

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/359269675>

Sistemas Automáticos de Medição

Poster · August 2001

DOI: 10.13140/RG.2.2.30963.40489

CITATIONS

0

1 author:



Gustavo Ribeiro Alves

Polytechnic Institute of Porto

296 PUBLICATIONS 2,267 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



VISIR+ [View project](#)



Concurrent Test Methods for Reconfigurable Hardware Systems (based on partial and dynamically reconfigurable FPGAs) [View project](#)

Texto completo da lição, para satisfação do ponto 6 do Edital 611/2000, referente ao concurso para uma vaga de professor-coordenador de Ciências Básicas de Electrotecnicia

SAMI



Sistemas Automáticos de Medição

Gustavo Ribeiro da Costa Alves
Agosto de 2001

Nota prévia

A presente lição insere-se na parte final do programa da disciplina de Instrumentação e Medidas, dos cursos de Engenharia Mecânica (3º ano), Engenharia Mecânica de Transportes (4º ano), e Engenharia de Manutenção Industrial (2º ano), e ainda da disciplina de Instrumentação e Medidas II, do curso de Engenharia de Instrumentação e Qualidade Industrial, do Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). O autor foi já regente de todas estas disciplinas (1999/2000 e 2000/2001) integradas no Grupo de Ciências Básicas de Electrotecnia, ao qual se destina a vaga de professor-coordenador referente ao concurso publicado no Edital 611/2000.

Índice

1. INTRODUÇÃO.....	2
1.1 ÂMBITO E ENQUADRAMENTO	2
1.2 ESTRUTURA DA LIÇÃO	2
2. PANORÂMICA GERAL DOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE MEDIÇÃO	3
2.1 FONTES DE INFORMAÇÃO	5
2.2 INSTRUMENTAÇÃO CONTROLADA POR COMPUTADOR	14
2.3 INSTRUMENTAÇÃO BASEADA EM COMPUTADOR.....	16
2.4 SISTEMAS DE INSTRUMENTAÇÃO	18
3. EXEMPLOS DE UTILIZAÇÃO.....	19
3.1 SCOPeMETER™ (LIGAÇÃO RS-232C).....	19
3.2 SISTEMA PXI A FUNCIONAR COMO LABORATÓRIO REMOTO ACESSÍVEL ATRAVÉS DA INTERNET ..	22
4. CONCLUSÃO E DIRECÇÕES FUTURAS	26
5. REFERÊNCIAS.....	26
5.1 REFERÊNCIAS CITADAS NO TEXTO	26
5.2 LIVROS	29

1. Introdução

1.1 Âmbito e enquadramento

Os sistemas automáticos de medição e teste inserem-se num contexto mais vasto designado por “equipamentos de medição e teste”, que representa actualmente (dados referentes a 2001) um mercado global com um volume de negócios na ordem dos 14 mil milhões de dólares (cerca de 3,2 biliões de escudos). Este mercado encontra-se repartido por vários segmentos que incluem: contadores digitais, geradores e analisadores de sinal, equipamentos de teste para microondas, e equipamentos de medição e teste digitais em geral (i.e. não enquadrados nos segmentos anteriores) [F&S01]. Os clientes do mercado dos equipamentos de medição e teste provêm de quase todos os ramos económicos ligados à produção e à manutenção, nomeadamente: indústria automóvel, indústria militar e aeroespacial, indústria petroquímica, e indústria das telecomunicações, entre outras. O ramo da indústria das telecomunicações assume porém um papel proeminente, sendo responsável pela absorção de cerca de 45% do total de vendas, com uma taxa de crescimento anual estimada em 20%, e com uma distribuição geográfica centralizada na Ásia / Pacífico (40%), com dois grupos importantes nos Estados Unidos da América (EUA) e na Europa, (28% e 25%, respectivamente), e o restante na América Latina (7%). Em [F&S01] refere-se porém uma lenta, mas gradual tendência de crescimento dos mercados da Ásia / Pacífico e América Latina, de acordo com a tabela 1-1.

	1998	2002
EUA	28%	26%
Europa	25%	24%
Ásia / Pacífico	40%	42%
América Latina	7%	8%
Total	100%	100%

Tabela 1-1: Distribuição geográfica do mercado de equipamentos de medição e teste para o sector das telecomunicações.

A relevância da indústria das telecomunicações faz-se sentir igualmente no sentido contrário, ou seja existe a tendência, expressa no relatório citado, para que os próprios equipamentos de medição e teste incorporem, cada vez mais, interfaces de ligação a redes de computadores, o que faz aumentar ainda mais a importância relativa daquela indústria. A ligação de um instrumento de medição e teste a um computador constitui a premissa base de um sistema automático de medição e teste, conforme se irá explicar.

1.2 Estrutura da lição

Nesta lição apresenta-se uma definição e panorâmica gerais dos sistemas automáticos de medição e teste. Estruturalmente, a lição divide-se em dois capítulos principais (para além da conclusão e desta introdução), o primeiro dedicado a uma introdução mais teórica e o segundo a exemplos práticos de utilização. Um capítulo final de referências encerra o texto da lição, contido neste documento.

2. Panorâmica geral dos Sistemas Automáticos de Medição

Os sistemas automáticos de medição e teste incluem, em qualquer tipo de configuração em que se apresentam, três elementos principais (para além do sistema sob medição ou teste): um computador, um ou mais instrumentos de medição / teste e um canal de comunicação entre ambos. Antes de abordarmos cada um destes elementos convém definir o que se entende por *medição* e *teste*. *Medição* corresponde à determinação do valor de uma qualquer grandeza física eléctrica ou não eléctrica. Este processo é por inerência não intrusivo, uma vez que o sistema se encontra no seu funcionamento normal. Em contraposição, o objectivo principal do processo de *teste* consiste em aplicar ao sistema um estímulo pré-definido e posteriormente comparar o valor medido com um valor esperado. Nesta situação, diz-se que o processo de teste é intrusivo, uma vez que o sistema não se encontra (geralmente) em funcionamento normal. A figura 2-1 ilustra um esquema conceptual básico que evidencia as duas situações. Refira-se neste ponto que iremos concentrar a nossa abordagem nos sistemas automáticos de medição, relegando para segundo plano os que incluem a componente de teste, em face do tempo disponível.

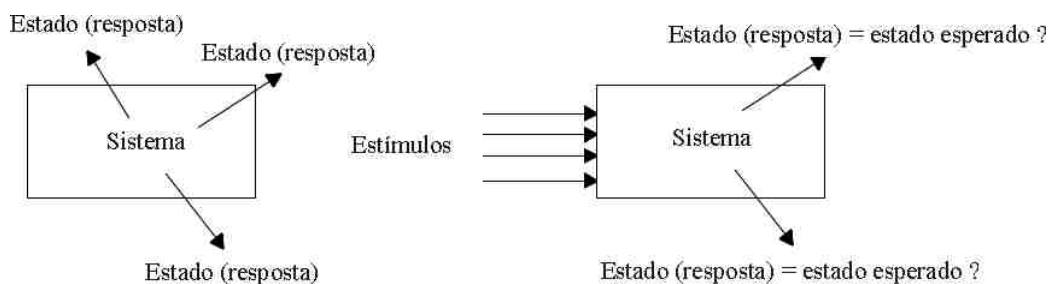


Figura 2-1: Distinção entre processos de medição (não intrusivo) e teste (intrusivo).

A figura 2-2 apresenta uma panorâmica geral dos Sistemas Automáticos de Medição (SAM), onde se distinguem claramente três áreas principais: instrumentação controlada / acedida por computador, instrumentação baseada em computador e sistemas de instrumentação. Estas áreas não são totalmente estanques, ou seja os seus contornos não se encontram totalmente definidos, existindo vários autores que utilizam uma classificação diferente (i.e. existem autores que englobam as duas últimas áreas numa única designada de instrumentação virtual, sendo a distinção feita pela utilização dos termos simples, para a primeira, e complexa para a segunda). Uma forma de abordar o problema consiste em considerar o instrumento de medição e o computador como duas variáveis e atribuir-lhes um valor lógico em função da sua utilização independente, i.e. se a variável x corresponder ao computador então x toma o valor lógico um ('1') quando este pode ser utilizado individualmente. No caso em que o computador não pode ser utilizado individualmente, por exemplo por se encontrar incorporado num sistema de nível hierárquico superior, então toma o valor lógico zero ('0'). Aplicando este mesmo raciocínio em relação ao instrumento de medição (variável y) obtém-se a tabela 2-1.

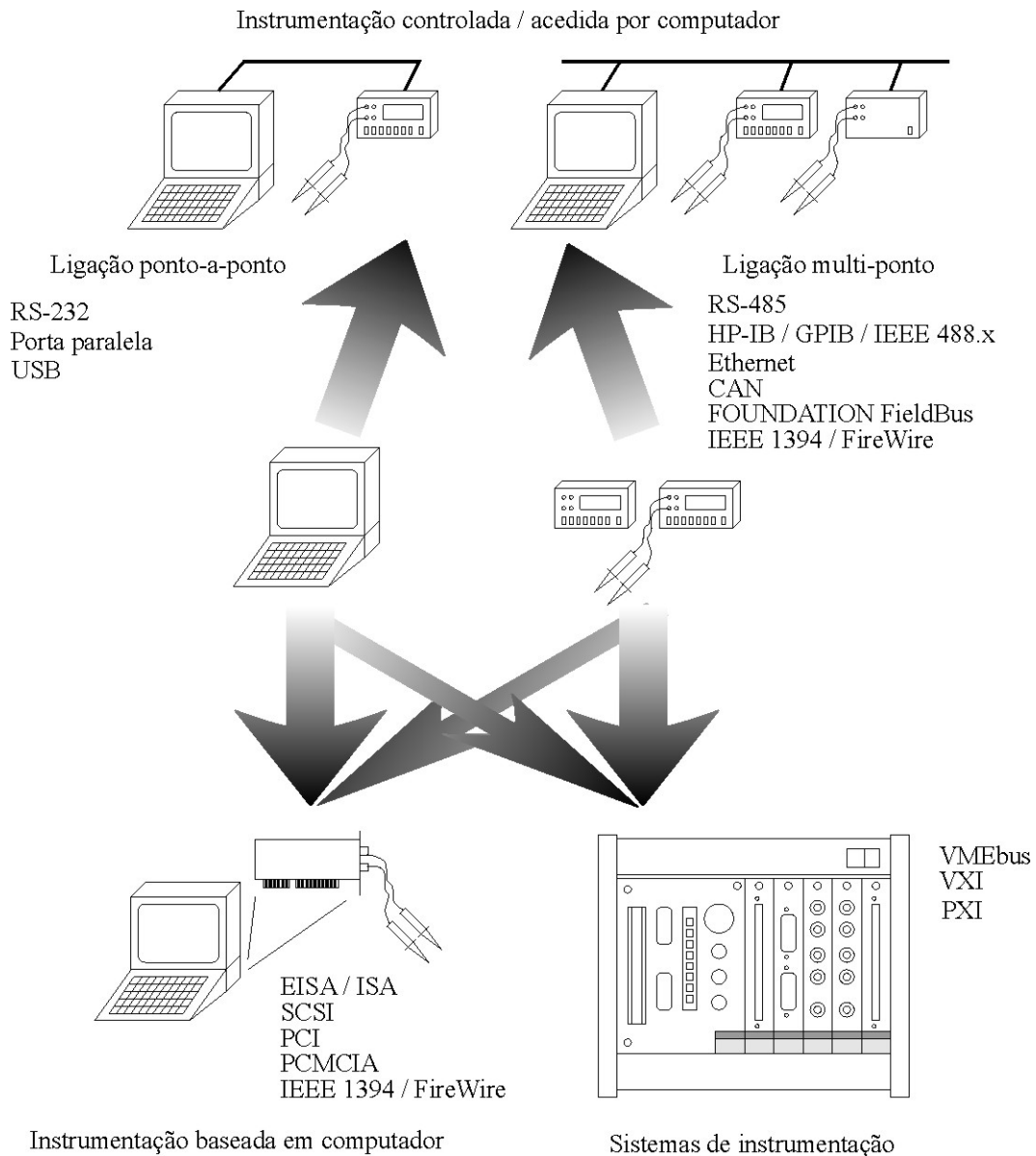


Figura 2-2: Panorâmica geral dos Sistemas Automáticos de Medição (SAM).

x	y	Designação
1	1	Instrumentação controlada / acedida por computador
1	0	Instrumentação baseada em computador
0	0	Sistema de instrumentação
0	1	Instrumentação digital ou “inteligente”

Tabela 2-1: Combinações possíveis de interligação entre um computador e um instrumento de medição.

Esta tabela possui quatro áreas, pelo que se coloca a questão em relação à quarta área por nós não considerada, ou seja a instrumentação digital ou “inteligente”. Na realidade esta área refere-se à existência de um microprocessador (ou mesmo um computador) no interior do instrumento de medição. Ora diversos autores consideram que esta situação não

corresponde a uma interligação, uma vez que o instrumento de medição se apresenta como um bloco único, sendo difícil de distinguir a parte referente ao “computador”. Para evitar esta e outras polémicas, optamos pela exposição clara dos conceitos e características associadas a cada uma das áreas por nós definidas, de forma a que o aluno disponha da capacidade de distinguir o tipo e extensão das diferenças existentes. Este capítulo apresenta, assim, uma perspectiva geral dos SAM, que inclui algumas fontes de informação e uma descrição de cada uma das áreas definidas.

2.1 Fontes de informação

Esta secção apresenta um conjunto de fontes de informação disponíveis sobre a área dos SAM, em que se incluem associações e organismos de regulamentação / normalização, normas / tipos de interface mais importantes, alguns dos fabricantes mais representativos do sector, e ainda algumas publicações de carácter comercial / técnico relevante.

2.1.1 Associações e organismos de regulamentação / normalização

Nesta subsecção referem-se as associações e organismos responsáveis pela certificação / desenvolvimento das normas / interfaces que serão apresentadas na subsecção seguinte.

