

JOSE GUTEMBERGUE DE ASSIS LIRA

"MEMÓRIA DIGITAL PARA OSCILOSCÓPIO"

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Orientador: Prof. William Lloyd Brandt

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIENCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

Campina Grande(PARAÍBA), março de 1979



L768m Lira, José Gutembergue de Assis.
Memória digital para osciloscópio. / José
Gutembergue de Assis Lira. - Campina Grande - PB:
[s.n], 1979.

50 f.

Orientador: Professor Dr. William Lloyd Brandt.

Dissertação de Mestrado em Engenharia Elétrica -
Universidade Federal da Paraíba; Centro de Ciências e
Tecnologia; Programa de Pós-Graduação em Engenharia
Elétrica.

1. Memória digital para osciloscópio. 2. Análise de
sinais transitórios. 3. Sinais de baixa frequência. 4.
Osciloscópio convencional. 5. Memórias bipolares. 7.
Circuitos híbridos. 8. Processamento de sinais. I.
Título.

CDU: 621.391(043)

MEMÓRIA DIGITAL PARA OSCILOSCÓPIO

POR

JOSÉ GUTEMBERGUE DE ASSIS LIRA

TESE DE MESTRADO:

Apresentada à Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do Grau de Mestre em Ciências.

Comissão examinadora:

Prof. William Lloyd Brandt - eng^o eletrônico

Prof. IVAN ROCHA NETO - Ph.D.

Prof. JOSÉ IVAN CARNAÚBA ACCIOLY - M.Sc.

Prof. JOSÉ HOMERO FEITOSA CAVALCANTI - M.Sc.

Campina Grande, MARÇO DE 1979

Meus agradecimentos

- Ao Prof. William Lloyd Brandt, professor do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, por suas valiosas sugestões durante a orientação e desenvolvimento deste trabalho.
- Aos Profs. Ivan Rocha Neto e Telmo Silva de Araújo, por seu constante incentivo e apoio.
- Ao funcionário Paulo Antônio Medeiros Silva, pela sua dedicada colaboração na execução dos lay-outs para os circuitos impressos.
- À Maria Beatriz Brandão Sá, pelo auxílio na revisão.
- Aos funcionários do Laboratório de Eletônica do Departamento de Engenharia Elétrica.

RESUMO

Mémoria Digital para Osciloscópio é um sistema desenvolvido para análise de sinais transitórios ou de baixa frequência, em osciloscópios convencionais, baseado na conversão do sinal analógico de entrada em digital e, no conseqüente, armazenamento em memórias bipolares.

O sistema enquadra-se na categoria dos circuitos híbridos, combinando as técnicas analógica e digital como recursos para processamento do sinal.

O presente instrumento, após a implementação com componentes de baixo custo e fácil obtenção no comércio, apresentou desempenho satisfatório, em obdiência a características e parâmetros projetados.

		<u>PÁGINA</u>
CAPÍTULO III	- CIRCUITOS	24
3.1	- ATENUADOR DE ENTRADA	25
3.2	- GERADOR DE SINCRONISMO	25
3.3	- RETIFICADOR DE ONDA COMPLETA	26
3.4	- BUFFER/SOMADOR	27
3.5	- CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL	28
3.6	- MEMÓRIAS	29
3.7	- MULTIPLEXADOR/CONTADORES	30
3.8	- OSCILADOR PARA GRAVAÇÃO	31
3.9	- OSCILADOR PARA LEITURA	31
3.10	- LATCH	32
3.11	- GRAVAÇÃO AUTOMÁTICA DE TRANSITÓRIOS	33
3.12	- CONVERSOR DIGITAL-ANALÓGICO	34
3.13	- CHAVE ANALÓGICA	35
3.14	- DIAGRAMA DE TEMPO	36
CAPÍTULO IV	- APLICAÇÕES	37
4.1	- RESPOSTA DE FILTROS	37
4.2	- ANALISADOR DE ESPECTRO	37
4.3	- PESQUISAS BIOLÓGICAS	38
4.3.1	- ELETROMIÓGRAFO	38
4.3.2	- ELETROENCEFALÓGRAFO	38
4.3.3	- ELETROCARDIÓGRAFO	38
4.4	- REGISTRO DE ATIVIDADES ELÉTRICAS NOS VEGETAIS	39

	<u>PÁGINA</u>
APÊNDICE	40
BIBLIOGRAFIA	42

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

Em osciloscópios convencionais é difícil a observação de sinais de baixa frequência. Para tais casos, é necessário que se efetue a retenção da informação, por um certo tempo, que permita a observação e análise do mesmo.

Esta retenção, tradicionalmente se tem feito, por meio de traçadores de gráficos, por fotografia ou por retenção em tubos / de raios catódicos especiais. Nos últimos anos, porém, com o desenvolvimento da tecnologia de memórias eletrônicas digitais, surgiu a possibilidade de reter a informação desejada nestas memórias, / para amostragem ou análise posterior.

A técnica de retenção digital constitui agora, em muitas aplicações, uma alternativa viável para o tubo retentor de visão direta, como o elemento chave de um osciloscópio de retenção.

O presente trabalho descreve as bases da estruturação de um sistema capaz de dotar qualquer osciloscópio convencional de uma memória digital, mantendo a facilidade de uso sem modificação do seu esquema interno.

Dentre as suas inúmeras aplicações destacamos a da gravação de sinais de baixa frequência, onde a lentidão do sinal não permite uma observação contínua do mesmo, e a gravação de transitórios, onde o sinal, não sendo repetitivo, impede uma observação mais demorada do mesmo. Uma vez o sinal armazenado, no caso de fenômenos lentos, este poderá ser lido numa frequência superior ao do sinal original, permitindo uma observação contínua na tela do osciloscó

pio, sem problema de cintilação. Para fenômenos transientes, uma vez gravado, poderá se efetuar a leitura continuamente, possibilitando uma análise mais detalhada do sinal em estudo.

O circuito proposto aumenta de maneira sensível a versatilidade de um osciloscópio comum, dando a este a possibilidade de realizar medidas e comparações de curvas, que anteriormente lhe seria impossível fazer, permitindo gravação em uma velocidade e leitura em uma outra velocidade, ou gravação e leitura simultâneas.

Há ainda alguns recursos adicionais que podem ser incorporados ao projeto básico da retenção digital e, que, dependendo das aplicações a que o usuário irá destinar o aparelho, podem aumentar bastante o campo de aplicações do mesmo. O projeto proposto adquire características de maior importância quando aplicado em outras áreas, permite o registro de fenômenos biológicos e geofísicos, utilizando-se transdutores ou circuitos de interface.

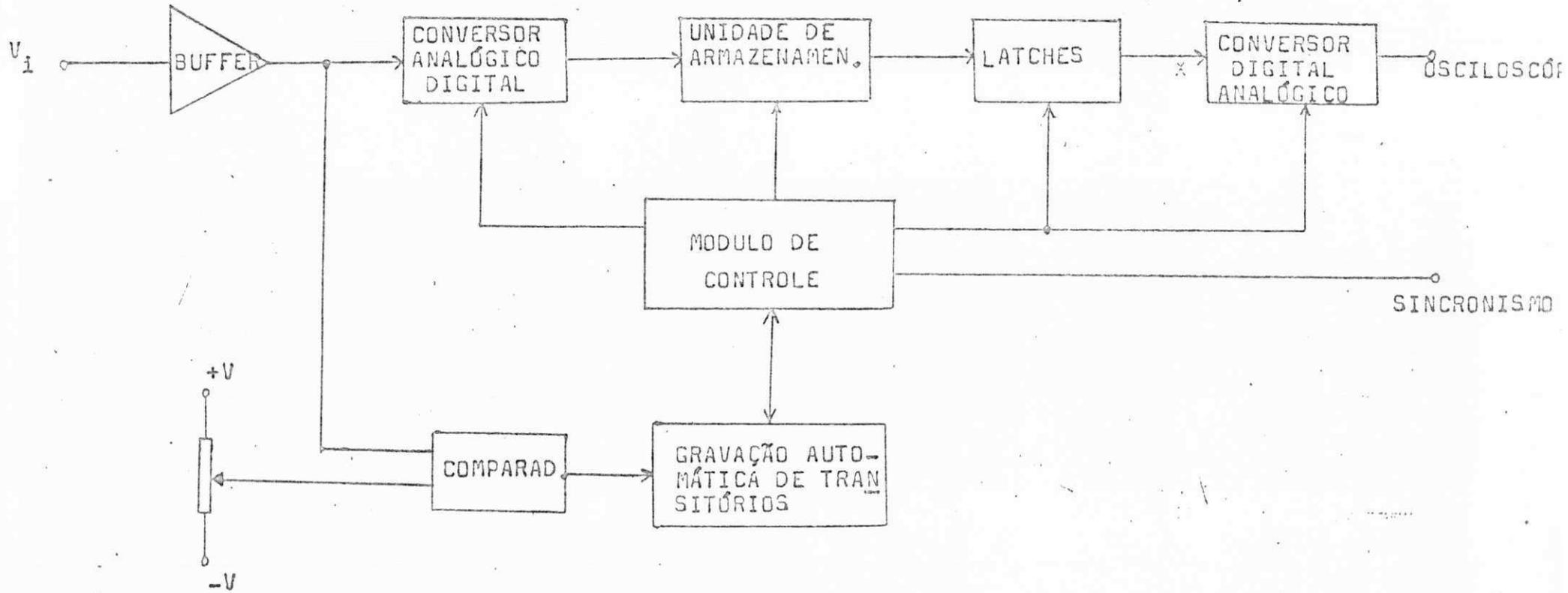
Quando acoplado a módulos acessórios possibilita aplicações específicas, tais como, analisador de espectro, estudo de respostas de filtros, amostragem de pressão, temperatura, luminosidade e outros parâmetros.

Se aparecer na tela um acontecimento de especial interesse, a gravação poderá ser interrompida, bloqueando a entrada de novos dados para o retentor.

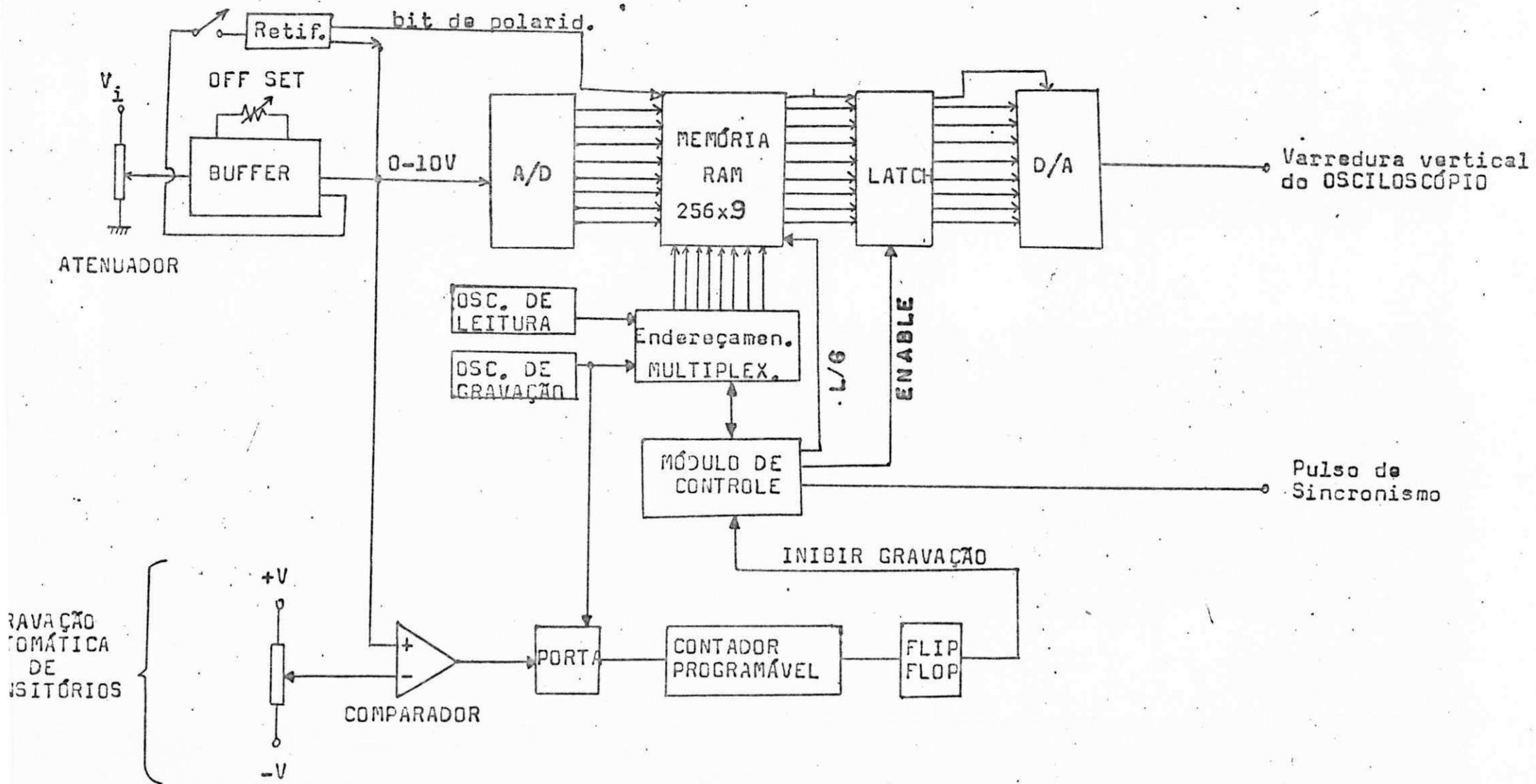
O processo inicia-se com a conversão do sinal analógico em digital e a conseqüente gravação em memórias, em endereços gerados por um módulo de controle que seleciona e comanda a frequência, o tempo e a seqüência da gravação e leitura do sinal. Após a leitura do sinal digitalizado armazenado, este passa por um conversor digital-analógico, sendo então enviado para a entrada vertical do osciloscópio. Efetuada a leitura de toda a informação armazenada,

um pulso de sincronismo é enviado ao osciloscópio e o processo se repete.

