

## 4.6.2. Разработки ОАО «НИИ «Субмикрон» (Зеленоград)

*В.Г. Сиренко,  
В.Ю. Гришин,  
П.А. Осетров,  
П.М. Еремеев,  
А.В. Лобанов,  
Б.М. Малашевич*

### 4.6.2.1. ОАО «НИИ «Субмикрон» сегодня

Специализацией ОАО «НИИ «Субмикрон» является создание высоконадёжных необслуживаемых бортовых мобильных приборов, а также одно- и многомашинных систем управления сложными комплексами аэрокосмического, морского и наземного применения, отличающихся высокой бое- и отказоустойчивостью, быстрой реакцией, высокой достоверностью результатов вычислений, длительностью сроков активного необслуживаемого существования.

Создание таких систем в ОАО «НИИ «Субмикрон» проводится:

- на основе собственного многолетнего опыта аналогичных разработок,
- на основе собственных поисковых и прикладных научных исследований,
- в рамках собственной сформированной концепции построения мобильных вычислительных и управляющих приборов и систем,
- с учётом ведущих мировых тенденций в области построения мобильных вычислительных и управляющих приборов и систем

Многолетний, с 1980 года, опыт включает успешные разработки и изготовление различных вычислительных средств для мобильных систем. В настоящее время более 80% запускаемых в России космических аппаратов (КА), ряд самолетов и других мобильных объектов включают, приборы, модули и системы созданные в «Субмикрон».

По структуре и возможностям НИИ «Субмикрон» относится к предприятиям среднего бизнеса, при небольшой (около 400 человек) численности может выпускать радиоэлектронную аппаратуру сериями до тысячи и более комплектов в год. Опытное производство, на котором внедрена система качества, соответствующая требованиям положения РК-88, СРПП ВТ и ГОСТ ИСО 9000 - 2001, оснащено (рис. 1) необходимым комплексом сборочного, контрольно-наладочного и другого технологического оборудования, выполняет полный производственный цикл по сборке, монтажу (объёмный и поверхностный) (рис. 2), регулировке и испытаниям электронных изделий.



Рис. 1. В производстве НИИ «Субмикрон»



Рис. 2. Примеры современной продукции НИИ «Субмикрон»

НИИ «Субмикрон» проводит НИОКР в основном в интересах Федеральной космической программы России, работает также в тесном контакте со многими другими известными предприятиями России. Это институты РАН, Зеленоградский Национальный исследовательский университет «МИЭТ», НПО им. Лавочкина, НПУ им. Хруничева, ЦНИИ «Комета», КБ «Арсенал» и многие другие. Созданная на предприятии аппаратура использовалась при полётах космических станций «Мир», «Метеор», «Аракс», в пилотируемых космических кораблях, установлена в спутниковой навигационной аппаратуре потребителей, телекоммуникационных системах и т.п. Предприятие участвует в совместной программе РФ и Республики Беларусь «Разработка и использование космических средств и технологий получения, обработки и отображения космической информации («Космос-БР»).

НИИ «Субмикрон» разрабатывает управляющие и вычислительные системы для космических, воздушных и морских кораблей с упором на отечественную электронную компонентную базу (ЭКБ). Основные наши партнёры в части ЭКБ – «Ангстрем», НПК «Технологический центр МИЭТ», «Микрон», Дизайн-центр «Элвис».

Сравнение результатов Субмикрона с результатами, например, известной немецкой фирмы «Astrium», специализирующейся в области космических компьютерных систем, показывает, что эти результаты одного уровня. О высоком уровне разработок НИИ «Суб-

микрон» свидетельствует также его участие в международном сообществе производителей вычислительной техники. Имеется ряд проектов, которые Субмикрон вместе с фирмой «Astrium» реализует по контрактам Европейского космического агентства.

Предприятие регулярно принимает активное участие в международных выставках «Международный авиакосмический салон», в международных и всероссийских научно-технических конференциях. Сотрудники предприятия отмечены знаками отличия. Субмикрон награждён дипломами за участие в выставках, почётными грамотами.

Достижения института подтверждены патентами и заявками на изобретения, только за последние годы его сотрудниками опубликовано более 30 статей и монографий.

Из круга научно-производственного общения НИИ «Субмикрона» стоит выделить МИЭТ и его Технологический центр, взаимодействие с которыми идет на уровне исследований, разработок и создания новой ЭКБ. Группе сотрудников этих трех предприятий была присуждена премия Правительства РФ в области науки и техники за 2002 год. В их число входит директор предприятия В.Г. Сиренко и зам. директора по науке В.Ю. Гришин.

Средний возраст персонала в НИИ «Субмикрон» относительно небольшой, немногим больше 30 лет. Есть и возрастной пробел – в диапазоне 35 ÷ 45 лет. Это десятилетие в НИИ «Субмикрон» практически отсутствует, а все остальные возрастные категории представлены достаточно полно. Есть и специалисты, которым за 70, и они с удовольствием работают, разрабатывают новые изделия, передают свой профессиональный опыт молодёжи, комфортно себя чувствуют в коллективе. Всего на предприятии работает около 400 сотрудников. Основное внимание уделяется тому, чтобы на работе была доброжелательная обстановка, чтобы человеку было комфортно – при этом возникает достаточно большая отдача, желание работать, получать результат. Это основная политика, которую проводят руководители НИИ «Субмикрон» и его директор Владимир Григорьевич Сиренко. Он выпускник Физтеха, высокопрофессиональный специалист, доктор технических наук, лауреат Премии правительства РФ в области науки и техники, Заслуженный Конструктор РФ.

С 2003 года Субмикроном совместно с МИЭТом создана базовая кафедра «Управление качеством», заведующим которой является профессор В.Г. Сиренко. При этом "Субмикрон", для которого осуществляется подготовка специалистов на этой кафедре, имеет и реализует возможность:

- устанавливать стипендии и доплаты к существующей стипендии для успешных студентов всех курсов и аспирантов,
- осуществлять оплату ставок профессорско-преподавательского состава,
- финансировать научно-исследовательские работы, проводимые студентами, аспирантами и сотрудниками кафедры,
- способствовать зачислению сотрудников НИИ "Субмикрон" на базовую кафедру, а выпускников кафедры на штатные должности в подразделения Субмикрона.

Аспиранты и стажеры базовой кафедры работают по индивидуальному плану и выполняют в НИИ "Субмикрон" по его тематике свои диссертационные и исследовательские работы. При этом они могут работать на научных и инженерно-технических должностях в структурных подразделениях НИИ "Субмикрон".

На предприятии каждый год работают (начиная со 2-го курса), и проходят практику (с 4-го курса) от 10 до 15 студентов, многие из которых после окончания института остаются на предприятии на постоянную работу. Предприятие делает все возможное для привлечения и удержания молодых специалистов. Направляет молодых специалистов на учёбу в аспирантуру и оплачивает её. Более 40 сотрудников предприятия прошли специальное обучение по повышению квалификации.

В НИИ «Субмикрон» работают три доктора и девять кандидатов наук. 170 человек из четырёхсот работающих – кадровые сотрудники Субмикрона со стажем работы в коллективе не менее двадцати лет, а более 30 человек – молодые специалисты.

#### 4.6.2.2. История коллектива

Предприятие ОАО «НИИ «Субмикрон» своё нынешнее наименование получило 28 декабря 2010 г. в результате преобразования ФГУП «НИИ «Субмикрон» в открытое акционерное общество.

Но создание коллектива, составившего ядро предприятия, имеет глубокую историю, восходящую к временам создания зеленоградского Центра микроэлектроники.

Эта история началась в 1964 г. созданием в НИИ Физических проблем Центра микроэлектроники (позже Научный центр – НЦ) отдела перспективных ЭВМ, который к 1969 г. вырос до самостоятельного предприятия «Специализированный вычислительный центр» (СВЦ) с главной задачей – создание супер-ЭВМ 5Э53 для второй очереди системы Противоракетной обороны А-35. Директором СВЦ и главным конструктором 5Э53 был Д.И. Юдицкий, зам. по науке – И.Я. Акушский. История коллектива на этом этапе и создания им супер-ЭВМ 5Э53 описана в статье «Система остаточных классов и модулярные супер-ЭВМ» настоящего сборника.

По завершении работ по созданию супер-ЭВМ, СВЦ сменил тематику на мини- и микро-ЭВМ и системы. Затем в результате реорганизаций коллектив перемещался в НИИ Точной технологии (НИИТТ), в СКБ Научный центр (СКБ НЦ), в НИИ Научный центр (НИИ НЦ). Этот период истории коллектива описан в статье «Организация развития вычислительной техники в Минэлектронпроме» настоящего сборника.

Изначально основу коллектива составила группа специалистов во главе с Д.И. Юдицким и И.Я. Акушским, переведенная из НИИ-35 (позже – НИИДАР), где ими была разработана супер-ЭВМ «К340А» с рекордной для своего времени производительностью, первой в мире превысившая порог производительности в 1 млн. оп/с (2,5 млн. оп/с), и оставшаяся непревзойдённым мировым рекордсменом по производительности среди ЭВМ второго поколения (на транзисторах).

В этот коллектив со всей страны собирались высококвалифицированные специалисты в области вычислительной техники и принимались лучшие выпускники вузов страны – в первые годы создания Центра микроэлектроники такая возможность была. В результате за 10 лет численность коллектива превысила 1500 человек высококвалифицированных специалистов и талантливой молодёжи. Эта молодёжь, воспитанная и обученная старшими товарищами, став в свою очередь также высококвалифицированными специалистами, получившими огромный опыт участия в разработках супер-, мини- и микро-ЭВМ и систем на их основе (оригинальных, а не повторения зарубежных моделей), и стала тем ядром, на основе которого были созданы ФГУП и ОАО «НИИ «Субмикрон».

В истории ФГУП «НИИ «Субмикрон» нашла отражение трагедия отечественной промышленности, обусловленная уродливым проведением давно назревших в стране реформ, приведших к существенному развалу отечественной науки и промышленности. А ФГУП «НИИ «Субмикрон» – к двум инкарнациям.

Первоначально ФГУП «НИИ «Субмикрон» был создан 24 августа 1989 г. как головное предприятие Минэлектронпрома в Международном центре информатики и электроники (МЦИЭ), создаваемом в Зеленограде. В отличие от отраслевого Центра микроэлектроники Минэлектронпрома, это был межведомственный центр с участием всех министерств и ведомств радиоэлектронного профиля и с перспективой участия в нем аналогичных ведомств стран СЭВ (Совет экономической взаимопомощи стран социалистического содружества). ФГУП «НИИ «Субмикрон» в рамках государственной программы «Субмикрон-95» сразу приступило к разработке технологии производства ультрабольших интегральных схем. Однако проводимые в стране реформы привели к крушению всех планов по со-

зданию МЦИЭ, а Субмикрон, лишённый тематики и финансирования, постепенно растерял все кадры и к 1996 г. реально перестал существовать, сохраняясь формально.

