

Depurando barramentos seriais USB 2.0 de alta velocidade em projetos embarcados



Introdução

O barramento serial USB 2.0 de alta velocidade é utilizado atualmente em uma ampla variedade de computadores e em projetos embarcados. Um bom exemplo de projeto embarcado é o próprio osciloscópio, que geralmente inclui as interfaces USB para conectividade, operação por mouse e armazenamento externo de dados. Outros tipos de produtos eletrônicos, tais como equipamento médico ou sistemas de controle industrial, também apresentam interfaces USB. A interface serial USB 2.0 vem rapidamente substituindo as antigas interfaces seriais RS-232 nos projetos embarcados.

Embora geralmente seja necessária a certificação de conformidade de camada física USB-IF, exigida por OEMs de computadores para os fornecedores de dispositivos USB e *chipsets* de silício, a certificação não é um requisito para produtos embarcados. No entanto, o teste e verificação de P&D das características da camada física dos projetos embarcados, com interfaces USB integradas, é extremamente importante para garantir uma operação confiável dos produtos finais. Simplesmente selecionar os componentes USB, integrá-los ao projeto embarcado e esperar que tudo funcione perfeitamente não é o suficiente. Mesmo que o sistema pareça funcionar, quanta margem ele possui? Ou como ele irá se comportar sob diversas condições ambientais, tais como temperatura ou umidade?

Quando estiver depurando e verificando o desempenho de projetos que apresentam USB 2.0 de alta velocidade, a largura de banda de 1,5 GHz do osciloscópio InfiniiVision da série 4000X da Agilent oferece inúmeras vantagens sobre



diversos osciloscópios de maior desempenho, geralmente utilizados para teste de conformidade completo. Uma vantagem óbvia é o baixo preço do osciloscópio DSOX4154A. Entretanto, as vantagens desse osciloscópio vão além de apenas preço. Embora muitos osciloscópios de maior desempenho, baseados em Windows, sejam otimizados para análise avançada de forma de onda, os osciloscópios InfiniiVision da série 4000X da Agilent foram otimizados para visualização e depuração do sinal.

Essa nota de aplicação começa com uma discussão da sondagem do barramento serial USB 2.0 de alta velocidade com o uso da ponta de prova ativa diferencial InfiniiMode da série N2750A. Nós, então, mostraremos algumas das ferramentas e capacidades de depuração, únicas, do osciloscópio de bancada portátil da série 4000X da Agilent, que ajudam a acelerar o lançamento de seus projetos embarcados.



Sondando o barramento diferencial USB 2.0 de alta velocidade

Dado que o barramento USB 2.0 de alta velocidade é diferencial, é necessário utilizar uma ponta de prova ativa diferencial para capturar e analisar os sinais. A Agilent recomenda a utilização das pontas de prova ativas diferenciais InfiniiMode da série N2750A, mostradas na Figura 1. Essa família apresenta três diferentes modelos de largura de banda, variando de 1,5 GHz a 6 GHz. Mesmo utilizando o modelo mais barato de 1,5 GHz (N2750A), que na verdade apresenta uma largura de banda típica de 2,0 GHz, a largura de banda do sistema combinado, incluindo o osciloscópio de 1,5 GHz, é geralmente de 1,5 GHz. Essa é a mínima largura de banda de osciloscópio recomendada para USB-IF, em aplicações USB de alta velocidade.

A ponta de prova da série N2750A é mais do que apenas uma ponta de prova diferencial. Com o pressionamento de um botão na ponta de prova, você pode rapidamente alternar entre a visualização do lado alto (D+) em relação à terra, lado baixo (D-) em relação à terra, ou o sinal de modo comum do sinal diferencial. Embora a qualidade do sinal diferencial seja o que realmente importa, podem existir problemas de integridade de sinal nos barramentos diferenciais, causados por ruído de acoplamento do sistema em apenas um lado do barramento, ou, talvez, pelo layout impróprio da placa PC e/ou terminações impróprias, em relação a apenas um lado do barramento.

A Figura 2 mostra um exemplo da visualização diferencial do barramento USB de alta velocidade. Note o nível significativo de ruído nesse sinal diferencial. Embora não possa ser mostrado nesse documento, o ruído era intermitente; algumas vezes os pacotes capturados quase não apresentavam ruído, e outras vezes apresentavam nível significativo de ruído, como nessa imagem em particular.

