

L'instrumentation

PXI

Avatar du CompactPCI, le standard d'instrumentation modulaire PXI occupe aujourd'hui une place de choix avec une offre voisine de 1 200 produits. Son évolution suivra celle des technologies PC, avec l'emploi annoncé de PCI Express qui lui fournira plus de bande passante, tout en préservant sa compatibilité avec les matériels actuels.

L'instrumentation modulaire semble avoir le vent en poupe si l'on en croit la rapidité de développement des produits de ce secteur. Outre la flexibilité due à un savant dosage de logiciel et de matériel, elle fournit désormais, dans sa déclinaison PXI, une alternative à la fois compacte et économique aux bancs de tests réalisés par assemblage d'appareils complets, sans pour autant sacrifier la performance.

Lancé par National Instruments en 1997, le standard PXI (PCI extensions for instrumentation) est une déclinaison spécialisée de l'architecture PCI (empruntée aux ordinateurs personnels), dans sa version CompactPCI destinée aux applications industrielles. Il reprend donc nombre de composants fabriqués à très large échelle pour l'industrie informatique, de même qu'une partie de l'investissement logiciel d'importants éditeurs.

Une architecture simple et efficace

Au même titre qu'en CompactPCI (cPCI), il existe deux formats de châssis et modules PXI: 3U, de loin le plus répandu, et 6U. Les extensions propres au PXI concernent la synchronisation,

avec un bus de déclenchement à huit lignes sur le fond de panier, un déclenchement en étoile, plus précis mais qui nécessite l'adjonction d'une carte spéciale, et un bus local chaîné de carte à carte qui assure des liaisons directes entre modules adjacents sans passer par le bus PCI. Ces extensions sont similaires à celles qui ont permis de passer du VME au standard d'instrumentation VXI en 1987, à ceci près que le déclenchement en étoile n'était disponible que pour la taille D qui a rapidement disparu.

Dans un châssis PXI, l'emplacement numéroté 1 est réservé au module contrôleur de type PC ou à un module d'interface pour ordinateur externe. Dans le premier cas, celui-ci occupe un volume exigeant plus d'un emplacement (jusqu'à quatre dans la pratique) et s'étend vers la gauche de façon à ne pas accaparer d'autres slots utiles sur le fond de panier. L'emplacement numéro 2, situé à droite du contrôleur, peut recevoir a priori tout type de module, mais si le déclenchement en étoile est utilisé, c'est là que doit être installé le module réalisant cette fonction. Les autres slots sont à même d'accueillir des cartes instruments de différents largeurs, mais qui n'occupent

qu'un emplacement électrique sur le bus. La norme CompactPCI spécifie un nombre maximal de huit modules sur le bus. Cela est notoirement insuffisant et les extensions nécessitent d'installer des modules intégrant un pont PCI-PCI pour créer de nouveaux segments de bus. Un progrès a consisté à intégrer ces ponts PCI-PCI sur le fond de panier qui, de ce fait, n'est plus entièrement passif mais dont les capacités sont virtuellement illimitées: il peut en théorie y avoir jusqu'à 256 ponts PCI-PCI dans un système. La présence de ces ponts est repérée par le symbole | sur la face avant des châssis. Il pourra être nécessaire d'en tenir compte car ces ponts ne sont pas totalement transparents vis-à-vis des problèmes de déclenchement.



L'architecture SMC des générateurs de signaux arbitraires PXI-542x et PXI-5441 de National Instruments procure une précision de synchronisation entre modules de 10 à 20 ps.

qu'un emplacement électrique sur le bus.

Au niveau logiciel, l'immense majorité des systèmes utilise les versions « professionnelles » de Windows, en l'occurrence NT et XP. Le support de Windows 95/98 est sorti de la norme. Quant aux autres systèmes, ils sont plutôt anecdotiques. PXI est totalement fermé aux divers MacOS, du fait

qu'ils ne tournent pas sur plateforme de type PC. En revanche, il est possible de faire fonctionner les contrôleurs PXI sous Linux ou avec des OS plus spécifiques des applications embarquées ou temps réel, essentiellement pour des raisons de stabilité. Cette conception nécessite quelques travaux d'approche, car si l'on a la garantie de trouver les pilotes logiciels pour Windows, cela est beaucoup moins sûr concernant les systèmes d'exploitation autres. Enfin, le standard PXI donne des prescriptions concernant les alimentations et le refroidissement des modules. Il est toutefois moins strict que VXI en ce qui concerne les solutions à mettre en œuvre, et ces aspects sont souvent considérés comme très subsidiaires par les utilisateurs...

PXI Express: gérer le passé et le futur

Le monde PC évoluant rapidement, les dérivés destinés à l'instrumentation doivent se modifier en parallèle. Ainsi la disparition du bus PCI est programmée au profit de PCI Express (PCIe), la variante plus rapide dite PCI-X (à 133 MHz et au-delà)

n'ayant pas été retenue par Intel. C'est pourquoi le PICMG, en charge du standard cPCI, a adopté en juin dernier les spécifications CompactPCI Express, suivi trois mois plus tard par l'alliance PXI Systems qui a opté pour la même technologie avec PXI Express (PXIe).

Le bus parallèle PCI, qui offre une vitesse de transfert atteignant 528 Mo/s à 66 MHz sur 64 bits – mais dont la version la plus usuelle en instrumentation est de 32 bits/33 MHz, soit 132 Mo/s –, cédera donc sa place à un bus série doté d'un débit de 250 Mo/s dans chaque direction. Cela ne semble pas très avantageux à première vue, mais PCIe a deux caractéristiques qui changent tout. Contrairement au PCI traditionnel, la bande passante n'est pas partagée mais dédiée à chaque périphérique : les périphériques ne sont pas chaînés sur un bus commun comme avec le PCI parallèle, mais chaque lien PCIe est issu d'un hub et ne communique qu'avec un seul périphérique. D'autre part, on peut grouper des liens pour multiplier le débit. Ainsi on trouve couramment des liaisons PCIe x4 (1Go/s) et PCIe x16 (4Go/s), deux fois plus rapides que l'AGP 8x, dédié aux cartes graphiques.

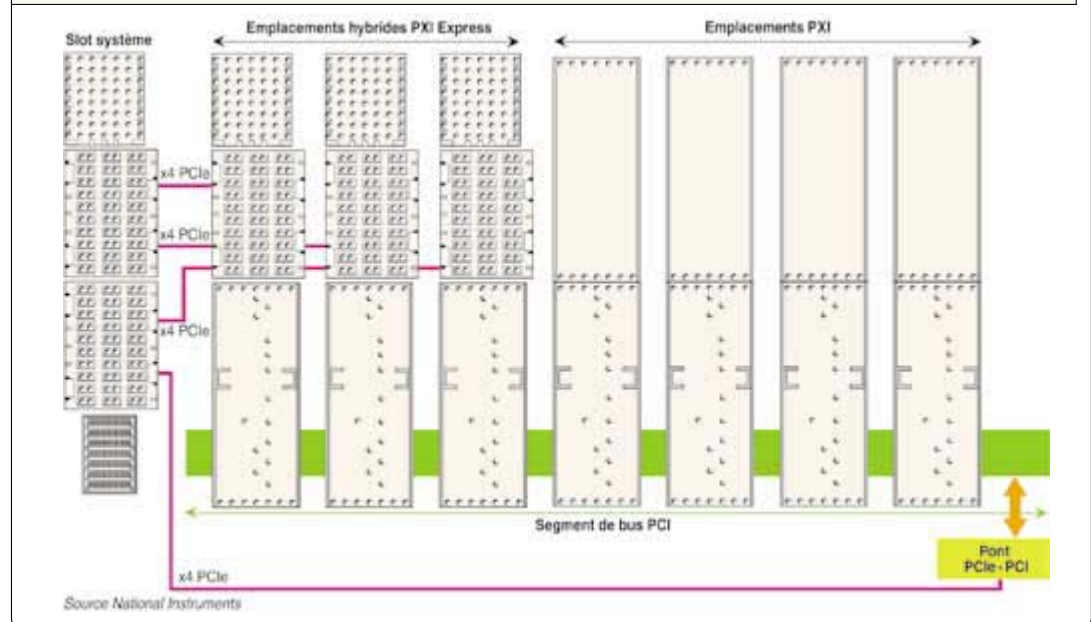
Bien entendu, la connectique est très différente et n'est plus compatible, tant dans le domaine de l'informatique que des châssis d'instrumentation. Néanmoins, il faut tenir compte de l'existant. Alors que les premières cartes PXIe de National Instruments sont annoncées pour le premier trimestre de cette année, il est important que les châssis à venir soient capables de supporter les modules PXI (qui resteront majoritaires pendant longtemps) et les modules PXIe. Dans les spécifications du standard édictées en septembre, il est prévu des emplacements mixtes capables de recevoir les deux types de tiroirs (figure 1). Par rapport aux autres types de liaison, NI se plaît à signaler que les technologies PCI et PCIe bénéficient d'un temps de latence moindre (figure 2).

