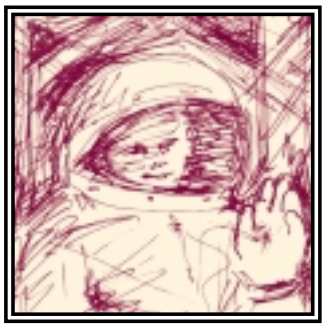


Применение MicroPC в вычислительных комплексах специального назначения

Олег Гобчанский

В статье рассматриваются результаты испытаний контроллеров на базе MicroPC по нормам для приборов автономных космических аппаратов (КА). Приводится структура контроллера для бортовой аппаратуры. Формулируются условия широкого внедрения MicroPC при модернизации и разработке новой аппаратуры.

Высокие технические параметры контроллеров MicroPC фирмы Octagon Systems обеспечили им достойное место в широком спектре промышленных применений. Однако изделия фирмы не имеют технических условий, четко ограничивающих их возможности, формально не соответствуют требованиям стандартов для ответственных применений.

С другой стороны, специфическое положение, в котором оказались сейчас отечественные разработчики аэрокосмической электроники, привело к необходимости оценки перспективности использования изделий зарубежных фирм и в первую очередь фирмы Octagon Systems в составе бортовых и наземных специализированных систем для автономных космических аппаратов (КА) народнохозяйственного назначения.

При этом сразу имелась в виду необходимость проведения испытаний и доработки изделий, предназначенных для нетрадиционного применения. Наши работы были поддержаны фирмой Octagon Systems и ее дистрибьютором в России фирмой «Прософт», в результате чего, помимо проведения своих разработок, АО «Система» РНИИ космического приборостроения стало выполнять функции дилера и системного интегратора для пользователей с нетрадиционными запросами.

С фирмой Octagon Systems подписано специальное соглашение, позволяющее координировать проводимые работы и обеспечивать поставку изделий повышенной надежности. По результатам работы в дальнейшем будут выпущены технические условия для специализированных применений на сборки из плат MicroPC с гарантиями нашего предприятия для применения как в своих разработках, так и для возможных поставок смежникам.

В статье приводятся основные результаты работ, выполненных в РНИИ КП и АО НПП «Система» в 1995-96 гг.

За это время были проведены испытания контроллеров на платах MicroPC, разработана документация и изготовлены первые образцы

- отказоустойчивого бортового контроллера для целевой системы КА с длительным сроком активного существования (САС);



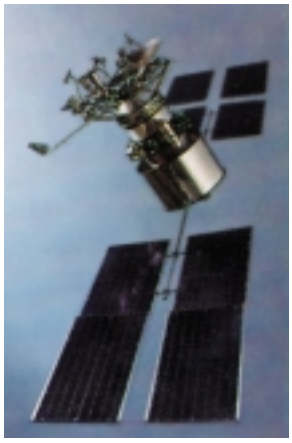
В статье использованы иллюстрации из бюллетеня «Российский космос» №1 за 1995 г. и №2 за 1996 г.

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

- многомашинного вычислительного комплекса для контрольно-проверочной аппаратуры (ВК КПА) бортовых радиотехнических систем и комплексов;
- резервированного ВК для наземного комплекса управления (НКУ).

В результате системной проработки структур ВК для предполагаемых бортовых применений наиболее перспективными, по нашему мнению, являются следующие процессорные платы MicroPC:

- 6024, 6012 (с расширением 5600) для первых бортовых применений как наиболее отработанные, с малым потреблением, с максимальным временем наработки на отказ и имеющие удобные выходные сечения;
- 5025A, 5648 для применений в наземной аппаратуре;
- 4020, 4040 весьма перспективны по объявленным характеристикам и, возможно, станут едиными базовыми платами после начала их серийного производства и проведения соответствующих испытаний.



Кроме изделий Octagon Systems, в аппаратуре предполагается использование плат флэш-памяти фирмы M-Systems и модулей питания фирмы Interpoint, а также специализированных узлов на базе высоконадежных отечественных КМОП ИС серии 564В (аналог CD-4000).

Испытания

Испытаниям подвергались два контроллера (БК-1 и К2) с применением процессоров NEC V20 (платы 6012, 5600, 5640) и 386 (платы 5025A, 5710, PC-FD-4, 5500). Контроллер БК-1 был собран в специальном конструктиве, обеспечивающем дополнительную устойчивость к механической нагрузке. Результаты испытаний и замечания по их итогам приведены в таблице 1.