Com o pressionamento de um botão da ponta de prova InfiniiMode da Agilent, podemos ver o lado alto (D+) do barramento USB, como mostrado na Figura 3. Nesse exemplo, o nível de ruído em D+ estava aceitável e significativamente menor do que o medido originalmente no barramento diferencial.



Figura 1: Ponta de prova ativa diferencial InfiniiMode da série N2750A da Agilent.

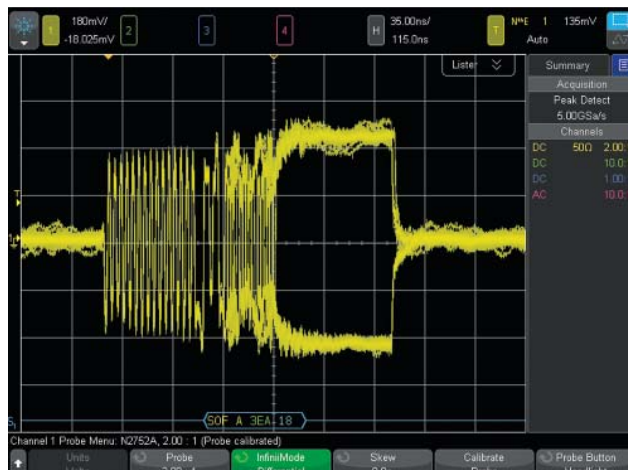


Figura 2: Capturando sinal diferencial USB de alta velocidade.



Figura 3: Capturando apenas o lado alto (D+) do barramento diferencial.

Sondando o barramento diferencial USB 2.0 de alta velocidade

Se pressionarmos novamente o botão da ponta de prova InfiniiMode, podemos ver apenas o lado baixo (D-) do USB, como mostrado na Figura 4. O ruído intermitente reapareceu quando passamos a monitorar esse lado do barramento. O ruído está evidentemente acoplado a apenas um lado de nosso barramento USB diferencial.

E, por fim, podemos também visualizar o sinal de modo comum desse barramento USB de alta velocidade, como mostrado na Figura 5. Essa imagem mostra o *offset* CC do modo comum de cada pacote, além do ruído de modo comum e acoplamento de sinal.

O próximo passo nesse exemplo de depuração foi tentar descobrir a fonte do ruído e tentar determinar por que ele está acoplado apenas a um dos lados do barramento. Após uma inspeção detalhada, foi determinado que a origem do ruído era a fonte de alimentação de comutação do sistema embarcado. A Figura 6 mostra um segundo canal do osciloscópio, utilizado para capturar simultaneamente a saída da fonte de alimentação de comutação. Agora podemos ver claramente a correlação entre o ruído capturado nos pacotes USB (traço amarelo) e o ruído/ondulação de comutação da fonte de alimentação (traço rosa). Observe que a metade superior da tela do osciloscópio está exibindo as formas de onda com uma configuração de base de tempo maior (1 μ s/div), enquanto a metade inferior exibe com zoom (30 ns/div) um único pacote com ruído.

O motivo pelo qual o ruído intermitente estava acoplado aos pacotes USB se deve ao fato de que a menor frequência do ruído de comutação não estava em sincronia com a transmissão do tráfego USB. Foi descoberto que a razão pela qual o ruído estava acoplado apenas a um dos lados do barramento diferencial era devido ao péssimo layout e aterramento da placa PC.

A captura e observação de nosso sinal USB de alta velocidade em quatro configurações de sondagem diferentes, mostradas nesse exemplo de depuração, foram alcançadas sem a movimentação das conexões da ponta de prova. Para realizar as mesmas medições com o uso de pontas de prova ativas diferenciais convencionais, teríamos que utilizar múltiplas pontas conectadas em paralelo — que poderia induzir carga excessiva, além de ser uma solução de teste cara — ou mover as conexões da ponta de prova entre cada medição, sendo este um processo de medição demorado.



Figura 4: Capturando apenas o lado baixo (D-) do barramento diferencial.

