

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

INTERFACE ENTRE UM MINICOMPUTADOR PDP 11/40 E UM
COMPUTADOR ANALÓGICO RA 770

Tese submetida a Universidade Federal de Santa Catarin
na como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Ciências.

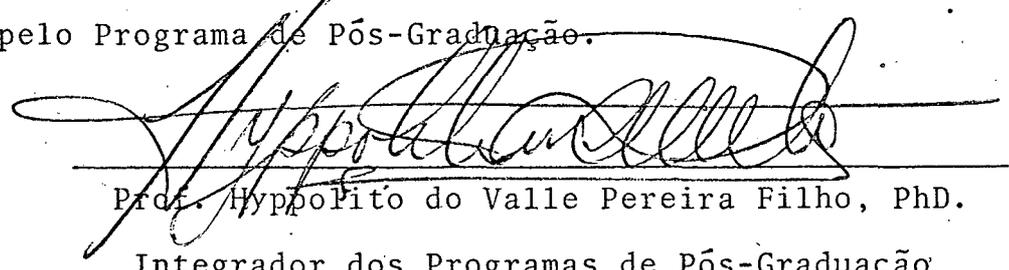
Daniel Augusto Martins

Dezembro de 1975

"INTERFACE ENTRE UM MINICOMPUTADOR PDP 11/40 E UM COMPUTADOR ANALÓGICO TE-RA-770" - Daniel Augusto Martins.

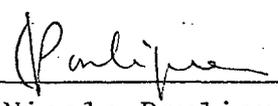
Esta tese foi julgada adequada para a obtenção do título de Mestre em Ciências

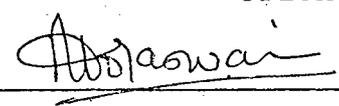
Especialidade Engenharia Elétrica e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação.

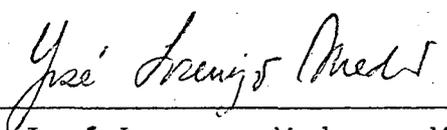


Prof. Hippólito do Valle Pereira Filho, PhD.
Integrador dos Programas de Pós-Graduação em Engenharia

Apresentada perante a banca examinadora composta dos seguintes professores:


Profra. Nicole Pouliquen, Docteur-Ingénieur
Orientadora


Prof. Rajamani Doraiswami, PhD.


Prof. José Lorenzo Medero, MSc.


Prof. Carlos Inácio Zanchin, MSc.

ao meu pai

Este trabalho foi financiado pelo Banco Nacional de
Desenvolvimento e pelo Conselho Nacional de Pesquisas.

Í N D I C E

	Pág.
Resumo	3
Abstract	4
Resumê	5
 CAPÍTULO 1	
1.1. Introdução	6
1.2. Estado Atual da Computação Híbrida	8
1.3. Situação dos Computadores Digital e Analógico	9
1.4. Organização da Tese	10
 CAPÍTULO 2 - O INTERFACE	
2.1. Introdução	12
2.2. Controle	12
2.2.1. Comandos no Computador Analógico	12
2.2.2. Endereçamento Externo	14
2.3. Detecção e Sincronização	15
2.4. Transmissão de Informação	16
 CAPÍTULO 3 - HARDWARE	
3.1. Uso de Fotoacopladores	18
3.2. Controle de Cálculo	18
3.2.1. Utilização da Palavra de 16 Bits de Saída do PDP 11/40 para o Controle de Cálculo	19
3.2.2. Hardware do Controlador	23
3.3. Endereçamento Externo no RA 770	24
3.3.1. Utilização da Palavra de 16 Bits de Saída do PDP 11/40 para Endereçamento Externo	26

3.3.2. Linhas de Endereço	27
3.3.3. O Seletor de Endereço	28
3.4. Linhas de Detecção	31
3.5. Transmissão de Informação	35
3.5.1. Condicionadores para o Conversor <u>A/D</u>	36
3.6. Fontes de Alimentação	37
CAPÍTULO 4 - SOFTWARE DE TESTE	
4.1. Funcionamento do Programa	39
4.2. Funcionamento das Subrotinas de Teste	40
4.2.1. Incremento de Endereço	40
4.2.2. Detecção nos LEDS	40
4.2.3. Ajuste de Servopotenciômetros	41
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	43
Referências	47
Bibliografia	48
ANEXO I - Cuidados de Operação	49
ANEXO II - Listagem do Programa de Teste	52
APÊNDICE - Plantas e Layouts dos Circuitos	64

RESUMO

Este trabalho descreve a implementação do hardware de um interface entre um minicomputador PDP 11/40 da Digital Equipment Corporation e um computador analógico RA 770 da Telefunken.

O interface fornece acesso, através de uma palavra de saída do minicomputador, aos comandos, modos de cálculo, endereçamento de amplificadores e potenciômetros para aquisição de informação e ajuste automático dos servopotenciômetros do computador analógico.

Através de uma palavra de entrada do PDP 11/40, o interface oferece os sinais de detecção para sincronização das operações nas duas máquinas.

A transmissão de informação para o minicomputador é feita usando o "Laboratory Peripheral System LPS 11" que pode ser usado também para sequenciamento e temporização de eventos. São colocados ainda quatro canais de conversão D/A no painel de programação analógica do RA 770 para transmissão de informação para o computador analógico.

Construiu-se também alguns programas no Assembler do PDP 11 para teste do desempenho do interface.

ABSTRACT

This work describes a hardware implementation of an interface for a PDP 11/40 minicomputer and a RA 770 analog computer.

The interface provides, through a 16 bit digital word output, control and selection of operation modes of the analog computer, amplifier and potentiometer addressing for data acquisition, and automatic setting of servopotentiometer.

It offers access to sense lines through a digital word input for the synchronization of the operations in the two machines.

The information transmission to the digital computer uses the Laboratory Peripheral System LPS 11, which can be used also for the timing of events. Four digital-to-analog converters are disposable directly on the analog patch panel for the transmission of data from the minicomputer.

A small software has been developed for the testing of the interface performance.

RÉSUMÉ

Ce travail décrit l'implémentation du "matériel" d'une interface entre le minicalculateur PDP 11/40 de Digital Equipment Corporation et le calculeur analogique RA 770 de Telefunken.

L'interface donne accès, à travers un registre de sortie du minicalculateur, aux commandes, aux modes de calcul, à l'adressage des amplificateurs et des potentiomètres pour acquérir des données et ajuster automatiquement les servopotentiomètres du calculeur analogique.

À travers un registre d'entrée du PDP 11/40, l'interface offre des signaux de détection pour synchroniser les opérations des deux machines.

La transmission des données pour le minicalculateur utilise le "Laboratory Peripheral System LPS 11" qui peut aussi être utilisé pour réaliser des temporisations et des séquences d'évènements. Il existe aussi quatre voies de conversion D/A sur le panneau de programmation analogique RA 770 pour transmettre des données pour le calculeur analogique.

Ont été élaborés quelques programmes en Assembleur du PDP 11/40 pour tester le bon fonctionnement de l'interface.

C A P Í T U L O 1

1.1. INTRODUÇÃO

"O controle digital de computação analógica é uma aplicação natural dos minicomputadores".

G. A. Korn (1) pp. 260

O aumento na sofisticação do conjunto de instruções dos minicomputadores e dos sistemas de programação deram a estas pequenas máquinas o poder suficiente para libertar os pesquisadores das limitações da burocracia dos grandes centros de computação.

A diminuição progressiva do preço destas máquinas tornou possível a aquisição de dados e o controle "on-line" de processos de laboratório ou de processos industriais. Contudo, ainda é economicamente aconselhável que determinada tarefa a ser executada em tempo real seja precedida por uma simulação.

Uma gama muito grande de problemas de engenharia tradicionalmente simulados em computadores digitais estão sendo agora atacados em sistemas de computação híbrida com grande economia de memória e de tempo, utilizando-se convenientemente as capacidades dos dois computadores. Os digitais como máquinas com velocidade de deduções lógicas e de operações aritméticas aumentando a cada dia além da possibilidade de armazenamento de dados em grandes bancos de memória e os analógicos, por sua vez, com a sua característica principal de integração em paralelo no tempo que possibilita a solução de equações diferenciais de qual

quer tipo com programação razoavelmente simples (2).

Assim, uma interface com propósito específico de permitir o controle e a transferencia de dados entre um computador digital e um analógico é de grande valia como uma ferramenta de simulação prévia de determinado controle em tempo real a ser realizado pelo minicomputador.

Além disso, a unidade híbrida assim formada pode servir como instrumento de simulação e na solução de problemas de otimização, predição, filtragem, etc.

Os minicomputadores são de grande valia como dispositivos de computação em tempo real ou "on-line", como componentes de sistemas de controle e instrumentação, principalmente para controle de temporização e sequenciamento lógico de operações, armazenamento e codificação de dados e geração de funções.

Como exemplos principais de aplicação dos sistemas híbridos se pode citar:

1) O controle da computação analógica pelo computador digital. O analógico, por exemplo, resolve várias vezes um sistema de equações diferenciais com parâmetros e condições iniciais diferentes fornecidos por um programa no computador digital que também avalia o desempenho depois de cada solução. Este procedimento leva a otimização iterativa, acumulação estatística das soluções do computador analógico com entradas aleatórias e etc.

2) A simulação analógica e digital combinada. Por exemplo, o computador digital converte as variáveis do computador analógico usando conversores A/D e retorna com valores cal-

culados, por conversores D/A, para o sistema simulado. O armazenamento digital e a geração de funções empíricas exigidas pelo computador analógico são exemplos deste tipo de aplicação dos híbridos.

1.2. ESTADO ATUAL DA COMPUTAÇÃO HÍBRIDA

A computação e a simulação passaram a ter crescimento significativo há cem anos atrás, quando Lord Kelvin verificou através de um trabalho publicado por seu irmão (3), que a ligação da saída do último integrador na entrada do primeiro resolvia equações diferenciais (4).

Só depois de 50 anos apareceu o integrador e, em 1931, o analisador diferencial que já tinha características e os elementos dos computadores analógicos atuais. De 1947, começo da fabricação industrial de computadores analógicos, já se passou pouco tempo para que, em 1954 a 1959 se obtivesse computação analógica com alguma precisão (2).

Os computadores analógicos modernos, aproveitando a tecnologia de semicondutores, oferecem precisão de menos de milésimos de volts e já apresentam características digitais de automatização fornecendo variedades de modos de operação bastante sofisticadas e fornecendo ainda capacidade de simulações bastante complexas e grandes, pelos numerosos elementos em seus painéis de programação.

Os minicomputadores começaram a aparecer pelos meados da década de 60 com aplicações que vão desde o seu uso como terminais inteligentes em comunicação entre computadores, até ao controle em tempo real de processos industriais e como

instrumento de laboratório de grande valia.

Já estão sendo construídas interfaces de propósito geral (5) que servem a um grande número de experiências "on-line", usando um conjunto flexível de subrotinas.

Outra preocupação desta década tem sido a construção de linguagens híbridas em ligações entre computadores específicos. Como exemplos, pode-se citar que em 1973 Eatock e Al-Dabass desenvolveram uma linguagem híbrida-série usando a subrotina EXF da linguagem BASIC para uma ligação entre um PDP 11/20 e um EAI 580 (6). Em 1974, na Dinamarca, o prof. Højberg desenvolveu o ANIBAL, uma linguagem híbrida usando o FORTRAN IV para um PDP 8 e um EAI 680.

A tentativa de construção de uma linguagem híbrida geral fica sempre limitada a determinado par de computadores e assim, o procedimento mais conveniente é o de preparar um software de apoio para cada necessidade específica.

1.3. SITUAÇÃO DOS COMPUTADORES DIGITAL E ANALÓGICO.

A Universidade Federal de Santa Catarina possui no Centro Tecnológico um computador analógico RA 770 contendo um painel analógico com 12 integradores/somadores, 16 somadores/inversores, 4 multiplicadores, 2 geradores de seno e dois de cosseno, 4 geradores de função ou inversores, 16 potenciômetros de ajuste manual e 20 servopotenciômetros. Este computador contém ainda um voltímetro digital, um plotter Hewlett Packard e um painel de programação digital com 8 flip-flops, 16 inversores lógicos, 8 portas NOR de duas entradas, 4 portas NAND de quatro

entradas e 8 portas NAND de duas entradas além de permitir o acesso ao comando individual de integradores, geradores de pulso de várias frequências, um "stepping switch", 2 comparadores eletrônicos e etc.

O Departamento de Engenharia Elétrica possui um minicomputador da Digital Equipment Corporation, o PDP 11/40, com software em fita de papel, BASIC como linguagem de alto nível, uma leitora/perfuradora de fita de papel, um terminal DECWRITER e um equipamento de instrumentação, o Laboratory Peripheral System - LPS 11. Este equipamento contém um conversor analógico-digital com multiplex para até 16 canais, dois conversores digital-analógico com lógica de interface que serve a uma tela da Tectronix 611, 2 Schmitt Triggers com facilidades de interferir na operação do LPS 11 e um Real Time Clock com frequências selecionáveis por programação, também com bastante interação com o resto do sistema LPS 11.

O minicomputador trabalha atualmente com 16 K de memória, uma unidade de instruções adicionais do sistema 11/40, uma unidade de operações aritméticas em ponto flutuante com precisão de duas palavras como parte do hardware de expansão do processador, um KIT de interface com quatro canais de 16 bits de entrada e quatro canais de 16 bits de saída, além de dois canais de conversão digital-analógica para uso geral.

1.4. ORGANIZAÇÃO DA TESE.

O capítulo 2 descreve a solução proposta para o interface das duas máquinas de modo a se ter controle, endereça-

mento, detecção e transmissão de informações entre os dois computadores. O Capítulo 3 fornece informações detalhadas da eletrônica de cada placa de circuitos utilizada e da operação de cada uma delas. No Capítulo 4 se apresenta o software de teste que pode ser utilizado para verificação do funcionamento do interface.

O ANEXO I fornece informações gerais dos cuidados a serem tomados e das operações a serem realizadas antes que os computadores digital e analógico possam ser usados como uma unidade híbrida. Este anexo deve ser estudado por quem pretende usar o interface para que se garanta o funcionamento correto de todas as funções oferecidas.

No ANEXO II apresenta-se a listagem do programa de teste e o Apêndice mostra os circuitos e Layouts das placas que compõe o interface.

C A P Í T U L O 2

2.1. INTRODUÇÃO

O interface montado fornece acesso aos principais comandos do computador analógico, possibilitando o controle dos modos de cálculo, endereçamento de amplificadores e potenciômetros, ajuste automático de servopotenciômetros, sincronização e monitoramento das operações do computador analógico através de linhas de detecção e transmissão de informação por 8 canais A/D do LPS 11 para o minicomputador e 4 canais D/A para o computador analógico.

A Fig. 1 mostra um diagrama em blocos do interface com os conectores usados e os circuitos dos computadores digital e analógico que são utilizados pelo interface.

Cada bloco no quadro tracejado do interface representa uma placa construída. Nos parágrafos seguintes descreve-se as funções de cada uma dessas placas.

