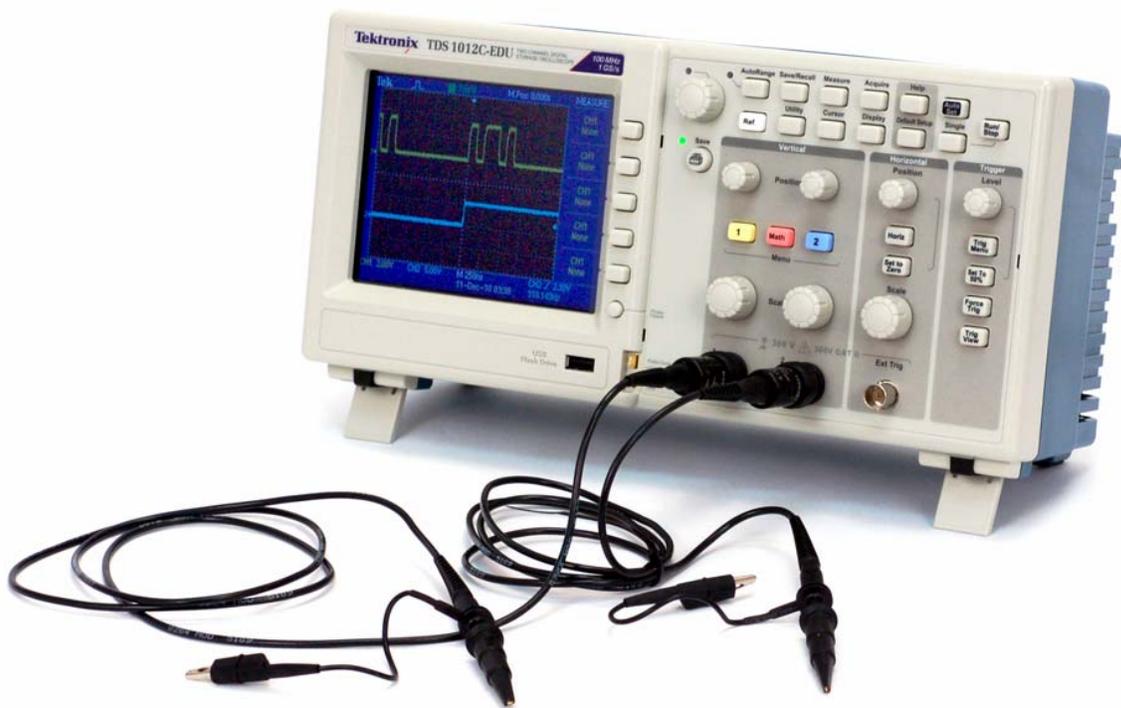




Introdução às pontas de prova do osciloscópio

Guia do instrutor



Um conjunto de exercícios de laboratório para apresentar a você as pontas de prova do osciloscópio, incluindo considerações importantes para uma boa fidelidade de sinal.

Notificação sobre direitos autorais e direitos de reprodução

©2011 Tektronix, Inc.

Este documento pode ser reimpresso, modificado e distribuído no todo ou em parte para fins limitados de treinamento de usuários ou usuários em potencial dos osciloscópios e instrumentação da Tektronix. É necessário que toda e qualquer reprodução inclua uma cópia desta página contendo esta notificação.

Sumário

INTRODUÇÃO AO GUIA DO INSTRUTOR DE EXPERIMENTOS EM LABORATÓRIO	4
OBJETIVOS	4
INTRODUÇÃO AO EXPERIMENTO EM LABORATÓRIO	4
OBJETIVOS	4
LISTA DE EQUIPAMENTOS.....	4
VISÃO GERAL DAS PONTAS DE PROVA DO OSCILOSCÓPIO.....	5
INTRODUÇÃO.....	5
TERMOS E CONSIDERAÇÕES DE DESEMPENHO	8
CARREGAMENTO DA PONTA DE PROVA.....	10
IMPACTO SOBRE A RESISTÊNCIA DE ENTRADA.....	11
IMPACTO SOBRE A CAPACITÂNCIA DE ENTRADA	11
IMPACTO DA INDUTÂNCIA DA PONTA DE PROVA.....	11
IMUNIDADE AO RUÍDO	13
DIFERENTES TIPOS DE PONTAS DE PROVA.....	13
PONTAS DE PROVA PASSIVAS.....	13
PONTAS DE PROVA ATIVAS.....	16
PONTAS DE PROVA DIFERENCIAIS	18
PONTAS DE PROVA DE CORRENTE.....	18
USANDO UMA PONTA DE PROVA PASSIVA.....	21
AJUSTE DA COMPENSAÇÃO DA PONTA DE PROVA	21
MÉTODOS DIFERENTES DE USAR A PONTA DE PROVA	24
EXERCÍCIO FINAL.....	25

Introdução ao guia do instrutor de experimentos em laboratório
Objetivos
O objetivo deste Guia do Instrutor é fornecer respostas para cada exercício. As observações do instrutor estão em texto azul negrito .
Introdução ao experimento em laboratório
Objetivos
<ol style="list-style-type: none">1. Entender as características básicas de uma ponta de prova do osciloscópio.2. Descrever os diferentes tipos de pontas de prova e seus usos.3. Aprender como conectar as pontas de prova aos diversos pontos de teste em um circuito.4. Aprender como as pontas de prova podem afetar a qualidade das medições eletrônicas.
Lista de equipamentos
<ol style="list-style-type: none">1. Um osciloscópio digital Série Tektronix TDS1000C-EDU.2. Duas pontas de prova passivas Tektronix TPP0101 ou TPP0201 10X.

Visão geral das pontas de prova do osciloscópio

Introdução

As pontas de prova do osciloscópio fornecem uma conexão física e elétrica entre uma fonte de sinal e um osciloscópio. A maioria das pontas de prova consiste em uma cabeça da ponta de prova, um medidor ou dois cabos flexíveis e um conector que se encaixa na entrada do osciloscópio.

A cabeça da ponta de prova permite segurar a ponta de prova enquanto conecta a extremidade da ponta de prova ao ponto de teste. Geralmente, essa extremidade da ponta de prova tem um gancho acionado por mola que permite conectar a ponta de prova ao ponto de teste. A cabeça da ponta de prova contém também uma conexão de “aterramento” que fornece um ponto de referência para medições de tensão. (Lembre-se de que as medições de tensão são feitas sempre em relação ao ponto de referência.) Para muitas pontas de prova, esse aterramento da ponta de prova é um fio preto com uma garra jacaré para fácil conexão aos pontos de teste do aterramento.

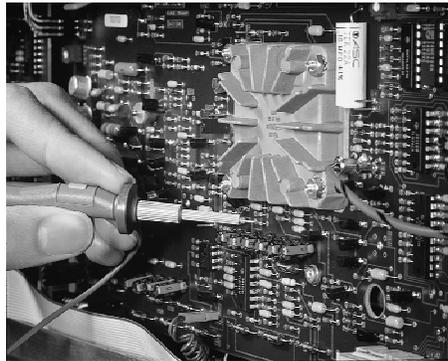


Figura 1: Usando pontas de prova em um circuito.

