

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ ПРЕЦИЗИОННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МОДУЛЕЙ

О.Н.Пьявченко

Технологический институт федерального государственного
образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Южный федеральный университет» в г.Таганроге

Рассматриваются направления построения архитектур высокопроизводительных интеллектуальных микропроцессорных модулей систем мониторинга сложных динамических объектов.

В настоящее время интенсивно ведутся разработки и внедрение в локальные и распределенные микрокомпьютерные системы мониторинга прецизионных многовходовых многофункциональных интеллектуальных микропроцессорных модулей (ИММ).

Такие модули представляют собой функционально и конструктивно завершенные микропроцессорные системы, ориентированные на решение задач сбора и обработки сигналов датчиков, оценки текущих и прогнозируемых состояний наблюдаемых переменных и объектов. Результаты работы ИММ представляются в виде информационного объекта, который направляется через сетевой канал для дальнейшего использования.

Входящие в информационный объект данные формируются в темпе реального времени в результате решения совокупностей следующих задач:

1) аналоговой обработки (АО) сигналов датчиков u_d ($d = \overline{1, D}$) (фильтрации помех, масштабирования амплитуды сигнала);

2) аналого-цифрового преобразования сигналов \tilde{u}_d в числовые значения \bar{u}_d ($d = \overline{1, D}$);

3) первичной цифровой обработки (ПЦО), к которой относятся обнаружение и подавление импульсных помех, сглаживание флуктуаций и др.;

4) первого уровня вторичной цифровой обработки (1ВЦО), включающей измерения (прецизионные преобразования) значений сигналов в единицах физических величин \bar{x}_d , оценки текущих и прогнозируемых состояний s , измеряемых физических переменных, выработка рекомендаций r о воздействиях на эти состояния;

5) второго уровня вторичной цифровой обработки (2ВЦО), в том числе расчеты значений интегральной траектории Y изменения со-

стояния динамического объекта, оценки текущего и прогнозируемого состояний S , формирование по результатам оценок рекомендаций R о корректировке состояний;

б) формирования информационного объекта (ФИО) на i -й момент времени $IO_i = \{Y_i, S_i, R_i\}$;

7) поддержки процедур сетевого обмена (СО), посылки информационного объекта в сетевой канал.

Для построения систем мониторинга быстродействующих динамических объектов в реальном масштабе времени нужны высокопроизводительные ИММ.

Можно выделить три основных направления повышения производительности и точности многовходовых многофункциональных ИММ:

1) применение высокопроизводительных микроконтроллеров с развитыми функциональными возможностями, в архитектуре которых реализуются принципы «система-на-кристалле»;

2) оптимизация организации решения задач в темпе реального времени;

3) совершенствование архитектуры многовходовых многофункциональных ИММ.

Наилучшие технико-экономические характеристики достигаются, когда разработчики высокопроизводительных прецизионных ИММ используют возможности всех направлений.

Цель данной работы обратить внимание на архитектурные решения, которые могут обеспечить более высокие технические характеристики ИММ по сравнению с традиционной последовательной схемой решения задач 1-7 (рисунок 1).

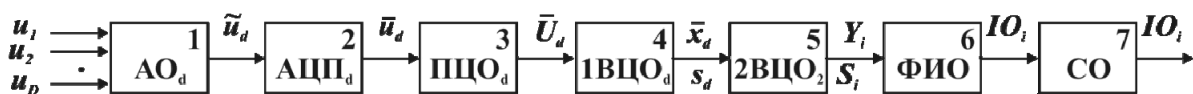


Рис. 1. Схема последовательной аналоговой и цифровой обработки сигналов $u_d (d = \overline{1, D})$

В соответствии с этой схемой в начале шага дискретизации T решаются совокупности задач $\{AO_d, АЦП_d, ПЦО_d, 1ВЦО_d\} (d = \overline{1, D})$. После решения последней $d=D$ совокупности решаются задачи 2ВЦО, формируется и направляется абонентам информационный объект IO_i .

Схема последовательной обработки реализуется в одноядерных ИММ, построенных на основе блока аналоговой обработки (БАО)

блока центрального микроконтроллера (ЦМК) и блока сетевого обмена (БСО) (рисунок 2).

