

О ВОЗМОЖНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЦВМ ПРИ РЕШЕНИИ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Л. В. КАНТОРОВИЧ, Я. И. ФЕТ

(Новосибирск)

Развитие практического применения оптимального программирования и других математических методов в экономике приводит к необходимости решения многих вычислительных задач большого объема. Решение таких задач требует значительного машинного времени. Длительность решения особенно возрастает при применении новых блочных, итеративных методов, методов перебора, статистических испытаний. Это обстоятельство тормозит внедрение математических методов в экономическую практику.

Мы хотим обратить внимание на то, что наряду с развивающимся выпуском новых мощных быстродействующих машин другим путем разрешения отмеченной выше трудности является модернизация находящихся в эксплуатации серийных универсальных машин средней мощности, смысл которой заключается в максимальном использовании некоторых резервов их быстродействия.

Тип машины	Ем- кость ОЗУ, тыс. слов	Длина слова, дво- ичных разря- дов	Время выборки из ОЗУ, мксек	Среднее время выполне- ния операций, мксек	
				сложение	умножение
М-20	4	45	6	28	69
БЭСМ-4	4—8	45	6	48	96
М-220	4—16	45	6	28	53
Минск-2 (Минск-22)	4(8)	37	24	96 (фикс.) 240 (пл.)	300 (фикс.) 290 (пл.)
Урал-11 (с умножа- ющим устройст- вом У-340)	4—16	24	9	20 (фикс.) 1 000 (пл.)	70 (фикс.) 3 000 (пл.)

Известно, что непосредственное увеличение скорости выполнения операций цифровыми машинами связано с большими трудностями. Особенно сложной является проблема повышения быстродействия оперативных запоминающих устройств (ОЗУ). Во всех универсальных цифровых вычислительных машинах (УЦВМ) средней мощности имеется существенная диспропорция между скоростью работы ОЗУ и скоростью выполнения арифметических операций (см. табл.). Причиной ее является «универсальность» машин. Так, в трехадресных машинах при выполнении каждой операции производится четыре обращения к ОЗУ. Длинные операции (например, умножение) выполняются местным устройством управления довольно медленно, а ОЗУ в это время простаивает. Время выполнения арифметических операций зависит от разрядности и формы представления чисел. Поскольку

во многих УЦВМ эти параметры являются жестко установленными, приходится пользоваться принятым форматом чисел даже в тех случаях, когда по условию задачи можно ограничиться представлением с меньшей точностью.

Итак, один из резервов повышения быстродействия — выполнение арифметических операций (особенно — часто встречающейся операции умножения) с предельной скоростью, определяемой возможностью получения аргументов из ОЗУ.

Далее, оценка производительности УЦВМ по выполнению отдельных операций, или по так называемому среднему быстродействию, слабо отражает действительные вычислительные возможности машины. Необходимо учитывать, как приспособлена машина для обработки больших массивов чисел, матричных операций, вычисления различных функций и т. д. В этом смысле «универсальность» также является причиной недостаточной эффективности. Системы команд универсальных машин и способы выполнения на них операций позволяют организовать почти любой вычислительный процесс, но зачастую с помощью очень громоздких или неэффективных программ. По этой причине иногда на таких машинах плохо реализуются некоторые вычислительные методы (например, метод Монте-Карло).

Еще один резерв увеличения эффективности — организация специальных операций, хорошо приспособленных для обработки определенных математических блоков, для данного класса задач.

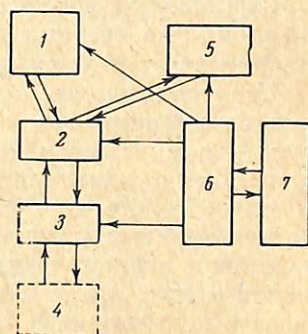
Некоторые из отмеченных недостатков, конечно, устраняются при разработке новых, более совершенных моделей ЦВМ. Однако многие вычислительные центры используют такие универсальные машины, о которых шла речь выше, и серийное производство таких машин продолжается.

Одна из возможностей использования резервов быстродействия УЦВМ и повышения эффективности их работы состоит в присоединении к серийной универсальной машине небольшой специализированной быстродействующей ЦВМ [1]. В процессе работы наиболее массовые вычисления, особенно вычисления с небольшим числом аргументов, вычисления с пониженной точностью, передаются на приставку.

На рисунке приведена блок-схема одного из возможных вариантов приставки. Такая приставка была спроектирована в математико-экономическом отделе Института математики СО АН СССР. В настоящее время изготавливается макет приставки.

Большая скорость вычислений на приставке достигается за счет применения эффективных алгоритмов выполнения арифметических операций, представления чисел в естественной форме (с фиксированной запятой) и с уменьшенной разрядностью.

В приставке применено микропрограммное устройство управления, в котором жестко записаны микропрограммы наиболее распространенных операций приставки. Часть запоминающего устройства микропрограмм выполнена с возможностью перезаписи информации, что позволяет вносить микропрограммы новых операций, специально предназначенных для того или иного класса задач.



