

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE FÍSICA

CONTROLE E COLETA DE DADOS COM MINICOMPUTADORES
UM SISTEMA PARA EXPERIÊNCIAS EM EFEITO RAMAN

Philippe Olivier Alexandre Navaux

Dissertação realizada sob a orientação do Dr. John D. Rogers e Eng. Celso S. Müller e apresentada ao Instituto de Física da UFRGS para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Trabalho parcialmente financiado pelas seguintes Instituições: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, Comissão Nacional de Energia Nuclear e Conselho Nacional de Pesquisas.

Porto Alegre

- 1973 -

AGRADECIMENTOS

Aos orientadores Dr. John Rogers e Eng^o Celso Müller pelas sugestões e apoio.

Ao Eng^o Sérgio M. Bordini pelas excelentes sugestões apresentadas.

Ao Dr. Harvey Rutt do Grupo do Laser pelas informações.

Aos colegas da Divisão de Física Aplicada pela cooperação.

Especial à minha esposa que ajudou na redação deste trabalho.

À Sra. Graça Bordini que datilografou e ao Sr. Sérgio R. Teixeira pelos desenhos.

Agradecimentos especiais ao meu pai pelo incentivo que me deu.

SINÓPSE

Este trabalho descreve o acoplamento entre um mini-computador genérico e uma experiência de defeito "RAMAN", com vistas ao controle e aquisição dos dados da mesma.

O "Hardware" é baseado num sistema do tipo barramento. Esta interliga as diversas placas de circuitos lógicos como intervaladores (timers), relógios (clocks), contadores (scalers), e controles específicos, ao minicomputador, através de uma placa padronizada de "dezesseis bits de entrada e saída" (16 I/O); placa esta que em geral os computadores possuem.

No "Software", temos um grupo de subrotinas em Assembler passíveis de serem chamadas por qualquer linguagem de alto nível como "Fortran" ou "Algol". Esta estrutura permitirá a comunicação direta entre a linguagem alta com as placas de controle. O retorno da informação será feito através de um sistema de interrupção (interrupt). Portanto, este sistema permitirá a um programa em linguagem alta, controlar automaticamente a experiência.

ABSTRACT

This work describes an interface between a generic minicomputer and a Laser Raman spectrometer for control and data acquisition in experiments.

The hardware of the system is based on a bus structure, linking various boards of logic circuitry. Included are counters, timers, clocks, and special circuits for communicating with the computer through standard 16 bit IO interface cards of the type furnished by most manufacturers.

The software is designed as a set of Assembly language subroutines callable by high level languages such as Algol or Fortran. Information is transmitted into the computer through the interrupt system. This structure permits direct control of the data acquisition and experimental parameters by programs in the high level languages, facilitating the design of flexible and powerful control programs for diverse experimental conditions.

I N D I C E

-3-

Sinopse	1
Abstract	2
Índice	3
I- Introdução	6
- Finalidade	6
- O Efeito Raman	6
- A Experiência de Efeito Raman no Instituto de Física	7
- Histórico do trabalho	10
- Tabela de Especificações	11
- Solução	13
- Comandos necessários para controle da experiência	15
II- Hardware	17
- Entrada de dados para o controlador	17
- Saída de dados do controlador	20
- Placa A (entrada)	21
- Placa B (saída)	22
- Placa D (controle)	23
- Contadores	24
- Placa C (intervalador do motor)	27
- Placa F (intervalador de canal)	27
- Placa E (contador)	28
- Placa G (externa)	29
- Painel	30
- Interconexões com fio enrolado	31

III- Software	32
- A linguagem de baixo nível	32
- Subrotina ARRAT	34
- " PARAM	34
- " HUNEX	36
- Saída dos dados do controlador	37
- Linguagem alta	40
IV- Funcionamento	43
V- Conclusões	48
- Versatibilidade	48
- Modificações	49
- Um teletipo no barramento	50
- O barramento como extensão das entradas e saídas do computador	50
- O uso das placas	51
- Especificações dos circuitos	52
- O programa de interrupção numa área protegida	52
- Armazenamento dos dados no disco	53
- Sincronismo	53
- A posição do Espectrômetro	54
- O estudo Econômico	54
- Conclusões finais	56

I- I N T R O D U Ç Ã O

Serão abordados neste capítulo os fatores que determinam a escolha de um controlador para experiências em efeito Raman do tipo meio "Hardware" meio "Software". Incluiu-se além disto uma explicação do efeito Raman e sua aplicação no Instituto de Física da UFRGS.

A finalidade deste trabalho

O objetivo específico deste trabalho é controlar uma rede de difração de um espectrômetro cujo acionamento é feito através de um motor, e contar os pulsos provenientes da fotomultiplicadora acoplada com o espectrometro.

O efeito Raman

Quando um feixe de luz incide num gás, líquido ou sólido transparente, uma parte da luz sofre espalhamento em todas as direções.

Se a luz incidente possui uma linha discreta (frequência) do espectro e o espectro da luz espalhada for investigado, veremos que a luz espalhada possui exatamente as mesmas frequências que a luz incidente. Este espalhamento é chamado de "Rayleigh scattering" (espalhamento Rayleigh). Se tomarmos uma fotografia do espectro da luz espalhada, veremos que as linhas de mesma frequência da incidente estarão superexpostas e, além disto, aparecerão algumas fracas linhas adicionais de frequência diferente da fonte de luz. Este fenômeno, predito pela teoria de Smekal, foi descoberto por Raman e seus colaboradores.

Hoje é conhecido comumente por efeito Raman.

A comparação do comprimento de onda destas linhas adicionais com as linhas de maior intensidade do feixe incidente (Rayleigh lines) mostra que cada linha original está acompanhada, no efeito Raman, por uma ou mais linhas fracas, tais que o deslocamento (em cm^{-1}) entre as linhas Raman e as de excitação é independente da frequência destas últimas. Se outra fonte de luz com espectro diferente for usada, outras linhas Raman serão obtidas do espalhamento da mesma substância. No entanto, os deslocamentos entre as linhas Raman e a linha de excitação serão as mesmas. Para diferentes substâncias espalhadoras os deslocamentos têm diferentes magnitudes. Conclui-se que os deslocamentos Raman são característicos da substância em consideração.

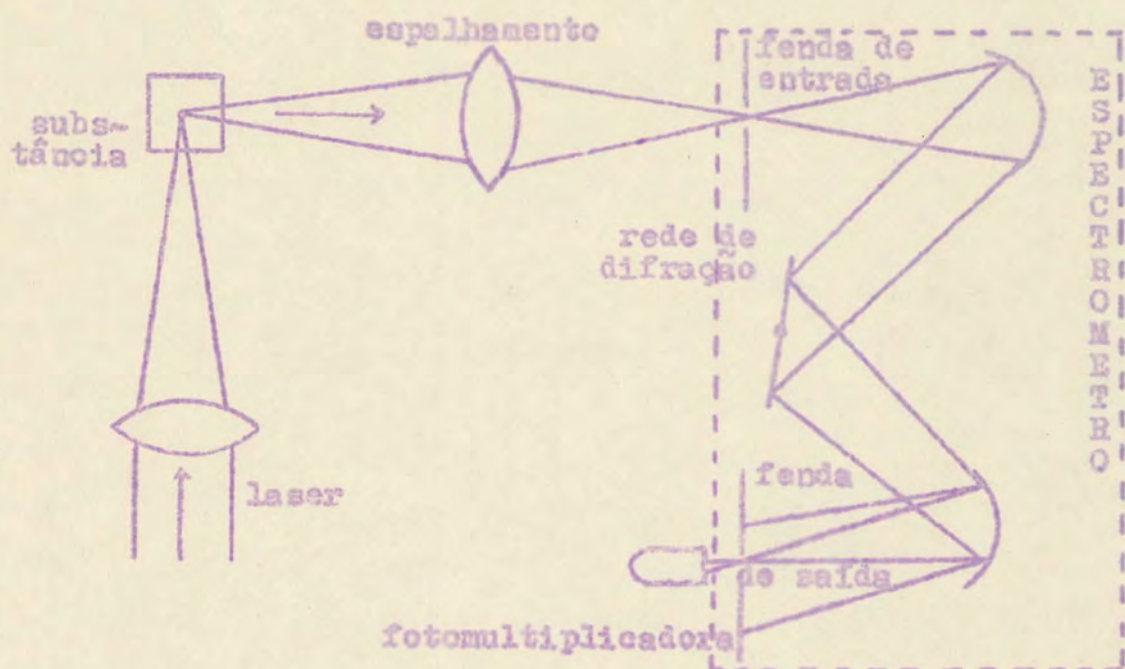
O espectro Raman fornece a semelhança do espectro infravermelho, diversas informações sobre a molécula, como as frequências dos modos de vibração e dos modos de rotação. Pelo fato do efeito Raman referir-se a ligações intermoleculares, ele é utilizado para determinar como num composto os átomos e moléculas interligam-se entre si. Pode-se até determinar qual é a substância pelo estudo comparativo das linhas Raman. Em química ele é muito utilizado para a identificação de radicais. Conclui-se, portanto, que é bastante importante este efeito no estudo de estruturas tanto interatômicas como intermoleculares.

A experiência de Efeito Raman no Instituto de Física

Veremos agora especificamente a experiência que foi objeto deste trabalho.

A luz incidente é fornecida por um laser de Argo -

nio (Argon Ion laser) e portanto existe apenas uma frequência para a excitação da substância. A luz coerente do laser incide sobre um sólido transparente ou um líquido e o resultante espalhamento é utilizado para o estudo das linhas Raman. Estas irão entrar no espectrômetro para a análise das frequências resultantes. No desenho esquemático abaixo pode-se melhor entender o funcionamento.



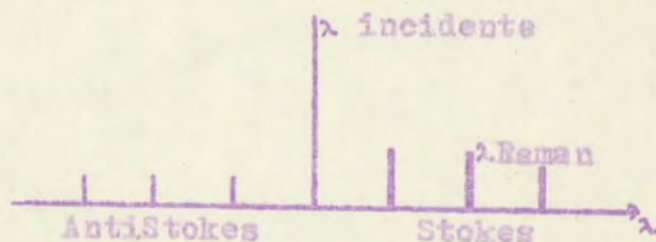
A luz do laser é focada na substância (se necessário). O espalhamento resultante é então focalizado na fenda de entrada do espectrômetro, indo incidir num espelho concavo. Este irá paralelizar a luz e incidir na rede, onde a luz sofrerá difração e irá incidir em outro espelho concavo, que focalizará a luz na fenda de saída. Atrás desta fenda estará a fotomultiplicadora, que fornecerá os pulsos para contar a quantidade de fótons incidentes na fenda de saída. Pela rotação da rede é possível fazer com que frequências diferentes incidam na fenda, ob -

tendo-se assim uma varredura do espectro.

No caso do espectrômetro usado, este processo de difração é repetido duas vezes antes de chegar na fotomultiplicadora. Portanto, existem duas redes de difração ligadas ao mesmo sistema.

Como já foi visto na explicação anterior, as linhas devido ao efeito Raman aparecem acima e abaixo da linha do laser (luz incidente). As linhas abaixo, chamadas Anti Stokes são decorrentes de que a luz incidente recebeu um acréscimo de energia pelo efeito Raman.

$$W_{\text{incidente}} + n \cdot W_{\text{Raman}} = W_{\text{espalhado}}$$



As linhas superiores são as Stokes e decorrem do processo de absorção de parte da energia

$$W_{\text{incidente}} - n \cdot W_{\text{Raman}} = W_{\text{espalhado}}$$

Normalmente, medem-se as linhas Stokes (absorção) pelo fato deste fenômeno ser mais provável e portanto estas linhas são mais fortes que as AntiStokes (maior quantidade de pulsos para informação).

No Instituto de Física estuda-se não somente o espalhamento de vibrações internas, mas também o espalhamento de vários tipos de excitações do material, tais como phonons, excitons, polaritons e outras excitações elementares.

Histórico do trabalho

Atualmente no Instituto de Física existe uma tendência a automatizar todas as experiências, tanto no seu controle como na sua saída de dados. Seguindo a evolução desta idéia foi solicitado pelo grupo de laser à Divisão de Eletrônica um controlador que permitisse comandar uma rede de um espectrômetro, assim como armazenar o número de fótons.

Partindo disto, foi pedido ao Dr. Harvey Rutt especificações detalhadas do projeto, que estão reproduzidas na Tabela I. Com as mesmas, realizou-se um estudo da viabilidade da sua execução somente em "Hardware". Concluiu-se após detalhados estudos que deste modo precisar-se-ia de no mínimo 23 placas de circuitos lógicos, cada uma com capacidade de 24 circuitos integrados, e mesmo assim não se executariam todas as especificações.

No entanto, pode-se controlar a experiência com 8 ou 9 placas, porém sem saída de dados. Todo o problema resume-se no grande consumo de circuitos lógicos que acarreta a saída das informações.

Outro detalhe que depõe contra a execução do controlador somente em "Hardware" é o fato de constituir-se numa estrutura rígida. Se no futuro fosse necessária uma alteração da experiência, ou então uma nova saída de dados, isto implicaria numa mudança da lógica e portanto da montagem dos circuitos.

Especificações:

Control Unit

- Contains
- Precision Clock
 - Channel counter (extend to 30,000 decimal)
 - Channel DAC switched to MSB's of channel counter
 - "Stop" decoder (128, 256, 512, 1024... 2^N)
 - Time/Channel (0.5 sec 128 sec) same plus "fast" counter - max speed forward to stop channel
 - $\text{cm}^{-1}/\text{channel}$ (1 pulse = $1/20 \text{ cm}^{-1}$)
- Controls
- "Run", "Stop", "Reset" (channel counter)
 - Time/channel
 - $\text{cm}^{-1}/\text{channel}$
 - n° of channels (Auto stop decoder)
- Inputs
- Pause (for teletype interlock, etc)
- Outputs
- Channel advancing (to gate off PMT pulses, etc)
+ output at half channel time (in 8 sec/channel gives pulse at 4 sec)
 - Spectrometer drive pulses
 - DAC output

Auto Reset Unit

- Contains
- Counter (contents N) for spectrometer drive pulses (to decimal 60,000)
- Controls
- "Retrace" Action Runs spectrometer backwards. By N + 128 pulses, then forwards by 128 pulses.

CONTINUAÇÃO DA TABELA I

- "Clear" (counter)
- "Set" ($N = 16, 32, 64 \dots 2^N$)
- Emergency stop

- Outputs
- Spectrometer drive pulses
 - "Retracing"

"Y" Channel

- Contains
- Fast scaler (minimum 10 Mc/s, preferably to 25 ns, FPS (Pulse per second) up-down if possible) to decimal 10^7
 - Memory for above (scaler copied to memory at start of control channel advance unless inhibited by TTY control)
 - DAC switched to MSE's of memory

- Controls
- DAC full scale
 - Up-down remote (up 1/2 down 1/2)

- Inputs
- Gate (from control unit channel advancing, etc, or external)
 - Up/down

- Outputs
- Memory output to TTY interface
 - Y DAC output

"TT Interface"

- Outputs memory contents to TT in ASCII, generates page layout etc, and inhibits channel advance unless last output has terminated

Foi considerado também o fator "custo" que sempre é de grande peso em qualquer trabalho. Como emprego das 23 placas acarretaria na utilização de grande número de circuitos integrados, isto automaticamente implicaria em muitas horas de trabalho de montagem e portanto seria o neroso.

Além disto, outro fator de grande importância é a confiabilidade. Numa montagem complexa a possibilidade de incidência de erros aumenta muito, além do fato de tornar-se difícil sua determinação.

Solução

Por estes fatores, além de outros, resolveu-se adaptar para o controle da experiência um sistema tanto "Software" como "Hardware".

Verificou-se que esta idéia era a mais interessante pois, além de atender a todas as especificações, permitiria que futuras modificações fossem relativamente fáceis de implementar.

Resumiu-se a parte de "Hardware" a umasete placas sendo que apenas quatro foram utilizadas na sua total capacidade de circuitos integrados. As outras três são apenas placas para interligação com o computador ou de comunicação externa.

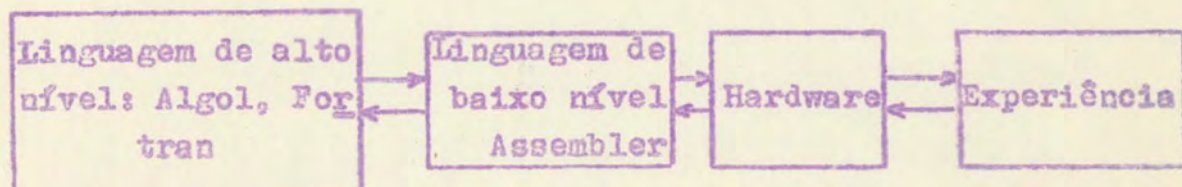
A parte de controle sob a responsabilidade do "Software" ficou a cargo de um minicomputador. A interligação entre o "Hardware" e o "Software" foi feita de tal maneira que permitisse o uso de qualquer tipo de minicomputador, desde que possuísse uma placa de "dezesseis bits de entrada e saída".

Outro fato que pesou muito a favor do uso de um computador foi que as saídas de dados tornaram-se muito

mais fáceis. O próprio "software" encarrega-se da formatação dos dados para uma saída, que tanto pode ser uma tele tipo como uma perfuradora de papel, ou um registrador gráfico, assim como qualquer periférico usualmente ligado a um computador. Além disto, pode-se efetuar diversas operações matemáticas com os dados no minicomputador antes da saída dos resultados.

É oportuno salientar-se que o "software" é dividido em duas partes. Existe uma subrotina em Assembler (linguagem de baixo nível) que enviará e receberá diretamente as informações do "Hardware", enquanto que os comandos virão do programa em linguagem alta. Será o programa em Algol, Fortran ou outra linguagem que, através da subrotina em Assembler, irá comandar a experiência. É este programa que decide os comandos a serem enviados e que recebe os resultados; sendo a subrotina apenas uma decodificadora e interpretadora dos comandos ou dados vindos do "programa" para o "hardware" ou vice-versa, isto é, do "hardware" para o "software".

Assim, o próprio usuário terá a liberdade de programar e modificar a experiência, como e quando quiser, sem o auxílio de um programador.



Comandos necessários para o controle da experiência

Serão vistos agora todos os controles necessários para comandar a rede do espectrômetro (marca Jarrell Ash) e para contar os pulsos da fotomultiplicadora.

Teremos um "contador" para contar os pulsos provenientes da fotomultiplicadora e um "temporizador" para dar o tempo de cada canal. A informação do contador será armazenada no canal respectivo. Como o tipo de medida desta experiência é "multiscaling" (varredura de canais), cada canal corresponderá a uma dada posição ou zona da rede do espectrômetro. Isto dependerá da rotação ser descontínua ou contínua. Obtem-se desta maneira nos canais uma varredura do espectro através da rotação da rede.

Como o acionamento do motor do espectrômetro (rede) é incremental, serão necessários pulsos para avançar este, e um nível lógico para controlar o sentido da rotação "para frente" ou "para trás". Os pulsos precisarão ser controlados de maneira a virem sob a forma de trens de pulsos espaçados por tempos constantes, ou então de pulsos com intervalos de tempo constante.

Quando tivermos trens de pulsos a operação será do tipo "descontínuo". Isto quer dizer que os pulsos da fotomultiplicadora serão contados durante certo tempo num canal, após o que será ativado o motor até a nova posição da rede, recomeçando-se então a contagem do número de ftons (pulsos) no novo canal.

A forma "contínua" ocorrerá quando o motor for ativado sempre, independentemente da mudança de canais. Portanto, durante a duração de um canal este possuirá diversos incrementos da posição da rede.

Outro controle necessário foi o denominado de "para cima" e "para cima/para baixo". Preciou-se deste pelo fato de que às vezes é utilizado um campo magnético sobre a substância a analisar. Neste caso o campo é ligado e desligado numa frequência constante. Durante o tempo em que o campo atua, o número de ftons é somado no canal; quando desligado, subtrai-se. Obtem-se desta forma apenas o efeito do campo. Portanto, quando o controle está "para cima" o valor do "contador" será sempre somado no canal; quando em "para cima/para baixo" será somado ou subtraído dependendo do campo.

Um comando óbvio é o de "partida" e "parada" da experiência.

Vistos os principais controles necessários, transcreveremos abaixo aqueles que serão implementados:

- Tempo entre pulsos para o motor
- Tempo de duração de cada canal
- Contador de pulsos da fotomultiplicadora
- Controle do motor "para frente" ou "para trás"
- Controle do modo de medida, "contínuo" ou "descontínuo"
- Controle de "para cima" ou "para cima/baixo"
- Partida/parada

II- H A R D W A R E

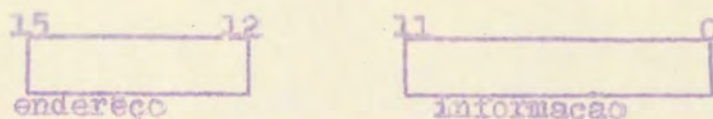
Neste capítulo será visto especificamente a parte de "Hardware", discutindo-se através de diagramas de blocos o funcionamento do sistema.