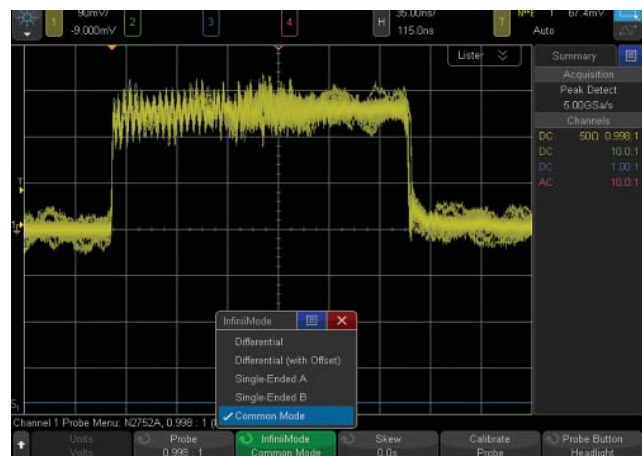


Figura 5: Capturando o sinal de modo comum no barramento diferencial.



Figura 6: Péssimo layout da placa PC resultou em um ruído de comutação da fonte de alimentação, acoplado em um dos lados do barramento diferencial USB de alta velocidade.

Disparo e decodificação por hardware de protocolo USB

Embora os analisadores de protocolo de barramento serial USB possam fornecer um alto nível de abstração de decodificação de protocolo, eles não dizem nada sobre a qualidade dos sinais que cada pacote USB produz. Com a adição da opção de disparo e decodificação de USB 2.0 de alta velocidade (DSOX4USBH), o osciloscópio da série 4000X não apenas realiza o disparo em uma ampla variedade de tipos de pacotes USB específicos (*handshake*, *token*, *data*, etc.) e erros, mas também fornece um traço de decodificação, correlacionando no tempo de cada pacote das formas de onda capturadas, para que você possa comparar diretamente a qualidade das formas de onda que produzem cada byte decodificado. Adicionalmente, o osciloscópio também pode exibir uma tabela dos múltiplos e consecutivos pacotes capturados e decodificados, na metade superior de sua tela, como mostrado na Figura 7.

Há uma grande diferença entre a técnica de decodificação de protocolo implementada pelos osciloscópios da série 4000X da Agilent e a decodificação utilizada em outros osciloscópios do mercado. Os osciloscópios da série 4000X utilizam decodificação por hardware, diferentemente da decodificação por software dos osciloscópios convencionais. Isso significa que o osciloscópio continua responsivo e rápido, mesmo com a decodificação ligada. Com uma atualização virtual em tempo real do traço da decodificação USB, o osciloscópio possui uma probabilidade muito maior de detectar erros de USB não frequentes, tais como erros de PID ou CRC, em comparação aos osciloscópios que utilizam decodificação por software.

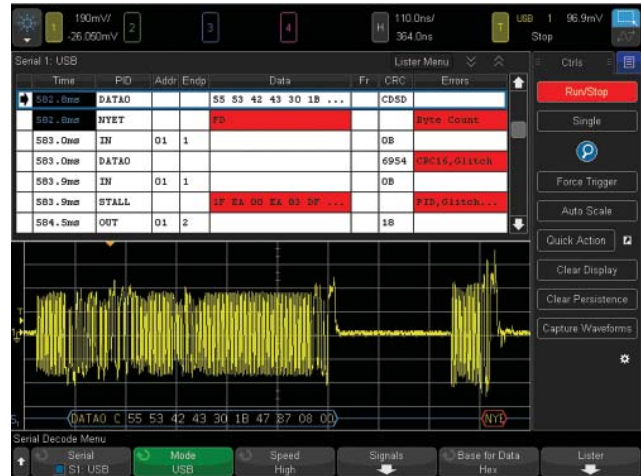


Figura 7: Decodificação por hardware aumenta a probabilidade do osciloscópio capturar erros de protocolo USB 2.0 de alta velocidade.

Rápida taxa de atualização de forma de onda

Provavelmente, a maior vantagem do osciloscópio da série 4000X da Agilent, para testar e depurar projetos USB de alta velocidade embarcados, é sua extremamente rápida e sem comprometimento taxa de atualização de forma de onda. O osciloscópio pode atualizar até 1.000.000 de formas de onda por segundo, mesmo se a decodificação de protocolo USB por hardware estiver ligada. A maioria dos osciloscópios no mercado que suportam decodificação de barramentos USB de alta velocidade realiza a atualização na faixa de centenas de formas de onda por segundo ou menos, enquanto sua decodificação por software estiver sendo utilizada.

