.3 - Mapeamento da memória A_ 4

 A.1.4 - Listagem ASSEMBLER do programa A_ 5

 A.1.5 - Listagem do programa objeto A_42

 A.1.6 - Lista das rotinas do monitor TK 85..... A_50

A.2 - Documentação dos circuitos A_52

 A.2.1 - Conversor analógico-digital A_52

 A.2.2 - Condicionador de sinais A_58

 A.2.3 - Alterações do microcomputador A_59

 A.2.4 - Fontes de alimentação A_60

 A.2.5 - Diagrama de conexão dos módulos A_61

A.3 - Documentação dos testes A_62

 A.3.1 - Verificação da frequência de relógio ... A_62

 A.3.2 - Verificação da resposta dos sensores ... A_64

 A.3.3 - Verificação da operação do CAD A_67

 A.3.4 - Verificação da temporização de leitura . A_71

 A.3.5 - Verificação da resposta do instrumento . A_76

 A.3.6 - Verificação do resultado numérico A_79

 A.3.7 - Roteiro para utilização do ADM A_82

BIBLIOGRAFIA.....

NOMENCLATURA.

- ADM.....Analisador Dinâmico de Mancais.
- ASSEMBLER..Linguagem para programação em código de máquina.
- BITE.....Menor unidade de informação digital.
- BAITE.....Grupo de oito bites formando uma unidade de memória.
- BASIC.....Linguagem de programação de alto nível.
- CA.....Corrente alternada.
- CAD.....Conversor analógico-digital.
- CC.....Corrente contínua.
- CDA.....Conversor digital-analógico.
- CSA.....Condicionador de sinais analógicos.
- FFT.....Transformada de Fourier Rápida.
- GB.....Gerador de numeros binários.
- h.....Sufixo denotador de base numérica hexadecimal.
- LC.....Lógica de controle.
- VAC.....Tensão alternada.
- VDC.....Tensão contínua.
- TAC.....Tabela auxiliar de caracteres.
- TAR.....Tela auxiliar de alta resolução.

LISTA DE FIGURAS.		Pg.
I.1.....	Exemplos de variação do formato da órbita ..	6
I.2.....	Exemplos de espectros de vibração	7
II.1.1..	Estrutura básica do ADM	56
II.3.1..	Esquema de implementação do capacitor	57
II.3.2..	Esquema do conjunto sensor	58
II.4.1a.	Estrutura original do microcomputador	59
b.	Estrutura final modificada	59
II.6.1..	Diagrama do circuito básico do CSA	60
II.7.2.1	Fluxograma geral de operação do programa ADM	61
II.7.3.1	Fluxograma geral das rotinas auxiliares	62
II.7.4.1	Esquema de operação de CALPO e GERIM	63
II.7.4.2	Esquema de operação de LERAP e LELEN	64
II.8.1..	Placa padrão de testes	65
II.8.2..	Suporte para os sensores de proximidade ...	65
II.8.3..	Montagem do conjunto para testes	66
III.1.1.	Fluxograma de operação de GERIM	67
A.2.1.a.	Diagrama do circuito lógico de controle	A_52
A.2.1.b.	Diagrama de ligação do CAD	A_53
A.2.1.c	Diagrama de temporização	A_54
A.2.1.e	Circuito eletrônico do CAD	A_57
A.2.2...	Circuito eletrônico do CSA	A_58
A.2.3...	Alterações do microcomputador	A_59
A.2.4...	Circuito eletrônico da fonte de alimentação.	A_60
A.2.5...	Diagrama de conexão dos módulos	A_61
A.3.2...	Curvas de resposta dos sensores	A_66
A.3.5...	Curvas de resposta do instrumento	A_77

I - INTRODUÇÃO.

Um dos fatores preponderantes para o desenvolvimento geral de qualquer empresa é o bom desempenho e continuidade de operação de seus equipamentos de produção. Garantir estes dois itens é tarefa das mais árduas, tanto mais quanto maior o porte e a responsabilidade de equipamento no contexto da produção. Ao conjunto de ações que visam obter essa garantia dá-se a denominação genérica de "Trabalho de Manutenção".

É possível considerar três abordagens distintas para um trabalho de manutenção [1]*:

a) Manutenção Corretiva - é a abordagem baseada em eventos. No caso mais geral, a ação só é tomada após a impossibilidade de operação decorrente da falha. No caso mais grave, a parada do equipamento se dá após o encadeamento de falhas que torna o prejuízo catastrófico tanto do ponto de vista de recuperação do equipamento como de perdas de produção não esperadas e, geralmente, no momento menos oportuno. Tem, portanto, a característica de ser de alto risco e sua adoção só é justificável, em parte, naqueles equipamentos de pouca responsabilidade.

*Nota: Os números entre colchetes indicam as referências bibliográficas, reunidas no final do trabalho por ordem de aparecimento no texto.

b) Manutenção Preventiva - a segunda e mais comum abordagem é baseada em tempo de operação . A partir da experiência que se tenha da operação do equipamento são traçados planos de intervenção periódicos que são concatenados no tempo com os planos de produção, objetivando evitar que seja atingida uma condição de falha que interrompa a operação em época não conveniente. As grandes desvantagens inerentes a este sistema de manutenção estão, primeiro, na possibilidade de intervenções e trocas de componentes sem necessidade e, depois, na constatação estatística de que toda intervenção é uma causa potencial de falha imediata [2]. Conseqüentemente, a parcela desperdiçada do custo de um programa de manutenção preventiva é significativa e o grau de confiabilidade operacional resultante é, no mais das vezes, indeterminado.

c) Manutenção Preditiva - a mais avançada das três abordagens, do ponto de vista tecnológico, baseia-se na condição real de operação do equipamento como um todo ou de seus componentes. Os programas de intervenção são traçados à partir da necessidade detectada pela análise de parâmetros operacionais monitorados e com a necessária antecedência, a fim de evitar a parada do equipamento em época não adequada aos programas de produção e, também, diminuir prazos e custos de intervenção, com maior confiabilidade.

A idéia de manutenção preditiva não é algo novo, mas sua adoção industrial é relativamente recente, dada a

dependência da disponibilidade de sistemas de aquisição, monitoração e processamento de dados com custo compensador e desempenho confiável. Tais sistemas só foram viabilizados para uso industrial a partir do extraordinário avanço tecnológico da eletrônica verificado nos últimos 15 anos. Além disso, para o sucesso de qualquer programa de manutenção preditiva, é fundamental a capacitação de pessoal para análise e interpretação da informação coletada.

Tais requisitos de implantação implicam em investimentos significativos, mas a experiência de empresas que se decidiram por fazê-lo tem mostrado que os benefícios são compensadores não só pela redução dos custos de manutenção bem como com o aumento de produtividade, o que tem propiciado taxas de retorno de investimento bastante altas [1],[3],[4],[5].

No que se refere especificamente a máquinas rotativas como bombas, compressores, turbinas e motores que possuam mancais de deslizamento, a análise do desempenho destes é de preponderante importância para o acompanhamento e predição de problemas de ordem mecânica da máquina como um todo [4],[5].

O projeto deste tipo de mancal é feito, em geral, com base ou em dados tabulados da experiência de laboratório, cujo autor pioneiro foi Sommerfeld já no século passado, ou então à partir de dados acumulados da prática de fabricação e aplicação. Em qualquer caso é sempre um projeto com base empírica e de difícil ajuste, onde aplicar

"fatores de segurança" exagerados não só não solucionam um problema como pode agravá-lo. Consequentemente, os mancais costumam ser os elementos mais críticos de uma máquina.

A trajetória do eixo em relação ao centro do mancal, ou órbita do eixo, guarda estreita relação com as forças que estejam interagindo no sistema de tal forma que, a partir da simples observação do movimento, é possível deduzir a presença ou não de forças espúrias, conforme mostrado na figura I.1.

Conhecida a trajetória, é possível obter-se através de cálculo, outros parâmetros tais como velocidade, aceleração, variações de excentricidade, variações de espessura do filme lubrificante e, principalmente, a decomposição do movimento em frequência, também chamada de espectro de vibrações, fundamental para a determinação de causas potenciais de defeito. O espectro de vibrações é por vezes chamado de "assinatura da máquina" pois, a cada máquina e sua particular condição operacional corresponde uma exclusiva distribuição de componentes de movimento no domínio de frequências. Isto está ilustrado, hipoteticamente, na figura I.2.

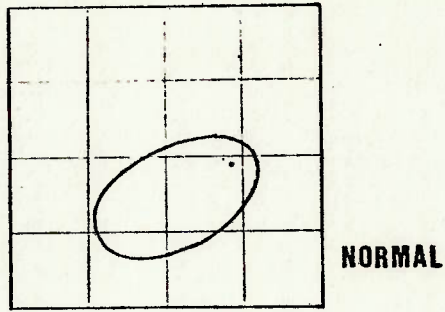
Pelo simples acompanhamento da evolução desses parâmetros ao longo do período operacional da máquina é possível se avaliar fatores como desgaste, desbalanceamento das partes girantes, ocorrência de desalinhamentos, variações na constituição do filme lubrificante, carregamen-

tos excessivos e/ou espúrios e, à partir deles, deduzir da necessidade, abrangência e premência de uma intervenção [5]...[12].

Neste trabalho é proposto um instrumento de fácil implementação, baixo custo relativo e boa confiabilidade, capaz de determinar a órbita de eixos em mancais de deslizamento, apresentá-la graficamente, calcular dados derivados do deslocamento e obter o espectro de frequências propiciando, com isto, meios parciais para o desenvolvimento inicial de um programa de análise de desempenho mecânico em máquinas rotativas dotadas deste tipo de mancal.

Figura I.1 -

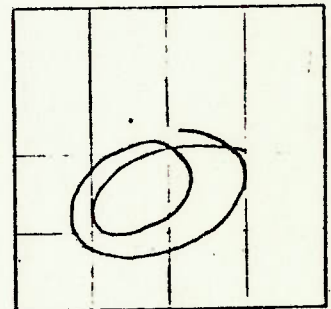
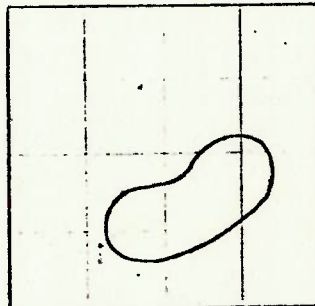
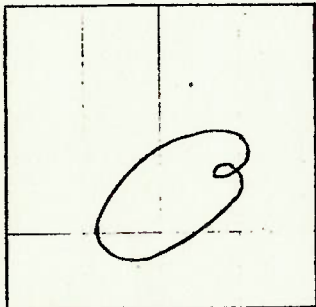
Exemplos de variação de formato da órbita.



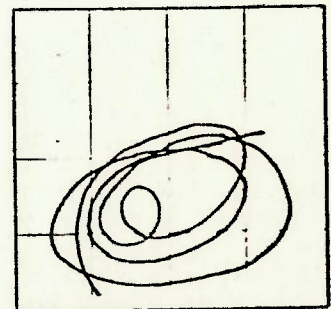
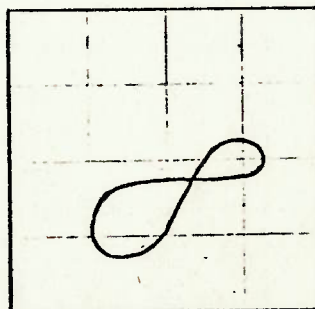
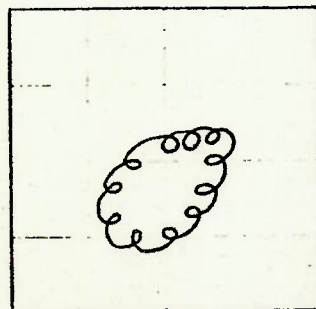
ATRITO

DESALINHAMENTO

INSTABILIDADE



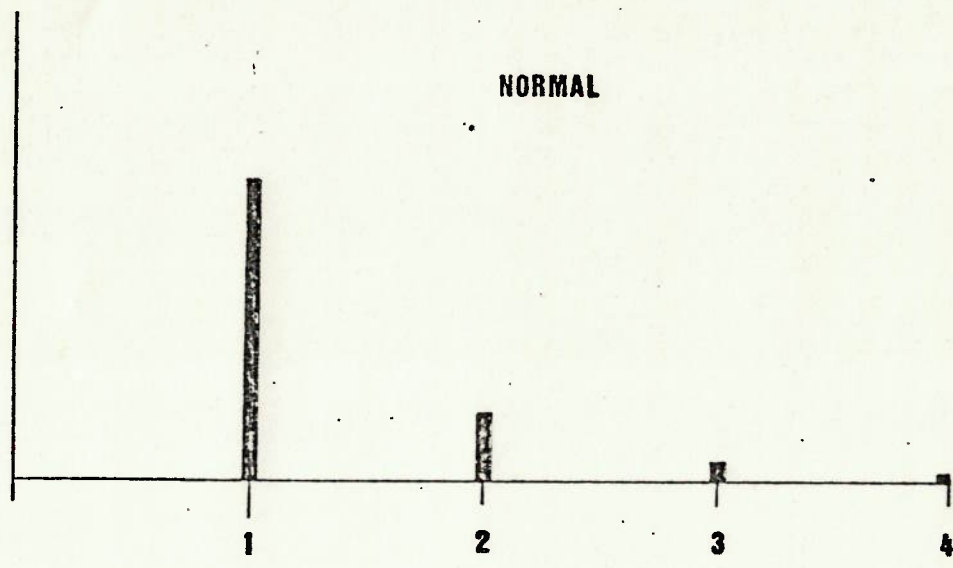
FRACO



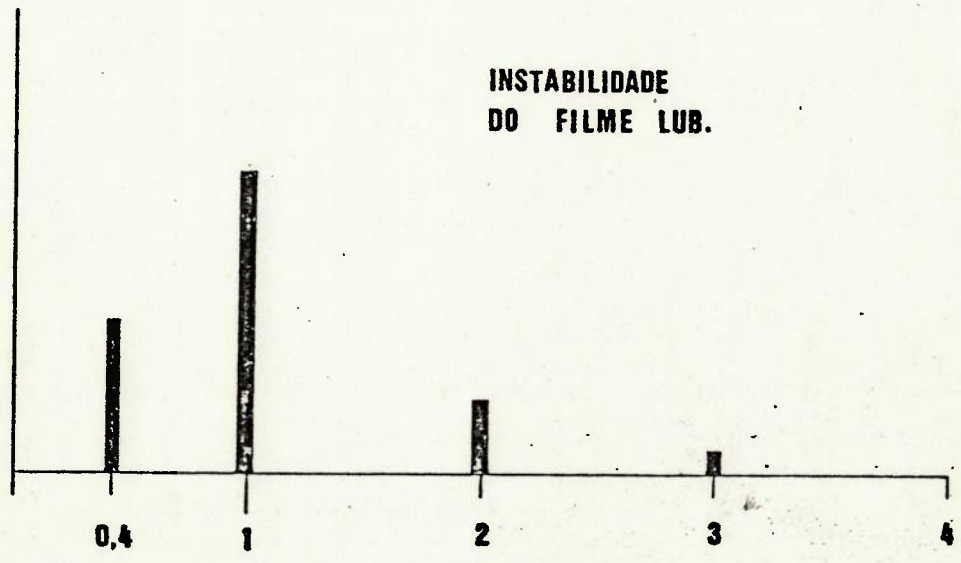
SEVERO

Figura I.2 -

Exemplos de espectros de vibração.



MAG. ↑
X ROT. →



II - METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

II.1 - Descrição Geral.

A partir da idéia fundamental de desenvolver um instrumento capaz de possibilitar a análise de desempenho mecânico de máquinas rotativas construídas com mancais de deslizamento, iniciou-se a pesquisa bibliográfica pela avaliação do estado da arte nesse campo.

Verificou-se então que, a nível laboratorial, os instrumentos utilizados eram de uso generalizado (osciloscópios, filtros de frequência, microcomputadores, etc.), montados na configuração adequada a cada caso em particular. A nível de utilização industrial, entretanto, existiam alguns instrumentos dedicados, desenvolvidos por empresas especializadas em consultoria neste campo.

Do que se pôde apurar, entretanto, nenhum equipamento dedicado era produzido no Brasil e, além disso, todos com alto custo e de utilização não muito simples. Um ponto comum havia entre estes instrumentos dedicados ou cadeias de instrumentos: todos mantinham a mesma estrutura básica modular, isto é, um módulo de sensoramento, um de condicionamento de sinal e, conforme o caso, um de processamento analógico dos sinais com indicação direta e/ou um módulo de conversão de sinais analógicos em digitais para armazenagem e posterior processamento em computador.

Com base nestas informações foram então traçados os princípios que norteariam todo o estudo e desenvolvimento posterior:

a) O instrumento deveria ser suficientemente pequeno para permitir mobilidade fácil quando da sua utilização em campo.

b) O instrumento deveria ter o processamento dos dados feito por microcomputador agregado.

c) O instrumento deveria ser de manuseio suficientemente simples para não exigir especialidade do operador na coleta de dados.

d) O instrumento deveria ser construído com o máximo de elementos componentes disponíveis no mercado nacional.

e) O instrumento deveria ter seu custo relativo suficientemente baixo para ser compensador.

f) O instrumento deveria ser suficientemente preciso e robusto para ser útil em aplicação industrial.

A mesma época foi também definida a estrutura básica a ser perseguida, conforme a figura II.1.1, no final deste capítulo.

O primeiro passo do desenvolvimento foi a definição do tipo de sensor a ser utilizado. Sabia-se, do estudo dos mancais, serem três as variáveis adequadas ao objetivo do instrumento: deslocamento ou trajetória do eixo dentro do mancal (movimento relativo), deslocamento e velocidade ou aceleração do corpo do mancal. Para cada uma das variá-

veis existem tipos de sensores mais adequados, em função de suas próprias características. Após análise das possibilidades, foi feita a opção por sensores de deslocamento do tipo de indução de corrente elétrica (correntes de Foucault).

O passo seguinte foi a escolha do microcomputador. Como o sensoramento escolhido foi o do movimento do eixo relativamente ao mancal, a função mais imediata que se poderia pensar realizável seria a de mostrar graficamente a trajetória do eixo na tela do monitor de vídeo. Isto definiu de pronto a necessidade da máquina a ser escolhida permitir boa capacidade gráfica. Uma vez que na estrutura básica do instrumento não foi prevista a existência de um módulo especial para armazenagem de dados de leitura, tal função deveria então ser realizada pelo próprio microcomputador e, com isto, ficou definido outro requisito para a máquina: ciclos de leitura e transferência de dados suficientemente curtos para se poder utilizar o instrumento em máquinas cuja rotação de seus eixos atingissem valores tão altos quanto 13500 rpm. Além destas exigências específicas, a máquina escolhida deveria atender também aos princípios básicos anteriormente estabelecidos para o instrumento como um todo.

Da análise das características das máquinas disponíveis no mercado nacional, na época, foi feita a opção pelo microcomputador de marca TK 85 com algumas alterações no seu circuito original.

Definidos os módulos inicial e final do sistema, a sequência do trabalho ficou com a determinação das necessidades para a conversão dos sinais analógicos fornecidos pelos módulos sensores em sinais digitais passíveis de serem processados pelo microcomputador. Dentre todos, o requisito determinante foi a velocidade de conversão. Da investigação acerca das técnicas convencionais para conversão de sinais analógicos em digitais e, também, das disponibilidades comerciais do mercado nacional, optou-se pelo desenvolvimento de um módulo implementado a partir de um circuito integrado de código comercial ADC 0820.

De posse, então, dos parâmetros do sinal na saída dos sensores e na entrada dos conversores foi possível investigar e definir os necessários módulos condicionadores de sinais analógicos e iniciar a execução dos protótipos que, posteriormente, foram testados isoladamente simulando-se o sinal na sua entrada. Com isto foi possível detectar deficiências isoladas e proceder às necessárias alterações até que o desempenho individual dos diversos módulos fosse considerado satisfatório.

Em seguida foi iniciado o desenvolvimento do programa de controle do sistema, efetuado em duas etapas distintas, uma antecedente à outra.

Numa primeira etapa foram desenvolvidos dois tipos de rotinas, aqui classificadas como funcionais ou auxiliares. As funcionais são aquelas que, em si, executam uma das funções estabelecidas para o instrumento. Durante

a execução, elas acionam uma ou mais das rotinas auxiliares, segundo sequência pré-estabelecida.

Quanto à estrutura geral das rotinas, devido basicamente às restrições de quantidade de memória disponível na área de programas e às necessidades de altas velocidades de processamento, não foi possível que se adotasse integralmente os princípios de programação estruturada no desenvolvimento das diversas rotinas. Conseqüentemente, são comuns os desvios condicionais do meio de uma rotina para o meio de outra sem que se respeite os pontos normais de entrada e saída. Isto dificulta em muito a interpretação da sequência de execução e a introdução de modificações e/ou adição de instruções.

Não obstante, as rotinas estão construídas de maneira a permitir sua execução à partir de chamadas de programas desenvolvidos em linguagem BASIC, original do sistema TK, que permanece operante com, no mínimo, dez quilobaites de memória disponível. Este fato é fundamental para a implementação de funções adicionais que utilizem como argumento os dados coletados e/ou processados pelo programa residente do instrumento.

A segunda etapa de desenvolvimento do programa corresponde à rotina principal, aqui classificada com o nome de rotina de gerenciamento que, basicamente, interpreta o comando introduzido via teclado e aciona as rotinas funcionais na sequência adequada, gerenciando o fluxo de dados e a ocupação da área de memória de dados.

Cada uma das rotinas foi testada isoladamente com dados de entrada simulados e otimizadas até que os resultados de sua execução fossem considerados satisfatórios em termos de precisão numérica, consumo de memória e tempo de execução.

Pronto o programa, em sua versão final, o instrumento foi montado em sua forma também final e submetido aos testes finais, onde o deslocamento de um eixo foi simulado em diversas condições de amplitude e frequência, visando-se avaliar suas características de desempenho.

Está previsto que o instrumento, batizado com o nome código de ADM, seja instalado no compressor de oxigênio nº8 da Fábrica de Oxigênio da Companhia Siderúrgica Paulista, em Cubatão, onde deverá ser utilizado no desenvolvimento de programas de manutenção condicional.

II.2 - Definição da Estrutura Básica.

Em sendo o objetivo do ADM possibilitar a aquisição de dados úteis para análise de desempenho mecânico de máquinas rotativas com mancais do tipo deslizamento, quando em operação, a pergunta primária a ser respondida era qual ou quais as variáveis que deveriam ser sensoriadas.

A teoria básica que descreve o movimento de um eixo sobre um filme lubrificante dentro de um mancal é, de há bastante tempo, bastante conhecida [13]. Ela mostra que

existe um movimento do eixo de rotação em relação ao mancal, não facilmente determinável. Para aproximações hipotéticas de um mancal infinitamente curto ou então, infinitamente longo, a equação de Reynolds pode ser bastante simplificada e a solução analítica é possível [14]...[16]. Para mancais reais, de largura finita e carregamento dinâmico, a solução numérica foi viabilizada na prática pelo uso massivo de recursos computacionais eletrônicos [14].

O carregamento dinâmico do eixo, a geometria do sistema e as condições do lubrificante determinam o movimento final do eixo de rotação em relação ao eixo do mancal. A técnica de análise de desempenho baseia-se principalmente neste fato para estabelecer os padrões de normalidade e detetar e localizar a falha. É, portanto, o movimento do eixo a informação principal, também chamada de "vibração" radial [2],[5],[12],[17].

O movimento do eixo é suportado pelo filme lubrificante que, por sua vez, é suportado pelo mancal que está fixo na carcaça da máquina. Em não sendo a estrutura da máquina um sistema perfeitamente rígido, as forças de reação produzem na carcaça vibrações correspondentes ao movimento do eixo. A informação desejada pode, portanto, ser obtida diretamente através de sensores de posição monitorando o eixo ou indiretamente através de sensores de deslocamento, velocidade ou aceleração monitorando o corpo do mancal.

O sensoramento externo tem inerente a enorme facilidade de instalação, mas o interno gera informação direta e, por isto, a análise é menos complexa [18]...[20]. Em vista disto, foi feita a opção pelo sensoramento interno, ou seja, a monitoração da trajetória do eixo de rotação em relação ao mancal.

Qualquer que fosse a opção, entretando, o sinal fornecido teria características analógicas e, portanto, não adequadas ao processamento digital de um microcomputador [21]. Ficou clara, então, a necessidade de um módulo conversor de sinais de características analógicas em outros, correlatos, de características digitais (CAD).

Obviamente, o sinal gerado pelo sensor poderia também não ser adequado para conversão direta pelo módulo CAD. Concluiu-se disto a possível inclusão de um estágio condicionador de sinais analógicos (CSA).

Este arranjo modular de etapas de tratamento de sinal é, em geral, o mais utilizado [10], [22]...[26].

Em termos de programação do microcomputador, com base na literatura até então investigada, foram definidas as funções principais:

a) Coleta e armazenamento de uma sequência de dados relativos à trajetória.

b) Apresentação gráfica da trajetória.

c) Apresentação gráfica dos sinais componentes da trajetória em base temporal.

d) Determinação das amplitudes de variação dos sinais componentes em unidades de deslocamento.

e) Determinação das magnitudes das diversas componentes do movimento em função de frequência e de suas relações de fase e apresentação gráfica.

f) Armazenagem e recuperação dos dados para posterior utilização.

O diagrama da configuração final escolhida corresponde à figura II.2.1.

II.3 - ESCOLHA DO TIPO DE SENSOR.

Para o sensoramento direto do movimento do eixo foram analisados os diversos tipos de sensores de deslocamento [22]...[25], [27]...[29]. De imediato foram desconsiderados aqueles tipos cujo sinal de saída não tivesse características elétricas.

Os sensores de deslocamento de resistência variável por rotação de um potenciômetro ou por deformação de secção não se adaptam ao caso porque carecem de algum tipo de ligação física entre a parte móvel e a estacionária.

Os sensores de deslocamento por reatância capacitiva variável sofrem a influência da variação da constante dielétrica do meio. Tal variação é inerente ao ambiente do mancal, onde o fluxo de óleo não é homogêneo, podendo dar margem a erros significativos. O sensor por reatância capacitiva seria talvez o mais adaptável considerando-se a possibilidade de fazer do eixo uma das placas do capacitor

e adaptar a outra à superfície de apoio do mancal, na região de maior estabilidade do filme lubrificante, conforme esquematizado na figura II.3.1.

A capacidade do capacitor variável assim formado seria então dada pela relação:

$$C_v = K.E.A/d$$

onde: K = constante dimensional.

E = constante dielétrica do óleo.

A = área da placa fixa.

d = distância entre as placas.

Dado que a impedância Z de tal sistema é uma função inversa da capacidade:

$$Z = -j/(w.C_v)$$

onde: w = frequência do sinal.

Se w for constante, é possível então se obter do sistema um sinal elétrico que seria diretamente proporcional à distância entre as placas e, portanto, correspondente ao movimento do eixo em relação ao mancal.

Dentro da mesma configuração, outra possibilidade seria incluir o capacitor assim formado na rede de re alimentação de um circuito oscilador, de tal forma que a fre

quência de oscilação varie em função da capacitância [30], [31], conforme a equação:

$$f = 1/(2 \cdot \pi \cdot Z) = K1/Cv = K2.d$$

ou seja, a frequência gerada pelo oscilador seria diretamente proporcional à distância entre as placas.

Este método teria a indiscutível vantagem de permitir o tratamento do sinal em termos de deslocamento de frequência ao invés de variação de amplitude. Isto significa uma grande imunidade a ruídos além de maior facilidade de compatibilização com o microcomputador.

A aplicação desta configuração, entretanto, iria exigir modificações no mancal, o que não é muito prático e foge às premissas básicas estabelecidas para o projeto.

O tipo de sensor pelo qual se optou tem o funcionamento baseado no fenômeno de indução de corrente no eixo metálico condutor (correntes de Foucault) imerso no campo magnético gerado por uma bobina excitada por uma corrente alternada na faixa de rádio-frequência.

A indução significa perda de energia para o sistema da bobina. Se a amplitude e a frequência da corrente que circula na bobina forem mantidas constantes, a consequência será a queda de tensão entre os seus terminais, tanto maior quanto mais próximo estiver o eixo da bobina. Daí esse tipo de sensor ser conhecido pelo nome de "sensor de proximidade".

A relação entre a variação da tensão nos terminais da bobina e a distância desta ao eixo não é linear e também sofre a influência da variação da frequência da corrente da bobina [25]. O conjunto sensor, então, deve ser constituído da bobina, de um circuito gerador de corrente com amplitude e frequência constantes e de um circuito linearizador, conforme o esquema da figura II.3.2.

Tais sensores são, hoje em dia, largamente utilizados industrialmente dada a sua alta confiabilidade e facilidade de instalação. Na sua forma comercial ele é constituído de duas unidades básicas: uma, a bobina, instalada internamente na máquina, junto ao mancal, e outra, os circuitos linearizadores, instalada externamente.

A maior desvantagem deste tipo de sensor está no fato da corrente induzida no eixo ser função da resistividade do material do mesmo. Assim, para eixos de diferentes materiais são necessárias diferentes calibrações do conjunto sensor. Industrialmente isto não significa um problema já que, em geral, os conjuntos fazem parte integrante da cadeia de controle de cada máquina e, portanto, requerem ajuste uma única vez nos circuitos complementares que são, basicamente, um oscilador tipo Colpits, de alta estabilidade em frequência, e um amplificador de corrente [25],[32].

Para o desenvolvimento do ADM foram adotados dois conjuntos comerciais, idênticos, fabricados pela empresa Bently Nevada Co., EUA, da série 7200 [33],[34].

II.4 - Definição do microcomputador.

Como a maioria das funções estabelecidas para o ADM exigiam ou capacidade gráfica e/ou capacidade de cálculo, estes foram os parâmetros para o início do estudo de definição.

Nessa época foi possível destacar duas classes principais de microcomputadores disponíveis no mercado nacional: uma constituída por máquinas de recursos limitados e baixo custo e outra de recursos variados e flexibilidade de implementação, mas de custo bem mais alto. Estas últimas tinham também características de portabilidade duvidosa [35].

Outro fator considerado foram os requisitos para leitura dos dados. Pretendendo-se que o instrumento fosse utilizável em máquinas de rotação até 13500 rpm, para a coleta de 256 leituras por canal no tempo de uma rotação, seria necessário que fosse efetuado um par de leituras a cada 15 microssegundos aproximadamente:

$$t_p = 2 \cdot (60/\text{rpm}/512) = 15,32 \mu\text{s}$$

Este fato nivelava praticamente todas as máquinas existentes dado que, nas suas diversas configurações, nenhuma seria capaz disto através de suas linguagens suporte. Detectada a necessidade de programação ASSEMBLER, a abordagem da escolha reduziu-se a nível de microprocessa-

dor e frequência de relógio em que cada uma das máquinas operava e ao que se poderia aproveitar de seus sistemas originais.

Os microprocessadores mais comumente utilizados pelos fabricantes eram o Z80A, fabricado pela ZILOG, o 6803 e o 6809, ambos da MOTOROLA, sendo o primeiro de maior disponibilidade no mercado nacional de componentes e possuindo, como principais vantagens, instruções diretas para transferência de dados em bloco e ciclos de refrescamento de memórias dinâmicas associados com os ciclos de execução das instruções o que, como se verá, é de fundamental importância para o controle de intervalamento de leitura. Os outros microprocessadores fazem o refrescamento de maneira aleatória.

O Z80A, se controlado por uma frequência de relógio mínima de 1,8 MHz e apoiado pelas necessárias interfaces já seria capaz de executar a tarefa de leitura desejada posto que, para ler e armazenar um dado de oito bites, ele exige apenas cerca de 25 pulsos de relógio o que, nessa frequência, corresponde aos necessários quinze microssegundos [36].

Foi então verificada a possibilidade de utilização de um dos microcomputadores mais simples existentes na época e que incorporava um microprocessador Z-80 A operando com frequência de relógio de 3,25 MHz. Tal máquina, de marca TK-85, guarda total compatibilidade com outras extremamente difundidas no mundo e no Brasil, fato que per-

mitiu encontrar vasta literatura a seu respeito. Além do mais, havia a disponibilidade de uma delas para ensaios.

Sua maior deficiência está no fato de não dispor, de origem, de um suporte para geração de imagens com a resolução mínima adequada para o traçado da trajetória. Uma primeira busca na literatura, entretanto, mostrou ser possível se obter imagens de 176 x 256 pontos com a simples adição de circuitos de memória e de endereçamento e a elaboração de rotinas apropriadas para controle da tela [37], [38]. As maiores vantagens são, sem dúvida, o seu tamanho e o seu preço relativo, além de incorporar um programa interpretador de linguagem BASIC cujas rotinas de cálculo e de controle podem ser facilmente chamadas por um programa em código objeto [39]...[42].

Em assim sendo, foi feita a necessária alteração na máquina disponível e elaborado um programa básico de teste quando, então, ficou comprovado que poderia ser utilizada.

As modificações introduzidas na máquina original estão esquematizadas na figura II.4.1.

A estrutura original do microcomputador não foi perdida, representando a adaptação apenas uma adição de elementos de memória e modificação no circuito de codificação de endereços.

O circuito final das modificações está detalhado no Apêndice.

II.5 - Definição do Conversor Analógico-Digital.

O primeiro ponto analisado para escolha foi qual seria a resolução numérica adequada para o conversor. Apesar do microprocessador Z-80 ser projetado para operação com números binários de 8 dígitos ou, como se diz corriqueiramente, ser um microprocessador de "8 bites", rotinas de programação adequadas poderiam propiciar a sua operação em 16 bites com algum sacrifício no tempo total de processamento. O microprocessador, portanto, não era um fator absolutamente restritivo.

A análise foi então voltada aos aspectos de precisão requerida para a variável que se desejava medir, ou seja, variação da distância entre o sensor e a superfície do eixo.

Dependendo das características do mancal e da máquina, a amplitude desta variação pode assumir valores da ordem limite de 0,07 mm para máquinas de alta rotação até 0,20 mm para as de baixa rotação. Supondo-se uma amplitude de variação de 200 micron, medida em 8 bites, seria obtido como intervalo discreto:

$$d_i = 200/256 = 0,78125 \mu\text{m}$$

com erro de resolução possível de:

$$e_r = 78,125/200 = 0,39 \%$$

Não fosse o fato de tal imprecisão ser totalmente desprezível para a aplicação em questão, ainda assim tal erro de resolução poderia ser considerado baixo para padrões industriais. Optou-se pois por fazer a conversão em 8 bites. Isto posto, o tempo necessário para execução de uma conversão tornou-se o fator importante.

A leitura de um dado devia ocorrer em um máximo de 15 microssegundos para que se pudesse efetuar 256 leituras durante o tempo de um giro de um eixo cuja rotação fosse 13500 rpm :

$$t_g = 60 / N / 256 \text{ } [\mu\text{s}]$$

$$N = 13500 \quad ==> \quad t_g = 15 \mu\text{s}$$

O intervalo de tempo de uma leitura, entretanto, não está totalmente disponível para a conversão. Nesse mesmo intervalo há que se executar, também, a transferência do dado entre os elementos da memória. A sequência básica de eventos seria, grosso modo:

- 1º) O microprocessador envia ao conversor autorização para efetuar a leitura e conversão de um dado (t1).
- 2º) O conversor executa e envia ao microprocessador a autorização para a transferência do dado (t2).
- 3º) O microprocessador recolhe a informação (t3).

40) O microprocessador transfere a informação para uma unidade de memória (t4).

50) O microprocessador prepara nova leitura (t5).

Assim, $T_t = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5$, onde somente t2 representa o intervalo de tempo disponível para conversão. No Z-80A existem duas maneiras básicas de se processar a sequência de eventos:

a) Utilização do conversor na forma de uma porta de entrada de dados.

O cálculo do tempo de execução (te) pode ser facilmente realizado conhecendo-se o número de ciclos de relógio consumido por cada uma das instruções (Nt) e a frequência de relógio (fr), que determina o período do ciclo (T). No caso do TK 85, $fr = 3,25$ Mhz e um programa básico para leitura seria dado por:

INÍCIO...LD B,00 : Inicializa o contador de leituras.

$N_t = 7 \implies te = 2,15 \mu s.$

LD HL, 2800 : 2800h = 10 end. de armazenagem.

$N_t = 10 \implies te = 3,07 \mu s.$

LAÇO.....IN A, (F1) : Lê o dado disponível na porta de endereço F1.

$N_t = 10 \implies te = 3,07 \mu s.$

LD (HL), A : Transfere o dado para a memória.

$N_t = 7 \implies te = 2,15 \mu s.$

INC HL : Incrementa ponteiro de memória.
 Nt = 6 ==> te = 1,84 μ s.

DJNZ, LAÇO : Decrementa contador. Se for diferente de zero retorna para "LAÇO",
 (Nt = 13 ==> te = 4,00 μ s)
 prossegue, caso contrário.
 (Nt = 8 ==> te = 2,46 μ s).

RET : Encerra a execução.
 Nt = 4 ==> te = 1,23 μ s.

Neste exemplo, o tempo disponível para conversão seria de 7,99 microssegundos, resultado da somatória dos tempos de execução de todas as instruções de LAÇO com a exceção da primeira, IN A, (F1), que coloca o valor corrente da porta de nome F1 no registrador A do microprocessador. Para que esse tempo possa ser aproveitado ao máximo, o sinal de habilitação de conversão deve ser enviado ao conversor imediatamente após a leitura.

b) Utilização do conversor como uma unidade de memória ("Memory Mapped I/O" - memória mapeada).

Uma mesma função pode ser programada instruindo-se o microcomputador para busca do dado em um endereço de memória ao invés de uma porta de entrada de dados.

O programa equivalente ao do exemplo anterior usando, agora, mapeamento de memória, é mostrado a seguir:

INÍCIO...LD B, 00 : Estabelece o nº de leituras.
 LD DE, 2800 : Inicializa o ponteiro de destino.
 LD HL, 3800 : Aponta o endereço do conversor.
 LAÇO.....LD A, (HL) : Lê o resultado da conversão no
 end. apontado pelo registro HL.
 LD (DE), A : Transfere o resultado para o end.
 apontado pelo registro DE.
 Nt = 10 ==> te = 3,07 µs.
 INC DE : Incrementa o ponteiro de destino.
 Nt = 6 ==> te = 1,84 µs.
 DJNZ, LAÇO : Testa o fim do bloco de leitura.
 Nt = 13 ==> te = 4,00 µs.