Para melhor entendimento será abordado, primeiramente o deslocamento dos dados através das placas, considerando-se estas como uma entidade lógica que adiante será explicado detalhadamente.

Entrada de Dados para o Controlador

Como primeira etapa será discutida a operação de entrada dos dados provenientes do computador. É interessante salientar que foi utilizado um sistema de comunicação tanto de entrada como de saída do tipo "barramento", isto é, os dados passam paralelamente através de todas as placas.

No caso dos dados provenientes do computador utilizou-se quatro dos dezesseis "bits" para endereçamento da placa enquanto que os doze bits restantes foram utilizados para trazer a informação.



Estes dezesseis (16) bits junto com dois sinais de controle vem da placa de "dezesseis bits de entrada e saída" do computador. Estes bits irão passar através da placa A, cuja finalidade é adaptar as linhas e manter a compatibilidade da lógica usada no controlador. No caso da troca do tipo de computador precisa-se apenas alterar esta placa.

Os quatro bits usados para endereçamento após passarem por um decodificador na placa D fornecerão dezesseis endereços abaixo discriminados:

- 1- Partida
- 2- Parada
- 4- Inicialização dos sinais de controle
- 5- Inicialização do temporizador de canal
- 6- Inicialização do contador
- 7- Inicialização do temporizador de pulso para o motor

O endereço "um" comandará o acionamento de todas as placas.

O endereço "dois" comandará a parada de todas as placas.

O endereço "quatro" transferirá os doze bits de informação para registradores que guardarão os seguintes controles:

- bit "zero"; contagem do tipo contínua ou descontínua.
- bit "um"; contagem do tipo para cima ou para cima/baixo.

- bit "onze" ; acionamento do motor para frente ou para trás.

Como pode-se notar, apenas três dos doze bits são usados; isto permite que no futuro outros controles sejam implementados.

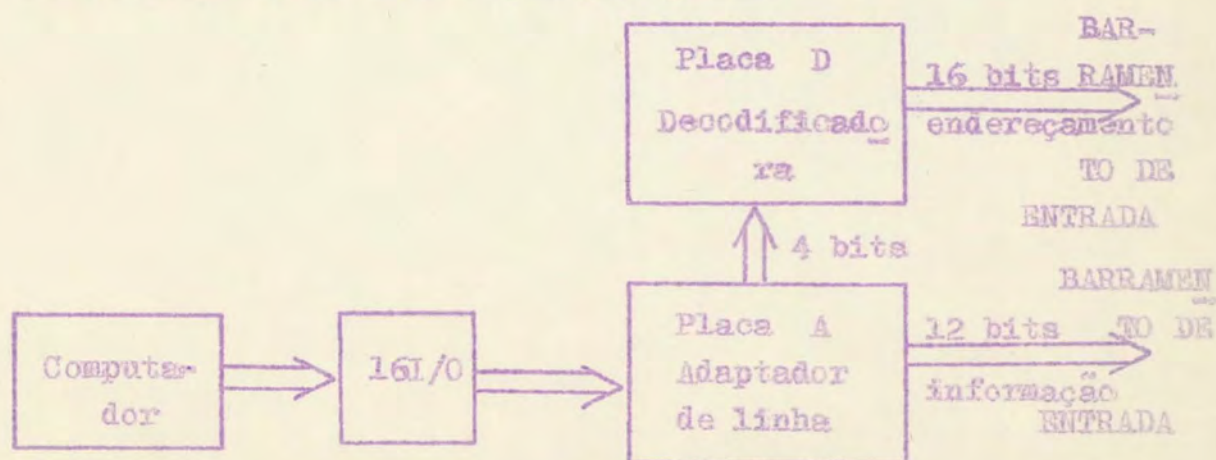
O endereço "cinco" é utilizado para transferir a informação dos doze bits para registradores, com a finalidade da inicialização do tempo de medida por canal.

O endereço "seis", da mesma forma que o cinco serve para inicializar o contador num determinado número (um tipo de off set).

O endereço "sete" inicializa o tempo entre dois pulsos para o motor do espectrômetro.

Tem-se portanto, apenas seis códigos em uso para endereçamentos e comandos do controlador. Restam dez bits para futuras implementações.

É interessante salientar-se que estes dezesseis bits de endereçamento participam também do barramento, estando disponíveis para toda e qualquer placa.



Saída de dados do Controlador

Será visto agora a operação de saída dos dados.

Da mesma maneira que a entrada tem-se um barramento para enviar as informações até a placa de "dezesesseis bits de entrada e saída" do computador. Este barramento de 16 linhas com mais duas de controle irá passar pela placa B cuja função é manter a compatibilidade de níveis e de lógica entre o controlador e o computador.

Além das 16 linhas dos bits tem-se mais duas linhas de controle; sendo que uma delas é usada para obtermos a interrupção do computador e conseqüente leitura dos dados das 16 linhas, e a outra informa qual é o estado do sinal externo de campo magnético (para cima/para baixo).

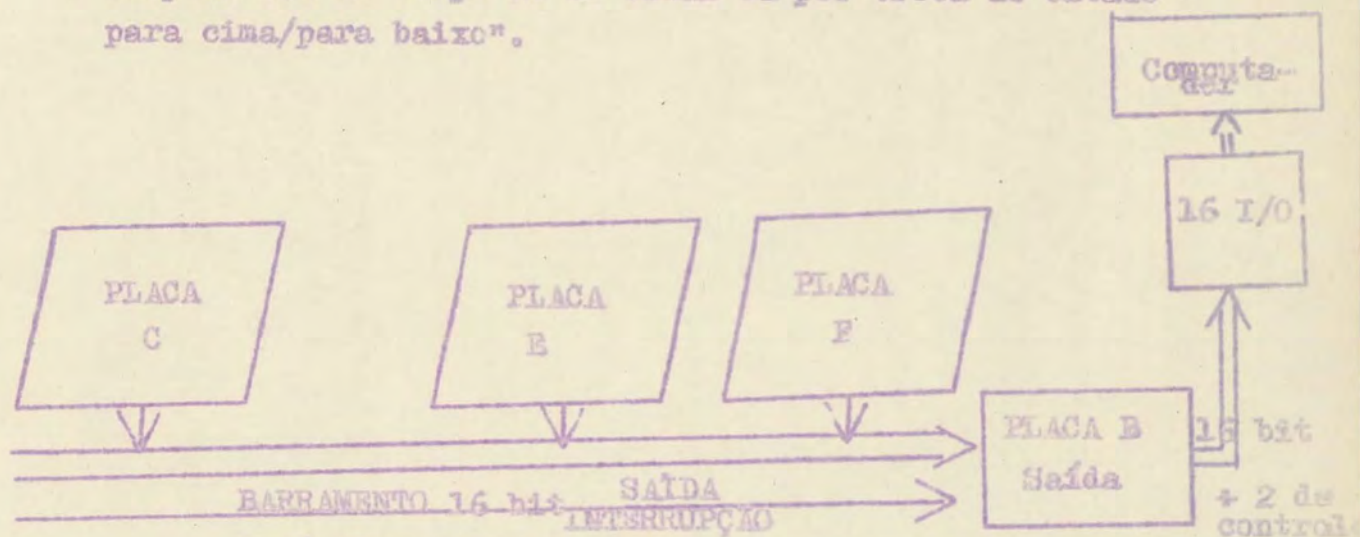
Das 16 linhas de dados, da mesma forma que no barramento de entrada, existem 4 bits de estado e 12 bits de informação.

Pelo fato das interrupções para leitura dos dados das placas serem assíncronas não foi possível subdividir os 4 bits em 16 informações de estado. Isto quer dizer que duas interrupções podem vir simultaneamente. Portanto, são as seguintes informações obtidas deles:

- bit 15- troca de cima para baixo ou vice-versa
- bit 14- fim de tempo de um canal
- bit 13- estouro do contador
- bit 12- incremento do motor do espectrômetro

Será através destes quatro estados e suas combinações que o computador será informado do que está ocorrendo no controlador. Os outros 12 bits darão os dados, isto é,

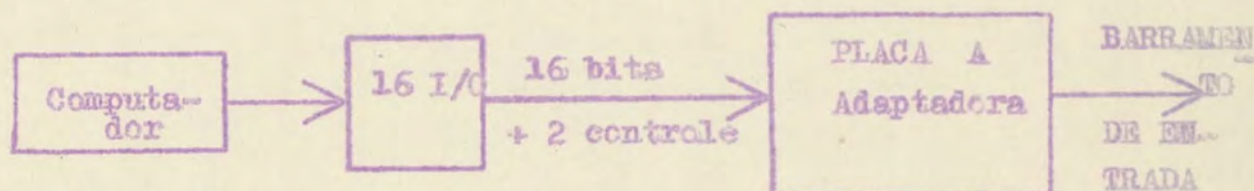
qual o valor do "contador" por ocasião da interrupção causada pelo fim do tempo de um canal ou por troca de estado "para cima/para baixo".



Será discutido agora o funcionamento de cada placa em separado através de diagramas de blocos.

Placa A- Entrada para o Controlador

A placa A como já foi visto, é apenas do tipo adaptadora de linha. Ela é usada para a terminação das linhas (no caso de ser necessário) e compatibilidade de níveis lógicos. Passam pela placa 16 bits mais 2 sinais de controle. Destes, apenas um dos dois tem função. É utilizado para re-setar os flip flops de armazenamento dos bits de estado após a leitura do computador.

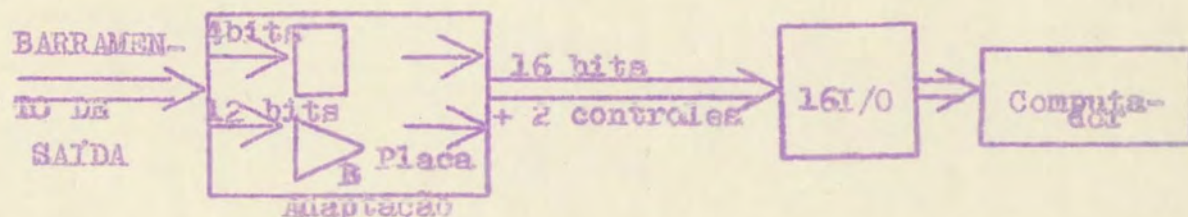


Placa B- Saída do Controlador

A placa B é semelhante a A. Ela também serve de adaptadora de linha e nível lógico. Por ela passam 16 bits mais 2 de controle. Dos de controle, um é a interrupção e o outro indica se o sinal externo do campo magnético está para cima ou para baixo. A única diferença é que os quatro bits de estado (15,14,13,12,) são armazenados até a leitura pelo computador quando então o sinal da placa A os reseta.

O armazenamento dos 4 bits foi motivado pelo fato de que as informações são assíncronas. Pode ocorrer que dois ou mais eventos ocorram num curto espaço de tempo, de maneira que o computador ainda não tenha atendido o primeiro.

Por exemplo, a ocorrência de uma interrupção pelo estouro do contador. O computador leva uns $20\mu s$ para atender, devido ao salvamento de registradores e preparação para a leitura. Durante este tempo pode ocorrer nova interrupção ocasionada pelo fim de tempo de um canal. Quando o computador ler os registradores, teremos apenas a informação de fim de tempo de canal perdendo-se a informação do estouro do contador. Com o armazenamento dos 4 bits de estado, evita-se esta perda de informação.



Placa D- Controle, Decodificadora, Relógio

A placa D tem diversas funções. Possui um oscilador a cristal de 100KHz com divisores que irão fornecer duas frequências fundamentais, 5Hz para dar o tempo de um canal e 250 Hz para o tempo entre pulsos para o motor do espectômetro.

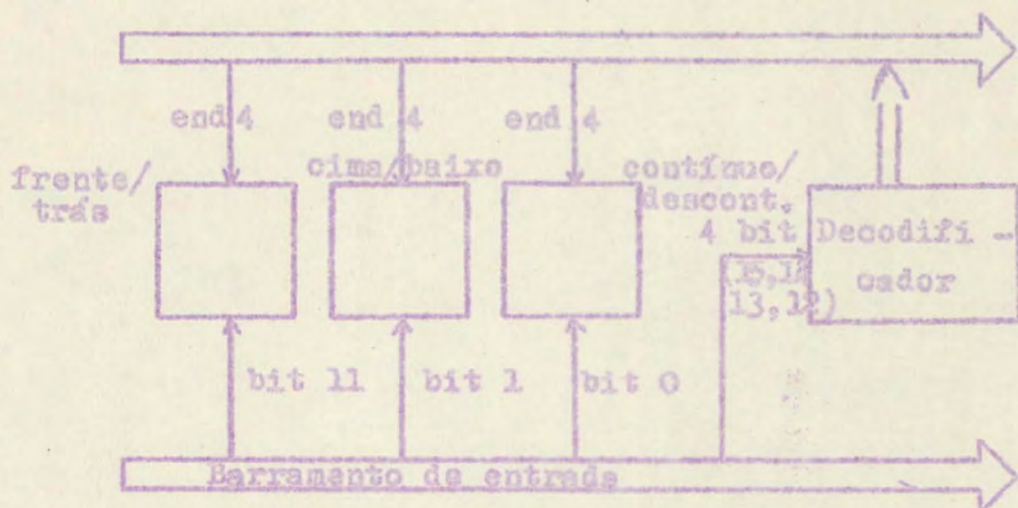
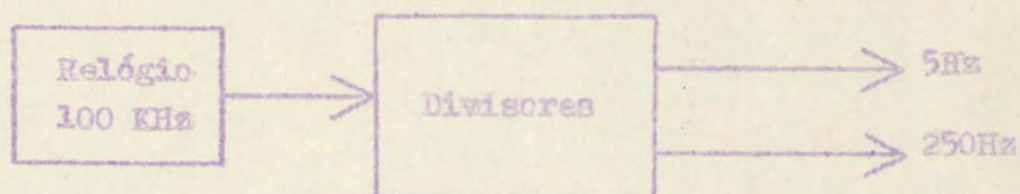
Além disto, existe o decodificador das 4 linhas de estado do barramento de entrada (bits 15,14,13,12,). Estes 4 bits irão criar as 16 condições de endereçamento.

É nesta placa também que são armazenados em registradores os três bits de controle, frente/trás, contínuo/descontínuo, cima/cima e baixo. É através do endereço 4 que estes registradores são armazenados.

Outro controle implementado nesta placa foi o controle descontínuo. Neste modo de contagem, o "contador" e o "intervalador de tempo de canal" são ativados, enquanto que o "intervalador de pulsos para o motor" está desligado. Quando finda o tempo do canal, as situações são invertidas. Fica apenas ligada a placa que envia pulsos para o motor. Nesta ocasião, o computador toma o controle e conta o número de pulsos enviados para a rede (motor). Chegado ao valor pré estabelecido ele para tudo. Após isto, é dado novo start quando será ativado o "contador" e o "temporizador" do canal recomeçando-se o ciclo.

Será tratado agora do controle cima/baixo. Como já foi explicado, ele foi projetado pela necessidade de algumas experiências contarem durante certo tempo positivamente e após negativamente. Por exemplo, no uso de campos magnéticos.

O comando de somar e subtrair é externo e independente do controlador. A única coisa que a placa D faz, é ligar ou desligar este comando externo. Portanto, quando o controle está "para cima" ele independente do comando externo e tem-se apenas soma; quando em "para cima/para baixo" é que o comando atuará, tendo-se então soma e subtração.



Contadores em geral

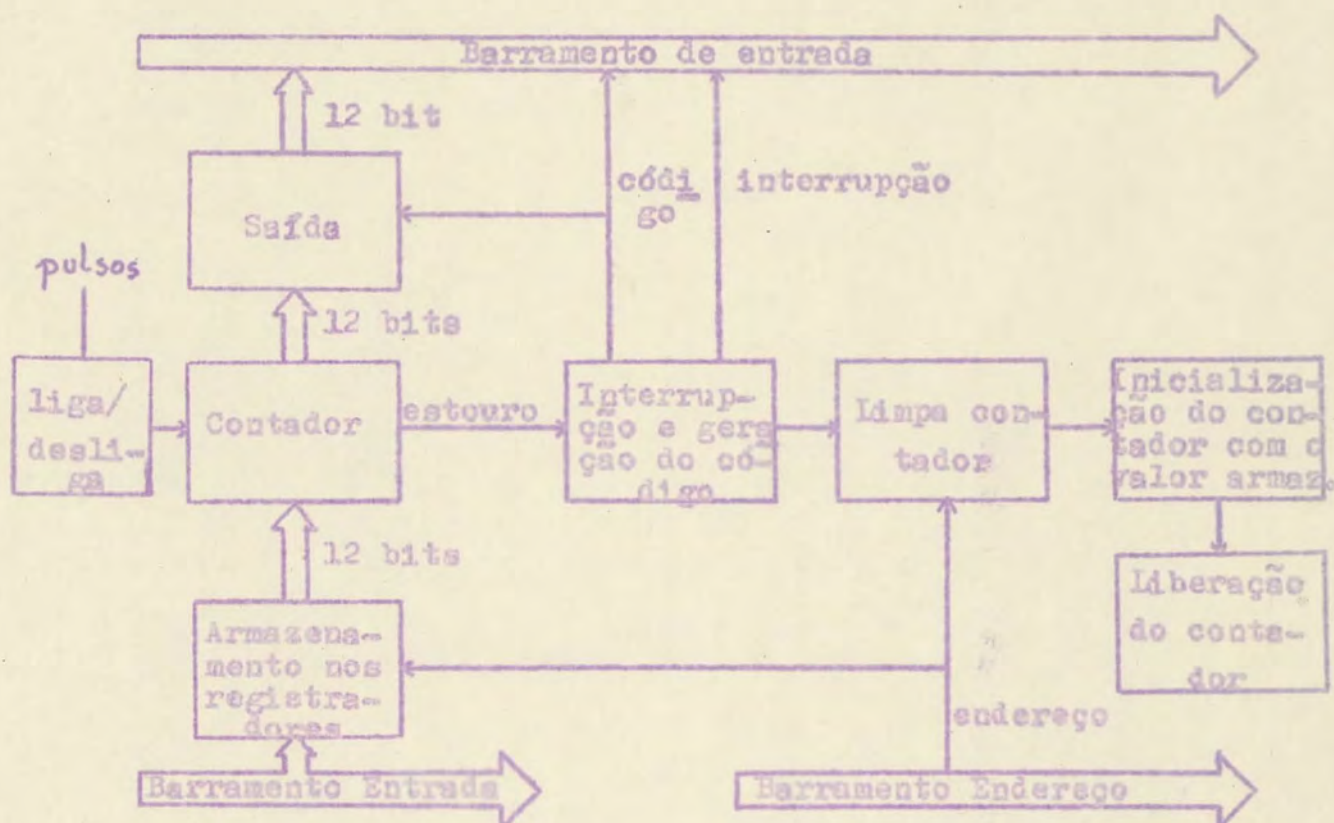
Será apresentado agora a filosofia de funcionamento das placas C, E e F que são quase idênticas a menos de alguns sinais de controle.

Estas três placas são do tipo "contadoras", sendo que a placa C conta tempo entre pulsos para o motor, a placa E é o "contador" e portanto conta os pulsos provenientes da fotomultiplicadora, e a placa F é aquela que nos dá o tempo de cada canal. Todas estas três placas têm o mesmo processo para tratamento dos dados.

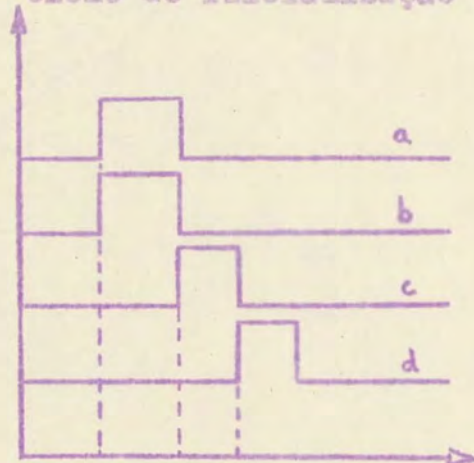
Achou-se mais interessante dar uma explicação geral de um contador padrão, e após por ocasião da apresentação de cada placa discutir-se as variações.

