

Е. В. Ланин

(Фирма "СКАН", Институт аналитического приборостроения РАН,
Санкт-Петербург)

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ VME/VXI ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

The main requirements to distributed processing are shown. The distributed processing is to be a mean of flexible solutions of industrial control problems from simple factory automation, to complex of computer architectures in so called technical scientific applications (aerospace and satellite technology, energetics and etc). Common applications include data acquisition, data concentration, control and monitoring systems. The paper deals with a wide range of aspects of this type problems in terms of multiprocessor and multicomputer systems.

Введение

Автоматизация промышленных объектов, технологических установок имеет ряд особенностей.

В силу существующего сейчас положения в отечественной промышленности в первую очередь модернизируются действующие уже объекты и лишь незначительное число проектируется вновь. Таким образом, в большинстве своем это действующие объекты, причем некоторые с непрерывным техпроцессом. Конфигурация технологических линий таких объектов закреплена достаточно жестко, датчики установлены в труднодоступных местах, а в некоторых случаях непосредственно в агрегате, коммуникации определены проектно. Прокладка дополнительных связей требует согласования, в ряде случаев они физически трудно реализуемы. Посты контроля и управления щитового исполнения содержат мнемосхемы с элементами индикации, контроля и управления. Изменение или исключение любого из звеньев управления практически невозможно, так как влечет за собой изменение штатных расписаний действий, должностных инструкций и т.п.

Основными задачами при создании систем автоматизации промышленных установок являются:

- возможность наращивания и модернизации (рост за объектом);
- централизация и децентрализация управления;
- нормирование основных технических характеристик, метрология; аттестация и сертификация измерительных и управляющих контуров.

Одним из основных аспектов создания таких систем является выбор конфигурации и типов связей как внутри системы автоматизации, так и с объектом. Поиск решений целесообразно вести в области промышленных сетей, обеспечивающих минимизацию физических линий связи при достаточно высокой пропускной способности (Profibus, MIL-STD и т.п.).

Вторым по важности фактором является степень свободы в пространственной компоновке функциональных модулей измерения, управления, специальных источников питания, кроссов и т.п.

Целью настоящей статьи является рассмотрение аспектов применения и организации технических средств в базисе аппаратуры VME/VXI для систем нижних уровней.

1. Состояние отечественных систем автоматизации

В последние годы в различных отраслях промышленности применялись в основном комплексы: М 6000 (СМ 2М), Северодонецк; КТС ЛИУС, Харьков; "Ремиконт", Чебоксары; СМ 1800 (СМ 1810), Киев; П 1001 (МСКУ). Все они в той или иной степени использовали в своей структуре:

- магистрально-модульный принцип построения;
- функционально полный набор интеллектуальных модулей, измерительных устройств, модулей УСО, контроллеров связи;
- базовый комплект типовых конструкций;
- систему гарантированного электропитания и кондиционирования.

Основными недостатками этих комплексов являются:

- устаревшая элементная база, применение микропроцессоров и ЭВМ предыдущего поколения;
- автономность реализованных решений. Все рассмотренные комплексы спроектированы и изготовлены в рамках одного-двух предприятий. Их изделия практически не могут быть доукомплектованы изделиями других предприятий;
- несовместимость магистралей, каналов связи с международными стандартами;
- закрытость программного обеспечения на уровне контроллеров нижнего уровня от пользователя;
- специфичность построения базы данных, операционных систем;
- отсутствие перспектив развития.

Таким образом, возникает необходимость в создании нового поколения систем автоматизации для промышленных объектов и задач диагностики.

В настоящее время существует значительное число магистралей, магистрально-модульных систем, развиваемых отдельными фирмами, ассоциациями изготовителей и пользователей. Оценки, проведенные фирмой PER Modular Computers, показывают, что две магистрально-модульные системы ISA (PC/AT) и VME-bus держат более 60 % рынка изготовления подобной аппаратуры (соответственно 38 и 25 %) [1, 2]. Аналогичные прогнозы фирмы "Motorblla" показывают, что в 1996 г. средства VME-bus выйдут по продаже на первое место.