Пагубно реформы отразились и на судьбе НИИ «Научный центр» в котором на тот момент в составе отделения 5 работали будущие субмикроновцы. Такие направления деятельности НИИИИЦ, как разработка персональных и школьных ЭВМ, систем связи, космического материаловедения и ряд других постепенно прекратили своё существование. В какой-то степени ещё сохранялась военная тематика отделения 5 по созданию космических и авиационных средств вычислительной техники. Но, к проблемам резкого сокращения финансирования и задержкам его поступления по этой тематике, добавилась необходимость делить его с подразделениями, потерявшими свою тематику. Это делало невозможным выполнение работ. С целью сохранения коллектива и аэрокосмической тематики 19 января 2000 г. отделение 5 НИИИИЦ, занятое бортовой тематикой, во главе и В.Г. Сиренко, было переведено в ФГУП «НИИ «Субмикрон».

Так началась вторая инкарнация ФГУП «НИИ «Субмикрон» как предприятия, специализирующегося в создании средств вычислительной техники для космических, ракетных и авиационных систем. Директором предприятия с тех пор и поныне является Владимир Григорьевич Сиренко. Как мы уже говорили, 28 декабря 2010 г. предприятие было преобразовано в ОАО «НИИ «Субмикрон».

#### 4.6.2.3. Продукция коллектива

Общее количество разработок разнообразных мобильных вычислительных и управляющих приборов и систем аэрокосмического, морского и наземного базирования, выполненных и освоенных в серийном производстве, нашедших применение у потребителей, исчисляется многими десятками и не может быть полно отражено в одной статье. Поэтому ограничимся описанием только отдельных примеров, наиболее важных и материалы о которых удалось подобрать за время подготовки статьи.

Впервые к бортовой тематике коллектив, уже переведённый из СВЦ в НИИИИТТ, обратился в 1977 г., после прихода в НИИИИТТ в качестве главного инженера М.Ф. Поликанова, до того в том же качестве работавшего в НИИ Микроприборов Г.Я. Гуськова.

А переведённый из СВЦ коллектив к этому моменту уже создал микропроцессорный комплект БИС серии (К)587 и микро-ЭВМ «Электроника ИЦ-01, ИЦ-02, -ИЦ-02М, -ИЦ-03Т и ИЦ-04Т» на его основе, освоенные в производстве заводами «Логика» и «Ангстрем».

На первом этапе в соответствии с технической политикой НПО Научный центр развитие вычислительной техники осуществлялось сначала на основе созданной в СВЦ оригинальной архитектуры типа «Электроника ИЦ», а затем, после ее директивного запрета Минэлектронпромом, на основе архитектуры типа «PDP-11» ф. DEC, США. После ликвидации Минэлектронпрома в ходе реформ в стране, НИИ Субмикрон самостоятельно определяет архитектуру нового поколения бортовых систем, согласуясь с интересами потребителей.

#### Бортовая система с архитектурой типа «Электроника ИЦ»

##### Программно-аппаратный комплекс И-04/И-08

К этому моменту Михаил Фёдорович уже имел большой опыт в разработке бортовой аппаратуры и начал её развитие и в НИИИИТТ (для этого его и брали). По его предложению в 1977 г. был заключён договор с ПО «Радиоприбор» (Минобщемаш) о разработке и поставке программно-аппаратного бортового комплекса для системы спутниковой навигации (первый вариант системы ГЛОНАСС). Программно-аппаратный комплекс «Электроника ИЦ-04У» состоял из ЭВМ «Электроника ИЦ-04Б» (И-04 в обозначении заказчика) с оригинальной архитектурой типа «Электроника ИЦ» (бортового варианта микро-ЭВМ «Электроника ИЦ-04Т») (рис. 3), блока памяти И-08 и системного программного обеспечения.

Приказом двух министров главным конструктором комплекса был назначен директор НИИТТ Э.Е. Иванов. Разработчики комплекса В.А. Меркулов, А.М. Смаглий, Г.М. Алаев, А.Е.Абрамов, Е.В.Фёдорова и др.

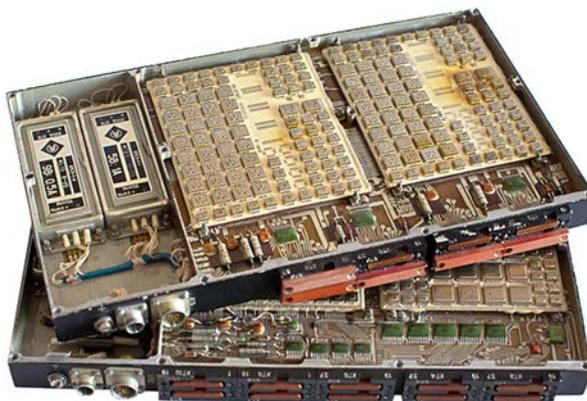


Рис. 3. Блоки И-04 (снизу) и И-08

Комплекс разрабатывался на основе микропроцессорного комплекта серии H587 как бортовой вариант микро-ЭВМ "Электроника НЦ-04Т" под внутренним обозначением "Электроника НЦ-04У". В то время технология многослойных печатных плат на основе стеклотекстолита была еще недостаточно отработана, топологические размеры не позволяли прокладывать проводники между двумя контактными площадками при их межцентровом расстоянии в 1 мм, надежность для бортовых применений была недостаточной. В то же время НИИТТ и Ангстрем были лучшими в стране специалистами в толстопленочной технологии, используемой при изготовлении корпусов микросхем и микросборок. Поэтому для реализации проекта впервые в стране были разработаны принципиально новые корпуса БИС с шагом выводов в 1 мм. (микроробуса), многослойные керамические платы и технология поверхностного монтажа микроробусов и иных элементов на эти платы. Керамические платы использовались и для изготовления электронных блоков, и для блоков стабилизированного питания (рис. 4). Только через несколько месяцев по завершении разработки появилась информация о реализации подобных новых технических решений за границей.

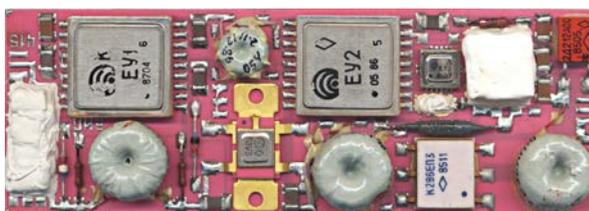


Рис. 4. Блок стабилизированного питания на керамической плате размером 40×120 мм

Комплекс в установленные сроки был разработан, освоен в производстве на Ангстреме и поставлялся заказчику. Начался запуск спутников. В каждом спутнике устанавливалось 3 комплекта. Планировался запуск 24 спутников для точного определения места нахождения подвижных наземных объектов. Всего Ангстремом в 1980-1982 гг. было выпущено 294 НЦ-04У.

К сожалению, данный проект системы спутниковой навигации оказался неудачным и, после запуска нескольких спутников, был прекращён. Со стороны Радиоприбора были предприняты попытки обвинить в этом НИИТТ.

К этому времени приказом двух министров главным конструктором НЦ-04У, был назначен В.А. Меркулов, которому и пришлось разбираться с возникшими проблемами. В результате работы специальной комиссии было выявлено несколько причин неудачи, как в проекте аппаратуры спутника, так и окисление контактов внутри микроробусов ИС. Это окисление грозило В.А. Меркулову, как главному конструктору, крупными неприятностями. В который раз перечитывая техническое задание и технические условия на ком-

плекс И-04/И-08, он обратил внимание на требование к его эксплуатации в спутнике в герметизированном корпусе в гелий/азотной среде, что разработчиками спутника не было выполнено. На завершающем заседании комиссии, когда отточенный топор уже, казалось, готов был обрушиться на голову Меркулова, Владислав Афанасьевич обратил внимание на нарушение в спутнике условий эксплуатации И-04/И-08, установленных и ТЗ, и ТУ на комплекс. Несоответствий требованиям в комплексе И-04/И-08 комиссия не выявила, попытки обвинения НИИТТ признала необоснованными. Однако НИИТТ и Ангстрем сделали свой вывод из полученного опыта: с тех пор ИС стали разваривать и герметизировать в нейтральной среде.

### **Бортовые системы с архитектурой типа «DEC»**

Здесь уместно сделать небольшое отступление. В 1970-е годы в Минприборе и Минэлектронпроме началось активное воспроизводство мини-ЭВМ семейства PDP-11 американской фирмы Digital Equipment Corp. (DEC). В Минприборе апологетом этого направления был Б.Н. Наумов, директор Института электронных управляющих машин (ИНЭУМ), позже Академик АН СССР. В МЭП – В.Г. Колесников, генеральный директор воронежского ПО «Электроника», позже 1-й заместитель министра, министр МЭП, член-корреспондент АН СССР. Будучи Генеральным конструктором СМ ЭВМ, Б.Н. Наумов эту же идеологию проводил и в СМ ЭВМ. А став зам. министра В.Г. Колесников внедрил её во всем МЭП, запретив приказом разработки мини- и микро-ЭВМ с другими архитектурами. Среди специалистов это акт получил наименование DEC-переворота. Однако нельзя не отметить, что В.Г. Колесников, будучи апологетом воспроизводства ЭВМ ф. DEC, долго не препятствовал развитию в Минэлектронпроме оригинальных архитектур для потребителей других ведомств. И не он был инициатором «переворота», который произошёл «по инициативе снизу».

К 1981 г. в НИИТТ и в НПО НЦ завершилась смена поколения руководителей. Ушли ветераны, основатели НЦ, обладавшие огромными знаниями и опытом создания сложных радиоэлектронных систем. Им на смену пришло новое поколение, выросшее уже в Зеленограде. Они были специалистами в микроэлектронике, в основном технологами, но не в вычислительной технике и аппаратостроении. Высшим авторитетом в вычислительной технике для них был первый заместитель министра В.Г. Колесников, активный сторонник архитектуры PDP-11 ф. DEC ради возможности использования её ПО. Разницу между архитектурами ЭВМ PDP-11 и НЦ они не понимали. А тому, что архитектура НЦ моложе архитектуры PDP-11 на 7 лет (огромный срок в развитии вычислительной техники) и реализовала в себе многие новейшие достижения этого семилетия, значения не придали. Не обсудив со специалистами и партнёрами, руководство НПО НЦ вышло с предложением к В.Г. Колесникову о прекращении работ по архитектуре НЦ и переходе на архитектуру PDP-11 ф. DEC. Он с готовностью согласился. В результате работы по архитектуре НЦ (а за одно и по архитектуре типа «Электроника С5» в ЛНПО «Светлана») были прекращены.

К этому времени коллективом НИИТТ была создана 16-разрядная однокристалльная ЭВМ (в нынешней терминологии – микроконтроллер) К1801BE1, превосходящая по совокупности характеристик все тогда известное в мире – гордость Минэлектронпрома тех лет (превзошли проклятых империалистов). Но она имела архитектуру НЦ как младшая модель в ряду микро-ЭВМ Электроника НЦ-03, НЦ-04, НЦ-05. И поэтому запрещенная, тихо скончалась. Ей на смену пришли однокристалльные микропроцессоры 1802BM1, -BM2, -BM3, -BM4, но уже с архитектурой типа DEC. Это не были прямые аналоги БИС ф. DEC, они были более высокой интеграции, однокристалльные, заменяющие по несколько БИС аналогов. В них были реализованы оригинальные структурные и схемотехнические решения. Но ряд прогрессивных решений архитектуры НЦ не совмещались с архитектурой DEC и были потеряны. Одно из них – более надёжная защита памяти, полностью исклю-

чающая возможность создания вирусов<sup>1</sup>.