Os dados a serem inicializados vêm pelo barramento de entrada até as placas e no comando de endereço respectivo (5 - temporizador do canal, 6 - contador, 7 - temporizador do motor) serão armazenados nos registradores das placas e automaticamente jogados nos "flip flops" contadores através de um comando de "limpar" (clear) e posterior inicialização (preset) destes. Feito isto a placa está apta a contar os pulsos. Estes serão contados até ocorrer es-touro do contador ou ele for forçado a parar. Nas duas hipóteses o procedimento seguido será o mesmo. Haverá um sinal de "interrupção" gerado junto com o código do evento e corrido (bits 15,14,13, ou 12) seguido de um "limpar" dos flip flops e posterior inicialização do valor armazenado nos registradores, dando-se automaticamente a liberação do contador. Este ciclo terá a duração de $1\mu s$ no máximo.

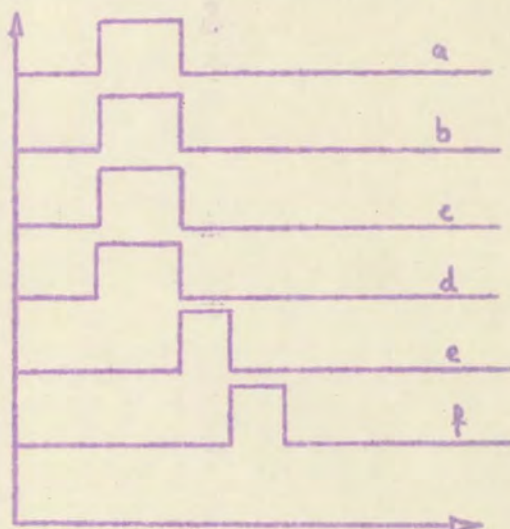
No caso da placa do "contador" em que há a necessidade de jogar a informação dos flip flops para o barramento (número de pulsos contados), isto será feito simultaneamente com a geração do sinal de "interrupção".



Ciclo de inicialização



- a - comando de endereço
 b - armazenamento dos dados no registrador
 c - limpar os flip-flops
 d - jogar os dados dos registradores para os flip-flops

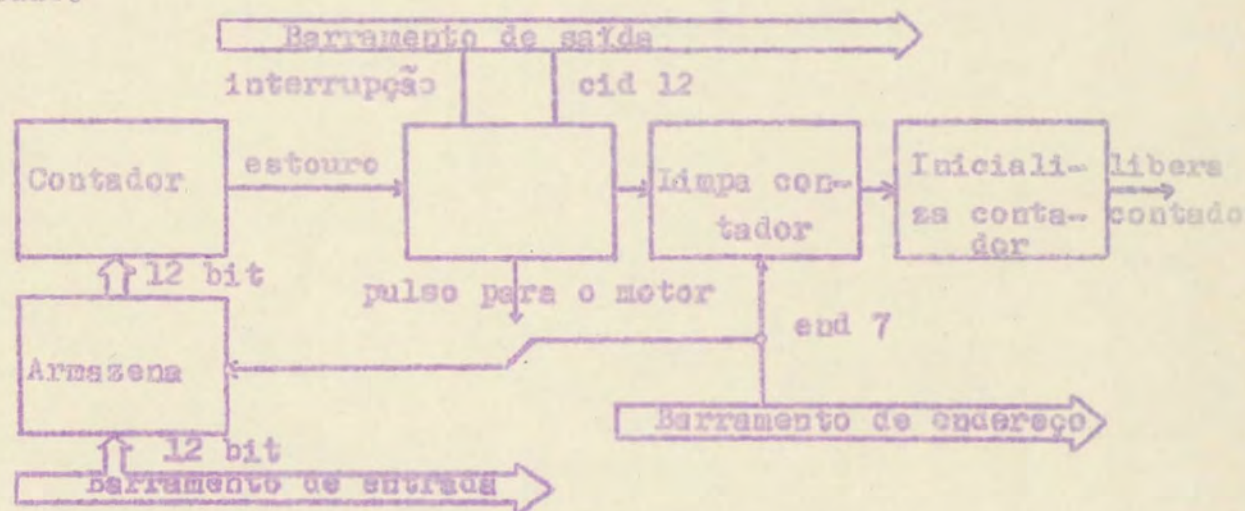


- a - estouro do contador
 b - rival de interrupção
 c - sinal de código do evento
 d - saída dos dados dos flip-flops para o barramento
 e - limpar os flip-flops
 f - jogar os dados dos registradores para os flip-flops

Placa C - Temporizador do motor

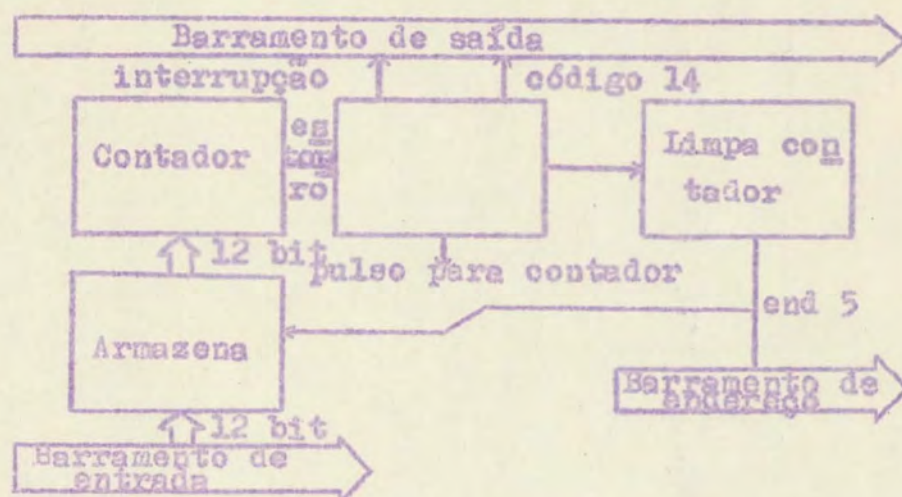
Na placa C o procedimento é normal. O tempo entre pulsos para o motor é inicializado no código 7 para armazenamento.

O contador alimentado com 250 Hz gira até dar o estouro, quando então dá-se a interrupção. Envia-se um pulso para o motor e ativa-se o bit 12 no barramento de saída para informar o computador que o espectrômetro foi incrementado.



Placa F - Temporizador de canal

Na placa F quando ocorre estouro de contagem, da mesma forma que na placa C, ocorre uma interrupção e ativa-se o bit 14 no barramento de saída para o conhecimento do fim do tempo de um canal pelo computador. Simultaneamente, tem-se um sinal que força o "contador", isto é, a placa E, a fazer o mesmo ciclo para que assim obtenha-se a informação dos flip flops do "contador". É lógico, pois ao fim do tempo de um canal precisa-se saber quantos pulsos da fotomultiplicadora foram contados.



Placa E - Contador dos pulsos da Fotomultiplicadora

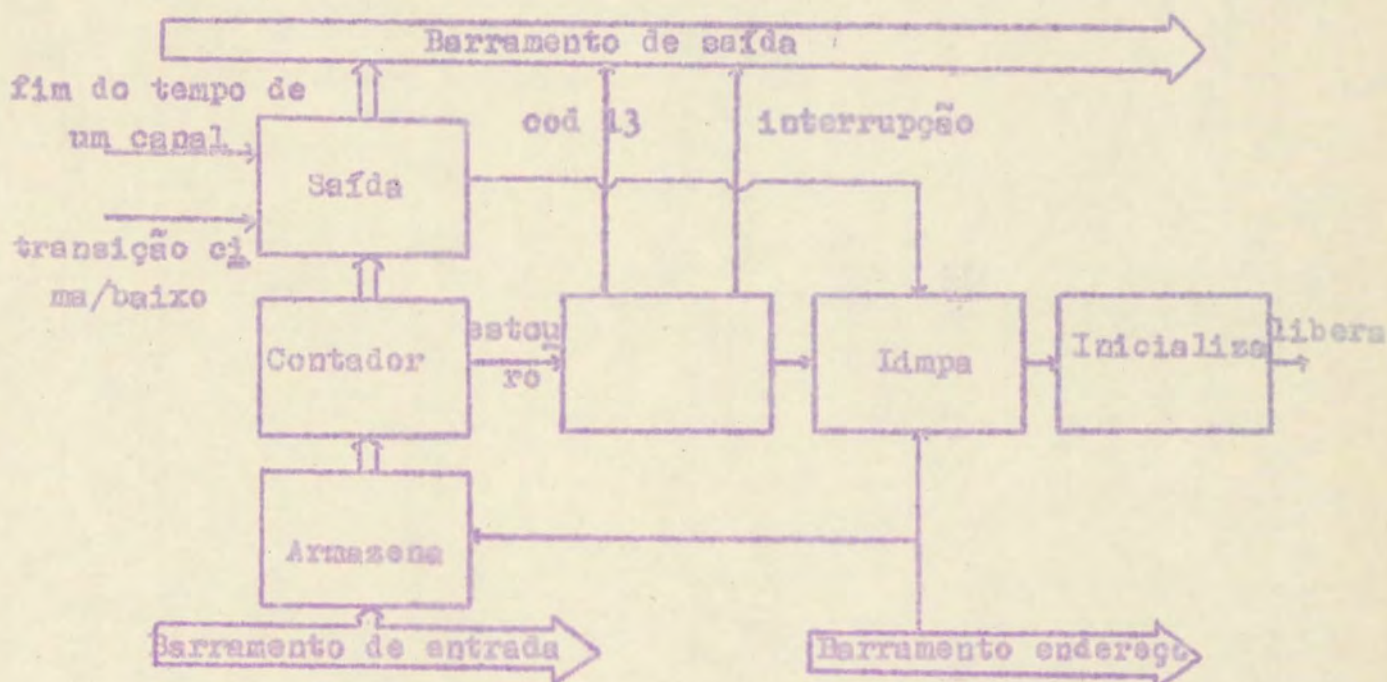
A placa E é o contador mais complexo, isto é, possui maiores variações em relação ao comportamento padrão.

Existe o caso normal quando ocorre o estouro do contador, aparecendo a sequência "interrupção" com o bit 13 ligado, seguido do "limpar" e "inicializar" os flip flops. O bit 13 informará o computador do estouro do "contador".

Além disto, tem-se os dois casos em que é forçado parte do ciclo de interrupção. É por ocasião do fim do tempo de um canal, ou quando ocorrer uma mudança de estado de cima para baixo ou baixo até cima. Neste caso há um tempo em que são lidos os flip flops do "contador", seguido de um "limpar" e "inicializar" normais. É nestas duas situações que os doze bits do contador são ligados ao barramento de saída, para posterior leitura pelo computador.

No caso do "estouro" não há a necessidade da leitura dos flip flops do contador, pois sempre este valor corresponderá a máxima contagem dos doze bits.

Ao fim do tempo de um canal é óbvio que deve-se ler o "contador". No caso de uma transição cima/baixo ou baixo/cima também, pois, durante o tempo "cima" soma-se o conteúdo dos flip flops do "contador" e no tempo "baixo" subtrai-se.

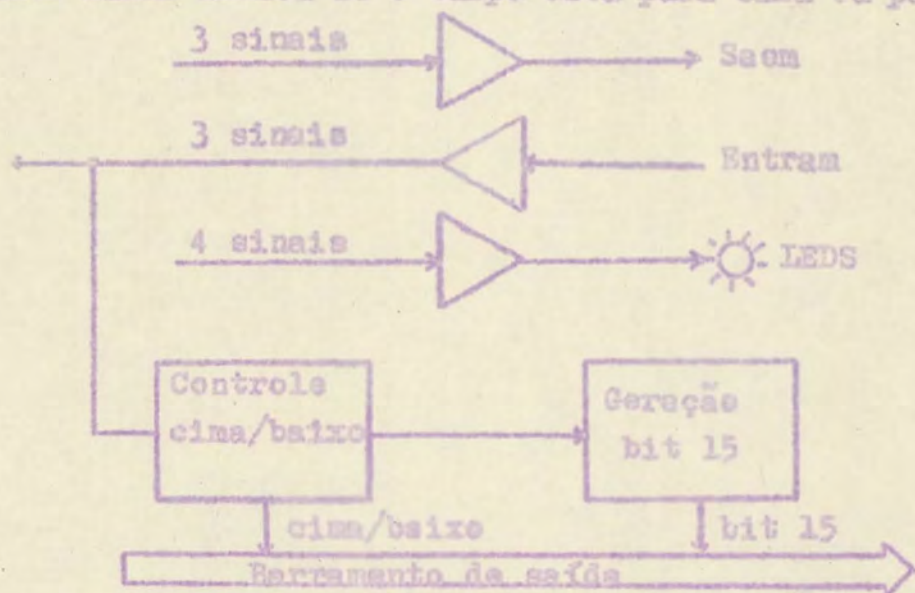


Placa G - Externa

A função desta placa é de comunicação externa. Desta saem pulsos para o motor da rede do espectrômetro e o sinal de controle para frente/para trás do motor. Dois sinais entram, os pulsos da fotomultiplicadora e o controle do campo para cima ou para baixo. Além disto tem-se uma saída para fornecer sincronismo com o relógio interno.

Quatro controles tem seus sinais ligados a "LEDS" para visualização das informações. São eles; o sinal de partida; o de que o controle "cima/baixo" está ligado; o sinal de motor girando "para trás"; e a informação de que existe pulsos sendo enviados para o motor da rede.

Esta placa além dos circuitos de "driver" possui circuitos lógicos para ligar ou desligar os pulsos provenientes do comando "cima/baixo" externo e para a geração do bit 15 cada vez que ocorrer uma transição do estado "cima" para "baixo" ou vice-versa. É também desta lógica que obtém-se o "sinal de estado" que vai para o computador. Este sinal indica se o campo está para cima ou para baixo.



PAINEL

É quase uma repetição do que foi explicado para a placa G. Existe cinco conectores BNC com os seguintes sinais:

- Entrada - pulsos da fotomultiplicadora
- Entrada - comando "cima/baixo"
- Saída - sincronização com relógio interno
- Saída - pulsos para o motor do espectrômetro
- Saída - controle do motor para frente/trás

Temos quatro "LEDS" para visualização de:

- ligado controlador
- controle "cima/baixo" ligado

- controle do motor para trás ligado
- pulsos para o motor ligados

A única coisa a mais é um botão para "Paradas de Emergência" que desliga todas as placas automaticamente após ter sido atuado durante alguns segundos. Este atraso foi feito, para evitar que uma batida ocasional desligasse toda experiência.

É este em rápidas palavras e com diagramas de bloco o funcionamento do "Hardware". Como pode-se ver, não existe nada de muito complicado no funcionamento do controlador, pois este era o objetivo com vistas a no futuro poder-se realizar modificações ou alterações facilmente.

Como usou-se um sistema de "barramento" com placas do tipo semipadronizadas, é fácil implementar-se novas placas sem muito esforço. No entanto, como a interligação dos conectores das placas foi feito com "interconexões com fio enrolado" (Wire Wrap) é possível realizar-se pequenas modificações apenas alterando-se a fiação entre os conectores.

Maiores informações sobre os circuitos estão no apêndice.

III- S O F T W A R E

Será abordado neste capítulo, a parte do comando do controlador que ficou a cargo do "Software". Será visto primeiramente, a subrotina em linguagem de baixo nível, cuja responsabilidade é interpretar e decidir o que fazer com os dados e comandos vindos tanto do "Hardware" para a linguagem de alto nível como o contrário. Em segundo plano será discutido como se deve operar com as linguagens de alto nível para a comunicação com o controlador.

A linguagem de baixo nível

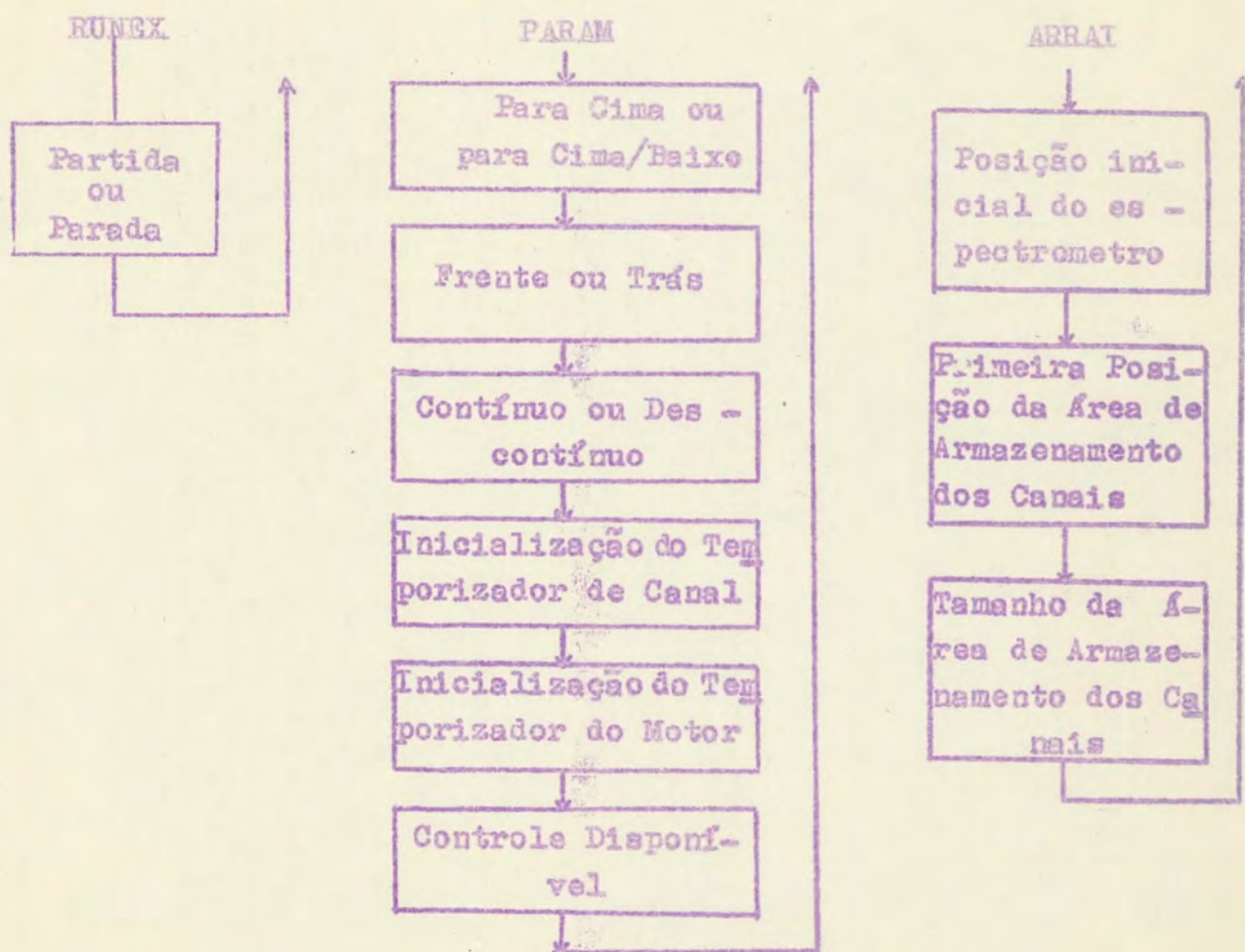
A linguagem utilizada foi o "Assembler" do computador HP 2100, pelo fato de termos interligado o controlador a este minicomputador.

O programa em Assembler está dividido em duas partes; a de entrada, e aquela de saída que utiliza o sistema de interrupção.

Entrada dos dados para o controlador

A subrotina de entrada é aquela que através de comandos, decidirá como deve funcionar o controlador. Pode-se acompanhar as explicações deste capítulo com as listagens no apêndice. Nestas, cada comando está separado do outro para maior compreensão. No entanto, para maior facilidade, as principais operações estão apresentadas abaixo em diagramas de bloco.

Existem tres chamadas principais externas: RUNEX, PARAM e ARRAT.