 RET

Agora, o tempo máximo disponível para conversão seria de 8,91 microssegundos, um pouco maior, portanto, que do modo anterior. Em termos de ordem de grandeza, entretanto, a diferença é mínima para influir na escolha do tipo de conexão do conversor analógico digital.

Para este projeto optou-se pelo mapeamento de memória sendo o sinal de habilitação de conversão dado pelos pulsos que o microprocessador gera toda vez que inicia a interpretação da instrução de leitura na memória do conversor. A habilitação é dada aos dois simultaneamente, mas a transferência do resultado é feita primeiro do canal X e depois do canal Y (maiores detalhes no Apêndice).

Existem várias técnicas para se obter a conversão de um valor analógico de tensão elétrica em valor digital correspondente que possa ser lido por um microprocessador controlado por um programa [21], [36], [43]...[46]. Dentre todas destacam-se, por mais comuns:

a) Conversão tensão-frequência:

Consiste em se converter um sinal analógico de tensão em outro de frequência variável em função do valor de tensão de entrada. Para um dado intervalo de tempo, o número de pulsos ocorridos nesse sinal será, então, função da tensão de entrada.

Este tipo de conversor tem a grande vantagem de ser simples em sua concepção e de fácil implementação a partir de componentes eletrônicos discretos, além de possuir alta imunidade a ruídos. Permite facilmente, também, conexão a longa distância seja por linha telefônica ou via rádio-transmissão por modulação em frequência.

As desvantagens importantes são duas:

- A precisão de medição é diretamente dependente da exatidão na igualdade do período dos pulsos de controle do tempo de contagem.

- A medida que diminui o tempo de conversão é necessário o aumento de frequência do sinal convertido para manter a resolução digital na mesma faixa dinâmica analógica. Assim, por exemplo, sejam:

tempo de conversão, $t_c = 100$ ms
 faixa de tensão, $V_e = 5$ V
 resolução digital, $R_c = 8$ bites.

Esta resolução implica em 256 valores digitais diferentes, significando que a cada variação de 19,53 mV no sinal de entrada, deve corresponder pelo menos um ciclo inteiro na frequência do sinal convertido, mensurável no intervalo t_c ou, então, como usual na prática, um múltiplo de ciclos facilmente divisível por circuitos eletrônicos digitais convencionais.

Desse modo, para um fator de divisão = 30;

se: $V = 0$ V \Rightarrow $f = 0$ Hz ;
 $V = 5$ V \Rightarrow $f = 7680$ Hz (30x256),

Se o período t_c for reduzido a 1 ms, então,

para: $V = 0$ V \Rightarrow $f = 0$ Hz ;
 $V = 5$ V \Rightarrow $f = 76,80$ Hz,

o que não forneceria pulsos inteiros para contagem:

$$76,8/256/30 = 0,01$$

Seria necessário então providenciar um circuito adicional para deslocar a frequência inicial de zero e ou-

tro para subtrair o deslocamento após a contagem. Concluindo, à medida que o tempo de conversão diminui, o circuito básico perde a simplicidade e restrições relativas à precisão dos componentes tornam-se importantes.

Estas simples considerações são basicamente as razões pelas quais este tipo de conversor analógico digital tem utilização normalmente restringida a aplicações onde o menor tempo de conversão é da ordem de 10 ms.

b) Conversores por aproximação sucessiva.

Embora de concepção não tão simples quanto o anterior, este tipo é relativamente fácil de ser implementado e sua precisão independe do difícil controle de uma variável como o tempo. Além disso existe uma grande variedade de conversores deste tipo disponíveis comercialmente e, como causa ou por consequência, é largamente utilizado.

Seu princípio de funcionamento é simples: ao receber o sinal de disparo, a lógica de controle (LC) habilita o relógio. Ao primeiro pulso, o gerador binário (GB) coloca em sua saída um valor binário igual a 1000.0000 (para conversores de 8 bites). O conversor digital analógico (CDA), por sua vez, converte este valor digital em uma tensão analógica (V_g) que é entregue ao comparador analógico (CP). Neste primeiro passo, esta tensão corresponde à metade daquela de referência (V_r). O CP então informa à LC se a tensão de entrada é maior ou menor que V_g . Se maior, a LC manterá o bite igual a 1; se menor, retor-

nará o bite a 0 e, em seguida, autorizará o 2º pulso de relógio quando, então, GB fornecerá na saída o número binário $*100.000$, onde $*$ representa o resultado do ciclo anterior. A sequência se repete por oito pulsos sucessivos ao final dos quais a conversão estará pronta e, na saída do conversor, o número $****.****$ representa a maior aproximação discreta do valor analógico da entrada. No nono pulso de relógio o conversor enviará o sinal de permissão de leitura.

O tempo de conversão é, portanto, função única da frequência de relógio e de sua estabilidade, sendo sempre igual a:

$$t_c = a.(n+1).T_o ,$$

onde: T_o = período do pulso de relógio.

n = número de bites.

Os conversores comerciais deste tipo já contêm relógio interno operando na maior frequência permitida pelas limitações tecnológicas dos circuitos eletrônicos componentes. São comuns os conversores com t_c tão baixo quanto $100 \mu s$ e alguns outros, menos comuns, com t_c atingindo $30 \mu s$. Alguns circuitos de integração em menor escala não apresentam memorização de entrada, o que pode dar margem a erros de leitura devidos à variação do sinal de entrada durante o tempo de conversão.

c) Conversores paralelos.

São os de menor tempo de conversão, limitado apenas pelas restrições tecnológicas dos circuitos eletrônicos componentes. Em essência, o t_c é limitado unicamente pelas características de estabilidade dos circuitos, que impõem um atraso necessário para estabilização dos níveis lógicos de saída. No atual estado de desenvolvimento tecnológico estão disponíveis circuitos com t_c da ordem de 250 ns. A grande desvantagem deste tipo de conversor está no seu altíssimo custo devido ao fato de que, para ser implementado, é necessário um grande número de comparadores (128 para 8 bites) para conversão e outro tanto para se obter a saída digital em lógica binária compatível com microprocessadores.

Seu funcionamento, entretanto, é simples: a uma das entradas de cada um dos comparadores analógicos de tensão são aplicados valores de referência escalonados em 2^n degraus, onde n é o número de bites desejado.

A outra entrada de todos os comparadores é aplicada a tensão que se deseja converter. Na saída dos comparadores surgirá então um nível lógico 0 ou 1 função respectivamente da tensão de entrada ser menor ou maior/igual que a tensão de referência específica de cada um. Este padrão de saída digital, infelizmente, não é binário e sim escalonado o que, para acoplamento a microprocessadores, exige a adição de uma etapa complementar de codificação binária.

Isto exposto, o problema da definição do conversor analógico digital a ser usado no ADM resumiu-se à escolha de um circuito integrado de 8 bites, de qualquer um dos tipos, desde que atendesse às necessidades do projeto.

Ao se investigar as características dos diversos circuitos integrados conversores nos manuais de componentes dos vários fabricantes mundiais verificou-se que a National Semiconductor [47] produzia um, de código ADC 0820, com t_c mínimo de 1,5 μs . Apesar de não ter sido fácil, foi possível encontrá-lo no mercado nacional e, assim, a escolha ficou definida.

Trata-se de um circuito híbrido de dois tipos de conversores: paralelo e aproximação sucessiva. A conversão é feita de maneira bastante interessante:

Um primeiro conversor paralelo efetua a conversão dos 4 bites mais significativos. O valor digital então obtido é convertido para uma tensão analógica por um CDA interno num processo semelhante ao de aproximação sucessiva, em dois únicos ciclos de relógio (interno).

O valor de tensão assim obtido é subtraído da tensão de entrada e a diferença aplicada à entrada do segundo conversor paralelo, gerando assim os quatro bites menos significativos e completando a conversão. Se a sequência de conversão for deixada por conta do relógio interno, este circuito pode efetuar uma conversão a cada 1,5 μs . Se a opção for por controlar o instante inicial da conversão, o tempo de conversão aumenta para 2.5 μs .

Mesmo para o segundo caso ($t_c = 2,5 \mu s$), é possível se conseguir uma taxa de 400.000 conversões por segundo o que, para uma resolução de 256 pontos (conversões) por canal, permitiria a utilização deste C.I. de maneira a aplicar o ADM em máquinas de até 93.000 rpm!

Obviamente existem outras limitações inerentes ao microprocessador e à programação do mesmo mas o C.I., em si, mostrou-se plenamente satisfatório para as necessidades do projeto.

II.6 - Definição do condicionador de sinais.

Escolhido o conversor, suas características de entrada ficaram definidas:

$V_e \text{ mín.} = \text{referência comum de tensão} - 0,1 \text{ V}$

$V_e \text{ máx.} = \text{tensão de alimentação} + 0,1 \text{ V}$

$I_e \text{ máx.} = \text{corrente de entrada} = 3 \mu A$

Já eram conhecidas também as características de saída dos sensores de proximidade:

$V_s \text{ mín.} = -0,6 \text{ V}$

$V_s \text{ máx.} = 0,9 \times \text{tensão de alimentação}$

Como tais sensores operam com um afastamento inicial equivalente à tensão de saída de - 7,5 V com variação para menos à taxa de (-/+) 7,85 mV/um de afastamento ou aproximação, respectivamente, era necessário que o CSA tivesse duas funções específicas: uma a de eliminar a parcela de tensão correspondente ao afastamento inicial e outra de amplificar e inverter a parcela correspondente à variação de afastamento desde os níveis fornecidos pelo conjunto sensor até os níveis necessários à entrada do conversor, com resposta linear na banda de frequência dos sinais envolvidos.

Optou-se por limitar a faixa de aplicação do ADM a variações máximas de afastamento de 150 μm , tendo em vista que a maior abrangência reduziria a resolução numérica e não teria sentido para a maioria das aplicações práticas.

Em assim sendo, o CSA deveria amplificar linearmente os sinais na faixa de 0 a 1,2 V fornecendo, em sua saída, sinais na faixa de 0 a 5 V, em uma única escala de ganho de tensão da ordem de 4,2. Tal ganho deveria ser ajustável, a título de calibração, para permitir ao programa do computador fornecer os dados numéricos em unidades de comprimento. Também a demodulação da tensão correspondente ao afastamento inicial do sensor deveria ser ajustável para permitir a compensação de desvios de instalação.

Do estudo da literatura selecionada foi escolhido o circuito básico conhecido como Amplificador de Instrumentação [31], cuja operação é regida pela equação:

$$V_s = - [1 + (2.R_1/R_g)] \cdot (R_o/R_2) \cdot (V_e - V_r)$$

onde: V_s = tensão de saída.

V_e = tensão de entrada.

V_r = tensão de referência.

R_n = resistores (ver figura II.6.1)

A configuração real do circuito final está descrita no Apêndice e o diagrama básico na figura II.6.1.

II.7 - Desenvolvimento do programa.

II.7.1 - Considerações gerais.

Este é o item fundamental de todo o trabalho e o que consumiu a maior parcela de tempo de dedicação. Todos os circuitos eletrônicos até agora apresentados têm como única finalidade entregar à porta de leitura do computador sinais que podem ser chamados, em última análise, de números correspondentes aos valores físicos medidos. O fator de correlação é, então, dado pelo ganho total do conjunto tal que, para um instante considerado:

$$A [\mu\text{m}] = K [\mu\text{m}] \cdot N []$$

onde N é, para todos os efeitos de processamento, uma variável que pode assumir valores inteiros entre 0 e 255, A é o afastamento em unidades de comprimento e K é o fator de correlação total, com dimensão de comprimento:

$$K = t \cdot g \cdot c$$

t = fator de correlação do transdutor: [m]/[V]

g = ganho de tensão do CSA : [V]/[V]

c = fator de conversão do CAD : [V]

Assim, desde que K seja mantido constante em toda a faixa de aplicação do instrumento, o processamento dos dados pode ser feito em termos de números puros e, ao final, o resultado ser convertido em seus valores dimensionais. Este foi o ponto chave para o desenvolvimento do programa.

Outra consideração importante é que, para a obtenção de informações derivadas daquela de deslocamento, é fundamental que o conjunto de dados discretos e sequenciais guarde a mais estrita constância de intervalamento. A referência temporal utilizada para isto foi o relógio interno do microcomputador e a temporização da sequência de eventos na execução das diversas instruções do Z80A. Os testes efetuados na máquina do protótipo mostraram um erro no relógio menor que 0,01% (ver Apêndice).

II.7.2 - A estrutura básica do programa.

Ao se ligar o instrumento, o TK 85 entra em operação conforme a sua concepção original. A um comando direto em linguagem BASIC, o programa, residente, é acionado e suas funções se tornam acessíveis através do teclado. Uma delas retorna o controle ao monitor BASIC sem destruir o conteúdo das memórias utilizadas pelo programa. Em assim sendo, outras funções não constantes podem ser facilmente implementadas a partir de BASIC ou mesmo em ASSEMBLER, conforme os recursos de programação do monitor.

Para o acesso às funções residentes não existe qualquer sequência pré-determinada, mas o programa prevê a interrupção da execução daquelas que utilizem dados que não estejam validados. Assim, por exemplo, não é válida a apresentação de resultados numéricos se a tabela de dados constante da memória não for coerente com o processamento em vigor. Neste caso, a execução da apresentação é sustada e o programa coloca na tela de vídeo a mensagem correspondente.

Na figura II.7.2.1 encontra-se um esquema da operação do programa onde, pelo fluxo de eventos, ilustra-se o acima exposto.

II.7.3 - As rotinas auxiliares do programa.

De maneira geral, são aquelas que executam funções auxiliares como deslocamento de blocos na memória, transformações de base numérica e, principalmente, a comunicação entre as rotinas executivas e gerenciadora com o monitor original do TK 85. Sua característica principal é ter um ou mais pontos de entrada e, no máximo, dois pontos de saída, selecionados internamente em função de um resultado. O seu fluxograma básico é o da figura II.7.3.1.

Tomando-se como exemplo as rotinas LITEP e LIARD, verifica-se que são, em realidade, a mesma rotina mas, como os pontos de entrada são diferentes, prestam-se a funções diferentes:

```

LITEP.....LD BC, 0318h   :limpa a área da memória
                LD A, 76h       correspondente à tela
                LD HL, (400Ch)  de vídeo.
                INC HL
                JR S1

```

```

LIARD.....XOR A           :limpa uma área qualquer
S1.....CP (HL)          da memória limitada pe-
                JR Z, S2        lo conteúdo do registro
                LD (HL), 00h    HL (1º baite) e do reg.
S2.....INC HL           BC (comprimento).
                DEC BC
                LD D, A
                LD A, B
                OR C
                LD A, D
                LR NZ, S1
                RET

```

Se a chamada for feita em LITEP, o resultado será o zeramento de toda a área de memória correspondente à tela de vídeo e se a chamada for feita em LIARD, o zeramento será em uma área qualquer de memória, dependente do conteúdo prévio dos registradores.

A finalidade principal deste tipo de estrutura é a economia de memória que propicia. Em algumas rotinas, onde a economia era pouca ou nenhuma, o caso geral não foi

obedecido, como nas rotinas TIRAX e ENFIX que, em essência, executam a mesma função: movem um bloco de 10 bytes de um lugar para outro da memória:

```
ENFIX.....LD BC, 000Ah   :coloca os 10 bytes a-
                LD DE, (401Ch) pontados por HL na área
                LDIR                de memória reservada p/
                LD (401Ch), DE      a pilha de cálculo.
                RET
```

```
TIRAX.....LD BC, 000Ah   :retira 10 bytes da pi-
                DEC HL                lha de cálculo e os ar-
                EX DE, HL              mazena a partir do end.
                LD HL, (401Ch)        apontado por HL.
                DEC HL
                LDDR
                INC HL
                LD (401Ch)
                RET
```

Uma alternativa de programação que seguisse a regra geral iria provocar um consumo maior de memória na área de programa e maior tempo de execução devido a comparações e desvios condicionais para controle de entrada e saída além da necessidade de inicialização prévia dos registradores do Z80A antes da chamada. Um exemplo é a rotina mostrada a seguir, equivalente a TIRAX e ENFIX:

```

HIPOT1.....XOR A           :entrada <=> TIRAX.
HIPOT2.....LD DE, (401Ch)   :entrada <=> ENFIX
                             LD BC, 000Ah       com o reg. A zera-
                             CP 00h            do previamente.
                             JR Z, S1
                             LDIR
                             INC DE
                             JR S2
S1.....ADD HL, BC
                             DEC DE
                             EX DE, HL
                             LDDR
                             INC HL
                             EXX DE, HL
S2.....LD (401Ch), DE
                             RET

```

Os exemplos anteriores são também esclarecedores de outra das finalidades das rotinas auxiliares, apontadas no início deste tópico. Em ambas, TIRAX e ENFIX, aparece o endereço 401Ch. Acontece que o monitor do TK 85 já tem, pré-estabelecida, uma área de memória reservada para cálculos em aritmética de ponto flutuante. Em assim sendo, não houve a necessidade de prover outra área, aumentando o consumo de memória. O endereço 401Ch é justamente uma das variáveis do monitor cujo conteúdo é exatamente o primeiro endereço livre da área de cálculo e o seu controle é feito

pelo próprio monitor. Usar esta variável, portanto, significa economia de memória tanto de dados como de programa pois torna desnecessárias rotinas de controle para a área de cálculo. Além disso, ao se utilizar a área controlada pelo monitor, o acesso às suas rotinas de cálculo torna-se direto, abrindo a possibilidade de se efetuar, através de código de máquina, o cálculo de toda e qualquer expressão matemática cujas funções constem do repertório do TK 85.

Cabe aqui um parêntese a esse respeito. O monitor do TK 85 inclui uma série de funções matemáticas que operam números em notação de ponto flutuante, base binária e palavra de cinco bytes:

1º byte	2º byte	3º	4º	5º byte
mantissa		-----característica-----		

O sinal deste número é controlado pelo bite mais significativo. Assim sendo, se o da mantissa for 1, o expoente é positivo, o mesmo ocorrendo com a característica. Para que quaisquer números sejam operados por quaisquer uma das funções, é necessário que eles estejam posicionados em ponto flutuante na área determinada pelo monitor, chamada de "pilha de cálculo" e a ordem de posicionamento deve seguir as regras da notação polonesa reversa.

Duas variáveis do monitor controlam a pilha de cálculo e correspondem aos endereços 401Ah e 401Ch, respectivamente.

A primeira aponta para o primeiro baite do primeiro número da pilha e a segunda para o primeiro baite livre. O monitor controla a entrada e saída de números da pilha segundo o padrão LIFO (Last In-First Out).

Para calcular uma expressão matemática, basta chamar uma rotina do monitor localizada no endereço 0028h e, em seguida programar, de acordo com a notação polonesa reversa, a sequência de operações indicada, através de seus códigos respectivos [41].

Assim, por exemplo, sejam dois números A e B, armazenados na pilha. A sequência de programa:

```
SOMA.....RST 28h :chamada da rotina de cálculo.  
DEFB 05h :código TK 85 para a soma.  
DEFB 34h :código TK 85 para retorno.
```

terá como resultado um número C na pilha tal que $C = A+B$ e os valores A e B terão sido eliminados.

O exemplo mostra a vantagem de se usar as rotinas do monitor não só para cálculo mas, também, para geração de imagem, transformações de base numérica e todas aquelas funções que dele façam parte. O uso extensivo das rotinas do monitor foi o fator determinante para que todo o programa pudesse estar contido em apenas quatro quilobaites de memória.

II.7.4 - As rotinas funcionais do programa.

São aquelas que, intrinsecamente, executam as funções estabelecidas para o instrumento. Diferentemente das auxiliares, estão construídas de maneira a possuírem um único ponto de entrada e um único ponto de saída e operam segundo valores pré-estabelecidos para suas variáveis de controle. Isto possibilita seu uso em outros programas sem, necessariamente, interferência da ou na operação do programa ADM residente.

Assim, por exemplo, para se gravar em fita qualquer bloco de memória à partir de um programa em BASIC, basta definir o bloco pelas variáveis de nome GV0 e GV1 (ver Apêndice) e chamar a rotina funcional de nome CARGA pela instrução em BASIC: RAND USR 9148.

Dentre as rotinas funcionais, destacam-se pela importância:

a) GERIM.

É a rotina que gera a imagem em resolução de 176x176 pontos na tela de vídeo.

No sistema original do TK 85, a imagem dita gráfica tem uma resolução máxima de 44x64 pontos, insuficiente para o desenho adequado da trajetória do eixo e a geração de imagem é feita à partir de uma tabela de matrizes gráficas constantes da memória permanente do sistema original.

A solução adotada para a geração de imagem de mais alta resolução foi a de criar uma nova tabela de matrizes gráficas mutáveis de acordo com a trajetória e armazenada em uma área de memória volátil. Transferindo o controle de geração de imagem da tabela original para a tabela auxiliar de matrizes de caracteres, a imagem apresentada no vídeo terá características de resolução 176x176 sem que sejam necessárias alterações nos circuitos do microcomputador. GERIM é a rotina que cria a nova tabela e MUTAB é a rotina que transfere o controle.

b) CALPO.

É a rotina que, à partir dos dados de leitura, constrói o arquivo aqui chamado de "tela auxiliar de alta resolução" onde cada bite corresponde a um ponto de imagem no vídeo. É a partir da TAR que GERIM cria a tabela auxiliar de caracteres e o esquema de operação está mostrado na figura II.7.4.1. As equações que regem a operação de CALPO são:

$$E = E1 + 7 - Y + 176 \cdot \text{Int}[(175 - Y)/8] + 8 \cdot [\text{Int}(X/8) + \text{INT}(Y/8)]$$

$$Bs = 8 \cdot \text{Int}(X/8) + 7 - X$$

onde: E1 = 1º endereço da TAR.

X, Y = coordenadas do ponto.

Bs = ordem do bite a ser feito 1 na TAR.

E = endereço da TAR onde está Bs.

c) LELEN e LERAP.

São as rotinas que efetuam a leitura dos dados na saída do CAD e os armazenam na área de memória reservada para a "tabela de dados". Elas são iguais na lógica de operação mas não na forma de controle do intervalo entre duas leituras consecutivas.

LERAP é bem mais rápida e o controle do intervalo é feito pela execução de um número previamente calculado de instruções NOP. Assim sendo, o intervalo possível corresponde sempre a um múltiplo de quatro ciclos de relógio, que é quanto demora a execução de cada instrução NOP. Esta técnica é útil para pequenos intervalos mas consumiria muita memória de programação para intervalos maiores, daí a existência de LELEN, que faz o intervalamento pela execução de laços "bobos" cuja única razão de existência é gastar tempo de execução.

No caso específico de LELEN foram estabelecidos dois laços de temporização de maneira a permitir maior discretização dos intervalos.

Ambas, ao serem chamadas, exigem que já tenham sido previamente definidas as variáveis de controle de temporização. Esta tarefa é executada automaticamente pela rotina de gerenciamento FV que, à partir do valor estabelecido para a varredura, calcula o intervalo entre duas leituras consecutivas e seleciona, entre LERAP e LELEN, qual possibilita a melhor aproximação. A figura II.7.4.2 mostra a semelhança de operação entre LERAP e LELEN.

d) FOURI.

Uma vez que se tenha os dados discretos de deslocamento em função de tempo é possível, através da aplicação da Transformada de Fourier Discreta, obter a decomposição do deslocamento em função de frequência.

Para isto foi desenvolvida a rotina FOURI, que segue estritamente o algoritmo de Cooley-Tukey para 2^n elementos complexos [48], otimizado para execução rápida em código objeto do microprocessador Z80A. Foi possível obter um tempo médio de processamento de 12 segundos para os 256 elementos de um canal (X ou Y). A precisão numérica foi testada comparando-se os resultados obtidos através do processamento do mesmo algoritmo programado em linguagem FORTRAN [48] no computador Burroughs do CCE da USP, em dupla precisão, obtendo-se desvios apenas após o quinto dígito decimal menos significativo. O sinal de simulação foi o de um ciclo completo de onda quadrada.

II.7.5 - As rotinas gerenciadoras do programa.

São rotinas de interpretação de comandos, controle do fluxo de dados, da organização da memória e das variáveis do programa e, principalmente, do encadeamento das rotinas funcionais para execução.

Sua característica estrutural é a de ter um único ponto de entrada e outro de saída. Como cada uma delas estabelece todas as variáveis de acordo com as necessidades

específicas do programa ADM, é preciso muito cuidado ao utilizá-las dentro de rotinas desenvolvidas em BASIC. É mais conveniente utilizar as rotinas funcionais e manter controle particular sobre as variáveis afetadas.

O conjunto de rotinas gerenciadoras pode ser interpretado como o Programa Principal, as rotinas funcionais como o Primeiro Nível de Subrotinas e as rotinas auxiliares como Segundo Nível de Subrotinas. Estes termos foram até aqui evitados pelo simples fato de o programa como um todo não estar assim tão nitidamente estruturado.

II.7.6 - Descrição da operação do programa ADM.

Supondo-se estarem os sensores devidamente conectados, ao se ligar as duas chaves de força do ADM, o microcomputador é energizado e, sob controle do monitor, surge na tela o cursor de espera de instrução.

Digitando-se o comando direto (em BASIC) :

RAND USR 12288,

o controle é transferido para o programa ADM cuja primeira ação é inicializar as variáveis e delimitar as áreas da memória. Isto feito, é acionada a rotina de identificação quando, então, surgem as mensagens no vídeo e o operador é solicitado a informar via teclado, opcionalmente e em sequência:

DATA : (data da utilização)
OPER : (nome do operador)
MAQ : (identificação da máquina)
MAN : (identificação do mancal)

e, por último,

VARR : (varredura)

quando, então, o operador deve introduzir, via teclado, o valor do tempo total de leitura dos dados, em milissegundos. Se a opção for por não especificar a varredura, o programa irá assumir o menor valor possível (4,47278 ms) e, depois, será acionada a rotina COPRI, que corresponde ao laço principal de interpretação de comandos, ficando à espera de um dos existentes, acionado via teclado pelas letras, em ordem alfabética:

A - geração de uma trajetória, resultado da composição de duas senóides de magnitude e fase calculadas para uma dada frequência do espectro gerado pela Transformada de Fourier.

B - retorno ao monitor do TK 85 sem destruir os conteúdos das memórias controladas pelo ADM.

C - reinicializa o programa ADM. O conteúdo anterior das memórias é destruído.

D - imprime, na tela de vídeo, os dados de identificação da operação corrente. Se não forem válidos, a execução é cancelada.

F - executa a Transformada de Fourier dos dados de leitura correntes. Se não forem válidos, a execução é cancelada.

G - grava, em fita magnética, os dados da operação corrente. Se não forem válidos, a execução é cancelada.

L - executa a leitura no ADC com a varredura corrente e, automaticament, o comando T.

M - imprime, na tela de vídeo, o espectro do canal X resultante da execução do comando F. Se este não tiver sido anteriormente acionado, M é automaticamente cancelado.

N - idêntico a M mas com relação ao canal Y.

P - imprime a tela de vídeo em papel.

Q - controla a retícula das telas gráficas.

R - recupera dados gravados em fita magnética.

- S - ativa e desativa a superposição de telas.
- T - gera a tela de vídeo correspondente à trajetória (deslocamento X versus deslocamento Y).
- V - permite a modificação no valor da varredura.
- X - gera a tela de vídeo correspondente ao sinal do canal X (deslocamento X versus tempo).
- Y - idêntico a X mas com relação ao canal Y.

A partir de M e N existe ainda um subnível de comandos acionados pelas teclas:

- 1 - apresenta na tela de vídeo as informações de magnitude, fase e frequência correspondentes à componente espectral apontada pelo cursor.
- 5 - desloca o cursor à esquerda.
- 8 - desloca o cursor à direita.
- 0 - retorna ao nível principal de comandos.

Foi previsto também outro subconjunto de comandos, incluso no nível principal, com a finalidade de testar o funcionamento do próprio programa ADM. São acionados por duas teclas simultâneas:

"SHIFT" + L : gera um bloco simulado de leitura, correspondente a um período de onda quadrada com amplitude 160 em ambos os canais, em fase 0.

"SHIFT" + D : imprime na tela, um por linha, os seguintes valores de controle:

- valores extremos lidos em X e Y;
- constante de correlação total, K;
- $K/256$;
- frequência padrão do relógio.

II.8 - Testes finais de verificação.

Depois do conjunto montado em sua forma final e com o programa já residente, foi efetuada uma série de testes para verificação das curvas de calibração dos dois conjuntos sensores e do instrumento como um todo.

Para tanto, foi construída uma placa cilíndrica em aço ABNT 1045 com as faces seccionais planas e retificadas, conforme a figura II.8.1, contendo, em uma delas,

quatro rebaiços circulares dispostos de maneira que seus raios de centro formem ângulos retos entre si.

Tal peça de teste foi montada nas placas de um dos tornos IMOR da oficina de usinagem do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da USP, escolhido aleatoriamente. No carro porta-ferramentas do mesmo torno foi adaptado um suporte para os sensores de deslocamento tal que estes se situassem, em relação ao centro da placa de teste, sobre um círculo de 50 mm de raio e com seus raios diretores formando ângulo reto (figura II.8.2). No mesmo círculo foi também efetuado um orifício para instalação de um relógio comparador. O esquema de montagem de teste está ilustrado na figura II.8.3.

Com esta montagem, fixando-se a placa de teste com excentricidade em relação à placa do torno, foi possível simular sinais de deslocamento de um eixo cujas amplitudes foi possível variar controladamente, mantendo-se uma defasagem igual $\pi/2$ rd entre as leituras de cada canal.

As curvas de resposta global e, conseqüentemente, a linearidade de resposta do instrumento bem como sua precisão numérica foram verificados pela tomada de diversas leituras fazendo-se variar a amplitude da excentricidade e a rotação da placa de teste, procurando abranger a faixa de utilização. O controle de intervalamento foi verificado pela tomada de diversas leituras, em rotações e varreduras diferentes, com os sensores monitorando o círculo dos re-

baixos. Com isto, foi possível obter padrões de sinal com picos nítidos no valor do afastamento e, à partir do controle sobre a rotação da placa e pelo número de leituras ocorridas entre dois picos subsequentes, calcular o tempo médio real decorrido entre duas leituras consecutivas. Todos os resultados estão incluídos no Apêndice.

Figura II.1.1 -
Estrutura básica do ADM.

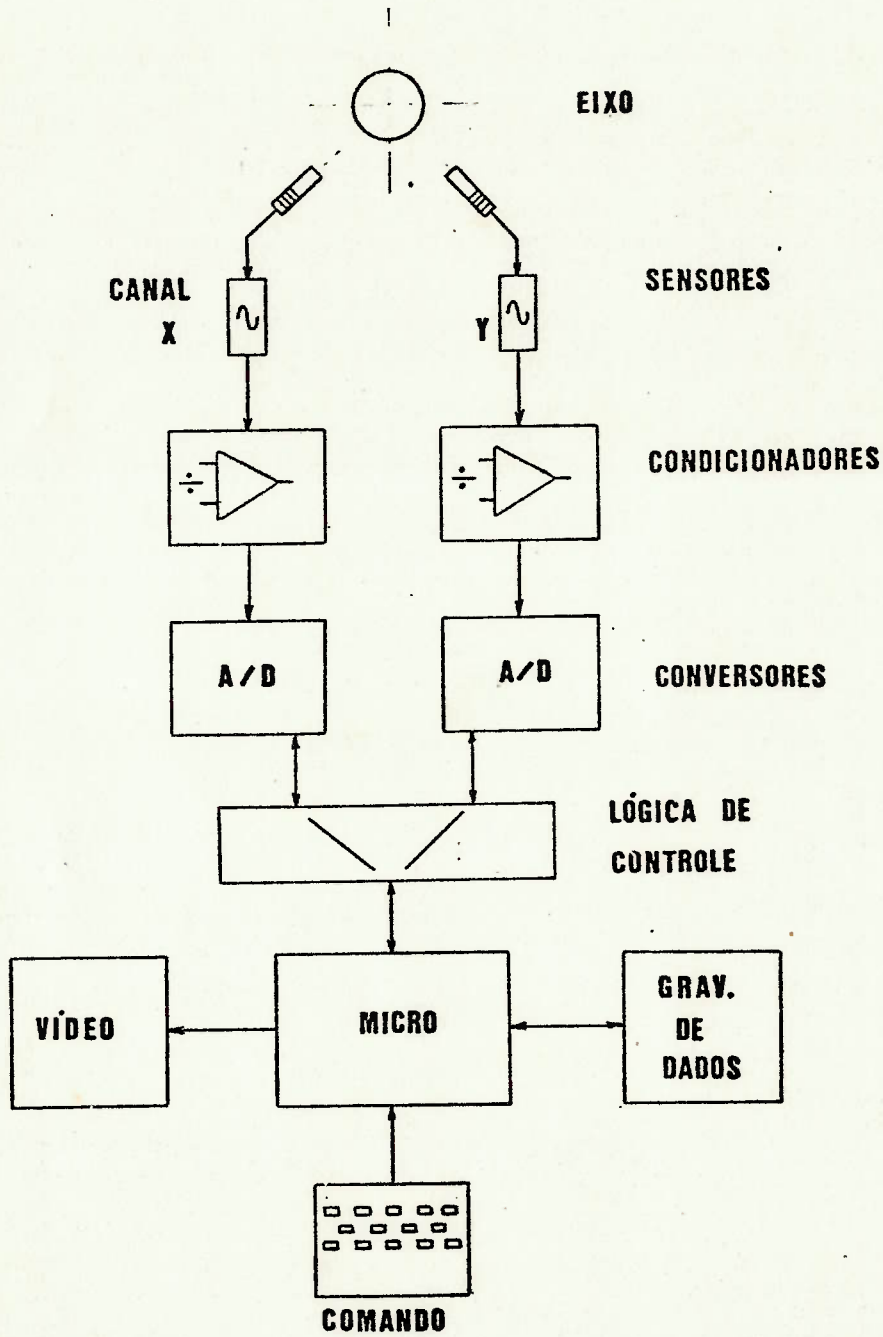


Figura II.3.1 -

Esquema de implementação do capacitor.

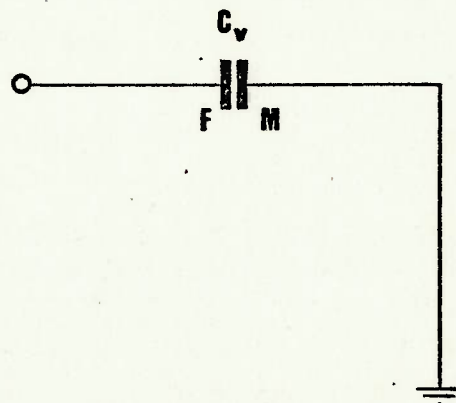
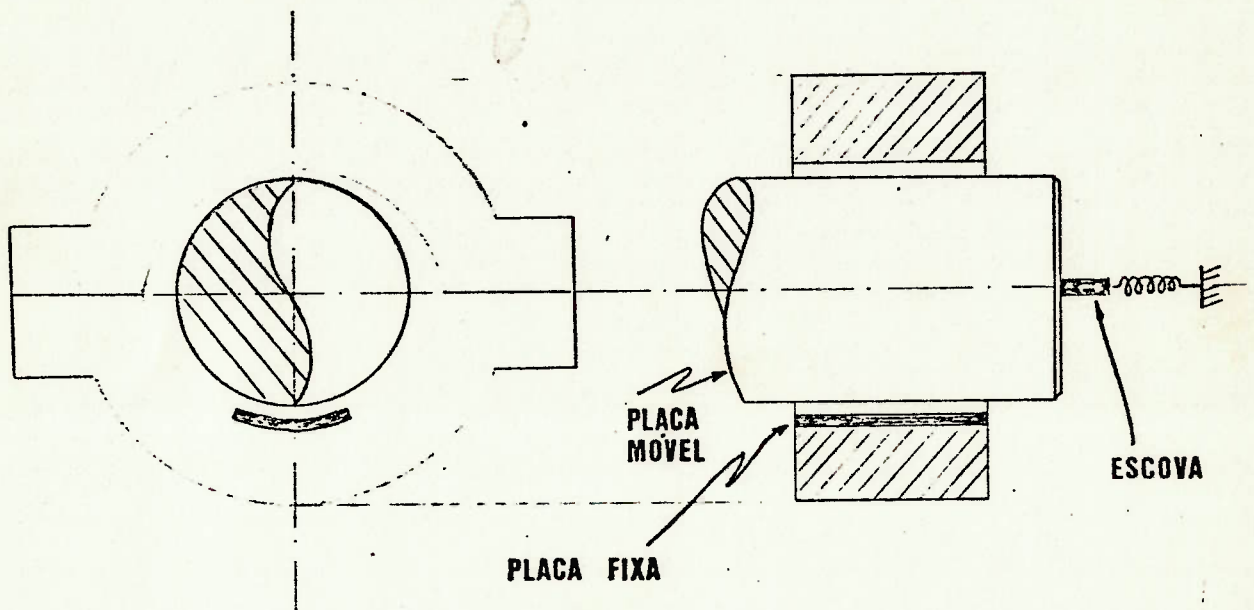


Figura II.3.2 -
Esquema do conjunto sensor.

