

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ZAVOD ZA ELEKTRONIČKE
SUSTAVE I OBRADBU INFORMACIJA

SEMINAR IZ PREDMETA
SUSTAVI ZA PRAĆENJE I VOĐENJE PROCESA



SADRŽAJ

| | | |
|------|-----------------------------|----|
| 1. | UVOD..... | 3 |
| 2. | RAZVOJ..... | 4 |
| 3. | KARAKTERISTIKE | 5 |
| 3.1. | VERSAbus | 5 |
| 3.2. | Eurocard | 6 |
| 3.3. | VMEbus | 6 |
| 3.4. | VXI..... | 8 |
| 4. | DOSTUPNOST I UPORABA..... | 10 |
| 5. | KONKURENTNI STANDARDI | 13 |
| 5.1. | GPIB | 13 |
| 5.2. | PXI..... | 13 |
| 5.3. | LXI..... | 13 |
| 6. | ZAKLJUČAK | 14 |
| 7. | LITERATURA..... | 15 |

1. UVOD

VXIbus, skraćeno samo VXI, je instrumentacijska sabirnica na bazi VME sabirnice. Upotrebljava se kao osnova automatiziranih mjernih i automatizacijskih sustava.



Slika 1. Primjer VXI sustava

Osmišljena je kao alternativa složenim mjernim sustavima sastavljenih od zasebnih uređaja. Sustav baziran na VXI-u sastoji se od šasije (*chassis*) koja uključuje ventilaciju i napajanje, te matične ploče ili *backplanea* u koji se spajaju kontroler i mjerni uređaji. Električka specifikacija bazirana je na VME/VERSAbus sabirnici, dok su mehanički parametri propisani Eurocard standardom. Zbog svojedobne popularnosti i jednostavnosti VME sabirnice, te raširenosti Eurocard *rack* sustava, VXI je još i danas vrlo popularna baza za izgradnju mjernih sustava, pogotovo u vojsci ili aeronautici.

2. RAZVOJ

Krajem osamdesetih godina 20. stoljeća, USA DOD (Department of Defense) počela je više upotrebljavati standardne komercijalne komponente, te se je pojavila potreba za standardiziranom, modularnom instrumentacijom.

VME sabirnica, dizajnirana kao osnovna sabirnica za sustave bazirane na Motorolinoj 68000 seriji procesora, nije bila predviđena za potrebe instrumentacije. Zbog tadašnje popularnosti spomenute arhitekture, 1987. formirana je grupa od strane predstavnika CDS-a (Colorado Data Systems, danas dio Goodrich gurpe), HP-a (danas Agilent), Racal-Dane-a, Tekronix-a i Wavetek-a (danas Fluke), te je iste godine, na bazi VME-a, tj. VERSAbus-a nastao instrumentacijski VXIbus.

Priključivanjem Bruej & Kjaer-a, Fluke-a, GenRad-a (danas IET Labs), Keithley-a i National Instruments-a nastao je VXIbus Consortium, u cilju daljnjeg razvoja specifikacije. Sve većoj zastupljenost u komercijalnim uređajima doprinijela je i standardizacija od strane IEEE-a, koji je VXI-I 1.4 specifikaciju standardizirao kao IEEE Std 1155-1992.

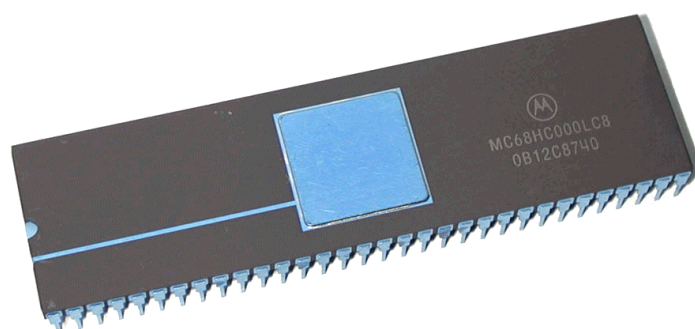
Tijekom godina, daljim proširivanjem VME standarda (IEEE Std 1014) proširivale su se mogućnosti VXI-a.

3. KARAKTERISTIKE

VXIbus je kompleksan standard, građen od kombinacije nekoliko već postojećih. Kako bi se mogao opisati, potrebno je opisati i njih.