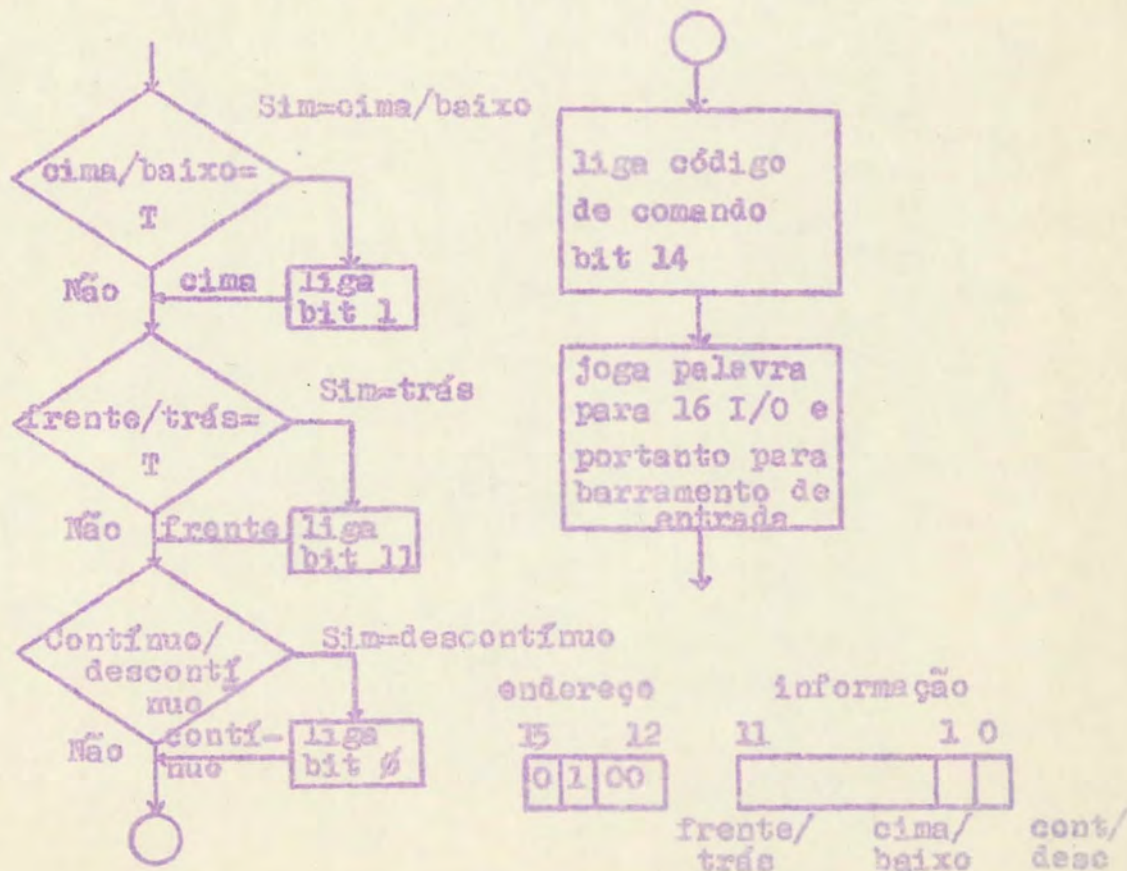


A "ARRAI", fornecerá a informação da posição da rede do espectrômetro, além do primeiro endereço do espaço reservado na memória do computador para armazenar os canais.

O outro dado fornecido será o tamanho desta área de precisão dupla, isto é, o número de canais. Esta chamada dará apenas dados para futuras manipulações das subrotinas.

A "PARAM", dará todas os parâmetros para o controlador. Ela atuará diretamente nas placas. É na seguinte sequência que o "Hardware" receberá as informações da linguagem alta.

Primeiramente, serão feitos os testes das condições para cima ou para cima/baixo, para Frente/Trás e Contínuo/Descontínuo. Feito isto, é criada uma palavra de comando com estas três informações juntas, para ser enviada a placa D sob endereço 4 (bit 14).



Após verifica-se qual o valor para a inicialização do "temporizador" do canal é automaticamente enviado para a placa F sob endereço 5 (bit 14 e bit 12).

lê valor para
inicializa-
ção

endereço	valor de ini-
15 12	11 cialização 0
0101	

liga bit 14 e
12 para co-
mando

joga palavra
para 16 I/O
(Bus)

Executa-se depois, de modo semelhante o envio das informações para a placa C sobre o tempo entre pulsos para o motor através do endereço 7 (bit 14, 13 e 12).

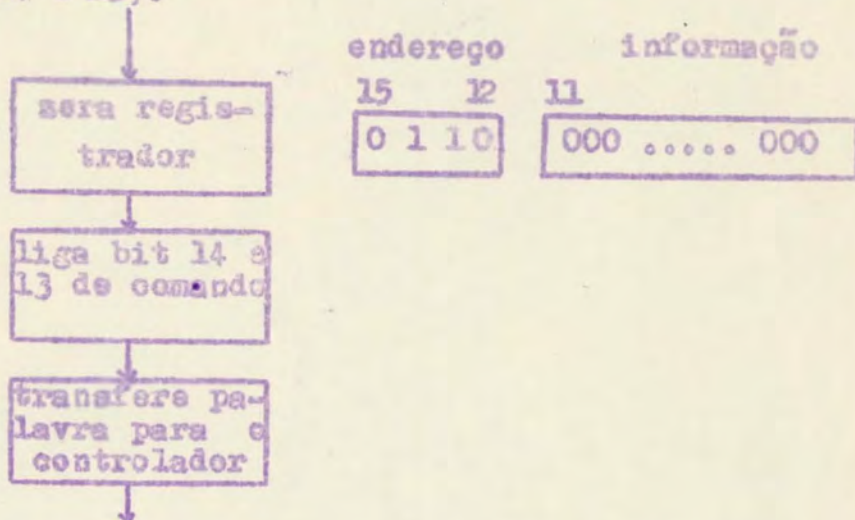
lê valor para
inicialização
do temporiza-
dor do motor

endereço	valor de ini
15 12	11 cialização 0
0111	

liga bit 14,
13 e 12 do co-
mando

transfere pa-
lavra para o
barramento a-
través do 16I/O

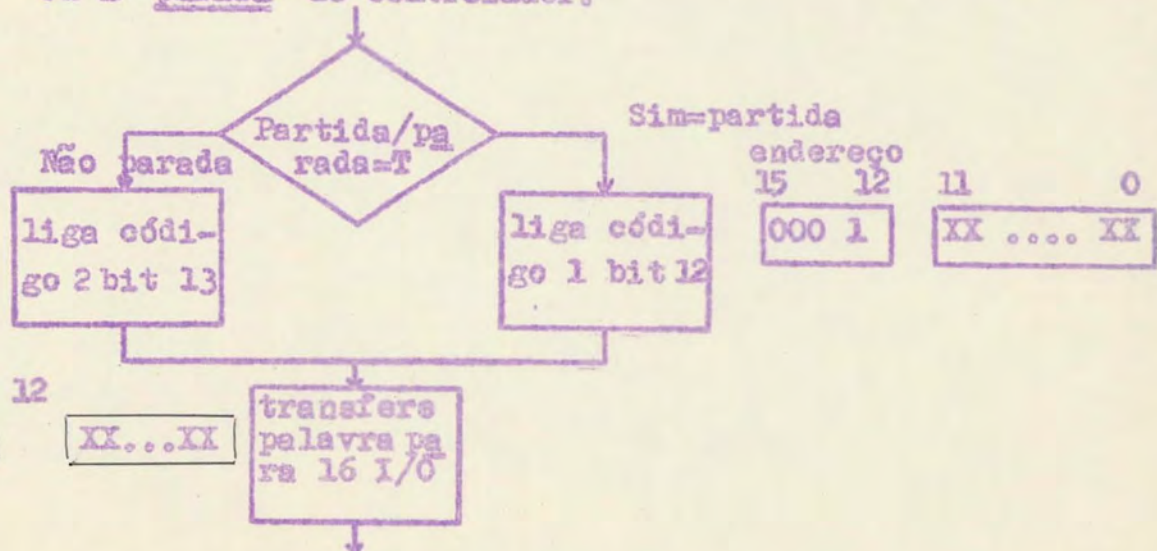
Por último, é inicializado em zero o contador (placa E) para começar a contagem corretamente. Usa-se o endereço 6 (bit 14 e 13).



Ainda sobra um parâmetro vago para futuras implementações.

Na entrada das subrotinas PARAM e ARRAI existe um teste que impede a modificação dos parâmetros enquanto o controlador está em operação.

A última subrotina é a RUNEX que comanda a "partida" ou a "parada" do controlador.



Através destas três subrotinas são enviadas todas as informações necessárias para o funcionamento do controlador.

Saída dos dados do controlador

Será visto agora o retorno das informações; isto é, os dados que o computador necessita para saber o que o controlador está fazendo.

O fluxo das informações de entrada para o computador é feita da mesma maneira, através do barramento e da placa "16 bit I/O". No caso dos dados de entrada, isto é feito através do sistema de interrupção. Cada vez que existe alguma informação a ser transmitida ao computador, é ativada a interrupção; o computador atende a chamada, armazena os dados ou executa algum comando e após, libera o computador novamente.

A subrotina de interrupção é fechada, no sentido de que ela independe da existência de outro programa rodando.

A maneira de ativá-la é por uma interrupção provinda do controlador.

Será discutido agora o funcionamento da subrotina quando chamada por uma interrupção.

A primeira parte é uma espécie de inicialização em que são salvados os registradores, verificada a proteção da memória e outros testes ligados ao tipo de sistema que o computador utiliza. No nosso caso é o DOS-M da HP. (Disk operating system)

Após, o programa testa os bits de "estado" (15, 14, 13 e 12 nesta ordem), para determinar que operações deverão ser feitas; e irá executá-las a medida que vão aparecendo.

Por exemplo, testa-se o bit 15 e verifica-se que está ligado concluindo que houve uma transição "cima/baixo". Realiza-se depois o teste do sinal de estado para determinar se deve ser somado ou subtraído o valor do "contador"; feito isto irá para o programa que executará a soma ou subtração. Realizada a operação com o bit 15 passa-se ao teste do bit 14. Se estiver deligado verifica-se o bit 13 e após o bit 12. Estando o bit 12 também ligado, isto indicará que foi enviado um pulso para o motor e portanto o programa vai para a subrotina de incremento da posição do espectrômetro. Fimda a análise dos quatro bits, são restaurados os registradores e volta-se o controle do sistema ao computador.

Repetiremos a explicação já feita no "Hardware" sobre o significado dos quatro bits de "estado":

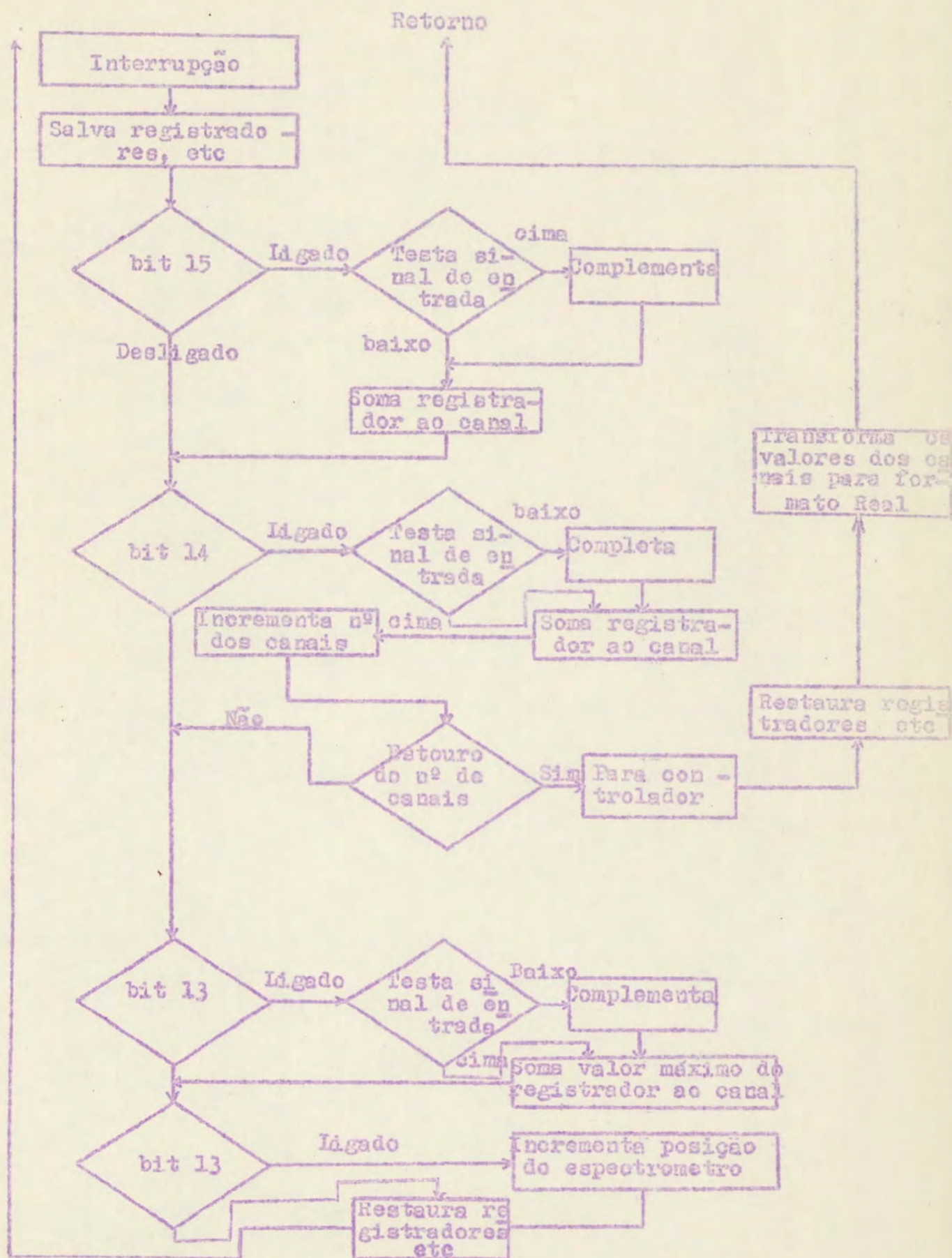
bit 15- ocorrência de uma transição cima/baixo ou baixo/cima.

bit 14- fim do tempo de um canal

bit 13- estouro do contador

bit 12- envio de um pulso para o motor da rede

Existem portanto, diversas subrotinas que executarão os comandos vindos do controlador. Estas são as principais: soma ou subtração do registrador com o conteúdo do canal armazenado na memória devido ao bit 15; soma ou subtração semelhante a anterior com incremento de canal devido ao bit 14; soma ou subtração do valor máximo do registrador, con-



seqüência do bit 13; e a subrotina de incremento da posição do espectrômetro (bit 12).

Fora estas subrotinas específicas, temos as de apoio como "SAVE" que salva os registradores do computador antes de ler a informação do controlador e a "RESTORE" que após ter findo a execução das subrotinas, recompõe os registradores antes que retorne o controle ao computador. Existe a subrotina "ADD" de soma e a "COMPL" que complementa os números que devem ser negativos. A maior parte das outras subrotinas foram necessárias por consequência do sistema DOS-M do computador. Elas criam condições necessárias para um retorno ao sistema.

Na subrotina de incremento do número de canais, existe um teste que verifica quando é dado o último incremento. Neste caso, o programa salta para a subrotina de "STOP 1" que para o controlador e depois varre a área da memória do computador reservada para os canais, transformando os números que estão no formato inteiro com dupla precisão para o formato real. Feito isto, a subrotina devolve o controle para a linguagem alta.

Linguagem alta

Será discutido agora, como se deve utilizar a linguagem alta para comandar o controlador de laser.

São três as subrotinas que poderão ser chamadas tanto por Algol como Fortran através de um "Procedure" ou "Call". Estas subrotinas são RUNEX com um parâmetro, a PARAM com seis e a ARRAI com três parâmetros. O comportamento de cada uma delas já foi discutido no item sobre a linguagem de baixo nível.

A ordem de chamada destas subrotinas para a inicialização de uma experiência não é importante, a menos da RUNEX que deve vir por último, pois ela liga todas as placas dando a "partida" da experiência. Para a "parada" existem duas opções: ou espera-se que o número de canais termine e automaticamente o controlador é desligado, ou dá-se através da subrotina RUNEX a "parada". Outra maneira de parar a experiência, é através do botão de Parada de Emergência no painel. Neste caso, o computador não toma conhecimento da parada.

Uma coisa importante a saber, é o tipo de números a serem usados para os parâmetros. Vejamos cada caso em separado.

Os comandos do tipo partida/parada, para cima/baixo, para frente/trás e contínuo/descontínuo são tratados como valores lógicos (ou Booleanos) em Fortran e Algol; e portanto, seu teste é do sinal do número inteiro de precisão simples.

lógica 1= TRUE - N° inteiro negativo de precisão simples

lógica 0= FALSE - N° inteiro positivo de precisão simples

Os valores que irão inicializar o temporizador do motor e a duração de um canal, deverão ser números positivos inteiros de precisão simples, que variem entre o valor um(1) e quatro mil e noventa e seis(4096). No caso do tempo de um canal, variará de 1 que será 0,2 s até 4096 que será 4096 X 0,2 s. A fórmula representativa seria:

$$T = N \cdot 0,2 \text{ s}$$

$$N \text{ de um}(1) \text{ a } 4096$$

O tempo entre pulsos para o motor variará de :

$T = N \cdot 4 \text{ ms}$

N de um(1) a 4096

Na realidade, 12 bits tem a capacidade de zero(0) a 4095, porém como estes valores eram pouco práticos, existe na subrotina de Assembler um decremento de uma unidade que transforma por exemplo um(1) em zero(0).

Os valores da posição do espectrômetro e tamanho da área de memória para os canais deverão também ser inteiros positivos e de precisão simples. O valor da primeira palavra da área de memória dos canais é fornecida pelo próprio computador através da compilação do programa.

No apêndice pode-se ter maiores informações sobre o "Software". Existe uma listagem da subrotina em Assembler e de um programa teste em Algol.

IV- F U N C I O N A M E N T O

Neste capítulo, será seguido um processo de medida abordando as etapas sob diversos ângulos. Desta forma, será possível juntar num apêndice geral os capítulos anteriores, para que haja um melhor entendimento do controlador.

Para iniciar uma experiência, é necessário com a linguagem alta fornecer através das subrotinas PARAM e ARRAI as informações e parâmetros para o controlador.

Vamos considerar que a PARAM irá ligar apenas o flip flop de "para cima / para baixo" ; além de fornecer zero(0) para os registradores do tempo por canal e tempo entre pulsos para o motor. A subrotina ARRAI lerá duzentos(200) para a posição do espectrômetro e duzentos e cinquenta e seis (256) para o número de canais. Feito isto, é fornecido a "partida" através da RUNEX.

Será uma experiência em que o espectrômetro começará na posição duzentos (200) e irá sendo incrementado para frente, de maneira contínua, por pulsos espaçados de quatro milissegundos (4 ms devido a 250 Hz).

O número de canais será de suzentos e cinquenta e seis (256) e a duração de cada canal de duzentos milisegundos (0,2 s devido a 5 Hz). Durante o tempo de um canal haverá variações externas, que obrigarão ao registrador do "contador" ser somado quando o campo está ligado e subtraído quando desligado; para assim, obter-se apenas o efeito do campo sobre a substância. Este controle será externo e estará atuando, pelo fato do flip flop de "para cima/para baixo" estar ligado.

Será visto agora, o funcionamento do "Hardware" após o comando de "partida". Como não é possível fazer modificações dos parâmetros durante o andamento da medida, a menos que seja dado o comando de "parada", torna-se sem importância o programa em linguagem alta. Simplesmente, a partir deste momento, pode o computador executar qualquer outro programa, desde que seja mantida a área da memória reservada para os canais, e o programa de saída de dados em Assembler.

Cada vez que ocorrer um evento, o controlador liga a interrupção e o computador interrompe o programa em execução para atender esta chamada. Após isto, ele continua o programa normalmente.

Discutiremos que tipos de eventos vão aparecer, e o que será executado em cada caso. Pelo fato do controle de "para cima/para baixo" estar ligado, poderão ocorrer todos os quatro casos. Iremos abordá-los na sua ordem de frequência, da maior para a menor.

Caso a variação de "para cima/para baixo", for de 1 KHz (segundo especificações), haverá a cada 1 ms uma chamada. Nesta será lido o registrador do "contador", pa-

ra somá-lo ou subtraí-lo no canal respectivo, dependendo do teste do sinal de estado, que indicará se o campo está ligado ou não. Será o bit 15 que indicará a variação do campo e um sinal auxiliar que indicará o estado deste.

O próximo evento é o pulso enviado ao motor do espectrômetro, a cada 4 ms (devido aos 250 Hz). O bit 12 será ativado para informar o computador, e este irá incrementar o número representativo da posição da rede.

O bit 14 será ligado de 200 em 200 ms para informar que terminou o tempo de um canal. Neste caso, será lido o registrador do "contador", testado o sinal de estado e dependendo deste somado ou subtraído o valor lido. Teremos também, um incremento duplo de endereço, para as próximas duas palavras da memória, que irão representar o novo canal. Haverá um teste para verificar se o número de canais já terminou.

