

7. Леонович Э. Н., Жевелев Б. Я. Устройство для считывания графической информации. (Автор. свид-во № 732927).— БИ, 1980, № 17, с. 262—263.
8. Жевелев Б. Я. Математическая модель АПХ координатно-измерительной системы типа «прямолинейный проводник — катушка индуктивности».— В кн.: Теория и методы автоматизации проектирования. Минск: Ин-т техн. кибернетики АН БССР, 1982, вып. 2, с. 139—150.
9. Леонович Э. Н., Тихоненко В. И., Жевелев Б. Я., Рудой В. А. Анализ параметров устройств графического ввода с дифференциально-амплитудным измерительным трактом.— В кн.: Автоматизация проектирования в машиностроении. Минск: Ин-т техн. кибернетики АН БССР, 1981, вып. 3, с. 98—103.

*Поступила в редакцию 15 сентября 1983 г.;
окончательный вариант — 9 января 1984 г.*

УДК 681.324

В. А. ДЫБОЙ, В. Г. КОСИЦЫЦ, В. О. ЛАЗАРЕВ

(Воронеж)

БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩИЙ ПЕРИФЕРИЙНЫЙ ПРОЦЕССОР «ЭЛЕКТРОНИКА МТ70М» («ЭЛЕКТРОНИКА МС1602»)

В 70-х годах в связи с резким увеличением степени интеграции и быстродействия электронных схем и с разработкой специализированных БИС появилась возможность создания высокоэффективных универсальных быстродействующих периферийных процессоров (БПП).

Основное и самое существенное преимущество БПП перед «жестко» спроектированными специализированными устройствами, предназначенными для решения определенной задачи, — их универсальность: с помощью БПП можно реализовать практически любой алгоритм обработки массивов данных.

БПП функционирует под управлением ЭВМ, являясь по отношению к ней периферийным устройством. Поэтому БПП всегда разрабатывается под семейство ЭВМ определенного класса или для конкретной ЭВМ.

Рассматриваемый в данной статье быстродействующий периферийный процессор «Электроника МС1602» предназначен для работы в комплексе с ЭВМ типа «Электроника 100-25».

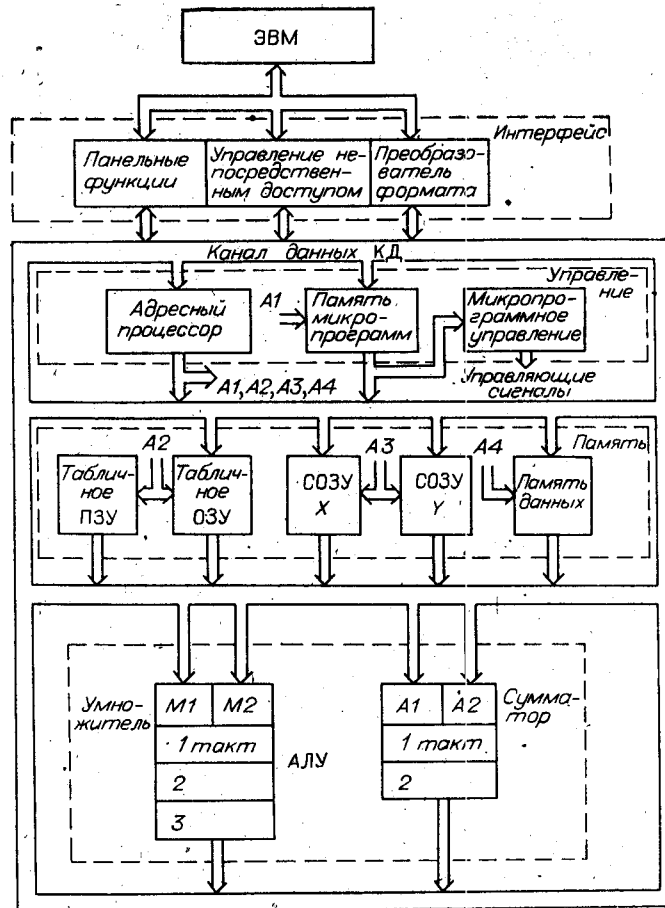
Конструктивно БПП вместе с источником питания располагается в стандартной стойке.