Микропроцессоры серии 1801 выполнялись по nМОП технологии и не обладали стойкостью к внешним воздействиям военной аппаратуры. Они были хороши только для потребительской и индустриальной электроники. Поэтому для специальной электроники в НИИТТ были разработаны и освоены в серийном производстве варианты микропроцессоров типа ВМ2, ВМ3 и ВМ4 в сериях 1806 и 1836 на основе КМОП технологии, обеспечивающей требуемую военными стойкость к внешним воздействиям. Они и применялись в ряде специальных бортовых систем, создаваемых коллективом.

### **ПМО – Программируемый модуль обмена «Электроника НЦ-40Б»**

Опыт, полученный при разработке бортового комплекса И-04/И-08, получил дальнейшее развитие в создании в 1983-1985 гг. Программируемого Модуля Обмена (ПМО) «Электроника НЦ-40Б» по заказу НПО «Энергия». Главным конструктором НЦ-40Б был В.А. Меркулов, его заместителем – А.М. Смаглий.

Предназначался ПМО для орбитальной космической станции «Мир». По существу это был периферийный процессор для центральной в космической станции ЭВМ «Салют-5», разработанной НПО «Элас». В Мире было много различных бортовых систем, каждая из них имела своего главного конструктора, свое предприятие-разработчик. В каждой был свой бортовой компьютер или иной электронный блок управления. Каждый имел свои форматы данных, которыми необходимо было обмениваться с центральным бортовым компьютером «Салют-5». Иными словами, главный конструктор станции «Мир» не позаботился об унификации языка и форматов межсистемного обмена, в результате на станции образовался «новый Вавилон». Исправить это безобразие и призвана была НЦ-40Б. Она организовывала обмен информацией Салюта-5 с периферийными системами, одновременно выполняя функции переводчика, т.е. преобразовывала форматы данных в принятый в каждой системе вид.

В состав ПМО входили конструктивно автономные модули (рис. 5):



Рис. 5. Комплект электронных модулей ПМО, слева направо: МС 12301, МС 53301, МС 57301, МС 53302

- Один модуль МС 12301, включающий три одноплатных ЭВМ, образующих трехканальный мажорированный вычислитель. Разработчики Абрамов А.Е., Каннер М.Г., Комонов Ю.В., Ковина И.Н., Румянцев О.А., Сахненко М.К.;
- Один модуль МС 57301 – межмашинная буферная память, разработчики Алаев Г.М., Николаев С.Р., Мангасарян Н.Б.;

<sup>1</sup> Фирма Intel не имела никакого опыта создания ЭВМ, поэтому к построению архитектуры своих микропроцессоров подошла в системотехническом плане по-дилетантски, не позаботившись, в частности, о защите памяти программ. В результате она ввергла весь мир в многолетний кошмар вирусов.

- Один модуль МС 53302 – преобразователь интерфейса МКИО (рис. 6), разработчики Алаев Г.М., Спиридонов Ю.М..



Рис. 6. Модуль преобразователя интерфейса МКИО МС 53302

- До 6 модулей МС 57301 – контроллер абонентов (рис. 7), разработчики Осетров П.А., Садовникова А.И., Трутце Ф.Ю., Андреев И.В., Кудрявцев В.А.;

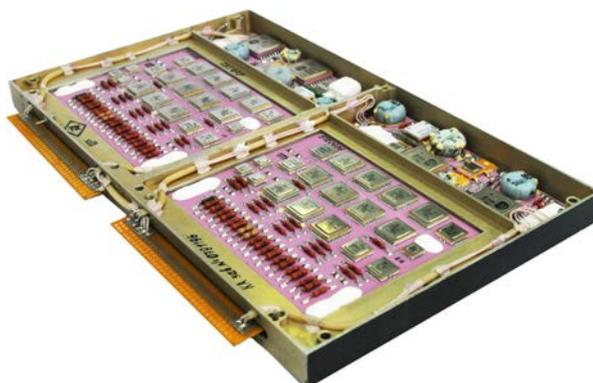


Рис. 7. Модуль контроллера абонентов МС 57301

Разрабатывалась НЦ-40Б на основе микропроцессора Н1806ВМ2 с архитектурой DEC, матричного ПЗУ 64К бит, ОЗУ 4К бит и базовых матричных кристаллов Н1806 ХМ1. Первые образцы ПМО делались на Н1801ВМ2, полностью совместимом с Н1806ВМ2 – разработка НЦ40Б и 1806ВМ2 проводились параллельно. Состав: троированная система с четвертым комплектом в холодном резерве.

Для ПМО была разработана принципиально новая система программного мажорирования, обеспечивающая повышение живучести системы и минимизацию ее оборудования. В случае отказа какого-либо оборудования одного из аппаратно мажорированных каналов после использования холодного резерва, программа выявляла отказавшее оборудование и отключало его. При этом соответствующий участок канала из трехканального превращался в двухканальный, а при следующем отказе – в одноканальный. С некоторым увеличением времени обработки информации и с отсечением некоторых второстепенных функций. В результате живучесть системы в целом существенно увеличивалась. Все эти возможности были заложены как в аппаратную часть НЦ-40Б, так и в его системное программное обеспечение. Разрабатывать системное и прикладное ПО пришлось в полном объеме, т. к. ПО центральной на станции «Мир» ЭВМ «Салют-5» не решало поставленных задач, а в составе ПО ЭВМ – аналогов микропроцессора 1806ВМ2, также не было требуемых программ. Иными словами, основной довод в пользу воспроизводства зарубежных образцов – использование их ПО, здесь совершенно не работал.

Система программного мажорирования было тогда новым словом в построении высоконадежных систем. Она обеспечивает максимальную живучесть необслуживаемых систем по мере их физической деградации. При этом несколько усложняется программное

обеспечение, но его разработка – разовая работа, выполняемая на земле до запуска системы на орбиту. Только через 5 лет появились сообщения, что нечто подобное было использовано в программе «Шатл» в США.

Структурно ПМО представляет собой трёхканально-резервируемую систему с динамической самореконфигурацией при деградации до одного канала. Конструктивно ПМО выполнен на многослойных керамических платах МКП-2 с использованием микросхем в микрокорпусах.

За разработку ПМО орденами и медалями награждены: Меркулов В.А., Смаглий А.М., Кудрявцев В.А., Николаев С.Р., Каннер М.Г., Нахаев С.А., Садовникова А.И.

ПМО изготавливался на заводах «Ангстрем» и «Логика» и поставлялся в НПО Энергия и функционировал на станции «Мир» в системах 17КС, 27КС, 37КС, 77КСД, 19КАЗО. Всего в 1984 – 1988 гг. было изготовлено более 110 комплектов ПМО. В составе орбитальной космической станции «Мир» с 1986 г. НЦ-04Б проработали более 15 лет, до затопления станции.

В последующие годы задел, полученный в этой разработке, был использован в кооперации с НПО им. С.А.Лавочкина в космических аппаратах «Аракс», «Банкир», «Купон».

### Микро-ЭВМ «Электроника НЦ-84Б»

Большим спросом пользовалась одноплатная микро-ЭВМ «Электроника-84Б» и набор полузаказных БИС на основе БМК Н1806ХМ1, выпускаемых до настоящего времени.

Унифицированная одноплатная встраиваемая микро-ЭВМ «Электроника НЦ-84Б» ЭВМ (МС12101) была разработана в 1984 г. в НИИ НЦ (ГК - Смаглий А.М., ведущие разработчики Каннер М.Г., Румянцев О.А.) на основе микропроцессора Н1806ВМ2 и БМК Н1806ХМ1. Она была выполнена на одной керамической плате размером 100x110 мм (рис. 8). И имела в своём составе типовой набор периферийных устройств, присутствующий во многих бортовых компьютерах.

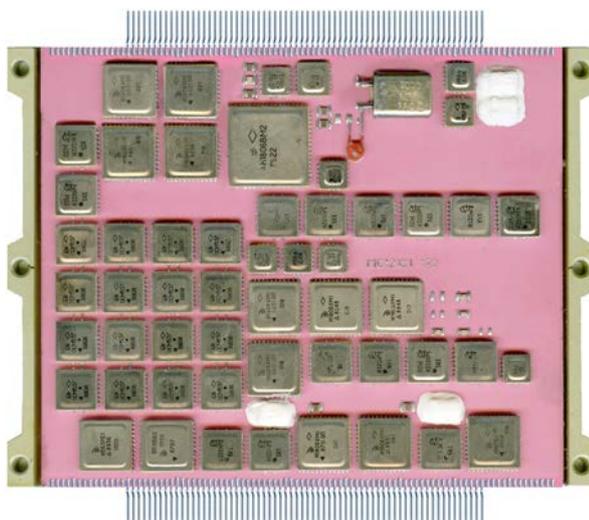


Рис. 8. Микро-ЭВМ «Электроника-84Б» (МС12101)

НЦ-84Б предназначалась для построения прикладных бортовых ЭВМ различного назначения. Ее плата, как большая микросхема, устанавливалась на типовой плате прикладной системы, а на оставшемся свободном месте размещались специфичные для данной системы устройства. НЦ-84Б нашла довольно широкое применение, разным потребителям их было поставлено более 100 комплектов, для ЭВМ ракетно-космического назначения это довольно большой тираж.

### Электроника НЦ-96Б

На основе микропроцессоров N1806BM3/BM4 в 1996 г. в НИИ НЦ (ГК Гришин В.Ю., ведущий разработчик Михалев И.В.) также на керамической плате размером 100x110 мм была разработана еще одна унифицированная одноплатная встраиваемая микро-ЭВМ «Электроника НЦ-96Б». Идея была та же, что и в НЦ-84Б, но процессор был более мощный.

НЦ-96Б также нашла своего потребителя, их поставлено более 150 шт. Но, с развитием технологии многослойных печатных плат на основе стеклотекстолита с уменьшенными топологическими размерами и повышенной надежностью, от тяжелых керамических плат отказались.

Далее идея унифицированных одноплатных компьютеров развивалась в форме модулей МВС-4 (рис. 9), МВС-8, МВС-33 и т.п. на основе стеклотекстолитовых многослойных печатных плат.

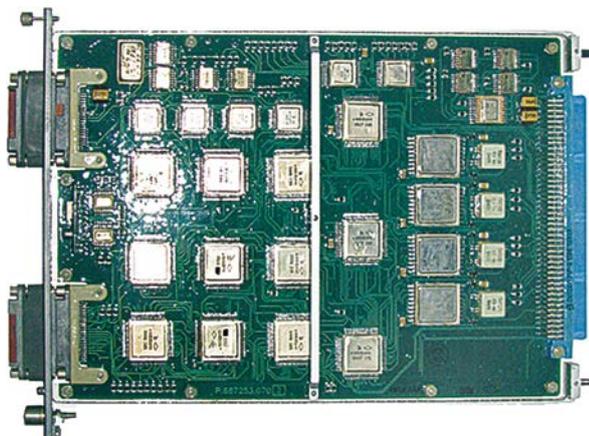


Рис. 9. Одноплатный компьютер МВС-4

### БВС – Бортовая вычислительная система

Следующим шагом в развитии космического направления было создание в 1984 – 1985 гг. двухуровневой распределённой бортовой вычислительной программно-аппаратной системы (БВС) для нового спутника, разрабатываемого куйбышевским ЦСКБ. Главным конструктором БВК был В.А. Меркулов, ведущие разработчики: Гришин В.Ю., Смаглий А.М, Михалев И.В. и др.).

