



TRABALHO INDIVIDUAL
COMPUTADOR DIGITAL LÍQUÍDICO TRANSISTORIZADO

Alunos: Alfred Volkmer
András György Vámárhelyi
Fernando Vieira de Souza
José Elias Rippar Filho
Orientador: Prof. Tion Wei Chu
DIVISÃO DE ELETROÔNICA

767
1961



TRABALHO INDIVIDUAL

DESEJUO DE MÓDULO DIDÁTICO ENIGMOTIZADO

Orientador: Prof. Wion Wei Chu

Alunos: Alfredo Volkmayr

András György Vásárhelyi

Fernando Vieira de Souza

José Ellis Nipper Filho

DIVISÃO DE ELETROÔNICA - 1961

30388

MINISTÉRIO DA AERONÁUTICA

CENTRO TÉCNICO DE AERONÁUTICA

BIBLIOTECA CENTRAL

Instituto Tecnológico de Aeronáutica, dezembro de 1961.

Exmo. Prof. Dr. Richard R. Wallauschek

Exmo. Prof. Tien Wei Chu

Apresentamos por meio destes linhas o relatório final do trabalho realizado durante este ano no projeto "Computador Digital Didático Transistorizado".

Aproveitamos o ensejo para fazer rápido balanço dos defeitos e virtudes do trabalho executado.

Comencemos pelos defeitos:

1º) Durante o projeto, para economizar material, adotamos a filosofia de calcular cada circuito especificamente para as condições de seu local de trabalho. Isto no entanto leva a dois graves inconvenientes:

a) Introduz um grande atraso no trabalho, já que o projeto dos circuitos posteriores fica relativamente condicionado à existência dos circuitos anteriores.

b) Perde-se quase toda a manejabilidade que é a principal virtude de um projeto feito por pequenas unidades acopladas entre si.

Sabemos agora que teria sido muito vantajoso deixarmos de lado o problema econômico e definirmos dez ou doze unidades básicas com as quais construiríamos o circuito total, além de ganharmos tempo não perderíamos a liberdade de mudar uma parte qualquer do circuito tão logo nos convencessemos de vantagem de tal, ainda que partes posteriores a ela, já estejam em funcionamento definitivo.

2º) Não conseguimos que certas partes do nosso calculador trabalhem confiavelmente.

Duas coisas levaram a isso:

a) Em alguns circuitos por trabalharmos com transistores mais sensíveis (AF117) devíamos ter usado projetos um pouco mais elaborados. Isto porém normalmente apenas se percebe quando já se montou o circuito e este não trabalha satisfatoriamente.

Como o defeito é intermitente concluímos, então, que sua razão é mesmo a criticalidade do projeto.

b) As improvisações a que fomos obrigados na parte de conexões devido à ausência de "plugs" na praça levaram a uma série de problemas de mau contato que afetam profundamente a confiabilidade de funcionamento de todo o conjunto.

Sobre as virtudes:

1º) Boa parte do aparelho, podemos dizer mais de 3/4 do conjunto tem trabalhado bem durante todo o tempo de testes e ajustes finais que foi da ordem de sessenta dias. Com isto usaremos o aparelho para fins didáticos (pois esta era a finalidade principal de trabalhos) sob três aspectos:

a) o bom funcionamento de toda a parte de controle nos permitirá dar nos laboratórios de CEA-42 e CEA-46 experiências bem detalhadas sobre os processos lógicos de um computador.

b) a falta de confiabilidade de alguns circuitos nos levará a considerar com estas turmas de laboratório, em detalhes, o problema de criticalidade de um projeto, e a tentativa de projeto e aplicação de circuitos mais elaborados para substituí-los.

c) Ao terminarmos o trabalho verificamos que com ampliações não muito complexas poderia ser aumentada sensivelmente a sua capacidade. Com as turmas de laboratório realizaremos estas ampliações, o que lhes deverá dar boa experiência em projetos digitais básicos.

3º) Temos a firme convicção de que o trabalho realizado constitue uma base sólida para a construção de um computador com as características necessárias para ser usado em um centro de processamento de dados. Dizemos isto já pela experiência que ele representa em como lidar com aquilo de que dispomos, como por poder ser ele usado para testes de circuitos a serem utilizados.

Agradecemos o apoio de Vv.Sa., com o qual sempre contamos durante o nosso trabalho.

Queremos também agradecer a prestimosa colaboração recebida do Prof. Barry D. Nova, principalmente nos trabalhos de laboratório, e acentuar que sem o decidido auxílio dos técnicos: Sra. Da. Cláudia Juigné e Srs. Moisés do O. Garcia e Vicente N. Miranda nos teria sido absolutamente impossível realizar o nosso trabalho.

Sem mais

Alfred Volmer

András György Vásárhelyi

Fernando Vieira de Souza

José Ellis Ripper Filho

CONTÉUDO

- Capítulo I - Introdução
- Capítulo II - Diagrama de Blocos
- Capítulo III - Diagrama Lógico
- Capítulo IV - Descrição do funcionamento
- Capítulo V - Projetos:
- A. Projeto mecânico
 - B. Projeto eletrônico:
 - a- descrição das placaínhas
 - b- Descrição da Fiação
- Capítulo VI - Lista de Material
- Capítulo VII - Manual de Operação - Programação
- Capítulo VIII - Manual de Demonstração
- Lâmpadas
- Pontos de Fio

ÍNDICE

CAP. I - INTRODUÇÃO	1
CAP. II - DIAGRAMA DE SÍMBOLOS	2
CAP. III - DIAGRAMA LÓGICO	3
CAP. IV - DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO	
A) RELOGIO DE PULSOS	9
B) DISTRIBUIDOR DE PULSOS	9
C) CONTADOR DE INSTRUÇÕES E ENDEREÇOS ..	10
D) REGISTRADOR DE INSTRUÇÕES.....	10
E) REGISTRADOR DE ENDEREÇOS	10
F) MULTIVIBRAÇÃO DE FUNCIONAMENTO.....	11
G) MULTIVIBRAÇÕES DE OPERAÇÃO.....	11
H) MULTIVIBRAÇÕES DE ENDEREÇOS	11
I) CONTROLE DE OPERAÇÕES.....	11
J) ACUMULADORES	12
L) CONTROLE DE ARMAZENAMENTO	13
M) MEMÓRIA	14
AMPLIAÇÕES SUGERIDAS	
I) Tradução binário-decimal para a saída	15
II) Operação salto condicionado e opera-	
ção salto não condicionado	15
III) Operação multiplicação e operações	
divisão	16
IV) Complementação do circuito armazenar	16
CAP. V - PROJETOS	
A) PROJETO MECÂNICO	17
B) PROJETO ELETRÔNICO	
a) Descrição das plaqüinhas	23
b) Descrição da fiação	61

CAP. VI- LISTA DE MATERIAL 78

CAP. VII- MANUAL DE OPERAÇÃO-PROGRAMAÇÃO

I- PREPARO DO COMPUTADOR PARA SEU FUNCIONAMENTO	84
II- PROGRAMAÇÃO DAS MEMÓRIAS	84
III- OPERAÇÃO	85

CAP. VIII- MANUAL DE DEMONSTRAÇÃO

1- Relógio- Gerador de pulsos	87
2- Relógio- distribuidor de pulsos	88
3- Contador de Instruções e Endereços .	88
4- Multivibradores de Operações	88
5- Multivibradores de Endereços	88
6- Controle de Operações	89
7- Acumulador	89

CAPÍTULO I - INTRODUÇÃO

O presente trabalho é um pequeno computador digital paralelo, inteiramente transistorizado, para fins didáticos e demonstrativos.

Não tenho por seu tamanho capacidade para realização de cálculos práticos, e seu projeto e construção visaram:

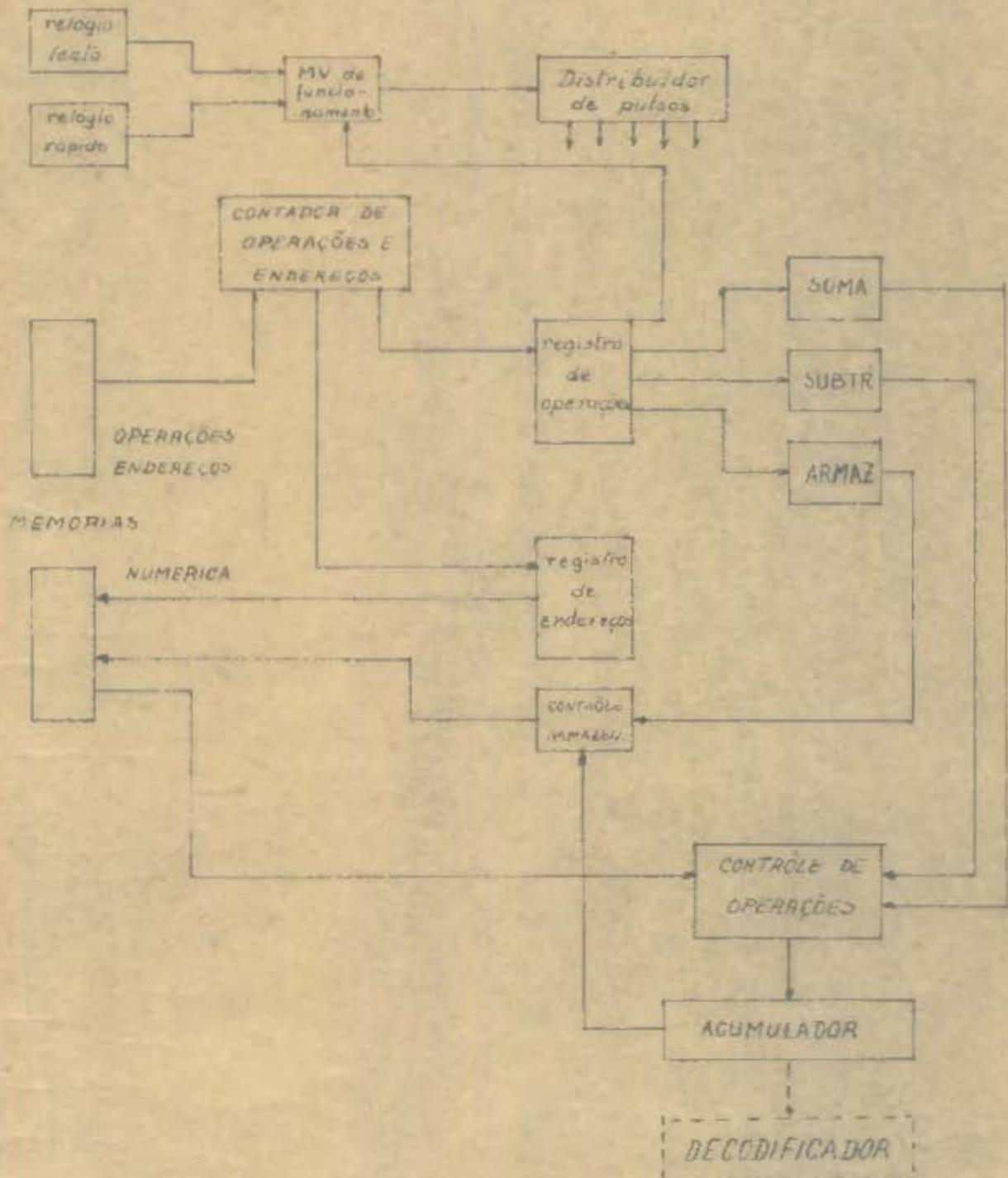
A) Provar a possibilidade de projetar e construir um computador digital no Brasil, utilizando em grande parte material produzido no país, inclusive transistores.

B) Aquirir experiências para se iniciar em breve o projeto de um grande computador de características semelhantes às dos comerciais.

C) Construção de um computador que possa demonstrar em laboratório o funcionamento dos seus vários circuitos básicos. Para isso ele terá possibilidades de efetuar os cálculos lentamente a fim de que possamos visualizar e desenvolver suas operações através das lâmpadas do painel e dos pontos de teste acessíveis a observação por meio de um osciloscópio.

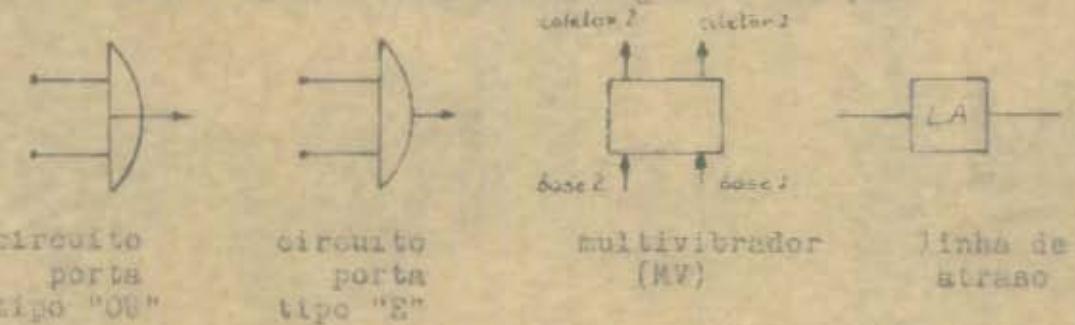
Não houve em nosso trabalho uma preocupação de minimização em volume nem de iar-lhe uma apresentação comercial. Preocupamo-nos apenas com a minimização de custo e com a facilidade de testes.

CAPÍTULO II - DIA RANA DE SLOCOS

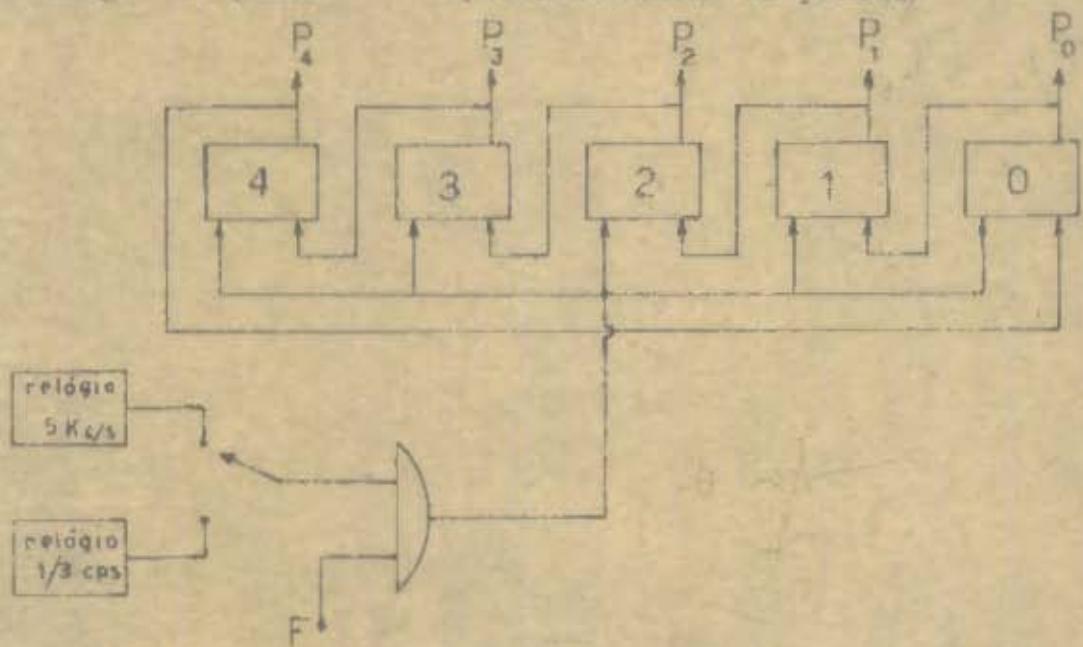


CAPÍTULO III - DIAGRAMA LÓGICO

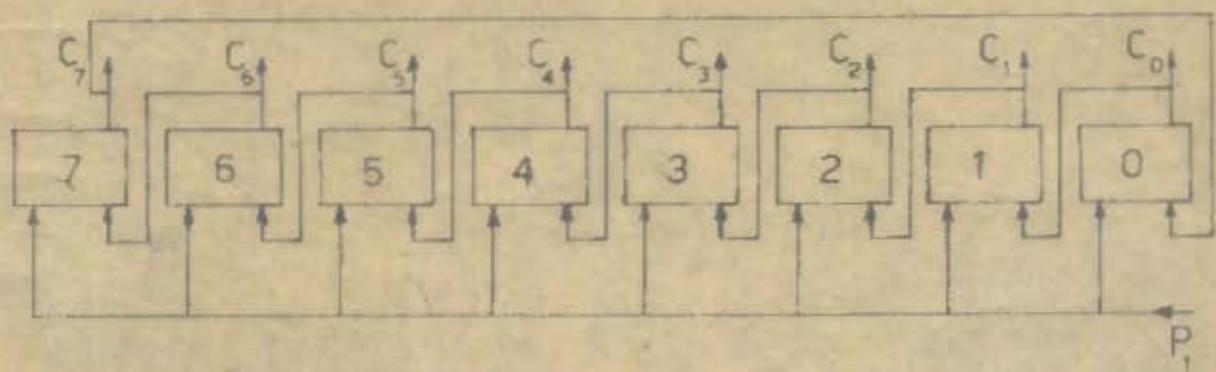
Nos diagramas usaremos a seguinte notação.



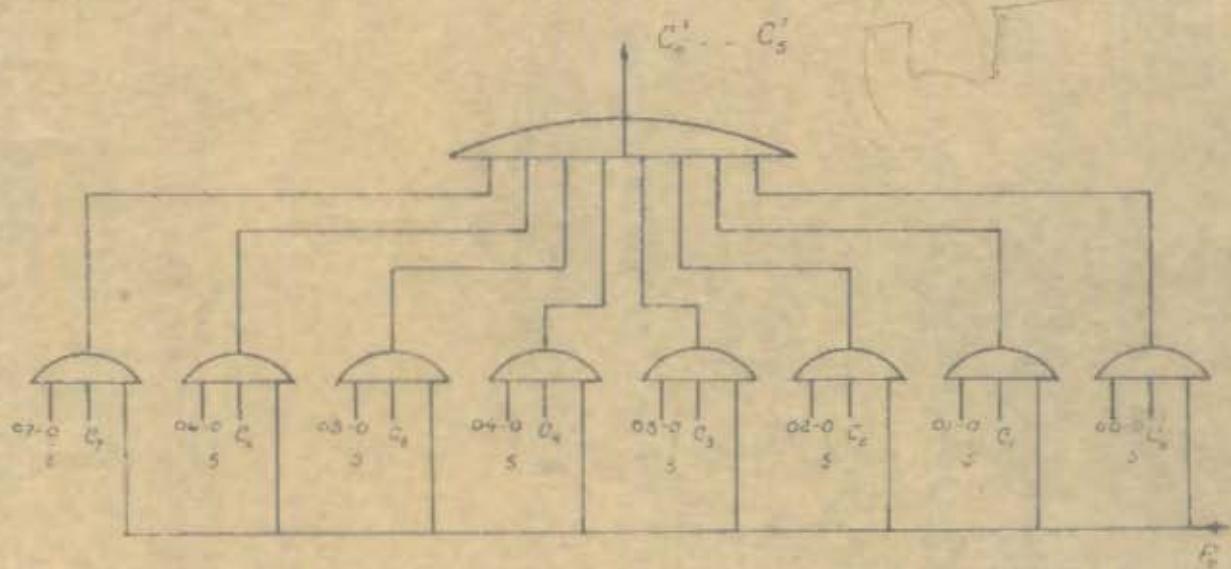
A) Relógio de pulso - B) Distribuidor de pulsos



