

ПЕРСОНАЛЬНЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ И МАГИСТРАЛЬНО-МОДУЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Широкому распространению и внедрению персональных компьютеров (ПК) во все сферы деятельности человека (от досуга и обучения до фундаментальных научных исследований) способствовали такие важнейшие моменты, как огромные объемы выпуска ПК во всем мире, низкая стоимость, высокая надежность, небольшие физические объемы, встроенная графика и, конечно, большое количество программного обеспечения практически не все случаи жизни.

Весьма высокая развитость как аппаратного, так и программного интерфейса ПК с человеком, так называемая дружелюбность пользователю, существенно упрощает взаимодействие с ним неквалифицированного пользователя, каким является подавляющее большинство людей, заинтересованных в применении вычислительной техники.

Важнейшим следствием внедрения ПК во многие сферы человеческой деятельности явилось появление феномена автоформализации профессиональных знаний [1]. Предпосылками появления этого феномена являются указанные выше свойства ПК. А следствием - существенное упрощение и ускорение процесса создания специальных программных систем, так как из этого процесса в основном устраняются промежуточные звенья, связанные с участием в нем профессиональных программистов, не являющихся специалистами в соответствующей предметной области. При этом практически исчезает этап задания формальных спецификаций системы, а это зачастую является для непрограммиста весьма сложным делом.

Хотя в большинстве случаев созданные программные системы не будут оптимальными как по быстродействию, так и по использованию памяти и других ресурсов компьютера, важнейшим свойством этих систем будет их работоспособность. Создаваемая программистом-непрофессионалом система первоначально будет весьма ограниченной по своим возможностям, но со временем выполняемые ею функции расширятся. Причем неизбежно возникающие в процессе работы изменения требований к системе автоматически будут учитываться в ее реализации. Кроме того, важно отметить, что ресурсы современных ПК превышают ресурсы мини- и микрокомпьютеров серий CM и "Электроника-60", традиционно используемых в области научных исследований в СССР.

Проведенное авторами в продолжение приведенного в [2] исследование быстродействия компьютеров расширило предыдущее на появившиеся с тех пор отечественные и новые зарубежные ПК. Исследование, как и ранее, проводилось с помощью программ Sieve и Calculations, используемых журналом BYTE [3] для сравнения компьютеров и их программного обеспечения. Использование именно этих программ для сравнения производительности компьютеров применительно к области автоматизации научных исследований полезно, на наш взгляд, потому, что программа Sieve оперирует с целыми числами и отражает скорость компьютера на задачах сбора данных и управления экспериментом, также оперирующих в основном с целыми числами. Программа Calculations оперирует с числами с плавающей точкой и поэтому отражает скорость компьютера в задачах обработки научных данных и расчетах. Результа-

ты измерений времени выполнения этих программ на различных компьютерах приведены в таблицах 1 и 2.

При измерениях использовался язык Turbo Pascal 3.0 для компьютеров APPLE-II, IBM PC и совместимых с ними и Pascal 1.1G для DEC-совместимых компьютеров. При этом очевидно, что время выполнения программ зависит не только от производительности компьютера, но и от реализации компилятора. Но, к сожалению, одинаковых реализаций для IBM-совместимых и DEC-совместимых компьютеров нет, и, кроме того, пользователь всегда работает с комплексом компьютер - компилятор.

Приведенные результаты позволяют решить вопрос о применимости современных ПК в задачах сбора данных и управления экспериментальными установками в их пользу, так как время выполнения программы SIEVE на этих компьютерах более чем в шесть раз меньше, чем на обычно используемых в автоматизации компьютерах типа "Электроника" и ДВК. Вопрос о задачах обработки не решается столь однозначно, и применяемый компьютер определяется тем, что важнее - скорость обработки или простота использования.

