

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
СИБИРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
А В Т О М Е Т Р И Я

№ 6

1994

УДК 861.3.06

С. В. Власов
(Новосибирск)

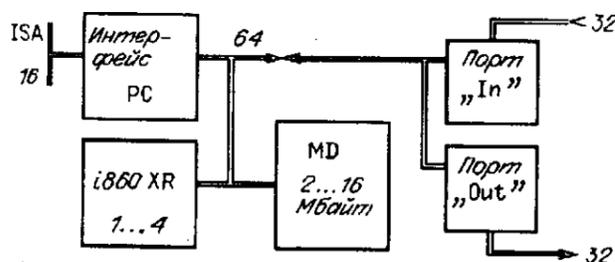
ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ПРОЦЕССОР НА БАЗЕ МИКРОПРОЦЕССОРА i860

Описан акселератор для компьютера IBM PC на базе микропроцессора i860XR, который применяется в качестве геометрического процессора компьютерной системы визуализации. Отмечены достоинства и недостатки микропроцессора i860XR при использовании его для геометрических преобразований в системах визуализации.

Дальнейшим развитием работ в области проектирования компьютерных систем визуализации является разработка алгоритмов и архитектур систем с использованием новой элементной базы. Для компьютерных систем визуализации такого класса, как «Альбатрос» [1], воспроизводящих в реальном времени около 4000 многоугольников, требуется геометрический процессор (ГП), обладающий быстродействием не менее 30 Мфлопс. В последнее время появились микропроцессоры с таким быстродействием: i860VR, i860XR, "Alpha", TMS320C40, R4400. Применение подобных микропроцессоров для геометрических преобразований позволяет существенно повысить эксплуатационные параметры систем, упростить процесс проектирования и программирования ГП, снизить их стоимость по сравнению с предыдущими разработками [2]. В данной работе приводится опыт создания геометрического процессора на базе процессора i860XR, описывается его архитектура, функциональные возможности, исследуются достоинства и недостатки использования микропроцессора для геометрических преобразований. Геометрический процессор выполнен на одной печатной плате, устанавливаемой в управляющий компьютер IBM PC в качестве акселератора, и может быть использован для решения широкого круга задач, требующих больших вычислительных мощностей.

Общая структура акселератора (АС). Структура АС, предназначенного для использования в компьютерной системе визуализации, приведена на рисунке.

Начальная загрузка и управление ресурсами АС осуществляется управляющим компьютером PC, для чего память данных (MD) отображена на адресное пространство PC. Через параллельные порты "In" и "Out" акселератор осуще-



ствляет обмен данными с внешними объектами, которыми могут быть, в частности, другие акселераторы (предусмотрена установка в РС до четырех плат АС). К плате акселератора возможно подключение различных внешних устройств или видеопроцессоров.

Асинхронное взаимодействие РС и АС осуществляется через прерывание. Возможно как прерывание РС по команде АС, так и прерывание АС по команде РС.

Процессор акселератора. Процессор АС выполнен на основе i860XR. В его состав входят блоки обработки целых чисел, вещественных чисел, кэш-память данных емкостью 8 Кбайт, кэш-память инструкций емкостью 4 Кбайт, шинный арбитр и графический блок [3]. Большинство этих узлов могут работать параллельно, что позволяет достичь высокой скорости обработки данных процессором [4].

При тактовой частоте 33 МГц пропускная способность внутренних шин процессора составляет 792 Мбайт/с, а пропускная способность внешней шины — 132 Мбайт/с. Пиковая производительность — 66 Мфлопс при операциях с одинарной точностью.

На плате акселератора могут быть установлены до четырех микропроцессоров i860XR. Аппаратный арбитр по очереди предоставляет доступ к МД каждому из микропроцессоров i860XR, затребовавшему доступ. Наличие внутренних кэш позволяет с максимальной эффективностью использовать ресурсы акселератора при выполнении задач, не требующих высокой интенсивности обмена по внешней шине, т. е. задач с высокой интенсивностью вычислений, приходящихся на единицу обрабатываемых данных.

Память МД. МД является основной памятью АС, в ней хранятся программы и данные АС, однако она может быть использована и в качестве основной памяти РС, поскольку прямо отображена на ее адресное пространство. Емкость памяти до 16 Мбайт. В страничном режиме обмен с памятью может происходить со скоростью, соответствующей пропускной способности процессорной шины (132 Мбайт/с при 33 МГц).

При обращении к МД со стороны РС контроллер памяти предоставляет доступ после завершения всех отложенных циклов обмена МД и микропроцессора i860. В акселераторе имеется регистр, запоминающий данные, считанные из МД при обмене с РС, и хранящий их до завершения цикла обмена с РС. Таким образом, обмен происходит для пользователя «прозрачно» и с минимальными потерями времени акселератора.

Порты "In" и "Out". Для обмена данными со внешней средой в акселераторе имеются два параллельных порта. Эти порты могут использоваться, в частности, для соединения одинаковых акселераторов между собой с целью конвейеризации процесса вычислений. Порты одного и того же АС можно соединить между собой с целью тестирования.

Со стороны микропроцессора i860 эти порты выглядят как одна ячейка памяти: у них один и тот же адрес в пространстве адресов АС, по обоим передаются 32-разрядные числа, форматы шин данных в портах совпадают.

При записи по адресу порта происходит вывод записанного значения в порт "Out", а при считывании — ввод из порта "In".

Между микропроцессором i860XR и кабелем передатчика включена буферная память емкостью 16 32-разрядных чисел. Аналогичная память имеется между кабелем приемника и микропроцессором i860XR.