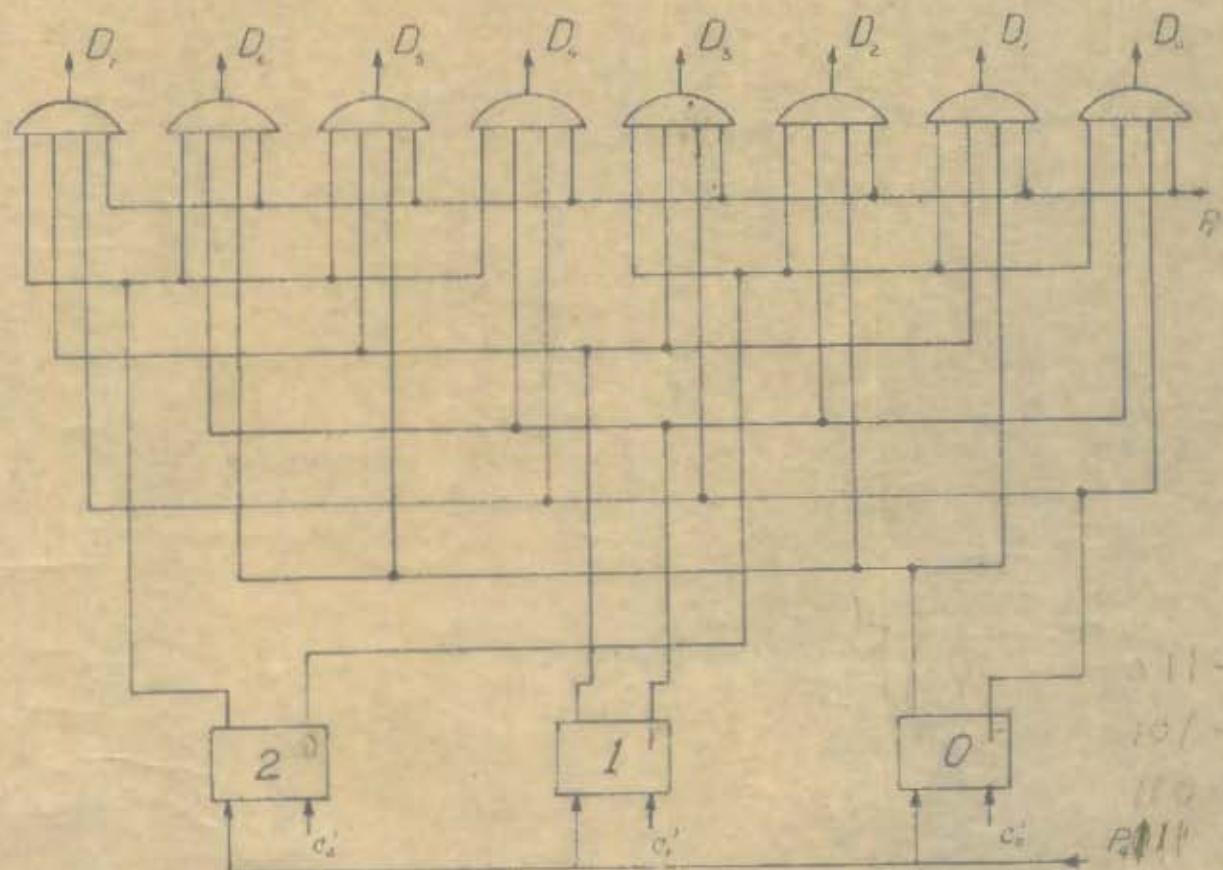
C) Contador de Instruções e Endereços



C1) Seis circuitos

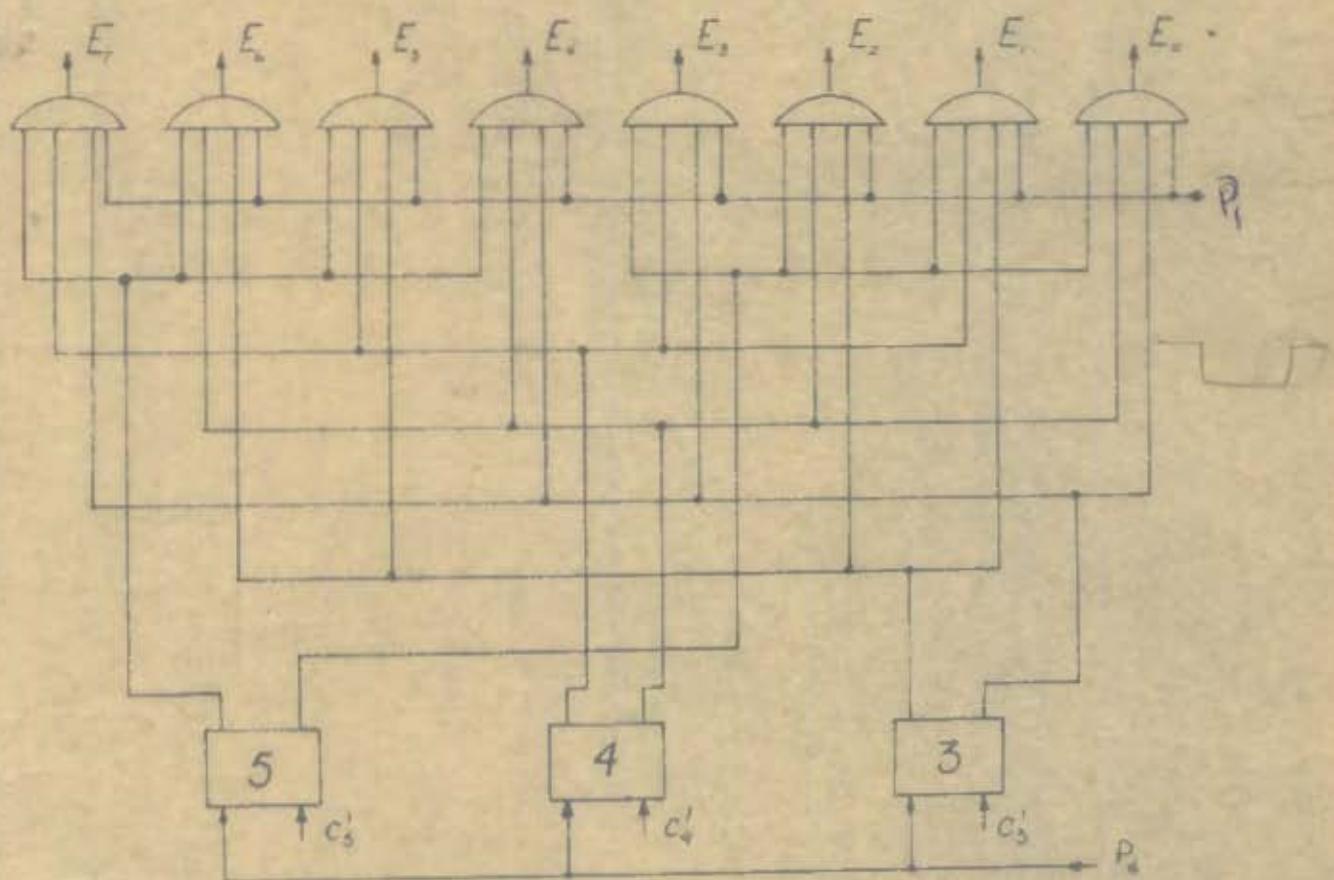


D) Registro de Instruções

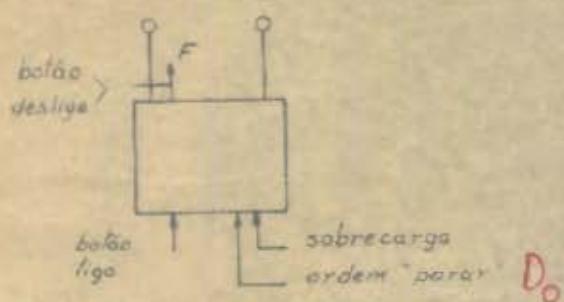


11 - JMM
101 - SUB
110 - ADD
100 - MUL

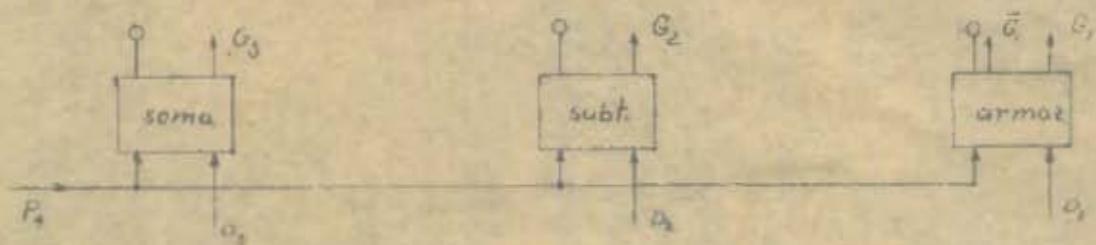
b) Registro de Endereços



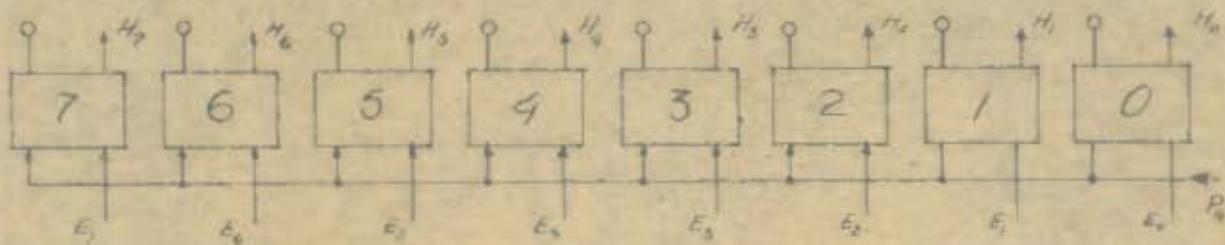
c) Multivibrador de Funcionamento



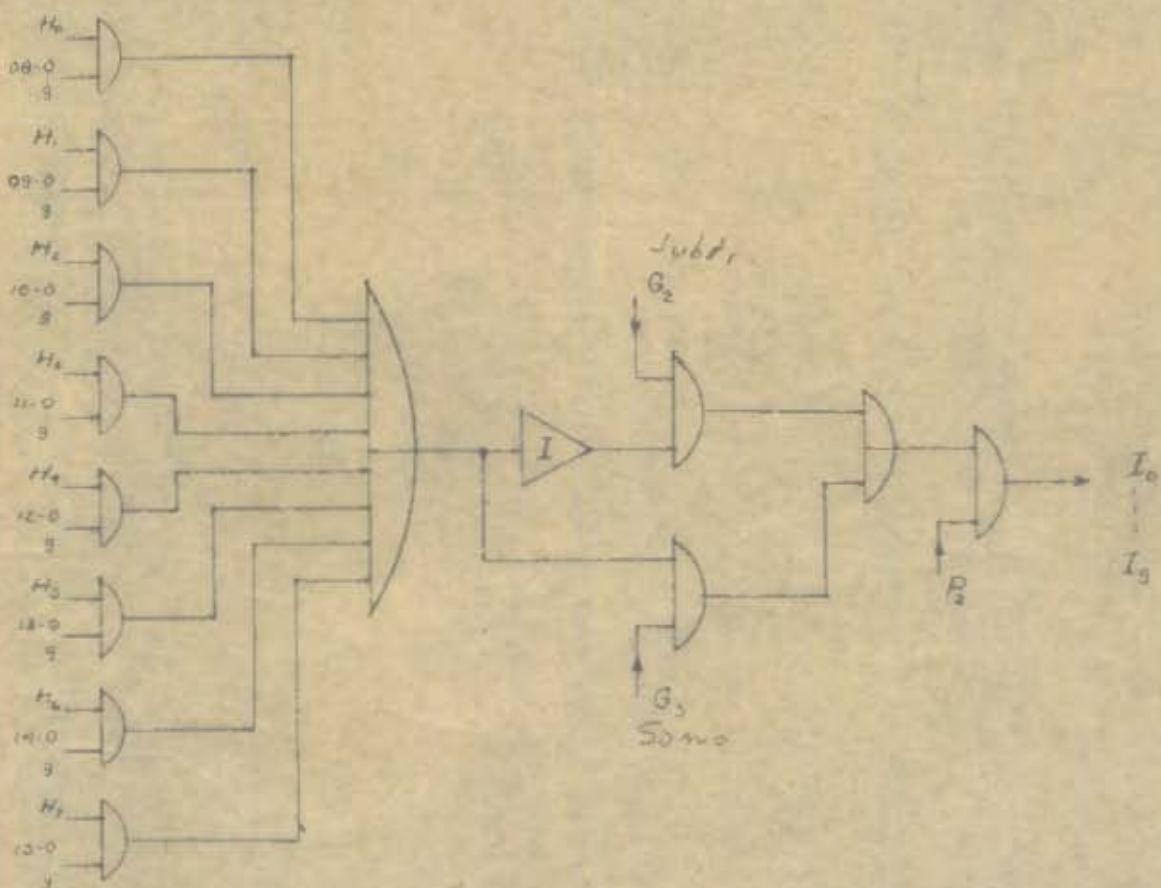
a) Multivibreadores de Operações

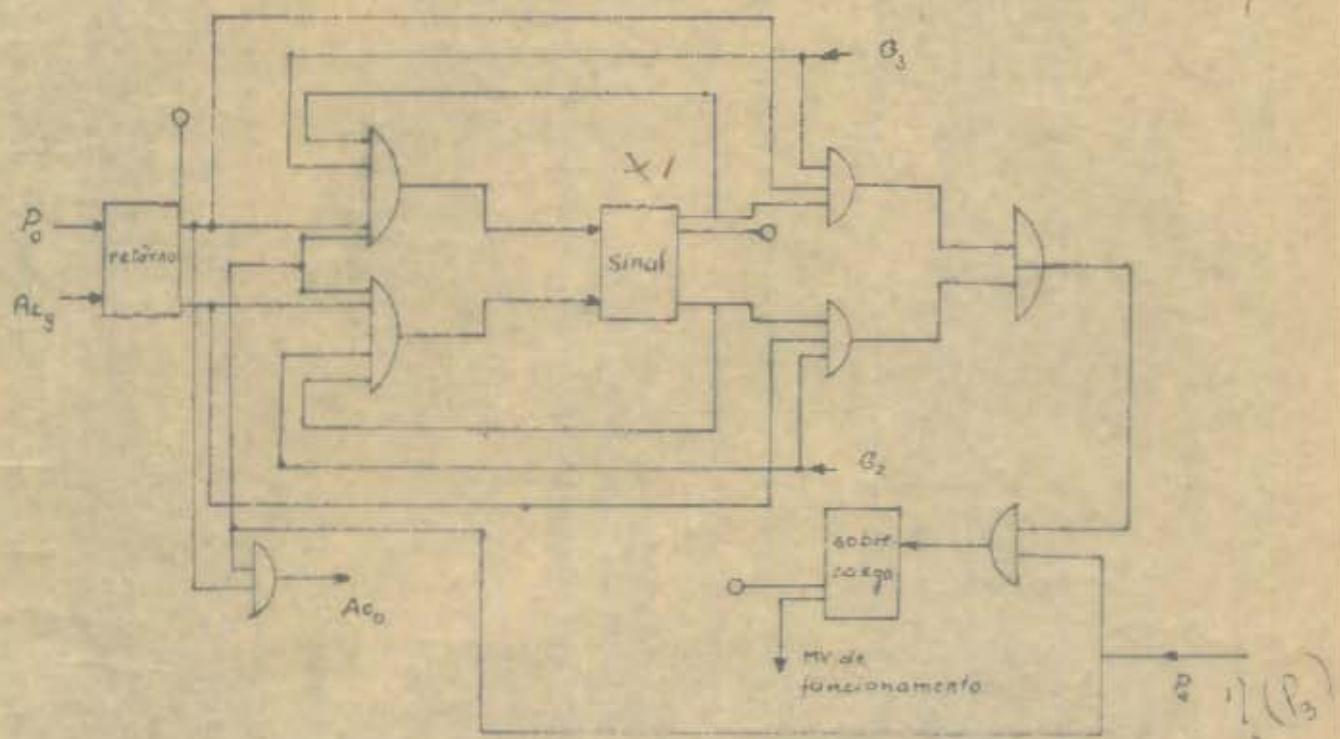
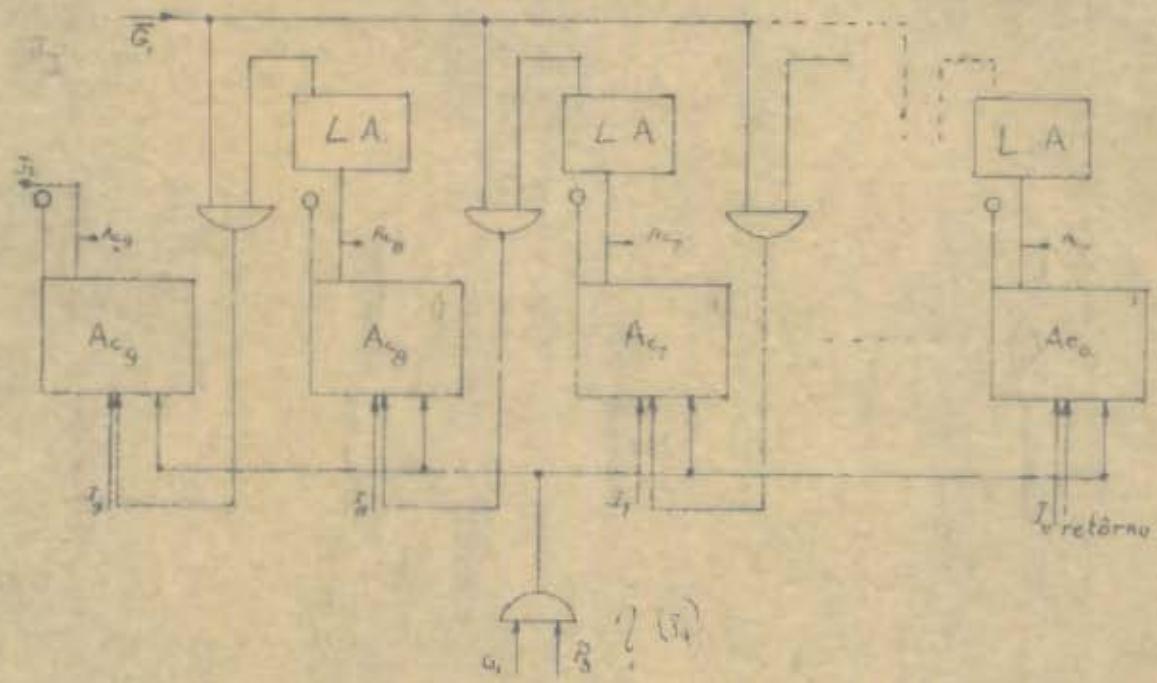


b) Multivibreadores de Endereços

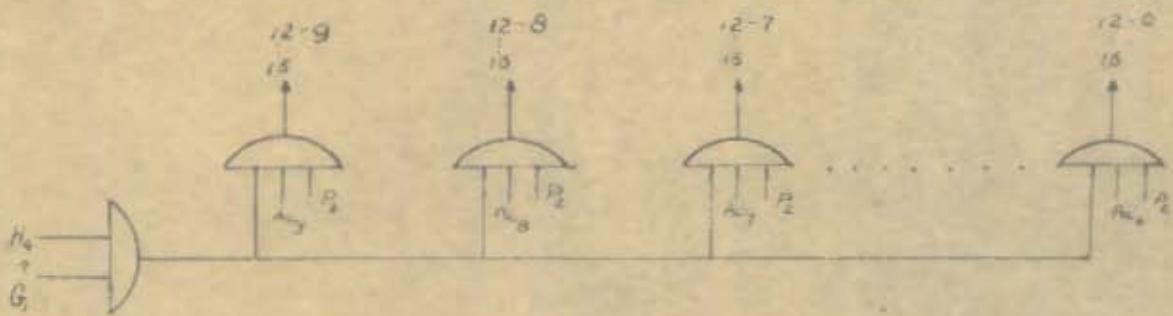


c) Controle de Operações (10 circuitos)





L) Controle de funcionamento [4 circuitos]
separar 10, 11, 12 e 13



R) Lógica - Instruções sobre os círculos e operações nos portas do painel de saída.

OPER.	END	NUMERICA
010	010	11-0 12-0 13-0 14-0
011	011	11-1 12-1 13-1 14-1
100	100	11-2 12-2 13-2 14-2
101	101	11-3 12-3 13-3 14-3
110	110	11-4 12-4 13-4 14-4
111	111	11-5 12-5 13-5 14-5
000	000	11-6 12-6 13-6 14-6
001	001	11-7 12-7 13-7 14-7
010	010	11-8 12-8 13-8 14-8
011	011	11-9 12-9 13-9 14-9

0 1 1 - somar

1 0 1 - subtrair

1 1 0 - armazenar

1 1 1 - parar

CAPÍTULO IV- DESCRIÇÃO DO FUNCIONAMENTO

A) RELOGIO DE PULSOS

O relógio de pulsos é um multivibrador oscilante que nos dá como saída uma onda quadrada cuja frequência é de 5 kc/s.

A fim de possibilitar uma visualização do funcionamento dos circuitos o computador é dotado de um relógio de pulsos de baixa frequência (1/3 cps.) que pode ser selecionado por uma chave de comutação.

B) DISTRIBUIDOR DE PULSOS

O distribuidor de pulsos é um contador em anel de 5 estágios, acionado pelos pulsos do relógio.

Sua função é distribuir os pulsos do relógio cicличamente através de 5 canais. Os pulsos obtidos nestas saídas são negativos e têm as seguintes finalidades:

P₀- Transporta as instruções selecionadas pelo Contador de Instruções e Endereços (C) ao Registrador de Instruções (D) e ao Registrador de endereços (A).
Apaga o Multivibrador de retorno (J₀).

P₁- Manda a uma casa o Contador de Instruções e Endereços (C)

Transporta a instrução contida no Registrador de Instruções (J) ao multivibrador da operação correspondente (Z ou G). Transporta o endereço contido no Registrador de endereços (E) ao Multivibrador de endereço correspondente, (B).

P₂- Possibilita a entrada no acumulador do número a ser somado ou subtraído (I para J₁).

Permite o armazenamento do número que está no acumulador. (L)

- P3- Apaga o acumulador (J₁) após ter armazenado o número que nela estava contido.
- P4- Prepara o Registrador de Instruções (D) e o Registrador de Endereços (E) para receberem respectivamente a instrução e o endereço seguintes.

Prepara os Multivibradores de Operação (F e G) e os Multivibradores de Endereços (H) para receberem respetivamente a instrução e o endereço seguintes.

Transporte o sinal de retorno do acumulador (J₂).

Muda o Multivibrator de Sinal. (J₂)

Transporta o sinal de sobrecarga (J₂)

C) CONTADOR DE INSTRUÇÕES E ENDEREÇOS

O Contador de Instruções e Endereços é um contador em anel de 8 estágios (C) gatilhado por P₁, e que permite por meio da rete de circuitos porta " n " ler corretamente a instrução e o endereço correspondente a operação que deve ser efetuada.

Esta leitura é efetuada no instante P_c, e no instante P₁, o contador é armado para ler a instrução e o endereço seguintes.

D) REGISTRADOR DE INSTRUÇÕES

Três das saídas do circuito anterior agem em três multivibradores que por intermédio de uma rede de lógica darão no instante P₁ um pulso correspondente à operação a ser efetuada. No momento somente utilizaremos quatro das oito instruções possíveis.

E) REGISTRADOR DE ENDEREÇOS

As outras três saídas do Contador de Instruções e

Endereços iniciam por meio de um circuito idêntico ao anterior qual dos dígitos endereços da memória numérica será utilizada nesta operação.

F) MULTIVIBRADOR DE FUNCIONAMENTO

Este multivibrador serve para permitir ou não a passagem de pulsos de relógio para o distribuidor de pulsos conforme o seu estado. Possui lâmpadas nos seus coletores que iniciam o seu estado e consequentemente se o computador está parado ou funcionando.

G) MULTIVIBRADORES DE OPERAÇÃO

Estes multivibradores, como o anterior, são gatilhados pelo Registrador de Instruções (D), conforme a operação a ser efetuada; servem para comandar a referida operação, voltando ao estado inicial no instante P , a espera de novas instruções.

H) MULTIVIBRADORES DE ENDEREÇOS

São multivibradores gatilhados pelo Registrador de Endereços (E) e servem para iniciar ao controle de operações qual o endereço do número a ser operado, e ao controle de armazenamento em que memória armazenar o número registrado no acumulador (J).

I) CONTROLE DE OPERAÇÕES

Neste circuito o número armazenado na memória numérica e qual dígiito selecionado pelo Registrador de Endereços, é enviado para o acumulador caso a operação seja soma ou seu complemento caso a operação seja subtração.

J) ACUMULADOR

J1- São multivibradores bi-estáveis, gatilhados simetricamente pelo número proveniente do Centrífie de operações (I) ou quântico e multivibrador de criem inferior passa de 1 para 0. Este segundo gatilho é atrasado à fim de não se confundir com o primeiro.

Após armazenado o número que está no acumulador, este é zerado no instante P4 sendo simultaneamente impedito que os pulsos provenientes da saída de estado dos multivibradores cheguem aos de criem superior.

O atraso acima referido é obtido através de multivibradores mono-estáveis com constante de tempo de criem de 7 microsegundos.

J2- Esta parte nos permite trabalhar com números negativos no acumulador. Para o seu projeto fizemos uma análise dos casos possíveis concernente o sinal do número que existe no acumulador, a operação efetuada e o fato de haver ou não um retorno, isto é passagem de 1 para 0 do estado do multivibrador 9 do acumulador.

OBTENDO ENTRADA:

Caso 1: Há retorno
Sinal positivo Sobre carga
Operação soma

Caso 2: Há retorno
Sinal positivo Nada acontece
Operação subtração

Caso 3: Há retorno
Sinal negativo O sinal passa a ser positivo
Operação soma

Caso 4:	Há retorno	
	Sinal negativo	Nada acontece
	Operação subtração	
Caso 5:	Não há retorno	
	Sinal negativo	Nada acontece
	Operação soma	
Caso 6:	Não há retorno	
	Sinal positivo	O sinal passa a ser negativo
	Operação subtração	
Caso 7:	Não há retorno	
	Sinal negativo	Nada acontece
	Operação soma	
Caso 8:	Não há retorno	
	Sinal negativo	Sobrecarga
	Operação subtração	

Sobrecarga significa que a capacidade do acumulador foi superada e em consequência o computador deve parar.

Desta análise obtemos a seguinte tabela:

Operação	0	1	0	1	0	1	0	1	0	Subtração
									1	Soma

Binal do nº do acumulador I	0	0	1	1	0	0	1	1	0	Mnegativo
									1	Positive

Retorno	X	0	0	0	0	1	1	1	0	Não existe
									1	Existe

Sobrecarga	0	1	0	0	0	0	0	0	1
------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Binal do resultado	3	-	-	0	-	1	-	-	-
-----------------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Concluimos então pelo diagrama lógico Jz.

L) Controle de Armazenamento

Este circuito é o número que está no acumulador e é armazena na memória que lhe é ordenada pelos multivibra-

dores de enieregos.

M) MEMÓRIA

Composta de multivibradores bi-estáveis. Utilizam-se 5 deles para cada informação e 10 para cada número, perfazendo um total de 128 multivibradores.

APPLICAÇÕES SUGERIDAS

I) Tradução binário-decimal para a saída

Uma tradução imediata por meio de rede de diodos, seria demasiado cara além de não ser uma solução útil. O tempo de operação é no nosso caso inteiramente desprezível se comparado aos tempos de cópia dos resultados e de programação.

Devido a isso, imaginamos um sistema que embora mais lento é muito mais barato que o anterior atingindo perfeitamente as suas finalidades.

O sistema funciona por meio de multivibradores monostáveis que possibilitam a passagem de determinado número de pulsos do relógio para acionar as decadas que nos fornecerão os resultados. Estes multivibradores monostáveis são gatilhados por chaves manuais, uma correspondente a cada um dos bits da resposta.

O mesmo sistema poderia ser automático se acoplado na ordem de "Pare" substituindo-se as chaves por um circuito tipo contador em anel gatilhado por um bi-estável bem mais lento que o relógio (300 e/s) com um circuito inibidor que é aberto pela ordem "Pare" e fechado pelo fim da operação. A operação completa levaria 1/30 seg.

II) Operação salto condicionado e operação salto não condicionado

Estas duas operações deveriam aproveitar duas das quatro possibilidades de operações não usadas e teriam como finalidade dar ao computador a possibilidade de não seguir as operações programadas na ordem, e sim saltar algumas, seja quando alguma condição se verifica (sinal do acumulador negativo por exemplo), ou sempre.

Essas operações poderiam ser efetuadas permitindo-se a entrada de um determinado número de pulsos no contador de instruções e endereços.

Essas operações darão ao computador a possibilidade de escolha entre vários programas conforme os dados numéricos nêle introduzidos.

III) Operação multiplicação e operação divisão

As outras duas possibilidades de operação poderiam ser usadas para possibilitar ao computador efetuar multiplicações e divisões.

IV) Complementação do circuito armazenar

O circuito armazenar como está projetado só pode usar as memórias vazias por só ter capacidade de gatilhar de zero para um.

Caso queiramos utilizar memórias escritas necessitaremos de circuitos auxiliares cujas entradas estarão ligadas aos outros coletores dos multivibradores do acumulador e saídas as outras bases dos multivibradores de memória. Desta maneira poderemos gatilhar de um para zero.

CAPÍTULO V - PROJETOS

A - PROJETO MECÂNICO

Como foi dito na introdução, o projeto do computador não teve como finalidade a minimização em volume, assim sendo, no seu projeto mecânico não tivemos a preocupação da miniaturização e da economia de espaço.

Imediatamente no início projeto pensou-se em fazer a montagem dos circuitos em placas de baquelite com circuitos impressos cujas entradas e saídas seriam levadas a "plugs" miniaturizadas, tipo linear. Entretanto, devido ao pequeno número de circuitos semelhantes usados esta tornou-se uma solução não prática. Adotou-se então uma montagem semelhante chapas de baquelite rebitadas nos pontos de ligação. Os rebites foram escolhidos tendo em vista o tamanho (suficientes para dar passagem a 2 fios) calibre 22) e a capacidade de aferido de solia. Escolheu-se uma placa de baquelite tão fina quanto possível mas que não se partisse ao ser rebitada. Os "plugs" existentes na praça eram demasiadamente pesados para serem fixados na chapa de baquelite e além disso extremamente caros (\$1.200,00 a unidade), assim sendo tentou-se outra solução que satisfizesse as necessidades de conexão elétrica e sustentação das placas. Após diversas experiências optou-se pela montagem da placa em um soquete de válvula octal cortada verticalmente. A placa foi introduzida no corte do soquete e fixada com " Araldite ". Esta maneira as necessidades foram satisfeitas. Esta solução no entanto apresentou a desvantagem de ocupar um espaço muito grande e consequentemente haver desperdício de espaço útil o que como já dissemos não nos preocupou.

As fêmeas para o soquete octal são feitos de fibra pois eram as mais baratas encontradas na praça. Tais fêmeas apresentam a desvantagem de alargarem seus contatos após algum

tempo de uso, necessitando neste caso de serem reapartados.

Aparafusamos as lâminas sobre chapas horizontais de ferro galvanizado às quais foram montadas em "Racks" reitas de cantoneiras de ferro.

Foram feitos 4 "Racks". Dois deles para a memória e os outros dois para a parte de controle, operações numéricas e fonte. Os "Racks" da memória suportam cito chapas horizontais cada um com 10 soquetes em um "Rack" e 6 no outro. Os outros 2 "Racks" suportam um 5 chapas horizontais e o outro 3 chapas, todas com capacidade para 22 a 23 soquetes lado a lado.

Os "Racks" foram montados sobre uma base de madeira em forma de "U" sendo que sobre uma das pernas do U estão montadas os dois "Racks" da memória lado a lado e sobre a outra perna achar-se os outros dois "Racks" um em cima do outro. Uma dobradiça numa das pernas do "U" da base de madeira permite que ela se abra assim de que tenhamos fácil acesso aos pinos das lâminas e possibilitemos uma realização cômoda dos trabalhos de ligação, revisão ou manutenção.

Sobre a parte central do U foi colocada a uma altura de 70 cm. ao chão uma pequena mesa para uso do programador. Sobre esta mesa então ergue-se o painel de controle.

O painel de controle ocupa toda a parte frontal superior do aparelho, tendo uma largura de 58 cm. e uma altura de 50 cm. Foi fixado sobre os "Racks", de um lado solidariamente por meio de um suporte de chapa de ferro galvanizado e parafusos, e do outro por meio de um suporte idêntico porém giratório utilizando dobradiças.

Sobre o painel foram colados (ver desenho anexo)

A) Painel de memórias para programação em baquelite .

- B) Painel de pontos de prova em baquelite.
- C) 10 lâmpadas da memória numérica
- D) Chave da memória numérica (10 polos, 2 posições)
- E) 5 lâmpadas da memória de instruções.
- F) Chave da memória de instruções : 6 polos, 8 posições.)
- G) Amperímetro da fonte (10 A)
- H) Chave de proteção do amperímetro (35 A)
- I) Voltímetro da fonte (10 V)
- J) Chave de escala do voltímetro (2 posições, 2 polos)
- K) Chave geral (35 A)
- L) 3 chaves para o " master clear " (48 polos, 2 posições)
- M) Chave do relógio lento rápido (2 polos, 2 posições)
- N) 2 chaves tipo botão e 2 lâmpadas para o MV de funcionamento.
- O) 10 lâmpadas de acumulador.
- P) 3 lâmpadas de sobrecarga, sinal e retorno
- Q) 8 lâmpadas dos MV de endereços
- R) 8 lâmpadas dos MV de operações

As chaves das memórias foram feitas empilhando o número necessário de pastilhas de um polo e 11 posições sobre um mesmo eixo. As chaves de " master clear" foram feitas também empilhando pastilhas de 4 polos e 2 posições.

Um outro problema de montagem foi apresentado pelas lâmpadas indicadoras do painel já que elas foram importadas nos EUA sem suportes. Solucionamos o problema colando pinos de suportes de válvulas miniatura em placas de baquelite.

MEMORIAS

OPERACÕES ENDEREÇOS *NUMEROS*

PONTAS DE PROVA

RELOGIO

GER. DISTRIBUIDOR

○ ○ ○ ○ ○ ○

MV DE ENDEREÇOS

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

MV DE INSTRUÇÕES

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

CONTADOR DE INSTRUÇÕES

E ENDEREÇOS

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

CONTROLE DE OPERAÇÕES

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

DIVERSOS

○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○ ○

B- PROJETO ELÉTRÔNICO

a) Descrição das platinhas

TIPOS:

- A: Relógio rápido (1 placa)
- B: Relógio lento (1 placa)
- C: Distribuidor de pulsos (5 placas)
- D: Memória-(120 placas)
 - Contador de instruções e endereços- (8 placas)
 - MV do Registro de Instruções e endereços (6 placas)
- E: Circuitos "E" do contador de instruções e endereços (8 placas)
- F: Restaurador de tempo de subida com isolador (6 placas)
- G: Registro de instruções e registro de endereços (4 placas)
- H: Circuito "ou" do contador de instruções e endereços- (6 placas)
- I: Multivibradores de endereços- (8 placas)
 - Instrução(3 placas)
 - funcionamento (1 placa)
 - gatilho do (1 placa)
 - retorno (1 placa)
 - sinal (1 placa)
 - sobrecarga (1 placa)
- J: circuitos "E" e "ou" do controle de operações (20 placas)
- K: controle de operações (10 placas)
- L: MV biestável do acumulador com restaurador de tempo de subida (10 placas)
- M: MV mono-estável do acumulador com o circuito de lâmpada (9 placas)
- N: Acumulador; Circuitos "E" de gatilho do MV de sinal (1 placa)

O: Acumulador:

Circuito de gatilho de sobrecarga (1 placa)

P: Controle de armazenamento (6 placas)

Q: Acumulador; circuito "E" ligando o MV de retorno ao 1º MV do acumulador (1 placa)

R: Circuitos das lâmpadas dos MV de endereços e instruções (4 placas)

S: Acumulador; Circuito "E" que gatilha o MV de sobrecarga (1 placa)

T: Circuito "ou" que gatilha o MV de funcionamento com isolador independente (1 placa)

PLACA TIPO A

Este circuito foi projetado para funcionar com carga igual ou superior a 400Ω .

Transistores: OC72

$$R_L = 400 \Omega$$

$$I_{Lc} = 45 \text{ mA} \quad i_{Lb} = 0,6 \text{ mA} \text{ (a partir das curvas)}$$

$$R_{b2} = \frac{E_{bb}}{i_{Lb}} = 30 \text{ K}\Omega$$

Como o lado 2 está sem carga definimos

$$R_{e2} = 3,9 \text{ K}\Omega$$

$$I_{2e} = 4,6 \text{ mA} \quad i_{2b} = 70 \text{ A}$$

$$R_{b1} = \frac{E_{bb}}{i_{2b}} = 270 \text{ K}\Omega$$

$$R_{e1} = 5,6 \text{ K}\Omega \text{ (suficiente para não influir em } R_L)$$

Desejamos $f = 5 \text{ Kc/s}$ donde:

$$C_1 = 500 \text{ pf}$$

$$C_2 = 5000 \text{ pf}$$

PLACA TIPO B

Este circuito foi projetado bem mais tarde que o anterior. Assim, já se sabendo que sua carga seria $\approx 1,5 \text{ K}\Omega$ no mínimo, ele foi construído para que uma variação na carga não levasse a grandes variações de corrente.

Transistores: OC72 Usamos:

$$R_e = 390 \Omega$$

Para a saturação temos

$$i_b = 0,6 \text{ mA}$$

$$R_b = 50 \text{ K}\Omega$$

Como desejamos uma frequência de oscilação da ordem de 3 pulsos por segundo temos

$$C = 50 \mu\text{f}$$

PLACA TIPO C

Também este circuito foi projetado para ser pouco afetado pelas variações de sua carga que poderá chegar a ter $\approx 750 \Omega$

Transistores: OC72

Usamos $R_o = 390 \Omega$

Os valores de R_{b1} e R_{b2} foram determinados - assim de levar a boa sobre saturação devido à grande variação da carga. - Como o sinal que gatilha este multivibrador vem diretamente do coletor do relógio não nos preocupamos em obter muita boa sensibilidade do gatilho, assim:

$$R_{b1} = 5,9 \text{ K}\Omega$$

$$R_{b2} = 5 \text{ K}\Omega$$

$$C_1 = 1000 \text{ pf}$$

para o circuito diferenciador RG impusemos a condição de que a largura do pulso diferenciado seja suficientemente grande para levar a um bom gatilhamento, e suficientemente pequena para não interferir no gatilho - que levará o multivibrador a sua posição inicial:

$$RQ = 20 \text{ seg}$$

$$R = 4,7 \text{ K}\Omega$$

$$C = 3300 \text{ pf}$$

PLACA TIPO D

Nos lugares onde este circuito é utilizado a carga é relativamente alta puxando pouca corrente.