Conectar uma ponta de prova a um circuito pode afetar a operação do circuito, e um osciloscópio somente pode exibir e medir o sinal que a ponta de prova envia à entrada do osciloscópio. É necessário que a ponta de prova exerça impacto mínimo no circuito sob teste e mantenha fidelidade de sinal adequada para as medições desejadas; caso contrário, o resultado poderá ser incorreto ou falso.

Fácil conexão e conveniência

A ponta de prova ideal permitirá que você faça a conexão física com facilidade e conveniência. Para circuitos miniaturizados (por exemplo, tecnologia de montagem em superfície de alta densidade, SMT), a conexão fácil e prática é feita por meio de cabeças de ponta de prova subminiaturizadas e diversos adaptadores para a extremidade da ponta de prova. Para aplicações como circuitos de energia (em que são comuns altas-tensões e fios com bitolas maiores), são necessárias pontas de prova fisicamente maiores com margens maiores de segurança. Para fazer as medições de corrente, é necessária uma ponta de prova de corrente com grampo ativado. Nesses poucos exemplos de conexão física, fica claro que não há um tamanho único ou configuração de ponta de prova ideal para todas as aplicações. Por isso, foram projetados diversos tipos e configurações de ponta de prova para atender às exigências de conexão física das diversas aplicações.



Figura 2: Cabeça da ponta de prova em subminiatura.



Figura 3: Ponta de prova de corrente com grampo ativado.

A maioria das pontas de prova é embalada com acessórios padrão. Esses acessórios geralmente incluem um terminal de aterramento que você pode conectar à fonte do sinal de aterramento, uma ferramenta de ajuste de compensação e um ou mais acessórios da extremidade da ponta de prova para ajudar a conectar a ponta de prova aos pontos de teste.



Figura 4: Ponta de prova passiva típica com acessórios padrão.

Fidelidade do sinal

A ponta de prova ideal transmite qualquer sinal da extremidade da ponta de prova à entrada do osciloscópio com absoluta fidelidade de sinal, significando que o sinal na entrada do osciloscópio será idêntico ao sinal original da extremidade da ponta de prova. Para fidelidade absoluta, o circuito da ponta de prova da ponta até o osciloscópio deve ter uma atenuação zero, largura de banda infinita e fase linear ao longo de todas as frequências. Infelizmente, é impossível fabricar a ponta de prova ideal. A próxima seção discutirá as principais considerações de desempenho das pontas de prova reais.

Pontos-chave a lembrar

1. As pontas de prova fornecem uma conexão física e elétrica entre o osciloscópio e o ponto de teste.
2. Conectar uma ponta de prova a um circuito afeta a operação do circuito.
3. Há diferentes tamanhos e configurações de pontas de prova para atender às exigências de conexão de diferentes aplicações.
4. Com uma ponta de prova ideal, o sinal na entrada do osciloscópio coincidiria exatamente com o sinal no ponto de teste.

Exercício

1. A “conexão de aterramento” da ponta de prova do osciloscópio fornece um ponto de referência para as medições de tensão.
 - a. Verdadeiro
 - b. Falso

Resposta: a

2. Quais dos seguintes são atributos desejáveis da ponta de prova do osciloscópio? (Faça um círculo em todos que se aplicam.)
 - a. Ter impacto mínimo no sinal de interesse.
 - b. Fácil de conectar ao dispositivo sob teste.
 - c. Sempre pequeno e compacto.
 - d. O sinal no osciloscópio é idêntico ao sinal na ponta de prova.

Resposta: a, b, d

Termos e considerações de desempenho

Atenuação

A atenuação é a razão da amplitude do sinal de entrada da ponta de prova até a amplitude do sinal de saída, geralmente medida em CC. Muitas pontas de prova são chamadas de pontas de prova “10X”, significando que o sinal aplicado ao osciloscópio é 1/10º da amplitude do sinal de entrada real. É, portanto, importante que o osciloscópio saiba a atenuação da ponta de prova e a leve em conta em suas medições.

Largura de banda

As pontas de prova reais têm largura de banda finita. A largura de banda é a frequência na qual a amplitude de uma onda senoidal exibida diminui em 3 dB ou cerca de 30%.

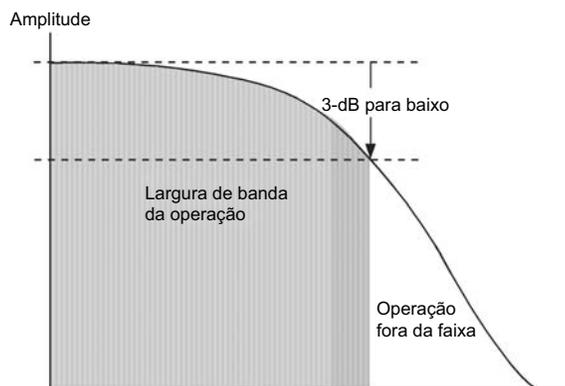


Figura 5: Nas frequências além do ponto 3 dB, as amplitudes do sinal se tornam atenuadas no menu e os resultados da medição podem ser imprevisíveis.

Para assegurar um erro de amplitude de onda senoidal não superior a 3%, a largura de banda da combinação de osciloscópio e ponta de prova deve ser pelo menos cinco vezes aquela do circuito que está sendo testado. Isso também é conhecido como “regra de cinco vezes”.

$$\text{largura de banda do osciloscópio} \geq 5^{\text{a}} \text{ harmônica do sinal}$$

$$\text{largura de banda da ponta de prova} \geq \text{largura de banda do osciloscópio}$$

Exemplo: Se o sinal de interesse for de 100 MHz, a largura de banda do osciloscópio e a largura de banda da ponta de prova devem ser ambas maiores do que 500 MHz.

Tempo de subida
<p>Largura de banda e tempo de subida ou de queda têm uma relação inversa. O tempo de subida do sistema de medição (combinação de ponta de prova e osciloscópio) deve ser menor do que um quinto do tempo de subida ou de queda do sinal medido – outra “regra de cinco vezes”. Isso deve assegurar um erro não superior a 3% no tempo de subida ou queda medido.</p> $\text{tempo de subida do sistema de medição} \leq \frac{\text{tempo de subida do sinal}}{5}$ $\text{tempo de subida do sistema de medição} = \sqrt{(\text{tempo de subida do osciloscópio})^2 + (\text{tempo de subida da ponta de prova})^2}$ <p><i>Exemplo: Se o sinal de interesse tiver um tempo de subida de 50 ns, então o tempo de subida do sistema de medição deverá ser mais rápido do que 10 ns. Se o sinal de interesse tiver um tempo de subida de 2 ns, então o tempo de subida da ponta de prova deverá ser mais rápido do que 9,8 ns.</i></p>
Fase linear
<p>Limitações da largura de banda também afetam o formato dos sinais ao retardar diferentes componentes de frequência, por diferentes períodos de tempo. Essas variações provocam distorções de sinais complexos, especialmente pulsos.</p>
Pontos-chave a lembrar
<ol style="list-style-type: none"> 1. A atenuação é a razão da amplitude do sinal de entrada da ponta de prova até a amplitude do sinal de saída. 2. A largura de banda do osciloscópio e da ponta de prova deve ser pelo menos cinco vezes aquela do circuito que está sendo testado para assegurar um erro de amplitude de onda senoidal não superior a 3%. 3. O tempo de subida do sistema de medição deve ser pelo menos um quinto do tempo de subida ou de queda do sinal medido para assegurar um erro não superior a 3% do resultado medido. 4. Limitações da largura de banda também afetam o formato dos sinais ao retardar diferentes componentes de frequência, por diferentes períodos de tempo.
Exercício
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se você precisar medir uma onda senoidal de 25 MHz, qual a largura de banda mínima que a ponta de prova e o osciloscópio devem usar? <p>Com base na “regra de cinco vezes” para largura de banda: largura de banda mínima = 5 x 25 MHz = 125 MHz</p> 2. Se você medir um sinal +5 V com uma ponta de prova 10X, qual será a amplitude do sinal na entrada do osciloscópio? <p>amplitude do sinal = +5 V / 10 = +0,5 V</p>