2.2. CONTROLE

2.2.1. Comandos no Computador Analógico.

Através do Controlador, o PDP 11 é capaz de selecionar os modos de cálculo do computador analógico, automatizando estas funções que normalmente são realizadas por teclas na unidade de controle do Telefunken (DBG 771). Os modos principais de cálculo,

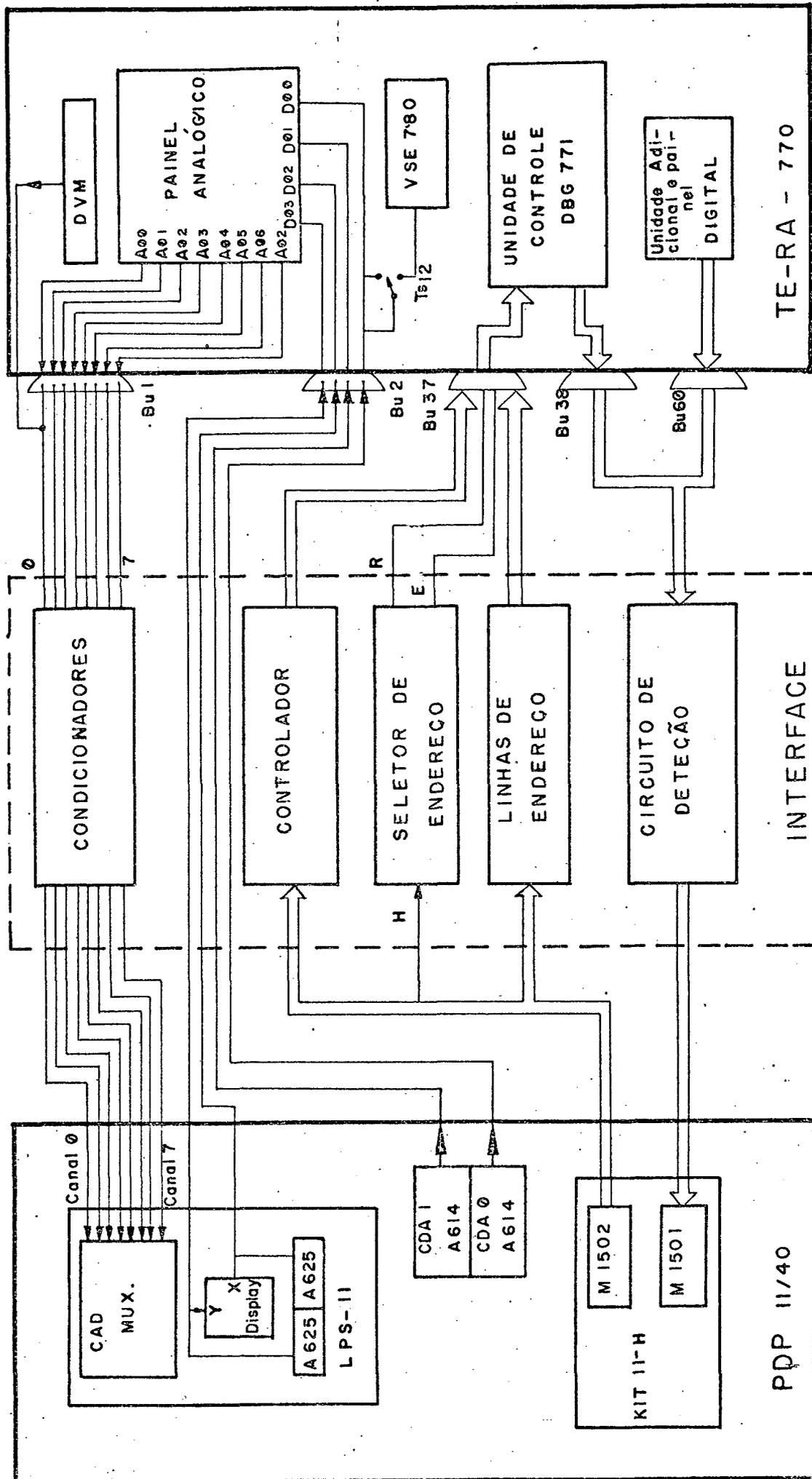


FIG.1 - Diagrama em Blocos do Interface

DAUER, REPET, It. Hand e Mit. Halt, são selecionados através de alguns bits de saída da placa M1502 do KIT 11-H de entrada e saída digital do minicomputador.

Os principais controles de cálculo, RECHNEN, PAUSE e HALT, também passam a ser realizados carregando-se convenientemente alguns bits de saída da palavra do PDP 11. A função detalhada de cada um dos modos de cálculo e controle de cálculo é descrita no Capítulo 3.

O Controlador ainda é responsável pelo comando do mecanismo de ajuste dos servopotenciômetros, tem controle completo do modo iterativo e é capaz de colocar o computador analógico no modo de ajuste de servopotenciômetro.

Para que o Controlador substitua as funções que normalmente são realizadas pelas teclas do DBG 771 é necessário que se pressione a tecla FREMD no painel de teclas da unidade de controle do computador analógico, DBG 771.

2.2.2. Endereçamento Externo.

Para endereçamento do computador analógico se utiliza duas placas do interface, o Seletor de Endereço e a placa de Linhas de Endereço, que fornecem, no conector Bu 37, os sinais exigidos pela unidade de controle DBG 771 para endereçamento externo.

A placa de Linhas de Endereço transfere 8 bits da palavra de saída do minicomputador, M1502, que, em dois grupos de quatro bits, vão selecionar unidades e dezenas para formar, se se conta endereçamento de potenciômetros e amplificadores, um dos

200 endereços possíveis de alcançar no painel de programação analógica do RA 770.

O Seletor de Endereço utiliza 1 bit da palavra de saída M1502, o sinal H, que vai gerar os sinais R e E no conector Bu 37, que são, por sua vez, responsáveis pela transferência do código anteriormente colocado nas Linhas de Endereço pelo mini-computador para cada endereço a ser atingido pelo computador analógico.

A um comando de H, o sinal R coloca o computador analógico no endereço P00 para que, 5 ms depois, o sinal E transfira o código escrito pelas Linhas de Endereço e o computador analógico atinja o novo endereço. Assim, tudo que o minicomputador precisa fazer é fornecer o comando H, que o Seletor de Endereço se encarrega do sequenciamento e temporização dos sinais R e E.

Para que o Seletor de Endereço funcione aperta-se a tecla EXTERN na unidade de controle do computador analógico e toca-se levemente nas teclas de endereçamento manual de modo a que todas fiquem soltas. Se alguma das teclas de endereçamento manual ficar pressionada o Seletor de Endereço não funcionará.

2.3. DETEÇÃO E SINCRONIZAÇÃO.

A sincronização das operações nos dois computadores é feita através do circuito de detecção.

Para cada comando solicitado pelo minicomputador, o computador analógico responde, por uma palavra de entrada do PDP 11, assim que este comando tenha sido realizado. Além disso,

qualquer modificação espontânea dos modos de cálculo do computador analógico pode ser detetada pelo minicomputador monitorando esta palavra de entrada.

Para endereçamento, o circuito de detecção fornece uma réplica das Linhas de Endereçamento descritas anteriormente, na palavra de entrada M1501 do minicomputador.

Deve-se já chamar atenção para o fato de as linhas de detecção para endereçamento só servirem para certificar o PDP 11 que o endereço solicitado realmente foi alcançado. A réplica do endereço enviado pelo minicomputador atinge a palavra de entrada antes que os relés de endereçamento terminem o chaveamento necessário para que o endereço seja realmente atingido. Assim, esta réplica não serve para avisar ao minicomputador que o endereço solicitado já foi alcançado e portanto não pode ser usada para sincronização de operações.

2.4. TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO.

O interface deixa à disposição os oito canais de conversão analógico-digital do LPS 11 diretamente no painel de programação analógica do RA 770, nos lugares A00 a A07 que ficam no canto esquerdo superior e inferior do painel e são pintados de cor verde, indicando entrada, segundo a convenção da Telefunken.

Para compatibilizar os níveis de tensão do analógico com as entradas do multiplex do LPS 11, montou-se oito condicionadores que servem ao digital. Os condicionadores que servem os canais 00 a 03 do multiplex transformam os sinais do painel analógico, do intervalo de -10 a +10 volts para o intervalo 0 a 2 V.

das entradas destes quatro canais. Para os canais 4 a 7, os condicionadores transformam os sinais do painel analógico para o intervalo 0 a +10 volts (7).

Além disso ligou-se o canal 0 do multiplex do LPS 11 em paralelo ao voltímetro digital do computador analógico. Com isto, usando-se convenientemente o endereçamento externo, se tem acesso direto a qualquer dos 200 pontos endereçáveis sem que seja necessário fazer ligações com fios no painel de programação analógica.

A transmissão de informação do PDP 11 para o analógico é feita por quatro canais de conversão D/A. Os canais que servem aos eixos X e Y da tela vão, através do conector Bu 2, aos pontos D3 e D2 no painel de programação analógica do RA 770. Os conversores D/A de propósito geral (A614) também ficam nos pontos D01 e D00 do painel analógico.

Os pontos D00 a D03 são de cor laranja e ficam localizados na extrema esquerda do painel analógico.

O conversor D/A A614 chamado CAD0 na Fig. 1 tem duas funções específicas. Quando o RA 770 estiver em qualquer dos modos de cálculo, este canal pode ser lido no ponto D00 do painel de programação analógica. Se a tecla EXTERN estiver apertada e o analógico estiver no modo de ajuste de servopotenciômetro, este canal é chaveado pelo relê 12 para a unidade de ajuste de servopotenciômetro (VSE 780) para ser usado como tensão de referên-
cia na colocação de valores nos servopotenciômetros. (8)

C A P I T U L O 3

H A R D W A R E

3.1. Uso de Fotoacopladores.

Os sinais que comandam diretamente relés no computador analógico são passados através de fotoacopladores (TIL 113) que isolam o terra de relé do terra dos sinais que comandam semicondutores. Terras separados já é uma característica de construção do computador analógico. Evita-se assim, correntes de retorno muito altas circulando no terra dos circuitos integrados do interface e portanto do próprio computador digital.

3.2. CONTROLE DE CÁLCULO

O Controlador é o circuito responsável pela transmissão dos sinais que colocarão o computador analógico nos diversos modos de cálculo. É o Controlador que será capaz de selecionar modos diferentes como repetitivo, iterativo, etc. e que comandará o controle de cálculo, condição inicial e sustente dos integradores do painel analógico do Telefunken, substituindo as teclas correspondentes na unidade de controle do computador analógico (DBG 771).

Para que o PDP 11 seja capaz de realizar as funções descritas abaixo é necessário apertar a tecla FREMD no painel de teclas do DBG 771. O Controlador é ligado ao conector Bu 37 que fica na parte de traz da unidade de controle do computador analógico.

3.2.1. Utilização da Palavra de 16 bits de Saída do PDP 11/40.

O Controlador usa os sinais dos bits 01 a 07 da palavra de saída, com endereço 164000 (M1502), conforme mostra a Fig. 2 abaixo.

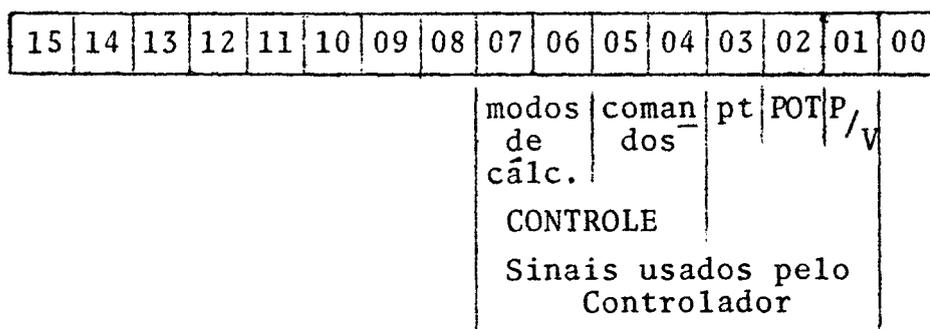


Fig. 2. Utilização da Palavra de 16 Bits do PDP 11

Os bits 07 e 06 podem selecionar quatro modos de cálculo diferentes e exclusivos como descritos abaixo.

DAUER - Que é o modo no qual o computador analógico calcula indefinidamente sem interrupção*.

REPET - Neste modo, o computador realizará um ciclo de cálculo completo (Pausa, Cálculo e Halt) durante um tempo selecionável pelo relógio da unidade de controle do computador analógico (DBG 771), e retomará novos ciclos de cálculo indefinidamente a menos que se force uma parada através dos sinais de comando PAUSE ou HALT pelos bits 05 e 04 descritos mais adiante*.

M. HALT - Neste modo o computador realizará um ciclo completo de cálculo (Pausa, Calcule e Halt)*, durante o tempo dado

pelo relógio do DBG 771 e permanecerá em HALT, só retomando novamente outro ciclo completo através do comando WFILTER descrito mais adiante.

It. HAND - Neste modo o computador realizará um ciclo iterativo completo*, isto é, dois ciclos de cálculo distintos para integradores selecionáveis no painel de programação analógica do Telefunken, com a característica de que para passar de um ciclo de cálculo para outro é necessário realizar o comando WEITER.

Os bits 05 e 04 são os bits de controle propriamente dito. Eles podem realizar quatro funções diferentes conforme descrito abaixo, desde que o bit 03, sinal pt, esteja zerado.

RECHNEN - Que é o modo de cálculo do computador. É quando os integradores são retirados de condição inicial e levados a calcular.

PAUSE - É o modo de repouso ou condição inicial.

HALT - Leva o computador analógico a parar o tempo de máquina e segurar os últimos resultados calculados neste instante.

WEITER - É o comando que leva o computador a reiniciar um novo ciclo de cálculo quando no modo Mit. Halt ou a passar para um novo ciclo de iteração quando no modo It. Hand.

Além destes sinais se tem os seguintes controles:

Bit 03 - Sinal pt - Corresponde a tecla Pot (amarela) na unidade

* Evidentemente o computador analógico deve ser colocado no modo de cálculo (RECHNEN) para que comece realmente o processo.

de controle do Telefunken. Se usa este modo para colocação e/ou verificação de valores nos servopotenciômetros e para verificação de valores nos potenciômetros de ajuste manual.

Bit 02 - Sinal POT - Corresponde ao botão POT (branco) na unidade de controle do Telefunken. Este sinal ativa o funcionamento do mecanismo de ajuste dos servopotenciômetros.

Bit 01 - Sinal P/V - Este bit quando a 1-lógico seleciona amplificadores e quando a 0-lógico seleciona potenciômetros. Ele substitui as teclas P e V na unidade de endereçamento do computador analógico. Os endereços de amplificadores e potenciômetros devem ser mandados convenientemente pelo Seletor de Endereço descrito adiante.

A codificação dos sinais descritos acima é mostrada na Tabela 1, do ponto de vista de programação.

Nesta tabela, os quadros em branco significam que os sinais das colunas correspondentes não dizem respeito ao comando da linha respectiva e os quadros com X significam qualquer que seja o nível do sinal correspondente (don't care).

Na codificação escolhida para os sinais de comando, foi levado em conta apenas a maior utilização de cada sinal. Assim, por exemplo, os sinais DAUER e PAUSE foram codificados como 00 e 000 respectivamente porque são os comandos que devem estar normalmente ativados assim que se liga o interface. Neste caso, zerando a palavra de saída 164000 antes que seja apertada a tecla FREMD, o computador analógico já ficará normalmente em PAUSE e no modo DAUER.

comando	Bits						
	7	6	5	4	3	2	1
DAUER	0	0					
REPET	1	0					
Mit. HALT	0	1					
It. HAND	1	1					
RECHNEN			1	X	0		
PAUSE			0	0	0		
HALT			0	1	0		
WEITER			1	f	0		
pt			X	X	1		
POT					1	f	1
P/V							1/0

TABELA 1. Codificação em Software dos Sinais de Controle

Os comandos RECHNEN, PAUSE, HALT e WEITER só podem ser ativados zerando o bit 3 (sinal pt) previamente. Com o bit 3 a 1-lógico, qualquer que seja o estado anterior, o computador será levado ao modo de ajuste ou verificação de potenciômetros.

O sinal RECHNEN normalmente deverá ser conseguido colocando os bits 5 e 4 a 10. Ele foi codificado como 1X por causa da sua dependência com o sinal WEITER, isto é, o comando WEITER que é um comando momentâneo deve acontecer sem desativar RECHNEN ou o processo estará perdido.

