

Manual TDS-520

Alexandre Santos Fontinha & Marcus P. Rodrigues

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - CBPF
Rua Dr. Xavier Sigaud, 150
22290-180 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil

Prefácio

O uso do osciloscópio digital como instrumento de aquisição de dados se mostra como uma alternativa versátil nos estudos preliminares em projetos de instrumentação científica. Baseado nestes estudos preliminares defini-se qual ou quais técnicas de tratamento do sinal será adotada na solução daquele ambiente de medida.

Com o objetivo de facilitar aos técnicos e pesquisadores não familiarizados com a filosofias destes equipamentos resumimos e organizamos neste trabalho os tópicos que acreditamos ser os mais importantes para entendimento da técnica de digitalização de sinais e manuseio das informações do TDS520. No corpo deste resumo se encontram também as referências de onde foram extraídos os textos para uma pesquisa mais profunda nos manuais deste equipamento, que se encontram a disposição na Coordenação de Atividades Técnicas - CAT - Informática.

Na certeza de dar uma contribuição importante a todos os técnicos, pesquisadores e usuários em geral, nos colocamos a disposição para quaisquer esclarecimentos.

ÍNDICE:

1) Conceitos	5
1.1) Trigando	5
1.1.1) Fontes de trigger	5
1.1.2) Tipos de trigger	5
a) Edge	5
b) Pulse	5
c) Logic	5
1.1.3) Modos de trigger	5
a) Normal	5
b) Automático	5
1.1.4) Holdoff	6
1.1.5) Coupling	6
a) Dc	6
b) Ac	6
1.1.6) Posição de trigger	6
1.1.7) Rampa e nível	7
1.2) Aquisição	8
1.2.1) Amostras e digitalização	8
a) Record length	8
b) Sampling methods	8
1.2.2) Selecionando o modo de Sampling	8
1.2.3) Modos de aquisição	9
1.2.4) Banda passante	9
1.2.5) Coupling	9
1.3) Escalonando e posicionando as formas de onda	10
1.3.1) Sistema vertical	10
1.3.2) Offset	10
1.3.3) Sistema horizontal	10
1.3.4) Aliasing	10
1.3.5) Delayed time-base	11
1.3.6) Zoom	11

1.3.7) Autose	11
1.4) Measurements	12
1.4.1) Fontes	12
a) Grade de medição	12
b) Cursor	12
c) Medições automatizadas	12
2) Em detalhe	13
2.1) Modos de aquisição	15
2.1.1) Descrição dos modos	15
a) Sample	15
b) Peak detect	15
c) Hi res	16
d) Envelope	17
e) Average	17
2.1.2) Aquisition readout	17
2.1.3) operação	17
a) Sinal repetitivo	17
b) Stop after	18
2.2) Autose	19
2.3) Cursor measurements	20
2.3.1) Cursor readouts	20
2.3.2) Operação	20
a) Modo	20
b) Unidades de tempo	20
c) Velocidade do cursor	20
2.4) Delayed trigger	21
2.4.1) Operação	23
a) Delayed runs after main	23
b) Delayed triggerable	23
2.5) Display modes	25
2.5.1) Operação	25
a) Estilo de display	25
b) Intensidade	25
c) Display readouts	25
d) Tipo de filtro	26
e) Graticule type	26
f) Format	26

2.6) Edge triggering	27
2.6.1) Edge trigger readouts	27
2.6.2) Operação	27
a) Source	27
b) Coupling	27
c) Slope	27
d) Level	27
e) Mode e holdoff	28
2.7) Hardcopy	29
2.8) Help	30
2.8.1) Operação	30
2.9) Controle do horizontal	30
2.9.1) Horizontal readouts	30
2.9.2) Menu horizontal	30
a) Main e delayed time-base	30
b) Trigger position	30
c) Record length	30
d) Escala horizontal	30
e) Posição horizontal	31
2.10) Limit testing	32
2.10.1) Operação	32
a) Criar limit testing template	32
b) Fontes de limit test	32
c) Limit test setup	32
2.10.2) Formas de ondas simples e múltiplas	33
2.11) Triggering	34
2.11.1) Logic trigger readouts	35
2.11.2) Definições	35
a) Pattern	35
b) State	35
2.11.3) Operações comuns a pattern e state	35
a) Trigger "Quando "	36
b) Set thresholds	36
c) Mode e holdoff	36
2.11.4) Pattern operations	36
a) Define entradas	36
b) Define lógica	36
c) Time qualified pattern trigger	37

2.11.5) State operations	37
a) Define entradas	37
b) Define lógica	37
2.12) Pulse triggering	38
2.12.1) Operações comuns a glitch, runt e width	38
a) Fonte	39
b) Mode e holdoff	39
2.12.2) Glitch operations	39
a) Polaridade e largura	39
b) Glitch	39
c) Nível	39
2.12.3) Runt operation	39
a) Polaridade	40
b) Threshold	40
2.12.4) Operação de largura	40
a) Polaridade	40
b) Trigger when	40
c) Nível	41
2.13) Salvando e recarregando setups	42
2.14) Salvando e recarregando formas de onda	43
2.15) Signal path compensation	44
2.16) Waveform math	44
2.17) Zoom	45

1) CONCEITOS

- Trigger
- Aquisição: conversão de dados analógicos em digitais
- Escalas e posicionamento de formas de onda
- Medições

1.1) TRIGANDO

O trigger determina quando o osciloscópio começa a aquisição e a apresentação da forma de onda, criando um ponto de time-zero onde será baseada toda a aquisição desta.

O trigger básico é o **edge trigger**: este evento ocorre quando a fonte do trigger alcança determinada tensão numa dada direção.

1.1.1) Fontes de trigger:

- Canais de entrada: quando for usado um dos quatro canais como fonte.
- Voltagem AC rede: usado quando se mede sinais relacionados com a frequência da rede.
- Trigger auxiliar: usado em aplicações digitais, quando é necessário trigar com sinais externos de clock de outra parte do circuito.

1.1.2) Tipos de trigger:

a) **Edge**: é o trigger básico, podendo ser usado em circuitos analógicos ou digitais.

b) **Pulse**: usado em circuitos digitais.

Width (largura)

Runt

Glitch

c) **Logic**: usados em circuitos digitais lógicos, onde são selecionados operadores booleanos para fonte de trigger.

State

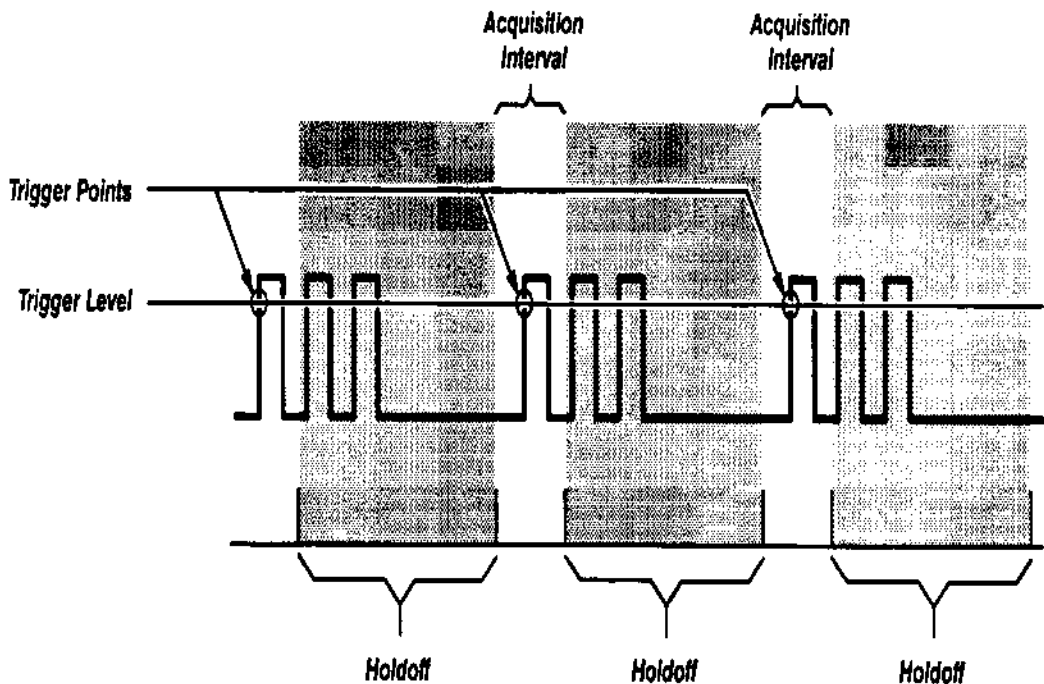
Patern

1.1.3) Modos de trigger:

a) **Normal**: Neste caso o aparelho só adquire o sinal quando este está trigado. Pode-se usar *force trigger* para forçar uma primeira aquisição.

b) **Automático**: A aquisição da onda é feita mesmo sem o trigger.