2. Семейство магистралей VME/VXI

Необходимо отметить, что стандарты VME (МЭК-821 и т.д.) распространяются не на один тип магистрали, а на семейство магистралей VXI, VSB, MXI: 16-разрядная шина VME; 32-64 – разрядная шина VME. Практически не существует аналогичной магистрально-модульной системы, в которой использовался бы такой стандартизованный набор каналов. Наличие этих каналов позволяет осуществлять пространственную компоновку аппаратуры самыми разнообразными способами. Аппаратура VME легко комплексирована с аппаратурой локальных сетей.

При сравнительном рассмотрении магистралей семейства VME и PC мы отдаем предпочтение первой по следующим причинам:

- семейство магистралей VME рассчитано на использование 8, 16, 32, 64-разрядных микропроцессоров. Это позволяет оптимальным образом строить иерархию вычислительных, измерительных средств в едином комплексе автоматизации;

- многовариантность конструктивных решений, базирующаяся на типовых элементах (Евроконструктив), позволяет легко использовать их в различных подсистемах комплекса;

— свобода конструктивного пространства позволяет легко решать проблемы гальванически развязанных цепей, кроссовых соединений, дополнительных источников питания;

— перспективность перехода к 32-, 64-разрядным ЭВМ очевидна. Применение VME позволяет в дальнейшем наращивать вычислительную мощность проектируемых систем, согласовав разрядность вычислительных средств верхнего и среднего уровней.

Одновременно VME дает возможность повысить производительность на среднем уровне (ведущие крейты) за счет применения "slave-процессоров", работающих одновременно с основным в конвейерном режиме, т.е. основной процессор работает с подсистемами нижнего уровня (ведомые крейты), организует сбор данных в двухпортовых модулях оперативной памяти, а "slave-процессор" передает информацию из этих модулей на верхний уровень по магистрали VSB.

Западные производители систем автоматизации в базе аппаратуры VME отмечают их основные преимущества:

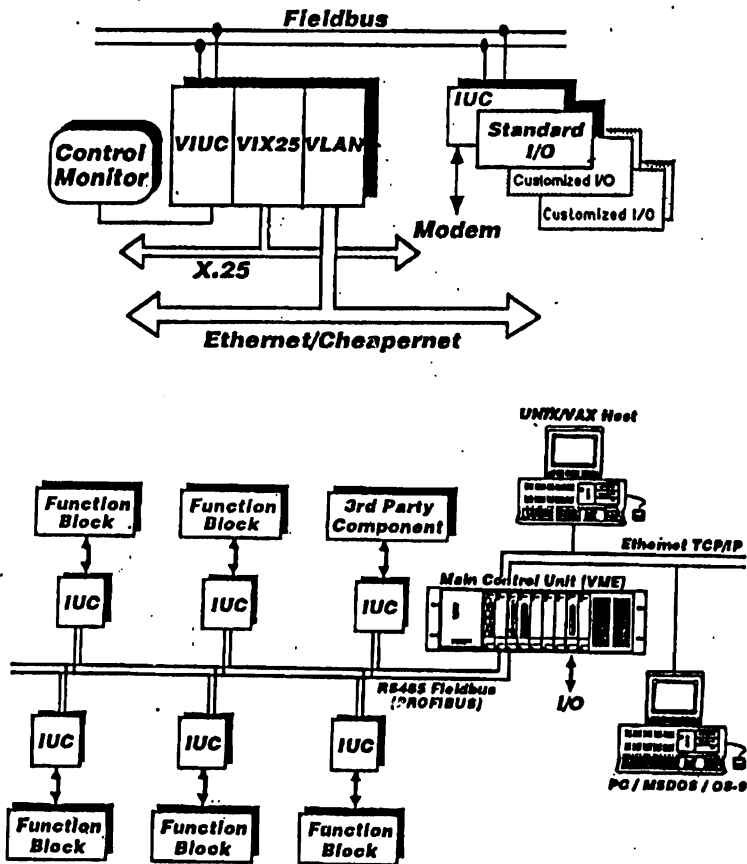
- открытые стандарты;
- легкая интеграция систем автоматизации в объект;
- комплексность решений;
- модульность;
- сочетание с сетями типа Fieldbus и т.п.

