



УДК 681.05

О. Н. Пьявченко, д-р техн. наук
Технологический ин-т Южного федерального университета
(Россия, 347900, Таганрог, ул. Петровская, 81,
тел. +7(8634) 328052, E-mail: kafmps@ttpark.ru; ilg_n@tti.sfedu.ru)

Модели интеллектуальных микропроцессорных модулей систем сбора и обработки информации датчиков

Определены базовые модели модулей распределенных систем мониторинга динамических объектов. Версии моделей отражают особенности четырехърусной схемы процесса сбора и обработки информации датчиков. Рассмотрены варианты структуры перспективного многофункционального микропроцессорного модуля.

Визначено базові моделі модулів розподілених систем моніторингу динамічних об'єктів. Версії моделей відображають особливості чотирирівневої схеми процесу збору та обробки інформації датчиків. Розглянуто варіанти структури перспективного багатofункціонального мікропроцесорного модуля.

К л ю ч е в ы е с л о в а: система сбора и обработки информации, датчики, микропроцессорный модуль, системы управления.

В большинстве случаев системы сбора информации датчиков (СИД) предназначены не только для сбора данных, но и для выполнения действий над ними. Такой подход является одним из базовых при построении современных систем автоматизации динамических объектов, на нижних уровнях которых наряду с задачами сбора, измерений и оценок состояний решаются задачи управления (регулирования) переменными [1]. Поэтому следует расширить определение системы СИД и включить в него аспекты наблюдения и управления [1, 2]. Такие системы можно рассматривать как автоматизированные системы сбора и обработки информации датчиков (СОИД) физических величин, которые в зависимости от реализуемой целевой функции идентифицируются как системы сбора данных, системы контроля, системы мониторинга, системы управления и др.

Базовыми компонентами систем СОИД являются функционально и конструктивно завершенные микропроцессорные модули, объединяемые в систему информационными и управляющими связями, а также операционные системы реального времени (ОСРВ). Одним из основных на-

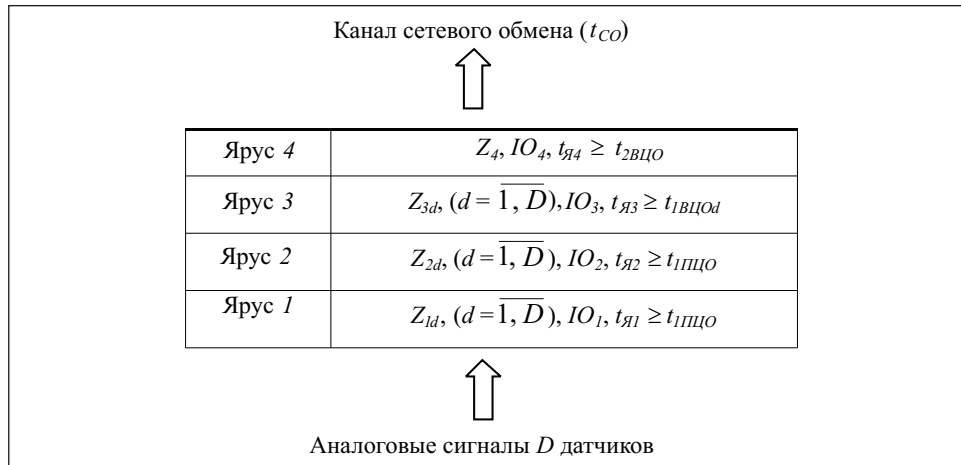


Рис. 1. Ярусная форма представления процесса СОИД

правлений развития функциональных возможностей модулей является увеличение уровня обработки данных, т.е. применение более развитых вычислительных методов, методов математической логики и методов искусственного интеллекта. Среди базовых компонентов отдельную группу составляют интеллектуальные микропроцессорные модули (ИММ) СОИД, представляющие собой функционально и конструктивно завершенные микропроцессорные системы, аппаратные и программные средства которых обеспечивают ввод информации, в том числе сбор информации датчиков физических величин, ее сохранение, развитую вычислительную и логическую обработку, выдачу результатов в сетевые каналы.

Цель исследования — определение основных моделей ИММ распределенных систем СОИД, предназначенных для решения задач мониторинга и описание архитектурных особенностей перспективной функционально полной модели ИММ.

Для определения основных моделей ИММ рассмотрим последовательность решения задач в ИКСМ. На рис. 1 обозначено: Z_{jd} — задачи, решаемые, на каждом j -м ярусе $j = 1, 2, 3; d = 1, 2, 3, \dots, D; IO_j$ — формируемый на ярусе информационный объект; $t_{яj}$ — время решения задач на ярусе.

