

**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

P10-86-345

И.Ф.Колпаков

ШИНА VME И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Направлено в журнал "Микропроцессорные средства и системы", Оргкомитет 20-й Школы по автоматизации научных исследований /Петропавловск-Камчатский, сентябрь 1986 г./

1986

Шина VME является в настоящее время единственным международным стандартом широкого применения для 32-разрядных многопроцессорных систем. Рассмотрены основные характеристики шины VME и ее структурная схема, главные области применения, в частности ее использование в спектрометрах и системах управления ускорителей физики элементарных частиц.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод автора

The VMEbus is a modern standard of wide use for 32-bit multiprocessor systems. The basic features of the VMEbus, its structure and main application areas are discussed. The use of the VMEbus in high energy physics spectrometers and control systems of particle accelerators are also under consideration.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

1. Введение

Необходимость новой стандартной шины для обмена данными, адресами и командами связана с возможностью применения принципов параллельной обработки данных и, в конечном итоге, существенного повышения производительности компьютерных систем. Эта возможность появилась благодаря выпуску сравнительно дешевых и надежных микропроцессорных чипов. Длина слова современных высокопроизводительных микропроцессоров составляет 32 разряда и, вероятно, в ближайшем будущем не изменится.

Шина VME является единственным в настоящее время международным стандартом для 32-разрядных микропроцессорных систем^{1/}. В мире производится I/OI изделие на основе шины VME I47 фирмами. Прогнозируемый пик использования шины VME в мире приходится на I2-ю пятилетку, а время применения - примерно до 2000 года^{2/}. Поскольку в настоящее время широко применяются I6-разрядные микропроцессоры, шина VME представляется особенно привлекательной, так как она избыточна (то есть более экономична и надежна) в I6-разрядном варианте.

Шина VME широко используется в автоматизированных системах установок физики элементарных частиц и атомного ядра.

2. Характеристики

Использование шины VME предполагает, вообще говоря, применение совокупности трех стандартов (VME, VMX и VMS). Назначение каждого из них демонстрируется на структурной схеме, показанной на рис. I^{3/}. Это 32-разрядный асинхронный параллельный интерфейс с 7 уровнями прерывания. Он позволяет сосредоточить в одном крейте память до 4 Гбайт и организовать как мультипроцессорный режим работы, так и работу систем реального времени. Захват шины модулем, который должен в данный момент ее управлять, осуществляется специальным модулем-арбитром шины. Максимальная скорость обмена по шине VME составляет от 24 до 57 Мбайт/с. Для шины VMX она доходит до 70 Мбайт/с, то есть близка к скорости обмена по шине Fastbus^{4/}. Конструктивно шина размещена на крейте с вставными модулями-платами, как показано на рис. 2. Крейт

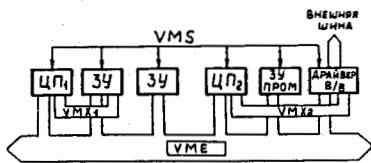


Рис. 1. Структурная схема шин VME, VMX, VMS.

VME
- 32 РАЗРЯДА ДАННЫХ
- 4ГБАЙТ АДРЕСУЕМАЯ ПАМЯТЬ
- МНОГОПРОЦЕССОРНАЯ
МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА
- МЕЖДУНАРОДНЫЙ СТАНДАРТ
- 20 ММ

VMX
- 32 РАЗРЯДА ДАННЫХ
- 16 МБАЙТ АДРЕСУЕМАЯ ПАМЯТЬ
- ГИБКИЙ КАБЕЛЬ
- 70 ММ

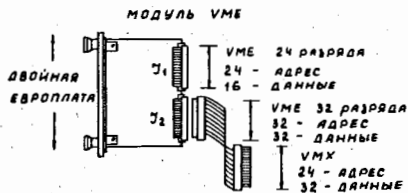


Рис. 2. Внешний вид крейта и модуля VME.

VME использует евромеханику с разъемом C96 (стандарт DIN). При использовании только 16-разрядной шины (разъем J₂) высота крейта может быть 100 мм, в 32-разрядном варианте крейт имеет высоту 233 мм. Модули в глубину имеют размер 160 мм. Преимуществом VME является наличие полного набора интерфейсных чипов^{5,6/}, а также ориентация на системы реального времени.

Интерфейсные чипы выполняются либо как монолитные БИС, либо используются программируемые диодные матрицы. Последние представляют наиболее быстрый путь преодоления технологического барьера. В набор необходимых интерфейсных чипов входят генератор и обработчик прерываний, арбитр приоритетов, ведущий и ведомый контроллер.