DIAGRAMA DE BLOCOS



ESQUEMA GERAL



C A P Í T U L O I I

DESCRIÇÃO DO SISTEMA

2.1 - ATENUADOR DE ENTRADA

Este circuito permite a escolha, através de uma chave, do nível de sinal a ser armazenado, como, também, proteger o sistema / contra a sobretensão na entrada.

O resistor de 100K, em série com a entrada, é destinado a limitar a corrente no diodo zener, no caso de tensão elevada, e o capacitor, em paralelo com o mesmo, permite melhorar a resposta em altas frequências.

Quando o sinal na entrada encontra-se igual ou abaixo de 10V, a configuração de diodos apresentada se comporta como um circuito aberto.

2.2 - BUFFER/OFF-SET

Neste circuito de entrada foi utilizado um amplificador operacional quádruplo BIFET, na configuração seguidor de tensão, para se obter alta impedância na entrada do sistema e não carregar a fonte de sinal. O amplificador operacional utilizado foi o TL084, com slew rate de 12V/us, para permitir o acompanhamento de sinais com variações rápidas.

Os amplificadores operacionais BIFET combinam dois tipos de transistores nos circuitos: os transistores de efeito de campo / (FET's), no estágio de entrada, para obtenção de impedâncias de entrada altíssimas, correntes bastante reduzidas na entrada e maio

nais, no estágio de saída, estão presentes, principalmente, para permitir ao operacional uma grande capacidade de fornecimento de corrente e baixa distorção. Permitem uso eficiente com transdutores de alta impedância e sensores de sinal de baixa energia, usados em medicina e nos equipamentos industriais.

Ao sinal de entrada é possível adicionar um off-set, positivo ou negativo, dependendo do caso, de modo a deixar todo o sinal compreendido entre 0 e 10V, para ser entregue ao estágio seguinte, ou seja, ao conversor analógico-digital.

Como circuito opcional, para evitar o adionamento de uma tensão de off-set ao sinal de entrada, pode-se utilizar a técnica do retificador de onda completa com o bit de polaridade, descrito a seguir.

2.3 - RETIFICADOR/BIT DE POLARIDADE

A idéia consiste em inverter a parte negativa do sinal, a ser entregue ao conversor analógico-digital, e utilizar um comparador que fornece à memória um bit de indicação sobre a polaridade do sinal.

Quando, na saída, o sinal digitalizado é convertido em analógico, o bit de polaridade controla o ganho do amplificador de saída, entre +1 e -1, conforme o sinal seja positivo ou negativo, respectivamente, para a recuperação da informação original.

2.4 - CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL

A maioria dos transdutores, que detetam fenômenos físicos, tais como temperatura, luminosidade, vibração, pressão e outros parâmetros, apresenta sinais analógicos na saída ou se adapta a circuitos analógicos. Isto gerou o aparecimento dos circuitos híbridos, união dos circuitos analógicos imprescindíveis com os circuitos digitais, que fornecem uma outra modalidade para processamento dos sinais.

Chegando a esse ponto, deduzimos que se faz necessária a utilização de um dispositivo que compatibilize as duas partes de tais circuitos, recebendo sinais analógicos e apresentando-os sob a forma digital. Este dispositivo é o conversor analógico-digital

e sua finalidade é fazer tal conversão para o processamento do sinal.

Existem vários sistemas capazes de efetuar tal conversão.

O conversor analógico-digital por rastreamento, com modo / "Pânico", foi escolhido para esta aplicação, devido à sua relativa rapidez de conversão.

O conversor analógico-digital por rastreamento é um sistema com uma saída digital que, continuamente, segue uma entrada analógica. Este conversor é normalmente usado em aplicações de alta velocidade, onde se requer um tempo de conversão da ordem de 1 a 100us.

No conversor por rastreamento o contador é bidirecional, e existem dois comparadores, cada um com um off-set de 0,5 do bit menos significativo. Sempre que o sinal analógico não difere mais do que 0,5 do bit menos significativo da saída do conversor digital-analógico, o contador é estacionário. Mas, se o sinal ficar acima deste nível, um dos comparadores manda o contador incrementar, se ficar abaixo do nível, um dos comparadores manda o contador decrescer. Assim, a saída digital segue, ou rastreia, a entrada analógica. Não há necessidade de "Sample and Hold" na entrada deste tipo de conversor.

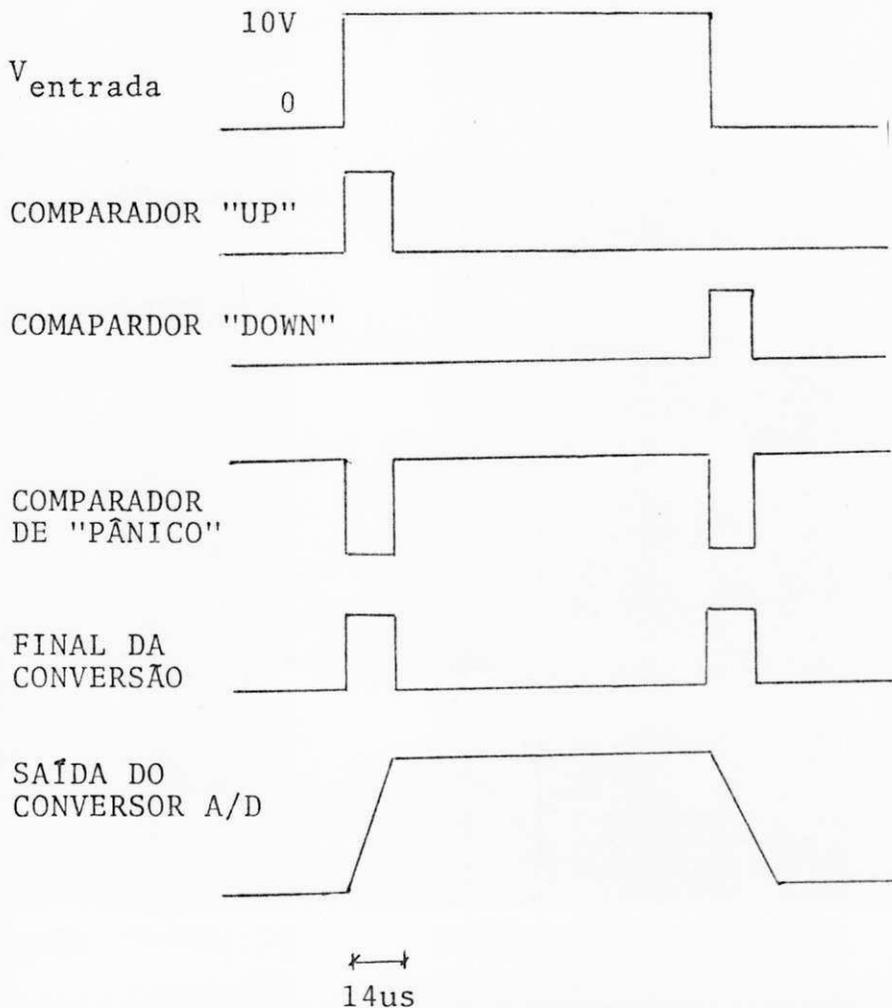
A conversão analógica-digital por aproximação sucessiva é outro método usado para conversão nesta categoria de velocidade.

Algumas vantagens do sistema por rastreamento sobre os sistemas por aproximação sucessiva incluem:

- a) A eliminação da função do "Sample and Hold" na entrada;
- b) Uma saída digital que está continuamente presente e pode ser usada em sistemas de amostragem assíncrona;
- c) Uma conversão ou período de atualização um pouco mais do que o tempo de adaptação (Settling time) do conversor digital-analógico.

Uma outra vantagem do sistema por rastreamento é que, diferentemente da aproximação sucessiva, a saída sempre indica um valor igual ao presente ou do mais recente nível de entrada.

Quando a tensão na entrada do conversor analógico-digital, por rastreamento, varia mais rapidamente do que o slew rate do sistema, a saída não será capaz de seguir a entrada, e então não há necessidade do conversor digital-analógico estabilizar-se entre os pulsos do clock. Neste caso, um outro comparador pode ser empregado como um detetor de janela, para indicar quando a tensão variou mais do que uma dada tensão da faixa deste comparador. Quando isto acontece, o comparador gatilha um multivibrador controlado por tensão, usado como clock, e a frequência do clock é quadruplicada, passando de / 5MHz para 20MHz, e o sistema encontra-se, neste instante, no modo dito "Pânico". Quando a tensão volta a ficar entre 0 e 130mV - a faixa escolhida, neste caso para o detetor de janela - o sistema retoma a sua razão normal de "clock" e segue no modo rastreamento normal. Com isto, a faixa de passagem do sistema é quadruplicada, permitindo o acompanhamento de sinais de frequência maior na entrada.



2.4.1 - DESCRIÇÃO DO CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL

No conversor por rastreamento implementado, utilizou-se dois MC1407, dois contadores UP/DOWN (bidirecionais), um quádruplo NAND gate e um monolítico conversor digital-analógico conforme figura no capítulo seguinte.

O MC1407 consiste de um amplificador operacional de larga faixa de passagem e um comparador de alta velocidade.

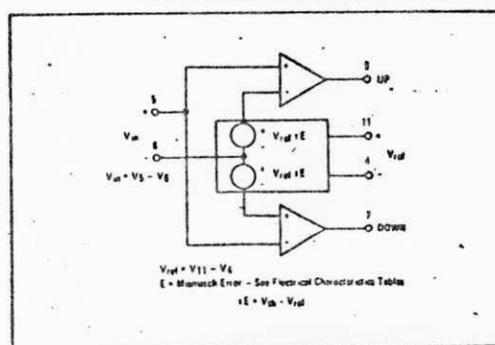
Comparadores analógicos são dispositivos comuns em processamento de sinais, usados para discriminação entre níveis de sinais.

O comparador de janela do MC1407, que possui saída separadas UP e DOWN, indica quando um sinal se encontra dentro de certa faixa e, ainda, quando fora desta faixa, fornece indicação de que se encontra acima ou abaixo. Possui ainda uma entrada diferencial de referência que estabelece ambos "thresholds" do comparador para níveis iguais, mas de polaridades opostas. Pode-se ajustar, simultaneamente, os "thresholds" do comparador com uma simples tensão de referência na entrada.

O amplificador operacional possui um slew rate de 20V/us e um ganho unitário típico em 24 MHz, o que o torna importante em aplicações como buffer de alta velocidade. Além disso, sua saída é protegida contra curto-circuito.

Considerando um fundo de escala de 10V na entrada, a tensão de referência, para o "threshold" do comparador UP/DOWN, deve ser de pelo menos ± 1 bit menos significativo da terra. Para um conversor de 8 bits isto será de 10V/256, ou seja, ± 40 mV. A precisão, para este caso, não poderá ser melhor do que 0,39%, isto é, uma parte em 256.

- COMPARATOR EQUIVALENT CIRCUIT



2.4.2 - OPERAÇÃO DO CONVERSOR ANALÓGICO-DIGITAL

Assumindo que $V_i \neq 0$ e que a saída dos contadores encontra-se em 00000000, e a saída do conversor D/A não fornecendo nenhuma corrente na sua saída, então não haverá nenhuma queda de tensão / sobre o resistor R_{in} . Considere, agora, que V_i cresce até atingir 40 mV, que é o threshold do comparador UP. O comparador UP gatilha e, na próxima descida do clock, um pulso alimentando a entrada UP do contador faz a saída do mesmo crescer para 00000001. A saída em corrente do conversor D/A passa para 8 uA fazendo com que a tensão no nó somador retorne a zero. De maneira similar o sistema poderá contar até qualquer valor, até atingir o fundo de escala 11111111.

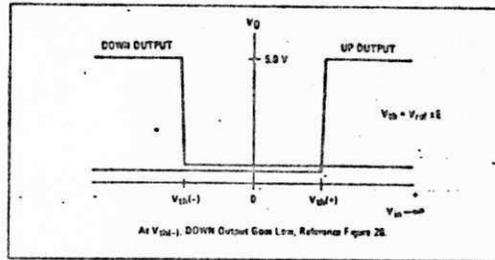
Um capacitor de 100 pF colocado entre as saídas UP e DOWN do comparador melhora o tempo de adaptação.

O conversor analógico-digital por rastreamento, utilizando em sua malha de realimentação de um conversor D/A, portanto a sua precisão não poderá ser melhor que a deste.

Quando a tensão no nó somador se tornar superior a 130 mV, o comparador acionará o clock de maneira a quadruplicar sua frequência, passando de 5 MHz para 20 MHz, proporcionando um tempo quatro vezes menor para alcançar o sinal. Logo que a tensão se torne inferior aos 130 mV, o clock retoma sua frequência normal, e o conversor segue rastreando o sinal. Este tipo de comportamento é particularmente importante, quando se tem onda quadrada na entrada.

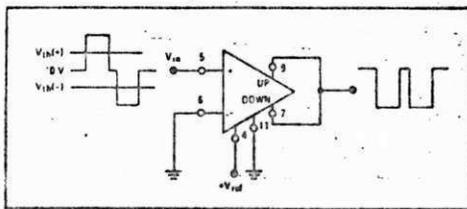
Na conversão contínua de um sinal analógico, este conversor é mais rápido do que um por aproximação sucessiva.