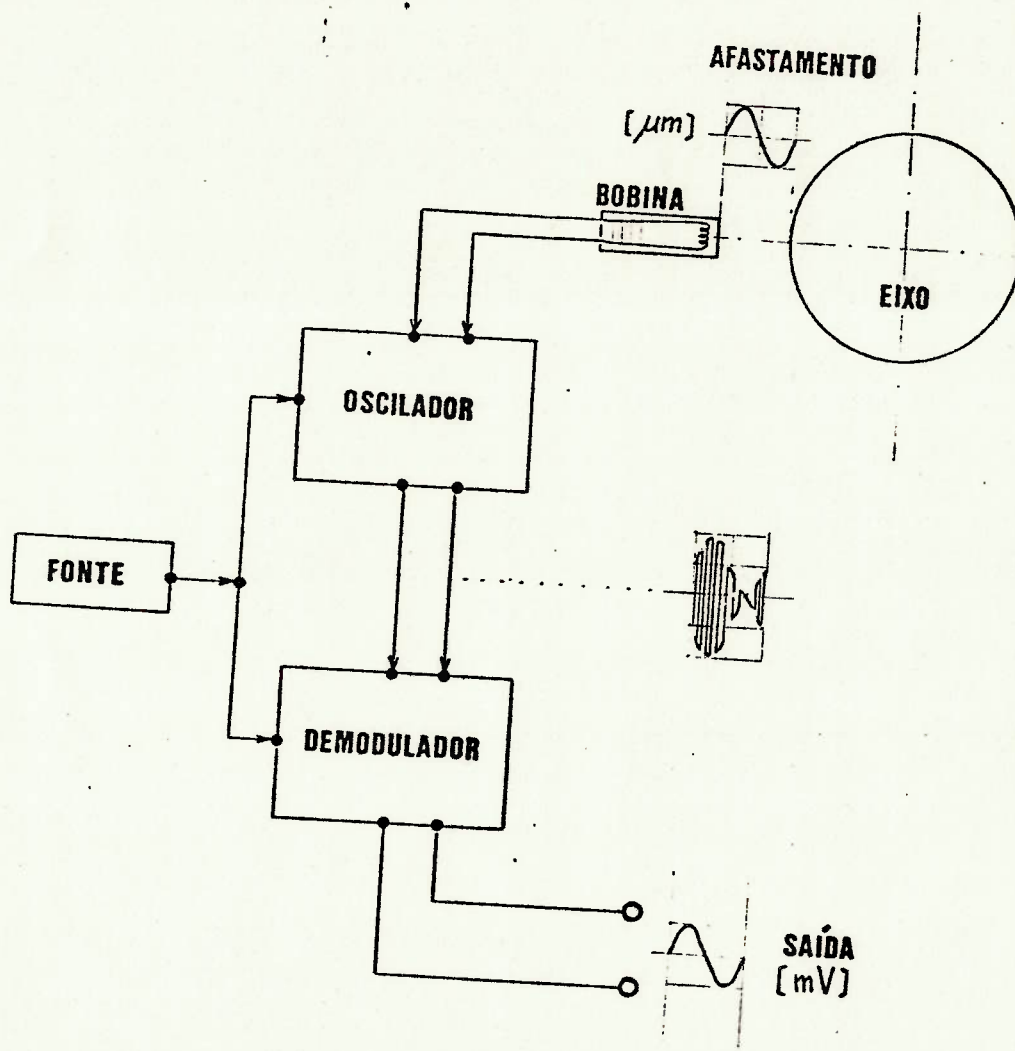
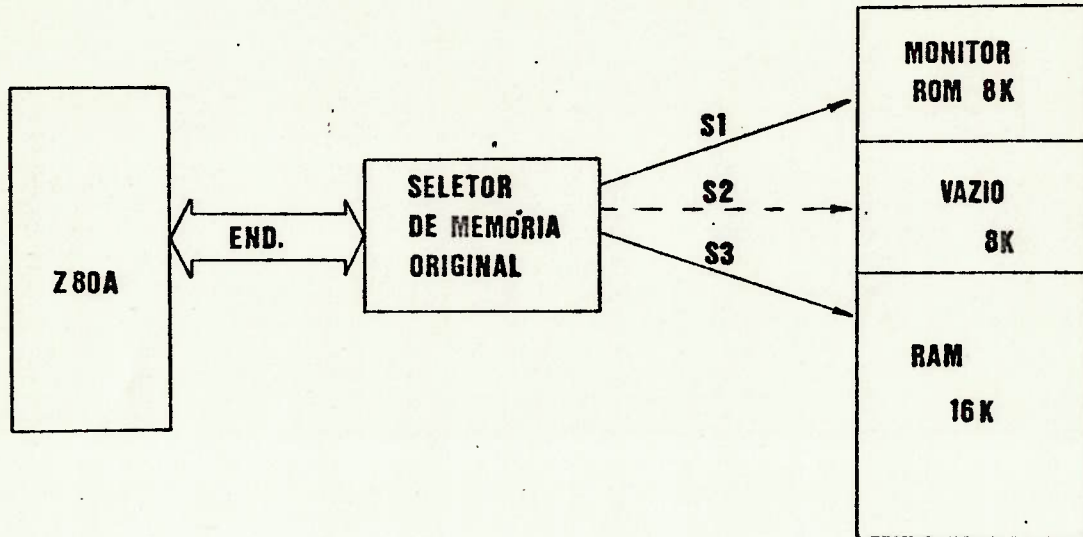


Figura II.4.1 -

a) Estrutura original do microcomputador.



b) Estrutura final modificada.

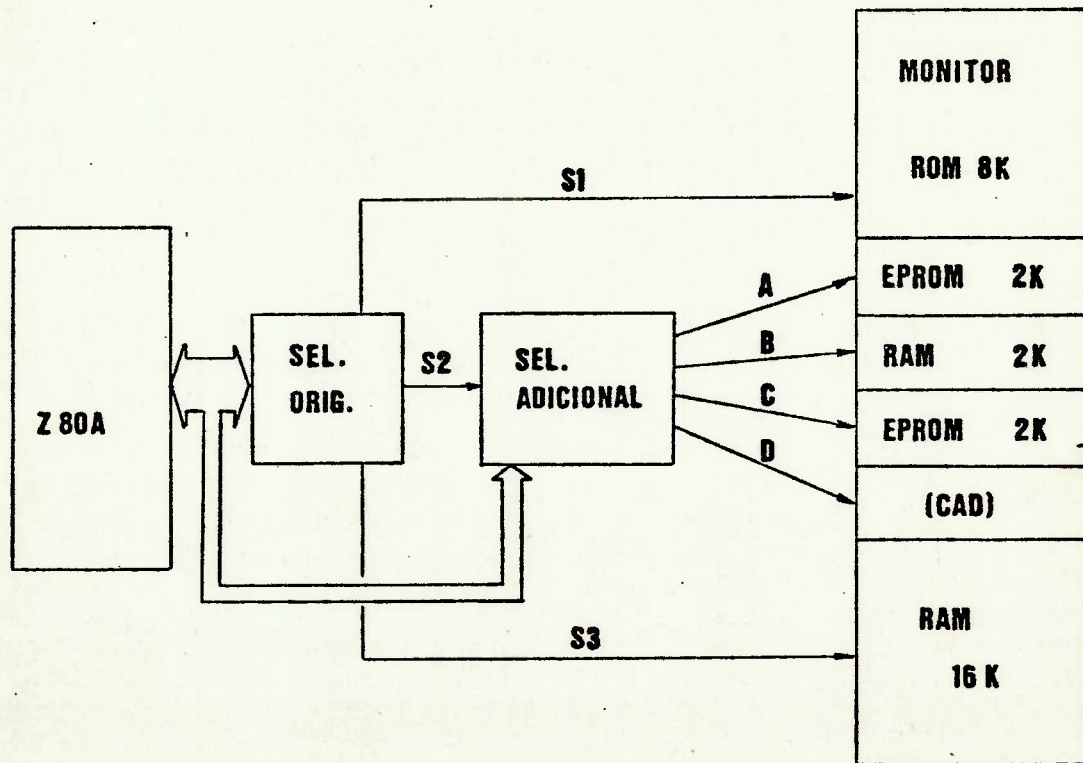


Figura II.6.1 -

Diagrama do circuito básico do CSA.

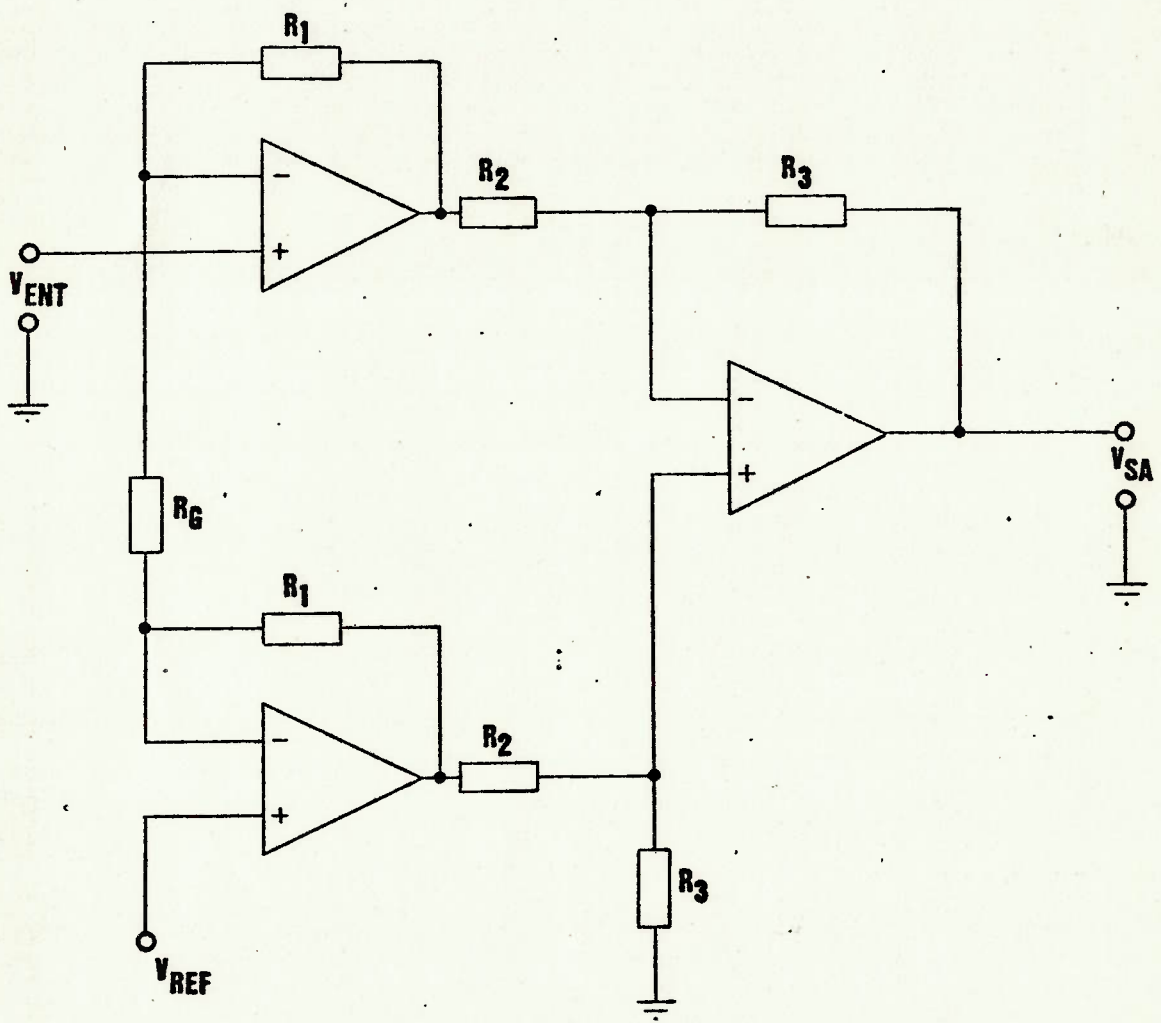


Figura II.7.2.1 -

Fluxograma geral de operação do programa ADM

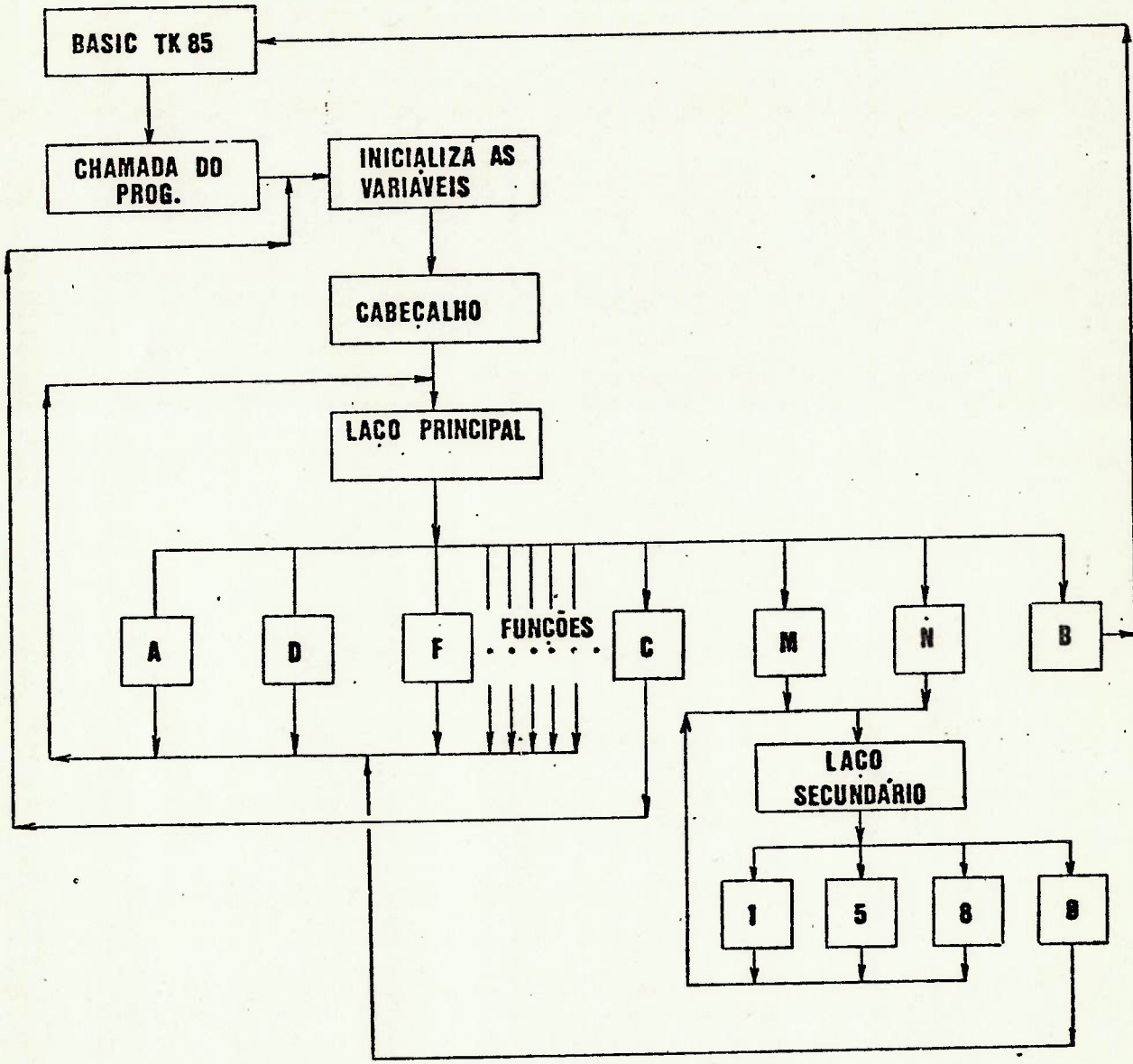


Figura II.7.3.1 -
Fluxograma geral das rotinas auxiliares.

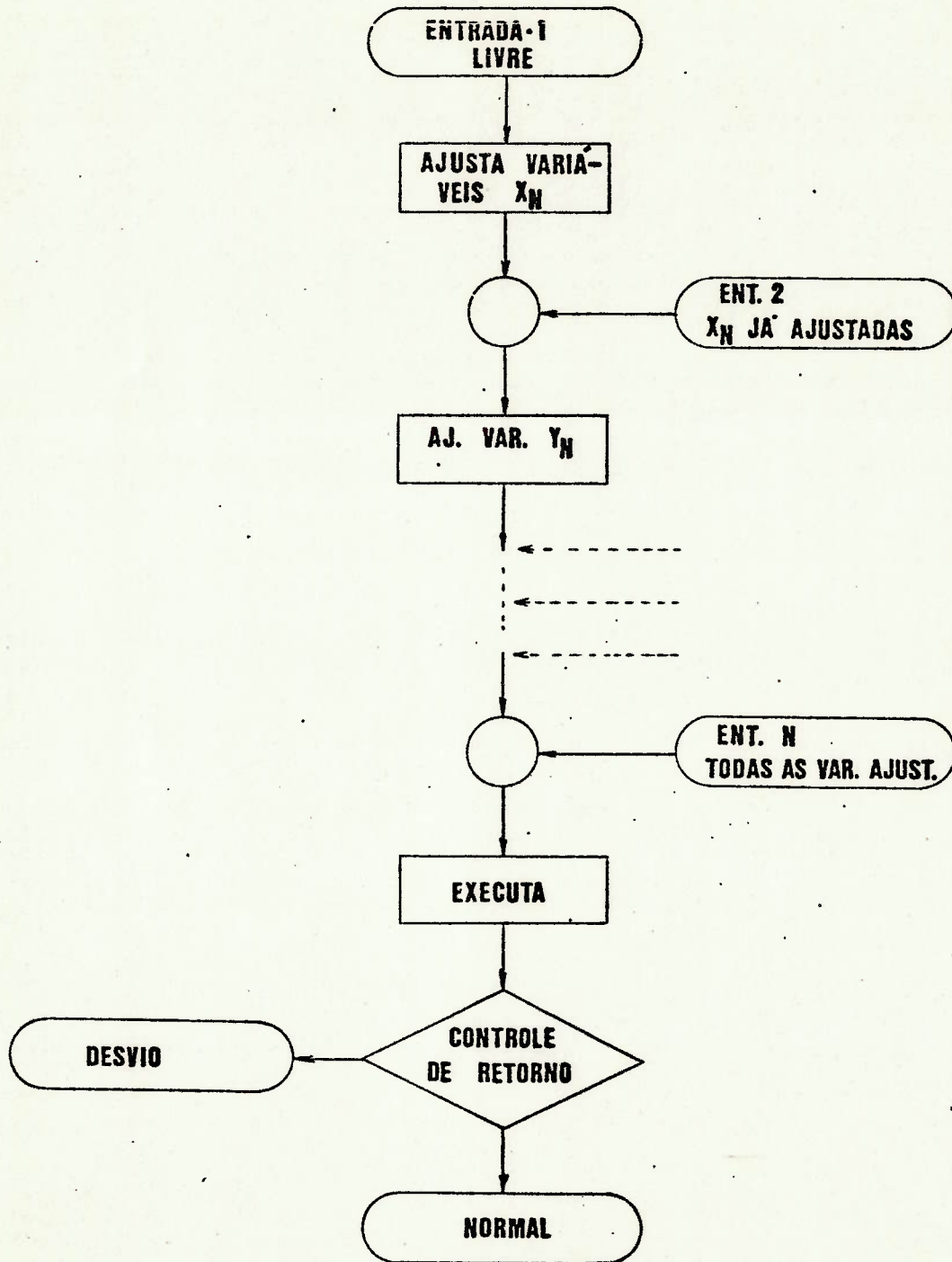


Figura II.7.4.1 -

Esquema de operação de CALPO e GERIM.

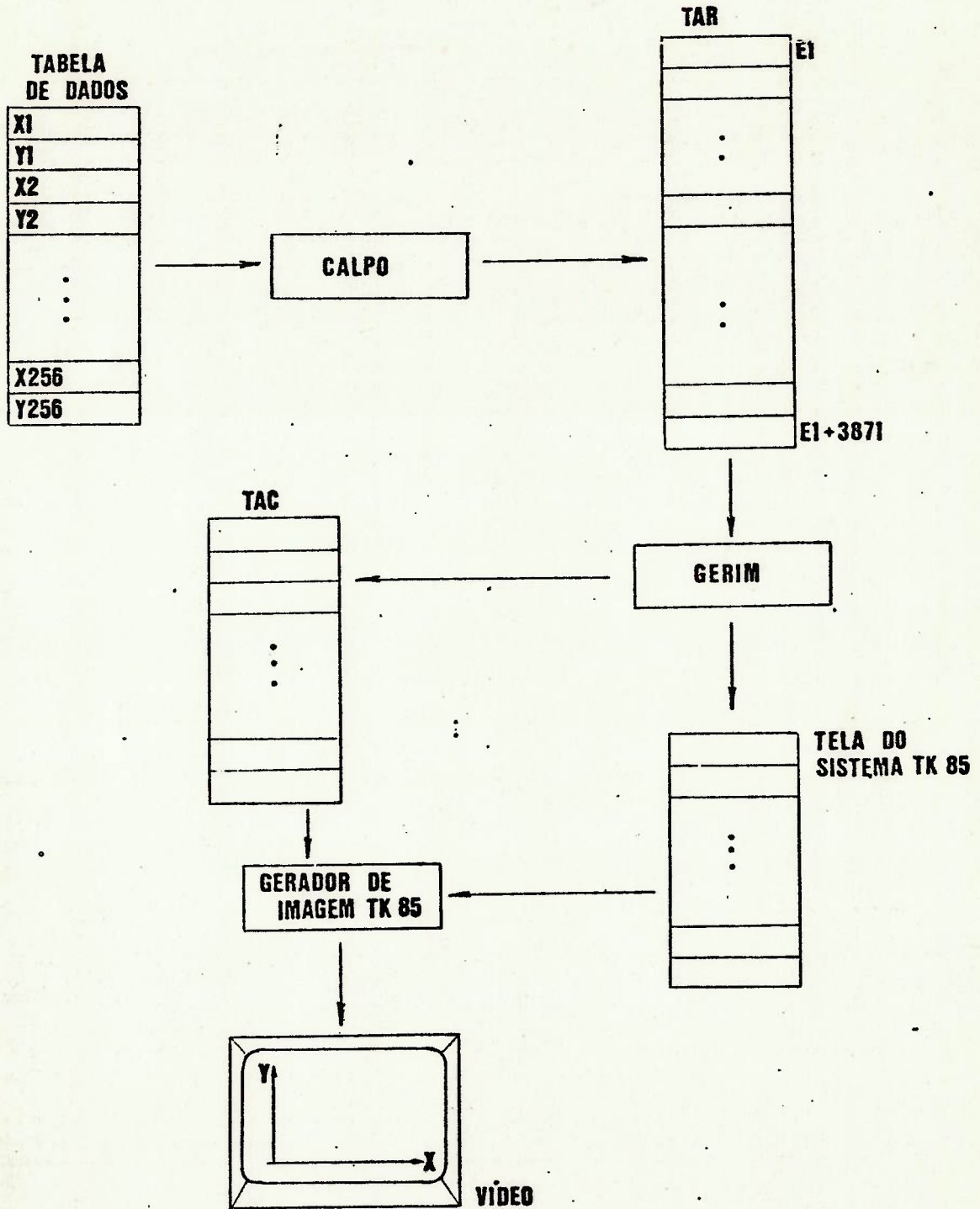


Figura II.7.4.2 -

Esquema de operação de LERAP e LELEN.

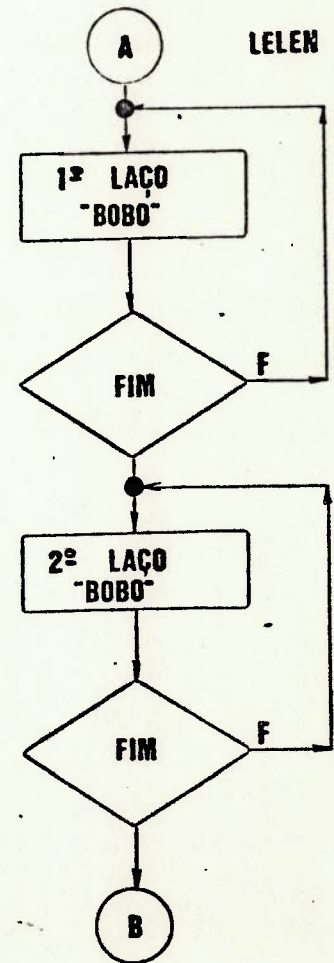
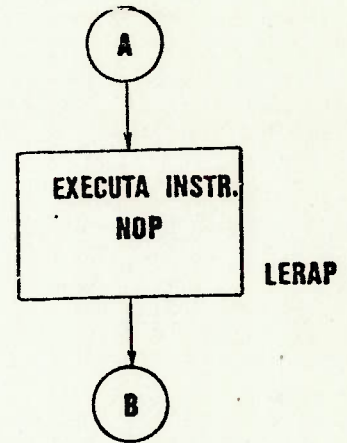
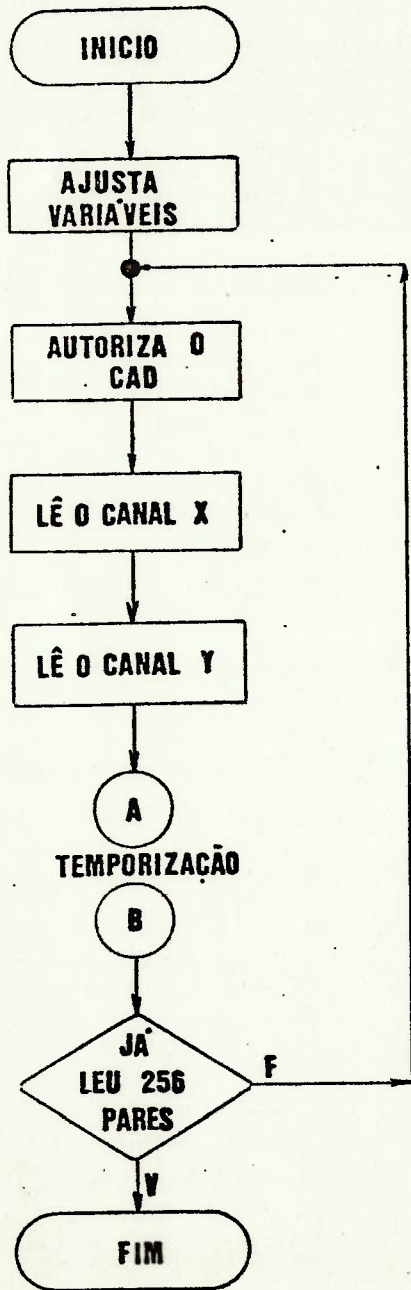


Figura II.8.1 -
Placa padrão para testes.

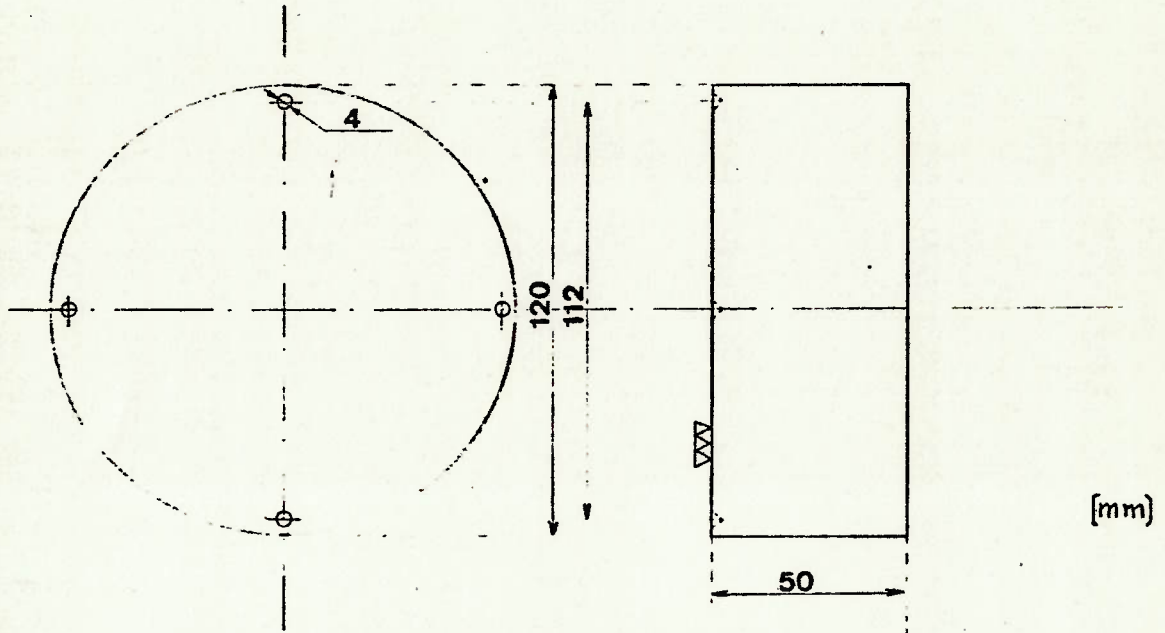


Figura II.8.2 -
Suporte para os sensores de proximidade.

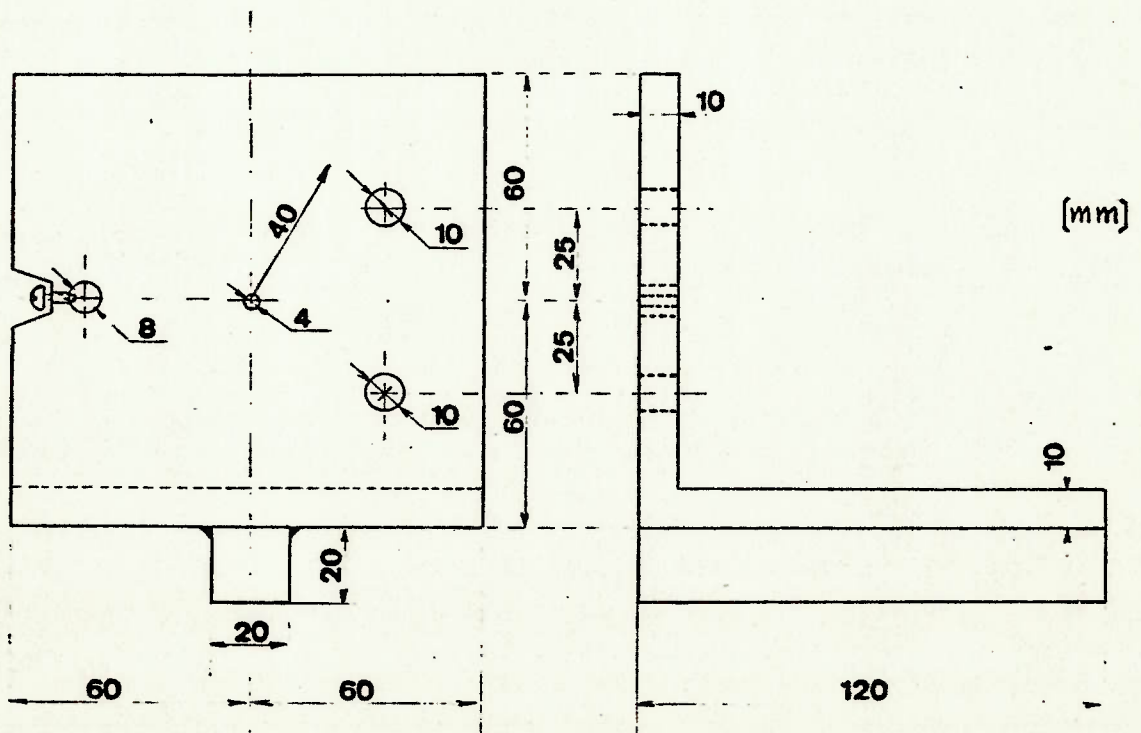
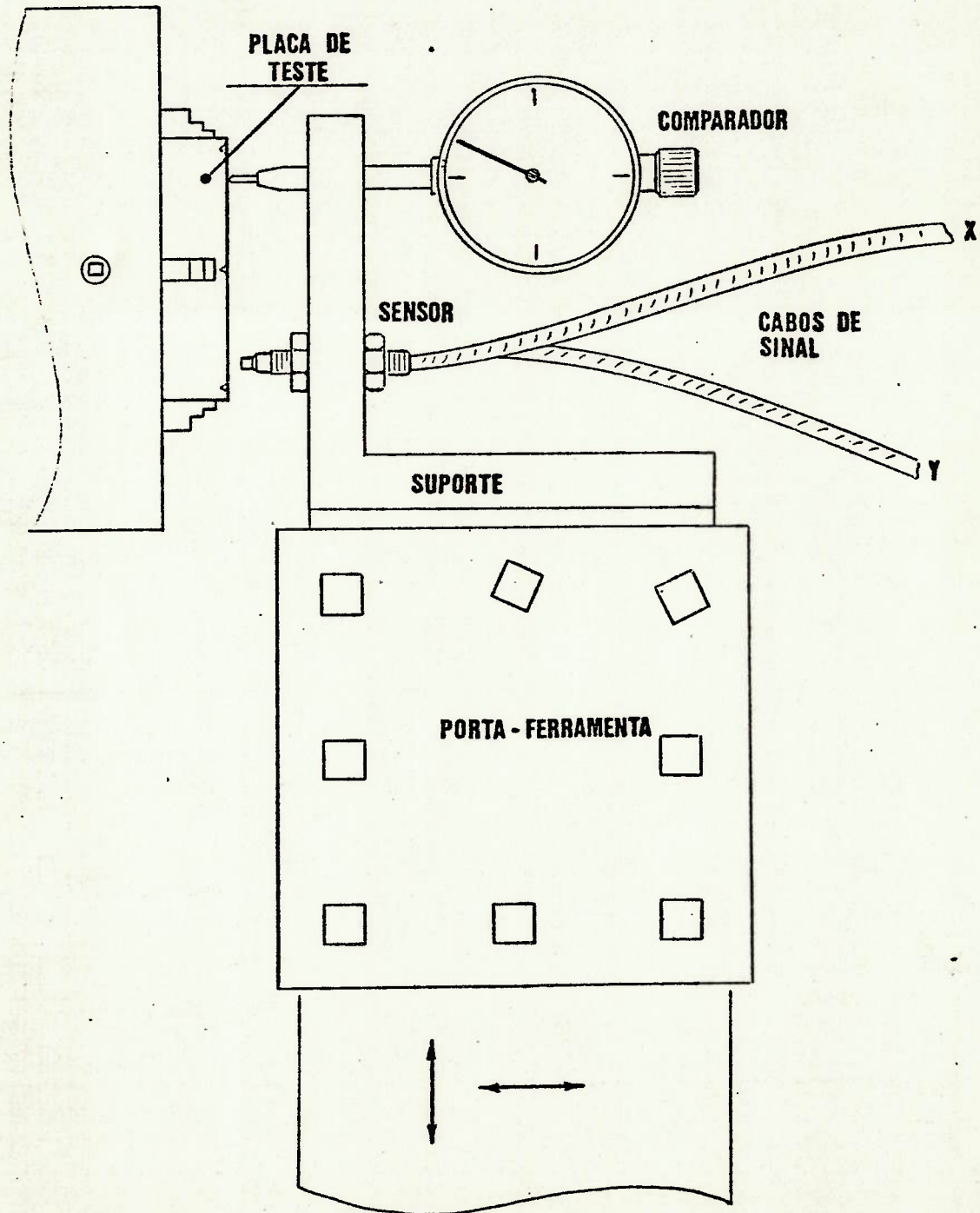


Figura II.8.3 -
Montagem do conjunto para testes.



III - ANÁLISE DOS RESULTADOS E SUGESTÕES.

III.1 - Limitação Gráfica.

Conforme já descrito em II.7.4, as rotinas de nome CALPO e GERIM são aquelas que constroem a tela dita de alta resolução gráfica (176x176 pontos), com o aproveitamento da estrutura original de geração de imagens do TK. Este arranjo implica em uma limitação que nem sempre é aparente, pois depende das características particulares de cada imagem que esteja sendo gerada, ou seja, da densidade e/ou da distribuição dos pontos na tela de vídeo.

Acontece que o sistema TK 85 original só reconhece 64 caracteres (matrizes) distintos e GERIM constrói uma matriz para cada grupo de 8 bites da TAR, à menos que todos sejam nulos, quando então assume a matriz "branco", que é a primeira da TAC. O processo fica melhor explicado pelo fluxograma da figura III.1.1.

Assim sendo, se a distribuição de pontos de imagem (bites não nulos) na TAR for tal que resulte na necessidade de mais de 63 matrizes da TAC para representá-los na tela de vídeo, a imagem final será incompleta, com a aparência de falhas, já que GERIM finaliza a execução ao atingir o fim da TAC.

Nos testes efetuados com o instrumento verificou-se que a deficiência é tão mais significativa quando maio-

res forem as amplitudes dos sinais envolvidos. Quando a frequência dos sinais aumenta também acentua-se a deficiência, mas isto pode ser compensado adequando-se o valor selecionado para a varredura.

Apesar de não implantadas, foram investigadas algumas alternativas para a eliminação desta deficiência:

a) Alternancia das telas de imagem.

O sistema TK 85 constrói uma tela de imagem à partir de um bloco de memória onde cada posição contém o código de uma das matrizes de carácter e a primeira posição é apontada pelo conteúdo do par de bytes de endereços 400C e 400D hex.

Esta solução consiste em se criar um segundo bloco de memória de vídeo de formato idêntico ao original do sistema e uma segunda tabela auxiliar de caracteres (TAC'). Através de uma rotina que, alternadamente, dez vezes por segundo, mudasse o controle do sistema TK de TAC para TAC' e, também, o conteúdo de 400Ch, duas imagens seriam geradas alternadamente e, dada a resiliência visual humana, a aparência final seria a de uma única tela. Com isto, o número de matrizes seria dobrado e GERIM poderia ser usada com pequenas modificações.

Foi efetuado um teste de aplicação desta técnica e verificou-se uma pequena cintilação na imagem o que, eventualmente, poderia causar problemas de fadiga visual. A maior restrição, porém, está no aumento da necessidade de memória na área de programa: cerca de 1 quilobyte.

b) Verificação de matrizes.

Consiste em modificar GERIM de modo que, antes de construir uma nova matriz, seja verificado se já não existe alguma igual (ou semelhante) anteriormente construída.

Um teste de aplicação mostrou que o processo de geração da imagem torna-se lento, entediante e o resultado nem sempre é satisfatório. Para telas de desenho muito irregular, a técnica é ineficaz.

c) Interpolação de matrizes.

Esta alternativa implica em mudar completamente a concepção da rotina GERIM. Consiste em construir uma TAC onde cada matriz corresponda a um segmento de curva diferente. A rotina GERIM, então, seria concebida de maneira a selecionar a matriz que melhor representasse um grupo de oito bairres da TAR e colocar seu código na posição correspondente do bloco de memória da tela.

A deficiência desta técnica está no fato de que a imagem final seria uma aproximação da trajetória medida.

Não foram efetuados testes com esta alternativa.

III.2 - Controle de Início de Leitura.

Para a análise de condicionamento ou desempenho, apesar de não essencial, seria de grande ajuda a inclusão de um dispositivo ou meio de se controlar o instante ini-

cial da leitura dos dados de deslocamento.

Um exemplo da necessidade de controle da posição angular do eixo na início da leitura é o balanceamento dinâmico de rotores através da órbita [49].