1.1.4) Holdoff: quando o trigger é reconhecido o aparelho desabilita o sistema de trigger até uma aquisição completa, ficando também desabilitado no período entre as aquisições.



Triggers are Not Recognized During Holdoff Time

Figura 2-2

1.1.5) Coupling (casamento):

Determina que parte do sinal passará ao circuito de trigger.

a) **Dc:** permite passar Ac e Dc.

b) **Ac:** permite passar Ac (componentes Ac acima de 10Hz passarão se o canal de fonte estiver em $1M\Omega$, acima de 200kHz se estiver em 50Ω).

Obs: os sistemas de rejeição de altas e baixas frequências remove, respectivamente, sinais acima de 30KHz e abaixo de 80KHz. *Noise rejection* requer sinal adicional para estabilizar o trigger, reduzindo os erros por ruídos.

1.1.6) Posição do trigger: (T)

Define onde ocorre o trigger na onda.

1.1.7) Rampa e nível:

Seta-se rampa no menu do trigger escolhendo-se de subida ou descida. Se usado em nível de trigagem em 0 ou 1.

Maiores informações:
Páginas 3-25, 3-36, 3-49, 3-58, 3-99, 3-120

1.2) AQUISIÇÃO

Processo de conversão dos sinais analógicos em digitais, tomando-se amostras de nível de tensão regularmente.

1.2.1) Amostras e digitalização:

a) **Record length:** O número de pontos que compõe a onda é setado no menu horizontal.

b) **Sampling methods (métodos de amostragem):** processo de aquisição de pontos para formação da onda.

- **Real-time:** todos os pontos adquiridos após o trigger são digitalizados. Usado para capturar *single-shot* ou eventos transientes. Dois fatores que afetam diretamente esse método são *interleaving e interpolation*.

Interleaving: Para digitalizar pontos em todos os canais ao mesmo tempo, cada canal só digitalizará no máximo 250M sample/s no modo *real-time*. Usando um canal o máximo será de 500M sample/s. Dependendo do número de canais e da base de tempo usada, talvez, o aparelho não seja capaz de criar a forma de onda (ver página 2-10). Quando isso ocorrer o aparelho irá criar o registro da onda de duas maneiras:

Interpolação linear
Interpolação sen (x)/x

Ver página 3-31 como intensificar a amostragem.

- **Equivalent time:** esta opção só é usada se for habilitada no menu de aquisição e o osciloscópio não for capaz de criar a onda. Neste caso são usadas mais de uma repetição para coletar os pontos necessários (esta opção pode ser usada para sinais repetitivos).

1.2.2) Selecionando o modo de sampling:

A velocidade de aquisição e o número de canais afetam o modo de digitalização usado. Basicamente, se a base de tempo é de 200µs ou menor, o modo usado será *real-time*.

Quando a base de tempo é mais rápida que 50µs é usado o modo *equivalent-time* ou interpolação. Entre 200µs e 20µs o modo usado dependerá do número de canais usados e do tipo do aparelho (ver tabela 2-1).

1.2.3) Modos de aquisição:

Sample
Peak detect
Hi Res
Envelope
Average

1.2.4) Banda passante:

Intervalo de frequências que podem ser adquiridas e mostradas de forma correta (com menos de 3dB de atenuação).

FULL 500MHZ
100MHZ
20MHZ

1.2.5) Coupling:

Pode-se casar o sinal de entrada como Ac, Dc e Gnd, setando-se também as impedâncias de entrada.

Se for setado 50 Ω com Ac o osciloscópio nos mostrará com acuidade frequências abaixo de 200KHz.

Maiores informações:
Páginas 2-13, 3-1

1.3) ESCALONANDO E POSICIONANDO FORMAS DE ONDA

O ícone *channel reference* mostra o terra do registro da onda, e o *record view* onde ocorreu o trigger.

1.3.1) Sistema vertical:

Pode-se mover e alterar escalas nos respectivos botões, existindo opção de ajuste fino no menu vertical que pode ser feito no teclado.

1.3.2) Offset:

Adiciona uma tensão ao indicador de referência sem alterar sua escala, permitindo que se mova a onda para cima ou para baixo sem diminuir a resolução.

O *offset* é útil nos casos onde a onda possui parte Dc.

1.3.3) Sistema horizontal:

Mova a onda para os lados facilitando a visualização das ondas com mais de 500 pontos.

1.3.4) Aliasing:

Quando acontece é vista uma onda com frequência menor que a da onda de entrada. *Aliasing* ocorre porque o aparelho não consegue captar as amostras necessárias com rapidez suficiente para efetuar o registro.

Um modo para se perceber este problema é variar lentamente a base de tempo. O sinal deve ter um *sample* duas vezes maior que a frequência da onda.

Pode-se corrigir *aliasing* usando *autoset*.

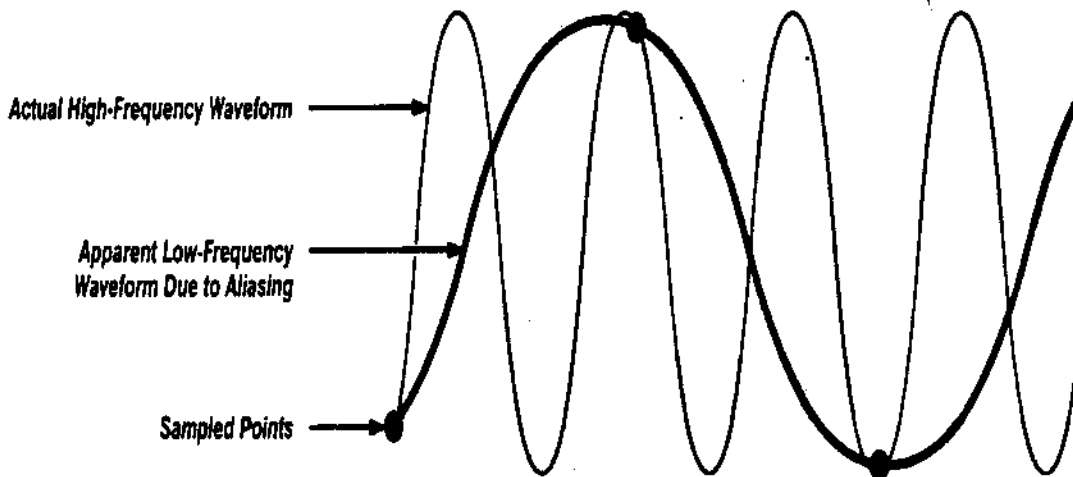


Figura 2-9

1.3.5) Delayed time -base:

Pode-se setar base de tempo principal ou atrasada, tendo cada uma seu próprio trigger.

Existem dois tipos de *delayed time-base acquisitions* :

*Runs after main
delayed triggerable*

1.3.6) Zoom:

É útil para visualizar detalhes em uma onda que fora expandida.

1.3.7) Autoset:

Permite ajuste rápido da onda setando o trigger, as escalas e posições automaticamente.

Maiores informações:

Páginas 3-18, 3-25, 3-49, 3-124, 3-130

1.4) MEASUREMENTS (MEDIÇÕES)

1.4.1) Fontes:

a) Grade de medição:

Provém rápida visualização (estimativa $V/div.$ x quantidade de divisões).

b) Cursor:

Os valores são observados variando-se a posição do cursor e lendo o *readout*. O cursor aparece em pares (uma parte ativa e outra inativa), e é possível movimentar a parte ativa usando o botão.

O botão *toggle* permite selecionar qual barra será ativa.

Para obter-se o cursor deve-se apertar o botão *cursor*.

- Barra de cursor horizontal- mede parâmetros verticais
- Barra de cursor vertical- mede parâmetros horizontais
- Par de barras- mede os dois parâmetros

Existem dois modos de operação no menu: *independent ou tracking* (onde os cursores movem-se juntos).

c) Medições automatizadas:

Pressione *measure* (ver tabela 3-5, página 3-66 possíveis medições).

Pode-se medir toda a onda ou apenas parte dela. No menu pode-se selecionar, com cursores verticais, os limites da seção de medição.