- COMPARATOR TRANSFER CHARACTERISTIC,
POSITIVE REFERENCE VOLTAGE

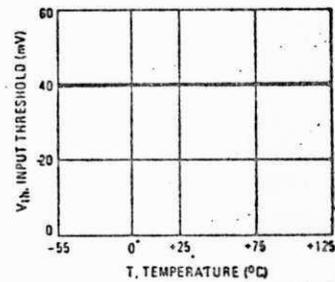


Quando as saídas são conectadas juntas, o nível de saída resulta baixo para uma entrada fora do "threshold".

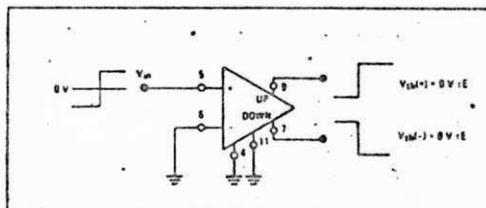
- WINDOW COMPARATOR



- COMPARATOR THRESHOLD
versus TEMPERATURE



- SINGLE THRESHOLD COMPARATOR



2.4.3 - PARÂMETROS

Slew rate é a máxima taxa de variação da tensão de saída, em relação ao tempo, e geralmente é especificada em Volts por microssegundo. É causada pela limitação de corrente e saturação dos estágios internos do amplificador operacional.

Em aplicações onde se espera ondas quadradas na saída, é importante lembrar que a saída do amplificador operacional leva algum tempo para mudar de um nível para outro. Este tempo, que normalmente limita a frequência máxima de operação, é determinado pela variação da tensão de saída, dividida pela slew rate.

Se o sinal de entrada for uma onda senoidal, $A \sin \omega t$, temos / como taxa de variação de saída $\frac{d}{dt}(A \sin \omega t) = A \omega \cos \omega t$, sendo $A \omega$ a máxima taxa de variação. Percebemos, portanto, que a mínima "slew / rate" do amplificador operacional deve ser igual a $A \omega$.

A "slew rate" pode ser determinada por $SR > 2 \pi f_{\max} V_{\text{pico}}$, onde V_{pico} é a variação de tensão desejada, sem distorção e f_{\max} é a máxima frequência envolvida.

Na conversão analógica-digital ou vice-versa o parâmetro SR não é o único critério a se considerar para uma resposta rápida, há, também, o tempo de adaptação (Settling time).

A "Slew rate" do sistema é dada por $SR = \frac{\text{Nº DE BITS}}{\text{SEGUNDO}} \times \text{RESOLUÇÃO}$

$$\text{Nº DE BITS/SEG} = 20 \text{ MHz}$$

$$\text{RESOLUÇÃO} = 40 \text{ mV}$$

$$V_{\text{pico}} = 5V$$

$$\text{Slew rate} = 0,8V/\mu s$$

$$V = V_{\text{pico}} \sin \omega t$$

$$\left. \frac{dV}{dt} \right|_{\max} = \omega V_{\text{pico}} = 2 \pi f V_{\text{pico}}, \text{ donde}$$

$$2 \pi f V_{\text{pico}} = 0,8V/\mu s \quad ; \quad f = 25,5 \text{ KHz}$$

Observa-se, da expressão acima, que se a tensão de pico na entrada for inferior a 5V, para a mesma "slew rate", a frequência máxima envolvida poderá ser superior a 25.5 KHz.

Tempo de conversão é o intervalo de tempo requerido para o conversor gerar uma representação digital de uma entrada analógica.

Resolução é a variação mínima do sinal que o conversor é capaz de detetar.

2.4.4 - CARACTERÍSTICAS DO CONVERSOR A/D

Alimentação:	<u>±</u> 15V, 5V.
Tempo de conversão máximo:	14 us
Resolução:	40 mV
Slew rate:	0.8V/us
Tensão de entrada:	0 a 10V

2.5 - MEMÓRIAS

O sinal digitalizado, juntamente com o bit de polaridade, é armazenado em memórias TTL, em endereços gerados pelos contadores binários de gravação e, posteriormente ou simultaneamente, conforme se deseje, retirado pelos contadores binários de leitura.

Um circuito lógico comanda o gate de leitura e escrita das memórias, para evitar que sejam lidas ou gravadas informações durante as transições de endereços nos contadores.

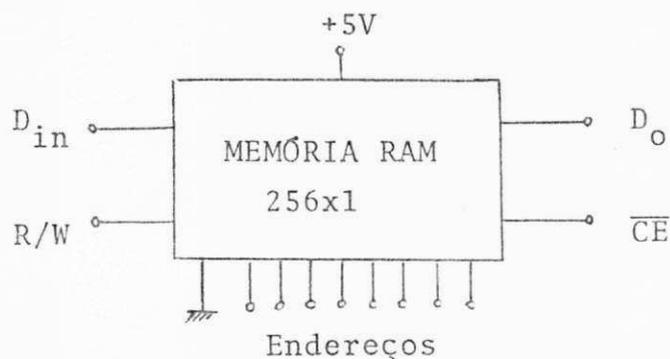
Nesta montagem foram utilizadas 8 memórias do tipo RAM, de 256x1 bits, com todas as linhas de endereço e o controle R/W em paralelo, para armazenar o sinal digitalizado em 8 bits, e 1 memória para ir armazenando o bit de polaridade correspondente.

A sigla RAM abrevia a designação "Random Access Memory", ou seja, memória de acesso aleatório. Com estas memórias é possível escrever ou ler, em qualquer célula da memória, de acordo com o endereço escolhido. Ao gravarmos dados num certo endereço, automaticamente, estamos apagando a informação anterior contida neste endereço.

Especificações dos terminais do CI utilizado:

- D_o - pelo qual saem os dados, na leitura;
- D_{in} - pelo qual entram os dados a serem gravados;
- R/W - que decide se a operação a ser efetuada é uma leitura ou uma escrita;
- \overline{CE} - que serve para desativar a memória, quando tipos especiais de conexão são utilizados. Durante a operação normal da memória a linha \overline{CE} deve ser aterrada.

A saída D_o é complementar da informação D_{in} .



2.6 - ENDEREÇAMENTO

O funcionamento dos contadores é bastante simples. Para cada pulso da base de tempo injetado na entrada do mesmo, este incrementa uma unidade na forma binária, indicando o endereço seguinte.

No endereçamento foram utilizados contadores binários para gerar os endereços às memórias, onde seriam gravadas ou lidas as informações.

Optou-se por se efetuar a leitura do sinal armazenado, sempre, numa frequência superior à maior frequência de gravação; podendo-se variar tanto a frequência de leitura como a de gravação, vindo a oferecer uma simplificação à implementação lógica do sistema.

2.7 - MULTIPLEXADOR

O multiplexador utilizado é do tipo de duas entradas e uma saída. Em uma das entradas colocamos o endereço de leitura e na outra os 8 bits correspondentes ao endereço de gravação.

O multiplexador tem a finalidade de permitir a seleção de uma das duas entradas de endereços a uma única saída de endereçamento para as memórias. Um circuito lógico, em sincronismo com o multiplexador, informa às memórias se o endereço é correspondente à gravação ou leitura.

2.8 - BASE DE TEMPO DE LEITURA

Como oscilador de leitura utilizou-se um multivibrador controlado por tensão, com frequência máxima de operação de 15 MHz, ou seja, igual ao que foi utilizado como base de tempo no conversor analógico-digital. A frequência de saída pode ser variada através de um potenciômetro pela variação do controle no multivibrador.

Na saída do multivibrador colocou-se um flip-flop tipo D, de referência 7474, para dividir a frequência por dois e permitir a implementação do circuito lógico que comanda os tempos de leitura e gravação do sinal.

2.9 - BASE DE TEMPO DE GRAVAÇÃO

Para gerar a base de tempo aos contadores de gravação, utiliza-se 3 inversores, funcionando como multivibrador astável, por a apresentar em um de seus elos de realimentação um circuito RC, que determina a frequência de oscilação. Para efetivar as mudanças de frequência utiliza-se alguns capacitores, que são selecionados por uma chave.

Como o CI escolhido possui 6 inversores, os 3 inversores restantes são ligados em paralelo, com a função de melhorar a quadratura do sinal fornecido pelo multivibrador, e atuar como uma espécie de buffer, reforçando a saída de corrente entre o multivibrador e os contadores.

Além da função acima especificada, a base de tempo para os contadores de gravação serve, também, como base de tempo ao contador programável, quando este inicia a contagem regressiva para inibir a gravação.

O oscilador de gravação opera de maneira a mudar os endereços da memória, em um ritmo suficiente, para acompanhar as variações do sinal da entrada.

Uma base de tempo e um contador de 8 bits são os elementos básicos para gerar os endereços.

2.10 - REGISTRADORES

O registrador destina-se a evitar que os valores digitalizados sejam transferidos para o conversor digital-analógico, durante as mudanças de endereços nas memórias.

A função do registrador pode ser entendida como um dispositivo que retém certa informação da memória, permanecendo assim, enquan

to se deseje. Quando o "enable" passa ao estado "1", permite a transferência dos bits da memória para o conversor D/A. Portanto, na saída do registrador, sempre temos o conteúdo da última informação lida da memória.

Na implementação desses registradores, utilizou-se circuitos latches.

Uma outra função do registrador é converter cada bit de entrada em seu complementar, uma vez que a memória RAM utilizada complementa todos os bits de entrada durante a leitura. Para isto, preferiu-se as saídas \bar{Q} dos circuitos latches.

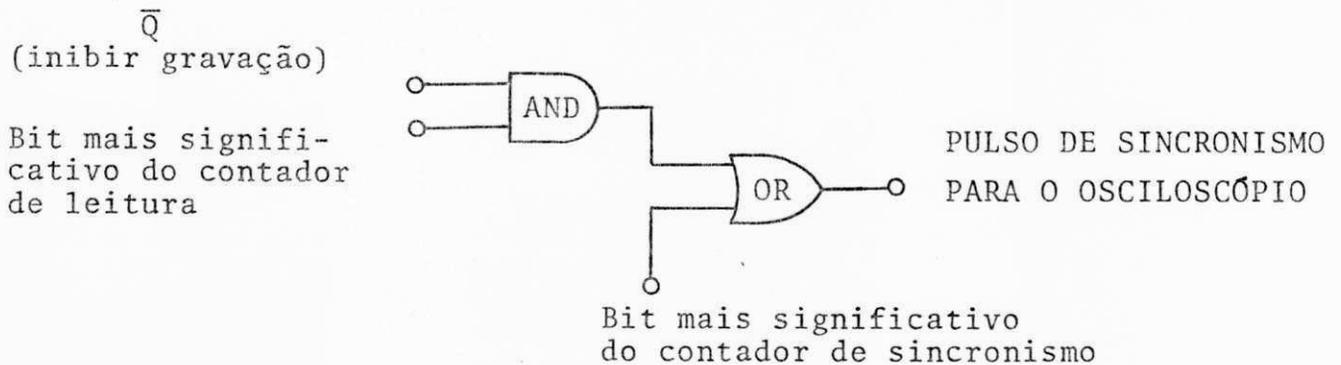
2.11 - GERADOR DE SINCRONISMO

A função do gerador de sincronismo é fornecer ao osciloscópio um pulso, para sincronizar a leitura do sinal com o início da varredura horizontal do osciloscópio.

A idéia baseia-se num contador binário, de 8 bits, associado a um circuito lógico, que opera em duas condições distintas:

a) EM TRANSITÓRIOS - Quando o contador programável do circuito de gravação de transitório termina a contagem, o pulso do "borrow" faz a saída \bar{Q} do flip-flop ir para o estado "0", e o contador de sincronismo iniciar a contagem na mesma frequência do clock de leitura. Ao atingir o endereço 256, aproveitamos o pulso do bit mais significativo deste contador para enviá-lo ao sincronismo do osciloscópio. Com isto, temos assegurado, que o início da varredura horizontal coincidirá com a leitura do conteúdo do endereço que contém o início da informação gravada.

b) COM GRAVAÇÃO E LEITURA SIMULTÂNEA - O contador, utilizado como gerador de sincronismo, permanece zerado, sem contar, e os pulsos de sincronismo, nesta condição, serão fornecidos pela saída do bit mais significativo do contador de leitura.



2.12 - MÓDULO DE CONTROLE

A função do controle lógico consiste em ordenar a sequência das informações que entram e saem da memória e iniciar a ação de leitura ou gravação.

Este módulo fornece o "enable" para os latches, permitindo a leitura após a estabilização do endereço nas memórias, e evitando que seja efetuada a leitura durante uma mudança de endereços.