В процессе выполнения текущих разработок испытания будут продолжены с целью определения возможности работы вне герметичного контейнера КА. Проводятся испытания на уровень выделения газа в вакууме и разрушающий контроль качества пластмассовых корпусов. Начинаются форсированные ресурсные испытания для подтверждения вероятности безотказной работы (ВБР). Расчетная ВБР контроллера, рассмотренного далее, – 0,98 (САС – 7 лет).

Таблица 1

Результаты испытаний контроллеров MicroPC

NN	Вид испытаний	Результаты	Критерий исправности
1	Температурные		Проверка работоспособности во время воздействия
1.1	Местный перегрев при 60° С, Р = 10 мм рт. ст.	не более +17° С	
1.2	Термоциклы 300 часов, (выдержка 2 часа)	-70° С... +70° С	
1.3	Рабочий диапазон (выдержка 4 часа)	-20° С... +40° С	
2	Механические по 3 осям в бортовом конструктиве с амортизаторами (БК-1)		Проверка по окончанию воздействий
2.1	Механические резонансы	нет	
2.2	Синусоидальная вибрация 5... 50 Гц	1-4 g	
2.3	Синусоидальная вибрация 500... 2500 Гц	4-15 g	
2.4	Случайная широкополосная вибрация 20... 2500 Гц	0,05-0,1 g/Гц	
2.5.	Удары 3-6 мс	68 g	
3	Воздействие влажности 96 часов при +40°С	98%	Проверка по внешнему виду, на функционирование после воздействия
4	Воздействие пониженного давления	0,000033 мм рт. ст.	Непрерывное функционирование
5	Воздействие постоянного и переменного магнитного поля	7000 эрстед	Непрерывное функционирование
6	Радиационные испытания (критическая накопленная доза при гамма облучении)		Непрерывное функционирование без сбоев
6.1	1 этап (БК-1)	7500 рад	Отказ ППЗУ, Setup, BIOS, сбои флэш-памяти
6.2	2 этап (БК-1)	9463 рад (до 11500 рад с учетом остаточной дозы 15-20% от 1 этапа)	Отказ последовательного канала платы процессора
	2 этап (К-2)	2170 рад 4714 рад 6320 рад 9500...12000 рад	Отказ ЗУ Setup в плате 5025 Отказ платы 5500 Отказ записи PC-FD-4 (восстановление через 10 дней) Отказ процессора платы 5025, 17% искаженных секторов платы PC-FD-4

Бортовой контроллер

В качестве аналога для первых применений MicroPC в бортовой аппаратуре КА был выбран хорошо зарекомендовавший себя отказоустойчивый контроллер системы, находящейся в эксплуатации на орбите около 10 лет. В настоящее время наметились направления модернизации всей системы. Поэтому возможность быстрой компоновки ядра контроллера из плат MicroPC казалась достаточно заманчивым решением, не требующим больших затрат и трудоемкой разработки.

Можно выделить следующие особенности бортовых контроллеров и ЭВМ для систем КА.

1. Кратность резервирования 2...4.
2. Работа в многозадачном циклическом режиме, синхронизируемом по внешней синхросетке.
3. Специализированные интерфейсы, в том числе не имеющие аналогов в вычислительных средствах широкого назначения.