En ce qui concerne le logiciel, il ne devrait pas être nécessaire de modifier les applications pour passer de PXI à PXIe, les mécanismes d'identification et de loca-

Fond de panier d'un châssis mixte PXI/PXIe

FIGURE 1

Les liens PCIe, regroupés par quatre, iront du contrôleur embarqué ou du module d'interface aux emplacements hybrides. Au total, la bande passante sur le fond de panier sera de 6Go/s, soit 45 fois plus que le PXI actuel. Ce fond de panier dispose d'emplacements traditionnels et d'emplacements hybrides, capables d'accueillir des modules PXIe, cPCI ou PXI modifiés (connecteur J1 complet et connecteur J2 raccourci).



lisation des périphériques sur le bus restant les mêmes, une fois pris en charge par les logiciels de bas niveau du contrôleur.

Contrôleur embarqué ou non ?

Grâce à l'intégration d'un module contrôleur, éventuellement très complet (avec disque dur et lecteur de CD), un système PXI est équivalent à un ensemble d'instrumentation, voire un banc de test. En effet, le contrôleur supporte une multitude d'applications standard ou développées spécialement, notamment en environnement Windows. Les logiciels de programmation ne

manquent pas, qu'il s'agisse de LabView ou LabWindows de NI, de Vee Pro d'Agilent Technologies ou des outils plus généralistes de Microsoft comme Visual Basic ou Visual C++.

L'architecture des pilotes de modules autorise une programmation de haut niveau facile à mettre en œuvre. Dans cette approche, le contrôleur effectue une multitude de tâches en local, ne communique à l'extérieur (sur un écran, une imprimante, ou à destination d'un système informatique central) que des informations à faible débit et de haut niveau (tableaux de mesures, journalisation des incidents/

alarmes, rapports complets...) et ne reçoit que peu d'ordres externes.

Pour une commande par calculateur distant, il faut faire appel à un pont PCI-PCI. A cet effet, National Instruments a développé des kits d'interface MXI-3 puis MXI-4. Ceux-ci se composent d'une carte PCI à intégrer dans le PC maître, d'un câble en cuivre ou fibre optique et d'un module d'interface PXI à insérer dans le slot 1 du châssis. Concrètement, les bits en parallèle sont sérialisés et transférés à 1,5 Gbit/s. En pratique, MXI-4 assure un débit de données soutenu de 78 Mo/s. Récemment introduit par NI, le kit MXI-Express porte cette vitesse à 110 Mo/s : il permet de relier le bus PCIe du PC de contrôle à un bus PXI traditionnel. De leur côté, le taiwanais ADLink et le britannique Pickering Interfaces mettent en œuvre la technologie de liaison StarFabric à 2,5 Gbits/s dans leurs solutions d'interfaçage.

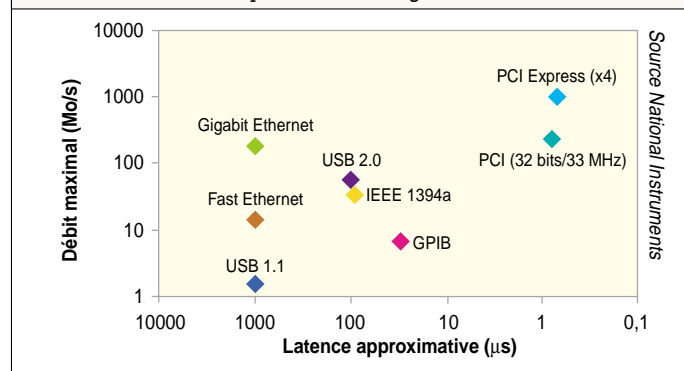
L'interchangeabilité des instruments : mythe ou réalité ?

Contrairement aux instruments traditionnels GPIB, la plupart des modules PXI ne sont pas basés sur des registres, c'est-à-dire que le

Vitesse et temps de latence des différents types de liaison

FIGURE 2

En termes de vitesse de transfert, l'avantage de PCI Express est d'autant plus marqué que l'on regroupe plusieurs liens. Le temps de latence, dont l'importance croît avec la multiplication des échanges sur le bus, est minimal pour les technologies PCI.



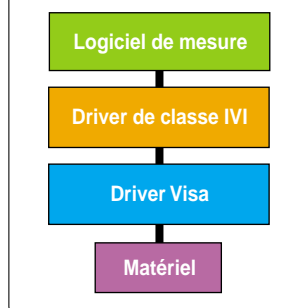
système logiciel a pour fonction de placer les données de réglage dans certains registres de l'instrument et de venir chercher les résultats dans d'autres registres. Bien entendu, il est souhaitable de masquer ce tour de passe-passe à l'utilisateur et de lui offrir un accès beaucoup plus simple et immédiat aux fonctions métrologiques. C'est, entre autres, le but des pilotes (ou drivers).

Le pilote de base dialogue avec le matériel, assure les fonctions d'entrée/sortie du module, ainsi que la cohabitation des matériels et logiciels des différents constructeurs, et facilite la programmation. La norme logicielle Visa (Virtual instrument software architecture), issue du monde VXI, a été reprise et mise à jour par l'alliance PXI Systems; son emploi est encouragé mais n'est pas obligatoire. Elle standardise la gestion des entrées/sorties, définit la manière d'écrire les

Architecture logicielle d'un système PXI

FIGURE 3

La couche IVI se place au-dessus de Visa. Si l'on change d'appareil dans une même classe, seul le driver Visa est modifié.



pilotes, les types de données échangées et, dans certains cas, le nom des fonctions.

L'usage de Visa accélère le développement des applications, mais il est possible d'aller plus loin

avec la norme IVI (Interchangeable virtual instruments), qui ajoute une surcouche logicielle dont l'objet est de rendre les programmes indépendants des instruments employés (figure 3). Le but avoué est de permettre le remplacement d'un appareil compatible par un produit de même nature sans avoir à modifier le code. Cela préserve le logiciel lorsque les instruments deviennent obsolètes, et facilite le maintien de larges fractions du code lors du passage du laboratoire de développement au test en production. A cette fin, la fondation IVI a défini des classes d'instruments à l'intérieur desquelles l'interchangeabilité peut être effective. Ces classes sont pour le moment au nombre de huit : oscilloscope, multimètre, générateur de fonctions et arbitraire, alimentation continue, commutateur, wattmètre, analyseur de spectre et générateur RF.