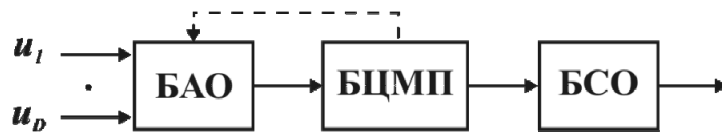


Рис. 2. Блочная структура одноядерного ИММ

В одноядерном ИММ на решение задач 1-7 затрачивается время

$$T_{p1} = (t_{AO} + t_{АЦП} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО})D + t_{2ВЦО} + t_{ФИО} + t_{СО}. \quad (1)$$

Особенностью рассмотренной версии организации процесса считывания, сбора и обработки является значительный сдвиг по времени считывания сигналов датчиков. Процессные погрешности, трансформируясь на выход ИММ, могут наряду с динамической погрешностью существенно ухудшить точность обработки и негативно повлиять на решение задач мониторинга и управления.

Кроме того, из-за высокой трудоемкости задач 1-7 для построения ядра ИММ следует выбирать высокопроизводительный микроконтроллер, способный обеспечить соотношение

$$T_{p1} \leq T, \quad (2)$$

где T – шаг дискретизации вычислений, выбираемый на интервале

$$\frac{1}{4f_{max}} \geq T \geq \frac{1}{10f_{max}}. \quad (3)$$

В этом выражении f_{max} – максимальная частота считываемых с датчиков сигналов u_d ($d = 1, D$). Применение нового для фирмы-разработчика ИММ микроконтроллера приводит к дополнительным затратам на проектирование и производство ИММ. В то же время можно найти альтернативные решения, разделив сигналы на G групп ($G \geq 2$) и распараллеливая процессы обработки групп сигналов.

В таких ИММ время решения задач 1-7 сокращается до

$$T_{pG} = (t_{AO} + t_{АЦП} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО}) \frac{D}{G} + t_{2ВЦО} + t_{ФИО} + t_{СО}. \quad (4)$$

Пример блочной структуры многоядерного ИММ с последовательно-параллельной обработкой разделенных на две группы сигналов приведен на рисунке 3.

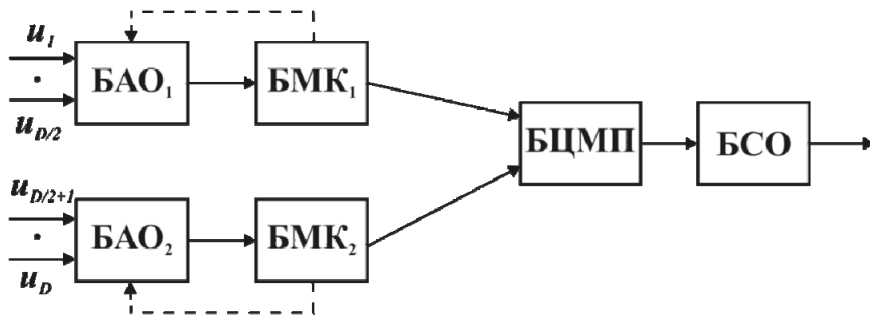


Рис. 3. Многоядерная блочная структура ИММ с обработкой двух групп сигналов

При этом в ИММ обосновано применение конвейерной обработки (рисунок 4).

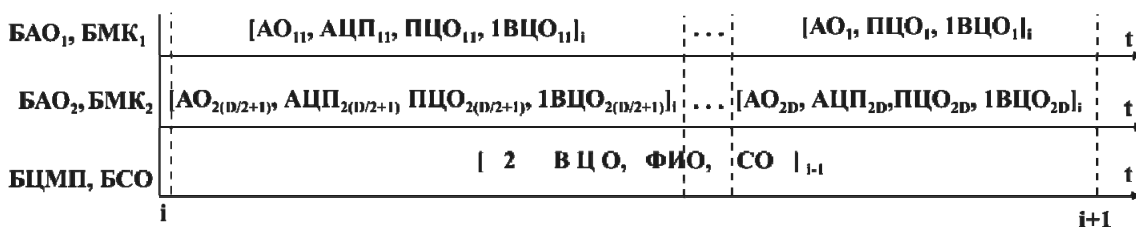


Рис. 4. Временная диаграмма обработки в ИММ 2-х групп сигналов

В результате при почти том же запаздывании по времени увеличивается частота выдачи результатов и обеспечиваются условия для применения освоенных разработчиками менее энергоемких и дорогих микросхем.