Transistores: OC71

Usamos $R_o = 5K \Omega$

Também neste circuito não nos preocupamos em obter máxima sensibilidade do gatilho. Os resistores R_{b1} e R_{b2} foram projetados para garantir uma boa saturação tornando mais estável o circuito

$$R_{b1} = 15 \text{ K}\Omega$$

$$R_{b2} = 20 \text{ K}\Omega$$

$$C_1 = 1000 \text{ pf}$$

A condição para o cálculo do diferenciador da base é idêntica à apresentada no projeto da placa C

$$R = 1,7 \text{ K } \Omega$$

$$C = 1000 \text{ pf}$$

PLACA TIPO B

O seguidor de emissor foi utilizado para manter a saída em zero quando todas as entradas do circuito "e" exceto a do seguidor estiverem em -10.

Para R usamos 55K para que não fôrce influenciada a parte anterior do circuito.

Com $R = 55 \text{ K}$ os 6 "e" em paralelo apresentam uma carga sempre superior a 5K. Assim, usamos no seguidor de emissor o transistors OC72 e $R_e = 220 \Omega$.

Para R_1 e R_2 usamos 100 K para não interferir na resistência de entrada do seguidor de emissor.

PLACA TIPO F

Este circuito foi usado para melhorar o tempo de subida dos pulsos que vão gatilhar o registro de instruções. Consta de um seguidor de emissor para que seja puxada pouca corrente do circuito anterior e de dois ampliadores cuja saída irá do corte à saturação ou vice-versa para pequena variação de tensão do sinal de entrada.

O projeto do seguidor de emissor nada apresenta de especial. O projeto dos dois outros estágios é o seguinte:

1º estágio

Estabelecemos as seguintes condições:

Entrada	V base	I base
-10	- 0,25	200 A
0	+ 2	- 5 A

que levam às equações (R em megohms)

$$R_5 = \frac{9,25}{I_{R_3} + I_{R_4} - 200}$$

$$R_5 = \frac{7}{I^*_{R_3} + I^*_{R_4} + 5}$$

$$I_{R_3} = \frac{9,75}{R_3}$$

$$I^*_{R_3} = \frac{2}{R_3}$$

$$I_{R_4} = \frac{17,75}{R_4}$$

$$I^*_{R_4} = \frac{20}{R_4}$$

Resolvendo este sistema chegamos à condição

$$R_4 = \frac{61 R_3}{49,8 - 1,50 R_3}$$

Estipulamos $R_3 = 15 \text{ K}\Omega$

Calculamos $R_4 = 56 \text{ K}\Omega$, $R_5 = 15 \text{ K}\Omega$

C_1 foi calculada para compensar a capacidade de entrada do 0071

$C_1 = 100 \text{ pf}$

Para o segundo estágio vêm

Entrada	V base	I base
- 17	- 0,25	200 A
0	+ 5	5 A

Tem-se então (R em megohms)

$$R_9 = \frac{9,25}{I_{R_6} + I_{R_7} - 200}$$

$$R_9 = \frac{6}{I^*_{R_6} + I^*_{R_7} + 5}$$

$$I_{R_6} = \frac{16,75}{R_6}$$

$$I^*_{R_6} = \frac{3}{R_6}$$

$$I_{R_7} = \frac{17,75}{R_7}$$

$$I'_{R_7} = \frac{21}{R_7}$$

Resolvendo chegamos a:

$$R_7 = \frac{87 R_6}{78 - 1250 R_6}$$

Estipulamos $R_6 = 50 \text{ K } \Omega$. Então vem:

$$R_7 = 330 \text{ K } \Omega$$

$$R_8 = 120 \text{ K } \Omega$$

$C_2 = 47 \text{ pf}$ para uma boa compensação.

As resistências R_6 são calculadas de tal sorte que em paralelo com a impedância de entrada do estágio seguinte conduzam às condições de corte e saturação pré-estabelecidas.

Neste projeto fizemos com que quando a entrada estivesse em suas condições extremas no transistor ficasse aplicadas tensões próximas às suas tensões limites. No projeto dos restauradores de pulsos com transistores AFL117 (placa tipo L, p. ex) fizemos com que as tensões aplicadas ao transistor o levassem do corte à saturação para pequenas variações da entrada em torno da voltagem média de suas voltagens extremas. Isto leva à vantagem de se conseguir uma mudança do circuito para um instante bem centrado no tempo de mudança total da entrada.

PLACA TIPO G

Circuitos "E" de registro de instruções e endereços. Estes circuitos "E" em forma de rede de diodos têm sua resistência em 33 K para não influenciar o circuito anterior.

A resistência de 100 K foi usada para que este circuito não influencie o anterior e dê uma boa saída. Como o circuito anterior é o "e" do contador de intruções e endereços ficamos com um caminho direto entre as tensões terra e -18 quando as entradas do "e" estiverem em -18. Isto nos obriga a um valor alto da resistência de "ou" para que se obtenha um sinal significativo na sua saída.

PLACA TIPO I

Este circuito tendo uma lâmpada no coletor para indicar funcionamento do circuito teve que ser projetado com 0872.

Como o lado oposto à lâmpada será carregado pelo circuito seguinte usamos

$$R_C = 2,2 \text{ K}\Omega$$

Do outro lado

$R_L = 560 \Omega$ para evitar sobrecarga de corrente na lâmpada

$R_{b1} = 20 \text{ K}$ e $R_{b2} = 220 \text{ K}$ foram ajustados experimentalmente a partir de um cálculo anterior considerando o corte e a saturação

$C_1 = 1000 \text{ pf}$ para uma boa comutação.

O circuito diferenciador tem

$$R = 5,6 \text{ K}\Omega$$

$C = 1000 \text{ pf}$ para dar uma boa largura de gatilho.

Usamos ainda $R_1 = 3 \text{ K}$ em série com a base para influenciar menos o circuito anterior.

PLACA TIPO J

Estes circuitos são idênticos aos já apresentados anteriormente.

PLACA TIPO K

Esta placa consta de duas partes bem distintas:

- 1) Circuito semelhante ao da placa tipo P- Tam como função evitar a influência no circuito anterior e manter um bom tempo de subida.
- 2) Circuitos "e" e "ou" acoplados para fornecerem saída dependendo da ordem de somar e subtrair. O projeto destes circuitos é idêntico ao dos já anteriormente apresentados.

PLACA TIPO L

Esta placa se compõe de duas partes:

- 1) Um multivibrador bi-estável de frequência até 200 Kc/s cujo projeto é bastante semelhante ao de OC71- As únicas diferenças são: o transistor passou de OC71 a AF117 para que o circuito possa responder a esta frequência. O capacitor de comutação teve seu valor reduzido devido ao melhor f_{π} do transistor.
- 2) Um restaurador de tempo de subida. O projeto deste circuito segue os mesmos passos que o da placa P. Os transistores AF117 foram usados já que se desejava um tempo de subida extremamente curto ou seja de ordem de 0,1 seg. O circuito tem em sua entrada um seguidor de emissor.

PLACA TIPO M

Também esta placa tem duas partes distintas: a 1ª consta de um circuito "e" acoplado a um seguidor de emissor de OC72 que além de Gatilhar o circuito monoss-

tável da linha de atraso fornece corrente para as lâmpadas indicadoras do funcionamento do acumulador.

A 2ª consta de um multivibrador monostável que nos dá um pulso da duração de 6 seg para o atraso do acumulador. Devido a ser este pulso estreito usamos transistores AF117.

O projeto segue os passos clássicos. Na saída do multivibrador está ainda colocado um circuito diferenciador que prepara o pulso para entrar no estágio seguinte.

PLACA TIPO N

Compõe-se de um seguidor de emissor de projeto clássico para alimentar a lâmpada correspondente à 10ª unidade do acumulador, e de circuitos "e" cujo projeto é idêntico ao dos já vistos.

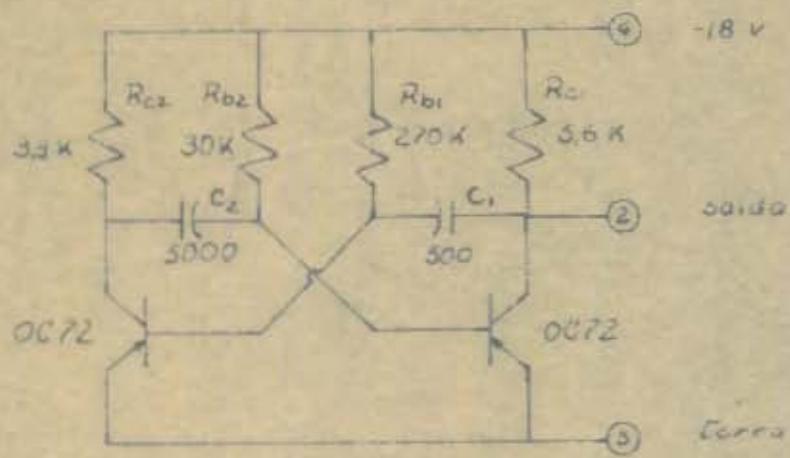
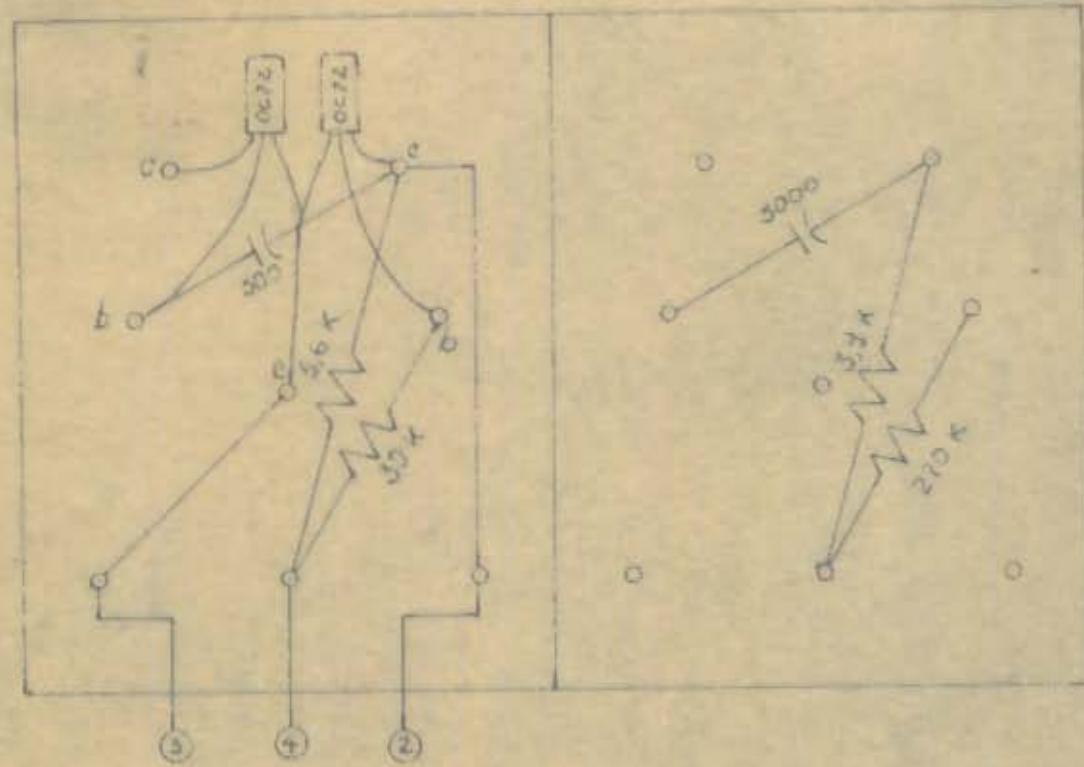
PLACAS TIPO O, P, R, T

Constam de circuitos "e", "ou" e isoladores repetição dos já vistos.

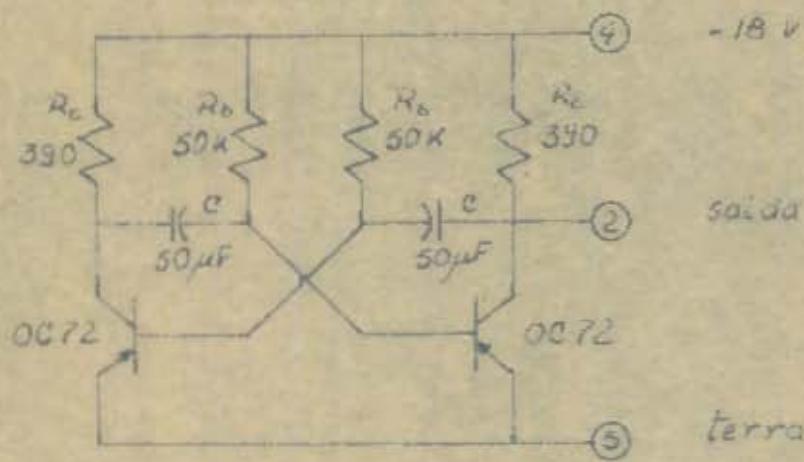
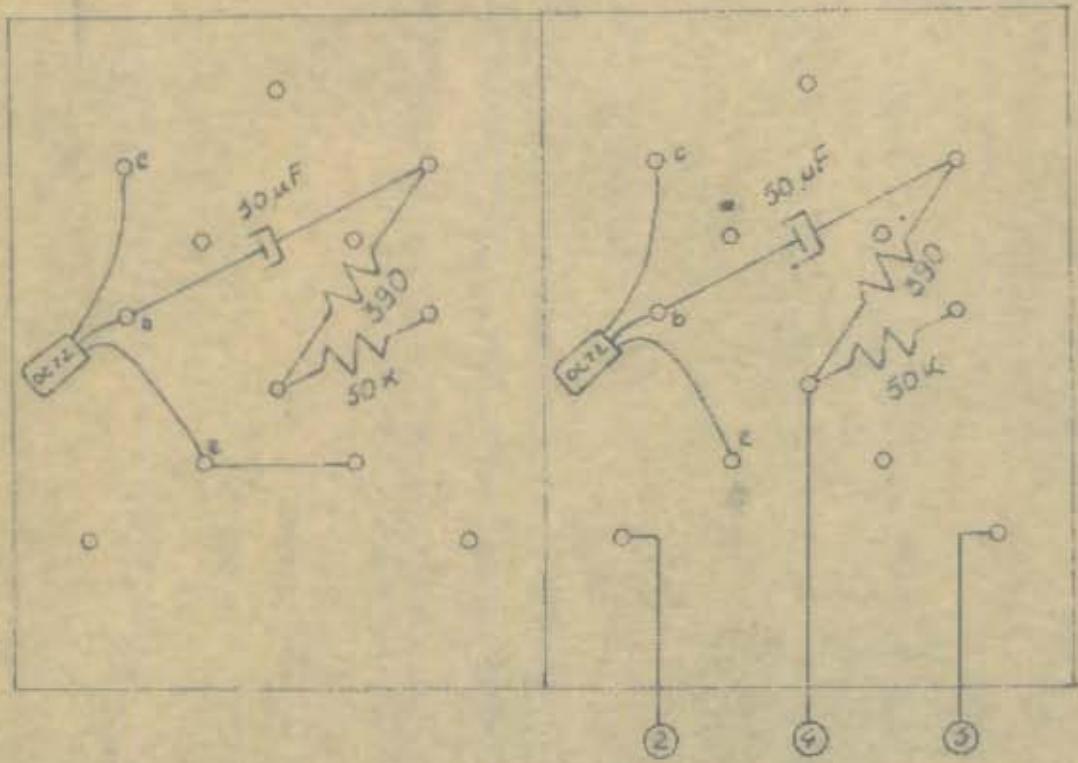
PLACAS TIPO Q, S

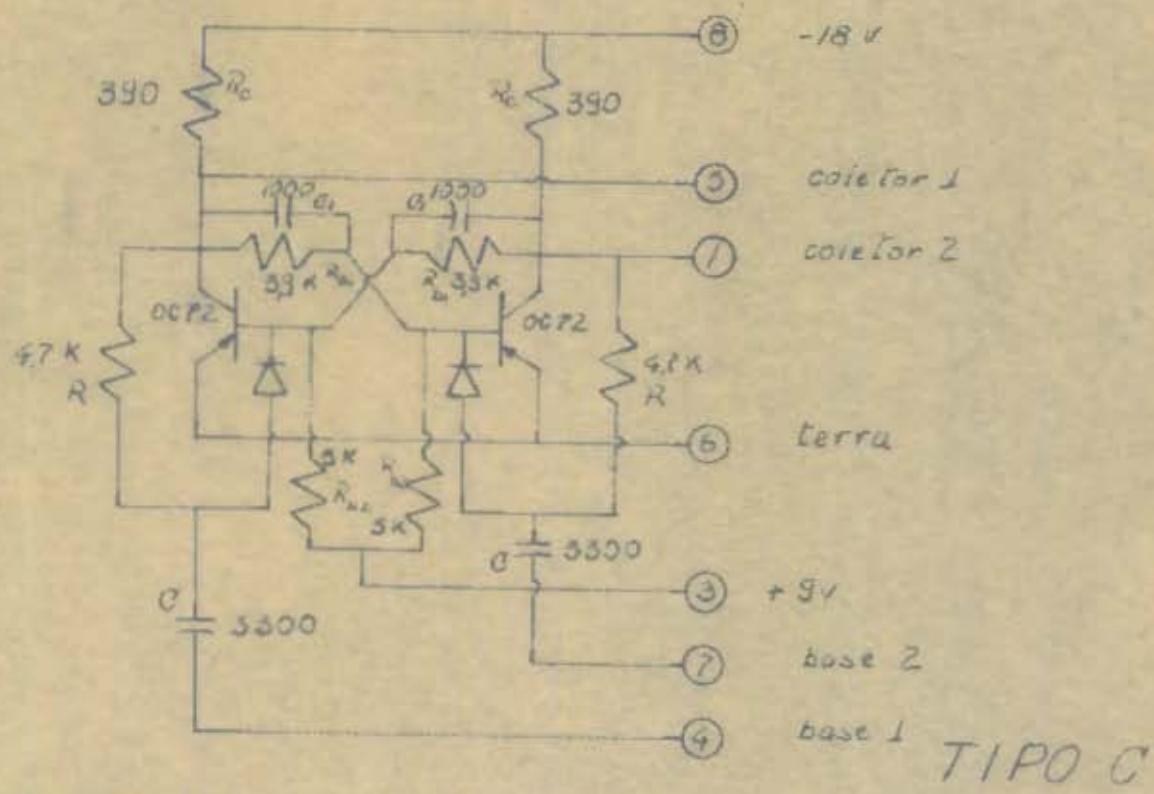
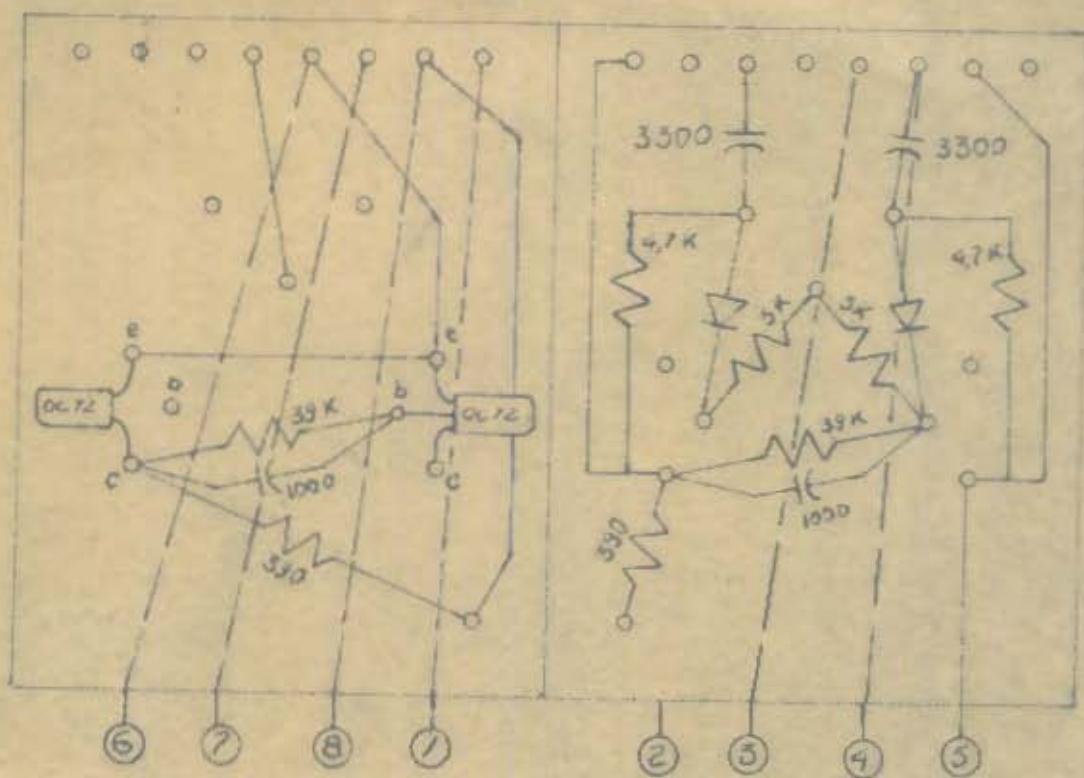
Constam essencialmente de restauradores de pulsos de projeto idêntico ao da placa P.

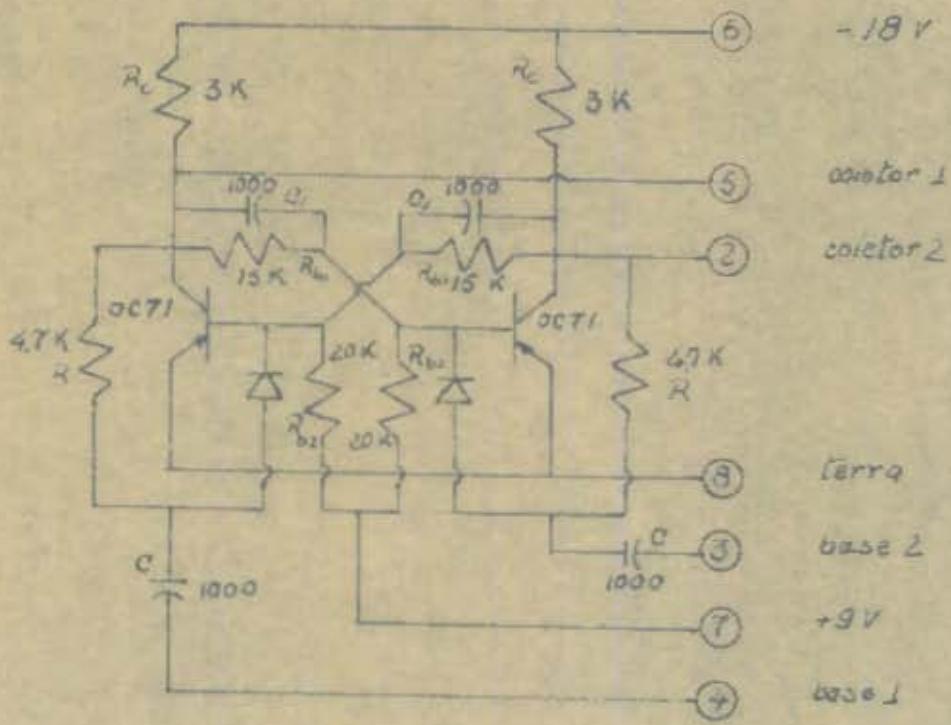
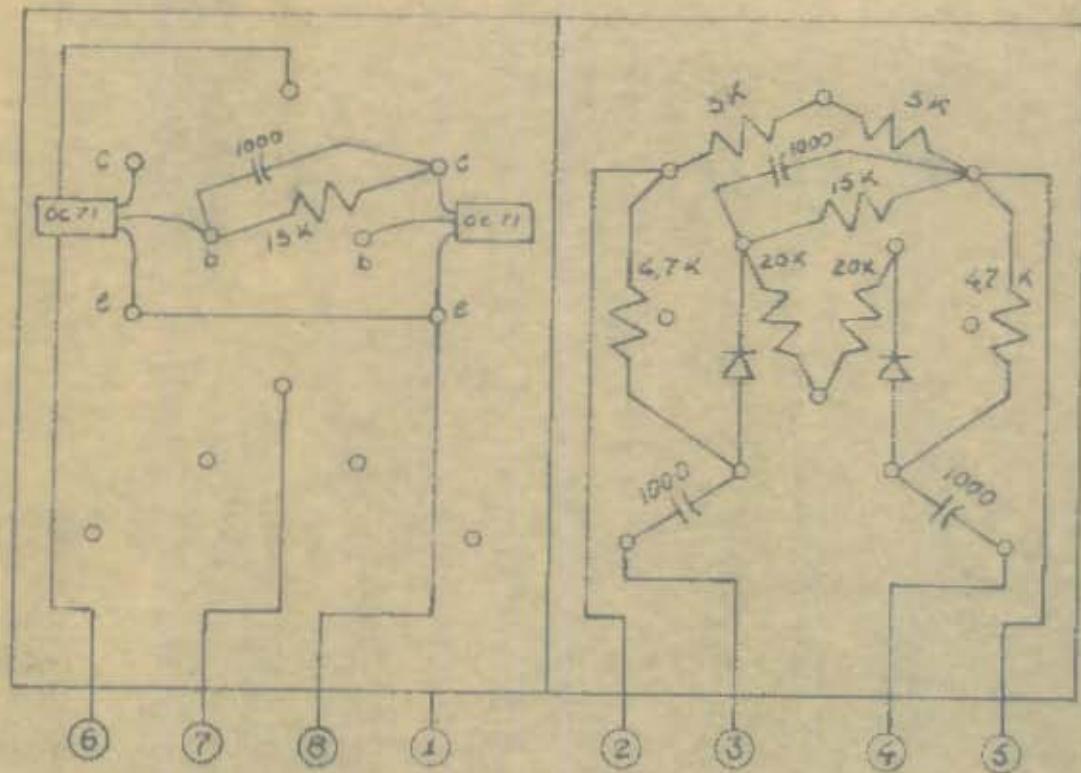
-35%