Carregamento da ponta de prova

O carregamento da ponta de prova é uma medida de como a ponta de prova afeta o dispositivo sob teste (DUT). O DUT pode ser moldado como uma fonte de sinal (E_s) com resistência de entrada (R_i) e uma carga (R_L) conectada. A ponta de prova pode ser moldada como um resistor (R_p) e um capacitor (C_p).

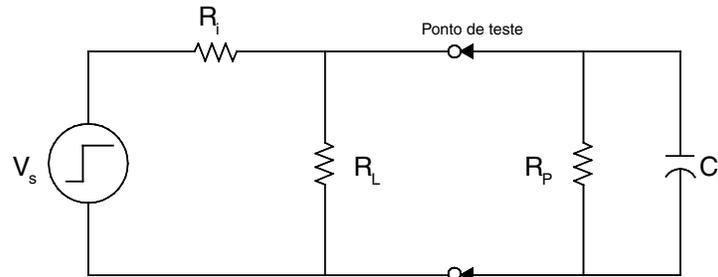


Figura 6: Diagrama do circuito equivalente do DUT com a ponta de prova conectada.

Para simplificar ainda mais a análise, o equivalente Thevenin do DUT pode ser usado no diagrama do circuito.

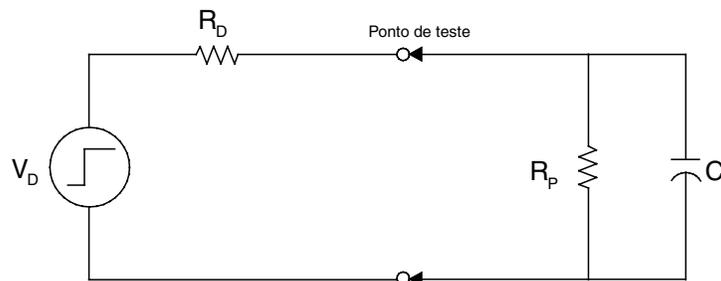


Figura 7: Diagrama do circuito simplificado usando equivalente Thevenin do DUT.

Uma ponta de prova ideal tem impedância infinita para que não drene nenhuma corrente do sinal do dispositivo. Se a ponta de prova não carregar o dispositivo então ele não alterará a operação do circuito atrás do ponto de teste, nem alterará o sinal visto no ponto de teste. Na prática, é impossível fabricar uma ponta de teste com carga zero. O objetivo, entretanto, deve sempre ser minimizar a quantidade de carga através da escolha da ponta de prova adequada.

O valor da impedância do dispositivo influencia o efeito do carregamento da ponta de prova. Por exemplo, com uma impedância do dispositivo baixa, uma ponta de prova 10X com impedância alta terá um efeito de carregamento desprezível. Entretanto, para impedâncias de dispositivo altas, o sinal no ponto de teste pode ser alterado significativamente devido à ponta de prova. Essa alteração no sinal se deve ao fato de a impedância da ponta de prova estar conectada em paralelo à impedância do dispositivo. Para minimizar esse efeito do carregamento, você pode usar uma ponta de prova com impedância mais alta (por exemplo, uma ponta de prova ativa) ou medir o sinal no ponto de teste em que a impedância é mais baixa (por exemplo, emissores de transistores e fontes FET têm impedâncias mais baixas do que os coletores de transistores e drenos FET).

Por exemplo, se a impedância do dispositivo for de cerca de 100Ω e a resistência de entrada da ponta de prova for $1 M\Omega$, o impacto da resistência da entrada da ponta de prova será mínimo. E, se a frequência do sinal for baixa, o impacto da capacitância da entrada da ponta de prova também será mínimo.

Impacto sobre a resistência de entrada

Na CC, a impedância reativa da capacitância de entrada da ponta de prova é infinita e não acrescenta carga sobre o DUT. Isso significa que a carga da ponta de prova é inteiramente devida aos efeitos da resistência da entrada da ponta de prova.

De modo ideal, $V_{meas} = V_D$. Na prática, o divisor de tensão entre o dispositivo sob teste e a resistência de entrada da ponta de prova reduzirá a tensão medida. Para minimizar esse efeito da carga resistiva, você pode usar uma ponta de prova com resistência mais alta ou medir o sinal no ponto de teste em que a resistência de entrada é menor.

$$V_{Meas} = V_D \frac{R_p}{R_p + R_D}$$

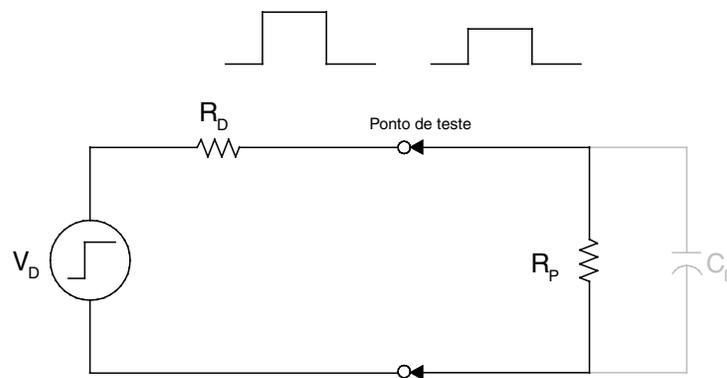


Figura 8: Efeitos da resistência de entrada (R_p).

Impacto sobre a capacitância de entrada

À medida que a frequência do sinal aumenta, a impedância reativa da capacitância da ponta de prova diminui e tem efeito dominante sobre a carga da ponta de prova. Consequentemente, a carga capacitiva aumenta os tempos de subida e de queda nas formas de onda com transição rápida e diminui a amplitude dos detalhes da alta frequência nas formas de onda. Para minimizar esse efeito de carga capacitiva, você pode usar uma ponta de prova de capacitância mais baixa (por exemplo, uma ponta de prova ativa) ou medir o sinal no ponto de teste em que a impedância é menor.