Приведем основные параметры и технические характеристики БПП: разрядность 38 бит (10 разрядов — экспонента, 28 разрядов — мантисса); емкость памяти программ 1 Кслов; емкость табличной памяти — ПЗУ 2,5 Кслов, ОЗУ 1 Кслов; емкость сверхоперативной памяти 64 слова; емкость памяти данных до 8 Кслов; длина слова микропрограмм 64 бит; количество регистров общего назначения 16; быстродействие при выполнении операций умножения и сложения 10 млн. опер./с.

Динамический диапазон данных, обрабатываемых БПП, простирается от $3,7 \cdot 10^{-155}$ до $6,7 \cdot 10^{153}$. В результате 28-разрядная мантисса, округленная по конвергентному алгоритму, обеспечивает максимальную относительную ошибку $7,5 \cdot 10^{-9}$ на одну арифметическую операцию, что соответствует точности 8,1 десятичных цифр.

Высокая скорость обработки данных достигается за счет использования быстродействующих ИС и архитектуры, позволяющей каждому блоку работать независимо. Благодаря параллельной структуре БПП имеется возможность одновременного выполнения индексации массивов, циклического счета, выборки из памяти и арифметических операций над данными.

Программы, константы и данные хранятся в независимых блоках памяти, что исключает конфликты при обращении. Независимость блока



умножения с плавающей запятой и блока сумматора позволяет выполнять в конвейерном режиме обе арифметические операции каждые 200 нс.

Два блока сверхоперативной памяти (по 32 ячейки каждый) предназначены для временного хранения промежуточных результатов из умножителя, сумматора и памяти.

Целочисленная арифметика, а также ряд логических операций выполняются независимым 16-разрядным адресным процессором, включающим 16 регистров общего назначения.

Блок-схема БПП показана на рисунке.

БПП подключается к ЭВМ таким образом, что передача данных осуществляется под управлением либо ЭВМ, либо БПП. Основные блоки БПП соединены между собой двунаправленными каналами передачи данных так, что несколько передач могут выполняться параллельно. По всем внутренним каналам данные передаются в формате с плавающей запятой (10-разрядная экспонента и 28-разрядная мантисса).

Аппаратные средства БПП можно разделить на четыре функциональных блока: управление (память микропрограмм, микропрограммное управление, адресный процессор); АЛУ (сумматор с плавающей запятой, умножитель с плавающей запятой); память (сверхоперативная память — СОЗУ X, СОЗУ Y, память данных, табличная память ПЗУ, ОЗУ); интерфейс (панельные функции, управление непосредственным доступом, преобразователь форматов). Каждый из этих блоков является независимым и может выполнять свои функции параллельно с работой других.

Память микропрограмм представляет собой перезаписываемую память (ОЗУ) емкостью 1 К 64-разрядных слов с возможностью расширения до 4 К. 64-разрядное слово микрокоманды разделено на группы разря-

дов, предназначенных для независимого управления устройствами хранения и обработки данных БПП.

Блок микропрограммного управления включает регистр адреса памяти. Следующее микропрограммное слово вычитается в соответствии с адресом, хранящимся в регистре адреса памяти микропрограмм. В выходном буфере команда дешифрируется, в результате чего вырабатываются необходимые управляющие сигналы для инициации соответствующих устройств БПП.

Регистр адреса программной памяти увеличивается на единицу при условии, что в текущей команде нет операции ветвления. Ветвление выполняется в двух направлениях. Ветвление в короткой области происходит за счет добавления 5-разрядного поля смещения в текущее значение регистра адреса. Это обеспечивает область ветвления от -20 до $+17$. Переход к любой ячейке за пределами данной области выполняется посредством загрузки необходимого адреса непосредственно в регистр адреса.

Переход к подпрограмме осуществляется путем записи текущего значения регистра адреса в стек возвратов из подпрограмм и загрузки в регистр адреса нового значения. Возврат из подпрограммы происходит в результате загрузки регистра адреса значением из верхушки стека.

Обращение к памяти и дешифрация команды выполняются так, что БПП может работать на частоте 5 МГц с машинным циклом 200 нс.