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

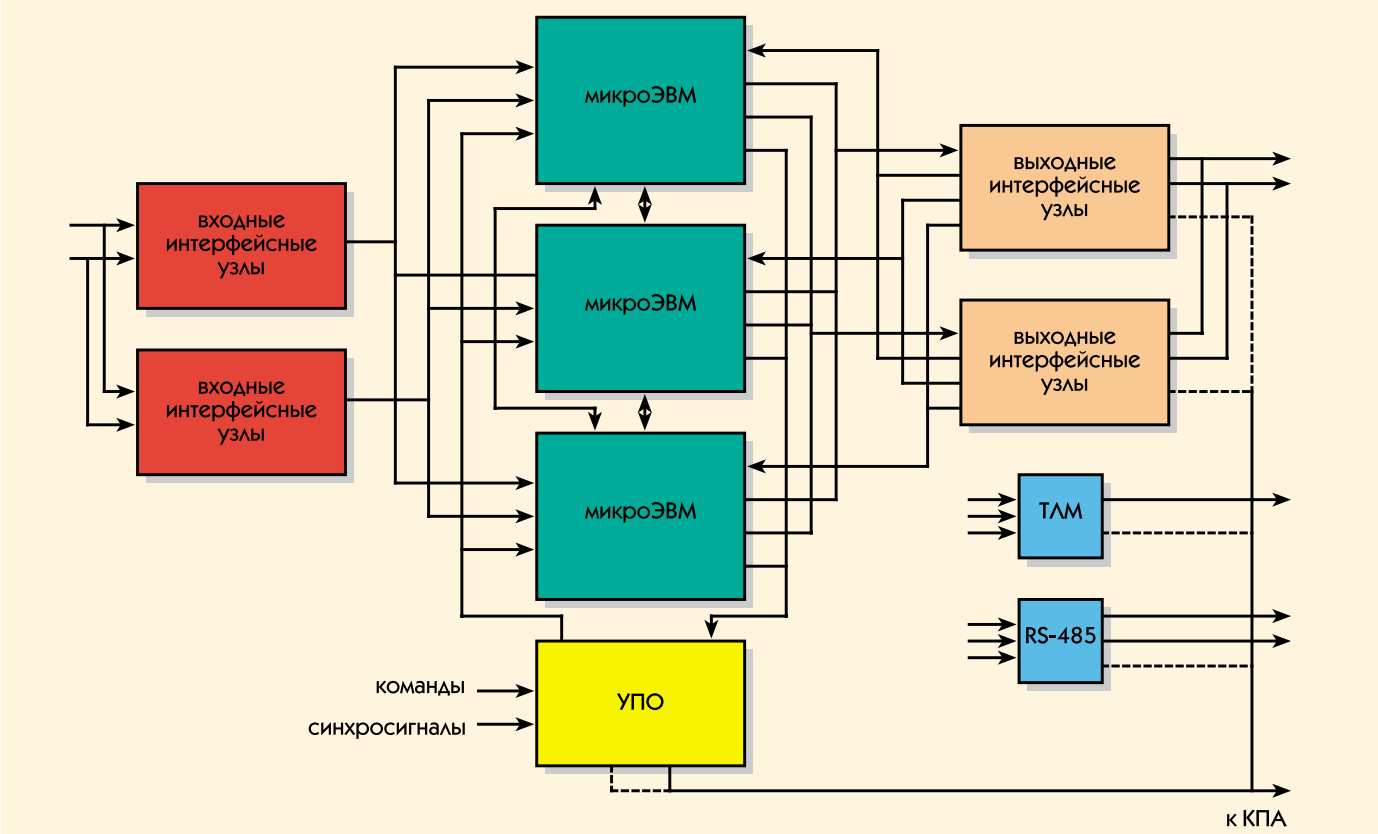


Рис. 1. Структурная схема отказоустойчивого бортового контроллера

4. Высокая вероятность искажения информации за счет внешних помех и, следовательно, дополнительные требования по ее защите и восстановлению.

Структурная схема отказоустойчивого контроллера приведена на рис. 1.

В контроллере используется микроЭВМ на базе плат MicroPC целевой поставки: 6024 (в дальнейшем 4020) и 5600. В системной и интерфейсных платах используются в основном отечественные микросхемы.

Основная проблема – обеспечение отказоустойчивости – решается по ставшей традиционной схеме программно-аппаратного управления (патент РФ № 205470, приоритет от 15.8.93) тремя комплектами микроЭВМ и двумя каналами интерфейсных согласователей по входу и выходу. Для связи УПО (узла поддержки отказоустойчивости) и интерфейсных согласователей с микроЭВМ используются порты LPT, Com1-3 платы 6024 и три порта платы 5600. Имеются перевязки на входе и выходе контроллера, между интерфейсными каналами и каждым процессором с возможностью межпроцессорного обмена (МПО). Каждая грань резервирования процессора и интерфейсов запитывается от собственного модуля вторичного источника питания.

В УПО сосредоточены аппаратные средства, самостоятельно реализующие алгоритм выбора ведущего (ВД) комплекта микроЭВМ в зависимости от результатов текущего функционирования всех комплектов:

- самотестирования комплектов ПРЦ;
- взаимного тестирования ;
- результатов обработки текущей информации;
- сохранности информации в ЗУ;
- оценки выдаваемой информации;
- сравнения входной информации, принятой разными комплектами.

В результате этой процедуры УПО фиксирует одну ведущую микроЭВМ, которая может выдавать информацию. Остальные комплекты микроЭВМ могут только принимать информацию – их выходы блокируются аппаратно. При неразрешимых (аварийных) ситуациях конфигурация может устанавливаться принудительно – по внешним радиокомандам.