D'autres classes sont en cours de développement.

Bien entendu l'interchangeabilité entre appareils a ses limites. Il est clair que les résultats ne seront pas identiques entre instruments dont les performances métrologiques sont très différentes, même si chacun semble parfaitement fonctionner dans l'environnement. D'autre part, il est évident que des modules qui disposent de fonctions spécifiques, uniques dans leur catégorie, bien que disposant de pilotes IVI, n'assurent pas l'interchangeabilité dans le cadre de ces fonctions spéciales. Enfin, le surcroît logiciel qu'implique l'adoption du standard IVI est susceptible de ralentir la vitesse du système : un programme de haut niveau est toujours plus lent à s'exécuter que des appels de bas niveau.

JEAN-PIERRE LANDRAGIN
ET PHILIPPE SCHWARTZ

Les critères de choix

Une offre pléthorique en instrumentation générale et émergente en RF

Outre la souplesse apportée par la modularité, l'instrumentation PXI permet de tailler les systèmes véritablement sur mesure, jusque dans les moindres détails, et devient compétitive même en RF. Elle permet de penser dès la conception l'équipement de test en production.

La montée en fréquence et l'intérêt d'un nombre croissant d'acteurs sont significatifs de l'engouement du standard PXI, qui n'est pas une simple mode. Aujourd'hui, l'alliance PXI Systems compte 65 membres et, d'après Frost et Sullivan, le marché s'est accru

de plus de 40% en 2004 pour s'établir à quelque 118M\$. L'offre PXI dépasse très largement le millier de produits et laisse donc l'embarras du choix, depuis les versions d'entrée de gamme jusqu'aux instruments virtuels aussi performants que leurs équivalents de laboratoire. Té-

moins, le multimètre PXI-4071 de National Instruments, modèle à 7,5 chiffres, de précision de base 2ppm en tensions continues, qui n'a rien à envier à ses alter ego plus traditionnels de Keithley ou Agilent.

Depuis notre dernier Dossier sur le sujet fin 2001 (*Electronique* n°118, p. 94), les gammes de produits PXI se sont considérablement étoffées et diversifiées. De ce fait, pour des raisons de place, nous avons dû opérer des choix et ne traiter que partiellement l'ensemble des matériels qui étaient abordés dans cette parution. Ainsi, dans le tableau qui suit, nous n'avons conservé que les modules de mesure et de

génération; ont donc été exclus les châssis, les contrôleurs embarqués, les cartes d'interface, les ressources de commutation et les cartes d'acquisition basiques.

Le paramétrage est commun à l'ensemble des appareils exposés ici. Outre le fournisseur (éventuellement fabricant et distributeur lorsqu'ils sont distincts) et la référence, une colonne indique la fonction assurée. Bien entendu, la suite dépend dans une large mesure du contenu de cette colonne, dont on pourra constater la grande variété. Les détails sont portés dans la colonne « caractéristiques principales » et parfois complétées

Suite p.61

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 8U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité NI?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations
Acqiris	DC135	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 500 MHz, 500 Méch./s sur 8 bits et 128 Ko par voie	6 990	Fréquence d'échantillonnage et profondeur mémoire doublées en monovoie; options mémoire 2 Mo/voie (DC135) et 8 Mo/voie (DC140), compteur 400 MHz.
	DC140	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 1 GHz, 1 Géch./s sur 8 bits et 128 Ko par voie		
	DC122	Numériseur	3U	1	Non	1 voie à 4 Géch./s sur 10 bits, mémoire de 512 Kpoints	14 380	Bande passante 2 GHz ou 3 GHz (DC122); bus de synchronisation propriétaire; options mémoire jusqu'à 512 Mpoints; DC152: fréquence d'éch. et profondeur mémoire doublées en monovoie.
	DC152	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 2 Géch./s sur 10 bits, 256 Kpoints/voie		
	DC222	Numériseur	6U	1	Non	1 voie à 8 Géch./s sur 10 bits, mémoire de 1 Mpoint	18 680	DC222/252: bande passante de 2 ou 3 GHz; DC282: bande passante 2 GHz ou 300 MHz avec mesures jusqu'à 50 V pleine échelle dans 1 M Ω ; bus de synchronisation propriétaire; capacité mémoire totale jusqu'à 1 Gpoint en option; DC252 et DC282: 8 Géch./s en monovoie.
	DC252	Numériseur	6U	1	Non	2 voies à 4 Géch./s sur 10 bits, 512 Kpoints/voie		
	DC282	Numériseur	6U	1	Non	4 voies à 2 Géch./s sur 10 bits, 256 Kpoints/voie		
Acquitek (Acquisys)	Série XH	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 20 Méch./s sur 12 bits, de 4 à 8 Mpoints/voie ou 1 voie à 40 Méch./s, mémoire de 8 à 16 Mpoints	1 840	Options génération arbitraire 2 voies - 20 Méch./s sur 12 bits et 16 E/S numériques.
	DA1000	Générateur arbitraire	6U	1	Non	1 voie à 1 Géch./s sur 12 bits, mémoire de 4 Mpoints	11 500	Temps de transition: 260 ps typ.; jusqu'à 32 000 segments de mémoire et 16 000 boucles par segment; options atténuateur programmable et source de bruit blanc 500 MHz.
ADLink (Sm2i)	PXI-9820D/512	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 65 Méch./s sur 14 bits, 128 Mpoints/voie	3 700	BP de 30 MHz; jusqu'à 130 Méch./s en monovoie; existe en version 32 Mpoints/voie.
	PXI-9710	Numériseur	3U	1	Non	1 voie à 500 Méch./s sur 8 bits, mémoire de 2 Mo	6 200	Bande passante de 250 MHz.
Aeroflex	3010	Synthétiseur	3U	1	Oui	1,5 à 3 GHz, sortie 0 dBm, option OCXO (3011)	3 600	Bruit de phase typique de -133 dBc/Hz à 100 kHz d'une portuse de 2 GHz; option commutation de fréquence en 250 μ s; utilisable comme OL des générateurs 302x et numériseurs 303x.
	3020A	Générateur de signaux	3U	2	Oui	250 MHz à 2,7 GHz, modulations analogiques et numériques	6 950	Forme avec le module 3010 un générateur de signaux vectoriels; générateur arbitraire intégré (2 voies de 32 Méch. de 14 bits) pour une BP de modulation I/Q de 14 MHz; option entrées I et Q analogiques pour une modulation vectorielle sur 25 MHz, sorties analogiques différentielles I et Q.
	3025	Générateur de signaux	3U	2	Oui	86 MHz à 6 GHz, modulations analogiques et numériques	11 650	
	3030	Numériseur	3U	2	Oui	330 MHz à 3 GHz, bande numérisée de 20 MHz	9 400	Forme avec le module 3010 un analyseur de signaux vectoriels; conversion A/N sur 14 bits à 61,44 Méch./s (3030) ou 103,68 Méch./s (3030A et 3035); mémoire de 128 Mpoints; en option applicatifs GSM/Edge, W-CDMA, WLAN...
	3030A	Numériseur	3U	2	Oui	330 MHz à 3 GHz, bande numérisée de 33 MHz	10 450	
	3035	Numériseur	3U	2	Oui	330 MHz à 6 GHz, bande numérisée de 36 MHz	13 950	
Ascor (Acquisys)	7205	Convertisseur en fréquence basse	3U	2		Entrée de 4,9 à 6 GHz, sortie 1,1 à 2,2 GHz	6 000	Extension de fréquence de l'analyseur RF PXI-5660 de National Instruments.
	7208		3U	2		Entrée de 2,7 à 6 GHz, sortie 2,4 GHz	10 900	
	7214		3U	2		Entrée de 3,2 à 4,2 GHz, sortie 1,4 à 2,4 GHz	6 000	
	7206	Convertisseur en fréquence haute	3U	2		Entrée de 1,1 à 2,2 GHz, sortie de 4,9 à 6 GHz	6 000	Extension de fréquence du générateur RF PXI-5670 de National Instruments.
	7209		3U	2		Entrée de 2,4 GHz, sortie de 2,7 à 6 GHz	10 900	
	7215		3U	2		Entrée de 1,4 à 2,4 GHz, sortie de 3,2 à 4,2 GHz	6 000	
	7207	Convertisseur de fréquence	3U	2		Downconverter identique au 7205, upconverter identique au 7206	10 300	Idem 7205 + 7206.
	7210		3U	2		Downconverter identique au 7208, upconverter identique au 7209	15 400	Idem 7208 + 7209.
	7216		3U	2		Downconverter identique au 7214, upconverter identique au 7215	10 300	Idem 7214 + 7215.
Brandywine (Acquisys)	cPCI-Rb	Base de temps	3U	1	Non	Oscillateur OCXO ou rubidium, fréquence 10, 5 ou 1 MHz		4 sorties sinus et 1 sortie carré; récepteur GPS en option.
Chroma (Qualitysource)	52912	Alimentation programmable	3U	1	Non	2 voies, 0 à 48 VDC, jusqu'à 2A, 60 W/voie	1 730	Possibilités de connexions en série et en parallèle; 52912: entrée 56VDC ou adaptateur secteur externe; 52914: entrée 90 à 260VAC.
	52914		3U	3	Non	Idem ci-dessus	2 190	

