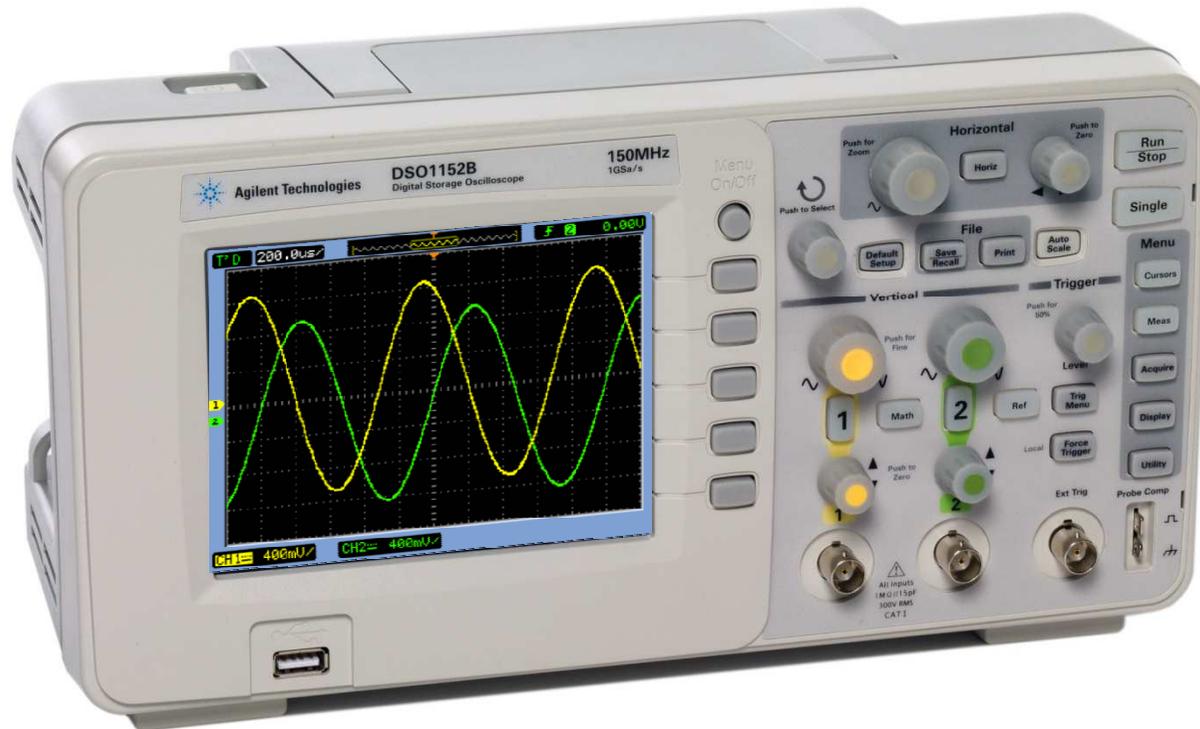


Introdução ao osciloscópio

Para estudantes universitários de Engenharia Elétrica e Física

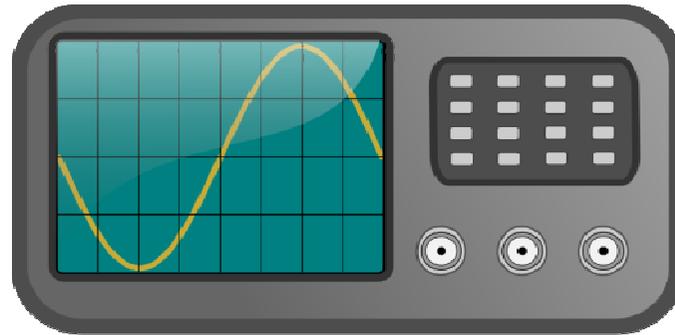


Pauta

- O que é um osciloscópio?
- Noções básicas de teste (modelo de baixa frequência)
- Realizar medições de tensão e tempo
- Configurar a escala das formas de onda na tela adequadamente
- Compreender o disparo do osciloscópio
- A teoria de operação e especificações de desempenho do osciloscópio
- Testes revisitados (modelo dinâmico/CA e efeitos de carregamento)
- Recursos técnicos adicionais



O que é um osciloscópio?



os.ci.los.có.pio

- O osciloscópio converte sinais elétricos de entrada em um traço visível na tela - por ex., converte eletricidade em luz.
- O osciloscópio, de forma dinâmica, representa sinais elétricos com variação no tempo em duas dimensões (normalmente tensão vs. tempo).
- O osciloscópio é utilizado por engenheiros e técnicos para testar, verificar e depurar projetos eletrônicos.
- O osciloscópio é o principal instrumento que você utilizará nos laboratórios de EE/Física para testar experimentos designados.



Apelidos carinhosos (como são chamados)

Scop" – Terminologia mais comumente usada (em inglês)

DSO – Digital Storage Oscilloscope (osciloscópio de armazenamento digital)

Osciloscópio digital

Osciloscópio digitalizador

Osciloscópio analógico – Tecnologia de osciloscópio mais antiga, porém ainda em uso hoje em dia.

CRO – Cathode Ray Oscilloscope (osciloscópio de raios catódicos). Muito embora a maioria dos osciloscópios não utilize mais tubos de raios catódicos para exibir formas de onda, australianos e neozelandeses ainda os chamam de CROs ("crows", em inglês).

O-Scope

MSO – Mixed Signal Oscilloscope (osciloscópio de sinais mistos, inclui canais analisadores lógicos de aquisição)



