

Capítulo 4

O OSCILOSCÓPIO

O osciloscópio é, depois dos multímetros, o instrumento de uso geral com maiores possibilidades de ser consagrado com o título de "mais utilizado".

Infelizmente para os menos preparados, pois seu uso requer alguns conhecimentos adicionais, pode-se observar um ilimitado número de fenômenos com ele.

Podemos basicamente defini-lo como sendo capaz de permitir observar fenômenos elétricos relacionando-os à amplitude e ao tempo, com velocidades que chegam hoje a valores tão altos quanto 1 Gigahertz!

Mediante a correta interpretação das informações por ele fornecidas, poderemos concluir inúmeras coisas acerca do que estamos monitorando.

Podemos hoje dividir os osciloscópios em várias categorias conforme abaixo:

- osciloscópios de baixa frequência analógicos (até 500 khz);
- osciloscópios de médias frequências analógicas (até 50 mhz);
- osciloscópios de altas frequências analógicas (mais de 50 mhz);
- osciloscópios de baixas frequências digitais (até 100 mhz);
- osciloscópios de altas frequências digitais (mais de 100 mhz);
- osciloscópios de armazenamento e persistência variável analógicos.

Os osciloscópios do tipo digital são mais recentes; e apresentam uma característica muito importante: fazem tudo o que fazem os analógicos e custam relativamente pouco. Já é possível se adquirirem osciloscópios digitais para faixas de 200 Mhz, ou até mais, pela metade do preço de modelos analógicos para a faixa de 100Mhz com persistência variável.

Isto é facilmente compreendido, uma vez que nos instrumentos analógicos o sinal de teste tem que ser amplificado da entrada até o

tubo de raios catódicos, o qual, por sinal, é tanto mais caro quanto mais alta a frequência a ser utilizada. Obviamente, é bastante onerosa a confecção do circuito, com a utilização de transistores e outros componentes para altas frequências.

Os do tipo digital, entretanto, logo no circuito de entrada convertem o sinal analógico que desejamos observar em palavras digitais, as quais podem ser processadas e armazenadas nos relativamente baratos circuitos digitais. O *display*, neste caso, pode ser um "humilde" tubo de monitor de computador, de custo bem menor que um T. R. C.

Além disso, o sinal digital pode ser manipulado com muito mais facilidade para recursos até então inatingíveis para os do tipo analógico, como, por exemplo, armazenamento por longos períodos, telas coloridas, análises na tela de parâmetros do sinal observado etc.

Entretanto, para as versões mais baratas de osciloscópios, como os utilizados em oficinas de manutenção pequenas e escolas, por exemplo, é provável que os do tipo analógico ainda permaneçam com seu preço inferior por mais algum tempo. Estas facilidades obtidas com os dígitos somente foram conseguidas graças aos avanços efetuados na área dos conversores A/D, como o incremento de sua velocidade, resolução etc. Fabricantes do porte da Hewlett-Packard, só para citar um exemplo, abandonaram a fabricação de osciloscópios analógicos e somente oferecem os do tipo digital.

OSCIOSCÓPIOS ANALÓGICOS

Vamos nos deter, por enquanto, na análise da operação de osciloscópios analógicos. O coração desses instrumentos é o tubo de raios catódicos (T. R. C.). Consta este componente de um tubo de vidro no interior do qual se faz vácuo, e se colocam numa das extremidades um canhão de elétrons, e noutra um anteparo de um tipo especial de fósforo. Na trajetória dos elétrons emitidos pelo canhão eletrônico, são colocadas placas horizontais e verticais (chamadas defletoras), as quais, mediante a aplicação de tensão, podem deslocar a trajetória deste feixe em qualquer direção (vertical ou horizontal).

A figura 4.1 representa um tipo de *trc*.

O canhão eletrônico funciona seguindo os princípios de uma velha conhecida: a válvula eletrônica.

Para que haja a emissão, é necessária a mesma composição: um filamento aquecido, que emite elétrons; uma grade de controle, que permite controlar sua quantidade; e uma placa aceleradora.

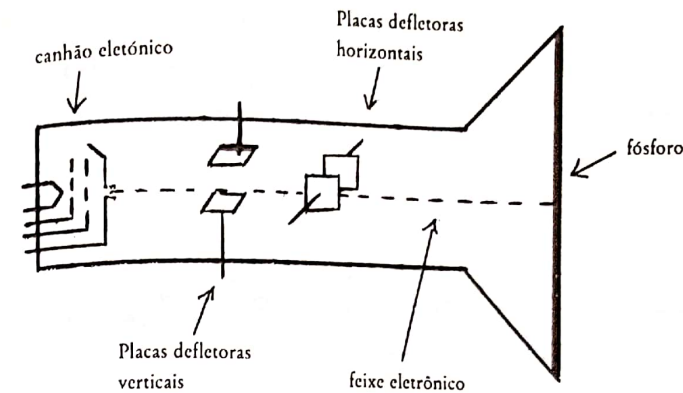


Figura 4.1

A tensão de aceleração, via de regra, será tanto mais alta e bem regulada quanto maior for a qualidade do instrumento. Nos osciloscópios profissionais, é comum encontrarmos tensões de aceleração da ordem de 10 Kv.