Suite page 60

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 8U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité IV?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations
Gage Applied Technologies (Acquisys)	CS1610C	Numériseur	6U	1	Non	2 voies à 4 MHz, 10 Méch./s sur 16 bits et 512 Kpoints par voie	5 300	Entrées simples ou différentielles; options mémoire jusqu'à 512 Mpoints/voie; THD de -68 dBc et 11,5 bits effectifs sur sinusoïde 1 MHz numérisée à 10 Méch./s.
	CS14100C	Numériseur	6U	1	Non	2 voies à 50 MHz, 50 Méch./s sur 14 bits et 512 Kpoints par voie	6 400	Fréquence d'échantillonnage et profondeur mémoire doublées en monovoie; options mémoire jusqu'à 512 Mpoints/voie.
	CS82GC	Numériseur	6U	1	Non	2 voies à 1 Géch./s sur 8 bits, 1 Mo/voie, bande passante jusqu'à 1,2 GHz	8 600	Fréquence d'échantillonnage et profondeur mémoire doublées en monovoie; options mémoire jusqu'à 8 Mo/voie.
	CS3200C	Entrées numériques	6U	1	Non	32 voies à 100 MHz, mémoire de 2 Mo à 2 Go	6 400	Entrées simples ou différentielles; configuration possible en 8 et 16 voies pour multiplier par 4 et 2 la profondeur mémoire.
Geotest (MB Electronique)	GX5281/82	E/S numériques	3U	1		32 voies à 50 MHz, 32/64 Mbits/voie	5 000	Vitesse jusqu'à 100 MHz; niveaux sélectionnables de 1,5 à 5 V.
	GX5050		6U	1		32 voies à 50 MHz, 256 Kbits/voie	10 000	1 Mbit/voie en option; séquençement des vecteurs de sortie; jusqu'à 16 modules en configuration maître/esclave.
	GX5152		6U	2		32 voies à 100 MHz, 256 Kbits à 2 Mbits/voie	4 500	Configuration possible en 16 ou 8 E/S avec multiplication par 2 ou 4 de la profondeur mémoire; jusqu'à 15 modules d'extension.
	GTX2210/20/30	Compteur universel	3U	1		100 MHz/1,3 GHz/2 GHz, résolution de 8/10 chiffres/s	2500 à 5300	Jusqu'à 2 300 mesures/s; fenêtre de mesure jusqu'à 5 000 s (GTX2210) ou 3200 s (GTX2220).
	SMX2040/44	Multimètre	3U	1	Oui	6,5 chiffres, mesures de tensions et courants AC et DC, et de résistances en 2 ou 4 fils	1800/2700	SMX204x: jusqu'à 1 000 mesures/s; SMX206x: jusqu'à 20 000 mesures/s; SMX2044/64: mesures de fréquences, capacités, inductances, températures, source de tension et courant.
	SMX2060/64	Multimètre	3U	1	Oui	7,5 chiffres, mesures idem SMX204x	2900/4000	
	GX1200/01	Générateur arbitraire	3U	1	Oui	1 voie à 50/100 Méch./s sur 14 bits, mémoire de 2 Mpoints	4500/5500	Modulations FM et FSK; vobulation lin. et log.; niveau de sortie 8 Vcc dans 50 Ω.
Goepel Electronic (Aster Ingénierie)	SFX/PXI 1149.1-A	Contrôleur de bus Jtag	3U	1		Horloge de 20 MHz	2 500	Contrôle de 2 à 8 ports TAP; SFX/PXI 1149.1-B/C: gestion des algorithmes de programmation de mémoires flash directement par le contrôleur.
	SFX/PXI 1149.1-B		3U	1		Horloge de 50 MHz	6 000	
	SFX/PXI 1149.1-C		3U	1		Horloge de 80 MHz	8 000	
	PXI 5296	E/S numériques boundary scan	3U	1		96 voies de test	2 200	Ressource de 96 ou 192 cellules Jtag externes indépendantes; prog. en niveau de 1,8 à 5 V par groupes de 32 voies; chaque canal est configurable en entrée, sortie, voie bidirectionnelle.
	PXI 52192		3U	1		192 voies de test	3 400	
	PXI 5348	E/S boundary scan	3U	1		48 voies différentielles	2 200	Support des standards LVDS et LVPECL (24 entrées, 24 sorties), et BLVDS (48 voies bidirectionnelles).
Innovative Integration (Acquisys)	cChicoPlus	Numériseur	3U	1	Non	1 emplacement pour module d'acquisition et génération Omnibus	1 700	Echantillonnage jusqu'à 80 Méch./s et résolution de 12 à 24 bits selon la vitesse.
	cConejo	Numériseur et DSP	6U	1	Non	4 entrées à 10 Méch./s sur 14 bits, mémoire de 32 Mo, DSP 6713	5 500	Ultrafaible latence; 4 sorties 15 Méch./s sur 16 bits (50 Méch./s en monovoie); FPGA Xilinx en option.
	cM62/67		6U	1	Non	3 emplacements pour modules Omnibus, DSP 6201 ou 6701	4 000	Ressources d'acquisition et de génération suivant les modules Omnibus implantés: jusqu'à 80 Méch./s et 24 bits.
	Quixote		6U	1	Non	2 entrées à 105 Méch./s sur 14 bits, DSP 6416, FPGA Virtex-II, 1 site PMC	11 000	2 sorties 105 Méch./s - 14 bits; Virtex-II à 2 ou 6 Mportes; DSP 6416 à 1 GHz jusqu'à 8000 Mips.
	Quadia		6U	1	Non	4 DSP 6416, 2 FPGA Virtex-II Pro à 4 ou 5 Mportes, 2 sites PMC	11 000	Liaison entre site PMC et FPGA à 800 Mo/s; 2 ports série 2,5 Gbits/s; choix de cartes PMC: 4 entrées 125 Méch./s - 14 bits, 2 entrées 210 Méch./s - 12 bits ou 4 sorties 500 Méch./s - 16 bits.
Jtag Technologies	JT 37x7/PXI	Testeur boundary scan	3U	1		Horloge 40 MHz, contrôle de 4 ports TAP	3 000	JT 3717 et JT 3727: module ETT avec capacités mémoires respectives de 64 et 128 Mbits pour une programmation in-situ accélérée des flash et FPGA.
JX12 (JTelec)	SyncClock32	Datation et génération de temps	3U	1	Non	Entrée synchronisée par IRIG B ou A, Nasa 36 ou 1PPS, sortie IRIG B non modulée		Correction du retard de propagation; 3 impulsions programmables par l'utilisateur; options synchronisation par récepteur GPS en mezzanine, sortie IRIG A, B ou G modulée...
KineticSystems (Acquisys)	P635	Compteur fréquencemètre	3U	1	Non	8 voies - 100 kHz, entrées TTL et différentielles de ±20 mV à ±20 V	4 550	Mesure de vitesse de rotation sur machines tournantes; fenêtre de mesure de 1 ms à 1,024 s.