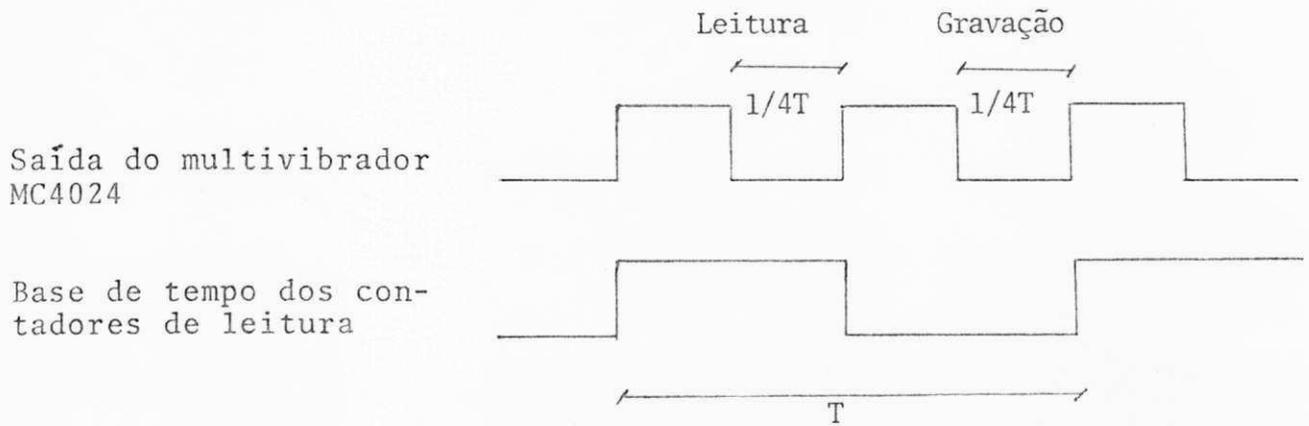
Aproveitou-se a base de tempo dos contadores de leitura para selecionar nos multiplexadores os endereços de leitura ou de gravação. Quando o "clock" dos contadores de leitura está no estado "1" é selecionado o endereço para leitura, quando se encontra no estado "0" é selecionado o endereço para gravação. (Vide Diagrama de tempo). Para evitar que seja efetuada uma leitura ou gravação logo após esta seleção, um circuito lógico, formado por NANDs e OR, aguarda ainda 1/4 deste período para mandar efetivar a leitura ou gravação.

Quando o "enable" encontra-se no estado "1" possibilita a transferência, pelo registrador, dos dados da memória para o conversor digital-analógico, enquanto que no estado "0" nenhuma leitura é efetivada.

Quando o controle LER/GRAVAR se encontra no estado "1" é facultada a leitura e no estado "0" à gravação.

Para inibir a leitura, uma chave externa C_2 , aplica o nível "0" ao "clear" da base de tempo dos contadores de leitura.

Para uma melhor compreensão da lógica implementada, acima / descrita, observe o diagrama de tempo correspondente.



2.13 - GRAVAÇÃO DE TRANSITÓRIOS

Este modo de operação será particularmente útil em muitas aplicações, em que seja necessário verificar como um fenômeno transiente evolui.

Um comparador, com saída compatível para TTL, compara o nível do sinal de entrada com uma tensão de referência desejada, variável por um potenciômetro, e aciona um flip-flop tipo D, 7474, permitindo que a base de tempo do contador de gravação passe também para um contador programável. Este, contando para baixo, ao zerar sua saída, envia um pulso para outro flip-flop tipo D, cuja saída \bar{Q} inibe a gravação, quando se encontra no estado "0".

A quantidade de pontos, a serem gravados após o disparo do comparador, é selecionada por chaves, que aterram as entradas do contador programável, com nível "0", segundo o correspondente binário, deixando em aberto as entradas em que se deseja o nível / "1". Isto porque as entradas dos circuitos TTL assumem o estado / "1", quando abertas.

A mesma saída \bar{Q} do segundo flip-flop é destinada ao "clear" do contador binário, usado no gerador de sincronismo, para sincronizar o início da varredura do osciloscópio com o endereço que contém o início da informação gravada.

Foi utilizado o circuito integrado 7474 por possuir dois flip-flops tipo D em um único chip.

Antes de iniciar a gravação do fenômeno desejado, a chave C_1 zera as saídas Q de ambos os flip-flops e carrega o endereço selecionado na saída do contador programável.

2.14 - CONVERSOR DIGITAL-ANALÓGICO

O conversor digital-analógico produz uma saída analógica que é diretamente proporcional à sua entrada digital.

Os conversores com saída em corrente tendem a ser mais rápidos que os com saída em tensão, devido ao tempo necessário em carregar e descarregar as capacitâncias parasíticas em cada mudança de tensão.

Existem vários circuitos práticos para conversores D/A. O tipo escolhido para este projeto foi o de configuração escada R/2R, / que reduz grandemente os problemas de variação de temperatura, pois usa só dois valores de resistores, qualquer que seja o número de bits. A razão dos resistores é mais crítica do que seus valores absolutos.

O MC1508 é constituído de um amplificador de corrente de referência, de uma configuração de resistores R/2R e de 8 chaves de corrente de alta velocidade. O amplificador de corrente de referência fornece uma corrente máxima de 2 mA. A corrente de saída varia em passos de 8 uA. O pior caso, para o tempo de chaveamento, ocorre quando todos os bits são chaveados do estado "0" para o estado "1". Este tempo, "settling time", é tipicamente, para este caso de 8 bits, de 300 ns. Para este conversor D/A a "slew rate" de corrente é da ordem de 4mA/us.

A precisão na saída do MC1508 é essencialmente constante com a temperatura, devido ao acompanhamento da relação de resistores / R/2R integrados monoliticamente.

Na saída do conversor digital-analógico utilizou-se um conversor corrente-tensão, para uma obtenção de uma saída em tensão, além de subtrair deste sinal o mesmo off-set introduzido no estágio de entrada do sistema.

Como o amplificador operacional escolhido, TL084, possui uma frequência de transição inferior a frequência do clock do conversor analógico-digital, tornou-se desnecessário o acréscimo de um filtro passa-baixa, para eliminação do ruído gerado pela aquela base de tempo.

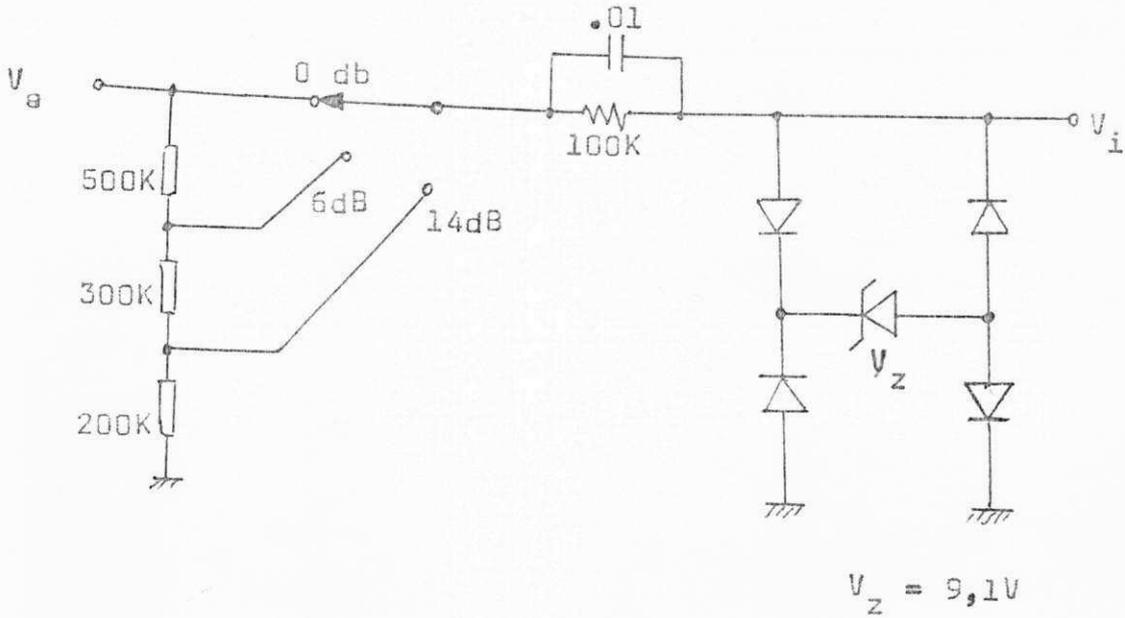
Ajustar V_{ref} , R_1 e R para que, com todas as entradas no nível alto, tenhamos na saída $V_o = 9,961V$.

$$V_o = \frac{V_{ref}}{R_1} \left(\frac{A1}{2} + \frac{A2}{4} + \frac{A3}{8} + \frac{A4}{16} + \frac{A5}{32} + \frac{A6}{64} + \frac{A7}{128} + \frac{A8}{256} \right)$$

