



# Panorama do teste automatizado 2013

As principais tecnologias e metodologias  
que estão mudando a indústria de teste  
e medição.

ESTRATÉGIA DE NEGÓCIOS  
ARQUITETURA  
COMPUTAÇÃO  
SOFTWARE  
E/S



## Um parceiro de tecnologia e de negócios

Desde 1976, empresas de todo o mundo, como a BMW, Lockheed Martin e Sony, desenvolvem sofisticados sistemas automatizados de teste e medição com os produtos e serviços da National Instruments.

O teste aumenta o valor de sua empresa, capturando defeitos e coletando dados para aprimorar projetos e processos. Incentivar a inovação no teste, incluindo tecnologia e as metodologias das melhores práticas, pode gerar enormes ganhos de eficiência e reduções de custo. Nosso objetivo neste panorama do teste automatizado é ampliar e aprofundar o escopo dos atuais esforços e fornecer a você as informações necessárias para a tomada de decisões técnicas e gerenciais importantes.





## Tópicos

### TENDÊNCIAS

Como identificamos as tendências

As tendências da automatização dos últimos seis anos e como elas nos levaram aos tópicos deste ano.

### ESTRATÉGIA DE NEGÓCIOS

A economia dos testes

A economia dos testes enfrenta problemas e precisa apresentar métricas e modelos que justifiquem seus investimentos.

### ARQUITETURA

Ecossistema centrado no software

A tecnologia centrada em software transformará a capacidade dos sistemas de teste automatizado.

### COMPUTAÇÃO

Big Analog Data

As empresas estão aproveitando suas infraestruturas de TI e ferramentas de análise para tomar decisões mais rápidas com base nos dados de seus testes.

### SOFTWARE

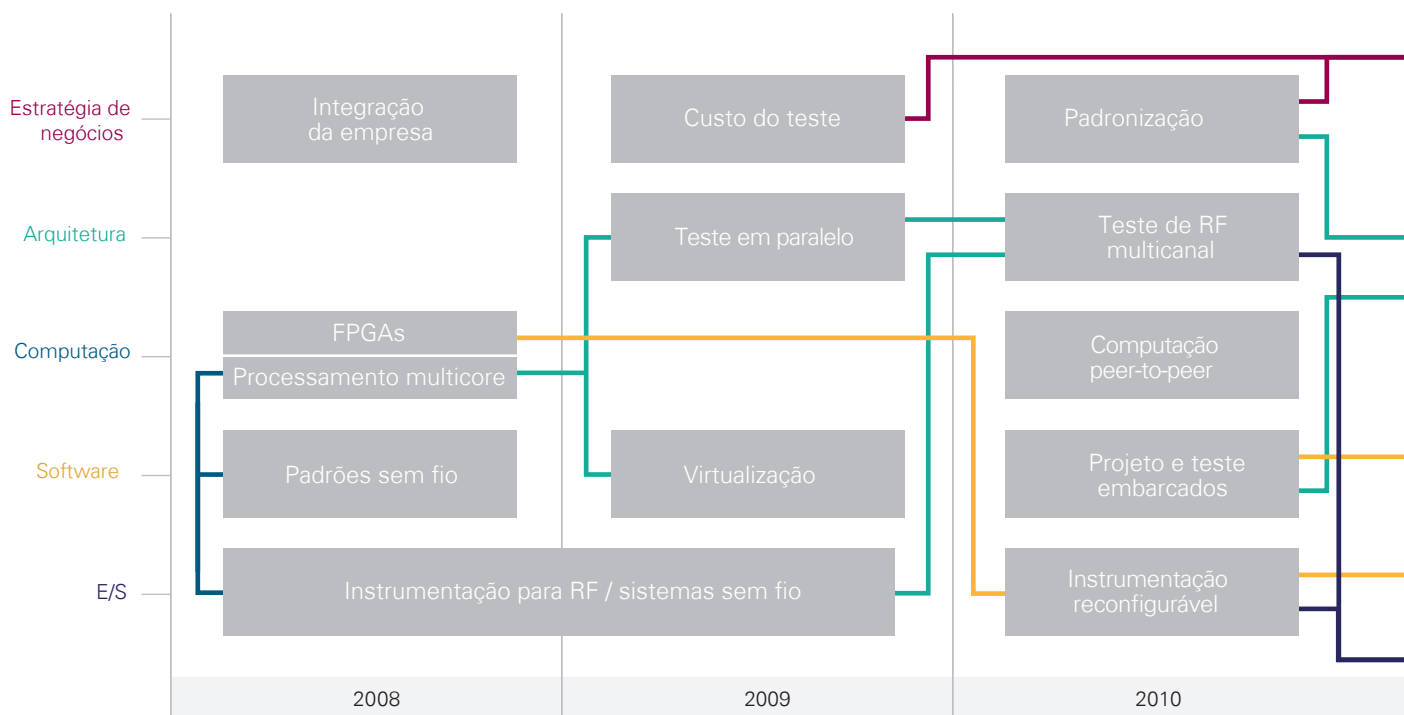
Qualidade do software de teste

Com o aumento na complexidade do software de teste, é necessário utilizar as melhores práticas de desenvolvimento de software para garantir a confiabilidade do sistema de teste.

### E/S

A Lei de Moore chega à RF

Os avanços tecnológicos aumentam o desempenho e reduzem o custo dos equipamentos de teste de RF.