3. Области применения

Шина VME рассчитана на широкую область применения - от систем реального времени до параллельных мультимикропроцессорных систем обработки данных (суперкомпьютеры). Разработаны и выпускаются разнообразные наборы модулей VME и целые системы. В число наиболее распространенных типов модулей входят процессорные платы с различными микропроцессорами (WE 32100, Intel 80386, MC68020), модули памяти, модули каналов аналоговых и цифровых входов-выходов, модули интерфейсов раз-

личных периферийных устройств, интерфейсы локальных сетей и сетей ЭВМ, интерфейсы шин Q-bus, Unibus и канала IEM, контроллеры графических дисплеев, интерфейс приборной шины МК.625, интерфейсы персональных компьютеров. Конкретные существующие области применения модулей VME^{7-9/}:

- автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП),
- системы автоматизированного проектирования (САПР),
- станки с числовым программным управлением (ЧПУ),
- робототехника,
- гибкие автоматизированные производства (ГАП),
- машинная графика,
- локальные сети,
- периферийные устройства ЭВМ,
- спецпроцессоры,
- приборостроение,
- автоматизация научных исследований.

4. Автоматизация научных исследований

Шина VME в области научных исследований является естественным дополнением к широко применяемой шине КАМАК. Она позволяет ввести мультимикропроцессорные средства в системы автоматизации научных исследований. В этой области диапазон применения шины VME распространяется на:

- системные контроллеры больших автоматизированных систем,
- графические станции экспериментальных стендов и установок,
- спецпроцессоры обработки данных,
- эмуляторы существующих высокопроизводительных ЭВМ,
- локальные сети лабораторий,
- спектрометры и системы управления ускорителями и другими базовыми установками науки.

Системные контроллеры на основе шины VME позволяют заменить на стандартной основе системный крейт для систем со многими ветвями и объединить множество компьютеров в систему. В графических станциях модули VME позволяют создать новые поколения набора дисплейных процессоров и интерфейсов. Широкие возможности применения шины VME открывает для создания мультимикропроцессорных систем обработки научных данных, что, в конечном итоге, позволит получить вычислительные мощности, значительно превосходящие возможности существующих компьютеров.

5. Спектрометры и другие системы физики элементарных частиц и атомного ядра

Структурная схема аппаратуры сбора и обработки данных современного спектрометра физики элементарных частиц в обобщенном виде показана на рис. 3^{/10-12/}.

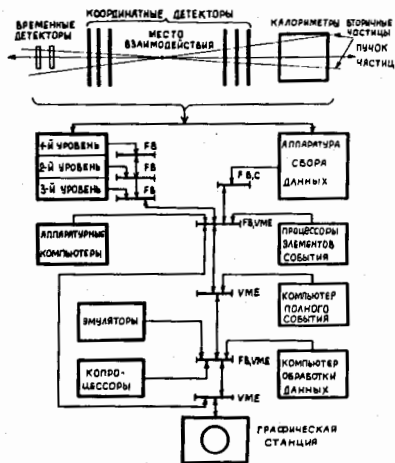


Рис. 3. Шина VME в структурной схеме современных спектрометров физики элементарных частиц.

Поток даже отобранной с помощью триггера информации от детекторов может достигать единиц и десятков Мбайт/с. Для регистрации и обработки таких потоков информации недостаточно использования самых высокопроизводительных компьютеров. Поэтому поток информации от детекторов или их частей распараллеливается аппаратурой сбора данных по элементам образа события. Аппаратура сбора данных при числе каналов до 10^4 выполняется в виде модулей КАМАК, при большем числе каналов ($10^5 + 10^6$), либо при большой множественности событий (> 10) - в стандарте Fastbus. Считывание и предварительная обработка элементов образа события осуществляется микропроцессорными контроллерами, которые обычно выполняются как модули FASTBUS или VME. Здесь же производится буферизация событий в модулях памяти. Число процессоров элементов события в установке может составлять десятки единиц. Сложение полного события производится через системный крейт VME обычно в компьютере типа VAX-11/780 или VAX 8600. Окончательная обработка данных производится, как правило, компьютерами типа IBM 3081. Для обработки событий в реальном времени производительности этих компьютеров недостаточно, поэтому процесс обработки также распараллеливается. Здесь наблюдается два подхода. Либо выделяется ядро из наиболее часто встречающихся команд и тогда применяются эмуляторы, либо выделяются алгоритмы, занимающие основное время компьютера обработки данных, и они выполняются на копроцессорах - спецпроцессорах обработки таких алгоритмов. Число эмуляторов может достигать десятков, число спецпроцессоров - сотен единиц. Контроль информации, поступающей со спектрометра, и проверка установки в целом, осуществляется так называемым аппаратным компьютером, который также производит контрольную обработку части событий.