As rápidas taxas de atualização não apenas aumentam a capacidade de resposta e usabilidade do osciloscópio, mas também fornecem uma visão dinâmica de formas de onda repetitivas e sobrepostas, como mostrado na Figura 8. Todavia, o mais importante é que as rápidas taxas de atualização de forma de onda aumentam a probabilidade do osciloscópio capturar eventos aleatórios e não frequentes, que podem causar problemas em seus projetos de sistema USB de alta velocidade. Se ocorrer uma falha não frequente ou um desvio de amplitude dentro de um pacote USB, como mostrado na Figura 9, o osciloscópio da série 4000X da Agilent possui uma probabilidade dezenas de milhares de vezes maior, em relação aos outros osciloscópios, de capturar e exibir a anomalia aleatória.

Para aprender mais sobre a importância das rápidas taxas de atualização de forma de onda, baixe a nota de aplicação da Agilent “Rápidas taxas de atualização de forma de onda aumentam a probabilidade de capturar eventos elusivos”, listada no final desse documento.

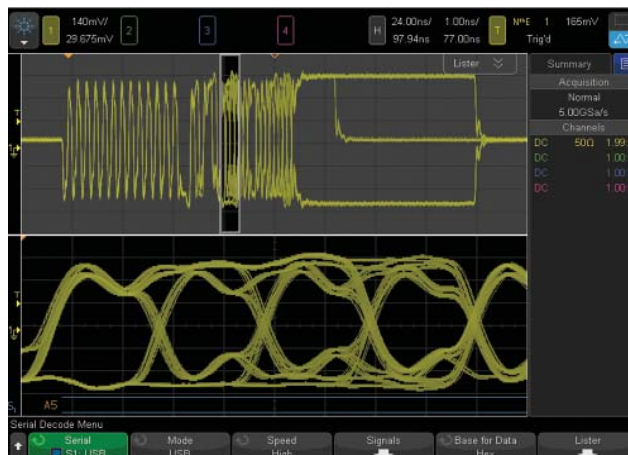


Figura 8: Rápida taxa de atualização e decodificação de forma de onda fornece uma visualização quase em tempo real do comportamento dinâmico de seus sinais USB de alta velocidade.



Figura 9: As rápidas taxas de atualização de forma de onda aumentam a probabilidade do osciloscópio capturar eventos aleatórios e não frequentes.

Disparo por região InfiniiScan

Uma vez que você seja capaz de observar os problemas de integridade de sinal, não frequentes e aleatórios, dentro dos seus projetos de USB, utilizando a extremamente rápida taxa de atualização de forma de onda do osciloscópio, sincronizar a tela do osciloscópio para exibir exclusivamente os eventos anômalos e problemáticos é o próximo passo. Embora esse osciloscópio apresente uma ampla variedade de capacidades de disparo por violação de sinal, tais como disparo em tempo de espera ou tempo configurado, disparo *runt* , dentre outras, sua capacidade de disparo por região InfiniiScan é geralmente o modo mais rápido e fácil de realizar o disparo em um problema de integridade de sinal. Uma vez que você possa disparar no sinal com problema, você pode procurar sua correlação com os outros sinais de seu sistema.

Basicamente, se a rápida taxa de atualização de forma de onda do osciloscópio (1.000.000 de formas de onda/s) revelar as anomalias de sinal, aleatórias e não frequentes, tal como a falha não frequente mostrada na Figura 8, então o disparo por região InfiniiScan pode disparar no sinal. Simplesmente desenhe uma “caixa de região” na área de comportamento anômalo, utilizando a tela de toque do osciloscópio, e então selecione que a forma de onda “deva interceptar” aquela região, para que apenas ela seja exibida, como é mostrada na Figura 10.

Ao contrário dos disparos por região realizados via software, que podem estar disponíveis em outros osciloscópios de maior desempenho e maior custo, o disparo por região InfiniiScan é baseado em hardware, com uma taxa de atualização de até 200.000 formas de onda por segundo, quando esse recurso estiver ativo.

Quando estiver utilizando o disparo por região InfiniiScan, o osciloscópio primeiramente pré-qualifica as aquisições baseado em condições de disparo convencionais, tais como disparo em borda ou até mesmo em condição de disparo de pacote USB específico. O osciloscópio, então, dispara nas formas de onda que atendem aos critérios de qualificação da região gráfica. Basicamente, se você pode ver eventos anômalos não frequentes na tela do osciloscópio enquanto o instrumento estiver atualizando a 1.000.000 de formas de onda por segundo, então o disparo por região possui alta probabilidade de apenas disparar na anomalia, com a taxa de atualização por hardware InfiniiScan de 200.000 formas de onda por segundo.