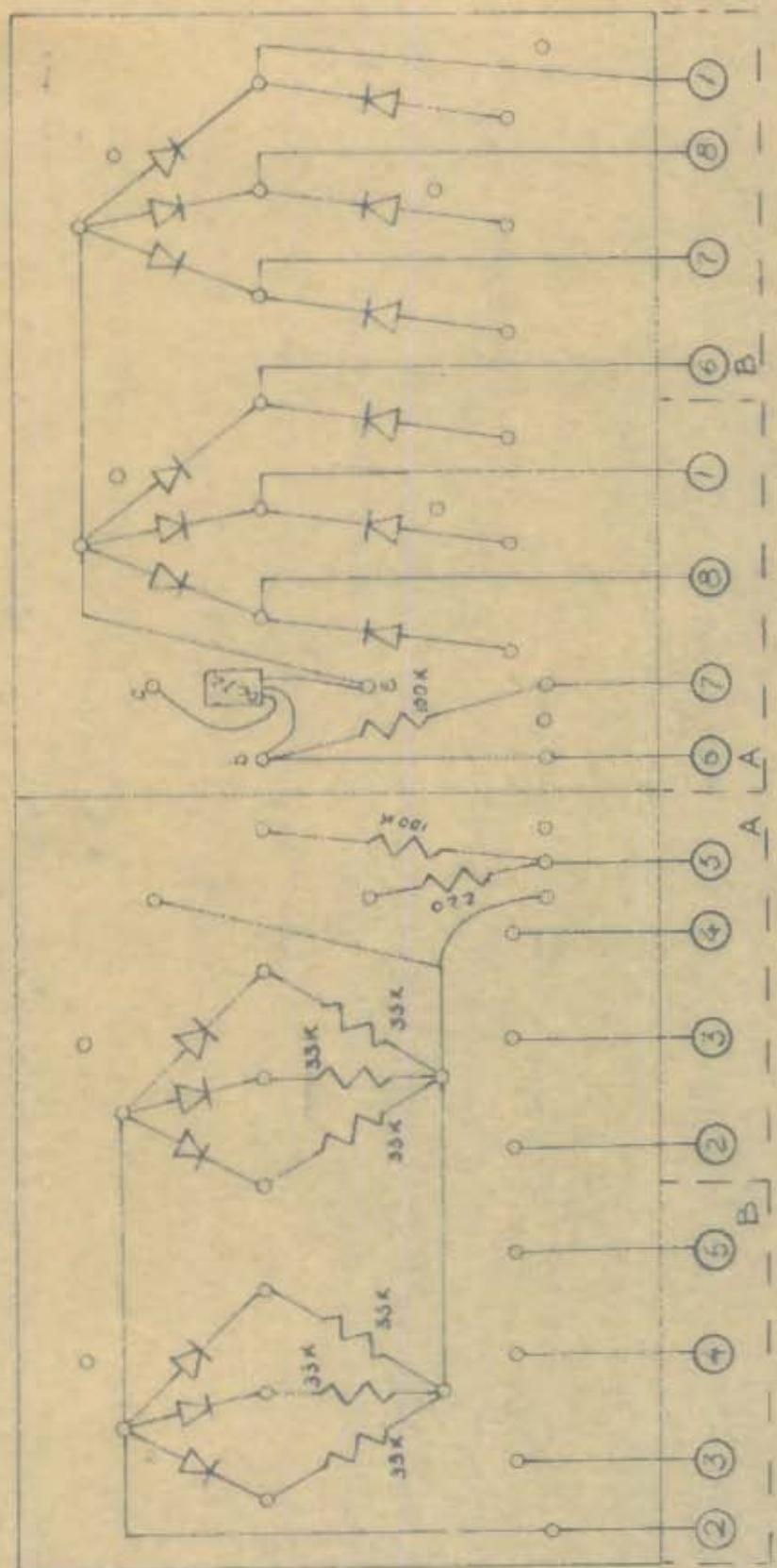
TIPO A





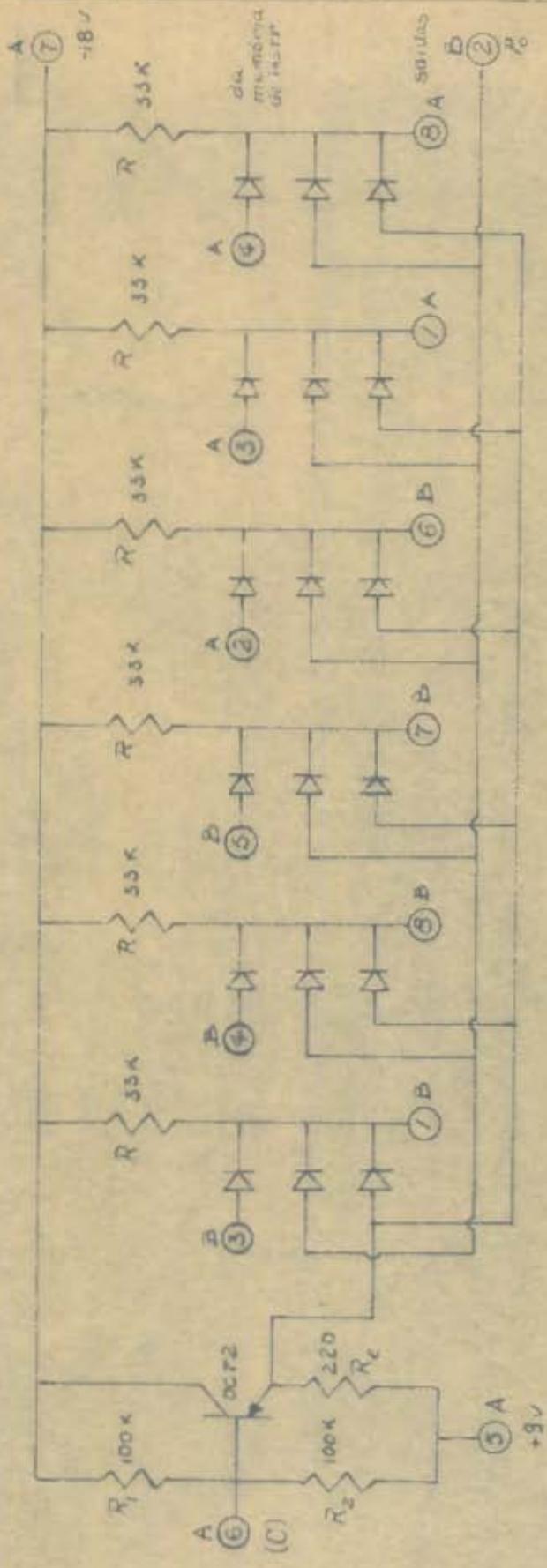


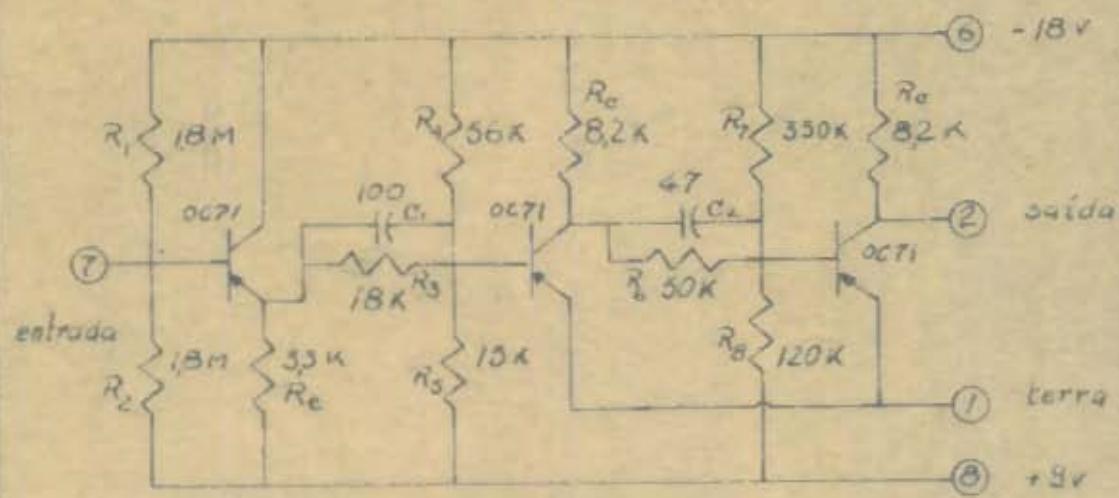
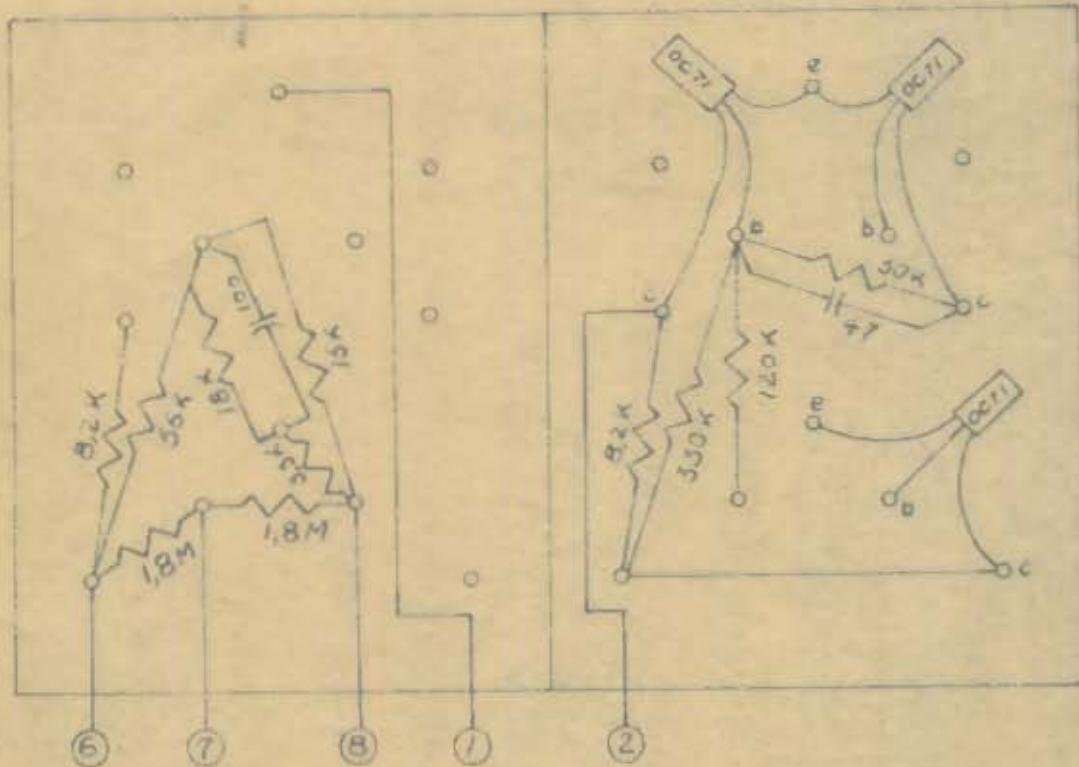
TIPO D



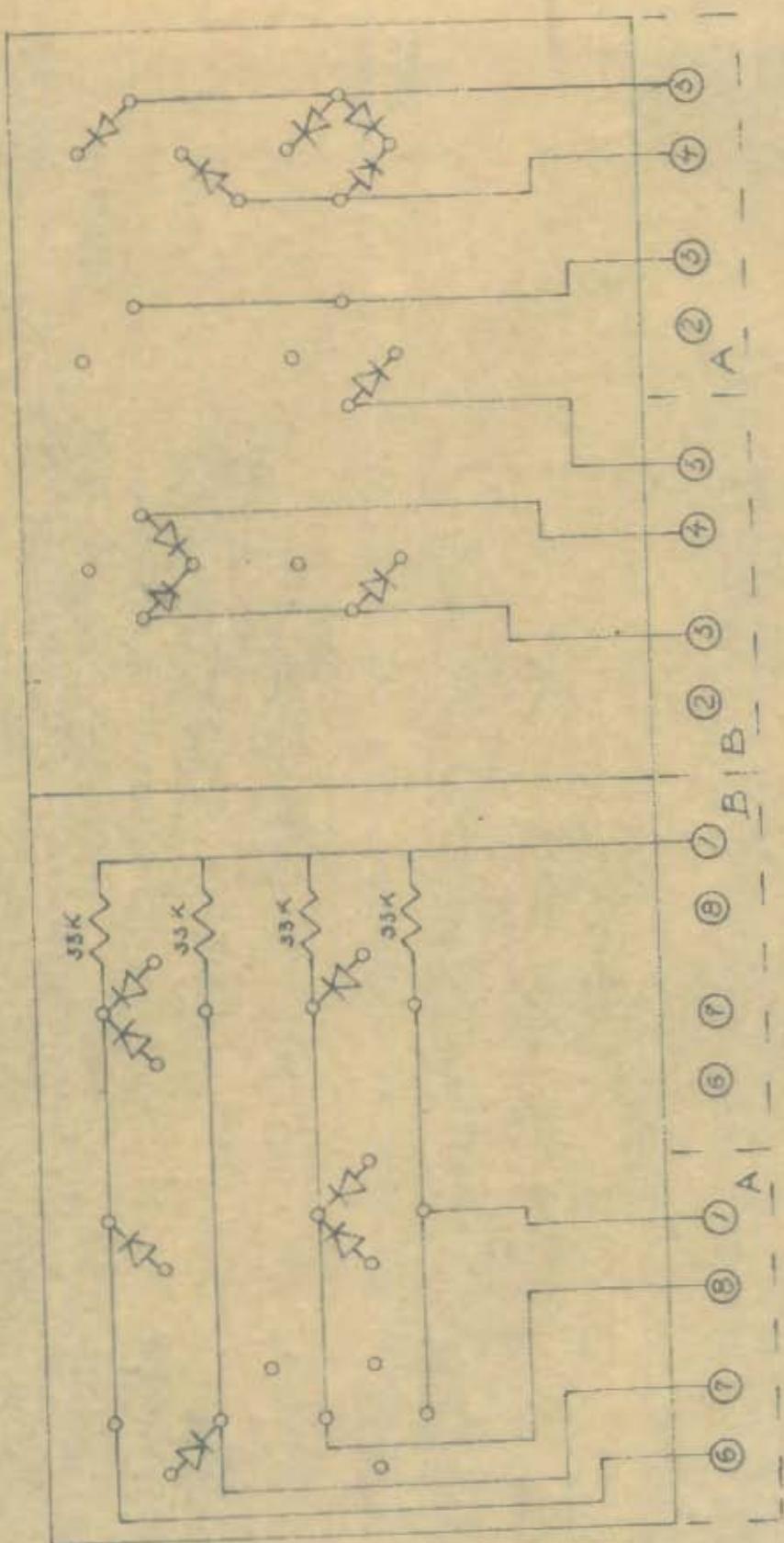
TIPD E

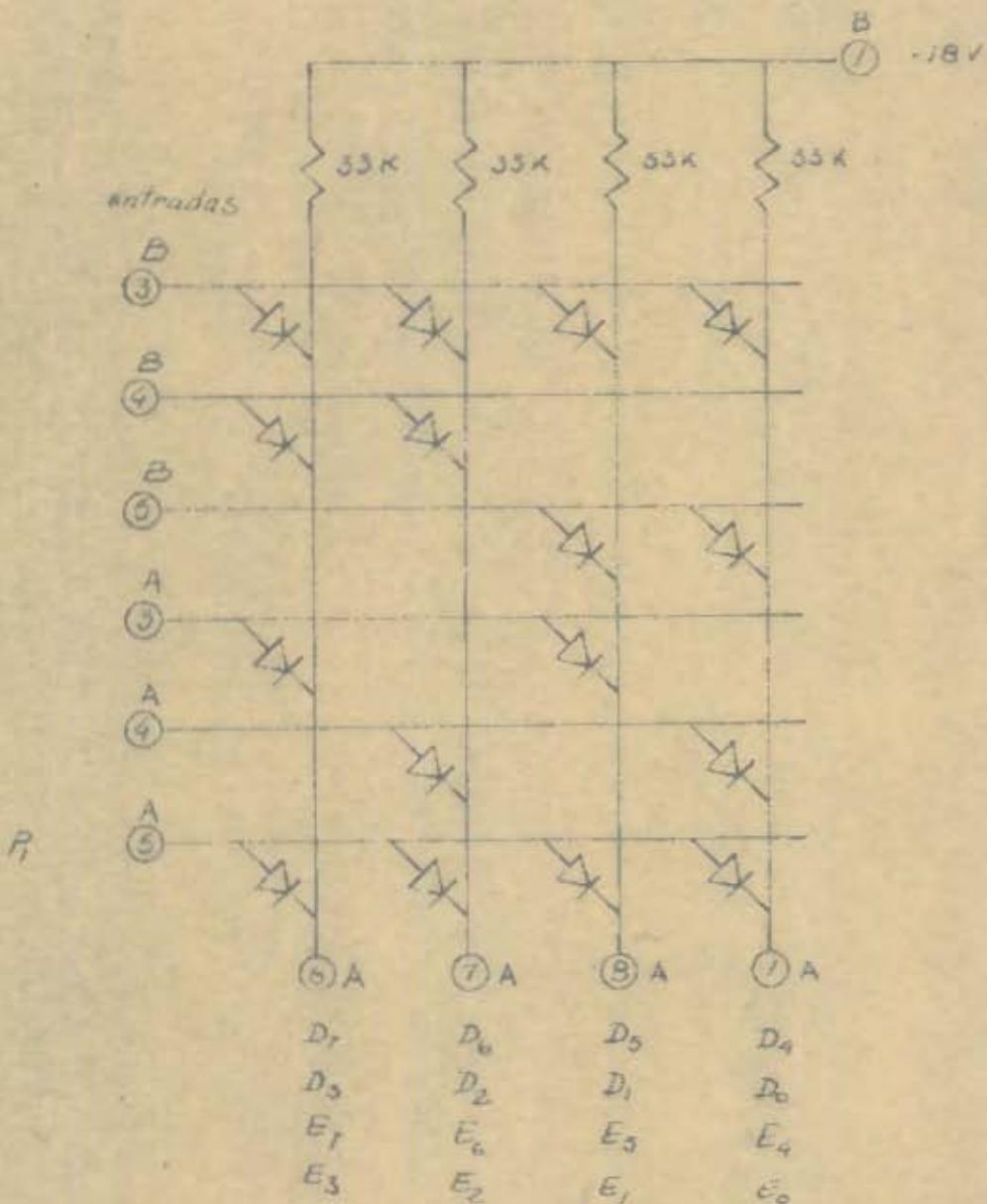
Tipo E - circuito





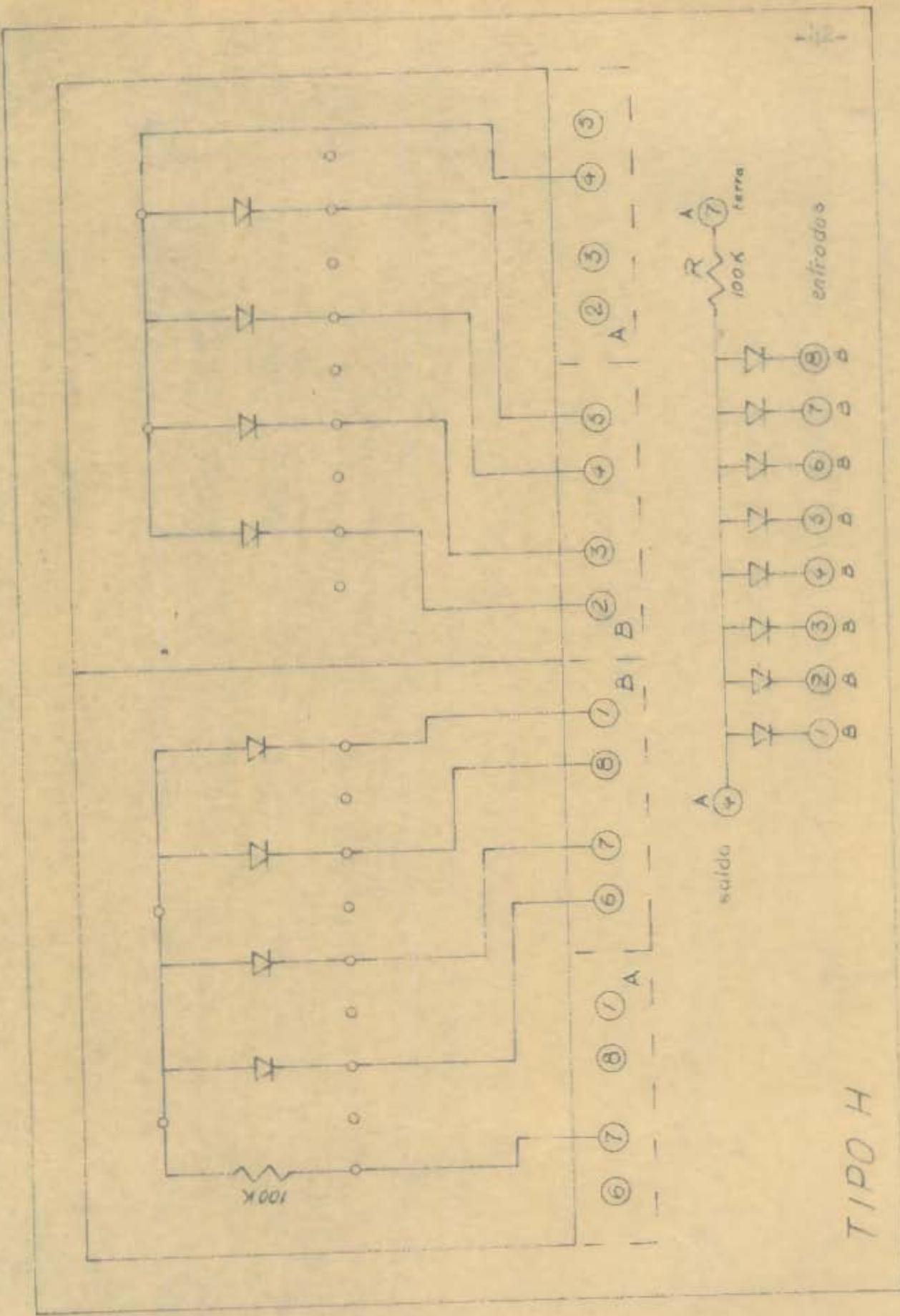
TIPD G





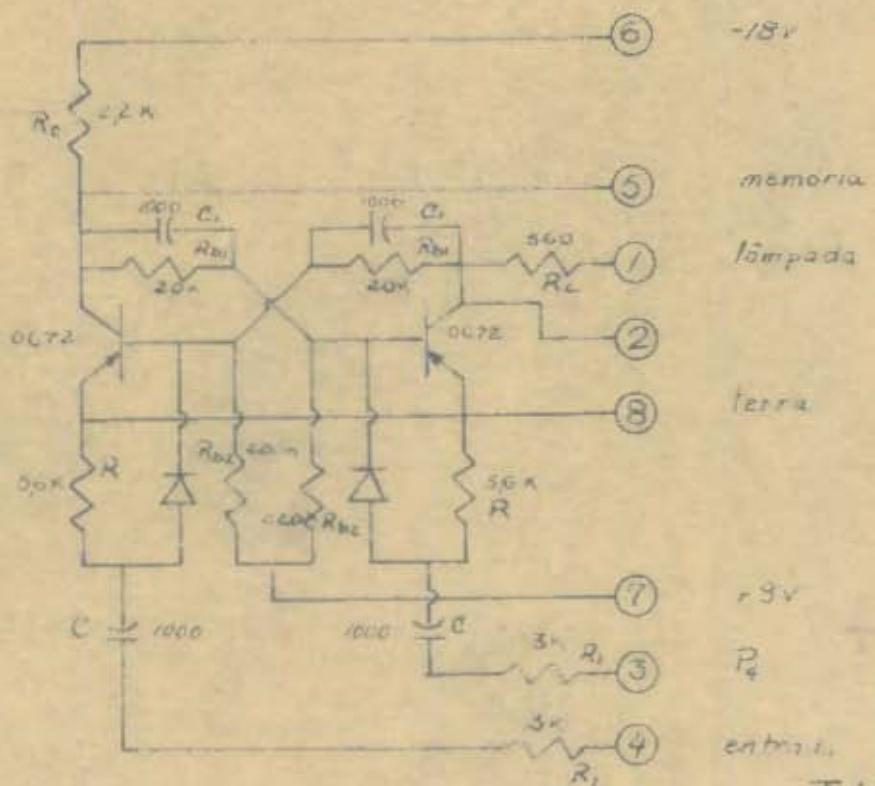
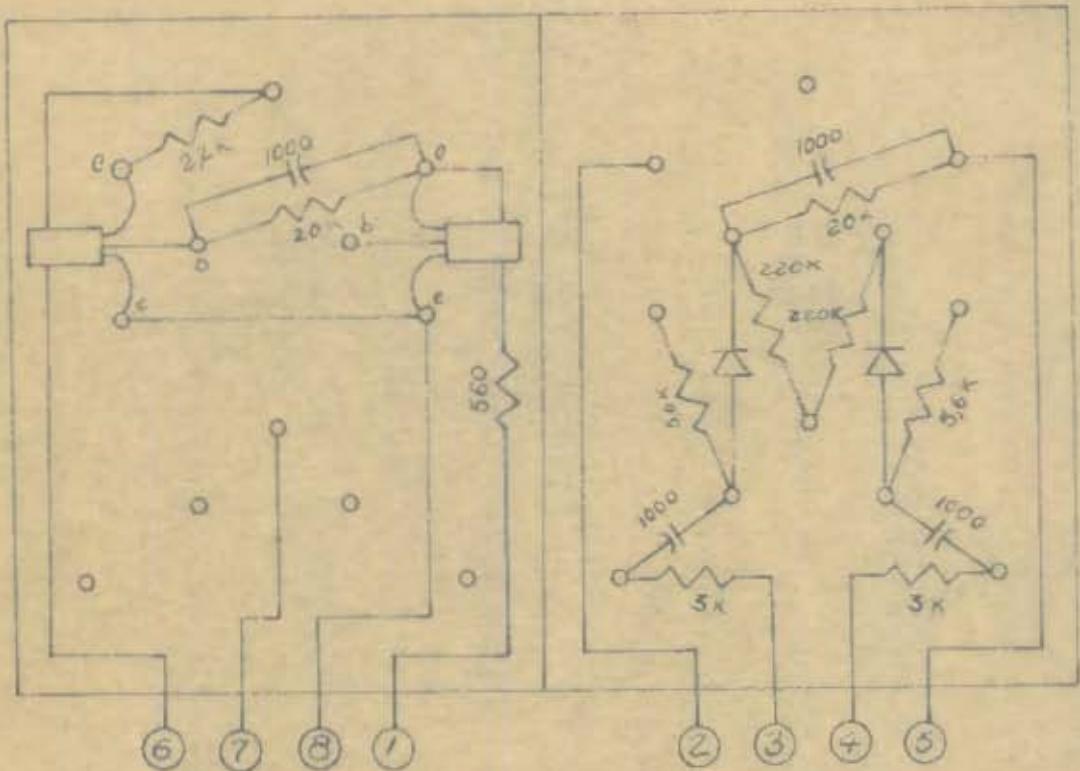
TIPO G