Em função dos princípios estabelecidos para o projeto e também das máquinas previstas para instalação, (II.1), tal dispositivo não foi incorporado ao ADM. Face a sua relativa importância, entretanto, segue a sugestão de algumas possibilidades de implementação:

a) Disparo por sensoramento.

Exige a existência de um terceiro sensor observando uma região da superfície do eixo onde, numa dada posição angular, seja feita uma marca, em profundidade ou protuberância. Toda vez que tal marca passe pelo campo de observação do sensor será gerado um pulso no seu sinal de saída, que pode ser utilizado para controle do instante inicial de leitura, ou "disparo de leitura".

A utilização do terceiro sensor de proximidade pode não ser a melhor solução porque não é comum que máquinas industriais o possuam incorporado e sua instalação pode ser difícil. A alternativa está, por exemplo, em se usar uma célula fotoelétrica externa monitorando um ponto mais claro ou, inversamente por opção, um ponto mais escuro em qualquer lugar da superfície do eixo. O objetivo é sempre o de se obter um pulso sincronizado.

Com a implementação de um terceiro canal para leitura do sinal deste terceiro sensor e com adaptações na rotina de leitura (FL), esta permaneceria lendo o valor do sinal de sincronização até que este ultrapassasse um limite mínimo pré-estabelecido quando, então, seria iniciada a leitura dos sinais de deslocamento.

b) Disparo por rampa.

Exige apenas, para implementação, que se altere a rotina de leitura (FL), de maneira que esta, antes de iniciar o armazenamento dos dados, verifique se o valor do sinal está aumentando ou diminuindo no tempo e se é, respectivamente, maior ou menor que um nível pré-estabelecido. Uma vez que o próprio sinal de deslocamento é utilizado para controle do disparo, não há necessidade de circuitos adicionais. O deslocamento, entretanto, pode não ser exatamente periódico e isto irá provocar variações na posição angular correspondente ao início de leitura.

Em assim sendo, naquelas aplicações onde o controle da posição angular for crítico, a implementação da alternativa "a" é mais adequada, pois a referência de disparo é direta.

III.3 - Exatidão numérica.

Os resultados numéricos dos testes finais efetuados foram satisfatórios no que se refere à exatidão numé-

rica, mas há um fator condicionante: os sensores utilizados. Em função de suas curvas de resposta é que foram efetuados os ajustes de ganho de tensão das etapas condicionadoras de sinal (CSA), de maneira a garantir o valor da constante de correlação total K, pré-fixada na memória de programa.

Tais sensores foram aleatóreamente escolhidos e ambos apresentaram curvas de resposta compatíveis com sua especificação o que, via de regra, não quer dizer que outro sensor já instalado em uma máquina qualquer venha a apresentar a mesma resposta. Se isto ocorrer, acarretará um erro numérico nos resultados apresentados pelo ADM.

De qualquer forma, se a linearidade do novo sensor estiver garantida, basta afetar os resultados pelo fator de escala calculado pela relação:

$$F_c = \text{novo fator de escala} / \text{fator calibrado.}$$

Outro ponto é quanto à função F (Transformada de Fourier Discreta). Para que os resultados sejam válidos é necessário que se escolha criteriosamente o valor da varredura em função da rotação do eixo, de maneira que a primeira seja sempre um múltiplo inteiro do período de rotação.

Dada a característica discreta dos possíveis valores de varredura, a multiplicidade exata nem sempre será possível. Neste caso, convém procurar o valor mais próximo

do desejado e considerar a possibilidade do espectro de frequências resultante conter componentes adicionais não válidas, já que o programa não prevê a aplicação de funções especiais de amostragem [41].

III.4 - Obsolescência do microcomputador.

No período compreendido entre a época da seleção do microcomputador e a da complementação deste trabalho, surgiu no mercado nacional uma outra máquina para a qual são válidas todas as considerações de escolha (II.4) e apresenta nítida superioridade operacional em relação ao TK 85. A sua maior vantagem está em já possuir incorporados os recursos para geração de imagem em alta resolução.

É vendida no mercado sob a marca TK 90X, é baseada no mesmo microprocessador Z80A e seu monitor opera de maneira bastante semelhante ao do TK 85, mas incorpora um grande número de funções adicionais que também podem ser aproveitadas para programação ASSEMBLER, principalmente no que se refere ao tratamento gráfico dos resultados.

Obviamente, a transposição do programa ADM -conforme desenvolvido para o TK 85 exigirá adaptações, já que o endereçamento no monitor é diferente e os códigos de acesso às funções de cálculo são outros mas, com exceção das rotinas de imagem, a estrutura das demais poderia ser mantida.

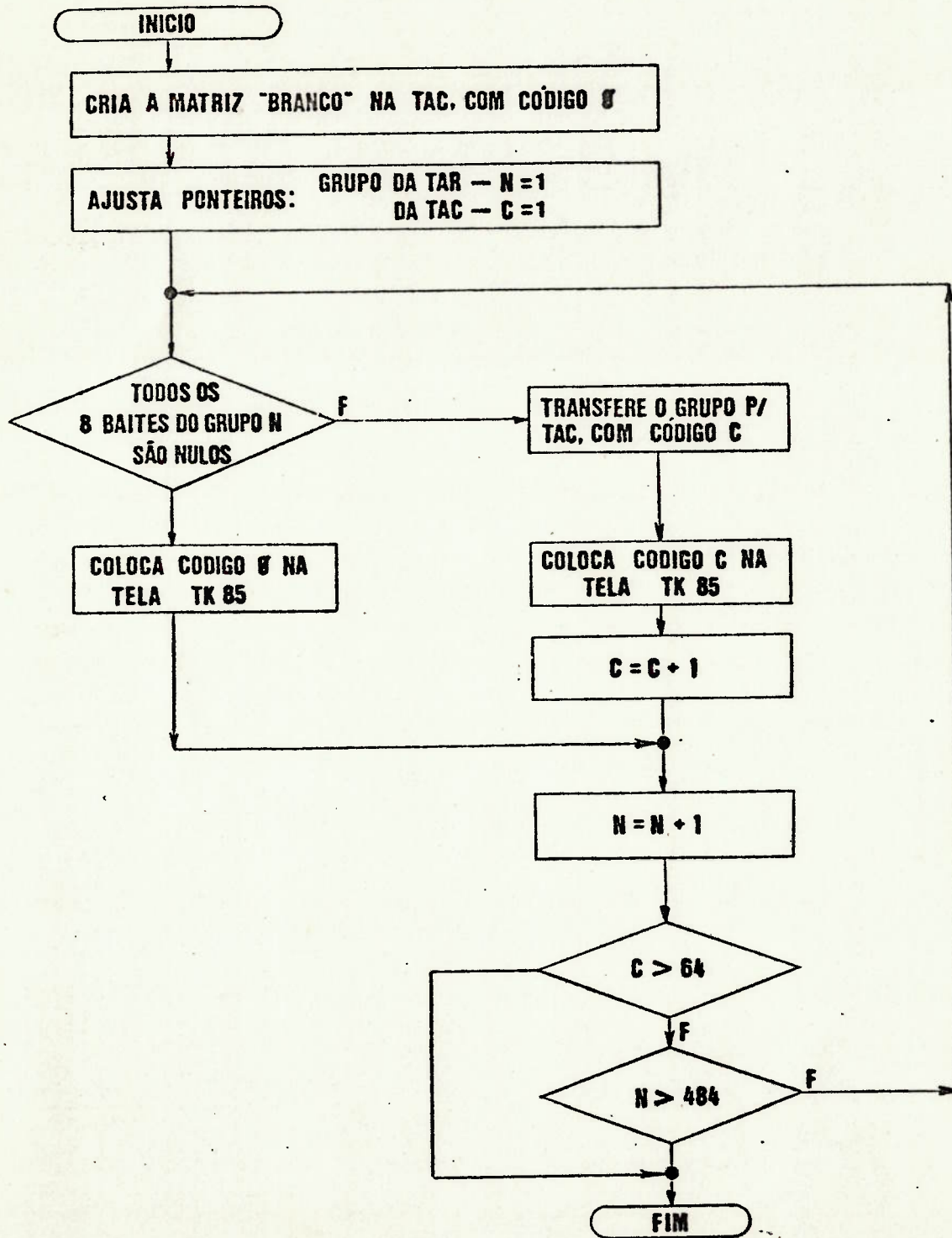
Como a frequência de relógio do TK 90X também é diferente (3,8 MHz) e, além disso, a estrutura de interrupção do Z80A é outra ("interrupt" modo 2), os procedimentos de programação adotados para o controle de intervalamento de leitura teriam que ser repensados.

No que se refere aos circuitos eletrônicos para captação dos dados de deslocamento, somente a codificação dos sinais de habilitação de leitura do CAD teria que ser alterada e, possivelmente, a opção pela conexão deste como uma porta de entrada de dados seria mais adequada que a de conectá-lo como unidade de memória, aqui adotada.

De qualquer forma, se algum futuro desenvolvimento vier a ser efetuado neste projeto, é recomendável que seja com base na nova máquina, TK 90X, até que esta também venha a se tornar obsoleta.

Figura III.1.1 -

Fluxograma de operação de GERIM.



*** APENDICE ***

A.1 - Documentação do Programa ADM.

Nota: todos os endereços estão em base numérica hexadecimal.

A.1.1 - Mapeamento das rotinas.

Endereço	Nome	Função
2000	LITEP	limpa a tela principal.
200B	LIARD	limpa uma area da memória.
201A	MUTAB	muda o controle p/ T.A.C.
201E	TABMU	retorna para tabela principal.
2023	LITAX	limpa a T.A.R.
2040	ESTOP	estabelece o topo da memória.
208A	TABSE	tabela de senos.
210C	TRIGO	calcula funções trigonométricas.
217F	PREPA	auxiliar de TRIGO.
2195	POFLU	inteiro p/ ponto flutuante.
21AC	ENFIX	coloca dois numeros em p.f. na pilha
21BA	TIRAX	retira dois numeros em p.f. da pilha
21CA	CALEN	auxiliar de FOURI.
21DA	DIVID	auxiliar de FOURI.
21E9	REVER	auxiliar de FOURI.
21F2	FOURI	faz a Transformada de Fourier
233A	SALVA	armazena dados em fita.
23BC	CARGA	recupera dados da fita.
2468	CALPO	calcula posição na T.A.R.
24FD	GERIM	gera imagem de alta resolução.
258B	LERAP	lê dados em alta velocidade.
25C6	LELEN	lê dados em baixa velocidade.
25E5	TABME	tabela de mensagens.
262B	CURSO	rotina do cursor de comando.
966E	FP	imprime a tela corrente em papel.
26A9	EXADO	imprime: "EXECUTADO".
26AF	EXCAN	imprime: "EXECUCAO CANCELADA".
26BB	IVARA	imprime uma variável em p.f.
26E1	MAIME	calcula máximo e mínimo da tabela.
26FB	FD	impressão dos dados de leitura.
276B	FF	cálculo da transformada de Fourier.
27A6	PLOT	imprime um ponto em média resolução.
27ED	AJBAB	ajusta bandeiras p/ execução.
27F1	AJBAA	ajusta bandeiras p/ não execução.
3000	INICI	inicialização do programa
3044	LITAR	limpeza da T.A.R.
304E	FB	saída do programa.
3053	CABEC	entrada dos dados de cabeçalho.
3072	IMENS	imprime uma mensagem.
308E	ENDAD	entrada de dados.
310E	REPOF	remove n° em p.f. da pilha.
311F	POPOF	coloca n° em p.f. na pilha.

Endereço.....	Nome.....	Função.....
312D.....	DEPOF.....	transforma decimal em p.f.
3135.....	APAG\$.....	prepara eliminação de um car. alfa.
3140.....	APAGN.....	prepara elim. de um car. numérico.
314B.....	APAGA.....	executa eliminação do caracter.
3160.....	PULIN.....	pula uma linha na tela normal.
3170.....	COPRI.....	laço de comando principal.
318C.....	TACOM.....	tabela de comandos p/ COPRI.
31DB.....	FG.....	executa a gravação de dados em fita.
31F9.....	FR.....	exec. a recuperação de dados da fita.
3212.....	FV.....	introdução da varredura.
333C.....	FC.....	reinicializa o programa.
3340.....	RAIZQ.....	calcula o módulo de dois números.
3350.....	TACOS.....	tabela de constantes.
3360.....	FL.....	executa leitura no CAD.
33AA.....	FT.....	desenha tela Y versus X.
33B6.....	FX.....	desenha tela X versus tempo.
33DC.....	FY.....	desenha tela Y versus tempo.
33EB.....	FS.....	des/abilita superposição de telas.
3414.....	FM.....	desenha espectro dos dados X.
341D.....	FN.....	desenha espectro dos dados Y.
3451.....	ESPEC.....	auxiliar de FM e FN
3497.....	COSEC.....	laço secundário de comando.
34DC.....	TACOS.....	tabela de comandos p/ COSEC.
34F1.....	CUESQ.....	movimento do cursor à esquerda.
351F.....	CUDIR.....	movimento do cursor à direita.
3545.....	MUPAG.....	muda a página do espectro.
357E.....	DARAI.....	calcula os dados do cursor corrente.
35E0.....	DACUR.....	imprime os dados do obtidos em DARAI.
35EC.....	MUDES.....	muda a escala na tela do espectro.
3600.....	ATAN.....	calcula arco tangente entre 0 e 2PI.
368F.....	ACANC.....	verifica compatibilidade dos dados.
36AA.....	FA.....	gera órbita filtrada.
3797.....	FQ.....	controla retícula na tela.
37A8.....	FL*.....	gera uma leitura simulada.
37BD.....	SROT1.....	auxiliar de FD*.
37CD.....	SROT2.....	auxiliar de FD*.
37DA.....	SROT3.....	auxiliar de FD*.
37E8.....	FD*.....	imprime dados de teste.

A.1.2 - Mapeamento das Variáveis.

Nome	End.	Ext.	Conteúdo
EBF	2F00	2	ENDEREÇO BASE DA MATRIZ FFT.
FV0	2F02	2	ENDEREÇO BASE DA MATRIZ DE DADOS.
FV2	2F04	1	ORDEM PROCESSAMENTO DA MATRIZ FFT.
FV3	2F05	1	DIFERENÇA: 8-(FV2).
FV4	2F06	1	DESLOCAMENTO: 256/2↑(FV2).
FV5	2F07	1	ELEM.EM PROCESSAMENTO NA MATRIZ FFT.
FV6	2F08	1	CONTADOR DE SALTO PARA FFT.
FV7	2F09	2	1º BAITE DO ELEMENTO EM FV5.
FV9	2F0B	2	1º B. DO ELEM. PAR EM PROCESS. FFT.
FC0	2F0D	2	1º BAITE DA MATRIZ FFT COMPACTADA.
GV0	2F10	2	1º BAITE APÓS UM BLOCO DE GRAVAÇÃO.
GV1	2F12	2	1º BAITE DO BLOCO DE GRAVAÇÃO.
IV1	2F14	2	1º BAITE DE UM CARACTER NA T.A.C.
IV2	2F16	1	CÓDIGO DO CARACTER EM FORMAÇÃO.
IV3	2F17	2	END. DA POS. DE IMPRESSÃO NA TELA.
IV4	2F19	1	CONTADOR DE COLUNAS (GERIM).
IV5	2F1A	2	1º BAITE DE UM CARACTER DA T.A.R.
LV1	2F1C	2	END. DE SALTO PARA LERAP.
LV2	2F1E	1	GRAU DE TEMPORIZAÇÃO FIXO P/ LELEN.
LV3	2F1F	1	GRAU DE TEMPORIZAÇÃO VARIÁVEL.
DAT	2F20	15	DATA DE UTILIZAÇÃO DO PROGRAMA.
OPE	2F30	16	NOME DO OPERADOR.
MAQ	2F40	16	NOME DA MÁQUINA SOB INSPEÇÃO.
MAN	2F50	16	NOME DO MANCAL SOB INSPEÇÃO.
VA	2F60	5	VARREDURA EM MILISEGUNDOS.
FQ	2F65	5	FREQ. DE UMA RAIA ESPECTRAL.
MX	2F6A	5	MAGNITUDE DE UMA RAIA X.
MY	2F6F	5	MAGNITUDE DE UMA RAIA Y.
VH	2F74	5	VIBRAÇÃO P.P. CANAL X.
VV	2F79	5	VIBRAÇÃO P.P. CANAL Y.
BG	2F7E	1	BANDEIRA DA FUNÇÃO G (FG).
BL	2F7F	1	BANDEIRA DA FUNÇÃO L (FL).
TI	2F80	5	INTERVALO ENTRE LEITURAS.
FI	2F85	5	INTERVALO DE FREQUÊNCIA NO ESPECTRO.
BR	2F8A	1	BANDEIRA DE SOBREPOSIÇÃO.
BD	2F8B	1	BANDEIRA DA FUNÇÃO DADOS (FD).
BF	2F8C	1	BANDEIRA DA FUNÇÃO FFT (FF).
BS	2F8D	1	BANDEIRA DAS FUNÇÕES M E N (FM e FN).
NI	2F8E	1	BANDEIRA DE BLOCO P/ ESPEC.
CO	2F8F	1	Nº DA COLUNA DO CURSOR NO ESPECTRO.
EC	2F90	2	END. DE IMPRESSÃO DO CURSOR.
SR	2F92	5	SUBROTINA VARIÁVEL DE PLOT.
BE	2F95	1	BANDEIRA DE ESCALA PARA ESPEC.
PH	2F96	5	FASE ENTRE X E Y APONTADAS P/ CURSOR.
DS	2F9B	1	FATOR DE DESLOCAMENTO PARA FA.
BA	2F9C	1	BANDEIRA DE EXECUÇÃO PARA FA.

A.1.3 - Mapeamento da Memória.

Início do bloco:	Tamanho do bloco:	Função:
0000	2000	Memória permanente (ROM), Programa Monitor Original.
2000	0800	Memória permanente (EPROM), 1º bloco do Programa ADM.
2800	0200	Memória volátil (RAM), Tabela Auxiliar de Caracteres.
2A00	0200	RAM - Área de armazenagem dos dados de leitura: Endereços pares: canal X. Endereços ímpares: canal Y.
2C00	0100	RAM - Área de armazenagem dos dados para geração das telas dos espectros - Funções M e N: End. pares: magnitudes X. End. ímpares: magnitudes Y.
2D00	01F9	RAM - Fila de memória de tela auxiliar com 15 x 32 carac. *nota*- não foi utilizada.
2EF9	0107	RAM - Área das variáveis do programa ADM.
3000	0800	EPROM - 2º bloco do programa.
3800	0800	Conversor Analógico-Digital: End. par: leitura no canal X. End. ímpar: leit. no canal Y.
4000	0079	RAM - Área das variáveis do monitor original TK 85.
4079	2588	RAM - Área de programação em linguagem BASIC TK 85.
6600	0A00	RAM - Área de armazenagem das matrizes complexas resultantes do processamento FFT.
7000	0F20	RAM - Tela auxiliar de alta resolução: 176x176 pontos.
7F20	00E0	RAM - Área não utilizada.

A.1.4 - Listagem ASSEMBLER do Programa ADM.

End.:	Nome:	Mnemônico:	Comentário:
2000...	LITEP....	LD BC,0318	:limpa a tela principal
2003		LD A,76	
2005		LD HL,(400C)	
2008		INC HL	
2009		JR S1	
200B...	LIARD....	XOR A	:limpa uma área qualquer :
200C	S1....	CP(HL)	na chamada,HL deve conter
200D		JR Z,S2	o endereço inicial do blo-
200F		LD (HL),00	co e BC o nº de bytes.
2011	S2....	INC HL	
2012		DEC BC	
2013		LD D,A	
2014		LD A,B	
2015		OR C	
2016		LD A,D	
2017		JR NZ,S1	
2019		RET	
201A...	MUTAB....	LD A, 28	:muda o controle de vídeo
201C		JR S1	para carac. auxiliares.
201E...	TABMU....	LD A,1E	:retorna o controle para
2020	S1....	LD I, A	caracteres normais.
2022		RET	
2023...	LITAX....	LD HL,2D00	:limpa, construindo,a tela
2026		LD (HL),76	auxiliar com 15 linhas
2028		INC HL	disponíveis para uso.
2029		LD C,0F	
202B	L1....	LD B,20	- o endereço inicial desta
202D	L2....	LD (HL),00	tela pode ser modificado
202F		INC HL	carregando HL com o end.
2030		DJNZ, L2	desejado e chamando a
2032		LD (HL),76	rotina em 2026.
2034		INC HL	
2035		DEC C	
2036		JR NZ, L1	
2038		LD B,09	
203A		LD (HL), 76	
203C		INC HL	
203D		DJNZ, L3	
203F		RET	

2040...	ESTOP....	LD HL, 6600	:estabelece o topo da RAM
2043		EX DE, HL	em 6600 .
2044		LD HL, (4004)	
2047		AND A	- pode ser chamada em 2043
2048		SBC HL, DE	para outro topo.
204A		LD B, H	
204B		LD C, L	- o funcionamento só é ga-
204C		LD HL, 0000	rantido para rebaixamen-
204F		ADD HL, SP	to do topo.
2050		PUSH HL	
2051		PUSH DE	
2052		LD DE, (401C)	
2056		AND A	
2057		SBC HL, DE	
2059		SBC HL, BC	
205B		POP HL	
205C		POP DE	
205D		RET Z	
205E		RET C	
205F		PUSH HL	
2060		LD HL, (4004)	
2063		PUSH HL	
2064		AND A	
2065		SBC HL, DE	
2067		LD B, H	
2068		LD C, L	
2069		LD HL, (4002)	
206C		SBC HL, DE	
206E		PUSH HL	
206F		POP IY	
2071		POP DE	
2072		DEC DE	
2073		POP HL	
2074		LD (4004), HL	
2077		DEC HL	
2078		EX DE, HL	
2079		LDDR	
207B		INC DE	
207C		EX DE, HL	
207D		LD SP, HL	
207E		PUSH IY	
2080		POP BC	
2081		LD IY, 4000	
2085		ADD HL, BC	
2086		LD (4002), HL	
2089		RET	
208A...	TABSE....	*****	:tabela de senos em formato
		*****	inteiro de 2 bytes para
		*****	utilização de TRIGO.

210C	...TRIGO.....	CP 41	:calcula senos e cossenos
210E		JR C, QD1	de angulos multiplos de
2110		CP 81	1/256 radianos.
2112		JR C, QD2	
2114		CP C1	
2116		JR C, QD3	
2118	QD4.....	LD D, A	: quarto quadrante
2119		PUSH AF	
211A		LD A, 00	
211C		SUB D	
211D		CALL PREP	
2120		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85.
2126		POP AF	
2127		SUB A, C0	
2129		CALL PREP	
212C		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
2131		RET	
2132	QD3.....	LD D, A	: terceiro quadrante.
2133		PUSH DE	
2134		SUB A, 80	
2136		CALL PREP	
2139		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
213F		POP DE	
2140		LD A, C0	
2142		SUB A, D	
2143		CALL PREP	
2146		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
214C		RET	
214D	QD2.....	LD D, A	: segundo quadrante
214E		PUSH DE	
214F		LD A, 80	
2151		SUB A, D	
2152		CALL PREP	
2155		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
215A		POP DE	
215B		LD A, D	
215C		SUB A, 40	
215E		CALL PREP	
2161		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
2167		RET	
2168	QD1.....	LD D, A	: primeiro quadrante
2169		PUSH DE	
216A		CALL PREP	
216D		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
2172		POP DE	
2173		LD A, 40	
2175		SUB A, D	
2176		CALL PREP	
2179		RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
217E		RET	

217F...PREP.....	SLA A	:prepara a pilha do cal-
2181	LD HL, 208A	culador TK-85 para TRIGO.
2184	LD B, 00	
2186	LD C, A	
2187	ADD HL, BC	
2188	LD C, (HL)	
2189	INC HL	
218A	LD B, (HL)	
218B	CALL STK:BC	
218E	LD BC; 2710	
2191	CALL STK:BC	
2194	RET	
2195...POFLU.....	OR 00	:converte um numero inteir-
2197	JR Z, S1	ro de 1 baite contido no
2199	LD (HL), 89	registrador A para forma-
219B	L1.....DEC (HL)	to ponto flutuante padrão
219C	RLA	TK 85 e armazena à partir
219D	JR NC, L1	do endereço fornecido no
219F	SRL A	registrador HL.
21A1	S1.....INC HL	
21A2	LD (HL), A	
21A3	LD A, L	
21A4	ADD A, 09	
21A6	LD L, A	
21A7	LD A, H	
21A8	ADC A, 00	
21AA	LD H, A	
21AB	RET	
21AC...ENFIX.....	LD BC, 000A	:coloca na pilha de cál-
21AF	LD DE, (401C)	culo os dez bairtes apon-
21B3	LDIR	tados por HL.
21B5	LD (401C), DE	
21B9	RET	
21BA...TIRAX.....	LD BC, 000A	:retira da pilha de cál-
21BD	DEC HL	culo dez bairtes e armaze-
21BE	EX DE, HL	na à partir de HL.
21BF	LD HL, (401C)	
21C2	DEC HL	
21C3	LDDR	
21C5	INC HL	
21C6	LD (401C), HL	
21C9	RET	
21CA...CALEN.....	LD HL, (EBF)	:calcula o endereço de um
21CD	LD D, 00	elemento na matriz FFT
21CF	SLA A	complexa à partir da sua
21D1	RL D	ordem (reg.A).
21D3	LD E, A	
21D4	LD B, 05	
21D6	L1.....ADD HL, DE	
21D7	DJNZ L1	
21D9	RET	

21DA...	DIVID.....	LD A, (FV3)	:determina a ordem do elemento da matriz FFT complexa que irá ser processado.
21DD		LD B, A	
21DE		CP 00	
21E0		LD A, (FV5)	
21E3		JR Z, REVER	
21E5	L1.....	SRL A	
21E7		DJNZ, L1	
21E9...	REVER.....	LD B,08	:faz a reversão binária do numero contido no reg. A.
21EB		LD C,A	
21EC		SLA C	
21EE		RRA	
21EF		DJNZ, L2	
21F1		RET	
21F2...	FOURI.....	LD HL, (EBF)	:efetua FFT da matriz de dados.
21F5		PUSH HL	
21F6		LD BC, 0A00	
21F9		CALL LIARD	
21FC		LD HL, (FV0)	
21FF		POP DE	
2200		EX DE, HL	
2201		LD B, 01	
2203	L1.....	LD A, (DE)	
2204		CALL POFLU	
2207		INC DE	
2208		INC DE	
2209		DEC BC	
220A		LD A, B	
220B		OR C	
220C		JR NZ, L1	
220E		LD HL, FV2	
2211		LD (HL), 01	
2213		INC HL	
2214		LD (HL), 07	
2216		INC HL	
2217		LD (HL), 80	
2219		INC HL	
221A		LD (HL), 00	
221C		LD A, (FV2)	
221F		CP 09	
2221		JP NC, 22A8	
2224		INC HL	
2225		LD (HL),01	
2227		CALL DIVID	
222A		DEC HL	
222B		PUSH HL	
222C		CALL TRIGO	
222F		POP HL	
2230		LD A, (HL)	
2231		PUSH AF	
2232		PUSH HL	
2233		CALL CALEN	

2236	LD (FV7), HL	:continuação de FOURI.
2239	POP HL	
223A	DEC HL	
223B	POP AF	
223C	ADD A, (HL)	
223D	CALL CALEN	
2240	LD (FV9), HL	
2243	LD HL, (FV7)	
2246	CALL ENFIX	
2249	LD (FV7), HL	
224C	PUSH HL	
224D	LD HL, (FV9)	
2250	CALL ENFIX	
2253	LD (FV9), HL	
2256	PUSH HL	
2257	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
2282	POP HL	
2283	CALL TIRAX	
2286	POP HL	
2287	CALL TIRAX	
228A	LD HL, FV4	
228D	LD A, (HL)	
228E	INC HL	
228F	INC (HL)	
2290	INC HL	
2291	CP (HL)	
2292	JR Z, 2297	
2294	INC (HL)	
2295	JR 2243	
2297	DEC HL	
2298	ADD A, (HL)	
2299	LD (HL), A	
229A	JR NC, 2224	
229C	LD HL, FV2	
229F	INC (HL)	
22A0	INC HL	
22A1	DEC (HL)	
22A2	INC HL	
22A3	SRL (HL)	
22A5	JP 2219	
22A8	PUSH HL	
22A9	LD HL, (EBF)	
22AC	LD (FV7), HL	
22AF	POP HL	
22B0	LD A, (HL)	
22B1	LD D, A	
22B2	CALL REVER	
22B5	CP D	
22B6	PUSH HL	
22B7	JP P, 22CE	
22BA	CALL CALEN	
22BD	EX DE, HL	
22BE	LD HL, (FV7)	

22C1	LD B, 0A	:continuação de FOURI.
22C3	LD C, (HL)	
22C4	LD A, (DE)	
22C5	LD (HL), A	
22C6	LD A, C	
22C7	LD (DE), A	
22C8	INC DE	
22C9	INC HL	
22CA	DJNZ, 22C3	
22CC	JR 22D5	
22CE	LD HL, (FV7)	
22D1	LD BC, 000A	
22D4	ADD HL, BC	
22D5	LD (FV7), HL	
22D8	POP HL	
22D9	INC (HL)	
22DA	JR Z, 22DE	
22DC	JR 22B0	
22DE	LD B, 80	
22E0	LD HL, (EBF)	
22E3	LD DE, (FC)	
22E7	L2.....PUSH BC	
22E8	PUSH DE	
22E9	CALL ENFIX	
22EC	PUSH HL	
22ED	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
22F5	CALL 13F8	
22F8	CP 00	
22FA	JR Z, S1	
22FC	SUB A, 0E	
22FE	CP 81	
2300	JR C, S1	
2302	JR Z, S2	
2304	CP 91	
2306	JR NC, S3	
2308	SUB A, 81	
230A	SET 7, E	
230C	LD H, E	
230D	LD L, D	
230E	INC A	
230F	CP 10	
2311	JR NC, 2319	
2313	SRL H	
2315	RR L	
2317	JR 230E	
2319	LD B, FF	
231B	LD DE, FFFF	
231E	INC B	
231F	ADD HL, DE	
2320	DEC DE	
2321	DEC DE	
2322	JR C, 231E	
2324	LD A, B	

2325	JR 2331	:continuação de FOURI.
2327	S1.....LD A, 00	
2329	JR 2331	
232B	S2.....LD A, 01	
232D	JR 2331	
232F	S3.....LD A, FF	
2331	POP HL	
2332	POP DE	
2333	POP BC	
2334	LD (DE), A	
2335	INC DE	
2336	INC DE	
2337	DJNZ L2	
2339	RET	
233A...	SALVA.....CALL 02E7	:armazena em fita o bloco
233D	LD HL, 0000	de memória especificado
2340	INC HL	pelas variáveis:
2341	LD D, 00	GV1 e GV0
2343	CALL 2384	
2346	LD A, H	
2347	CP 02	
2349	JR Z, 2340	
234B	LD D, FF	
234D	CALL 239D	
2350	LD D, 43	
2352	CALL 2384	
2355	LD HL, (GV0)	
2358	LD D, L	
2359	CALL 2384	
235C	LD D, H	
235D	CALL 2384	
2360	LD HL, (GV1)	
2363	LD E, 00	
2365	LD A, (HL)	
2366	LD D, A	
2367	ADD A, E	
2368	LD E, A	
2369	CALL 2384	
236C	INC HL	
266D	PUSH DE	
236E	EX DE, HL	
236F	LD HL, (GV0)	
2372	SCF	
2373	SBC HL, DE	
2375	EX DE, HL	
2376	POP DE	
2377	JR NC, 2365	
2379	LD D, E	
237A	CALL 2384	
237D	LD D, E	
237E	CALL 2384	
2381	JP 23BB	

2384	CALL 239D
2387	CALL 239D
238A	CALL 239D
238D	CALL 239D
2390	CALL 239D
2393	CALL 239D
2396	CALL 239D
2399	CALL 239D
239C	RET
239D	AND A
239E	RL D
23A0	SBC A
23A1	AND 26
23A3	ADD 11
23A5	LD B, A
23A6	LD A, 7F
23A8	IN A, (FE)
23AA	RRA
23AB	PUSH HL
23AC	POP HL
23AD	JR NC, 23B9
23AF	DJNZ, 23AF
23B1	LD B, 11
23B3	OUT (FF), A
23B5	DJNZ 23B5
23B7	RET
23B8	POP HL
23B9	POP HL
23BA	POP HL
23BB	RET
23BC...CARGA.....	CALL 242F
23BF	CALL 245E
23C2	CALL 245E
23C5	LD B, 00
23C7	LD E, 00
23C9	LD HL, (GV1)
23CC	CALL 245E
23CF	LD A, D
23D0	CPL
23D1	LD (HL), A
23D2	ADD A, E
23D3	LD E, A
23D4	INC HL
23D5	PUSH DE
23D6	EX DE, HL
23D7	LD HL, (GV0)
23DA	SCF
23DB	SBC HL, DE
23DD	EX DE, HL
23DE	POP DE
23DF	JR NC, 23CC
23E1	CALL 245E
23E4	CALL 245E

:continuação de SALVA.