Noções básicas de teste

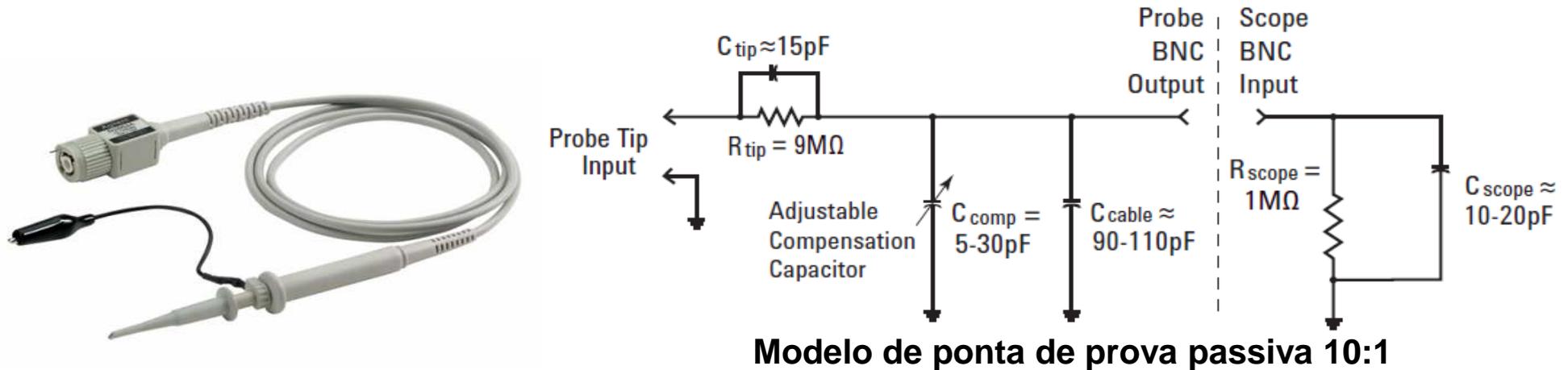
- As pontas de prova são usadas para transferir o sinal do dispositivo sendo submetido ao teste para as entradas BNC do osciloscópio.



- Existem muitos tipos diferentes de pontas de prova utilizados em diversos e especiais propósitos (aplicações de alta frequência, aplicações de alta tensão, corrente etc.).
- O tipo de ponta de prova mais comumente utilizado é chamado de "Ponta de prova passiva 10:1 divisora de tensão".



Ponta de prova passiva 10:1 divisora de tensão

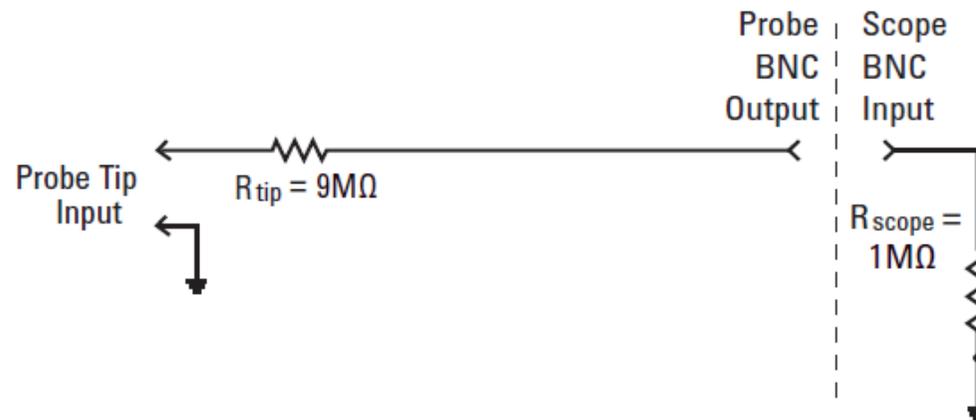


Passiva: Não inclui elementos ativos, como transistores ou amplificadores.

10 para 1: Reduz a amplitude do sinal fornecido na entrada BNC do osciloscópio por um fator de 10. Além disso, aumenta a impedância de entrada em 10X.

Nota: Todas as medições devem ser realizadas em relação ao terra!

Modelo de baixa frequência/CC



Modelo de ponta de prova passiva 10:1

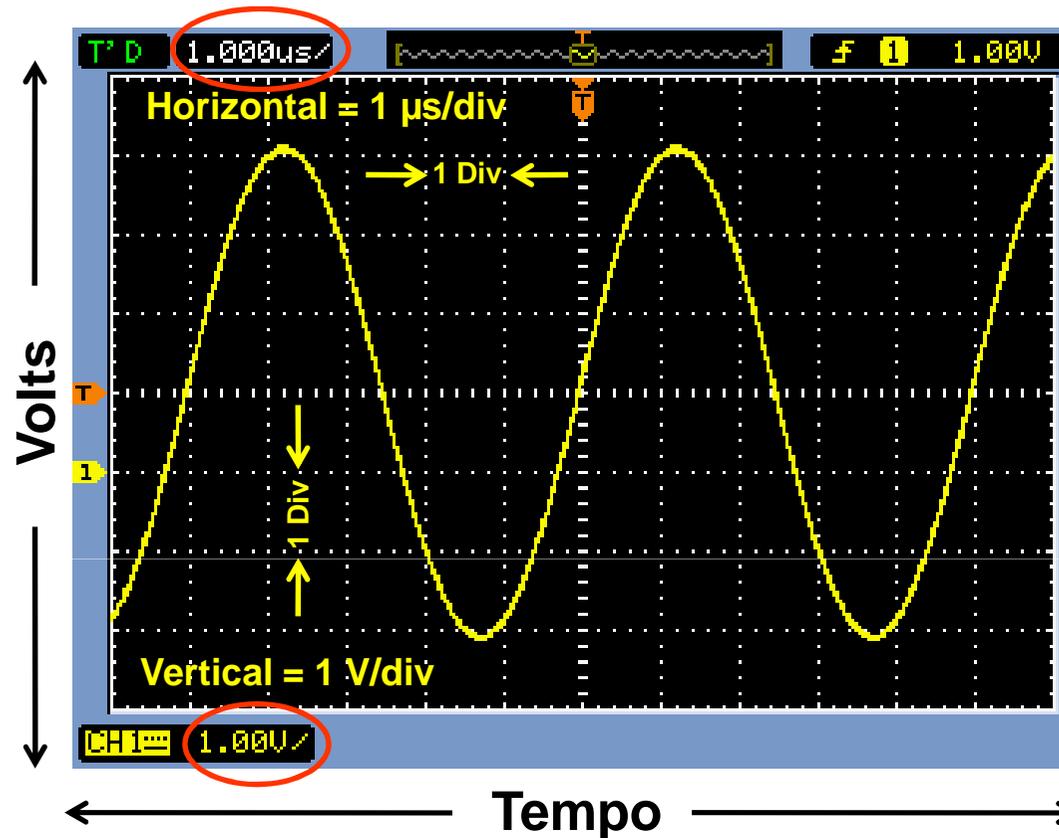
Modelo de baixa frequência/CC: Simplificação para um resistor de 9-M Ω em série com o terminal de entrada de 1-M Ω do osciloscópio.