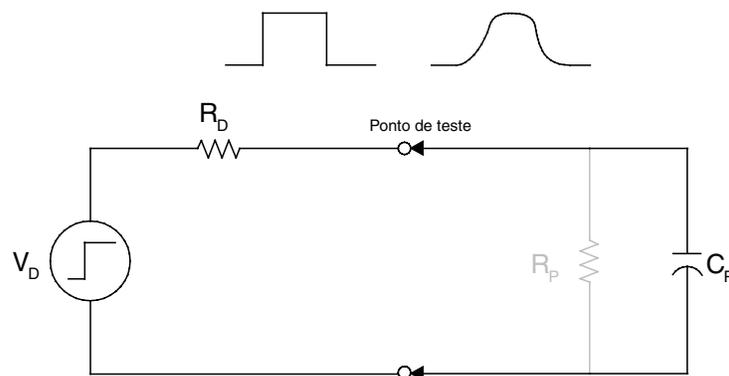


Figura 9: Efeitos da capacitância de entrada (C_p).

Outro impacto importante da capacitância de entrada da ponta de prova é a degradação do tempo de subida. Juntas, a resistência do DUT (R_D) e a impedância do sistema de medição (ponta de prova + osciloscópio) (dominadas por C_{in}) criam a rede RC. Como você deve se lembrar, o capacitor combate as alterações na tensão. Portanto, se você acionar uma etapa de tensão de tempo de subida 0 ns no capacitor, levará algum tempo para que o capacitor responda à alteração na tensão. O período de tempo é determinado pela constante de tempo da rede RC. Uma boa estimativa do tempo de subida (definido como sendo de 10% a 90% dos pontos) é:

$$t_r = 2,2(R_D C_p)$$

Como exemplo, uma capacitância de entrada da ponta de prova de 100 pF resultará em um tempo de subida de 220 ns se a resistência do dispositivo sob teste for de cerca de 1 k Ω . Entretanto, se a capacitância de entrada for de 10 pF, o tempo de subida será de 22 ns!

Você precisa considerar os efeitos da carga da ponta de prova no circuito. Para aplicações de baixa frequência, as pontas de prova passivas são geralmente adequadas. Para aplicações de alta frequência, você deve considerar pontas de prova com capacitâncias de entrada muito mais baixas como, por exemplo, pontas de prova ativas, que revisaremos mais tarde.

Impacto da indutância da ponta de prova

Como o terminal de aterramento é um fio, ele tem alguma quantidade de indutância distribuída. Essa indutância reage com a capacitância da ponta de prova para provocar oscilação em uma determinada frequência que é determinada pelos valores L e C. Essa oscilação é inevitável, embora seus efeitos possam ser reduzidos usando-se um terminal de aterramento da ponta de prova o mais curto possível.

Um problema semelhante ocorre quando você solda um pedaço de fio no ponto de teste e conecta a ponta de prova ao fio. Cada polegada ou duas de fio pode provocar alterações significativas na impedância em frequências altas. Use adaptadores da extremidade da ponta de prova mais curtos disponíveis ao fazer as medições de alta frequência.

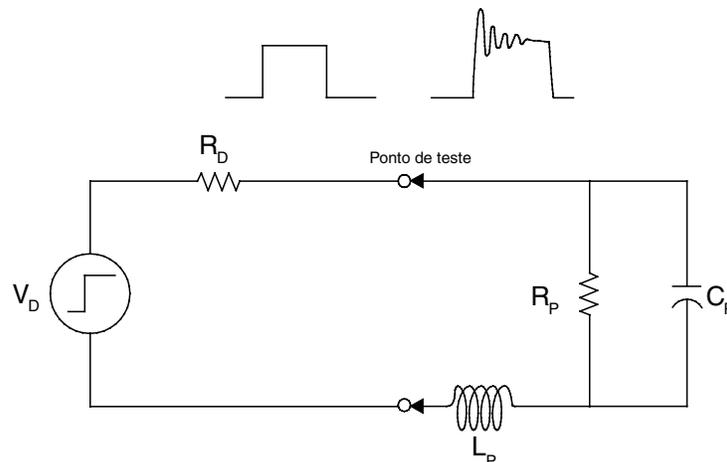


Figura 10: Efeitos da indutância de entrada.

Imunidade ao ruído

As luzes fluorescentes e os motores dos ventiladores são apenas duas das muitas fontes de ruído em nosso ambiente. Essas fontes podem induzir seu ruído aos cabos elétricos e circuitos próximos, fazendo com que o ruído seja acrescentado aos sinais. Devido à suscetibilidade ao ruído induzido, um pedaço de fio simples não é a escolha ideal para uma ponta de prova do osciloscópio.

Em vez disso, a maioria das pontas de prova dos osciloscópios é fabricada com cabos coaxiais ou “coax” que consistem em um fio de sinal cercado por uma rede metálica tecida que é a conexão de aterramento. Essa conexão de aterramento fornece algum isolamento do fio.

A ponta de prova do osciloscópio ideal é completamente imune a todas as fontes de ruído. Como resultado, o sinal fornecido ao osciloscópio não tem mais ruído do que o que apareceu no sinal no ponto de teste. Na prática, usar um isolamento ao longo da ponta de prova permite que as pontas de prova alcancem níveis altos de imunidade ao ruído para a maioria dos níveis de sinais comuns. O ruído, entretanto, pode ainda ser um problema para determinados sinais de nível baixo. Em particular, o ruído de modo comum pode representar um problema para as diferentes medições, conforme será discutido mais tarde.

Pontos-chave a lembrar

1. O valor da impedância do dispositivo (DUT) influencia o efeito do carregamento da ponta de prova.
2. Na CC, a carga da ponta de prova é inteiramente devida aos efeitos da resistência da entrada da ponta de prova. O divisor de tensão entre a resistência do dispositivo e a resistência de entrada da ponta de prova diminuirá a tensão medida.
3. À medida que a frequência do sinal aumenta, a impedância reativa da capacitância da ponta de prova diminui e tem efeito dominante sobre a carga da ponta de prova. Conseqüentemente, a carga capacitiva aumenta os tempos de subida e de queda nas formas de onda com transição rápida e diminui a amplitude dos detalhes da alta frequência nas formas de onda.
4. Para minimizar a carga da ponta de prova, você pode usar uma ponta de prova com impedância mais alta (resistência mais alta e capacitância mais baixa) ou medir o sinal no ponto de teste em que a impedância é menor.
5. A indutância do terminal de aterramento reage com a capacitância da ponta de prova para provocar oscilação a uma determinada frequência que é determinada pelos valores L e C. Para minimizar isso, use o terminal de aterramento da ponta de prova o mais curto possível e adaptadores da extremidade da ponta de prova.