Só que a placa de um canhão tem uma diferença da placa das válvulas comuns: ela tem um pequeno orifício, pelo qual elétrons bastante acelerados saem em direção ao anteparo de fósforo antes mencionado. Esta alta aceleração é muito importante; é ela que garante o mínimo desvio da trajetória do feixe (em inglês o feixe eletrônico é chamado de *beam*, e o alvo de fósforo de *target*).

OSCIOSCÓPIOS ANALÓGICOS — ANÁLISE DO DIAGRAMA DE BLOCOS

Para melhor podermos discutir aspectos referentes à operação e manutenção de osciloscópios analógicos, torna-se interessante uma análise de seu funcionamento a nível de blocos. A figura 4.2 apresenta o diagrama básico de um instrumento deste tipo.

Consta, tal diagrama simplificado, de duas seções básicas: a que se encarrega da deflexão vertical, na qual é aplicado o sinal a ser analisado, e a seção horizontal, que se encarrega da varredura de posição do feixe eletrônico. A seção vertical é aquela por onde passa o sinal que vamos observar; sua qualidade será tanto maior quanto sua capacidade de amplificar o sinal de entrada sem distorção de nenhuma espécie. A seção

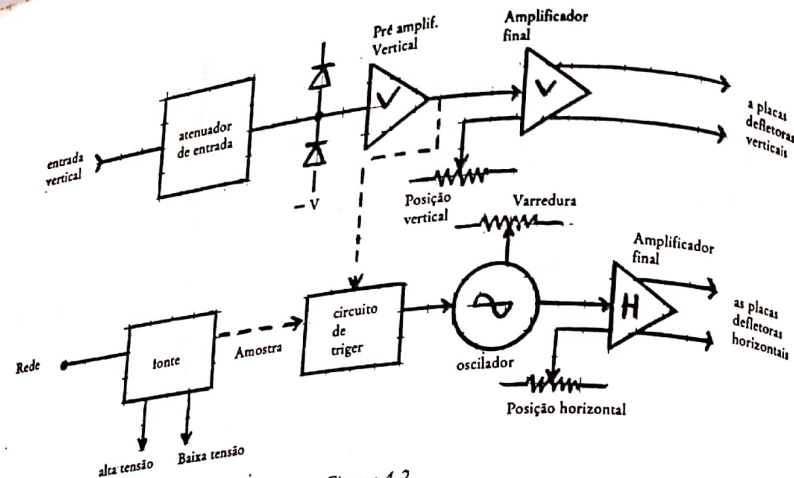


Figura 4.2

horizontal será tanto melhor, em termos de qualidade, quanto for sua linearidade ao *sweep* de varredura (onda tipo "dente de serra" gerada pelo circuito de *trigger*). O circuito de *trigger* é o responsável pela sincronização da varredura com o evento que estamos observando; será tanto melhor quanto sua capacidade de sincronismo a sinais compostos e sua resposta em frequência e sensibilidade. Realmente, o circuito de *trigger* é objeto de muita atenção no projeto de osciloscópios de qualidade, uma vez que são várias as exigências que o mesmo deve atender, A seguir, vamos analisar estágio por estágio, de um instrumento deste tipo.

ATENUADOR DE ENTRADA

Consiste de um circuito resistivo, composto de chaves, resistores e capacitores para compensação, que é responsável pela adequação do nível do sinal a ser medido à entrada do instrumento. A maioria dos osciloscópios apresenta uma impedância de entrada de 1 Mohm , com capacitância inferior a 10 pf . Alguns modelos dispõem de um resistor não indutivo de 50 ohms que pode ou não pode ser ligado à entrada do instrumento, normalmente os modelos para alta frequência.

A relação de atenuação característica dos atenuadores de entrada é de 1,2,5; um atenuador é tanto melhor quanto for sua resposta em frequência e maior for sua precisão. Devido aos altos valores de resistores

utilizados, dificilmente encontra-se defeito no atenuador de entradas; as chaves seletoras, eventualmente, necessitam de lubrificação.

A unidade atenuadora normalmente é encontrada dentro de blindagens fechadas, em função dos baixos níveis de sinal presentes em sua saída; com isto consegue-se um mínimo de ruído intrínseco ao instrumento.