3. Технические средства аппаратуры VME

Процессорные модули. Естественно, что западные системы VME в 90% используют процессорные модули на базе микропроцессоров (32-разрядных) фирмы "Motorola" 68020, 68030, 68040. Аналогичного направления придерживаются отечественные разработчики и изготовители графической станции "Беста". Обусловлено это тем, что именно подобные процессоры наиболее полно используют возможности магистрали VME. В то же время ряд пользователей (10—15%) в силу привычки и опыта работы с ЭВМ IBM PC и операционными системами (MS-DOS) отдают предпочтение процессорам, выполненным на базе микропроцессоров Intel 380286, 380386.

Большинство фирм — производителей аппаратуры VME поставляют операционные системы (типа OS-9), которые дают возможность работать как с процессорами на элементной базе фирмы "Motorola", так и с процессорами фирмы "Intel", т.е. стремятся дать пользователю возможность машиннонезависимого программирования. Однако в отечественной практике наработан ряд программных продуктов, которые могут быть адаптированы под другие операционные средства при значительных временных и финансовых затратах. Поэтому у пользователя возникает естественное желание на всех уровнях использовать процессоры, аналогичные базовым процессорам IBM PC. По-видимому, аналогичные проблемы возникают и у 10—15% западных пользователей. Поэтому изготовители аппаратуры VME и выпускают 10—15% процессорных модулей на элементной базе фирмы "Intel".

Необходимо заметить, что производители аппаратуры VME стремятся иметь определенный значительный процент выпуска модулей, эквивалентных узлам вычислительных машин: процессоры, ОЗУ, контроллеры дисков, дисплеи, локальных сетей. С системных позиций — это применение в базе аппаратуры VME встроенных ЭВМ традиционной архитектуры, но повышенной надежности. С позиций информационной структуры архитектура комплексов с встроенными и внешними ЭВМ аналогична. Как в том, так и в другом случае распределенность средств достигается подключением ЭВМ на верхнем



Архитектура магистрально-модульных систем VME нижнего уровня.

уровне к локальной сети типа Ethernet, а на нижнем уровне к сетям типа Fieldbus (рисунок).

Архитектура систем. Вместе с тем, архитектура производственных систем автоматизации достаточно традиционна. Это ЭВМ (внешняя или встроенная в аппаратуру VME) и устройство согласования с объектом, в котором находятся модули измерения, управления, преобразования (ЦАП-ы, АЦП, коммутаторы, модули ввода—вывода дискретных сигналов и т.п.).

Естественно, что устройство согласования с объектом (УСО) имеет в своем составе интеллектуальные модули (процессоры и контроллеры). В ряде случаев производители аппаратуры VME строят УСО даже в базе другой магистрали. Так, фирма PEP Modular Computers с целью сокращения экономических затрат на создание промышленных систем автоматизации осуществляет переход от 16/32-разрядной шины к 8-разрядной магистрали ПИОС через модули связи "VIOS" или через сети типа "fieldbus" (Profibus, ВIIBUS и т.п.) [1] (см. рисунок).

Ведущие крейты системы функционируют под управлением мощных процессоров 68020, 68030, 68040. Ведомые крейты подключаются к ведущим через интерфейс RS485, на котором реализуется сеть класса "fieldbus". PEP 9000 является открытой системой, соответствующей стандартам ANSI/IEEE.