Para aprender mais sobre o disparo por região InfiniiScan, baixe a nota de aplicação da Agilent “Disparo em anomalias não frequentes, utilizando o disparo por região InfiniiScan”, listada no final desse documento.



Figura 10: Disparo por região InfiniiScan pode ser utilizado para disparar apenas em problemas no sinal USB de alta velocidade.

Aquisição de memória segmentada

Freqüentemente, os pacotes USB são amplamente separados no tempo. Para capturar múltiplos e consecutivos pacotes, enquanto amostrando a uma taxa suficientemente alta, geralmente é necessária uma memória de aquisição muito profunda. Mas a memória do osciloscópio é geralmente desperdiçada na captura de tempo ocioso do sinal entre os pacotes de interesse. Os osciloscópios que possuem memória de aquisição muito profunda (centenas de Mega bytes) não são apenas caros, mas a varredura/procura pelos dados capturados para isolar pacotes de interesse específicos pode ser difícil e demorada.

Realizar uma aquisição de memória segmentada utilizando o osciloscópio da série 4000X da Agilent é o método mais eficiente e barato para capturar múltiplos e seletivos pacotes USB — sem desperdiçar a memória de aquisição

no tempo ocioso do sinal entre os eventos. A Figura 11 mostra um exemplo de captura de 25 pacotes consecutivos de Data 0 durante enumeração, após a conexão de um dispositivo de alta velocidade USB, com um tempo de aquisição total, porém seletivo, de aproximadamente 650 milissegundos. Capturar esse intervalo equivalente de dados seriais, com uma memória de aquisição de osciloscópio convencional e amostragem a 5 GSa/s, utilizaria mais de 3 Gigabytes de memória. Essa quantidade de memória de aquisição não está disponível em nenhum osciloscópio no mercado. E, mesmo se tivesse, seria uma solução muito cara.

Para aprender mais sobre as aplicações de memória segmentada, baixe a nota de aplicação da Agilent “Utilizando memória segmentada de osciloscópio para aplicações de barramento serial”, listada no final desse documento.

