

мый темп видеовывода (50 Мбайт/с) достигается организацией страничного режима считывания в микросхемах памяти. В составе модуля видеопамати имеется 8-разрядный регистр маски, позволяющий защищать от записи отдельные разряды данных (слои изображения), чем достигается адресация по записи с точностью 1 бит. Это сокращает микропрограммный код и дает возможность достичь максимальной скорости генерации графических элементов. Следует подчеркнуть, что процесс обмена с графическим процессором не нарушает работы видеовывода. Блок видеовывода формирует набор необходимых управляющих сигналов, импульсы строчной и кадровой синхронизации для монитора и адреса по чтению для видеопамати, реализует функции аппаратного масштабирования (увеличения изображения в 2 и 4 раза) и перемещения изображения.

Таблица цветности (ТЦ) служит для интерпретации 8-разрядных кодов отображаемых точек изображения в цветовые и яркостные характеристики. ТЦ организована как сверхоперативное запоминающее устройство объемом 256×3 16-разрядных слов и циклом чтения 40 нс. Такая организация позволяет отображать и растровые массивы 16-разрядных данных. ТЦ доступна для записи из ГП во время строчных гасящих интервалов.

Станция выполнена в конструктиве дисплейного процессора, дополненного тремя оригинальными модулями: графического процессора, видеопамати и таблицы цветности. Используется монитор высокого разрешения цветного или черно-белого изображения (могут быть применены также телевизионные мониторы в режимах прогрессивной или чересстрочной развертки).

Поступила в редакцию 16 января 1990 г.

УДК 681.3.06

А. А. БУЧНЕВ, В. Л. ЛОБКОВ, В. Г. СИЗЫХ
(Новосибирск)

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСПЛЕЙНОЙ СТАНЦИИ ГАММА-7.1

Программное обеспечение двухпроцессорной дисплейной станции ГАММА-7.1, архитектура которой описана в [1], состоит из двух частей: программного обеспечения дисплейного процессора (ДП) и программного обеспечения графического процессора (ГП).

Программное обеспечение дисплейного процессора обеспечивает выполнение следующих задач: формирование команд и данных разработанного графического протокола обмена с ГП, передачу этих команд графическому процессору с помощью специального механизма связи и синхронизации работы дисплейного и графического процессоров, обслуживание графических устройств ввода (обработка прерываний от них, формирование при необходимости команд графическому процессору по эхо-отображению), обслуживание каналов связи с главной ЭВМ.

Функциями графического процессора являются: эмуляция работы системного терминала, функционально-растровое представление графических примитивов вывода (ломаные, строки текста, дуги окружностей), операции над массивами пикселей (скоростная перепись прямоугольных участков изображения в другое место видеопамати, чтение (запись) строки (столбца) пикселей заданной длины из (в) ДП), про-

граммное формирование курсора и его перемещение по командам «ЛП-ское ИЛИ», размер и ориентация символов, направление текста, выбор типа шрифта — КОИ-7 либо КОИ-8), управление масштабом изображения и кадровой частотой, управление таблицей цветности и т. п.

На уровне прикладной программы программное обеспечение дисплейной станции представлено набором подпрограмм, исполняющихся на дисплейном процессоре под управлением операционных систем ОС РАФОС либо NTS и доступных из языков высокого уровня (Фортран, Си, Паскаль). При этом программное обеспечение строилось так, чтобы в максимально возможной степени обеспечивалась совместимость с программным обеспечением ранее созданной дисплейной станции ГАММА-4.2 [2].

По функциональному назначению все подпрограммы могут быть разбиты на следующие группы:

управление; подпрограммы этой группы позволяют прикладной программе менять цветовые и яркостные характеристики изображения путем формирования содержимого таблицы цветности, управлять масштабом изображения и байтовой маской записи, позволяющей сохранять выделенные битовые слои изображения, задавать тип операции с видеопамятью при построении изображения;

построение изображений; предоставляются возможности построения: отрезка и ломаной любого из четырех типов линий (сплошной, штриховой, штрихпунктирной, точечной); текста с размером, кратным «единичному» размеру (матрица 5×7 для символов в кодировке КОИ-7 и матрица 7×8 для символов в кодировке КОИ-8), с одной из четырех ориентаций символов (вверх, вниз, вправо, влево) и одним из четырех возможных направлений; дуг окружностей; отрезка с переменными кодами заполнения (определяются с помощью линейной интерполяции по кодам, «приписанным» к начальной и конечной точкам отрезка); кроме того, предоставлены возможности заполнения круга, кругового кольца, эллипса, многоугольника с односвязной границей методом построения сканирования, заполнения области по критерию связности [3], а также записи в видеопамять строк (столбцов) пикселей, сформированных прикладной программой;

управление графическими устройствами ввода; соответствующие подпрограммы позволяют прикладной программе включать/выключать устройства ввода (буквенно-цифровая клавиатура, функциональная клавиатура, устройство ввода координат), получать сообщения от этих устройств, управлять эхом (включать/выключать эхо, устанавливать тип эха, его позицию на экранной плоскости).

По существу, работа почти всех подпрограмм, исполняющихся на дисплейном процессоре, состоит в формировании соответствующей этой подпрограмме команды графического протокола (команда графического протокола включает код команды и необходимые данные) и обращении к подпрограмме занесения команды в дисплейный файл. Эта подпрограмма является частью механизма связи и синхронизации дисплейного и графического процессоров.