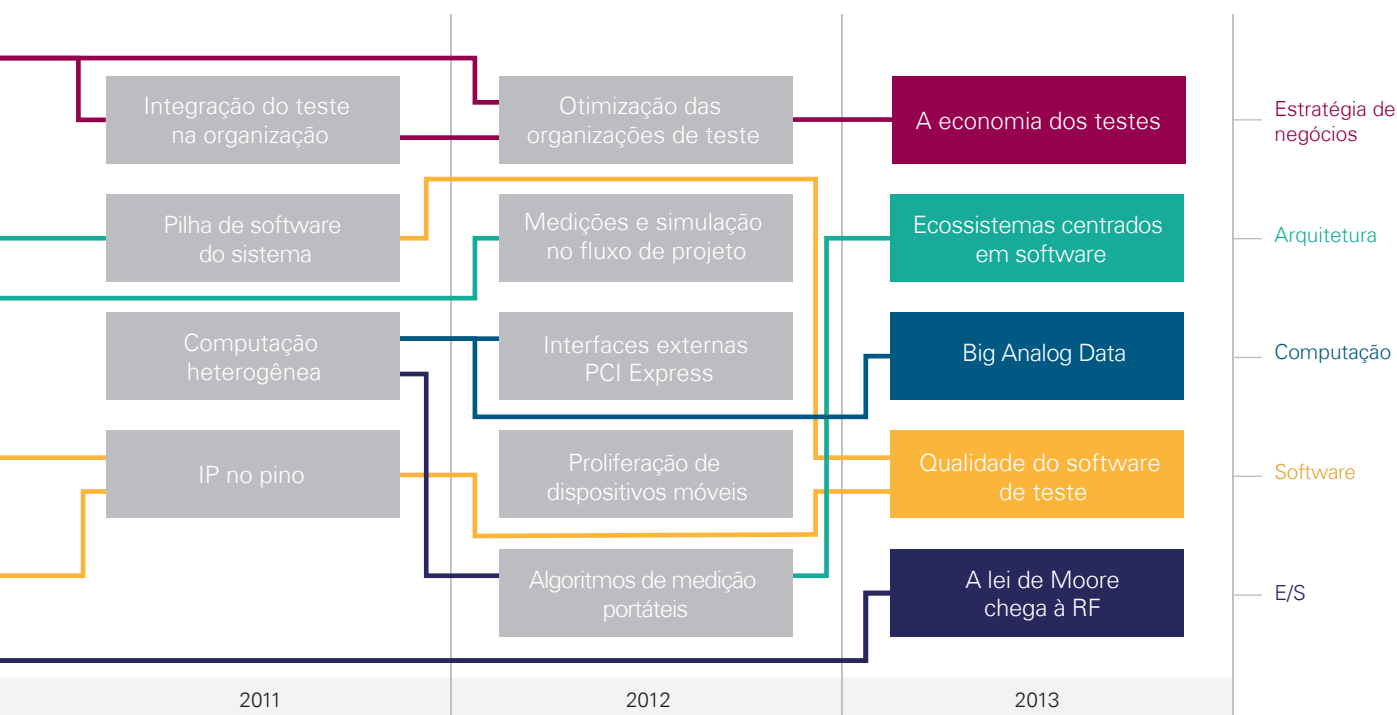
## Como identificamos as tendências

Como fornecedores de tecnologia de teste para mais de 35.000 empresas em todo o mundo, recebemos feedback de diversas indústrias e países todos os anos. Todos esses relacionamentos nos oferecem uma extensa base de dados quantitativos e qualitativos para análise.

Nossas atividades internas de pesquisa e desenvolvimento nos mantêm atualizados com as tendências da tecnologia. Sendo uma empresa orientada à tecnologia, investimos em pesquisa e desenvolvimento mais de 16% de nossas receitas anuais. Mas como nos esforçamos em levar a tecnologia comercial à indústria de teste e medição, conseguimos potencializar nosso investimento em pesquisa e desenvolvimento aproveitando os avanços dessas tecnologias comerciais. Dessa maneira, mantemos estreitos

relacionamentos estratégicos com nossos fornecedores. Todos os semestres, realizamos encontros de tecnologia com nossos principais fornecedores, que desenvolvem tecnologias para PC, conversores de dados e componentes de software, para conhecermos seus planos sobre as novas tecnologias e como esses fornecedores estão investindo em tecnologia. Então trazemos essas informações para nosso próprio plano. Temos também um forte programa acadêmico, que inclui o patrocínio de pesquisas em todas as disciplinas de engenharia em universidades de todo o mundo. Esses projetos oferecem uma visão mais ampla dos caminhos da tecnologia, frequentemente, muito antes da comercialização.

Além disso, oferecemos recursos para a realização de conselhos de especialistas, nos quais reunimos



líderes de departamentos de engenharia de teste para discutir tendências e apresentar melhores práticas. Esses conselhos são formados por representantes de todas as indústrias e áreas de aplicação — de caças a jato a smartphones e implantes médicos. O primeiro desses fóruns, o Automated Test Customer Advisory Board, tem foco global, e está em seu 13º ano. Realizamos também conselhos regionais de especialistas em todo o mundo. Todos os anos, esses eventos reúnem bem mais de 300 dos principais líderes no desenvolvimento de sistemas automatizados de teste.

Nós organizamos este panorama em cinco categorias (como mostrado na figura acima). Em cada uma dessas categorias, destacamos uma tendência importante, que acreditamos que terá uma grande

influência no teste automatizado em um prazo de um a três anos. Nós atualizamos as tendências dessas categorias todos os anos, para refletir as mudanças ocorridas na tecnologia ou na dinâmica dos negócios. Podemos até mesmo modificar essas categorias, se as mudanças observadas forem suficientemente significativas.

Como ocorre em nossos encontros pessoais sobre essas tendências, esperamos que o panorama do teste automatizado seja uma discussão de mão dupla. Gostaríamos de ouvir suas ideias sobre as mudanças tecnológicas da indústria, para que possamos integrar seu feedback em nossos próximos panoramas. Envie seu e-mail a [ato@ni.com](mailto:ato@ni.com) ou visite [ni.com/test-trends](http://ni.com/test-trends), para discutir com seus colegas. 🐦





# A economia do teste

Os executivos contam com as operações de engenharia e produção para manterem suas vantagens competitivas no mercado. Eles utilizam métricas financeiras e gerenciais, como o retorno sobre capital investido (ROIC), retorno sobre ativos (ROA), tempo de lançamento no mercado, margens de lucro e qualidade dos produtos, para introduzir melhorias no desenvolvimento dos produtos. Entretanto, os métodos usados para avaliar as organizações de teste são menos padronizados.

A verdade é que muitas empresas têm organizações de teste com filosofias reativas, sem uma estratégia de longo prazo ou métricas de impacto financeiro, como discutido na seção de otimização das organizações de teste do panorama de teste automatizado da National Instruments para 2012. Com isso, muitos executivos não fazem as perguntas certas sobre as funções do teste. Em vez de “Como reduzo o custo de meu teste?,” deveriam se perguntar: “De quais investimentos (pessoas, processos e tecnologia) necessito para melhorar as métricas da minha empresa?”

De acordo com a pesquisa de liderança em teste da National Instruments de 2012, aproximadamente 66% do orçamento de testes de uma organização são gastos na manutenção do ambiente atual, sendo somente 34% dedicados a novos recursos para a empresa. Isso significa que as organizações apenas conseguem fazer melhorias incrementais em suas operações de teste. Por outro lado, as equipes de engenharia de projetos estão fazendo grandes avanços em seus novos produtos, com menores preços.

Para enfrentar esse desafio e justificar investimentos estratégicos no teste, as organizações de teste estão propondo iniciativas suportadas por métricas financeiras, como o retorno sobre investimento (RSI), custo por

unidade testada, custos anuais de teste e economias, tempo de recuperação dos investimentos e a relação entre os custos de capital e os outros custos. Uma modelagem adequada apresenta todos os custos de determinados ativos de teste ao longo da vida útil destes e fornece uma base financeira para a justificativa de investimentos futuros.