Максимальная производительность достигается в ИММ, в которых реализуются параллельно процессы аналоговой и частично цифровой обработки каждого из сигналов (рисунок 5),

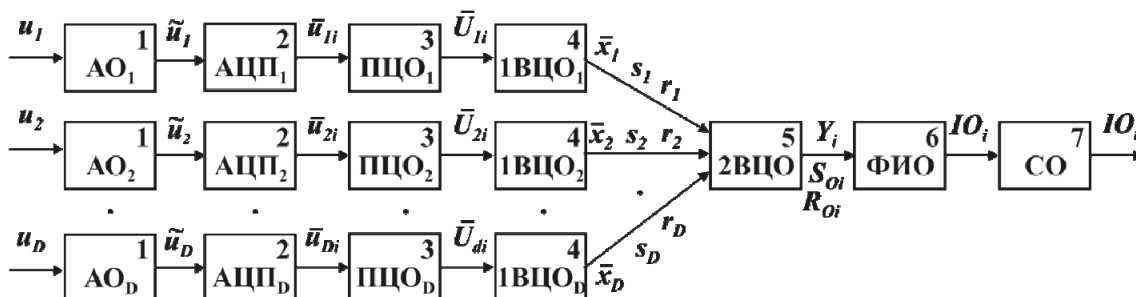


Рис. 5. Схема последовательно-параллельной обработки D сигналов

Блочная структура такого ИММ приведена на рисунке 6.

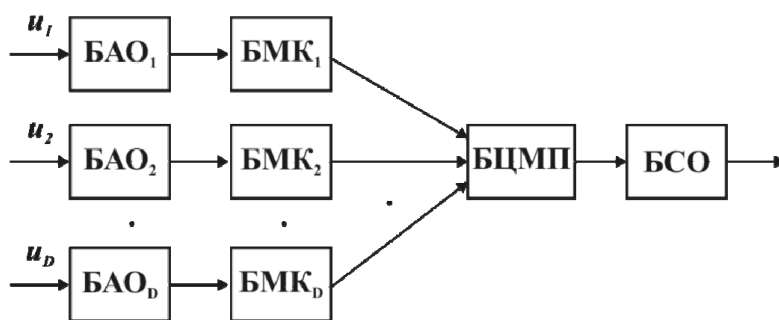


Рис. 6. Многоядерная последовательно- параллельная структура ИММ

Принципы работы многоядерного ИММ иллюстрируются временной диаграммой, приведенной на рисунке 7.

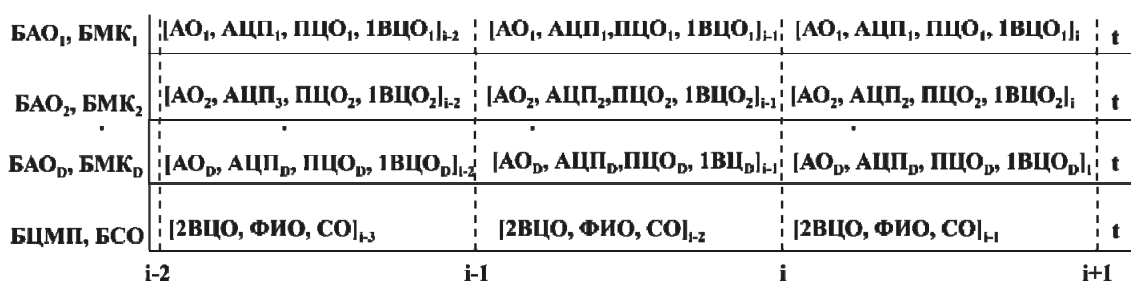


Рис.7. Временная диаграмма работы многоядерного последовательно-параллельного ИММ

Последовательно-параллельные вычисления (рисунок 5) выполняются за время

$$T_{p3} = t_{АО} + t_{АЦП} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО} + t_{2ВЦО} + t_{ФНО} + t_{СО}. \quad (5)$$

Сравнивая T_{p3} (5) с T_{p1} (1), заметим, что при сбалансированном времени работы звеньев $\{БАО_d, БМК_d\}$ ($d = 1, D$) и звена $\{БЦМП, БСО\}$ (рисунок 6) производительность многоядерного последовательно- параллельного ИММ почти в D раз выше производительности одноядерного ИММ (рисунок 2).

Таким образом, наряду с разработкой модификаций одноядерных ИММ следует обращать внимание на возможность создания более производительных многовходовых многоядерных ИММ с параллельно-последовательной обработкой как разделенных на группы, так и не сгруппированных сигналов. При этом также, как в одноядерных ИММ следует использовать схемотехнические и системотехнические решения, обеспечивающие сокращение времени посылки информации в сетевой канал t_{CO} .

Получено 28.05.09