Fator de atenuação de ponta de prova:

- ✓ Alguns osciloscópios, como os 3000 série X da Agilent, detectam automaticamente pontas de prova 10:1 e ajustam todas as configurações verticais e as medições de tensão relacionadas à ponta de prova.
- ✓ Alguns osciloscópios, como os 1000 série da Agilent, requerem entrada manual de um fator de atenuação de ponta de prova 10:1.

Modelo dinâmico/CA: Será abordado posteriormente e durante o laboratório N^o4.

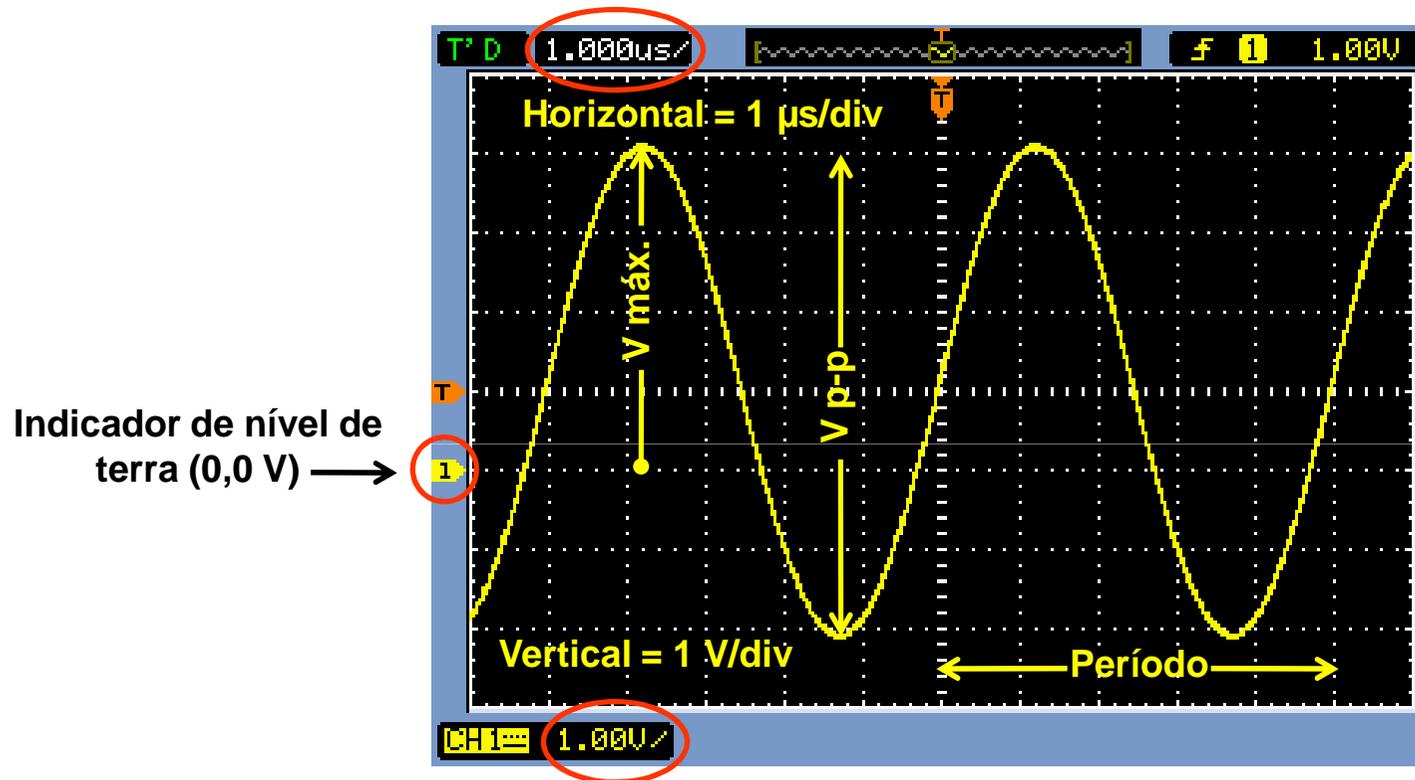
Compreender o visor do osciloscópio



- Área de exibição da forma de onda mostrada com linhas de grade (ou divisões).
- Os espaços verticais das linhas de grade estão relacionados à configuração de volts/divisão.
- Os espaços horizontais das linhas de grade estão relacionados à configuração de segundos/divisão.

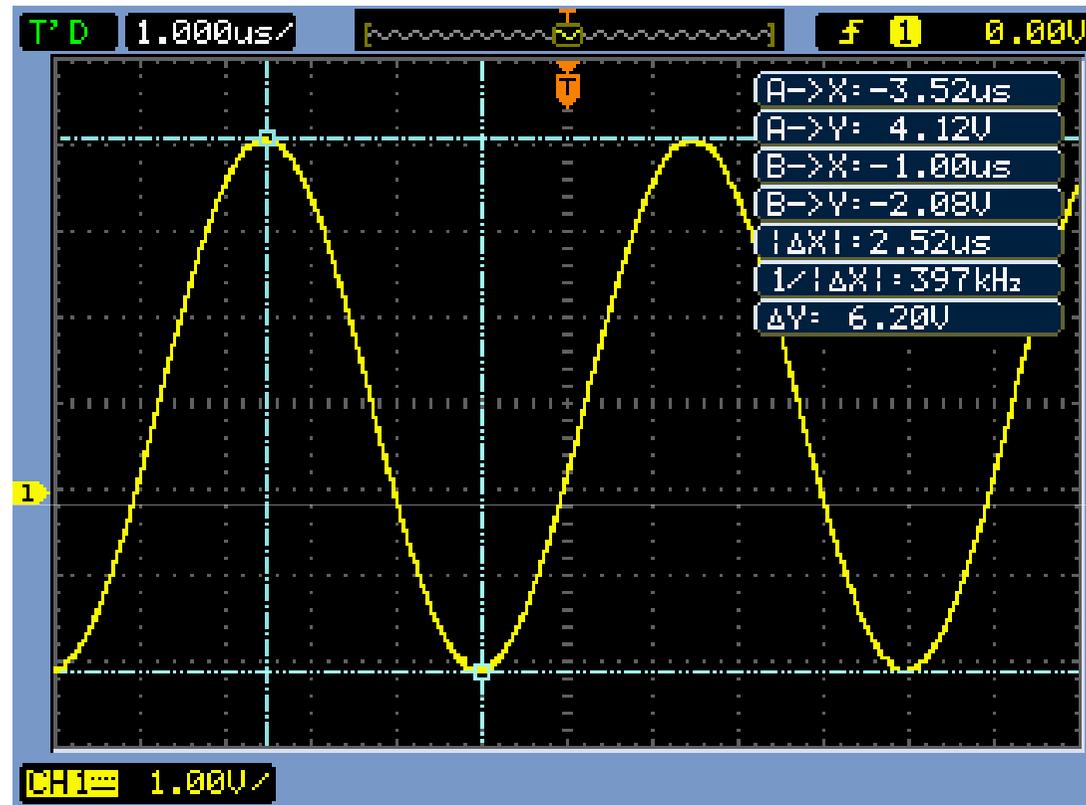
Realizar medições – por estimativa visual