circuito

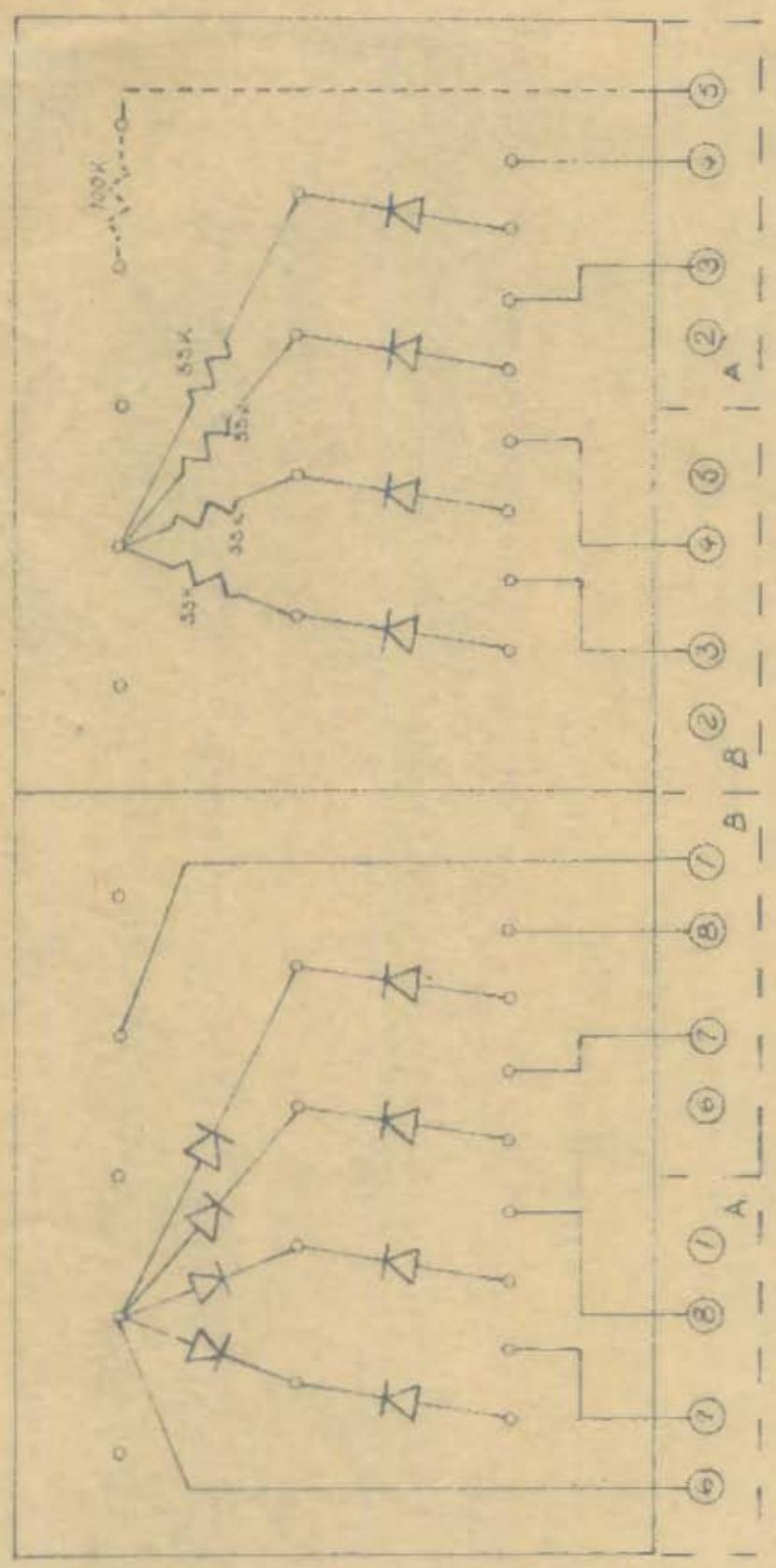


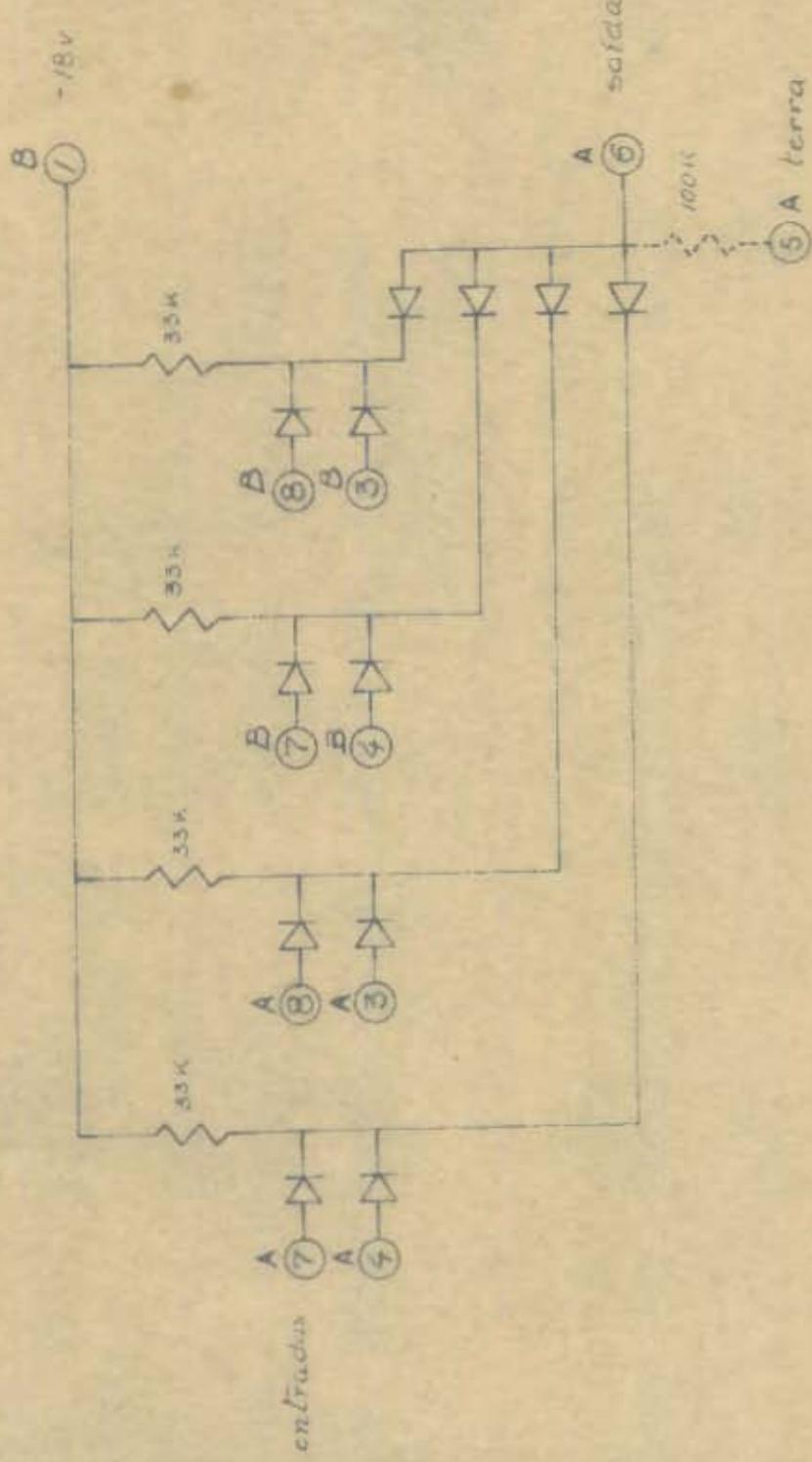
TIP0H

-10-



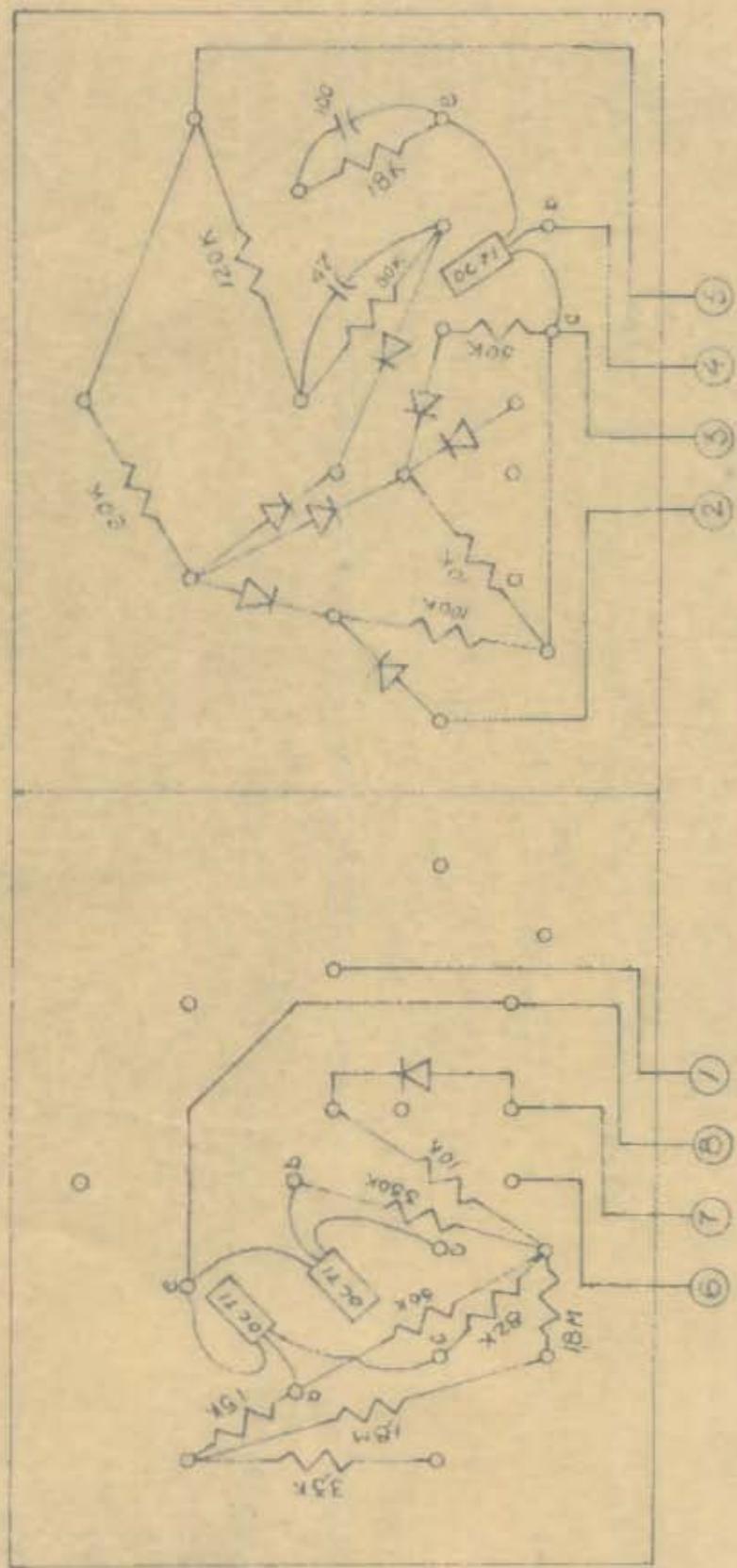
TIP05



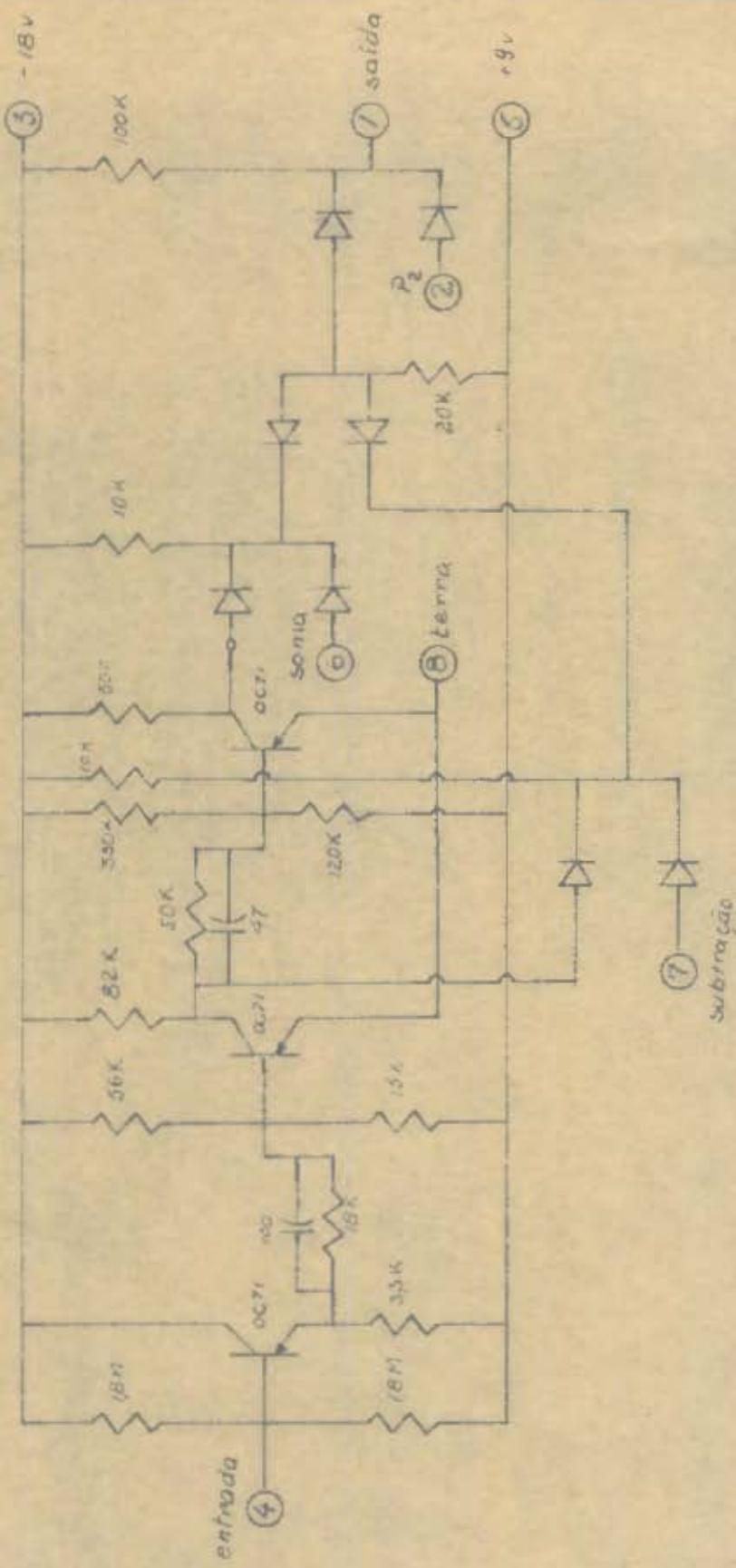


TIP07 - circuito

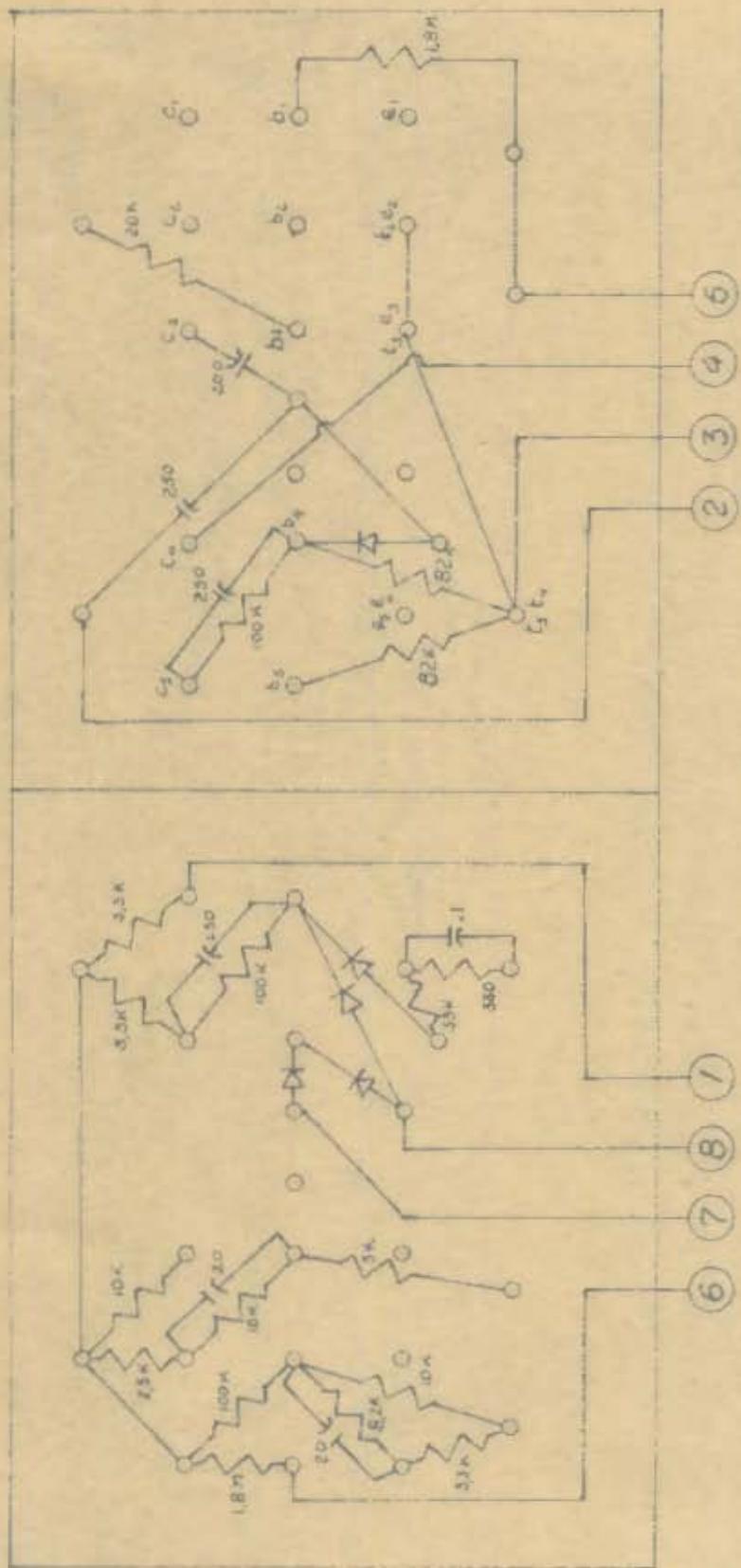
TIPO K



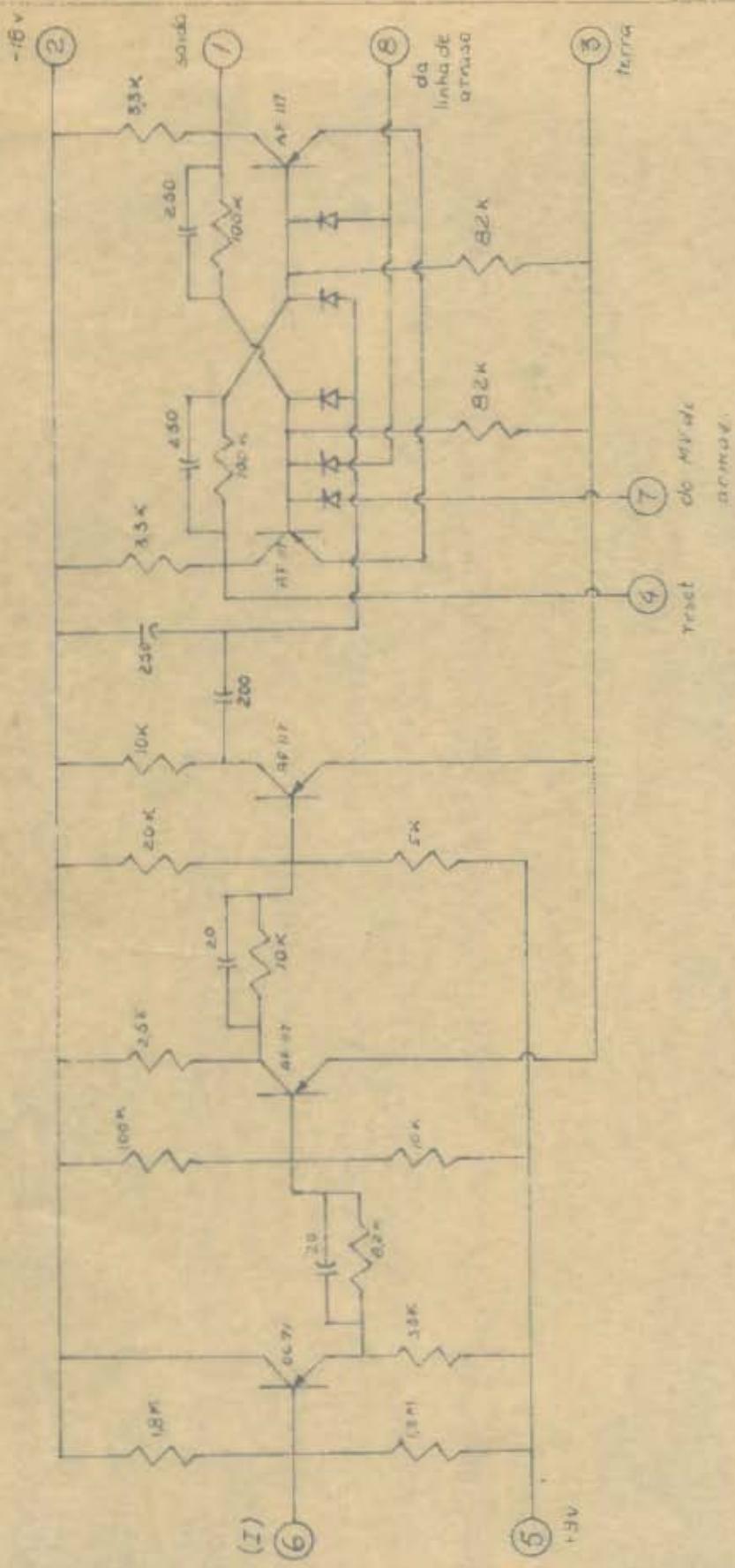
Tipo K circuito

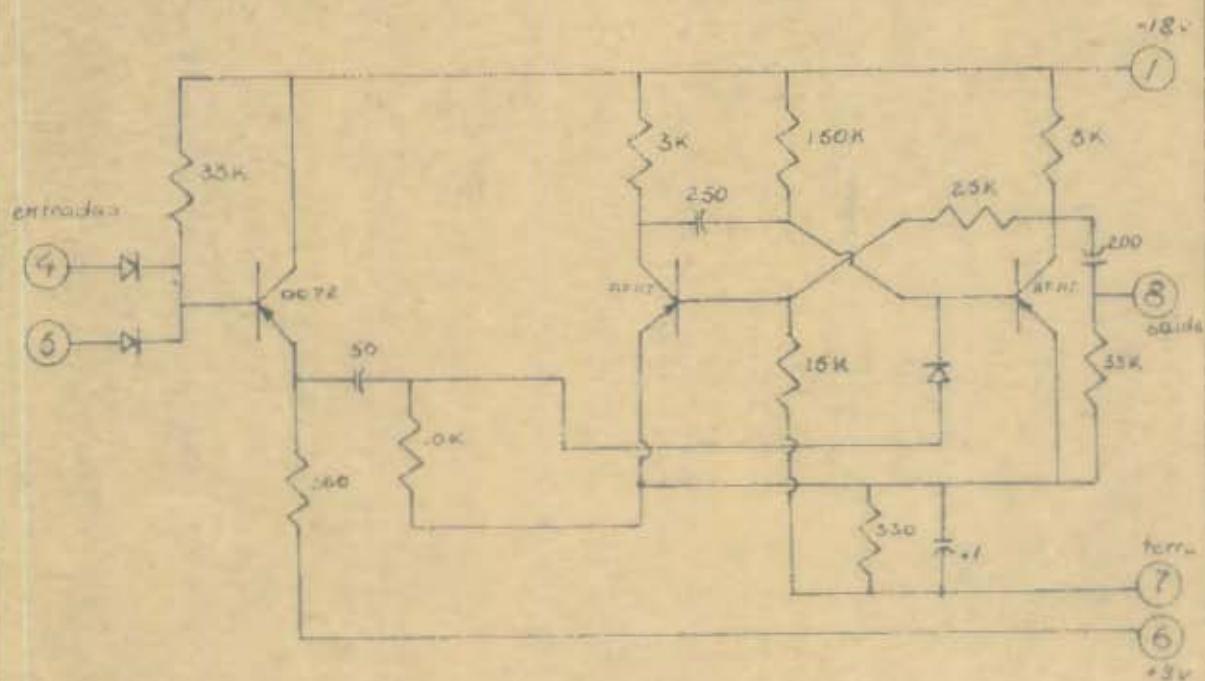
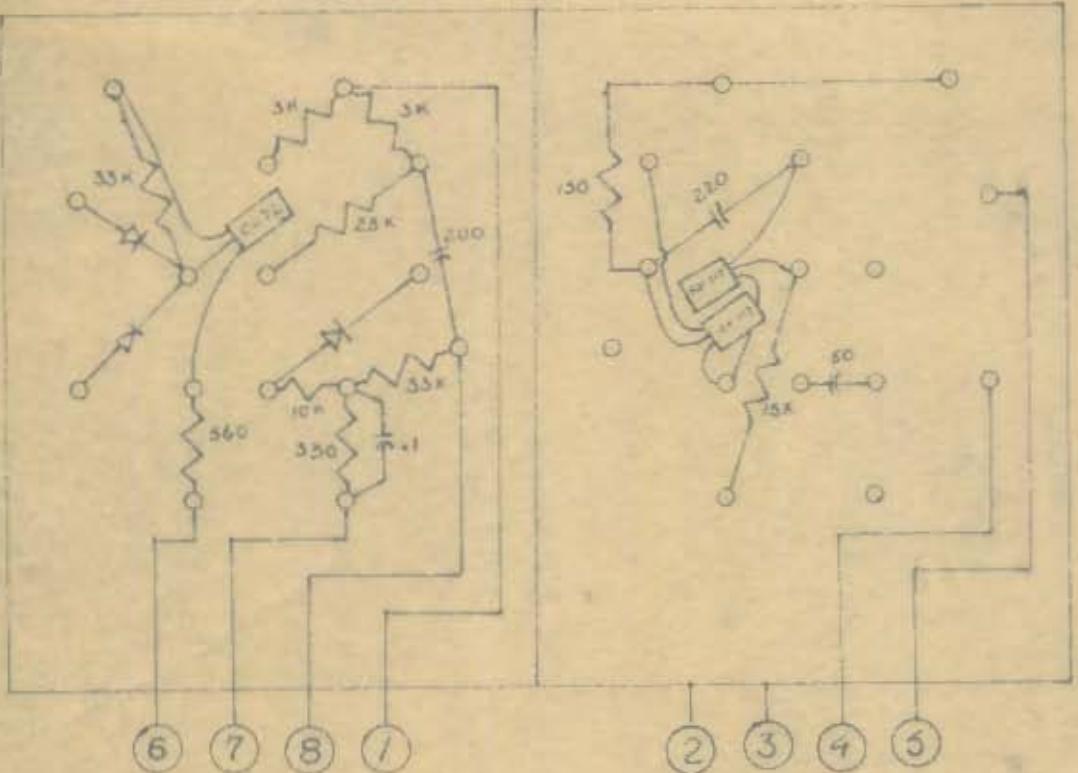