При создании эмуляторов шина VME интересна прежде всего как стандартная 32-разрядная шина. Современные спектрометры выходят, как правило, в локальную сеть обработки данных с использованием больших компьютеров. Аппаратура локальных сетей (процессоры связи, интерфейсы) выполняется на модулях VME.

В системах управления ускорителями необходимы также системные контроллеры, аппаратура локальных сетей, средства визуального представления данных и модули VME для приема и преобразования информации с датчиков.

Применения шины VME в физике элементарных частиц и атомного ядра распространяются на:

- системные крейты^{/12-16/},
 - микросуперкомпьютеры (спецпроцессоры и микропроцессорные кластеры)^{/17-19/},
 - графические станции спектрометров^{/20/},
 - собиратели образа события^{/12,18,21,22/},
 - аппаратные компьютеры^{/23/},
 - спецпроцессоры отбора данных,
 - спецпроцессоры считывания^{/6,24/},
 - спецпроцессоры обработки данных,
 - процессоры предварительной обработки в ядерной спектроскопии^{/25/},
 - многоканальный многопараметрический амплитудный анализ^{/26,27/},
 - многопроцессорные распределенные системы управления ускорителями^{/28,29/},
 - генераторы функций управления питанием ускорителей^{/30/},
 - интерфейс персональных компьютеров^{/23,31/},
 - интерфейс канала IBM и контроллеры периферийных устройств^{/32,33/}.
- Ведущие физические лаборатории мира уделяют большое внимание применению шины VME. Так, например, в ЦЕРНе реализуется проект PRAM^{/34/} - создание систем автоматизации спектрометров и ускорителей элементарных частиц на основе шины и модулей VME. В Национальной ускорительной лаборатории им. Э.Ферми осуществляется проект Advanced Computer Program^{/17,35/}, имеющий целью создание высокоэффективных систем обработки данных, превосходящих по производительности существующие суперкомпьютеры в $10^2 + 10^6$ раз. На основе крейта VME создана система, эквивалентная по производительности I5 ЭВМ типа VAX-11/780. Об актуальности применения шины VME в научных исследованиях свидетельствует международная конференция "VME bus in Physics", проведенная в ЦЕРНе 7-8 октября 1985 г.
- В институтах стран-участниц также ведутся разработки на основе шины VME. Наиболее продвинутыми в этом отношении являются: в Болгарии Центральная лаборатория автоматизации и научного приборостроения

(ПЛАН), где разработаны рабочие места научного работника и проектировщика на основе компьютера в крейте VME^{/36/}, и в Венгрии - Институт вычислительной техники и автоматизации ВАН (SZTAKI), где создан набор модулей VME для компьютерной графики и локальных сетей^{/9/}. Определенный интерес к шине VME имеется также в Институте ядерных проблем (Сверк, Варшава)^{/37/} и в СССР^{/38/}.

6. Заключение

Выбор стандартного интерфейса, или шины, во многом определяет успех программы автоматизации. Так удачный выбор шины КАМАК в начале 70-х годов позволил осуществить успешную программу автоматизации в 70-е + 80-е годы.

Продолжающийся прогресс в области сверхбольших интегральных схем и, в особенности, схем памяти, качественно меняет ситуацию примерно каждые 3 года, поэтому едва ли возможно рекомендовать стандарт шины на большой период времени, в особенности, учитывая потенциальные перспективы шины P.896 (Future bus)^{/39/}. Однако на ближайшие годы шина и модули VME представляются единственным целесообразным стандартом для широкого применения.

Л и т е р а т у р а

1. VME bus. (IEC.821 BUS), Specification Manual, Rev.C. VME bus Int. Trade Assoc., Scotsdale, Ariz., 1985.
2. Rosenberg R. Battle of the buses: and the winner is VMEbus, as Multibus-II gets off to a slow start. Electronics, November 25, 1985, p. 48-51.
3. Schellekens A. VMEbus Standards. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p.16-31.
4. Larsen R.S. Status of the FASTBUS Standard Data Bus. - IEEE Trans., 1981, NS-28, No.2, p. 322-329.
5. Nissen N. VMEbus Interface Chip Set. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 42-55.
6. Gustafson L., Gallno P. VME Protocol chipset using programmable logic devices. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 56-64.
7. Mitch Beedie. Focus on VMEbus peripheral boards. Electronic Design, June 27, 1985, p. 157-170.
8. Жаботинский Ю.Д., Сердцев А.А. Системы технического зрения для промышленных роботов. Зарубежная радиоэлектроника, № 12, 1985, с.23-33.
9. LAN VME Modules. Sztaki, Budapest, 1985.