Exercício

1. Para carga mínima da ponta de prova, qual precisa ser a impedância da ponta de prova?
 - a. $R_p = \infty$ e $C_p = 0$
 - b. $R_p = 0$ e $C_p = \infty$
 - c. $R_p = 0$ e $C_p = 0$
 - d. $R_p = \infty$ e $C_p = \infty$

Resposta: a

2. Se $V_D = 5\text{ V}$, $R_D = 1\text{ M}\Omega$ e $R_p = 10\text{ M}\Omega$, qual será V_{meas} ?

$$V_{\text{meas}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Resposta: $V_{\text{meas}} = (5\text{ V}) \times [10\text{ M}\Omega / (10\text{ M}\Omega + 1\text{ M}\Omega)] = 4,55\text{ V}$

3. Se V_D é uma etapa 10 V, $R_D = 5 \text{ k}\Omega$ e $C_p = 20 \text{ pF}$, qual será t_r ?

$t_r =$ _____

Resposta: $t_r = 2,2 (5 \text{ k}\Omega \times 20 \text{ pF}) = 220 \text{ ns}$

Diferentes tipos de pontas de prova

Pontas de prova passivas

Pontas de prova com tensão passiva consistem em componentes passivos: fios, conectores, resistores e capacitores. Não há componentes ativos – transistores ou amplificadores – na ponta de prova e, portanto, não é necessário fornecer energia à ponta de prova.

Um esquema simplificado de uma ponta de prova passiva será semelhante ao seguinte:

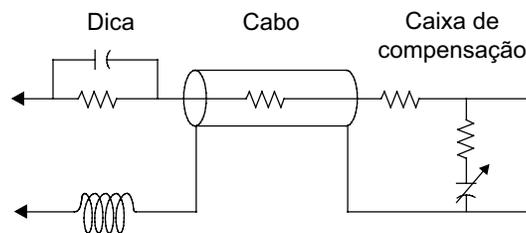


Figura 11: Esquema da ponta de prova passiva.

As vantagens das pontas de prova passivas são:

- Relativamente baratas
- Mecanicamente resistentes
- Faixa dinâmica ampla
- Resistência de entrada alta

A principal desvantagem das pontas de prova passivas é:

- Capacitância de entrada alta

As pontas de prova com tensão passiva geralmente são especificadas por largura de banda e fatores de atenuação como, por exemplo, 1X ou 10X. O fator de atenuação representa a taxa de entrada até a amplitude do sinal de saída.

As pontas de prova mais comuns fornecem pelo menos a mesma largura de banda do osciloscópio e têm fator de atenuação 10X. Esse é um bom equilíbrio entre a largura de banda, a carga capacitiva da ponta de prova e a sensibilidade para a maioria das aplicações.



Figura 12: Ponta de prova passiva Tektronix TPP0201.

Ponta de prova com tensão passiva TPP0101/TPP0201

- Atenuação 10X
- Largura de banda de 200 MHz
- 1,5 metros de comprimento

	<u>TPP0101</u>	<u>TPP0201</u>
Largura de banda	CC para 100 MHz	CC para 200 MHz
Capacitância da entrada	<12 pF (tip)	<12 pF (tip)
Resistência de entrada	10 M Ω \pm 1,5%	10 M Ω \pm 1,5%

Exercício

1. Usando uma ponta de prova passiva TPP0101 ou TPP0201, qual será o valor aproximado de t_r se $R_D = 1 \text{ M}\Omega$?

$t_r =$ _____

Resposta: $t_r = 2,2 (1 \text{ M}\Omega \times 12 \text{ pF}) = 26,4 \mu\text{s}$

2. Usando uma ponta de prova passiva TPP0101 ou TPP0201, com atenuação 10X, qual será V_{meas} se $R_D = 1 \text{ M}\Omega$ e $V_D = 5 \text{ V}$?

$V_{\text{meas}} =$ _____

Resposta: $V_{\text{meas}} = (5 \text{ V}) \times [10 \text{ M}\Omega / (10 \text{ M}\Omega + 1 \text{ M}\Omega)] = 4,55 \text{ V}$

Pontas de prova ativas

As pontas de prova com tensão ativa incluem os componentes ativos como, por exemplo, transistores e amplificadores e exigem energia para operar. Um esquema simplificado de uma ponta de prova ativa será semelhante ao seguinte:

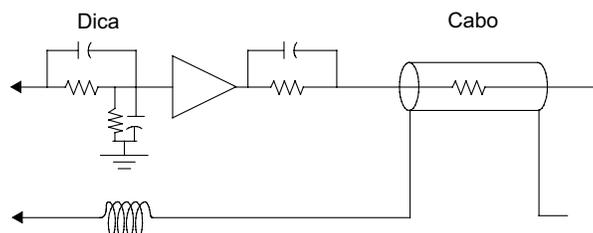


Figura 13: Esquema da ponta de prova ativa.

Comparadas às pontas de prova passivas, as vantagens das pontas de prova ativas são:

- Capacitância de entrada baixa
- Ampla largura de banda
- Resistência de entrada alta
- Melhor fidelidade de sinal

Comparadas às pontas de prova passivas, as principais desvantagens das pontas de prova ativas são:

- Custo mais alto
- Faixa dinâmica limitada
- Menos resistente mecanicamente

As pontas de prova ativas têm uma capacitância de entrada muito baixa. Como resultado, a ponta de prova pode manter uma impedância de entrada alta sobre uma ampla faixa de frequências. A impedância de entrada alta de cada ponta de prova ativa permite medições nos pontos de teste de impedância desconhecida com muito menos risco de efeitos da carga. Com uma carga baixa, as pontas de prova com tensão ativa podem ser usadas em circuitos com impedância alta que seriam seriamente carregados pelas pontas de prova passivas. Além disso, as pontas de prova ativas são menos sensíveis aos efeitos da indutância em terminais de aterramento longos.

Entretanto, os componentes ativos têm uma faixa de tensão de entrada máxima mais limitada devido às limitações no amplificador e em suas alimentações elétricas.

Compare as especificações destas pontas de prova ativas e passivas:

	<i>Ponta de prova passiva</i>	<i>Ponta de prova ativa</i>
	<u>TPP0201</u>	<u>TAP1500</u>
Atenuação	10X	10X
Largura de banda	CC para 200 MHz	CC para 1 500 MHz
Capacitância da entrada	12 pF (tip)	≤1 pF
Resistência de entrada	10 MΩ	1 MΩ
Tensão de entrada máxima	300 V _{RMS} CATII	±8 V



Figura 14: Ponta de prova ativa Tektronix TAP1500.

Como você pode ver, o formato da ponta de prova (especialmente de sua ponta) também é muito diferente do de uma ponta de prova passiva. Esse fator de formato menor e os acessórios tornam mais fácil ter a extremidade da ponta de prova e o aterramento muito mais próximos aos componentes menores, montados na superfície. Observe também a caixa maior que se conecta ao osciloscópio. Essa caixa contém o circuito da alimentação elétrica necessário para alimentar o circuito ativo da ponta de prova.

Exercício

1. Usando uma ponta de prova passiva TPP0101 ou TPP0201, qual será o valor de t_r se $R_D = 1 \text{ M}\Omega$?

$$t_r = \underline{\hspace{10em}}$$

Resposta: $t_r = 2,2 (1 \text{ M}\Omega \times 12 \text{ pF}) = 26,4 \mu\text{s}$

2. Usando uma ponta de prova ativa TAP1500, qual será o t_r se $R_D = 100 \text{ k}\Omega$?

$$t_r = \underline{\hspace{10em}}$$

Resposta: $t_r = 2,2 (100 \text{ k}\Omega \times 1 \text{ pF}) = 220 \text{ ns}$

3. Qual ponta de prova oferece um tempo de subida mais rápido?

Resposta: Ponta de prova ativa TAP1500.