TIPOL



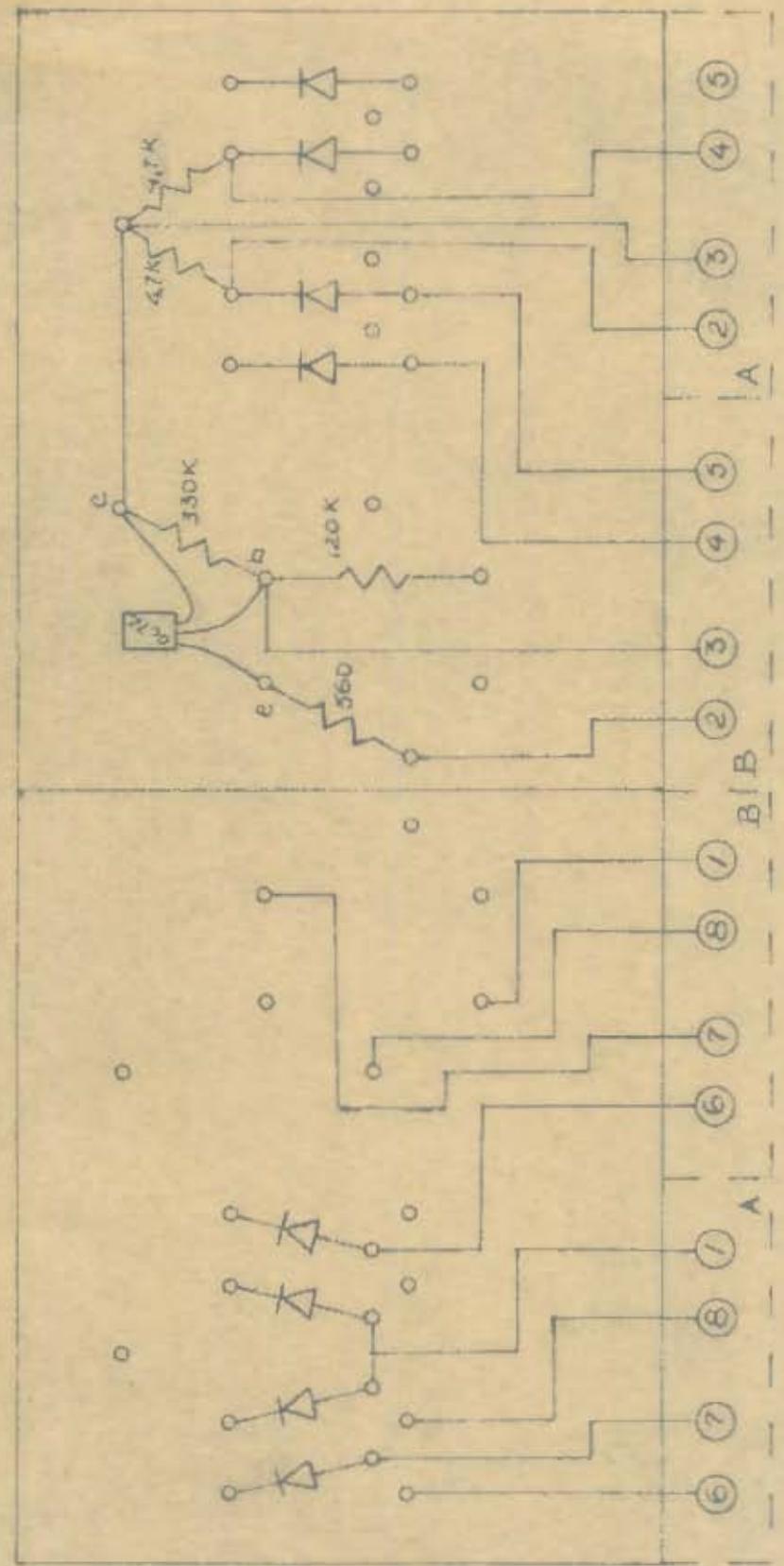
TIPO L - circuito



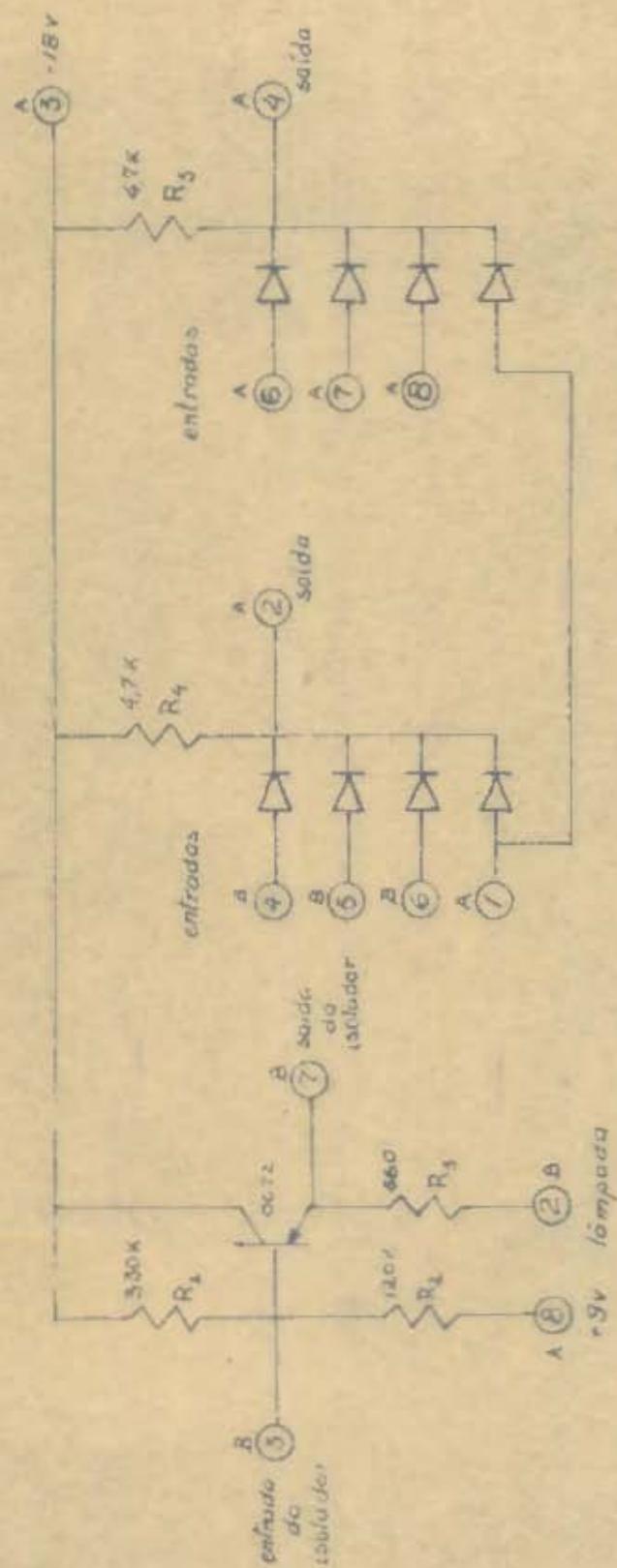


TIPO M

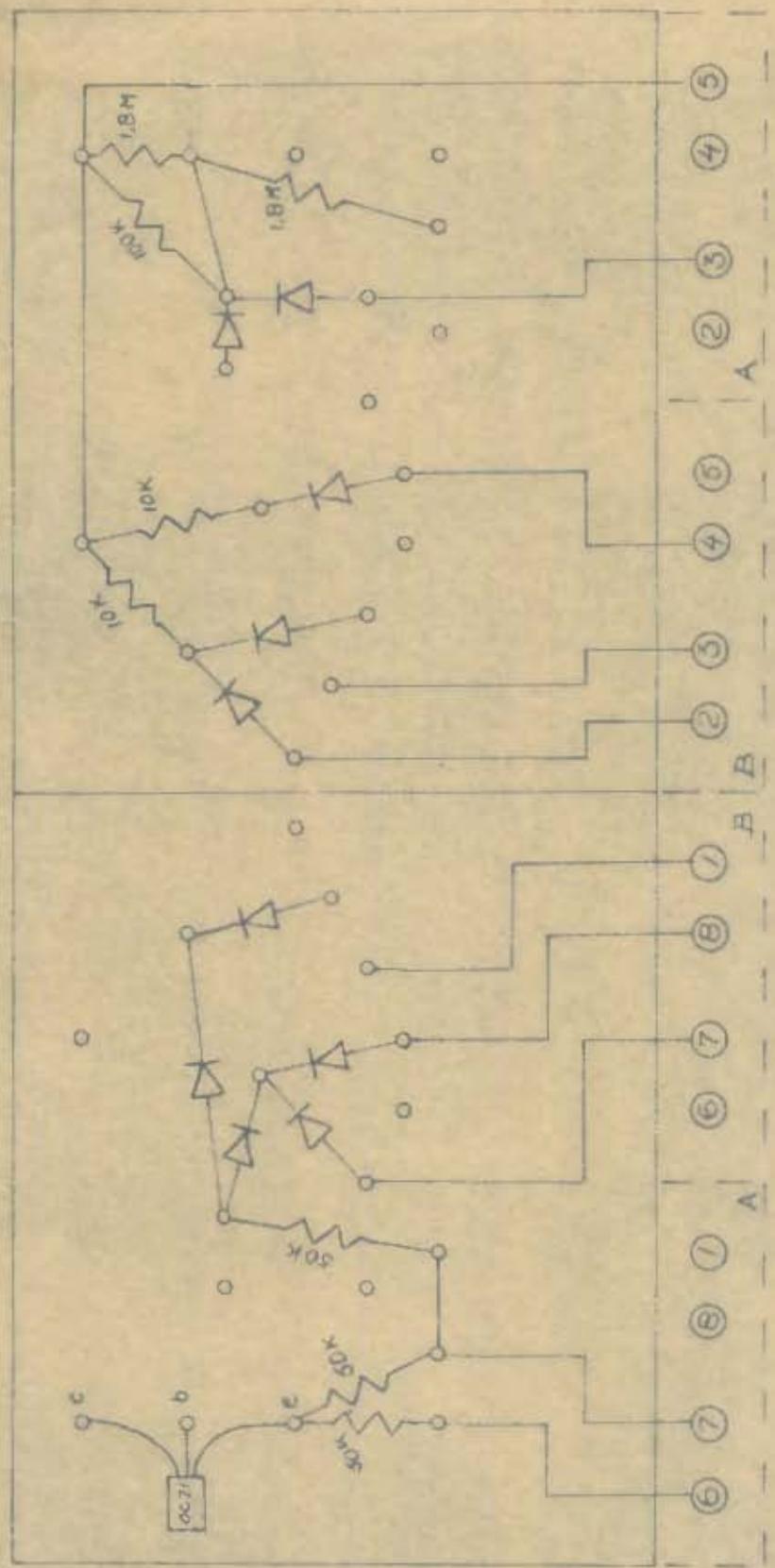
TIP0 N

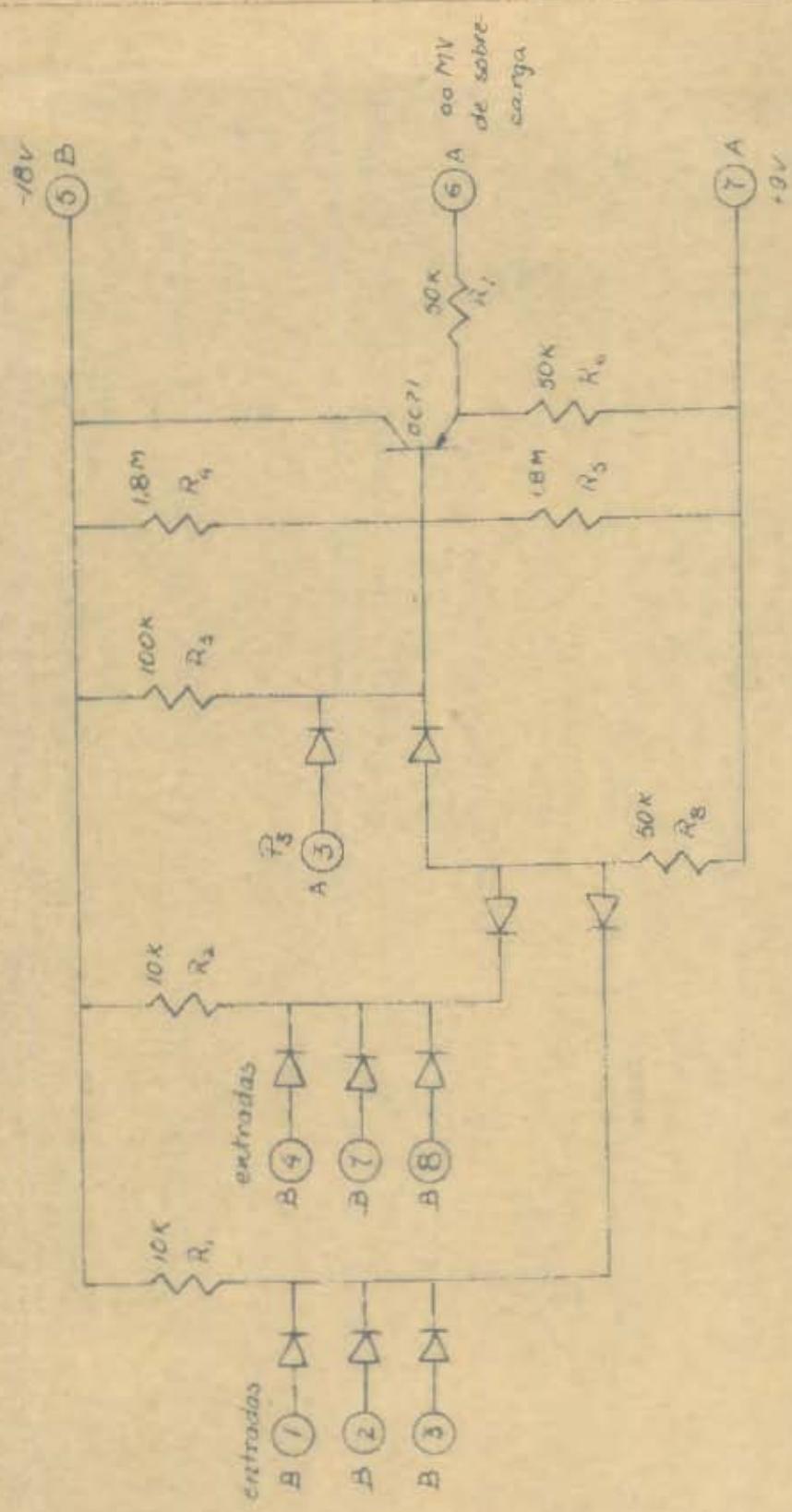


TIPO N — circuito



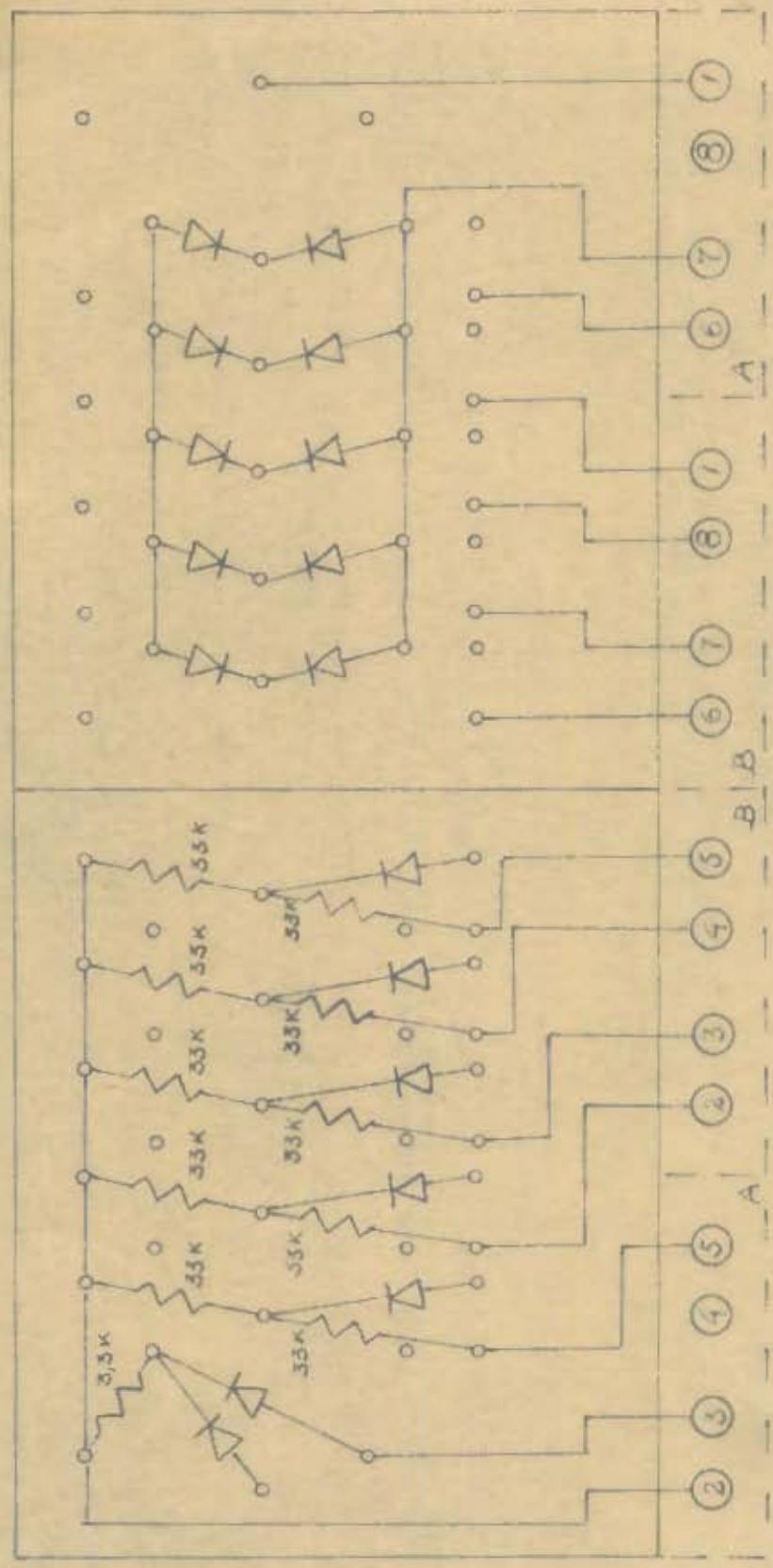
TIP 0

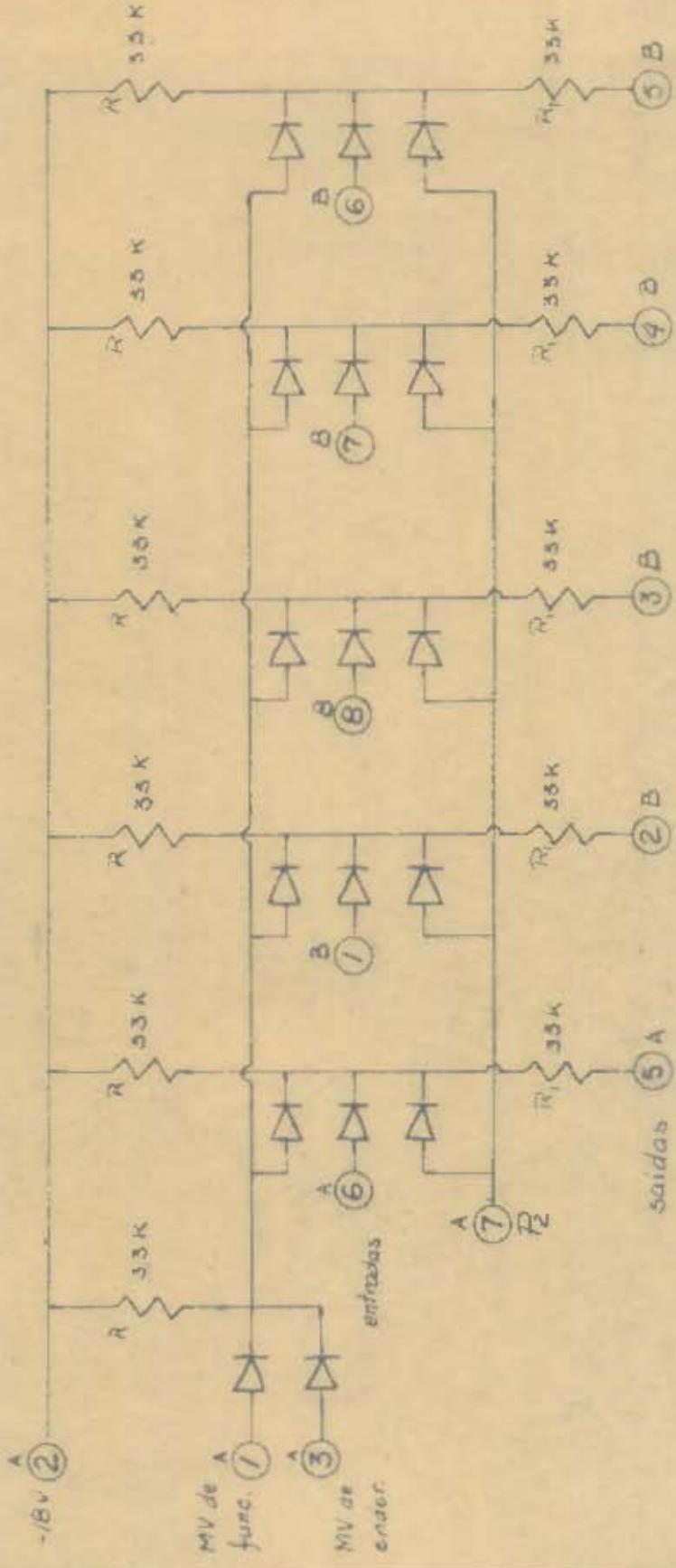




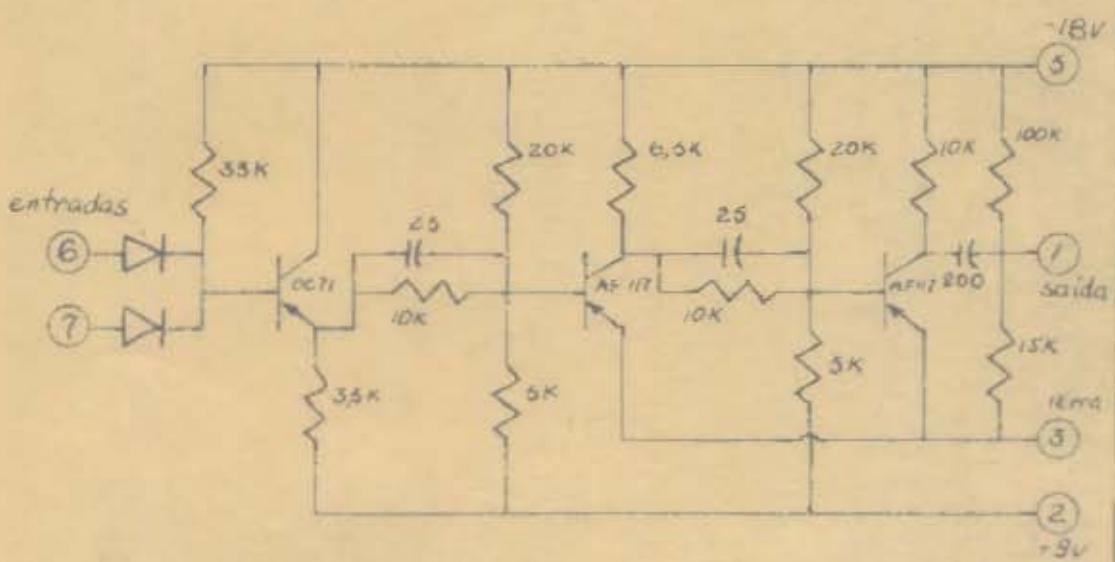
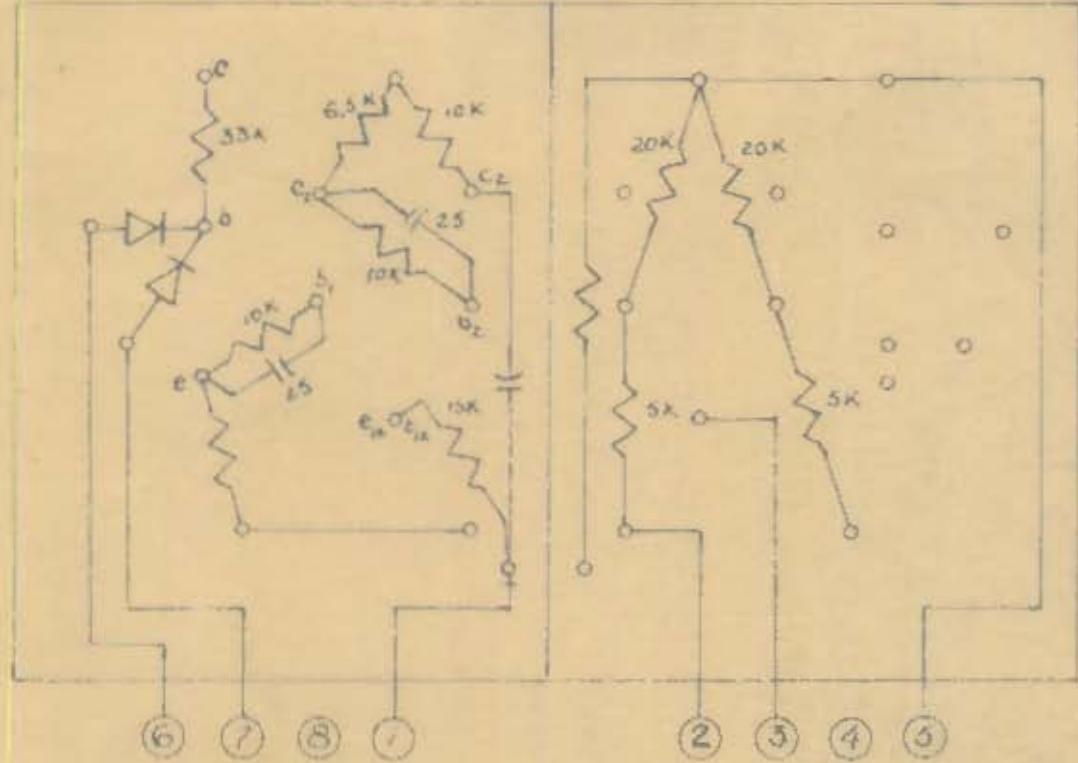
TIP007 - circuito

TIPD P

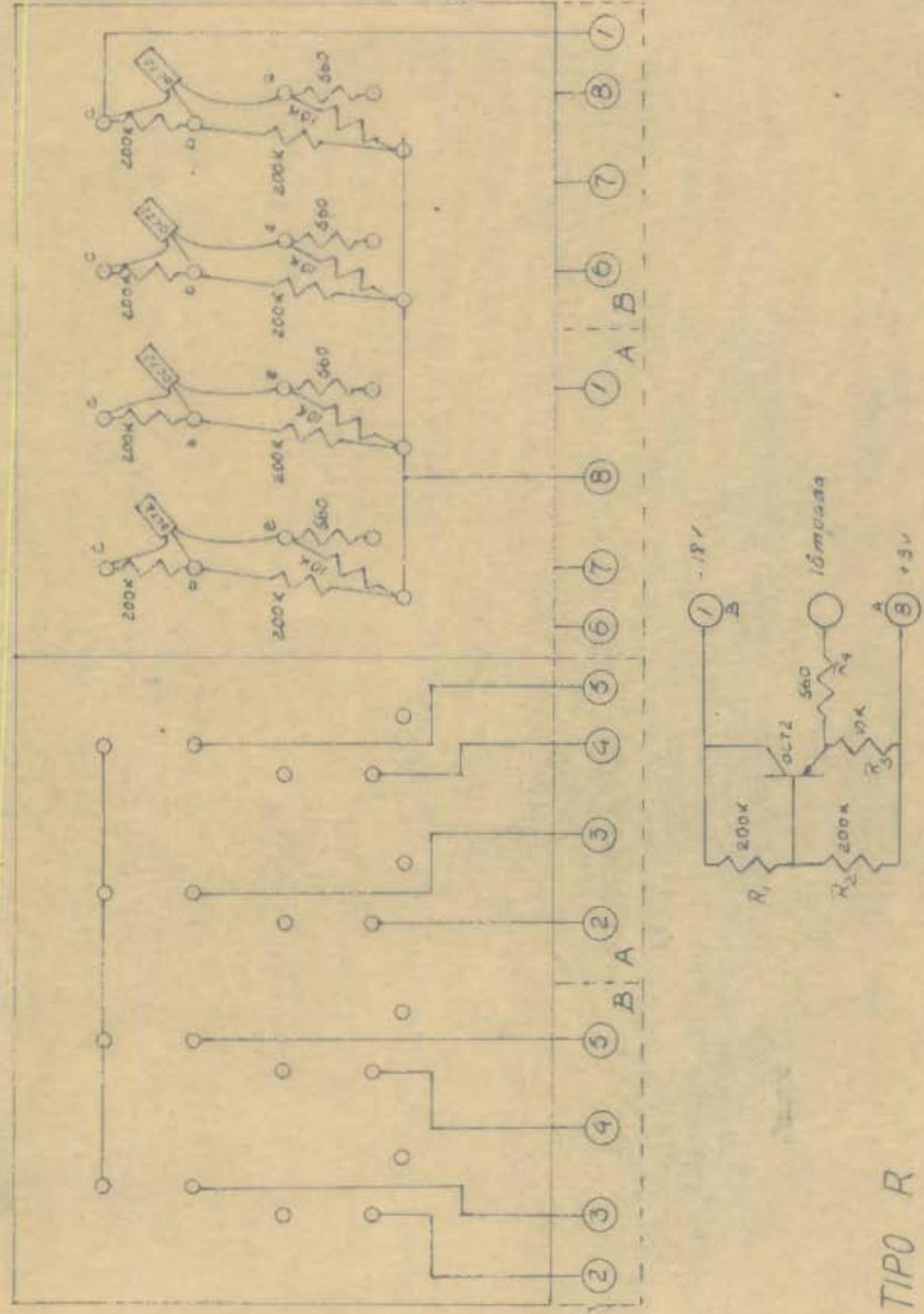




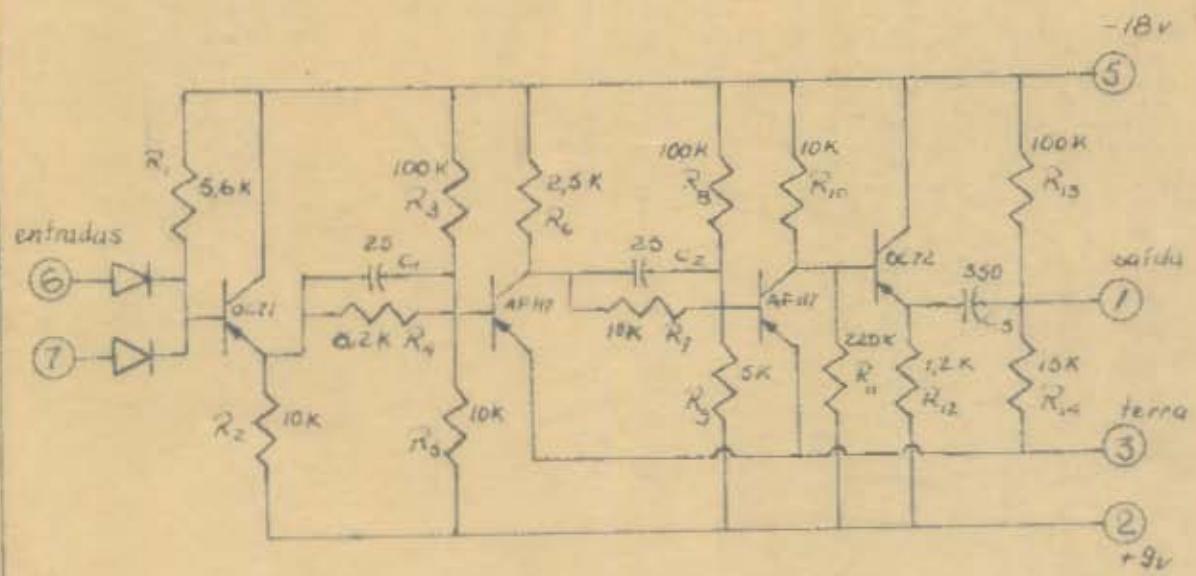
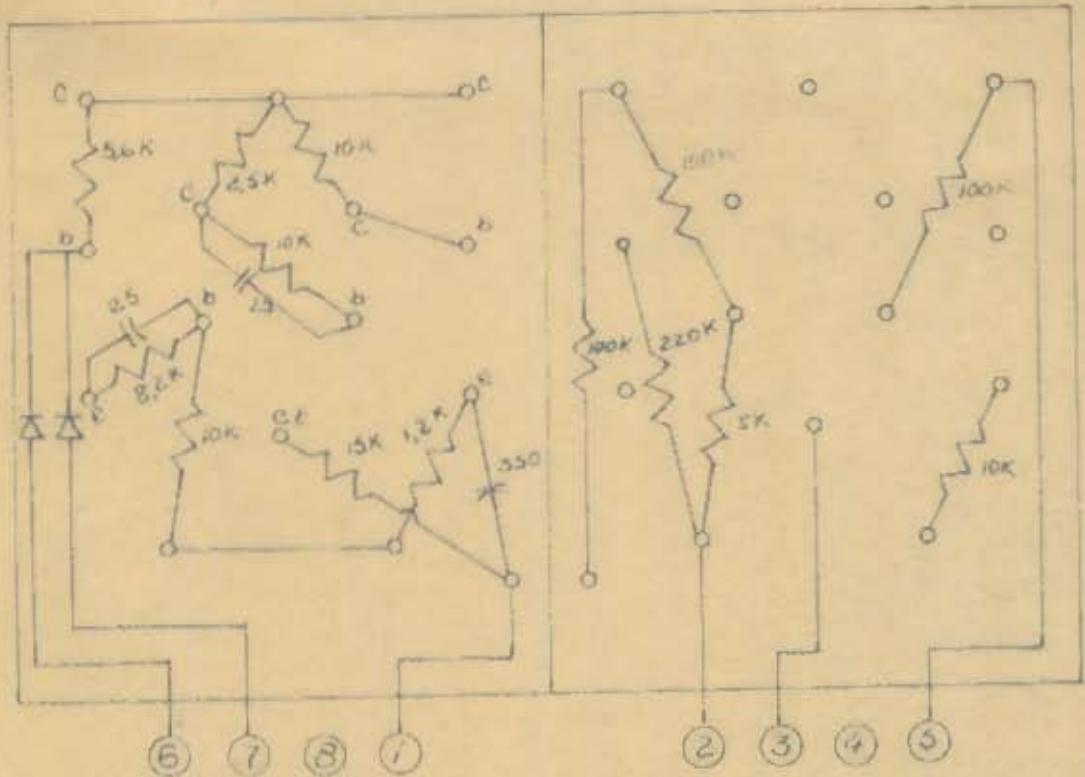
TIPO P — circuito