## CUSTO TOTAL DE PROPRIEDADE

O custo total de propriedade (TCO) é fundamental para avaliarmos o impacto da organização de teste nos resultados. O TCO é considerado importante porque o custo do teste é muitas vezes visto como o custo de capital dos equipamentos dos sistemas de teste. Embora o custo do capital seja um componente importante, o custo do teste inclui outros elementos, como o custo de desenvolvimento inicial, o custo do teste da implementação e o custo operacional/de mão de obra. A combinação desses componentes é o que representa o custo total do teste de um produto e/ou empresa.

Os elementos de custo inicial de desenvolvimento são tipicamente custos incorridos apenas uma vez, como o desenvolvimento estratégico, ferramentas de hardware e software, custos não recorrentes de engenharia (NRE) e treinamento interno. É importante observar que uma organização pode ter outros custos de teste de desenvolvimento, não incluídos entre esses elementos comuns.

Os custos de implementação são incorridos todas as vezes que um testador for implementado. Estes custos são os mais fáceis de serem determinados, pois a maior parte deles compreende o custo de capital do equipamento e os custos de implementação do software. Mas há, por exemplo, custos específicos para o teste de implementação das organizações de teste, tais como o

transporte; dessa forma, é importante examinar cuidadosamente a consistência dos custos de implementação.

Os custos operacionais do teste são uma combinação de custos de pessoal, manutenção e instalações para manter os testadores trabalhando. Os custos de pessoal somam homens-hora, enquanto os custos de capital estão relacionados ao custo de manutenção das peças de reposição, usadas para evitar interrupções em caso de falha, ou da necessidade de remover instrumentos para calibração. Saber qual é o TCO de seu projeto, departamento e empresa é uma ferramenta poderosa para que os líderes de teste possam apresentar o valor agregado de uma determinada estratégia de teste e justificar investimentos futuros.

CENÁRIOS ESTRATÉGICOS DO TESTE

Modelos precisos de TCO têm valor inestimável para determinarmos quando investir para obter o máximo RSI e quando realocar recursos. Eles podem determinar melhorias no processo e aumentar a eficiência, além de reduzir os custos de projeto e fabricação afetados pelo teste. Entretanto, as métricas financeiras nem sempre são as mesmas. Os estudos de caso apresentados a seguir examinam iniciativas de mudanças que afetaram diferentes métricas financeiras (reduzindo o custo operacional, minimizando o custo real do teste e melhorando a taxa de custo por defeito), em todos os casos, com a medição do RSI e do retorno sobre o investimento inicial.

Padronização do teste da produção. Organizações de grande porte segmentadas por unidades de negócios (UN) ou linhas de produtos normalmente têm seus próprios demonstrativos de lucros e perdas. Cada UN normalmente tem seus próprios processos e recursos de desenvolvimento e fabricação de produtos, assim, cada UN desenvolve testadores específicos para seus produtos, o que leva a um conjunto heterogêneo de equipamentos de teste para cada linha de produtos. Desenvolver uma plataforma de teste comum para diversas UNs não apenas reduz os custos de capital, aproveitando da economia de escala, mas também os custos do pessoal de operação e manutenção, reduzindo a necessidade de operadores e técnicos. A Hella KGaA Hueck & Co executou essa estratégia, alinhando várias linhas de produto e padronizando hardware e software. Com isso, a Hella conseguiu obter uma redução de 46% em seus

Nossa missão é desenvolver produtos inovadores de alta qualidade, que facilitem a vida de nossos clientes. Investindo em nossa equipe de plataforma de teste, que utilizou a tecnologia da National Instruments para automação e reuso, reduzimos nosso custo da qualidade em 81%, sem deixarmos de manter a conformidade total com as normas regulatórias internacionais, o que está nos economizando US\$ 4,5 milhões por ano.

► Katherine dePadua, Vice-Presidente de Qualidade e Questões Regulatórias, Philips HHS

custos operacionais de teste e um aumento na produtividade do teste de 57%, resultando em um RSI de 37% e retorno de apenas oito meses.

**Aumento da produtividade dos testes.** Com o aumento da demanda pelos produtos, as empresas precisam reavaliar metodologias de teste e desenvolver sistemas que possam testar volumes cada vez maiores de produtos com menores margens, sem deixar de manter a qualidade dos produtos. O investimento em uma estratégia de teste de última geração, com várias unidades operando em paralelo, tem um impacto significativo na produtividade do teste e TCO do teste por unidade. A Harris Corporation reduziu seu custo de teste em 74%, ampliando a solução do teste para atender à maior demanda. O projeto obteve um RSI de 185% e retorno do investimento em apenas 2,8 meses.

**Reuso da engenharia de testes.** Apesar de sua definição variar de uma empresa a outra, a qualidade é universalmente uma das mais altas prioridades. Os resultados de uma análise de 63 projetos de desenvolvimento de software em empresas como a IBM, GTE e TRW Automotive mostram que o custo de um defeito no produto durante a produção é de 21 a 78 vezes maior do que durante o projeto. Nas empresas que procuram diferenciar seus produtos pelos padrões de qualidade mais exigentes, os engenheiros investem mais em sistemas de teste que reutilizam seus componentes, para capturar defeitos com maior antecedência no processo. A Philips Healthcare economiza atualmente US\$ 4,5 milhões com uma estratégia de teste que reduz o custo da qualidade em 81%. Essa estratégia identifica os defeitos antecipadamente no ciclo de projeto, proporcionando um RSI de 316% e retorno de investimento em três meses.

A medição e acompanhamento das métricas financeiras são complementos necessários para qualquer visão e estratégia de teste. A justificativa dos investimentos em teste é baseada na comprovação de RSI no longo prazo e nas métricas que apresentem os sucessos obtidos. A abordagem de TCO de teste avalia as alternativas de investimento e exerce um impacto positivo nas métricas da empresa. 📈



► Uma modelagem adequada do custo total de propriedade apresenta todos os custos de determinados ativos de teste ao longo de sua vida útil e fornece uma base financeira para a justificativa de investimentos futuros.

# Ecosistemas centrados em software

A transição pela qual os dispositivos móveis passam atualmente oferece informações sobre uma importante tendência no teste e medição: o poder dos ecossistemas centrados em software. Os primeiros modelos de telefones móveis foram criados inicialmente para fazer chamadas, e depois, para enviar mensagens de texto; mas as suas funções eram quase completamente definidas pelo fornecedor. Quando o software desses dispositivos chegou ao usuário, logo surgiram recursos como players de áudio, câmeras e e-mail. Mas essa transição foi bem mais do que apenas uma experiência bem-sucedida de software aberto. A Apple e, posteriormente, a Google construíram ecossistemas robustos ao redor de seus produtos e criaram comunidades de desenvolvedores de “apps”, que expandiram rapidamente as formas de utilização dos produtos.

A abertura inerente e o conceito de comunidade de telefones móveis poderiam ter sido patrocinados pelos próprios provedores de telefones móveis, mas, nesse

caso, foram a Apple e a Google quem trabalharam nos ambientes de software primeiro e implementaram o hardware depois. Expondo um nível de customização apropriado aos usuários e desenvolvedores externos, eles conseguiram mudar a maneira pela qual os consumidores viam seus telefones móveis.