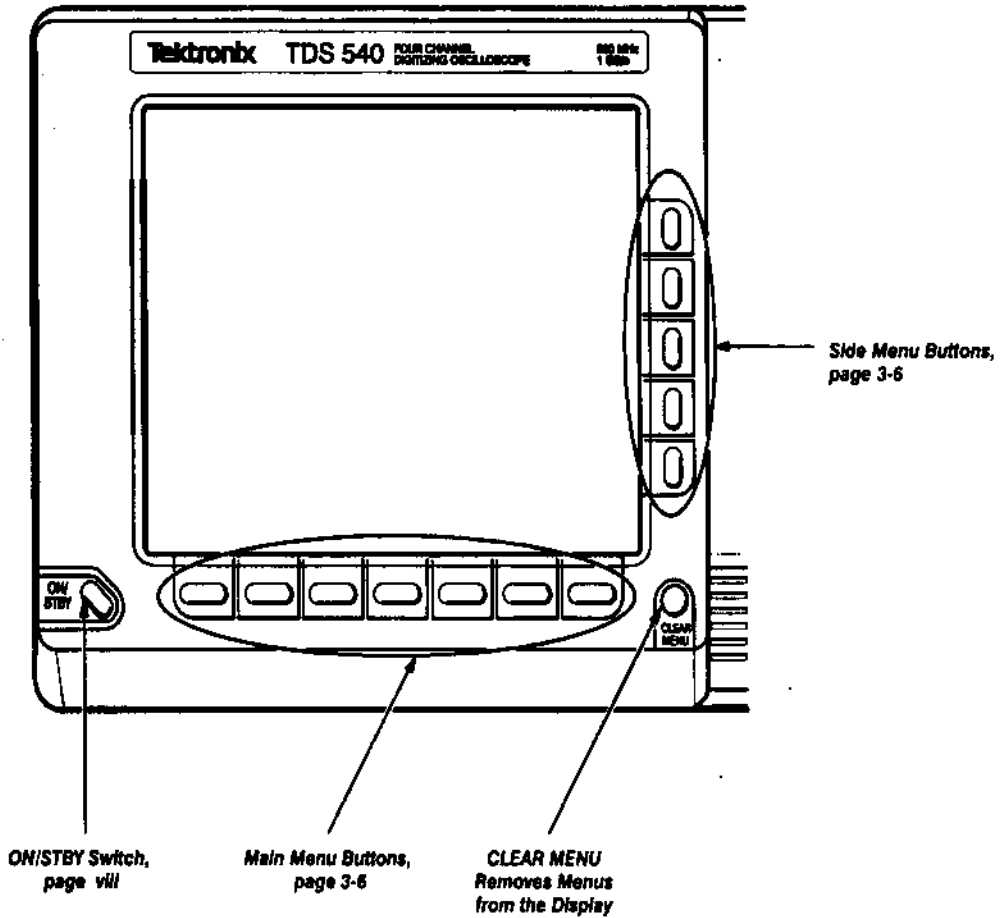
Maiores informações:

Apêndice c pag.A-25, 3-20, 3-66, 1-12, 3-127.

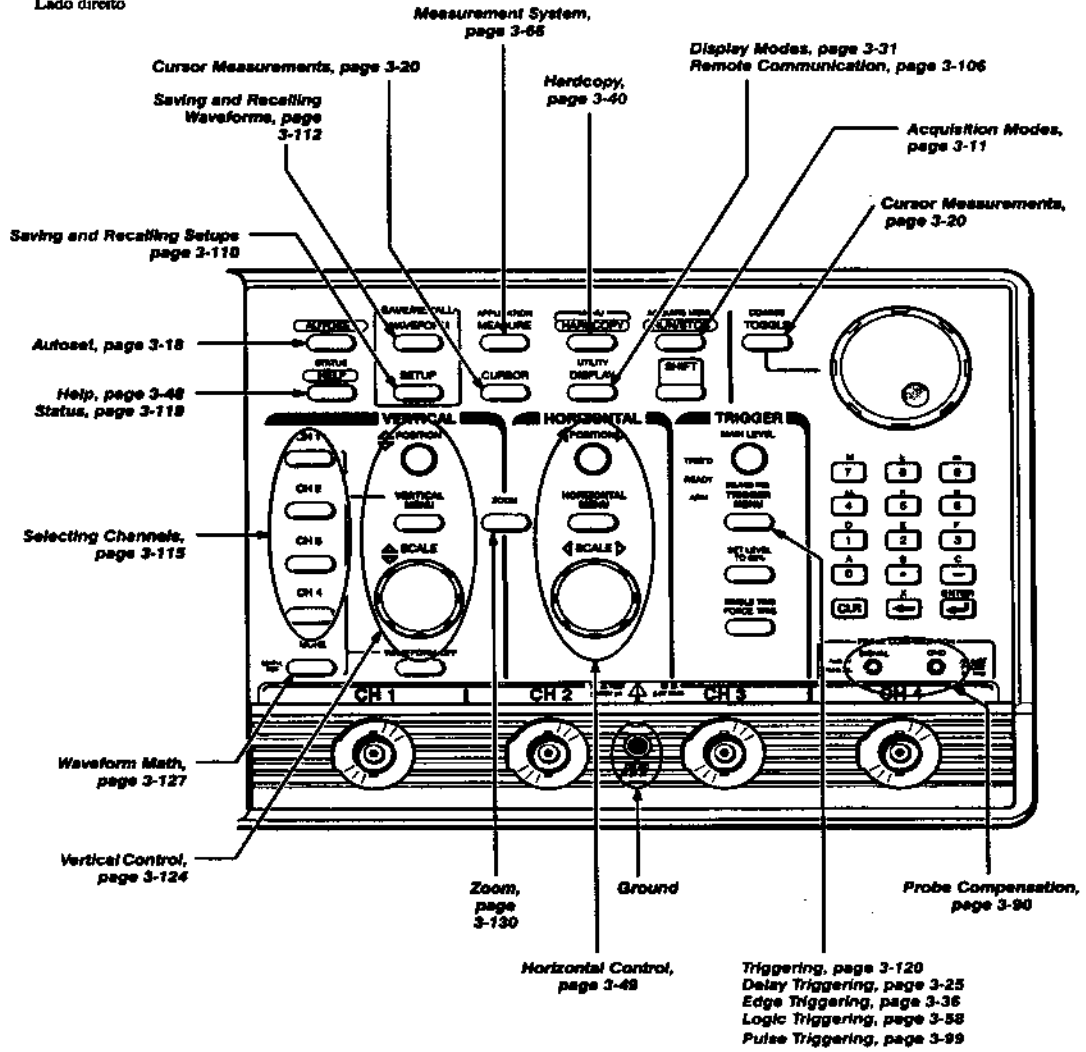
2) ***EM DETALHE***

É interessante observar detalhes de painéis de controle nas páginas 3-2 ... 3-10.

Painel frontal
Lado esquerdo



Panel frontal
Lado direito



2.1) MODOS DE AQUISIÇÃO

2.1.1) Descrição dos modos:

- *sample*
- *peak detect*
- *hi res*
- *envelope*
- *average*

Os modos *sample*, *peak detect* e *hi res* operam em tempo real e com um único evento de trigger.

Envelope e *average* operam em múltiplas aquisições.