ISO	A Organização Internacional para a Normalização (<i>International Organization for Standardization</i> , ISO ¹), foi estabelecida em 1947 com a missão de promover o desenvolvimento da normalização, e das várias actividades associadas, para facilitar a troca internacional de bens e serviços e para assegurar em simultâneo a cooperação nas áreas intelectuais, científicas, tecnológicas e económicas [ISO99]. Actualmente sediada em Geneve, Suíça, conta com mais de 140 países membros e 13000 normas aprovadas. Refira-se que os trabalhos relativos à electrotecnia e à electrónica são desenvolvidos não pela ISO mas pela IEC.
IEC	A Comissão Electrotécnica Internacional (<i>International Electrotechnical Commission</i> , IEC) foi fundada em 1906, em Londres, em resultado de uma resolução emitida no Congresso Internacional de Electrotecnia, realizado St. Louis, EUA, em 1904 [IEC99]. Com um estatuto de organização mundial, é responsável pela promoção da cooperação entre os seus vários membros de diferentes países e pela publicação de normas relacionadas com a electricidade, electrónica e outras tecnologias afins. Com sede em Geneve, Suíça, possui membros de 60 países.
CEN	O Comité Europeu de Normalização (<i>Comité Européen de Normalisation</i> , CEN) foi fundado em 1961 [CEN99a], tendo-se instalado provisoriamente em Paris, sob a égide de um dos seus membros fundadores, a AFNOR (a organização nacional francesa para a normalização). Em 1975 mudou-se para Bruxelas, adquirindo o estatuto de uma organização de fins não lucrativos, independente, internacional, de carácter científico e tecnológico. Actualmente, integra quatro tipos de membros: Nacionais, Associados, Afiliados e Organizações correspondentes. Os membros nacionais são constituídos pelos países da União Europeia (UE), da EFTA e a República Checa. A missão do CEN consiste em promover a harmonização voluntária da tecnologia na Europa, em conjunto com outros organismos mundiais, como a ISO, e com todos os seus países membros. As estatísticas do CEN apontam para mais de 5500 Normas Europeias já aprovadas e mais de 8000 em desenvolvimento através de 270 comités técnicos activos.

¹ A sigla ISO não corresponde ao acrónimo da expressão original (IOS). De facto, ISO corresponde a uma palavra derivada da palavra grega ‘isos’, que significa igual e que constitui a raiz do prefixo ‘iso’.

CENELEC	O Comité Europeu de Normalização Electrotécnica (<i>Comité Européen de Normalisation Electrotechnique</i> , CENELEC) [CEN99b] foi fundado em 1973, com estatutos de organização independente de fins não lucrativos. De acordo com a directiva 83/189 da Comissão Europeia, o CENELEC é considerada como a organização responsável pela normalização na área da Electrotecnia e Electrónica, actuando em estreita colaboração com o CEN. A cooperação entre o CENELEC e o IEC é regulada pelo ‘Acordo de Dresden’, firmado em Setembro de 1986.
ANSI	O Instituto Nacional Americano de Normalização (<i>American National Standards Institute</i> , ANSI) é considerado uma das maiores federações internacionais de criação e promoção de normas [ANSI99]. Com sede em Nova Iorque, EUA, foi fundada em 1918 por cinco sociedades de engenharia e três agências governamentais americanas, mantendo ao longo da sua existência um estatuto de organização privada sem fins lucrativos. Actualmente conta com mais de 1400 membros, entre companhias comerciais, organizações independentes e agências governamentais. Refira-se que o ANSI não desenvolve, per si, qualquer tipo de norma, actuando antes e apenas como um organismo responsável pela criação e manutenção de consensos entre os diferentes grupos intervenientes no processo de desenvolvimento de normas. Qualquer membro de um destes grupos de desenvolvimento deverá porém estar acreditado junto do ANSI, existindo actualmente 175 instituições acreditadas. Os números referentes a 1995 apontam para um total aproximado de 11500 normas aprovadas pelo ANSI.
IEEE	O Instituto dos Engenheiros Electrotécnicos e Electrónicos (<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i> , IEEE) foi fundado em Janeiro de 1963, em resultado da fusão de duas organizações independentes: o AIEE (<i>American Institute of Electrical Engineers</i>), fundado em 1884, e o IRE (<i>Institute of Radio Engineers</i>) [IEEE99a]. Esta instituição tem um estatuto privado, não lucrativo, e conta actualmente com mais de 330 mil membros, distribuídos por 150 países, sendo considerada a sociedade profissional de maior dimensão mundial. O IEEE produz cerca de 30% da literatura mundial publicada na área da engenharia electrotécnica, computação e controlo; patrocina cerca de 300 conferências internacionais; tem mais de 800 normas em utilização e outras 700 em fase de desenvolvimento. O IEEE encontra-se estruturado em 36 sociedades, cada uma dedicada a uma sub-área específica da electrotecnia / electrónica. Conta ainda com 300 secções locais, espalhadas por todo o mundo, e cerca de 1000 associações de estudantes universitários, agrupadas em 10 regiões. Esta organização possui uma secção independente dedicada à normalização: o IEEE-SA (<i>Standards Association</i>) [IEEE99b].
ISA	A Sociedade para a Automação, Sistemas, e Instrumentação (<i>The Instrumentation, Systems, and Automation Society</i> , ISA) é uma organização dedicada a engenheiros e técnicos ligados à área da medição e controlo [ISA99]. É responsável pelo desenvolvimento de normas para instrumentação, medição, automação e controlo, sendo a maior organização mundial nestas áreas específicas. Possui mais de 180 secções locais, espalhadas a nível mundial, e representa cerca de 110 países. Os membros desta organização encontram-se envolvidos em actividades como: petroquímica, aeroespacial, biotecnologia, farmacêuticas, têxteis, electrónica, produção de energia, indústria alimentar, indústria automóvel, entre outros. O seu estatuto corresponde a uma associação profissional, não lucrativa, com mais de 47 mil membros.
EIA	A Aliança das Indústrias Electrónicas (<i>The Electronic Industries Alliance</i> , EIA), representa a maioria das companhias americanas na área da electrónica. As suas origens remontam à Associação de Fabricantes de Rádios (<i>Radio Manufacturers Association</i> , RMA), fundada em 1924 [EIA99]. Mais de 1100 normas técnicas foram já criadas por esta associação, o que demonstra a vitalidade da indústria norte-americana nesta área. A EIA encontra-se estruturada em seis grupos / sectores de indústria, nas quais se inclui a Associação para a Indústria das Telecomunicações (<i>Telecommunications Industry Association</i> , TIA), responsável pelo desenvolvimento de algumas das normas referidas na próxima subsecção [TIA99].

2.1.2 Normas e interfaces

Nesta subsecção apresenta-se um conjunto de interfaces de ligação entre um computador e instrumentos de medição (ou cartas de aquisição de dados). Apesar deste conjunto representar uma amostra significativa da totalidade de interfaces existentes, é difícil definir com exactidão qual a extensão precisa da sua cobertura em virtude de existirem alguns interfaces proprietários de utilização mais ou menos local, outros em desuso, ou outros ainda que se encontram actualmente em fase de especificação, e que por isso estarão

apenas disponíveis no mercado num futuro próximo. Independentemente deste assunto, apresentam-se em seguida várias normas, sem uma ordem pré-estabelecida, incluindo-se para cada uma delas pelo menos uma referência em formato electrónico que contenha informação para um estudo mais aprofundado ou para uma pesquisa mais extensa. Existem ainda outras referências que tratam este assunto de uma forma global, ou seja abordam vários interfaces, possibilitando assim uma análise comparada mais compreensiva e disponibilizando um conjunto alargado de apontadores para outros portais relacionados com o mesmo assunto [Com99, Wha99, Sty99].

RS-232C	<p>Este tipo de interface série corresponde à norma TIA/EIA-232 e existe em praticamente todos os PC construídos nas duas últimas décadas. O prefixo RS corresponde a uma designação antiga de <i>Norma Recomendada (Recommended Standard)</i>, considerada em desuso por alguns autores. A utilização do RS-232 para efeitos de ligação ponto-a-ponto entre um instrumento e um computador é bastante comum, bastando para tal um simples cabo e um simples programa. A sintaxe utilizada para troca de comandos / dados não obedece a uma norma específica, encontrando-se diversos tipos que variam geralmente de construtor para construtor [Jan99a]. Em termos de especificação, a norma define um canal de comunicação série, assíncrono, de baixo custo e fiável, em que os bits são enviados sequencialmente através de um condutor eléctrico. Embora a velocidade de transferência máxima esteja limitada, na norma original, a vinte kb/s (<i>kilo bits per second</i>, ou kilo bits por segundo), é possível ultrapassar este número conforme se pode constatar por inúmeros exemplos reais actualmente existentes. O comprimento máximo do cabo ronda os 15-30 metros. Para ultrapassar as limitações originais, encontra-se em preparação a especificação RS-232D. Uma descrição mais completa das especificações contidas na norma RS-232C pode ser encontrada em [Lam99] que inclui as seguintes secções: uma breve introdução, cadeias de bits (bit de início de palavra, bits de dados, bit de paridade, bits de fim de palavra), propriedades físicas (tensões e comprimentos máximos de cabo), detecção de erros (paridade par e ímpar, desvantagens do sistema de paridade) e a apresentação dos caracteres ASCII. É possível ainda encontrar em [Lam99] diversos programas e bibliotecas do domínio público destinados ao suporte de comunicações via RS-232.</p>
Porta paralela	<p>Este tipo de interface é normalmente utilizado para ligar uma impressora a um PC. Embora seja comum encontrar outros tipo de periféricos ligados ao computador através deste meio, são poucas as situações em que é utilizado para ligar um instrumento de medição. Em termos de especificação, define um canal de comunicação paralelo, síncrono, com oito linhas de dados (D7 a D0) e nove linhas de estado (<i>Acknowledge, Autofeed, Busy, Error, Paper Out, Reset, Select (x 2), e Strobe</i>). A especificação original da Porta Paralela, normalmente denominada de <i>Standard Parallel Port (SPP)</i>, foi lançada em conjunto com a especificação da arquitectura do primeiro computador pessoal da IBM (referido como IBM PC), tendo sofrido vários melhoramentos ao longo dos últimos anos através do lançamento de novas especificações (tipo PS/2, EPP, ECP e portas multi-modo) referidas em [Jan99b]. A velocidade máxima da SPP atinge o 1 Mb/s para distâncias compreendidas entre 3 e 10 metros.</p>
USB	<p>O Barramento Série Universal (<i>Universal Serial Bus, USB</i>) constitui um interface do tipo “<i>plug-and-play</i>” entre um PC e diversos tipos de periféricos. O USB foi desenvolvido em conjunto pela Compaq, IBM, Intel, Microsoft, NEC, e várias outras empresas que disponibilizam esta tecnologia (sem encargos) para todos os fabricantes de computadores e periféricos. Em termos de especificação, define uma canal de comunicação série, assíncrono, com uma velocidade máxima de transferência de dados de 12 Mb/s, para distâncias até 4-5 metros e suportando até um máximo de 127 dispositivos. Desde Outubro de 1996 que o sistema operativo Windows™ vem equipado de origem com os <i>drivers</i> necessários para suportar este barramento. O USB encontra-se integrado no Windows98™, estando presente na quase totalidade dos computadores mais recentes do mercado. Com este tipo de barramento é possível acoplar um novo dispositivo ao PC, sem qualquer tipo de carta de interligação. Em termos de ligação a instrumentos de medição é possível que, seguindo uma conjectura alargada aos vários tipos de periféricos, o USB venha a substituir o interface RS-232, dadas as vantagens associadas. Mais informação disponível em [Jan99c, USB99].</p>
HP-IB / GPIB / IEEE 488.x	<p>Em 1965 a Hewlett-Packard (HP) desenvolveu um barramento de interface proprietário designado de HP-IB (<i>Instrumentation Bus</i>), com o intuito de interligar a sua linha de instrumentos programáveis à sua linha de computadores. Devido à elevada taxa de transferências de dados deste barramento, cerca de 1 MB/s (MBytes por segundo), rapidamente foi aceite pela generalidade do mercado. Posteriormente foi reconhecido como norma do IEEE em 1975, adoptando a designação de norma IEEE 488, e em 1987 foi aceite pelo ANSI, adoptando em consonância a designação de norma ANSI/IEEE 488.1. O nome de Barramento de Instrumentação de Utilização Geral (<i>General Purpose Instrumentation Bus, GPIB</i>) é ainda universalmente aceite, sendo utilizado com mais frequência do que as anteriores designações. Em 1987 foi igualmente criada a norma ANSI/IEEE 488.2, acrescentando à norma IEEE 488.1 uma definição precisa do processo de comunicação entre controladores e instrumentos. A linguagem de Comandos Normalizados para Instrumentos Programáveis (<i>Standards Commands for Programmable Instruments, SCPI</i>) foi posteriormente definida com base na estrutura de comandos especificada no IEEE 488.2, criando-se assim um conjunto único e compreensivo de comandos de programação, utilizável em qualquer instrumento compatível. Dado que o GPIB constitui um dos meios mais utilizados de ligação de instrumentos de medição a computadores, sugerem-se as seguintes referências com informação mais pormenorizada [Tra99, Nat99a].</p>