БВС состояла из бортовой вычислительной системы (БЦВМ, изделие 17М126) – центрального компьютера спутника, и периферийного адаптера обмена (ПАО, изделие 17М223-2) с тройным аппаратным мажорированием (на чисто аппаратном мажорировании настоял заказчик, убоявшись трудностей программного мажорирования, но с позиции разработчиков это был шаг назад).

В качестве основного интерфейса был принят перспективный и в то время только появившийся Мультиплексный Канал Обмена МП-1553, послуживший основой для отечественного стандарта ГОСТ 26765.52-87. В качестве основной элементной базы использовались Базовые Матричные Кристаллы (БМК) серии N1515XM1, также производства завода «Ангстрем». На их основе был разработан комплект микросхем, на современном языке «чипсет», обеспечивающий работу процессора и функциональных устройств.

БВС была разработана, два комплекта изготовлены Ангстремом и поставлены заказчику. В ЦСКБ он был установлен на натуральном динамическом стенде спутника и прекрасно там работал. К сожалению, ему пришлось разделить печальную судьбу спутника – реформы в стране погубили их обоих.

Лучшая судьба ожидала ПАО, разработанного несколько раньше БЦВМ и нашедшего ряд других применений. Впервые ПАО 17М223-2 был запущен на орбиту 20 февраля 1986 года в составе станции «Мир», где было применено 4 таких изделия. С 1988 г. два ПАО

работали также на Мире – управляли чешским телескопом для наблюдения за поверхностью Земли. Кроме того ПАО в 1985-2010 годы активно применялась в космических аппаратах Сапфир, Аракс (№1 и 2), Метеор, Метеор-2, Метеор-3, Банкир, Космос-2344, Космос-2392, Купон, Фобос-Грунт и Коронас-Фотон (в 2009 г.). В них она применялась для выполнения функций автоматического управления в качестве:

- программируемого микроконтроллера,
- встраиваемого в функциональные подсистемы КА;
- центральной бортовой вычислительной машины КА.

Всего было выпущено более 200 комплектов ПАО.

В связи с печальной судьбой БВС и БЦВМ и ограниченным объёмом статьи, их мы рассмотрим предельно кратко, подробнее остановившись на нашедшем применении ПАО.

#### Бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ)

БЦВМ – четырехмашинная вычислительная система с тройным мажорированием каждой (рис. 10). Т.е. в БЦВМ работало 12 одинаковых микро-ЭВМ (рис. 11) на основе микропроцессоров Н1806ВМ3 и арифметического сопроцессора Н1806ВМ4. Первые два образца БЦВМ изготавливались на основе кристаллов микропроцессоров серии 1801, размещённых в микрокорпуса (Н1801). Но в связи с прекращением работ над спутником, до изготовления БЦВМ на основе серии Н1806 не дошло, микропроцессоры Н1806ВМ3 и Н1806ВМ4 нашли применение в последующих разработках коллектива.

Главным конструктором БЦВМ был В.А. Меркулов, ведущие разработчики: Гришин В.Ю., А.М. Смаглий, Михалев И.В. и др.).

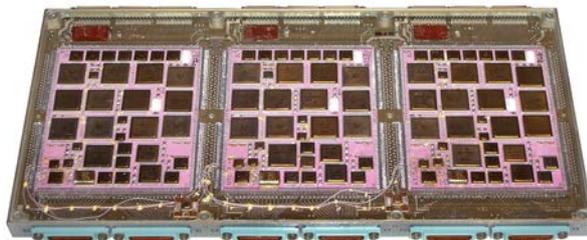


Рис. 10. Модуль одной из четырех троированных машин БЦВМ

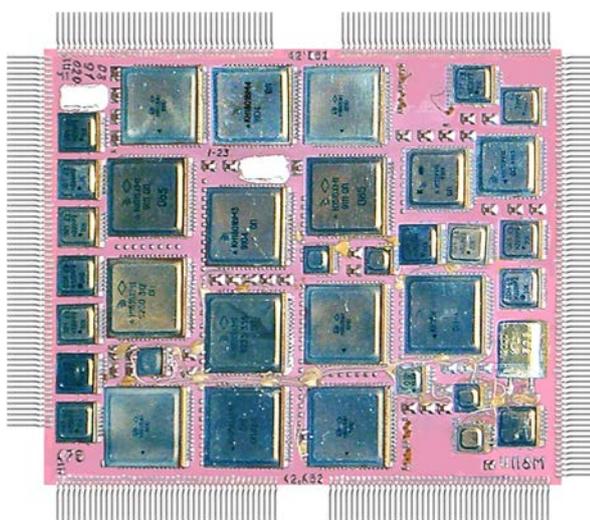


Рис. 11. БЦВМ БВС

#### Периферийный адаптер обмена (ПАО)

ПАО был разработан в 1984 г., ГК В.А. Меркулов, ведущие разработчики: И.П. Селезнев, А.В.Травин, и др.).

По существу ПАО (рис. 12) был мажорированной трехканальной программируемой микропроцессорной управляющей системой с широким набором интерфейсов для сопряжения с внешним оборудованием. Была обеспечена возможность использования ПАО и в качестве

трехмашинной системы без мажорирования.



Рис. 12. ПАО, изделие **17M223-2**

Было разработано системное и прикладное ПО, причём при разработке прикладного ПО не требовалось учёта наличия резервирования аппаратуры изделия. Смена прикладного ПО обеспечивалась заменой ячеек ПЗУ.

Для ПАО на основе архитектуры DEC с применением микропроцессора H1806BM2, матричного ПЗУ H563PE1, ОЗУ H537PY8A и базовых матричных кристаллов H1806BP1 была разработана специальная ЭВМ – центральное вычислительное устройство (ЦВУ, **рис. 13**). В ПАО использовались три мажорируемых ЦВУ

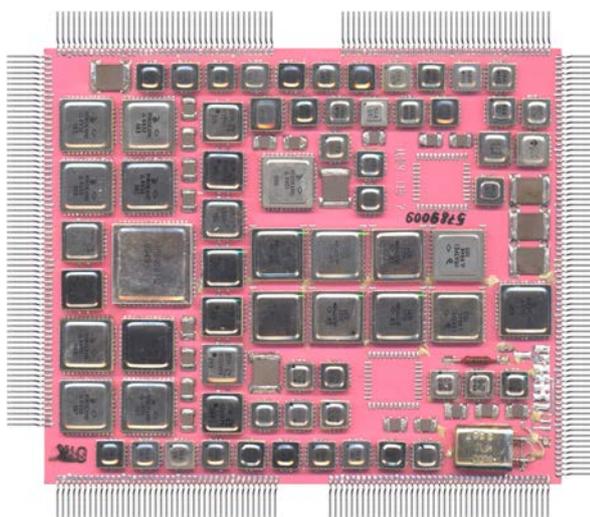


Рис. 13. Центральное вычислительное устройство (ЦВУ) ПАО

Для взаимодействия с внешними устройствами в ПАО имеются следующие двукратно резервированные средства:

- мультиплексный последовательный канал обмена (МКО);
- канал выдачи параллельного кода (16 дв.р.);
- канал приёма параллельного кода (16 дв.р.);
- канал приёма сигналов прерывания (16 сигналов);
- канал выдачи сигналов управления (16 сигналов);
- канал приёма аналоговых сигналов, преобразуемых в цифровое представление (16 сигналов при использовании резервирования, 48 - при его отсутствии);

ПАО обладал высокой надёжностью (вероятность безотказности работы 0,998 за время работы 6 лет). Такая надёжность обеспечивалась:

- трехкратным резервированием с восстановлением (мажорированием) информации на нескольких уровнях;
- синхронно-синфазной работой резервных секций изделия при использовании серийных нерезервированных микропроцессорных БИС отечественного производства.

ПАО серийно выпускался в 1985 – 1995 гг., было выпущено более 200 комплектов ПАО, в т.ч. в условиях разрухи тех лет и впрок, на склад. В лихие 1990-е годы этот задел нашел применение и помог сохранению коллектива.

## Новое поколение бортовых приборов и систем

### Программируемый микроконтроллер «КС020-М»

КС020-М – специализированный программируемый микроконтроллер с широким набором интерфейсов для сопряжения с внешним оборудованием (рис. 14) спускаемого аппарата (СА) космического корабля «Союз ТМА» на Землю был разработан в 1998 – 1999 г. по заказу РКК «Энергия». Главный конструктор Щагин А.В., основные разработчики Селезнев И.П., Травин А.В..



Рис. 14. Программируемый микроконтроллер КС020-М

С 2000 г. производством Субмикрона выпущено более 40 комплектов КС020-М, они по настоящее время пользуются спросом у потребителя.

Метод обеспечения высокой надёжности – трехкратное резервирование с восстановлением (мажорированием) информации на нескольких уровнях. Обеспечена синхронно-синфазная работа резервных секций изделия при использовании серийных нерезервированных микропроцессорных БИС.

Основные характеристики:

- 1 Быстродействие, млн. оп/с типа регистр-регистр – не менее 1,5.
- 2 Объём оперативного ЗУ (ОЗУ), Кбайт – 256.
- 3 Объём перепрограммируемого постоянного ЗУ (ППЗУ), Кбайт – 768.
- 4 Информационные каналы взаимодействия с внешними устройствами:
  - 2 мультиплексных канала обмена по ГОСТ Р 52070- 2003;
  - инструментальный последовательный канал обмена по стандарту RS-485.
- 5 Количество выдаваемых релейных управляющих сигналов – 16.
- 6 Количество принимаемых сигналов от релейных датчиков – 24.
- 7 Количество каналов принимаемых числоимпульсных кодов – 6.
- 8 Количество принимаемых импульсных сигналов прерывания – 3.
- 9 Количество выдаваемых телеметрических сигналов – 14.
- 8 Прочие характеристики
  - Вероятность безотказной работы за 1000 часов, не менее – 0,999.
  - Потребляемая мощность (в зависимости от режима работы), Вт – 18 ÷ 46.
  - Напряжение питания, В – 23 ÷ 34.
  - Масса, кг – 6.
- 9 Основная элементная база:
  - микропроцессорный комплект: микросхемы MG80C186EB-16, MQ80C187-12 фирмы Intel;
  - микросхемы 1638PP1AY (реализация ППЗУ);
  - микросхемы MT5C1008 (реализация ОЗУ);
  - комплект микросхем фирмы DDC (реализация аппаратных средств сопряжения с мультиплексными каналами обмена);
  - микросхемы на основе БМК серий 1593XM1, H5503XM2;
  - микросхемы серий 5514, 1526;
  - отечественная ЭКБ широкого применения.