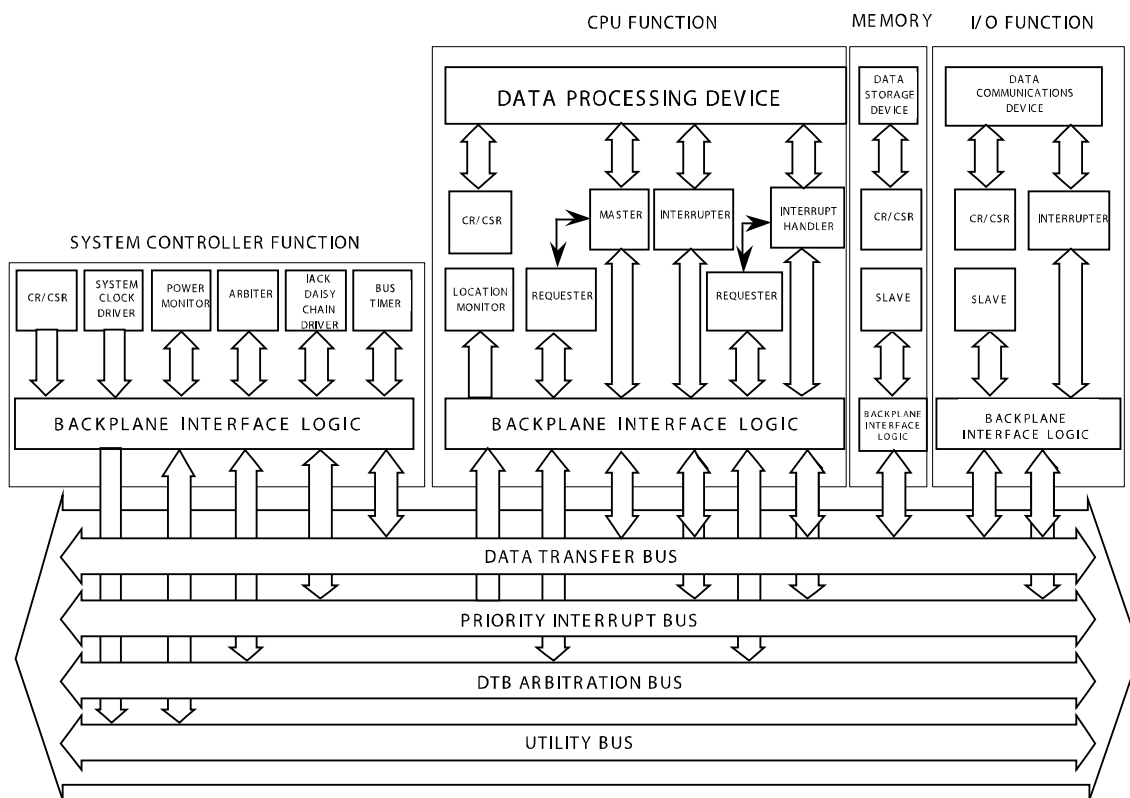
3.1. VERSAbus

VERSAbus je nastao kao standardizirana sabirnica za Motorolinu 68k seriju procesora, do te mjere da je osnovni dio sabirnice samo skup signala s pinova MC68000 procesora. Pokazala se je dovoljno fleksibilnom za upotrebu sa širokim rasponom arhitektura, uključujući i IA32, te PowerPC.