RS-485	Este tipo de interface estende as capacidades do RS-232 para comunicações multi-ponto, ou seja um máximo de 32 emissores podem ser ligados até um máximo de 32 receptores [RES99, ARC99, Jan99a]. A ligação entres os vários dispositivos pode ser efectuada através de duas ou quatro linhas, numa configuração em que todos os dispositivos ficam <i>pendurados</i> nos mesmos fios (<i>multi-drop</i>), com comunicação bidireccional em <i>half-duplex</i> (i.e. não pode existir comunicação nos dois sentidos ao mesmo tempo). Em termos de características eléctricas, é superior ao RS-232 permitindo comunicações a uma velocidade máxima de 10 Mb/s com distâncias até 100-120 metros (sem repetidores). Uma ligação do tipo RS-232 pode ser convertida numa ligação tipo RS-485, através da aplicação de um simples conversor de interface, permitindo assim a um PC comunicar com vários instrumentos de medição que suportem possibilidade de endereçamento.
Ethernet	A Ethernet constitui actualmente o interface de ligação física mais utilizado em redes locais de computadores. Utiliza um protocolo de comunicação denominado Detecção de Colisão, Múltiplos Acessos, Detector de Portadora (<i>Carrier Sense, Multiple Access, Collision Detect – CSMA CD</i>). A parte de múltiplos acessos significa que as várias estações se encontram ligadas a um único fio de interligação comum. A parte de detecção de portadora significa que antes de iniciar qualquer transmissão de dados, a estação deve verificar o estado do fio de interligação para garantir que nenhuma outra estação se encontra já a transmitir. No caso de aparentemente não existir qualquer tipo de comunicação em progresso na rede, a estação poderá iniciar a sua transmissão. A necessidade de detecção de colisão advém dos seguintes factos: uma estação envia dados a uma taxa de 10 Mbits/s, o que equivale a cerca de 100 ns por bit. Dado que a velocidade da luz corresponde a cerca de 30 cm/ns, após o primeiro bit enviado ter percorrido através do fio a distância de 30 metros (100*30 cm), a estação começa a enviar o segundo bit. Contudo, um cabo de ligação via-Ethernet pode atingir um comprimento de várias dezenas, ou mesmo algumas centenas de metros. Se duas estações estiverem ligadas através de um mesmo cabo, afastadas cerca de 75 metros, e começarem a transmitir ao mesmo tempo, só a meio do envio do terceiro bit é que qualquer uma delas terá recebido o primeiro bit transmitido pela outra estação. Esta colisão tardia obriga as duas estações a suspenderem momentaneamente o envio de bits, retomando no entanto a transmissão após um período de espera aleatório. A Ethernet corresponde actualmente à norma IEEE 802.3, tendo sido originalmente desenvolvida pela Xerox, e posteriormente melhorada por esta companhia em conjunto com a Intel e a DEC. As versões Fast Ethernet (ou 100BASE-T) e Gigabit Ethernet (ou 1000BASE-X) suportam velocidades de transmissões superiores à originalmente definida, respectivamente de 100 Mb/s e 1Gb/s [Spu99].
PCMCIA	O acrónimo PCMCIA (<i>Personal Computer Memory Card International Association</i>) designa em simultâneo uma norma para cartas de expansão para computadores e uma organização internacional com mais de 300 companhias responsáveis pela sua definição, manutenção e divulgação. Esta associação foi fundada em 1989, com o objectivo de estabelecer uma norma para cartas de expansão de memória (referida como Tipo I, com uma espessura de 3.3 milímetros). Posteriormente, em 1991, a norma foi actualizada para passar a definir igualmente um interface de Entrada/Saída (para utilização de <i>modems</i> , <i>faxes</i> , ou cartas de ligação à rede), com base no mesmo conector de 68 pinos. Nesta altura aparecem as cartas de Tipo II (espessura de 5 mm) e Tipo III (espessura de 10.5 mm). Mais informações acerca desta norma / associação em [PCM99, Rus95].
FireWire	O barramento designado por FireWire corresponde à norma IEEE 1394, publicada em 1995. Na realidade, corresponde a dois tipos de barramento: um barramento série de alta velocidade e um barramento paralelo (do tipo <i>backplane</i>) para interligação de cartas em sistema. O barramento série compreende as seguintes características: Capacidade do tipo “ <i>plug-and-play</i> ”; Os dispositivos podem ser ligados/desligados do barramento em actividade sem necessidade de intervenção do utilizador, em termos de configuração; Baixo custo; Alto desempenho em termos de velocidade de transmissão, que pode atingir os 100, 200, ou 400 Mb/s (esta última velocidade é especialmente apropriada para interligações de aparelhos de vídeo, com a recomendação de a distância entre cada nó não exceder 4,5 metros, com um máximo de 16 dispositivos interligados e uma distância máxima de 72 metros entre os dois extremos mais afastados); Especificação aberta, não proprietária. A especificação para barramento de interligação de cartas em sistema estende as especificações existentes para o barramento série, embora se encontre num estado de desenvolvimento ligeiramente atrasado em relação a este último. Em termos de velocidade pode operar a 12.5, 25 ou 50 Mb/s. Vários fabricantes e utilizadores de computadores e periféricos anunciaram já a intenção de adoptar, ou suportar efectivamente, este barramento [IBM99, TI99, Mar96, Hof95]. A terminar, refira-se a existência de um local na <i>Web</i> dedicado à disponibilização de informação acerca do IEEE 1394 [Ski99].

FieldBus	<p>O termo <i>Fieldbus</i> é entendido de formas diferentes no interior da comunidade de utilizadores de redes de comunicação. De uma maneira geral designa qualquer tipo de sistema de comunicação série, bidireccional, totalmente baseado em tecnologia digital, que interligue equipamentos de controlo e medição [Rea99, Mat99]. Nesta definição enquadram-se diversos barramentos, dos quais se referem os seguintes: Actuator/Sensor – interface (AS-i); ARCNet; BitBus (IEEE-1118); CAN; Consumer Electronic Bus (CEBUS); DIN-Messbus; European Installation Bus (EIB); FOUNDATION FieldBus; I²C-Bus; LONWorks; PROcess Field BUS (PROFIBUS, ou DIN 19-245, EN50170/2). Desta amostra destacam-se o CAN e o FOUNDATION FieldBus. O primeiro porque corresponde a um barramento com uma aceitação alargada, bastante utilizado na indústria automóvel. O segundo porque corresponde a uma especificação aberta, com um nível de aceitação crescente. O FOUNDATION FieldBus foi definido de forma a ser compatível com o projecto de norma SP50 da ISA e com as especificações do IEC. A especificação é baseada no modelo de comunicações por camadas da ISO/OSI, englobando três componentes principais: a Camada Física, a “parte” de comunicação, e a Camada de Utilizador. A fundação responsável pela definição, publicitação e manutenção do FOUNDATION FieldBus integra mais de 100 entidades, desde fabricantes a utilizadores. Esta organização possui um estatuto não lucrativo e independente, e é responsável pela manutenção de um local na <i>Web</i> que contém um vasto conjunto de informação técnica [Fou01]. O protocolo CAN (<i>Controller Area Network</i>) foi desenvolvido pela companhia BOSCH GmbH, entre 1983-1985, com o intuito de reduzir a quantidade de cabos eléctricos existentes no interior dos automóveis. A aceitação do CAN tem crescido a nível mundial, sendo actualmente um dos barramentos mais utilizados com uma selecção de cerca de 50 controladores de 15 fabricantes diferentes, disponíveis no mercado. Os números actuais apontam para cerca de 150 milhões de nós, de acesso a um barramento tipo CAN, instalados até meados de 1999. O CAN constitui um barramento série, em que os vários nós podem assumir a condição de controlador, em que todos recebem as mensagens enviadas através do barramento. A norma ISO 11898 corresponde à implementação deste barramento para comunicações em tempo-real, cobrindo as duas camadas inferiores do modelo ISO/OSI. Em termos de comunicação, o CAN utiliza um protocolo do tipo CSMA/CD. As características gerais deste barramento podem ser resumidas na seguinte lista: Velocidade de transmissão máxima de 1Mbps/s, para distâncias até 40 metros, ou de 20-50 kbits/s para distâncias até um máximo de 1 km; Meio de transmissão físico similar ao especificado na norma RS-485, com utilização de um par entrançado, com malha de blindagem electromagnética; Dificuldade de inserir repetidores; Detecção e tratamento de erros de comunicação efectuada ao nível do circuito integrado que implementa o protocolo; Baixo custo, associado a elevados níveis de utilização e suporte a uma dimensão mundial. Mais informação em [Tre99, Ome99].</p>
SCSI	<p>O termo SCSI (<i>Small Computer System Interface</i>) define um conjunto de interfaces paralelos, normalizados pelo ANSI, para interligação de computadores pessoais a interfaces do tipo CD-ROM, leitores de discos rígidos, etc. Desenvolvido inicialmente pela Apple Computer, é utilizado em quase todos os PC actuais e suportada pela totalidade dos sistemas operativos. Este tipo de interface suporta velocidades de transferência de dados muito superiores aos normalmente associados à porta paralela (tipo SPP, EPP, ou mesmo ECP). Em termos de características gerais, existem algumas diferenças entre as várias especificações pertencentes a esta família de normas, que apresenta diferentes valores para o comprimento máximo do cabo, a velocidade máxima de transferência de dados e o número máximo de dispositivos. Apesar de ser pouco utilizada para interligar instrumentos de medição e teste ao computador, as suas características gerais, principalmente no que se refere à sua elevada velocidade de transferência, tornam-na numa opção a ter em linha de conta em alguns tipos de situações, por exemplo no desenvolvimento de novos instrumentos que incluam nas suas especificações a existência de um porto de ligação a PC. Uma descrição mais detalhada, incluindo a apresentação de uma base de dados com perguntas / respostas relacionadas com esta família de normas poderá ser encontrada em [FAQ99].</p>

ISA / EISA	<p>O barramento tipo ISA (<i>Industry Standard Architecture</i>) foi formalmente aprovado como norma do IEEE em 1987. A sua origem, porém, remonta ao aparecimento dos primeiros PC/XT da IBM, com uma configuração em 8 bits, posteriormente expandida para 16 bits (em 1984) com a introdução do PC/AT. Este tipo de barramento é ainda largamente utilizado, mesmo em alguns computadores recentemente lançados no mercado. A razão apontada por vários analistas para o seu tempo de vida alargado reside principalmente na enorme base de oferta em termos de periféricos compatíveis com o ISA. Acrescente-se que para uma porção significativa dos vários tipos de periféricos existentes, a largura do barramento e a velocidade de transferência de dados (4 MB/s para barramentos de 8 bits e 8 MB/s para barramentos de 16 bits) são suficientes, pelo que não necessitam de barramentos mais poderosos. Em 1993, a Intel e a Microsoft introduziram uma nova especificação da norma ISA, denominada ISA <i>Plug and Play</i>, que permite ao sistema operativo o reconhecimento e a configuração automática de cartas introduzidas no barramento de expansão. O barramento tipo EISA (<i>Extended Industry Standard Association</i>) foi desenvolvido por um grupo de nove fabricantes em resposta à tentativa de domínio de mercado por parte da IBM, com o lançamento de um barramento proprietário, denominado MCA (<i>Micro Channel Architecture</i>), em paralelo com a sua nova linha de computadores pessoais PS/2. A principal diferença entre estes dois barramentos reside na compatibilidade para trás do EISA, ou seja uma carta compatível com o barramento ISA é reconhecida e aceita num barramento do tipo EISA. Esta diferença terá sido a razão principal para o relativo sucesso do EISA e para o relativo fracasso do MCA. Acrescente-se que o EISA e o MCA não são compatíveis entre si. A seguinte lista resume algumas das características principais do EISA: Barramento de dados com 32 bits; As cartas podem assumir a condição de controlo do barramento; Capacidade de reconhecimento e configuração automática através do sistema operativo do PC onde é instalada a carta (<i>Plug and Play</i>). Os últimos desenvolvimentos na área dos barramentos de expansão apontam para a gradual substituição, tanto do ISA como do EISA, pelo barramento denominado PCI. Mais informações em [Sol98, ZDN99, PCG99].</p>
VMEbus	<p>O termo VME advém da expressão ‘<i>VERSAmodule Eurocard</i>’, tendo sido definido originalmente em 1980. O sufixo <i>bus</i> designa simplesmente o percurso ou barramento de dados, formando-se assim o termo VMEbus. Uma descrição mais pormenorizada das origens, percurso e características eléctricas / mecânicas deste barramento pode ser encontrada em [VITA99, Boys96]. A especificação do VMEbus engloba as dimensões físicas das cartas, do barramento de interligação e do armário, bem como as características eléctricas e os vários protocolos de comunicação. Desde a sua introdução, têm sido lançados no mercado alguns milhares de produtos compatíveis, de diversas centenas de fabricantes ligados às três principais áreas associadas: mecânica, eléctrica / electrónica e de <i>software</i>. As aplicações principais destinam-se a sistemas de controlo industrial, sistemas militares, sistemas de telecomunicações e sistemas de instrumentação. Actualmente existe uma associação internacional de fabricantes e utilizadores, denominada VITA (<i>VMEbus International Trade Association</i>), dedicada exclusivamente à divulgação deste barramento. A certificação do VMEbus por organismos como o ANSI, o IEC e o IEEE, é apenas mais um dos factores que contribuem para uma larga aceitação, nomeadamente pelo facto de tornarem pública a sua especificação.</p>
VXI	<p>A extensão do barramento VMEbus para a área exclusiva da instrumentação deu origem ao VXI (<i>VME eXtension for Instrumentation</i>). Este novo barramento foi introduzido em 1987 por um consórcio de fabricantes / utilizadores de equipamentos de medição e teste [VXI99]. O seu desenvolvimento foi motivado pela necessidade de integrar de uma forma eficiente a velocidade / flexibilidade de transmissão do VMEbus com a facilidade de comunicação via GPIB. Em termos de velocidade de transferência de dados é possível atingir os 40 MB/s. Mais informação em [HP99a].</p>

PCI (CompactPCI)	<p>O barramento local de Ligação de Componentes Periféricos (<i>Peripheral Component Interconnect</i>, PCI) para PC corresponde a um barramento com elevadas taxa de transferência, síncrono, com 32 ou 64 bits e linhas de dados e endereços multiplexados. Este barramento foi originalmente desenvolvido pela Intel, tendo-se tornado na norma <i>de facto</i>² para a indústria dos computadores pessoais. Recentemente, alguns sistemas do tipo VME apareceram equipados com a capacidade de aceitarem cartas de expansão compatíveis com o barramento PCI, alargando assim a base de aceitação deste último barramento. A seguinte lista resume algumas das características: Comutação transparente para o utilizador dos modos de funcionamento em 32-bits a 33 ou 66 MHz para 64-bits a 33 ou 66 MHz; Tempo de latência baixo para acessos aleatórios (latência de 60 ns para um acesso de escrita num barramento a 33 MHz ou 30 ns para um barramento a 66 MHz); Operações síncronas até um máximo de 33 ou 66 MHz; Espaço de configuração dedicado para cada componente compatível com o PCI, para permitir a instalação, configuração e arranque sem intervenção do utilizador. O ainda mais recente CompactPCI corresponde a uma norma para computadores especialmente desenvolvidos para aplicações industriais ou utilização na área das telecomunicações. Em termos eléctricos é equivalente ao barramento PCI existente nos PC, possuindo um formato físico ligeiramente diferente. O CompactPCI utiliza os formatos Eurocard 3U e 6U normalmente associados aos barramentos do tipo VME, embora difira em relação a este último no tipo de conectores de interligação. A norma CompactPCI foi desenvolvida pelo Grupo de Fabricantes de Computadores Industriais compatíveis com o PCI, que integra mais de 300 companhias e utilizadores que mantêm e desenvolvem as especificações para sistemas baseados no PCI para aplicações industriais e de telecomunicações [PCI99].</p>
PXI	<p>A extensão do barramento PCI para a área exclusiva da instrumentação deu origem ao PXI (<i>PCI eXtension for Instrumentation</i>). Os utilizadores de sistemas compatíveis PXI beneficiam assim do suporte mecânico, eléctrico e de <i>software</i> característicos da arquitectura PCI. A especificação do PXI define porém níveis de desempenho mais rígidos em condições ambientais adversas originadas pela utilização em ambientes industriais, nomeadamente: vibrações e variações abruptas de temperatura e de humidade relativa. Esta garantia é dada por um conjunto adicional de testes à especificação mecânica do CompactPCI, que engloba testes ambientais, teste de compatibilidade electromagnética e testes de arrefecimento. Em termos eléctricos, o PXI dispõe das mesmas características presentes no PCI, nomeadamente velocidades de transferência de dados de 132 MB/s e a capacidade <i>Plug-and-Play</i>. Em termos de <i>software</i>, os sistemas do tipo PXI são suportados por sistemas operativos como o Windows NT e 95. Mais informações acerca deste barramento, incluindo uma descrição mais detalhada das características mecânicas, eléctricas e de <i>software</i>, poderão ser encontradas no endereço oficial da organização responsável pela sua divulgação [PXI99].</p>

2.1.3 Empresas e fabricantes

Nesta subsecção apresenta-se uma breve nota introdutória sobre alguns dos maiores fabricantes de sistemas automáticos de medição e teste.