Suite page 62



Associés à un synthétiseur 3010 ou 3011, le module 3025 et le numériseur 3035 d'Aeroflex forment respectivement un générateur et un analyseur de signaux vectoriels PXI 3U triple largeur. La gamme des fréquences couvertes atteint 6 GHz.

► dans les « observations ». La description succincte des produits est assortie des caractéristiques mécaniques, dont la hauteur – qui est très majoritairement de 3 U –, et le nombre d'emplacements occupés en largeur, qui est lui aussi majoritairement de 1, mais parfois aussi de 2 ou 3.

Plus vite et plus haut en fréquence

Il ne faut pas perdre de vue qu'un système PXI est avant tout un système informatique, ou une extension de celui-ci. Par conséquent, les aspects mécaniques et matériels comme les caractéristiques métrologiques ont leur importance, mais l'aspect logiciel est aussi une clé du succès. C'est pourquoi une colonne précise la compatibilité IVI des produits. Rappelons que celle-ci, moyennant l'installation d'un pilote conforme, garantit l'interchangeabilité fonctionnelle entre modules similaires (voir article précédent). Cette compatibilité n'est pas disponible pour la majorité des références répertoriées. En particulier, elle n'existe plus dès que les fonctions fournies par les modules n'entrent pas dans les huit classes d'instruments actuellement définies, ou sortent de l'ordinaire (c'est en particulier le cas d'une foule de produits qualifiés de « multifonctions »).

Enfin, les prix sont donnés en version de base et sont susceptibles de réévaluations conséquentes selon les options choisies.

On notera l'explosion des performances, notamment en ce qui concerne la montée en fréquence ou le couple vitesse - résolution des numériseurs et générateurs arbitraires : les numériseurs 3U simple largeur DC1x2 d'Acqiris, qui échantillonnent à 4 Géch./s sur 10 bits, ou le générateur PXI-5422 du même format de National Instruments, doté d'un convertisseur N/A à 200 Méch./s sur 16 bits, illustrent cette tendance ; autre exemple, le PXI-5922 de NI qui numérise avec une résolution variable de 24 bits (jusqu'à 500 kéch./s) à 16 bits (jusqu'à 15 Méch./s). Des caractéristiques rares, voire sans précédent dans le dernier cas, et un rapport performances/prix qui positionnent très favorablement ces modules en regard de leurs équivalents GPIB.

L'apparition de modules RF depuis deux ou trois ans fait du PXI un candidat de choix pour le test synthétique cher à l'armée américaine. Dans ce concept qui privilégie l'évolutivité et la pérennité des bancs de test, chaque instrument se compose de plusieurs blocs fonctionnels. Chez Aeroflex et NI, il est désormais possible de réaliser un analyseur de spectre PXI, et plus précisément un analyseur de signaux vectoriels, en regroupant un module de conversion en fréquence basse (downconverter) et un module de numérisation, qui s'applique à la FI issue du premier et effectue une démo-