Anterior ao atenuador de entrada encontramos, usualmente, uma chave seletora de acoplamento, a qual permite:

- colocar em curto a entrada do canal vertical (para um eventual ajuste);
- bloquear a componente DC que possa estar presente;
- acoplar em corrente contínua a entrada ao ponto de medição.

A segunda opção (acoplamento AC) é útil quando desejamos observar um sinal AC de pequena amplitude sobreposto a uma DC, como, por exemplo, no caso de desejarmos observar o *ripple* (ondulação devida à filtragem deficiente) numa fonte de alimentação.

No caso de osciloscópios de dois canais, os atenuadores de entrada são idênticos.

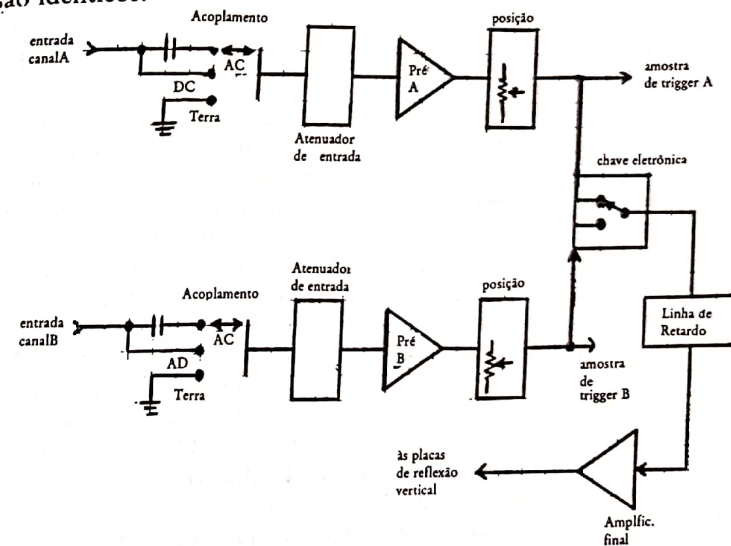


Figura 4.3

A figura 4.3 apresenta o diagrama de blocos de um osciloscópio de dois canais, com seus respectivos módulos.

Logo após o atenuador de entrada, segue-se o pré-amplificador vertical.

PRÉ-AMPLIFICADOR VERTICAL

O pré-amplificador tem basicamente a função de casar a impedância do atenuador de entrada aos estágios subsequentes, amplificando o sinal analisado com a maior fidelidade possível. Considerando-se a necessidade de amplificar os sinais *DC* que podem estar presentes no ponto que desejamos medir, é importante que todos os estágios que manipulam sinal no instrumento disponham de acoplamento *DC* entre si.

Para que isto seja possível, é necessário que se utilizem estágios amplificadores diferenciais, que além de permitirem este acoplamento, apresentam uma série de vantagens, como alto ganho, rejeição ao modo comum melhorada, estabilidade térmica etc. No estágio de entrada utilizam-se transistores tipo *FET*'s, os quais apresentam a vantagem de altíssima impedância de entrada, aliada a uma boa resposta.

Costuma-se dispor o estágio pré-amplificador de ajuste intitulado "*DC balance*", o qual, permite a correção de alterações no ponto de operação dos transistores (atenuador) quando trocamos de faixa.

No mesmo estágio encontram-se os ajustes de posição do traço vertical, e estes ajustes nada mais fazem que alterar a polarização do amplificador de forma a deslocar seu ponto de operação, permitindo, assim, que desloquemos o traço para cima ou para baixo.

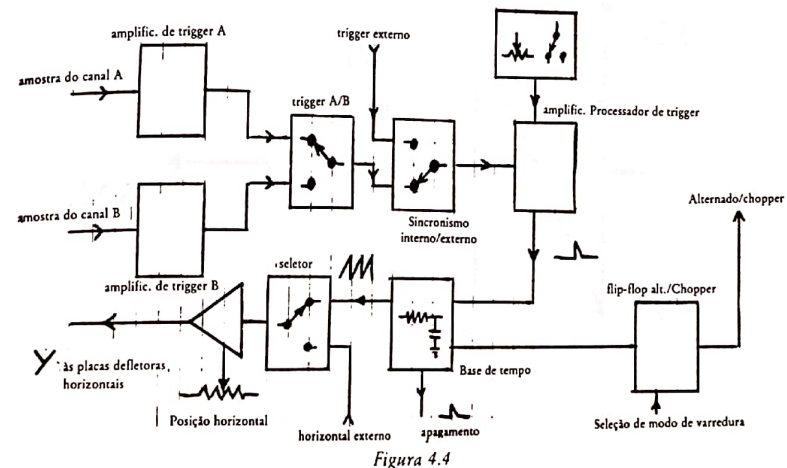
Do pré-amplificador vertical saem os sinais de amostra para os circuitos de *trigger*, que se encarregarão de sincronizar a varredura com o sinal de entrada. No caso dos osciloscópios de dois traços, os sinais dos dois canais são aplicados numa chave eletrônica. A função desta chave é fundamental para que possamos visualizar simultaneamente dois sinais na tela do instrumento. Sua operação pode ser compreendida como sendo análoga a uma chave mecânica que é trocada de posição a cada varredura do traço, mostrando cada canal alternadamente (modo *alternado*), ou várias vezes durante a mesma varredura (modo *chopper*). No segundo caso, esta troca de posição é efetuada em uma frequência relativamente alta, de modo que o que vemos na tela são dois traços simultâneos, devido à integração efetuada pelo fósforo do tubo. O modo *alternado* é apropriado para a observação de sinais de alta frequência; o modo *chopper* presta-se à observação de sinais de baixa.