Естественно, что системам нижнего уровня в базе VME необходимы программные средства для промышленных применений, обеспечивающие их быструю адаптацию и реконфигурацию к постоянно меняющимся условиям диагностики: количество каналов управления, контроля; набор параметров; алгоритмы, выполняющие идентичные задачи, но при разной последовательности опроса и управляющих воздействий по этим каналам.

Таким образом, при нарастающей децентрализации интеллектуальных аппаратных средств необходимо сделать шаг к децентрализации разработки и отладки программного обеспечения.

Особенности построения УСО. Анализ, проведенный фирмой "СКАН" в последние годы заданий и проектов для систем автоматизации в строительстве, энергетике, транспорте и других отраслях промышленности, а также комплексов диагностики для радиотехнических, космических объектов, показал, что состав устройств согласования с объектом остается традиционным. Практически достигнут предел по количеству каналов управления и измерения на конструктивный носитель (плату). Так, для плат 100×160 мм (размер А) это 16 каналов, соответственно для плат 233×160 (размер В) это 32 канала. Такое ограничение числа каналов определяется уже не элементной базой, а типами связей (2-проводная, 3-проводная линия) и типами разъемов конструктивно размещаемых на лицевых панелях модулей. Прогрессом является превращение этих модулей из регистровых, преобразующих устройств в интеллектуальные измерительно-управляющие каналы, что достигается за счет введения в их состав однокристалльных процессоров, ОЗУ, спецпроцессоров и т.п.

Таким образом, часть функций, которые обычно выполнялись контроллерами крейтов (калибровка, сортировка, накопление, статистический анализ) выполняется самими модулями.

Практически во всех промышленных системах автоматизации и комплексах диагностики помимо 70—80 % каналов измерения и управления, работающих в полосе частот от 0,1 Гц до нескольких десятков килогерц, присутствуют либо каналы измерения, либо работающие в более широкой полосе частот (до 100 МГц), либо высокочувствительные, широкодиапазонные измерители. В ряде случаев необходимы многоканальные анализаторы для вибрационных, акустических, спектральных измерений. Реализацию таких каналов целесообразно выполнить в базе аппаратуры VХI (синтезаторы частот, корреляторы, фурье-преобразователи, мультиметры и т.п.). Таким образом, естественно интегрировать средства VME и VХI в единый комплекс.

4. Новые направления

Что же все-таки не удовлетворяет в современном состоянии систем автоматизации промышленных объектов? Прежде всего архаичность построения информационной структуры систем.

В отличие от информационной структуры банковских, офисных, производственных систем верхнего уровня (учет материалов, продукции и т.п.), где основными показателями являются объем информации и скорость ее передачи и обработки, системы автоматизации нижнего и среднего уровней имеют дело с многочисленными параметрами от различных физических датчиков. Набор датчиков и их характеристик, их физическая сущность настолько различны, а пространственная и конструктивная компоновка в каждом объекте настолько разнообразны, что оказывается, что большая часть затрат на технические средства таких систем автоматизации в 2—3 раза превышает затраты на электронно-вычислительные узлы систем автоматизации. К этим средствам относятся проводной и кабельный монтаж, кроссы, источники питания гальванических развязок, узлы нормализации и преобразования сигналов. При этом оказывается, что датчиковая и управляющая аппаратура жестко привязываются к своим контроллерам. Использование информации одной подсистемы в другой возможно только через несколько ступеней преобразования и обработки, обмен происходит через средний или верхний уровень интеллектуальных подсистем. Кроме того, жесткость пространственно-конструктивной компоновки: крейты, стойки, пульта, спроектированных на определенное чис-

ло модулей и узлов, не позволяет легко наращивать датчиковую аппаратуру, а унифицированные наборы модулей ввода—вывода и преобразования всегда количественно оказываются недостаточными или избыточными. Нет и нужной оперативности при доукомплектовании или модернизации систем автоматизации (рост за объектом). То есть, используя как бы универсальные средства, мы вынуждены их специализировать (компоновочно и программно) на выполнение одной или нескольких функций.