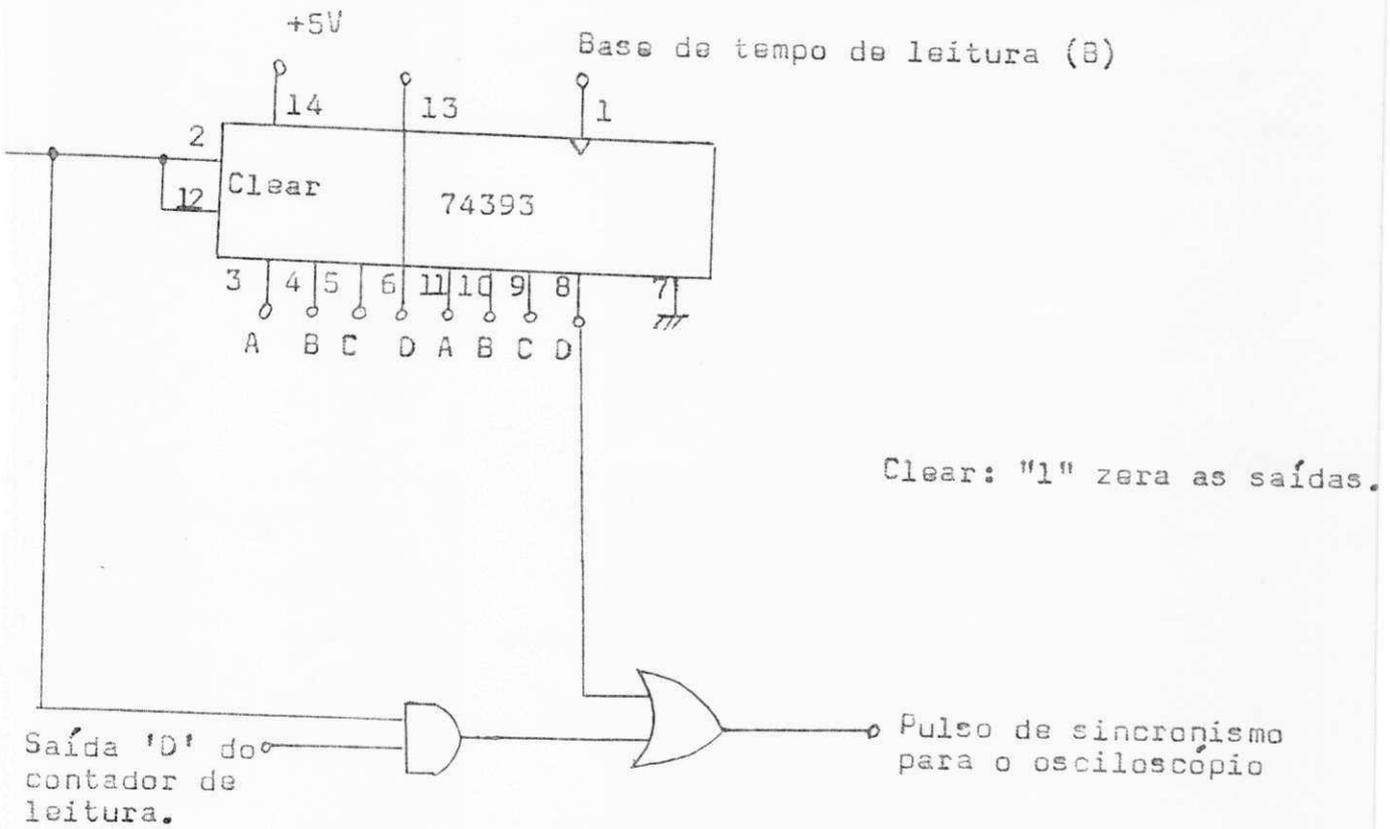
CAPÍTULO III

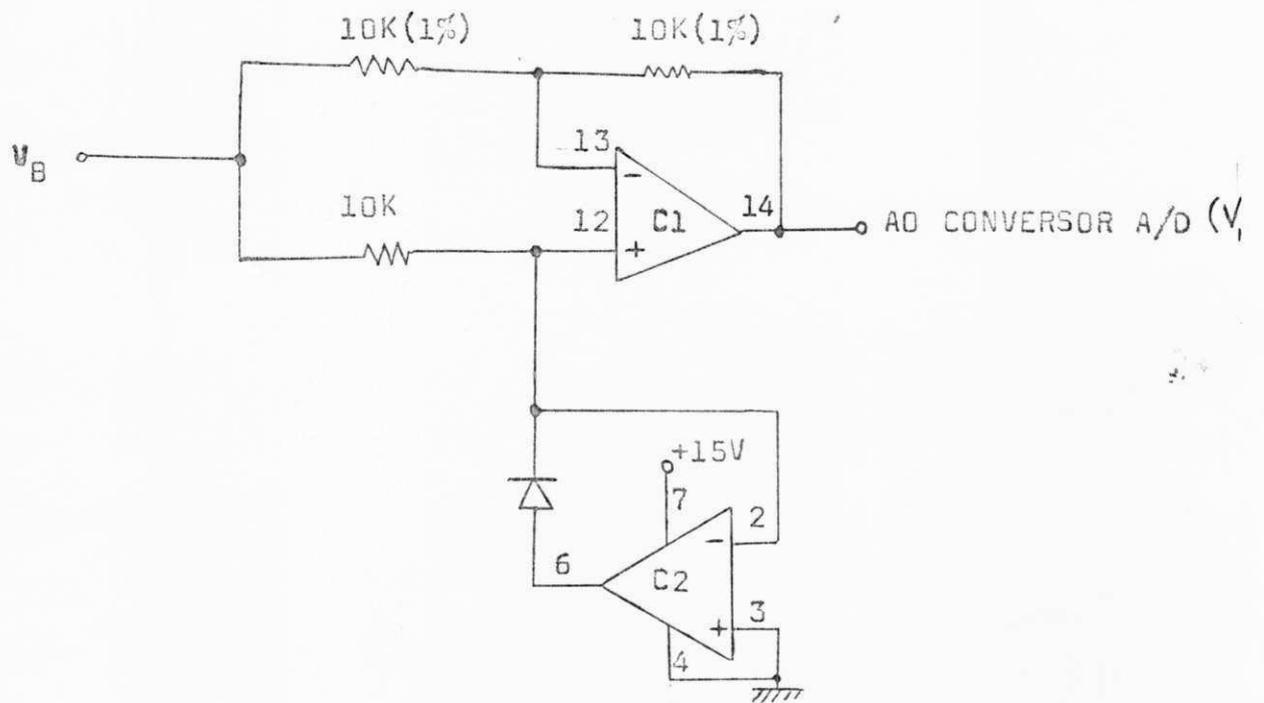
CIRCUITOS

CAPÍTULO III
CIRCUITOS
ATENUADOR DE ENTRADA



GERADOR DE SINCRONISMO

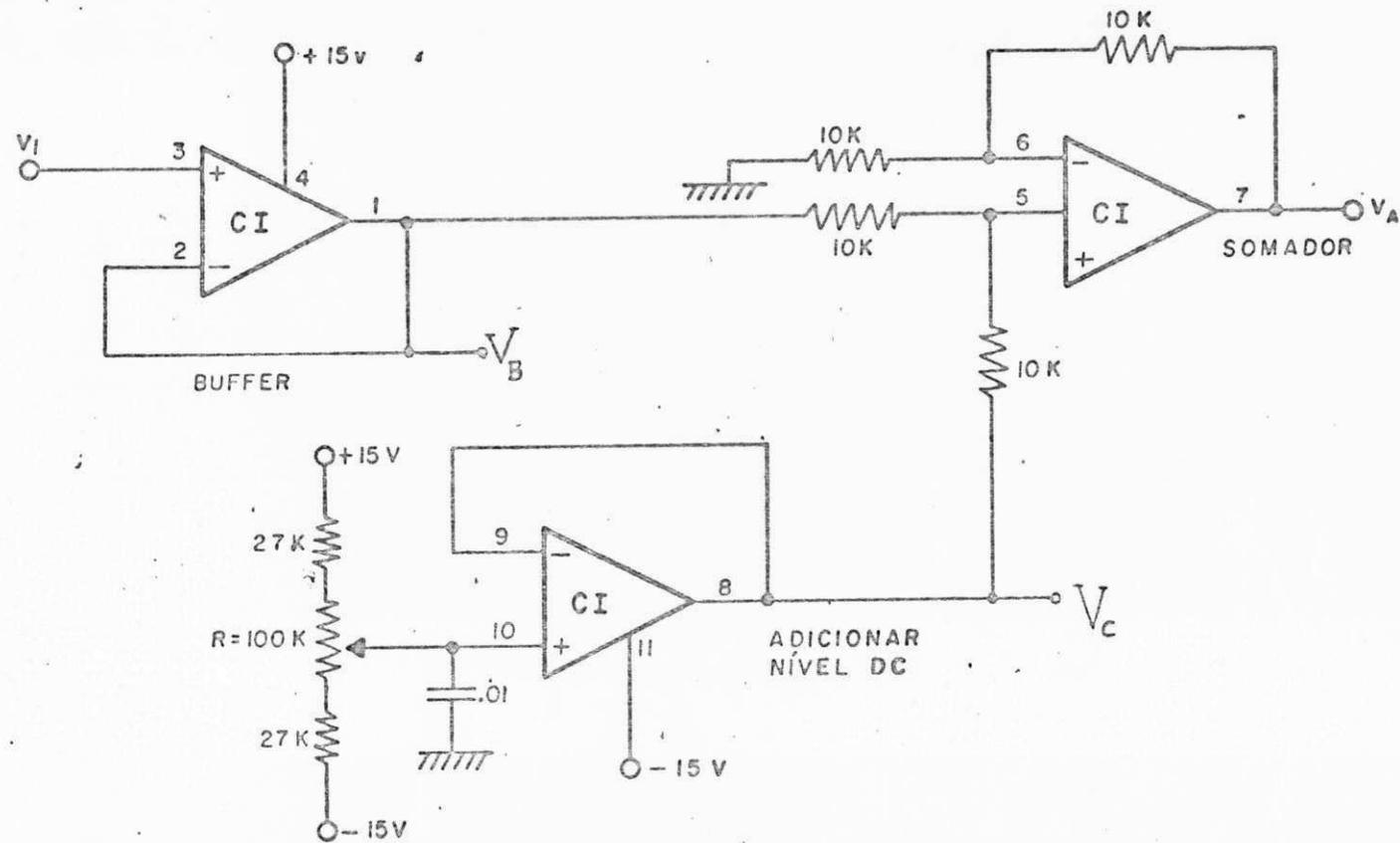


RETIFICADOR DE ONDA COMPLETA

C1: TL084

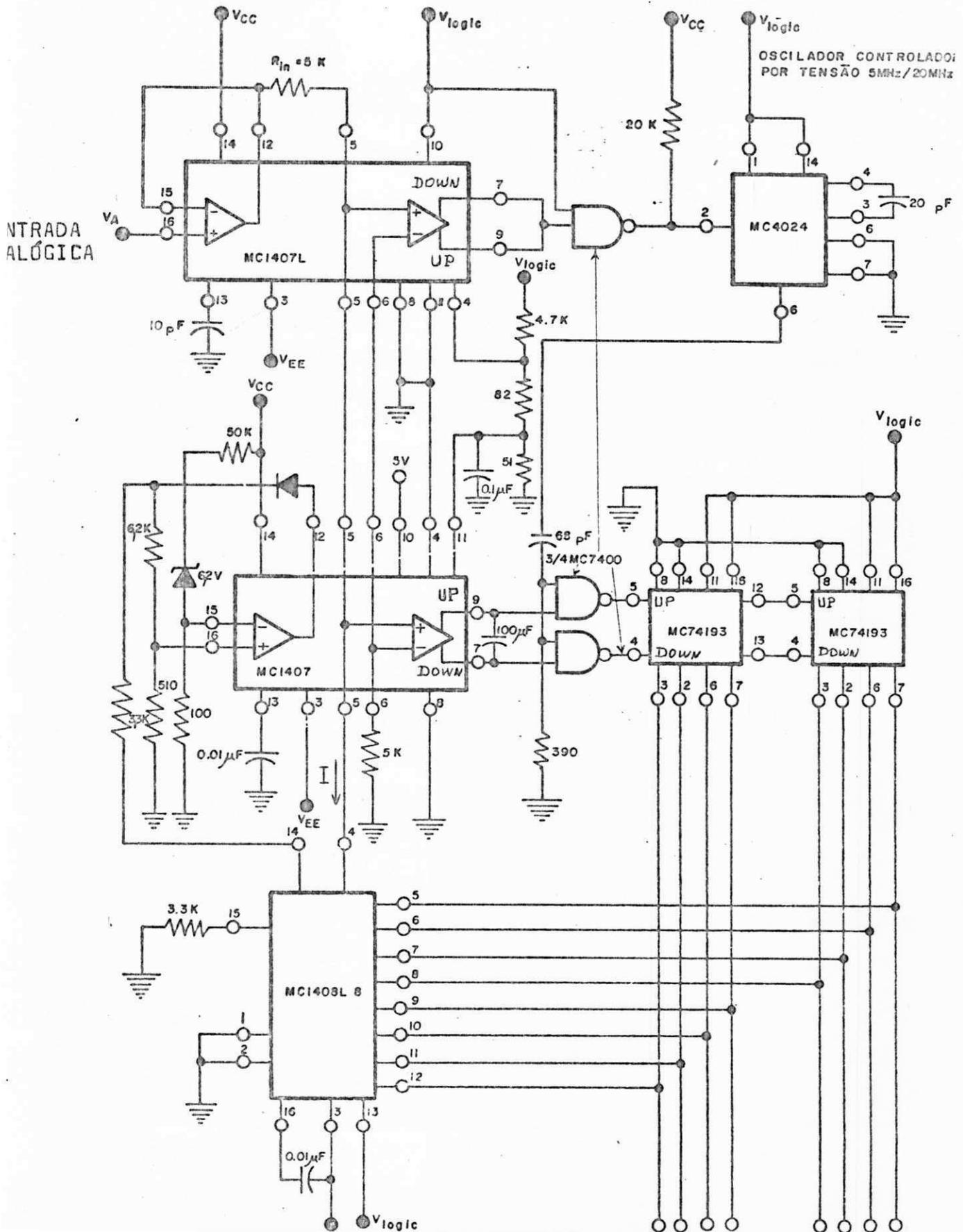
C2: 3140

BUFFER / SOMADOR

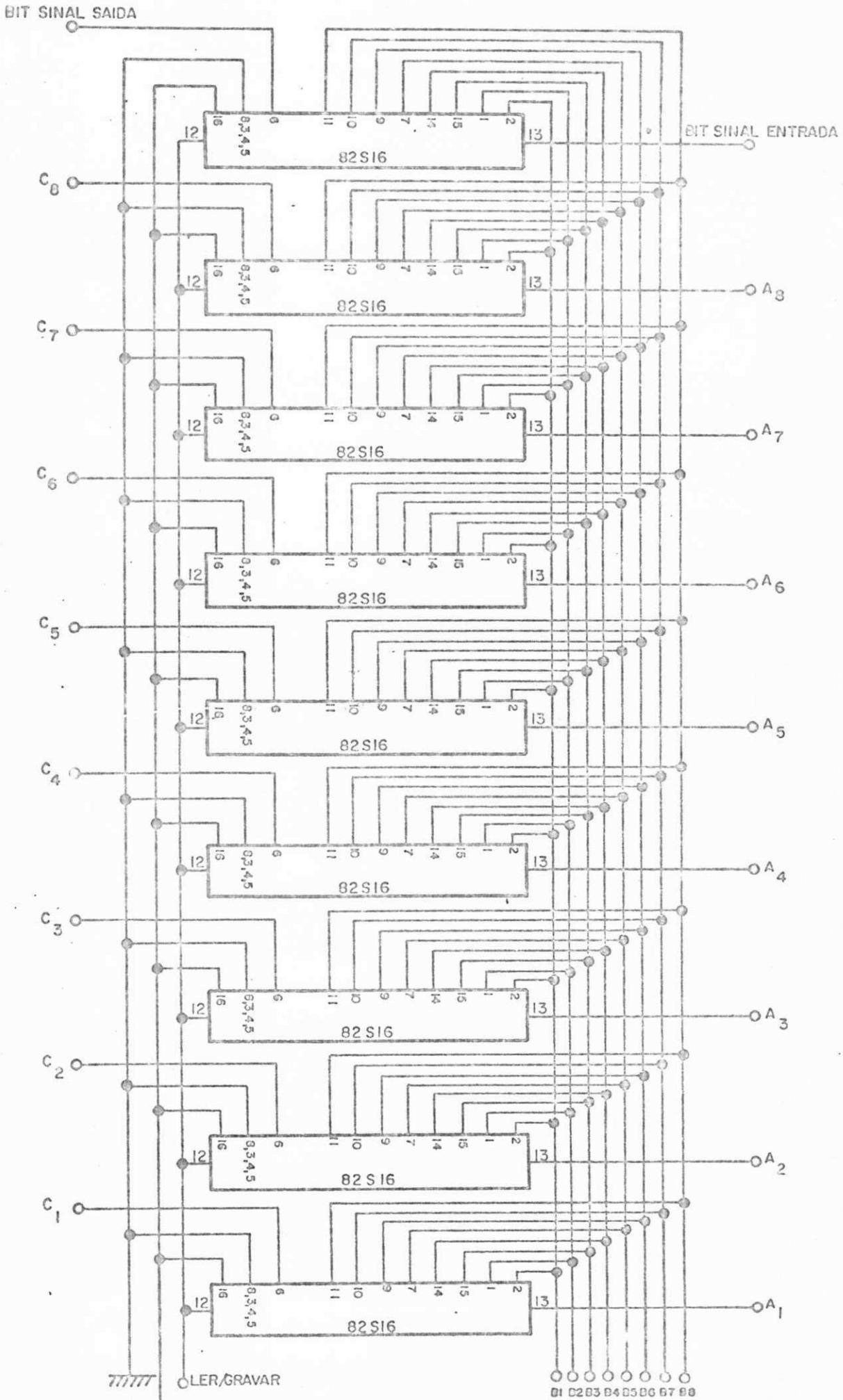


CI — TL084
 AJUSTAR R, PARA QUANDO $V_i = 0$ — $V_A = +5\text{V}$
 $V_i = \pm 5\text{V}$