A técnica de medição mais comum



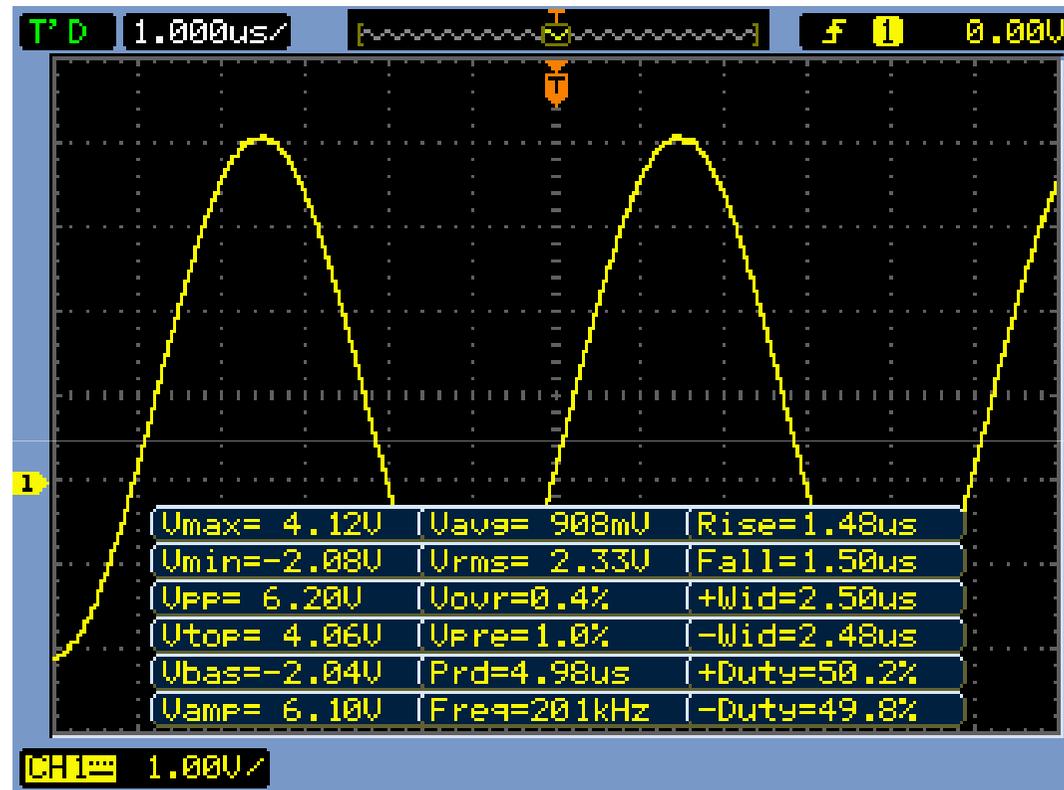
- Período (T) = 5 divisões x 1 μs/div = 5 μs, Freq = 1/T = 200 kHz.
- V p-p = 6 divisões x 1 V/div = 6 V p-p
- V máx. = +4 divisões x 1 V/div = +4 V, V mín. = ?

Realizar medições – usando cursores



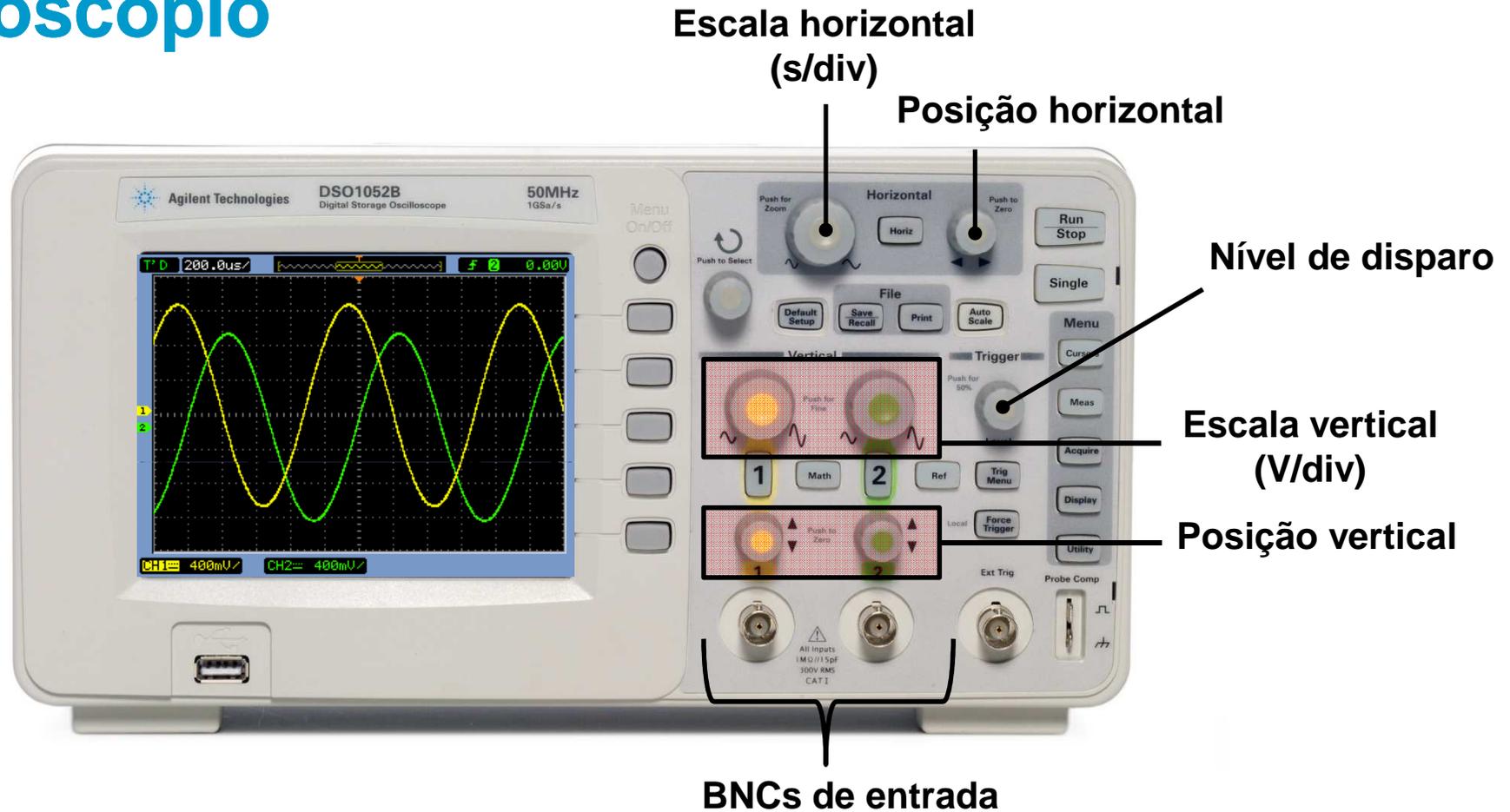
- Posicionamento manual dos cursores A e B nos pontos de medição desejados.
- O osciloscópio automaticamente multiplica pelos fatores de escala vertical e horizontal para fornecer medições delta e absolutas.