O último caso será o estouro do "contador", quando o bit 13 é ligado. Isto acontecerá apenas com uma taxa de contagem muito alta de pulsos provenientes da fotomultiplicadora. Neste caso, o procedimento será somar ou subtrair, dependendo do teste do sinal de estado, o valor máximo que pode comportar o "contador" (4095).

Existe portanto, três eventos contínuos e um aleatório. A cada canal (200 ms) irá corresponder duzentos (200) variações de campo (1 ms) e 50 pulsos (4 ms) para o motor da rede. Pode parecer que isto seja muito para o computador, mas não é, pois a subrotina de atendimento "interrupt" dura no máximo da ordem de 250 μ s, e além disto, existe um armazenamento dos bits de "estado" até que ocorra a leitura.

Mesmo que a taxa de pulsos fosse de 10 MHz (segundo especificações) ainda assim, o atendimento do "estouro" do " contador" seria perfeito, pois teríamos uma frequência de 2,5 KHz que daria $400\mu s$ entre duas chamadas consecutivas. Não devemos esquecer, que $250\mu s$ é o tempo máximo da sub-rotina, podendo, no entanto cair para $90\mu s$ quando é o caso mais simples.

Considerando que o número de canais tenha terminado, vamos ver o procedimento final.

O desenrolar da experiência teve 256 canais que duraram 51,2 segundos ($256 \times 0,2 s$); o motor da rede do espectrômetro recebeu 12.800 pulsos e houve 51.200 variações de campo.

O programa em "Assembler" ao detectar o fim do último canal, desliga o "Hardware" e varre a memória onde estão armazenados os canais, transformando-os do formato inteiro de dupla precisão para o formato "real". Feito isto, é devolvido o controle ao computador.

É agora, que novamente se torna necessário o programa em linguagem alta. No entanto, o atendimento não precisa ser imediato. Pode muito bem o computador terminar o programa em andamento; para após executar a saída dos dados, ou então algum trabalho matemático com estes.

Há portanto, três fases bem definidas no funcionamento de uma experiência : a inicialização, na qual são fornecidos os parâmetros; a experiência em si, que é quando são feitas as medidas; e o tratamento dos dados. Esta última etapa é muito variável.

Pode-se simplesmente sair com os dados assim como estão, ou então, tratá-los matematicamente para obter informações específicas sobre algum fenômeno.

Neste capítulo, foi visto em linhas gerais, o comportamento de uma "medida". Porém, não devemos esquecer o fato de que é em essência o programa em Fortran ou Algol (por exemplo) que irá controlar a experiência; e portanto, dependerá da elaboração deste, a maior ou menor sofisticação no controle e tratamento dos dados.

V- C O N C L U S Õ E S

Neste capítulo serão abordados diversos itens considerados importantes tanto na construção do controlador como para futuras modificações. Além disto, serão discutidas a validade de algumas idéias para uso em futuros projetos de controladores. Separaremos os diversos itens para melhor enfoque.

Versatilidade

Não há dúvida que embora este projeto seja de pequeno porte, ele tem a possibilidade de, através de programas em Fortran e Algol elaborados, executar diversos tipos de operações diferentes.

O que existe é uma estrutura de "Hardware" e "Assembler" que fornece os comandos básicos para controlar uma experiência. Será, portanto, a linguagem alta que determinará os comandos a serem utilizados. Pela maneira que estes forem empregados teremos um ou outro tipo de experiência, sem que a estrutura do Hardware ou Assembler sofra alterações. Além disto, pode-se empregar funções matemáticas junto com os controles, criando-se, por exemplo, uma operação de "procura" a determinada frequência de uma substância em análise.

Não se deve esquecer de salientar novamente o fato

de que é o programa que toma as decisões, sendo o controlador, junto com suas subrotinas, apenas executores destas resoluções. Está, portanto, a cargo do programador a maneira de melhor aproveitar este sistema.

Conclue-se que um grupo de experiências sofisticadas possuiria armazenado no disco diversos programas diferentes, os quais seriam chamados à medida que as experiências exigissem.

Modificações

Viu-se no item anterior a facilidade de trabalhar com o controlador. No entanto, caso houvesse a necessidade de uma mudança de grande envergadura, ainda assim o sistema continua versátil.

Existem duas hipóteses: se as alterações não são grandes, há a possibilidade de apenas introduzindo-se novos itens nas subrotinas em Assembler, obter-se a solução. A outra hipótese é modificações no "hardware". Neste caso, o fato de existir um barramento de entrada, assim como um de saída, ajuda muito. Basta colocar-se mais uma placa no "barramento" para que se consiga uma nova função. Esta placa terá seu endereço de chamada e outro de saída.

Teremos portanto mais um circuito que executará um novo tipo de controle, do mesmo modo que as três placas já existentes. Estas, como foi visto, possuem cada qual uma entrada, saída e tarefa específica, funcionando quase que separadamente, a menos de um ou outro sinal. Dito isto, é óbvio que pode-se introduzir outras placas facilmente.

Um teletipo no barramento

Este caso é consequência do que foi falado anteriormente.

Uma das prováveis futuras implementações será a colocação de um teletipo no barramento. O motivo que nos levou a pensar nisto é puramente físico. Nem sempre pode existir um computador ao lado de uma experiência e este é o nosso caso. Como temos uma distância de uma dez (10) metros entre os dois, torna-se desagradável e às vezes impossível ter que ir até o computador para fornecer os dados ou parâmetros e após retornar para verificar o andamento da medida. Seria muito mais prático se os comandos pelo teletipo pudessem estar à mão ao lado da experiência. Devido a isto, provavelmente serão colocadas duas placas no barramento, sendo uma de entrada e outra de saída, para comunicação entre o teclado e o computador.

Da mesma forma, provavelmente serão colocados também um registrador gráfico e um visualizador gráfico (display).

O barramento como extensão das entradas e saídas do computador

Pode-se visualizar, pelo que foi comentado no item anterior, que existe a possibilidade de ligar outros periféricos no barramento.

No desenvolvimento do trabalho de tese, verificou-se que estas linhas comuns de entrada e saída eram uma espécie de extensão das linhas (I/O) do computador e, portanto, além das placas para controle das experiências poderia haver também placas para periféricos.

Naturalmente, existe um limite para ligar-se mais placas. Este limite seria dado principalmente pela placa de "16 bits de entrada e saída", pois caso houvesse pedidos de atendimento muito seguidos, isto poderia causar a perda de informações.

Devido ao uso da técnica de endereçamento das placas, temos um sistema semelhante a um multiplexador. Não devemos esquecer, no entanto, que pelo fato de não existir um sistema de prioridades no atendimento das placas, não podemos colocar qualquer coisa sem antes estudar o caso.

Como os bits de endereçamento são armazenados, isto basta para o atendimento do controlador com um teletipo e até um visualizador gráfico.

Achou-se aconselhável que em montagens maiores se coloque um sistema de prioridades para aumentar a capacidade de ligar periféricos.

O uso das placas

As chapas com circuitos integrados (placas) são constituídas por duas lógicas principais: uma a do contador, a outra a de controle. O conjunto destas duas dará uma função que dependerá essencialmente de como foram feitas as ligações externas.

Observando o circuito do temporizador do motor, do contador de pulsos da fotomultiplicadora e do intervalo de canal, verifica-se que são quase idênticos. Todas as três placas são contadores. A única diferença é que uma conta pulsos de fotomultiplicadora e as outras duas pulsos de tempo.

Conclue-se, portanto, que estas placas semi-padro-nizadas podem ter mltiplos usos. Tudo depende dos tipos de pulsos que forem contados. Poderíamos por exemplo uti-lizar cada uma destas placas como contadores simples de pulsos.

Queremos dizer com isto que o dia que este contro-lador não for mais usado para a experiência sobre o efei-to Raman, ele terá diversas outras utilidades em medidas da Física Experimental.

Especificações dos circuitos

Em geral, sempre conseguiu-se que os circuitos ti-vessem um desempenho melhor do que as especificações máxi-mas exigidas (ver especificações na Tabela I).

Por exemplo: no caso do "contador" em que era ne-cessária uma resposta de 10 MHz conseguiu-se mais de 23 MHz; o tempo por canal deveria variar de 0,5 s até 128 s e temos de 0,2 s até 819,2 s; a capacidade de um canal deve-ria ser de 10^7 , obteve-se 2^{31} , que corresponde a $2,1 \times 10^9$ (2.127.483.648) e assim por diante com quase tudo.

Com respeito aos tipos de saída dos dados é óbvio que com o uso do computador conseguiu-se facilmente resol-ver o problema das saídas em teletipo e em registrador grá-fico XY (vide especificações na Tabela I); além da possi-bilidade de utilizar todo e qualquer outro periférico que esteja ligado ao computador.

O programa de interrupção numa área protegida

Outra idéia que provavelmente será implementada num futuro próximo é a colocação do programa de interrupção (em Assembler) dentro da área protegida do Sistema. Após

chamar a subrotina de inicialização da experiência, outros programas que nenhuma relação teriam com a medida, poderiam funcionar sem nenhum prejuízo desta. Ao fim do número de canais o sistema forneceria um comando de "parada" ao controlador e ficaria esperando que os dados fossem tratados por um programa específico. Isto quer dizer que a área do usuário para execução de programas na memória do computador estaria sendo usada pela "experiência" apenas para a inicialização desta e para a saída dos dados. Durante o resto do tempo a área estaria livre para o uso dos mais diversos programas.

Armazenamento dos dados no disco

Um problema que imediatamente vem à tona no item anterior é o fato de que para ser válido o que foi afirmado é necessário que a área da memória reservada para os canais também fique numa zona protegida do sistema.

Isto cria dificuldades, pois nosso computador possui 16 K de memória. Reservando-se uma área permanente para o sistema DOS-M, para a subrotina de "Interrupção" e para o armazenamento dos canais, não resta muito espaço para que outros programas possam funcionar.

Pensou-se numa solução que permitisse reduzir esta área dos dados. A idéia que melhor aceitação teve foi a da criação de uma área para 50 canais apenas (ao invés dos 1000 necessários), que de tempos em tempos, quando estivesse lotada, fosse transferida ordenadamente para o disco. Teríamos então as informações no disco e não nos núcleos de ferrite da memória.

Sincronismo

Uma sugestão para melhorar a "performance" do con-

trolador foi para que o sinal externo que representa a variação do campo magnético (para cima/para baixo) fosse sincronizado com o relógio do sistema, através do sinal de 10 KHz fornecido no painel. Isto evitaria que se perdessem informações do "contador" devido à chegada de duas interrupções seguidas (da ordem de microsegundos), uma de mudança de campo e outra de fim de tempo de um canal. Neste caso o computador leria a informação do "contador" proveniente da última interrupção.

A posição do espectrômetro

Para quem for preparar um programa para o controlador, é interessante salientar que o valor utilizado para a posição do espectrômetro na subrotina em Assembler é apenas um número indicativo da quantidade de pulsos enviados ao motor.

Na realidade, a relação entre o ângulo da rede e o número de pulsos segue uma função trigonométrica. Como a relação entre o comprimento de onda e o ângulo também é trigonométrica, verifica-se que a relação entre os incrementos e o comprimento de onda é direta a menos de uma constante. Portanto, a cada pulso corresponderá novo comprimento de onda.

Deve-se utilizar o parâmetro da posição do espectrômetro apenas como um número que, através de um tratamento matemático, irá dar a nova posição da rede ou o novo comprimento de onda.

O estudo econômico

É difícil fazer-se um estudo comparativo entre um controlador completamente em "Hardware" e aquele que foi montado, pois nem sempre um equipamento de menor custo irá

ter as melhores qualidades.

No caso, as vantagens provenientes do uso de um minicomputador são de tal magnitude que não existe competiçãõ com um sistema em "Hardware" (só fazendo-se um computador). As principais vantagens seriam:

- uso de linguagens como Fortran e Algol para co - mandar
- tratamento matemático dos dados
- mudança do tipo de experiência por programa
- uso dos periféricos ligados ao minicomputador pa ra entrada e saída dos dados.

Simplesmente, estas qualidades não poderiam ser ob tidas com um controlador sozinho.

Outro detalhe importante é que o minicomputador u tilizado continuou fazendo processamento normal, sem que o fato de estar ligado a uma experiência alterasse seu de - sempenho. Portanto, não houve despesas nesta parte, pois usufruiu-se de algo já existente.

Com uma matemática financeira simples, diria-se que o custo foi de apenas 7 placas contra mais de 24 para o sistema só "hardware". Neste caso, é óbvio que economicamente ganharia o primeiro sistema. No entanto, se somar mos o valor do computador mais o dos periféricos, chega - se a um total de despesas bem mais alto. Porém, como já foi dito, não se pode levar em conta só o preço em si, pois existe as vantagens já mencionadas, além do fato importan te de que o computador não está dedicado exclusivamente pa ra a experiência.

Conclue-se que este sistema é bastante interessan te, porém difícil de ser comparado monetariamente com outros conhecidos.

Uma das hipóteses já levantadas para uso no futuro são os microprocessadores chamados "naked mini". Estes , com 4 K de memória, custam menos de \$ 1,000 dólares. Neste caso, a filosofia do sistema seria diferente: não estaríamos ligando placas de controle a um minicomputador para comando, mas sim teríamos o próprio processador controlando diretamente a experiência ao seu lado.

Conclusões finais

Não há dúvida que as idéias e projetos deste trabalho foram drasticamente modificados durante seu desenvolvimento.

Sendo no início apenas um simples controlador eletrônico, ele foi aos poucos tornando-se um sistema ligado a um computador com várias alternativas. Permite também a possibilidade de futuras alterações e expansões até ao ponto que periféricos possam ser associados ao sistema. Estes estariam em comunicação com o processador sem que houvesse interferência na experiência.

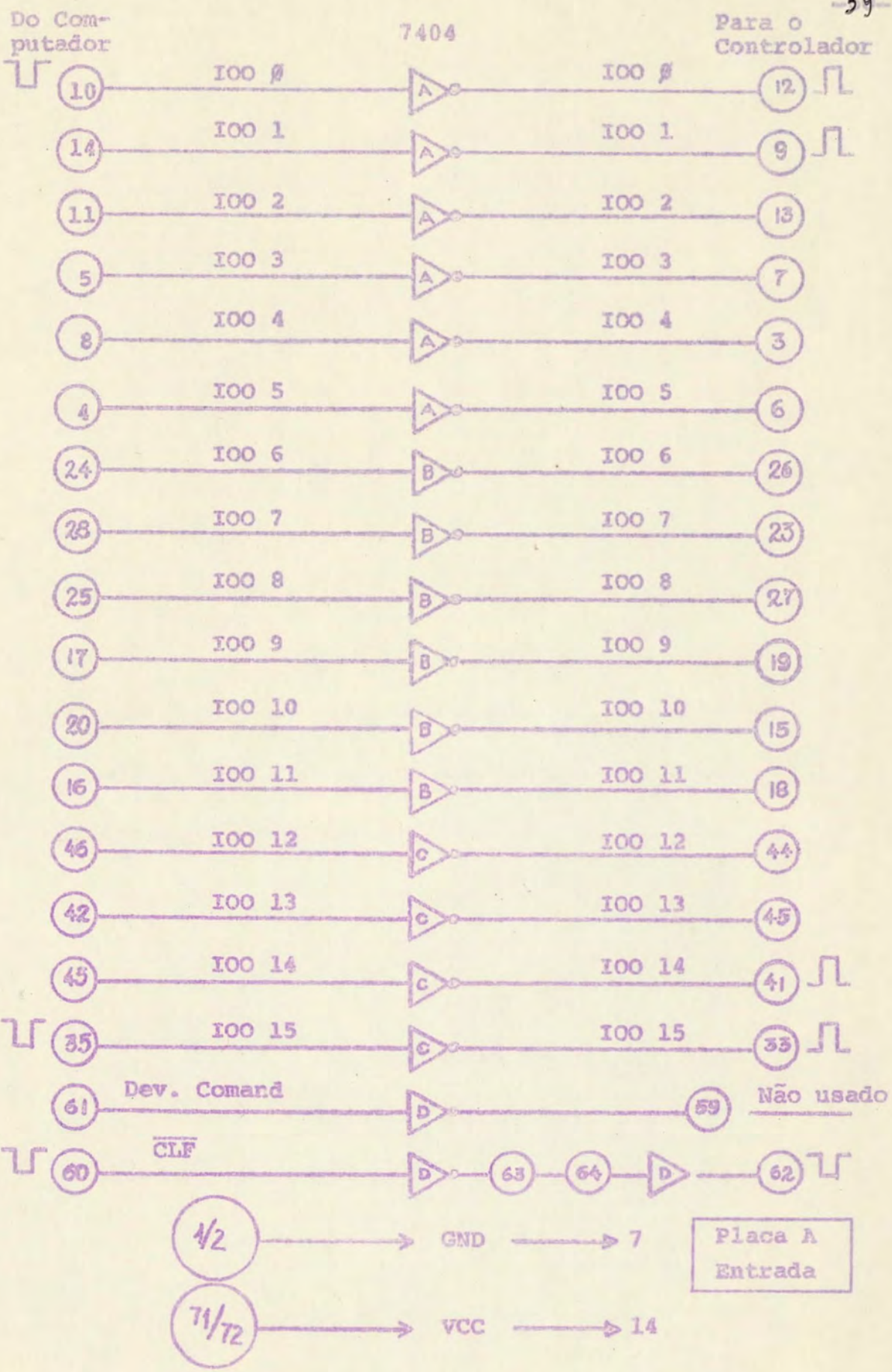
Na realidade, foi criada uma extensão do barramento de entrada e saída do minicomputador.

Achamos porém que o ponto de maior importância neste trabalho é que o controle da medida possa ser feito em Algol ou Fortran, linguagens de conhecimento geral. Não é necessário que o usuário conheça a linguagem da máquina para que possa programar sua experiência.

Em resumo, são três as principais idéias básicas: a do emprego de linguagens de uso geral para comandos; a do barramento, no qual placas de funções diferentes são ligadas; e a do uso de minicomputadores para controle.

Concluindo, cremos que os conhecimentos e idéias adquiridos neste trabalho são de suma importância para futuras implementações de sistemas similares.