Suite p.65

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 6U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité IVI?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations	
Max Technologies (JTelec)	PXI-400	Analyseur de bus avionique	3U	1	Non	Analyse et simulation de bus Arinc 429/575/561/568/629, Mil-Std-1553 A/B...		Carte porteuse accueillant 2 mezzanines IndustryPack pour une analyse multiprotocole; existe en versions PCI, cPCI, VME et VXI pour recevoir jusqu'à 4 modules IPack.	
Men Mikro Elektronik	F204	Carte porteuse	3U	1		1 emplacement pour M-Module		Large choix de M-Modules compatibles IVI, dont le numériseur M78 (4 voies à 50 MécH./s sur 12 bits), le multimètre M76 à 6,5 chiffres, le générateur arbitraire M68 (4 voies à 100 kéch./s sur 16 bits), le module d'acquisition et traitement M59 (4 voies à 100 kéch./s sur 16 bits, 2 DSP)...	
	F205	Carte porteuse	3U	1		2 emplacements pour M-Modules			
	D203	Carte porteuse	6U	1		4 emplacements pour M-Modules			
National Instruments	PXI-4060	Multimètre	3U	1	Oui	5,5 chiffres, mesures de tensions et courants AC et DC, et de résistances	1 045	Isolation +/- 300 VDC/veff. (± 500 VDC/veff. sur le PXI-4071); PXI-4060: jusqu'à 60 lectures/s; PXI-407x: jusqu'à 10 000 mesures/s en 4,5 chiffres, numérisation à 1,8 MécH./s; PXI-4072: mesures de capacités et inductances.	
	PXI-4070	Multimètre	3U	1	Oui	6,5 chiffres, mesures de tensions et courants AC et DC, et de résistances en 2 ou 4 fils	2 095		
	PXI-4072	Multimètre	3U	1	Oui	6,5 chiffres, mesures idem PXI-4070	2 595		
	PXI-4071	Multimètre	3U	1	Oui	7,5 chiffres, mesures idem PXI-4070	2 595	Dynamique typique de 118 dB (110 dB pour les versions PXI-4472); gammes d'entrée de ± 316 mV à $\pm 42,4$ V (entrée ± 10 V sur les versions PXI-4472); boîte à outils optionnelle pour analyse audio et vibrations.	
	PXI-4461	Acquisition de signaux dynamiques	3U	1	Non	2 entrées et 2 sorties à 204,8 kéch./s sur 24 bits	4 195		
	PXI-4462		3U	1	Non	4 entrées à 204,8 kéch./s sur 24 bits	4 195		
	PXI-4472/72B		3U	1	Non	8 entrées à 102,8 kéch./s sur 24 bits	4 195		
	PXI-6561	E/S numériques	3U	1	Non	16 voies à 200 Mbits/s, 2 Mbits/voie	3 645	Voies bidirectionnelles; architecture de synchronisation SMC, retards programmables et éditeurs interactifs de scripts et de formes d'ondes (sauf PXI-653x); PXI-656x: signaux LVDS, options mémoire jusqu'à 128 Mbits/voie; PXI-655x: niveaux programmables de -2 à +5,5 V, options mémoire jusqu'à 64 Mbits/voie; PXI-654x: niveaux sélectionnables de 1,8 à 5 V, options mémoire jusqu'à 64 Mbits/voie; PXI-653x: niveau 5 V, transferts sur 32, 16 et 8 bits (PXI-6533: jusqu'à 76 Mbits/s, PXI-6534: jusqu'à 80 Mbits/s et 32 Mbits/voie sur 8 voies).	
	PXI-6562	E/S numériques	3U	1	Non	16 voies à 400 Mbits/s, 2 Mbits/voie	5 195		
	PXI-6551	E/S numériques	3U	1	Non	20 voies à 50 MHz, 1 Mbit/voie	5 195		
	PXI-6552	E/S numériques	3U	1	Non	20 voies à 100 MHz, 1 Mbit/voie	7 295		
	PXI-6541	E/S numériques	3U	1	Non	32 voies à 50 MHz, 1 Mbit/voie	3 145		
	PXI-6542	E/S numériques	3U	1	Non	32 voies à 100 MHz, 1 Mbit/voie	5 195		
	PXI-6533	E/S numériques	3U	1	Non	32 voies à 2 MHz	1 245		
	PXI-6534	E/S numériques	3U	1	Non	32 voies à 20 MHz, 8 Mbits/voie	2 095		
	PXI-5102	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 15 MHz, 20 MécH./s sur 8 bits et 663 ko par voie	1 595		Echantillonnage en temps équivalent à 1 Géch./s; gamme d'entrée de 100 mVcc à 10 Vcc.
	PXI-5112	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 100 MHz, 100 MécH./s sur 8 bits et 16 Mo par voie	2 595		Temps équivalent à 2,5 Géch./s; gamme d'entrée de 50 mVcc à 50 Vcc; option 32 Mo/voie.
	PXI-5114	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 125 MHz, 250 MécH./s sur 8 bits et 8 Mo/voie	3 145	Temps équivalent à 5 Géch./s; gamme d'entrée de 40 mVcc à 40 Vcc; option jusqu'à 256 Mo/voie; architecture de synchronisation SMC.	
	PXI-5122	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 100 MHz, 100 MécH./s sur 14 bits et 8 Mo par voie	5 195	PXI-5122/24: temps équivalent à 2/4 Géch./s; gamme d'entrée de 200 mVcc à 20 Vcc; jusqu'à 512 Mo/voie en option; architecture de synchronisation SMC; boîte à outils pour mesures spectrales.	
	PXI-5124	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 150 MHz, 200 MécH./s sur 12 bits et 8 Mo/voie	6 245		
	PXI-5922	Numériseur	3U	1	Oui	2 voies à 6 MHz, de 500 kéch./s sur 24 bits à 15 MécH./s sur 16 bits, 8 Mo/voie	6 795	Résolution variable avec la vitesse; entrées de 2 Vcc ou 10 Vcc; jusqu'à 256 Mo/voie en option; architecture SMC; boîtes à outils pour mesures de spectre, de modulation et audio/vibrations.	
	PXI-5404	Générateur de fréquence	3U	1	Oui	1 voie à 300 MécH./s sur 12 bits, génération de sinus et d'horloge jusqu'à 105 MHz	1 595	Résolution de 1,07 μ Hz; réponse en fréquence de $\pm 0,2$ dB.	
PXI-5401	Générateur de fonctions	3U	2	Oui	1 voie à 16 MHz, 10 Vcc dans 50 Ω	2 095	Modulation FSK, vobulation lin. et log.; génération arbitraire à 40 MécH./s sur 12 bits, mémoire de 16 Kpoints.		
PXI-5412	Générateur arbitraire	3U	1	Oui	1 voie à 20 MHz, 100 MécH./s sur 14 bits	3 445	Mémoire jusqu'à 512 Mo (256 Mo sur le PXI-5412); architecture de synchronisation SMC; niveau de 12 Vcc dans 50 Ω ; jusqu'à 400 MécH./s avec interpolation (sauf PXI-5422); PXI-5421/22: sortie de patterns LVDS sur 16 bits; PXI-5441: boîte à outils de modulations analogiques et numériques.		
PXI-5421		3U	1	Oui	1 voie à 43 MHz, 100 MécH./s sur 16 bits	5 195			
PXI-5422		3U	1	Oui	1 voie à 80 MHz, 200 MécH./s sur 16 bits	6 245			
PXI-5441		3U	1	Oui	1 voie à 43 MHz, 100 MécH./s sur 16 bits	8 845			

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 8U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité NI?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations
National Instruments	PXI-5600	Convertisseur en fréquence basse	3U	3	Non	Entrée de 9 kHz à 2,7 GHz de -130 à +30 dBm, sortie 5 à 25 MHz à 0 dBm	10 395	OCXO 10 MHz; atténuation de 0 à 50 dB; densité de bruit de -135 dBm/Hz et TOI de +10 dBm à 1 GHz.
	PXI-5660	Analyseur de signaux vectoriels	3U	4	Non	9 kHz à 2,7 GHz, bande d'analyse en temps réel de 20 MHz	13 545	Comprend le convertisseur PXI-5600 et le numériseur simple largeur PXI-5620 (64 Méch./s sur 14 bits, mémoire de 16 ou 32 Mpoints); boîte à outils pour mesures spectrales.
	PXI-5690	Préamplificateur	3U	1		500 kHz à 2,7 GHz		Destiné au PXI-5660 pour un plancher de bruit d'environ -160 dBm/Hz à 1 GHz.
	PXI-5610	Convertisseur en fréquence haute	3U	2	Non	Sortie de 250 kHz à 2,7 GHz de -145 à +10 dBm	9 395	OCXO 10 MHz; plancher de bruit typique de -158 dBm/Hz à 2 GHz; gain ajustable de 130 dB.
	PXI-5671	Générateur de signaux vectoriels	3U	3	Non	250 kHz à 2,7 GHz, bande passante de modulation de 22 MHz	13 545	Comprend le convertisseur PXI-5610 et le générateur arbitraire PXI-5441 (voir plus haut); boîte à outils de modulations analogiques et numériques.
Pickering Interfaces (Acquisys)	40-280	Résistance fixe	3U	1	Oui	Jusqu'à 48 résistances	1 050	Valeur de résistance choisie à la commande.
	40-290	Résistance programmable	3U	1	Oui	2 ou 4 résistances de résolution 16 ou 8 bits	890	Résistances 16 bits de 0 à 32 k Ω ; résistances 8 bits de 0 à 255 Ω ; valeurs spéciales en option.
	40-295	Résistance programmable	3U	1	Oui	Jusqu'à 18 résistances, résolution de 8 à 24 bits	1 300	Résistances 8 bits de 0 à 255 Ω ; résistances 24 bits de 0 à 16 M Ω .
	40-296	Potentiomètre programmable	3U	1	Oui	Jusqu'à 9 potentiomètres, résolution de 8 à 24 bits	1 300	Potentiomètres 8 bits de 0 à 255 Ω ; potentiomètres 24 bits de 0 à 16 M Ω .
	41-660	Atténuateur programmable	3U	1	Oui	10 voies simples ou 5 voies différentielles, bande passante de 1 MHz	1 700	Entrée jusqu'à 600 V; facteur d'atténuation de 10 à 160.
	41-180		3U	1	Oui	1 ou 2 atténuateurs indépendants du continu à 3 GHz	3 440	Atténuation variable de 0 à 63 dB par pas de 1 dB.
	41-650	Amplificateur programmable	3U	1	Oui	5 voies jusqu'à 60 Vcc	2 100	Gain ajustable de 1 à 20 sur chaque voie; bande passante de 1 MHz à partir d'un gain de 10.
	41-250/251	Multimètre	3U	1/2	Non	5 chiffres, multiplexeur 16 voies, source de courant, générateur 8 kHz	2 540	Jusqu'à 5 000 mesures/s; compteur 10 MHz; 8 E/S numériques; version 251: mesures de tensions jusqu'à 400 V.
	41-320	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 70 Méch./s sur 14 bits, 512 Kpoints/voie	3 620	Entrées simples ou différentielles; gamme d'entrée de 1 à 20 Vcc.
	41-610	Générateur arbitraire	3U	1	Non	2 voies à 100 Méch./s sur 14 bits, 512 Kpoints/voie	4 300	Sorties différentielles; niveau jusqu'à 2,5 Vcc dans 50 Ω .
	41-620	Générateur de fonctions	3U	1	Non	1, 2 ou 3 voies, 10 MHz	1 800	Volution de fréquence; modulation d'amplitude; mémoire de 256 Kpoints/voie pour signaux arbitraires.
	41-720	Alimentation fixe	3U	1	Oui	4 voies à 5 ou 10 W	1 025	Tensions de sortie entre +15, -15, +12, -12, +5, -5, +3,3V.
	41-735	Alimentation programmable	3U	1	Oui	2 sorties jusqu'à 10 W, 0 à \pm 10 V, jusqu'à 1 A	1 900	Alimentation par le fond de panier ou par source externe à partir de 12 VDC.
	41-740/742		3U	1/3	Non	2 voies à 60 W, 0 à 48 VDC, jusqu'à 2 A		Version 740: entrée 56 VDC ou adaptateur AC/DC externe; version 742: entrée 90 à 260 VAC.
PXIT (Acquisys)	PX2000-305	Source de courant	3U	1		De 0 à 500 mA, 0 à 100 mA ou 0 à 30 mA suivant la version	3 300	Mesures de tensions DC jusqu'à \pm 10 V avec une précision de 0,1% \pm 2 mV.
	PX2000-306	Milliwattmètre optique	3U	1		2 voies, détecteur Si, InGaAs ou entrée électrique	1 550	Mesures de -70 à +10 dBm; 5 000 mesures/s; mémoire 2 Mo.
	PX2000-330	Spectromètre optique	3U	2		Gamme de 350 à 1100 nm (autres gammes en option)	6 000	Résolution de 0,3 à 10 nm; temps d'acquisition de 1,2 ms à 60 s.
	PX2000-331	Mesureur de courant de fuite	3U	2		Gammes: 0 à 1 μ A, 0 à 100 μ A, 0 à 5 mA	2 400	Génération de tension jusqu'à 200 V.
	PX2000-333	Analyseur de communication	3U	2		Analyse de 155 Mbps à 10 Gbps, entrée optique ou électrique	25 000	Bande passante optique de 8 GHz; récupération d'horloge en interne jusqu'à 3,2 GHz.
	PX2000-336/339	Testeur de taux d'erreurs	3U	2		Débits de 1,0625 à 4,25/10,7 Gbps	35 000	Recherche automatique avec seuil de taux d'erreurs binaires de 10^{-3} à 10^{-10} ; génération de séquences pseudo-aléatoires jusqu'à $2^{31}-1$; mémoire de patterns de 256 Kbits; injection d'erreurs.