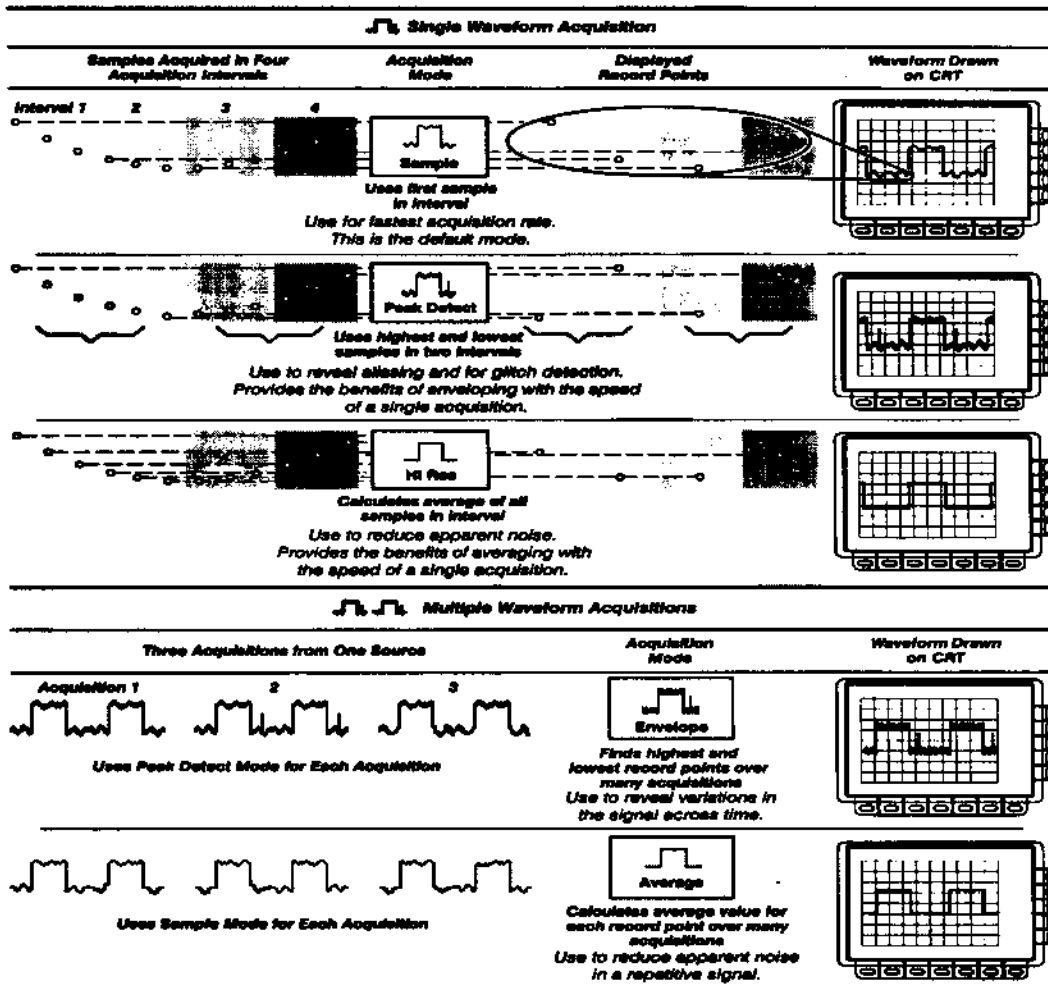
a) **Sample:**

O osciloscópio cria um registro de ponto salvando as primeiras amostras durante cada intervalo de aquisição. Este é modo *default*.

b) **Peak detect:**

Alterna entre salvar a amostra mais alta em intervalo de aquisição e a mais baixa no próximo intervalo. Esse modo só funciona com tempo real e não-interpolação.

Se a base de tempo setada for muito rápida e for necessário *real-time interpolation* ou *equivalent-time*, o modo é automaticamente trocado de *peak detect* para *sample*, apesar do menu de seleção não se alterar.



c) Hi res:

Nesse modo, o osciloscópio faz a média dos pontos durante um intervalo de tempo e cria um registro de ponto.

Esse modo só funciona em tempo-real e não interpolado. Se a base de tempo setada for muito rápida e for necessário *real-time interpolation* ou *equivalente time* ocorrerá como no modo acima.

A vantagem do modo hi res é seu potencial de incrementar a resolução do sinal de entrada (ver página 3-13).

d) Envelope:

É especificado um número de aquisições e o aparelho salva os valores mais altos e mais baixos em dois intervalos adjacentes (como no *peak detect*), mas os picos são escolhidos sobre vários eventos de trigger. Os registros mostrados são os mais extremos medidos.

e) Average:

Registra uma forma de onda que é a média de várias aquisições. Esse modo reduz muito os ruídos.

2.1.2) Aquisition readout:

Aparece no alto do *display* e mostra o estado da aquisição:

- *Running*: mostra *sample rate* e modo de aquisição
- *Stopped*: mostra o número de aquisições feitas desde a última mudança.

2.1.3) Operação:

Para criar o menu de aquisição aperte *shift acquire menu*. Para selecionar o modo de aquisição aperte *shift acquire menu* → *mode* → *sample* , *peak detect*, *hi res*, *envelope* ou *average*.

Quando forem selecionados os modos *envelope* ou *average* será necessário entrar com o número de aquisições (pelo botão ou teclado) para o registro.

Obs: Se for selecionado o maior registro de comprimento no menu horizontal não será possível selecionar *hi res* por falta de memória.

a) Sinal repetitivo:

Para limitar o aparelho para *real-time* ou deixar escolha entre *real-time/equivalente-time* : pressione *shift acquire menu* → *repetitive sinal* → *on or off*

On: usa *real-time* e *equivalente-time*

Off: limita o uso para *real-time*, caso não seja possível será usada interpolação.

b) Stop after:

Pode-se selecionar a aquisição para uma sequência de ondas ou para forma contínua. *Shift acquire menu → stop after → run/stop button only ,single acquisition sequence* ou *limit test condition met*.

Run/stop button only: permite começar ou parar aquisições.

Single acquisition sequence: permite rodar uma sequência simples apertando *run/stop*. Em *sample, peak* ou *hi-res* o instrumento irá adquirir um registro de forma de onda com o primeiro trigger válido e parará. Em *envelope* ou *average* serão feitas algumas aquisições para formar um registro.

Se o aparelho estiver setado para *equivalente-time* e for pressionado *single acquisition sequence* continuarão sendo reconhecidos triggers até o preenchimento do registro.

Para seleção rápida de *single acquisition sequence* pressione *force trigger* (*single trigger*).

Limit test condition met: permite aquisição de dados até limite especificado (*limit test* tem que estar *on* usando *limit test setup menu*).

2.2) AUTOSET

Ajusta automaticamente aquisição, *display*, horizontal, vertical e trigger.

Esse processo pode alterar a posição vertical da onda para um ponto apropriado, mas sempre seta o vertical offset para zero volts. Ver tabela 3-2 para os padrões do *autoset*.

Tabela 3-2: Autoset (padrões)

Control	Changed by Autoset to
Selected channel	Numerically lowest of the displayed channels
Acquire Mode	Sample
Acquire Repetitive Signal	On
Acquire Stop After	RUN/STOP button only
Display Style	Vectors
Display Intensity—Overall	If less than 50%, set to 75%
Display Format	YT
Horizontal Position	Centered within the graticule window
Horizontal Scale	As determined by the signal frequency
Horizontal Time Base	Main Only
Horizontal Record Length	Unchanged
Limit Test	Off
Trigger Position	Unchanged
Trigger Type	Edge
Trigger Source	Numerically lowest of the displayed channels (the selected channel)
Trigger Level	Midpoint of data for the trigger source
Trigger Slope	Positive
Trigger Coupling	DC
Trigger Holdoff	0
Vertical Scale	As determined by the signal level
Vertical Coupling	DC unless AC was previously set. AC remains unchanged.
Vertical Bandwidth	Full
Vertical Offset	0 volts
Zoom	Off

2.3) CURSOR MEASUREMENTS

Usa-se para medir a diferença entre dois pontos.

Existem 3 tipos de cursores: horizontal, vertical e pares.

2.3.1) Cursor readouts:

H bars: o valor após Δ é a diferença de tensão entre os cursores. O valor após @ é a tensão do cursor em relação ao terra.

V bars: o valor após Δ é o tempo ou frequência (diferença) entre os cursores. O valor após @ é o tempo ou frequência do cursor em relação ao trigger.

Paired: o valor após Δ mostra a diferença entre as duas pequenas barras horizontais. O outro Δ mostra o tempo ou frequência entre as duas barras verticais longas. O valor após @ mostra a tensão na barra horizontal curta do cursor selecionado em relação ao terra.

2.3.2) Operação:

Pressione *cursor* → *function* → *H bars*, *V bars*, *paired* ou *off*.

a) **Modo:**

Selecione o modo do cursor no mode.

Pressione *cursor* → *mode* → *independent* ou *tracking* e use o botão para mover o cursor ativo se o modo *independent* foi selecionado. Pressione *toggle* para mudar o cursor ativo.

Use o botão para mover os dois cursores no modo *tracking*. Pressione *toggle* para suspender temporariamente o *tracking* e depois use o botão para ajustar a distância entre o cursor ativo e o outro. Pressione *toggle* novamente para reassumir o *tracking*.

b) **Unidades de tempo:**

Pressione *cursor* → *time units* → *seconds* ou *1/seconds (Hz)*

c) **Velocidade do cursor:**

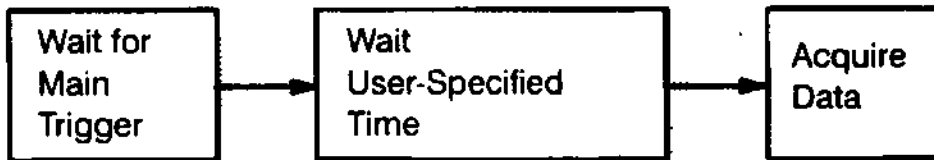
Pressione shift antes de girar o botão geral.