O sinal de saída desta chave eletrônica, que pode ser o do canal A, canal B, ou ambos "multiplexados", é então aplicado até o amplificador final através da linha de retardo (*delay*). A razão da utilização desta linha é a que se segue. O sinal de entrada, após capturado, é processado para que atue junto a base de tempo, de forma a iniciar a varredura. Ocorre que até que isto ocorra, é necessário um certo tempo. A linha de retardo, portanto, encarrega-se de atrasar o sinal

vertical que vai às placas defletoras o tempo necessário para que ocorra a atuação do circuito de sincronismo (*trigger*). Esta linha deve atrasar o sinal mas não alterá-lo; isto seria impossível utilizando-se circuitos *RC*. A solução adotada pelos fabricantes é a de utilizarem uma linha física (par de fios) com o comprimento necessário para atrasar o sinal.

O *amplificador final* é um circuito que tem que fornecer um sinal de amplitude suficiente ao tubo, de forma a deflexionar o feixe eletrônico o suficiente. Isto é conseguido utilizando-se tensões de alimentação relativamente altas (que em alguns casos chegam a 180 volts ou mais) de forma a permitir sinais de grande amplitude; além disto, é sabido que tensões mais altas permitem uma maior linearidade ao circuito.

Os transistores de saída vertical usualmente aquecem bastante; isto porque os nomes trabalham em classe A, quando a dissipação maior é justamente máxima quando a meio *V_{cc}*.



CIRCUITO DE DEFLEXÃO E SINCRONISMO

Na figura 4.4 vemos o diagrama de blocos dos circuitos de deflexão e sincronismo. O sinal de amostra vindo dos amplificadores verticais é ampliado e aplicado a um conjunto de chaves que seleciona qual será o sinal utilizado para sincronizar a varredura. Este sinal de sincronismo pode ser escolhido entre:

- canal A;
- canal B;

- sinal senoidal da rede de alimentação;
 - sinal de sincronismo externo.

Além destes, pode-se encontrar em alguns modelos de osciloscópios a posição de *TV-frame* (ou *field*) ou *TV-line*, sendo o primeiro apropriado para sincronizar a varredura com o sinal de sincronismo vertical e o segundo apropriado para a frequência de linha (15.750 Hz), respectivamente.

O sinal assim selecionado é então aplicado a um circuito que o processa de forma a adequá-lo ao controle de disparo do circuito gerador de rampa (varredura) da seção de base de tempo.

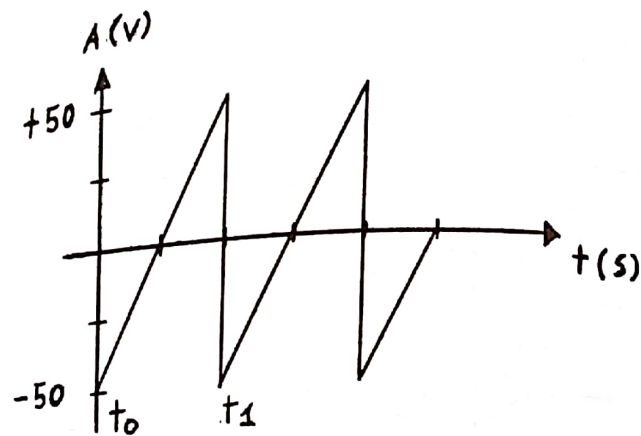


Figura 4.5

A figura 4.5 representa a forma de onda conhecida como "dente de serra".

O objetivo do circuito de deflexão horizontal é produzir uma forma de onda aproximadamente igual a esta sobre as placas defletoras horizontais.