Pontas de prova diferenciais

As pontas de prova com tensão passiva e ativa medem as tensões relativas ao aterramento. Algumas vezes é necessário medir a diferença entre as duas tensões quando não estão aterradas. Esses sinais “diferenciais” são relacionados um ao outro e não em relação ao aterramento. Exemplos de sinais diferenciais são sinais do canal de leitura do disco rígido, de sistemas de energia multifase e sinais de comunicação de dados RS-422 e CAN.

Em alguns casos, você pode medir os sinais diferenciais usando duas pontas de prova para fazer as medições referentes ao aterramento e então usar as funções matemáticas do osciloscópio para subtrair um canal do outro. Isso funciona se os sinais forem de baixa frequência e tiverem amplitude suficiente para se elevar acima de qualquer interferência de ruído.

Entretanto, esse enfoque tem problemas. Qualquer diferença no atraso da propagação entre os canais das pontas de prova e do osciloscópio resultará em inclinação dos sinais. Nos sinais de alta velocidade, isso pode ser especialmente um problema, resultando em erros de sincronização e de amplitude significativos. Também, qualquer diferença no ganho ou na resposta da frequência entre os dois canais resultará em cancelamento incompleto do ruído de “modo comum” ou em rejeição do ruído impresso nas duas linhas de sinal por coisas como, por exemplo, linhas de relógio próximas ou ruídos de fontes externas como, por exemplo, lâmpadas fluorescentes.

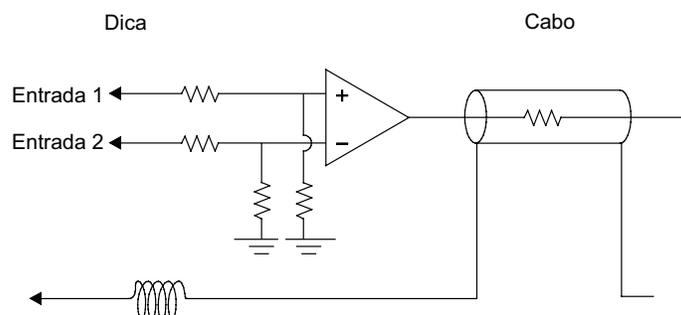


Figura 15: Esquema da ponta de prova diferencial.

Uma ponta de prova diferencial, conforme mostrado aqui, usa um amplificador diferencial na cabeça da ponta de prova próximo ao dispositivo para subtrair os dois sinais, resultando em um sinal diferencial para medição por um canal do osciloscópio. Devido à coincidência dos caminhos do sinal dentro da ponta de prova, uma ponta de prova diferencial pode fornecer um desempenho da “razão da rejeição do modo comum” (CMRR) muito alto ao longo da faixa de frequência larga.

Comparada à subtração das medições da ponta de prova passiva, as vantagens das pontas de prova diferenciais são:

- Ampla largura de banda
- Razão da rejeição do modo comum grande (CMRR)
- Inclinação mínima entre as entradas
- Capacitância de entrada pequena

Uma vez que são pontas de prova ativas, as principais desvantagens das pontas de prova diferenciais comparadas às pontas de prova passivas são:

- Custo mais alto

- Faixa dinâmica limitada
- Menos resistente mecanicamente

Conforme você pode ver nas figuras 16 e 17, o formato da extremidade da ponta de prova e até mesmo dos acessórios foi especialmente projetado para que as duas entradas coincidam. A ponta de prova com fator de formato menor na figura 16 foi projetada para altas frequências e conexão com dispositivos microeletrônicos, enquanto a ponta de prova mostrada na figura 17 foi projetada para altas-tensões e conexão com componentes de alimentação de energia maiores.



Figura 16: Pontas de prova diferenciais Tektronix TDP0500 e TDP1000.



Figura 17: Ponta de prova diferencial de alta-tensão Tektronix P5205.

Pontas de prova de corrente

As pontas de prova de tensão podem ser usadas para medir o fluxo da corrente ao longo do circuito medindo-se a queda de tensão (geralmente uma medição diferencial) ao longo de uma resistência conhecida (que talvez tenha que ser acrescentada ao circuito). Você então precisa dividir a tensão pelo valor da resistência para obter a corrente.

Há um modo melhor de fazer medições de corrente – uma ponta de prova de corrente. O fluxo da corrente por meio de um condutor faz com que se forme um campo de fluxo eletromagnético ao redor do condutor. As pontas de prova de corrente foram projetadas para detectar a força nesse campo e convertê-la em uma tensão correspondente para medição por um osciloscópio. Isso permite exibir e analisar as formas de onda da corrente com um osciloscópio. Quando usadas em combinação com recursos de medição de tensão do osciloscópio, as pontas de prova de corrente permitem também fazer uma variedade de medições de energia.

Há basicamente dois tipos de pontas de prova de corrente para osciloscópios. As pontas de prova de corrente CA, que geralmente são pontas de prova passivas e as pontas de prova de corrente CA/CC, que geralmente são pontas de prova ativas. Os dois tipos usam o mesmo princípio da ação do transformador para detectar corrente alternada (CA) em um condutor. As pontas de prova CA/CC têm um dispositivo adicional, conhecido como dispositivo de efeito Hall, para detectar CC – uma vez que a CC não provoca alteração no campo de fluxo e, portanto, não pode provocar a ação do transformador.

Há também basicamente dois fatores de formato para as pontas de prova de corrente, o núcleo dividido e o núcleo fixo. Com a ponta de prova de corrente de núcleo fixo, o condutor a ser medido deve ser alimentado por meio do condutor do transformador na ponta de prova e então reconectado ao dispositivo. A vantagem da ponta de prova de núcleo fixo é sua resposta de alta frequência para uma medição muito rápida, pulsos de corrente com amplitude baixa e sinais CA. As pontas de prova de corrente de núcleo dividido, como as outras mostradas abaixo, permitem que a ponta de prova envolva o condutor. Essas pontas de prova oferecem conexão significativamente mais simples para a maioria dos circuitos.

Outro recurso importante de algumas pontas de prova de corrente é o escalonamento automático. Com pontas de prova de corrente como, por exemplo, as mostradas abaixo, a ponta de prova se comunica com os fatores de escalonamento adequados e as unidades para que o osciloscópio exiba as formas de onda e as medições com as unidades corretas (por exemplo, amperes).

Como você pode ver nas figuras abaixo, as pontas de prova de núcleo dividido foram projetadas para se encaixar ao redor do condutor. A ponta de prova de corrente com fator de formato menor foi projetada para correntes de até 30 ARMS / 50 A_{pico} e frequências ≥ 120 MHz, enquanto a outra ponta de prova mostrada foi projetada para correntes mais altas (até 150 ARMS / 500 A_{pico}) com frequências de até 20 MHz e conexão com condutores muito maiores.



Figura 18: Ponta de prova de corrente Tektronix TCP0030.



Figura 19: Ponta de prova de corrente Tektronix TCP0150.