O sinal WEITER chega ao computador analógico na forma de um pulso de duração de aproximadamente 100 μ s sempre que o bit 05 estiver a 1 e o bit 04 sofra uma transição de 0 a 1. Para que um novo comando WEITER seja efetuado é necessário que o si-

nal do Bit 4 passe por zero e depois suba de novo. O bit 5 deve permanecer a 1 para que não se perca o comando RECHNEN.

O sinal do bit 2 (POT) é o comando que aciona o servomecanismo de ajuste dos servopotenciômetros. Ele é um pulso de 10 ms de duração disparando sempre que houver uma transição de 0 para 1-lógico do bit 2. Para se conseguir uma nova ativação do comando POT, o bit 2 deve ser zerado para depois ser colodado novamente a 1-lógico.

3.2.2. Hardware do Controlador.

Como a saída digital do PDP 11/40 é em coletor aberto e com lógica "ground true", do ponto de vista do hardware, a Tabela 1 deve ser tãda complementada para que se obtenha a forma real dos sinais de entrada do Controlador. Assim, a Tabela 1 se transforma na Tabela 2 abaixo. A partir desta tabela se pode tirar as equações Booleanas que realizam os comandos como especificados por Software.

$$\text{RECHNEN} = \bar{x}_5 \cdot x_3 \quad (1)$$

$$\text{PAUSE} = x_5 \cdot x_4 \cdot x_3 \quad (2)$$

$$\text{WEITER} = \bar{x}_5 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_3 \quad (+ \text{ mono de } 100 \mu\text{s}) \quad (3)$$

$$\text{HALT} = x_5 \cdot \bar{x}_4 \cdot x_3 \quad (4)$$

O comando HALT não tem pino para ativar, isto é, êle já é realizado pelo DBG 771 quando nenhum dos comandos, RECHNEN, PAUSE ou pt estiverem ativados.

$$\text{DAUER} = x_7 \cdot x_6 \quad (5)$$

$$\text{REPET} = \bar{x}_7 \cdot x_6 \quad (6)$$

$$\text{Mit. HALT} = x_7 \cdot \bar{x}_6 \quad (7)$$

$$\text{pt} = x_3 \quad (8)$$

$$\text{POT} = x_2 \quad (+ \text{ mono de } 10 \text{ ms}) \quad (9)$$

$$P = \bar{x}_1 \quad (10a)$$

$$V = x_1 \quad (10b)$$

Comando	Bits						
	7	6	5	4	3	2	1
DAUER	1	1					
REPET	0	1					
Mit. HALT	1	0					
It. HAND	0	0					
RECHNEN			0	X	1		
PAUSE			1	1	1		
HALT			1	0	1		
WEITER			0	?	1		
pt			X	X	0		
POT					0	?	1
P/V							0/1

TABELA 2. Codificação dos Sinais Vistos por Hardware.

O circuito que realiza estas equações é mostrado no Apêndice, Fig. A-1 e o layout na Fig. A-2. Deve-se notar que o monoflop do sinal WEITER é ligado de maneira a disparar na subida do sinal e produz um pulso de aproximadamente 100 μ s de duração.

ção na saída.

O monoflop do sinal POT é ligado de maneira a disparar na descida do sinal, no caso, um curto do coletor aberto, e produz um pulso de duração de 10 ms para satisfazer as exigências do fabricante Telefunken.

O sinal P/V apesar de ser um sinal de endereçamento, foi incluído na placa do controlador para aproveitar mais pinos e porque, com êle o número de pastilhas de circuitos integrados foi usado de modo que não sobrasse portas na placa.

3.3. ENDEREÇAMENTO EXTERNO NO RA 770.

O endereçamento externo no RA 770 é realizado por duas placas do interface: o Seletor de Endereço e o circuito de Linhas de Endereço.

O Seletor de Endereço, comandado pelo minicomputador, estabelece os endereços codificados pelas Linhas de Endereço para que possam ser usados, por exemplo, para aquisição de informação analógica de amplificadores através do canal 0 do LPS 11, para leitura de determinado potenciômetro também usando o canal 0 e como primeiro passo no estabelecimento de valores nos servopotenciômetros.

Se o computador analógico estiver em PAUSE, calculando ou em HALT, a escolha de um endereço de amplificador implica na ligação da saída deste amplificador ao voltímetro digital do computador analógico e, portanto, ao canal 0 do LPS 11.

Se o computador estiver no modo de ajuste de potenciômetros, a entrada de todos os potenciômetros, tanto de ajuste ma

3.3.2. Linhas de Endereço

O endereçamento externo no RA 770 é feito usando o conector Bu 37 ou 38 localizados atrás da unidade de controle, DBG 771. Através de um destes conectores se tem acesso às linhas de endereçamento, a seleção de amplificadores e potenciômetros e aos sinais de comando de endereçamento.

O circuito de Linhas de Endereço usa os sinais EA1,EA2, EA3,EA4 para endereçamento de unidades e ZA1,ZA2,ZA3,ZA4 para endereçamento de dezenas segundo a codificação fornecida pelo fabricante (8) e reproduzida na Tabela 3 abaixo.

unidade ou dezena	EA2 ou ZA2	EA4 ou ZA4	EA3 ou ZA3	EA1 ou ZA1	equiva- lente BCD
0	0	1	1	0	6
1	0	1	1	1	7
2	1	0	0	0	8
3	1	0	0	1	9
4	1	0	1	0	10
5	1	0	1	1	11
6	1	1	0	0	12
7	1	1	0	1	13
8	1	1	1	0	14
9	1	1	1	1	15

TABELA 3. Codificação de Endereços

Qualquer número menor que 0111, se for par, é tomado pelo computador como endereço zero e se for ímpar, como endereço 1.

Verifica-se que esta tabela pode ser obtida somando o

número 0110 (base 2) ao número BCD representativo de unidade ou dezena. Isto facilita bastante uma codificação em software, não exigindo assim a construção de um codificador.

O circuito de Linhas de Endereço é mostrado no Apêndice Fig. A-3 com o layout da placa na Fig. A-4. Os transistores funcionam como "drivers" e inversores para compensar a inversão da saída do M1502 de modo que em software se tem a mesma lógica da Tabela 3.

3.3.3. O Seletor de Endereço.

O Seletor de Endereço recebe o sinal H, bit 0 da palavra de saída 164000 e fornece dois sinais de comando ao DBG 771.

A Fig. 5 mostra um flip-flop típico que a unidade de controle do RA 770 usa para endereçamento, no caso, para seleção de potenciômetro ou amplificador e serve como exemplo de como é feito o endereçamento externo.

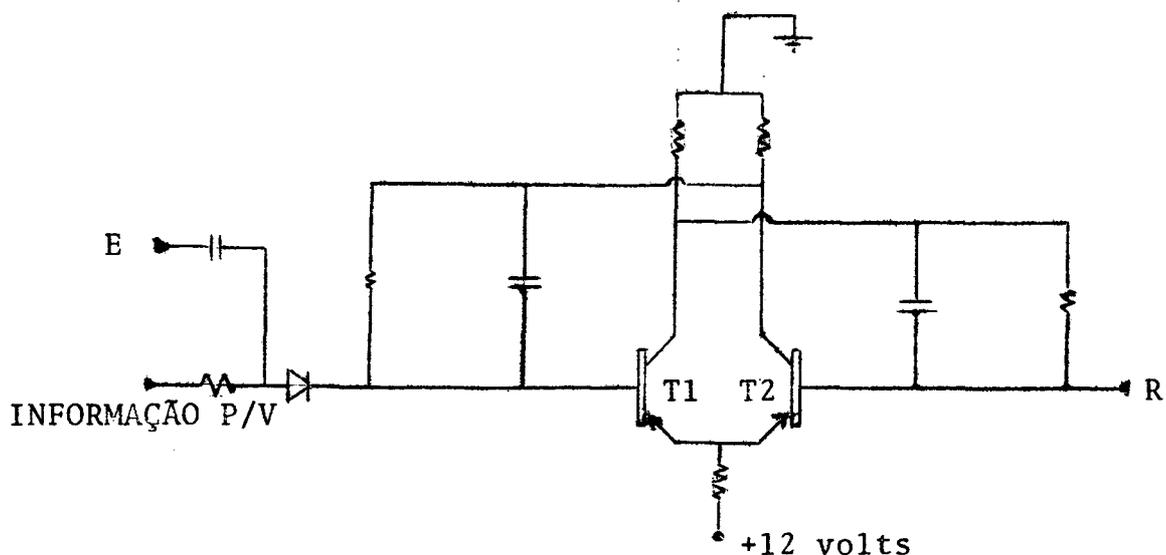


Fig. 5. Exemplo de Endereçamento no RA 770 - Seleção de Potenciômetro ou Amplificador.

Inicialmente envia-se o pulso R que corta o transistor T2 se o estado anterior for V (amplificador), ou o flip-flop o ignora se o estado anterior for P (potenciômetro). Isto assegura que antes da chegada do pulso E o transistor T1 esteja na saturação.

Na chegada de E, se a informação P/V estiver em zero, o que significa que se deseja endereçar potenciômetro, o pulso no capacitor não atingirá a base de T1 com altura suficiente para corta-lo, permanecendo o flip-flop no estado anterior, isto é, endereçando potenciômetros.

Se por outro lado, a informação P/V estiver em + 12 volts, a chegada do pulso E no capacitor produz um pico de tensão com altura suficiente na base de T1 e o coloca no estado de corte, selecionando-se assim amplificador.

Os flip-flops de endereçamento no RA 770 funcionam de maneira idêntica a seleção de P ou V. A chegada de R leva a unidade de controle ao endereço 00, então, dependendo da seleção das Linhas de Endereço segundo a codificação da Tabela 3, o pulso E estabelece o endereço desejado.

A forma de onda dos sinais de endereçamento, do pulso R e do pulso E é mostrada na Fig. 5 conforme especificação do fabricante.

O Seletor de Endereço é mostrado no Apêndice, Fig. A-5 e o layout na Fig. A-6. Ele usa 3 monoflops com tempos ajustáveis para permitir o sincronismo entre os pulsos R e E, responsáveis pelo endereçamento.

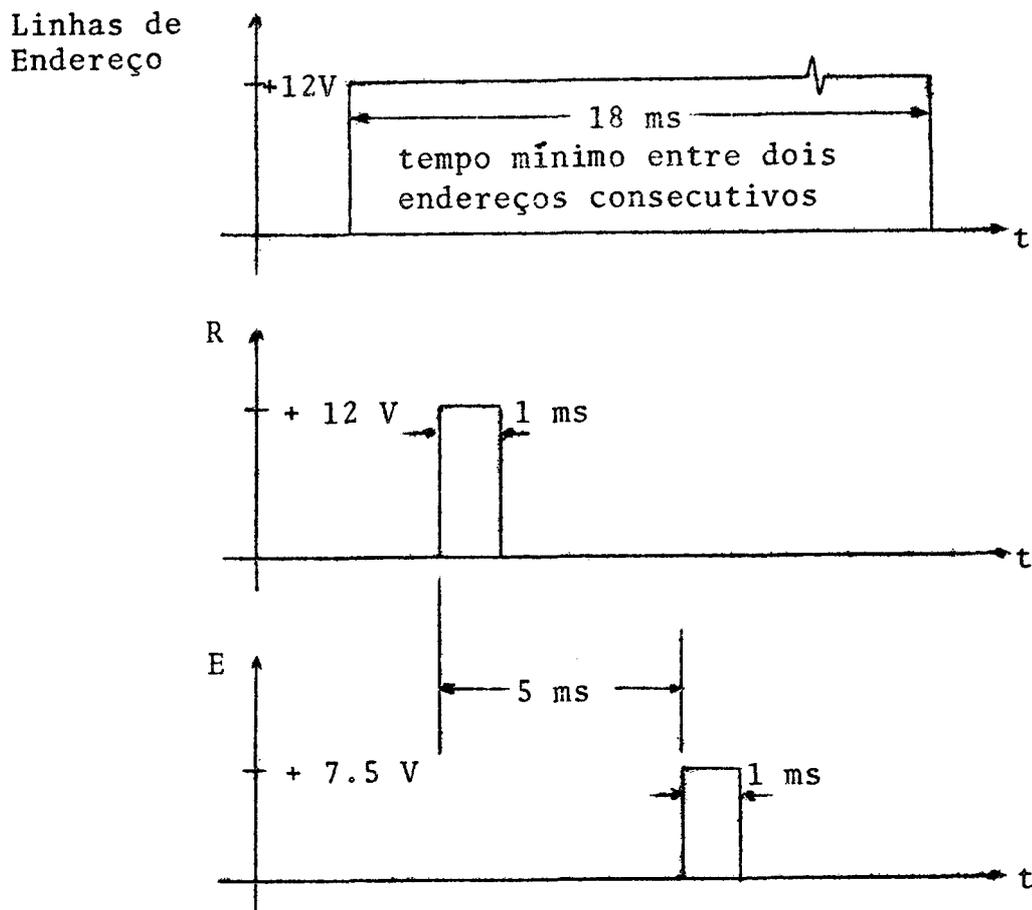


Fig. 5. Forma de Onda dos Sinais de Endereçamento.

Na descida do sinal de comando de endereçamento, sinal H (bit 0 do M1502), os monoflops E1 e E2 disparam e E1 produz um pulso amplificado para + 12 volts com largura de 1 ms, pulso R. Este pulso zera todos os flip-flops de endereçamento do computador analógico estabelecendo o endereço P00.

O monoflop E2 produz um pulso de 5 ms de largura e, como E3 só é disparado na subida do sinal de saída de E2 e este é retirado da saída \bar{Q} , 5 ms depois do pulso em E1, E3 produz um pulso de 1 ms de largura que é amplificado para + 7,5 volts. Este é o pulso E de endereçamento.

O bit 0, sinal H, deve sofrer uma transição de 0 para 1-lógico para cada novo endereço a ser estabelecido.

3.4. LINHAS DE DETEÇÃO.

O circuito que compõe as Linhas de Detecção é o responsável pelo sincronismo de operações nos dois computadores e serve para certificar o minicomputador de determinado endereço no analógico.

A deteção pode ser dividida em duas partes principais. Uma que diz respeito ao endereçamento de potenciômetros e amplificadores e outra que informa os estados de cálculo do computador analógico.

3.4.1. Utilização da Palavra de 16 Bits de Entrada do PDP 11/40 para as Linhas de Detecção.

As Linhas de Detecção utilizam uma palavra de entrada do minicomputador conforme mostra a Fig. 6 abaixo.

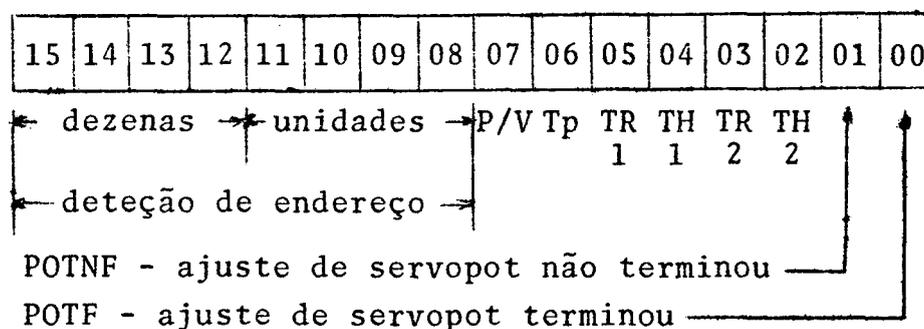


Fig. 6. Distribuição das Linhas de Detecção na Palavra de Entrada do PDP 11/40.

Nos bits 15 a 08 vão as linhas de deteção de endereçamento. Estas linhas produzem uma réplica do endereço atingido

pelo computador analógico. Se o endereço for menor que 2, tanto para unidades como dezenas, os bits 14,13 e 10,09 estarão sempre com 0-lógico e os bits 02 e 08 é que dirão se o endereço é 1 ou 0.