2.4) DELAYED TRIGGERING (Trigger c/ Atraso)

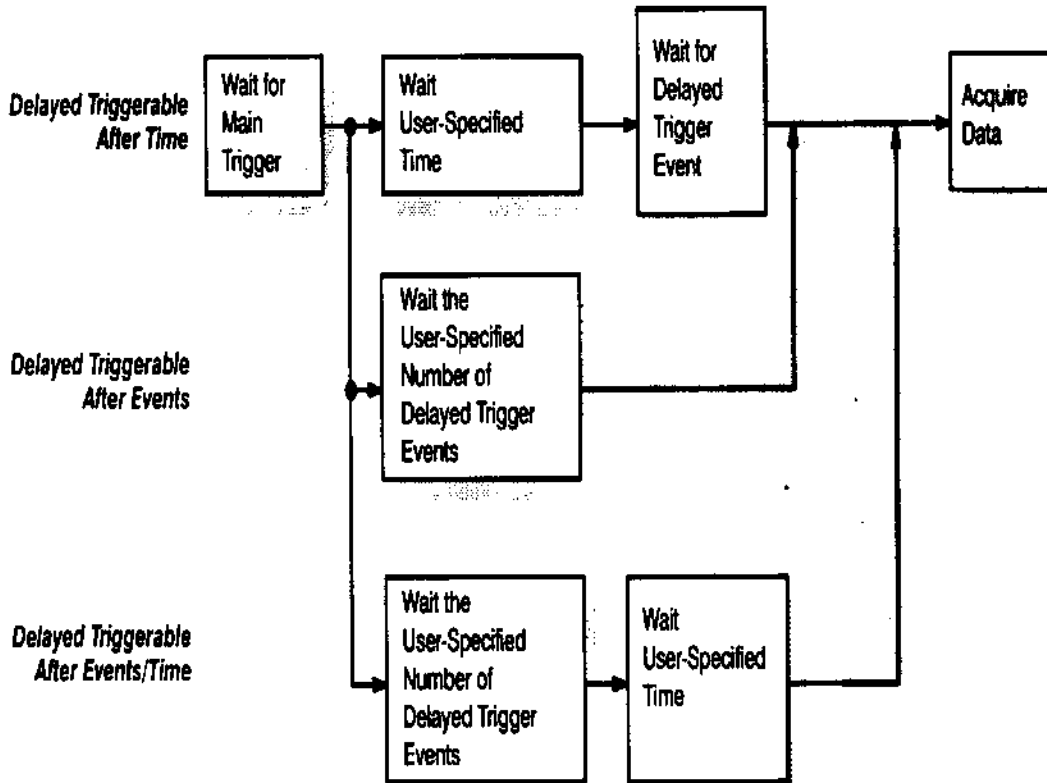
A série TDS500 fornece uma base de tempo principal e uma com atraso. Só se pode usar o *delay* com edge trigger e certas classes de *pulse triggers*.

Existem dois caminhos diferentes para atrasar a aquisição da forma de onda:

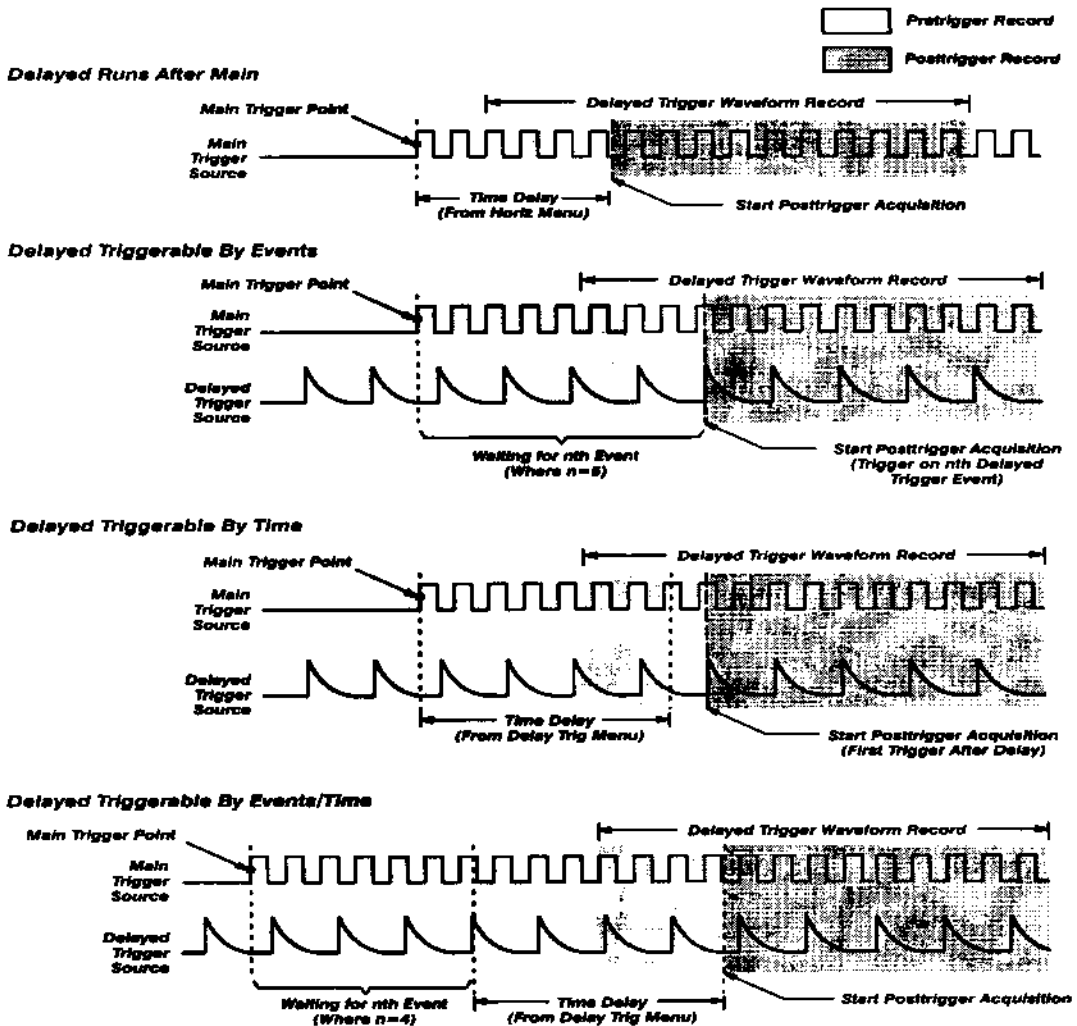
delayed runs after main



delayed triggerable



Delayed Triggering



Somente o *delayed triggerable* usa o sistema *delayed trigger*.

Delayed runs after main procura pelo trigger principal e espera por tempo determinado para iniciar a aquisição.

Delayed triggerable procura pelo trigger principal e dependendo do tipo de *delayed trigger* selecionado faz uma aquisição (ver figura 3-9 pág 3-25):

- *After time*: espera o *user specified time* e depois espera pelo próximo *delayed trigger* e faz aquisição.
- *After events* (ciclos) : espera por um determinado número de *delayed triggers* e faz aquisições.
- *After events* (ciclos) / *time*: espera por um determinado número de *delayed triggers*, espera o *user-specified time* e faz aquisições.

Nota:

Usando o *delayed triggerable mode* o aparelho fornece um convencional trigger por rampa para a *delayed time base*. A base de tempo atrasada não irá trigar se o trigger principal (definido no menu de trigger) for lógico, se o trigger principal for rampa com a fonte setada para auxiliar (TDS540) ou se o trigger principal for pulso com o *run trigger class* selecionado.

2.4.1) Operação:

Use o menu Horizontal para selecionar e definir *delayed menu after main* ou *delayed triggerable*. *Delayed trigger*, contudo, requer seleções adicionais no *delayed trigger menu*.

a) Delayed runs after main:

1. Aperte *horizontal menu* → *time base* → *delayed only* → *delayed runs after main* Use o *keypad* ou botão para selecionar o atraso.

Se você pressionar *intensified*, só será mostrada uma zona intensificada no registro da base de tempo principal que mostrará onde o registro da base de tempo atrasada ocorreu em relação ao trigger principal. Para o *delayed runs after main mode*, o começo da zona intensificada corresponde ao começo do registro da base de tempo atrasada. E os fins também coincidirão.

Para aprender como definir o nível de intensidade das formas de onda normal e intensificada ver página 3-31.

b) Delayed triggerable:

Deve-se ter certeza que o menu principal de trigger está setado de forma compatível com *delayed triggerable*.

1. Aperte *trigger menu*;
2. Se *type* estiver setado para *logic*, aperte *type* para mudar para *Edge* ou *Pulse*. O tipo *Logic* não é compatível.
3. Se *Source* (fonte) estiver setada para *Auxiliary* (TDS540) pressione *source*. Selecione qualquer *source* no menu lateral que esteja de acordo com a sua aplicação.
4. Pressione *Horizontal menu* → *time base* → *delayed only* → *delayed triggerable*.