Pontos-chave a lembrar

1. As pontas de prova passivas são relativamente baratas e mecanicamente resistentes; entretanto elas tendem a ter capacitância de entrada alta.
2. As pontas de prova ativas fornecem capacitância de entrada baixa. Elas são uma boa solução para medição de sinais de alta frequência ou circuitos com impedância alta uma vez que podem manter impedância de entrada alta ao longo de uma ampla faixa de frequências.
3. Uma ponta de prova diferencial fornece uma razão da rejeição do modo comum grande (CMRR) e inclinação mínima entre as entradas para medição de sinais diferenciais.
4. Uma ponta de prova de corrente é usada para fazer medições de corrente. Algumas pontas de prova de corrente somente podem detectar corrente CA. Para medir corrente CC, é necessária uma ponta de prova de corrente CA/CC.

Exercício

1. Você precisa medir a tensão ao longo de um dispositivo em um caso em que nenhuma tensão está aterrada. Que tipo de ponta de prova você deve usar?

Resposta: Ponta de prova diferencial.

2. Você precisa medir a corrente que flui através de um dispositivo. Que tipo de ponta de prova você deve usar?

Resposta: Ponta de prova de corrente.

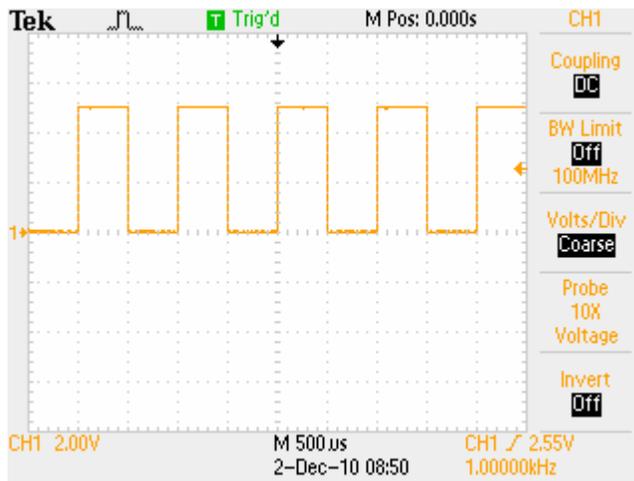
3. Se precisar testar um circuito de alta frequência, que tipo de ponta de prova você provavelmente precisará?

Resposta: Prova ativa

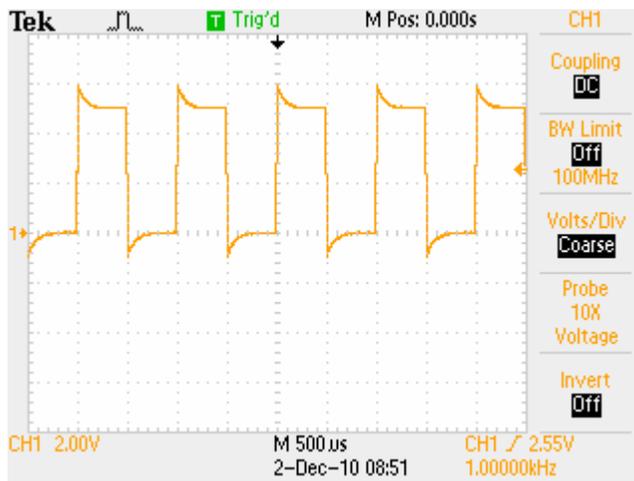
Usando uma ponta de prova passiva	
Ajuste da compensação da ponta de prova	
1.	As etapas a seguir discutem e demonstram o procedimento adequado para ajustar uma ponta de prova do osciloscópio. Para melhor fidelidade de sinal, esse procedimento deve ser realizado sempre que a ponta de prova for conectada ao osciloscópio.
a.	Ligue o osciloscópio pressionando o interruptor de energia na parte superior esquerda do instrumento.
b.	Pressione o botão Conf. Padrão (Default Setup) no painel frontal para definir o osciloscópio para um estado conhecido.
c.	Conecte a ponta de prova passiva TPP0101 ou TPP0201 10X à entrada do canal 1. Para conectar um conector BNC, pressione e gire o conector da ponta de prova até que ele deslize no conector. Então, gire o anel de trava no sentido horário para travar o conector no lugar.
2.	Para fazer medições corretas, o osciloscópio precisa saber a atenuação de cada uma das pontas de prova. Algumas combinações de pontas de prova / osciloscópios definirão isso automaticamente; outras poderão exigir que você defina manualmente a atenuação.
a.	Pressione o botão amarelo 1 para exibir o menu do canal 1.
b.	Verifique se a leitura na lateral do display mostra que o osciloscópio foi ajustado para uma ponta de prova de 10X .
	
c.	Conecte o terminal de aterramento preto ao conector de aterramento no canto inferior direito do osciloscópio. Aperte a parte mais larga do conector de aterramento para abrir as garras jacaré. Prenda ao conector.
d.	Conecte a extremidade da ponta de prova ao sinal do Comp. Prova (Probe Comp) logo acima do terra. Segure a ponta de prova como uma seringa e puxe para trás na ponta acionada por mola para expor a ponta do gancho da ponta de prova. Prenda ao conector.
e.	Pressione o botão Ajuste automático (AutoSet) do painel frontal para ajustar automaticamente o osciloscópio.

3. As pontas de prova foram projetadas para coincidir com as entradas de modelos específicos de osciloscópios. Entretanto, há ligeiras variações entre os osciloscópios e até mesmo entre os diferentes canais de entrada em um osciloscópio. Para minimizar essas variações, você precisa “compensar” uma ponta de prova passiva sempre que alterar a conexão ponta de prova/canal do seu osciloscópio. A compensação é o processo de ajustar manualmente a atenuação CA ajustando a taxa das capacitâncias que aparecem em paralelo com as resistências do atenuador da ponta de prova.