Esse conceito está também impactando a indústria de teste e medição. Comunidades de desenvolvedores e integradores utilizam plataformas de software padrão como ponto de partida, usando tecnologia disponível comercialmente para adicionar funções de hardware complexo em aplicações que anteriormente eram impossíveis. Esse nível de produtividade e colaboração oferecido pelos ecossistemas centrados em software exercerá um profundo impacto no projeto de sistemas de teste nos próximos três ou cinco anos.

## DEFINIÇÃO DE ECOSSISTEMA

Em seu livro: *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*, James F. Moore define um ecossistema empresarial da seguinte maneira: “Uma comunidade econômica construída com base em organizações e indivíduos que interagem entre si — os organismos do mundo dos negócios. Essa comunidade econômica produz bens e serviços de valor para os consumidores, que também são membros do ecossistema. Entre os organismos desse ecossistema estão também fornecedores, os produtores líderes, concorrentes e outros participantes. Ao longo do tempo, suas capacidades e papéis evoluem em conjunto, tendendo a se alinhar com as orientações estabelecidas por uma ou mais das empresas de maior porte”.

No passado, seu sistema de teste valia apenas o tempo e o dinheiro investidos em sua construção. Agora seu sistema se beneficia de toda a comunidade externa de fornecedores, integradores, consultores e normas que dão suporte à base do ecossistema de software. Esse é um elemento crucial para atendermos as demandas da próxima geração do teste de dispositivos.

- *Jessy Cavazos, Diretor da Indústria, Teste e Medição, Frost & Sullivan*



Em teste e medição, a colaboração entre indústrias não é novidade. Grupos ativos da indústria, como o IVI Foundation, PXI Systems Alliance e LXI Consortium já reúnem alguns dos principais players da indústria há décadas. Atualmente, estes grupos contam também com a participação de fornecedores de software, hardware e software e hardware; dessa forma, o interesse em permitir a interoperabilidade de arquiteturas proprietárias e a facilidade de uso das arquiteturas abertas está renovando os ecossistemas de negócios.

Os exemplos de maior sucesso dos ecossistemas atuais nessa indústria, entretanto, vêm do setor de software. O NI LabVIEW é um exemplo de software de aplicação que ganha valor nesse ecossistema. Números significativos de engenheiros foram treinados no LabVIEW e desenvolveram add-ons para necessidades de suas próprias e outras aplicações, através de veículos comerciais, como a LabVIEW Tools Network. Integradores de sistemas da NI Alliance Partner Network, além de consultores do LabVIEW, trabalham para implantar esse ecossistema. Cada fornecedor, produtor, concorrente ou outro participante a mais aumenta o valor do software para todos os usuários.

**ECOSSISTEMAS EM ARQUITETURAS DE SOFTWARE/HARDWARE ABERTAS E PROPRIETÁRIAS**

Um ecossistema de teste deve padronizar a maneira pela qual nos comunicamos com os instrumentos — os drivers IVI (Interchangeable Virtual Instrument). Desenvolvendo um meio comum de comunicação com instrumentos similares de diversos fornecedores no nível da interface de programação de aplicações, o IVI Foundation reduziu a curva de aprendizagem dos usuários e o ciclo de desenvolvimento dos fornecedores. Isso abriu portas para que terceiros criassem drivers, websites para hospedá-los (como a IDNet, no site ni.com) e camadas de abstração a serem criadas sobre eles. Com camadas de abstração de hardware bem arquitetadas, a inserção da tecnologia em sistemas projetados para durar décadas se tornou não apenas possível, mas rotineiro. A padronização foi essencial para o ecossistema chegar a esse ponto, e essa tendência continua a crescer com a recente ratificação das implementações Microsoft .NET nativas para IVI nos últimos anos.

Quando programamos FPGAs em aplicações como o processamento inline de sinais ou o controle de dispositivos em teste (DUTs), precisamos ter hardware e

software de um único fornecedor para conseguirmos chegar ao nível de abstração necessário para os conhecimentos técnicos da maior parte dos engenheiros de teste. Quando essas soluções são fornecidas no contexto de um ecossistema empresarial centrado em software, a plataforma pode manter a flexibilidade para o usuário com uma abordagem de hardware e software intercambiáveis de diferentes fornecedores. Por exemplo, a capacidade de programação de FPGAs da arquitetura de E/S reconfiguráveis (RIO) com LabVIEW pode incorporar o VHDL ou uma IP Xilinx CORE Generator nas ferramentas de projeto de sistemas do LabVIEW. A LabVIEW Tools Network ajuda os usuários a trocarem entre si exemplos de projetos e códigos compilados para atenderem diferentes necessidades das aplicações entre usuários e fornecedores no teste automatizado. Esse ecossistema abre as portas da programação de FPGAs às áreas não tradicionais do teste automatizado e oferece as IPs necessárias para um projeto bem sucedido.

Sem um ecossistema centrado em software, muitas plataformas abertas viáveis já passaram por dificuldades. As plataformas xTCA foram adotadas em infraestruturas de telecomunicações e tiveram o interesse da comunidade de física de alta energia, mas não conseguiram desenvolver um ecossistema forte para o teste automatizado. O grande número de opções de padrões, barramentos de comunicação e software oferecido pela plataforma atrasou ou dificultou sua adoção pelos principais fornecedores. Embora estejam sendo feitos esforços no AXIe Consortium para organizar essas opções e otimizá-las para o teste automatizado, seu sucesso ou fracasso serão determinados pelo uso de um ecossistema centrado em software.

**O FUTURO DOS ECOSSISTEMAS NOTESTE AUTOMATIZADO**

Nos próximos três ou cinco anos, sistemas de teste automatizado passarão a ser mais centrados no software e seus ecossistemas terão mais impacto no valor obtido pelos usuários dessas plataformas. Os exemplos anteriores de comunicação dos instrumentos e a programação FPGA em alto nível são apenas o início dos ecossistemas de teste automatizado. Em um cenário em que os fornecedores de software passam a aproveitar melhor as vantagens de seus ecossistemas e utilizar modelos de comercialização de IPs de terceiros, o uso de dispositivos móveis terá um efeito transformador na indústria de teste e medição. 🌱



► À medida que as plataformas de software dão origem a ecossistemas que se expandem a cada cliente, fornecedor, criador de add-on e outros participantes, elas passam a ter maior valor para cada um de seus usuários. Ecossistemas centrados em software trarão um grande impacto no valor que os engenheiros obtêm de suas plataformas de teste baseadas em software.