Yokogawa (1915)	<p>A Yokogawa Electric Corporation [Yok99a] foi fundada em 1 de Setembro de 1915 no Japão e emprega actualmente mais de 6300 pessoas em todo o mundo (dados referentes a Julho 1998), distribuídas por 62 filiais (incluindo 17 fábricas) em 25 países. Os seus produtos são ainda vendidos através de 286 representações localizadas noutros 50 países. O volume total de vendas em 1997 atingiu a soma de 183.8 mil milhões de ienes (cerca de 360 milhões de contos). Esta empresa evoluiu de um simples fabricante de instrumentos de medição para um consórcio multinacional presente nas seguintes áreas: Medição e teste; Sistemas de controlo distribuído; Transdutores / sensores / actuadores; Equipamentos para análise de processos químicos; Sistemas de electromedicina. Para manter a sua actual posição de mercado, a Yokogawa investe cerca de 9% do seu total de vendas em I&D. Esta empresa possui um museu com uma colecção de 5000 instrumentos de medição, que inclui alguns dos primeiros equipamentos nesta área, em todo o mundo [Yok99b].</p>
------------------------	---

² Uma norma *de facto* designa uma norma originalmente desenvolvida por um fabricante que devido a uma elevada taxa de penetração no mercado, se torna gradualmente aceite por todos os restantes fabricantes, que assim passam a desenvolver produtos compatíveis com essa mesma norma.

Hewlett-Packard (1939)	<p>A Hewlett-Packard (HP) foi fundada em 1 de Janeiro de 1939 por Bill Hewlett e Dave Packard [HP99b]. Do seu primeiro produto, um oscilador-audio fabricado numa garagem situada no número 367 da Addison Avenue, Palo Alto, estado da Califórnia, EUA, a Walt-Disney comprou oito unidades que foram utilizadas na produção do filme Fantasia, protagonizado pelo famoso Rato Mickey. Actualmente, a HP emprega cerca de 120 mil pessoas em todo o mundo, possuindo perto de 600 escritórios ou delegações distribuídas por mais de 120 países. O volume de vendas total no ano de 1999 ascendeu a 42,4 mil milhões de dólares (sensivelmente 9,7 mil milhões de contos). A história deste gigante encontra-se recheada de patentes, invenções e inovações, estando presente em variados sectores com uma oferta de 36 mil produtos que incluem: Computadores, impressoras e calculadoras; Instrumentos e sistemas de análise para processos químicos; Instrumentos de electromedicina; Instrumentos para teste de componentes electrónicos. Em Março de 1999, a HP anunciou a sua divisão em duas companhias. Uma das companhias ficou com a parte dedicada aos computadores e sistemas de impressão (com cerca de 80% do volume total de vendas), mantendo a designação de HP. A outra companhia adoptou a designação de Agilent Technologies, ficando com toda a restante parte dedicada aos instrumentos de medição e teste.</p>
Tektronix (1946)	<p>A Tektronix foi fundada em Janeiro de 1946, estando sediada em Wilsonville, estado de Orégão, EUA [Tek99]. Actualmente emprega cerca de 7500 pessoas em todo o mundo, mantendo delegações em 26 países. Em 1999 teve um volume total de vendas de 1,9 mil milhões de dólares (cerca de 433 milhões de contos), distribuídos de forma mais ou menos equitativa entre os EUA e o resto do mundo. Possuindo cerca de 2300 patentes, a Tektronix é considerada o líder mundial em termos de fabrico e venda de osciloscópios. Esta empresa centra as suas actividades em duas grandes áreas: instrumentos de medição e teste e impressoras a cores. Esta última área foi contudo vendida à Xerox, permitindo assim à Tektronix concentrar-se numa companhia de equipamentos de medição e teste. A gama de produtos da Tektronix nesta última área inclui: osciloscópios, analisadores lógicos, analisadores de espectro, instrumentos baseados em computador, instrumentos de medição portáteis e equipamentos para teste de cabos, sistemas áudio e sistemas de telecomunicação.</p>
Keithley (1946)	<p>Joseph F. Keithley fundou a Keithley Instruments, Inc. em 1946, Cleveland, estado de Ohio, EUA, tendo como primeiro produto um amplificador para sinais eléctricos de baixa amplitude, denominado “Phantom Repeater” [Kei99]. Em 1951 produziu o seu primeiro electrómetro, e em 1959 o seu primeiro amperímetro com capacidade para medir picoamperes (10^{-12} A). Em 1963 a companhia internacionalizou-se com a abertura do seu primeiro escritório de vendas na Suíça. Actualmente emprega mais de 600 pessoas, estando representada em mais de 40 países. Em 1998 atingiu um volume total de vendas de 117.8 milhões de dólares (cerca de 26,8 milhões de contos). Em termos de mercado, a Keithley está presente nos seguintes segmentos: Equipamentos para instalação, teste e manutenção de sistemas de telecomunicações (incluindo sistemas do tipo <i>wireless</i>); Equipamentos de medição de bancada; Equipamentos para teste de componentes electrónicos; Equipamentos de teste e monitorização de fabrico de semicondutores.</p>
Fluke (1948)	<p>A Fluke Corporation, fundada em 1948 na cave da residência de John Fluke em Springdale, produz, distribui e presta apoio na utilização de instrumentos electrónicos de medição e teste [Flu99]. Os primeiros produtos desta companhia consistiram em analisadores de potência, que no ano seguinte foram vendidos à General Electric (a maior empresa americana na área da electricidade). Com a sede localizada em Everett, no estado de Washington, EUA, a Fluke possui fábricas nos EUA e na Holanda, centros de distribuição em mais de 100 países, empregando actualmente em todo mundo, cerca de 2000 pessoas. Em termos de segmentos de mercado, podem-se citar os seguintes: Redes de comunicação; Instalações eléctricas de baixa / média / alta tensão; Calibração. Registe-se ainda a aliança global estabelecida em 1987 entre a Fluke e a divisão de Teste e Medição da Philips, que terminou em 1993 com a absorção desta última pela Fluke.</p>
National Instruments (1976)	<p>A National Instruments (NI) foi fundada em 1976, tendo como primeiro produto cartas para PC destinadas ao controlo de instrumentos via GPIB [Nat99b]. Em 1984 a IBM selecciona a NI para fornecedor exclusivo de cartas e programas de interface compatíveis com o GPIB, permitindo assim a esta empresa afirmar-se num mercado relativamente recente. Após este ano segue-se uma extensa lista de novos produtos, dos quais se destaca o lançamento em 1986 do <i>software</i> denominado LabVIEW, que ainda hoje é o mais vendido em todo o mundo (na sua classe). Refira-se ainda que o LabVIEW foi nomeado como Melhor Produto de Teste do ano 1999, pela prestigiada revista <i>Test & Measurement World</i>. A NI emprega 1759 empregados em todo o mundo, tendo obtido um volume total de vendas em 1998 de 274 milhões de dólares (cerca de 62,5 milhões de contos). A extensa gama de produtos fabricados por esta companhia inclui ainda: Sistemas para automação e aquisição de imagem; Sistemas VXI e PXI; Cartas de aquisição de dados; etc.</p>

2.1.4 Revistas

Nesta subsecção referem-se algumas revistas de carácter técnico ligado à área dos SAM.

Evaluation engineering	A revista <i>Evaluation Engineering</i> (EE) destina-se a engenheiros e pessoal qualificado responsável pelo teste e controlo de qualidade de produtos ou sistemas electrónicos. De carácter geral, esta revista inclui artigos sobre: Instrumentação; Equipamento de Teste Automático; Teste de Interligações; Teste de Inspeção; Teste de descargas de electricidade estática e de interferência electromagnética; Teste de interferência radioelétrica, etc. Em termos de secções inclui: Nota editorial; Notícias em destaque; Análise de produtos – novos, comparação, em destaque; e Lista de anunciantes e patrocinadores. De periodicidade mensal, esta revista (quer seja na versão impressa quer seja na versão electrónica) pode ser subscrita gratuitamente bastando para tal preencher os requisitos considerados relevantes pela editora. Subscrições através da Internet, no seguinte portal: http://www.evaluationengineering.com/
Test & Measurement	A revista <i>Test & Measurement</i> (T&M) possui duas edições: <i>World</i> e <i>Europe</i> (sendo ambas porém publicadas nos EUA). O seu conteúdo inclui diversa informação sobre os vários aspectos de teste, medição e inspeção de componentes, materiais e equipamentos electrónicos. Cobre igualmente novas e emergentes tecnologias e técnicas, bem como actualizações referentes a tecnologias já consolidada. A T&M possui dois tipos de artigos: Características (<i>Features</i>) e Conselhos & Técnicas de Teste (<i>Test Tips & Techniques</i>). De uma forma geral, os artigos publicados não descrevem um produto específico, apesar de poderem utilizar um produto concreto para melhor ilustrar um determinado aspecto ou assunto relacionado com o artigo em si. De qualquer forma, as características do produto não podem ser o objecto principal do artigo. Os artigos do primeiro tipo estendem-se geralmente por três a quatro páginas (2500 a 3000 palavras), e incluem três ou quatro ilustrações, fotografias ou tabelas. Alguns exemplos de artigos deste tipo já publicados incluem: a) teste em ambientes agressivos ou de envelhecimento acelerado, b) desenvolvimentos na área do teste de circuitos de tipo misto (analógico / digital), c) como desenvolver aplicações (de <i>software</i>) para instrumentação, e d) medição da largura de linhas com sub-microns. Os artigos do segundo tipo estendem-se geralmente por uma ou uma e meia páginas (800 a 1200 palavras) e incluem apenas uma ou duas figuras. Alguns exemplos incluem a descrição de uma aplicação inovadora para osciloscópios digitais ou o lançamento de uma nova norma na área do teste de compatibilidade electromagnética. Esta revista pode ser subscrita através da Internet, no seguinte portal: http://www.tmworl.com/

2.2 Instrumentação controlada por computador

A área dos SAM designada por “Instrumentação controlada / acedida por computador” (parte superior da figura 2-2) é caracterizada pela existência diferenciada de um computador e de um ou mais instrumentos de medição com ou sem painel frontal. A expressão “controlada / acedida” visa especificar dois tipos de situação: um primeiro em que o computador é responsável pelo controlo de todas as funções suportadas pelo instrumento de medição, por exemplo nos casos em que este não dispõe de comandos locais no painel frontal, ou seja apenas possui um botão de ligar / desligar e de um ou mais conectores de interligação (geralmente na parte posterior); e um segundo em que o instrumento dispõe de todos os comandos no painel frontal, pelo que a interacção com o computador pode assumir a forma de controlo (e.g. um comando enviado pelo computador selecciona uma escala de medição mais elevada num voltímetro digital) ou de simples acesso (e.g. um comando enviado pelo computador permite “descarregar” o conteúdo actual do visor de um osciloscópio digital). A figura 2-3 apresenta um exemplo de instrumentos de medição com e sem painel frontal. De forma a simplificar a terminologia usada opta-se, a partir deste momento, pelo emprego da expressão simplificada de “Instrumentação controlada por computador”.

A ligação de um instrumento a um computador é ainda caracterizada pelo tipo de interface utilizado. Tradicionalmente, distinguem-se dois tipos de ligação: ponto-a-ponto e multi-ponto. As ligações ponto-a-ponto são geralmente baseadas num interface do tipo RS-232 (porta série do computador), sendo raras as que utilizam a porta paralela ou a mais recente porta USB (embora exista a tendência para que este tipo de interface venha a substituir progressivamente o RS-232). As ligações multi-ponto são suportadas por um conjunto alargado de interfaces que incluem o RS-485, o GPIB, e a Ethernet, entre outros. A tendência actual do mercado aponta porém para um crescimento acentuado do número de instrumentos de medição suportando um interface tipo Ethernet [Cha01, Gop99]. A esta tendência não será alheio o aparecimento de microcontroladores (e.g. da família 8051) suportando portos de comunicação compatíveis com a norma IEEE 802.3 (Ethernet), que desta forma reduz o custo de fabrico de instrumentos de medição digitais que incluam este tipo de interface.