В общих чертах этот механизм работает следующим образом. Управляющая часть микропрограммы графического процессора имеет возможность чтения регистров системного терминала. Источником данных, выводимых на терминал, могут быть либо программа, исполняющаяся на дисплейном процессоре, либо пультовой монитор дисплейного процессора. Если среди потока получаемых данных микропрограмма не встречает команды перехода в графический режим, то она эмулирует функции си-

темного терминала по эхоотображению символов. Распознав команду перехода в графический режим, ГП читает по каналу прямого доступа содержимое двух почтовых ячеек. В первой из них содержатся младшие 16 разрядов физического адреса дисплейного файла. Разряды 2-й почтовой ячейки распределены следующим образом: младшие 10 разрядов содержат текущую длину дисплейного файла, а оставшиеся — шесть старших разрядов физического адреса дисплейного файла.

Убедившись, что данные в почтовых ячейках корректны (например, длина дисплейного файла не нулевая и сформированный 22-разрядный адрес дисплейного файла находится в допустимых пределах), графический процессор по каналу прямого доступа переписывает заданное число слов ОЗУ дисплейного процессора в собственное ОЗУ, сообщает об этом факте дисплейному процессору обнулением почтовых ячеек и начинает отработку команд дисплейного файла. Закончив ее, ГП формирует прерывание дисплейного процессора, сообщая об окончании отработки дисплейного файла, и снова переходит на чтение регистров системного терминала.

Со стороны дисплейного процессора механизм связи и синхронизации поддерживается двумя программами: программой обработки прерываний от графического процессора и программой занесения данных в дисплейный файл. Обеим программам через общую область памяти доступны адрес начала дисплейного файла, адрес записи и текущая длина. По этой информации каждая из программ может при необходимости сформировать содержимое почтовых ячеек и послать графическому процессору команду перехода в графический режим.

В качестве кодов команд графического протокола взят линейный список от 0 до N , где N — число реализованных команд, и переход на исполняющую микропрограмму осуществляется с помощью команды «Переход по адресу вектора прерывания» БМУ 1804 ВУ4 [4], где в качестве адреса выступает код команды. Если код команды выходит за допустимые пределы (т. е. команда «не опознана»), то ГП прекращает обработку дисплейного файла.

Графический процессор строился таким образом, чтобы данные, необходимые для запуска генератора векторов, готовились наиболее быстро. Именно предусмотренные возможности сохранения в текущей микрокоманде ранее установленного значения флага «С» наряду с управлением выбором одного из операндов АЛУ микропроцессора в зависимости от состояния этого флага (фактически выбор четного/нечетного регистра общего назначения микропроцессора) позволяют реализовать тело цикла беззнакового умножения двух 16-разрядных операндов с 32-разрядным результатом всего в одной микрокоманде, а тело цикла деления 32-разрядного делимого на 16-разрядный делитель — в двух микрокомандах.

Такой подход дает возможность подготовить данные для запуска генератора векторов, работающего по методу цифрового дифференциального анализатора, самое большее, за 7 мкс. За время 7 мкс при скорости занесения в видеопамять 640 нс генератор векторов сможет построить отрезок длиной 11 дискрет. При длине отрезка большей этого значения микропроцессор, подготовив данные для построения следующего отрезка, будет ждать окончания работы генератора векторов, а при длине отрезка меньше 11 дискрет, наоборот, генератор векторов освобождается раньше, чем для него будут готовы новые данные. Таким образом, длина отрезков в 11 дискрет является «оптимальной» в том смысле, что ГП и генератор векторов не теряют времени на ожидание.

Указанная выше возможность выбора операндов АЛУ в зависимости от значения флага «С» микропроцессора является также чрезвычайно полезной при работе программного генератора символов.

Анализ работы дисплейной станции показывает, что из-за существенной разницы в скорости дисплейного и графического процессоров последний часто «простаивает», поэтому на него с успехом могут быть возложены задачи по управлению двумерными видовыми преобразованиями.

Это наблюдение подтверждается также результатами моделирования команд вещественной арифметики на графическом процессоре. При моделировании использовалось представление вещественных чисел в DEC-формате (в нормализованном виде со «скрытой» старшей единицей мантиссы). Были реализованы алгоритмы, приведенные в [5]. При этом получена следующая скорость выполнения команд вещественной арифметики: сложение 110 тыс. опер./с, умножение 46 тыс. опер./с, деление 35 тыс. опер./с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бучнев А. А., Сизых В. Г., Минин В. Ф. Дисплейная станция ГАММА-7.1 // Автоматрия.— 1990.— № 4.
2. Бучнев А. А., Сизых В. Г. Программное обеспечение дисплейной станции ГАММА-4.2.— Новосибирск, 1988.— (Препр./СО АН СССР, ВЦ; 790).
3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений.— М.: Радио и связь, 1986.
4. Булгаков С. С., Мещеряков В. М., Новоселов В. В., Шумилов Л. А. Проектирование цифровых систем на комплектах микропрограммируемых БИС/Под ред. В. Г. Колесникова.— М.: Радио и связь, 1984.
5. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ.— М.: Мир, 1977.— Т. 2.

Поступила в редакцию 16 января 1990 г.