Pressionando *intensified*, pode ser mostrada uma zona intensificada que indica onde o registro de base de tempo atrasada deve ocorrer em relação ao trigger principal na base de tempo principal. Para o modo *delayed triggerable after mode*, o começo da zona intensificada corresponde a um possível começo do registro de *delayed timebase*.

Para definir o nível de intensidade ver página 3-31.

Agora é necessário criar o *Delayed trigger menu* para poder definir o *delayed trigger event*.

5. Aperte *Shift delayed trig* → *Delay by* → *triggerable after time, Events* ou *Events / Time* . (figura 3-11)
6. Entre com *delay time* ou *events* usando o botão ou *keypad*. Se for setado *Events / Time*, use *Time* e *Events* para escolher entre tempo e o número de eventos.

Dica:

Pode-se ir diretamente para o *Delayed trigger menu* selecionando *triggerable after time, events* ou *events / time*, o aparelho automaticamente selecionará para *delayed triggerable* no menu horizontal.

O *source menu* permitirá a seleção da entrada que será a *delayed trigger source*.

7. Aperte *source* → ch1, ch2, ch3 (Ax1 no TDS520), ch4 (Ax2 no TDS520), ou *Auxiliary* (TDS540 apenas) .

8. Aperte *Coupling* → DC, AC, HF *Rej* ou *Noise Rej* para definir como o sinal de entrada será casado para o *delayed trigger*. (ver página 2-2)

9. Aperte *Slope* para selecionar a inclinação na qual o *delayed trigger* irá ocorrer (subida ou descida).

Quando se usa o *delayed triggerable* para a aquisição de formas de onda, duas barras de trigger aparecerão. Uma barra indica o nível setado pelo sistema principal de trigger e a outra indica o nível setado pelo *delayed trigger system*.

10. Pressione *level* → *Level, Set to TTL, Set to ECL* ou *Set to 50%* .

- *Level* → permite entrar nível e *delayed trigger* pelo botão ou *keypad*.
- *Set to TTL* → fixa o nível do trigger em +1,4V.
- *Set to ECL* → fixa o nível do trigger em -1,3V.

Nota:

Quando é setada a escala vertical para menos de 200mV, o osciloscópio reduz o nível de trigger do *Set to TTL* ou *Set to ECL* para abaixo dos níveis *Standard TTL* e *ECL*. (página 3-30)

- *Set to 50%* → fixa o nível do *delayed trigger* para 50% do valor de pico a pico do sinal da fonte de *delayed trigger*.

2.5) DISPLAY MODES

2.5.1) Operação:

Aperte *display* para mostrar o menu *display*.

a) Estilo de display:

Aperte *display* → *style* → *vectors*, *intensified samples*, *dots*, *infinite persistence* ou *variable persistence*.

- *Vectors*: tem linhas mostradas entre os pontos de registro.
- *Dots*: mostra o registro da forma de onda como pontos.
- *Intensified samples*: também mostra a forma de onda como pontos mas os pontos de amostra são mais intensos que os de interpolação.
- *Variable persistence*: permitem que os pontos de registro acumulem-se na tela por várias aquisições e permaneçam mostrados por um específico intervalo de tempo. Nesse modo o display porta-se como um osciloscópio analógico. O tempo é setado pelo teclado ou pelo botão.
- *Infinite persistence*: permite que os registros de ponto acumulem-se até que seja mudado algum comando.

b) Intensidade:

Permite setar de forma global, *text/graticule* e intensidade (brilho). Para setar o contraste da porção atrasada da onda aperte *display* → *intensity* → *overall*, *text/graticule*, *waveform* ou *contrast*. Entre com o valor percentual da intensidade via teclado ou botão.

c) Display readouts:

- 1 - Aperte *display readout*
- 2 - Display T @ *trigger point* para mostra ou não o ponto de trigger.
- 3 - *Trigger bar style* para selecionar barra curta ou longa ou retirar a barra de trigger.
- 4 - Pressione *date/time* para tornar ligado ou não. Pressione *clear menu* para ver hora e data corrente.

d) Tipo de filtro:

Os *displays filters types* são *sin (x)/x interpolation* ou *linear interpolation*.

Pressione *display* → *filter* → *sin (x)/x* ou *linear interpolation*.

e) Graticule type:

Para trocar a grade aperte *display* → *graticule* → *full grid*, *cross hair* ou *frame*.

f) Format:

Existem dois tipos de *format* YT ou XY.

YT - é o padrão e mostra tensão no vertical e tempo no horizontal.

XY - compara o nível de tensão de dois registros de onda ponto por ponto.

Para setar o *display* aperte *display format* → XY ou YT.

Quando XY for selecionado a entrada X é setada pelo operador e o aparelho seleciona automaticamente o sinal para Y (ver tabela 3-3).

Maiores informações:
Página 2-7.

2.6) EDGE TRIGGERING (trigger por borda)

O trigger por borda ocorre quando a fonte de trigger ultrapassa um nível especificado de tensão.

2.6.1) Edge trigger readouts:

Base de tempo principal / Base de tempo por divisão / Fonte principal de trigger / Tipo de acionamento / Nível de trigger principal.

2.6.2) Operação:

O menu de trigger permite a seleção da fonte, casamento (*coupling*), rampa, nível, modo e *holdoff*.

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Edge* .

a) **Source (fonte):**

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Edge* → *Source* → ch1, ch2, ch3 (Ax1 no TDS520), ch4 (Ax2 no TDS520), *AC line*, ou *Auxiliary* .

b) **Coupling:**

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Edge* → *Coupling* → DC, AC, HF *Rej*, LF *Rej*, ou *Noise Rej* .

- DC - Todos os sinais entram (AC / DC)
- AC - Só entram as componentes alternadas (acima de 30 Hz)
- HF *Rej* - Remove a porção de alta frequência do sinal de trigger. Atenua sinais acima de 30 kHz.
- LF *Rej* - Faz o oposto do HF *Rej*. Atenua frequências abaixo de 80 kHz.
- *Noise Rej* - Provê sensibilidade menor. Reduz a probabilidade de trigger falso por ruído.

c) **Slope (rampa):**

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Edge* → *Slope* (subida ou descida).

d) **Level (nível):**

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Edge* → *Level* → *Level*, *Set to TTL*, *Set to ECL*, *Set to 50%* .

- *Level* - Permite que se entre com nível de trigger pelo botão ou *keypad*.
- *Set to TTL* - Fixa o nível em +1,4V.
- *Set to ECL* - Fixa o nível em -1,3V.
- *Set to 50%* - Fixa o nível em 50% do valor de pico a pico.

e) Mode e holdoff:

Pode-se trocar o *holdoff time* e selecionar o modo de trigger usando esse ítem do menu (ver *triggering* página 2-2).

1- Pressione *Trigger Menu* → *Mode e Holdoff* → *Auto* ou *Normal* .

- *Auto* - O aparelho faz uma aquisição depois de transcorrido um tempo específico mesmo se não ocorrer um trigger. O tempo de espera depende da base de tempo setada.
- *Normal* - O aparelho faz uma aquisição somente se existir um trigger válido.

2- Troque o *holdoff time*, pressione *holdoff* . Entre com o valor % (ver página A-23).

2.7) **HARDCOPY**

Pode-se fazer uma cópia do display usando o *hardcopy*.
Formatos disponíveis e operação (ver página 3-40).

Maiores informações:
página 3-106.

2.8) HELP (ON-LINE)

2.8.1) Operação:

Pressione *help* para prover informações sobre cada comando do aparelho.

2.9) CONTROLE DO HORIZONTAL (TIME BASE)

Usa-se *position* e *scale* para posicionar e adequar a escala.

2.9.1) Horizontal readouts:

Record view: mostra o tamanho e localização do registro e a localização do trigger.

Time base readout: mostra tempo por divisão setado e a base de tempo (*main* ou *delayed*).

2.9.2) Menu horizontal:

a) Main e delayed time base:

Pressione *horizontal menu* → *time base* → *main only*, *intensified* ou *delay only*.

Intensified: mostra uma zona onde o comprimento do registro de *delayed trigger* pode ocorrer em relação ao trigger principal.

Pode-se selecionar também *Delayed Runs After Main* ou *Delayed Triggerable* (página 3-25).

b) Trigger position (o sinal é dividido em pré-trigger, trigger e pós-trigger):

Pressione *Horizontal Menu* → *Trigger Position* → *Set to 10%, 50%, 90%* ou *Pretrigger* e use o botão / *keypad*.

c) Record length (número de pontos do registro):

Para setar o comprimento do registro pressione *Horizontal Menu* → *Record Length*.

d) Escala horizontal:

Pressione *Horizontal Menu* → *Horizontal Scale* → *Main Scale* ou *Delayed Scale* e use o botão / *keypad* para adotar valores.

e) Posição horizontal:

Pressione *Horizontal Menu* → *Horizontal Pos* → *Set to 10%, 50%, 90%* para escolher quanto da forma de onda será mostrada à esquerda do centro do display.