Realizar medições – usando medições paramétricas automáticas do osciloscópio



- Selecione paramétricas automáticas com uma leitura continuamente atualizada.

Principais controles de configuração do osciloscópio



Osciloscópio DSO1000 série da Agilent

Configurar a escala das formas de onda adequadamente

Condição de configuração inicial
(exemplo)



Condição de configuração ideal



- Ajuste o botão **V/div** até que a forma de onda preencha a maior parte da tela verticalmente.
- Ajuste o botão de **posição** vertical até que a forma de onda esteja centralizada verticalmente.
- Ajuste o botão **s/div** até que apenas alguns ciclos sejam exibidos na horizontal.
- Ajuste o botão **de nível de disparo** até que o nível seja definido próximo ao meio da forma de onda na vertical.

Configurar a escala da forma de onda no osciloscópio é um processo interativo para fazer ajustes no painel frontal até que a "imagem" desejada seja exibida na tela.



Compreender o disparo do osciloscópio

O disparo costuma ser a função menos compreendida de um osciloscópio, porém é um dos recursos mais importantes a ser entendido.

- Pense no "disparo" do osciloscópio como "tirar fotografias sincronizadas".
- Uma "imagem" da forma de onda consiste em muitas amostras digitais consecutivas.
- As "fotografias" devem estar sincronizadas em um ponto único na forma de onda que se repete.
- O disparo de osciloscópio mais comum baseia-se em sincronizar aquisições (tirar fotografias) em uma borda ascendente ou descendente de um sinal em um nível de tensão específico.



Uma fotografia do momento da chegada de uma corrida de cavalos é análoga ao disparo do osciloscópio.



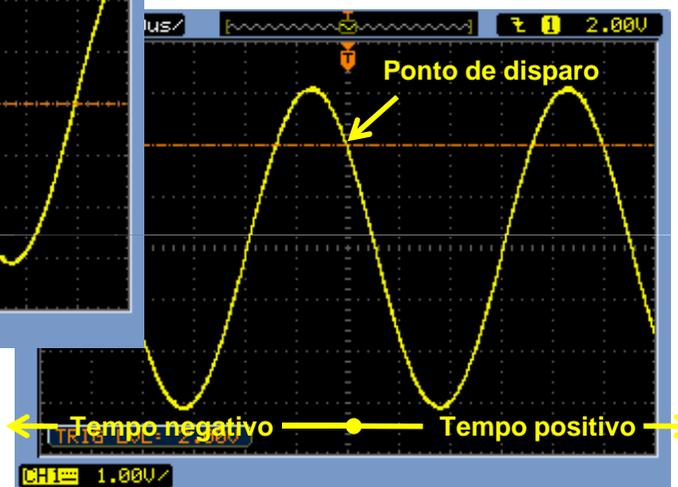
Exemplos de disparo



Não disparado
(tirar fotografia sem sincronia)



Disparo =
Borda ascendente a 0,0 V



Disparo = Borda descendente a +2,0 V

- Local padrão de disparo (tempo zero) em DSOs = centro da tela (horizontalmente)
- Único local de disparo em osciloscópios analógicos mais antigos = lado esquerdo da tela