# Big Analog Data

Nas aplicações de teste e medição, engenheiros e cientistas podem coletar vastas quantidades de dados em cada segundo de cada dia. Cada segundo de um experimento no Grande Colisor de Hádrons do CERN pode gerar 40 terabytes (1012 bytes) de dados. A cada 30 minutos de funcionamento do motor a jato de um Boeing, o sistema cria 10 terabytes de informações de operação. Em uma única travessia do Oceano Atlântico, um avião Jumbo de quatro motores pode dar origem a 640 terabytes de dados. Multiplique isso pelos mais de 25.000 voos que ocorrem em cada dia e você terá uma ideia da enorme quantidade de dados gerados, como observado por John Gantz e David Reinsel em seu artigo publicado em novembro de 2011, "Extracting Value from Chaos". Isso é que significa "Big Data".

Obter conclusões precisas e significativas de tais quantidades gigantescas de dados é um problema cada vez maior, e o termo Big Data descreve esse fenômeno. Big Data traz novos desafios à busca e análise de dados, integração de dados, geração de relatórios e manutenção do sistema, que precisam ser vencidos para podermos acompanhar o crescimento exponencial na quantidade de dados. A empresa de pesquisa em tecnologia IDC realizou recentemente um estudo em dados digitais, o que inclui arquivos de medição, vídeo, arquivos de música e outros. Esse estudo estima que a quantidade de dados disponíveis dobra a cada dois anos. Somente em 2011, foram criados 1,8 zetabytes (1021 bytes) de dados, conforme Adam Hadhazy em seu artigo publicado em maio de 2010 na Live Science "Zettabytes Now Needed to Describe Global Data Overload." Para se ter uma ideia desse número, imagine: se todas as 7 bilhões de pessoas do mundo entrassem no Twitter e publicas-

sem tweets continuamente por um século, elas gerariam 1 zetabyte de dados. Quase o dobro dessa quantidade foi gerado em 2011, segundo Shawn Robers em seu artigo publicado em setembro de 2011 na revista Information Management "Big Data is Scaling BI and Analytics."

O fato de que a produção de dados dobra a cada dois anos é similar a uma das leis mais famosas da eletrônica: a lei de Moore. Em 1965, Gordon Moore declarou que o número de transistores em um circuito integrado dobraria aproximadamente a cada dois anos, e ele esperava que essa tendência continuasse "por pelo menos 10 anos". Quarenta e cinco anos depois, a lei de Moore ainda influencia muitos aspectos da eletrônica e TI. Como consequência dessa lei, a tecnologia está mais acessível e as mais recentes inovações ajudam os engenheiros e cientistas a capturarem, analisarem e armazenarem dados mais rapidamente do que nunca antes. Por exemplo, em 1995 foram fabricados 24 petabytes (1015 bytes) de espaço total em disco rígido. Atualmente a Google processa mais de 24 petabytes de informações todos os dias. Da mesma forma, o custo do espaço de armazenamento de todos esses dados foi reduzido exponencialmente, de US\$ 228/gigabyte (109 bytes) em 1998 para US\$ 0,06/gigabyte em 2010. Mudanças como estas, em conjunto com os avanços em tecnologia previstos na lei de Moore, estão alimentando o fenômeno Big Data.

## O VALOR DO BIG DATA

Conjuntos de dados pequenos geralmente limitam a exatidão das conclusões e previsões. Imagine uma mina de ouro na qual apenas 20% do ouro estão visíveis. Os 80 por cento restantes estão no entulho, onde você não

pode vê-los. A mineração é necessária para obter todo o valor do conteúdo da mina. Isso leva ao termo “cascalho digital,” dados digitalizados que têm valor oculto. Dessa forma, é necessário ter recursos de análise de grandes volumes de dados e mineração de dados para conseguir novas informações, de uma maneira não possível anteriormente.

## BIG ANALOG DATA, O ENGENHEIRO E O CIENTISTA

As fontes de grandes volumes de dados são muitas; entretanto, entre as mais interessantes para o engenheiro e o cientista estão os dados obtidos no mundo real. Esses dados analógicos que são capturados e digitalizados podem ser denominados “Big Analog Data” — obtidos a partir de medições de vibração, sinais de RF, temperatura, pressão, som, imagens, luz, magnetismo, tensão e outros.

No campo de teste e medição, os dados podem ser adquiridos em taxas de até muitos terabytes por dia. As questões relacionadas aos grandes volumes de dados analógicos estão se tornando desafios para os sistemas automatizados de teste e análise. Quando há muitos dispositivos sob teste, é necessário usar muitos nós de teste automatizado distribuídos (DATNs), que muitas vezes são conectados em paralelo com as redes de computadores. Como os DATNs são verdadeiros sistemas de computadores, com drivers e imagens de software, surge a necessidade de se ter ferramentas de gerenciamento de sistemas baseadas em rede para automatizar suas configurações, manutenção e upgrades. O volume de dados de teste e medição está criando uma necessidade crescente nas empresas globais de oferecer acesso a esses dados a um número muito maior de engenheiros que no passado. Isso requer equipamentos de rede e sistemas de gerenciamento de dados que possam acomodar o acesso a múltiplos usuários, o que por sua vez faz aumentar a necessidade de distribuir geograficamente os dados e o acesso a eles. Uma abordagem muito utilizada para oferecer esse acesso distribuído aos dados é a tecnologia de nuvem.

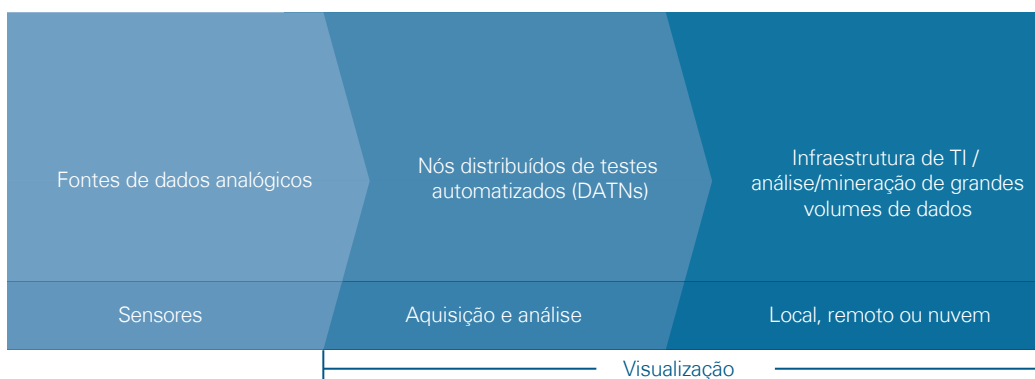
As aplicações com grandes volumes de dados analógicos criam uma forte dependência de equipamentos de TI, como servidores, armazenamento e conexões de rede. Além disso, é necessário ter o software para gerenciar, organizar e analisar os dados. Dessa forma, as tecnologias tradicionais de TI são parte de uma solução completa de pós-captura de dados que possa garantir a eficiente movimentação e arquivo dos dados, além da execução de análises e visualização para dados armazenados e “ao

Engenheiros e cientistas estão publicando dados de teste e medição em volumes cada vez maiores, em diversas formas e, muitas vezes, em altas velocidades. Imediatamente após essa aquisição de dados, teremos o problema dos grandes volumes de dados analógicos e precisaremos de ferramentas e técnicas avançadas para a transferência e gerenciamento de dados, além do gerenciamento de diversos sistemas de teste automatizado.