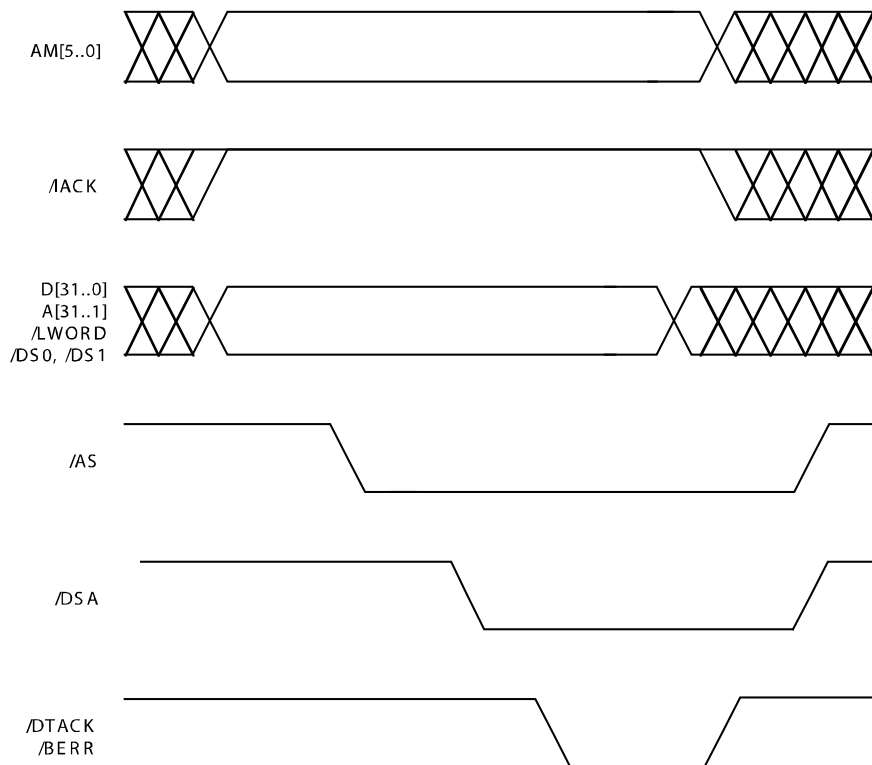
Slika 2. Motorola 68000

Sabirnica je asinkrona, potpuno memorijski orijentirana. Uređaji na sabirnici mogu biti *master*, s mogućnošću kontrole sabirnice, *slave*, uređaji koji samo obrađuju zahtjeve *mastera*, ili *bus arbiter*, koji koordinira pristup sabirnici. Uređaj može biti i kombinacija sva tri.



Slika 3. Pojednostavljeni prikaz sabirnice

Većina transakcija zahtijeva neki tip potvrde da bi završile. Najbolji primjer je pisanje ili čitanje memorije, gdje ciklus ne može završiti dok pomoću $\overline{\text{DTACK}}$ signala nije signalizirano da je operacija uspješno završila.



Slika 4. Primjer ciklusa

Iako u osnovnom 68k sustavu nije potrebno, VERSAbus previda multi-master okolinu, te sabirnica sadrži uređaj zvan *bus arbiter*, koji dopušta uređajima pristup sabirnici zavisno o njihovim postavljenim prioritetima, te kontrolira prekidni podsustav.

3.2. Eurocard

Eurocard (IEEE 1101) propisuje veličine i smještaj modula u zajedničku šasiju ili *crate*, te upotrebu standardnih DIN41612 konektora. Šasije su pogodne za ugradnju u 19 inčne ormare. VME i VXI upotrebljavaju podskup raznih formata navedenih u standardu. Sve veličine su specificirane u U (visina modula) ili T (debljina modula) jedinicama. Dubina je isto standardizirana, ali se uglavnom koristi 160, 220, 280 ili 400 mm.

Eksperimentalne tiskane pločice se danas uglavnom mogu nabaviti samo u Eurocard formatima, od kojih je najpoznatiji 100×160 mm..

3.3. VMEbus

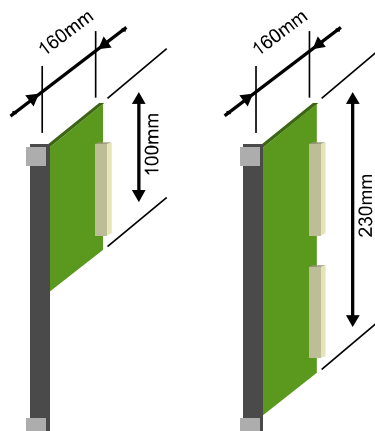
Nakon VERSAbus-a, koji je bio samo logička sabirnica, bez predviđene mehaničke implementacije, nastala je ideja da se stvori kompletni sustav. Rezultat je bio VERSAbus-E, skraćeno od VERSAmodule Eurocard bus, poslije nazvan VERSAbus Module Eurocard, VMEbus. Standardiziran je kao IEEE 1014-1987.



Slika 5. Primjer VME cratea

VMEbus je prošireni VERSAbus u Eurocard formatu. Propisane su dvije veličine modula, A (100×160 mm, 3U) i B (100×230 mm, 6U) format, oba širine 4T (0.8 inča), te dva 96 pinska DIN konektora. Na jedan *backplane* (matičnu ploču) se mogu spojiti do 21 uređaj, od kojih je barem jedan *bus arbiter*, uglavnom smješten na mjesto (*slot*) 0. Mogu se koristiti i manje matične ploče.