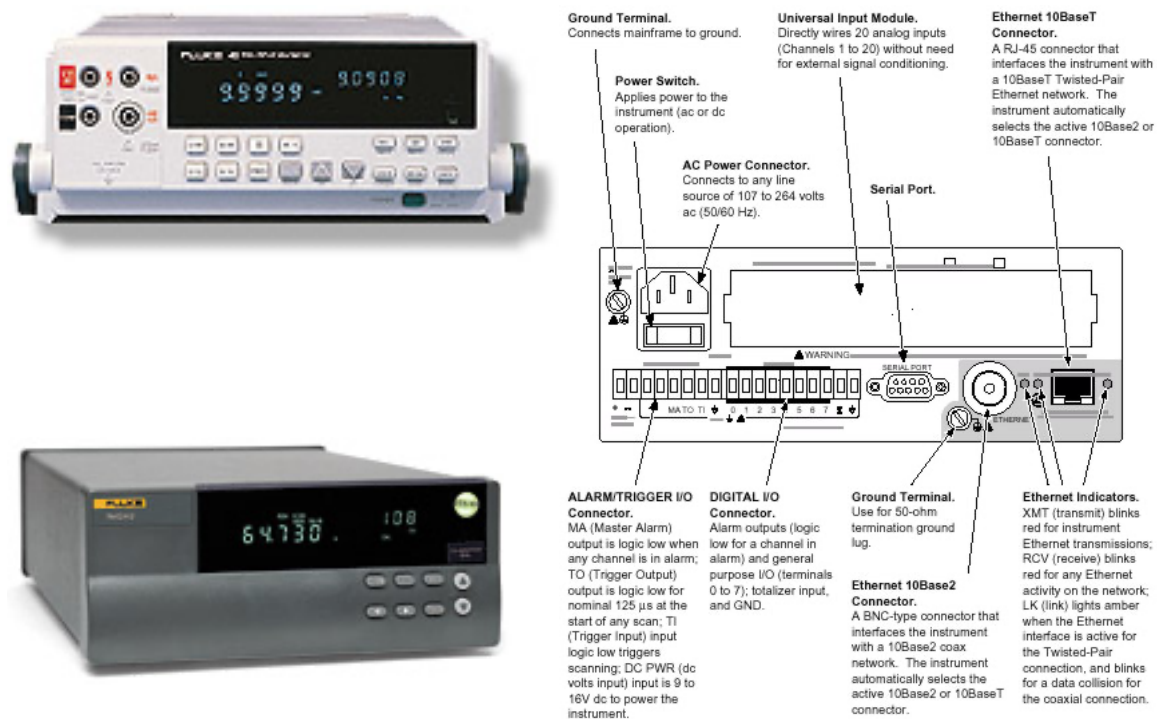


Figura 2-3: Exemplo de dois instrumentos de medição, controláveis por computador, com e sem painel frontal (parte esquerda superior e inferior, respectivamente). Ilustração esquemática do painel posterior do segundo instrumento de medição, com descrição de cada porto / conector (Fluke™).

Os critérios de análise da área da instrumentação controlada por computador podem ser sumariados na seguinte lista³:

- Desempenho (*performance*)

³ Para além dos critérios mais tradicionais relacionados com a precisão, fiabilidade, robustez, etc.

- Tipo de programa de controlo
- Facilidade de integração (existência de portos de comunicação no computador)
- Comprimento máximo da ligação
- Velocidade de transmissão
- Modularidade (facilidade de expansão e actualização)
- Preço

Com base nestes critérios seria possível apresentar um extenso relatório, baseado em variados artigos de análise publicados nas revistas citadas anteriormente e em alguns livros, que explicasse as vantagens / desvantagens de cada um dos interfaces considerados nesta área dos SAM. A exposição de um relatório desta natureza extravasa porém o tempo disponível para a nossa aula, pelo que se opta, simplesmente, por no decorrer da apresentação dos exemplos de SAM (no próximo capítulo) se tecerem alguns comentários de apreciação com base nestes critérios.

Para além de uma análise centrada no interior da própria área, deve-se ainda, consoante a situação em causa, ponderar estes e outros critérios para uma análise cruzada, i.e. comparar soluções baseadas nas diferentes áreas dos SAM. Este problema será no entanto abordado no capítulo seguinte, uma vez que requer alguns conhecimentos que serão apenas apresentados ao longo das próximas secções.

2.3 Instrumentação baseada em computador

A área dos SAM designada por “Instrumentação baseada em computador” engloba todas as cartas de expansão para computador que permitem efectuar medições (analógicas ou digitais). Nesta categoria incluem-se as cartas de aquisição de dados, que são geralmente consideradas como o produto de referência em termos de instrumentação baseada em computador, ou instrumentação virtual simples. O termo “virtual” designa o facto de estas cartas (ou instrumentos) não possuírem qualquer tipo de controlo local ou meio de visualização, sendo estas funções asseguradas pelos dispositivos usuais de entrada / saída do computador (teclado, rato, monitor, etc.). O controlo é garantido por uma aplicação computacional que acede directamente à carta através do barramento de expansão do computador. Desta forma, as cartas são caracterizadas, em primeiro lugar, pelo tipo de barramento a que se destinam, tendo-se já apresentado algumas opções no início deste capítulo (ISA / EISA / PCI / PCMCIA). As cartas possuem ainda um determinado número de canais de entrada / saída analógicos (caracterizados pela tensão e frequência máxima admissíveis) e digitais. A figura 2-4 apresenta um conjunto de cartas de aquisição de dados da IotechTM, para um barramento tipo PCI, com indicação do número / tipo de canais de entrada / saída.

DaqBoard/2000™ Series Selection Chart						
Feature	Multi-Function I/O				Digital I/O	Analog Output
	/2001	/2000	/2005	/2004	/2002	/2003
Analog inputs (P1) (16 bit/200 kHz)	16	16	16	—	—	—
Analog outputs (P3) (16 bit/100 kHz)	4	2	—	4	—	4
Digital I/O (P2, P3)	40	40	40	40	40	—
Freq./pulse I/O (P3)	6	6	6	6	6	—

Figura 2-4: Cartas de aquisição de dados com descrição do número / tipo de canais de entrada / saída (Iotech™).

Em função das características dos canais e dos sinais de entrada é possível ainda acoplar externamente um sistema de condicionamento de sinais para compatibilização entre estes, de acordo com o ilustrado na figura 2-5.

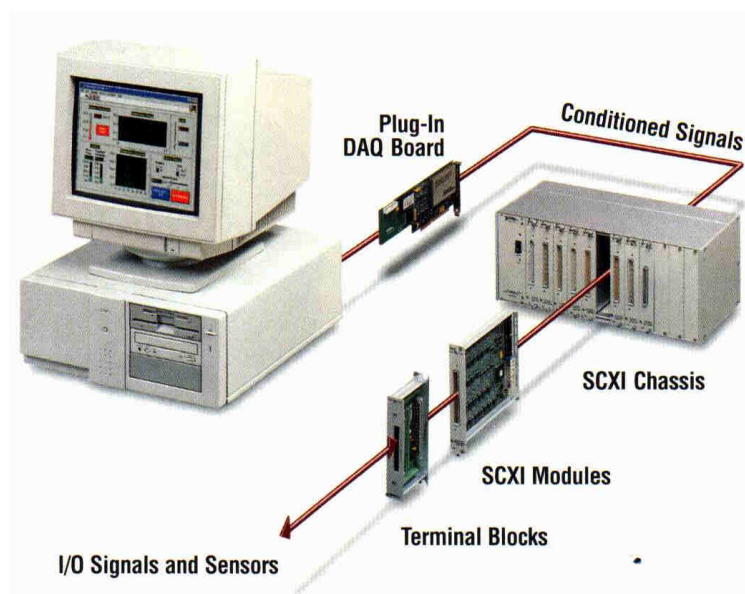


Figura 2-5: Exemplo de instrumentação baseada em computador evidenciando um sistema externo de condicionamento de sinal, com possibilidade de escolha de diversos módulos de entrada [Nat99b].

As vantagens associadas a este tipo de instrumentação residem principalmente na redução de custos devido à não necessidade de controlo local e ao facto de estar obrigatoriamente acoplado a um computador pessoal (o que permite eliminar diversos componentes, e.g. a fonte de alimentação). A desvantagem principal reside na obrigatoriedade de se utilizar um computador e de adquirir em paralelo a aplicação que permite controlar o instrumento. Apesar de uma mesma aplicação poder controlar várias cartas, o custo associado (não desprezável em função das características de processamento suportadas) e o facto de ser um programa (que implica uma dependência ao tipo de computador e de sistema operativo

utilizados), são geralmente apontados como elementos negativos. Acresce ainda a estes elementos negativos o facto comprovado de, comparativamente, existir uma maior longevidade para instrumentos de medição com interfaces para computador (que costumam ser mais estáveis no tempo – ver RS-232C), idênticos aos apresentados na secção anterior. A portabilidade deste tipo de instrumentação está ainda intimamente ligada à portabilidade do computador. Apesar de existirem cartas de aquisição de dados para computadores portáteis (formato PCMCIA), o seu preço é geralmente maior e o número de entradas / saídas menor, em função do seu tamanho.

2.4 Sistemas de instrumentação

A área dos SAM designada por “Sistemas de instrumentação” é normalmente associada a equipamentos de medição e teste de elevado valor. Com efeito, um sistema mínimo do tipo PXI (com sete cartas de expansão) pode facilmente atingir valores na ordem dos vários milhares de contos, dependendo da complexidade / capacidade do controlador (computador inserido na *slot* mais à esquerda) e de cada um dos instrumentos de medição. Acresce ao preço do sistema, a aplicação de controlo, que no caso do LabVIEW® da National Instruments ultrapassa os mil contos, na versão intermédia, ou seja não incluindo todos os pacotes de desenvolvimento. Em face das suas capacidades, quer seja em termos de desempenho, velocidade e tipo de operação (tempo-real, existindo linhas dedicadas de sincronismo em todos os tipos de barramento), número / tipo de entradas / saídas, quer seja pelas características mecânicas de durabilidade e fiabilidade, os sistemas de instrumentação ocupam um lugar à parte, no interior dos SAM, não sofrendo competição das duas áreas anteriormente descritas.

Dado que os instrumentos de medição correspondem a cartas ou módulos de expansão inseríveis no sistema, não possuindo comandos locais, existe alguma tendência em designar esta área por “Instrumentação virtual complexa”, aparecendo neste caso o termo “complexa” para distinguir da anterior (onde alguns autores utilizam o termo “simples”). Apesar de existir uma larga oferta no que diz respeito aos instrumentos de medição, e mesmo em relação ao controlador (na realidade, um computador pessoal em formato normalizado, tipo PXI ou VXI), o tempo necessário para o projecto e fabrico deste último, em paralelo com um número muito menor de unidades vendidas (comparativamente com o mercado global de computadores pessoais), implica um preço acrescido que se torna, porventura, no maior condicionante a uma utilização mais generalizada. Em termos de exemplo, um controlador com um microprocessador Intel Pentium™ III, a 500 MHz, e com 64 MBytes de memória (sem teclado, rato, monitor e leitor de CD-ROM) custa cerca de 500 mil escudos, enquanto que um computador pessoal de características idênticas (incluindo porém todos os periféricos mencionados anteriormente) custa actualmente cerca de 150 mil escudos. Refira-se igualmente que apesar de já existirem computadores pessoais com microprocessadores Intel Pentium™ IV a 1.7 GHz (topo de gama), não se encontra ainda disponível no mercado qualquer tipo de controlador (para sistemas PXI

ou VXI) com estas características, nem sequer algum fabricante anunciou o seu lançamento para breve.

A terminar esta secção apresentam-se na figura 2-6 imagens de um sistema PXI completo (à esquerda) e do chassis de um sistema VXI (à direita).

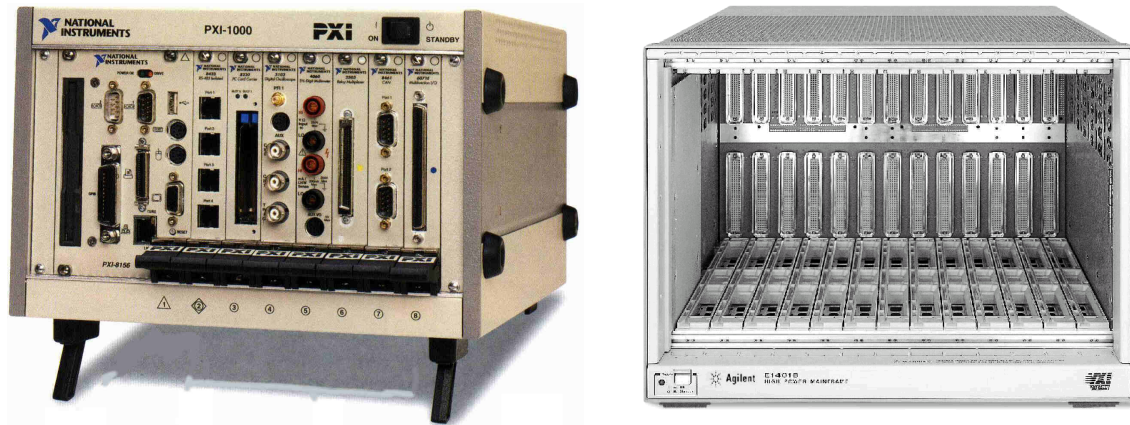


Figura 2-6: Imagens de sistemas PXI (esquerda) e VXI (direita).

3. Exemplos de utilização

Neste capítulo apresentam-se dois exemplos de utilização de SAM, um na área da “Instrumentação controlada por computador”, e outro na dos “Sistemas de instrumentação”. O primeiro recorre à utilização de um osciloscópio / multímetro digital portátil da Fluke, designado por ScopeMeter™ e que dispõe de um porto de ligação ao computador compatível com a norma RS-232C. O segundo baseia-se na utilização de um sistema PXI da National Instruments que dispõe das seguintes cartas de expansão: multímetro digital, gerador de funções, osciloscópio, controlador de cadeias de varrimento periférico compatíveis com a norma IEEE 1149.1, matriz de ligações programável, placa de ligação a uma rede Ethernet e a um barramento SCSI. O acesso ao sistema será efectuado via Internet, através de um simples aplicativo de navegação na rede.

3.1 ScopeMeter™ (ligação RS-232C)

Este exemplo requer três componentes: o osciloscópio / multímetro digital portátil equipado como um cabo de ligação RS-232C, um computador (de preferência portátil), e uma aplicação de interface denominada FlukeView®, tal como se ilustra na figura 3-1.