### ЦВМ-101 – Трехканальный компьютер для вычислений и управления

В конце 90-х годов перед РКК «Энергия» встала задача модернизации системы управления серий космических аппаратов «Союз-ТМА» и грузовиков «Прогресс-М». Старая система управления основывалась на вычислительной машине «Аргон-16», которая за счет троирования имела высокую надежность, но весила около 70 кг при объеме ОЗУ 3×2 кбайт, ПЗУ 3×16 кбайт и времени выполнения самой простой операции сложения 5 мкс. Помимо этого серийный завод по производству этих машин находился в Украине, и, после обретения ею независимости, резко повысил их цену.

В результате в 2006 г. Субмикрону была заказана разработка новой перспективной цифровой вычислительной машины ЦВМ-101 (рис. 15). Главным конструктором был назначен В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Михалев И.В., Куприянов В.В.



Рис. 15. Бортовой компьютер ЦВМ-101

Так как министерством обороны в качестве перспективы были приняты 32-х разрядные RISC процессоры с системой команд MIPS-32, то за основу был взят процессор 79R3081 фирмы IDT с этой архитектурой. НИИСИ РАН занимался его воспроизведением под кодовым наименованием 1В812, так что имелась возможность последующего импортозамещения. В разработке широкое применение получили новые БМК 1537ХМ2 ОАО «Ангстрем» и БМК серии 5503 разработки НПК «Технологический Центр» МИЭТ.

Разработка ЦВМ-101 была проведена практически с нуля, при этом одновременно с аппаратурой создавалось и программное обеспечение и, что особенно важно, технология разработки и отладки ПО. Была разработана кросс-платформенная Технологическая Среда Разработки Программ (ТСРП), работающая на IBM PC совместимых компьютерах. Созданная математическая модель ЦВМ-101, встроенная в ТСРП, позволяла на обычном персональном компьютере разрабатывать и отлаживать любые системные и прикладные программы для ЦВМ-101. Финальная отладка программ проводилась на специально созданном Наземном отладочном комплексе (НОК). Встроенные в ЦВМ-101 аппаратные средства отладки и подключаемый к ЦВМ-101 Логический Анализатор Процессов (ЛАП) позволяют вести трассировку отлаживаемой программы, остановку по заранее определенным событиям и т.д.

Основные технические характеристики компьютера ЦВМ-101:

- Процессор 1890ВМ1Т разработки НИИСИ РАН с архитектурой MIPS-32;
- Быстродействие:
  - 10 млн.оп/с при выполнении программ из кэш,
  - 2 млн.оп/с при выполнении программ из ОЗУ/ЭППЗУ;
- Емкость ОЗУ – 2 Мбайт;
- Емкость ЭППЗУ – 2 Мбайт;
- Количество каналов МКО – 4 резервированных;
- Габаритные размеры – 370 × 236 × 147 мм;
- Масса – не более 7,4 кг;

- Энергопотребление – не более 36 Вт;
- Группа исполнения 5.1 по ГОСТ РВ 20.39.304-98.

Одновременно с ЦВМ-101 создавались также резервированные устройства ввода-вывода – Блоки Устройств Сопряжения БУС101-1 и БУС101-2 (рис. 16), предназначенные для отказоустойчивого сопряжения бортовых компьютеров с дискретными и аналоговыми датчиками и исполнительными органами систем КА.



Рис. 16. Сбоеустойчивый блок сопряжения БУС 101

Основные характеристики блоков БУС101:

- Внешние интерфейсы:
  - Дублированный последовательный мультиплексный канал по ГОСТ 26765 52-87 – 1.
  - Модуль приема троированных релейных каналов – 32.
  - Модуль выдачи троированных релейных каналов – 64.
  - Модуль приема/выдачи троированных каналов напряжения – 16/4.
- Максимальное количество модулей – 8.
- Потребляемая мощность – 14 Вт.
- Габаритные размеры – 370×236×138,5 мм.
- Масса при максимальной комплектности – 10,5 кг.
- Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.2.

Первые летные испытания комплекта ЦВМ-101, БУС101-1 и БУС101-2 были проведены на транспортном корабле «Прогресс-М-01М» 26.11.2008 г. Затем было совершено еще 5 запусков транспортных кораблей, после чего 08.10.2010 г. был запущен пилотируемый космический корабль для полетов на МКС «Союз-ТМА-01М» с модернизированной бортовой системой управления на основе ЦВМ-101 и блоков БУС101-1, -2.

Это был первый отечественный пилотируемый корабль из программы «Союз» 700-й серии, ставший полностью цифровым. Управление им осуществлял компьютер ЦВМ-101 и блоки БУС 101. До того с этими же компьютерами были запущены семь грузовых кораблей «Прогресс» серии 400, и только после положительных результатов такой апробации нового компьютера появилась возможность его использования в пилотируемых КА. На сегодняшний день все управляющие системы пилотируемой программы России включают компьютеры, спроектированные и изготовленные в НИИ «Субмикрон».

До 2013 года было произведено более 50 приборов ЦВМ-101 и более 100 приборов БУС101-1,2. Их выпуск производством Субмикрона продолжается.

Применение системы управления космическими аппаратами «Прогресс-М», «СОЮЗ-ТМА» на основе ЦВМ-101, БУС101-1,2 запланировано вплоть до 2018 г., после чего должны вступить в строй Перспективные Транспортные Корабли с системой управления на основе ЦВМ-201, также разрабатываемой НИИ «Субмикрон».

### Варианты ЦВМ-101

Разработка ЦВМ-101 оказалась очень удачной, т.к. в ней сочетались высокая надежность, достаточная для задач управления производительность, наличие операционной многозадачной среды реального времени, стандартные интерфейсы, удобные средства создания, отладки и сопровождения программного обеспечения.

На фоне успешного применения ЦВМ-101 многим организациям захотелось получить такие же машины, но с учетом своей специфики. В результате, пользуясь полученным при разработке ЦВМ-101 заделом, НИИ «Субмикрон» в короткие сроки разработал ряд проблемноориентированных компьютеров БЦВМ-К, БВМ, СВМ, БЦВМ-С, БЦВМ-С-01 и др.

**БЦВМ-К (рис. 17)** – Бортовая Цифровая Вычислительная Машина для системы управления движением КА «Кондор» («К» в названии машины от слова «Кондор») разработана НИИ «Субмикрон» в 2007 г. Это близкий аналог ЦВМ-101, имеющий 2 резервированных МКО вместо 4-х у ЦВМ-101; группа исполнения 5.3 по ГОСТ РВ 20.39.304-98.

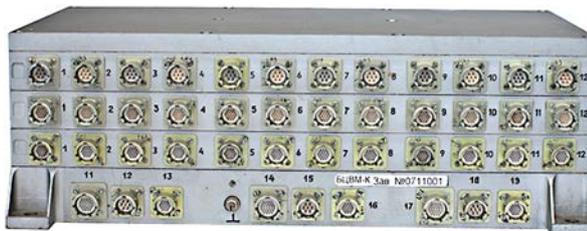


Рис. 17. БЦВМ-К

«Кондор» - серия малых спутников дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), разработанных НПО Машиностроения (г. Реутов) в интересах Воздушно-космической обороны (ВКО) и иностранных заказчиков. Запуск первого КА «Кондор» состоялся 27 июня 2013 г.

Экспортная версия космического аппарата носит наименование «Кондор-Э». В КА «Кондор-Э», помимо БЦВМ-К в системе управления движением, используется Центральный Бортовой Компьютер ЦБК-Р, также разработанный НИИ «Субмикрон». ЦБК-Р предназначен для управления космическим аппаратом в целом, он имеет расширенный до 16 Мбайт объем ОЗУ и ЭППЗУ.

Главный конструктор В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Михалев И.В., Куприянов В.В.

Производством НИИ «Субмикрон» в 2008 – 2010 гг. выпущено более 10 комплектов БЦВМ-К.

**БВМ** – Бортовая Вычислительная Машина разработана в 2008 г. по заказу ФГУП «НПО «Импульс» (г. Санкт-Петербург) – предназначена для работы в космических системах криптографической защиты информации, имеет повышенный уровень защиты от несанкционированной утечки информации, имеет встроенный аппаратный генератор случайных чисел. В 2008 – 2010 гг. заказчику было поставлено 12 комплектов БВМ.

**СВМ (рис. 18)** - Специализированная вычислительная машина разработана в 2010 г. также по заказу ФГУП «НПО «Импульс», предназначена для работы в наземных и мобильных системах управления. Имеет повышенную защиту от воздействия климатических факторов. Группа исполнения 1.3 по ГОСТ РВ 20.39.304-98.

Главный конструктор В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Михалев И.В., Куприянов В.В.

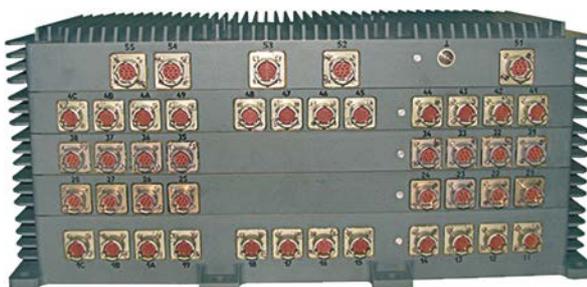


Рис. 18. СВМ

С 2010 г. производством Субмикрона выпущено 52 комплекта СВМ, производство продолжается.

**БЦВМ-С, БЦВМ-С-01** – Бортовые цифровые вычислительные машины БЦВМ-С, БЦВМ-С-01 (рис. 19) – разработаны в 2011 – 2-12 гг. по заказу ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» г. Самара («С» в наименовании машины от названия города). Имеют расширенный до 16 Мбайт объем ОЗУ и ЭППЗУ. Предназначены для эксплуатации в космических аппаратах серий «Ресурс-П» (первый аппарат выведен на орбиту 25 июня 2013 г.), «Персона» начиная с №3 (запущен 7 июня 2013 г.), «Барс».



Рис. 19. Блок БЦВМ-С

Главный конструктор В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Михалев И.В., Куприянов В.В.

С 2012 г. производством Субмикрона выпущено 12 комплектов БЦВМ-С и БЦВМ-С-01, производство продолжается.

#### **БСК – Блок сопряжения каналов системы ориентации и стабилизации**

Блок БСК разработан в 2007 г. по заказу НИИЭМ. Он предназначен для сопряжения бортового компьютера БЦВМ-К с датчиками, исполнительными органами и бортовым оборудованием системы ориентации и стабилизации КА. Главный конструктор Гришин В.Ю., основные разработчики Фокин В.А., Еремеев П.М. В 2008 – 2010 гг. выпущено более 10 комплектов БСК.

Внешние интерфейсы:

- Дублированный последовательный мультиплексный канал по ГОСТ 26765 52-87-1.
- Дублированные каналы приема команд управления – 28.
- Дублированные каналы выдачи команд управления и коммутации питания – 32.
- Дублированные каналы приема напряжений постоянного тока – 8.
- Дублированные каналы импульсного управления двигателями маховиков – 3.

Потребляемая мощность – 10 Вт.

Габаритные размеры – 275×236×131 мм.

Масса – 4,8 кг.

Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.3.

#### **ЛКА - Блок сопряжения с дискретными и аналоговыми датчиками**

Блок ЛКА (рис. 20) предназначен для сопряжения бортовых компьютеров с дискретными и аналоговыми датчиками и исполнительными органами различных систем КА.



