

## СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

Существует общая современная тенденция интеграции вычислительных средств на борту космического аппарата (КА). Основные направления в интеграции бортовой аппаратуры основываются на возможностях создания новой элементной базы, унификации конструктивных решений и интерфейсов взаимодействия бортовых систем между собой.

Базовая современная концепция создания новой элементной базы «система на одном кристалле», когда создаются заказные БИС с вычислительным ядром, встроенной памятью и широким набором внешних интерфейсов (ЦАП, АЦП, параллельный и последовательный порты ввода/вывода, канал МКО ГОСТ 26765.52-87).

Унификация конструктивных решений, построенных по модульному принципу, позволяет быстро и гибко адаптировать бортовую аппаратуру к изменяющимся задачам на различных КА.

Интерфейс взаимодействия бортовых систем должен быть последовательным, многоадресным, скоростным.

Спецификой разработки вычислительных средств является требование по надежности, предъявляемое для систем КА с длительными сроками активного существования и высокой динамикой управления. Для решения этой задачи при построении аппаратуры используют различные схемы резервирования, как отдельных функциональных узлов, так и систем в целом.

В схемах резервирования аппаратуры решаются две основные задачи обеспечения надежности КА. Первая - это обеспечение отказоустойчивости аппаратуры, вторая - это обеспечение сбосустойчивости в управлении на период существования КА.

Важными особенностями при создании бортовой аппаратуры являются вопросы минимизации ее массогабаритных характеристик и энергопотребления. Приведенные критерии определили выбор пути реализации основных функциональных узлов на микросхемах высокой степени интеграции, изготовленных по КМОП технологии и на реализованных микросборках.

Важнейшим принципом разработки современных систем управления КА является комплексный подход, включающий совместную разработку аппаратных и про-

граммных средств. В итоге синтезируется аппаратно-программный комплекс управления КА, позволяющий решать широкий круг функциональных задач.

Совместно с бортовой аппаратурой создаются следующие программные средства:

- бортовое программное обеспечение, в частности, бортовое тестовое программное обеспечение, бортовое драйверное обеспечение, комплекс системных функций;
- наземное тестовое программное обеспечение контроля паладки устройств на наземных испытаниях;
- наземное тестовое программное обеспечение выходного/входного контроля деления на наземных испытаниях;
- наземный отладочный комплекс для комплексной отладки специального программного обеспечения в режиме реального времени.

Важнейшим аспектом в аппаратно-программной реализации системы управления КА является использование унифицированных операционных систем с развитыми средствами разработки и отладки специального программного обеспечения для минимизации времени разработки программного обеспечения и затрат на специализированной системе управления под конкретные требования заказчика. В качестве базовой операционной системы для систем управления КА целесообразно использовать ОС реального времени QNX 6.3.

Обладая всеми достоинствами операционной системы реального времени, QNX 6.3 обеспечивает управление современными однокристальными ЭВМ, имеет все средства для синтеза и отладки программного обеспечения, позволяет реализовывать иерархические вычислительные системы на базе приоритетов программных модулей.

Основной особенностью современных требований к аппаратно-программным средствам КА является необходимость решения фактических инженерных задач на борту КА с целью обеспечения принятия оперативных решений по высокоточному управлению движением, проведения предварительной обработки входного потока данных, минимизации потока данных, передаваемого на наземные комплексы.

Система обработки информации на борту КА должна удовлетворять самым жестким требованиям по помехоустойчивости и отказоустойчивости, что и является ядром системы управления. Кроме того, система обработки должна обеспечивать информационную связку с управляющим ядром с максимальной производительностью и надежностью.

Практическим решением такой системы является использование современных специализированных сигнальных процессоров (DSP) с собственным управляющим

ядром на базе тех же однокристальных RISC процессоров, что и базовая система управления КА.

В основе такого решения лежит разработанная в 80-х годах идеология параллельной обработки однородной информации на распределенных вычислительных средствах. Такая идеология обеспечивает высокое быстродействие системы при относительно низких требованиях к быстродействию каждого обрабатываемого модуля, высокую надежность и отказоустойчивость системы. Последнее свойство обеспечивается наличием группы однотипных обрабатывающих модулей и развитой системы управления, реализующей перераспределение потоков входной информации, анализ состояния обрабатывающих модулей и их исключение из обработки информационных потоков при выходе из строя.

Основным конструктивным и функциональным модулем в составе системы обработки информации является модуль обработки сигналов. Средствами обработки в составе модуля служат микроконтроллеры МУЛЬТИКОР.

Микроконтроллеры МУЛЬТИКОР отличаются следующими особенностями:

- однокристальная двухпроцессорная архитектура на базе процессорных ядер двух типов: стандартного ядра RISC и оригинального ядра DSP цифрового сигнального процессора. Управляющее ядро RISC, разработанное как функциональный аналог ИМС R3000 MIPS1 архитектуры, обеспечивает совместимость с общедоступными программными средствами для процессоров RISC. Ядра DSP с фиксированной или плавающей точкой используются в качестве акселераторов исполнения сигнальных приложений, требующих миллиардной производительности;

- возможность построения параллельных и многопроцессорных систем, масштабируемых по весу, габаритам и энергопотреблению;

- развитое инструментальное программное обеспечение для эффективной разработки новых приложений.

Ядро RISC обрабатывает управляющую информацию, контролирует потоки информации и управляет объектами посредством специальных системных блоков микроконтроллера.

Ядро акселератора DSP выполняет высокоскоростную обработку информации.

Программное обеспечение МУЛЬТИКОР под ОС QNX 6.3 включает интегрированную среду программирования, несколько аппаратно-программных огладечиков и рядовые библиотеки.

На кристалле МУЛЬТИКОР наряду с ядром RISC размещаются 4 ядра DSP, каждое из которых развивает пиковую производительность свыше 600 МОПС в формате

с 32-разрядной фиксированной точкой. Таким образом, суммарная фактическая производительность однокристалльного контроллера превышает 2,5 миллиардов операций секунду.

Таким образом, применение современных аппаратно-программных средств управления и обработки информации на борту КА позволяет:

1. Резко сократить непроизводительные затраты на решение внутренних задач управления КА и его аппаратурой, увеличив долю времени на решение внешних прикладных задач, возлагаемых на КА.

2. Сократить время разработки специального программного обеспечения за счет применения унифицированных ОС реального времени с развитыми средствами разработки и отладки программного обеспечения, а также существенно упростить процедуру стыковки специального и общего программного обеспечения на базе унифицированных системных средств.

3. Существенно поднять уровень реализуемых на борту требований по надежности, помехоустойчивости, а также уровень специальных требований по точности навигации КА и уровню решаемых на борту задач.

4. Оптимизировать энергетические, массовые и габаритные характеристики системы управления, повысив эффективность КА.