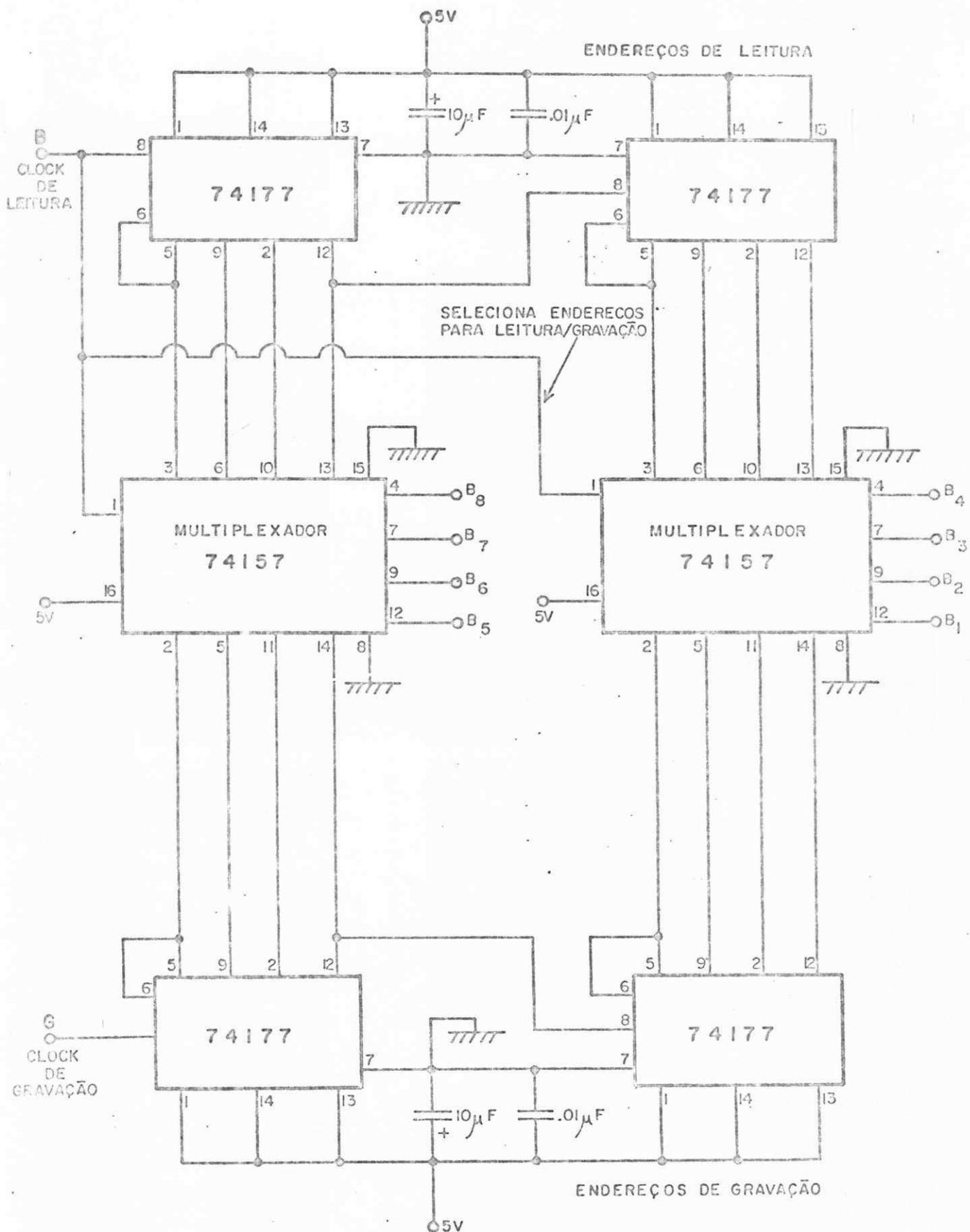
CONVERSOR ANALÓGICO / DIGITAL



MEMÓRIAS



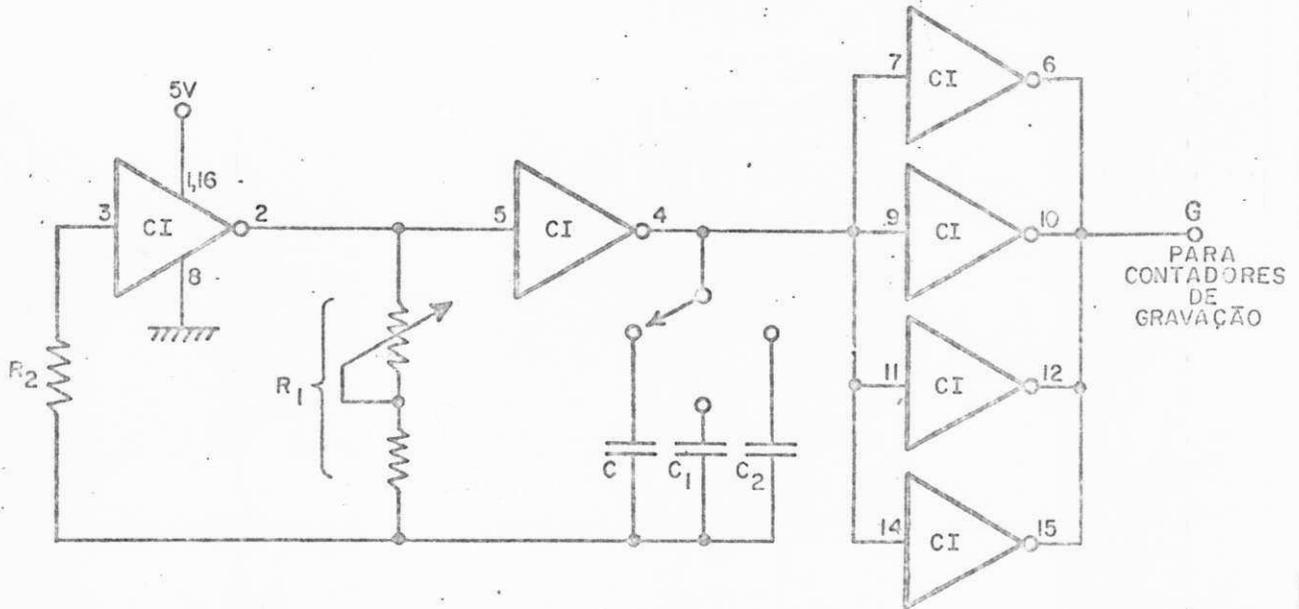
MULTIPLEXADOR / CONTADORES



74177 → CONTADOR BINÁRIO

74157 → SELETOR DE DADOS 2-1 LINHA / MULTIPLEXADOR

OSCILADOR PARA GRAVAÇÃO (ONDA QUADRADA)