Рис. 20. Блок ЛКА

Разработан в 2004 – 2005 гг. по заказу ЦНИИ «Комета», с 2005 г. и по настоящее время их поставлено более 30 комплектов. Главный конструктор Гришин В.Ю., основные разработчики Еремеев П.М., Пенькова А.В., Селезнев И.П., Травин А.В.

Внешние интерфейсы:

- Дублированный последовательный мультиплексный канал по ГОСТ 26765 52-87 – 1.
- Модуль дублированных каналов опроса дискретных датчиков – 16.
- Модуль дублированных каналов выдачи команд управления – 8.
- Модуль дублированных каналов приема/выдачи напряжения – 8/1.

Максимальное количество модулей – 6.

Потребляемая мощность – 5÷13 Вт.

Габаритные размеры – 170×185×100 мм.

Масса при максимальной комплектности – 3 кг.

Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.3.

### **БКО – Блок сопряжения бортового компьютера с командной радиолнией**

Блок БКО (рис. 21) предназначен для сбоеустойчивого сопряжения бортового компьютера с командной радиолнией КА. Он имеет целый ряд модификаций, которые разрабатывались в течение 2000 – 2012 гг., производятся с 2001 г. по н. вр., поставлено более 10 комплектов.



Рис. 21. Блок БКО

Главный конструктор В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Пенькова А.В.

Внешний интерфейс – дублированный последовательный мультиплексный канал по ГОСТ 26765 52-87 – 1.

Потребляемая мощность – 12 Вт.

Габаритные размеры – 370×236×66 мм.

Масса – 4,3 кг.

Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.2.

### **БВКУ – Блок формирования команд управления**

Блок БВКУ (рис. 22) предназначен для формирования команд управления КА. Также имеет ряд модификаций под каждое применение, разрабатываемых с 2000 по 2012 г. С 2001 г. потребителям поставлено 15 комплектов БВКУ.



Рис. 22. Блок БВКУ

Главный конструктор В.Ю. Гришин, ведущие разработчики Еремеев П.М., Пенькова А.В.

Внешние интерфейсы:

- Последовательный троированный мультиплексный канал обмена по ГОСТ 26765 52-87 для сопряжения с бортовым компьютером – 1.
- Дублированный канал приема матричных команд – 1.
- Дублированный канал выдачи 256 управляющих команд – 1.

Потребляемая мощность – 25 Вт.

Габаритные размеры – 370×236×167,5мм.

Масса при максимальной комплектности – 11,6 кг.

Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.2.

#### **БУП ОНА – Устройство управлением приводом**

Блок БУП ОНА (рис. 23) предназначен для формирования сигналов управления приводом остронаправленной антенны КА. Разработан в 2005 г. по заказу НПО им.С.А.Лавочкина, поставлено заказчику 10 комплектов.



Рис. 23. Блок БУП ОНА

Главный конструктор Осетров П.А., основные разработчики Каннер М.Г., Васильев В.А. и др.

Внешние интерфейсы:

- Последовательный дублированный мультиплексный канал обмена по ГОСТ Р 52070-2003 для сопряжения с бортовым компьютером – 1.
- Дублированный канал приема сигналов с датчика угла поворота X Y – 2.
- Дублированный канал выдачи импульса управления на шаговый двигатель X Y – 2.

Потребляемая мощность – 7 Вт/канал.

Габаритные размеры – 223×158×46 мм.

Масса – 1,5 кг.

Исполнение по ГОСТ РВ 20.39.304-98, гр. 5.3.

#### **ЦБК – Многоканальный высоконадёжный компьютер**

ЦБК (рис. 24) - программируемый высоконадёжный вычислитель со стандартными внешними интерфейсами, разработанный в 2004 – 2005 гг. по заказу НПО «КОМЕТА». Поставлено более 10 комплектов.



Рис. 24. ЦБК

Главный конструктор Гришин В.Ю., основные разработчики Селезнев И.П., Титов В.В., Травин А.В.

Используется в космических аппаратах в качестве центрального бортового вычислителя в иерархических системах обработки информации и управления

Применение:

- Бортовой комплекс БКУПИ (корпорация «Комета») (в разработке);
- КА «Обзор – О» (ГКНПЦ им. Хруничева) (в разработке).

Принципы построения.

В состав изделия входят четыре типовых конструктивно-функциональных вычислительных модуля (ВМ) (четыре вычислительные машины) и модуль вторичного источника питания (ВИП). Обеспечено информационное взаимодействие всех ВМ за счёт использования электрических цепей, которые соответствуют полному графу связности и образуют магистраль межмашинного обмена (ММО).

Структура ВМ содержит:

- вычислительное ядро, осуществляющее программную обработку информации;
- подсистему ввода-вывода, обеспечивающую взаимодействие с двумя мультиплексными каналами информационного обмена (соответствующими ГОСТ Р 52070- 2003 и содержащую буферное оперативное ЗУ (БОЗУ);
- блок управления конфигурацией, с помощью которого вычислительные модули ЦБК могут влиять на режимы работы отдельного вычислителя;
- блок приёма и регистрации внешних импульсных сигналов прерывания;
- встроенные инструментальные аппаратные средства, взаимодействующие с внешним стендовым оборудованием по интерфейсу RS-422 и обеспечивающие выполнение операций отладки аппаратных и программных средств модуля, его перепрограммирование.

Высокая надёжность вычислителя обеспечивается:

1 Использованием метода постоянного резервирования – в трёхмашинной и двухмашинной конфигурациях машины работают одновременно в режиме ограниченного асинхронизма с периодической синхронизацией.

2 Изменением конфигурации (состава) работающих машин с целью выключения отказавшей машины и перевода в рабочее состояние резервной.

3 Обнаружение, идентификация и регистрация отказов в одновременно работающих машинах путём организации взаимного межмашинного информационного обмена по магистрали ММО результатами вычислений и проведения в машинах их программного мажорирования с фиксацией отличия от результатов мажорирования.

4 Использованием контрольных кодов при хранении информации в ОЗУ с целью исправления ошибочных одиночных и смежно-парных битов при чтении кодов.

Основные характеристики вычислительной машины:

Тип процессорного элемента – микросхема 5890ВМ1Т (архитектура семейства IDT R3081).

Разрядность данных, бит – 32, 64.

Быстродействие, млн.оп/с:

- регистр-регистр, не менее – 10;

- с плавающей запятой, не менее – 2.

Объем оперативного ЗУ (ОЗУ), МБ, не менее – 2.

Объем перепрограммируемого постоянного ЗУ (ППЗУ), МБ, не менее – 2.

Число внешних импульсных сигналов прерывания – 16.

Используемая элементная база:

- микросхемы на основе БМК Н5503, БМК 1537, БМК 1592,

- микросхемы серий 5514, 5559, 5584, 1594, отечественная ЭКБ широкого применения.

Основные характеристики ЦБК:

Напряжение питания – от 25,5 до 29 В.

Масса – 5,1 кг.

Мощность потребления – не более 40 Вт.

#### **4280XB4, 4283ЮВ4, Н-036ШДВ40, Н-036ШДВ43 – Модули систем авиационного опознавания**

В рамках создания аппаратуры опознавания и управления воздушным движением НИИ «Субмикрон» была проведена разработка устройств 4280XB4 и 4283ЮВ4, модулей Н-036ШДВ40 и Н-036ШДВ43 для многофункциональных самолетных ответчиков и цифровых радиолокационных запросчиков с активной фазированной антенной решеткой. Заказчиком изделий являлся ФГУП «ГРПЗ» г. Рязань. ГК Осетров П.А., ведущие разработчики Хрусталеv А.Н., Кудрявцев В.А., Трутце Ф.Ю., Малыков А.А., Гусев А.Н., Мухаев Р.А., Карайченцев А.В., Сочейкина Е.В. Боровик В.В.

Задача состояла в создании на основе новейших достижений в области микроэлектроники приборов, входящих в состав аппаратуры опознавания, представленных в виде цифровых вычислительных устройств, выполняющих функции преобразования сигналов обмена информацией, используемых во вторичной радиолокации. Устройства имели различные модификации, адаптированные к требованиям конкретных заказчиков. Разработки модификаций устройств проводились в период с 2000 по 2005 гг, производство с 2003 г. по н.вр. Уже поставлено более 500 комплектов различных модификаций.

Устройства 4280XB4 и 4283ЮВ4 и их модификации нашли свое применение, как в гражданской, так и в военной отечественной авиации. Модули Н-036ШДВ40 и Н-036ШДВ43 размещены на борту самолета Т-50.

Устройства реализованы в виде программно-аппаратных модулей. Заложенные в них алгоритмы обработки сигналов вторичной радиолокации позволяют проводить определение и распознавание сигналов запроса и ответа, декодирование время-импульсных последовательностей сигналов, накопление и анализ данных декодирования с целью выработки признаков опознавания объектов.

Устройство 4280XB4 (рис. 25) и его модификации обеспечивают декодирование и формирование ответных сигналов:



• Рис. 25. Устройство 4280XB4

- в системах 60 и 60P,
- в системе Mk-ХА (стандарт НАТО),

- в системах управления воздушным движением:
  - в соответствии с международными стандартами ИКАО (режим S, уровень не ниже 3);
  - в соответствии с ГОСТ 21800-89.

Для обмена управляющей информацией используется интерфейс MIL STD 1553В, для обмена данными с внешними устройствами используется интерфейс ARINC 429.

Устройство 4283ЮВ4 (рис. 26) и его модификации обеспечивают кодирование запросных сигналов и декодирование ответных сигналов по линиям «самолет-самолет» и «самолет-корабль»:

- в системах 60 и 60Р,
- в системе Mk-ХА (стандарт НАТО).

Для обмена управляющей информацией используется интерфейс MIL STD 1553В, для обмена данными с внешними устройствами используется интерфейс ARINC 429.



Рис. 26. Устройство 4283ЮВ4

Модуль Н-036ШДВ40 (рис. 27) обеспечивает декодирование и формирование ответных сигналов:

- в системах 60,
- в системе Mk-ХА (стандарт НАТО),
- в системах управления воздушным движением в соответствии с международными стандартами ИКАО (режим S, уровень не ниже 3).



Рис. 27. Модуль Н-036ШДВ40

Модуль Н-036ШДВ43 (рис. 28) осуществляет кодирование запросных сигналов и декодирование ответных сигналов по линиям «самолет-самолет» и «самолет-корабль»:

- в системах 60 и 60Р,
- в системе Mk-ХА (стандарт НАТО).

Для связи модулей Н-036ШДВ40 и Н-036ШДВ43 с внешней аппаратурой используются интерфейсы MIL STD 1553В и ARINC 429.



Рис. 28. Модуль Н-036ШДВ43

### **НМСС-95 – Навигационный модуль**

К середине 90-х годов в связи с тяжёлым экономическим состоянием страны и недофинансированием ВПК сложилась удручающая ситуация с развёртыванием российской спутниковой навигационной системы «ГЛОНАСС», что делало невозможным непрерывное определение положения средств ПВО с помощью существующей АНТО (Аппаратуры Навигации и Топопривязки Объекта) разработки Российского Института Радионавигации и Времени (РИРВ).