Адресный процессор содержит шестнадцать 16-разрядных регистров общего назначения, АЛУ и адресные регистры. Данные на вход АЛУ поступают из регистров общего назначения. Результат вычисления АЛУ может быть передан обратно в любой регистр общего назначения, а также в один из следующих регистров: адреса памяти данных, адреса сверхоперативной памяти, адреса табличной памяти.

Сумматор с плавающей запятой выполняет арифметические и логические операции над содержимым входных регистров. Операция осуществляется в две стадии, каждая из которых занимает один машинный такт.

В первом такте сравниваются экспоненты двух чисел и выравниваются дробные части посредством сдвига мантиссы меньшего числа вправо. Дробные части затем складываются (или вычитаются).

Во втором такте дробная часть нормализуется и округляется. Так как эти две стадии не зависят друг от друга, то новая пара входных данных может заноситься в А1 и А2 каждый такт БПП (200 нс). Таким образом, сумматор является двухкаскадным конвейером, где новые данные могут вводиться в каждом такте и результат можно получать каждый такт (но через два такта по отношению к загрузке исходных данных).

Умножитель с плавающей запятой перемножает содержимое двух входных регистров ($M1$ и $M2$). Результат формируется через три такта. В первом такте вычисляются частичные произведения двух 28-разрядных дробных частей (мантиссы), производится сложение экспонент. Во втором такте частичные произведения суммируются и получается полный результат умножения мантиссы. В третьем такте мантисса результата нормализуется и округляется. Умножитель, как и сумматор, организован в виде конвейера, поэтому новые сомножители можно загружать каждые 200 нс, а результат на выходе появляется через 600 нс после загрузки исходных данных.

Сверхоперативная память состоит из двух блоков памяти по 32 ячейки. В одном машинном такте можно произвести запись данных в одну ячейку в каждом блоке и считывание аргументов из одной ячейки каждого блока.

Память данных является основной памятью для хранения данных в БПП и состоит из блоков элементов по 8 К 38-разрядных слов. Время полного цикла 400 нс. При обращении к памяти для записи или считывания операция начинается с изменения регистра адреса памяти. При операции записи входной регистр памяти данных загружается данными в том же такте, в каком изменяется адрес памяти. Эти данные затем записываются в память в течение следующих двух тактов БПП. Данные, считываемые из памяти, готовы к использованию через 3 цикла после начала чтения.

Табличная память разделена на две части: ПЗУ, в котором записаны стандартные константы и значения синусов и косинусов, и ОЗУ — память для хранения переменных. Емкость ПЗУ 2,5 К, емкость ОЗУ 1 К 38-разрядных слов. Новые табличные значения можно запрашивать на каждом такте, но готовы они для использования через два такта. Связь БПП с ЭВМ осуществляется через блок интерфейса, который условно можно разбить на три основных подблока: управление непосредственным доступом к памяти; имитация передней панели; преобразование форматов.

Управление непосредственным доступом производит передачу блоков данных из ЭВМ в БПП и наоборот.

Аппарат передней панели позволяет ЭВМ считывать или записывать данные в любой внутренний регистр БПП, а также начинать и прекращать выполнение программы. Блок преобразования форматов осуществляет преобразование формата данных ЭВМ в формат БПП и наоборот, причем преобразование происходит непосредственно во время передачи.

Базовое программное обеспечение БПП служит для поддержки разработки программ БПП, а также для проверки работоспособности БПП в вычислительной среде операционной системы ФОДОС на ЭВМ типа «Электроника 100-25».

Базовое программное обеспечение БПП предоставляет пользователю следующие возможности: трансляцию исходных программ, написанных на языке Ассемблер, в перемещаемые объектные модули; объединение объектных модулей в единый загрузочный модуль; отладку и выполнение загрузочных модулей; использование в разрабатываемых программах подпрограмм обмена между ЭВМ и БПП; использование подпрограмм, выполняющих операции над действительными и комплексными векторами, операции фильтрации вектора, операции над матрицами, быстрое преобразование Фурье, операции обработки сигналов, операции с табличной памятью; проверку правильности выполнения основных операций и выявление основных неисправностей БПП.

Подводя итог вышеизложенному, можно сделать вывод, что рассмотренный БПП представляет собой высокоэффективное периферийное вычислительное устройство, способное производить обработку больших объемов информации, обеспечивая при этом высокую точность вычислений.

Поступила в редакцию 25 октября 1984 г.