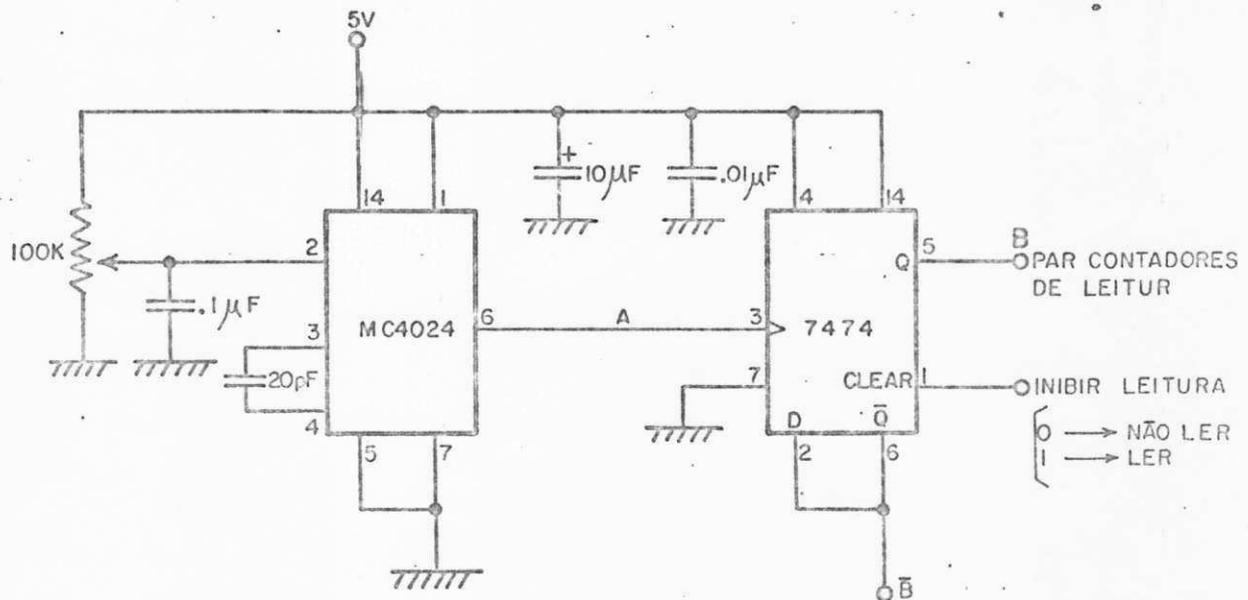


CI: 4009 OU 4049 (HEX BUFFERS) CMOS

$T \approx 2,2RC$

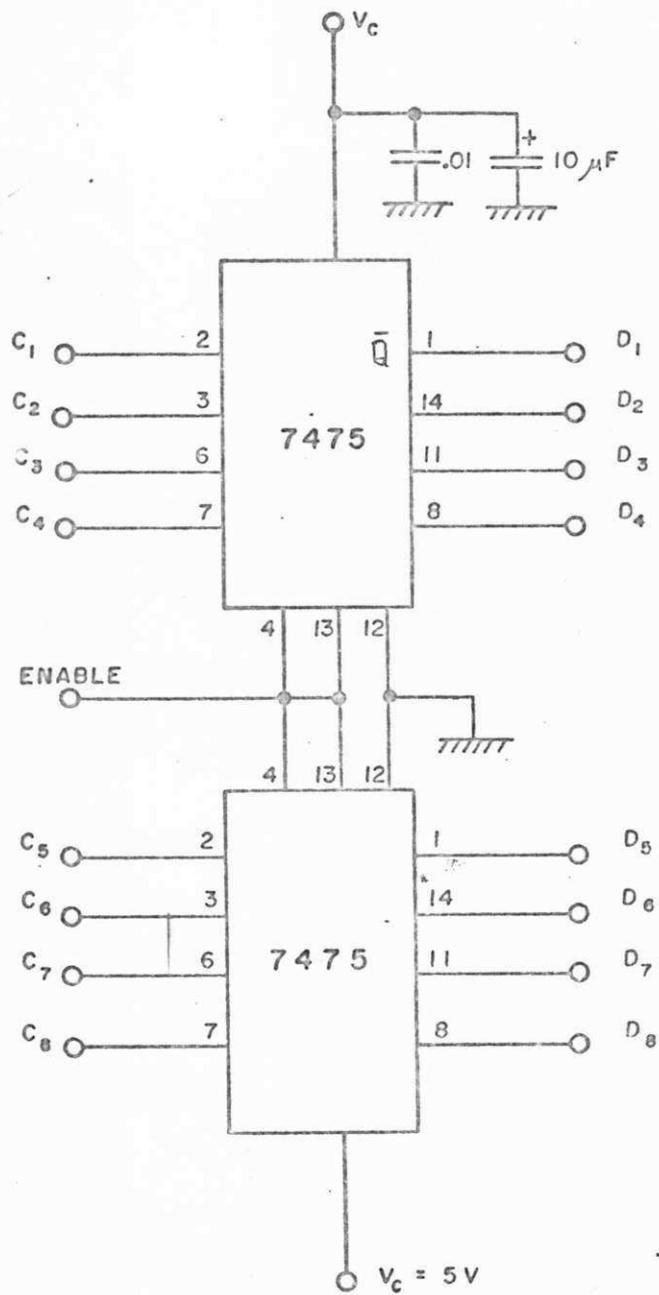
$10K < R; < 1M$

OSCILADOR PARA LEITURA

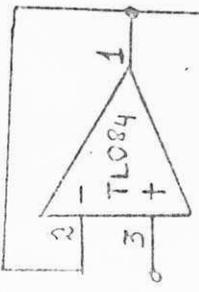


MC4024 → MULTIVIBRADOR CONTROLADO POR TENSÃO

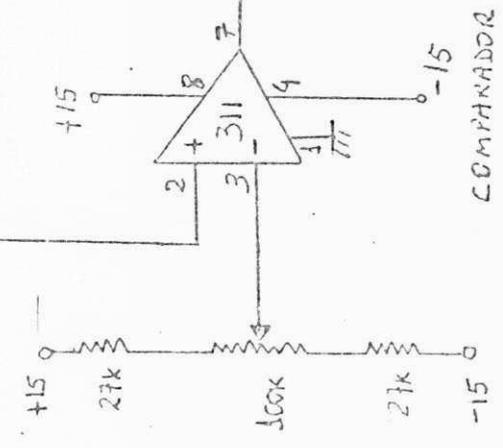
7474 → FLIP-FLOP TIPO D

LATCH

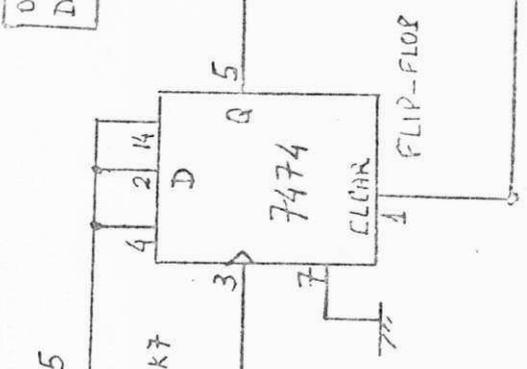
BUFFER



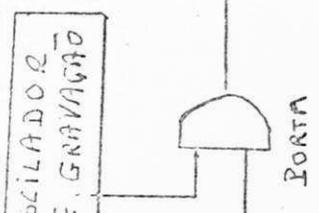
V_i



COMPARADOR

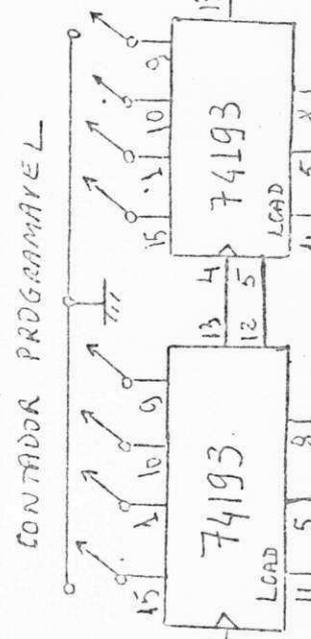


FLIP-FLOP

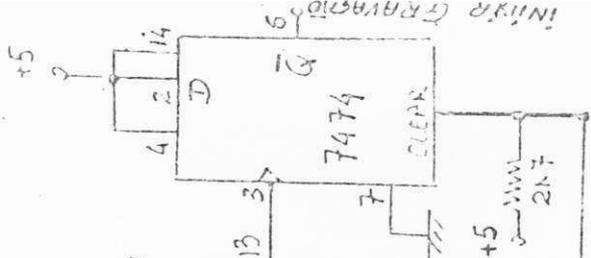


PORTA

OSCILADOR DE GNARVAGAO



CONTADOR PROGRAMAVEL



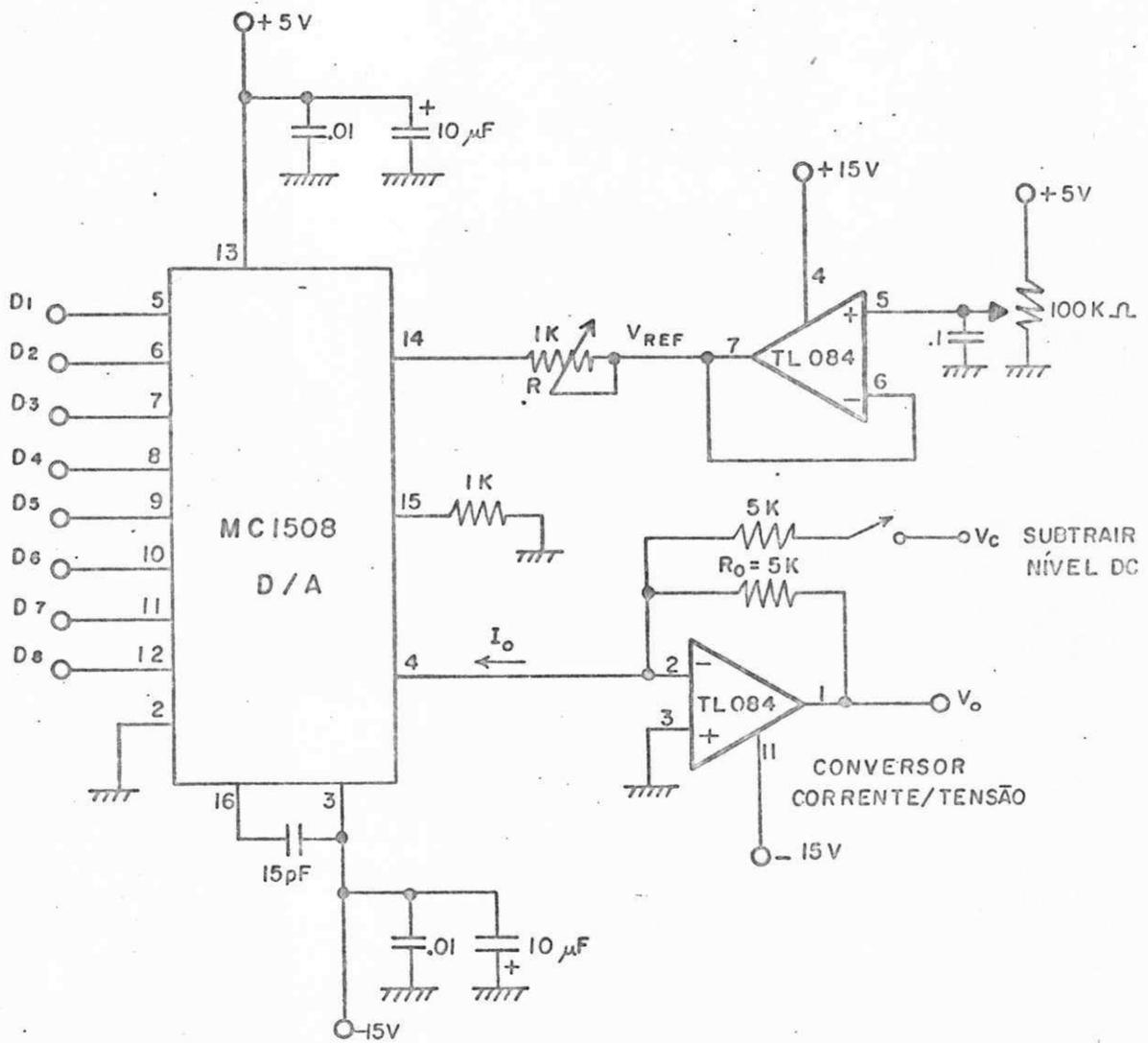
CLEAR

+5

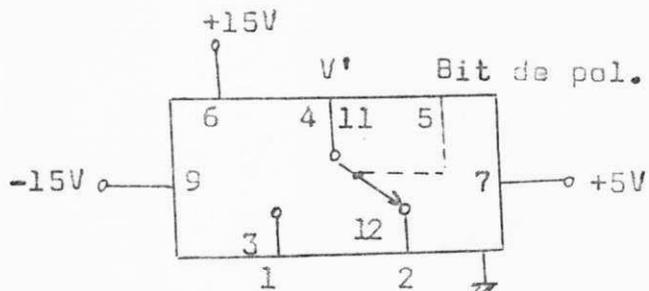
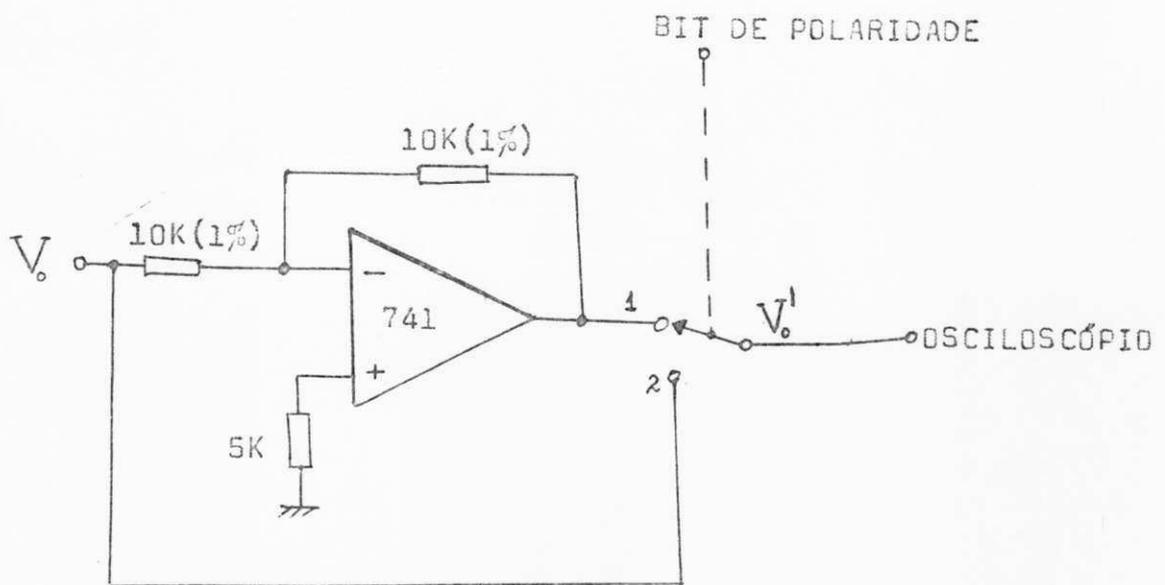
2k7

INIR TRAVAO

CONVERSOR DIGITAL / ANALÓGICO

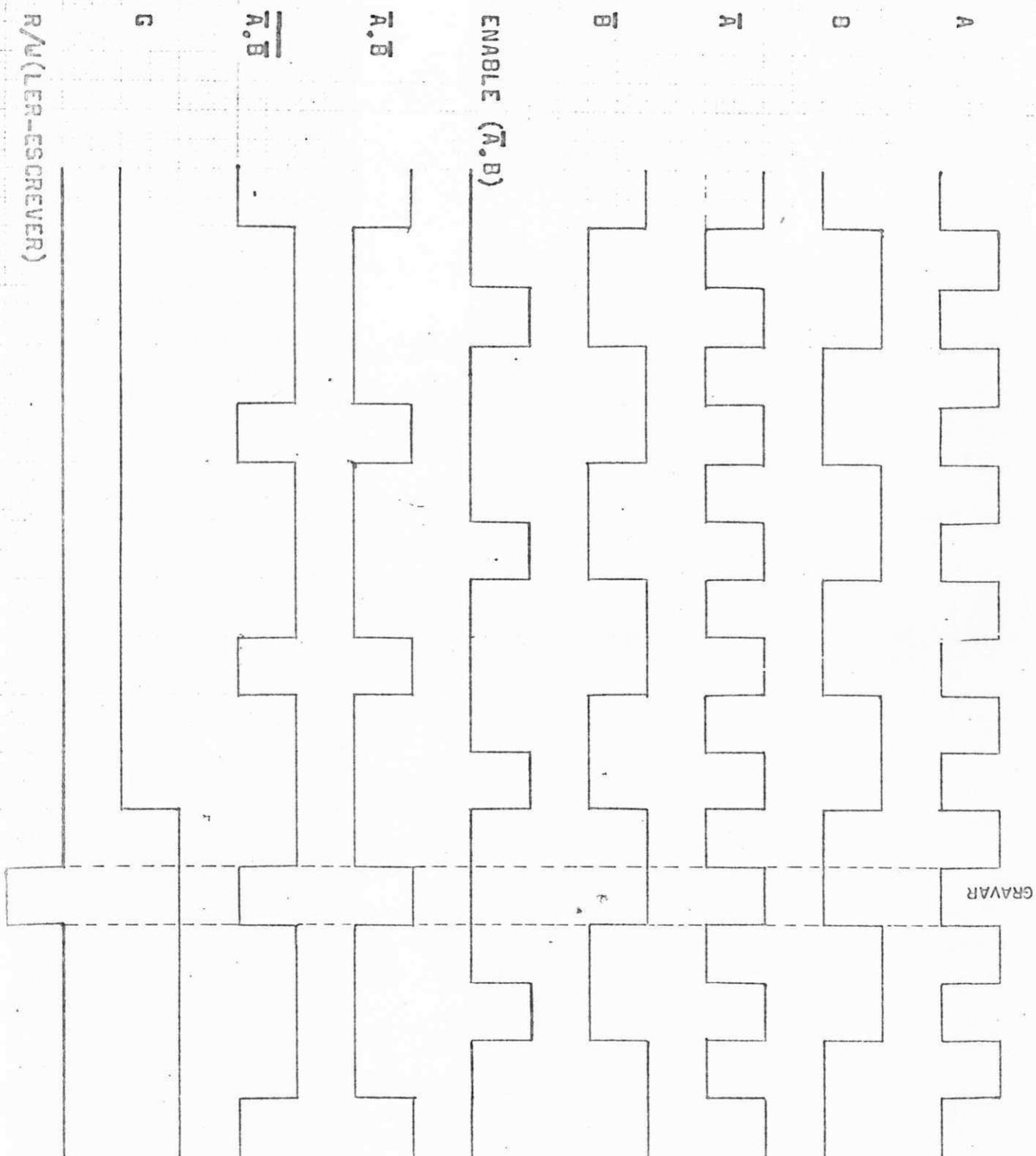


$$\left\{ \begin{array}{l} V_{REF} = 2V \\ R = 1K \\ R_0 = 5K \end{array} \right.$$