A função do circuito de *trigger* é fazer com que os instantes t_0 e t_1 (tempos de início de varredura) ocorram simultaneamente com um evento qualquer que desejamos observar. O sinal de *trigger* gerado pela seção separadora e processadora de sincronismo tem justamente por função disparar o circuito gerador de base de tempo para produzir a *dente de serra* no tempo adequado. Durante o intervalo de tempo ocupado pela descida do sinal (que corresponde ao retorno do traço da direita

da tela para a esquerda), é gerado na base de tempo um sinal de apagamento (*blanking*) cuja finalidade é cortar a emissão do feixe eletrônico de modo a inibir seu aparecimento na tela durante este retorno (conhecido como "retraço"). O sinal assim gerado é então aplicado numa grade auxiliar no tubo, com o objetivo antes explanado.

Finalmente, a *dente de serra* é aplicada, através de uma chave, ao amplificador de saída horizontal, o que pode ou não receber também um sinal de varredura externo. As características deste amplificador são semelhantes às do amplificador final do circuito vertical antes apresentado.

O sinal da base de tempo pode também ser utilizado para controlar o *flip-flop* que permite o controle da chave eletrônica do circuito vertical. Como foi antes explicado, no modo alternado, a cada varredura, a chave eletrônica muda de posição; isto é conseguido através da aplicação de um pulso no *clock input* do *flip-flop*, o que faz com que ele mude de estado a cada varredura.

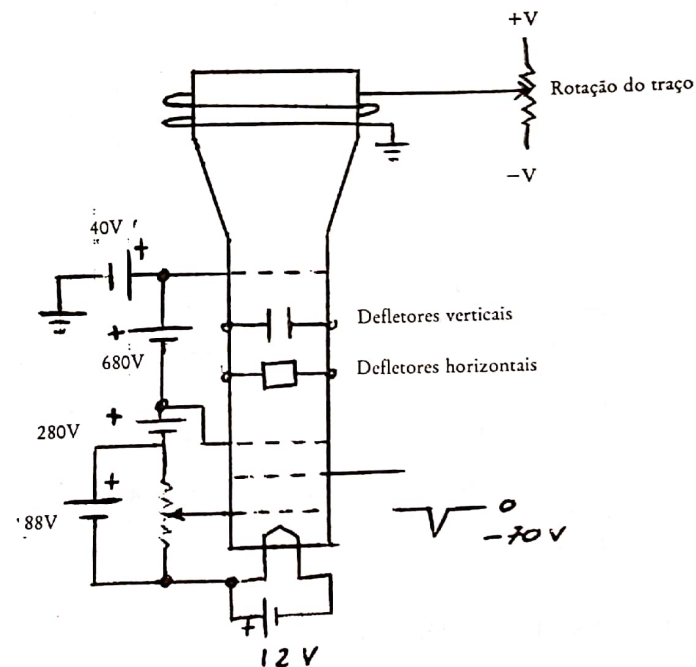


Figura 4.6

CIRCUITO DE POLARIZAÇÃO DO TRC

Na figura 4.6 está diagramado, de maneira simplificada, o arranjo necessário para colocar-se em operação um tubo de raios catódicos.

No exemplo ali representado, são necessários -1040 volts para polarizar o tubo, além de 6 volts para alimentar o filamento. Existe também representada ali uma bobina ao redor da extremidade do fósforo; seu objetivo é permitir que desloquemos a rotação do traço em relação ao tubo, de forma a fazê-lo exatamente horizontal.

Como vemos, mesmo neste caso, em que o tubo é de baixa qualidade (normalmente os tubos melhores trabalham com tensão da ordem de 2 a 10 Kv) as tensões envolvidas são razoáveis.

Nos osciloscópios mais simples, estas tensões são obtidas de enrolamentos do próprio transformador de alimentação, e após multiplicação (através de multiplicadores que usam diodos e capacitores) alimentam o tubo. Isto funciona, mas apresenta alguns problemas: o transformador de alimentação torna-se um componente bastante crítico, pois os enrolamentos necessitam muitas espiras em função das elevadas tensões envolvidas; a isolamento do mesmo é muito mais crítica, etc.

Os modelos de maior qualidade, entretanto, utilizam fontes chaveadas, tipo *fly-back*, as quais num pequeno espaço podem fornecer voltagens substancialmente mais altas, e principalmente, muito mais fáceis de regular (a regulação é feita em baixa tensão, não tendo componentes críticos).

A tensão de foco normalmente é obtida através de um divisor de tensão utilizando resistores de alta resistência (em torno de 2 Mohms); deste divisor faz parte o potenciômetro de ajuste de foco. Em função da alta tensão presente neste componente, e considerando-se sua manipulação pelo operador, faz-se necessário um empenho maior no sentido de utilizar um eixo com elevadas características dielétricas.

Uma última observação a respeito do tubo é feita em função da blindagem magnética de que os instrumentos de maior qualidade dispõem.

Trata-se de uma proteção indispensável à correta operação do instrumento uma vez que a mesma impede deflexões indesejáveis do feixe em função de campos magnéticos externos.