:carrega da fita um bloco de dados e armazena na área determinada pelas variáveis:
GV0 e GV1

23E7 LD A, D :continuação de CARGA.
23E8 CPL
23E9 CP E
23EA JP NZ, 2466
23ED JP 2467
23F0 LD D, 00
23F2 CALL 240B
23F5 CALL 240B
23F8 CALL 240B
23FB CALL 240B
23FE CALL 240B
2401 CALL 240B
2404 CALL 240B
2407 CALL 240B
240A RET
240B LD A, 7F
240D IN A, (FE)
240F RRA
2410 JP NC, 23B8
2413 RLA
2414 RLA
2415 JR C, 240B
2417 LD C, 00
2419 INC C
241A LD A, 7F
241C IN A, (FE)
241E RRA
241F JP NC, 23B8
2422 RLA
2423 RLA
2424 JP NC, 2419
2427 OUT (FF), A
2429 LD A, C
242A SUB 0A
242C RL D
242E RET
242F CALL 02E7
2432 LD E, 00
2434 INC E
2435 OUT (FF), A
2437 LD A, E
2438 CP 1E
243A JR NC, 2448
243C LD D, 00
243E CALL 2462
2441 LD A, D
2442 CP 01
2444 JR NZ, 2432
2446 JR 2434
2448 OUT (FF), A
244A LD D, 00
244C CALL 2462
244F LD A, D
2450 CP 01
2452 JR Z, 2448

2454	CALL 23F0	:continuação de CARGA.
2457	LD A, D	
2458	CPL	
2459	CP 43	
245B	JR NZ, 2432	
245D	RET	
245E	CALL 23F0	
2461	RET	
2462	CALL .240B	
2465	RET	
2466	POP DE	
2467	RET	
2468...CALPO.....	LD A, AF	:calcula a posição do pon-
246A	CP B	to de coordenadas BC na
246B	JR NC, S2	T.A.R. Antes do cálculo,
246D	LD B, AF	verifica validade do par.
246F	S2.....CP C	
2470	JR NC, S3	
2472	LD C, AF	
2474	S3.....LD HL, 7007	
2477	PUSH BC	
2478	SRL B	
247A	SRL B	
247C	SRL B	
247E	LD A, B	
247F	SRL C	
2481	SRL C	
2483	SRL C	
2485	ADD A, C	
2486	SLA A	
2489	SLA A	
248A	SLA A	
248C	LD B, 00	
248E	RL B	
2490	LD C, A	
2491	ADD HL, BC	
2492	POP BC	
2493	PUSH BC	
2494	LD C, B	
2495	LD B, 00	
2497	ADD A, 00	
2499	SBC HL, BC	
249B	LD A, AF	
249D	SUB C	
249E	SRL A	
24A0	SRL A	
24A2	SRL A	
24A4	LD B, H	
24A5	LD C, L	
24A6	LD D, 07	
24A8	CALL 24B7	
24AB	LD D, 05	
24AD	CALL 24B7	

24B0 LD D, 04 :continuação de CALPO.
24B2 CALL 24B7
24B5 JR 24C5
24B7 LD H, 00
24B9 LD L, A
24BA SLA L
24BC RL H
24BE DEC D
24BF JR NZ, 24BA
24C1 ADD HL, BC
24C2 LD B, H
24C3 LD C, L
24C4 RET
24C5 POP BC
24C6 LD A, C
24C7 SRL A
24C9 SRL A
24CB SRL A
24CD SLA A
24CF SLA A
24D1 SLA A
24D3 ADD A, 07
24D5 SUB A, C
24D6 LD C, A
24D7 LD IY, 24E5
24DB LD B, 00
24DD SLA C
24DF ADD A, C
24E0 LD C, A
24E1 ADD IY, BC
24E3 JP (IY)
24E5 SET 0, (HL)
24E7 RET
24E8 SET 1, (HL)
24EA RET
24EB SET 2, (HL)
24ED RET
24EE SET 3, (HL)
24F0 RET
24F1 SET 4, (HL)
24F3 RET
24F4 SET 5, (HL)
24F6 RET
24F7 SET 6, (HL)
24F9 RET
24FA SET 7, (HL)
24FC RET

```

24FD...GERIM....LD HL, 2810      :gera imagem de alta re-
2500                LD (IV1), HL  lução: 175x175 pontos.
2503                LD A, 02
2505                LD (IV2), A
2508                LD HL, (400C)
250B                LD BC, 0006
250E                ADD HL, BC
250F                LD (IV3), HL
2512                LD A, 16
2514                LD (IV4), A
2517                LD HL, 7000
251A                LD (IV5), HL
251D                LD HL, 01E4
2520                PUSH HL
2521                S1....XOR A
2522                LD B, 08
2524                LD HL, (IV5)
2527                ADD (HL)
2528                JR NZ, 252F
252A                INC HL
252B                DJNZ 2527
252D                JR S2
252F                LD A, (IV2)
2532                CP 40
2534                JR Z, S2
2536                LD BC, 0008
2539                LD HL, (IV5)
253C                LD DE, (IV1)
2540                LDIR
2542                LD (IV1), DE
2546                LD (IV5), HL
2549                LD HL, (IV3)
254C                LD (HL), A
254D                INC A
254E                LD (IV2), A
2551                JR S4
2553                S2....LD HL, (IV3)
2556                LD (HL), 01
2558                LD HL, (IV5)
255B                LD BC, 0008
255E                ADD HL, BC
255F                LD (IV5), HL
2562                S4....POP BC
2563                DEC BC
2564                LD A, B
2565                OR C
2566                RET Z
2567                PUSH HL
2568                LD A, (IV4)
256B                DEC A
256C                JR Z, S5
256E                LD (IV4), A
2571                LD HL, (IV3)

```

2574		INC HL	:continuação de GERIM
2575		LD (IV3), HL	
2578		JR S1	
257A	S5....	LD A, 16	
257C		LD (IV4), A	
257F		LD HL, (IV3)	
2582		LD BC, 000C	
2585		ADD HL, BC	
2586		LD (IV3), HL	
2589		JR S1	
258B...	LERAP....	LD BC, 0200	: faz a leitura dos dados
258E		LD IY, (LV1)	em alta velocidade.
2592		LD HL, 3800	
2595		LD DE, 2A00	
2598	L1....	LDI	
259A		LDI	
259C		RET PO	
259D		JP (IY)	
259F		NOP	:bloco de temporização
::	::	::	::
::	::	::	::
25C3		NOP	fim do bloco
25C4		JR L1	
25C6...	LELEN....	LD BC, 0200	: faz a leitura dos dados
25C9		LD DE, 2A00	em baixa velocidade.
25CC		LD HL, 3800	
25CF		NOP	
25D0	L1....	LDI	
25D2		LDI	
25D4		RET PO	
25D5		PUSH BC	
25D6		LD A, (LV2)	
25D9		LD B, A	
25DA	T1....	DJNZ T1	
25DC		LD A, (LV3)	
25DF		LD B, A	
25E0	T2....	DJNZ T2	
25E2		POP BC	
25E3		JR L1	
25E5...	TABME....	DEFM	:tabela de mensagens do- cabeçalho.
262B...	CURSO....	CALL SLOW	: posiciona cursor para es- pera de instrução.
262E	L0....	CALL KDET	
2631		INC L	
2632		JR NZ, L0	
2634	L1....	LD HL, (400E)	
2637		LD (HL), 00	
2639		CALL KDET	
263C		INC L	

263D	JR NZ, S1	: continuação de CURSO
263F	LD B, 30	
2641	LD HL, (400E)	
2644	LD (HL), 80	
2646	L2....DJNZ L2	
2648	JR L1	
264A	S1....PUSH HL	
264B	XOR A	
264C	CALL FAST	
264F	POP BC	
2650	DEC BC	
2651	CALL ACAR	
2654	LD A, (HL)	
2655	RET	
2656.....	DEFM	:definição de mensagem: "SUPERPOSIÇÃO"
2663.....	DEFM	:definição de mensagem: "DES/ATIVADA"
266E...FP.....	LD A, C	:imprime a tela corrente.
266F	AND A	em papel.
2670	JR NZ, 267B	
2672	CALL MUTAB	
2675	CALL COPY	
2678	JP 3399	
267B	CALL COPY	
267E	RET	
267F.....	XXXXXXXXXX	:área não utilizada.
268C.....	DEFM	:definição de mensagem: "EXECUTADO"
2696.....	DEFM	:definição de mensagem: "EXECUCAO CANCELADA"
26A9...EXADO....	LD HL, 268C	:imprime "EXECUTADO"
26AC	PUSH HL	
26AD	JR 26B3	
26AF...EXCAN....	LD HL, 2696	:imp. "EXECUCAO CANCELADA"
26B2	PUSH HL	
26B3	CALL CLS	
26B6	POP HL	
26B7	CALL IMENS	
26BA	RET	

26BB...	IVARA....	CP 0D	:imprime uma variável arma-
26BD		JR Z, 26C4	zenada a partir do endere-
26BF		CP 0C	ço apontado por HL.
26C1		JR Z, 26D3	
26C3		RST 00	
26C4		LD A, (HL)	
26C5		CP 0D	
26C7		JR Z, 26CD	
26C9		INC HL	
26CA		RST 10	
26CB		JR 26C4	
26CD		XOR A	
26CE		RST 10	
26CF		LD A, 17	
26D1		RST 10	
26D2		RET	
26D3		CALL POPOF	
26D6		CALL IMPOF	
26D9		LD HL, (401A)	
26DC		LD (401C), HL	
26DF		JR 26CD	
26E1...	MAIME....	LD BC, FF02	:calcula a diferença entre
26E4		LD D, (HL)	o maior e o menor valor
26E5		LD E, (HL)	numérico de uma tabela
26E6		PUSH BC	apontada por HL, com B
26E7		LD B, 00	elementos espaçados de C
26E9		ADD HL, BC	baites.
26EA		LD A, (HL)	
26EB		CP D	
26EC		JR C, 26F1	
26EE		LD D, A	
26EF		JR 26F5	
26F1		CP E	
26F2		JR NC, 26F5	
26F4		LD E, A	
26F5		POP BC	
26F6		DJNZ, 26E6	
26F8		LD A, D	
26F9		SUB E	
26FA		RET	
26FB...	FD.....	CALL CLS	:função de calculo e im-
26FE		LD B, 05	pressão dos dados de lei-
2700		LD HL, 25E5	tura.
2703		PUSH BC	
2704		CALL IMENS	
2707		INC DE	
2708		PUSH DE	
2709		CALL IVARA	
270C		CALL PULIN	
270F		CALL PULIN	
2712		POP HL	

2713	POP BC	
2714	DJNZ, 2703	:continuação de FD.
2716	LD A, (BG)	
2719	AND A	
271A	JP Z, EXCAN	
271D	LD A, (BD)	
2720	AND A	
2721	JR Z, 2752	
2723	LD HL, 2A00	
2726	CALL MAIME	
2729	CALL STK:A	
272C	LD HL, 2A01	
272F	CALL MAIME	
2732	CALL STK:A	
2735	LD HL, 3350	
2738	CALL POPOF	
273B	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85.
2742	LD HL, 2F74	
2745	CALL REPOF	
2748	LD HL, 2F79	
274B	CALL REPOF	
274E	XOR A	
274F	LD (BD), A	
2752	LD B, 02	
2754	LD HL, 261D	
2757	PUSH BC	
2758	CALL IMENS	
275B	INC DE	
275C	PUSH DE	
275D	CALL IVARA	
2760	CALL PULIN	
2763	CALL PULIN	
2766	POP HL	
2767	POP BC	
2768	DJNZ 2757	
276A	RET	
276B...FF.....	LD A, (BG)	:função de cálculo da
276E	AND A	Transformada de Fourier
276F	JP Z, EXCAN	Discreta das matrizes de
2772	LD A, (BF)	dados (X e Y).
2775	AND A	
2776	JR Z, 27A3	
2778	LD HL, 6600	
277B	LD (EBF), HL	
277E	LD H, 2A	
2780	LD (FV0), HL	
2783	LD H, 2C	
2785	LD (FC0), HL	
2788	CALL FOURI	
278B	LD HL, 6B00	
278E	LD (EBF), HL	
2791	LD HL, 2A01	


```

2794      LD (FV0), HL      : continuação de FF.
2797      LD H, 2C
2799      LD (FC0), HL
279C      CALL FOURI
279F      XOR A
27A0      LD (BF), A
27A3      JP EXADG

```

```

27A6...PLOT.....PUSH BC      :marca um ponto em resolu-
27A7      PUSH AF           ção gráfica padrão TK 85
27A8      LD A, 87          coordenadas (C,B) da tela.
27AA      BIT 0, B          Se A=40h marca preto.
27AC      JR NZ, 27B0       Se A=00h marca branco.
27AE      ADD A, 10
27B0      BIT 0, C
27B2      JR Z,27B6
27B4      ADD A, 08
27B6      LD D, A
27B7      POP AF
27B8      PUSH AF
27B9      ADD A, D
27BA      LD (2F93), A
27BD      SRL B
27BF      SRL C
27C1      LD HL, (400C)
27C4      INC HL
27C5      LD D, 00
27C7      LD E, C
27C8      ADD HL, DE
27C9      LD A, 15
27CB      SUB A, B
27CC      LD B, A
27CD      JR Z, 27D5
27CF      LD DE, 0021
27D2      ADD HL, DE
27D3      DJNZ, 27D2
27D5      LD A, (HL)
27D6      CP 08
27D8      JR C, 27DB
27DA      CPL
27DB      CALL 2F92
27DE      BIT 3, A
27E0      JR Z, 27E7
27E2      CPL
27E3      AND 8F
27E5      JR 27E9
27E7      AND 0F
27E9      LD (HL), A
27EA      POP AF
27EB      POP BC
27EC      RET

```

27ED...AJBAB....	XOR A	:ajusta bandeiras para
27EE	INC A	autorizar execução.
27EF	JR 27F2	
27F1...AJBAA....	XOR A	:ajusta bandeiras para
27F2	LD (BG), A	desautorizar execução.
27F5	INC A	
27F6	LD (BD), A	
27F9	LD (BF), A	
27FC	RET	
27FD.....	DEFM	:definição de mensagem:
		"OK".
3000...INICI....	XOR A	: Estabelece as condições
3001	CALL FAST	iniciais de operação do
3004	LD HL, (4004)	programa analisador.
3007	LD A, H	
3008	CP 66	
300A	JR NZ, 3011	
300C	LD A, L	
300D	CP 00	
300F	JR Z, 3014	
3011	CALL ESTOP	
3014	LD HL, 2800	
3017	LD B, 0F	
3019	LD (HL), 00	
301B	INC HL	
301C	DJNZ, 3019	
301E	LD (HL), 80	
3020	LD HL, 8000	
3023	LD (2F10), HL	
3026	LD H, 66	
3028	LD (2F12), HL	
302B	CALL AJBAA	
302E	LD HL, 2F92	
3031	LD (HL), CB	
3033	INC HL	
3034	INC HL	
3035	LD (HL), C9	
3037	INC HL	
3038	LD (HL), 00	
303A	4 x NOP	
303E	4 x NOP	
3042	JR CABEC	
3044...LITAR....	LD HL, 7000	: limpa a tela de
3047	LD BC, 0F20	alta resolução.
304A	CALL LIARD	
304D	RET	

304E...	FB.....	CALL CLS	: função retorno ao BASIC.
3051		POP HL	
3052		RET	
3053...	CABEC....	CALL CLS	: rotina de introdução dos
3056		LD B, 04	dados de cabeçalho.
3058		LD HL, 25E5	
305B		PUSH BC	
305C		CALL IMENS	
305F		INC DE	
3060		PUSH DE	
3061		CALL ENDAD	
3064		POP HL	
3065		POP BC	
3066		DJNZ 305B	
3068		LD HL, 3170	
306B		PUSH HL	
306C		JP 321C	
306F		NOP	
3072...	IMENS....	LD A, (HL)	
3073		CP 0C	
3075		JR Z, 307F	
3077		CP 0D	
3079		JR Z, 307F	
307B		RST 10	
307C		INC HL	
307D		JR IMENS	
307F		PUSH AF	
3080		XOR A	
3081		RST 10	
3082		LD A, 0E	
3084		RST 10	
3085		XOR A	
3086		RST 10	
3087		POP AF	
3088		INC HL	
3089		LD E, (HL)	
308A		INC HL	
308B		LD D, (HL)	
308C		EX DE, HL	
308D		RET	
308E...	ENDAD....	CP 0C	: rotina de entrada de da-
3090		JR Z, DANUM	dos pelo teclado.
3092		CP 0D	
3094		JR Z, DALFA	
3096		RST 00	

3097	...DALFA....	PUSH HL	: aceita um caracter alfa-
3098		LD HL, (400E)	bético como entrada.
309B		PUSH HL	
309C		LD B, 0F	
309E		PUSH BC	
309F		CALL CURSO	
30A2		CP 77	
39A4		CALL Z, APAG\$	
39A7		CP 00	
30A9		JR Z, 30B7	
30AB		CP 76	
30AD		JR Z, 30BD	
30AF		CP 10	
30B1		JR C, 309F	
30B3		CP 40	
30B5		JR NC, 309F	
30B7		RST 10	
30B8		POP BC	
30B9		DJNZ 309E	
30BB		JR 30BE	
30BD		POP BC	
30BE		XOR A	
30BF		RST 10	
30C0		LD A, 0D	
30C2		RST 10	
30C3		POP HL	
30C4		POP DE	
30C5		LD A, (HL)	
30C6		CP 0D	
30C8		JR Z, 30CF	
30CA		LD (DE), A	
30CB		INC DE	
30CC		INC HL	
30CD		JR 30C5	
30CF		DEC DE	
30D0		LD (DE), A	
30D1		JP 3107	
30D4		NOP	

30D6	...DANUM....	PUSH HL	: aceita um caracter numé-
30D7		LD HL, (400E)	rico como entrada.
30DA		DEC HL	
30DB		PUSH HL	
30DC		LD B, 09	
30DE		PUSH BC	
30DF		CALL CURSO	
30E2		CP 77	
30E4		CALL Z, APAGN	
30E7		CP 76	
30E9		JR Z, 30F9	
30EB		CP 1B	
30ED		JR C, 30DF	
30EF		CP 26	

30F1	JR NC, 30DF	: continuação de DANUM
30F3	RST 10	
30F4	POP BC	
30F5	DJNZ 30DE	
30F7	JR 30FA	
30F9	POP BC	
30FA	XOR A	
30FB	RST 10	
30FC	LD A, 0C	
30FE	RST 10	
30FF	POP HL	
3100	CALL DEPOF	
3103	POP HL	
3104	CALL REPOF	
3107	CALL PULIN	
310A	CALL PULIN	
310D	RET	
310E...REPOF....	LD BC, 0005	: remove um número em formato ponto flutuante da pilha de cálculo e o armazena nas cinco posições apontadas por HL.
3111	ADD HL, BC	
3112	DEC HL	
3113	EX DE, HL	
3114	LD HL, (401C)	
3117	DEC HL	
3118	LDDR	
311A	INC HL	
311B	LD (401C), HL	
311E	RET	
311F...POPOF....	LD DE, (401C)	: coloca na pilha de cálculo o conteúdo das 5 posições apontadas por HL
3123	LD BC, 0005	
3126	LDIR	
3128	LD (401C), DE	
312C	RET	
312D...DEPOF....	LD (4016), HL	: transforma o número decimal apontado pelo cursor da tela em formato P.F.
3130	RST 20	
3131	CALL DEC_PF	
3134	RET	
3135...APAGS....	LD B, A	: remove o último caracter alfabético de entrada.
3136	POP DE	
3137	POP AF	
3138	PUSH AF	
3139	PUSH DE	
313A	CP OF	
313C	JR NZ, APAGA	
313E	LD A, B	
313F	RET	

3140...	APAGN....	LD B, A	: remove o último caracter
3141		POP DE	numérico de entrada.
3142		POP AF	
3143		PUSH AF	
3144		PUSH DE	
3145		CP 09	
3147		JR NZ, APAGA	
3149		LD A, B	
314A		RET	
314B...	APAGA....	POP DE	: apaga o caracter da últi-
314C		POP BC	ma entrada.
314D		INC B	
314E		PUSH BC	
314F		PUSH DE	
3150		LD B, A	
3151		LD HL, (400E)	
3154		DEC HL	
3155		LD A, (HL)	
3156		CP 76	
3158		JR NZ, 315B	
315A		DEC HL	
315B		LD (400E), HL	
315E		LD A, B	
315F		RET	
3160...	PULIN....	LD HL, (400E)	: posiciona o cursor no
3163		LD A, (HL)	inicio da próxima linha,
3164		CP 76	limpando as posições não
3166		JR Z, 316D	padas da linha corrente.
3168		LD (HL), 00	
316A		INC HL	
316B		JR 3163	
316D		INC HL	
316E		JR 315B	
3170...	COPRI....	CALL CURSO	: LAÇO PRINCIPAL DE INTER-
3173		LD HL, 318C	PRETAÇÃO de COMANDOS.
3176		CP (HL)	
3177		JR Z, 3182	
3179		LD B, (HL)	
317A		INC B	
317B		JR Z, 31C6	
317D		INC HL	
317E		INC HL	
317F		INC HL	
3180		JR 3176	
3182		INC HL	
3183		LD E, (HL)	
3184		INC HL	
3185		LD D, (HL)	
3186		LD HL, 3170	
3189		PUSH HL	
318A		PUSH DE	
318B		RET	

318C...TACOM....DEFB	:tabela de endereços de acesso às rotinas geren- ciadoras de execução dos comandos do laço principal
31C6...ERRO.....CALL CLS	:imprime mensagem de erro:
31C9 LD HL, 31D1	">> ERRO <"
31CC CALL IMENS	
31CF JR 3170	
31D1.....DEFM	:definição de mensagem:
	">> ERRO <"
31DB...FG.....LD A, (BG)	: função de gravação
31DE AND A	
31DF JR Z, 31F5	
31E1 LD HL, 2A00	
31E4 LD DE, 7500	
31E7 LD BC, 0600	
31EA LDIR	
31EC CALL SALVA	
31EF JP NC, EXCAN	
31F2 JP EXADO	
31F5 JP EXCAN	
31F8 NOP	
31F9...FR.....CALL CARGA	: função de recuperação.
31FC JP NZ, EXCAN	do em fita.
31FF LD HL, 7500	
3202 LD DE, 2A00	
3205 LD BC, 0600	
3208 LDIR	
320A JP EXADO	
320D.....DEFM	:definição de mensagem:
	"RAIA"
3212...FV.....CALL CLS	: rotina de estabelecimento
3215 CALL AJBAA	do valor da varredura.
3218 LD HL, 340A	
321B PUSH HL	
321C LD HL, 2601	
321F CALL IMENS	
3222 CALL ENDAD	
3225 LD HL, 2F60	
3228 CALL POPOF	
322B LD A, 10	
322D CALL STK:A	
3230 RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
3236 CALL USTK:BC	
3239 LD A, C	
323A AND A	
323B JR NZ, 329E	

323D	LD HL, 2F7F	:continuação de FV.
3240	XOR A	
3241	LD (HL), A	
3242	LD A, 2D	
3244	CALL STK:A	
3247	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
324F	CALL USTK:BC	
3252	LD A, C	
3253	AND A	
3254	JR NZ, 325B	
3256	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
325B	LD A, 39	
325D	CALL STK:A	
3260	LD A, 04	
3262	CALL STK:A	
3265	LD A, FF	
3267	CALL STK:A	
326A	LD HL, 335A	
326D	CALL POPOF	
3270	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
328A	NOP	
328B	LD BC, 25C4	
328E	CALL STK:BC	
3291	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
3295	CALL USTK:BC	
3298	LD (2F1C), BC	
329C	JR 3311	
329E	LD HL, 2F7F	
32A1	LD (HL), 01	
32A3	LD BC, 0208	
32A6	CALL STK:BC	
32A9	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
32AF	CALL USTK:BC	
32B2	LD A, C	
32B3	AND A	
32B4	JR Z, 32BB	
32B6	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
32BB	LD A, FF	
32BD	CALL STK:A	
32C0	LD HL, 335A	
32C3	CALL POPOF	
32C6	LD A, 0D	
32C8	CALL STK:A	
32CB	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
32D9	LD BC, 010E	
32DC	CALL STK:BC	
32DF	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
32E4	CALL USTK:BC	
32E7	LD A, C	
32E8	AND A	
32E9	JR Z, 3313	
32EB	LD HL, 2F1E	
32EE	LD (HL), FF	

32F0	LD BC, 0D51	:continuação de FV.
32F3	CALL STK:BC	
32F6	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
3300	CALL USTK:BC	
3303	LD HL, 2F1F	
3306	LD (HL), C	
3307	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
3311	JR 331F	
3313	LD HL, 2F1E	
3316	LD (HL), 07	
3318	LD A, B9	
331A	CALL STK:A	
331D	JR 32F6	
331F	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
3329	LD HL, 2F85	
332C	CALL REPOF	
332F	LD HL, 2F60	
3332	CALL REPOF	
3335	LD HL, 2F80	
3338	CALL REPOF	
333B	RET	
333C...FC.....	POP HL	: reinicia o programa.
333D	JP 300C	
3340...RAIZQ....	CALL CALEN*	: calcula o módulo de um
3343	CALL ENFIX	número complexo.
3346	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
334F	RET	
3350...TACOS....	DEFC	: definição de constantes:
		K = 0,57142858
		K1 = K/256.
		C = 3249,95.
3360... FL.....	LD A, (BL)	: faz a leitura dos sinais
3363	AND A	no CAD, armazena os dados
3364	JR Z, 336B	e gera a órbita no vídeo.
3366	CALL LELEN	
3369	JR 336E	
336B	CALL LERAP	
336E	CALL AJBAB	
3371	LD A, (BR)	
3374	AND A	
3375	JR Z, 337A	
3377	CALL LITAR	
337A	LD B, 00	
337C	LD HL, 2A00	
337F	PUSH BC	
3380	LD C, (HL)	
3381	INC HL	
3382	LD B, (HL)	
3383	INC HL	

3384	INC HL	: continuação de FL
3385	CALL CALPO	
3388	POP HL	
3389	POP BC	
338A	DJNZ, 337F	
338C	LD IY, 4000	
3390	CALL CLS	
3393	CALL GERIM	
3396	CALL MUTAB	
3399	CALL CURSO	
339C	PUSH AF	
339D	CALL TABMU	
33A0	POP AF	
33A1	POP HL	
33A2	INC HL	
33A3	INC HL	
33A4	INC HL	
33A5	PUSH HL	
33A6	LD C, 00	
33A8	RET	
33A9	NOP	
33AA...FT.....	LD A, (BR)	: constrói tela X.Y
33AD	AND A	
33AE	JR Z, 337A	
33B0	JR 3377	
33B2.....	DEFM	: definição de mensagem: "RAIA"
33B6...FX.....	LD A, (BR)	:constrói tela X.t
33B9	AND A	
33BA	JR Z, 33BF	
33BC	CALL LITAR	
33BF	LD HL, 2A00	
33C2	LD B, AF	
33C4	XOR A	
33C5	PUSH BC	
33C6	LD C, A	
33C7	INC A	
33C8	LD B, (HL)	
33C9	INC HL	
33CA	INC HL	
33CB	PUSH HL	
33CC	PUSH AF	
33CD	CALL CALPO	
33D0	POP AF	
33D1	POP HL	
33D2	POP BC	
33D3	DJNZ, 33C5	
33D5	LD IY, 4000	
33D9	JP 3390	

33DC...FY.....	LD A, (BR)	: constrói tela Y.t
33DF	AND A	
33E0	JR Z, 33E5	
33E2	CALL LITAR	
33E5	LD HL, 2A01	
33E8	JP 33C2	
33EB...FS.....	CALL CLS	: ativa e desativa sobrepo-
33EE	LD HL, 2656	sição de telas de alta
33F1	CALL IMENS	resolução.
33F4	EX DE, HL	
33F5	DEC HL	
33F6	LD A, (BR)	
33F9	AND A	
33FA	JR Z, 3402	
33FC	XOR A	
33FD	INC HL	
33FE	INC HL	
33FF	INC HL	
3400	JR 3403	
3402	INC A	
3403	LD (BR), A	
3406	CALL IMENS	
3409	RET	
340A...IMVAR....	LD HL, 2601	: mostra o valor corrente
340D	CALL IMENS	da varredura.
3410	CALL IVARA	
3413	RET	
3414...FM.....	XOR A	: constrói espectro X.
3415	LD BC, 6600	
3418	LD DE, 2C00	
341B	JR 3425	
341D...FN.....	LD A, 80	: constrói espectro Y.
341F	LD BC, 6B00	
3422	LD DE, 2C01	
3425	LD HL, 2F8D	
3428	LD (HL), A	
3429	DEC HL	
342A	XOR A	
342B	CP (HL)	
342C	JP C, EXCAN	
342F	LD HL, 2F09	
3432	LD (HL), C	
3433	INC HL	
3434	LD (HL), B	
3435	INC HL	
3436	INC HL	
3437	INC HL	
3438	LD (HL), E	
3439	INC HL	

343A	LD (HL), D	: continuação de FN
343B	LD HL, (400C)	
343E	LD BC, 02D7	
3441	ADD HL, BC	
3442	LD (2F90), HL	
3445	LD HL, 2F8E	
3448	XOR A	
3449	LD (HL), A	
344A	INC HL	
344B	LD (HL), A	
344C	CALL ESPEC	
344F	JR COSEC	
3451	...ESPEC....CALL CLS	: constrói espectro defi-
3454	LD HL, (2F0D)	nido por FN ou FM.
3457	LD C, 00	
3459	LD B, (HL)	
345A	SRL B	
345C	JR 345F	
345E	LD B, (HL)	
345F	PUSH HL	
3460	LD A, (2F95)	
3463	AND A	
3464	JR NZ, 3468	
3466	SRL B	
3468	SRL B	
346A	SRL B	
346C	INC B	
346D	LD A, 40	
346F	CALL PLOT	
3472	DEC B	
3473	JR NZ, 346F	
3475	POP HL	
3476	INC HL	
3477	INC HL	
3478	INC C	
3479	CP C	
347A	JR NZ, 345E	
347C	LD BC, 0000	
347F	CALL PLOT	
3482	INC C	
3483	INC C	
3484	CP C	
3485	JR NZ, 347F	
3487	LD A, (2F8F)	
348A	LD HL, (2F90)	
348D	BIT 0, A	
348F	JR Z, 3494	
3491	LD (HL), 85	
3493	RET	
3494	LD (HL), 05	
3496	RET	

3497...	COSEC....	CALL SLOW	: LAÇO SECUNDÁRIO DE COMANDO
349A		CALL KDET	
349D		XOR A	
349E		INC L	
349F		JR NZ, 349A	
34A1		CALL KDET	
34A4		XOR A	
34A5		INC L	
34A6		JR NZ, 34B8	
34A8		LD HL, (2F90)	
34AB		LD D, (HL)	
34AC		LD B, 47	
34AE		DJNZ, 34AE	
34B0		LD (HL), B	
34B1		LD B, 50	
34B3		DJNZ 34B3	
34B5		LD (HL), D	
34B6		JR 34A1	
34B8		PUSH HL	
34B9		POP BC	
34BA		DEC C	
34BB		CALL ACAR	
34BE		LD A, 24	
34C0		CP (HL)	
34C1		JR C, 34A1	
34C3		LD A, (HL)	
34C4		LD HL, 34DC	
34C7		CP (HL)	
34C8		JR Z, 34D3	
34CA		LD B, (HL)	
34CB		INC B	
34CC		JR Z, 349A	
34CE		INC HL	
34CF		INC HL	
34D0		INC HL	
34D1		JR 34C7	
34D3		INC HL	
34D4		LD E, (HL)	
34D5		INC HL	
34D6		LD D, (HL)	
34D7		PUSH DE	
34D8		LD (2F9C), A	
34DB		RET	
34DC...	TACOS....	DEFB	: tabela de endereços dos comandos controlados pelo laço secundário.
34F1...	CUESQ.....	LD HL, 2F8F	: rotina de mudança da posição do cursor à esquerda
34F4		LD B, (HL)	
34F5		LD A, 40	
34F7		CP B	
34F8		JR Z, MUPAG	

34FA	XOR A	: continuação de CUESQ
34FB	CP B	
34FC	JR Z, 351A	
34FE	DEC B	
34FF	LD (HL), B	
3500	LD HL, (2F90)	
3503	BIT 0, B	
3505	JR NZ, 350B	
3507	LD (HL), 05	
3509	JR 3513	
350B	LD (HL), 00	
350D	DEC HL	
350E	LD (HL), 85	
3510	LD (2F90), HL	
3513	LD BC, 0600	
3516	DEC BC	
3517	CP B	
3518	JR NZ, 3516	
351A	LD HL, 34A1	
351D	PUSH HL	
351E	RET	
351F...CUDIR.....	LD HL, 2F8F	: rotina de mudança de po-
3522	LD B, (HL)	sição: cursor à direita.
3523	LD A, 3F	
3525	CP B	
3526	JR Z, MUPAG	
3528	LD A, 7F	
352A	CP B	
352B	JR Z, 351A	
352D	XOR A	
352E	INC B	
352F	LD (HL), B	
3530	LD HL, (2F90)	
3533	BIT 0, B	
3535	JR NZ, 3541	
3537	LD (HL), 00	
3539	INC HL	
353A	LD (HL), 05	
353C	LD (2F90), HL	
353F	JR 3543	
3541	LD (HL), 85	
3543	JR 3513	
3545...MUPAG.....	CP 40	: muda a página na tela
3547	LD HL, 2F8E	do espectro (X ou Y).
354A	JR Z, 356A	
354C	LD (HL), 80	
354E	LD L, 0D	
3550	SET 7, (HL)	
3552	LD L, 90	
3554	LD C, (HL)	
3555	INC HL	

3556	LD B, (HL)	: continuação de MUPAG
3557	INC BC	
3558	INC BC	
3559	LD (HL), B	
355A	DEC HL	
355B	LD (HL), C	
355C	DEC HL	
355D	INC (HL)	
355E	XOR A	
355F	CALL FAST	
3562	CALL ESPEC	
3565	LD HL, 3497	
3568	PUSH HL	
3569	RET	
356A	LD (HL), 00	
356C	LD L, 0D	
356E	RES 7, (HL)	
3570	LD L, 90	
3572	LD C, (HL)	
3573	INC HL	
3574	LD B, (HL)	
3575	DEC BC	
3576	DEC BC	
3577	LD (HL), B	
3578	DEC HL	
3579	LD (HL), C	
357A	DEC HL	
357B	DEC (HL)	
357C	JR 355E	
357E...DARAI.....	LD HL, (400C)	: calcula dados da posição
3581	INC HL	do cursor no espectro
3582	LD (400E), HL	corrente.
3585	LD A, (2F8F)	
3588	PUSH AF	
3589	PUSH AF	
358A	PUSH AF	
358B	CALL STK:A	
358E	LD HL, 2F85	
3591	CALL POPOF	
3594	CALL STK:A	
3597	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85
359A	LD HL, 6B00	
359D	POP AF	
359E	CALL RAIZQ	
35A1	LD HL, 6600	
35A4	POP AF	
35A5	CALL RAIZQ	
35A8	LD HL, 3355	
35AB	CALL POPOF	
35AE	POP AF	
35AF	CALL STK:A	
35B2	RST 28	:rotinas de cálculo TK-85

35BD	LD DE, 2F73	: continuação de DARAI
35C0	LD HL, (401C)	
35C3	DEC HL	
35C4	LD BC, 000F	
35C7	LDDR	
35C9	INC HL	
35CA	LD (401C), HL	
35CD	LD HL, 320D	
35D0	CALL IMENS	
35D3	CALL 26D6	
35D6	RST 10	
35D7	LD B, 03	
35D9	LD HL, 2608	
35DC	CALL 2757	
35DF	RET	
35E0...DACUR.....	XOR A	: prepara para DARAI
35E1	CALL FAST	
35E4	CALL DARAI	
35E7	LD HL, 3497	
35EA	PUSH HL	
35EB	RET	
35EC...MUDES.....	XOR A	: muda escala da tela do espectro.
35ED	CALL FAST	
35F0	LD HL, 2F95	
35F3	CP (HL)	
35F4	JR Z, 35F9	
35F6	DEC (HL)	
35F7	JR 35FA	
35F9	INC (HL)	
35FA	CALL ESPEC	
35FD	JR 35E7	
3600...ATANG.....	CALL CALEN*	: calcula o arco tangente de um arco entre 0 e 2PI
3603	CALL ENFIX	: rotinas de cálculo TK-85
3606	RST 28	
3611	CALL USTK:BC	
3614	DEC C	
3615	JR NZ, 3651	
3617	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3621	CALL USTK:BC	
3624	PUSH BC	
3625	CALL USTK:BC	
3628	PUSH BC	
3629	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
362C	POP BC	
362D	LD A, C	
362E	POP BC	
362F	CP 01	
3631	LD A, C	
3632	JR NC, 364C	
3634	JR Z, 364C	

3636	CP 01	: continuação de ATAN
3638	JR NC, 3641	
363B	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3640	RET	
3641	LD A, 04	
3643	CALL STK:A	
3646	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
364B	RET	
364C	CP 01	
364E	RET NC	
364F	JR 363A	
3651	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3658	CALL USTK:BC	
365B	LD A, C	
365C	CP 01	
365E	JR Z, 3670	
3660	JR NC, 366C	
3662	LD A, 03	
3664	CALL STK:A	
3667	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
366B	RET	
366C	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
366F	RET	
3670.....	CALL CLS	: imprime mensagem:
3673	LD HL, 367B	"INDEFINIÇÃO DE FASE"
3676	CALL IMENS	
3679	CPL	
367A	RET	
367B.....	DEFM	: definição de mensagem:
		"INDEFINIÇÃO DE FASE"
368F...ACANC....	AND A	: cancela a execução por
3690	JR NZ, 3695	dados incompatíveis.
3692	CALL CLS	
3695	CALL PULIN	
3698	LD HL, 2696	
369B	CALL IMENS	
369E	LD B, 04	
36A0	CALL PULIN	
36A3	DJNZ 36A0	
36A5	CALL DARAI*	
36A8	RET	
36A9	NOP	
36AA...FA.....	LD A, (BF)	: gera uma leitura X.Y à
36AD	AND A	partir dos dados da raia
36AE	JP NZ, EXCAN	corrente de FM ou FN
36B1	LD A, (CO)	(filtro da órbita)
36B4	AND A	
36B5	JR Z, ACANC	
36B7	LD A, (BA)	

36BA	AND A	: continuação de FA.
36BB	JP Z, ITELA	
36BE	LD HL, 6B00	
36C1	LD A, (CO)	
36C4	PUSH HL	
36C5	PUSH AF	
36C6	PUSH HL	
36C7	PUSH AF	
36C8	CALL ATANG	
36CB	CP F2	
36CD	JR NZ, 36D5	
36CF	POP AF	
36D0	POP AF	
36D1	POP AF	
36D2	POP AF	
36D3	JR ACANC	
36D5	POP AF	
36D6	LD HL, 6600	
36D9	PUSH HL	
36DA	PUSH AF	
36DB	PUSH HL	
36DC	CALL ATANG	
36DF	CP F2	
36E1	JR NZ, 36EA	
36E3	CALL REPOF	
36E6	POP AF	
36E7	POP AF	
36E8	JR 36CF	
36EA	LD A, 40	
36EC	CALL STK:A	
36EF	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3700	CALL USTK:BC	
3703	LD A, C	
3704	LD (2F9B), A	
3707	LD HL, 2F96	
370A	CALL REPOF	
370D	POP HL	
370E	POP AF	
370F	CALL RAIZQ	
3712	POP HL	
3713	XOR A	
3714	CALL RAIZQ	
3717	POP HL	
3718	POP AF	
3719	CALL RAIZQ	
371C	POP HL	
371D	XOR A	
371E	CALL RAIZQ	
3721	LD A, 80	
3723	CALL STK:A	
3726	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
373B	CALL USTK:BC	
373E	LD A, C	

373F	AND A	: continuação de FA.
3740	LD A, (DS)	
3743	JR Z, 374A	
3745	LD D, 00	
3747	LD E, A	
3748	JR 374D	
374A	LD D, A	
374B	LD E, 00	
374D	LD B, 00	
374F	LD HL, 2D00	
3752	PUSH BC	
3753	PUSH DE	
3754	PUSH HL	
3755	LD A, D	
3756	CALL TRIGO	
3759	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3761	CALL USTK:BC	
3764	POP HL	
3765	LD (HL), C	
3766	INC HL	
3767	POP DE	
3768	INC D	
3769	PUSH DE	
376A	PUSH HL	
376B	LD A, E	
376C	CALL TRIGO	
376F	RST 28	: rotinas de cálculo TK-85
3777	CALL USTK:BC	
377A	POP HL	
377B	LD (HL), C	
377C	INC HL	
377D	POP DE	
377E	INC E	
377F	POP BC	
3780	DJNZ 3752	
3782	XOR A	
3783	LD (2F9C), A	
3786...ITELA....	LD A, (BR)	: prepara as variáveis para chamada de FT (geração da tela da órbita produzida por FA).
3789	AND A	
378A	JR Z, 378F	
378C	CALL LITAR	
378F	LD B, 00	
3791	LD HL, 2D00	
3794	JP 337F	
3797...FQ.....	LD A, C	: controla a retícula da tela de alta resolução.
3798	AND A	
3799	RET NZ	
379A	LD A, (280F)	
379D	ADD 80	
379F	LD (280F), A	
37A2	JP 3396	
37A5	NOP	

37A8...	FL*.....	LD HL, 2A00	: gera uma leitura simula-
37AB		LD A, A0	da: onda quadrada.
37AD		CALL 37B4	
37B0		CALL AJBAB	
37B3		XOR A	
37B4		LD B, 80	
37B6		LD (HL), A	
37B7		INC HL	
37B8		LD (HL), A	
37B9		INC HL	
38BA		DJNZ 37B6	
37BC		RET	
37BD...	SR0T1....	CALL STK:A	: imprime o acumulador.
37C0		CALL IMPOF	
37C3		LD HL, (401A)	
37C6		LD (401C), HL	
37C9		CALL PULIN	
37CC		RET	
37CD...	SR0T2....	PUSH BC	: imprime B números armaze-
37CE		CALL POPOF	nados a partir do endere-
37D1		PUSH HL	ço apontado por HL
37D2		CALL SR0T1*	
37D5		POP HL	
37D6		POP BC	
37D7		DJNZ 37CD	
37D9		RET	
37DA...	SR0T3....	CALL MAIME	: imprime o maior e o menor
37DD		PUSH DE	número de uma tabela.
37DE		LD A, D	
37DF		CALL SR0T1	
37E2		POP DE	
37E3		LD A, E	
37E4		CALL SR0T1	
37E7		RET	
37E8...	FD*.....	LD HL, 2A00	: imprime dados adicionais
37EB		PUSH HL	de teste.
37EC		CALL SR0T3	
37EF		POP HL	
37F0		INC HL	
37F1		CALL SR0T3	
37F4		LD B, 03	
37F6		LD HL, 3350	
37F9		CALL SR0T2	
37FC		RET	

A.1.5 - LISTAGEM DO PROGRAMA OBJETO.