Kako je originalni 68000 procesor imao 24 bitnu adresnu i 16 bitnu podatkovnu sabirnicu, svi najvažniji signali se nalaze na jednom konektoru, te se tako može izvesti manji uređaj. Ukoliko je potrebna puna 32 bitna sabirnica ili 64 bitne ekstenzije, potrebno je upotrijebiti veći, B format modula, gdje su prisutni svi signali. Sabirnica također omogućuje miješanje veličina adresnih prostora i širine sabirnica.

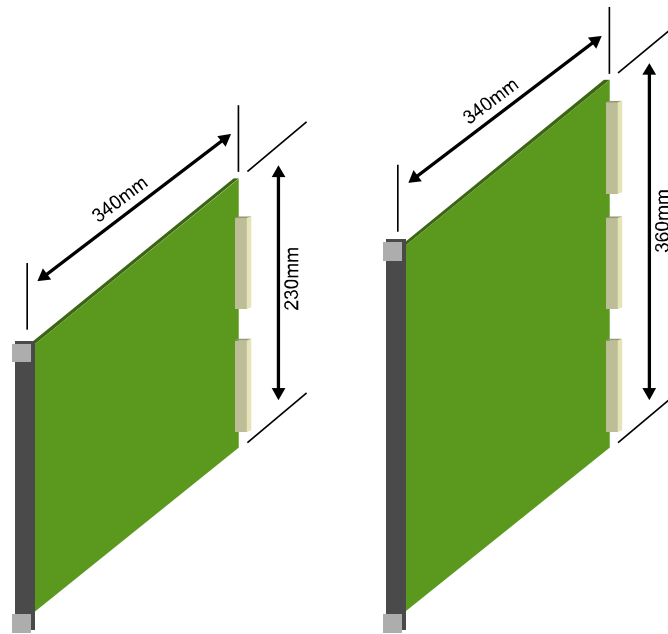


Slika 6. Veličine VME modula

3.4. VXI

Zajedno s većim korištenjem VMEbusa, javila se je ideja o proširenjima za instrumentaciju. Jedan od velikih sponzora bio je i USA Department of Defence, indirektno kroz Racal grupu, danas EADS North America Defense Test & Services. Glavna zamjerka VMEbus-u bilo je nepostojanje specifikacija za hlađenje, EMC i programski pristup. Problem je bio i nedostatak vremenske sinkronizacije između modula.

VXI sabirnica je direktno proširenje VME-a. Iskorišteni su neupotrijebljeni signali na P2 (dodatnom) konektoru, te su dodana još dva formata modula i jedan opcionalni konektor P3. Zbog smanjenja smetnji i omogućavanja boljeg oklapanja, maksimalni broj modula je smanjen na 13 u istom prostoru, a širina je povećana sa 0.8 na 1.2 inča (6T).



Slika 7. Novi VXI moduli

Sabirnica uz osnovni VME dio sadrži i instrumentacijski dio:

- CLK10 – 10 MHz TTL signal s mjesta 0. Individualno pojačalo za svako mjesto.
- TTLTRG[0..7] – *Trigger* signali koji vode do svakog mjesta. Svi moduli ih smiju upotrebljavati.
- ECLTRG[0..1] – ECL *trigger* signali.
- LBUS[0..11] – Lokalna sabirnica. Signali su spojeni između susjednih modula. Mogu biti TTL ili ECL.

Uz osnovne *trigger* signale, na P3 konektoru se nalaze i dodatni signali:

- CLK100 – 100 MHz diferencijalni ECL signal s mjesta 0. Individualno pojačalo za svako mjesto.
- SYNC100 – Brzi *trigger* ili sinkronizacijski signal koji vodi do svakog mjesta. Individualno pojačalo za svako mjesto.
- ECLTRG[2..7] – ECL *trigger* signali.
- LBUS[12..35] – Lokalna sabirnica. Signali su spojeni između susjednih modula. Mogu biti TTL ili ECL.