Таблица 1

Sieve program (8190 primes, 10 iterations)				
Компьютер	Фирма-изготовитель	BASIC	C	Pascal
PC/AT 12MHz	DTK	509	13	.43
PC/AT 6MHz	IBM	894	32	1.10
PC	IBM	2285	95	3.20
APPLE II	APPLE COMPUTERS	2843		5.40
Правец-16	Правец	2175	91	3.10
ЕС-1840.05	МРП	1654	71	2.30
Искра-1030.11	Минприбор	2453	88	2.90
ДВК-2	МЭП			16.40
ДВК-3	МЭП			11.60
Электроника-85	МЭП			1.70
СМ-1600	Минприбор			2.40

Таблица 2

Calculations Program (50000 iterations)				
Компьютер	Изготовитель	BASIC	C	Pascal
PC/AT 12MHz	DTK	106	88	60
PC/AT 6MHz	IBM	218	246	134
PC	IBM	588	547	364
APPLE II	APPLE COMPUTERS	919		1045
Правец-16	Правец	565	624	347
ЕС-1840.05	МРП	437	542	296
Искра 1030-11	Минприбор	613	522	361
ДВК-2	МЭП			528
ДВК-3	МЭП			205
СМ-1420	Минприбор		12	
СМ-1600	Минприбор			10

До недавнего времени из-за недостатка средств вычислительной техники (ВТ) создавались в основном системы автоматизации больших уникальных установок, где без автоматизации обойтись трудно или вообще невозможно, а массовые небольшие и малые эксперименты оставались без внимания. Подавляющее большинство требующихся в настоящее время систем автоматизации в научных исследованиях должны обслуживать именно такие малые эксперименты и поэтому сами являются небольшими и не предъявляют экстремальных требований к применяемому компьютеру. С появлением ПК появляется возможность автоматизировать именно эти эксперименты. Причем автоматизировать их могут и должны сами экспериментаторы, так как никаких сил автоматизаторов-профессионалов не хватит для создания необходимого количества систем автоматизации. А именно ПК, реализующие возможность автоформализации профессиональных знаний, и дают экспериментаторам эффективный инструмент для решения такой задачи.

При этом, естественно, автоматизатору-непрофессионалу необходимо создать условия для эффективной работы, чтобы он все внимание мог уделить решению проблем в своей предметной области. Создание таких условий и является задачей автоматизаторов-профессионалов - как аппаратурщиков, так и программистов.

Судя по публикациям в ведущих компьютерных журналах, наиболее распространенными приложениями ПК в мире являются деловые, для чего и предназначена продукция, имеющаяся на рынке. Следующим по распространенности приложением являются различные системы автоматизированного проектирования. Научные приложения, в основном, исчерпываются вычислительными задачами. Для сбора данных и управления экспериментальными установками коммерчески доступного обеспечения, как аппаратного, так и программного, за редким исключением, не существует.

Важнейшим элементом аппаратного обеспечения задачи сбора данных и управления является интерфейс ПК с научным прибором или экспериментальной установкой. Сейчас уже общепризнано, что для создания систем автоматизации научных исследований наиболее перспективными являются различные магистральные-модульные системы (ММС). Несмотря на определенную избыточность, они являются наиболее гибким инструментом в условиях постоянно изменяющихся требований со стороны научного эксперимента. Такие системы позволяют автоматизатору-непрофессионалу наиболее простым способом, пользуясь принципом конструктора, создавать необходимые системы автоматизации.

Здесь необходимо отметить разницу между системой автоматизации научных исследований и научным прибором. Система автоматизации обычно создается непосредственно в том месте, где она будет использоваться, и выполняет широкий круг функций по сбору данных и управлению уникальными научными установками, которые часто не могут быть точно определены заранее и изменяются со временем в связи с изменением решаемых задач. Научный прибор, который может быть весьма сложным, создается специальной организацией или изготавливается на заводе, обладает определенной универсальностью назначения и ограниченным набором функций, изменять которые практически невозможно.