2000-----

01 18 03 3e 76 2a 0c 40 23 18 01 af be 28 02 36
 00 23 0b 57 78 b1 7a 20 f3 c9 3e 28 18 02 3e 1e
 ed 47 c9 21 00 2d 36 76 23 0e 0f 06 20 36 00 23
 10 fb 36 76 23 0d 20 f3 06 09 36 76 23 10 fb c9
 21 00 66 eb 2a 04 40 a7 ed 52 44 4d 21 00 00 39
 e5 d5 ed 5b 1c 40 a7 ed 52 ed 42 e1 d1 c8 d8 e5
 2a 04 40 e5 a7 ed 52 44 4d 2a 02 40 ed 52 e5 fd
 e1 d1 1b e1 22 04 40 2b eb ed b8 13 eb f9 fd e5

2080-----

c1 fd 21 00 40 09 22 02 40 c9 00 00 f5 00 eb 01
 e0 02 d4 03 c8 04 bb 05 ae 06 9f 07 8f 08 7e 09
 6b 0a 57 0b 41 0c 29 0d 0f 0e f3 0e d4 0f b4 10
 90 11 6a 12 41 13 15 14 e6 14 b4 15 7e 16 45 17
 08 18 c8 18 84 19 3c 1a ef 1a 9f 1b 4a 1c f2 1c
 94 1d 32 1e cb 1e 60 1f f0 1f 7b 20 01 21 81 21
 fd 21 73 22 e4 22 50 23 b6 23 17 24 72 24 c7 24
 17 25 61 25 a6 25 e4 25 1d 26 50 26 7d 26 a4 26

2100-----

c5 26 e0 26 f5 26 04 27 0d 27 10 27 fe 41 38 58
 fe 81 38 39 fe c1 38 1a 57 f5 3e 00 92 cd 7f 21
 ef 18 05 c0 02 34 f1 d6 c0 cd 7f 21 ef 05 c1 02
 34 c9 57 d5 d6 80 cd 7f 21 ef 18 05 c0 02 34 d1
 3e c0 92 cd 7f 21 ef 18 05 c1 02 34 c9 57 d5 3e
 80 92 cd 7f 21 ef 05 c0 02 34 d1 7a d6 40 cd 7f
 21 ef 18 05 c1 02 34 c9 57 d5 cd 7f 21 ef 05 c0
 02 34 d1 3e 40 92 cd 7f 21 ef 05 c1 02 34 c9 cb

2180-----

27 21 8a 20 06 00 4f 09 4e 23 46 cd 20 15 01 10
 27 cd 20 15 c9 f6 00 28 08 36 89 35 17 30 fc cb
 3f 23 77 7d c6 09 6f 7c ce 00 67 c9 01 0a 00 ed
 5b 1c 40 ed b0 ed 53 1c 40 c9 01 0a 00 2b eb 2a
 1c 40 2b ed b8 23 22 1c 40 c9 2a 00 2f 16 00 cb
 27 cb 12 5f 06 05 19 10 fd c9 3a 05 2f 47 fe 00
 3a 07 2f 28 04 cb 3f 10 fc 06 08 4f cb 21 1f 10
 fb c9 2a 00 2f e5 01 00 0a cd 0b 20 2a 02 2f d1

2200-----

eb 06 01 1a cd 95 21 13 13 0b 78 b1 20 f5 21 04
 2f 36 01 23 36 07 23 36 80 23 36 00 3a 04 2f fe
 09 d2 a8 22 23 36 01 cd da 21 2b e5 cd 0c 21 e1
 7e f5 e5 cd ca 21 22 09 2f e1 2b f1 86 cd ca 21
 22 0b 2f 2a 09 2f cd ac 21 22 09 2f e5 2a 0b 2f
 cd ac 21 22 0b 2f e5 ef 2d e0 04 c2 02 e1 04 c3
 02 2d e0 04 01 e1 04 e2 0f c2 02 e3 01 03 c3 01
 2d e3 03 c3 02 0f 01 2d e2 03 c4 02 e2 0f 01 e4

2280-----

e3 34 e1 cd ba 21 e1 cd ba 21 21 06 2f 7e 23 34
 23 be 28 03 34 18 ac 2b 86 77 30 88 21 04 2f 34
 23 35 23 cb 3e c3 19 22 e5 2a 00 2f 22 09 2f e1
 7e 57 cd e9 21 ba e5 f2 ce 22 cd ca 21 eb 2a 09
 2f 06 0a 4e 1a 77 79 12 13 23 10 f7 18 07 2a 09
 2f 01 0a 00 09 22 09 2f e1 34 28 02 18 d2 06 80
 2a 00 2f ed 5b 0d 2f c5 d5 cd ac 21 e5 ef 2d 04
 01 2d 04 0f 34 cd f8 13 fe 00 28 2b d6 0e fe 81

2300-----

38 25 28 27 fe 91 30 27 d6 81 cb fb 63 6a 3c fe
 10 30 06 cb 3c cb 1d 18 f5 06 ff 11 ff ff 04 19
 1b 1b 38 fa 78 18 0a 3e 00 18 06 3e 01 18 02 3e
 ff e1 d1 cl 12 13 13 10 ae c9 cd e7 02 21 00 00
 23 16 00 cd 84 23 7c fe 02 20 f5 16 ff cd 9d 23
 16 43 cd 84 23 2a 10 2f 55 cd 84 23 54 cd 84 23
 2a 12 2f 1e 00 7e 57 83 5f cd 84 23 23 d5 eb 2a
 10 2f 37 ed 52 eb d1 30 ec 53 cd 84 23 53 cd 84

2380-----

23 c3 bb 23 cd 9d 23 cd 9d 23 cd 9d 23 cd 9d 23
 cd 9d 23 cd 9d 23 cd 9d 23 cd 9d 23 c9 a7 cb 12
 9f e6 26 c6 11 47 3e 7f db fe 1f e5 e1 30 0a 10
 fe 06 11 d3 ff 10 fe c9 e1 e1 e1 c9 cd 2f 24 cd
 5e 24 cd 5e 24 06 00 1e 00 2a 12 2f cd 5e 24 7a
 2f 77 83 5f 23 d5 eb 2a 10 2f 37 ed 52 eb d1 30
 eb cd 5e 24 cd 5e 24 7a 2f bb c2 66 24 c3 67 24
 16 00 cd 0b 24 cd 0b 24 cd 0b 24 cd 0b 24 cd 0b

2400-----

24 cd 0b 24 cd 0b 24 cd 0b 24 c9 3e 7f db fe 1f
d2 b8 23 17 17 38 f4 0e 00 0c 3e 7f db fe 1f d2
b8 23 17 17 d2 19 24 d3 ff 79 d6 0a cb 12 c9 cd
e7 02 1e 00 1c d3 ff 7b fe 1e 30 0c 16 00 cd 62
24 7a fe 01 20 ec 18 ec d3 ff 16 00 cd 62 24 7a
fe 01 28 f4 cd f0 23 7a 2f fe 43 20 d5 c9 cd f0
23 c9 cd 0b 24 c9 d1 c9 3e af b8 30 02 06 af b9
30 02 0e af 21 07 70 c5 cb 38 cb 38 cb 38 78 cb

2480-----

39 cb 39 cb 39 81 cb 27 cb 27 cb 27 06 00 cb 10
4f 09 c1 c5 48 06 00 c6 00 ed 42 3e af 91 cb 3f
cb 3f cb 3f 44 4d 16 07 cd b7 24 16 05 cd b7 24
16 04 cd b7 24 18 0e 26 00 6f cb 25 cb 14 15 20
f9 09 44 4d c9 c1 79 cb 3f cb 3f cb 3f cb 27 cb
27 cb 27 c6 07 91 4f fd 21 e5 24 06 00 cb 21 81
4f fd 09 fd e9 cb c6 c9 cb ce c9 cb d6 c9 cb de
c9 cb e6 c9 cb ee c9 cb f6 c9 cb fe c9 21 10 28

2500-----

22 14 2f 3e 02 32 16 2f 2a 0c 40 01 06 00 09 22
17 2f 3e 16 32 19 2f 21 00 70 22 1a 2f 21 e4 01
e5 af 06 08 2a 1a 2f 86 20 05 23 10 fa 18 24 3a
16 2f fe 40 28 1d 01 08 00 2a 1a 2f ed 5b 14 2f
ed b0 ed 53 14 2f 22 1a 2f 2a 17 2f 77 3c 32 16
2f 18 0f 2a 17 2f 36 01 2a 1a 2f 01 08 00 09 22
1a 2f c1 0b 78 b1 c8 c5 3a 19 2f 3d 28 0c 32 19
2f 2a 17 2f 23 22 17 2f 18 a7 3e 16 32 19 2f 2a

2580-----

17 2f 01 0c 00 09 22 17 2f 18 96 01 00 02 fd 2a
1c 2f 21 00 38 11 00 2a ed a0 ed a0 e0 fd e9 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 18 d2 01 00 02 11 00 2a 21 00 38 00
ed a0 ed a0 e0 c5 3a 1e 2f 47 10 fe 3a 1f 2f 47
10 fe c1 18 eb 29 26 39 26 0d 20 2f 34 35 2a 37
0d 30 2f 32 26 36 00 0d 40 2f 32 26 33 00 0d 50

2600-----

2f 3b 26 37 37 0c 60 2f 2b 37 2a 36 0c 65 2f 32
 26 2c 3d 0c 6a 2f 32 26 2c 3e 0c 6f 2f 3b 2d 34
 37 0c 74 2f 3b 3b 2a 37 0c 79 2f cd 2b 0f cd bb
 02 2c 20 fa 2a 0e 40 36 00 cd bb 02 2c 20 0b 06
 30 2a 0e 40 36 80 10 fe 18 ea e5 af cd 23 0f c1
 0d cd bd 07 7e c9 38 3a 35 2a 37 35 34 38 2e 28
 26 34 0d 29 2a 38 26 39 2e 3b 26 29 26 0d 79 a7
 20 09 cd 1a 20 cd 69 08 c3 99 33 cd 69 08 c9 b2

2680-----

b4 b1 ae b3 a6 b7 ae a2 9d a5 a4 a2 2a 3d 2a 28
 3a 39 26 29 34 0d 2a 3d 2a 28 3a 28 26 34 00 28
 26 33 28 2a 31 26 29 26 0d 21 8c 26 e5 18 04 21
 96 26 e5 cd 2a 0a e1 cd 72 30 c9 fe 0d 28 05 fe
 0c 28 10 c7 7e fe 0d 28 04 23 d7 18 f7 af d7 3e
 17 d7 c9 cd 1f 31 cd db 15 2a 1a 40 22 1c 40 18
 ec 01 02 ff 56 5e c5 06 00 09 7e ba 38 03 57 18
 04 bb 30 01 5f c1 10 ee 7a 93 c9 cd 2a 0a 06 05

2700-----

21 e5 25 c5 cd 72 30 13 d5 cd bb 26 cd 60 31 cd
 60 31 e1 c1 10 ed 3a 7e 2f a7 ca af 26 3a 8b 2f
 a7 28 2f 21 00 2a cd e1 26 cd 1d 15 21 01 2a cd
 e1 26 cd 1d 15 21 50 33 cd 1f 31 ef c0 04 01 e0
 04 34 21 74 2f cd 0e 31 21 79 2f cd 0e 31 af 32
 8b 2f 06 02 21 1d 26 c5 cd 72 30 13 d5 cd bb 26
 cd 60 31 cd 60 31 e1 c1 10 ed c9 3a 7e 2f a7 ca
 af 26 3a 8c 2f a7 28 2b 21 00 66 22 00 2f 26 2a

2780-----

22 02 2f 26 2c 22 0d 2f cd f2 21 21 00 6b 22 00
 2f 21 01 2a 22 02 2f 26 2c 22 0d 2f cd f2 21 af
 32 8c 2f c3 a9 26 c5 f5 3e 87 cb 40 20 02 c6 10
 cb 41 28 02 c6 08 57 f1 f5 82 32 93 2f cb 38 cb
 39 2a 0c 40 23 16 00 59 19 3e 15 90 47 28 06 11
 21 00 19 10 fd 7e fe 08 38 01 2f cd 92 2f cb 5f
 28 05 2f e6 8f 18 02 e6 0f 77 f1 c1 c9 af 3c 18
 01 af 32 7e 2f 3c 32 8b 2f 32 8c 2f c9 34 30 0d

3000-----

```

af cd 23 0f 2a 04 40 7c fe 66 20 05 7d fe 00 28
03 cd 40 20 21 00 28 06 0f 36 00 23 10 fb 36 80
21 00 80 22 10 2f 26 66 22 12 2f cd f1 27 21 92
2f 36 cb 23 23 36 c9 23 36 00 00 00 00 00 00
00 00 18 0f 21 00 70 01 20 0f cd 0b 20 c9 cd 2a
0a e1 c9 cd 2a 0a 06 04 21 e5 25 c5 cd 72 30 13
d5 cd 8e 30 e1 c1 10 f3 21 70 31 e5 c3 1c 32 00
00 00 7e fe 0c 28 08 fe 0d 28 04 d7 23 18 f3 f5

```

3080-----

```

af d7 3e 0e d7 af d7 f1 23 5e 23 56 eb c9 fe 0c
28 44 fe 0d 28 01 c7 e5 2a 0e 40 e5 06 0f c5 cd
2b 26 fe 77 cc 35 31 fe 00 28 0c fe 76 28 0e fe
10 38 ec fe 40 30 e8 d7 c1 10 e3 18 01 c1 af d7
3e 0d d7 e1 d1 7e fe 0d 28 05 12 13 23 18 f6 1b
12 c3 07 31 00 00 e5 2a 0e 40 2b e5 06 09 c5 cd
2b 26 fe 77 cc 40 31 fe 76 28 0e fe 1b 38 f0 fe
26 30 ec d7 c1 10 e7 18 01 c1 af d7 3e 0c d7 e1

```

3100-----

```

cd 2d 31 e1 cd 0e 31 cd 60 31 cd 60 31 c9 01 05
00 09 2b eb 2a 1c 40 2b ed b8 23 22 1c 40 c9 ed
5b 1c 40 01 05 00 ed b0 ed 53 1c 40 c9 22 16 40
e7 cd d9 14 c9 47 d1 f1 f5 d5 fe 0f 20 0d 78 c9
47 d1 f1 f5 d5 fe 09 20 02 78 c9 d1 c1 04 c5 d5
47 2a 0e 40 2b 7e fe 76 20 01 2b 22 0e 40 78 c9
2a 0e 40 7e fe 76 28 05 36 00 23 18 f6 23 18 eb
cd 2b 26 21 8c 31 be 28 09 46 04 28 49 23 23 23

```

3180-----

```

18 f4 23 5e 23 56 21 70 31 e5 d5 c9 36 97 37 28
3c 33 29 fb 26 2c db 31 31 60 33 37 f9 31 39 aa
33 3b 12 32 3d b6 33 3e dc 33 2b 6b 27 32 14 34
33 1d 34 38 eb 33 26 aa 36 27 4e 30 14 a8 37 e4
e8 37 35 6e 26 ff cd 2a 0a 21 d1 31 cd 72 30 18
9f 13 13 00 2a 37 37 34 00 12 0d 3a 7e 2f a7 28
14 21 00 2a 11 00 75 01 00 06 ed b0 cd 3a 23 d2
af 26 c3 a9 26 c3 af 26 00 cd bc 23 c2 af 26 21

```

3200-----

00 75 11 00 2a 01 00 06 ed b0 c3 a9 26 37 26 2e
 26 0c cd 2a 0a cd f1 27 21 0a 34 e5 21 01 26 cd
 72 30 cd 8e 30 21 60 2f cd 1f 31 3e 10 cd 1d 15
 ef 01 c0 03 32 34 cd a7 0e 79 a7 20 61 21 7f 2f
 af 77 3e 2d cd 1d 15 ef a4 05 c1 e0 03 32 34 cd
 a7 0e 79 a7 20 05 ef e1 c0 02 34 3e 39 cd 1d 15
 3e 04 cd 1d 15 3e ff cd 1d 15 21 5a 33 cd 1f 31
 ef c4 e0 04 01 c5 05 01 c1 05 01 c2 e1 05 03 24

3280-----

c3 e1 04 e2 0f e4 05 c0 02 34 00 01 c4 25 cd 20
 15 ef e3 03 34 cd a7 0e ed 43 1c 2f 18 73 21 7f
 2f 36 01 01 08 02 cd 20 15 ef c1 e0 03 32 34 cd
 a7 0e 79 a7 28 05 ef e1 c0 02 34 3e ff cd 1d 15
 21 5a 33 cd 1f 31 3e 0d cd 1d 15 ef c1 01 c4 e0
 04 01 05 01 c5 05 c3 02 34 01 0e 01 cd 20 15 ef
 e0 03 32 34 cd a7 0e 79 a7 28 28 21 1e 2f 36 ff
 01 51 0d cd 20 15 ef c2 e3 01 e1 05 03 24 2d 34

3300-----

cd a7 0e 21 1f 2f 71 ef e1 04 e2 0f e4 05 c0 02
 34 18 0c 21 1e 2f 36 07 3e b9 cd 1d 15 18 d7 ef
 e0 2d e5 04 2d a1 01 05 34 21 85 2f cd 0e 31 21
 60 2f cd 0e 31 21 80 2f cd 0e 31 c9 e1 c3 00 30
 cd cd 21 cd ac 21 ef 2d 04 01 2d 04 0f 25 34 c9
 80 12 49 24 b6 78 12 49 24 b6 8c 4b 1a 66 67 c9
 3a 7f 2f a7 28 05 cd c6 25 18 03 cd 8b 25 cd ed
 27 3a 8a 2f a7 28 03 cd 44 30 06 00 21 00 2a c5

3380-----

4e 23 46 23 e5 cd 68 24 e1 c1 10 f3 fd 21 00 40
 cd 2a 0a cd fd 24 cd 1a 20 cd 2b 26 f5 cd 1e 20
 f1 e1 23 23 23 e5 0e 00 c9 00 3a 8a 2f a7 28 ca
 18 c5 37 34 39 0d 3a 8a 2f a7 28 03 cd 44 30 21
 00 2a 06 af af c5 4f 3c 46 23 23 e5 f5 cd 68 24
 f1 e1 c1 10 f0 fd 21 00 40 c3 90 33 3a 8a 2f a7
 28 03 cd 44 30 21 01 2a c3 c2 33 cd 2a 0a 21 56
 26 cd 72 30 eb 2b 3a 8a 2f a7 28 06 af 23 23 23

3400-----

18 01 3c 32 8a 2f cd 72 30 c9 21 01 26 cd 72 30
 cd bb 26 c9 af 01 00 66 11 00 2c 18 08 3e 80 01
 00 6b 11 01 2c 21 8d 2f 77 2b af be da af 26 21
 09 2f 71 23 70 23 23 23 73 23 72 2a 0c 40 01 d7
 02 09 22 90 2f 21 8e 2f af 77 23 77 cd 51 34 18
 46 cd 2a 0a 2a 0d 2f 0e 00 46 cb 38 18 01 46 e5
 3a 95 2f a7 20 02 cb 38 cb 38 cb 38 04 3e 40 cd
 a6 27 05 20 fa e1 23 23 0c b9 20 e2 01 00 00 cd

3480-----

a6 27 0c 0c b9 20 f8 3a 8f 2f 2a 90 2f cb 47 28
 03 36 85 c9 36 05 c9 cd 2b 0f cd bb 02 af 2c 20
 f9 cd bb 02 af 2c 20 10 2a 90 2f 56 06 47 10 fe
 70 06 50 10 fe 72 18 e9 e5 c1 0d cd bd 07 3e 24
 be 38 de 7e 21 dc 34 be 28 09 46 04 28 cc 23 23
 23 18 f4 23 5e 23 56 d5 32 9c 2f c9 24 1f 35 21
 f1 34 1c da 34 ld e0 35 1e ec 35 ff ff ff ff 00
 00 21 8f 2f 46 3e 40 b8 28 4b af b8 28 1c 05 70

3500-----

2a 90 2f cb 40 20 04 36 05 18 08 36 00 2b 36 85
 22 90 2f 01 00 06 0b b8 20 fc 21 a1 34 e5 c9 21
 8f 2f 46 3e 3f b8 28 1d 3e 7f b8 28 ed af 04 70
 2a 90 2f cb 40 20 0a 36 00 23 36 05 22 90 2f 18
 02 36 85 18 ce fe 40 21 8e 2f 28 1e 36 80 2e 0d
 cb fe 2e 90 4e 23 46 03 03 70 2b 71 2b 34 af cd
 23 0f cd 51 34 21 97 34 e5 c9 36 00 2e 0d cb be
 2e 90 4e 23 46 0b 0b 70 2b 71 2b 35 18 e0 2a 0c

3580-----

40 23 22 0e 40 3a 8f 2f f5 f5 f5 cd ld 15 21 85
 2f cd 1f 31 cd ld 15 ef 04 34 21 00 6b f1 cd 40
 33 21 00 66 f1 cd 40 33 21 55 33 cd 1f 31 f1 cd
 ld 15 ef 26 a1 0f 04 c0 04 01 e0 04 34 11 73 2f
 2a 1c 40 2b 01 0f 00 ed b8 23 22 1c 40 21 0d 32
 cd 72 30 cd d6 26 d7 06 03 21 08 26 cd 57 27 c9
 af cd 23 0f cd 7e 35 21 97 34 e5 c9 af cd 23 0f
 21 95 2f be 28 03 35 18 01 34 cd 51 34 18 e8 00

3600-----

cd cd 21 cd ac 21 ef 2d 26 c0 02 01 2d 26 c1 27
 34 cd a7 0e 0d 20 3a ef 05 2d 26 a1 0f e1 a1 0f
 34 cd a7 0e c5 cd a7 0e c5 ef 21 34 c1 79 c1 fe
 01 79 30 18 28 16 fe 01 30 07 ef a3 a3 0f 0f 34
 c9 3e 04 cd 1d 15 ef a3 04 0f 34 c9 fe 01 d0 18
 e9 ef 02 02 e0 a1 0f 34 cd a7 0e 79 fe 01 28 10
 30 0a 3e 03 cd 1d 15 ef a3 04 34 c9 ef a3 34 c9
 cd 2a 0a 21 7b 36 cd 72 30 2f c9 2e 33 29 2a 2b

3680-----

2e 33 2e 28 26 34 00 29 2a 00 2b 26 38 2a 0d a7
 20 03 cd 2a 0a cd 60 31 21 96 26 cd 72 30 06 04
 cd 60 31 10 fb cd 85 35 c9 00 3a 8c 2f a7 c2 af
 26 3a 8f 2f a7 28 d8 3a 9c 2f a7 ca 86 37 21 00
 6b 3a 8f 2f e5 f5 e5 f5 cd 00 36 fe f2 20 06 f1
 f1 f1 f1 18 ba f1 21 00 66 e5 f5 e5 cd 00 36 fe
 f2 20 07 cd 0e 31 f1 f1 18 e5 3e 40 cd 1d 15 ef
 c0 02 03 2d 26 a1 0f 01 27 2d e0 04 a3 05 24 34

3700-----

cd a7 0e 79 32 9b 2f 21 96 2f cd 0e 31 e1 f1 cd
 40 33 e1 af cd 40 33 e1 f1 cd 40 33 e1 af cd 40
 33 3e 80 cd 1d 15 ef c0 2d 0f c1 05 c2 02 e0 05
 c3 02 e1 05 c4 01 e0 05 c5 01 34 cd a7 0e 79 a7
 3a 9b 2f 28 05 16 00 5f 18 03 57 1e 00 06 00 21
 00 2d c5 d5 e5 7a cd 0c 21 ef e0 e5 04 e4 0f 24
 34 cd a7 0e e1 71 23 d1 14 d5 e5 7b cd 0c 21 ef
 e0 e3 04 e2 0f 24 34 cd a7 0e e1 71 23 d1 1c c1

3780-----

10 d0 af 32 9c 2f 3a 8a 2f a7 28 03 cd 44 30 06
 00 21 00 2d c3 7f 33 79 a7 c0 3a 0f 28 c6 80 32
 0f 28 c3 96 33 00 00 00 21 00 2a 3e a0 cd b4 37
 cd ed 27 af 06 80 77 23 77 23 10 fa c9 cd 1d 15
 cd db 15 2a 1a 40 22 1c 40 cd 60 31 c9 c5 cd 1f
 31 e5 cd c0 37 e1 c1 10 f4 c9 cd e1 26 d5 7a cd
 bd 37 d1 7b cd bd 37 c9 21 00 2a e5 cd da 37 e1
 23 cd da 37 06 03 21 50 33 cd cd 37 c9 00 00 00

A.1.6 - Lista das rotinas do monitor do TK 85 que são chamadas pelo programa ADM.

Nome.....	End.....	Função.....
RESET ..	0000	Reinicializa a operação do TK 85.
PCAR ...	0010	Imprime um caracter cujo código seja o conteúdo do acumulador.
ACHARG .	0020	Carrega o acumulador com o conteúdo do baite apontado pela variável CH_ADD do monitor TK (end. 4016).
FPCALC .	0028	Rotina de acesso às funções de cálculo do TK 85, definidas por seus respectivos códigos [41].
KDET ...	02BB	Faz a varredura do teclado.
RSCL ...	02E7	Reajusta bandeiras do sistema monitor.
ACAR ...	07BD	Determina o código da tecla detectada por KDET
COPY ...	0869	Envia cópia da tela de vídeo para impressão em papel.
CLS	0A2A	Limpa a tela de vídeo e posiciona impressão na 1ª. coluna da 1ª. linha.
USTKBC .	0EA7	Remove um numero inteiro positivo menor que FFFF em formato de ponto flutuante do topo da pilha de cálculo e carrega, em binário de 2 bates, no par BC.
FAST ...	0F23	Elimina a interrupção do Z80A para geração de imagem no vídeo. A prioridade do Z80A passa a ser o processamento com interrupção só pelo programa.
SLOW ...	0F2B	Habilita interrupções. Oposta a FAST.
RCHAR ..	13F8	Remove um número em ponto flutuante da pilha de cálculo e armazena os cinco bates nos registradores A, E, D, C, e B, em sequência, mantendo o formato.

DEC_PF . 14D9 Transforma o numero decimal cujo endereço do dígito à esquerda seja apontado por HL para o formato ponto flutuante e carrega na 1a. posição livre da pilha de cálculo.

STK_A .. 151D Transforma o conteúdo do acumulador A para o formato de ponto flutuante e carrega na 1a. posição livre da pilha de cálculo.

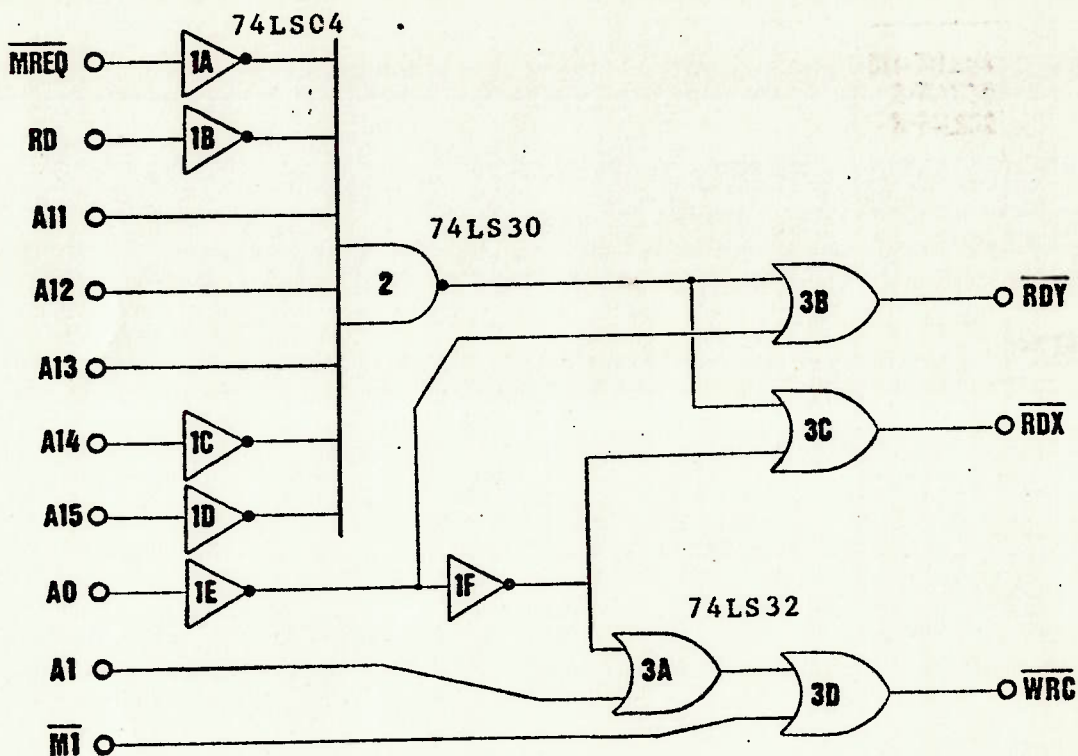
STK_BC . 1520 Transforma o conteúdo do par de registradores BC para o formato de ponto flutuante e carrega na 1a. posição livre da pilha de cálculo.

IMPOF .. 15DE Imprime em base numérica decimal o numero em formato de ponto flutuante que estiver no início (fundo) da pilha de cálculo.

A.2 - Documentação dos circuitos do ADM.

A.2.1 - Conversor analógico-digital - CAD.

a) Diagrama do circuito lógico de controle.



Simbologia:

- \overline{RD} - pulso de leitura do Z80A.
- \overline{MREQ} - pulso de requisição de memória do Z80A.
- $\overline{M1}$ - pulso sinalizador de aquisição de código operacional, emitido pelo Z80A.
- A(n) - barras de endereçamento do Z80A (0 a 15).
- \overline{RDX} - pulso de solicitação de leitura no CAD-X.
- \overline{RDY} - pulso de solicitação de leitura no CAD-Y.
- \overline{WRC} - comando de conversão para o CAD (X e Y).

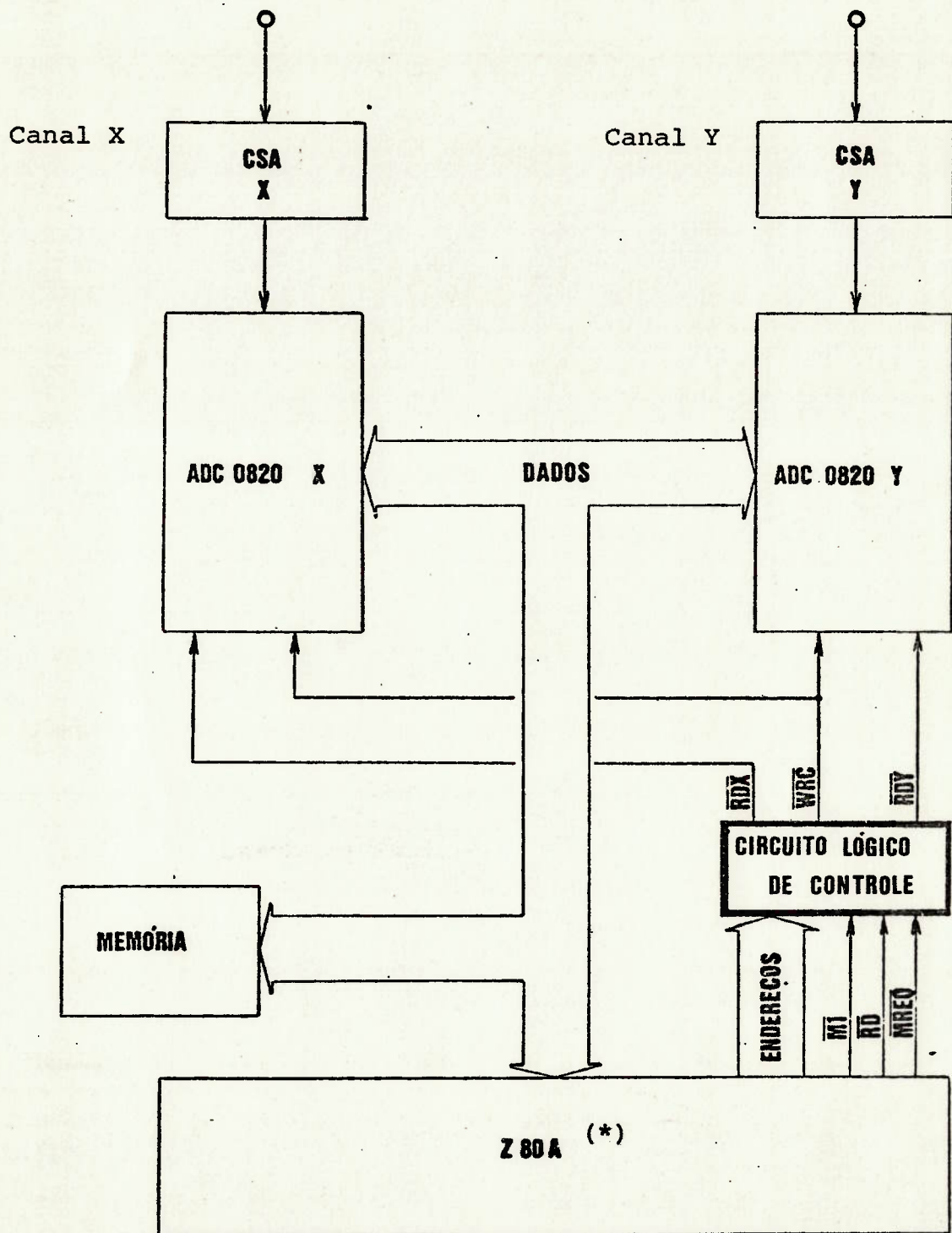
Equações lógicas:

$$\overline{RDY} = \overline{A12} + (\overline{MREQ} \cdot \overline{RD} \cdot A11 \cdot A12 \cdot A13 \cdot A14 \cdot A15)$$

$$\overline{RDX} = A0 + (\overline{MREQ} \cdot \overline{RD} \cdot A11 \cdot A12 \cdot A13 \cdot A14 \cdot A15)$$

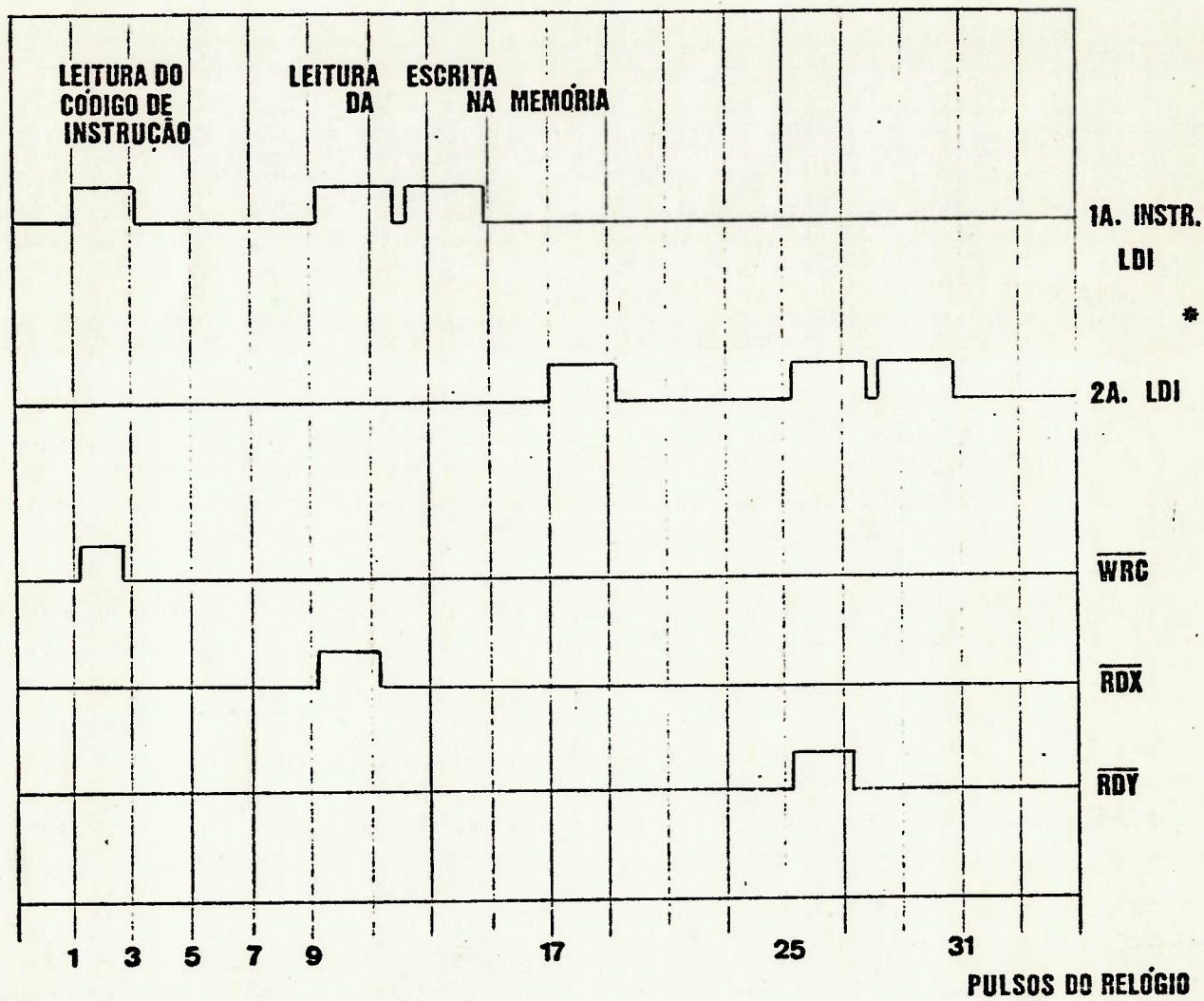
$$\overline{WRC} = \overline{M1} + A1 + A0$$

b) Diagrama de ligação do CAD.



(*) CPU do TK-85

c) Diagrama de temporização de leitura e escrita:



*LELEN E LERAP

d) Descrição da operação do CAD.

Toda vez que o microprocessador Z80A do TK 85 efetua a leitura de um código de instrução, ele sinaliza o fato pela colocação do nível lógico 0 na sua barra de controle $\overline{M1}$. Se este código estiver em uma memória de endereçamento par tal que:

$$\text{Endereço} = 4 \cdot n \text{ com } 0000 < n < 4000 ,$$

então o circuito lógico de controle emitirá, a ambos os conversores, o sinal \overline{WRC} , autorizando-os a iniciar a conversão das tensões analógicas presentes em suas respectivas entradas.