Svi signali su prilagođeni nekom tipu sinkronizacije modula, što je vrlo važno kod primjena prikupljanja podataka. Upravo je kombiniranje raznih generatorskih, upravljačkih i akvizicijskih modula glavna prednost modularnih mjeriteljskih sustava. Vrlo je jednostavno

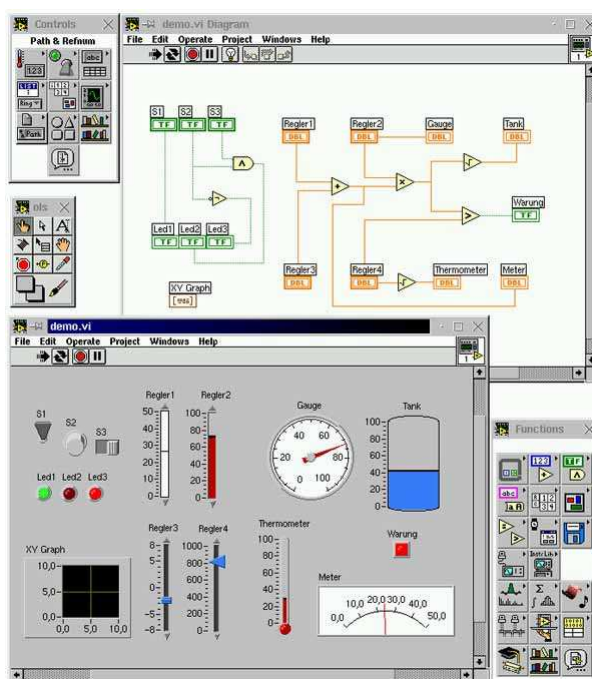
sustave koji su prije zahtijevali zasebne obradbene jedinice, kao vanjska računala, sklopiti od jednog ili više povezanog VXI *cratea* koji uključuju generiranje testnih signala, sakupljanje podataka, ali i obradu i vizualizaciju skupljenih podataka.

4. DOSTUPNOST I UPORABA

Upravo je dostupnost, kompatibilnost, otpornost i vojna upotreba doprinijela raširenosti VXI standarda. Lagana proširivost i nadogradnje omogućile su upotrebu danas prilično starog standarda u namjenama koje zahtijevaju brzi prijenos i obradu velike količine podataka.

Iako je optimalna propusnost jednog VXI sustava s VME64 ekstenzijama oko 80 MB/s, na slobodne signale lokalnih sabirnica moguće je dovesti Ethernet, PCI, PCIe, Infiniband, RapidIO i slične standarde čije se brzine često navode u GB/s.

VXI sustav može se kontrolirati na više načina. Svaki modul sadržava standardno sučelje kako bi olakšalo komunikaciju u sustavom za obradu, te je znatno pojednostavljeno pisanje programske podrške. Standard predviđa nekoliko vrsti komunikacije, od kojih su najvažnije brza registarska i sporija *word-serial*, vrlo slična klasičnom GPIB-u. U jednostavnijim slučajevima moguće je umjesto čitavog računalnog sustava ugraditi samo IEEE488 (GPIB) ili USB sučelje. Problem GPIB-a je njegova sporost, dok je razvoj USB-a znatno pojeftinio izradu jednostavnijih sustava. Postoji i mogućnost brze vanjske kontrole pomoću MXI sabirnice. Za zahtjevnije primjene koristi se jedan ili više računalnih sustava u obliku modula, koji su često i višeprosesorski.



Slika 8. LabVIEW kontrolni program

VXI sustavi su kompatibilni i sa VME komponentama preko konvertera, te se tako dostupnost modula još više proširuje.

VMEbus se danas upotrebljava u raznim, naročito zahtjevnim područjima, bilo mehanički, električni, procesno ili s dugim radnim vijekom:

- Aeronautika – *Fly-by-wire*, avionika, kontrolni sustavi
- Istraživanje svemira – Mars Pathfinder je VME/VXI baziran sustav
- Vojna industrija – Kontrola i obrada za radare, ciljni sustavi, navođenje, komunikacija
- Medicina – Dijagnostički sustavi (MR, CT, UZV...)
- Znanost – Velik dio instrumentacije CERN-a je baziran na VXI sustavu



Slika 9. CEA DAPNIA SAPHIR modul za detekciju fizijskih fragmenata

Ponuda modula odražava raširenost. Dostupni su od jednostavnih AD, do kompleksnih mikrovalnih analizatorskih i generatorskih modula.



Slika 10. Agilent 100kHz do 110GHz mjerač srednje snage

Najveći problem VXI-a je skupoća i složenost. Zbog potrebe testiranja modula cijene su uglavnom više od konkurentnih proizvoda.