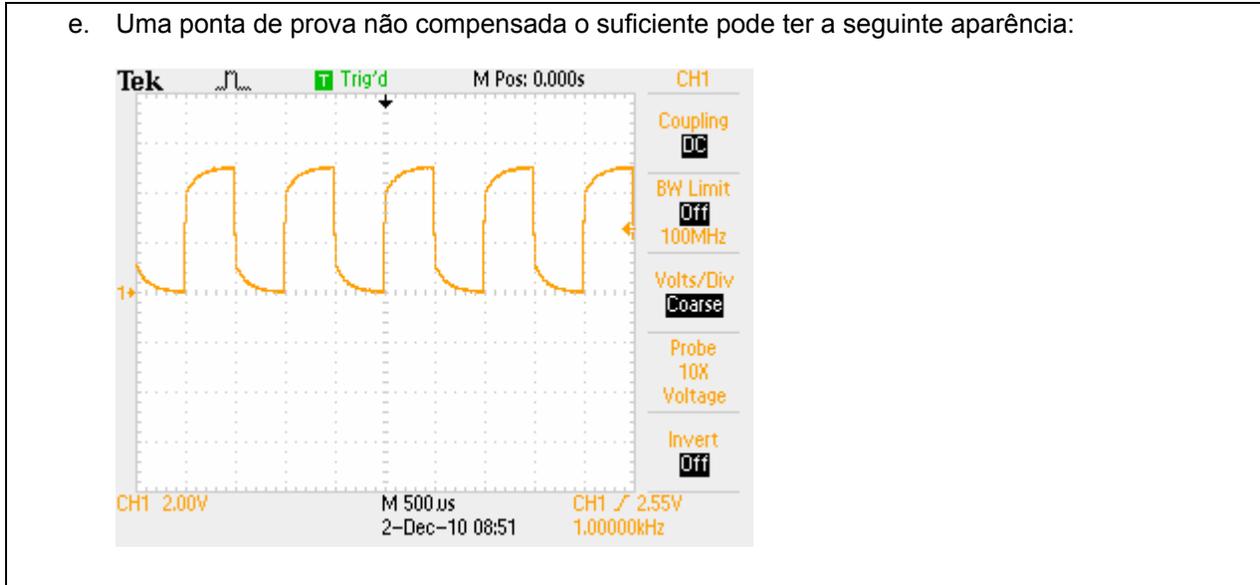
- Encontre a ferramenta de ajuste fornecida com a ponta de prova ou outra chave de fenda menor, não magnética.
- Insira a ferramenta de ajuste da ponta de prova no pequeno orifício no corpo da ponta de prova próximo ao local em que a ponta de prova é presa ao conector de entrada BNC do osciloscópio.
- Gire lentamente o ajuste até que o osciloscópio exiba a forma de onda da calibração com as superfícies lisas sem nenhum transbordamento ou arredondamento.



- Uma ponta de prova compensada demais pode ter a seguinte aparência:



e. Uma ponta de prova não compensada o suficiente pode ter a seguinte aparência:



<p>Pontos-chave a lembrar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para reduzir o efeito da carga de uma ponta de prova em um ponto de teste do sinal, a amplitude do sinal transmitida à entrada do osciloscópio deverá ser reduzida ou atenuada. 2. Para fazer medições corretas, o osciloscópio precisa saber a atenuação de cada uma das pontas de prova. Talvez você precise fazer isso manualmente no caso de determinadas combinações de osciloscópios e pontas de prova. 3. Você precisa “compensar” uma ponta de prova passiva sempre que alterar a conexão ponta de prova/canal do seu osciloscópio. A compensação é feita conectando-se a ponta de prova a um sinal de onda quadrada e então ajustando o formato do sinal à onda quadrada.
<p>Métodos diferentes de usar a ponta de prova</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Há diversos modos de conectar uma ponta de prova a um circuito. A técnica que usa a ponta acionada por mola funciona bem para conectar a muitos pontos de teste, conectores de pino quadrado e fios individuais. Ao realizar o diagnóstico de falhas em um circuito, frequentemente é mais fácil usar um ponto de ponta de prova pontiaguda. Isso permite posicionar precisamente a extremidade da ponta de prova em componentes com densidade fina, conforme será demonstrado nas etapas a seguir. <ol style="list-style-type: none"> a. Desconecte o aterramento da ponta de prova do conector de aterramento. b. Remova a ponta da extremidade de prova do conector do sinal Comp Prova. (Probe Comp) c. Puxe delicadamente a extremidade da ponta de prova até que ela saia. d. Conecte novamente o terminal de aterramento da ponta de prova ao conector de aterramento. e. Toque na extremidade da ponta de prova pontiaguda até o sinal Comp Prova (Probe Comp) e verifique se o mesmo sinal aparece no display. f. Empurre delicadamente a extremidade da ponta de prova de volta à ponta de prova. g. Conecte a extremidade da ponta de prova do canal 1 ao sinal da Comp Prova (Probe Comp) novamente. 2. É importante verificar se a ponta de prova não está carregando muito o sinal. Um modo simples de fazer isso é olhar o sinal à medida que a segunda ponta de prova é acrescentada. Nas etapas a seguir, observe que à medida que toca a ponta de prova do canal 2 para o sinal de compensação da ponta de prova, o display fica basicamente inalterado, indicando que a segunda ponta de prova não está carregando significativamente o sinal. <ol style="list-style-type: none"> a. Conecte a segunda ponta de prova passiva TPP0101 ou TPP0201 à entrada do canal 2. b. Conecte o terminal de aterramento preto do canal 2 ao conector de aterramento na parte central, inferior, frontal do osciloscópio. c. Toque na extremidade da ponta de prova do canal 2 até o sinal Comp Prova (Probe Comp). d. À medida que toca a ponta de prova do canal 2 para o sinal de compensação da ponta de prova, verá que o display fica basicamente inalterado, indicando que a segunda ponta de prova não está carregando significativamente o sinal.
<p>Pontos-chave a lembrar</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Há diversos modos de conectar uma ponta de prova a um circuito. 2. A ponta acionada por mola funciona bem para conectar a muitos pontos de teste, conectores de pino quadrado e fios individuais. 3. Ao realizar o diagnóstico de falhas em um circuito, frequentemente é mais fácil usar um ponto de ponta de prova pontiaguda. Isso permite que você posicione precisamente a extremidade da ponta de prova em componentes com densidade fina. 4. Também é importante verificar se a ponta de prova não está carregando muito o sinal. Um modo simples de fazer isso é olhar o sinal à medida que a segunda ponta de prova é acrescentada.

Exercício final

1. Uma ponta de prova do osciloscópio é:
- Apenas um fio.
 - Geralmente apenas um cabo coaxial.
 - Um circuito completo consistindo em componentes eletrônicos passivos e possivelmente ativos.
 - Desnecessária para a maioria das medições.

Resposta: c

2. Para escolher sua ponta de prova do osciloscópio, você deve:
- Usar a que já estiver conectada ao osciloscópio.
 - Escolher a ponta de prova correta, com base na impedância do circuito e na frequência e amplitude do sinal.
 - Pegar a primeira que vir na gaveta da bancada.
 - Distrair a pessoa próxima a você e pegar a dela.

Resposta: b

3. As pontas de prova do osciloscópio são caracterizadas por:
- Largura de banda.
 - Tensão nominal máxima.
 - Capacitância da entrada.
 - Todas as acima.

Resposta: d

4. As pontas de prova podem conectar-se a vários:
- Pontos de teste.
 - Conectores.
 - Terminais do componente.
 - Todas as acima.

Resposta: d

5. As pontas de prova podem afetar a qualidade das medições eletrônicas ao:
- Acrescentar carga CC devido à resistência da entrada da ponta de prova.
 - Acrescentar carga CA devido à capacitância da entrada da ponta de prova.
 - Alterar o formato da forma de onda devido à largura de banda da ponta de prova.
 - Todas as acima.

Resposta: d

Os produtos Tektronix estão protegidos por patentes emitidas e pendentes nos EUA e em outros países. As informações contidas nesta publicação substituem todas as distribuídas anteriormente. Especificações e preços sujeitos a alterações. TEKTRONIX e TEK são marcas comerciais registradas da Tektronix, Incorporated. Todos os demais nomes comerciais aqui citados são marcas de serviços, marcas comerciais ou marcas comerciais registradas de suas respectivas empresas.
001-1541-00