A primeira das instruções LDI das rotinas LERAP ou LELEN do programa ADM está alocada em endereço par e, portanto, ao ser lido o código operacional desta instrução, o sinal \overline{WRC} é emitido. Durante a execução desta instrução, após 7 ciclos de relógio (aprox. 2,15 μ s), é iniciada a leitura do dado corrente na memória endereçada pelo par de registradores HL que, inicialmente, é um valor par na área mapeada para o CAD:

$$3800 < \text{endereço de leitura} < 3FFF ,$$

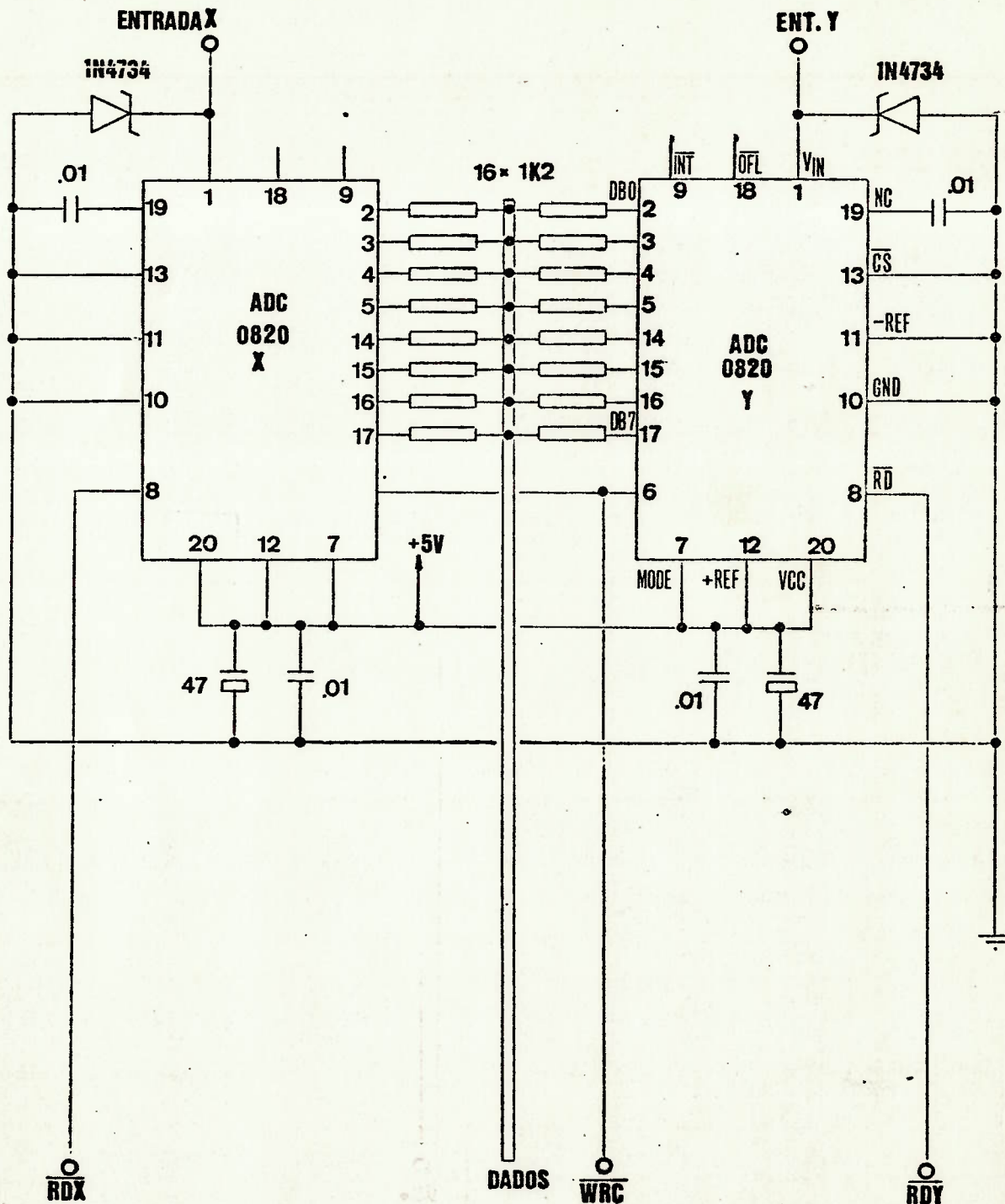
e o Z80A emite os sinais \overline{MREQ} e \overline{RD} além de colocar na barra A(n) o endereço de leitura. Isto faz com que a lógica de controle envie o sinal $\overline{RD\bar{X}}$ ao conversor do canal X, habilitando-o a colocar o resultado da conversão na barra de dados que, na sequência da instrução LDI será transferido

pelo Z80A para a área de armazenagem, no endereço apontado pelo par de registradores DE e, em seguida, a mesma instrução LDI incrementa o conteúdo de HL e DE.

Na sequência da rotina (LERAP ou LELEN), na execução da próxima instrução LDI, que está em endereço ímpar e portanto não provoca a emissão de \overline{WRC} , o Z80A irá efetuar a leitura no endereço apontado por HL, que foi incrementado anteriormente e, portanto, contém um valor ímpar. O conversor habilitado será então o do canal Y, pelo sinal \overline{RDY} , emitido pela lógica de controle.

Resumindo, o instante do início da conversão é o mesmo para os dois canais do CAD e controlado pela primeira das instruções LDI, seja da rotina LERAP ou de LELEN, mas a transferência dos dados de saída é feita em momentos diferentes, primeiro do canal X e depois do canal Y.

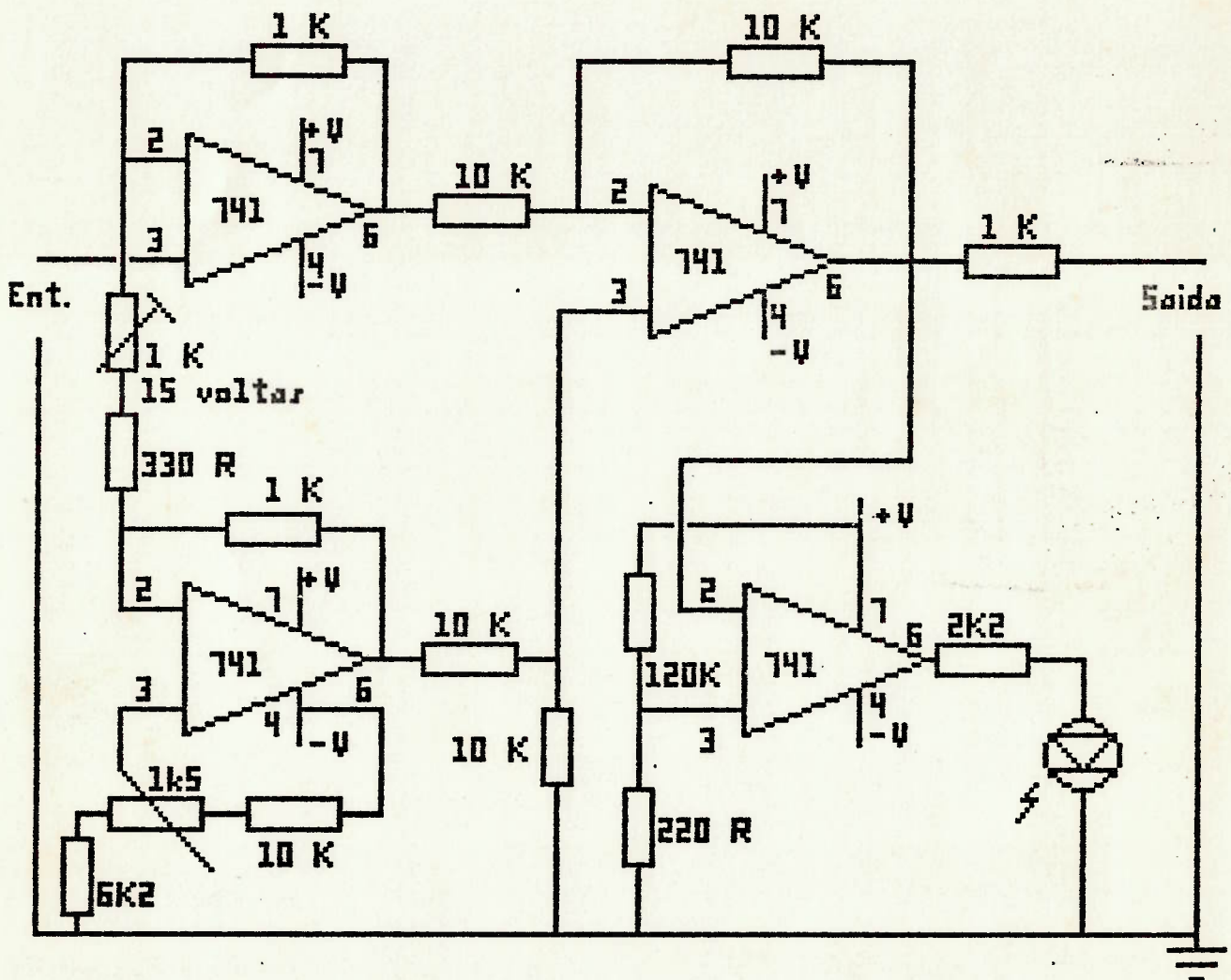
e) circuito eletrônico do conversor.



CAPAC. [μ F]
RESIST. [Ω]

A.2.2 - Condicionador de sinais analógicos - CSA.

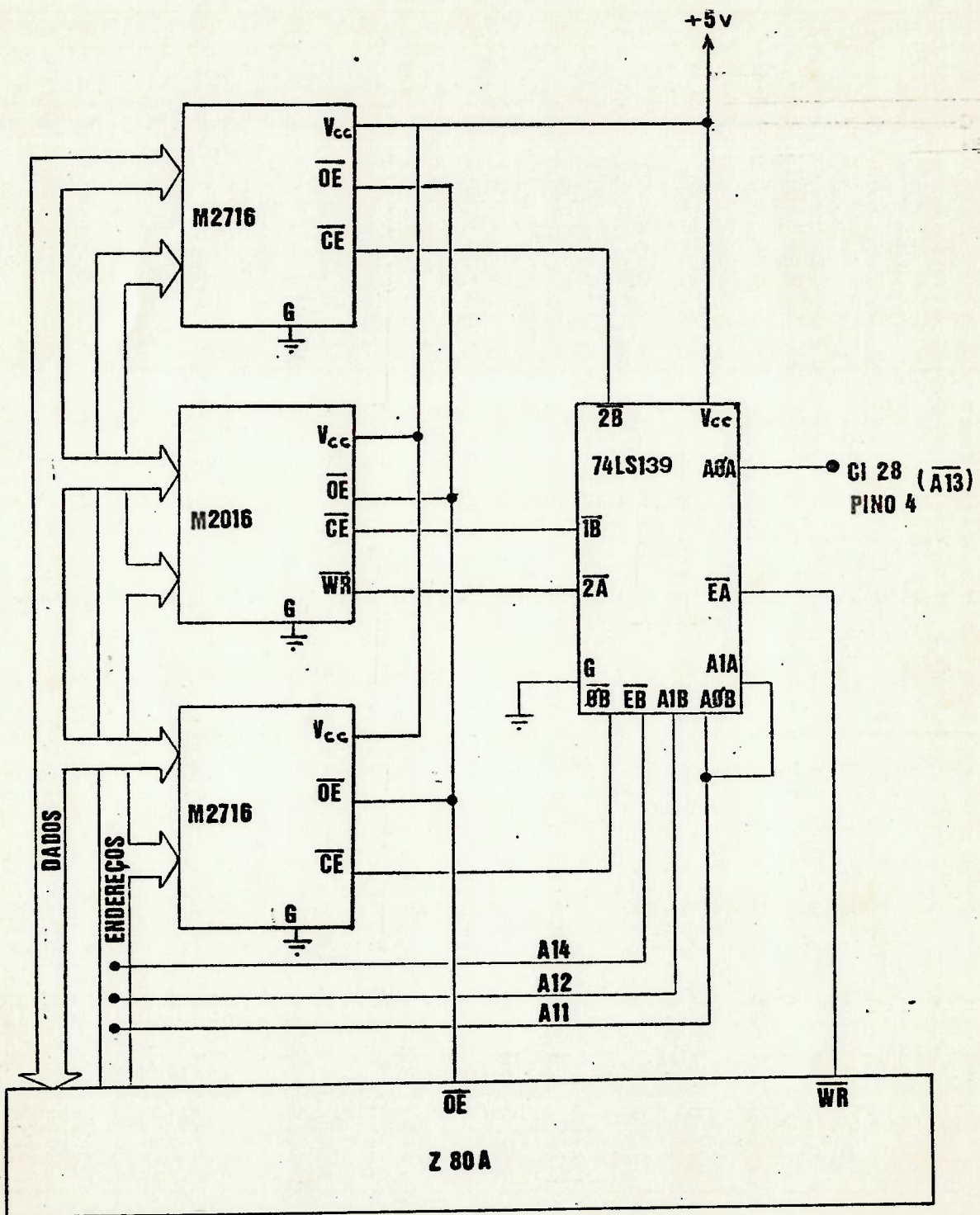
Circuito eletrônico final.



Notas:

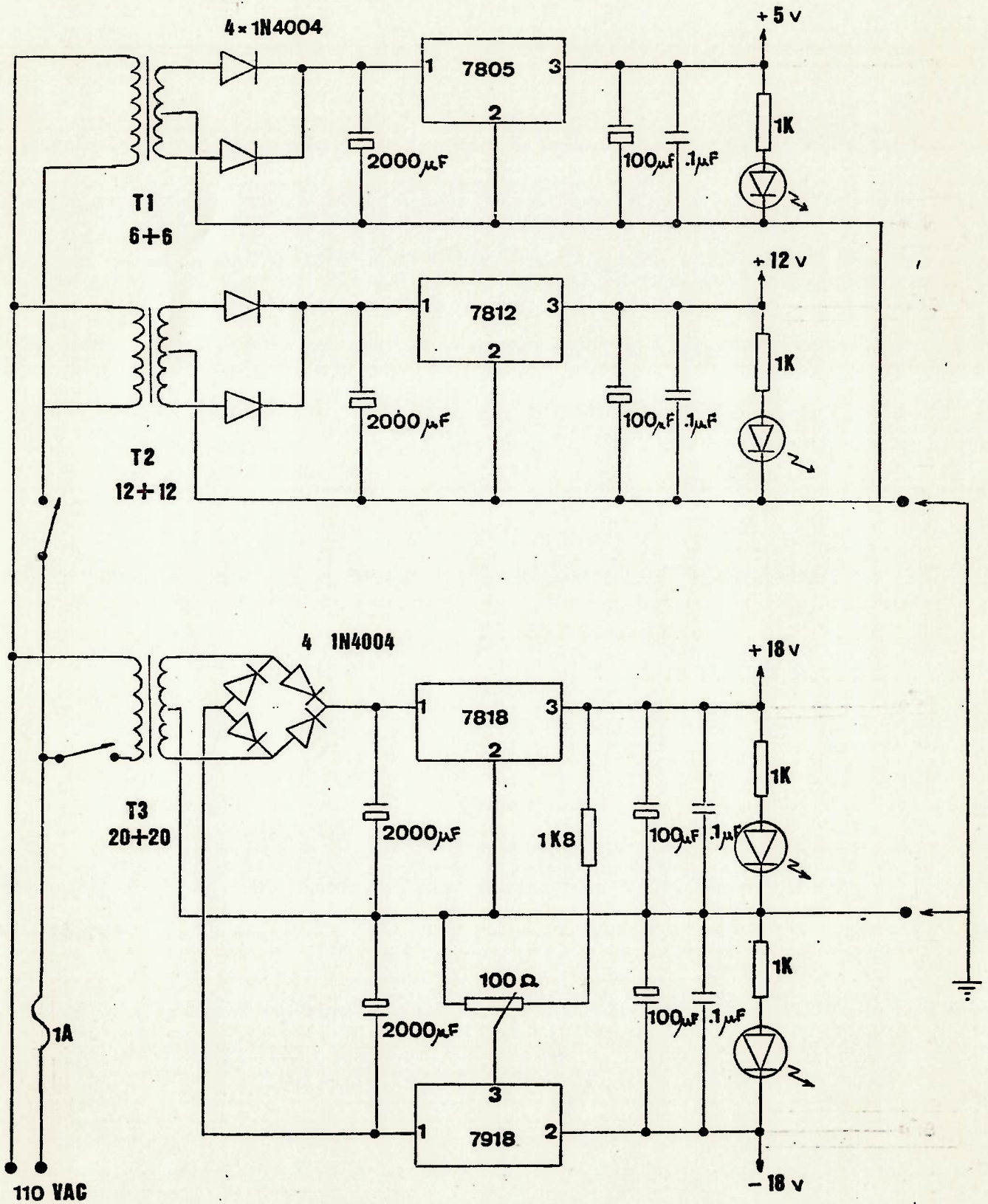
- 1) Circuito para apenas um canal; 2º canal idêntico.
- 2) Tensão de alimentação simétrica: ± 18 Volt.
- 3) Todos os resistores de 1/4 W, precisão 1%.

A.2.3 - Alterações do microcomputador TK 85.
Circuito eletrônico.

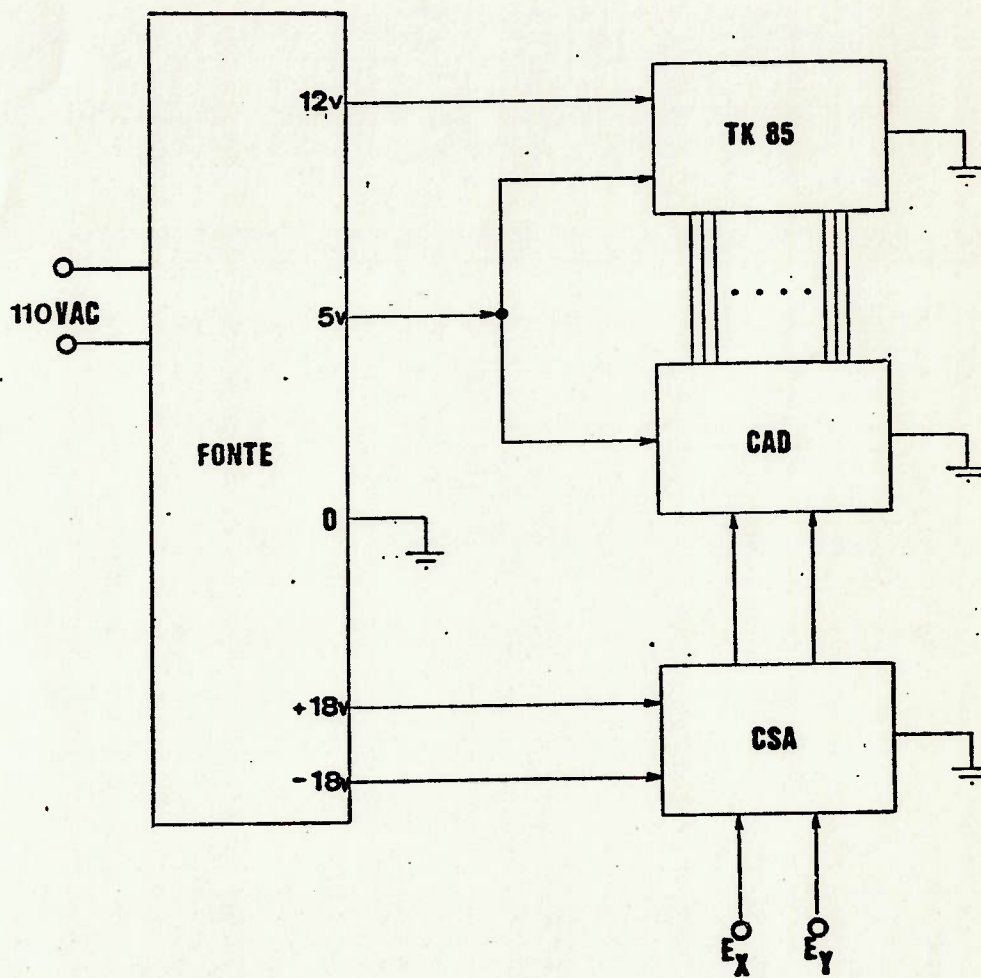


A.2.4 - Fontes de Alimentação.

Circuito eletrônico.



A.2.5 - Diagrama de conexão dos módulos.



A.3 - Documentação dos Testes.

A.3.1 - Verificação da frequência de relógio.

- Objetivo:

Avaliar o valor e a estabilidade da frequência de relógio do microcomputador TK 85 utilizado no protótipo do instrumento ADM.

- Procedimentos:

Ao microcomputador, já com a adaptação implementada mas ainda com a fonte de alimentação do fabricante, foram ligados os seguintes instrumentos:

a) multímetro digital de 3 1/2 dígitos, na barra de alimentação de 5 VCC estabilizados.

b) multímetro digital de 3 1/2 dígitos, na barra de alimentação de 12 VCC não estabilizados.

c) frequencímetro digital de 8 dígitos, na barra de distribuição de frequência de relógio.

O microcomputador foi posto em operação executando o seguinte laço infinito em programa ASSEMBLER:

```

2800...PREP...CALL FAST      : desliga interrupção do Z80A.
          LD A, 00           : prepara os registradores
          LD BC, 0000
LAÇO...ADD B                 : efetua soma - A = A+B.
          SUB C               : efetua diferença - A = A-B.
          INC BC              : incrementa operandos.
          JR LAÇO            : retorna para LAÇO.

```

- Tabela de resultados obtidos:

Tempo de operação [min]	tensão a) [V]	tensão b) [V]	frequência c) [Hz]
1	5,1	11,2	3.249.952
5	5,1	11,5	3.249.951
10	5,1	11,1	3.249.950
20	5,1	10,9	3.249.950
30	5,1	11,0	3.249.950
60	5,1	11,1	3.249.950
90	5,1	11,2	3.249.950
120	5,1	11,5	3.249.950
150	5,1	11,3	3.249.950
180	5,1	11,2	3.249.950

- Conclusões:

Em função dos resultados mostrados na tabela, considerou-se o gerador de frequência de relógio do circuito original do TK 85 suficientemente estável e foi adotado, para a constante C do programa ADM, o valor:

$$C = 3.249,95 \text{ [KHz] ,}$$

destinado ao controle de varredura e intervalamento de leituras.

A.3.2 - Verificação da resposta dos sensores.

- Objetivo:

Avaliar o desvio das curvas reais de resposta dos sensores utilizados nos testes em relação à curva de resposta especificada pelo fabricante.

- Procedimentos:

A placa padrão foi montada no torno e os sensores foram instalados no suporte de adaptação, bem como o relógio comparador de 0,01 mm/div.. Com os sensores energizados por fonte regulada de -18 V.

Em seguida, com o relógio comparador indicando um afastamento por volta de 1 mm entre a ponta de um qualquer dos sensores e a placa de testes, foi ajustado o outro sensor no suporte de maneira a que sua saída indicasse o mesmo nível de tensão que o tomado como referência.

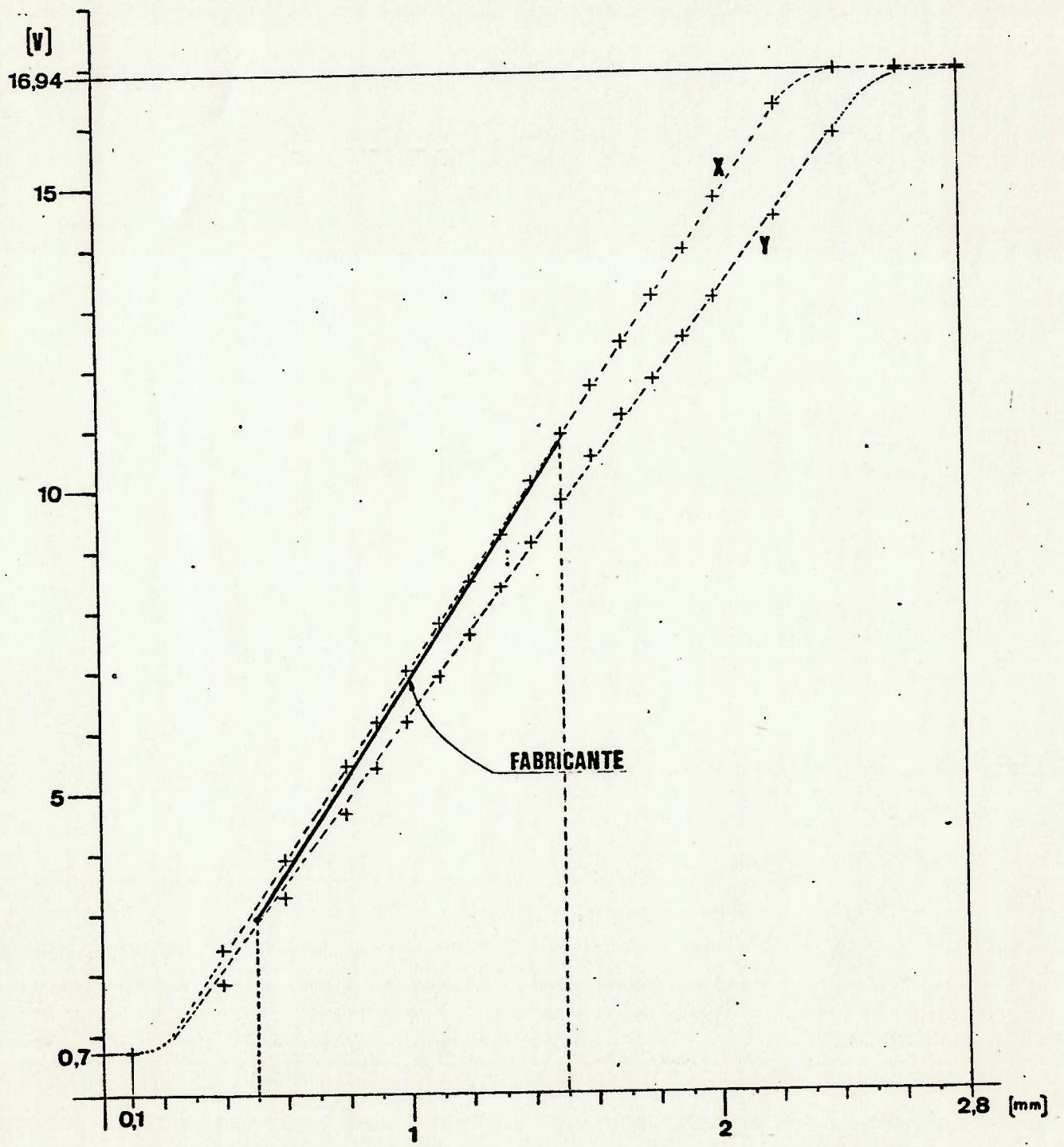
A partir daí foi variado o afastamento, indicado pelo relógio comparador, desde 0 (sensores encostados na placa) até 2,80 mm, em saltos de 0,1 mm, repetindo-se o processo por 3 vezes consecutivas e anotando-se as tensões de saída de cada um dos sensores, indicadas por multímetros digitais de 3 1/2 dígitos.

A variação do afastamento foi feita através da movimentação do carro porta-ferramentas do torno, onde foi fixado o suporte dos sensores e do relógio comparador.

- Tabela dos resultados.

Afastam. [mm]	sensor X [-V]			sensor Y [-V]		
	1	2	3	1	2	3
0,1	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
0,4	2,37	2,39	2,39	1,86	1,88	1,87
0,6	3,82	3,91	3,92	3,28	3,28	3,26
0,8	5,44	5,45	5,44	4,71	4,70	4,70
0,9	6,25	6,27	6,24	5,44	5,44	5,42
1,0	7,01	7,00	7,04	6,19	6,19	6,21
1,1	7,86	7,80	7,81	6,94	6,94	6,96
1,2	8,57	8,60	8,59	7,66	7,66	7,69
1,3	9,38	9,39	9,39	8,40	8,40	8,39
1,4	10,21	10,17	10,18	9,12	9,13	9,13
1,5	10,97	10,96	10,97	9,84	9,84	9,84
1,6	11,71	11,74	11,73	10,55	10,56	10,55
1,7	12,47	12,47	12,45	11,22	11,25	11,25
1,8	13,24	13,22	13,25	11,83	11,86	11,85
1,9	14,03	14,05	14,05	12,54	12,53	12,54
2,0	14,85	14,84	14,84	13,18	13,17	13,17
2,2	16,42	16,42	16,41	14,52	14,55	14,55
2,4	16,94	16,94	16,94	15,88	15,88	15,90
2,6	16,94	16,94	16,94	16,90	16,90	16,90
2,8	16,94	16,94	16,94	16,90	16,90	16,90

- Curvas de resposta (média das leituras)



- Conclusões:

Dos dados da tabela foi possível calcular o coeficiente de correlação para os dois sensores:

$$Kl = DV / DA \quad [V / \mu m]$$

onde: DV = diferença da tensão de saída no intervalo DA
DA = intervalo de afastamento considerado.

Assim, no intervalo de afastamento desde 800 até 1200 μm , que é a faixa normal de trabalho:

$$Kl(X) = 7,86 \quad e \quad Kl(Y) = 7,44 \quad mV/\mu m$$

que são valores dentro da especificação do fabricante:

$$Kl = 7,8 \pm 5 \% \quad mV/\mu m$$

NOTA: os dois sensores foram arbitrariamente nominados X e Y e, sempre, a convenção foi mantida.

Verificou-se também uma diferença constante no valor absoluto da tensão de saída mas, como a linearidade da resposta se manteve, tal desvio não foi levado em consideração uma vez que pode ser facilmente compensado pelo ajuste de zeramento de tensão contínua da etapa condicionadora de sinais do instrumento (CSA). A diferença nos coeficientes de correlação também pode ser compensada pelo ajuste de ganho do CSA de modo a equalizar o fator de correlação total para os dois canais e, assim, os sensores foram considerados adequados.

A.3.3 - Verificação da operação do CAD.

- Objetivo:

Avaliar a exatidão e precisão de conversão de tensões analógicas em valores digitais de ambos os canais do CAD.

- Procedimentos:

Com o CAD conectado ao microprocessador e alimentado pela tensão de 5 VCC regulada deste, foram aplicados a ambos os canais, simultaneamente, valores de tensão entre 0 e 5 VCC estabilizados por fonte externa e medidos com multímetro digital de 3 1/2 dígitos.

O microcomputador foi posto a funcionar executando a rotina LERAP e a cada nível de tensão foram anotados os valores digitais máximo e mínimo entre os 256 valores armazenados por canal. O processo foi repetido por cinco vezes consecutivas a cada nível de tensão.

- Tabela de resultados.

Notas: -o valor dito teórico corresponde à conversão em 8 bites aplicando-se ao conversor a tensão de referência inferior igual a 0 volt e superior igual a 5 volt. Assim:

$$Nt = (256 \cdot Ve) / 5$$

-em cada fileira de dados, o numero superior indica o máximo e o inferior, o mínimo entre 256 valores, obtidos por LERAP, em cada canal.

- Conclusões:

Na condição ideal, os 256 valores lidos por canal deveriam ser exatamente iguais ao valor teórico calculado, já que o sinal aplicado à entrada foi de corrente contínua em todos os níveis de tensão.

Os dados da tabela, entretanto, mostram um desvio máximo da ordem de uma unidade para mais ou para menos, que pode ser devido a três fatores:

- margem de erro inerente aos próprios conversores ADC 0820, especificada pelo fabricante como sendo da ordem de ± 1 bite menos significativo.

- captação de ruídos elétricos (indução) nos diversos circuitos do instrumento.

- variação nos níveis de tensão aplicados, seja de entrada ou de referência.

Qualquer que seja a razão, entretanto, 1 bite para mais ou menos corresponde, para uma entrada de 5 V, a mais ou menos 19,5 mV o que, traduzido em afastamento na faixa de utilização do instrumento, significa um desvio da ordem de menos de 1 μ m, o que é totalmente insignificante para os propósitos do instrumento.

Em assim sendo, o módulo conversor de sinais analógicos em digitais (CAD) foi considerado perfeitamente adequado no que se refere à precisão e exatidão de conversão de tensão, na faixa de utilização prevista.

A.3.4 - Verificação da temporização de leitura.

- Objetivo:

Avaliar a exatidão do intervalo entre leituras consecutivas quando da execução das rotinas LERAP e LELEN.

- Procedimentos:

Com o conjunto montado no torno com um dos sensores posicionado de tal forma que o seu campo de observação ficasse sobre o raio dos rebaixos da placa de testes, foram tomadas leituras com valores de varredura diferentes, em várias rotações da placa, medidas com conta-giros à base de luz estroboscópica, estando a placa ajustada para um mínimo de excentricidade.

Nessas condições, o rebaixo é detectado pelo sensor como um afastamento muito maior que a média e o sinal de saída respectivo é um pico de tensão, nítidamente definido pelo seu valor numérico correspondente, armazenado na memória, na tabela de dados.

Contando-se, posteriormente, o numero de intervalos entre dois valores de pico consecutivos e conhecendo o valor da rotação, foi possível calcular o tempo decorrido entre duas leituras consecutivas, pela relação:

$$IT = 60.000 / (4 \cdot N \cdot NIP)$$

onde: IT = intervalo entre duas leituras [ms]
 N = rotação da placa [rpm]
 NIP = nº de intervalos entre dois picos. []

Para a contagem do numero de intervalos entre dois picos foi utilizado o seguinte programa em BASIC:

```

10 REM ***** CALCULO DA MEDIA DOS 256 VALORES DE *****
      *****          LEITURA NO CANAL X          *****
      *****
12 LET M=0
14 FOR K=10752 TO =11264 STEP 2
16   LET M=M+ PEEK K
18 NEXT K

20 REM *****  CALCULO DO LIMITE DE CONSIDERACAO *****
      *****
22 LET LC=1.1*(M+M/2)
24 PRINT "LIMITE DE CONSIDERACAO: ";LC

30 REM ***** DETERMINACAO DAQUELES VALORES QUE *****
      *****          ULTRAPASSAM LC          *****
      *****
32 FOR K= 10752 TO 11264 STEP 2
34   LET V= PEEK K
36   IF V<=LC THEN GOTO 40
38   PRINT "ORDEM: ";(K-10752)/2,"VALOR: ";V
40 NEXT K
42 STOP

```

A execução desta rotina fornece a ordem, na sequência dos 256 valores de leitura do canal X, de cada um dos valores de pico. O numero de intervalos entre dois picos será dado pela diferença entre as suas ordens correspondentes

O intervalo esperado, em função do valor da varredura estabelecida, é dado pela relação:

$$IT \text{ esperado} = VAR / 255$$

- Tabela de resultados:

bloco nº	N [rpm]	VAR [ms]	Esperado		Obtido		(**) desvio %
			NIP	IT [ms]	NIP (*)	IT [ms]	
1	160	374,616	64	1,4690	60	1,5625	6,25
2	160	374,616	64	1,4690	61	1,5369	4,68
3	256	234,861	64	0,9210	60	0,9711	6,25
4	256	468,466	32	1,8371	30	1,9369	6,25
5	460	130,809	64	0,5129	62	0,5203	3,12
6	460	260,363	32	1,0210	33	0,9838	3,12
7	1000	59,4018	64	0,2329	59	0,2510	7,81
8	1000	119,588	32	0,4689	29	0,5042	9,37
9	1000	179,775	21	0,7049	19	0,7563	9,52
10	1000	179,775	21	0,7049	20	0,7300	5,00
11	1000	239,961	16	0,9410	14	1,0169	12,5
12	1000	299,128	12	1,1730	12	1,1857	0,00
13	1000	359,314	10	1,4090	10	1,375	0,00
14	1000	419,501	9	1,6451	8	1,7073	11,1
15	1000	419,501	9	1,6451	9	1,5789	0,00

NOTAS:

(*) - o numero de picos que ocorrem em um mesmo bloco de leituras varia com N e com VAR. Assim sendo, o valor do NIP usado para o cálculo de IT foi a média dos NIP de cada bloco.

(**) - o desvio indicado foi calculado pela relação:

$$\text{Desvio} = | 100 * (\text{NIPob} - \text{NIPesp}) / \text{NIPesp} |$$

- Conclusões:

A seleção, automática, entre as rotinas LELEN e LERAP obedece à seguinte regra, em função do valor escolhido para a varredura:

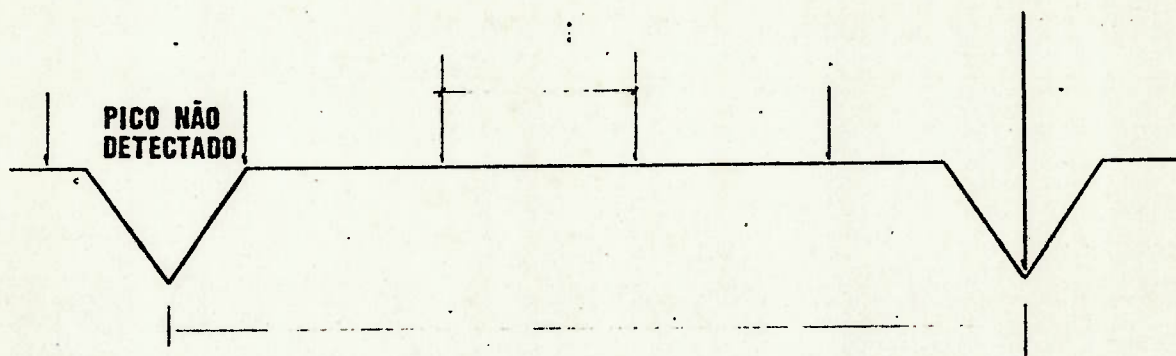
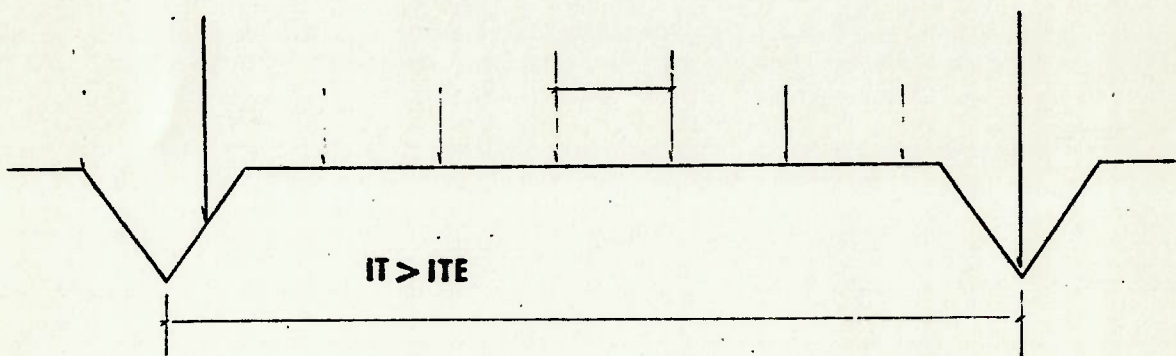
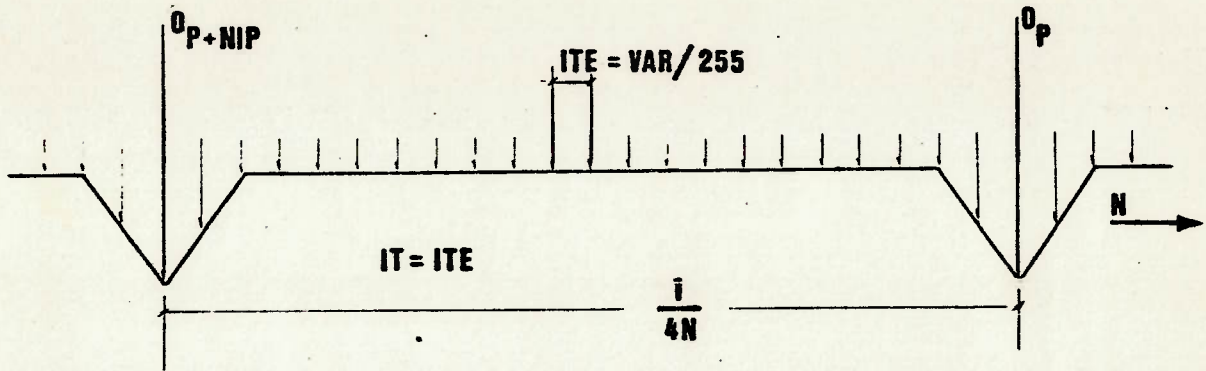
LERAP:	VAR < 16	[ms]
LELEN:	16 < VAR < 518	[ms]

Como a máxima rotação permitida para o torno é de 1000 rpm, o que corresponde a 60 ms para uma rotação completa, a menor varredura utilizada nos testes foi 59,4 ms que é a melhor aproximação possível de 60 ms.