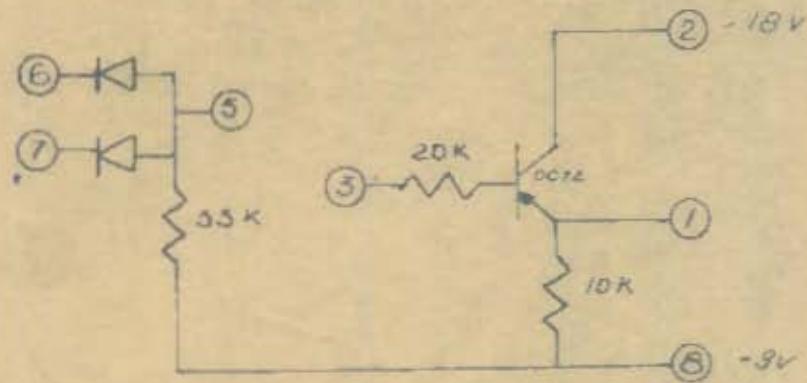
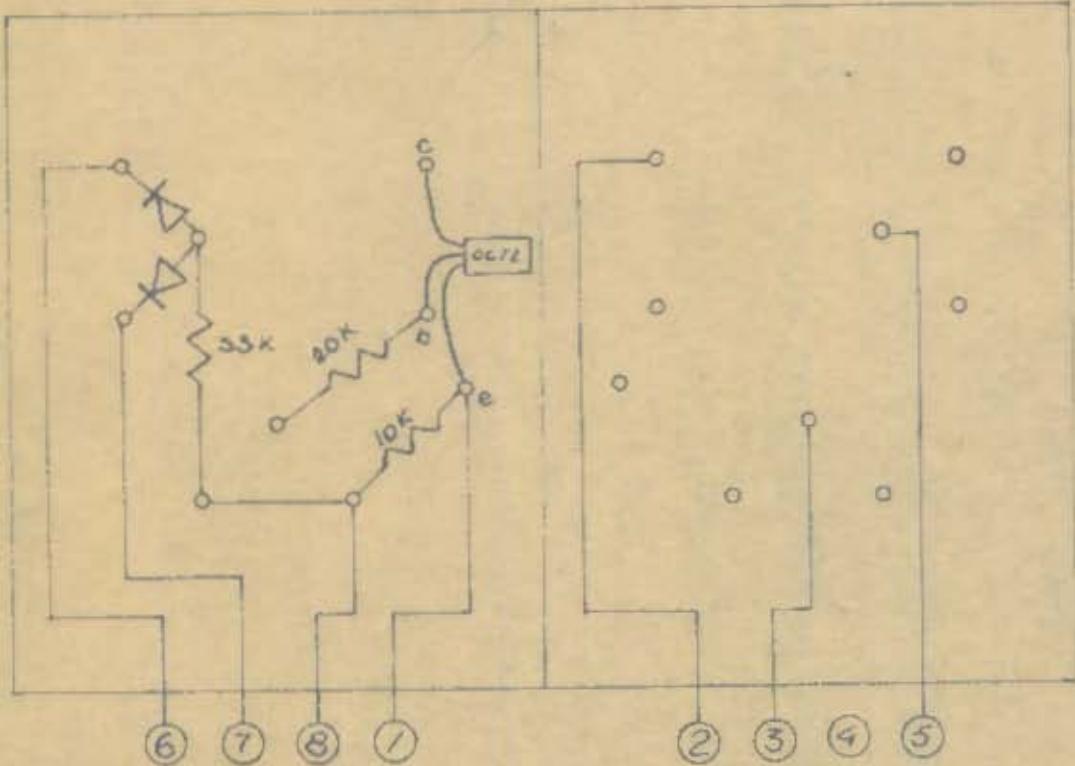
TIPO Q



TIP0 R



TIPO 5



TIPO T

b) Descrição da fiação

Infelizmente a fiação inter-estágios foi só do feita à medida que foi-se projetando e completando - os diversos estágios e assim não apresenta nenhuma organização especial ou planificação detalhada. Entretanto, achamos que com o auxílio dos diagramas anexos e das explicações do presente sub-título será fácil a qualquer um compreender ou consertar toda a fiação.

A parte da fiação que compreende as ligações dos estágios operacionais e numéricos com a memória e o painel foram executados quando possível sob a forma de cabos e maços de cabos dispostos ordenadamente e seguindo uma sequência determinada de cores. Infelizmente como só dispunhamos de 8 cores fomos obrigados a repetir as mesmas cores para finalidades variadas.

Para a compreensão das indicações nas listas de ligações é necessário ter em conta o seguinte: cada indicação é composta de 2 partes: a parte que indica o pino a ser ligado e a parte que indica a placa em questão. A indicação do pino é feita por um número (pino da válvula comum) e às vezes uma letra A ou B quando a placa tem 2 soquetes (B = soquete superior, A = soquete inferior). A indicação da placa é feita por uma letra indicativa do tipo de placa e de um número indicativo da ordem da placa. Para o caso especial das placas tipo D usadas na memória aparecem dois números de ordem, o 1º indicativo da fila e o 2º da coluna da ordem da placa na memória. Por exemplo:

- 2.41 Pino dois da placa tipo A nº 1
- 4B.E2 Pino 4 do soquete B da placa tipo E nº 2
- 2.D1.12 Pino 2 da placa de memória D que está na 1ª fila e 12ª coluna.

25

Interligação das placas das memórias com o painel de memórias.

De cada placa das memórias, isto é, de cada suporte Dxy irão dois fios para o painel de memórias. No painel o fio saído do ponto 2 irá para o rebite marcado 1 e do ponto 5 para o rebite marcado 0 nas memórias coluna e linha da placa de onde saiu.

Interligação do painel de memórias com a chave de seleção das lâmpadas.

Para finalidade de nomeação chamamos de XI a pastilha externa da chave de 10 pastilhas e de XII a pastilha interna da mesma chave, e de XIII a pastilha externa da chave menor e de XIV a pastilha interna da mesma chave. Para designação dos pontos das pastilhas consideramos como ponto 1 o primeiro no sentido da rotação nos ponteiros do relógio a partir do ponto comum, sendo 11 o último.

- | | |
|-------|--|
| 11.XI | O do painel de memórias correspondente à memória D.1.1 |
| 10.XI | O do painel de memórias correspondente à memória D.2.1 |
| 9.XI | O do painel de memórias correspondente à memória D.3.1 |
| • | |
| • | |
| • | |
| 4.XI | O do painel de memórias correspondente à memória D.5.1 |

-63-

Iste é, liga-se nos pontos em que estão ligados os pinos 5 das memórias mencionadas. Para facilidade de notação escreveremos 0.D1.1 em vez de 0 correspondente à memória D.1.1

Continuando:

11.X2 0.D1.2

10.X2 0.D2.2

*

*

*

11.X2 0.D6.2

*

*

*

11.X16 0.D1.16

10.X16 0.D2.16

*

*

*

4.X16 0.D8.16

Interligação do controle de operações com as memórias.

4A.J1 5.D8.1 (azul)

3A.J1 5.D7.1 (azul)

4B.J1 5.D6.1 (azul)

3B.J1 5.D5.1 (azul)

4A.J2 5.D4.1 (azul)

3A.J2 5.D3.1 (azul)

4B.J2 5.D2.1 (azul)

3B.J2 5.D1.1 (azul)

*

*

*

1A.J19	5.D8.10
3A.J19	5.D7.10
4A.J19	5.D6.10
3B.J19	*
1A.J20	*
3A.J20	*
4B.J20	5.D2.10
5B.J20	5.D1.10

Interligação do Contador de Instruções e
Endereços com as memórias.

2A.E1	5.A1.11
3A.E1	5.A1.12
4A.E1	5.A1.13
3B.E1	5.A1.14
4B.E1	5.A1.15
5B.E1	5.A1.16
*	
*	
*	
2A.E3	5.A8.11
3A.E3	5.A8.12
4A.E3	5.A8.13
3B.E3	5.A8.14
4B.E3	5.A8.15
5B.E3	5.A8.16

5-

Interligação do Store com as memórias

5B.P1	4.D5.1	(azul)
2A.P1	4.D5.2	(verde)
3A.P1	4.D5.3	(amarelo)
4A.P1	4.D5.4	(vermelho)
5A.P1	4.D5.5	(branco)
5B.P5	4.D5.6	(marrom)
2A.P5	4.D5.7	(laranja)
3A.P5	4.D5.8	(preto)
4A.P5	4.D5.9	(azul)
5A.P5	4.D5.10	(verde)
•		
•		
•		
1B.P1	4.D8.1	
2B.P1	4.D8.2	
3A.P4	4.D8.3	
4A.P4	4.D8.4	
5A.P4	4.D8.5	
5B.P8	4.D8.6	
2A.P8	4.D8.7	
3A.P8	4.D8.8	
4A.P8	4.D8.9	
5A.P8	4.D8.10	

Interligação chave das memórias com os drivers
das lâmpadas.

0.X1	3A.P1	(laranja)
0.X2	5A.P1	(preto)
0.X3	3B.P1	(azul)
0.X4	5B.P1	(verde)
0.X5	3A.P2	(amarelo)
0.X6	5A.P2	(vermelho)
0.X7	3B.P2	(branco)
0.X8	5B.P2	(marrom)
0.X9	3A.P3	(laranja)
0.X10	5A.P3	(preto)

0.X11	3B.F3	(marrom)
0.X12	5B.F3	(branco)
0.X13	3A.F4	(vermelho)
0.X14	5A.F4	(amarelo)
0.X15	3B.F4	(verde)
0.X16	5B.F4	(azul)

Interligação dos drivers das lâmpadas com as lâmpadas.

2A.F1	Y1	(laranja)
4A.F1	Y2	(preto)
2B.F1	Y3	(azul)
4B.F1	Y4	(verde)
2A.F2	Y5	(amarelo)
4A.F2	Y6	(vermelho)
2B.F2	Y7	(branco)
4B.F2	Y8	(marrom)
2A.F3	Y9	(laranja)
4A.F3	Y10	(preto)
2B.F3	Y11	(marrom)
4B.F3	Y12	(branco)
2A.F4	Y13	(vermelho)
4A.F4	Y14	(amarelo)
2B.F4	Y15	(verde)
4B.F4	Y16	(azul)

Fixação da unidade de controlo

A

- 2- chave painel (v)
- 3- P.P. (a)
- 4- -IB (r)
- 5- t (p)

C1

- 1- 7C1 (v)
- 2- 3D1 (v)
- 3- + 9 (r)
- 5- MC (p)
- 6- t (p)
- 7- P.P. (a)
- 8- -IB (r)

C2

- 1- 7C2 (v); MC(p)
- 3- + 9 (r)
- 6- t (p)
- 7- P.P. (a)
- 8- -IB (r)

C3

- 1- 7C3 (v), MC (p)
- 3- + 9 (r)
- 6- t (p)
- 7- P.P. (a)
- 8- -IB (r)

C4

- 1- 7C4 (v), MC (p)
- 3- + 9 (r)
- 6- t (p)
- 7- P.P. (a)
- 8- -IB (r)

D5

- 1- 7C5 (v); MC (p)
- 3- + 9 (r)
- 6- t (p)
- 7- P.P. (a)
- 8- -IB (r)

D1

- 2- MC (p)
- 3- 1C1 (v) 3 D2 (v)
- 4- 6A.E8 (v)
- 5- 6A.E1 (y)
- 6- -IB (v)
- 7- + 9 (r)
- 8- t (p)

D2

- 3- 3D1 (v) 3D3 (v)
- 4- 6A.E1 (v)
- 5- 6A.E2 (y) MC (p)
- 6- -IB (v)
- 7- + 9 (r)
- 8- t (p)

D3

- 3- 3D2 (v) 3D4 (v)
- 4- 6A.E2 (v)
- 5- 6A.E3 (y) MC (p)
- 6- -IB (v)
- 7- + 9 (r)
- 8- t (p)

D4

- 3- 3D3 (v) 3D5 (v)
- 4- 6A.E3 (v)
- 5- 6A.E4 (y) MC (p)
- 6- -IB (v)
- 7- + 9 (r)
- 8- t (p)

E₃ i = 1, 2, 3, ... 8

Superior

1- 1B.E1 (r)

6- 1B.H4 (r)

7- 1B.H5 (r)

8- 1B.H2 (r)

Inferior

1- 1B.H5 (r)

5- t (p)

7- - 1B(v)

8- 1B.H6 (r)

F1

1- t (p)

2- 3D (1 + 8) (v)

6- - 1B (v)

7- 4A. H1 (r)

8- + 9

G1

sup.

1- - 1B (v)

inf.

6- 7 T (y)

7- 4 III4(y)

8- 4 III2(y)

G2

sup.

inf.

1- - 1B (v) 6- 4II3 (y)

G3

sup.

1- - 1B (v)

inf.

1- 4I5 (y)

6- 4I3 (y)

7- 4I7 (y)

8- 4I6 (y)

G4

sup.

inf.

1- - 1B (v)

1- 4II (y)

6- 4II4 (y)

7- 4I3 (y)

8- 4I2 (y)

H1

sup.

1- 1B.E1 (r)

inf.

4- 7F1 (r)

2- 1B. E2 (r)

7- t (p)

3- 1B.E3 (r)

4- 1B.E4 (r)

5- 1B.E5 (r)

6- 1B.E6 (r)

7- 1B. E7 (r)

8- 1B.E8 (r)

H2

sup.

inf.

1- 8B.E1(r)

4- 7F2 (r)

2- 8B.E2(r)

7- t (p)

3- 8B.E3(r)

H2

sup.

6- 8B.E5 (r)

7- 8B.E7 (r)

8- 8B.E8 (r)

4- 8B.E4(r)

5- 8B.E5(r)

H₃

- sup.
1- 7B.E1 (r)
2- 7B.E2 (r)
3- 7B.E3 (r)
4- 7B.E4 (r)
5- 7B.E5 (r)
6- 7B.E6 (r)
7- 7B.E7 (r)
8- 7B.E8 (r)

H₅

- sup.
1- 1A.E1 (r)
2- 1A.E2 (r)
3- 1A.E3 (r)
4- 1A.E4 (r)
5- 1A.E5 (r)
6- 1A.E6 (r)
7- 1A.E7 (r)
8- 1A.E8 (r)

Sequências I

- 6- -10 (v)
7- +9 (r)
8- t (p)
I₁ ... 8
1- lâmpada
3- 105 (p)

II

- 4- 1A.G4 (y)
5- 7A.I_{1,3,5,...19} (p)

III

- 1- 8A.B4 (y)
5- 8A.I_{1,3,5,...19} (n)

H₄

- sup.
1- 6B.B1 (r)
2- 6B.B2 (r)
3- 6B.B3 (r)
4- 6B.B4 (r)
5- 6B.B5 (r)
6- 6B.B6 (r)
7- 6B.B7 (r)
8- 6B.B8 (r)

H₆

- sup.
1- 8A.E1 (r)
2- 8A.E2 (r)
3- 8A.E3 (r)
4- 8A.E4 (r)
5- 8A.E5 (r)
6- 8A.E6 (r)
7- 8A.E7 (r)
8- 8A.E8 (r)

I3

4- 7A.G4 (y)

5- 7B.J_{1,3,5,...,19} (v)

I4

4- 6A.G4 (y)

5- 8B.J_{1,3,5,...,19} (r)

I5

4- 7A.G5 (y)

5- 7A.J_{2,4,6,...,20} (y)

I6

4- 8A.G3 (y)

5- 8A.J_{2,4,6,...,20} (l)

I7

4- 7A.G3 (y)

5- 7B.J_{2,4,6,...,20} (m)

I8

4- 6A.G3 (y)

5- 8B.J_{2,4,6,...,20} (b)

I9

1- lâmpada

2- 4B.O (y); P.P. (v)

3- 1. O1 (m)

4- 7B.N (b)

5- 2B.O (y); 6S (y)

I10

1- lâmpada

2- 4B.N (l)

3- 2A.N (b)

4- 4A.N (l)

5- 6A.N(m); 7BO(m); MC(p)

III

- 1- Lâmpada
- 2- 6T (1)
- 3- 6A.0 (1)
- 5- MC (p)

III2

- 1- Lâmpada
- 2- P.P. (v)
- 3- 105 (p)
- 4- 3A.G2 (y)
- 5- 6KI (m) i = 1,2,..., 10 ; MC (p)

III3

- 1- Lâmpada
- 2- 5 Ki (m); P.P. (v) i = 1,2, ... 9
- 3- 1.C5 (p)
- 4- 6A.G2 (y)
- 5- 3T(y); MC(p)

III4

- 1- Lâmpada
- 2- P.P. (v)
- 3- 105 (p)
- 4- 7A.01 (y)
- 5- MC (p); 7KI (r) i = 1,2, ... 10

II

- 1- Lâmpada stop (v)
- 2- 8.A(v); botão stop (a)
- 3- 2.I' (y)
- 5- Lâmpada start (b)

III'

- 2- 3.I' (y)
- 5- botão start (b)

$n \neq 2, 4, 6, \dots, 20$

sup.	inf.
1- -18 (v)	5- t (p)
7- 5 I7 (n)	6- 4 K1 (a)
8- 5 I8 (b)	7- 5 I5 (y)
	8- 5 I6 (l)

$J_1 \quad i = 1, 3, 5, \dots, 19$

sup.	inf.
1- - 18	6- 4 K1 (a)
7- 5 I3 (v)	7- 5 I1 (p)
8- 5 I4 (v)	8- 5 I2 (a)

Sousetos K

K1

para $i = 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19$

tentes $n = 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1$

1- 6 I ₁₁ (l)	
2- 103 (p)	
3- - 18	
4- 5 AII (a); 5 A ₁ I ₁₊₁ (a)	
5- + 9	
6- 5 I ₁₂ (n)	
7- 5 I ₁₄ (r)	
8- t (p)	

Sousetes L

$i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10$

$n = 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1$

1- 4 M1 (v)	
2- -18 (v)	
3- t (p)	
4- 8 E (v)	
5- + 9 (r)	
6- 1 Kn (l)	
7- 1 Q (b)	

L1

1= 6B P_{1,2,3,4} (y)
6= P₆P₆ (b)
8= 1S (m)

L2

1= 1A P_{1,2,3,4} (b)
8= 0 M₁ (y)

L3

1= 0A P_{1,2,3,4} (1)
8= 0 M₂ (y)

L4

1= 7A P_{1,2,3,4} (n)
8= 0 M₃ (y)

L5

1= 6A P_{1,2,3,4} (y)
8= 0 M₄ (y)

L6

1= 6B P_{5,6,7,8} (m)
8= 0 M₅ (y)

L7

1= 1A P_{5,6,7,8} (b)
8= 0 M₆ (y)

L8

1= 0A P_{5,6,7,8} (1)
8= 0 M₇ (y)

L9

1= 7A P_{5,6,7,8} (n)
8= 0 M₈ (y)

L10

1= 6A P_{5,6,7,8} (y); 3B+N (v)
8= 0 M₉ (y)

Sequências Mi i = 1, 2, 3, ..., 9

1- -18

4- 1 L1 (v), P.P. (v)

5- 2 I₁₃ (w)

6- Lâmpada (y)

7- t (p)

8- 3 L₁₊₁ (y)

N

Sup.

1- + 9 (r)

2- Lâmpada (y)

3- 1 L10 (v)

4- 2 I10 (l)

5- 4 B0 (y)

6- 5 I12 (m)

7- 4 I9 (b)

8- t (p)

Inf.

2- 3 I10 (b)

3- -18

4- 4 I10 (l)

6- 5 I10 (m)

7- 2 B0 (y)

8- 7 K10 (m)

O

Sup.

1- 2 I10 (l)

2- 5 E9 (y); 7 BN (y)

3- 7 K10 (m)

4- 2E9 (y) 5BN (y)

7- 5I10 (m)

8- 5I12 (m)

Inf.

3- 2D14 (p)

5- -18

6- 4 I11 (r)

7- + 9

Pi . i = 1, 2, 3, 4

Sup.

1- 6Q (l)

2- - 15 (v)

3- 5 I₁₊₁ (m)

6- 1 L1 (y)

7- 105 (y)

Inf.

1- 1 L2 (b)

6- 1 I5 (y)

7- 1 L4 (a)

8- 1 L3 (l)

P1 . 1 = 5,6,7,8

Sup.

- 1- 64 (1)
- 2- - 12 (v)
- 3- 5 II (m)
- 6- 1 L6 (w)
- 7- 1 C3 (y)

Inf.

- 1- 1 L7 (b)
- 6- 1 L10 (y)
- 7- 1 L9 (a)
- 8- 1 I8 (l)

H1

Sup.

- 1- -18 (v)
- 2- Lâmpada (a)
- 4- Lâmpada (a)

Inf.

- 2- Lâmpada (v)
- 4- Lâmpada (v)
- 8- + 9

S

- 1- 8L1(m)
- 2- +p (r)
- 3- e (p)
- 5- - 18 (v)
- 6- 5I2 (y)
- 7- 105 (p)

T

- 1- 64 (y)
- 2- -12 (v)
- 3- 5II3 (y)
- 5- 4 I' (v)
- 6- 2 I' (l)
- 7- 6AG1 (y)
- 8- + 9(r)

Usamos o seguinte código de cores:

- | | |
|-------------|--------------|
| (a) azul | (v) verde |
| (y) amarelo | (r) vermelho |
| (l) laranja | (b) branco |
| (m) marrom | (p) preto |

CAP. VI - LISTA DE MATERIAL

RESISTORES

Valor	cantidad por place	Nº de placas	Total parcial	Total
220	1E	8	8	8
330	1M	9	9	9
390	2B	1	2	
	2C	5	10	12
360	1I	16	16	
	1M	9	9	
	4N	1	4	
	4R	4	16	45
1,2K	1S	1	1	1
2,2K	1T	16	16	16
2,5K	1L	10	10	
	1S	1	1	11
3K	2D	142	284	
	2I	16	32	
	2M	9	18	334
3,5K	1F	6	6	
	1K	10	10	
	3L	10	30	
	1P	8	8	
	1Q	1	1	55
3,9K	1A	1	1	1
4,7K	2C	5	10	
	2D	142	284	
	2N	1	2	296

5K	2G	5	10	
	1L	10	10	
	2G	1	2	
	1S	1	1	25

5,6K	1A	1	1	
	2I	16	32	
	1S	1	1	54

6,5K	1Q	1	1	1
8,2K	2F	6	12	
	1L	10	10	
	1S	1	1	23

10K	2K	10	20	
	3L	10	30	
	1M	9	9	
	2O	1	2	
	3Q	1	3	
	4P	4	16	
	4S	1	4	
	1T	1	1	85

15K	2D	142	284	
	1F	6	6	
	1K	10	10	
	1M	9	9	
	2Q	1	1	
	1S	1	1	311

18K	1F	6	6	
	1K	10	10	16
20K	2D	142	284	
	2F	16	32	
	1K	10	10	
	1L	10	10	
	2Q	1	2	
	1T	1	1	339

25K	1M	9	9	9
30K	1A	1	1	1
35K	6E	8	48	
	4G	4	16	
	1K	10	40	
	2M	9	18	
	10P	8	80	
	1Q	1	1	
	1T	1	1	204

39K	2C	5	10	10
50K	2B	1	2	
	1F	6	6	
	2K	10	20	
	30	1	3	31

56K	1F	6	6	
	1K	10	10	16

82K	1K	10	10	
	2L	10	20	30

100K	2E	8	16	
	1H	6	6	
	1/2J	20	10	
	1K	10	10	
	3L	10	30	
	10	1	1	
	1Q	1	1	
	3S	1	3	77

120K	1F	6	6	
	1K	10	10	
	1N	1	1	17
150K	1M	9	9	9

200K	4	SR	4	32	32
220K		2I	16	32	
		1S	1	1	33
270K		1A	1	1	1
350K		1P	6	6	
		1K	10	10	
		1R	1	1	17
1.3M		2P	6	12	
		2K	10	20	
		2L	10	20	
		20	1	20	72

CAPACITORES

20 pf		2L	10	20	20
25		24	1	2	
		2S	1	2	4
50		2B	1	2	
		1F	6	6	
		1K	10	10	
		1M	9	9	27
100		1P	6	6	
		1K	10	10	16
200		1L	10	10	
		1M	9	9	
		14	1	1	20
250		3L	10	30	
		1M	9	9	39
350		1S	1	1	1
500		1A	1	1	1
1000		2C	5	10	
		4D	142	568	
		4I	16	64	642
3300		2C	5	10	10
5000		1A	1	1	1
1mmf		1M	9	9	9

TRANSISTORS

9071	2D	142	264	
	3P	6	9	
	3K	10	30	
	1L	10	10	
	1O	1	1	
	1S	1	1	335
OC79	2A	1	2	
	2B	1	2	
	2C	5	10	
	1E	3	8	
	2I	16	32	
	1M	9	9	
	1N	1	1	
	4R	4	16	
	1S	1	1	
	1T	1	1	82
AF117	4L	10	40	
	2M	9	18	
	2Q	1	2	
	2S	1	2	62

DIODOS

9AS5	2C	5	10	
	2D	142	264	
	19E	8	14	
	16G	4	64	
	8H	6	48	
	2I	16	32	
	12J	20	240	
	8K	10	80	
	5L	10	50	
	3M	9	27	
	8N	1	8	
	100	1	10	

0A95 17P 8 136
24 1 2
28 1 2
20 1 2 1159

LÂMPADAS

45

CAPÍTULO VII - MANUAL DE OPERAÇÃO - PROGRAMAÇÃO

I) PREPARO DO COMPUTADOR PARA SEU FUNCIONAMENTO

Em primeiro lugar ligam-se as tensões -15 e +9, verificando-se pelo voltmetro se o seu valor está correto. Verifica-se a corrente que deve estar pouco acima de 2A.

Aperta-se o botão de "Parar", impedindo assim, que o computador funcione antes de dada a sua programação.

Ligam-se as chaves de posicionamento inicial, tendo-se o cuidado de operar primeiro a chave central. No painel todas as lâmpadas deverão então estar apagadas, exceção feita à lâmpada de "Parar" e às lâmpadas da memória (estas últimas poderão estar acesas ou apagadas).

II) PROGRAMAÇÃO DAS MEMÓRIAS

A programação é feita diretamente nas memórias que para isso têm os coletores ligados ao painel de programação, de maneira que com um lápis metálico tocar um dos coletores escreveremos zero ou um em cada multivibrador.

Inicialmente programaremos as operações e as endereços dos números a serem usados.

O código a ser usado é o seguinte:

Operações:

somar:	011
subtrair:	101
armazenar:	110
parar:	011

Endereços:

1º) 111	2º) 011
3º) 101	4º) 001
5º) 110	6º) 010
7º) 100	8º) 000

Após, programa-se a memória numérica com os números a serem usados em código binário.

Um exemplo típico de programação acha-se no manual de demonstração (Cap. seguinte).

III) OPERAÇÃO

Aperta-se o botão de funcionamento e lê-se o resultado nas lâmpadas do acumulador. Caso a lâmpada de sinal esteja acesa o resultado é negativo e é dado pelo complemento do número representado no acumulador (lâmpadas acesas representarão o zero, e as apagadas representarão o um).

CAPÍTULO VIII - MANUAL DE DEMONSTRAÇÃO

A finalidade do presente capítulo é dar uma orientação do uso do computador como demonstrador do funcionamento dos sistemas digitais em laboratório.

1^a parte - Demonstração por meio de um osciloscópio usando as pontas de prova.

Para esta demonstração usaremos um programa cíclico com o relógio rápido, sendo bastante conveniente o uso de um osciloscópio de duplo feixe a fim de possibilitar a comparação de formas de onda de circuitos diferentes na mesma escala de tempo.