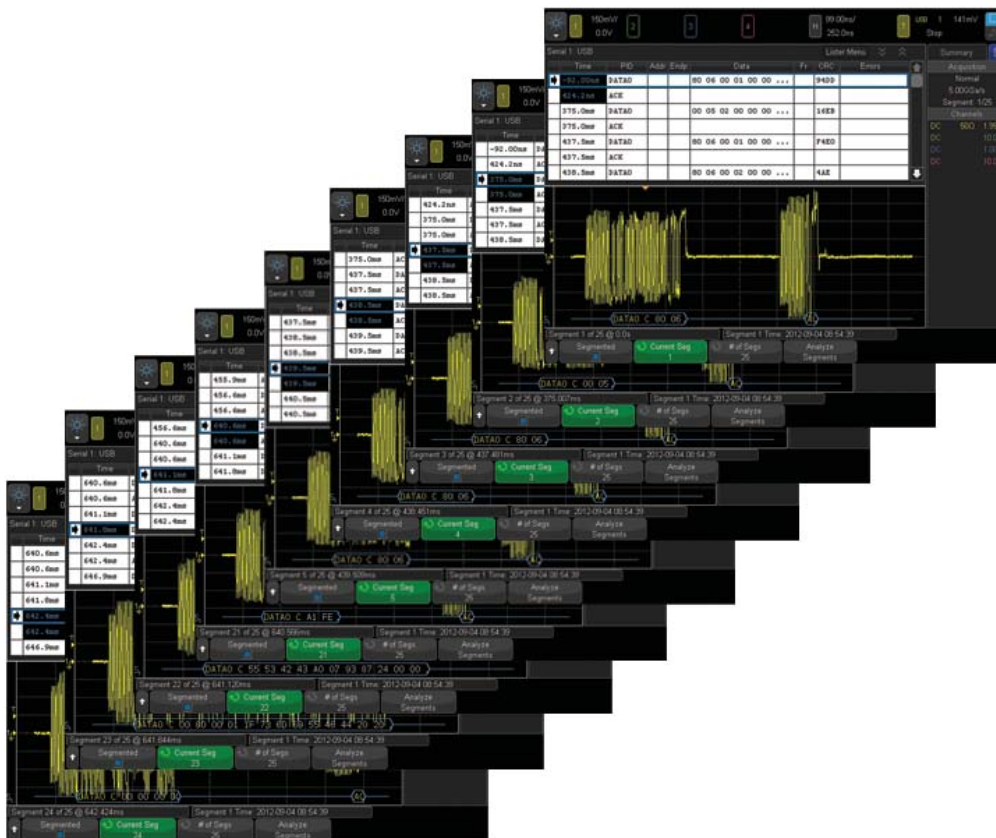


Figura 11: Utilizando aquisição de memória segmentada para capturar mais pacotes seletivos, por períodos de tempo mais longos.

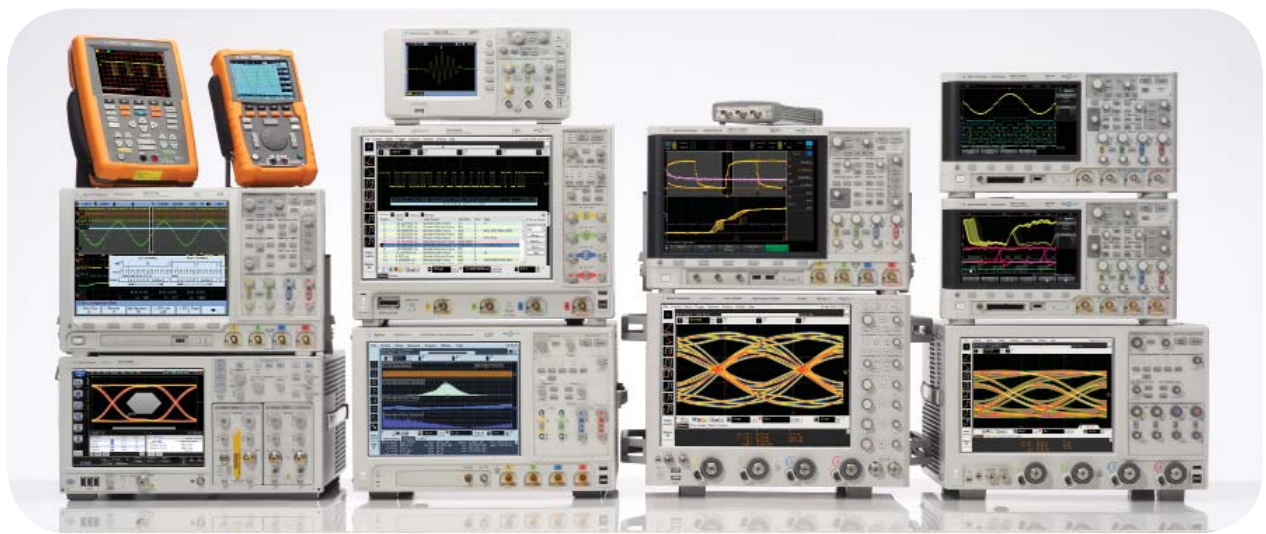
Resumo

O teste e depuração de sistemas embarcados, que incluem interfaces USB 2.0 de alta velocidade, são críticos para garantir confiabilidade de operação. Os osciloscópios InfiniiVision da série 4000X da Agilent, em conjunto com a ponta de prova ativa diferencial InfiniiMode da série N2750A, são a solução em custos mais eficiente do mercado. Essa família de osciloscópio também fornece algumas capacidades únicas, que podem ajudar você a testar e depurar mais rapidamente seus projetos USB,

- incluindo:
- Rápidas taxas de atualização de forma de onda (até 1.000.000 de formas de onda/s)
 - Decodificação de protocolo USB por hardware
 - Disparo por região InfiniiScan
 - Aquisição de memória segmentada

Literatura relacionada

| Título | Tipo | Número |
|--|-------------------|-------------|
| <i>Osciloscópios InfiniiVision da série 4000X</i> | Folheto de dados | 5991-1103EN |
| <i>Ponta de prova ativa diferencial InfiniiMode da série N2750A</i> | Folheto de dados | 5991-0560EN |
| <i>Opções de barramento serial para osciloscópios da série InfiniiVision</i> | Folheto de dados | 5990-6677EN |
| <i>Rápidas taxas de atualização de forma de onda aumentam a probabilidade de capturar eventos elusivos</i> | Nota de aplicação | 5989-7885EN |
| <i>Disparo em anomalias não frequentes, utilizando o disparo por região InfiniiScan</i> | Nota de aplicação | 5991-1107EN |
| <i>Utilizando memória segmentada de osciloscópio para aplicações de barramento serial</i> | Nota de aplicação | 5990-3200EN |