Se o endereço for maior que 1, o código escrito será o código BCD "excesso seis" descrito no parágrafo 3.3.1. Assim, se o endereço apontado pelo analógico for, por exemplo, 14, o código escrito nos bits 15 a 08, pelas linhas de endereçamento é:

15	14	13	12	11	10	09	08
0	0	0	1	1	0	1	0

É importante salientar-se que a verificação deste código pelo minicomputador não serve para certifica-lo que tal endereço já foi realmente atingido.

Isto acontece porque as mensagens de volta do endereçamento no RA 770 são retiradas ainda da parte lógica de endereçamento que usa semicondutores. Mas estes, por sua vez, ainda vão chavear os relés de endereçamento, que evidentemente vão precisar de um tempo bem grande para se acomodar. O fabricante diz que este tempo é de 18 ms. Assim, as linhas que vão no byte superior da palavra de entrada do PDP 11 não servem para sincronizar operações.

O bit 07, sinal P/V, indica se o endereçamento é de potenciômetro se a 1-lógico ou de amplificador se a 0-lógico.

Os bits 06 a 03 fornecem informação do estado de cálculo do computador analógico como descrito abaixo.

- Bit 06 - Tp - Este bit, quando a 1-lógico, informa ao PDP que o estado de cálculo é PAUSE, qualquer que seja o ciclo iterativo que o computador esteja.
- Bit 05 - TR1 - Quando a 1 indica que o Telefunken está no modo de cálculo (RECHNEN) do primeiro ciclo de iteração.
- Bit 04 - TH1 - Quando a 1 indica o modo sustente (HALT) do primeiro ciclo de iteração.
- Bit 03 - TR2 - Quando a 1 indica o modo cálculo do segundo ciclo de iteração.
- Bit 02 - TH2 - A 1 indica o modo sustente do segundo ciclo de iteração.

Pelas características lógicas do Telefunken, estes bits devem ser exclusivos uns em relação aos outros.

Para se conseguir estes sinais construiu-se um codificador para os sinais r_1 , r_2 , $p_1 = \bar{r}_1$, $p_2 = \bar{r}_2$, h_1 e h_2 retirados do conector Bu 60. A forma de onda destes sinais em dois ciclos de cálculo e portanto, para quatro ciclos de iteração é mostrada na Fig. 7. Na parte inferior da figura mostra-se a forma de onda dos sinais obtidos.

As equações Booleanas que fornecem os sinais de detecção são:

$$Tp = r_1 \cdot r_2 \quad (11)$$

$$TR1 = \bar{h}_1 \quad (12)$$

$$TR2 = \bar{h}_2 \quad (13)$$

$$TH1 = p_1 \cdot h_1 \quad (14)$$

$$TH2 = p_2 \cdot h_2 \quad (15)$$

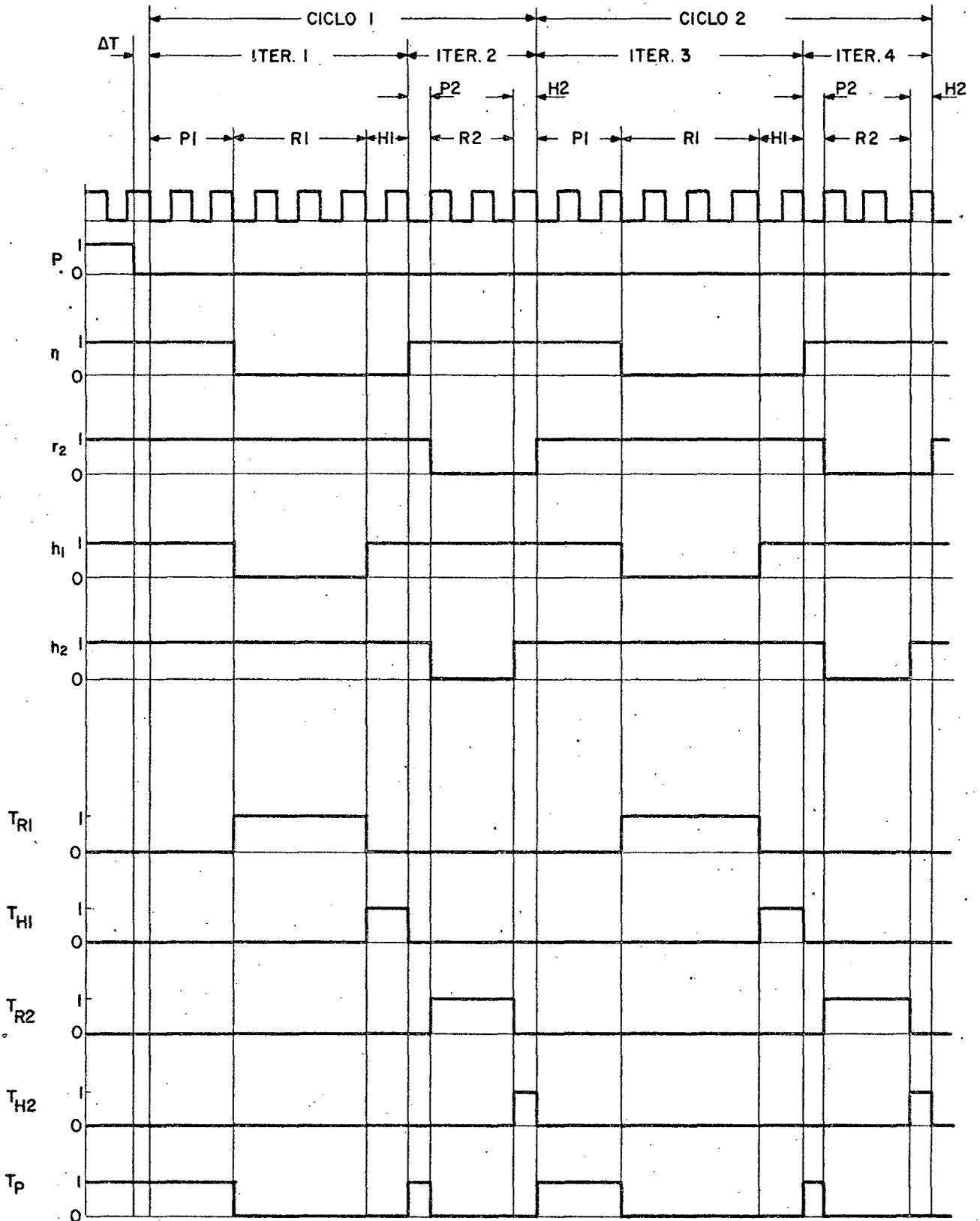


Fig. 7 -- Forma de Onda dos Sinais de Detecção

O circuito de detecção é mostrado no Apêndice Fig.A-7 com o layout na Fig. A-8.

O bit 01, sinal POTNF, quando a zero indica que o computador analógico não conseguiu ajustar determinado potenciômetro. Este sinal pode cair a zero por três motivos principais: por tentativa de ajuste de potenciômetro que não é servo; porque o valor que tentou-se estabelecer é muito pequeno, em torno de 0,0001, ou muito grande, em torno de 0,9999; porque o potenciômetro não existe no painel de programação analógica.

Além destes motivos o sinal POTNF pode indicar simplesmente uma falha no funcionamento do mecanismo de ajuste apesar de que o valor do potenciômetro já esteja toleravelmente perto do valor solicitado.

Finalmente, o bit 00, sinal POTF, quando a zero indica que o ajuste de servopotenciômetro terminou. Pode-se notar pela Fig. A-7 que existe um estágio de inversão de lógica para este sinal. Isto porque ele é oferecido como um pulso de 10 ms de duração e com amplitude de - 10 volts sempre que tenha terminado o ajuste de determinado potenciômetro.

3.5. TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO.

Além dos sinais digitais de controle, endereçamento e detecção descritos anteriormente, existe possibilidade de aquisição de informação analógica do Telefunken para a memória do PDP e transmissão de informação analógica do PDP para o painel de programação analógica do Telefunken.

Para isto se utiliza o "Laboratory Peripheral System" LPS 11 (9), que com um conversor analógico-digital de 8 canais em multiplex pode amostrar qualquer dos 200 pontos endereçáveis no painel de programação analógica através do canal 0 e quaisquer outros pontos já que deixou-se todos os oito canais disponíveis no painel de programação do Telefunken.

Para transmissão de informação para o computador analógico utiliza-se quatro canais de conversão D/A que também ficam disponíveis no painel de programação analógica do Telefunken.

Dois destes canais são fornecidos pelas placas A614 mostradas na Fig. 1, no capítulo 2. A placa A614 chamada CDA 0 serve também como valor de referência no caso de ajuste de servopotenciômetro. Deve-se ter atenção para que quando o computador analógico estiver no modo de ajuste de potenciômetro, este canal não produza tensão positiva porque o VSE 780 só aceita sinais negativos de 0 a - 10 volts como tensão de referência.

Os outros dois canais são retirados das placas A625, parte do LPS 11, que também são usados para alimentar os dois canais do Display Tectronix 611.

Ajustou-se os quatro canais de conversão digital-analógica para fornecer sinais no intervalo de -10 a + 10 volts de modo que se pode usa-los diretamente no painel de programação do computador analógico.

3.5.1. Condicionadores para o Conversor Analógico-Digital.

Para compatibilizar os níveis de tensão entre o computador analógico e o conversor analógico-digital do LPS 11, montou

se um condicionador para cada canal A/D, mostrados no Apêndice Figs. A-9 e A-10.

Os sinais analógicos no painel do Telefunken tem um intervalo de variação de - 10 a + 10 volts, enquanto que as entradas A/D do LPS 11 admitem, para os canais 00 a 03 uma variação "full scale" de 0 a + 2 volts e para os canais de 04 a 07, uma variação de 0 a + 10 volts.

Na Fig. A-9, os amplificadores de entrada multiplicam os sinais que vem do painel analógico por $-1/10$ para os quatro primeiros condicionadores. A este resultado é adicionado uma tensão de - 1 volt nos amplificadores seguintes produzindo então uma tensão de saída para cada um deles dada por:

$$v_o = v_i/10 + 1 \quad (14)$$

Os outros condicionadores da metade inferior do desenho funcionam exatamente como os quatro primeiros, apenas que a relação entrada-saída é dada por:

$$v_o = v_i/2 + 5 \quad (15)$$

Os amplificadores no meio do desenho produzem o off-set adequado para os 4 canais inferiores e para os quatro superiores.

3.6. FONTES DE ALIMENTAÇÃO.

O interface usa quatro alimentações diferentes.

Uma fonte de + 5 volts que alimenta todos os circuitos integrados do interface. Esta fonte fica na primeira placa do conjunto de placas do interface como mostra o diagrama de sinais

nos conectores do interface, no Apêndice, Fig. A-13. O esquema do retificador e regulador de + 5 volts é mostrado também no Apêndice, Fig. A-11. Esta fonte é ligada no conjunto de tomadas chaveadas pelo minicomputador. Ela também possui uma chave que deve ser ligada quando se for usar o interface e desligada para operação separada dos computadores.

Uma fonte de + 12 volts aproveitada da alimentação da própria unidade de controle DBG 771 do computador analógico alimenta os transistores comutadores do interface.

Os condicionadores de sinais analógicos que servem ao conversor A/D do LPS 11 usam alimentação de + 15 volts e - 15 volts também aproveitada das fontes de alimentação do computador analógico.

Finalmente, a Fig. A-12 mostra os sinais nos conectores que ligam o interface ao computador analógico e ao PDP e a Fig. A-13 mostra os sinais nos conectores das placas que compõem o interface.

C A P Í T U L O 4

SOFTWARE DE TESTE

4.1. FUNCIONAMENTO DO PROGRAMA

Construiu-se um programa que serve para teste do interface e também como demonstração do funcionamento do sistema.

O software é constituído de um programa principal que imprime um cabeçalho e seleciona uma entre três subrotinas que compõe os testes do interface.

A fita de teste é chamada "TESTE DO INTERFACE" e é carregada usando o Absolute Loader. O programa começa no endereço 040000 da memória (10).

Assim que é carregado, o programa imprime:

TESTE DO INTERFACE

BATA A TECLA PARA

INCREMENTO DE ENDERECO - E

DETECAO NOS LEDS - L

AJUSTE DE SERVOPOT - P

e espera por uma das três letras E, L ou P para transferir o controle para a subrotina correspondente.

A qualquer instante da execução do programa, apertando a tecla CTRL e batendo a tecla P no DECWRITER (CTRL/P) transfere-se o controle para o programa principal que volta a imprimir o cabeçalho e então pode-se fazer a seleção de uma nova subrotina.

4.2. FUNCIONAMENTO DAS SUBROTINAS DE TESTE

4.2.1. Incremento de Endereço

Este programa serve para verificar o funcionamento do Seletor de Endereço descrito no Capítulo 3. Ele faz com que o computador analógico enderece de 00 a 99 em incrementos de um em um, sucessivamente.

Devido a velocidade de chaveamento dos relés do RA 770 e também para que se possa ter uma visualização de cada novo endereço, este programa produz um "loop" de espera entre cada endereçamento.

4.2.2. Detecção nos Leds.

Esta subrotina transfere o número "escrito no switch register" da console do minicomputador para o interface e este, por sua vez coloca a palavra de entrada de detecção nos leds do LPS 11(9), onde se pode verificar os estados alcançados pelo computador analógico.

São usados 5 leds para mostrar a mensagem de volta.

Nos três leds mais à direita é colocado o byte inferior da palavra de detecção que mostra os estados de cálculo e os sinais P/V, POTF e POTNF descritos no Capítulo 3. Assim, o terceiro led da direita para a esquerda só pode mostrar no máximo o número 3 (octal). Comparando-se o número escrito nestes leds com a codificação dos sinais descritos no capítulo 3 se pode verificar o funcionamento das Linhas de Detecção de controle.

Nos leds 4 e 5 da direita para a esquerda fica escrito o endereço mostrado no painel de teclas de endereçamento do DBG 771 também para verificação da detecção de endereçamento.

4.2.3. Ajuste de Servopot.

Através desta subrotina se pode endereçar um potenciômetro do tipo servo e estabelecer neste um valor de ganho diretamente pelo DECWRITER de maneira semelhante ao que é normalmente feito pelas teclas da unidade de controle do computador analógico.

Inicialmente se bate o endereço do servopot a ser ajustado seguido de qualquer símbolo, apenas para separá-lo do resto da informação e a seguir se bate um número de 4 algarismos correspondente a parte fracionária do ganho do potenciômetro. Assim, para colocar por exemplo o ganho 0,5500 no servopot 12 se bate o seguinte código no DECWRITER:

12-5500

Assim que o computador acabe de ajustar o servopot 12, o minicomputador coloca 4 espaços e espera por um novo endereço e um novo valor de ajuste.

Para cada 5 potenciômetros ajustados a subrotina coloca um CR/LF (retorno do carro e mudança de linha) e espera por outro ajuste. A mudança de linha pode ser feita entre dois ajustes batendo a tecla CR no teclado do DECWRITER.

No caso de se endereçar um potenciômetro que não seja do tipo servo ou mesmo que o ajuste não tenha sucesso por qualquer outro motivo a lâmpada vermelha SERVO na unidade de controle do computador analógico acende e para que se possa continuar

a subrotina deve-se pressionar esta tecla.

No ANEXO II mostra-se uma listagem da tabela de pontos de entrada, o programa de teste e o mapa de memória produzidos pelo Assembler PAL 11 S e pelo Linker LINK 11S (11).

C A P Í T U L O 5

CONCLUSÕES

O interface implementado combina a velocidade do computador analógico com a precisão do digital, por exemplo, pelo uso do hardware do computador analógico numa simulação digital.

Também aumenta-se bastante a flexibilidade da simulação analógica com o acesso à memória e aos controles do computador digital.