Поэтому было принято решение о разработке Маршрутно-навигационной системы топопривязки и ориентирования (МНСТО), обеспечивающей определение местоположения с помощью совместного использования радионавигационных систем «ГЛОНАСС» (Российская Федерация) и GPS “Navstar” (США). Головным разработчиком системы стал НИЭМИ (сейчас - Центр «НИЭМИ» ОАО ГСКБ «Алмаз-Антей»), а основным соисполнителем, разработчиком навигационного модуля спутниковых систем (НМСС-95) - НИИ «Научный центр» (сейчас – ОАО «НИИ «Субмикрон»).

Разработка проводилась в 1995 – 1997 гг., поставки с 1997 г., общий их объем более 100 комплектов. ГК Смаглий А.М., а после его ухода по болезни – Осетров П.А.. Ведущие разработчики Хрусталева А.Н., Каннер М.Г., Ефремов Н.В., Лобанов А.В., Смородин И.В., Долгих С.В.

Модуль НМСС-95 в составе МНСТО 9В750М2 обеспечивает:

- непрерывное высокоточное определение геодезических координат (широты и долготы) объекта на эллипсоиде СК-42, прямоугольных координат в проекции Гаусса-Крюгера, высоты и скорости объекта по данным спутниковых радионавигационных систем «ГЛОНАСС»/GPS с учётом комплексирования с автономными навигационными датчиками;
- определение углового положения объекта (курс, крен, тангаж) по данным автономной самоориентирующейся гироскопической системы курсокреноуказания (АСГСКУ);
- решение сервисных задач при движении объекта по заданному маршруту;
- отображение вектора состояния объекта на пульте оператора;
- выдачу вектора состояния объекта в бортовой вычислительный комплекс (БВК) по мультиплексному каналу информационного обмена;
- выдачу вектора состояния объекта по каналу RS-422 в устройство отображения электронной картографической информации;

- выдачу в бортовой вычислительный комплекс метки времени 1Гц, синхронизированной с высокой точностью (1мкс) с временной шкалой UTC (SU).

Общий вид компонентов изделия приведены на (рис. 29).



Рис. 29. Компоненты навигационного модуля НМСС-95

В процессе разработки изделия впервые в России совместно со специалистами-топологами Ангстрема был создан и верифицирован проект 6-канального коррелятора спутниковых-радионавигационных систем К1013ВМ2, изготовленный на фабрике «Thesys» (Германия).

В настоящее время МНСТО 9В750М2 установлена на комплексах ПВО разработки концерна «Алмаз-Антей»: С-300В, Антей-2500, С-400 и комплексе береговой обороны «Бал» (ФГУП КБМ). Объем производства НМСС-95 в настоящее время составляет порядка 100 изделий в год.

#### **ГВМ100/5М – блок цифровой обработки радиолокационного сигнала**

Блок ГВМ100/5М (рис. 30) предназначен для цифровой обработки радиолокационного сигнала с целью определения с высокой точностью координат воздушных объектов. Заказчиком выступало ОАО «НПО «Алмаз», которому необходимо было модернизировать бортовые вычислительные средства, входящие в состав комплекса С-400. Разработка блока в 2006 г. была поручена НИИ «Субмикрон». ГК Осетров П.А. Ведущие разработчики Хрусталева А.Н., Ефремов Н.В., Боровиков В.В., Малыков А.А.

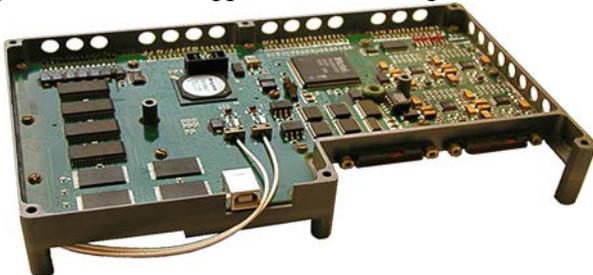


Рис. 30. Блок ГВМ100/5М

Основные технические характеристики блока:

- количество входных каналов .....	4;
- разрядность АЦП в каждом канале .....	14;
- выходной динамический диапазон .....	86 дБ;
- разрядность выходных данных .....	24;
- пиковая производительность формата 24Е8 .....	1200 млн.оп/сек;
- емкость ОЗУ .....	4 МБ;
- емкость ПЗУ .....	4 МБ;
- вес блока .....	1 кг.

Блок ГВМ100/5М обеспечивает оцифровку сигнала, поступающего с радиолокационного приемника, из которого с помощью алгоритмов преобразования Хартли выделяется информация о цели, т.е. дальность, угол места и азимут. Реализация алгоритмов обработки в блоке ГВМ100/5М построена на базе отечественного сигнального микропроцессора 1892ВМ5Я, разработки ОАО НПЦ «ЭЛВИС». Вычисленная информация о цели по сетевому интерфейсу RS-485 поступает в центральный вычислитель для дальнейшей обработки.

Основной трудностью в достижении требуемых параметров блока ГВМ100/5М была развязка в составе единой платы цифровых и аналоговых сигналов, которая была решена применением оригинальной схемы электрофизической развязки выводов АЦП от цифровой части, дающей помехи на слабые аналоговые сигналы.

В целом производством Субмикрона было поставлено более 50 блоков.

### **ПМЦОС – Процессорный модуль цифровой обработки сигнала**

ПМЦОС (рис. 31) предназначен для работы в высокопроизводительных системах обработки информации. Главный конструктор Гришин В.Ю., основные разработчики Еремеев П.М., Тарабаров П.А.

Модуль имеет ряд модификаций, разработанных по заказам потребителей в период с 2006 по 2012 гг. С 2007 г. заказчикам поставлено более 20 модулей.

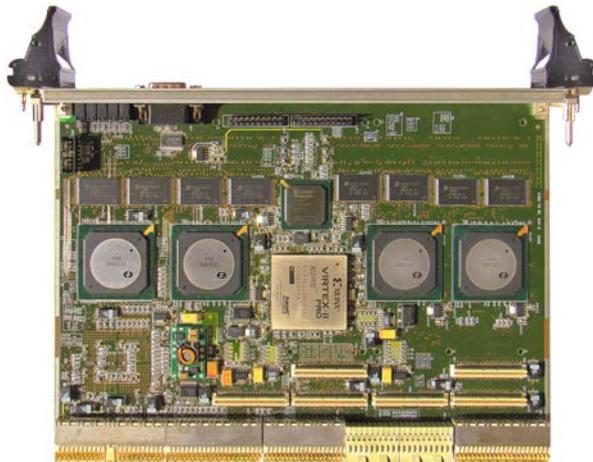


Рис. 31. ПМЦОС-1М - Процессорный модуль цифровой обработки сигнала

В зависимости от варианта исполнения может применяться как системное или периферийное устройство со скоростью передачи информации в полудуплексном режиме от 133 МБ/с (33 МГц/32 бит) до 533 МБ (66МГц/64 бит).

#### Вычислительные ресурсы:

- Четыре цифровых процессора обработки сигнала ЦПОС-02.
- Управляющее RISC-ядро с архитектурой MIPS-32.
- Пиковая производительность – 6 Гфлоп/с.
- Оперативная память SDRAM 1 ГБ.
- Программная память Flash – 32 МБ.

#### Внешние интерфейсы:

- Коммуникационный интерфейс Serial RapidIO.
- Интерфейс SpaceWare.
- Интерфейс для подключения мезонина стандарта XMC.
- Интерфейс для подключения мезонина стандарта PMC.
- Интерфейс JTAG в соответствии со стандартом IRRR 1149.1.
- Интерфейс RS-232/

Конструктивное исполнение ПМЦОС по ГОСТ 28602-90 и МЭК 60297-3-101, типоразмер модулей – 6U в стандарте Compact PCI PICMG 2,0 v 3,0.

### **БЭО – Блок электронной обработки**

Блок электронной обработки предназначен для преобразования теплового изображения объектов инфракрасного диапазона 8-12 мкм в стандартный видеосигнал в ГСН «Воздух – Поверхность».

Заказчиком выступал ФГУП НПО «Орион» г. Москва, который разработал матричное фотоприёмное устройство ИК диапазона 8-12 мкм размером 256×256 пикселей. МФПУ выдавало аналоговый сигнал изображения. Задача состояла в приёме аналогового сигнала от МФПУ предварительной обработки, преобразования в стандарт SECAM и выдачи на телевизионный экран. Разработка блока БЭО (рис. 32) осуществляющего реализацию всех алгоритмов обработки и формирования видеосигнала была поручена в 2003 г. НИИ «Субмикрон». ГК Осетров П.А., ведущие разработчики Хрусталеv А.Н., Ефремов Н.В., Гончарова Н.А. Грачев Р.В. В 2005 – 2006 гг. поставлено 20 блоков.

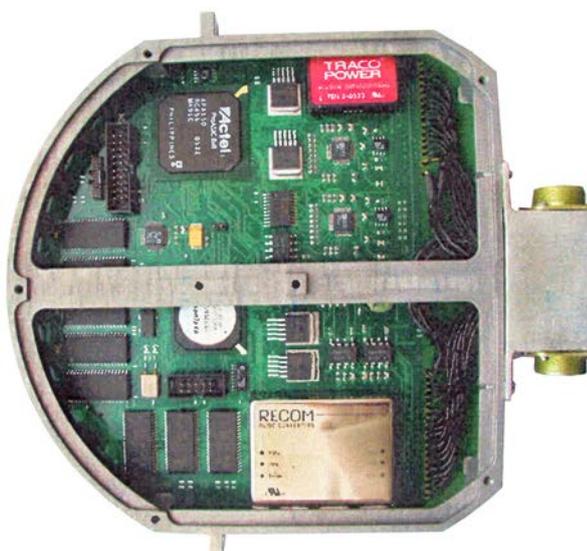


Рис. 32. Блок электронной обработки БЭО

Модули формирования тепловизионного видеосигнала (МФТВ) находят широкое применение как в народном хозяйстве для мониторинга утечек тепла в зимнее время, в полиции и войсках для патрулирования в ночное время, так и для военных объектов.

#### Основные технические характеристики БЭО

Вычислительные ресурсы:

- число каналов АЦП - 2
- разрядность АЦП - 14
- сигнальный микропроцессор - 1892ВМ5Я
- пиковая производительность - 3600 млн.//с (8-бит. операции)
- ёмкость ОЗУ не менее, МБ - 4
- ёмкость ПЗУ не менее, МБ - 4

Диапазон рабочих температур от -50<sup>0</sup>С до +60<sup>0</sup>С:

- Первичная сеть - +24В
- Потребляемый ток, не более - 0,5А
- Вес - 0,5 кг

Интерфейсы связи

Технологические:

- RS-232,
- пульт.

Потребителя:

- канал выдачи RS-343A,
- канал обмена с блоком автоматики.

Блок БЭО реализован на основе разработанного в ГУП НПЦ «ЭЛВИС» отечественного микропроцессора 1892BM5Я со следующими техническими характеристиками:

Количество ядер - 3:

- CPU - 1
- DSP - 2

Центральный процессор (CPU):

- архитектура - MIPS32
- кэш команд - 16 КБ
- внутреннее ОЗУ - 32 КБ
- производительность - 100 млн. оп/сек
- частота работы - 100 мГц

Два сигнальных сопроцессора DSP:

- организация команд и данных - 2 SIMD
- форматы фиксированных данных - 8/16/32 разряда
- форматы данных с плавающей точкой - 24E8/32E16
- память программ - 16 КБ
- пиковая производительность на 100 мГц:
  - 1200 млн. оп/сек (24E8)
  - 7200 млн. оп/сек (8 p.)
  - 3200 млн. оп/сек (16 p.)
  - 1600 млн. оп/сек (32 p.)