► *Dr. Tom Bradicich, Consultor de Pesquisa e Desenvolvimento, National Instruments*

vivo”. Fornecedores como a Avera, OptimalTest, Virinco e National Instruments já oferecem produtos que ajudam a gerenciar soluções para grandes volumes de dados analógicos. Para analisar e gerenciar bilhões de pontos de dados vindos de milhões de arquivos, os engenheiros e cientistas podem utilizar o DIAdem da National Instruments para minerar, inspecionar e gerar relatórios com base nos dados de medição. Eles também podem usar o DIAdem para fazer uma interface com soluções de TI existentes, ou criar novos servidores que possam ser acessados globalmente, para facilitar a tomada de decisões rápidas com base nesses dados. Para a fabricação, a Proligent da Avera e o WATS da Virinco fornecem soluções que oferecem visibilidade e controle sobre a qualidade do produto, equipamentos de teste, processos e operações. A Qualcomm utiliza ferramentas da OptimalTest para otimizar seus processos de teste, que acumulam 4 terabytes de dados por trimestre (*Evaluation Engineering* de 24 de outubro de 2011). A visibilidade de dados de teste com a possibilidade de variação de parâmetros ajuda os engenheiros a identificar o surgimento de tendências e tomar decisões de maneira proativa.

Como se torna necessário e mais fácil capturar grandes quantidades de dados em altas velocidades, os engenheiros enfrentarão desafios para criar soluções de ponta a ponta que exijam uma relação estreita entre o teste automatizado e o equipamento de TI. Isso aumenta a demanda por fornecedores de sistemas de teste e medição que trabalhem com fornecedores de TI para oferecer pacotes de soluções integradas para aplicações de teste automatizado. 🐦



► Uma solução generalizada em três camadas para os desafios dos grandes volumes de dados analógicos inclui sensores ou atuadores, nós distribuídos de teste automatizado e infraestrutura de TI ou sistemas de análise/mineração de grandes volumes de dados.



# Qualidade do software de teste

O uso do software de teste automatizado aumentou rapidamente na última década, devido à necessidade de sistemas de medição de alta capacidade, flexibilidade e customização. Soluções de teste centradas em software são a única abordagem viável para a entrega de tecnologias complexas em cronogramas agressivos, recursos limitados e mudanças constantes nos produtos.

A tendência de maior complexidade e quantidade de recursos nos produtos exerce um impacto direto no software de teste e a importância da confiabilidade, desempenho e exatidão do sistema de teste. O software de teste colocou um maior foco na garantia da qualidade e confiabilidade do software de teste por práticas de gerenciamento e desenvolvimento do ciclo de vida anteriormente reservadas aos sistemas embarcados. Algumas organizações estão aplicando voluntariamente essas práticas de desenvolvimento para melhorarem seu software e criarem soluções de teste com mais recursos e livres de defeitos, mas uma quantidade cada vez maior de indústrias terá de utilizar práticas similares para atenderem às normas regulatórias.

Os produtos desenvolvidos para indústrias reguladas, como a automotiva, aeroespacial e médica, precisam estar em conformidade com rigorosos padrões e certificações de desenvolvimento. As revisões dessas normas requerem um exame mais cuidadoso da qualidade e exatidão das ferramentas de teste, o que aumenta a necessidade de provas para demonstrar que os testadores foram qualificados para o uso. As empresas que não fazem parte dessas indústrias não sentirão o impacto imediato dessas tendências, mas elas terão vantagens da detecção antecipada de defeitos no ciclo de vida e a redução nos custos de

desenvolvimento de produtos.

Tomemos como exemplo a ISO 26262, uma norma para sistemas elétricos e eletrônicos críticos para a segurança de automóveis, que foi desenvolvida em resposta ao uso crescente de sistemas embarcados de controle. Essa norma tem como objetivo padronizar os processos de desenvolvimento e teste por diversos fornecedores para reduzir o risco de defeitos, antecipar a descoberta de defeitos e garantir que a segurança será uma consideração crítica. A ISO 26262, uma das várias normas que reconhecem a importância de soluções de teste baseadas em software, enumera requisitos específicos para a qualificação das ferramentas de teste. Entre esses requisitos está a criação de um plano de mitigação de risco que avalia áreas de alto risco. A meta geral é garantir que uma ferramenta de teste possa ser usada de maneira confiável para validar com exatidão o software embarcado sem introduzir defeitos.

A norma ISO 26262 foi desenvolvida a partir da IEC 61508, o que a torna membro de uma família de normas que abrange diversas indústrias, como a nuclear, ferroviária e médica. Embora essas normas possam variar de uma indústria a outra, elas têm uma mesma filosofia quanto à identificação e mitigação do risco nos processos de validação. Como uma indústria bem conhecida por sua necessidade de confiabilidade e segurança, a aviônica tem sido há muito tempo um guia para outras indústrias. Na indústria automotiva, por exemplo, novas normas, como a DO-254 e a revisão C da DO-178, surgiram a partir da maior complexidade dos sistemas embarcados de controle para aviônica. Essas normas ilustram um maior foco nos sistemas de teste, pois eles enumeram requisitos para a qualificação das ferramentas de teste. A DO-178C tem uma nova seção, intitulada "Considerações para a qualificação de ferramentas de software", que examina o ciclo de vida de

desenvolvimento e os recursos de documentação da ferramenta. O rigor do processo e a granularidade da documentação da qualidade de software são baseados no nível de qualificação da ferramenta, que é definido pela criticidade das ferramentas de teste.

Embora a terminologia e a implementação dessas normas sejam diferentes, elas prescrevem práticas recomendadas para a documentação dos requisitos dos testes e a prova de que os requisitos foram satisfeitos por meio de testes iterativos, revisões e rastreabilidade dos requisitos. Entre os exemplos de diretrizes e processos estão:

- Requisitos de teste
- Normas de codificação e guias de estilo
- Documentação e rastreabilidade do software
- Testes em unidades de software
- Criação e implementação de processos

Esses processos e as relações entre eles são mostradas pelo modelo em “V”, que ilustra a progressão de requisitos de alto nível em uma solução implementada, assim como as fases de teste e revisão correspondentes, que verificam se esses requisitos foram satisfeitos. O modelo em “V” é usado para visualizar o processo de desenvolvimento de um sistema, do qual o teste de componentes é parte, mas é necessário seguir uma sequência similar de passos para garantir a conformidade com esses padrões e/ou a qualidade e a confiabilidade da solução de teste.