Com isso, a rotina LERAP não foi acionada em nenhum dos blocos de leitura mas os resultados obtidos para LELEN são perfeitamente válidos para ambas (ver 2.7.4.c).

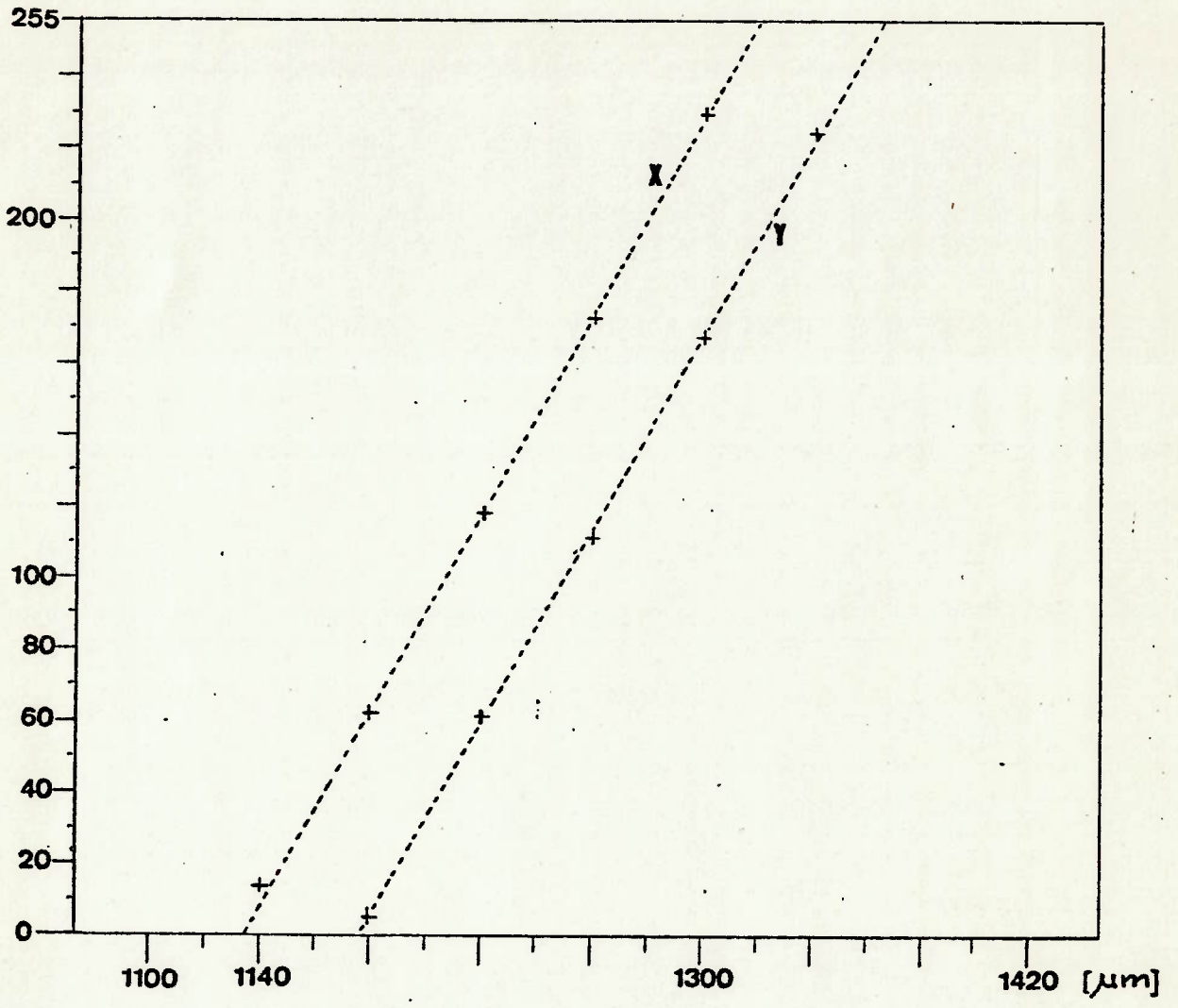
Foi observado um desvio médio de aproximadamente 5,6% entre o resultado esperado e o obtido, nos 15 blocos considerados.

Os rebaixos que provocam os picos têm um diâmetro que cobre cerca de 4 graus na circunferência em que estão localizados. Dependendo dos valores de N e VAR para um dado bloco, varia o número de leituras que ocorrem dentro do perímetro de um rebaixo e, também, o tempo de passagem do mesmo pelo sensor pode não ser um número exato de intervalos de leitura. Inerentemente ao procedimento, portanto, podem ocorrer desvios na determinação de NIP, ao ponto de um pico não ser detectado. A possibilidade de erro será tanto maior quanto maior for VAR em relação a $1/N$ conforme ilustrado no diagrama a seguir:



A ordem de grandeza dos desvios encontrados está coerente com a dos procedimentos e, por isto, o controle de temporização foi considerado satisfatório.

- Curvas de resposta:



- Conclusões:

A tabulação dos dados mostrou variações entre as cinco leituras de um mesmo afastamento, em ambos os canais e isto pode ser atribuído à dificuldade de se posicionar o carro porta-ferramenta do torno exatamente no mesmo ponto, a cada repetição do teste. Mesmo assim, as variações obtidas podem ser consideradas desprezíveis.

Verificou-se, também, uma diferença praticamente constante entre os valores absolutos de resposta de cada canal. Isto certamente é devido ao ajuste de compensação do ADM, que foi arbitrariamente efetuado para o afastamento inicial, e também não tem maior significado.

O ponto importante é que as curvas de resposta mostram boa linearidade do instrumento como um todo e que, também, a diferença entre os fatores de correlação dos sensores pode ser perfeitamente compensada na regulagem dos ganhos dos canais do CSA, resultando, praticamente, em um mesmo fator de correlação total:

$$K(X) = 1,33 \quad e \quad K(Y) = 1,36 \quad [\mu m]$$

obtidos pela relação:

$$K = DA / DM$$

onde: DA = diferença entre os afastamentos final e inicial com leitura positiva [μm].

DM = média das diferenças entre valores de leitura correspondentes

A.3.6 - Verificação do resultado numérico.

- Objetivo:

Avaliar a exatidão e precisão dos resultados numéricos dimensionais do instrumento, dinamicamente.

- Procedimentos:

Foram efetuadas diversas operações do instrumento com a placa girando em diversas rotações e diversos níveis de excentricidade controlada por relógio comparador.

--->

- Tabela de resultados

EXC. [μm]	ROT [Hz]	VAR [ms]	(*) Vpp X [μm]	(*) Vpp Y [μm]	(**) Fpico [Hz]
40	7,66	130,809	41,714	41,714	7,644
40	7,66	130,809	41,714	40,000	7,644
40	7,66	260,363	41,142	40,571	7,681
40	7,66	391,957	41,142	41,714	7,653
40	7,66	519,471	40,571	40,571	7,700
40	12,0	83,8844	40,571	40,571	11,92
40	12,0	166,513	42,285	41,714	12,01
40	12,0	333,811	41,714	41,714	11,98
40	12,0	500,089	41,142	41,142	11,99
40	7,66	130,809	41,142	41,714	7,644
12	7,66	130,809	16,000	17,714	7,644
12	7,66	260,363	16,571	16,571	7,681
75	7,66	130,809	73,142	71,428	7,644
75	7,66	260,363	73,714	72,000	7,681
75	19,6	51,2409	73,142	70,285	19,51
75	19,6	101,226	71,428	72,571	19,75
113	7,66	130,809	106,85	108,00	7,644
113	7,66	260,363	105,71	106,85	7,681

NOTAS:

(*) - Variação pico a pico da excentricidade da placa, simulando a vibração de um eixo.

(**) - Frequência do espectro onde foi obtido o pico de magnitude, ou componente principal da vibração.

- Conclusões:

Verifica-se, pela tabela, que a diferença entre o valor medido e o suposto para a excentricidade é maior para aqueles valores diferentes de $40 \mu\text{m}$. A provável razão para este fato está na imprecisão do ajuste da excentricidade da placa. Valores da ordem de $12 \mu\text{m}$ são pequenos mesmo para o relógio comparador de $0,001 \text{ mm/DIV}$ utilizado e, quando da ordem de $75 \mu\text{m}$ ou mais obrigam a utilização do relógio de $0,01 \text{ mm/DIV}$. Por este motivo é que a maior parte do teste foi efetuada com excentricidade de $40 \mu\text{m}$ pois este valor é de fácil e preciso ajuste com o relógio de $0,001 \text{ mm/DIV}$.

Outro ponto a notar na tabela é o fato da determinação da frequência principal ser tanto mais próxima da frequência de rotação quanto maior é o valor da varredura, mantendo-se a rotação. Isto é devido ao fato de que aumentar a varredura significa captar mais de um giro, para a mesma rotação e, isto, implica em diminuir a dispersão na execução da Transformada de Fourier quando não é possível fazer coincidir o tempo de varredura com o de um número inteiro de giros.

Considerando globalmente os resultados obtidos no teste, o funcionamento do instrumento foi adequado aos propósitos com os quais foi concebido.

A.3.7 - Roteiro para utilização do ADM.

a) Instalação:

1. Usando cabos coaxiais comuns de microfone, um para cada canal, com terminais "tipo banana" em uma ponta e terminais "tipo RCA" de áudio na outra, ligar a saída de sinal dos monitores BENTLY à entrada do ADM. No monitor, a malha deve ser ligada ao terminal rotulado "common".

** Quando a máquina não possui sensores BENTLY:

- instalar os sensores conforme o manual de instruções do fabricante, ajustando o afastamento inicial para uma saída de -7,5 VCC e alimentando com fonte de tensão regulada em, no mínimo, -17,5 V, com capacidade para 200 mA ou mais.

2. Ligar o cabo de saída para o monitor de vídeo (cabo de RF, impedância 75Ω com balun de 300Ω no lado do monitor e terminal "RCA" no outro).

3. Ligar os cabos de entrada e saída para o gravador (cabos coaxiais comuns para microfone, com terminais "tipo Pl").

4. Ligar o cabo de força em uma tomada de 110 VAC

**** NOTA ****

Durante a instalação, os interruptores do instrumento devem estar desligados, para evitar surtos de corrente que podem provocar danos aos conversores AD.

b) Operação:

1. Ligar o monitor de vídeo para recepção pelo canal 3 do sintonizador
2. Ligar o interruptor de +5/+12 VCC do instrumento. As luzes correspondentes devem acender e surgir, na tela da TV, a imagem de espera de comando produzida pelo TK 85.
3. Ligar o interruptor de ± 18 VCC do instrumento. As luzes correspondentes devem acender e, dependendo da posição dos potenciômetros de ajuste de compensação DC, também as acima deles.
4. Ajustar a posição dos potenciômetros de compensação de maneira a apagar a indicação, no limiar de apagamento das luzes.
5. Digitar o comando direto em BASIC:

```
RAND USR 12288      <<NEW LINE>>
```

6. Preencher os dados do cabeçalho.
7. Quando na tela aparecer o subtítulo "VARR:", digitar o valor desejado para a varredura, em milissegundos que, para se obter 256 leituras no período de uma rotação do eixo, deve ser calculado pela relação:

$$\text{varredura [ms]} = 60000/\text{rotação [rpm]}$$

ou seus múltiplos, para mais períodos.

8. Operar as funções desejadas, digitando diretamente a tecla da letra correspondente à função, descritas no capítulo II, ítem 7.6, na página 49 deste trabalho.

c) Utilização em paralelo do monitor BASIC:

Digitando <> dentro do programa ADM, o controle da operação do micro retorna ao monitor TK 85.

Nessa condição podem ser executadas rotinas programadas em BASIC, ou mesmo em ASSEMBLER, sem prejuízo para os dados que porventura estejam armazenados nas áreas de memória controladas pelo ADM. Tais dados somente serão destruídos se o instrumento for desligado ou se o interruptor de "reset" for acionado.

O retorno para o controle do microcomputador pelo ADM sem que os dados sejam destruídos deve ser feito pelo comando direto em BASIC:

```
RAND USR 12656
```

```
<<NEW LINE>>
```

quando então surgirá o cursor de espera do ADM na tela limpa. Se a perda dos dados não for um problema, pode ser usado o comando normal de entrada para o ADM.

Seja qual for a forma de retorno, nem o programa nem o conteúdo das memórias controladas pelo monitor BASIC serão destruídos.

d) Teste de funcionamento do ADM.

É conveniente efetuar, periodicamente, a execução das rotinas de teste de funcionamento do programa ADM. O procedimento para isto é o seguinte:

1. Reiniciar a execução pelo comando <<C>>.
2. Introduzir o cabeçalho.
4. Quando surgir o subtítulo "VARR:", digitar, em sequência:

<< N. L. >>

<<SHIFT>> <<L>>

<<F>>

5. Quando surgir a mensagem "EXECUTADO", digitar:

<<D>> e, depois, <<SHIFT>> <<D>>

que terá como resultado a seguinte tela:

```

DATA : *
OPER : *
MAQ  : *
MAN   : *
VARR : 4.4727894 *
VHOR : 91.428573 *
VVER : 91.428573 *
160
0
160
0
0.57142858
.0022321429
3249.65
■

```

6. Digitar:

<<M>> ou <<N>>

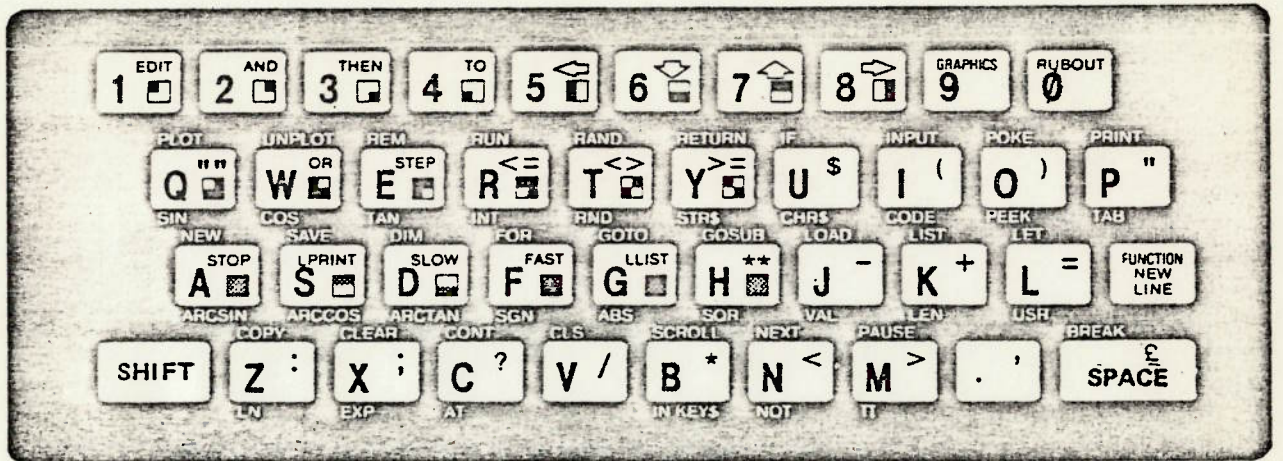
para entrar no subconjunto de funções que acionadas, deverão fornecer os seguintes resultados:

RAIA....	FASE.....	FREQUENCIA.....	MAGNITUDES X E Y.
0	0	0	45.71428
1	0	0.2235	58.20816
2	0	0.4471	0
3	0	0.6707	19.40665
4	0	0.8942	0
5	0	1.1178	11.64847
6	0	1.3414	0
7	0	1.5650	8,32547
8	0	1.7885	0
9	0	2.0121	6.48068
10	0	2.2357	0
11	0	2.4593	5.30752

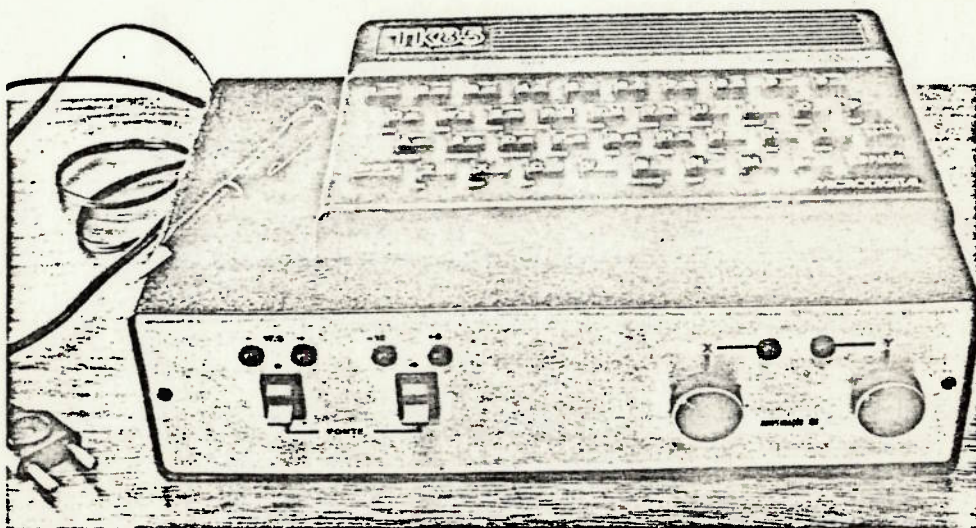
Se, obedecidos os procedimentos de teste, os resultados obtidos não forem idênticos aos apresentados, então o programa sofreu alguma alteração aleatória e a sua operação não mais é confiável. A solução mais prática é substituir as memórias EPROM por outras contendo o programa objeto listado neste Apêndice, item A.1.5, pág.A_45.

*** FIGURAS DE REFERENCIA ***

PAINEL FRONTAL



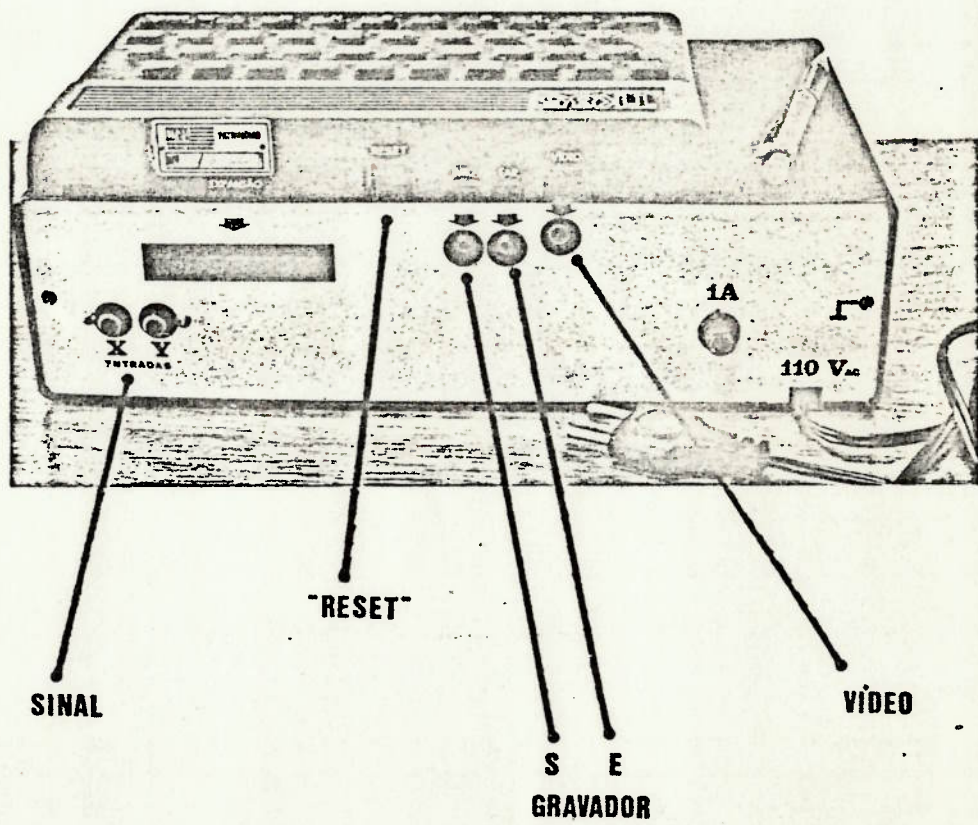
TECLADO



±18 5 E 12 V
FONTES

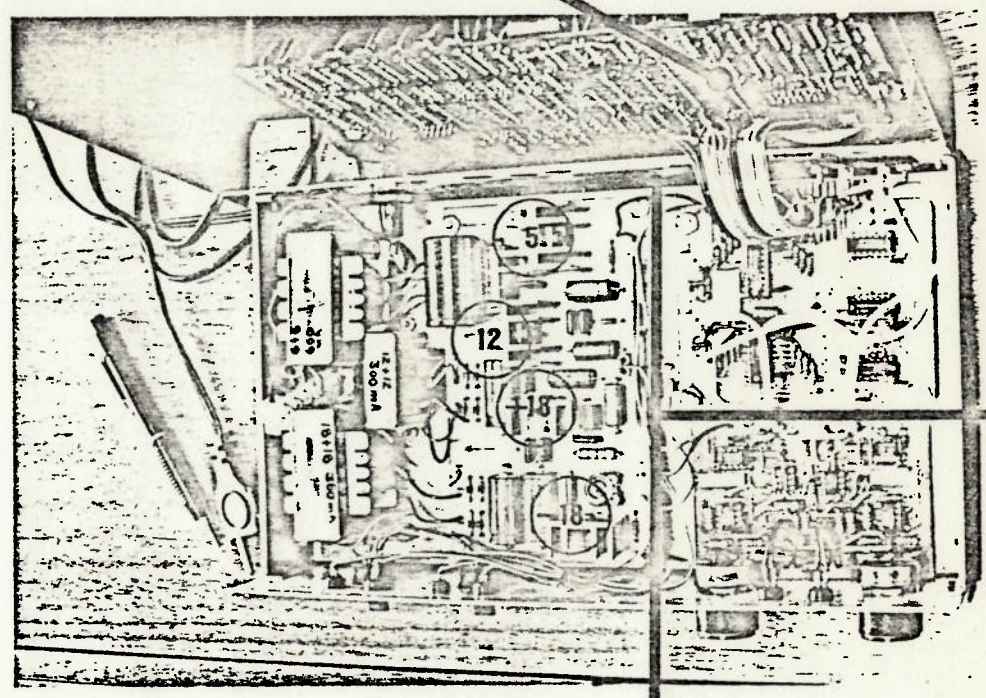
X Y
COMPENSAÇÃO

PAINEL TRAZEIRO



VISTA INTERNA

MICROCOMP.



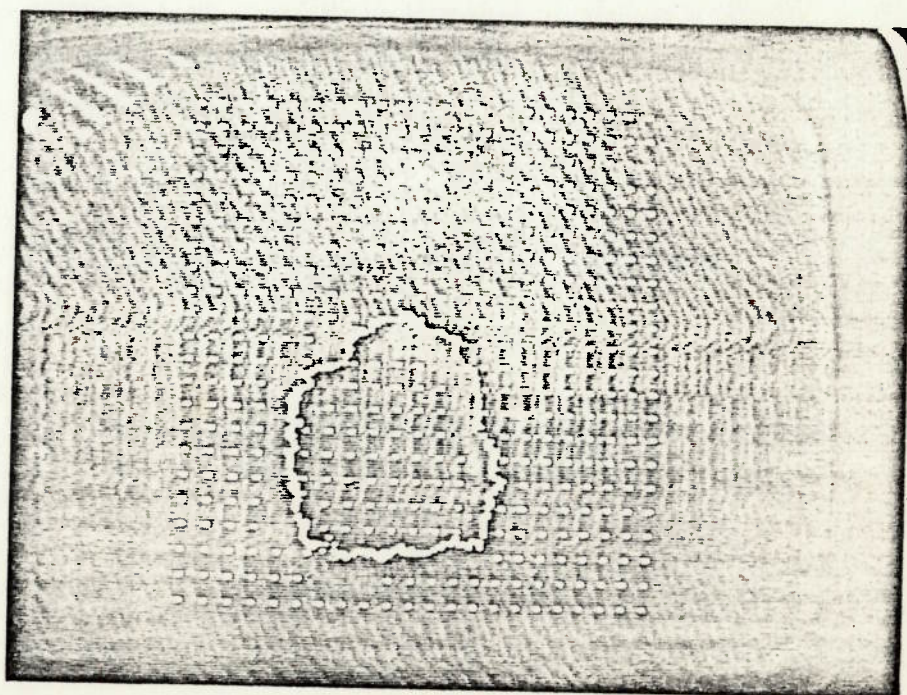
CAD

FONTES

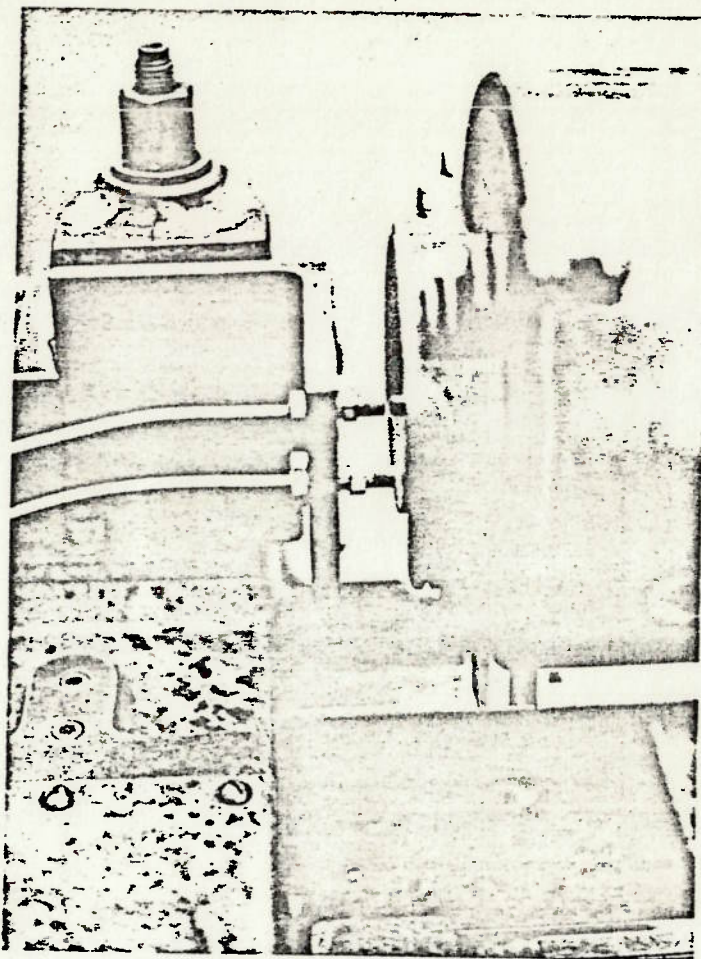
CSA

EM OPERAÇÃO

DATA = 01 AGOSTO 1953
OPER = 01000000 NO 2
PRO = 0100 700 000
HANI = 010000 000000
DARR = 0100 0000
DOPR = 01 0000
DVER = 01 0000



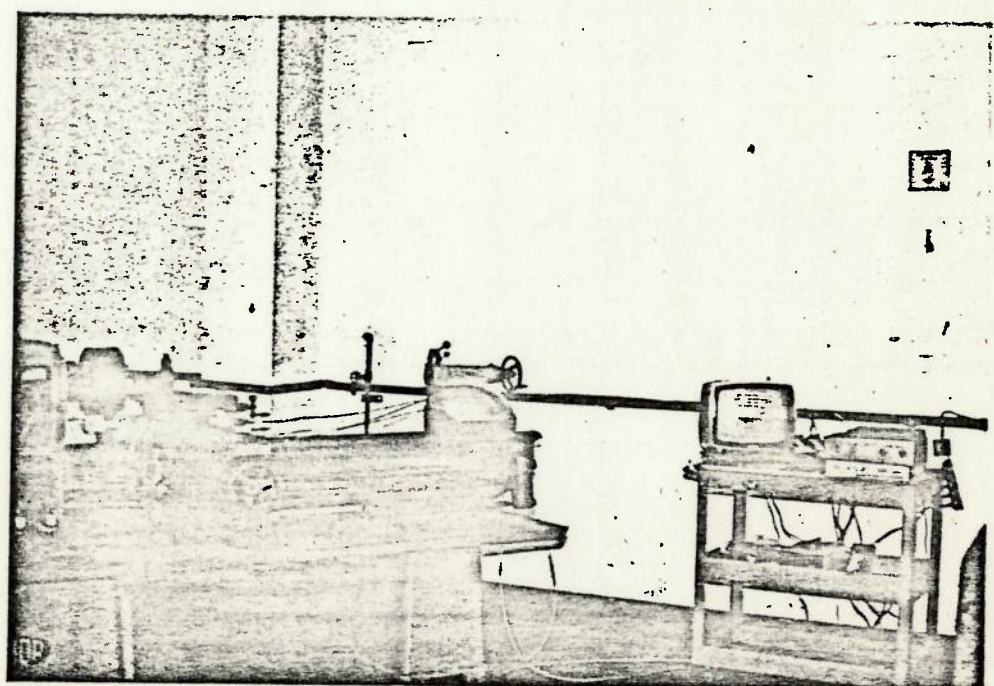
MONTAGEM DOS TESTES



SENSORES



CONJUNTO



BIBLIOGRAFIA.

- [1] - FRADENECK, R. J.; TOHMAS, R. D.; ZACKEY, R. T.;
Low Cost, Dynamic Predictive Maintenance System
at Bethleen Steel; Iron and Steel Engineer,
April, 1984.

- [2] - -----; The Role of Vibration Measurement and
Analysis; Information Paper; Bruel & Kjaer Corp.

- [3] - TAKADA T.; A Study for Engineering System for
Predictive Maintenance; Nippon Steel Co.

- [4] - DOWHAM, E.; WOODS, E.; The Rationale of Monitoring
Vibration on Rotating Machinery in Continuous
Operating Process Plant; Journal of Engineering
for Industries, Transactions of ASME, June, 1971.

- [5] - COLLACOTT, R. A.; Mechanical Fault Diagnosis;
1st. Ed., 1977, Chapman and Hall Ltd..

- [6] - HIRUMA, M.; FURUHAMA S.; Measurement of Journal
Locus in Con-Rod Big-End Bearing of an Automo-
bile Gasoline Engine; Journal of Lubrication
Technology, Trans. of ASME, April, 1973.

- [7] - ROSS, J. M.; Bearing Orbit Analysis;
Machine Design, October, 1971

- [8] - SHEA, J. M.; Vibration Monitoring; Mechanical Engineering, October, 1969.
- [9] - BENTLY, D. E.; Proximity Measurement for Engine System Protection and Malfunction Diagnosis; Diesel and Gas Turbine Progress, March, 1972
- [10] - MADDOX, V.; Vibration Monitoring and Diagnostic Instrumentation for Industrial and Marine Gas Turbine; Gas Turbine Conference, ASME, 1973.
- [11] - MCHUGH, J. D.; Estimating the Severity of Shaft Vibration within Fluid Film Journal Bearing; Journal of Lubrication Technology, Transactions of ASME, July, 1983.
- [12] - BENTLY D. E.; Vibration Measurement - Basic Parameters for Predictive Maintenance on Rotating Machinery; Application Note, 1979, Bently Nevada Corporation.
- [13] - REYNOLDS, O.; Phil. Trans. (1886) in Cameron, Alastan, Basic Lubrication Theory; 3rd Edition, 1981, Ellis Horwood.
- [14] - CAMERON, A.; Basic Lubrication Theory; 3rd Ed., 1981, Ellis Horwood.

- [15] - FULLER, D. D.; Theory and Practise of Lubrication for Engineers; 1st. Edition, 1956, John Willey & Sons.
- [16] - HERSEY, M. D.; Theory and Research in Lubrication - Foundations for Future Development; 1st Ed., 1966, John Willey & Sons.
- [17] - RAO J. S.; Rotor Dynamics; 1st Edition, 1983, Willey Eastern Ltd.
- [18] - GILSTRAP M.; Housing Measurement Transducers; Orbit, July, 1984, Bently Nevada Corp.
- [19] - GILSTRAP M.; Shaft versus Housing Measurement; Orbit, June, 1983, Bently Nevada Corp.
- [20] - BENTLY, D. E. et all; Machinery Protection and Diagnostics Topics; Application Note, 1977, 1980, Bently Nevada Corp.
- [21] - CARR J.; Digital Interfacing with Analog World; 1st Edition, 1978, Tab Books Inc.
- [22] - COOK N. H.; RABINOWICS, E.; Physical Measurement and Analysis; 1st Ed., 1963, Addison Wesley Co.

- [23] - DOEBELIN, E.O.; Measurement Systems; 2nd Edition, 1975, McGraw Hill Inc.
- [24] - -----; Proximity Probes and Related Accessories General Guideline for Instalation Considerations and Practises; Application Note, 1978, Bently Nevada Corp.
- [25] - NOGUEIRA PAULA, R. A.; Sistema de Monitoração de Máquinas de Grande Porte; 4º Seminário de Instrumentação, 1984, IBP / CNPq.
- [26] - AUSLANDER, D. M.; SAGUES, P.; Microprocessor for Measurement and Control; 1st Ed., 1981, McGraw Hill Inc.
- [27] - -----; Short Vibration Transducer Comparison, Technical Brief nº 19-016; Bruel & Kjaer.
- [28] - JACKSON C.; New Look at Vibration Measurement; Hydrocarbon Processing, Vol.48, January, 1969.
- [29] - JACKSON C.; Vibration Measurement on Turbo-Machinery; Chemical Engineering Progress, Vol. 68, March, 1972.

- [30] - BERLIN, H. M.; Design of Op-Amp Circuits with Experiments; 1st Edition, 1977, Howard W. Sams & Co.
- [31] - WAIT, J. V.; HUELSMAN, L. P.; KORN, G. A.; Introducción al Amplificador Operacional. Teoría y Aplicaciones; 1a. Edición Castellana, 1975, McGraw Hill Inc.
- [32] - MORRIS, N.; Industrial Electronics; 2nd. Ed., 1978, McGraw Hill Inc.
- [33] - -----; 7200 Series Proximito Specification; Instruction Book, 1976, Bently Nevada Co.
- [34] - -----; Non-contacting Vibration and Axial Position Monitoring System; 1st Ed., June, 1976, API Standard.
- [35] - -----; Caderno Especial da 3a. Feira Internacional de Informática; Micro Sistemas, nº.26, novembro de 1983, ATI Editora Ltda.
- [36] - BARDEN, W.; The 280 Microcomputer Handbook, 1st Ed., 1978, Howard W. Sams & Co.

- [37] - SCHON, B. W.; A Um Passo da Resolução Gráfica
Maior; Microbits, nº 5, setembro de 1983.
- [38] - SCHON, B. W.; Como Criar Caracteres Especiais
no seu Micro; Microbits, nº 6, outubro de 1983.
- [39] - ROSSINI, F.; Linguagem de Máquina para o TK,
1a. Ed., 1983, Editora Moderna.
- [40] - LIMA, D. S.; Código de Máquina para o TK; 1a.Ed.,
1983, Micron Eletrônica Com. Ind. Ltda.
- [41] - SCHAEFFER, M.; Usando Linguagem de Máquina -
Aplicações em Assembly Z80; 1a. Edição, 1985,
Editora Moderna.
- [42] - DEGIOVANI, R.; O Sistema Operacional do ZX-81;
Micro Sistemas, nº 25/7, 1983, ATI Editora Ltda.
- [43] - OSBORNE, A.; An Introduction to Microcomputers;
2nd Ed., Vol.1, 1980, Osborne/McGraw Hill.
- [44] - CIARCIA, S.; Construa o seu Próprio Computador U-
sando o Z80; Tradução 1984 Souza, E. B., Franco,
P. S.; McGraw Hill do Brasil Ltda.

- [45] - LEVENTHAL, L. A.; Z80 Assembly Language Programming; 1st Ed., 1979, Osborne/McGraw Hill.
- [46] - SCHON, B..W.; O seu Micro e o Mundo Externo; 1a. Ed., 1985, Editora Moderna.
- [47] - -----; Linear Supplement Databook; 1984 Ed., National Semiconductor Corporation.
- [48] - BRIGHAM, E. O.; The Fast Fourier Transform; 1st Ed., 1974, Prentice Hall Inc.
- [49] - JACKSON C.; Balance Rotors by Orbit Analysis; The Practical Vibration Primer, 1979, Gulf Publishing Company.