Для эффективного использования ММС пользователю необходимо предоставить достаточный набор аппаратного и программного обеспечения. Аппаратное обеспечение должно включать в себя, кроме крейтов с питанием, достаточно широкую библиотеку функциональных модулей для того, чтобы удовлетворить потребности эксперимента, как текущие, так и возможные будущие, а также интерфейс с используемым компьютером. Программное обеспечение должно предоставлять пользователю возмож-

ность простого обращения к модулям ММС из известного ему языка программирования высокого уровня и дружественные средства разработки и отладки программ. Отсутствие программного обеспечения приводит к тому, что либо ММС не используется вообще, либо ее возможности не используются в полной мере.

В настоящее время наибольшее распространение для автоматизации научных исследований в нашей стране получила магистрально-модульная система КАМАК. Несмотря на свои очевидные и уже много раз упоминавшиеся в литературе недостатки и появление новых, более универсальных и перспективных ММС, система КАМАК еще долго будет использоваться в научных исследованиях из-за привычки экспериментаторов и автоматизаторов, а также из-за большого количества накопленной аппаратуры и программного обеспечения.

Проектирование систем автоматизации научного эксперимента в системе КАМАК на базе ПК не имеет особенностей. Машинно-зависимым элементом системы КАМАК является крейт-контроллер, поэтому особенности ПК как особого класса вычислительной техники отражаются в основном на его структуре.

Рассмотрим особенности крейт-контроллера как интерфейса ПК. Так как наибольшее распространение в СССР получают компьютеры, совместимые с IBM PC, то в дальнейшем будут иметься в виду только они. В [4] уже рассматривались особенности крейт-контроллера для ПК, но с тех пор появились альтернативные варианты структуры, на которых, на наш взгляд, необходимо остановиться еще раз.

Несмотря на мегабайтный объем памяти ПК, эта память распределена и в основном занята как основной памятью, так и памятью различных интерфейсов. Использование остающихся пустыми в настоящее время областей памяти под адресное пространство крейт-контроллера может привести к конфликту с новыми промышленными интерфейсами и что, может быть, важнее - с используемым стандартным программным обеспечением. Фирмы, разрабатывающие аппаратное и программное обеспечение ПК, как отечественные, так и зарубежные, конечно же, не будут учитывать наличие системы КАМАК, поскольку основные применения этих компьютеров не связаны, как уже отмечалось выше, с автоматизацией научного эксперимента. Поэтому наиболее безопасным является использование адресов, выделенных для Prototype Board (300-31F Hex), и наиболее опасным - использование больших областей памяти с отображением номеров станций и субадресов на адреса памяти компьютера, как это сделано в контроллере типа 111 производства ПНР, хотя это и дает некоторый выигрыш в производительности.

Наиболее распространенные в настоящее время ПК имеют 8- и 16-разрядные шины, причем в компьютерах с 16-разрядной шиной всегда имеется возможность обмена байтами. Поэтому для универсальности крейт-контроллер должен быть связан с компьютером 8-разрядной шиной данных.

При байтовом регистровом обмене с контроллером максимально необходимо передать 7 байт, включающих N, A, F, три байта данных D0, D1, D2 и команду запуска цикла, что составляет для стандартного IBM PC время около 27 мкс. Эта величина ограничивает максимальную скорость передачи данных в обычном режиме программного обмена. Увеличение скорости передачи возможно при применении специальных методов обмена, таких, как блочные передачи данных. Документ EUR4100 [5] регламентирует три режима блочной передачи: сканирования (Scan), повторения (Repeat) и остановки (Stop). Если крейт-контроллер имеет аппаратную поддержку таких режимов работы, то их использование позволяет не передавать NAF при каждом обмене данными, что сокращает количество передаваемых байт до 2-4. Особую важность блоч-

ные передачи данных приобретают в связи с тем, что многие современные модули, например быстродействующие АЦП, имеют буферную память, обмен с которой удобно производить по блокам.