O processamento de dados parcialmente discretos e parcialmente contínuos fica bastante simplificado com o uso da unidade híbrida formada.

O interface, como oferecido, se presta para a implementação de subrotinas em Assembler que possam ser chamadas pela linguagem de alto nível, o BASIC. Contudo esta linguagem terá que ser do tipo série já que o interface não usa o sistema de interrupção do PDP 11/40. Assim, uma linguagem híbrida série poderá ser construída de maneira a libertar os usuários das preocupações da programação Assembler além de combinar as facilidades do interpretador BASIC, que passaria a usar o RA 770 como mais um periférico.

O desenvolvimento de uma linguagem híbrida em tempo real só poderia ser feita depois de um estudo cuidadoso das subrotinas necessárias para solução de qualquer tipo de problema híbrido, numa tentativa de generalização do software.

Isto exigiria pelo menos um ano de trabalho, principalmente o estudo de linguagens híbridas já existentes e de como se poderia implementá-las usando o hardware oferecido pelo interface.

Contudo, uma linguagem híbrida série poderá ser construída sem qualquer prejuízo, que não o tempo de processamento, principalmente porque se pode parar o cálculo, isto é, o tempo na máquina analógica em qualquer instante sem perder informação nenhuma.

A demora no chaveamento dos relés do computador analógico sugere também que no futuro se modifique as placas do KIT 11-H para usar o sistema de interrupção do PDP 11. Só então se poderia construir uma linguagem híbrida em tempo real, mais difícil de desenvolver mas que usaria efetivamente todas as facilidades oferecidas pelas duas máquinas.

Existem dois modos de cálculo que o interface não consegue alcançar. Os comandos de teste estático e teste dinâmico.

Contudo estes modos podem ser usados e são muito úteis na verificação e detecção de erro numa programação analógica no painel do Telefunken. Basta que não se aperte a tecla FREMD na unidade de controle do computador analógico e se forneça o comando HALT pelo interface. Assim, se aperta-se a tecla STATIC TEST ou DYNAMIC TEST na unidade de controle é possível automatizar, pelo minicomputador, os testes estático e dinâmico e o PDP poderá fornecer um diagnóstico de um programa no painel analógico.

O modo It. Aut., iterativo automático, também não foi oferecido pelo interface porque êle pode ser substituído pelo modo It. Hand, iterativo manual, que já é oferecido.

Pode-se sugerir como futuras implementações:

- 1º) A colocação das entradas e saídas dos Schmitt Triggers do LPS 11 e da saída de overflow do Real Time Clock no painel digital ou no painel de programação analógica do Telefunken. Isto aumentaria as potencialidades oferecidas pelo híbrido.
- 2º) A colocação de uma palavra de entrada e uma de saída do mini computador no painel de programação digital do Telefunken, o que aumentaria ainda mais a capacidade do híbrido.

Com isto se teria acesso a um número muito grande de sinais de detecção que ficam disponíveis no painel digital e se teria acesso a outros comandos que também podem ser feitos por este painel, principalmente ao comando individual de integradores, o que é feito em várias ligações deste tipo.

Isto não traria dificuldade do ponto de vista de hardware, mas exigiria uma linguagem híbrida muito mais complexa e, por conseguinte, que tomaria muito mais espaço de memória do minicomputador.

Sugere-se que uma implementação deste tipo seja feita depois da aquisição de uma unidade de armazenamento para o minicomputador como uma fita magnética ou, o que seria mais aconselhável, um disco.

Contudo, mesmo a implementação de uma linguagem híbrida simples já exige a presença de um disco porque a experiência com

o minicomputador como instrumento no desenvolvimento das pesquisas atuais já mostra que 16 K de memória não é mais suficiente.

Finalmente, como expansão mais urgente, o interface justifica que se complete o painel de programação analógica do RA 770. O minicomputador atualmente pode endereçar 200 pontos no painel analógico, mas apenas 1/3 destes pontos existe. Isto limita muito as aplicações da unidade híbrida formada e dificulta o uso do interface.

R E F E R Ê N C I A S

- (1) Korn, G. - "Minicomputers for Engineers and Scientists", McGraw Hill, New York, 1973.
- (2) Krause, P. et al. - "Applications of Analog and Hybrid computation in Electric Power System Analysis", Proc. IEEE, 7(62):994, july, 1974.
- (3) Thomson, J. - "On an Integrating Machine Having a New Kinematic Principle", Proc. Roy. Soc., pt A (24):262-265, 1876.
- (4) Kelvin & Thomson - "Mechanical Integration of Linear Differential Equations of The Second Order with Variable Coefficients", Proc. Roy. Soc., pt A (24):269-271, 1876.
- (5) Jarvis, R. - "A General Purpose Hybrid Interface for a Mini-computer", Simulation, 4(22):107-112, april, 1974.
- (6) Eatock, R. & Al-Dabass, D. - "BASIC External Function for the Control of an Analogue Computer System", Simulation, 4(24) 103-108, april, 1975.
- (7) PDP 11/40 - "Laboratory Peripheral System LPS 11 User's Guide", Digital Equipment Corporation, 1973.
- (8) EAI - "Hybrid Prazionsrechenanlage RA 770 C-Technisches Handbuch", Telefunken, 1972.
- (9) PDP 11/40 - "Laboratory Peripheral System LPS 11 Maintenance Manual", DEC, 1973.
- (10) PDP 11/40 - "Paper Tape Software Programming Handbook", DEC, 1973.
- (11) PDP 11/40 - "PAL 11S Assembler and LINK 11S Linker Programming Manual", DEC, 1973.

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

- PDP11/40 - "Processor Handbook", DEC, 1972.
- PDP 11 - "Peripherals Handbook. Programming and Interfacing", DEC, 1972.
- PDP 11/40 - "System Manual", DEC, 1972.
- PDP 11 - "BASIC - User's Guide", DEC, 1972.
- Texas Instrument - "The TTL Data Book", 1974.
- Texas Instrument - "The Optoelectronics Data Book", 1974.
- Booth, L. - "Digital Networks and Computer Systems", John Wiley & Sons Inc, N.Y., 1971.
- Hill, F., Peterson, G. - "Introduction to Switching Theory and Logical Design", N.Y., Wiley Int., N.Y., 1968.
- IEEE - "Special Issue on Minicomputers", july-august, 1970.
- Marston, G. - "A Medium Scale Hybrid Interface", Simulation, may, 1968.
- Connely, M. - "Real Time Analog/Digital Computation", IRE Trans. on Electronic Computers, EC-11, 31-41, feb., 1962.

A N E X O I

CUIDADOS DE OPERAÇÃO

Preparação dos Computadores.

Para se usar o interface aconselha-se que se tome os seguintes cuidados, de preferência na ordem em que estão listados:

- 1 - Carregar o número 000000 (octal) na palavra de saída do KIT 11-H, com endereço 164000, que serve ao interface.
- 2 - Pressionar a tecla FREMD no painel de teclas da unidade de controle DBG 771 do computador analógico. Com isto o RA 770 ficará no modo HALT esperando por mensagens externas.
- 3 - Apertar a tecla EXTERN na unidade de endereçamento do DBG 771 e pressionar levemente as teclas de endereços para que todas elas fiquem soltas. Com o aperto da tecla EXTERN, a lâmpada da tecla HAND apagará indicando que o analógico está agora aceitando o endereçamento externo. Um par de lâmpadas das teclas de endereçamento manual deve ficar aceso indicando um endereço. Elas sempre servem para certificar o usuário do endereço atingido, mesmo quando o endereçamento é externo.
- 4 - Ligar a chave do interface. Com isto se alimenta os circuitos integrados e a palavra de saída carregada no item 1 é transferida pelo interface para o computador analógico, fazendo com que ele enderece V00 e fique no modo DAUER e em PAUSE.

No caso de se usar os comandos de teste estático ou teste dinâmico, deve-se deixar a tecla FREMD desapertada, comandar o modo HALT pelo minicomputador e só então deve-se apertar a tecla STATIC TEST ou DYNAMIC TEST na unidade de controle DBG 771.

Nota-se que as linhas que comandam os modos de cálculo como DAUER, REPET, etc. não tem correspondentes na detecção. Assim, se se vai usar por exemplo o modo repetitivo deve-se antes comandar o modo REPET pelo minicomputador e só depois comandar o RECHNEN para que o atrazo na comutação dos relés seja suficiente para dar tempo ao analógico reconhecer o modo repetitivo.

Os comandos momentâneos, isto é, que usam monoflops, POT, WEITER e o sinal H de comando de endereçamento devem ser zerados antes de serem usados a cada vez que se necessite dêles. Isto porque os monoflops só disparam na descida ou subida, para um caso, dos sinais que os ativam e portanto êles devem sofrer uma transição.

O canal DAC 0 com endereço de memória 176760 é ligado a posição D00 no painel de programação analógica e, se o computador estiver no modo de ajuste de potenciômetro e com a tecla EXTERN apertada, êle fica ligado à entrada do VSE 780 e serve como tensão de referência para ajuste de potenciômetros. Deve-se tomar cuidado para que, nestes casos, êle não produza tensão positiva porque a tensão de referência do VSE 780 é tomada no intervalo de 0 a - 10 volts.

O sinal POTNF, bit 1 da palavra de entrada do minicomputador, que indica que falhou o ajuste de potenciômetro pode indi -

car também uma falha do próprio circuito de ajuste do computador. Pos isto, é bom verificar se o potenciômetro que estava sendo ajustado já não está com um valor próximo do valor desejado.

A saída digital com endereço 164000 que serve ao interface não fornece acesso à CPU do PDP 11 ao seu conteúdo. Isto elimina o uso de todas as instruções de máquina do repertório do PDP que necessitem de um ciclo "read-modify-write". Assim, instruções do tipo INC (incremento), ADD (some), BIT (bit test), etc. , não podem ser usadas.

Além disto esta palavra não aceita instruções de byte como MOVB, INCB, etc.

Da mesma forma, a palavra de entrada com endereço 164010 que serve ao interface não pode ser carregada pela CPU, mas apenas lida por ela. Ela também não aceita instruções do tipo byte.

A N E X O II

LISTAGEM DO PROGRAMA DE TESTE

*
PAL-115 V003R

*S H

*B H

*L T

*T T

EOF ?

EOF ?

EOF ?

AI	000642R	AJUSTE	001240R	AP	001116R
A1	000376R	A2	000502R	A4	000546R
BEG	000356R	BEGIN	000000RG	B1	001032R
B1	000410R	B2	000436R	B3	000454R
CI	001020R	CONTC	= 000220	COUNT	001446R
CP	001210R	CTRL	000322R	DACB	= 175760
DI	= 164010	DI1	001012R	DO	= 164000
DP	001214R	EC	000114R	EI	000706R
END	001452R	EI	000770R	FIM	000320R
HP	001326R	I	000362RG	I1	000542R
I2	000502R	JP	001350R	KBB	= 177562
KBS	= 177560	KP	001404RG	L	000566R
LC	000130R	LED	= 170402	LEDS	000574RG
LP	001420R	L2	001054R	MEN	000130R
MP	001062R	N	001450R	N2	001056R
N4	000570R	P	000572R	PC	000040R
PDT	001070R	PDTC	000124R	PTB	= 177566
PTS	= 177564	R0	=X000000	R1	=X000001
R2	=X000002	R3	=X000003	SMR	= 177570
TR	001060R	TAB	000330R	TC	000060R
TEMP	001052R	VECT	= 000060		= 001454R

END ?

```

000000      VECT=60
000220      CONTC=220
177564      PTS=177564
177566      PTB=177566
177560      KBS=177560
177562      KBB=177562
          .TITLE PRINCIPAL
          .GLOBL KP,BEGIN,I,LEDS
          .CSECT

000000      012706' BEGIN:  MOV      #BEGIN, X6
000000
000004      012737          MOV      #0, @0177776
000000
177776
000012      052767'          BIS      #100, KBS
000100
177560
000020      012757'          MOV      #CTRL, VECT
000322
000050
000026      012757'          MOV      #0, VECT+2
000000
000052
000034      012700'          MOV      #MEN, X0
000130
000040      105767' PC:      TSTB      PTS
177564
000044      100375          BPL      PC
000046      112067'          MOVW    (X0)+, PTB
177566
000052      020027'          CMP      X0, #FIN
000320
000056      001370          BNE      PC
000060      000001 TC:      WAIT
000062      026727'          CMP      KBB, #305
177562
000305
000070      001411          BEQ      EC
000072      026727'          CMP      KBB, #314
177562
000314
000100      001407          BEQ      LC
000102      026727'          CMP      KBB, #320
177562
000320
000110      001405          BEQ      POTC
000112      001362          BNE      TC
000114      000167 EC:      JMP      I
000242
000120      000167 LC:      JMP      LEDS
000450
000124      000167 POTC:    JMP      KP
001254

```

PAGE 001

```

000130      215  MEN:      BYTE      215, 212
000131      212
000132      052      ASCII /***TESTE DO INTERFACE***/
000133      052
000134      052
000135      124
000136      105
000137      123
000140      124
000141      105
000142      040
000143      104
000144      117
000145      040
000146      111
000147      115
000150      124
000151      105
000152      122
000153      106
000154      101
000155      103
000156      105
000157      052
000160      052
000161      052
000162      215      BYTE      215, 212, 212, 212
000163      212
000164      212
000165      212
000166      102      ASCII /BATA A TECLA PARR/
000167      101
000170      124
000171      101
000172      040
000173      101
000174      040
000175      124
000176      105
000177      103
000200      114
000201      101
000202      040
000203      120
000204      101
000205      122
000206      101
000207      215      BYTE      215, 212, 212, 212
000210      212
000211      212
000212      212
000213      111      ASCII /INCREMENTO DE ENDEREÇO-E/
000214      115
000215      103
000216      122

```

000217 105
 000220 115
 000221 105
 000222 116
 000223 124
 000224 117
 000225 040
 000226 104
 000227 105
 000230 040
 000231 105
 000232 116
 000233 104
 000234 105
 000235 122
 000236 105
 000237 103
 000240 117
 000241 055
 000242 105
 000243 215
 000244 212
 000245 104
 000246 105
 000247 124
 000250 105
 000251 103
 000252 101
 000253 117
 000254 040
 000255 116
 000256 117
 000257 123
 000260 040
 000261 114
 000262 105
 000263 104
 000264 123
 000265 055
 000266 114
 000267 215
 000270 212
 000271 101
 000272 112
 000273 125
 000274 123
 000275 124
 000276 105
 000277 040
 000300 104
 000301 105
 000302 040
 000303 123
 000304 105
 000305 122
 000306 126

BYTE 215, 212

ASCII /DETECCO NOS LEOS-L/

BYTE 215, 212

ASCII /AJUSTE DE SERVOBOT-P/

```

000307      117
000310      120
000311      117
000312      124
000313      055
000314      120
000315      215      . BYTE      215, 212
000316      212
      000320      . EVEN
000320 000000 FIN:      0
000322 105767' CTRL:   TSTB      KBB
      177560
000326 100375      BPL      CTRL
000330 105767' TAB:   TSTB      PTS
      177564
000334 100375      BPL      TAB
000336 016767'      MOV      KBB, PTR
      177562
      177566
000344 025727'      CMP      KBB, #CONTC
      177562
      000320

000352 001401      BEQ      BEG
000354 000002      RTI
000356 000167 BEG:   JMP      BEGIN.
      177416
      . EOT

EOF ?
      164000      DD=164000
      164010      DI=164010
      000000      BB=20
      . TITLE      INC DE ENDERECO
      . GLOBL      KP, BEGIN, I, LEDS

000362      . CSECT

000362 012767' I:    MOV      BB, DD
      000000
      164000
000370 012767      MOV      #063000, N4
      063000
      000172
000376 005267 R1:   INC      N4
      000166
000402 016767'      MOV      N4, DD
      000162
      164000
000410 016767' B1:   MOV      DI, L
      164010
      000150
000416 105067      CLRB      L
      000144

      PAGE      004

```

```

000422 005757      TST      L
          000140
000426 001003      BNE      B2
000430 052757      BIS      #060000, L
          050000
          000130
000436 032757 B2:      BIT      #004000, L
          004000
          000122
000444 001003      BNE      B2
000446 052757      BIS      #003000, L
          003000
          000112
000454 126757 B3:      CMPB     M4+1, L+1
          000111
          000105
000462 001352      BNE      B1
000464 005357      DEC      M4
          000100
000470 012757      MOV      #400, P
          000400
          000074
000476 012700      MOV      #4, P0
          000004
000502 036757 B2:      BIT      P, M4
          000054
          000050
000510 001414      BEQ     I1
000512 006357      RSL     P
          000054
000516 077007              077007
000520 042757      BIC     #004400, M4
          004400
          000042
000526 062757      ADD     #010000, M4
          010000
          000034
000534 103004      BCC     A4
000536 000167      JMP     I
          177520
000542 105257 I1:      INCB     M4+1
          000023
000546 012700 B4:      MOV      #177777, P0
          177777
000552 077001      077001
000554 016757      MOV      M4, D0
          000010
          154000
000562 000167      JMP     A1
          177610
000566 000000 L:      0
000570 000000 M4:   0
000572 000000 P:      0
          .EOT

```

EOF ?