Osciloscópios da Agilent Technologies

Múltiplos tamanhos, de 20 MHz a > 90 GHz | Especificações líderes da indústria | Aplicações poderosas



www.agilent.com/find/myagilent

Uma visualização personalizada com as informações mais relevantes para você.



www.axiestandard.org

Extensões AdvancedTCA® para instrumentação e teste (AXIe) é um padrão aberto, que estende o AdvancedTCA para teste de semicondutor e uso geral. Agilent é um membro fundador do consórcio AXIe.



www.lxistandard.org

Extensões LAN para instrumentos colocam a potência Ethernet e Web em seus sistemas de teste. Agilent é um membro fundador do consórcio LXI.



www.pxisa.org

Extensões PCI para instrumentação modular (PXI) proporcionam um sistema de medição e automação robusto, de alto desempenho e baseado em PC.

Canal de parceiros da Agilent

www.agilent.com/find/channelpartners

Obtenha o melhor de dois mundos: a experiência em medição e variedade de produtos da Agilent, combinada com a conveniência do canal de parceiros.

Agilent Technologies Brasil Ltda.

Avenida Marcos Penteadado de
Ulhoa Rodrigues, 939 - 6º andar
Castelo Branco Office Park
Torre Jacarandá - Tamboré
Barueri, São Paulo
CEP: 06460-040 • SP
Tel.: (11) 4197-3600
Fax.: (11) 4197-3800
e-mail: tmobrasil@agilent.com
www.agilent.com.br



O Serviço de Vantagens da Agilent está comprometido com seu sucesso, durante a vida útil de seu equipamento. Nós compartilhamos experiência em medição e serviço, ajudando a criar os produtos que mudam nosso mundo. Para mantê-lo competitivo, nós investimos em ferramentas e processos que aceleram calibração e reparo, reduzindo custo de propriedade, e nos movendo à frente de sua curva de desenvolvimento.

www.agilent.com/find/advantageservices



Windows® é marca registrada de Microsoft Corporation.

www.agilent.com

www.agilent.com/find/4000X-Series

Para maiores informações sobre os produtos, aplicações ou serviços da Agilent Technologies, entre em contato com o seu escritório local da Agilent. A lista completa está disponível em:

www.agilent.com/find/contactus

Américas

| | |
|----------------|----------------|
| Canadá | (877) 894 4414 |
| Brasil | (11) 4197 3600 |
| México | 01800 5064 800 |
| Estados Unidos | (800) 829 4444 |

Ásia Pacífico

| | |
|---------------|----------------|
| Austrália | 1 800 629 485 |
| China | 800 810 0189 |
| Hong Kong | 800 938 693 |
| Índia | 1 800 112 929 |
| Japão | 0120 (421) 345 |
| Coreia | 080 769 0800 |
| Malásia | 1 800 888 848 |
| Cingapura | 1 800 375 8100 |
| Taiwan | 0800 047 866 |
| Outros países | (65) 375 8100 |

Europa & Oriente Médio

| | |
|-------------|----------------------|
| Bélgica | 32 (0) 2 404 93 40 |
| Dinamarca | 45 45 80 12 15 |
| Finlândia | 358 (0) 10 855 2100 |
| França | 0825 010 700* |
| | *0,125 €/minuto |
| Alemanha | 49 (0) 7031 464 6333 |
| Irlanda | 1890 924 204 |
| Israel | 972-3-9288-504/544 |
| Itália | 39 02 92 60 8484 |
| Holanda | 31 (0) 20 547 2111 |
| Espanha | 34 (91) 631 3300 |
| Suécia | 0200-88 22 55 |
| Reino Unido | 44 (0) 118 927 6201 |

Para outros países não listados:

www.agilent.com/find/contactus

Revisado: 6 de janeiro de 2012

Especificações e descrições de produto estão sujeitas a alterações sem aviso prévio.

© Agilent Technologies, Inc. 2012
Impresso no Brasil, 1 de outubro de 2012
5991-1148PTBR



Agilent Technologies