Самым быстрым способом блочного обмена является обмен по каналу прямого доступа в память (ПДП). В случае стандартного IBM PC в этом случае можно достичь скорости обмена до 3 мкс на каждое трехбайтовое слово. Обмен по ПДП дает преимущества только в блочных передачах данных и в том случае, если во все время обмена никаких других действий крейт-контроллер не производит, то есть при неизменных NAF. Выполнение любой другой операции, например проверки статуса, приведет к необходимости переписи NAF перед выполнением передачи по ПДП и, следовательно, задержке. Таким образом, при реализации обмена по ПДП необходима аппаратная реализация стандартных режимов сканирования.

Узким местом по быстродействию при использовании системы КАМАК является обмен с компьютером, так как при любом способе обмена эта часть операции занимает большее время, чем выполнение цикла КАМАК. Поэтому еще одним способом повышения быстродействия систем является применение многоконтроллерных крейтов на основе документа EUR6500. Другие контроллеры могут быть либо автономными микропроцессорными контроллерами, либо управляться другими внешними компьютерами. Возможным вариантом является управление и основным и дополнительным контроллером крейта от одного и того же компьютера. При этом, если основной контроллер работает в программном режиме, а дополнительный в режиме ПДП, то такая структура исключает отмеченный выше конфликт между этими двумя способами обмена.

Неотъемлемой частью крейт-контроллера является программное обеспечение для обращения к модулям КАМАК из языка высокого уровня. Для облегчения написания пользователем собственных программных систем необходимо, чтобы метод обращения был достаточно простым, универсальным и стандартным. Единственным существующим в настоящее время предложением на стандартизацию метода обращения к модулям КАМАК из языка высокого уровня является документ комитета ESONE SR/01. Если крейт-контроллер для ПК обладает аппаратной реализацией режимов блочного обмена, то для предоставления пользователю возможности наиболее полного использования его ресурсов реализация подпрограмм по документу SR 01 должна включать все три уровня.

Таким образом, крейт-контроллер для ПК должен обладать следующими свойствами:

- регистровый способ обмена с компьютером и использованием адресов 300-31F

Hex;

- байтовая шина данных;
- аппаратная реализация режимов сканирования, повторения, остановки;
- передача по каналу прямого доступа в память;
- соответствие документу EUR6500 на многоконтроллерный крейт;
- программное обеспечение должно включать все три уровня по документу SR/01.

Система КАМАК в настоящее время не удовлетворяет требованиям многих экспериментов как по функциональным возможностям, так и по быстродействию, поэтому в научных исследованиях начинают использоваться другие, более совершенные ММС. Основными недостатками системы КАМАК являются:

- малая разрядность Dataway по адресам (16 субадресов, естественно, недостаточно в условиях наметившейся тенденции встраивания микропроцессоров в функциональные модули для полной реализации их возможностей);

- нерациональное использование контактов разъема Dataway - наличие отдельных шин записи и чтения, что используется крайне редко;

- недостаточная разрядность шины данных (24 разряда мало для начинающих появляться сейчас высокопроизводительных 32-разрядных систем;

- жесткая регламентация длительности цикла КАМАК одной микросекундой, чего недостаточно для обмена в современных микропроцессорных системах.

В настоящее время наибольшее распространение в мире получили системы Multibus II и VME. Обе эти системы являются многопроцессорными, 32-разрядными по адресам и данным, близкими по функциональным возможностям системами с общим механическим стандартом Eurocard. Система Multibus II имеет более высокие потенциальные возможности, но и более сложный протокол передачи и арбитраж. Реализовать эти возможности в полном объеме можно только с помощью специализированных БИС. Стандарт шины VME предполагает использование только стандартных микросхем ТТЛ и ПЛМ. Использование специализированных БИС не является принципиальным фактором, как в случае Multibus II, а лишь позволяет уменьшить количество используемых в шинном интерфейсе микросхем. Поэтому реализовать стандарт VME в СССР в настоящее время можно быстрее и проще. Система VME по своим параметрам вполне отвечает современным требованиям, и пик производства модулей VME за рубежом ожидается в 1990-1995 гг. Пик производства модулей Multibus II ожидается в 2000-2005 гг., и, следовательно, эта система является в определенной степени системой будущего, тем более для нашей страны.