10. Sendall D.M. Real-Time Systems Architectures. CERN-Data Handling Division, DD/85/17, August 1985.
11. Cittolin S. UA1 Data Acquisition System. In: Proc. of the Int. Conf. on Instrumentation for Colliding Beam Physics, SLAC Report 250, Stanford, June 1982, p. 151-156.
12. Cittolin S., Demoulin M., Giacomelli P. et al. UA1 VME Readout System. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 65-118.
13. Conetti S., Haire M., Kuchela K. Fast, Microprocessor Driven, Data Acquisition for Fermilab Experiment E-705. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1318-1320.
14. LeVine M.J. The E802 Data Acquisition Complex. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1376-1378.
15. Vander Molen A., Au R., Fox R., Glynn T. New Multiprocessor Front End Data Acquisition System at NSCL. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1395-1396.
16. Brisson J.C., Parthouat Ph., Gandois B. et al. The OPAL VMEbus Data Collection System. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 119-134.
17. Gainer I., Areti H., Biel J. et al. Fermilab's Advanced Computer R & D Program. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1397-1404.
18. Beier G., Kappen L., Lutter R., Schöffel K. et al. MLE - A Data-flow Controlled Multiprocessor System. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1426-1428.
19. Balamuth D.P., Kutt P.H., Bybell D.P., Van Berg R. A Multiple Processor System for Acquisition and Analysis of Nuclear Physics Data. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1429-1431.
20. Ziem P., Drescher B., Kapper K., Kowalik P. Multiprocessor Aided Data Acquisition at VEDAS. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1417-1421.
21. Pietarinen E. UA1 Data Acquisition System. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1463-1466.
22. Elchler R.A. HERA Data Acquisition System. IEEE Trans., NS-32, No.4, 1985, p. 1490-1493.
23. Parkman C., Perrin Y., Petersen J. et al. VALET-PLUS a VMEbus System for Electronic Equipment Tests Using Your Favourite Personal Computer. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 259-268.
24. Eckerlin G., Elsen E., Schmitt H.v.d. et al. Front End Processing for a 100 MHz Flash-ADC-System. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 147-150.
25. Jääskeläinen M., Carlen L. Data Acquisition System for Nordball.

- In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 135-146.
26. Beier G., Kappen L., Lutter R. et al. MLLB - a Dataflow Controller Multiprocessor System. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 151-154.
 27. Minor M.M., Shera E.B., Lillberg J.W. Loss-Free Gamma-Ray Counting on the VMEbus. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986; p. 169-173.
 28. Altaber J., Innocenti P.G., Rausch R. A VME Multiprocessor Architecture for the LEP/SPS Control System. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 216-237.
 29. Gournay J.F., Gourey G., Garreau F. et al. The New Control System of the Saclay Linear Accelerator. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p.305-312.
 30. Martinod P., Mugnai G., Savioz J., Semanaz P. A VMEbus Approach for the Control of the Closed Orbit Correction Power Supplies within the SPS Supercycle. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p.174-189.
 31. Taylor B.G., Personal Computer Access to the VME Bus. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p.249-258.
 32. Alexander J. A VME Interface to an IBM Mainframe Computer. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 291-296.
 33. Marry B., Moreton A., Smith A. IBM/VME Channel High Speed Parallel Interface. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 243-349.
 34. Eck C. PRIAM and VMEbus at CERN. In: Proc. of VMEbus in Physics Conf., CERN 86-01, Geneva, 1986, p. 3-7.
 35. Nash T., Bracker S., Gaines I. Fermilab's Advanced Computer Program, FN-383, FNAL, Chicago, Ill., 1983.
 36. Интерлаб I600. Система автоматизации научных исследований, проспект ЦЛАНП, София, 1984.
 37. Rzymkowski K. VME - New Modular Standard for Microprocessor Applications. XII Международный симпозиум по ядерной электронике, ДІЗ-85-359, Дубна, 1985, с.16.
 38. Золотухин Ю.Н. VME bus . Концепция и основные характеристики. XII Международный симпозиум по ядерной электронике, ДІЗ-85-359, Дубна, 1985, с.15.
 39. Futurebus. Draft Proposed Standard P896.1. IEEE Inc., November 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел
30 мая 1986 года.