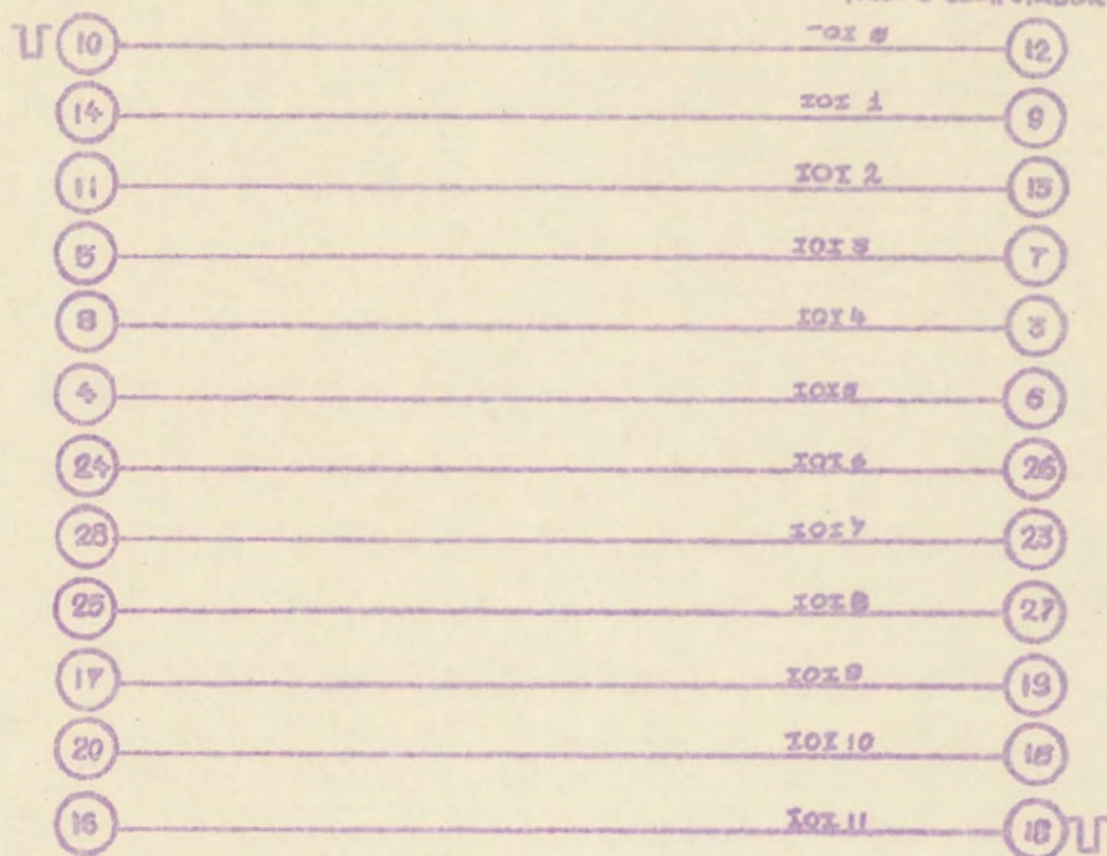
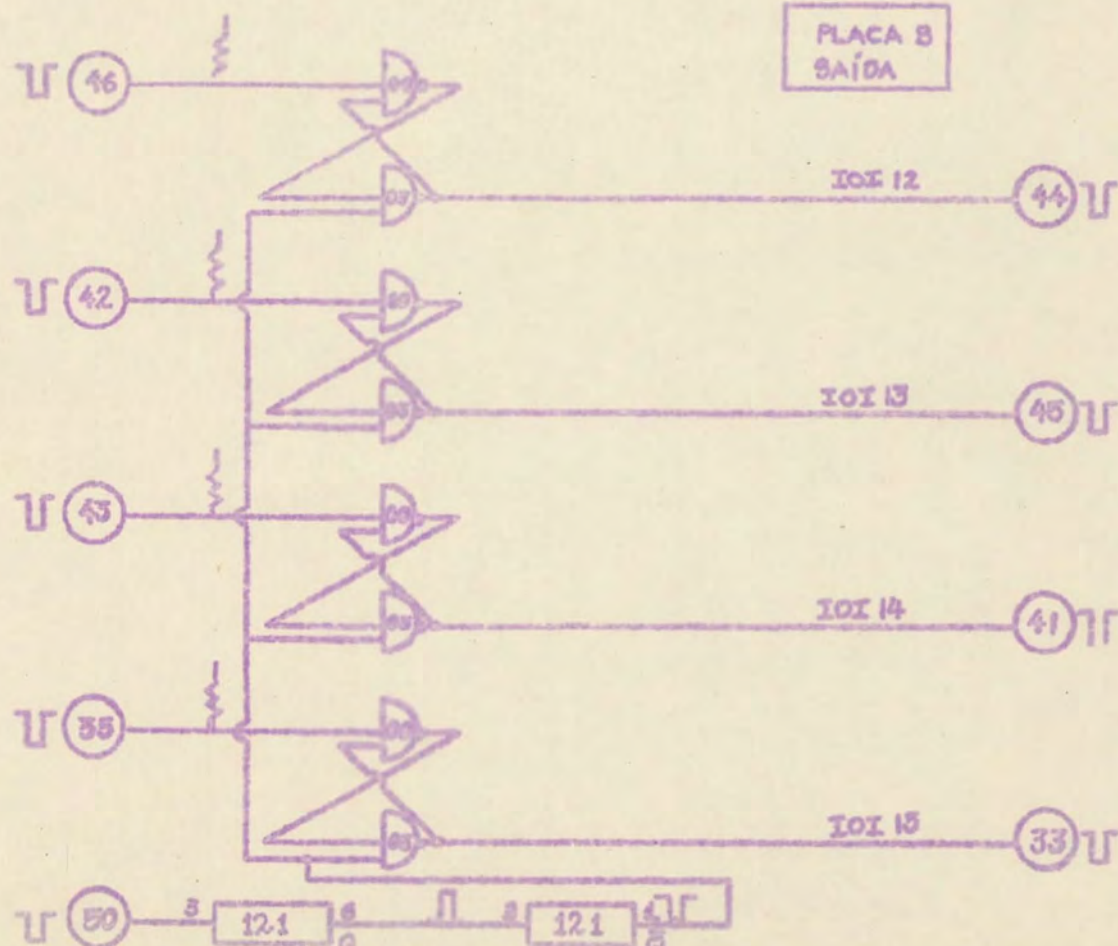
A P E N D I C E S



Conector do Computador	Placa A	Placa A	
A	10	12	BUS 3
B	14	9	" 5
C	11	13	" 7
D	5	7	" 9
E	8	3	" 11
F	4	6	" 13
H	24	26	" 15
J	28	23	" 17
K	25	27	" 19
L	17	19	" 21
M	20	15	" 23
N	16	18	" 25
P	46	44	" 27
R	42	45	" 29
S	43	41	" 31
T	35	33	" 33
Z/22	61	63	64-A
X	60	62	50-B

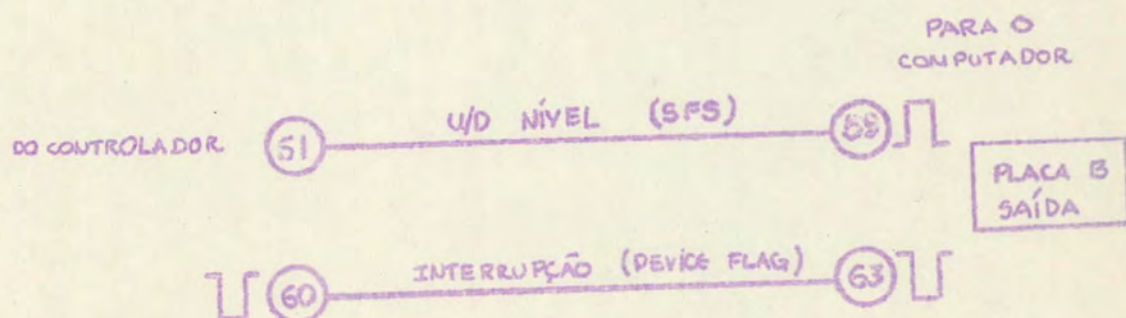
DO CONTROLADOR

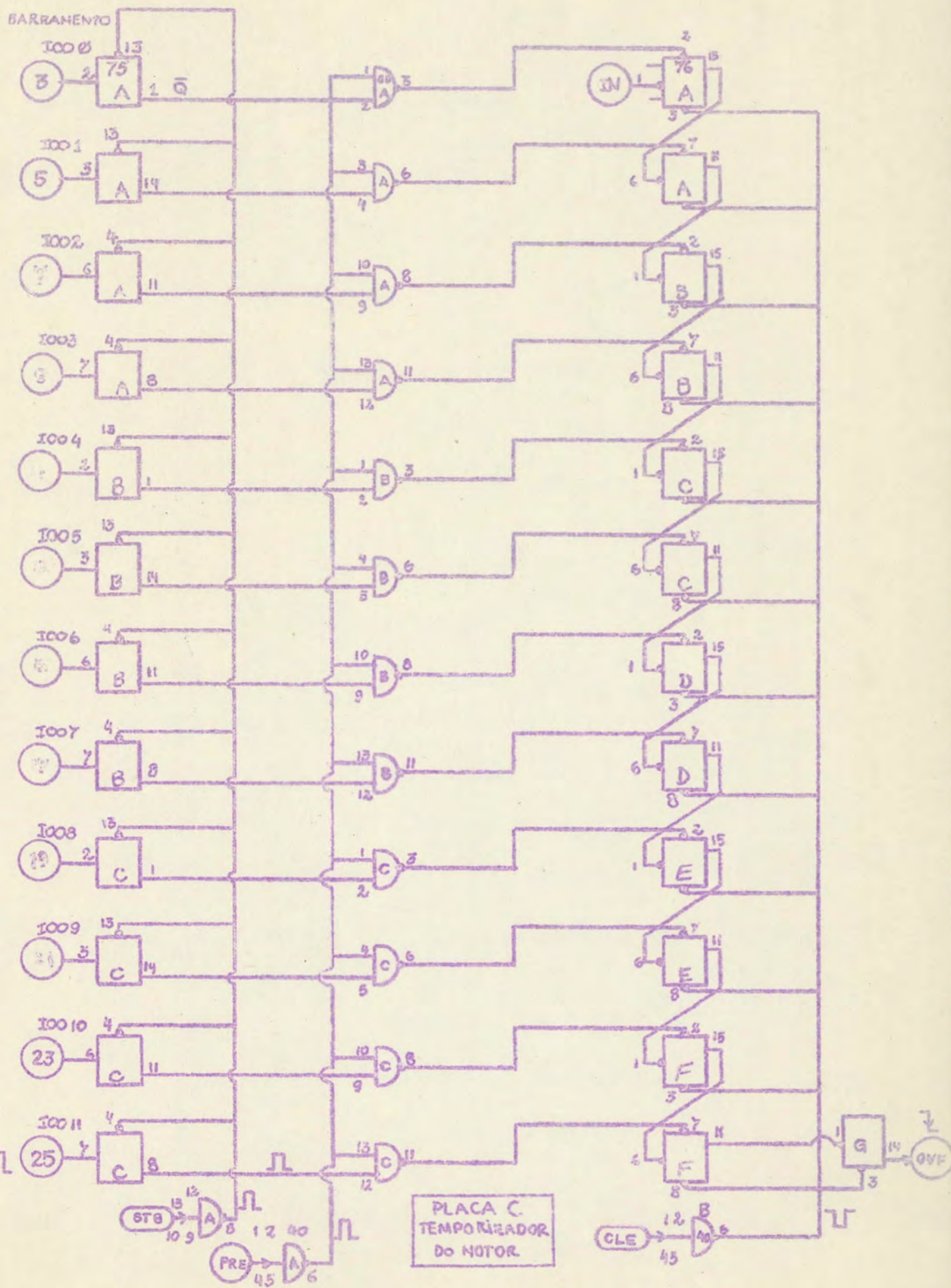
PARA O COMPUTADOR

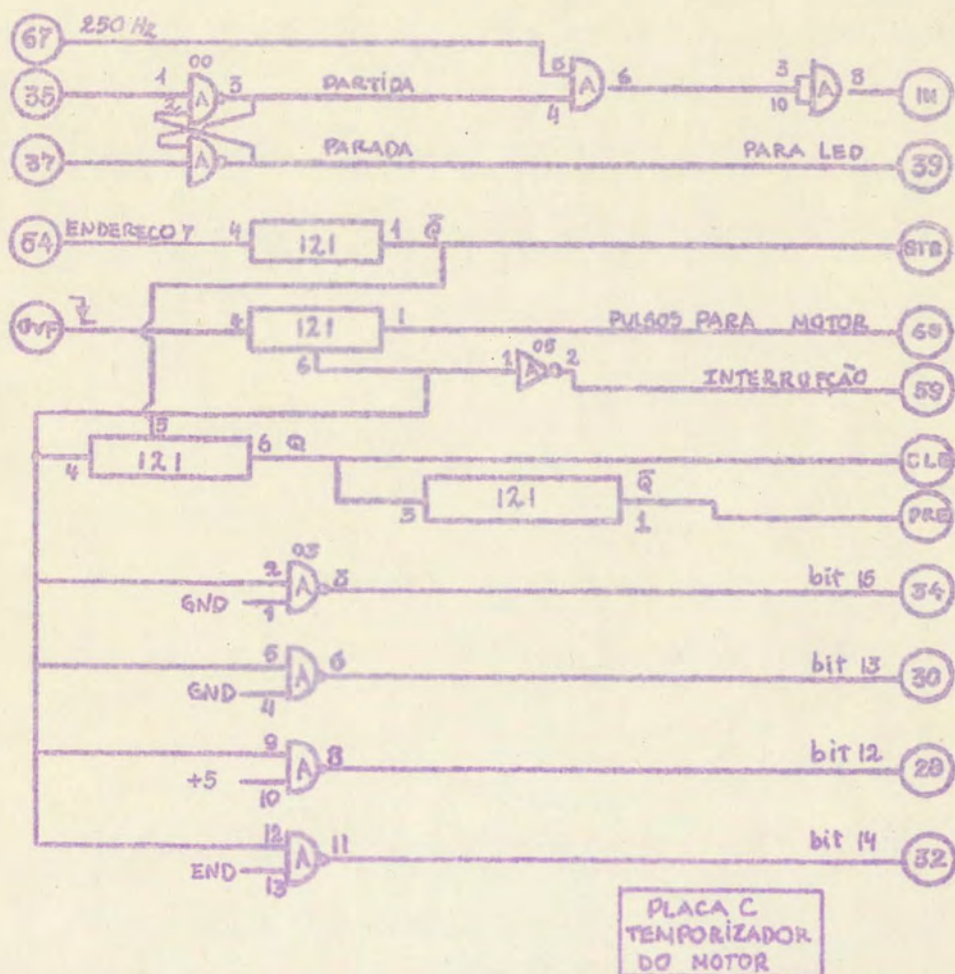
PLACA B
SAÍDA

Da Placa B	Para o Computador
12	1
9	2
13	3
7	4
3	5
6	6
26	7
23	8
27	9
19	10
15	11
18	12
44	13
45	14
41	15
33	16
63	23/AA
59	21

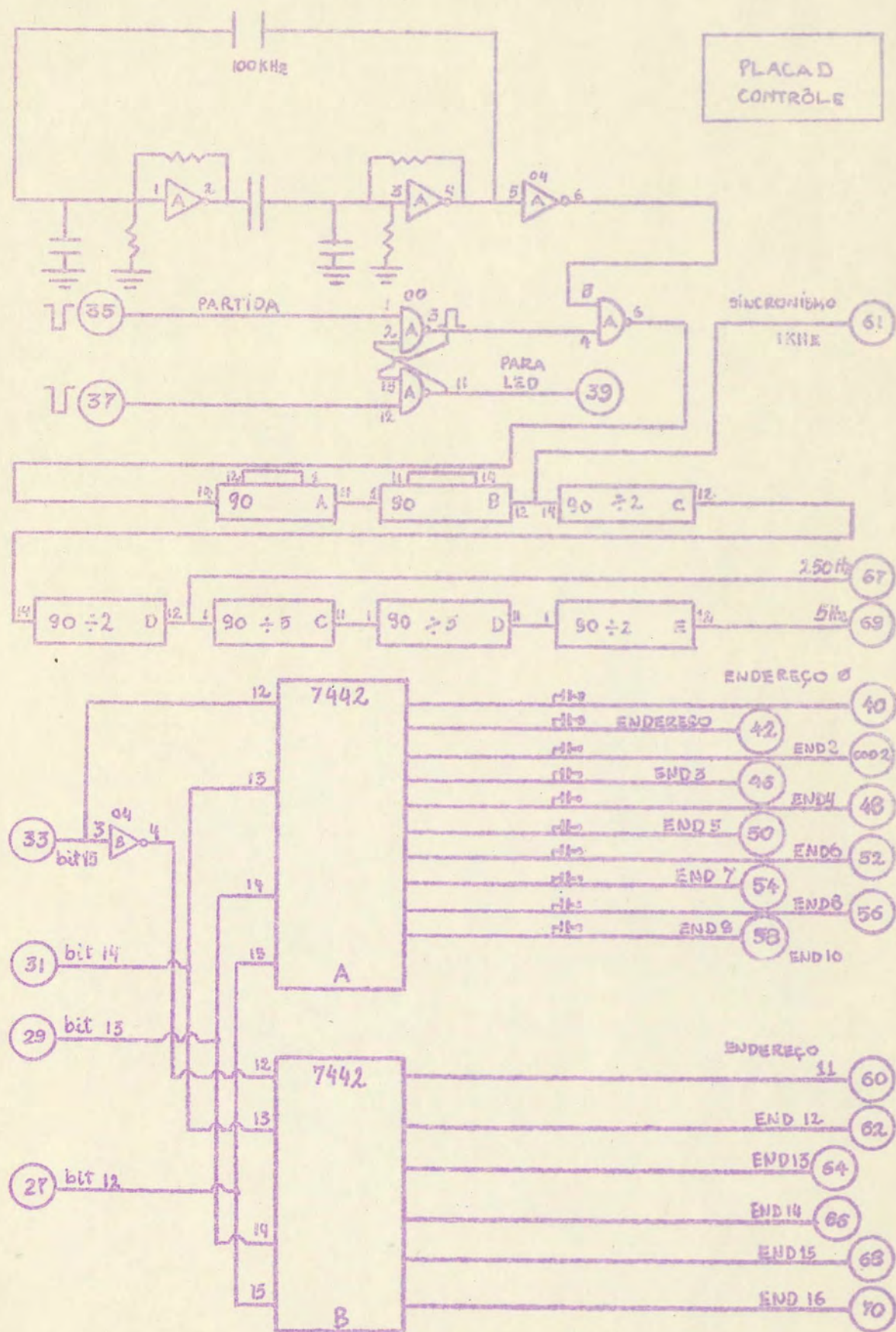
Das Placas	Para Placa B
BUS 4	10
" 6	14
" 8	11
" 10	5
" 12	8
" 14	4
" 16	24
" 18	28
" 20	25
" 22	17
" 24	20
" 26	16
" 28	46
" 30	42
" 32	43
" 34	35
" 59	60
A-62	50
53-G	61