OSCIOSCÓPIOS DIGITAIS

Nos últimos anos, a preferência dada aos osciloscópios digitais em função das facilidades por eles oferecidas vem sendo constatada pelo

excessivo incremento de suas vendas em relação aos modelos analógicos. Isto pode ser justificado em função de vários aspectos referentes à sua arquitetura, como por exemplo:

- A contínua digitalização de formas de onda analógicas permite a análise de sinais anteriores ao evento que disparou o gatilho da varredura do sinal mostrado na tela (*pre-trigger*);

- A construção baseada em microprocessadores torna-os ideais para utilização em sistemas automatizados (*programabilidade*);

- A gravação do sinal analisado independe de tempo; na realidade minado uma vez que a mesma é convertida a um sinal digital. Isto permite-nos capturar um evento qualquer no campo e analisá-lo calmamente no laboratório, sem problema de perda de qualidade ou fidelidade.

- A não utilização de complicados e caros tubos de raios catódicos com facilidade de "*storage*", barateia-os sobremaneira em relação aos analógicos.

Até o presente momento, a maior desvantagem existente neste tipo de osciloscópio é o fato de que a banda passante para captura de eventos singelos é ainda relativamente restrita; isto limita sua utilização em circuitos digitais de alta velocidade. Já existem modelos disponíveis para a captura de eventos não repetitivos bastante rápidos; e a evolução neste sentido é evidente.

O maior empecilho para a obtenção de bandas passantes suficientemente largas é o conversor analógico-digital que é utilizado na entrada destes instrumentos para converter os sinais capturados em palavras digitais. De acordo com o critério de Nyquist (teorema da amostragem) a frequência duas vezes maior de amostragem é necessária para reconstruir senóides, e quatro vezes maior para reconstruir sinais arbitrários. Isto faz com que a frequência de amostragem de um conversor para 100 Mhz seja de pelo menos 400 Mhz para sinais não repetitivos aleatórios.

Obviamente, a tecnologia para a fabricação destes conversores é bastante avançada, e é justamente por isso que apenas alguns fabricantes, no mundo todo, podem fabricar este tipo de instrumento.

O osciloscópio da Hewlett-Packard modelo HP 54111 D opera a 1 gigasample por segundo (um bilhão de amostras por segundo...), o que possibilita a observação de sinais não repetitivos de até 250 Mhz sem problemas.

Já a capacidade de capturar sinais de alta frequência repetitivos é limitada a fatores tais como a resposta do atenuador de entrada, resposta em frequência de cabos e ponteiras etc.

MANUTENÇÃO DE OSCILOSCÓPIOS

A manutenção de osciloscópios não apresenta dificuldades adicionais exceção feita a dois aspectos:

- Problemas com alta tensão de osciloscópios costumeiramente "dão trabalho" em função das altas voltagens envolvidas na operação do tubo;
- Os osciloscópios digitais têm configurações pouco usuais em seu circuito em função da tecnologia utilizada, necessitando um maior aprofundamento no conhecimento de sua operação.

No primeiro caso, a compreensão da operação dos circuitos aliada à disponibilidade de uma ponteira para alta tensão e um multímetro digital é em geral suficiente, uma vez que dificilmente nos depararemos com alguma configuração não-usual.

No caso dos osciloscópios digitais, devemos observar que, em função da técnica digital empregada, a forma de repararmos seus circuitos assemelha-se mais à técnica de microcomputadores do que propriamente instrumentos analógicos. A densidade de componentes existentes nestes instrumentos é bastante elevada, entretanto as atuais técnicas de integração em larga escala reduzem o número de *chips* ao mínimo.

Os fabricantes, levando em consideração as dificuldades para localização de defeitos, costumam prover seus circuitos de facilidades de auto-diagnose, gravando nas *ROM's* do instrumento sub-rotinas de auto-teste que possibilitam ao mesmo a identificação das principais falhas que possam ocorrer com eles.

Isto, entretanto, somente é possível se:

- 1- a fonte que alimenta a *CPU* estiver operando;
- 2- a *CPU*, pelo menos na parte referente ao programa de diagnose, estiver funcionando (o microprocessador tem acesso aos endereços do programa diagnose);
- 3- tivermos como observar os resultados de alguma maneira (via *display*, tubo etc).

Acontece que, eventualmente, uma destas etapas é a responsável pelo defeito, e aí nestes casos os programas de diagnose não são ativados.

Deve-se observar, entretanto, que este tipo de defeito não é comum, uma vez que os componentes usados na *CPU* costumam apresentar alta confiabilidade.

Defeitos na fonte de alimentação devem ser resolvidos pelos processos usuais de manutenção, pois ele independe do processamento. A única preocupação, com relação à fonte, é o fato de que alguns instrumentos ativam determinadas etapas da mesma através de comandos enviados pela *CPU*. ora, se esta tem problemas, a informação "power on"

pode não ser enviada, o que pode levar-nos a suspeitar da fonte erroneamente.