Figura 3-1: Imagens do ScopeMeter™ com as pontas de prova ligadas a uma tomada de alimentação doméstica, do computador portátil, e do frontal da aplicação FlukeView®.

O objectivo do exemplo actual consiste em apresentar de uma forma sucinta as capacidades deste tipo de instrumento de medição e das vantagens associadas à interligação ao computador, nomeadamente para realização de cálculos matemáticos sobre a forma de onda capturada. Para este efeito recorre-se a duas imagens referentes à captura do ecrã do computador, ilustradas nas figuras 3-2 e 3-3, com várias janelas abertas da aplicação citada. Na primeira figura são visíveis cinco janelas e duas barras (uma no topo com os comandos da aplicação, em formato de botões e de texto, e outra no fundo com a indicação do estado da aplicação e do instrumento de medição).

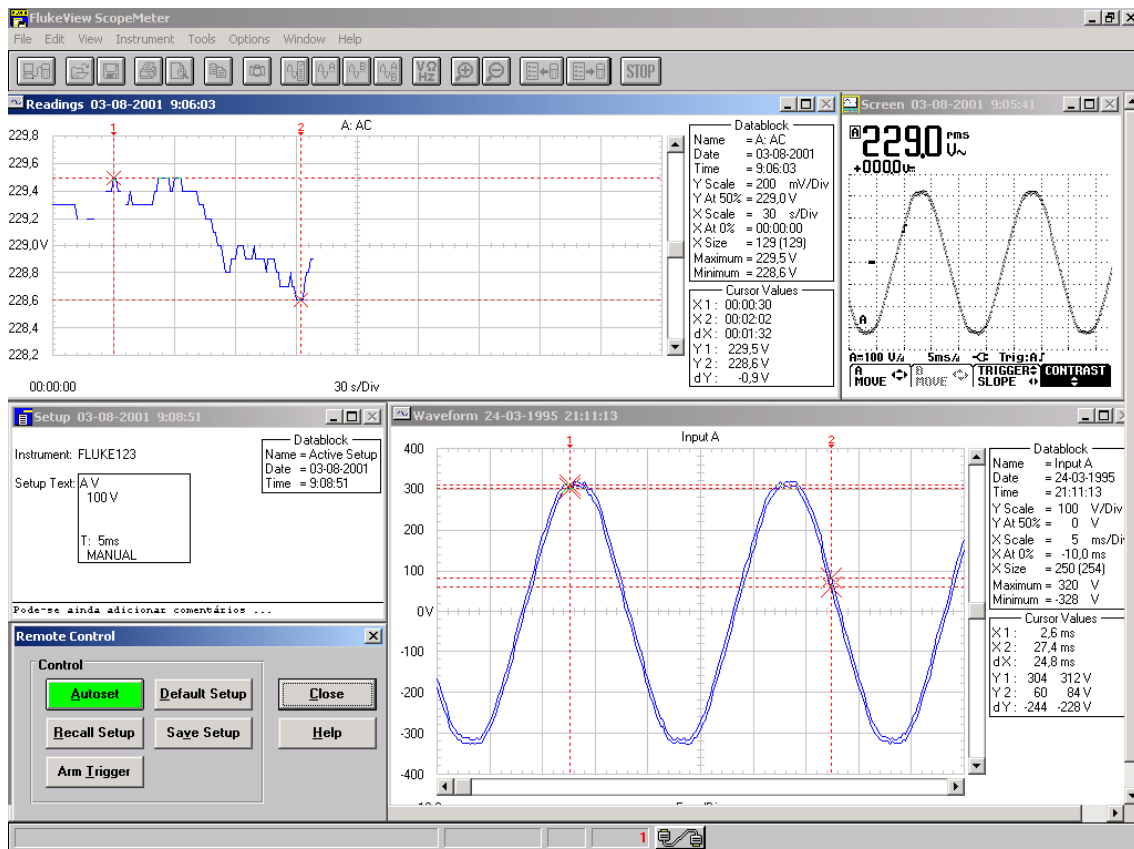


Figura 3-2: Imagem com várias janelas abertas da aplicação FlukeView™.

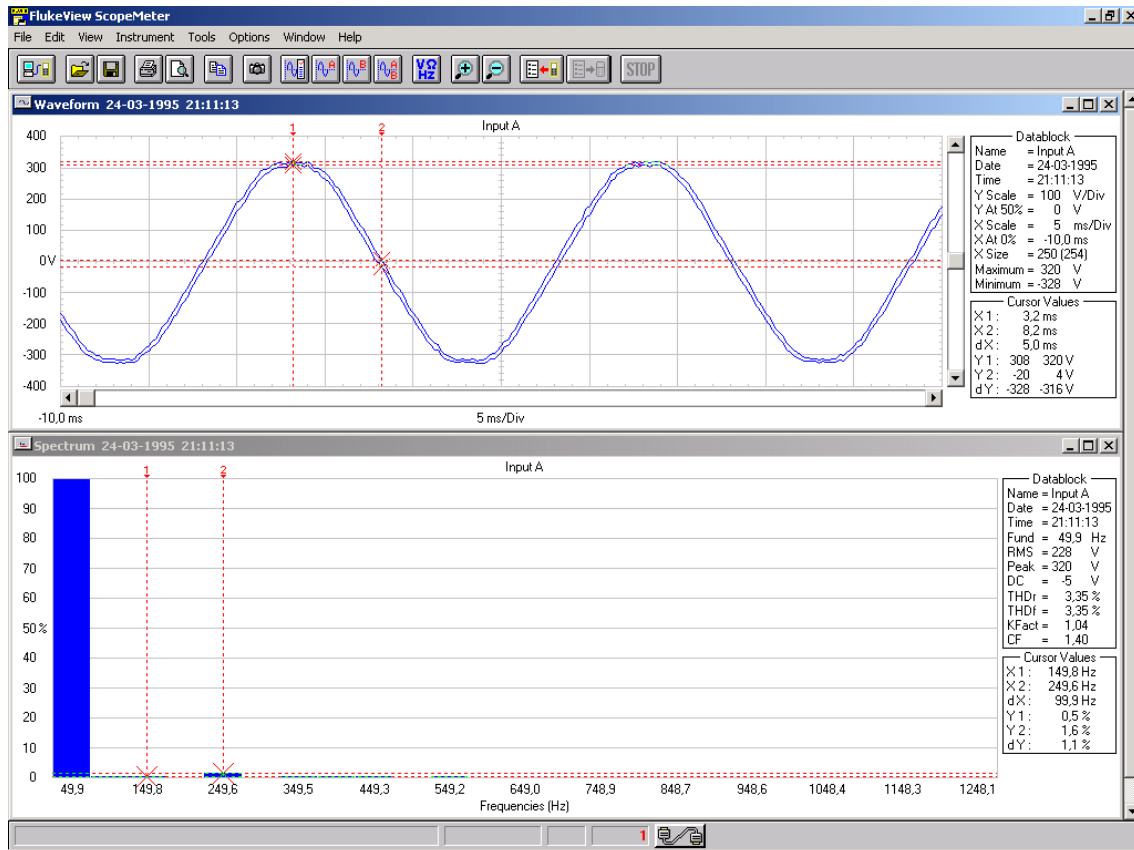


Figura 3-3: Forma de onda capturada e análise do seu espectro de frequências.

Na segunda figura pode-se visualizar a forma de onda capturada e a respectiva análise de espectro, efectuada pela aplicação computacional. As janelas existentes na figura 3-2 correspondem a:

- Canto superior direito – Janela com o conteúdo do ecrã do osciloscópio / multímetro digital portátil;
- Canto inferior direito – Representação num gráfico X-Y (tempo-tensão) da forma de onda capturada na entrada A do osciloscópio, com indicação das posições absoluta e relativa de dois cursores controláveis pelo utilizador;
- Canto superior esquerdo – Evolução temporal da leitura da tensão eficaz presente no canal de entrada A;
- Canto inferior esquerdo – Janela de configuração dos comandos do osciloscópio (base de tempo, selecção da escala vertical, acoplamento dos canais de entrada);
- Parte central, lateral esquerda – Janela com a configuração actual do osciloscópio.

No decorrer da apresentação oral da lição serão explicados em maior pormenor os vários comandos do osciloscópio e as funções de cada uma destas janelas.

3.2 Sistema PXI a funcionar como laboratório remoto acessível através da Internet

Este exemplo pretende demonstrar as capacidades de um laboratório remoto, baseado num sistema PXI acessível através da Internet, com um esquema conceptual idêntico ao ilustrado na figura 3-4 [Alv01a, Fid01]. Um simples aplicativo de navegação na rede permite aceder ao interface visível para o utilizador, criado com base em *Java Applets* de forma a que o acesso não dependa da máquina e sistema operativo utilizados. A aplicação AppletView da Nacimiento cria as páginas interactivas do interface de acesso a partir dos interfaces dos instrumentos virtuais desenvolvidos com base na aplicação LabVIEW. A interacção ao nível lógico entre os instrumentos e aplicação é regulada por uma biblioteca dinâmica (*Dynamic Link Library, DLL*), específica de cada carta.

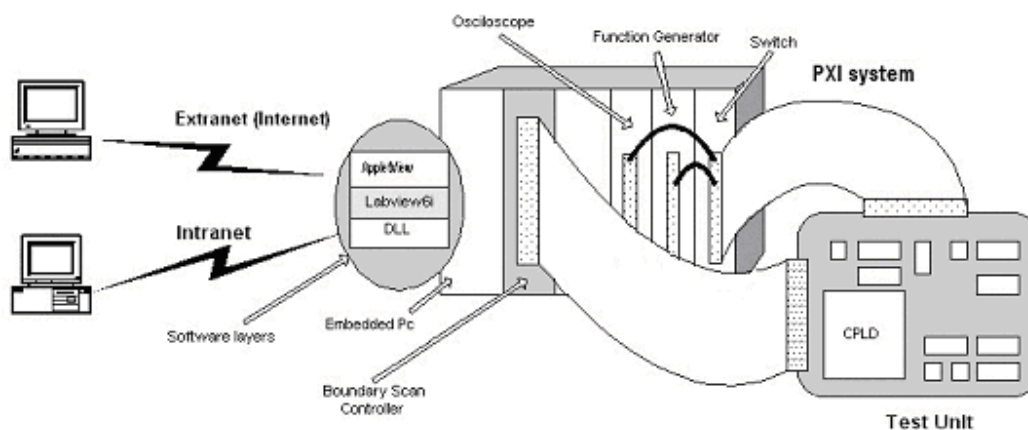


Figura 3-4: Imagem conceptual do laboratório remoto baseado num sistema PXI.

No presente exemplo utiliza-se uma carta de demonstração da norma IEEE 1149.4 [IEEE99c], que implementa, para além de um núcleo funcional composto por uma porta lógica inversora e por um andar seguidor de ganho unitário (amplificador operacional com realimentação negativa unitária), toda a infraestrutura de teste definida por aquela norma. A figura 3-5 apresenta uma imagem real da carta de demonstração e um esquema conceptual, que evidencia a forma de ligação dos instrumentos de medição, utilizados neste exemplo, aos pinos de entrada / saída. Os quatro pinos digitais do porto de acesso ao teste (TDI, TDO, TMS e TCK) são controlados através do interface da carta de controlo de cadeias de varrimento periférico, existente no sistema PXI. Os dois canais de saída do gerador de funções (*Main & Sync out*) encontram-se ligados à entrada analógica funcional da carta e à linha 1 do barramento de teste analógico (AT1), respectivamente. Os dois canais de entrada do osciloscópio encontram-se ligados à saída analógica funcional da carta e à linha 2 do barramento de teste analógico (AT2), respectivamente. Dado que a infraestrutura de teste permite o acesso não intrusivo a qualquer pino de entrada / saída analógico ou digital de um componente compatível com a norma IEEE 1149.4, iremos no decorrer deste exemplo aplicar uma onda sinusoidal à entrada funcional analógica da carta de demonstração e visualizar essa mesma onda na respectiva saída e na linha de teste analógica, colocando para tal o correspondente módulo periférico analógico

(*Analogue Boundary Module, ABM*) num modo de observabilidade. O percurso do sinal analógico entre o ABM e a linha AT2 é efectuado através da linha 2 do barramento interno analógico, que se encontra ligado à linha AT2 através do circuito de interface do barramento de teste (*Test Bus Interface Circuit, TBIC*).

As figuras 3-6, 3-7, 3-8 e 3-9 correspondem a capturas do conteúdo do ecrã no decurso da realização do exemplo proposto. A descrição pormenorizada de cada uma das operações realizadas ultrapassa o objectivo principal deste exemplo que consiste em enfatizar a possibilidade de realizar estas mesmas operações remotamente, através da Internet, utilizando para tal as capacidades do sistema PXI. Abordaremos contudo estas operações, se necessário, no decorrer da apresentação da aula.