При обращении к портам в случае отсутствия их готовности (запись в заполненную очередь передатчика или считывание из пустой очереди приемника) возможны два случая: АС входит в состояние ожидания готовности либо происходит прерывание АС и впоследствии программным образом реализуется повторное обращение к нужному порту. Очистка очередей портов производится одновременно с остановом АС, по команде со стороны РС.

Прерывание РС. Прерывание РС по сигналу от АС реализовано аналогично портам: возникает при выполнении считывания по соответствующему адресу. Аппаратура РС получает сигнал прерывания, причем контроллер пре-

рываний должен быть настроен на реакцию по фронту сигнала (стандартная возможность для среды PC-DOS).

Прерывание АС. По сигналу РС возможно прерывание АС. Сигналом является запись в порт ввода/вывода. Для завершения протокола прерывания (как это предусмотрено архитектурой микропроцессора i860) следует осуществить подтверждение прерывания: осуществить считывание по соответствующему адресу.

Реализованная таким образом полностью симметричная система прерываний РС и АС позволяет организовать как их синхронную, так и асинхронную работу в многозадачном режиме с разделением времени акселератора.

Программные средства поддержки АС. Функционирование акселератора обеспечивается наличием системного, инструментального и тестового программного обеспечения.

Тестовое программное обеспечение включает тесты, выполняемые IBM РС, при этом акселератор функционирует как пассивное устройство, и тесты, программные коды которых загружаются в акселератор и исполняются акселератором. При этом РС проверяет факт обнаружения ошибки, выдает соответствующую диагностику и может выполнять другие функции, например создавать режим максимальных помех. Иерархия тестов позволяет эффективно настраивать вновь изготовленные платы акселераторов и быстро отыскивать неисправность в случае выхода его из строя.

Инструментальное программное обеспечение содержит ассемблер, линкер, библиотечарь и С-компилятор — программы, исполняемые микропроцессором i860.

Для исполнения инструментальных программ разработана соответствующая системная поддержка со стороны IBM РС. Это программное обеспечение состоит из драйвера, обеспечивающего взаимодействие АС с файловой системой РС, загрузчика, обеспечивающего правильную загрузку исполняемых программ в память АС, операционной среды АС, поддерживающей исполнение программ в акселераторе, и отладчика, позволяющего осуществлять пошаговую трассировку программ, работающих в операционной среде АС.

Особенности применения микропроцессора i860XR. Несмотря на то что с момента начала выпуска микропроцессора i860XR на рынке появился ряд приборов других фирм аналогичного назначения, он остается лидером по пиковой скорости обработки вещественных чисел. Однако для достижения высоких значений скорости обработки данных требуется соответствие алгоритма обработки архитектуре процессора: необходимо, чтобы входной поток данных допускал конвейерную обработку и для запоминания промежуточных результатов было достаточно внутренних регистров "Floating-point Unit"; кроме того, структура данных должна допускать конвейерный режим обмена с MD 64-разрядными словами. Недостатком следует считать необходимость программирования на языке Ассемблер, причем трудоемкость написания программ, эффективно использующих конвейер, чрезвычайно высока.

Алгоритмы обработки данных ГП соответствуют указанным выше требованиям [5] и при аккуратном написании программ позволяют достигать производительности, превышающей 45 Мфлопс на одиночном процессоре. Преимуществом микропроцессора i860 в применении для задач визуализации больших сцен является наличие диспетчера памяти. Это позволяет организовать подкачку баз данных средствами обычной виртуальной памяти.

Основная задача, решаемая геометрическим процессором, — преобразование трехмерных координат объектов сцены — требует высокой скорости входного и выходного потоков данных. С одной стороны, микропроцессор i860 имеет широкополосную внешнюю шину, обеспечивающую нужную скорость, но с другой стороны, поскольку ввод и вывод данных необходимо осуществлять перемежающимися короткими блоками, возникают затруднения с конвейеризацией обмена данными по этой внешней шине. Кроме того, при выполнении этой задачи слабо используется кэш данных. Решением первой проблемы могло бы быть наличие отдельного от внешней шины порта вывода, что есть в некоторых микропроцессорах. Второе замечание проблемой не является,

поскольку геометрический процессор должен выполнять и другие задачи, которые широко используют кэш данных.

В отличие от большинства других процессоров i860 способен выполнять три операции одновременно: две — "Floating-point Unit" — и одну — "Integer Unit". Кэш инструкций обеспечивает необходимую скорость выборки 64-рядных инструкций для этого режима. Объем кэш инструкций соответствует требованиям задач, решаемых ГП.

Наличие кэш данных в процессоре i860 может породить проблему, связанную с его очисткой при переходе с задачи на задачу в многозадачном режиме работы. Выходом из положения для системы реального времени являются ограничение количества исполняемых одновременно процессов, увеличение времени между переключениями процессов и программирование диспетчера памяти таким образом, чтобы в кэш попадали, по возможности, многократно используемые данные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долговесов Б. С. Семейство компьютерных систем визуализации «Альбатрос» // Автометрия.—1994.—№ 6.
2. Власов С. В., Маслобоев Ю. В., Савенко К. В., Чижик С. Е. Векторный геометрический процессор систем визуализации реального времени // Там же.
3. i860 64-bit Microprocessor. Hardware Reference Manual: Intel Corp. Publ., 1990.— N 240330-02.
4. i860 64-bit Microprocessor. Programmer's Reference Manual: Intel Corp. Publ., 1990.— N 240329-03.
5. Долговесов Б. С., Мазурок В. С., Маслобоев Ю. В., Рожков А. Ф. Геометрические преобразования в семействе «Альбатрос» // Автометрия.—1994.—№ 6.

Поступила в редакцию 20 июня 1994 г.