O problema relativamente mais complexo diz respeito a defeitos na *CPU*, pois é justamente ela que poderia auxiliar-nos na localização das etapas defeituosas. As técnicas usuais de análise, utilizando osciloscópios comuns ou mesmo provas lógicas demonstra-se ineficiente, uma vez que o fluxo de informações que transitam internamente no barramento da *CPU* é grande, além de veloz. Isto torna a tentativa de se determinar em que etapa do processamento ocorre um determinado problema, uma tarefa praticamente impossível. Além disto, dificilmente teremos acesso ou mesmo interesse em conhecer o *software* empregado pelo fabricante, em função do aspecto peculiar a cada caso.

Existe, entretanto, uma técnica relativamente simples de detecção de falhas, baseada num instrumento denominado analisador de assinaturas (*signature analyser*), a qual permite rápida determinação da etapa defeituosa. Antes de comentá-la, vão aqui algumas sugestões práticas que podem permitir a identificação da inoperância da *CPU*:

- 1- Verifique, antes de mais nada, a alimentação do micro (usual +5 volts);
- 2- Observe o estado da linha de *reset* da *CPU*; ligue e desligue o circuito (fonte) e verifique se o *reset* opera momentaneamente, inicializando o micro adequadamente;
- 3- Com um osciloscópio, verifique a existência do *clock* no circuito;
- 4- Se for utilizada alguma entrada de interrupções da *CPU*, verifique seu estado.

Observe também a existência de algum *chip* que apresente um abrupto aquecimento, tão logo a fonte seja ligada; isto em geral indica problemas pois os *IC's* tipo *TTL* costumam aquecer, mas isto só é percebido após algum tempo.

O diagrama apresentado na figura 3.7 representa estes casos de forma resumida; observe as indicações dos pontos críticos.

A ANÁLISE DE ASSINATURA

Pelos motivos que antes comentamos, vamos analisar, com mais detalhes, em que consiste esta técnica. Cabe salientar que ela é aplicável em todos os tipos de instrumentos que utilizam circuitos digitais, e não só nos osciloscópios.

O analisador de assinaturas (como por exemplo o *Hp 5004 A/5005 A*) é um instrumento no qual sinais digitais de qualquer comprimento são convertidos em "palavras" hexadecimais de quatro dígitos, as quais

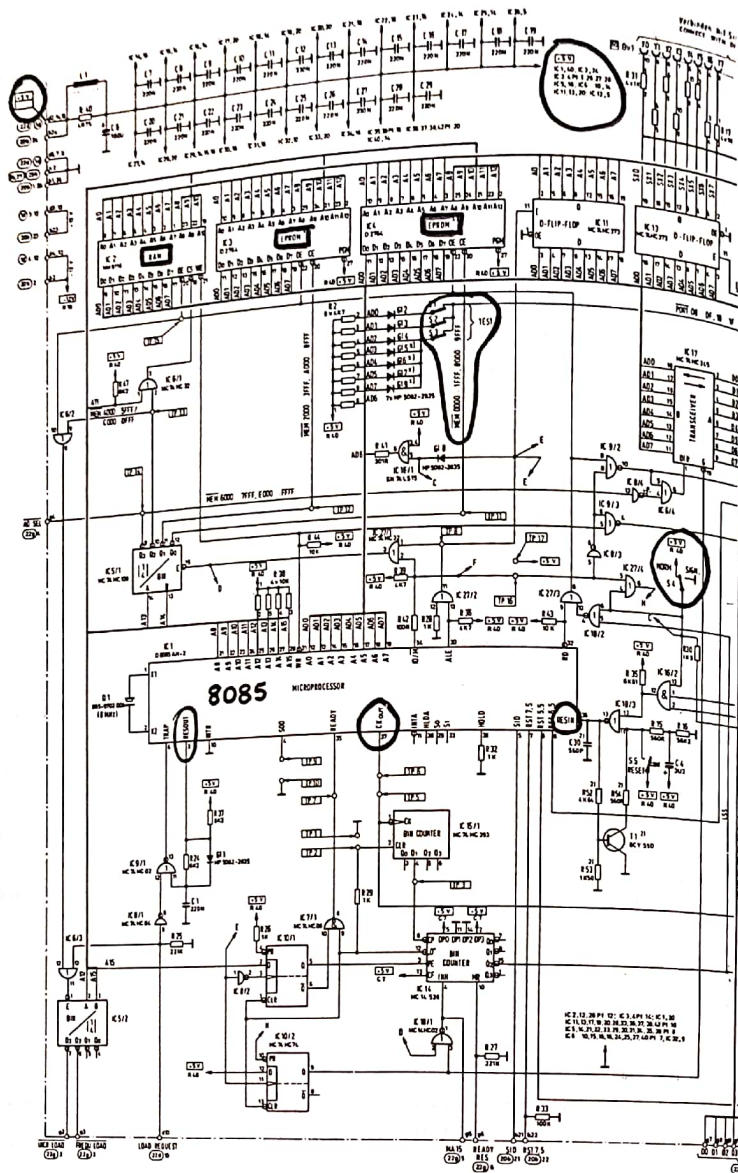


figura 3.7

podem ser cheçadas facilmente sem a necessidade da análise tipo "01001110", binária, que é sujeita a erros quando da sua interpretação.