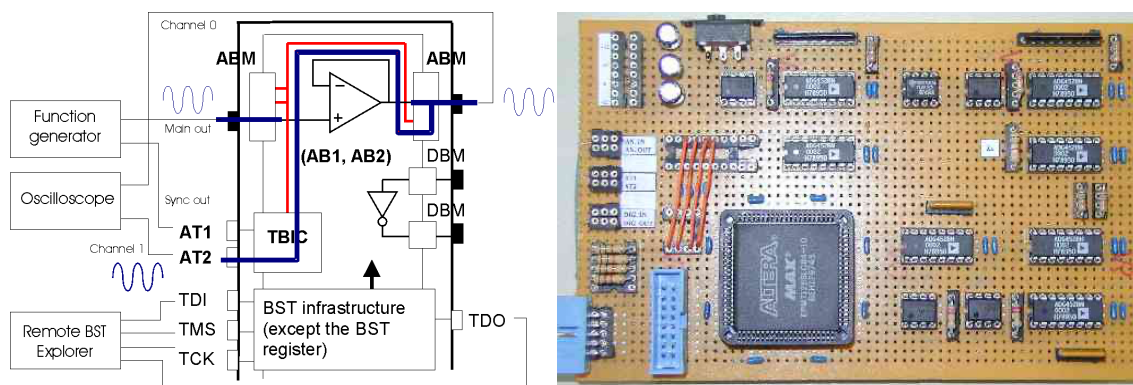


Figura 3-5: Imagens conceptual e real da carta de demonstração da norma IEEE 1149.4

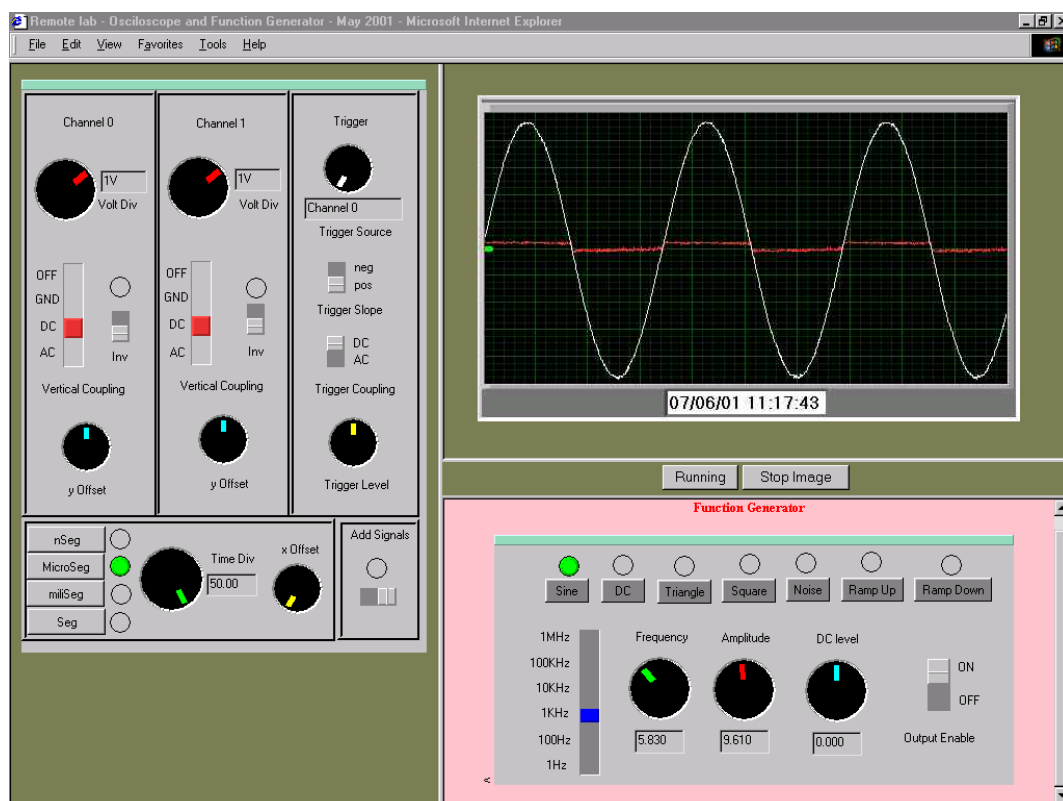


Figura 3-6: Onda sinusoidal aplicada à entrada analógica funcional do “componente”.

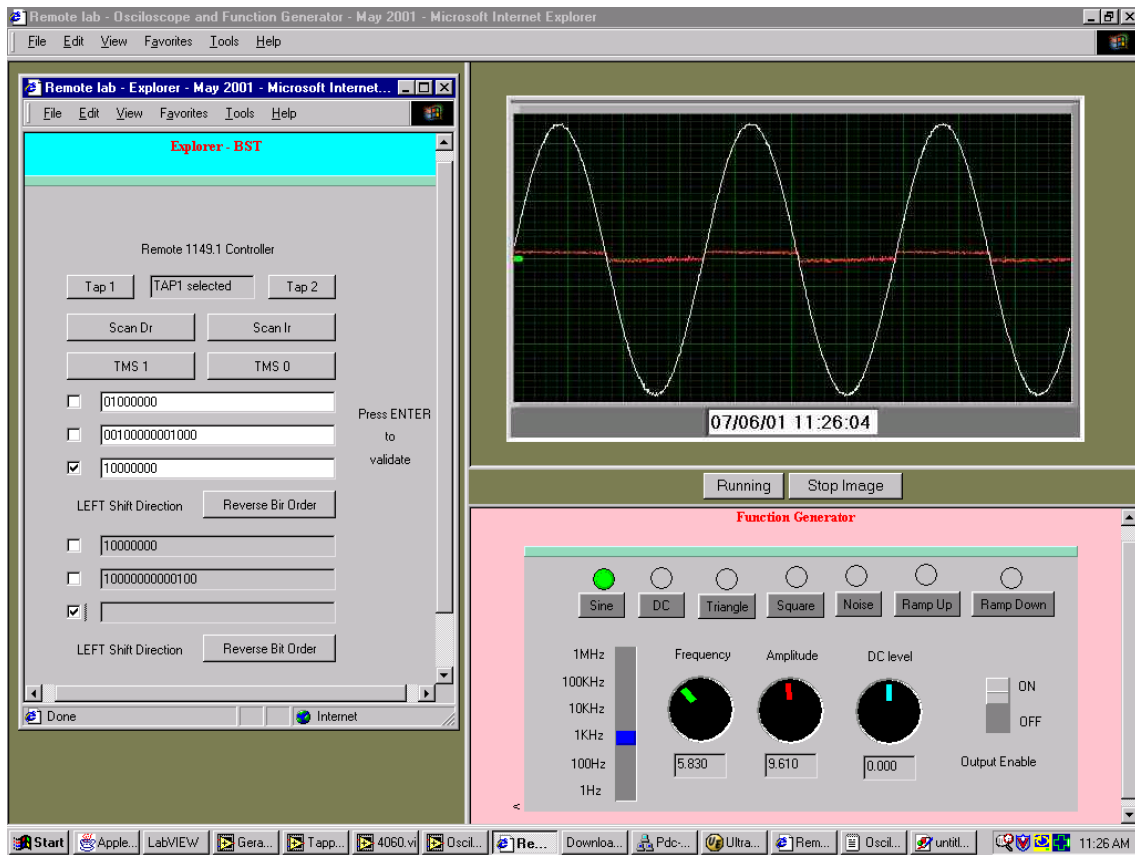


Figura 3-7: Aplicação da sequência de controlo no porto de acesso ao teste.

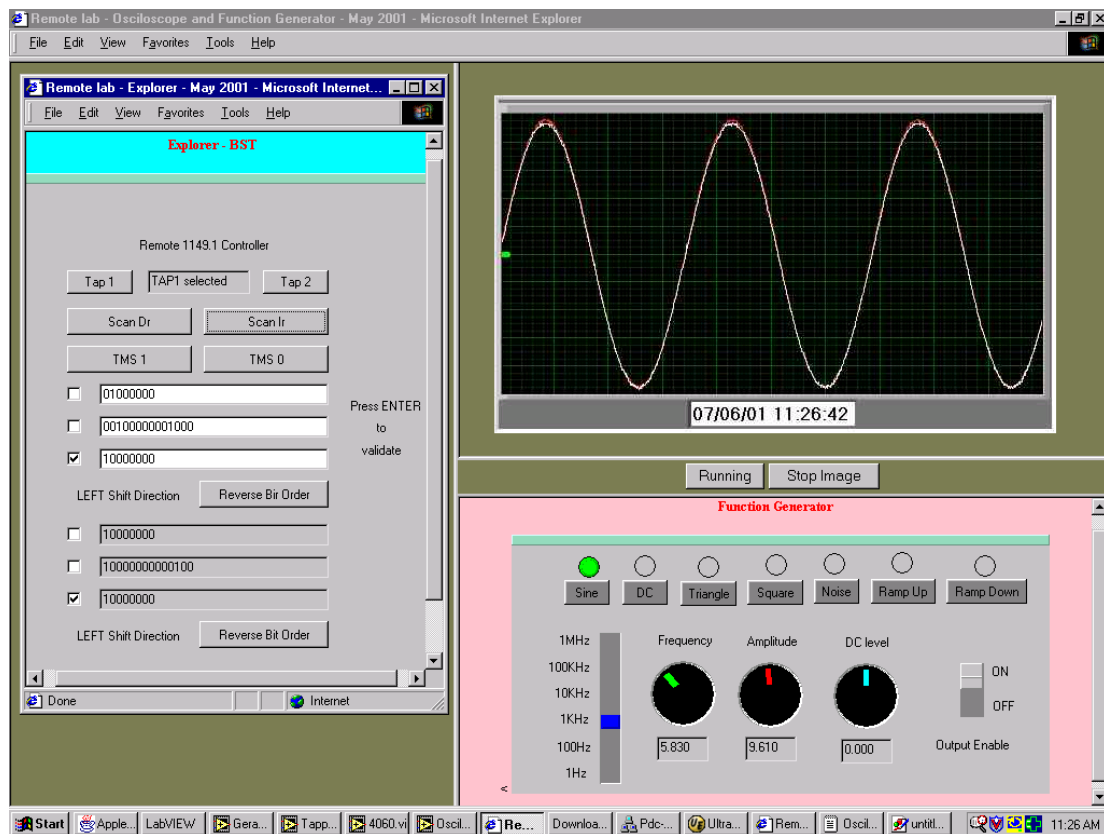


Figura 3-8: Visualização da onda sinusoidal através da linha AT2, após se ter activado a instrução PROBE.

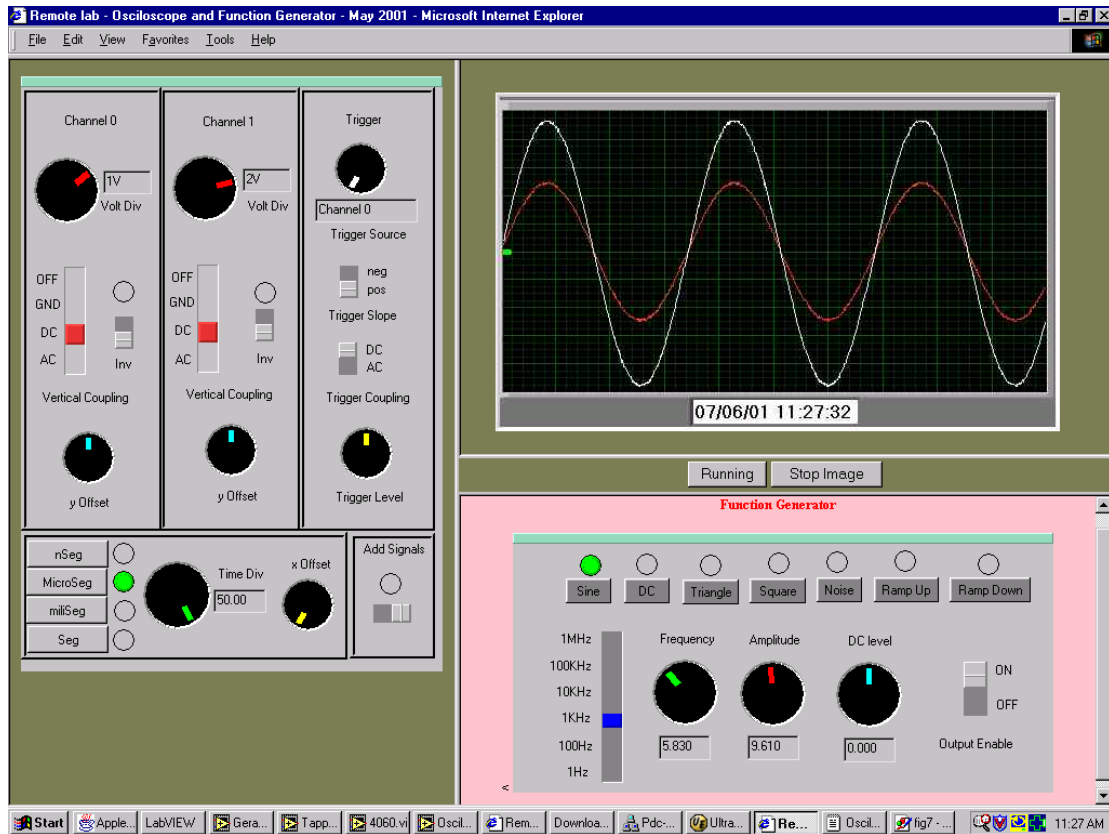


Figura 3-9: Alteração da escala vertical do canal de entrada 2 do osciloscópio.

A vantagem principal deste tipo de sistema, demonstrada através deste exemplo⁴, reside na modularidade e facilidade com que os vários componentes são integrados de forma a cumprir uma determinada função. Uma única aplicação controla todos os instrumentos, com a vantagem adicional das interfaces interactivas, baseadas na linguagem *Java*, serem geradas automaticamente por uma outra aplicação compatível que actua igualmente como servidor e que desta forma reduz o tempo / nível de programação necessário. Apesar de, teoricamente, qualquer tipo de instrumento de medição controlado por computador ser igualmente acessível através da Internet (a partir do momento que o computador se encontre ligado à rede), a dificuldade inerente à interligação das diferentes aplicações necessárias para tal objectivo, impede muitas vezes a sua realização prática.

A terminar este capítulo refira-se ainda uma vantagem adicional do acesso via Internet ao laboratório remoto apresentado, que consiste no apoio a ambientes de ensino distribuído [Alv00]. A utilização de recursos de ensino à distância tem vindo a crescer significativamente na última década, existindo actualmente algumas Universidades que leccionam unicamente aulas do tipo virtual. Atendendo à importância comprovada da componente prática, em qualquer tipo de ensino, facilmente se compreende o número de projectos de

⁴ Partindo do princípio que no dia da apresentação desta lição a velocidade da rede se mostrou cooperante, i.e. o tempo de acesso ao laboratório remoto, através de Internet, atingiu as expectativas mais optimistas, tanto do apresentador como da audiência.

I&D dedicados à criação deste tipo de infraestrutura de apoio, conforme se pode verificar de [PEA01, Alv01b, Ste98, Arp00].

4. Conclusão e direcções futuras

A ligação à Internet de qualquer tipo de SAM corresponde definitivamente a uma tendência actual do mercado. As vantagens gerais associadas são imensas, apesar das dificuldades inerentes centradas mais no tipo de aplicação de controlo do que no tipo de instrumento, e que transferem assim o esforço principal para a área dos programadores. Em termos de projecto de instrumentos digitais de medição passa a existir a necessidade de incorporar, desde cedo, a capacidade de interligação a redes de computadores, nomeadamente através do suporte de portos de acesso compatíveis com a norma IEEE 802.3 (Ethernet).