Блок-схема приставки: 1 — арифметическое устройство мантисс, 2 — сверхоперативное запоминающее устройство, 3 — блок связи, 4 — универсальная ЦВМ, 5 — сумматор порядков, 6 — микропрограммное устройство управления, 7 — запоминающее устройство стандартных подпрограмм

В запоминающем устройстве стандартных программ жестко записаны некоторые программы (например, программы вычисления элементарных функций). Часть этой памяти также допускает перезапись и служит для внесения стандартных программ, соответствующих решаемым задачам.

Арифметическое устройство мантисс обрабатывает 17-разрядные двоичные числа с фиксированной запятой. Применение в этом арифметическом устройстве схемы многовходового сумматора с представлением чисел в избыточной форме [2] позволяет обеспечить необходимое быстродействие всей приставки (соответствующее быстродействию ОЗУ УЦВМ) даже при использовании элементов со сравнительно невысокой рабочей частотой. Благодаря этому для приставки могут быть использованы, например, те же элементы, на которых построена сама УЦВМ.

Сумматор порядков служит для выполнения (по микропрограммам) операций над числами с плавающей запятой и работает параллельно с арифметическим устройством мантисс.

Сверхоперативное запоминающее устройство состоит из нескольких триггерных регистров и предназначено для хранения промежуточных результатов при выполнении на приставке функциональных вычислений и для хранения очередных аргументов при непрерывной обработке массивов.

Связь приставки с УЦВМ осуществляется через специальный блок связи, конструкция которого зависит от типа УЦВМ. Все остальные блоки приставки являются универсальными. Благодаря этой особенности приставка может быть без существенных затрат времени и специальных средств подключена к УЦВМ любого типа, причем последняя не подвергается никаким переделкам и может использоваться в неизменном виде.

Из изложенного видно, что рассматриваемая приставка представляет собой специализированный процессор, использующий ОЗУ универсальной машины. Благодаря наличию быстрой арифметики (в сочетании с микропрограммированием и стандартными программами) специализация процессора может гибко меняться. В результате он может быть использован для решения весьма широкого круга задач. Естественно, что преимущества такого специализированного процесса будут полностью реализованы в таком режиме, когда он получает числа только из оперативной памяти УЦВМ. Поэтому, чем больше емкость ОЗУ универсальной машины (или общая емкость ОЗУ системы), тем более выгодно использование приставки, тем больше размеры задач, эффективно решаемых с ее помощью.

В математико-экономическом отделе Института математики СО АН СССР было проведено экспериментальное программирование ряда типовых задач с учетом использования приставки в комплексе с УЦВМ М-20. Анализ полученных программ показывает, что вычисление элементарных функций (e^x , $\sin x$ и др.) ускоряется в 4—5 раз, выполнение массовых операций линейной алгебры и линейного программирования (вычисление скалярного произведения, обращение матрицы и др.) — в 4—5 раз при вычислениях с плавающей запятой и в 7—10 раз при вычислениях с фиксированной запятой. Решение задач методом Монте-Карло ускоряется в 5—10 раз.

Таким образом, применение быстродействующей приставки особенно эффективно при выполнении работ, связанных с большим объемом и массовым характером вычислений, которые встречаются в математической экономике. Это прежде всего решение задач межотраслевого баланса, оптимального планирования (методы линейного, нелинейного и динамического программирования, перебора, статистического моделирования), внутризаводского планирования, сетевых графиков и др.

Большой эффект может быть получен также при решении задач, требующих массовых вычислений, из области теоретической физики, обработки физических экспериментов, проблем оптимального управления и т. д.

Экспериментальное программирование показывает, что использование приставки легко сочетается с применением систем автоматического программирования. Стандартное математическое обеспечение универсальной машины потребует лишь небольших дополнений для работы с приставкой.

Практически приставка может быть реализована на основе любого унифицированного комплекса стандартных элементов вычислительной техники. Однако целесообразно выбрать комплекс, исходя из того быстродействия приставки, которое гармонизовало бы со скоростью современных ОЗУ УЦВМ среднего класса. Предварительное проектирование показывает, что можно использовать сравнительно недорогие элементы, и стоимость приставки при серийном производстве будет не выше 100 тыс. руб.

Нам представляется, что подобная приставка будет эффективным средством модернизации вычислительных центров, оснащенных универсальными машинами средней мощности (М-20, М-220, БЭСМ-3М, БЭСМ-4, Минск-2, Минск-22, Урал-11 и т. д.), недостаточной при систематическом поступлении задач большого объема.

В то же время специализированный процессор, построенный на изложенных принципах, может органически включаться во вновь разрабатываемые машины и системы.

Мы рассмотрели лишь некоторые резервы усиления вычислительных возможностей машин средней мощности. Существуют многие другие способы. Так, при выполнении определенных работ узким местом является ввод — вывод. В этом случае эффективность также может быть значительно повышена путем включения соответствующего специализированного устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. В. Канторович, Я. И. Фет. Вычислительная система, состоящая из универсальной цифровой вычислительной машины и малой цифровой вычислительной машины. Бюл. изобретений, 1965, № 13.
2. И. В. Иловайский, Я. И. Фет. Об одном способе организации быстродействующего арифметического устройства. Изв. СО АН СССР. Сер. техн. наук, 1966, № 6, вып. 2.

Поступила в редакцию
20 V 1968