Prednosti VXI-a:

- Dokazana izdržljivost i mogućnosti
- Velika brzina
- Definirani aspekti poput hlađenja ili EMC-a
- Kompatibilnost modula
- Izvrsne sinkronizacijske mogućnosti

Mane:

- Skupoća sustava

5. KONKURENTNI STANDARDI

5.1. GPIB

General Purpose Interface Bus, još znan kao IEEE 488, stara je i gotovo univerzalno podržana sabirnica za instrumentaciju. Nastao je iz HP-IB-a koji je razvijen šezdesetih godina dvadesetog stoljeća.

Prednosti:

- Jednostavan za implementaciju
- Široko podržan
- Raširen
- Jednostavan za spajanje

Mane:

- Spor

5.2. PXI

PCI eXtensions for Instrumentation je zamišljen kao jeftinija i manja alternativa VXI-u. Upotrebljava standardne PCI kompatibilne komponente u CompactPCI šasiji, te ih je moguće, pomoću *bridge* kartica, upotrebljavati kao nastavak PCI sabirnice u osobnom računalu. Postoje i gotovi kontroleri koji se uključuju u šasiju. Razvija se i PXIe standard koji koristi PCI Express sabirnicu.

Prednosti:

- Jednostavan za implementaciju s današnjim sklopovljem
- Sve veća raširenost
- Mogućnost uporabe standardnih cPCI industrijskih komponenata
- Mogućnost spajanja direktno na sistemsku sabirnicu zbog raširenosti PCI-a

Mane:

- Nov standard (1997.)
- Dijelovi tržišta su spori (vojska)
- Nema IEEE standardizaciju

5.3. LXI

LAN eXtensions for Instrumentation je standard za instrumentacijske blokove međusobno povezane standardnom Ethernet lokalnom mrežom. Uređaji uglavnom nemaju nikakvu vrstu prikaza, te je za svu obradu odgovorno računalo, često PC. Smatra se nasljednikom GPIBa.

Prednosti:

- Jednostavan za implementaciju s današnjim sklopovljem
- Široko podržan način spajanja (Ethernet i TCP/IP)
- Moguće upravljanje preko *web* sučelja
- Jeftin

Mane:

- Lošiji za zahtjevne vremenske operacije (*trigger bus* je opcija)
- Nema IEEE standardizaciju

6. ZAKLJUČAK

VXI standard/sabirnica je namijenjen skupim i složenim uređajima i mjernim sustavima. Unatoč prodoru jeftinijih tehnologija, zbog raširenosti, kompatibilnosti i dokazane izdržljivosti još je uvijek prvi izbor za zahtjevne instrumentacijske i testne sustave.

7. LITERATURA

Napomena: Dijelovi shema preuzeti iz VME64 i VXI specifikacije. Prikaz veličina VME modula izveden iz prikaza gosp. Leroy Davisa (www.interfacebus.com).

- Star K 68000 Hardware Course – <http://www.users.cloud9.net/~stark/hardw68k.htm>
- VXIbus System Specification, Revision 3 – http://www.vxibus.org/files/VXI_Specs
- VXIbus description – http://www.interfacebus.com/Design_Connector_VXI.html
- VMEbus description – http://www.interfacebus.com/Design_Connector_VME.html
- An introduction to VME – <http://www-esd.fnal.gov/esd/catalog/intro/introvme.htm>
- National Instruments Developer Zone – <http://zone.ni.com/devzone/cda/main>
- A Guide To Dot-Ten (IEEE 1101.10) – <http://www.elecdesign.com/Articles/Index.cfm?AD=1&ArticleID=7645>
- American National Standard for VME64, ANSI/VITA 1994-1 – <http://www.ge.infn.it/~musico/VmeStuff.html>
- VITA VME Technology FAQ – <http://www.vita.com/vmefaq.html>
- PXI bus description – http://www.interfacebus.com/Design_Connector_PXI_Bus.html
- LXI Standard Frequently Asked Questions – <http://www.lxistandard.org/about/faq/>
- More Instruments per Card Fuels VXI Developments – <http://www.evaluationengineering.com/archive/articles/0196vxi.htm>
- Wikipedia
 - Eurocard – <http://en.wikipedia.org/wiki/Eurocard>
 - VME – <http://en.wikipedia.org/wiki/VMEbus>
 - VXI – <http://en.wikipedia.org/wiki/VXIbus>
 - PXI – <http://en.wikipedia.org/wiki/PXI>
 - LXI – <http://en.wikipedia.org/wiki/LXI>
 - GPIB – <http://en.wikipedia.org/wiki/GPIB>