.TITLE US0 DOS LE05

PAGE 005

```

177578      SMR=177578
000000      RR=X0
164000      DD=164000
164010      DI=164010
170402      LED=170402

000574      .DSECT

000574 012767 LE05:  MOV      #0, D0
000000
164000
000602 005067 I2:   CLR      W2
000250
000605 012767      MOV      #177770, TR
177770
000244
000614 012700      MOV      #5, R0
000005
000620 016767      MOV      SMR, D0
177578
164000
000626 016767      MOV      DI, L2
164010
000220
000634 016767      MOV      L2, TEMP
000214
000210
000642 020027 HI:   CMP      R0, #4
000000
000646 003071      BGT      B1
000650 006267      ASR      L2
000200
000654 006267      ASR      L2
000174
000660 020027      CMP      R0, #3
000003
000664 003055      BGT      C1
000666 001451      BEQ      D11
000670 020027      CMP      R0, #1
000001
000674 001004      BNE      E1
000676 006267      ASR      L2
000152
000702 006267      ASR      L2
000146
000706 042767 EI:   BIC      #14, TR
000014
000144
000714 016767      MOV      L2, TEMP
000134
000130
000722 042767      BIC      #14, TR
000014
000130
000730 016767      MOV      L2, TEMP
000120
000114

```

```

000736 046767 BIC TR,TEMP
      000116
      000106
000744 156767 BISR N2+1,TEMP+1
      000107
      000101
000752 132767 BITB #10,TEMP
      000010
      000072
000760 001403 BEQ FI
000762 162767 SUB #6,TEMP
      000006
      000062
000770 016767 FI: MOV TEMP,LED
      000056
      170402
000776 105267 INCB N2+1
      000055
001002 005300 DEC R0
001004 001316 BNE R1
001006 000167 JMP I2
      177570
001012 052767 DI1: BIS #14,TR
      000014
      000040
001020 006267 CI: ASR L2
      000030
001024 016767 MOV L2,TEMP
      000024
      000020
001032 046767 BI: BIC TR,TEMP
      000022
      000012
001040 156767 BISR N2+1,TEMP+1
      000013
      000005
001046 000167 JMP FI
      177716

001052 000000 TEMP: 0
001054 000000 L2: 0
001056 000000 N2: 0
001060 000000 TR: 0

```

.EOT

EOF ?

```

000000 R2=X2
164000 DD=164000
000000 RB=X0
177560 KES=177560
177564 PFS=177564
177562 KEB=177562
177566 PTB=177566
000001 R1=X1
164010 DI=164010
176760 DAC0=176760
000003 R3=X3

```

PAGE 007

```

TITLE  SERVOPOT
GLOBL  KP, BEGIN, I, LED5

      001062      CSECT

                                PONTO DE ENTRADA -- KP

001062 012767 MP:      MOV      #5, COUNT
      000005
      000356
001070 005067 PDT:      CLR      N
      000354
001074 005067      CLR      END
      000352
001100 012702      MOV      #1750, R2
      001750
001104 012767      MOV      #10, D0
      000010
      154000

001112 012700      MOV      #7, R0
      000007
001116 000001 AP:      WAIT
001120 026727      CMP      KBB, #215
      177562
      000215
001126 001520      BEQ      KP
001130 012767      MOV      #10, D0
      000010
      154000
001136 020027      CMP      R0, #5
      000005
001142 100436      BMI      AJUSTE
001144 001421      BEQ      CP
001146 016701      MOV      KBB, R1
      177562
001152 162701      SUB      #260, R1
      000260
001156 050167      RIS      R1, END
      000270
001162 020027      CMP      R0, #5
      000006
001166 001412      BEQ      DP
001170 016701      MOV      END, R1
      000256
001174 006301      ASL      R1
001176 006301      ASL      R1
001200 006301      ASL      R1
001202 006301      ASL      R1
001204 010167      MOV      R1, END
      000242
001210 005300 CP:      DEC      R0

PAGE  010

```

```

001212 001341      BNE      AP
001214 000367 DP:  ENAB      END
          000232
001220 002767      ADD      #063013, END
          003013
          000224
001226 0056767'    BIS      END, DO
          000220
          164000

001234 005300      DEC      R0
001236 001327      BNE      AP
001240 016701' AJUSTE: MOV      K00, R1
          177562
001244 162701      SUB      #260, R1
          000260
001250 070102      070102:    MUL      R2, R1
001252 060167      ADD      R1, N
          000172
001256 010203      MOV      R2, R3
001260 005002      CLR      R2
001262 071227      071227:    DIV      #12, R2
001264 000012      000012
001266 005300      DEC      R0
001270 001312      BNE      AP
001272 012700      MOV      #174000, R0
          174000
001276 070037      070037:    MUL      N, R0
001300 001450'      .WORD    N
001302 071027      071027:    DIV      #23420, R0
001304 023425      023425
001306 010067'    MOV      R0, DR00
          176700
001312 002767      BIS      #4, END
          000004
          000132
001320 016767'    MOV      END, DO
          000126
          164000

001326 032767' HP:  BIT      #1, DI
          000001
          164010
-----
001334 001374      BNE      HP
001336 012767'    MOV      #10, DO
          000010
          164000
001344 012700      MOV      #4, R0
          000004
001350 105767' JP:   TSTB      PT5
          177564
001354 100375      BPL      JP
001356 012767'    MOV      #240, PT6
          000240
          177566

```

001364	005300	DEC	00
001366	001370	BNE	JP
001370	012767'	MOV	#10.00
	000010		
	164000		
001376	005367	DEC	COUNT
	000044		
001402	001232	BNE	POT
001404	105767' KP:	TSTB	PTS
	177564		
001410	100375	BPL	KP
001412	012767'	MOV	#212. PTB
	000212		
	177566		
001420	105767' LP:	TSTB	PTS
	177564		
001424	100375	BPL	LP
001426	012767'	MOV	#215. PTB
	000215		
	177566		
001434	012767'	MOV	#10.00
	000010		
	164000		
001442	000167	JMP	MP
	177414		
001446	000010	COUNT:	10
001450	000000	N:	0
001452	000000	END:	0
	000000	.END	BEGIN
		PAGE	012

000000 ERRORS

LINK-115 V002A

*I H

*D H

*M T

*T

*B 040000

PRESS 1

*

* E

LOAD MAP

TRANSFER ADDRESS: 040000

LOW LIMIT: 040000

HIGH LIMIT: 041454

MODULE SERVOP

SECTION ENTRY	ADDRESS	SIZE
C. ABS. >	000000	000000
<	040000	001454
BEGIN	040000	
I	040362	
KP	041004	
LEDS	040574	

PRESS 2

*

LINK-115 V002A

*I

TESTE DO INTERFACE

BATA A TECLA PARA

INCREMENTO DE ENDEREÇO-E

DETECAO NOS LEDS-L

AJUSTE DE SERVOPT-P

P

11-2300

10-2500

12-4000

15-3200

16-3300

A P Ê N D I C E

ESQUEMAS DOS CIRCUITOS USADOS PELO INTERFACE

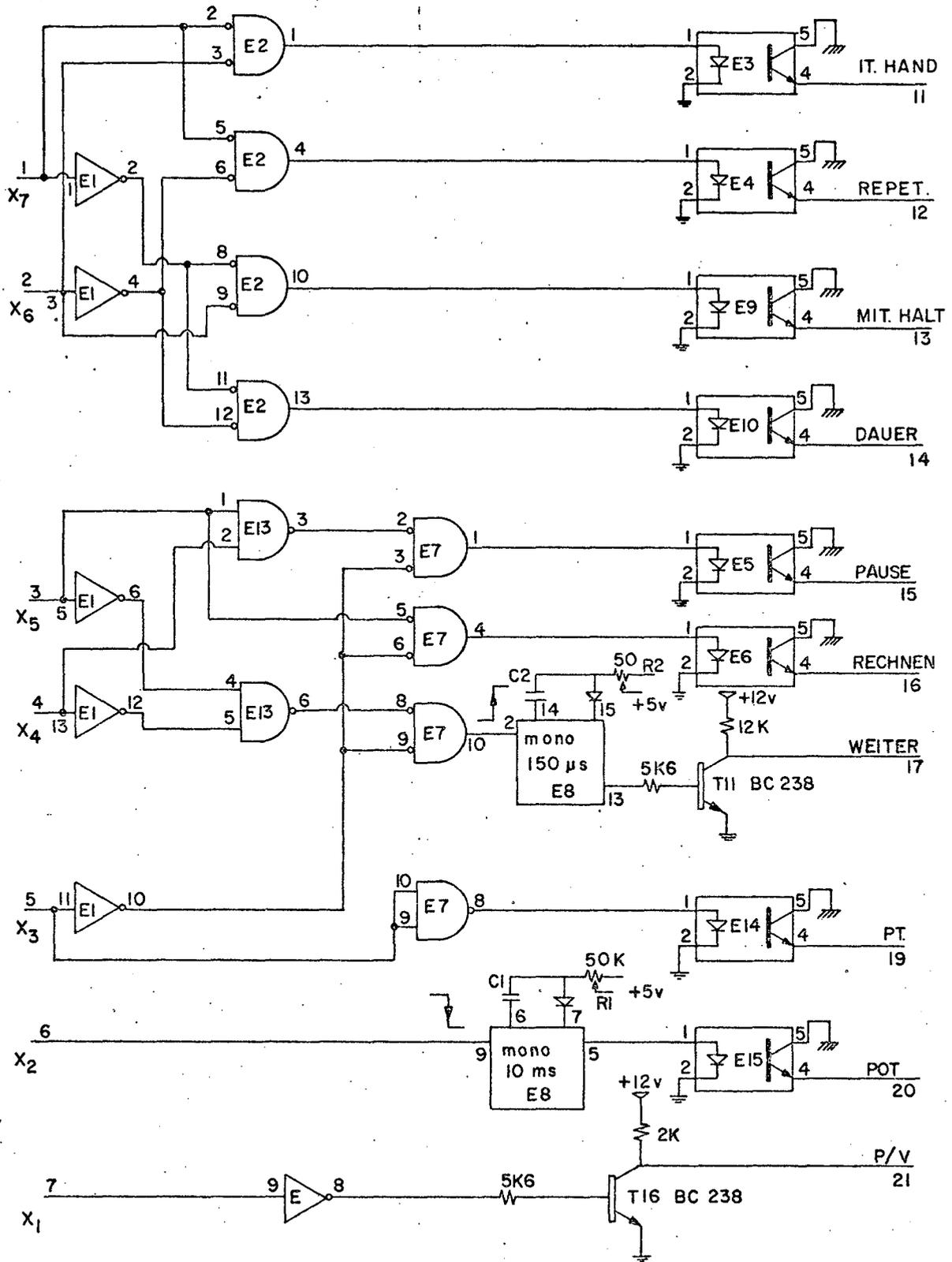


Fig. A-1 CONTROLADOR

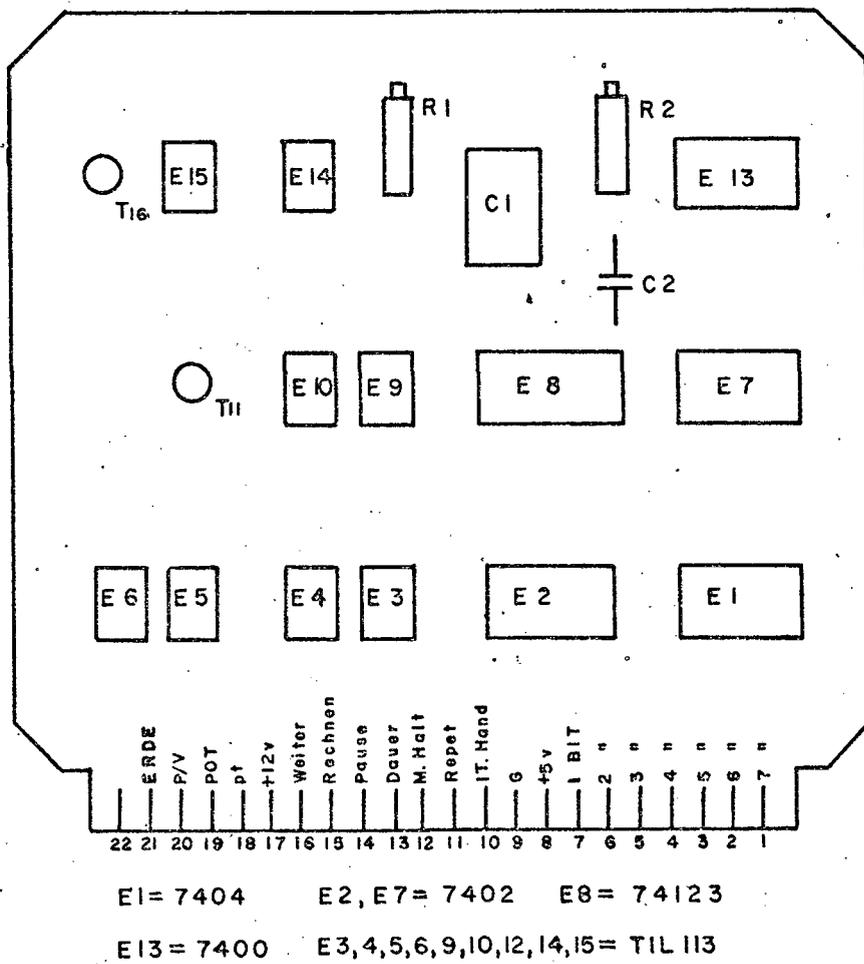


Fig.A-2 CONTROLADOR (Visto de cima)