As melhores práticas recomendadas para o desenvolvimento de software de teste seguem as diretrizes de engenharia de software, que incluem passos para realizar revisões regulares de código e ciclos de teste. As melhores práticas de gerenciamento de configuração são essenciais para identificar e rastrear mudanças no código fonte e outros recursos de todo o desenvolvimento. As especificações de software são usadas para definir testes integrados nas unidades, em ciclos de teste contínuos para o teste de regressão. Ambientes estruturados podem

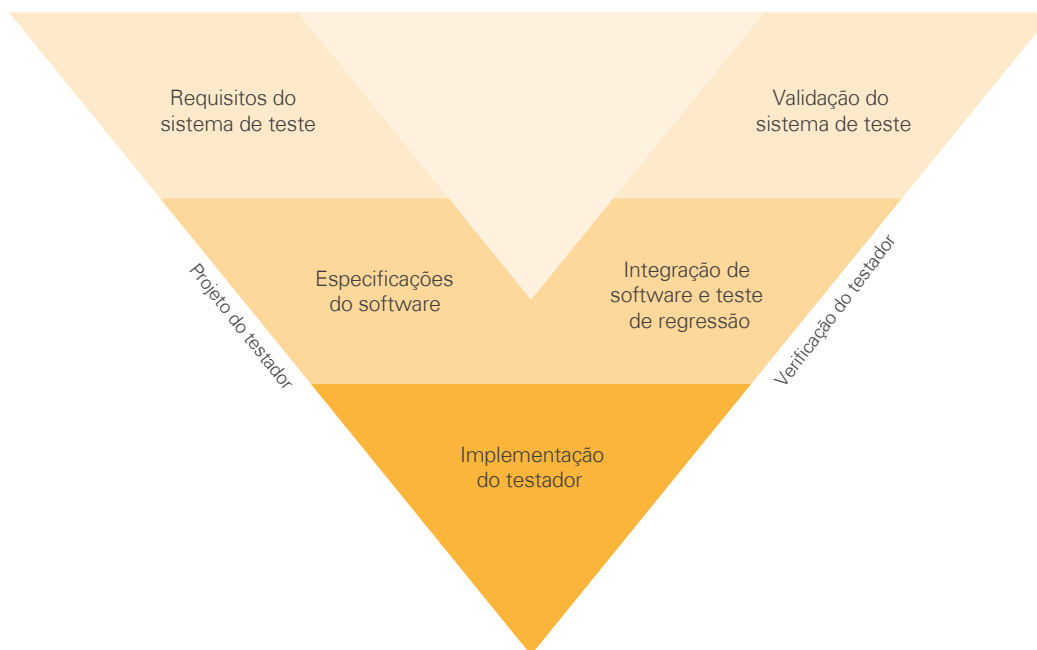
A complexidade de nosso equipamento de teste aumenta junto com a complexidade dos sistemas. Dessa forma, a qualidade e segurança em todas as fases do desenvolvimento são fundamentais para a Lockheed Martin e nossos clientes. Como resultado, muitas das mais recentes normas regulatórias para a indústria de defesa e aeroespacial enfatizam o emprego de práticas rigorosas e estritas de desenvolvimento de software para garantir resultados de teste confiáveis e precisos.

► *Sean Donner, Engenheiro de Software Sr., Lockheed Martin*

ir além, requisitando que vários indivíduos revisem e aprove qualquer código novo incorporado em um projeto.

Uma das principais metas das abordagens estruturadas de desenvolvimento é gerenciar e mitigar o risco da introdução de mudanças. É importante antecipar e gerenciar os riscos associados à introdução de mudanças em um sistema. A integração contínua faz isso incentivando a integração e o teste de código, o que requer ferramentas automatizadas de teste, que incluam análises estáticas e dinâmicas do código. A meta é encontrar defeitos no software o quanto antes dentro do possível e minimizar o custo da correção desses defeitos.

Há uma correlação entre a maior complexidade do sistema e a necessidade de um maior foco na qualidade do software de teste. Essas normas estabelecem um alto nível para processos e a qualidade, mas as melhores práticas de engenharia de software que beneficiam as empresas garantem que esses sistemas de teste atenderão requisitos de recursos e desempenho cada vez mais exigentes. 📌



► Os passos do modelo em “V” devem ser seguidos para garantirmos a qualidade e a confiabilidade de uma solução de teste.

# A lei de Moore chega à RF

Os benefícios da lei de Moore têm aumentado o desempenho e reduzido o custo dos produtos eletrônicos há mais de um século. O ritmo do desenvolvimento e a proliferação de dispositivos móveis potencializaram a lei de Moore, com um crescimento de CAGR de 24,9% projetado para 2011-2017 ([ovum.com](http://ovum.com), 3 de maio de 2012). Essa tendência está trazendo desenvolvimentos significativos aos processos relacionados ao silício na eletrônica de consumo, além de desenvolver os recursos de processamento de sinais necessários para atender à demanda.

A revolução digital não está levando o processamento de sinais analógicos à extinção. Na verdade, o que está ocorrendo é justamente o oposto. Enquanto o mundo digital continua sua expansão exponencial, as funções analógicas e de sinais mistos crescem em número, desempenho e diversidade. Como sempre, o desafio de fornecer “mais” (funções, largura de banda, faixa dinâmica) por “menos” (consumo de energia, dimensões, custo) levará a tecnologia adiante.

► *David Robertson, Vice-Presidente, Analog Technology, Analog Devices, Inc.*

De uma perspectiva de teste e medição, os instrumentos de bancada tradicionais não têm conseguido acompanhar esse ritmo de maneira eficiente. Com requisitos de desempenho mais rígidos, a instrumentação tem utilizado metodologias de projeto mais discretas. Apesar de oferecer exatidão e estabilidade com esses métodos, os instrumentos de bancada têm alto preço, projeto complexo e, muitas vezes, não conseguem acompanhar as mudan-

ças inerentes aos dispositivos que devem testar ou aproveitar os benefícios da integração.

Os usuários de instrumentos de RF aproveitarão os benefícios das três tendências que colocam a instrumentação de RF na trajetória da lei de Moore: tecnologia CMOS avançada, maior uso de FPGAs e projeto otimizado com produtos modulares padronizados.

## AVANÇOS NA TECNOLOGIA CMOS

No projeto tradicional de equipamentos de RF, a manipulação de sinais é predominantemente implementada no domínio analógico. Isso impõe a necessidade de se desenvolver sistemas analógicos complexos para amplificar, filtrar, misturar e manipular sinais elétricos, lidando com as realidades físicas da não linearidade, ruído, acoplamento, interferência, dissipação de potência e outras mais. Esse trabalho requer um investimento significativo e capacidade técnica por parte do desenvolvedor, o que leva a uma instrumentação de alto preço.