Таким образом, можно сделать вывод, что сама модульность, магистральность, информационная мощьность и интеллектуальность еще не решают проблем автоматизации промышленных объектов. Первостепенным оказывается сама структура информационной среды.

В 1991г. фирма Echelon (США) разработала новый тип технических и программных средств для применения в распределенных автоматических системах и получивших название LON (Local Operating Network) [3]. LON — это высокопроизводительная коммуникационная среда, позволяющая собирать сложные производственные сети из готовых компонент. Основой сети являются БИС - процессоры Neuron, модели 3120 и 3150. Выпускаются фирмами Motorola и Toshiba. Основные данные этих БИС: 3 восьмибитовых процессора, два для реализации протокола, третий — для прикладных программ; 11 программируемых входов; 2 таймера (счетчика); 15 программных таймеров. Процессоры выполняют следующие функции:

- ПРЦ 1 (процессор MAC) решает задачи второго уровня LON Talk-протокола (доступ к среде);

- ПРЦ 2 решает задачи 3-го уровня LON Talk-протокола (формирование передачи, адресация, идентификация, управление сетью, маршрутами) и через прикладной буфер связан с ПРЦ3. Оба буфера, сетевой и прикладной, расположены в общей памяти;

- ПРЦ 3 решает прикладные задачи, имеет встроенный многозадачный диспетчер, библиотеку функций (управление вводом/выводом).

Физическая среда канала различна: — силовые сети, радиоканал, витая пара и т. п. Наивысшая скорость в канале 1,25 Мбит/с, скорость операций (передач) в канале 700 Байт/с, при применении витой пары (500 м, 64 узла). Для силовой сети 9,6 Кбит/с, радиоканала — 4,8 Кбит/с.

Иерархия технических LON-сетей имеет ряд уровней. Верхний уровень — ДОМЕН. Второй слой — ПОДСЕТЬ. Допускается до 255 подсетей в домене. Подсети объединяют узлы в одном канале, или в разных каналах, связанных мостами. Третий слой — УЗЛЫ, в подсети допускается 127 узлов. Наибольшая конфигурация внутри домена — 32 385 узлов (255 подсетей x 127 узлов).

5. Распределенные системы автоматизации на базе аппаратуры VME и идеологии LON

Практически в идеологии LON узел — это датчик, а совместно с Neuron-chip — это интеллектуальный датчик или элемент управления/контроля. Настройка и управление топологией сети и информационными маршрутами позволяют доставить информацию о состоянии узла в любое место системы автоматизации (СА). Таким образом, организация пары "датчик—БИС" не привязывает этот узел к определенной подсистеме СА, т.е. отсутствует конструктивная локализация.

Особенности БИС "Neuron" позволяют непосредственно подсоединить его к различным типам датчиков и узлов управления. В ряде случаев необходимо дополнительное электронное оборудование (более сильноточное, более быстроедействующее и т.п.), которое выполняется в базе VME/VXI. В этом случае в электронные модули VME должны быть встроены Neuron-chip-ы. Это не

отменяет наличие в таком оборудовании встроенных контроллеров на магистрали VME (для диагностики или более быстрой обработки). Другое применение аппаратуры VME — это построение в ее базе концентраторов в определенных местах LON-сети или адаптеров ЭВМ — LON-сеть.

Таким образом, применение концепции LON-сеть и аппаратуры VME/VXI позволяет создавать распределенные системы автоматизации, гибкость архитектурных решений и пространственная компоновка которых дают возможность наиболее легко сочетать технические средства СА с объектом автоматизации, избежать ненужной жесткости конструктивных решений (каркасы, стойки и т.п.), избыточности технических средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *VME für Jedermann*. Gannover, PEP Modular Computers. 1993.
2. *IEEE-488 and VXI bus Control, Data Acquisition, and Analysis*. USA, National Instruments. 1993.
3. *Miiller R. // LON- das universelle Netzwerk Elektronik*. 1991. N 22. P. 59; N 23. P. 75.

Рукопись поступила 25.10.93