Maiores informações:
Páginas: 2-13, 3-25, 3-13

2.10) LIMIT TESTING

Provê automaticamente, comparação de uma onda de entrada com um modelo de forma de onda. São setados limites ao redor da forma de onda e o osciloscópio encontra as ondas que excedem esses limites. Quando encontrada, pode-se fazer uma cópia, soar uma campainha, parar e esperar por uma entrada ou combinar essas ações.

- 1° - Criar o padrão de onda;
- 2° - Especificar o canal de comparação;
- 3° - Especificar as ações que serão tomadas no caso de se diferenciar do padrão.

2.10.1) Operação:

Pressione *Shift Acquire Menu*.

a) Criar limit test template (padrão):

1- Pressione *Create Limit Test Template* → *Template Source* → *ch1, ch2, Math1, Math2, Math3, Ref1, Ref2, Ref3* ou *Ref4* (figura 3-25).

Depois de selecionada uma fonte, seleciona-se o destino do padrão.

2- Pressione *Template Destination* → *Ref1, Ref2, Ref3* ou *Ref4*.

Agora cria-se o envelope com as variações, além do padrão, que serão toleradas. Os valores de tolerância são expressos em frações.

3- Pressione *±V Limit* → tolerância de tensão.

4- Pressione *±H Limit* → tolerância de tempo.

5- Depois de padronizada a onda, pressione *OK Store Template*.

Se quiser ver o padrão criado pressione *More* e o destino correspondente.

b) Fontes de limit test:

1- Pressione *Shift Acquire Menu* → *Limit Test Sources* → compare *ch1, compare ch2, compare ch3, ou compare ch4*.

2- Escolha a referência de *Ref1* até *Ref4*, ou *none (limit test off)*.

c) Limit test setup:

Especifica a ação tomada se a onda exceder os limites setados no padrão.

1- Pressione *Shift Acquire Menu* → *Limit Test Setup*.

2- *Hardcopy If Condition Met (ON)*

Ring Bell If Condition Met (ON)

Stop After Limit Test Conditon Met (ON)

3- Verifique se *Limit Test* está ON.

2.10.2) Formas de onda simples e múltiplas:

Pode-se comparar uma forma de onda simples com um padrão, mais de uma onda com um padrão, ou mais de uma onda, cada uma comparada com seu próprio padrão.

Maiores informações:
páginas 2-7, 3-11, 3-31 e 3-13

2.11) TRIGGERING

Pattern - (*true* ou *false*)

State -

Quando se usa *pattern trigger* define-se:









- A pré-condição para cada entrada lógica - lógica alta, baixa ou *don't care* (*logic inputs* são 1, 2, Aux1, Aux2).
- A função lógica booleana - selecionada de AND, OR, NAND e NOR.
- A condição para o trigger - se o trigger ocorre quando a função booleana vira TRUE (*high*) ou FALSE (*low*), e se a condição TRUE é qualificada pelo tempo. O *state trigger* ocorre quando as entradas lógicas para as funções lógicas acarretam as funções serem TRUE.

Quando se usa o *state trigger* define-se:

- A pré-condição para cada entrada lógica (1, 2 e Ax1).
- A direção da troca de estado pela entrada do clock (Aux2).
- A função booleana - selecionada de AND, NAND, OR ou NOR.
- A condição para trigger - se ocorre quando a função booleana for TRUE ou FALSE.

Ver tabela 3-4.

Tabela 3-4

Pattern	State	
 AND	 Clocked AND	Se todas as précondições de entradas lógicas forem verdadeiras ocorrerá trigger.
 NAND	 Clocked NAND	Se nem todas as précondições forem verdadeiras ocorrerá trigger.
 OR	 Clocked OR	Se alguma précondição for verdadeira ocorrerá trigger.
 NOR	 Clocked NOR	Se nenhuma précondição for verdadeira ocorrerá trigger.

2.11.1) Logic trigger readouts:

Trigger class, ch 1, 2, 3, 4 Inputs, Logic.

2.11.2) Definições:

Ver tabela 3-4.

a) Pattern - No final do trigger *holdoff* o osciloscópio colhe amostras das entradas (todas). Depois o aparelho triga, se as condições definidas na tabela 3-4 são encontradas.

b) State - No final do trigger *holdoff*, o aparelho espera até a borda do Aux2 passar na direção especificada. Depois o aparelho colhe amostras das outras entradas e triga, se as condições (tabela 3-4) são encontradas.

2.11.3) Operações comuns a Pattern e state:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* ou *State*.

a) Trigger “Quando”:

Permite trigar quando as condições definidas forem encontradas ou não.

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* ou *State* → *Trigger When* → *Goes TRUE* ou *Goes FALSE*.

b) Set thresholds:

Para setar *logic threshold* para cada canal.

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* ou *State* → *Set Thresholds* → ch1 ou ch2.

2- Use *Main Trigger Level* (botão) para setar cada *threshold*.

c) Mode e holdoff:

Troca o *holdoff time* e seleciona o modo do trigger.

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* ou *State* → *Mode e holdoff* → *Auto* ou *Normal*.

*Auto - A aquisição da onda é feita depois de um determinado tempo transcorrido, mesmo que o trigger não ocorra (O tempo de espera depende da base de tempo escolhida).

*Normal - Só faz a aquisição ocorrendo um trigger válido.

2- Pressione *holdoff*. Entre com o valor %.

2.11.4) Pattern Operations (Operações Padrão):

Quando *Pattern* é selecionado, o osciloscópio triga em uma combinação lógica especificada dos quatro canais de entrada. Ver página 3-60 para maiores detalhes em operações comuns ao *Pattern* e *State Triggers*.

a) Define Entradas:

Para setar o estado lógico para cada um dos canais de entrada fazemos:

1. Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* → *Define Inputs* → Ch1, Ch2, Aux1 e Aux2.

2. Pressione cada entrada selecionada no item 1 repetidamente para escolher entre High (H), Low (L) e Don't Care (X) para cada canal (o botão também pode ser utilizado).

b) Define Lógica:

Para escolher a função lógica que será aplicada aos canais de entrada fazemos:

1. Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* → *Define Logic* → AND, OR, NAND ou NOR.

Ver página 3-59 para definições das funções lógicas para *Pattern* e *State Triggers*.

c) Time Qualified Pattern Trigger:

Especifica o tempo que a função booleana deve ser TRUE. Pode-se escolher o tipo de qualificação (maior ou menor que um tempo limite especificado).

1. Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *Pattern* → *Trigger When* → *True for more than* ou *True for less than*.
2. Use o botão para setar o tempo desejado.

Quando selecionado *True for less than* e especificado o tempo, as condições de entrada especificadas deverão direcionar a função lógica para High (TRUE) enquanto o tempo especificado não for atingido. De forma análoga, *True for more than* requer uma função booleana TRUE para um tempo maior que o especificado. O osciloscópio determina o trigger (ponto) das seguintes maneiras:

- Espera a condição lógica se tornar TRUE;
- Começa a contar o tempo e espera a função lógica virar FALSE;
- Compara o tempo e se o tempo TRUE for maior (para *True for more than*) ou menor (para *True for less than*), então ele triga a onda no ponto em que a condição lógica ficou FALSE (ver figura 3-28).

2.11.5) State Operations:

Quando selecionado *State*, o canal Aux2 é usado como *clock* para o circuito lógico (ver página 3-60).

O osciloscópio espera até o Aux2 encontrar a rampa e a voltagem selecionadas. Depois são checadadas as funções aplicadas nos três primeiros canais e se a condição especificada no trigger *When* (*goes TRUE* ou *goes FALSE*) ocorrerá também o trigger.

a) Define entradas:

Para setar *Logic States* para cada canal:

1. Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *State* → *Define Inputs*.
2. Escolher H (High), L (Low) ou X (Don't care) para os 3 primeiros canais. As opções para Aux2 são rampa de subida ou rampa de descida.

b) Define lógica:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Logic* → *Class* → *State* → *Define Logic* → AND, OR, NAND ou NOR.

Maiores informações:
página 2-2, 3-120

2.12) PULSE TRIGGERING









• *Glitch* - Ocorre quando a fonte de trigger detecta um pulso mais estreito (ou mais largo) que algum tempo especificado. Pode-se trigar em *glitches* de cada polaridade. Ou setar o *glitch trigger* para rejeitar *glitches* de cada polaridade.