Порт внешней памяти:

- шина данных - 64 разряда
- шина адреса - 32 разряда

Пример изображения, полученного с помощью МФТВ и блока БЭО, представлен на рис. 33.



Рис. 33. Пример изображения, формируемого в БЭО

В ходе выполнения работ была реализована возможность отображения на телевизионном экране инфракрасного изображения окружающего пространства и проведена отработка получаемых результатов в реальном времени.

В короткой статье мы смогли рассмотреть только небольшую часть продукции коллек-

тива НИИ «Субмикрон», отдельные разнообразные ее примеры. Реально мобильных высоконадёжных вычислительных и управляющих приборов и систем, созданных коллективом, значительно больше. Они летают на подавляющем большинстве российских космических аппаратов, на многих самолётах, на кораблях, применяются в других мобильных высоконадёжных системах. Этого удалось добиться благодаря тому, что при всех организационных преобразованиях коллектив всегда строго придерживался своей хорошо проработанной технической политике.

#### 4.6.2.4. Основы технической политики ОАО «НИИ «Субмикрон»

Многолетний опыт разработок и взаимодействие с заказчиками позволил НИИ «Субмикрон» сформулировать основы своей технической политики, включающей, среди других, следующие направления:

1. Собственную концепцию построения мобильных вычислительных систем, позволяющую сконцентрировать имеющиеся ресурсы на главных направлениях, сократить временные и финансовые затраты, и выражающуюся следующими понятиями: унификация, модульность, модернизируемость, комплексность, высокое качество проектирования и изготовления изделий.

Унификация трактуется как согласованный подход к созданию типовых решений построения мобильных систем и позволяет ограничить спектр разрабатываемых и применяемых систем и приборов достаточно узким набором, «закрывающим», однако, все области применения во всех классах, например, КА: управление, обработку сигналов, прием входной и выдачу выходной информации. Это даёт возможность сосредоточить ограниченные ресурсы на самых перспективных направлениях. НИИ «Субмикрон» предлагает осуществлять унификацию по пяти направлениям:

1. унификация бортовой аппаратуры,
2. унификация конструкции,
3. унификация интерфейсов,
4. унификация программного обеспечения,
5. унификация разрабатываемой и применяемой отечественной элементной базы с учётом ее стойкости к внешним воздействующим факторам, в частности, к радиации.

Унификация бортовой аппаратуры проводится по функциональному назначению:

1. бортовое устройство обработки сигнальной информации,
2. центральный бортовой сбое- и отказоустойчивый управляющий компьютер,
3. локальные контроллеры абонентов.

Под модульностью понимается проектирование и изготовление приборов и систем в виде модулей, позволяющих представить КА в виде отдельных стандартизированных составных частей с унифицированными интерфейсами (тепловыми, электрическими, информационными и т.д.).

Под модернизируемостью понимается прогнозируемое перспективное техническое изменение облика системы, коррелирующееся с организационно-техническими межведомственными мероприятиями. Модернизируемость и масштабируемость позволяет улучшать качественные характеристики системы, например, производительности, без существенных изменений ее архитектуры, путем замены отдельных элементов на более мощные и совершенные и предусмотренного наращивания аппаратурно-программных модулей системы. Модернизируемости и масштабируемости особенно способствует внедрение сетевых технологий.

Комплексность включает совместные параллельные разработку аппаратных и программных средств системы, средств отладки системного и целевого программного обеспечения, необходимых средств испытаний.

Высокое качество проектирования изделий НИИ «Субмикрон» обеспечивается:

- проводимыми теоретическими научными исследованиями в соответствующих областях,
- широким использованием многоуровневого математического моделирования,
- разносторонними испытаниями лабораторных и опытных образцов, для чего в НИИ «Субмикрон» создана и совершенствуется необходимая испытательная база,
- внедрёнными передовыми производственными технологиями,
- современной системой обеспечения качества продукции, соответствующей требованиям стандарта ISO-9000.

## 2. Участие в международных проектах.

Для этого «НИИ «Субмикрон» сохраняет высокий научно-технический уровень своих разработок, а также учитывает передовые тенденции в зарубежном космическом приборостроении. Одним из таких направлений является быстро развивающаяся и успешно внедряемая в КА многих стран сетевая технология SpaceWire Предвидя чрезвычайную перспективность этой технологии, позволяющей строить высокопроизводительные вычислительные средства КА на сетевом уровне, интегрировать в КА изделия разных стран, и понимая, что «кто не успел, тот опоздал», НИИ «Субмикрон» выступил в качестве одного из организаторов международного консорциума по дальнейшему развитию технологии SpaceWire. Вместе с НИИ «Субмикрон» в консорциуме принимают участие представители Евросоюза и Европейского космического агентства (Университет г. Данди (Шотландия) и фирма Astrium GmbH<sup>2</sup>), а также представители РФ (Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП) и ГУП НПП «ЭЛВИС»). В рамках консорциума проводится комплекс исследований, целью которых является разработка международного стандарта SpaceWire-RT.

Для ускорения внедрения технологии SpaceWire в космической отрасли РФ по инициативе НИИ «Субмикрон» при Роскосмосе была создана и успешно функционирует Рабочая (национальная) группа по технологии SpaceWire, председателем которой назначен Любченко Ф.Н. (ФГУП ЦНИИМаш). В эту группу входят представители всех предприятий космической отрасли РФ, которые курируют исследования в различных запланированных направлениях. НИИ «Субмикрон» обеспечивает координацию исследований по технологии SpaceWire, проводимых Рабочей группой РФ и Европейским космическим агентством.

Представители НИИ «Субмикрон» принимают активное участие в ежегодных международных конференциях по развитию и внедрению технологии SpaceWire.

Перспективным международным проектом представляется создание твердотельной памяти объёмом свыше 4-х терабайт с новыми сетевыми возможностями для космических приложений. В рамках этого проекта ОАО «ЭЛВИС» и ОАО «НИИ «Субмикрон» (Российская Федерация), а так же компания «3D PLUS» (Франция) согласовали программу совместных работ.

## 3. Проблемы надёжности и своевременности вычислений в многомашинных вычислительных системах и сетях являются также главным направлением многолетних научных исследований, проводимых в НИИ «Субмикрон» и нашедших отражение как в выпускаемых НИИ изделиях, так и в большом количестве публикаций в самых престижных научных журналах. Общим направлением этих исследований является организация сбое- и отказоустойчивых вычислений в многомашинных вычислительных системах реального времени и сетях ЦВМ. Эти исследования обеспечивают достижения гарантированных характеристик в системах и приборах высокой надёжности с длительным сроком активного существования, выпускаемых НИИ «Субмикрон».

Одним из подходов, обеспечивающих эти качества, является репликация выполняемых задач с использованием динамической избыточности, состоящих в параллельном

<sup>2</sup> EADS Astrium GmbH — европейский лидер в космической отрасли.

выполнении одной и той же задачи на нескольких ЦВМ с обменом копиями результатов, выбором из них правильного в предположении об известном возможном максимальном количестве неисправных ЦВМ. В процессе работы осуществляется автоматическое обнаружение и идентификация случившихся проявлений неисправностей, изоляции неисправных элементов системы, восстановлении сбившихся элементов и отключение отказавших элементов, необходимая реконфигурация системы и перераспределение в системе выполняемых задач. Такой подход может сочетаться с наличием в системе сбое- и отказоустойчивых многоканальных ЦВМ, построенных на принципах аппаратного и программного мажорирования информации.

Реализация подхода репликации задач требует теоретических и практических исследований и разработок в следующих направлениях:

- 1) построения адекватных моделей структур вычислительных систем, выполняемых ими вычислительных процессов, возможных неисправностей отдельных элементов системы и их проявлений в процессе выполнения целевых задач,
- 2) методов распараллеливания целевых задач и обеспечения их информационного взаимодействия,
- 3) программно-аппаратных механизмов, реализующих репликацию целевых задач (каждая задача должна решаться некоторым комплексом ЦВМ, выделяемым из структуры системы) и парирования ошибок, возникающих из-за возникновения допустимых неисправностей,
- 4) программно-аппаратных механизмов обнаружения и идентификации по месту возникновения и по типу (сбой, программный сбой и отказ) случившихся проявлений неисправностей,
- 5) программно-аппаратных механизмов изоляции ЦВМ, идентифицированных в состоянии программного сбоя,
- 6) восстановления вычислительных процессов, идентифицированных в состоянии программного сбоя,
- 7) изоляции и отключения элементов системы, идентифицированных в состоянии отказа,
- 8) методов и механизмов реконфигурации системы в процессе ее управляемой деградации, состоящей в приемлемом переформировании комплексов и перераспределении между ними целевых задач,
- 9) выполнении системой безопасного останова в случаях возникновения недопустимых неисправностей или невозможности продолжения управляемой деградации,
- 10) определение технического состояния системы методами системного диагностирования.

Важным требованием при разработке необслуживаемых сбое- и отказоустойчивых вычислительных и управляющих приборов и систем критического применения является обоснованность и теоретическая доказанность правильности принятых решений. Это требование может быть достигнуто только при методологии проектирования системы «сверху - вниз», применяемой в НИИ «Субмикрон».

В заключение кратко можно отметить, что в «НИИ «Субмикрон» проводятся как теоретические, так и практические разработки в области построения необслуживаемых сбое- и отказоустойчивых вычислительных и управляющих бортовых систем. Кроме того, проводятся исследования по выработке основных концепций построения бортовых вычислительных комплексов. При этом основное внимание уделяется вопросам выбора и унификации системных интерфейсов, конструкторских решений и элементной базы. Выбранные решения внедряются в федеральные и отраслевые космические программы.

В качестве перспективных для расширения своего рынка НИИ «Субмикрон» рассматривает и другие области критических применений. Например, в системах управления атомными и другими электростанциями, финансовых системах, и вообще системах приня-

тия быстрых решений, где ошибки и неисправности могут привести к серьёзным или даже катастрофическим последствиям.

В НИИ «Субмикрон» имеется концептуальный план развития предприятия до 2020-2022 годов. Причём подуман он с учётом тех планов, которые есть у Министерства промышленности и торговли, в которых участвуют разработчики элементной базы, такие как «Ангстрем», «Микрон» и дизайн-центры. На основе Программы развития по электронной компонентной базе мы строим возможные проекты бортовых систем, вычислительных систем, и участвуем в перспективных разработках. Одна из перспективных для нас разработок – это грузопассажирский пилотируемый корабль нового поколения со сроком реализации в 2016-2017 году.

ОАО «НИИ «Субмикрон» является современным динамичным предприятием, специализирующимся в области создания соответствующих мировому уровню мобильных средств вычислительной техники, в основном, аэрокосмического назначения. Его продукция надёжно и долговечно работает на многих космических аппаратах, в авиационной, морской и другой специальной технике.