

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ПРИМЕНЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ ЭВМ СЕМЕЙСТВА “КАРАТ”.

Кудрявцев И.В., Ланий В.Ю., Плотников В.Н.

НИИ радиоэлектроники, г. Киев, Украина

1. В начале 60-х годов НИИ было поручено разработать две радиоэлектронные системы, в составе которых необходимо было иметь ЭВМ. Попытки найти готовую машину с приемлемыми характеристиками не увенчались успехом: одни не удовлетворяли требования по условиям эксплуатации, другие по функциональным параметрам (точности, быстродействию, объему памяти). Было принято смелое решение: своими силами разработать ЭВМ, унифицированную для этих двух систем. Смелое оно было потому, что во-первых, в НИИ был лишь один специалист, имевший опыт разработки вычислительных машин, во-вторых, Министерство запрещало нам разрабатывать ЭВМ, так как в то время уже были назначены в каждой отрасли предприятия, головные по вычислительной технике.

Работы начались в 1963 году с создания элементной базы процессора и запоминающих устройств на ферритовых сердечниках.

Принцип действия и схема ЭВМ создавались под непосредственным влиянием разработчиков систем. Параметры машины не были самоцелью, главные требования - обеспечение решения задач обработки информации, простота эксплуатации ЭВМ в составе системы и, конечно, серийнопригодность.

Уже тогда были выбраны основные принципы построения ЭВМ: разрядность (24), фиксированная запятая, одноадресная структура команд, параллельная передача кодов, хранение программы в постоянной памяти, аппаратные методы реализации прямого доступа к памяти, прерывания и приостановки программы. Эти принципы были сохранены и в последующих машинах.

Был создан коллектив разработчиков, состоящий, в основном, из молодых специалистов. Отсутствие опыта восполнялось огромным энтузиазмом. Романтические порывы иногда гасились суровой действительностью или советами старших.

Приобретался опыт выполнения ОКР, сотрудничества с программистами и системщиками, работы с производством. В январе 1966 года был изготовлен первый образец ЭВМ на элементах с потенциальными связями (RCTL) в виде плоских микромодулей. После некоторой доработки машина была внедрена в серийное производство и успешно эксплуатировалась в двух сложных системах, которые получили высокую оценку Министерства и заказчика.

2. Одновременно с отработкой документации и внедрением первой ЭВМ в производство начались исследования по созданию следующего поколения унифицированных ЭВМ для новых корабельных систем обработки информации и управления.

В 1967 году были проведены статистические исследования программы в процессе работы систем в реальном масштабе времени. Анализ использования каждой операции в программах позволил выбрать состав операций (внутренний язык машины) в соответствии с решаемыми задачами, исключить редко используемые операции, а затем минимизировать микропрограммы и схему процессора. Целью такой минимизации было не столько сокращение объема аппаратуры, сколько повышение скорости выполнения операций, наиболее часто встречающихся в программах.

Ориентация архитектуры ЭВМ на решение задач не путем включения в ее состав каких-либо специальных узлов, а исключая лишнее, вызывала трудности обоснования правильности принятых технических решений. До тех пор, пока через 10 с лишним лет не появились сообщения о RISC - архитектурах.

Особенности архитектуры перспективного семейства ЭВМ:

- отдельные для данных и команд: шины, запоминающие устройства, устройства обработки;
- одноуровневая память (отсутствие РОН и других буферных ЗУ);
- короткий внутренний конвейер (совмещение не более трех команд);
- стандартный цикл операций;
- минимизированные микропрограммы с аппаратурной реализацией;
- использование постоянной памяти для управления длинными (многоцикловыми) операциями;
- аппаратурная реализация прямого доступа к памяти;
- отсутствие АУ с плавающей запятой и использование, в случае необходимости, слов с удвоенной разрядностью и функционального сопроцессора.

3. В конце 60-х годов мы окончательно выбрали концепцию создания ЭВМ, встроенных в системы обработки информации и управления.

Прежде всего, характеристики машины, ее структура, внутренний язык, внешние связи, принципы функционирования и эксплуатации в составе систем должны быть ориентированы на конкретную область применения. Отсюда следует, что мы придерживались принципа В.М. Глушкова: не копировать зарубежные ЭВМ, развивать свои исследования с учетом достижений в первую очередь своих науки, техники, производства.

Встроенная машина должна эксплуатироваться только в составе системы после установки ее в приборный шкаф и не требовать специального обслуживающего персонала. Для этого ЭВМ должна иметь достаточно высокую надежность и содержать встроенные средства автоматического контроля и диагностики. Ремонт ЭВМ на объекте должен обеспечиваться агрегатным методом с помощью ЗКП одиночного.

Программы систем должны храниться, как правило, в постоянной памяти машины, то-есть программирование задач является этапом разработки систем. Поэтому для встроенной ЭВМ должны быть разработаны необходимые средства автоматизации программирования и отладки:

- кросс-системы САПОД (ассемблер, загрузчик, редактор, интерпретатор и др.), использующие в качестве инструментальной сначала универсальные ЭВМ вычислительных центров, затем персональные ЭВМ;
- пульты и стенды отладки программ в условиях лаборатории и объекта, включая электрически программируемые эквиваленты ПЗУ;
- автоматизированные средства ввода программ в ПЗУ (программаторы) и контроля правильности ввода.

Изучение требований к устройству сопряжения ЭВМ с объектами в различных системах показало широкий диапазон этих требований и разнообразие методов обмена и управления вычислительным процессором со стороны систем. Ввиду чего мы предлагали не включать устройство связи с объектом в состав ЭВМ, располагать его в том же шкафу, что и машину и компоновать его на основе унифицированных или специализированных модулей в соответствии с требованиями конкретной системы.