Uma abordagem alternativa é converter os sinais para o domínio digital, com pouco processamento do sinal analógico, o que resulta em um projeto de menor custo e maior flexibilidade. Isso requer melhores conversores de dados com maior capacidade de largura de banda, maior linearidade e menor ruído.

A revista Analog Devices declara, em 2011 Trends in Data Conversion: “O mercado de comunicações sem fio continuará sendo outro fator importante para o avanço do desempenho do conversor de dados, eficiência de energia e integração calculada (...) e é claro que o futuro dos conversores de alta velocidade nesse mercado será definido pelo menor consumo de energia, em conjunto



em conjunto com maiores taxas de amostragem e mais largura de banda utilizável em frequências intermediárias mais altas”.

Instrumentos de RF modernos incorporam os mais recentes conversores de dados para infraestruturas de comunicação e moduladores e demoduladores sem IF. Essas arquiteturas apresentam diversas vantagens sobre as arquiteturas tradicionais, incluindo menor custo, menor consumo de energia e alta seletividade. Essas características são úteis no teste dos padrões de conectividade de sistemas celulares e sem fio mais recentes, como 802.11ac e LTE.

### MAIOR USO DO FPGA NA INSTRUMENTAÇÃO

FPGAs são usados na manipulação e processamento de dados, além do processamento de sinais digitais (DSP). DSP é um caso à parte, pois os sinais analógicos são convertidos do domínio analógico para o domínio digital por conversores de dados, para depois serem manipulados no domínio digital.

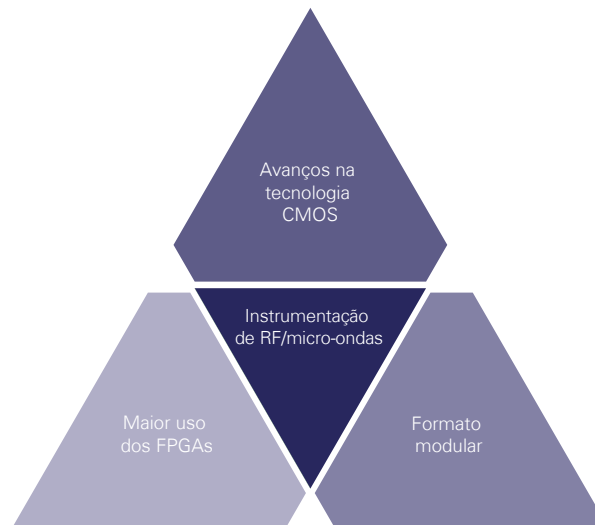
Ter processadores de sinais digitais baseados em FPGAs programáveis poderosos apresenta diversas vantagens. Em primeiro lugar, os FPGAs são paralelos por natureza e, dessa forma, podem executar diversos cálculos matemáticos complexos simultaneamente, sem envolver um processador host. O processador de sinais digitais pode converter registros extensos de dados em blocos de informação que podem ser posteriormente manipulados ou armazenados na rede. Outra vantagem do DSP executado em equipamentos de teste baseados em FPGA é que eles são reprogramáveis, o que significa que um dispositivo de hardware pode ser usado em diversas aplicações de teste, seja com base em normas de teste atuais ou em futuras. Um instrumento definido por software também oferece a possibilidade de desenvolvimento de uma aplicação customizada ou atualização do dispositivo conforme as aplicações de teste mais recentes. Esse passa a ser, dessa forma, um teste definido por software que se beneficia dos rápidos avanços do desenvolvimento de FPGAs, que estão ultrapassando o desempenho dos processadores.

O *EE Journal* afirma que os FPGAs bateram os processadores de sinais digitais, processadores convencionais e até mesmo processadores gráficos — tanto em termos de throughput bruto de processamento em um único dispositivo quanto, particularmente, no consumo de energia. (“Supercomputing Today, Tomorrow, Whenever” 15 de novembro de 2011, eejournal.com).

O poder dos FPGAs trouxe reduções de custo e menores dimensões dos equipamentos de teste de RF, com o desempenho exigido para as necessidades do teste de RF em alto volume. Outro benefício do uso de FPGAs é a redução expressiva do tempo de teste. Sincronizando a temporização do controle digital do FPGA on-board do transceptor vetorial de sinais da National Instruments com o painel frontal de RF do instrumento, a Qualcomm Atheros reduziu seus tempos de teste em mais de 20X com relação às soluções PXI usadas anteriormente e em até 200 vezes com relação à solução original, baseada em instrumentos tradicionais.

### FORMATO MODULAR — PXI

O desenvolvimento de sistemas de teste automatizado



► Desenvolvimentos significativos no processo de CMOS e FPGA, assim como avanços nos formatos modulares, terão um efeito revolucionário no custo, área ocupada e produtividade de teste das próximas gerações de soluções de teste de RF.

para verificar o desempenho e a qualidade dos mais recentes dispositivos eletrônicos requer uma combinação de instrumentação, barramentos, processamento e armazenamento de dados em um formato compacto e confiável. A National Instruments lançou o PXI em 1997 para atender esses requisitos e evoluir conforme a lei de Moore. Por exemplo, os primeiros sistemas PXI vendidos em 1998 ofereciam um processador MMX de 233 MHz com RAM de 128 MB. Os sistemas PXI atuais possuem um processador Intel Core i7-3610QE de 2,3 GHz com quatro núcleos e RAM de 16 GB. Isso representa uma melhoria de 134X no desempenho de processamento (gigaflops) em um mesmo formato.

A expansão mencionada anteriormente do mercado móvel implica na rápida adoção dos novos padrões sem fio, como o IEEE 802.11ac e o LTE. Para atender os requisitos do teste, cada vez mais exigentes e diversificados, os fornecedores de equipamentos têm preferido criar soluções de teste de RF no formato PXI. Entre os novos produtos PXI lançados recentemente estão analisadores vetoriais de rede, analisadores vetoriais de sinais e geradores vetoriais de fornecedores como Aeroflex, Agilent e National Instruments. Como o formato PXI tem restrições de potência (~30 W em cada slot) e dimensões (formatos Eurocard), ele é forçado a adotar as tecnologias mais recentes em conversores de dados e FPGAs para continuar competitivo. Dessa maneira, o PXI representa um veículo comercial viável para garantir esses benefícios para os engenheiros de RF.

### A LEI DE MOORE ALÉM DE 2013

A Intel espera que os avanços no desempenho computacional, em conformidade com a lei de Moore, continuem além dos próximos 10 anos. Essa tendência está alimentando não apenas desenvolvimentos significativos no processo de CMOS e FPGA para a eletrônica de consumo, mas também avanços nos equipamentos de teste de RF de próxima geração. Provavelmente veremos outros usos para essa tecnologia, impulsionada pelo crescente mercado de dispositivos de eletrônica de consumo, que pode ter um efeito avassalador no custo, área ocupada e produtividade de teste da próxima geração de soluções de teste de RF. 🐦