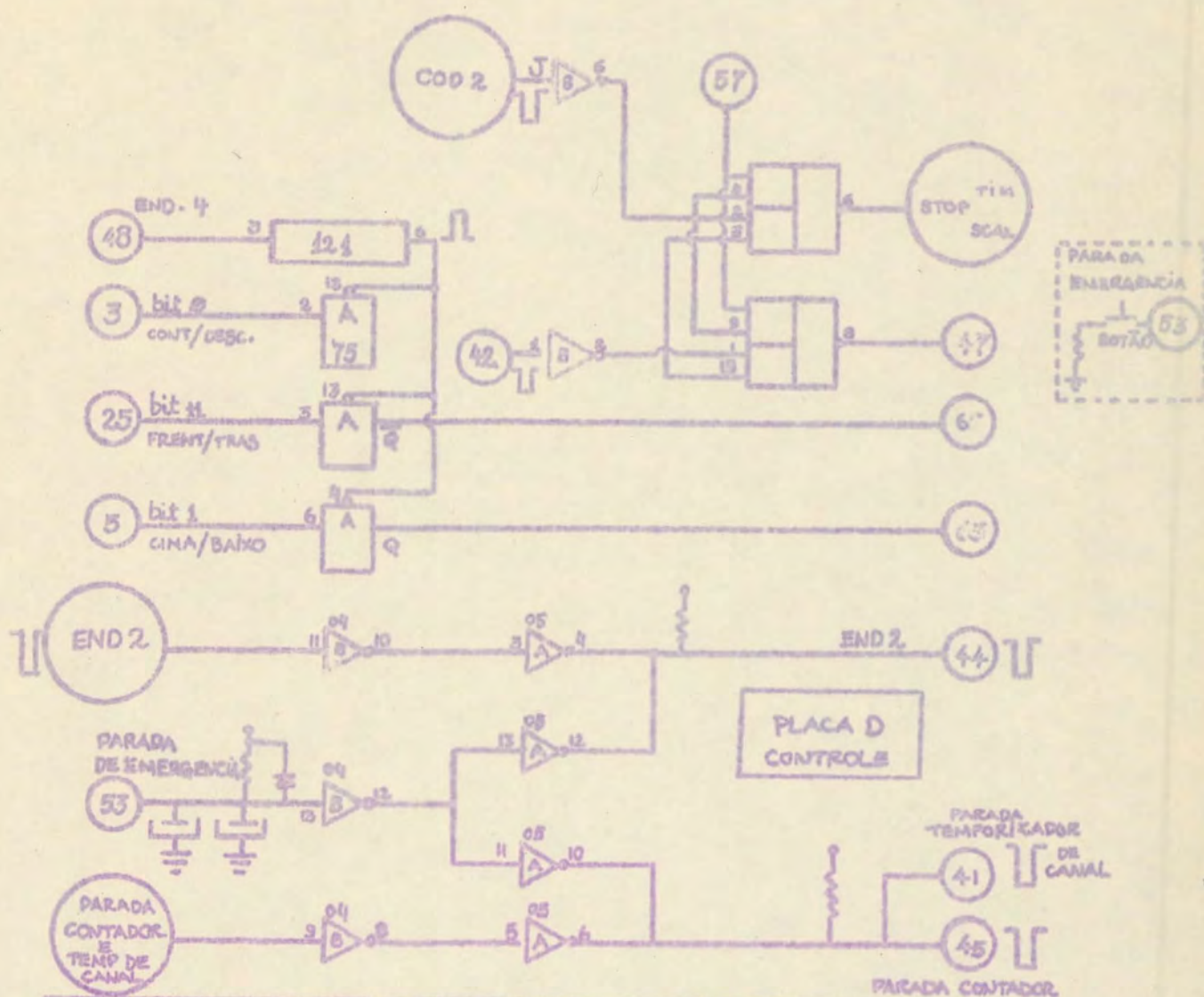




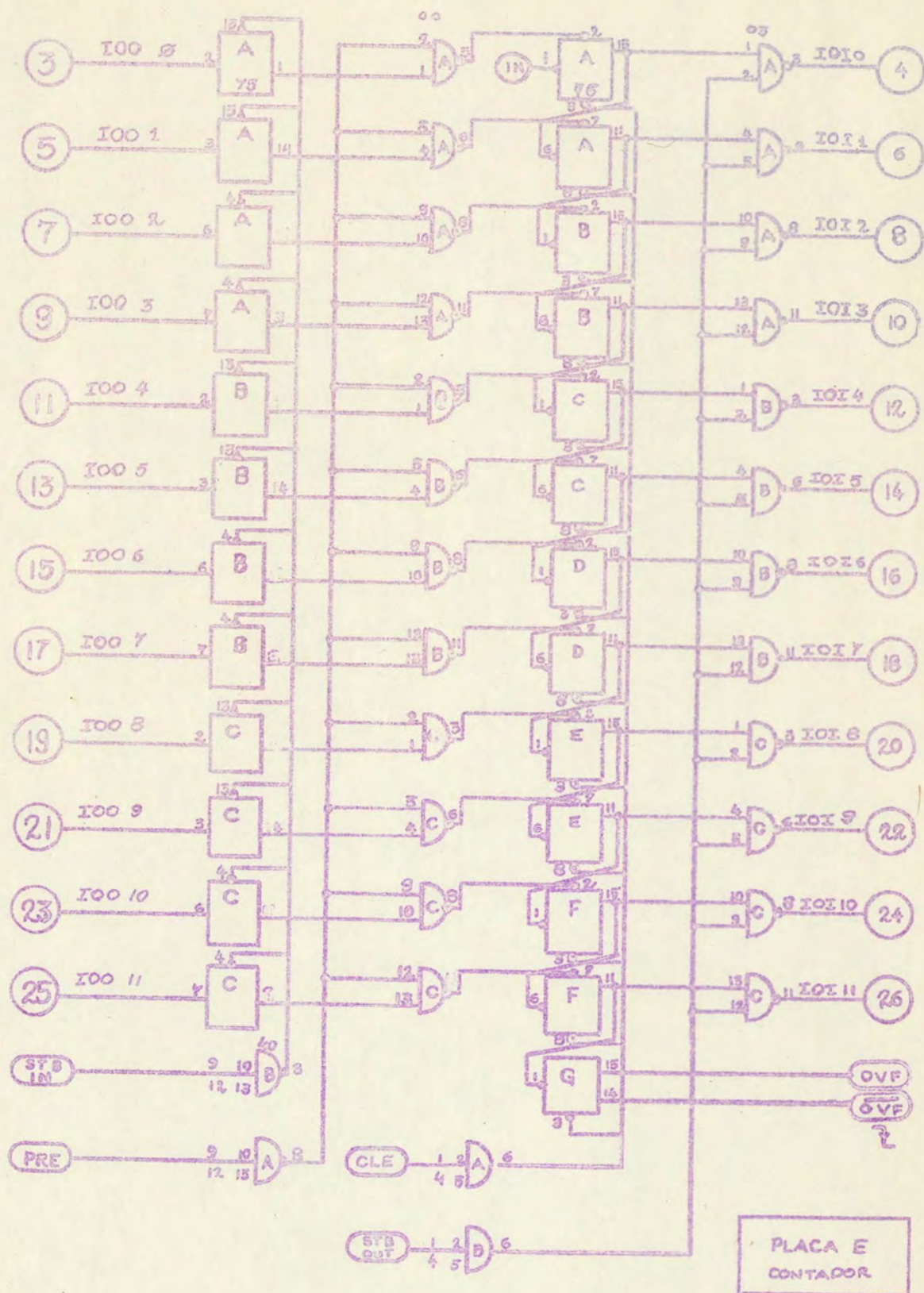


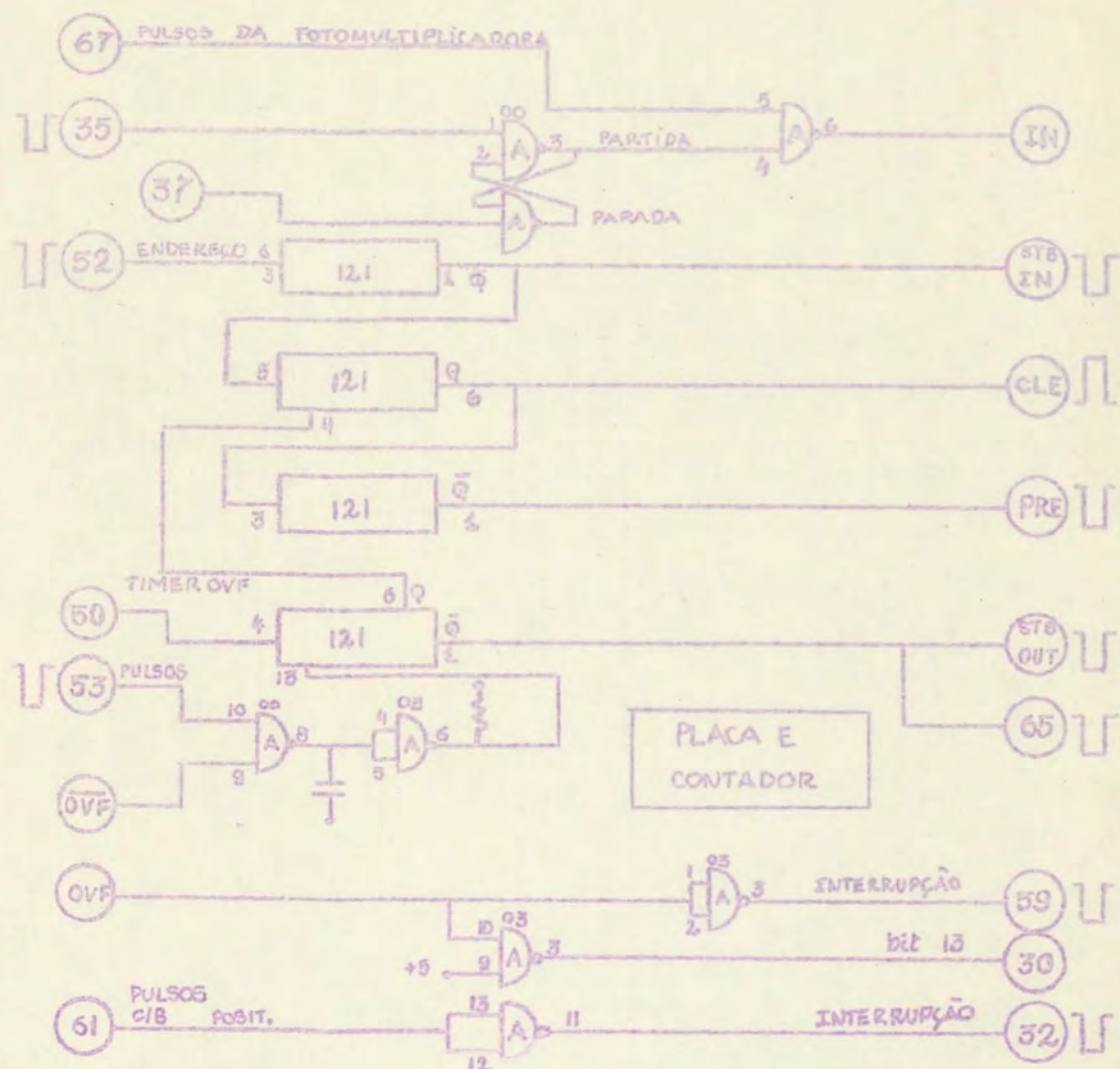
Da	Para Placa C	Da	Para Placa C	Da Placa C	Para
BUS	3	BUS	23	34	BUS
"	5	"	25	30	"
"	7	47-D	35	28	"
"	9	44-D	37	32	"
"	11	BUS	54	59	"
"	13	67-D	67	65	69-G
"	15			39	49-G
"	17				
"	19				
"	21				





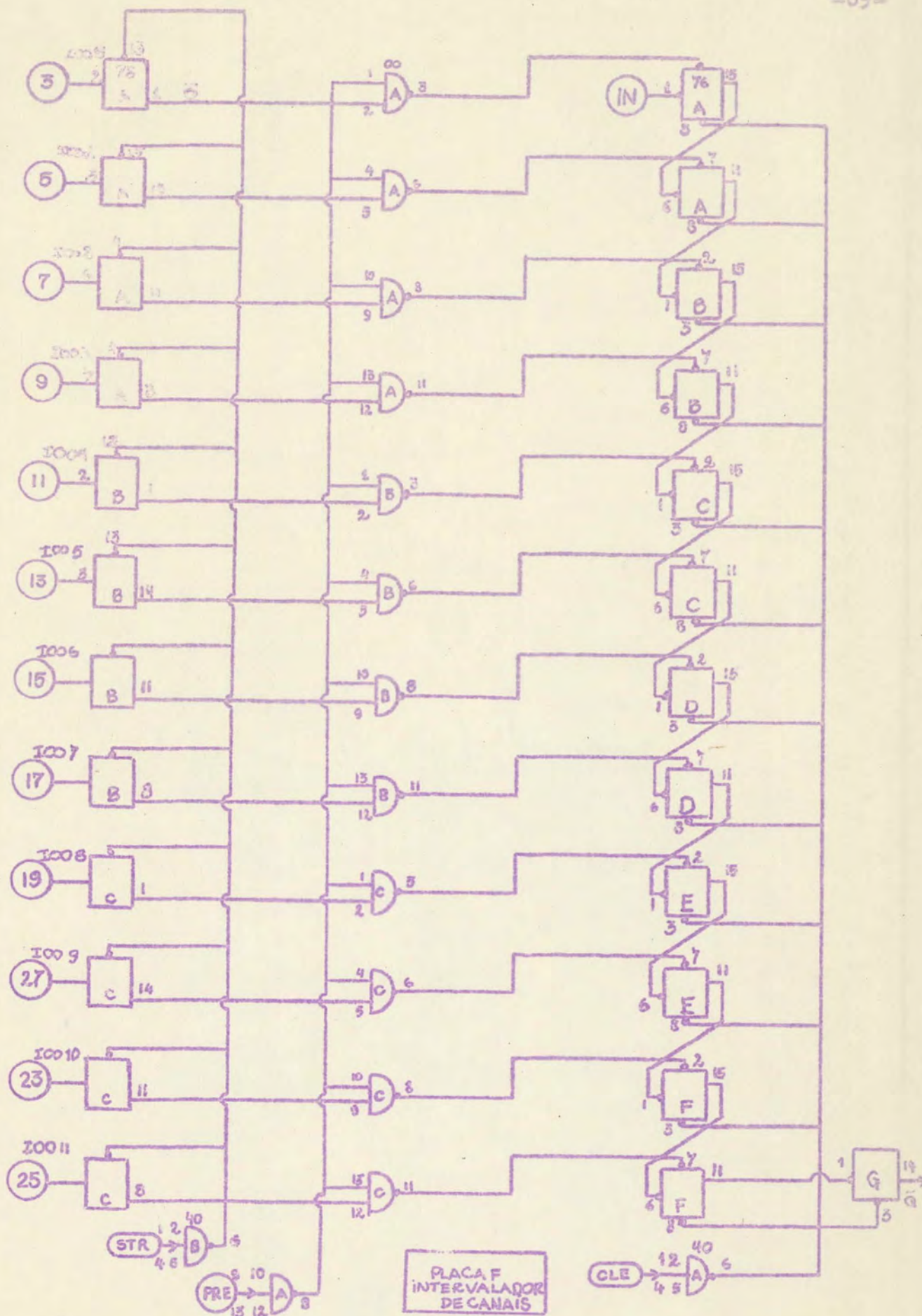
DE	Para Placa D	Da placa D	Para	Da Placa D	Para
42-D	35	61	61-G	62	BUS
44-D	37	39	41-G	64	BUS
BUS	33	67	67-C	66	BUS
BUS	31	69	69-F	68	BUS
BUS	29	40	BUS	70	BUS
BUS	27	42		47	35-C
BUS	48	44		41	37-F
BUS	3	46	"	45	37-E
BUS	25	48	"	65	47-G
BUS	5	50	"	63	45-G
BUS	42	52	"		
57-F	57	54	"		
To Buton	53	56	"		
		58	"		
		60	"		

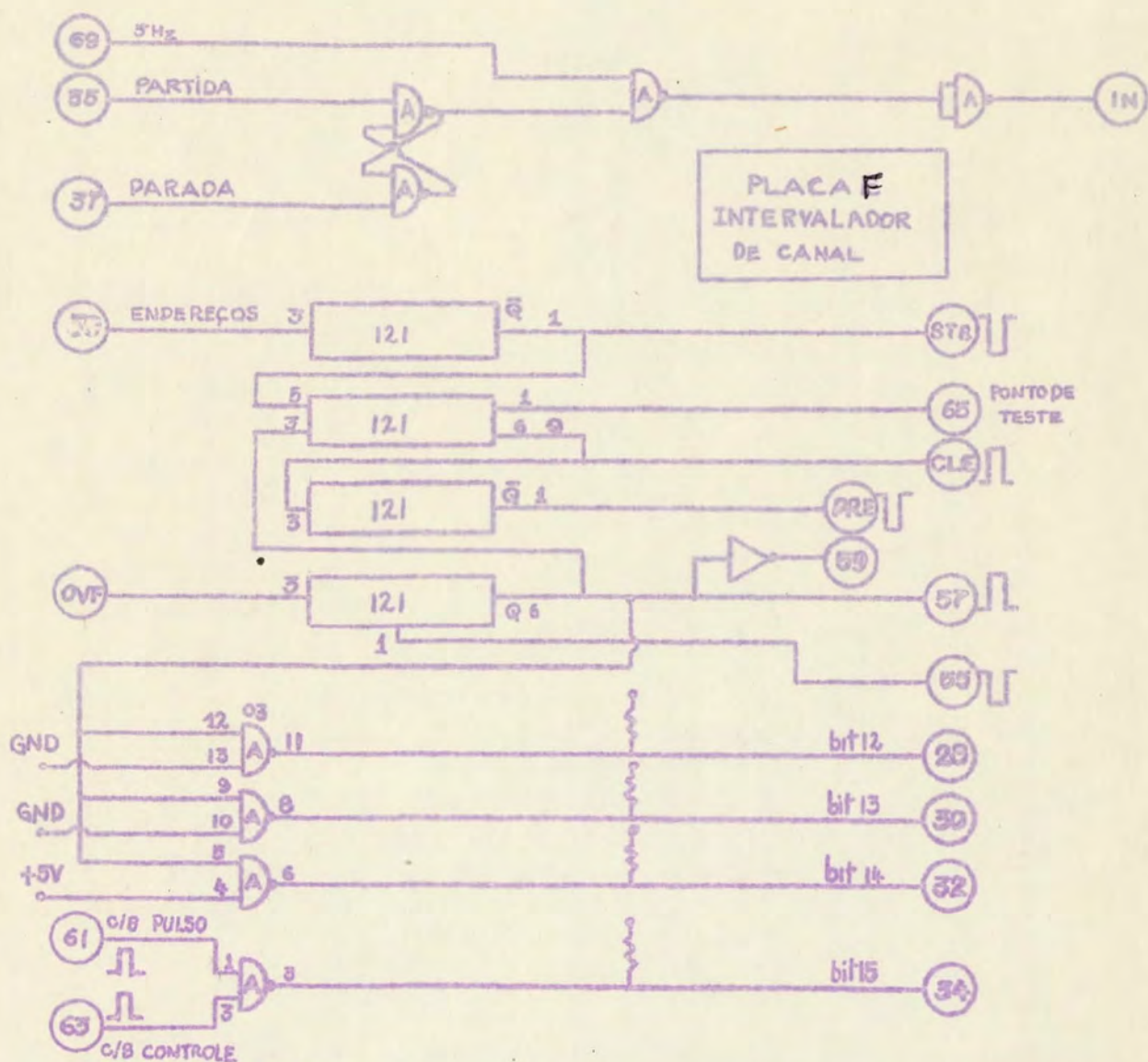




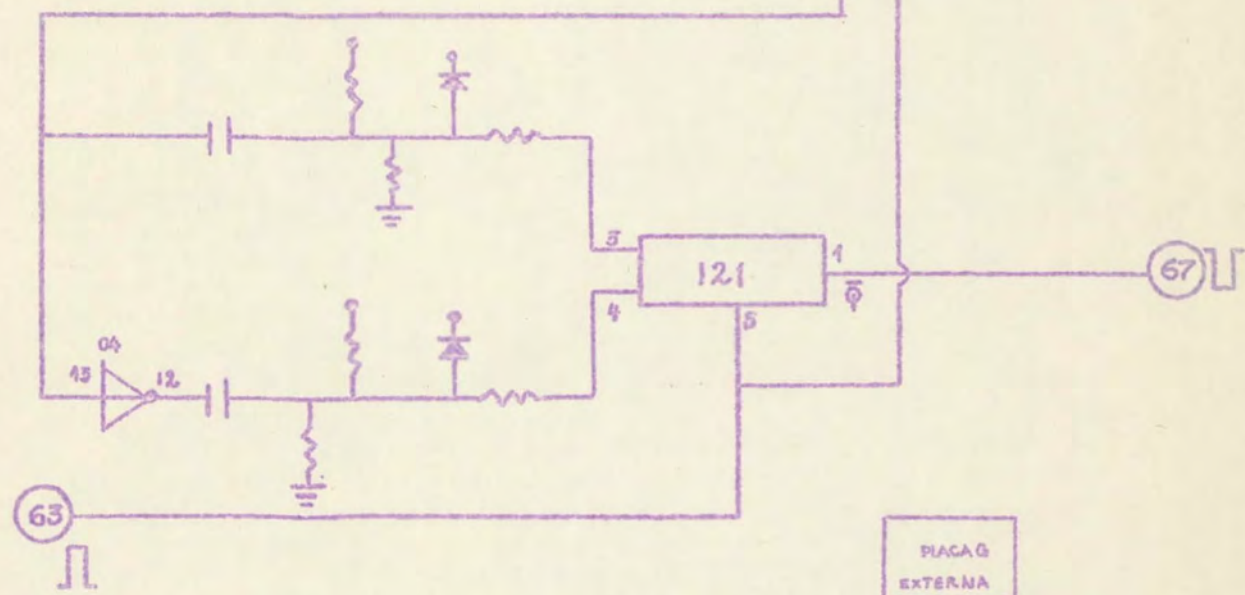
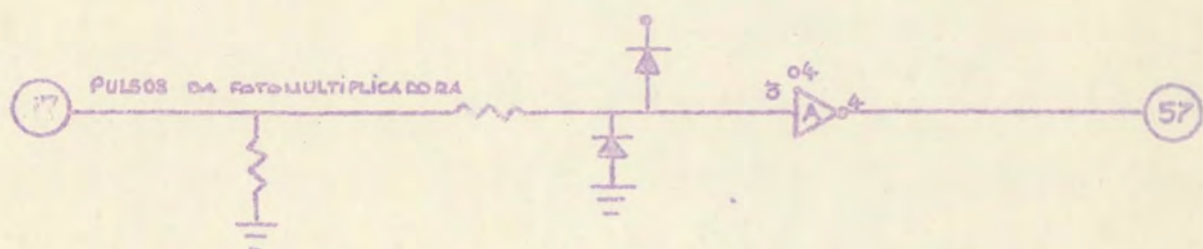
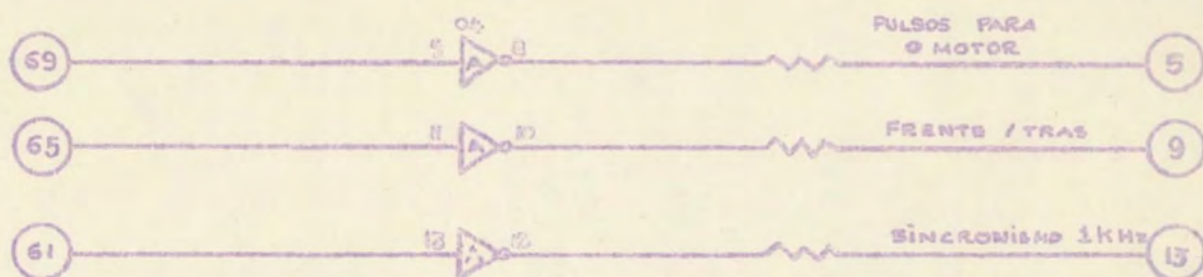
De	Para
BUS	3
"	5
"	7
"	9
"	11
"	13
"	15
"	17
"	19
"	21
"	23
"	25
57-G	67
42-D	35
45-D	37
BUS	52
55-E	55
67-G	53
59-G	61