Teoria de operação do osciloscópio

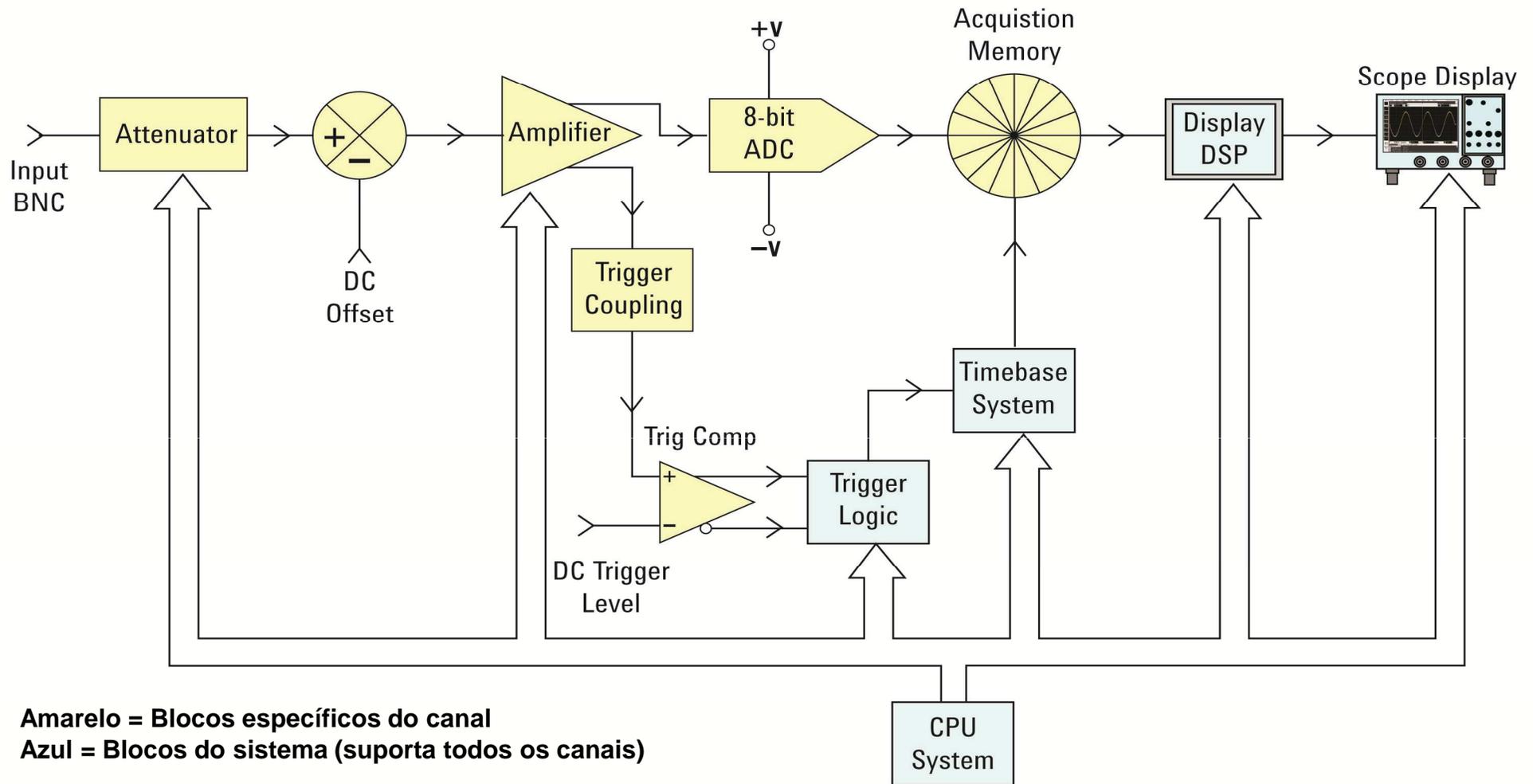
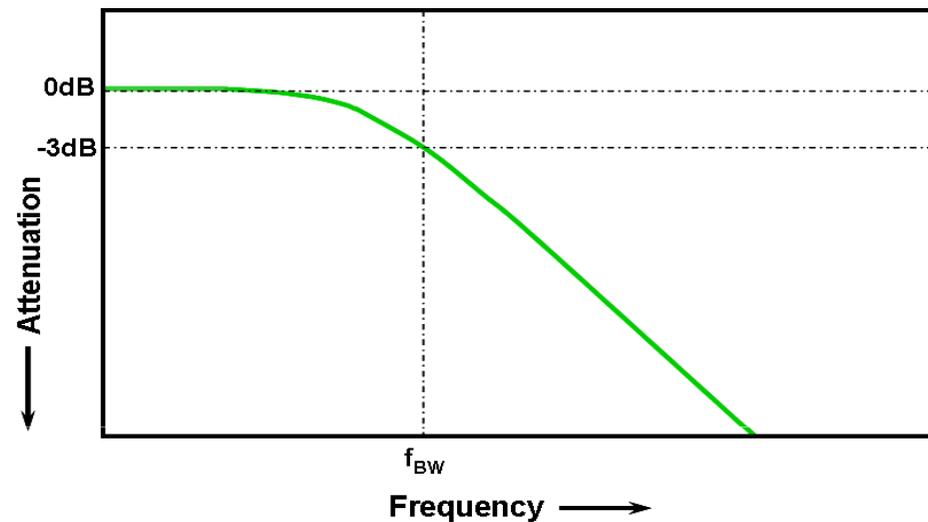


Diagrama de blocos do DSO

Especificações de desempenho do osciloscópio

"Largura de banda" é a especificação mais importante do osciloscópio

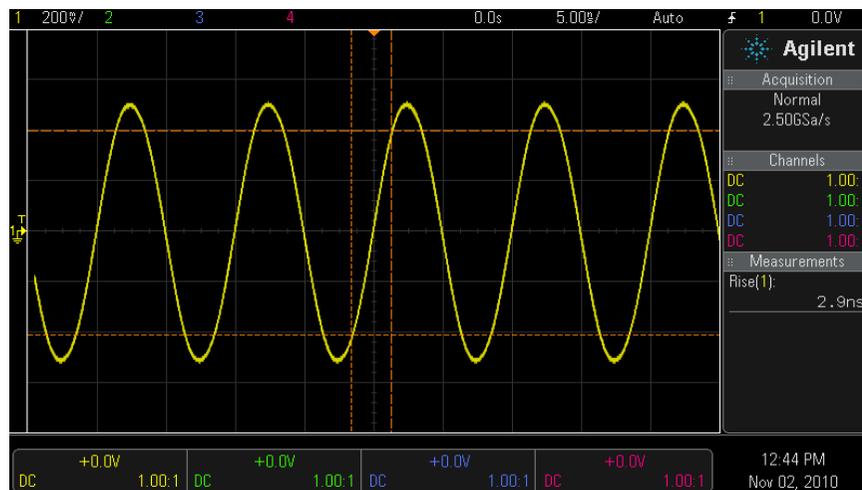


Resposta de frequência gaussiana do osciloscópio

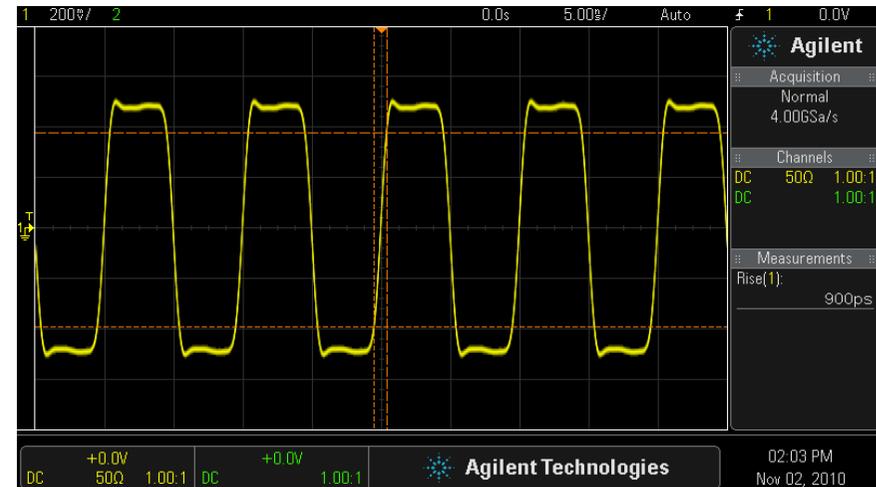
- Todos os osciloscópios exibem uma resposta de frequência passa-baixa.
- A frequência em que a onda senoidal de entrada é atenuada por 3 dB define a largura de banda do osciloscópio.
- -3 dB se iguala a ~ -30% de erro de amplitude ($-3 \text{ dB} = 20 \log \frac{V_o}{V_i}$).