Suite page 64

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 8U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité IV?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations
PXI (Acquisys)	PX2000-337	Générateur de données	3U	1		1 voie jusqu'à 11,2 Gbps, niveau de 300 mV à 3 Vcc	18 000	Sortie différentielle; génération de séquences pseudo-aléatoires jusqu'à $2^{31} - 1$.
	PX2000-338	Synthétiseur	3U	2		2 voies, 9 à 11 GHz		Niveau de sortie de + 7 dBm; bruit de phase de - 110 dBc/Hz à 100 kHz de la porteuse.
Racal Instruments	2165	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 70 Mch./s sur 14 bits et 512 Kpoints par voie	3 000	Mesures jusqu'à 4 Vcc ou 20 Vcc avec atténuation; entrées simples ou différentielles.
	3165	Générateur arbitraire	3U	1	Non	2 voies à 100 Mch./s sur 14 bits, 512 Kpoints par voie	4 900	Mode différentiel, unipolaire ou sommation; niveau de sortie de 5 Vcc en circuit ouvert.
	9215	Alimentation	3U	1	Non	2 voies, 0 à 30 VDC, jusqu'à 2 A, 30W/voie	5 200	Entrée 48 VDC en face avant ou adaptateur secteur externe; limite de courant programmable.
	AMI3002	Carte porteuse	3U	1		2 emplacements pour M/MA-Modules	390	Produit d'origine C&H Technologies; plus de 200 références de M-Modules sur le marché.
	S-3097-01	Compteur universel	3U	1	Non	100 MHz, résolution de 9,5 chiffres		Module composé de la porteuse AMI3002 et du M-Module M97 de Men Mikro Elektronik.
Signametrics (Acquisys)	SMX2055	Multimètre	3U	1	Oui	5,5 chiffres, mesures de tensions et courants AC et DC, et de résistances en 2 ou 4 fils	990	SMX2055: jusqu'à 115 mesures/s; SMX204x: jusqu'à 1 000 mesures/s; SMX206x: jusqu'à 20 000 mesures/s; SMX2044/64: mesures de fréquences, capacités, inductances, températures, source de tension et courant.
	SMX2040/44	Multimètre	3U	1	Oui	6,5 chiffres, mesures idem SMX2055	1 400	
	SMX2060/64	Multimètre	3U	1	Oui	7,5 chiffres, mesures idem SMX2055	2 000	
Spectrum (Horizon Technologies)	MX.4540	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 1 Mch./s sur 16 bits, de 4 à 32 Mpoints/voie	3 200	Fonctionnement sous Windows ou Linux; drivers LabView, Matlab, DasyLab, Vee; mode Fifo pour enregistrement longue durée jusqu'à 50 MHz en mémoire ou sur disque PC; fourni avec le logiciel de commande, visualisation et analyse SBench.
	MX.4021	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 20 Mch./s sur 14 bits, de 4 à 32 Mpoints/voie	3 300	
	MX.4031	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 50 Mch./s sur 14 bits, de 4 à 32 Mpoints/voie	4 300	
	MX.3022	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 50 Mch./s sur 12 bits, de 4 à 32 Mpoints/voie	4 300	Idem ci-dessus + fréquence d'échantillonnage et profondeur mémoire doublée en monovoie.
	MX.2030	Numériseur	3U	1	Non	2 voies à 100 Mch./s sur 8 bits, de 8 à 64 Mo/voie	3 000	
	MX.7220	Générateur de données	3U	1	Non	16 voies à 40 Mbits/s, mémoire de 16 à 128 Mo	3 000	Niveaux program. de -2 à +10V par groupe de 4 voies; mode Fifo avec mémoire ou disque PC pour génération longue durée.
	MX.6011	Générateur arbitraire	3U	1	Non	2 voies à 20 Mch./s sur 14 bits, mémoire de 8 à 64 Mpoints	2 500	Niveau de sortie dans 50Ω: 6 Vcc ou 20 Vcc avec module d'amplification optionnel; mode Fifo pour génération longue durée jusqu'à 50 MHz à partir d'une mémoire ou d'un disque PC; fonctionnement sous Windows ou Linux; drivers LabView, Matlab, DasyLab, Vee; fourni avec le logiciel de commande SBench.
	MX.6021		3U	1	Non	2 voies à 60 Mch./s sur 14 bits, mémoire de 8 à 64 Mpoints	2 700	
	MX.6033		3U	1	Non	Idem ci-dessus	3 400	
MX.6110		3U	1	Non	2 voies à 125 Mch./s sur 8 bits, mémoire de 16 à 128 Mo	2 600		
Tabor Electronics (Racal Instruments)	TE5200	Générateur arbitraire	3U	1	Oui	1 voie à 50 Mch./s sur 14 bits, mémoire de 2 Mpoints	2 660	Sortie 8 Vcc dans 50Ω; modulations AM, FM, FSK; vobulation lin. et log.; séquençement des segments mémoire.
	TE5201		3U	1	Oui	1 voie à 100 Mch./s sur 14 bits, mémoire de 2 Mpoints	3 440	
	3222	Amplificateur	3U	1	Non	Bande passante 20 MHz, gain fixe	1 250	Sortie jusqu'à 20 Vcc dans 50Ω; impédance de sortie 50, 75 ou 600Ω.
Team Solutions (Acquisys)	TE5100	Synthétiseur	3U	1		Gamme de 10 kHz à 100 MHz, résolution 1 μHz	2 600	Sorties sinus et TTL en simultané; bruit de phase de - 140 dBc/Hz à 10 kHz d'une porteuse de 5 MHz.
	TE5201	Générateur arbitraire	3U	1	Oui	1 voie à 100 Mch./s sur 14 bits, mémoire de 1 ou 2 Mpoints	3 700	Modulations FM et FSK; vobulation lin. et log.; niveau de sortie de 8 Vcc dans 50Ω.
	TE6100	Numériseur	3U	1		2 voies à 50 MHz, 50 Mch./s sur 8 bits et 32 Ko par voie	2 700	Vitesse d'échantillonnage et profondeur mémoire doublées en monovoie; gammes d'entrée de 100 mV à 80 V; fonctions analyseur FFT, voltmètre et enregistreur de transitoires.
	TE8100	Analyseur logique	3U	1		16 voies à 200 MHz, 1 Mbit/voie	3 200	Analyse en états jusqu'à 100 MHz.