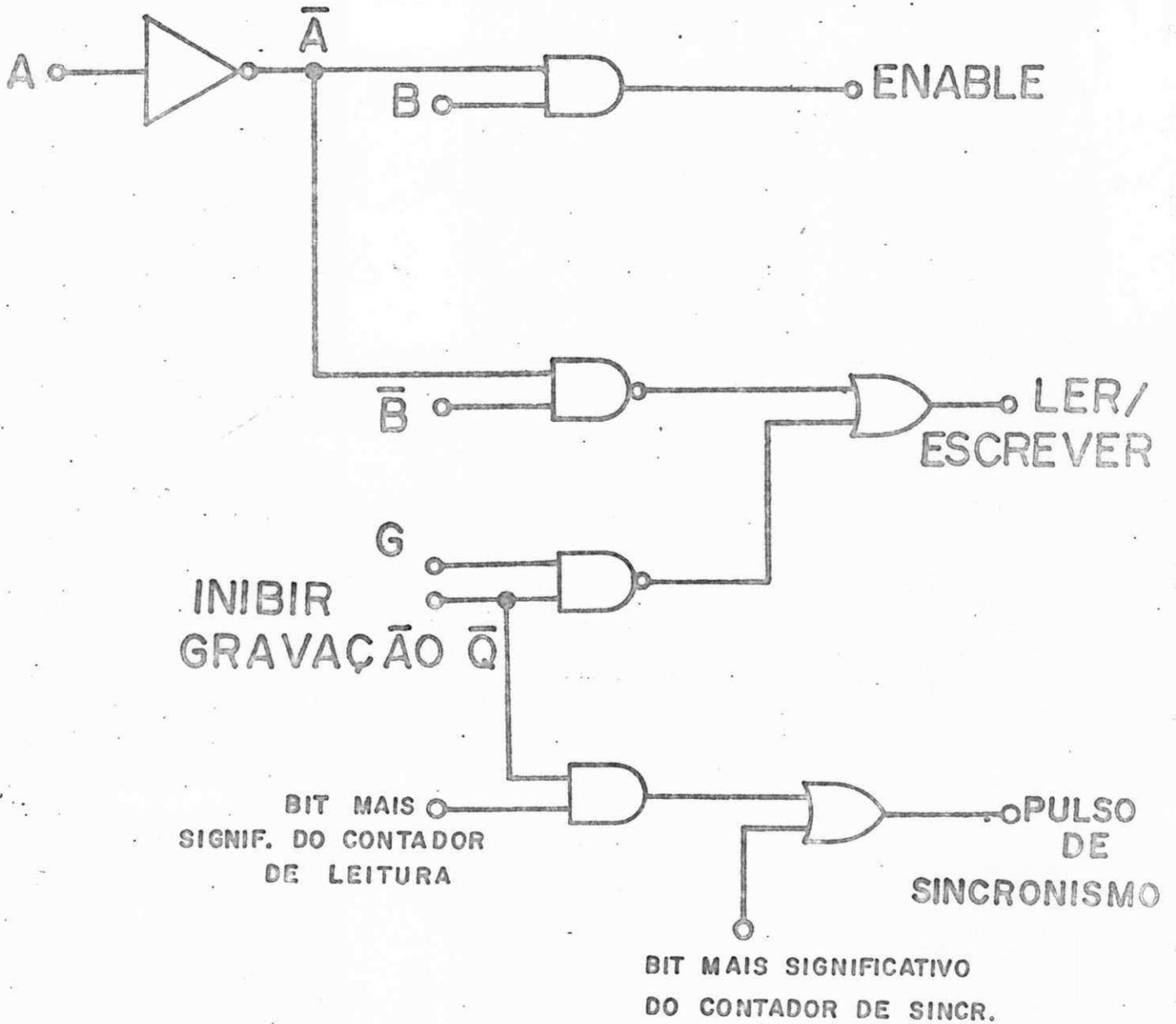
CHAVE ANALÓGICA

CI: TL188 - BI-MOS ANALOG SWITCHES

DIAGRAMA DE TIEMPO



CIRCUITO LÓGICO

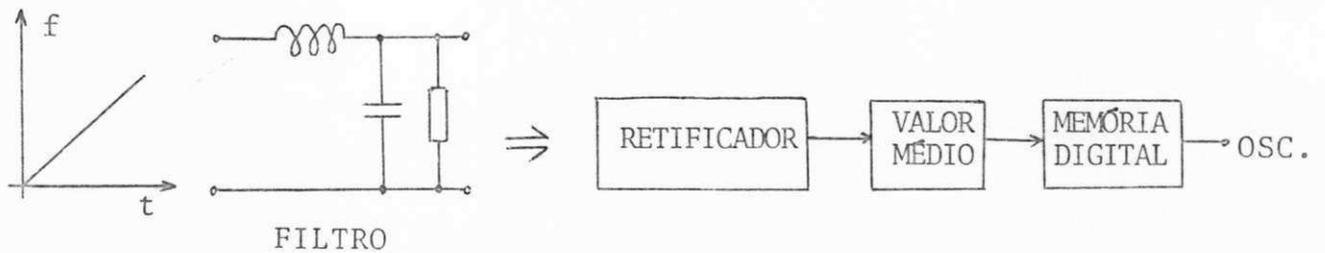


CAPÍTULO IV

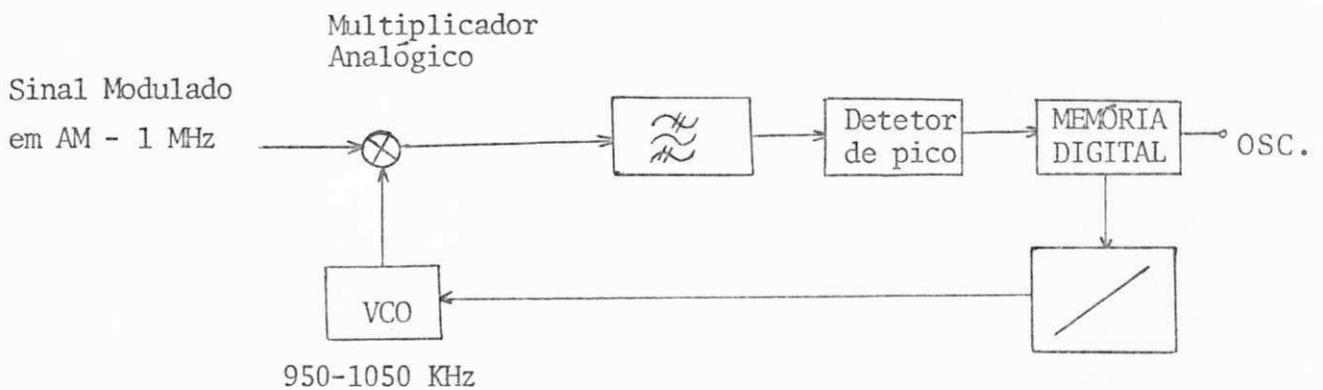
APLICAÇÕES

4.1 - RESPOSTA DE FILTROS

Para obtenção de curvas de respostas de filtros, coloca-se na entrada do filtro um sinal de amplitude constante e varia-se a frequência enquanto vai-se efetuando a gravação.



4.2 - ANALISADOR DE ESPECTRO



Varredura lenta para observar com detalhe o comportamento do espectro

4.3 - PESQUISAS BIOLÓGICAS

Paralelamente ao desenvolvimento tecnológico da eletrônica, surge a oportunidade de se construir aparelhos eletrônicos capazes de auxiliarem o médico no diagnóstico, bem como permitirem a quantificação de parâmetros normais e patológicos para os seres vivos.

4.3.1 - ELETROMIOGRAFO

Trata-se de um aparelho cuja função é de gravar a atividade elétrica dos músculos, por meio de eletrodos superficiais ou por meio de agulhas. A gama de frequência da atividade muscular pode chegar a atingir vários Khz. Em sendo assim, não se poderá utilizar penas mecânicas sobre tiras de papel, porém, sua cópia poderá ser obtida através de fotografias tiradas diretamente da tela de um osciloscópio, sendo possível, também, a gravação digital de tais curvas, para posterior análise.

4.3.2 - ELETROENCEFALÓGRAFO

O eletroencefalógrafo é um instrumento cuja finalidade é gravar a atividade elétrica do cérebro humano. As tensões geradas pelas atividades do cérebro são captadas por pequenos eletrodos metálicos inseridos na superfície do couro cabeludo do paciente, sendo que alguns médicos preferem utilizar agulhas ao invés de eletrodos de superfície.

Após uma adequada amplificação, estes sinais podem ser gravados, permitindo análises e comparações com curvas padrões. A esta gravação, se dá o nome de eletroencefalograma, normalmente abreviado por "EEG".

4.3.3 - ELETROCARDIOGRAFO

É um instrumento que serve para gravar a atividade elétrica do coração. As tensões que geram as batidas do coração são captadas por pequenos eletrodos de metal colocados nos braços e pernas do paciente.

A tensão de pico a pico de tais potenciais, são da ordem de milivolts, tornando-se necessário um amplificador, que também discrimine o sinal útil de um sinal parasita ou ruídos do próprio ambiente. A gravação do sinal útil recebe o nome de eletrocardiograma, ou abreviadamente "ECG".

4.4 - REGISTRO DE ATIVIDADES ELÉTRICAS NOS VEGETAIS

A produção de potenciais elétricos na natureza é um fenômeno generalizado e detectável. Nas plantas, a pesquisa dos potenciais tem sido motivo de estudos bastante sérios pois pode revelar fatos ainda desconhecidos a respeito do comportamento e da fisiologia vegetal. A geração desta forma de energia pode ser um fenômeno de efeito secundário a uma ação mecânica, química, físico-química ou biológica.

Na célula viva animal ou vegetal, a produção de energia elétrica é idêntica dependendo de reações físico-químicas, que consistem no transcurso de íons de potássio (K) para fora da célula, e de sódio (Na) para dentro, quando a permeabilidade celular é alterada por um estímulo interno ou externo.

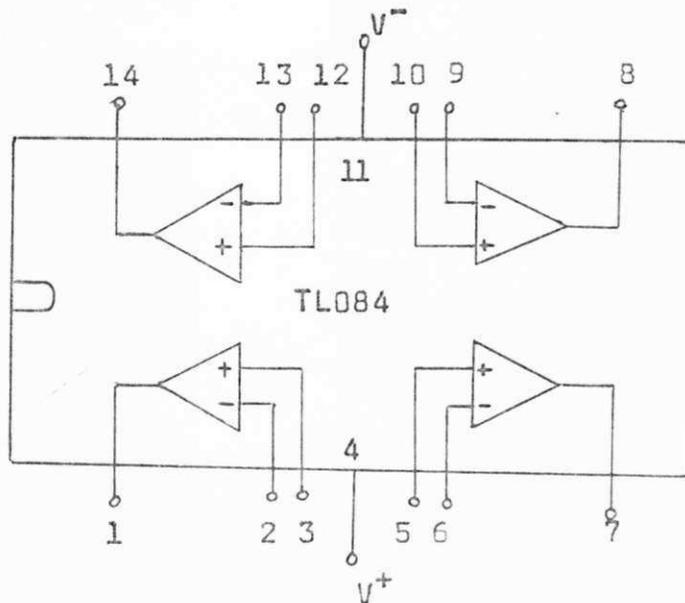
Uma planta se mostra como um transdutor de grande sensibilidade, capaz de transformar as variações luminosas e de temperatura em elétricas de maneira peculiarmente própria.

É fascinante lembrar que no vasto reino das plantas, encontramos cada espécie produzindo, através de uma química própria, substâncias extremamente ativa na fisiologia específica, de determinados órgãos de outra espécie e mais particularmente do homem. Uma "DIGITALIS PURPUREA", por exemplo, produz um princípio ativo que atua e beneficia o coração do homem; a "RAWOLFIA SERPENTINANA" produz uma substância que age sobre o sistema circulatório determinando uma normalização da pressão sanguínea, etc.

Cada espécime parece ter uma função dirigida e programada para outra através de um mediador - uma substância ou mesmo através de uma mensagem. Na atividade destes produtos químicos ativos, as plantas podem estar repletas de informações, não só sobre o nosso coração e sistema circulatório, mas também sobre outras funções orgânicas.

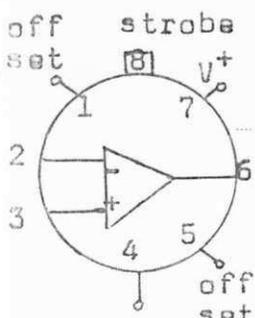
APÊNDICE

TL084 - JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS



- + Possui compensação interna.
- + Impedância de entrada (25°C) - 10^{12} ohms
- + Corrente de polarização de entrada - 0,4 nA
- + Tensão de alimentação - + 18V, - 18V
- + Slew rate - 12V/us
- + Proteção contra curto-circuito na saída
- + Largura de faixa (Ganho unitário) 3 MHz
- + Entrada diferencial de tensão $\pm 30V$

CA3140 - OPERATIONAL AMPLIFIER (MOS/FET INPUT STAGE)



- + Compensação interna.
- + Faixa de passagem (Ganho unitário) 4,5 MHz
- + Slew rate 9V/us
- + Impedância de entrada $1,5 \times 10^{12}$ ohms
- + Corrente de polarização 10pA
- + Tensão de alimentação 36 V

MEMÓRIAS

Uma memória é um dispositivo capaz de conservar uma certa informação, como, por exemplo, os níveis lógicos que representam os estados "1" e "0", da lógica binária.

Todas as memórias possuem uma certa quantidade de bits, nos quais irão ser gravadas ou lidas as informações. Essa quantidade de bits define a capacidade de uma memória e pode ser especificada em bits ou bytes.

Devido a grande diversificação de tipos de memórias, os fabricantes especificam as memórias em números de bits. Tais especificações são dadas em dois planos, isto é, na largura e no comprimento das memórias.

Mede-se a capacidade total de uma memória, multiplicando-se a largura pelo comprimento.

Conteúdo da memória é a informação contida em cada byte.

Nas memórias bipolares RAM são empregados circuitos flip-flops TTL de alta velocidade.

Quanto à operacionalidade, a memória RAM utilizada é da forma estática, ou seja, não necessita de pulsos constantes para manter a informação, e não se faz necessário recirculá-la.

FLIP-FLOP TIPO D

No flip-flop tipo D o bit da entrada \underline{D} é transferido para a saída Q a cada pulso do clock. \bar{Q} é a saída complementar de Q . No flip-flop tipo D, 7474, a transferência é efetivada na subida do pulso.

B I B L I O G R A F I A †

- GRAEME, Jerald G. Applications of Operational Amplifiers. Tokyo. McGraw-Hill Kogakusha, Ltd. 1973. Third-Generation Techniques.
- MILLMAN, J., HALKIAS, C.C. Integrated Electronics: Analog and Digital Circuits and Systems, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd., 1972. Tokyo.
- RENSCHLER, Ed. Analog-to-Digital conversion techniques. AN-471, Application Note, Motorola Semiconductor Products INC. USA.
- HENRY, T. W. High Speed Digital-to-Analog and Analog-to-Digital Techniques, AN-702, Application Note, Motorola INC. USA.
- Bipolar Memories, Schottky MSI, Signetics Corporation, 1973, California, USA.
- TTL Data Book, National Semiconductor, 1976, USA.
- BRANDT, William Lloyd. Conversores Analógicos-Digitais. D.E.E. Centro de Ciências e Tecnologia. 1977. Campina Grande.
- Linear Integrated Circuits. Semiconductor Data Library, Volume 6, Series A, Motorola Inc. 1975. USA.