• *Runt* - Ocorre quando a fonte de trigger detecta um pulso pequeno que cruza o 1º limiar mas não cruza o segundo antes de repassar o 1º. Pode-se setar o osciloscópio para detectar *runt pulses* positivos ou negativos.

• *Width* - Ocorre quando a fonte de trigger detecta um pulso que é interno ou, opcionalmente, externo a uma faixa de tempo especificada (definida pelos limites inferior e superior). O osciloscópio pode trigar em pulsos positivos ou negativos. (Ver tabela

3-9)

Tabela 3-9

Nome	Definição
 Glitch positive	O trigger ocorre se o aparelho detectar um spike positivo de largura menor que a especificada(*).
 Glitch negative	Idem para spike negativo. (*):glitch time especificado.
 Glitch either	Trigger ocorrerá quando for detectado spike negativo ou positivo com largura menor que o glitch time especificado.
 Runt positive	O trigger ocorre quando um pulso positivo cruza um limite mas não ultrapassa um segundo limite antes de passar novamente pelo primeiro limiar (sentido negativo).
 Runt negative	Idem para pulso negativo.
 Runt either	Idem para pulsos negativos ou positivos.
 Width positive	Ocorre trigger se um pulso positivo com largura entre, ou opcionalmente fora, do user-specified lower and upper time limits for detectado.
 Width negative	Idem para pulsos negativos.

2.12.1) Operações comuns a *Glitch*, *Runt* e *Width*:

Os menus de *pulse trigger* permitem que seja definida a fonte de pulso, selecionado o modo (auto ou normal) e ajustado o *holdoff*.

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Glitch*, *Runt* ou *Width*.

a) Fonte:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Source* → Ch1, Ch2, Aux1 ou Aux2.

b) Mode e Holdoff:

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Mode and Holdoff* → *Auto* ou *Normal*.

- *Auto* - A aquisição é feita depois de passado um tempo específico, mesmo se o trigger não ocorrer. (O tempo de espera do osciloscópio depende da base de tempo)
- *Normal* - A aquisição só é feita com um trigger válido. (Pode-se forçar uma aquisição pressionando *FORCE TRIGGER*)

2- Para mudar o tempo de *holdoff* pressione *Holdoff* e entre com o valor percentual com o botão ou o *keypad*.

2.12.2) Glitch operations:

a) Polaridade e Largura:

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Polarity and Width* → *Positive*, *Negative* ou *Either* (ambos).

2- Pressione *Width* e entre com a largura do *glitch* usando o botão ou o *keypad*.

b) Glitch (aceitar ou rejeitar):

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Glitch* → *Glitch* → *Accept Glitch* ou *Reject Glitch*.

- *Accept* - O osciloscópio só irá trigar em pulsos mais estreitos que a largura especificada.
- *Reject* - O osciloscópio só irá trigar em pulsos mais largos que a largura especificada.

c) Nível:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Level* → *Level*, *Set to TTL*, *Set to ECL* ou *Set to 50%*.

2.12.3) Runt operation:

Nesse caso o osciloscópio irá trigar em um pulso curto que cruze o 1° limiar mas não alcance o 2° antes de cruzar novamente o 1°.

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Runt* → *Source* → Ch1, Ch2, Aux1 ou Aux2.

2- Pressione *Polarity* → *Positive*, *Negative* ou *Either*.

3- Pressione *Thresholds* e entre com os limites superior e inferior para o *runt*.

a) Polaridade:

Use este menu para especificar a direção do pulso *runt*.

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Runt* → *Polarity* → *Positive*, *Negative* ou *Either*.

b) Thresholds:

Para setar os níveis limite de detecção do pulso *runt*:

1. Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Runt* → *Thresholds*.

2. Utilize o botão ou o *keypad* para entrar com os limites superior e inferior.

* Quando é selecionado *Positive* (polaridade), o limite inferior deve ser ultrapassado primeiro no sentido positivo, depois novamente cruzado em sentido negativo sem ultrapassar o limite superior.

* Quando é selecionado *Negative* (polaridade), o limite superior deve ser ultrapassado primeiro no sentido negativo, depois novamente cruzado em sentido positivo sem ultrapassar o limite inferior.

* Quando é selecionado *Either*, um limite deve ser ultrapassado indo numa determinada direção, depois cruzado novamente indo em sentido oposto sem cruzar o outro limite.

* Sem setar *Polarity* o trigger ocorrerá quando o pulso cruzar novamente o primeiro limite cruzado.

2.12.4) Operação de largura (width):

a) Polaridade:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Width* → *Polarity* → *Positive* ou *Negative*.

b) Trigger when:

Permite estabelecer a largura (em unidades de tempo) que a fonte de trigger irá procurar e se o trigger deve ocorrer dentro ou fora desses limites.

1- Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Width* → *Trigger When*.

2- Pressione *Within Limits*, para trigar dentro dos limites especificados ou, *Out of Limits*, para que o trigger ocorra fora desses limites.

3- Para setar a largura do pulso (em unidades de tempo) pressione *Upper Limit* e *Lower Limit*. Usando o botão ou o *keypad*, entre com os valores. *Upper Limit* é a largura de pulso máxima que a fonte de trigger irá procurar, enquanto *Lower Limit* é a largura de pulso mínima.

c) Nível:

Pressione *Trigger Menu* → *Type* → *Pulse* → *Class* → *Width* → *Level* → *Level*, *Set to TTL*, *Set to ECL* ou *Set to 50%*.

2.13) SALVANDO E RECARREGANDO SETUPS

a) Salvando setups:

1- Pressione *Setup* → *Save Current Setup*

Cuidado! Se for escolhido salvar o *Setup* em *User*, você irá sobrescrever o *setup* previamente gravado ali. Portanto devemos salvar o *setup* em *Factory*.

2- Escolha uma das dez áreas de gravação (*To Setup 1, To Setup 2,...*). O *setup* agora está gravado nesta área.

b) Recarregando um setup:

Pressione *Setup* → *Recall Saved Setup* → *Recall Setup 1, Recall Setup 2,...*

c) Recarregando o factory setup (default):

Pressione *Setup* → *Recall Factory Setup* → *OK Confirm Factory Init*.
Ver página A-41 (parâmetros default).

d) Deletando todos os setups e formas de onda (Tek Secure):

Pressione *SHIFT UTILITY* → *System* → *Config* → *Tek Secure* → *Erase Memory*
→ *OK Erase Ref & Panel Memory*.

Maiores informações:
Páginas 1-18, A-41, 3-111

2.14) SALVANDO E RECARREGANDO FORMAS DE ONDA:

Pode ser usado para salvar ondas se houver mais formas de onda que canais.

1- Selecione o canal que contém a onda (não salve em active, use *empty*)

2- Pressione *save/recall waveform* → *save waveform* → Ref1., Ref2., Ref3. ou Ref4.

a) Deletando:

Pressione *save /recall waveform* → *delete Refs.* → *delete Ref1., ... ou delete Ref4.*

b) Recarregando uma onda:

Pressione *more* → Ref1., ... ou Ref4.

2.15) SIGNAL PATH COMPENSATION

Deve-se usá-lo se houver variação de 5°C (medições mais precisas).

Operação:

- 1- Ligar o aparelho e esperar 20 minutos.
- 2- Desconectar qualquer sinal de entrada.
- 3- Pressione *Shift utility* → *system* → *Cal* → *Signal path* (não desligar durante os passos 3 e 4)
- 4- Espera pelo sinal *Pass.* ou *Fail.*
- 5- Verificar se aparece a palavra *Pass* abaixo de *Signal path*

2.16) WAVEFORM MATH

Pode-se manipular matematicamente a forma de onda (exemplo pode-se subtrair os ruídos de uma onda).

- 1- Pressione *more* → *Math1*, ... ou *Math3* para seleccionar a forma de onda que se quer mostrar ou mudar.
- 2- Pressione *change math waveform definition* → *single Wfm math* ou *dual Wfm math*.

a) Single waveform math:

- 1- Pressione *more* → *Math1*, ... ou *Math3*. → *set function to* → *inv.* (inverte).
- 2- Par definir a fonte → *Set single source to*
- 3- *OK create math waveform*

b) Dual wfm math:

- 1- Pressione *more* → *Math1*, ... ou *Math3* → *set 1st. source to* e *set 2nd. source to*.
- 2- *Set operator to*.
- 3- *OK create math waveform*.

2.17) ZOOM

1- Pressione Zoom → on.

2- Escolha a onda em *horizontal lock*.

- *none*: só aumenta a onda selecionada.
- *live*: pode-se aumentar todos os canais.
- *all*: pode-se aumentar todas as ondas.