5. Referências

5.1 Referências citadas no texto

- [Alv00] Gustavo R. Alves, “*Utilização de Recursos de Ensino Distribuído no Grupo de Ciências Básicas de Electrotecnia*”, palestra integrada na 9ª Sessão do Ciclo de Conferências “Quartas à Tarde no DEI”, ISEP, Junho 2000
- [Alv01a] Gustavo R. Alves, Ricardo J. Costa, André Fidalgo e José M. Ferreira, “*Infraestrutura Laboratorial para Teste Digital Remoto em Ambientes de Ensino Distribuído*”, 2ª Jornadas Científicas do Instituto Superior de Engenharia do Porto, ISEP, Porto, Maio 2001
- [Alv01b] Gustavo R. Alves, “*Experimentação Remota através da Internet: Um Exemplo Real*”, palestra realizada no Instituto Superior de Paços de Brandão, Junho 2001
- [ANSI99] American National Standards Institute official Web site, <http://web.ansi.org>, 1999
- [ARC99] ARC Electronics, “*RS485 Data Interface*”, <http://arcelect.com/485info.htm>, 1999
- [Arp00] Pasquale Arpaia, Aldo Baccigalupi, Felice Cennamo, e Pasquale Daponte, “*A Measurement Laboratory on Geographic Network for Remote Test Experiments*”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. Vol. 49, N. 5, Outubro 2000
- [Boys99] Robert J. Boys, “*Frequently Asked Questions – comp.arch.bus.vmebus*”, <http://www.ee.ualberta.ca/archive/vmefaq.html>, 1999
- [CEN99a] European Committee for Standardisation official Web site, <http://www.cenorm.be>, 1999
- [CEN99b] Comité Européen de Normalisation Electrotechnique, <http://server.cenelec.be>, 1999
- [Cha01] Ron Chapek, “*Ethernet Everywhere*”, Evaluation Engineering magazine, Vol. 40, n. 4, pp. 22-26, April 2001.
- [Com99] Computer and Communication, “*Standards*”, <http://www.cmpcmm.com/cc/standards.html>, 1999
- [EIA99] The Electronic Industries Alliance official Web site, <http://www.eia.org>, 1999
- [F&S01] Frost & Sullivan, World Test and Measurement Equipment Markets, Report #7206-30, April 2001

- [FAQ99] Frequently Asked Question on SCSI, <http://www.faqs.org/faqs/scsi-faq/>, 1999
- [Fid01] André Fidalgo, Ricardo J. Costa, Gustavo R. Alves e José M. Ferreira, "Experimenting the 1149.1 and 1149.4 test infrastructures in a Web-accessible remote Lab (without Plug-ins!)", a publicar na Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS) Conference, Porto, Portugal, Novembro 2001
- [Flu99] Fluke Corporation Web site, <http://www.fluke.com>, 1999
- [Fou01] The FieldBus Foundation, <http://www.fieldbus.org/>, 2001
- [Gop99] Shekar Gopalan, "Test & Measurement and the Internet: An analysis of the convergence of these industries and the road ahead", <http://www.testmart.com/news/>, 1999
- [Hof95] Gary Hoffman e Daniel Moore, "IEEE 1394: A Ubiquitous Bus", <http://www.skipstone.com/comcon.html>, 1995
- [HP99a] Hewlett-Packard VXI Web site, <http://www.hp.com/go/VXIbus/>, 1999
- [HP99b] Hewlett-Packard Company Web site, <http://www.hp.com>, 1999
- [IBM99] IBM, "IEEE 1394 Introduction", <http://www.chips.ibm.com/products/1394/primer.html>, 1999
- [IEC99] International Electrotechnical Commission, <http://www.iec.ch>, 1999
- [IEEE99a] Institute of Electrical and Electronic Engineers, <http://www.ieee.org>, 1999
- [IEEE99b] IEEE Standards Association, <http://standards.ieee.org/>, 1999
- [IEEE99c] IEEE Standard for a Mixed Signal Test Bus, June 1999, IEEE Std. 1149.4, ISBN 0-7381-1756-0
- [ISA99] The Instrumentation, Systems, and Automation Society, <http://www.isa.org/>, 1999
- [ISO99] International Organization for Standardization official Web site, <http://www.iso.ch>, 1999
- [Jan99a] Jan Axelson, "Serial Port Central", <http://www.lvr.com/serport.htm>, 1999
- [Jan99b] Jan Axelson, "Parallel Port Central", <http://www.lvr.com/parport.htm>, 1999
- [Jan99c] Jan Axelson, "USB Central", <http://www.lvr.com/usb.htm>, 1999
- [Kei99] Keithley Instruments Inc, <http://www.keithley.com>, 1999
- [Lam99] Lammert Bies, "RS-232 General information", <http://www.lammertbies.nl/comm/info/RS-232.html>, 1999
- [Mar96] Marc M. Groz, "FireWire Plays Starring Role in Simple, Fast PCs", em PC Magazine Online, <http://www.zdnet.com/pcmag/issues/1513/pcmag9977.htm>, Julho de 1996
- [Mat99] Matteo Mondada, "Field bus in Industry: What is at stake?", <http://www.cim.ch/tai/BDC/in/BDC.html>, 1999
- [Nat99a] National Instruments Corp. GPIB Web site, <http://www.ni.com/gpib/>, 1999
- [Nat99b] National Instruments Corp. Web site, <http://www.ni.com>, 1999
- [Ome99] Omega Web site on CAN, <http://www.omegas.co.uk/CAN/>, 1999
- [PCG99] The PC Guide, "Older Bus Types", <http://www.pcguide.com/ref/mbsys/buses/types/older-i.htm>, 1999
- [PCI99] PCI Special Interest Group, <http://www.pcisig.com/>, 1999
- [PCM99] PCMCIA, <http://www.pcmcia.org/>, 1999
- [PEA01] Practical Experimentation by Accessible Remote Learning (PEARL), project IST 1999/12550, <http://kmi.open.ac.uk/projects/pearl/index.htm>, 2001
- [PXI99] PXI System Alliance, <http://www.pxisa.org/>, 1999
- [Rea99] The Readout Instrumentation Signpost, "Catching the Bus", <http://homepages.iol.ie/~readout/fieldbus>, 1999

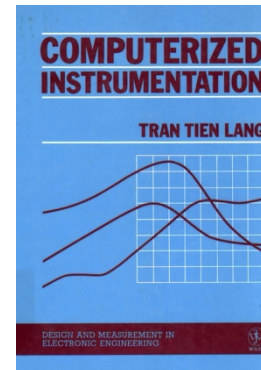
- [RES99] R.E.Smith, “*Quick Reference for RS485, RS422, RS232 and RS423*”, <http://www.rs485.com/rs485spec.html>, 1999
- [Rus95] Dave Ruske, “*Making sense of PCMCIA*”, <http://www.execpc.com/~sunfish/pcmcia/>, 1995
- [Ski99] Skipstone, “*Information on IEEE 1394*”, <http://www.skipstone.com/info.html>, 1999
- [Sol98] Edward Solari, “*ISA & EISA Theory and Operation*”, Annabooks Software, 495 p., ISBN 0-929392-15-9, 1998
- [Spu99] Charles Spurgeon's Ethernet Web Site, <http://www.ots.utexas.edu/ethernet/>, 1999
- [Ste98] Marcin A. Stegawski e Rolf Schaumann, “*A New Virtual-Instrumentation-Based Experimenting Environment for Undergraduate Laboratories with Application in Research and Manufacturing*”, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, Vol. 47, N. 6, Dezembro 1998
- [Sty99] Styrex, “*Tutorial on Interconnects*”, http://www.sryrex.se/kunskapsbanken/STYREX_HTML/Tutorial/Interconnects.html, 1999
- [Tek99] Tektronix, Inc. Web site, <http://www.tek.com>, 1999
- [TI99] Texas Instruments Inc., “*1394 High Performance serial Bus*”, <http://www.ti.com/sc/docs/products/msp/interface/1394/tech.htm>, 1999
- [TIA99] The Telecommunications Industry Association official Web site, <http://www.tiaonline.org/>, 1999
- [Tra99] Transera Inc., “*GPIB Tutorial*”, <http://www.transera.com/htbasic/tutgpib.html>, 1999
- [Tre99] Trevor Martin e Karl Smith, “*Controller Area Networking – The Future of Industrial Micro-processor Communications?*”, <http://www.hitex.co.uk/CAN/canarticle.html>, 1999
- [USB99] USB Implementors Forum Web site, <http://www.usb.org>, 1999
- [VIT99] VITA, “*VMEbus Frequently Asked Questions (FAQ)*”, <http://www.vits.com/vmefaq/index.html>, 1999
- [VXI99] The VXIBus Consortium, <http://www.vxi.org/intro.htm>, 1999
- [Wha99] whatis?comTM, <http://www.whatis.com>, 1999
- [Yok99a] Yokogawa Electric Corporation Web site, <http://www.yokogawa.co.jp>, 1999
- [Yok99b] Yokogawa Exhibition room & Warehouse, <http://www.yokogawa.co.jp/Information/Museum/exhibit/index.html>, 1999
- [ZDN99] ZDNet Webopedia Definitions and Links, <http://www.zdwebopedia.com>, 1999

5.2 Livros

Obras que cobrem total ou parcialmente a área dos “Sistemas automáticos de medição”.

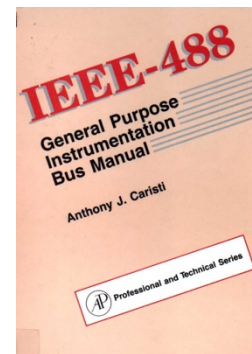
Tran Tien Lang, *Computerized Instrumentation*, John Wiley & Sons, 1991, 240 pág., ISBN 0-471-92504-7

Conteúdo: Merits of Digital Techniques in Instrumentation – Practical Aspects of Design Problems – Design of Intelligent Microcomputer-based Instruments – Microprocessors in Data-acquisition Systems – Digital Signal Processing in Instrumentation – Communication Interfaces



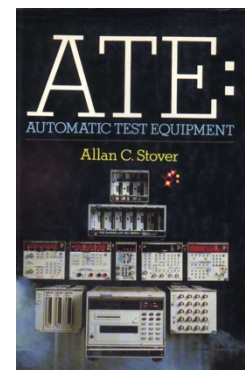
Anthony J. Caristi, *IEEE-488: General Purpose Instrumentation Bus Manual*, Academic Press, 1989, 253 pág., ISBN 0-12-159820-9

Conteúdo: The General Purpose Instrumentation Bus – IEEE-488 Protocol – The IEEE-488.2 Standard – GPIB Hardware – GPIB Devices and Functions – Programming the IEEE-488 GPIB – Tektronix Codes and Formats – Hewlett-Packard PC Interface Bus – The Hewlett-Packard Interface Loop – Increasing GPIB System Performance – Case Histories and Applications of the IEEE-488 Bus System



Allan C. Stover, *ATE: Automatic Test Equipment*, McGraw-Hill Book Company, 1984, 240 pág., ISBN 0-07-061792-9

Conteúdo: A review of ATE – The GPIB: An Introduction – ATE Building Blocks – The Controller – ATE Software – ATE Programs – UUT Fault Localization and Diagnostics – ATE Reliability – ATE Hardware Reliability – Assuring ATE Hardware Reliability – ATE Software Errors – Assuring ATE Software Reliability – ATE Fault Localization – Managing, Supporting, and Using ATE



R. Baican e D. S. Neculescu, *Applied Virtual Instrumentation*, Wit Pr/Computational Mechanics, 2000, ISBN 1-85-312800-7

Conteúdo: Introduction - LabVIEW and HP VEE Packages – Signals and Measuring Configuration Sensors – Signal Acquisition – Sensors Characteristics Measurement – Instrument Control – Signal Generation, Analysis and Processing



Mike Tooley, *PC-Based Instrumentation and Control*, Prentice-Hall, 1995, 388 pág., ISBN 0-7506-0038-1

Conteúdo: The IBM PC and compatibles - PC expansion systems - The operating system - System configuration - Programming - Assembly language programming - BASIC programming - C programming - The IEEE-488 bus - Interfacing - Software packages - Applications - Reliability and fault using real, working, proven circuit examples



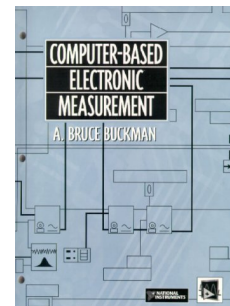
Robert B. Northrop, *Introduction to Instrumentation and Measurements*, CRC Press, 1997, 518 pág., ISBN: 0-8493-7898-2

Conteúdo: Measurement Systems - Digital Interfaces in Measurement Systems - The IEEE-488 Instrumentation Bus (GPIB) - Serial Data Communications Links - The CAMAC (IEEE-583) Modular Instrumentation Standard, and the VXI Modular - Examples of the Design of Measurement Systems



A. Bruce Buckman, *Computer-Based Electronic Measurement: An Introductory Electronics Laboratory Workbook Based on LabVIEW and Virtual Bench*, Prentice Hall, 1999, 300 pág., ISBN 0-2013-6182-5

Conteúdo: Laboratory Measurements with LabVIEW and Virtual Bench – Modules: M1. Signal Generation - M2 Waveform Capture - M3 Measuring Waveform Spectral Content - M4 Measuring Complex Transfer Function - M5 Measuring Current and Impedance - M6 Measuring Current-Voltage (i-v) characteristics for Non-linear Devices - M7 Small-Signal Parameter Measurements - Laboratory Projects



Jeffrey Travis, *Internet Applications in LabVIEW*, Prentice Hall, 2000, 601 pág., ISBN 0-1301-4144-5

Conteúdo: Remote Virtual Instrumentation - Internet Technology: A Primer - Client-Server Applications with LabVIEW - The VI Server – DataSocket - How the World Wide Web Works - Publishing Web Documents with LabVIEW - Advanced Web Technologies: An Overview - Using CGI with LabVIEW - Using ActiveX with LabVIEW - Using Java with LabVIEW - Network Security Issues and Solutions - Using LabVIEW with Other Internet Protocols - Practical Considerations for LabVIEW Internet Applications - Real-World LabVIEW-Internet Applications