Разработчики систем на многих предприятиях отрасли с большим энтузиазмом восприняли нашу концепцию создания встроенных корабельных ЭВМ, но потребовали разработать дополнительно к машине и средствам поддержки необходимую документацию по их применению - инструкции пользователей.

4. Важнейшим направлением исследования был поиск перспективной элементарной базы. В конце 60-х годов стали появляться первые, еще несовершенные интегральные микросхемы (гибридные и в твердом теле). В 1968 году усилиями директора НИИ был создан участок микроэлектроники, на котором можно было изготавливать микросхемы частного применения (прежде всего были разработаны схемы усилителей для запоминающих устройств). Освоение тонкопленочного монтажа на участке натолкнуло на мысль о разработке многокристалльных микросборок для создания цифровых устройств и процессоров. Развитие этого направления привело к разработке на основании совместного приказа Министра судостроительной промышленности и Министра электронной промышленности принципиально новой элементной базы - многокристалльных интегральных схем в металло-стеклянном герметичном корпусе. Разработку выполняло Вильнюсское КБ МЭП. Уже в 1970 году была изготовлена опытная партия микросхем “Вардува” (серия 240) 12-ти типов. Схемы функциональных узлов микросхем были разработаны нами, исходя из логических схем ЭВМ (в одном корпусе размещалось 8 разрядов регистра, 2 разряда АПУ и т.п.). Эта разработка на много лет опередила создание многокристалльных схем за рубежом (“мультичипы”).

В конце 1970 года на опытном заводе НИИ был изготовлен первый образец унифицированной корабельной ЭВМ “Карат” для радиоэлектронных систем различного назначения.

В ней были воплощены все наши идеи, принципы и концепция встроенных систем ЭВМ. Но это было лишь начало трудного пути. Последовала разработка документации на три модификации машины, работа с многочисленными комиссиями по проверке качества и состояния работ, по оценке серийнопригодности и др.

Завершилась ОКР двухэтапными государственными испытаниями, которым подвергались 5 комплектов ЭВМ с общей наработкой 1400 часов. Тщательность проверок объясняется не только тем, что ЭВМ использовалась в нескольких важнейших системах, но и нестандартной организацией выполнения ОКР, а именно - совмещением по времени этапов разработки элементной базы, унифицированной ЭВМ и систем с ее применением.

5. Совмещение этапов разработки элементов, машины и систем проводилось с целью ускорения процесса внедрения новой вычислительной техники и микроэлектроники в практику приборостроения. Например, очень эффективными были поставки разработчикам систем и образцов машины и документации по ее применению задолго до завершения разработки и испытаний. В 1972 году потребители получили 6 комплектов, в 1973 году - 8 комплектов машины и сразу же начали разработку и отладку в лабораторных условиях своих вычислительных комплексов. Это смелое решение принял директор НИИ, не смотря на большие трудности, ожидавшие разработчиков и опытное производство.

В 1974 году был завершен 2-й этап Госиспытаний, опытный завод изготовил 20 комплектов ЭВМ, а Киевский завод “Буревестник” изготовил первый серийный образец ЭВМ “Карат”. При этом совместились этапы: разработки, испытаний, изготовления образцов и внедрения в серийное производство ЭВМ.

Раннее подключение опытного и серийного заводов к изготовлению образцов стало возможным, благодаря высокому качеству документации (отсутствию ошибок разработчиков) и технологичности изделия; унификации деталей и узлов, широкому использованию штамповки и прессовки, типовых технологических процессов, средств автоматизации.

Наибольшие трудности вызвало изготовление образцов с приемкой заказчика до завершения разработки и внедрению в серийное производство микросхем “Вардува”. Только в конце 1973 года на Львовском заводе электронных приборов, поставляющих основные микросхемы ЭВМ, были разработаны и внедрены мероприятия по обеспечению влагоустойчивости и надежности элементов.

Соответственно, лишь в 1974 году образцы ЭВМ стали удовлетворять всем требованиям по качеству и надежности, что было подтверждено испытаниями.

6. После обеспечения требуемой надежности область применения ЭВМ “Карат” стала быстро расширяться. Различные модификации ЭВМ были установлены более, чем в 60-ти системах самого различного назначения. В

наиболее сложных системах использовано от 5 до 15 ЭВМ, объединенных в многомашинные комплексы. Годовой выпуск машин на серийных заводах превысил 100 комплектов.

Дальнейшее развитие семейства было направлено на улучшение основных потребительских характеристик машин. Всего за 20 лет разработки и выпуска ЭВМ семейства “Карат” было создано 15 модификаций ЭВМ на различной элементной базе.

Быстродействие машин было увеличено более, чем в 10 раз (до 2 млн. операций типа “сложение” в сек. для формата RX). Физический объем уменьшен почти в 10 раз (до 10-20 дм. куб.). На порядок повышена надежность ЭВМ. Например, по данным эксплуатации ЭВМ “Карат” в составе навигационных комплексов на объектах время безотказной работы образцов превысило 20 тыс. часов.

Кроме ЭВМ “Карат” на кораблях использовалось много других вычислительных средств, включая высокопроизводительные ЭВМ, спецпроцессоры обработки сигналов, но появление семейства “Карат” решило проблему применения вычислительных машин на объектах. Впервые появились малогабаритные, высоконадежные ЭВМ с, практически, неограниченными поставками.