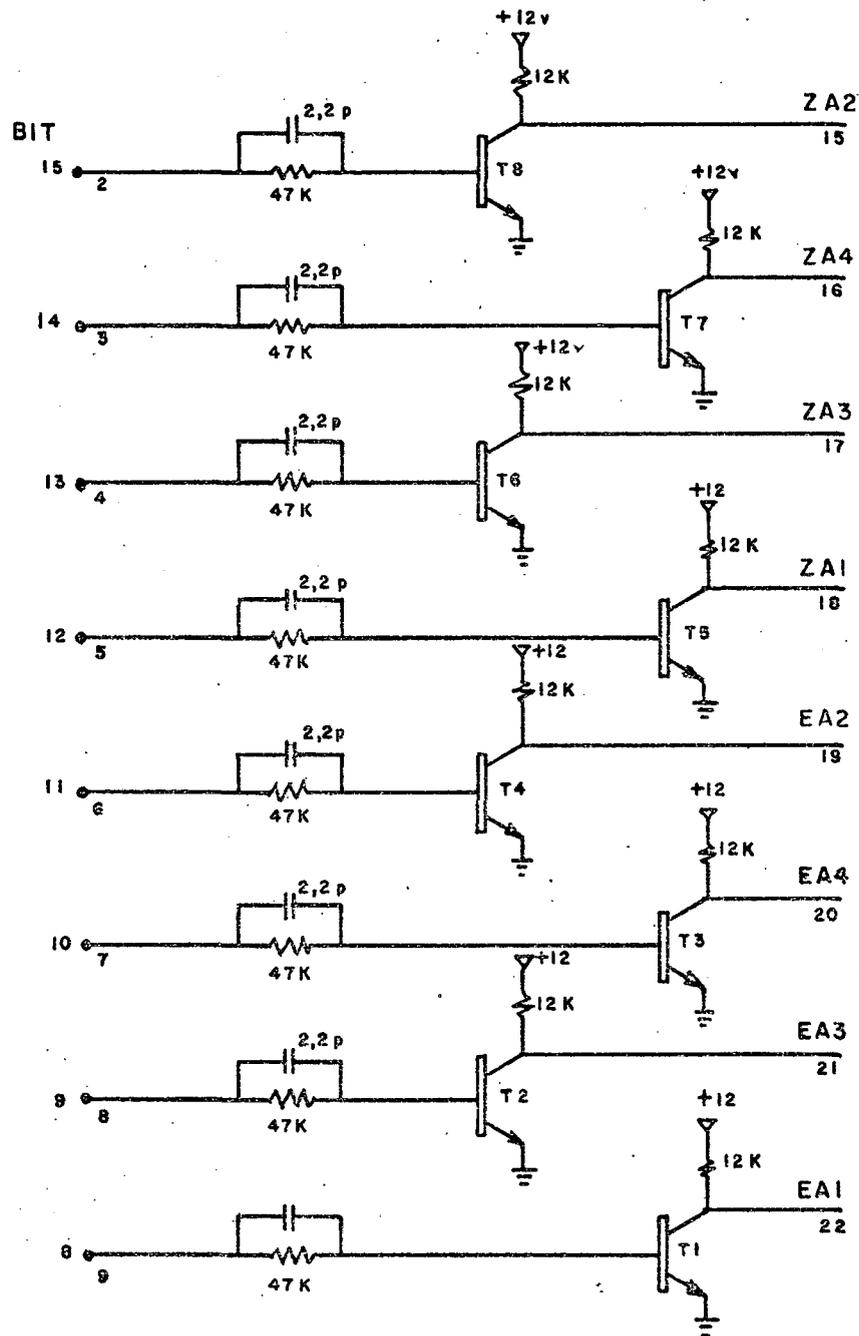


Fig. A-3 Linhas de Endereço

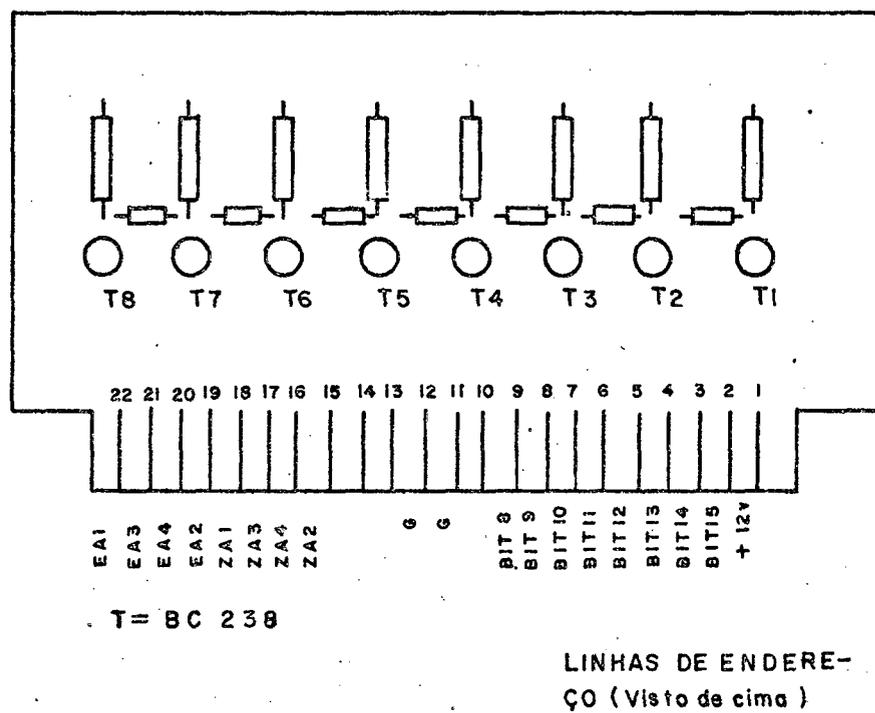


Fig. A-4 LINHAS DE ENDEREÇO (visto de cima)

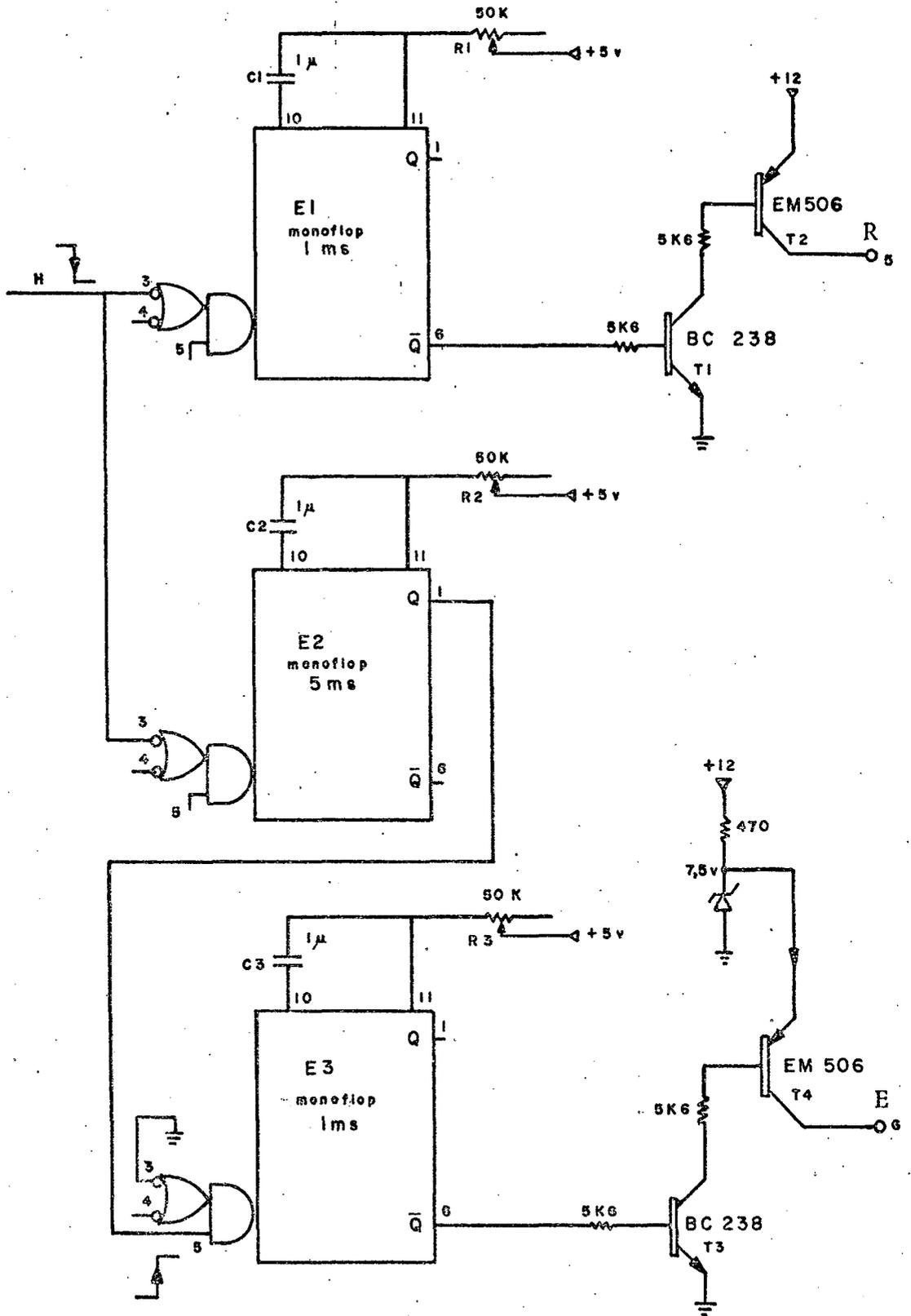
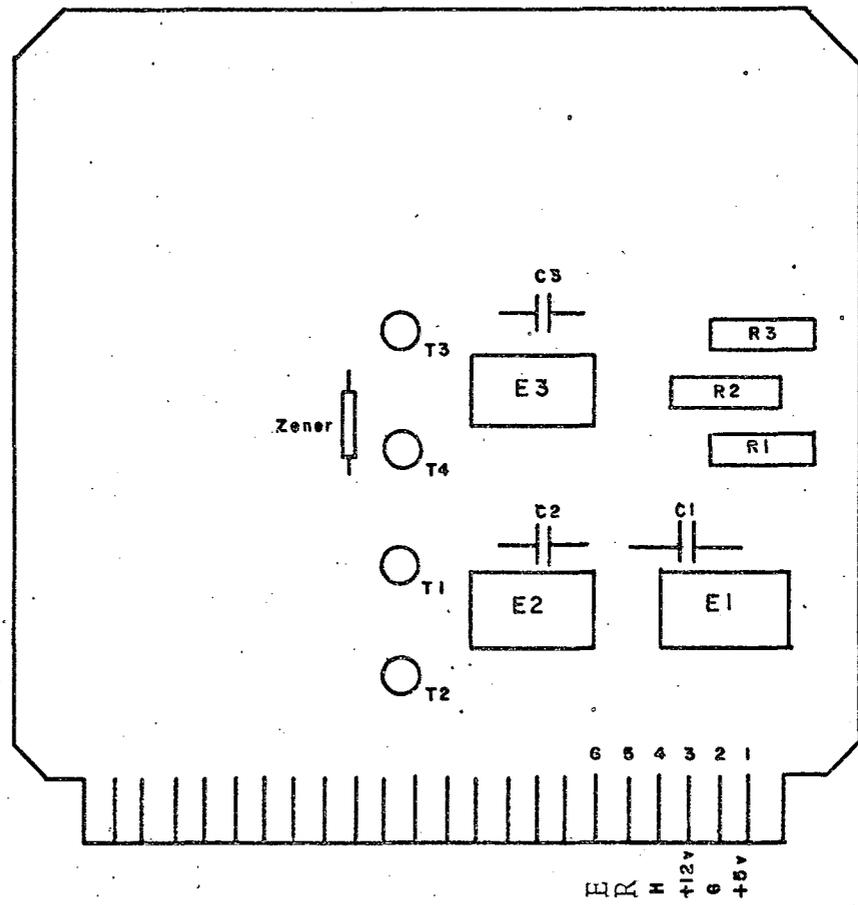


Fig. A-5 Seletor de Endereço

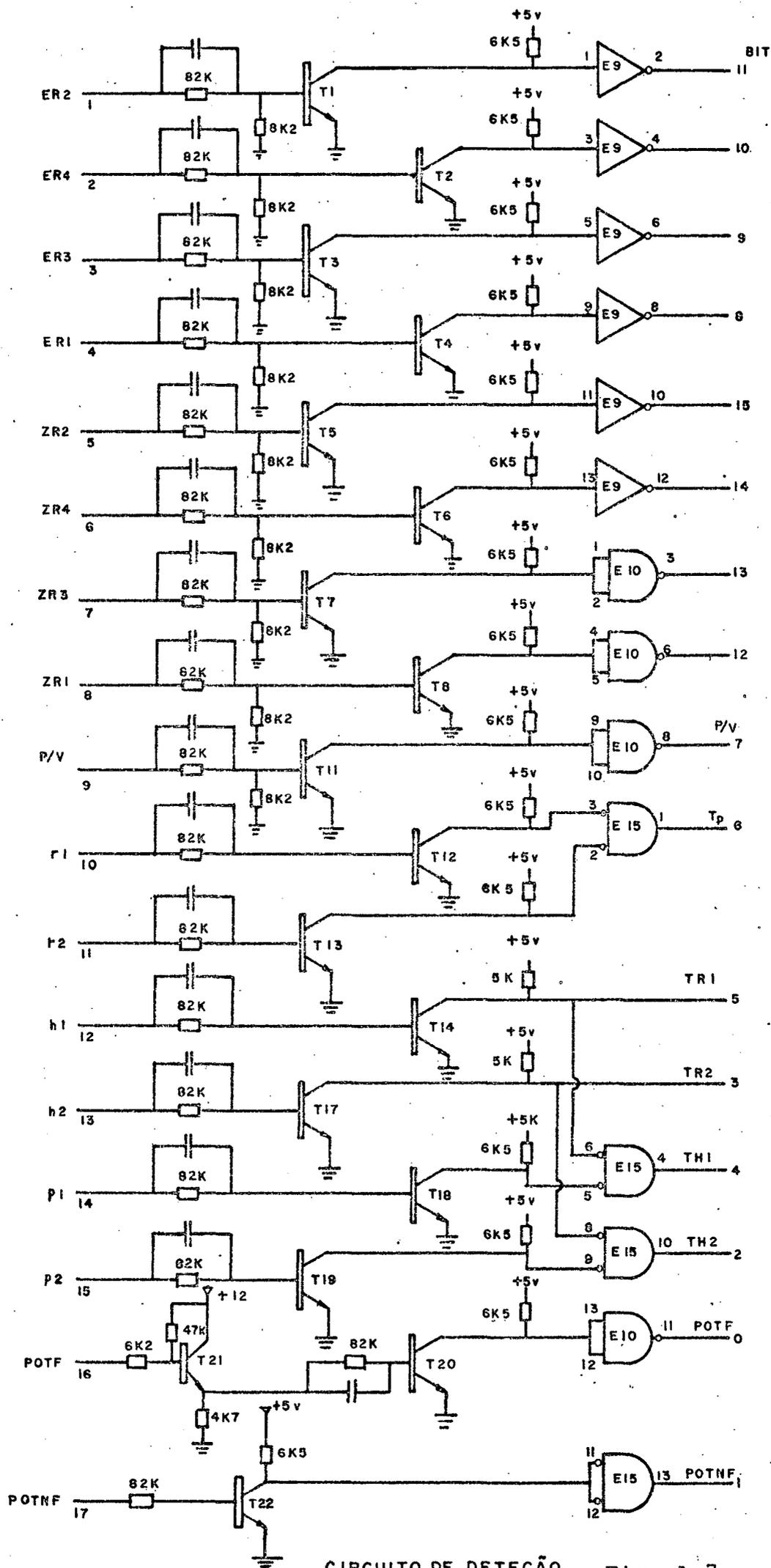


E1, E2, E3 = FLK 101 (74121)

T1, T3 = BC 238

T2, T4 = EM 506

Fig. A-6 Seletor de Endereço (visto de cima)