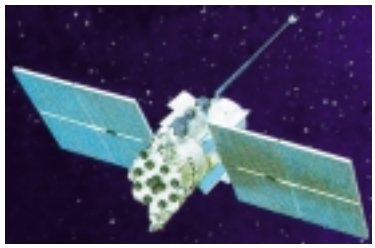
По этим командам можно

- запретить состояние «ВД» у одного или двух любых комплектов микроЭВМ;
- снять питание с одного или двух любых комплектов микроЭВМ (одна микроЭВМ всегда включена).

Работа комплектов микроЭВМ синхронизируется по прерываниям от внешней сетки. Комплекты могут обмениваться друг с другом с целью восстановления информации в ЗУ, исправления сбоев при вычислениях и т. п.

Входная информация через дублированные каналы поступает на три микроЭВМ для независимой обработки (с возможностью обмена результатами по МПО).

Ведущий выдает информацию по одному из каналов интерфейсной платы на дублированные внешние связи. Выдаваемая информация «подслушивается» всеми комплектами. Ошибка в выдаваемой информации является основанием для переключения на другой канал интерфейсного узла и/или для переключения ведущего комплекта микроЭВМ через узлы УПО.



При наземных испытаниях через внешний герморазъем можно заблокировать и перезапустить любой комплект, запретить прерывания по сторожевому таймеру для любого комплекта, проконтролировать массивы выдаваемой информации.

В контроллере предусматривается канал выдачи информации в телеметри-

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru

ческую систему от ведущего комплекта. По этому же каналу ведущий может передать телеметрическую информацию с любого другого комплекта, используя МПО.

Для выполнения функций обмена с внешними абонентами предполагается использовать сеть на базе RS-485. Ведущий комплект через опторазвязку формирует дублированную магистраль, которая также выводится на герморазъем и может использоваться как технологический канал КПА при наземных проверках.

Как видно из приведенных в статье результатов испытаний, наиболее слабыми узлами, определяющими устойчивость к радиационному облучению, являются ЗУ BIOS и Setup. ЗУ BIOS предполагается заменить на масочное, а ЗУ Setup не использовать вовсе. (Конфигурация жестко прошивается в BIOS.) В контроллере используются специально разработанная версия BIOS, PTS-DOS (АО «Физтех-Софт»), многозадачный монитор и оригинальное ПО обеспечения



отказоустойчивости. Прикладной программист работает на языке высокого уровня и особенности резервирования практически не замечает.

ПО контроллера обеспечивает возможность загрузки программ и данных в виде файлов по технологическому каналу RS-485 (при наземных испытаниях), через радиолинию (при смене программ во время эксплуатации) и через канал МПО (для восстановления содержимого памяти).

Конструктив рамы контроллера остается без особых изменений относительно аналога. Однотипные платы MicroPC по 3 шт. устанавливаются в специальные рамки. Две рамки с платами 6024 и 5600 соединяются между собой и устанавливаются на плиту. С другой стороны на плиту устанавливаются рамки системной (УПО) и интерфейсных плат, а также платы вторичного источника питания. Плита крепится к раме через амортизаторы. В качестве кабелей между MicroPC и интерфейсными платами предполагается использовать кабели комплекта MicroPC. Все кабели MicroPC имеют дополнительное крепление к рамке. Радиационная защита от низкоэнергетических частиц обеспечивается материалом рамы. (Парирование сбоев от частиц высоких энергий обеспечивается системой обеспечения отказоустойчивости.)

Сохраняются все присоединительные размеры рамы. Объем рамы используется на 60 %. Масса меньше на 10 кг. (При этом быстродействие контроллера лучше в 2-3 раза, чем у аналога, а объем ЗУ больше в 4 раза.)

Выводы

1. Платы MicroPC являются перспективными для использования в составе бортовой аппаратуры автономных КА с длительным САС и для других специальных применений при условии:

- поставки с ужесточенными требованиями по качеству;
- проведения некоторых изменений в конструкции и ПО;
- дополнительной защиты плат от механических перегрузок и воздействия радиации.

2. РНИИ космического приборостроения и АО НПП «Система» предполагают выпускать контроллеры с использованием плат MicroPC для конечных потребителей с проведением необходимых доработок и приемо-сдаточных испытаний по ЧТУ с собственными гарантиями. ●

(C) 1997 СТА Тел.: (095) 234-0635 Факс: (095) 330-3650 http://www.cta.ru