Selecionar a largura de banda correta

Entrada = Clock digital de 100 MHz



**Resposta usando um osciloscópio com
LB de 100 MHz**

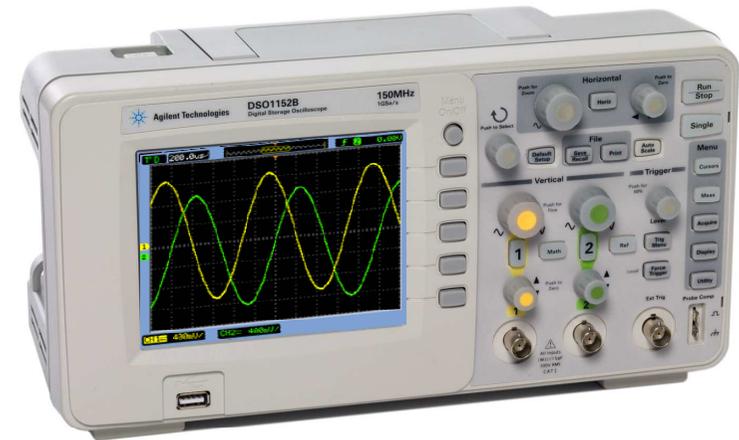


**Resposta usando um osciloscópio com
LB de 500 MHz**

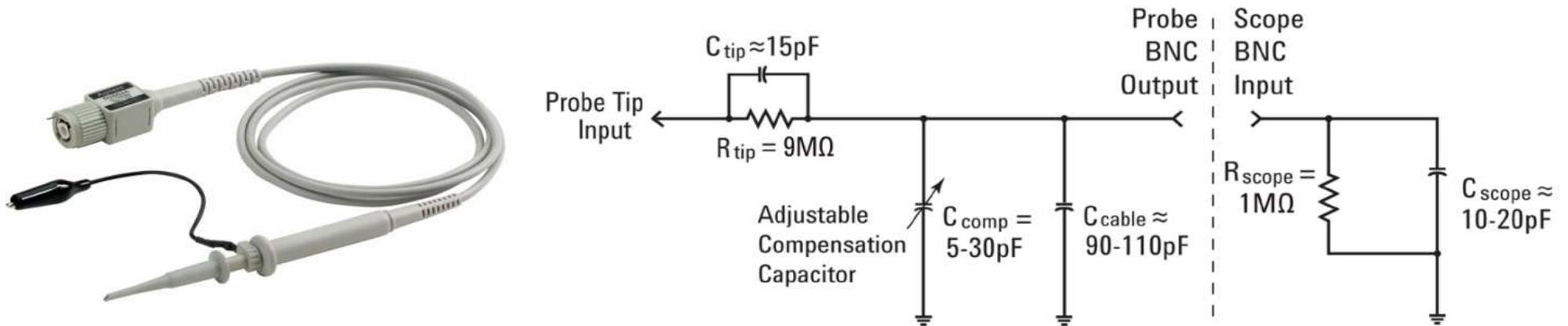
- LB requerida para aplicações analógicas: \geq frequência de onda senoidal 3X mais alta.
- LB requerida para aplicações digitais: \geq frequência de clock digital 5X mais alta.
- Determinação de LB mais precisa, com base em velocidades de borda de sinal (consulte a nota sobre aplicações de "Largura de banda" no final da apresentação)

Outras especificações importantes do osciloscópio

- Taxa de amostragem (em amostras/s) – Deve ser $\geq 4X$ LB
- Profundidade de memória – Determina as formas de onda mais compridas que podem ser captadas ainda durante a amostragem à taxa de amostra máxima do osciloscópio.
- Número de canais – Tipicamente 2 ou 4 canais. Os modelos MSO adicionam de 8 a 32 canais de aquisição digital com resolução de 1 bit (alta ou baixa).
- Taxa de atualização de forma de onda – Taxas de atualização mais rápidas melhoram a probabilidade de detectar problemas de circuito que não ocorrem com frequência.
- Qualidade da exibição – Tamanho, resolução, número de níveis de gradação de intensidade.
- Modos de disparo avançados – Larguras de pulso com qualificação de tempo, Padrão, Vídeo, Serial, Violação de pulso (velocidade de borda, tempo de configuração/retenção, tempo de execução) etc.



Testes revisitados - Modelo de teste dinâmico/CA



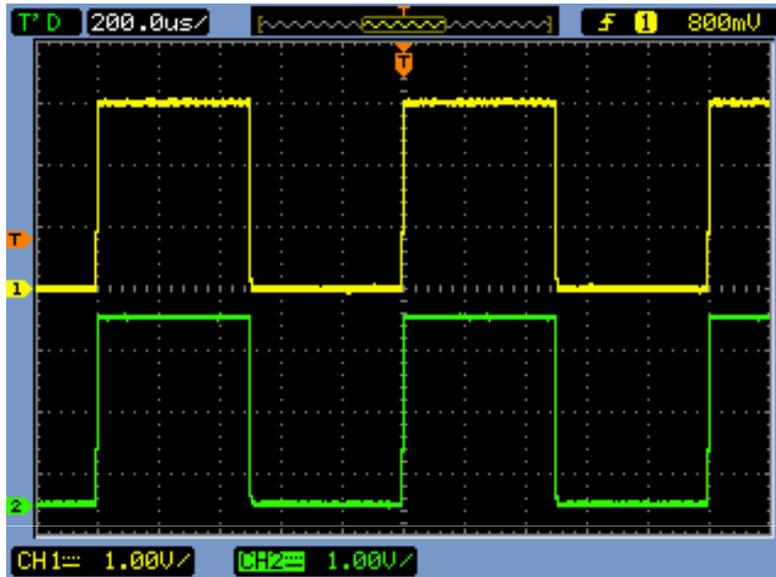
Modelo de ponta de prova passiva 10:1

- $C_{osciloscópio}$ e C_{cabo} são capacitâncias inerentes/parasitas (não projetados intencionalmente)
- C_{ponta} e C_{comp} são projetados intencionalmente para compensar $C_{osciloscópio}$ e C_{cabo} .
- Com compensação de ponta de prova adequadamente ajustada, a atenuação dinâmica/CA em razão de reatâncias capacitivas dependentes de frequência deve corresponder à atenuação divisora de tensão resistiva projetada (10:1).