CIRCUITO DE DETEÇÃO

Fig. A-7

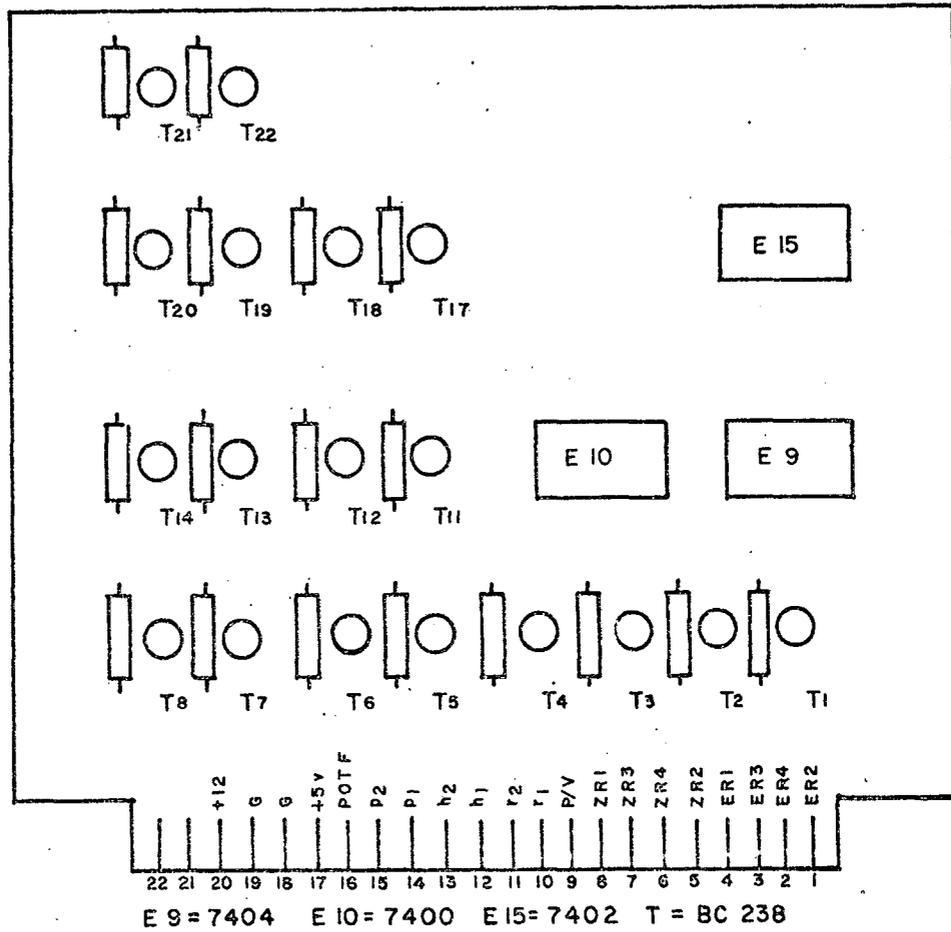


Fig. A-8 CIRCUITO DE DETEÇÃO (Visto de cima)

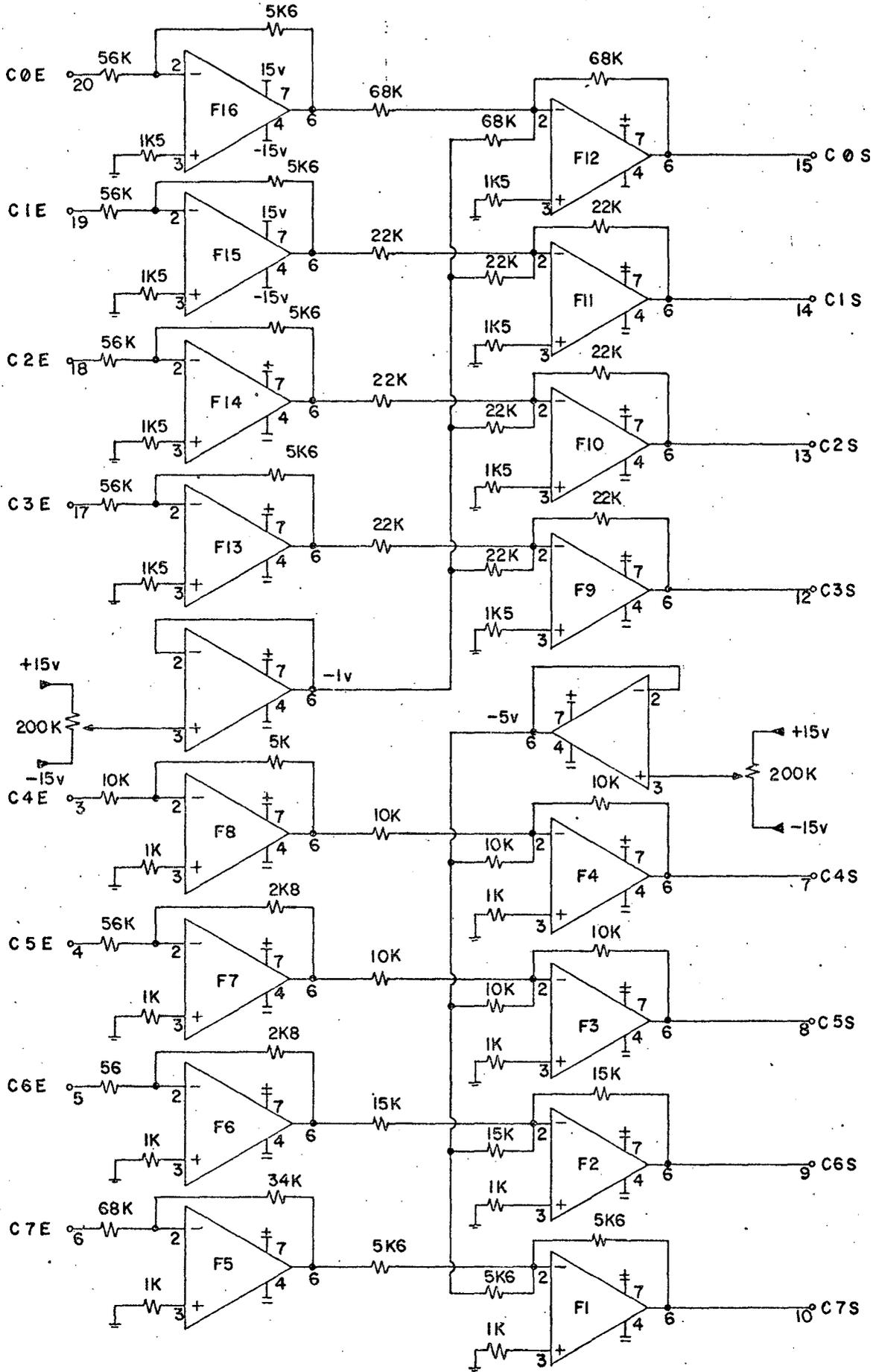


Fig. A - 9 Esquema dos Condicionadores

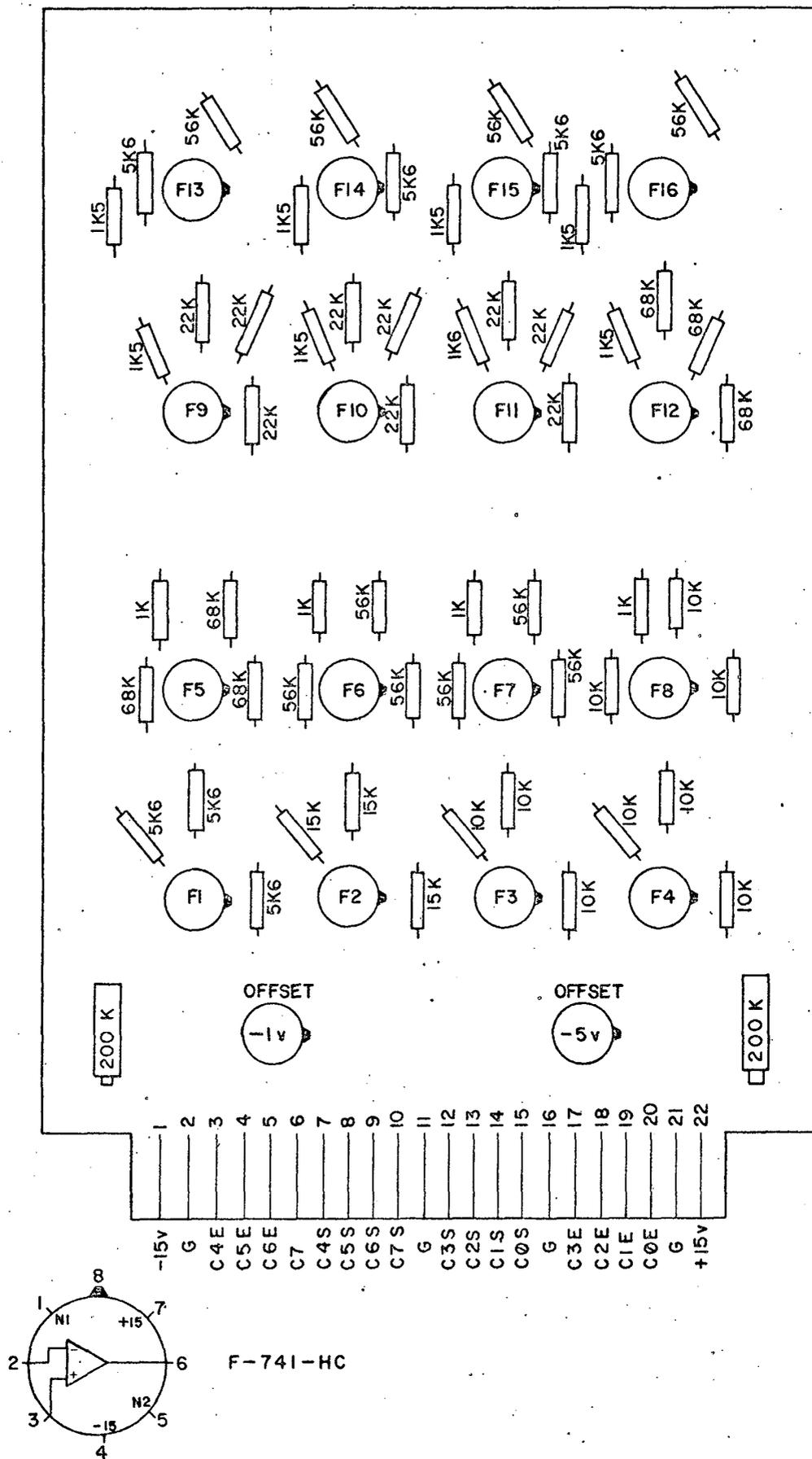


Fig. A-10 Layout dos Condicionadores

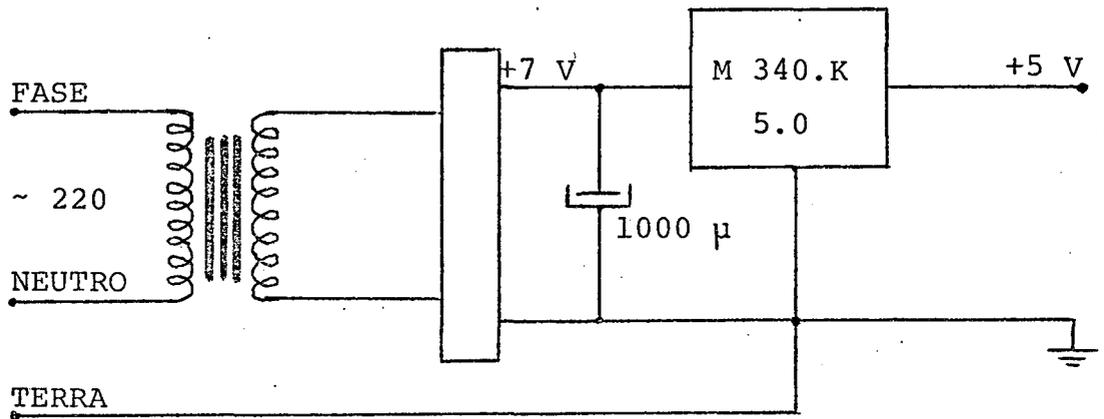


Fig. A-11 Esquema da Fonte de + 5 volts.

c			b			a		
0	EA1		0	REPET		0	POT	
9	EA2		9	pt		9	Dauer	
8	EA3		8	M.Hlt		8	Weitr	
7	EA4		7	Rechn		7	POTNF	
6	ZA1		6	Paus.		6	POTF	
5	ZA2		5	R		5	POTF	
4	ZA3		4	E		4	Ovfl	
3	ZA4		3	ERDE		3	IN.Ck.	
2	P/V		2	Anw.V		2	Extr.	
1	It.Hnd		1	Schrm		1	Erd.Ext	

TE - Bu 37

c			b			a		
0	POTF		0	Vrs.R.	0	ZA4		
9	ZA3		9	ZR2	9	ZA2		
8	ZR4		8	ZR3	8	Ubrs.		
7			7	POTNF	7	ZR1		
6	EA4		6	ER3	6	G.R.Er		
5	ER1		5	POTF	5	ERDE		
4	ER4		4	EA1	4	ZA1		
3	F.Pot		3	EA2	3	V.Ruc.		
2	Enab.		2	R	2			
1	EA3		1		1	ER2		

TE - Bu 38

c			b			a		
0			0			0		
9			9			9		
8	G		8	G		8	A07	
7	D03		7	G		7	A06	
6	G		6	G		6	A05	
5	D02		5	G		5	A04	
4	G		4	G		4	A03	
3	D01		3	G		3	A02	
2	G		2	G		2	A01	
1	D00		1	G		1	A00	

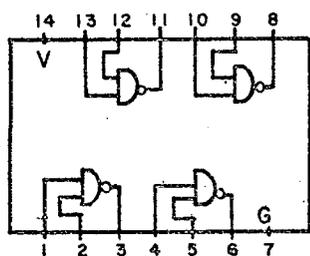
c			b			a		
0			0			0	p1	
9	PA1.3		9			9	r2	
8	t2		8	h1		8	PA1.5	
7			7			7		
6	PA1.1		6	r1		6	ERDE	
5	p		5	PA2.2		5	PA1.2	
4	PA1.4		4			4	PA2.5	
3			3			3		
2	p2		2	PA1.6		2	PA2.1	
1	PA2.3		1	PA2.4		1	PA2.6	

TE - Painel Digital

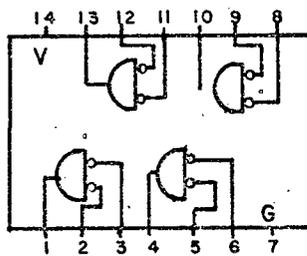
A/D e D/A								
a			b			c		
0			0	13		0		
9			9	12		9		
8			8	G		8		
7			7	11		7		
6			6	10		6		
5			5	G		5		
4			4	09		4		
3			3	08		3		
2	15		2	G		2		
1	14		1	07		1		

Interface - PDP 11

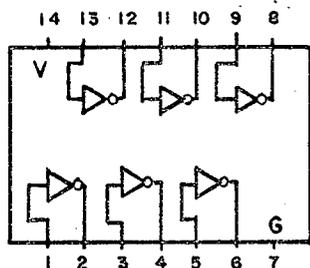
Fig. A-12. Sinais nos Conectores Usados pelo Interface.



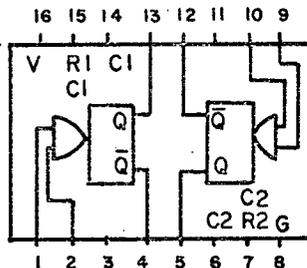
SN 7400



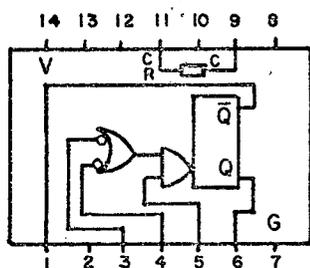
SN 7402



SN 7404

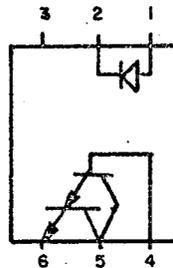


SN 74123



SN 74121

FLK 101



TIL 113

Fig. A-14. Esquema dos Circuitos Integrados Usados pelo Interface (vistos de cima).