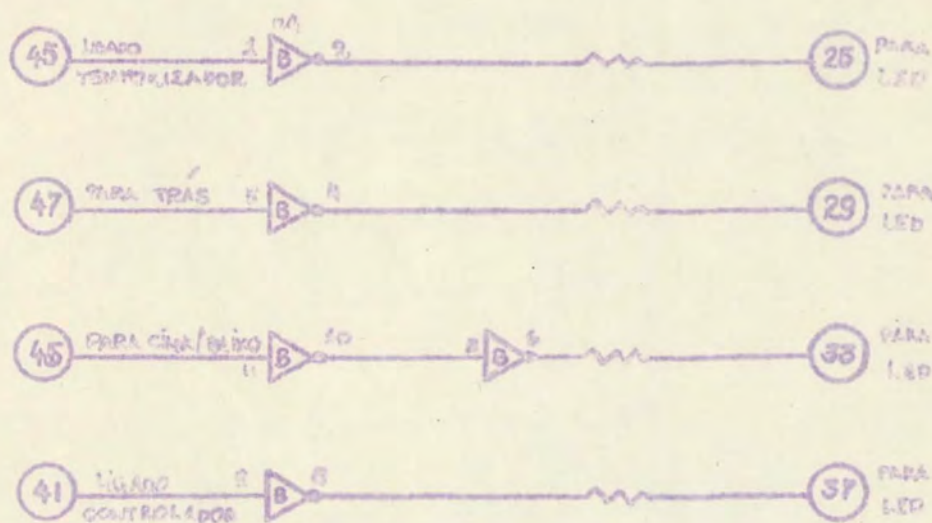
Da	Para
P1.E	4
BUS	6
"	8
"	10
"	12
"	14
"	16
"	18
"	20
"	22
"	24
"	26
"	65
BUS	59
"	30
"	32





Da	Para Placa F	Da	Para Placa F	Da Placa F	Para
BUS	3	69-D	69	65	*
"	5	42-D	35	59	BUS
"	7	41-D	37	57	57-D
"	9	BUS	50	55	55-E
"	11	59-G	61	28	BUS
"	13	63-D	63	30	"
"	15			32	"
"	17			34	"
"	19				
"	21				
"	23				
"	25				





PLACA G
EXTERNA

DE	Para Placa G
65-C	69
65-D	65
61-D	61
EXT	17
EXT	21
63-D	63
39-C	49
65-D	47
63-D	45
39-D	41

Da Placa G	Para
5	EXT
9	EXT
13	EXT
57	67-E
53	61-B
67	53-E
25	LED
29	LED
33	LED
37	LED
59	61-E

```

0001          ASMB,L
0002 00000      NAM LASER,6
0003          EXT ,ENTR,EXSUB,PACK
0004          ENT RUNEX,ARRAI,PARAM
0005*
0006*
0007*          SUBROTINA  RUNEX
0008*
0009 00000 000000  RUNX NOP
0010 00001 000000  RUNEX NOP
0011 00002 016001X  JSB ,ENTR
0012 00003 000000R  DEF RUNX
0013 00004 102000R  LDA RUNX,I
0014 00005 052230R  CPA INIFL
0015 00006 125001R  JMP RUNEX,I
0016 00007 072230R  STA INIFL
0017 00010 002020  SSA
0018 00011 026014R  JMP START
0019 00012 016141R  JSB STOP
0020 00013 126001R  JMP RUNEX,I
0021*
0022*          START
0023*
0024 00014 062207R  START LDA X01
0025 00015 016171R  JSB INICI
0026 00016 126001R  JMP RUNEX,I
0027*
0028*
0029*          SUBROTINA  PARAM
0030*
0031 00017 000000  PARAM NOP
0032 00020 102017R  LDA PARAM,I
0033 00021 072225R  STA PARET
0034 00022 062230R  LDA INIFL
0035 00023 002020  SSA
0036 00024 126225R  JMP PARET,I
0037 00025 062017R  LDA PARAM
0038 00026 072030R  STA PARME
0039 00027 026037R  JMP PARME+1
0040 00030 000000  PARAM BSS 6
0041 00036 000000  PARME NOP
0042 00037 016001X  JSB ,ENTR
0043 00040 000030R  DEF PARAM
0044*
0045*  PARA CIMA OU PARA CIMA/BATXO
0046*
0047 00041 102030R  LDA PARAM,I
0048 00042 002021  SSA,RSS
0049 00043 026047R  JMP UP
0050*
0051*

```

```

0052*   PARA BAIXO
0053 00044 062216R LDA X23
0054 00045 072217R STA X26
0055 00046 026051R JMP FRTR
0056*
0057*   PARA CIMA
0058 00047 062214R UP LDA X21
0059 00050 072217R STA X26
0060*
0061*   PARA FRENTE , PARA TRAS
0062*
0063 00051 162031R FNTR LDA PARM+1,I
0064 00052 002021  SSA,RSS
0065 00053 026055R JMP FRENTE
0066 00054 026061R JMP TRAS
0067*
0068*           FRENTE
0069 00055 062214R FRENTE LDA X21
0070 00056 032217R IOR X26
0071 00057 072217R STA X26
0072 00060 026065R JMP CONDE
0073*
0074*           TRAS
0075 00061 062215R TRAS LDA X22
0076 00062 032217R IOR X26
0077 00063 072217R STA X26
0078 00064 026065R JMP CONDE
0079*
0080*   CONTINUO OU DESCONTINUO
0081*
0082 00065 162032R CONDE LDA PARM+2,I
0083 00066 002021  SSA,RSS
0084 00067 026075R JMP CONT
0085*
0086*           DECONTINUO
0087 00070 002404  CLA,INA
0088 00071 032217R IOR X26
0089 00072 032220R IOR X27
0090 00073 016154R JSB FORN
0091 00074 026100R JMP X
0092*
0093*           CONTINUO
0094 00075 062217R CONT LDA X26
0095 00076 032220R IOR X27
0096 00077 016154R JSB FORN
0097*
0098*   INICIALIZACAO DO TEMPORIZADOR
0099*           DE CANAL
0100*
0101 00100 162033R X LDA PARM+3,I
0102 00101 042206R ADA HEN01

```

```

0103 00102 052211R JOK X04
0104 00103 016154R JSB FORN
0105*
0106* INICIALIZACAO DO TEMPORIZADOR
0107*           DN MOTOR
0108*
0109 00104 162034R LDA PARM+4,I
0110 00105 042206R ADA MEMR1
0111 00106 032212R JOK X05
0112 00107 016154R JSB FORN
0113*
0114* ZERAR O CONTADOR
0115*
0116 00110 062213R LDA X06
0117 00111 016154R JSB FORN
0118 00112 126036R JMP PARM+1
0119*
0120*
0121*           SUBROTINA ARRAY
0122*
0123 00113 000000 ARRAT NOP
0124 00114 162113R LDA ARRAT,I
0125 00115 072224R STA ARNET
0126 00116 062236R LDA INIFL
0127 00117 000020 SSA
0128 00120 126226R JMP ARNET,I
0129 00121 062113R LDA ARRAT
0130 00122 072127R STA ARRAY
0131 00123 026130R JMP ARRAY+1
0132 00124 000000 ARRY BSS 3
0133 00127 000000 ARRAY NOP
0134 00130 016001X JSB ENTR
0135 00131 000124R DEF ARRY
0136 00132 162125R LDA ARRY+2,I
0137 00133 003004 CMA,INA
0138 00134 072222R STA SIZE
0139 00135 072345R STA SIZEA
0140 00136 062125R LDA ARRY+1
0141 00137 072221R STA FRST
0142 00140 126127R JMP ARRAY,I
0143*
0144* SUBROTINA STOP
0145*
0146 00141 000000 STOP NOP
0147 00142 016002X JSB EXSUB
0148 00143 000145R DEF **2
0149 00144 000146R DEF OFF
0150 00145 126141R JMP STOP,I
0151 00146 000000 OFF NOP
0152 00147 062210R LDA X02
0153 00150 072223R STA SA

```



```

0205 00021 SC EQU 210
0206 00223 000000 SA NOP
0207 00224 000000 ARRET NOP
0208 00225 000000 PARET NOP
0209 00226 115773 JSBI JSB 17730,I
0210 00227 000231R LINK DEF AQUIR
0211 00230 000000 INIFL NOP
0212*
0213*
0214* PROGRAMA DE AQUISICAO POR INTERRUPCAO
0215*
0216*
0217 00231 000000 AQUIR NOP
0218 00232 103100 CLF 00
0219 00233 016322R JSB SAVE
0220 00234 102505 PROY LIA 05
0221 00235 052342R CPA VAD
0222 00236 003401 CCA,RSS
0223 00237 002400 CLA
0224 00240 072343R STA FLAG5
0225 00241 103521 LIA SC,C
0226 00242 102001 OTA 01
0227 00243 072344R STA ESPER
0228*
0229* TESTE DOS BITS
0230*
0231 00244 002020 SSA
0232 00245 016272R JSB UPDOWN
0233 00246 001200 RAL
0234 00247 002020 SSA
0235 00250 016276R JSB SCALE
0236 00251 001200 RAL
0237 00252 002020 SSA
0238 00253 016302R JSB OVFL0
0239 00254 001200 RAL
0240 00255 002020 SSA
0241 00256 016332R JSB AJACO
0242 00257 002400 CLA
0243 00260 072345R STA SIGN1
0244 00261 062347R LDA SIGN2
0245 00262 002002 SZA
0246 00263 026455R JMP STOP1
0247*
0248*
0249 00264 062343R RET LDA FLAG5
0250 00265 002002 SZA
0251 00266 026306R JMP STPR0
0252 00267 016312R JSB RESTR
0253 00270 102100 STF 00
0254 00271 126231R JMP AQUIR,I
0255*

```



```

0256 00272 000000 UPDOWN NOP
0257 00273 102321 SFS SC
0258 00274 026372R JMP DOWN
0259 00275 026363R JMP AUF
0260*
0261 00276 000000 SCALE NOP
0262 00277 102321 SFS SC
0263 00300 026401R JMP ASCAL
0264 00301 026422R JMP ASC4D
0265*
0266 00302 000000 DVELO NOP
0267 00303 102321 SFS SC
0268 00304 026414R JMP ADVF
0269 00305 026435R JMP ADVFD
0270*
0271*
0272 00306 016312R STPHD JIB RESTR
0273 00307 102100 STF WH
0274 00310 102705 STC 5
0275 00311 126231R JMP ACVIR,I
0276*
0277* SUBROTINA RESTORE
0278*
0279 00312 000000 RESTR NOP
0280 00313 062340R LDA SAVEX
0281 00314 103101 CLO
0282 00315 000036 SLA,CLA
0283 00316 102101 STO
0284 00317 062336R LDA SAVAX
0285 00320 066337R LDE SAVBX
0286 00321 126312R JMP KESTR,I
0287*
0288* SUBROTINA SAVE
0289*
0290 00322 000000 SAV'E NOP
0291 00323 072336R STA SAVAX
0292 00324 076337R STB SAVBX
0293 00325 001520 IRA,ALS
0294 00326 102201 OC
0295 00327 002004 INA
0296 00330 072340R STA SAVEX
0297 00331 126322R JMP SAVE,I
0298*
0299* SUBROTINA DE INCREMENTO DA POSICAO
0300* DO ESPECTROMETRO
0301*
0302 00332 000000 AJACO NOP
0303 00333 136104 ISZ AHRY,I
0304 00334 126332 JMP AJACO,I
0305 00335 026455 JMP STOP1
0306*

```

```

0307*
0307* CONVERSITRA
0307*
0310 00305 000000 3AVAR NOP
0311 00306 000000 3AVAR NOP
0312 00307 000000 3AVAR NOP
0313 00308 007777 311 OCT 007777
0314 00309 000000 312 OCT 000000
0315 00310 000000 313 OCT 000000
0316 00311 000000 314 OCT 000000
0317 00312 000000 315 OCT 000000
0318 00313 000000 316 OCT 000000
0319 00314 000000 317 OCT 000000
0320 00315 000000 318 OCT 000000
0321 00316 000000 319 OCT 000000
0322*
0323* SURTOTINA DE BARRA
0324*
0325 00351 000000 ADD NOP
0326 00352 1401000 ADD ARRY+1,I
0327 00353 1721000 STA ARRY+1,I
0328 00354 0621000 LDA ARRY+1
0329 00355 002004 INA
0330 00356 000040 SET
0331 00357 000004 INA
0332 00358 144000 ADD X12,I
0333 00359 174000 STA 26,I
0334 00360 126351R JMP ADD,I
0335*
0336* LEITURA DO CONTADOR POSITIVA
0337* TRANSICAO BAIXO/CIMA
0338*
0339 00363 012341R AUP AND X11
0340 00364 006300 CLR,CLR
0341 00365 016351R JSB ADD
0342 00366 002404 CLA,INA
0343 00367 072346R STA SIGN1
0344 00370 062344R LDA ESPER
0345 00371 126272R JMP UPDOH,I
0346*
0347* LEITURA DO CONTADOR NEGATIVA
0348* TRANSICAO CIMA/BAIXO
0349*
0350 00372 012341R DOWN AND X11
0351 00373 016351R JSB COMPL
0352 00374 016351R JSB ADD
0353 00375 002404 CLA,INA
0354 00376 072346R STA SIGN1
0355 00377 062344R LDA ESPER
0356 00400 126272R JMP UPDOH,I
0357*

```

```

0358* LETTURA DO CONTADOR POSITIVA
0359*   FIM DE CANAL
0360*
0361  00401 072350R ASCAL STA WAIT
0362  00402 062346R LDA SIGN1
0363  00403 002002  SZA
0364  00404 026412R JMP ++6
0365  00405 062344R LDA ESPEN
0366  00406 012341R AND X11
0367  00407 006500  CLB,CLE
0368  00410 016351R JSB ADD
0369  00411 016443R JSB ATIME
0370  00412 062350R LDA WAIT
0371  00413 126276R JMP SCALE,I
0372*
0373* ESTOURO DO CONTADOR POSITIVO
0374*
0375  00414 072350R ADVF STA WAIT
0376  00415 062341R LDA X11
0377  00416 006500  CLB,CLE
0378  00417 016351R JSB ADD
0379  00420 062350R LDA WAIT
0380  00421 126302R JMP OVFL0,I
0381*
0382* LEITURA DO CONTADOR NEGATIVA
0383*   FIM DE CANAL
0384*
0385  00422 072350R ASCAD STA WAIT
0386  00423 062346R LDA SIGN1
0387  00424 002002  SZA
0388  00425 026433R JMP ++6
0389  00426 062344R LDA ESPEN
0390  00427 012341R AND X11
0391  00430 016505R JSB COMPL
0392  00431 016351R JSB ADD
0393  00432 016443R JSB ATIME
0394  00433 062350R LDA WAIT
0395  00434 126276R JMP SCALE,I
0396*
0397* ESTOURO DO CONTADOR NEGATIVO
0398*
0399  00435 072350R ADVFD STA WAIT
0400  00436 062341R LDA X11
0401  00437 016505R JSB COMPL
0402  00440 016351R JSB ADD
0403  00441 062350R LDA WAIT
0404  00442 126302R JMP OVFL0,I
0405*
0406* SUBROTINA INCREMENTO DO CANAL
0407*
0408  00443 000000  ATIME NOP

```

```

0409 00444 036125R ISZ ARRY+1
0410 00445 036125R ISZ ARRY+1
0411 00446 136125R ISZ ARRY+2,I
0412 00447 136126R ISZ ARRY+2,I
0413 00450 036222R ISZ SIZE
0414 00451 126443R JMP ATIME,I
0415 00452 002404 CLA,INA
0416 00453 072347R STA SIGN2
0417 00454 126443R JMP ATIME,I
0418*
0419* FIM DO NUMERO DE CANAIS
0420* SUBROTINA STOP1
0421*
0422 00455 016146R STOP1 JSB OFF
0423 00456 002400 CLA
0424 00457 072347R STA SIGN2
0425 00460 172000R STA RUNX,I
0426 00461 062343R LDA FLAG5
0427 00462 002003 SZA,RSS
0428 00463 026467R JMP ++4
0429 00464 102100 STP 00
0430 00465 102705 STC 5
0431 00466 002001 RSS
0432 00467 102100 STP 00
0433 00470 104200 LOOPP OLD FRST,I
00471 100221R
0434 00472 101100 RRR 16
0435 00473 016003X JSB ,PACK
0436 00474 000037 OCT 37
0437 00475 104400 DST FRST,I
00476 100221R
0438 00477 036221R ISZ FRST
0439 00500 036221R ISZ FRST
0440 00501 036345R ISZ SIZEA
0441 00502 026470R JMP LOOPP
0442 00503 016312R JSB RSTX
0443 00504 126231R JMP AQUIK,I
0444*
0445* SUBROTINA COMPLEMENTO
0446*
0447 00505 000000 COMPL NOP
0448 00506 003100 CMA,CLC
0449 00507 006404 CLB,INB
0450 00510 040001 ADA 01
0451 00511 002040 SEZ
0452 00512 006501 CLB,CLE,RSS
0453 00513 007400 CCB
0454 00514 126505R JMP COMPL,I
0455*
0456*
0457 END

```

```

0001 MPAL,"LASER"
0002 BEGIN
0003 PROCEDURE DMDS(X,Y,N,B);
0004 INTEGER X,N,B;REAL Y;CODE;
0005 PROCEDURE DMDF(CODE);
0006 PROCEDURE LASER (P0,P1,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9);
0007 INTEGER P0,P2,P3,P4,P5,P6,P7,P8,P9;
0008 REAL P1;
0009 CODE;
0010 INTEGER ARRAY BUFFER[112048],X[111024];
0011 REAL ARRAY I1[11512];
0012 BOOLEAN I3,I4,I5;
0013 INTEGER I,INCX,I0,I2,I6,I7,I8,I9,SIZE;
0014 INTEGER IA;
0015 LABEL LOOP;
0016 READ(I,*,I0,I2,I3,I4,I5,I6,I7,I8,I9);
0017 SIZE:=0;
0018 IA:=I2*2;
0019 INCX:=1024\IA;
0020 FOR I:=1 STEP 1 UNTIL IA DO
0021 BEGIN
0022 X[I]:=I*INCX*512
0023 END;
0024 LASER(I0,I1(I),SIZE,I3,I4,I5,I6,I7,I8,I9);
0025 LOOP: DMDS(X[I],I1(I),IA,BUFFER(I));
0026 IF I5=TRUE THEN GO TO LOOP;
0027 WRITE(11,*(1H1,35X,"RESULTADOS ",/5X,"I0 = ",I5,
0028 15X,"I2 = ",I5,/5X,"I3 = ",3X,L2,15X,"I4 = ",3X,
0029 L2,/5X,"I5 = ",3X,L2,15X,"I6 = ",I5,/5X,"I7 = ",
0030 I5,15X,"I8 = ",I5,/5X,"I9 = ",I5,/),I0,I2,I3,I4,
0031 I5,I6,I7,I8,I9);
0032 WRITE(11,*(1H ,5E14.7),FOR I:=1 STEP 1 UNTIL I2
0033 DO I1(I));
0034 ENDS
**** LIST END ****

```

TERMINOLOGIA

Devido aos problemas encontrados com a tradução do inglês de termos técnicos, resolveu-se neste Apêndice fornecer as principais palavras utilizadas em português, com sua versão para o inglês.

Intervaladores - timers
Temporizadores - timers
Contador - scaler
Estouro - overflow
Partida - start
Parada - stop
Barramento - bus
Inicialização - preset
Interrupção - interrupt
Entrada - in
Saída - out
Para cima/para baixo - up/down
Limpar - clear
Interconexões com fio enrolado - wire wrap
Ligar - set

B I B L I O G R A F I A

- 1) Hewlett Packard, "Pocket Guide to HP Computers", 1968.
- 2) Hewlett Packard, "Pocket Guide to Interfacing HP Computers", 1968.
- 3) Hewlett Packard, "Driver Manual", 1969.
- 4) Hewlett Packard, "Operating and Service Manual" 12566B-001 "Microcircuit Interface Kits".
- 5) William E. Wickes, "Logic Design with Integrated Circuits", John Wiley & Sons, Inc., 1968.
- 6) Robert Ledley, "Digital Computer and Control Engineering", McGraw Hill, 1960.
- 7) Engineering Staff of Texas Instruments Incorporated, "The Integrated Circuits Catalog for Design Engineers", Texas Instruments Incorporated, 1971.
- 8) Digital Equipment Corporation, "Logic Handbook", 1972.
- 9) Digital Equipment Corporation, "Processor Handbook PDP 11/20, PDP 11/15, PDP 11/R20", 1972.
- 10) Digital Equipment Corporation, "Peripherals and Interfacing Handbook", PDP 11, 1972.
- 11) Ivan Flores, "Computer Organization", Prentice Hall, 1969.
- 12) Matthew Mandl, "Electronic Switching Circuits: Boolean Algebra and Mapping", Prentice Hall, 1969.