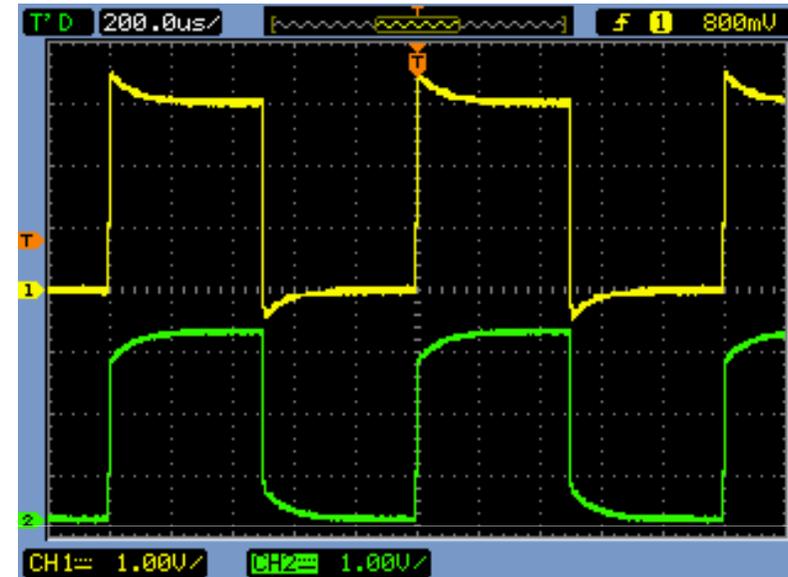
$$\frac{1}{2\pi f C_{tip}} = \frac{9}{2\pi f C_{paralelo}}$$

Em que $C_{paralelo}$ é a combinação paralela de $C_{comp} + C_{cabo} + C_{osciloscópio}$

Compensar as pontas de prova



Compensação adequada

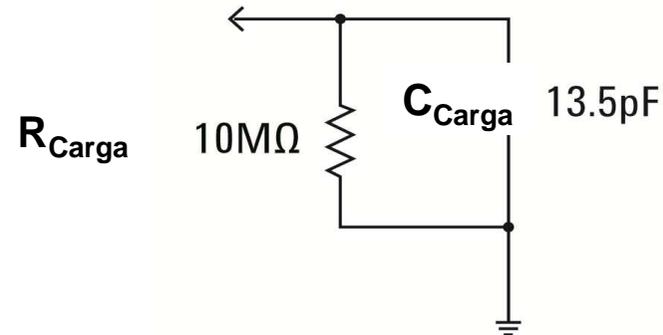


Canal 1 (amarelo) = sobrecompensado
Canal 2 (verde) = subcompensado

- Conecte as pontas de prova do Canal 1 e Canal 2 ao terminal "Comp de ponta de prova".
- Ajuste os botões V/div e s/div para exibirem ambas as formas de onda na tela.
- Usando uma chave de fenda pequena com lâmina lisa, ajuste o capacitor de compensação de ponta de prova variável (C_{comp}) em ambas as pontas de prova para uma resposta plana (quadrada).

Carregar pontas de prova

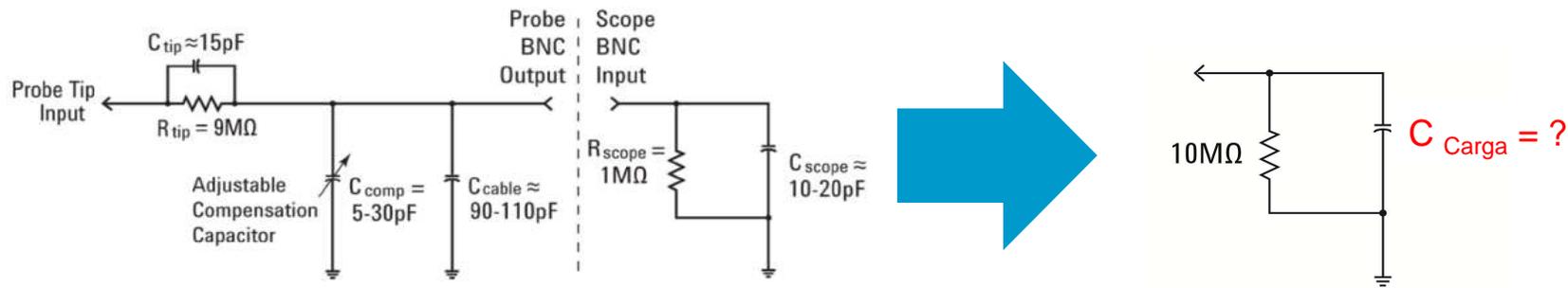
- O modelo de entrada do osciloscópio e da ponta de prova pode ser simplificado a um único resistor e capacitor.



Modelo de carregamento ponta de prova + osciloscópio

- Qualquer instrumento (não somente os osciloscópios) conectado a um circuito torna-se parte do circuito sendo submetido ao teste e afeta os resultados medidos... principalmente em frequências mais altas.
- “Carregar” implica os efeitos negativos que o osciloscópio/ponta de prova pode causar no desempenho do circuito.

Atribuições



1. Supondo-se que $C_{osciloscópio} = 15\text{pF}$, $C_{cabo} = 100\text{pF}$ e $C_{ponta} = 15\text{pF}$, calcule C_{comp} se adequadamente ajustado. $C_{comp} = \underline{\hspace{2cm}}$
2. Usando o valor calculado de C_{comp} , calcule C_{Carga} . $C_{Carga} = \underline{\hspace{2cm}}$
3. Usando o valor calculado de C_{Carga} , calcule a reatância capacitiva de C_{Carga} a 500 MHz. $X_{C-Carga} = \underline{\hspace{2cm}}$