Propomos o seguinte programa:

1 ^a	operação - somar	251	acumulador	231
2 ^a	" - somar	131	"	362
3 ^a	" - subtrair	421	"	-59
4 ^a	" - somar	330	"	271
5 ^a	" - armazenar		"	0
6 ^a	" - subtrair	231	"	-231
7 ^a	" - somar	271	"	40
8 ^a	" - armazenar		"	0

Programação:

Números envolvidos transformados em código binário:

251: 0 0 1 1 1 0 0 1 1 1

131: 0 0 1 0 0 0 0 0 1 1

421: 0 1 1 0 1 0 0 1 0 1

330: 0 1 0 1 0 0 1 0 1 0

362: 0 1 0 1 1 0 1 0 1 0

59: 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1

271: 0 1 0 0 0 0 1 1 1
 40: 0 0 0 0 1 0 1 0 0

Deve-se colocar na memória numérica:

Memória 8 (endereço 111)	0 0 1 1 1 0 0 1 1 1
" 9 (" 011)	0 0 1 0 0 0 0 0 1 1
" 10 (" 101)	0 1 1 0 1 0 0 1 0 1
" 11 (" 001)	0 1 0 1 0 0 1 0 1 0

Deve-se colocar na memória de instruções:

Operação 1 - somar,	memória 111	-	0 1 1 1 1 1 1
" 2 - somar,	" 011	-	0 1 1 0 1 1
" 3 - subtrair,	" 101	-	1 0 1 1 0 1
" 4 - somar,	" 001	-	0 1 1 0 0 1
" 5 - armazenar,	" 110	-	1 1 0 1 1 0
" 6 - subtrair,	" 111	-	1 0 1 1 1 1
" 7 - somar,	" 110	-	0 1 1 1 1 0
" 8 - armazenar,	" 010	-	1 1 0 0 1 0

Este programa se repetirá ciclicamente uma vez que em nenhuma das operações é dada a ordem de parar no computador, e o acumulador no fim da 8ª operação termina em zero.

Assim sendo podemos observar um tal programa em laboratório, através das pontas de prova no painel frontal.

DEMONSTRAÇÃO:

1) Relógio - Gerador de pulsos.

Poderemos observar no osciloscópio uma onda quadrada com um período aproximadamente de 200 microsegundos. (Fig. 1)

2) Relógio - Distribuidor de pulsos.

Em cada uma destas saídas teremos os diferentes pulsos de controle do computador, os quais são negativos e têm 200 microsegundos de largura a 1000 microsegundos de período.

Comparando por meio de um osciloscópio de duplo feixe as formas de onda de uma das saídas deste distribuidor e do relógio veremos (fig. 2).

3) Contador de Instruções e Endereços

Em cada uma das saídas deste contador obtemos pulsos negativos de 1 milisegundo de largura com um período de 8 milisegundos.

Num osciloscópio de duplo feixe comparando - uma destas saídas com o pulso P_1 que gatilha o contador observaremos (fig. 3).

Note-se que a um período de 8 milisegundos corresponde um ciclo completo de operação.

4) Multivibradores de Operações.

Nestes MV devemos obter pulsos negativos de 600 microsegundos de largura cada vez que a operação referente a este multivibrador é usada.

Nos figs. 4,5,6 registramos a forma de onda nos MV de Soma, Subtração e de Armazenamento, respectivamente.

As figs. 7 e 8 mostram P_2 e P_4 respectivamente para comparação.

5) Multivibradores de Endereços

Nestes MV obtemos formas de onda análogas às dos anteriores, porém devemos notar que os MV-0 e MV-1 são usados por duas vezes no ciclo e que os MV-6 e 7 não são usados.

6) Controle de Operações

Ná saída deste circuito obtemos um pulso negativo de 200 microsegundos de largura quando tivermos que somar 1 ou de subtrair 0.

A fig. 9 mostra o que será observado nas 10 saídas.

7) Acumulador.

Nas pontas de prova "Diversos" ligamos ao pino 2 o MV de Retorno, ao pino 3 o MV de Sinal, ao pino 4 o MV-0 do acumulador, ao pino 5 a linha de atraso entre os MV-0 e MV-1 do acumulador, ao pino 7 a linha de atraso entre o MV-1 e o MV-2 do acumulador e ao pino 8 o MV-2 do acumulador.

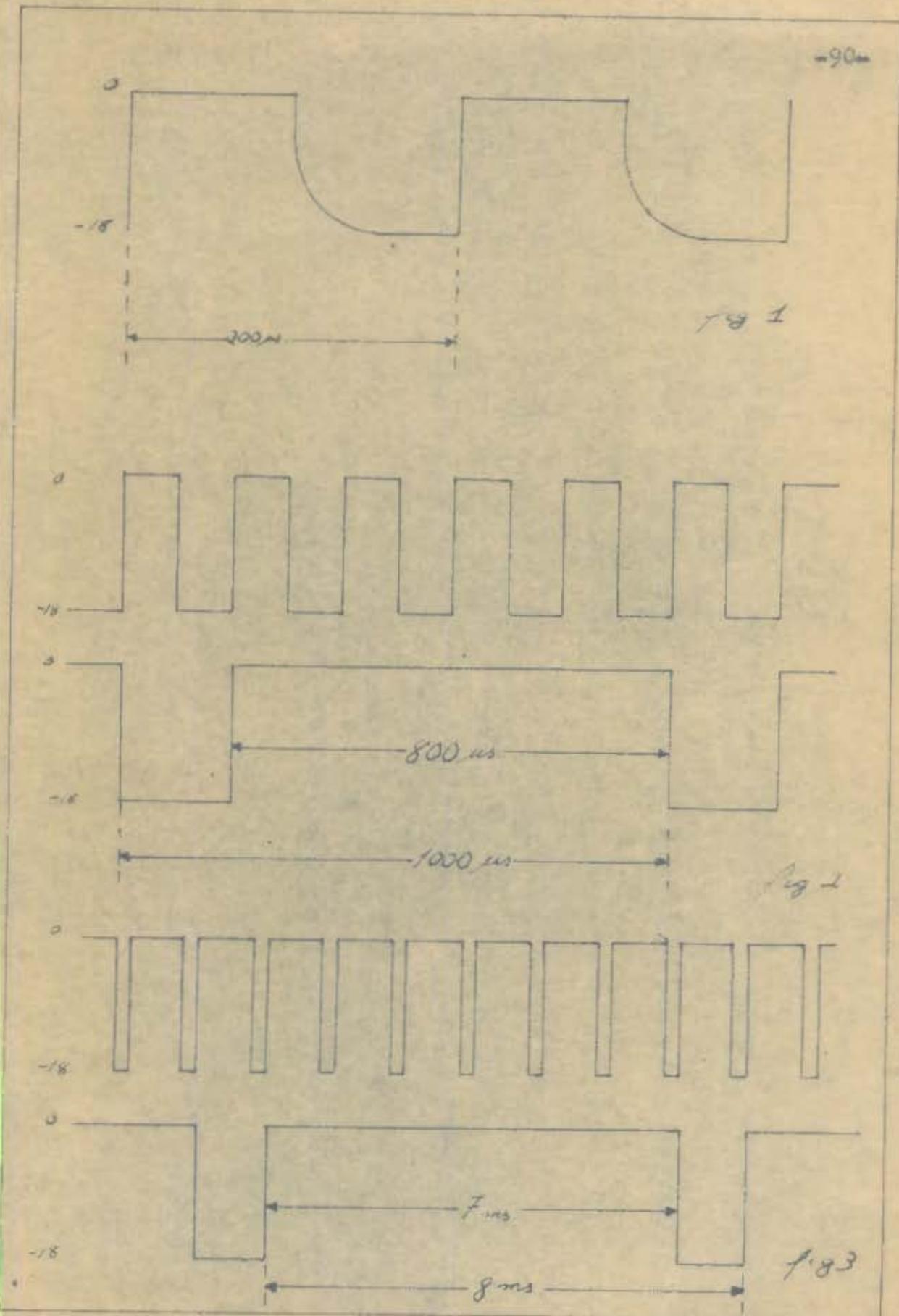
No MV de Retorno só obtemos saída quando o número no acumulador passa de positivo para negativo havendo então para o nosso caso incidência de pulse na quarta e sétima operações.

O MV de Sinal só estará negativo após a 3^a e 6^a operações. O fim do pulse da sinal negative correspondeu ao inicio de pulse do MV de Retorno.

Nos pinos correspondentes as saídas dos MV do acumulador podemos vê-los mudarem de estado como mostra a fig. 10 referente ao MV-0 e MV-1 e ao MV-2 respectivamente.

Note-se o duplo gatilhamento que ocorre no MV-1 na segunda operação.

A fig. 11 nos mostra as saídas das duas linhas de atraso.



-12m

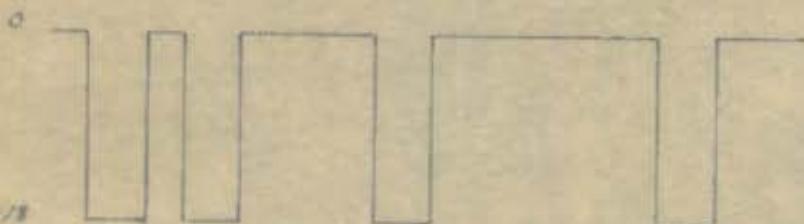


fig 4

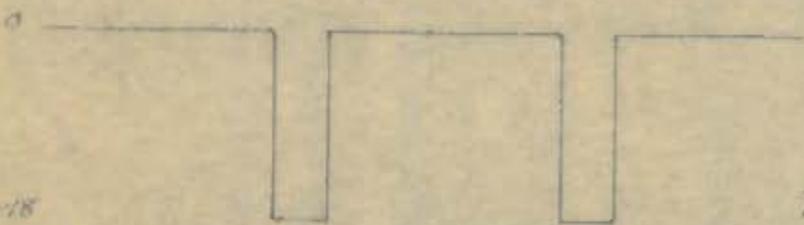


fig 5

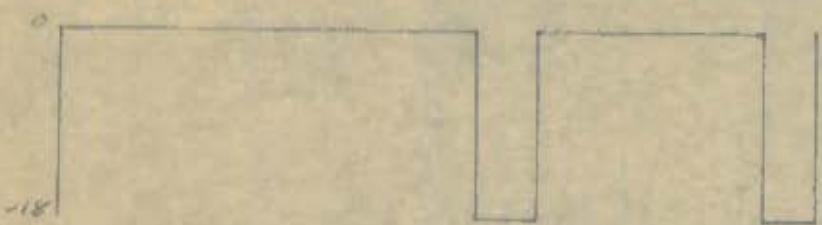


fig 6

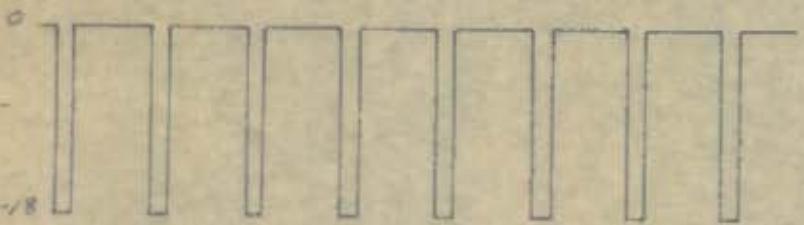


fig 7

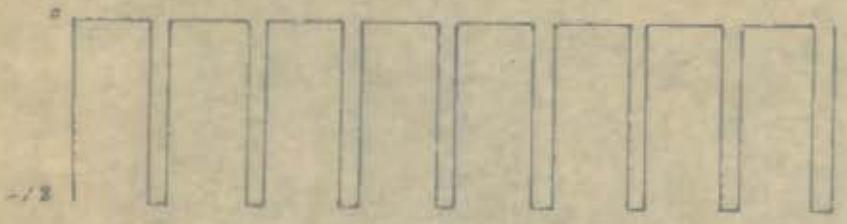
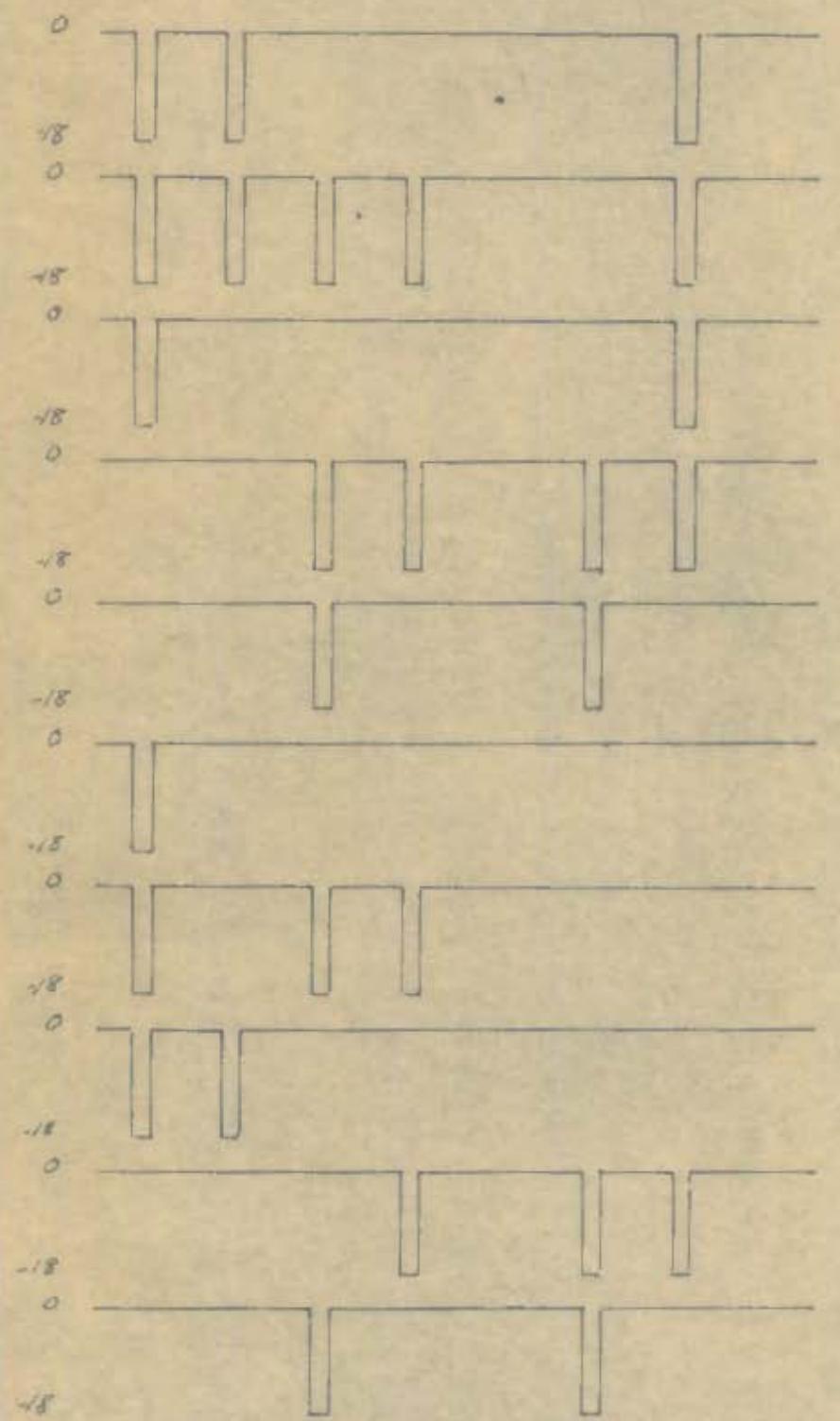


fig 8

← → 8 m



-23-

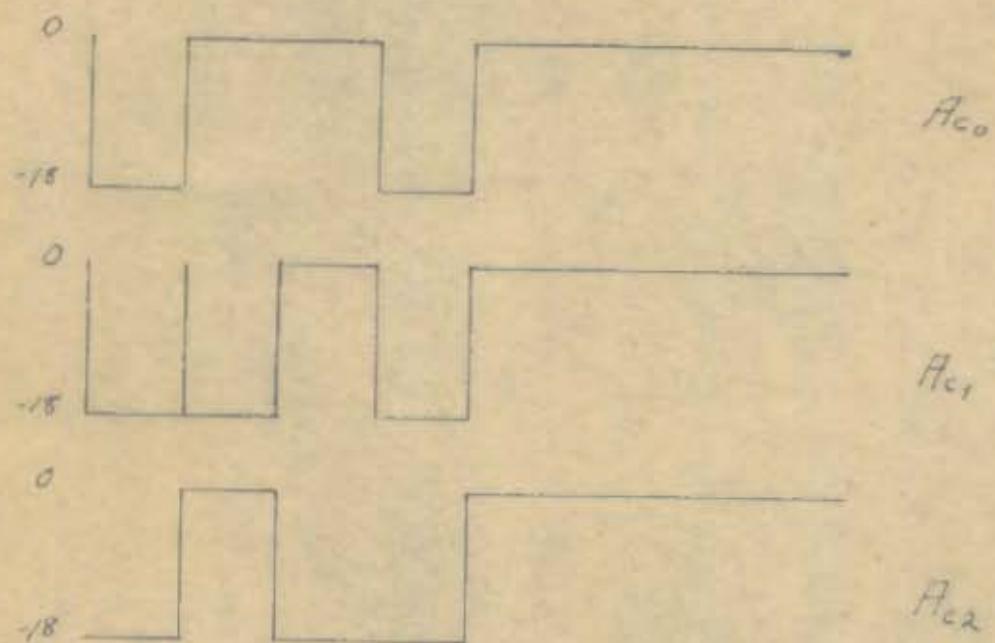


fig 10

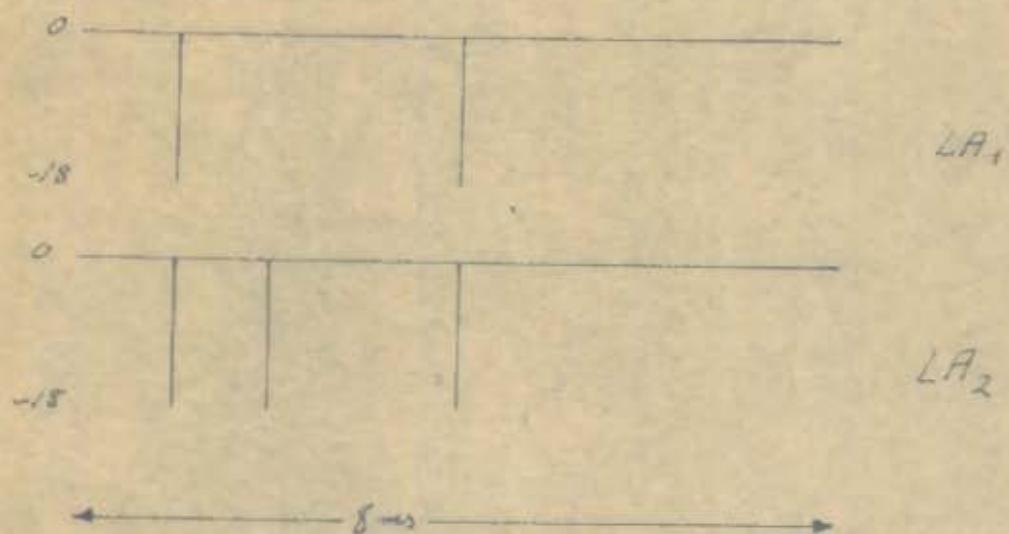


fig 11

2^a parte - Demonstração por meio das lâmpadas e do relógio lento.

Para esta demonstração usaremos um programa comum com ordem de "Parar", e observaremos o desenvolver da operação por meio das lâmpadas, estando em uso o relógio lento.

Propomos o seguinte programa:

1 ^a operação - somar	231	acumulador	231
2 ^a operação - somar	131	acumulador	362
3 ^a operação - subtrair	421	acumulador	-59
4 ^a operação - somar	330	acumulador	271
5 ^a operação - armazenar		acumulador	0
6 ^a operação - subtrair	231	acumulador	-231
7 ^a operação - somar	271	acumulador	40
8 ^a operação - parar		acumulador	40

Na 1^a parte podemos encontrar em código binário os números acima escritos.

A programação da memória numérica é idêntica à 1^a parte.

A programação da memória de instruções e endereços segue os mesmos passos da 1^a parte havendo a seguinte alteração:

Operação 9 - parar memória --- - 1 1 1 - - -

Coloque-se ainda a chave da memória numérica na 5^a posição.

DEMONSTRAÇÃO:

1) Operação.

Instante P₀: Os bits da 1^a instrução e do 1^o endereço gatilham os multivibradores dos registradores de instrução e endereços.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 2ª casa. O multivibrador soma e o multivibrador do 1º endereço são gatilhados.

Acende-se a 1ª lâmpada de instruções, bem como a última de endereços.

Instante P_2 : Soma-se 251 ao acumulador. Nas lâmpadas do acumulador aparecem 00 111 00 111

Instante P_3 : Nada acontece.

Instante P_4 : Voltam ao estado inicial os multivibradores dos registros, o de soma e o de 1º endereço apagando-se as lâmpadas correspondentes.

2) Operação

Instante P_0 : A 2ª instrução e o 2º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 3ª casa.
O multivibrador de soma e o multivibrador do 2º endereço não gatilhados.
Acedem-se a 1ª lâmpada de instruções e a 7ª de endereços.

Instante P_2 : Soma-se 151 ao acumulador cujas lâmpadas mostraram 01 01 001 010

Instante P_3 : Nada acontece

Instante P_4 : Os multivibradores dos registros e os multivibradores de soma e do 1º endereço voltam a sua posição antiga e por conseguinte apagam-se as lâmpadas correspondentes.

3) Operação

Instante P_0 : A 3ª instrução e o 3º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 4ª casa. O multivibrador de subtração e o multivibrador do 3º endereço são gatilhados. Acendem-se a 2ª lâmpada de instruções e a 6ª de endereços.

Instante P_2 : Soma-se o complemento de 111 ao acumulador cujas lâmpadas indicam:
1111 000011. Acende-se a lâmpada do multivibrador de retorno.

Instante P_3 : Nada acontece

Instante P_4 : Acende-se a lâmpada do multivibrador de sinal. O retorno é somado ao acumulador que fica 1111 000 100.

Os multivibradores dos registros, e de subtração e o do 3º endereço voltam a posição inicial apagando-se suas lâmpadas.

4) Operação

Instante P_0 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de retorno. A 1ª instrução e o 4º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 5ª casa. O multivibrador soma e o do 4º endereço são gatilhados. Acendem-se a 1ª lâmpada de instruções e a 5ª de endereços.

Instante P_2 : Soma-se 530 ao acumulador. No painel se lê 0100001110.

Acende-se a lâmpada do multivibrador de retorno.

Instante P_3 : Nada acontece.

Instante P_4 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de sinal. Soma-se o retorno ao acumulador obtendo-se 0100001110.

Apagam-se as lâmpadas do multivibrador de soma e de endereço.

5) Operação

Instante P_0 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de retorno. A 5ª instrução e o 5º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 6ª casa. O multivibrador de armazenamento e o multivibrador do 5º endereço são gatilhados.

Acendem-se a 3ª lâmpada de instruções e a 4ª de endereços.

Instante P_2 : Os números do acumulador gatilham a 5ª memória numérica cujas lâmpadas ficam 0111000010.

Instante P_3 : O acumulador é zerado.

Apagam-se suas lâmpadas no painel.

Instante P_4 : Apagam-se as lâmpadas do multivibrador de armazenamento e de de retorno.

6) Operações

Instante P_0 : A 6ª instrução e o 6º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O contador de instruções e endereços passa para a 7ª casa.
O multivibrador de subtração e o de 12 endereço não gatilham.

Aceende-se a 2ª lâmpada de instruções e a 8ª de endereços.

Instante P_2 : Subtrai-se 251. No acumulador fica:
1100010111.

Aceende-se o multivibrador de retorno.

Instante P_3 : Nada acontece.

Instante P_4 : Aceende-se a lâmpada do multivibrador de sinal. O retorno é somado ao acumulador que fica 1100011000.

Apagam-se as lâmpadas do multivibrador de subtração e endereço.

7) Operação

Instante P_0 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de retorno. A 7ª instrução e o 7º endereço gatilham os multivibradores dos registros.

Instante P_1 : O conteúdo da instrução e endereço passa para a 3^a casa. O multivibrador de soma e o do 5^o endereço são gatilhados.

Aceende-se a 1^a lâmpada de instrução e a 4^a de endereços.

Instante P_2 : Soma-se 271 ao acumulador. No painel aparece 0000100111.

Aceende-se a lâmpada do multivibrador de retorno.

Instante P_3 : Nada acontece.

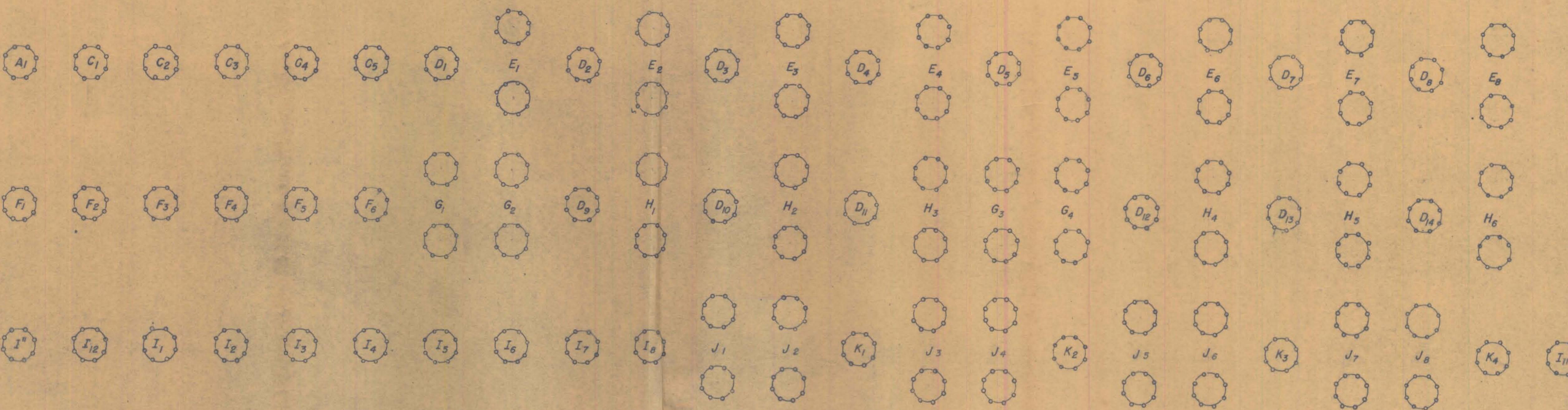
Instante P_4 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de sinal. Soma-se o retorno ao acumulador que fica 0000101000.

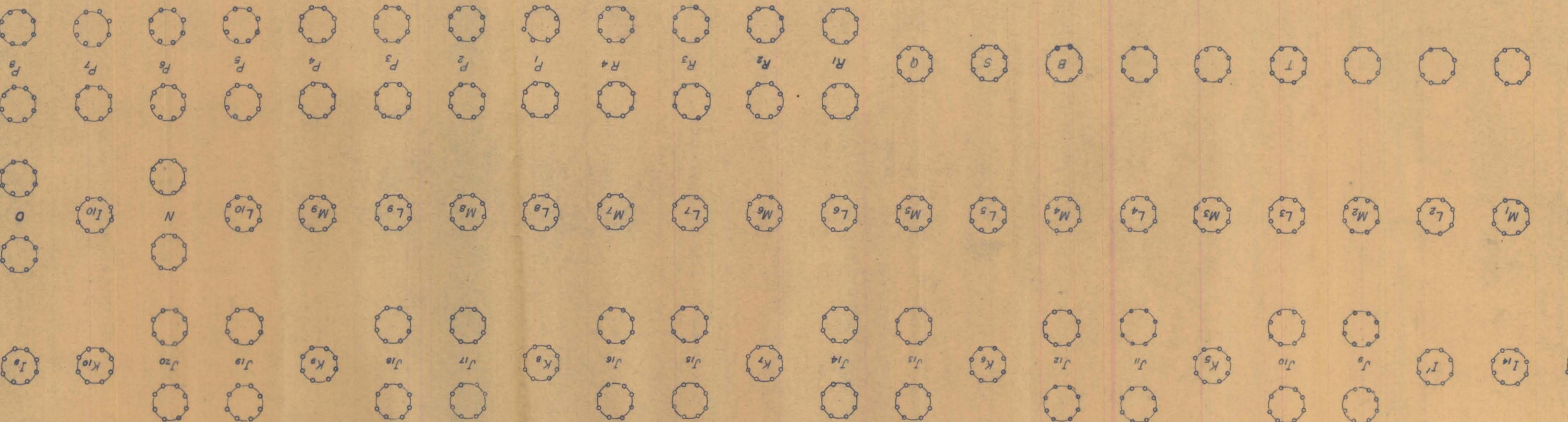
5) Sucessão

Instante P_0 : Apaga-se a lâmpada do multivibrador de retorno. A 1^a instrução gatilha os multivibradores do registro.

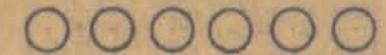
Instante P_1 : O computador para apagando-se a lâmpada de funcionamento e aceendendo-se a de parada.







Lâmpadas da memória
de instruções



Lâmpadas da memória numérica



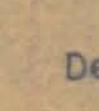
Chaves de posicionamento



Relógio rápido



Relógio lento



Desliga



Liga



Volts



Amperes



Escala



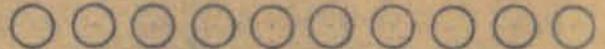
Chave de proteção do
amperímetro



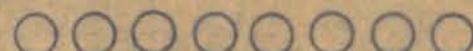
Chave Geral



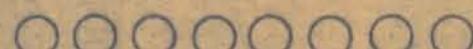
Sinal retorno
"Over-flow"



Lâmpadas do acumulador



Lâmpadas de endereços



Lâmpadas de instruções

MEMÓRIAS

PONTOS
DE
PROVAS