Modules de mesure et de génération

Fabricant (fournisseur)	Référence	Fonction assurée	Format (3 ou 8U)	Nombre d'emplacements	Compatibilité V1?	Caractéristiques principales	Prix (€)	Observations
Team Solutions (Acquisys)	TE8200	Générateur de données	3U	1		16 voies à 100 MHz, 512 Kbits/voix	3 200	
VMetro (VSystems)	VG-cPCI	Analyseur de bus cPCI	3U	1	Non	Vérification de protocole, génération de cycles en option	15 000	Analyse en états sur 256 voies avec 2 Mbits/voix; fonctions statistiques; interface Ethernet; injection d'erreurs et vérification de conformité.
Ztec (MB Electronique)	ZT431	Oscilloscope	3U	1		2 voies à 90 MHz, 100 Méch./s sur 12 bits et 4 Mpoints par voie	4 500	Fréquence d'échantillonnage en temps réel et profondeur mémoire doublées en monovoie; échantillonnage en temps équivalent à 5 Géch./s sur le ZT431 et 25 ou 50 Géch./s sur les ZT450; mode enveloppe; ZT450: option 16 Mo/voie.
	Série ZT450	Oscilloscope	3U	1		2 voies à de 250 à 750 MHz, de 250 Méch./s à 1,25 Géch./s sur 8 bits et 1Mo par voie	5 000	
	ZT002	Milliwattmètre	3U	1		100 MHz à 3 GHz, mesures de -34 à +16 dBm	3 500	Fonctions fréquencemètre et analyseur d'intervalles de temps; capture de bursts de 100 ns.
	ZT500	Générateur arbitraire	3U	1		1 voie à 200 MHz, 300 Méch./s sur 14 bits, mémoire de 1 Mpoint	4 000	Option 2 Mpoints/voie; 2 (ZT500) ou 32 (ZT530) sorties TTL; possibilité de séquençement des segments mémoire; ZT530: jusqu'à 400 Méch./s par interpolation.
	ZT530		3U	1		2 voies à 75 MHz, 160 Méch./s sur 16 bits et 512 Kpoints par voie	6 000	

► dulation numérique. De même, un générateur de signaux arbitraires associé à un upconverter permet de bâtir un générateur de signaux vectoriels.

Pour Aeroflex, cette offre PXI en RF vient en complément de ses appareils traditionnels. Elle cible avant tout les applications de production grâce à sa rapidité, sa compacité et son faible coût. Pour sa part, NI est un nouveau venu dans le domaine RF, réputé délicat à aborder, et compte bien s'y faire une place: à ce jour, la firme d'Austin a surtout couvert des besoins en R&D, avec pour argument la migration de l'équipement vers le test en production en fin de cycle de développement.

Des solutions propriétaires pour une synchronisation précise

Le bus de déclenchement standard du PXI fournit une précision de synchronisation entre modules de l'ordre de 10 ns. Avec la montée en fréquence des instruments embarqués, cela devient notoirement insuffisant, puisque cela représente une période complète d'un signal à 100 MHz. Pour améliorer la synchronisation, une première méthode, partie intégrante de la norme, consiste à

utiliser l'option de déclenchement en étoile moyennant l'intégration d'une carte ad hoc dans le slot 2. Les temps de propagation des signaux sont alors inférieurs à 5 ns et le décalage temporel entre cartes est au maximum de 1 ns. Une valeur qui ne convient pas pour les tiroirs les plus rapides, susceptibles d'acquies à plusieurs centaines de MHz, voire au-delà.

Dès lors deux solutions se présentent: la première est proposée par le suisse Acqiris avec son ASBus (désormais en version 2). Celui-ci utilise un câble externe reliant les faces avant des modules à synchroniser. Le décalage de déclenchement entre cartes serait limité à 10 ps (dans sa version 1, l'ASBus était crédité d'une précision de déclenchement de 100 ps). On notera toutefois que cette solution propriétaire n'autorise pas de synchronisation avec les tiroirs PXI d'autres fournisseurs; en outre, certains numériseurs du constructeur ne disposent pas de cette fonction.

On remarquera ici que bon nombre de modules présentés comme des produits PXI ne sont pas capables de profiter des ressources de déclenchement du standard. Il s'agit en fait de pro-

duits cPCI de dimensions similaires et aptes à ce titre à une intégration dans les mêmes châssis. Une proportion notable des matériels recensés dans le tableau est dans ce cas.

Une autre voie pour améliorer la synchronisation a été imaginée par National Instruments avec son architecture SMC (Synchronization and memory core). Les tiroirs de numérisation, d'E/S numériques ou de génération bénéficient de cette architecture voient leur précision de déclenchement comprise entre 10 et 20 ps (*Electronique* n°146, p.36). Ils ont une plate-forme commune et les fonctions métrologiques sont personnalisées au moyen de cartes-mezzanines. L'approche SMC utilise le déclenchement en étoile du PXI.

Concevoir un ensemble PXI

La méthodologie de réalisation d'un ensemble de mesure PXI devrait s'appuyer sur le cahier des charges, qui spécifie les fonctions à réaliser avec leurs caractéristiques métrologiques et ergonomiques (séquençement, durée, commandes et présentation des résultats...). Cette logique mène à rechercher sur le marché les modules qui permettent de réa-

liser les fonctions demandées. Des modules choisis résultent le nombre d'emplacements périphériques requis et un budget énergétique et thermique. D'où le choix du ou des châssis, sans perdre de vue les éventuels impératifs de synchronisation. Parallèlement, doit s'opérer le choix du contrôleur (processeur embarqué dans le châssis ou ordinateur séparé), puis l'élaboration de l'architecture logicielle.

Dans la pratique, et aux dires des distributeurs de matériels, cette logique serait quelque peu bousculée. Les considérations d'alimentation électrique et de capacité thermique des châssis passeraient le plus souvent à la trappe au profit des seules contraintes d'encombrement, voire d'économie. Quant aux capacités de déclenchement, pratiquement personne n'en ferait état. Selon Acquisys, qui commercialise les produits de multiples fournisseurs, plus de 90% des utilisateurs ne se servent pas des ressources de synchronisation du PXI, souvent par méconnaissance: en cas de besoin, la plupart d'entre eux font appel à des solutions de leur cru.

JEAN-PIERRE LANDRAGIN
ET PHILIPPE SCHWARTZ