Шина VME многопроцессорная; стандартным методом введения интеллекта в систему является установка процессоров непосредственно в крейт. За рубежом выпускается большая номенклатура модулей, включающих процессоры, память, интерфейсы ввода-вывода, АЦП, ЦАП и другие модули связи с объектом, а также готовых вычислительных систем и систем сбора данных.

Но такая структура систем не исключает возможность использования в них внешних компьютеров. Причинами этого могут быть, например, необходимость использования больших вычислительных мощностей, которые нельзя встроить в крейт непосредственно, или применения спецпроцессоров, не существующих в номенклатуре модулей VME. Применение внешних компьютеров не ограничивается такими специфическими случаями, во многих системах преимущества может дать подключение к шине VME обычного ПК.

В нашей стране в настоящее время остро ощущается недостаток любых периферийных устройств для компьютеров - от дисплеев до дисковых приводов. Сделать процессорный модуль сейчас не представляет проблем при наличии некоторого опыта в конструировании микропроцессорных схем и технологии производства печатных плат. В качестве дисплея можно использовать, в крайнем случае, обычный телевизор. Но создание законченной системы затрудняется тем, что для нее необходимы еще, как минимум, клавиатура и дисковая подсистема, а это уже связано с точной механикой и обычно недоступно, особенно в рамках Академии наук, занимающейся сейчас созданием модулей и систем на шине VME. В таком случае подключение ПК к системе решает проблему внешних устройств.

Система, обладающая интеллектом внутри крейта и внешним ПК, получает возможность разделения функций, когда на внутренний интеллект возлагается задача сбора данных, их первичной обработки и управления и, возможно, более сложной обработки. На внешний компьютер при этом возлагается задача взаимодействия с

оператором, окончательной обработки и хранения данных. Такая структура позволяет разгрузить шину VME и повысить быстродействие системы.

Еще один важный момент - разработка программного обеспечения для встроенного в крейт процессора. В условиях отсутствия периферии эта задача становится весьма сложной. Наличие внешнего ПК позволяет решить эту проблему, особенно если внутренний и внешний компьютеры программно совместимы. Как базовое программное обеспечение, так и программа сбора и управления могут быть разработаны и отлажены на внешнем компьютере и затем загружены для выполнения во внутренний.

Таким образом, система на базе ПК и шины VME должна включать ПК, программно и частично аппаратно совместимый с ним процессор в крейте и интерфейс связи внешнего компьютера с шиной VME. Внутренний процессор должен иметь базовое программное обеспечение, выполняющее функции тестирования, первоначальной загрузки и ядра операционной системы.

Из всего сказанного следует, что использование ПК совместно с магистрально-модульными системами позволяет повысить функциональные возможности систем автоматизации как в случае уже широко распространенной системы КАМАК, так и в случае шины VME, особенно на начальном этапе ее применения.

Л и т е р а т у р а

1. Г р о м о в Г.Р. Национальные информационные ресурсы. М.: Наука, 1984.
 2. Б у л а т о в Е.Д., О т л и в а н ч и к Е.А., О т л и в а н ч и к М.А., С и с а к я н И.Н., С у в о р о в В.А. Персональные компьютеры в автоматизации научных исследований // Компьютерная оптика, вып. 2, 1987.
 3. ВУТЕ, V. 10, N. 7, p. 287-305.
 4. Б у л а т о в Е.Д., Д а н и л е н к о А.А., К а з ь м и н а В.В., О т л и в а н ч и к Е.А., О т л и в а н ч и к М.А., С у в о р о в В.А. Крейт-контроллер для персональных компьютеров // Компьютерная оптика, вып. 2. 1987.
 5. Computer Applications For Measurement And Control, EUR4100, ESONE, 1969.
-