Com o objetivo de obtermos assinaturas constantes e previsíveis (código pseudo-hexadecimal de 4 dígitos), padrões definidos e repetidos de *bits* precisam estar presentes nas linhas ou *tp's* (pontos de teste) a serem cheçadas, com respeito a uma janela no tempo (como um *gate* microprocessador não gera estes padrões automaticamente, a menos que seja estimulado para isto).

Com a ajuda de uma chave normalmente existente na placa da CPU, por exemplo, as linhas de dados são ligadas aos +5 volts (tudo 1) e também a linha D7 ao sinal RD, gerando o modo "free running" (livre). Durante o READ, as linhas de dados AD 0 e AD6 são altas (1's) e AD 7 (RD) é baixo (0).

A instrução é então 7F — MOV A, A, o que faz o micro saltar de endereço a endereço por todo o range, de 0000 a FFFF. Cada linha de endereço gera uma única assinatura.

A janela start-stop pode ser gerada usando-se o *bit* de endereçamento de ordem mais alta, A 15. Um sinal que se apresenta corretamente relacionado (posição) no tempo do processo é usado como sinal de *clock*. Este sinal necessita estar relacionado em termos de fase de forma a permitir leituras constantes de assinatura; poderia ser relacionado com o *trigger* de um osciloscópio.

A relação temporal dos sinais CLO CK, DATA, START, e STOP necessita ser correta, ou poderão ocorrer instabilidades nas leituras apresentadas.

Duas assinaturas são características e merecem ser comentadas:

- A assinatura de pontos aterrados (potencial 0 volts) é sempre 0000, independentemente do quadro de sincronismo (*start/stop*);
- A assinatura da linha de +5 volts é chamada de "assinatura característica".

A assinatura dos pulsos de *clock* durante o *frame* de sincronismo é mostrada aqui.

Com a ajuda da assinatura característica, é possível checar quando o *frame* de sincronização está sendo corretamente retirado do circuito em teste, além de certificar-nos que o micro está operando (rodando).

Se a assinatura 0000 ocorre no barramento de dados ou endereço, isto indica que esta linha está em curto com a massa. Se a assinatura característica aparece, isto é uma forte indicação de curto com a linha de alimentação.

Além destas situações, as assinaturas das linhas de dados, se conhecidas para efeito de comparação, são muito úteis. Como o endereçamento

é incrementado seqüencialmente e o valor armazenado no endereço é lido, após a seleção do modo *free-running* pode-se rapidamente examinar todas as informações armazenadas no instrumento. Para checar uma ROM, por exemplo, basta usarmos como sinal de sincronização os sinais "chip select" correspondentes.

CIRCUITOS ECL (EMITTER COUPLED LOGIC)

Tendo em vista a ampla utilização desta família lógica em função dos circuitos de alta velocidade utilizados por exemplo nos "sampler" (amostradores) dos osciloscópios digitais, seguem-se algumas informações úteis.

A tabela a seguir apresenta um quadro comparativo sobre as principais famílias lógicas utilizadas.

<i>Tipo</i>	<i>Delay por porta lógica</i>
TTL	10 nS
LS-TTL	9 nS
S-TTL	3 nS
10 K-ECL	2 nS
10 K-ECL	2 nS
ALS	3.5 nS
FAST ECL	0.7 nS

Como é possível observar, o atraso introduzido pelas portas ECL é inferior a 1 nano segundo, o que significa altíssima velocidade de trabalho. Isto é possível porque este tipo de lógica trabalha em região linear de operação, diferente portanto dos circuitos digitais convencionais. Isto faz com que a ponteira utilizada para efetuar medições neste tipo de circuito deva apresentar baixa capacitância e baixo coeficiente de reflexão para que possamos analisar a operação deste circuito sem alterar seu funcionamento. Ponteiras de 500 ohms (ponteiras com atenuação 10:1 para entradas de 50 ohms) são as ideais para este fim, desde que utilizemos a conexão de terra o mais curta possível (preferencialmente, o osciloscópio deve ser conectado ao mesmo ponto de terra do *Ci* analisado).