На ярусах 1, 2 решаются задачи Z_{1d}, Z_{2d} аналоговой обработки (АО), аналого-цифровых преобразований (АЦП) и первичной цифровой обработки (ПЦО) сигналов датчиков физических величин.

На ярусе 3 решаются задачи Z_{3d} первого уровня вторичной цифровой обработки *1ВЦО*, к которым отнесены измерения значений физических величин в соответствующих единицах, определения состояний физических величин и их оценки и др.

На ярусе 4 решаются задачи Z_4 , условно обозначенные как задачи второго уровня вторичной цифровой обработки *2ВЦО*. В группу *2ВЦО* входят задачи, относящиеся к объекту наблюдения, содержание, вычислительная сложность и число которых определяются методами и алгоритмами реализации целевой функции в ИММ. Время решения задач четвертого яруса $t_{я4} \geq t_{2ВЦО}$, так как в $t_{я4}$ могут входить дополнительные затраты времени на формирование информационного объекта $t_{\text{ФИО}}$ для передачи потребителям.

Рассмотрим решаемые на ярусах задачи.

Ярус 1. Задачи Z_{1d} ($d = \overline{1, D}$) преобразования аналоговых сигналов в цифровые значения:

1. Задачи АО электрических сигналов D датчиков, включая фильтрацию, усиление, линеаризацию и др. Время программируемой АО сигнала $t_{\text{АО}}$ определяется в основном затратами времени на программную настройку параметров схемы устройства АО. В устройствах АО, параметры которых не изменяются, время $t_{\text{АО}}$ определяют переходные процессы.

2. Задачи преобразования электрических сигналов t в цифровые \bar{u}_{di} ($d = \overline{1, D}$). Время АО и оцифровки сигнала датчика — $t_{\text{АЦП}}$. Затраты времени на решение всех задач на ярусе составляют $t_{я1} \geq t_{\text{АЦП}}$ и зависят от принятой схемы организации обработки. В результате обработки на ярусе 1 формируются следующие данные:

$$IO_1 = [\bar{u}_{1i}, \bar{u}_{2i}, \dots, \bar{u}_{Di}].$$

Ярус 2. Задачи Z_{2d} ($d = \overline{1, D}$) ПЦО значений \bar{u}_{di} ($d = \overline{1, D}$). Первичная цифровая обработка сигнала может включать:

1) усреднение пакета цифровых значений сигнала $\bar{u}_{di}^{(e)}$ ($e = \overline{1, n}$), когда в начале интервала дискретизации T с шагом $T_{\text{АЦП}} \ll T$ формируются $n > 1$ чисел;

2) обнаружение и подавление импульсных помех;

3) сглаживание цифрового сигнала и др.

Время решения задачи ПЦО сигнала одного датчика — $t_{\text{ПЦО}}$. Время решения d задач $t_{я2} \geq t_{\text{ПЦО}}$ и определяется принятой схемой обработки.

Результаты решения задач на ярусе 2:

$$IO_2 = [\bar{U}_{1i}, \bar{U}_{2i}, \dots, \bar{U}_{Di}].$$

Ярус 3. Задачи Z_{3d} ($d = \overline{1, D}$) первого уровня ВЦО:

1. Измерения цифровых сигналов \bar{u}_{di} в единицах физических величин, преобразования $\bar{U}_{di} \rightarrow \bar{X}_{di}$ ($d = \overline{1, D}$) и вычисления их прогнозируемых значений:

$$\bar{X}_{d(i+k)}^* = C_{rk} [\bar{X}_{d(i-\alpha)}, (\alpha = 0, 1, \dots, r)].$$

В результате вычислений на ярусе 3 формируется массив текущих и прогнозируемых на k шагов результатов измерений:

$$IO_{3,1} = [\bar{X}_{di}, \bar{X}_{d(i+k)}, (d = \overline{1, D})].$$

2. Определение текущих и прогнозируемых на k шагов состояний s_{di} , $s_{d(i+k)}$ физических переменных $X_d(t)$ ($d = \overline{1, D}$):

$$\begin{aligned} s_{di} &= W_{Xd}(X_{di}, \gamma_{di}); \\ s_{d(i+k)}^* &= W_{Xd}(X_{d(i+k)}, \gamma_{d(i+k)}^*), \end{aligned}$$

где $\gamma_{di}, \gamma_{d(i+k)}^*$ — граничные условия существования состояний $s_{di}, s_{d(i+k)}^*$ в моменты времени $t_i, t_{(i+k)}$.

3. Оценки текущих и прогнозируемых на k шагов состояний s_{Xdi} , $s_{d(i+k)}^*$ ($d = \overline{1, D}$):

$$\begin{aligned} e_{di} &= \Psi_{Xd}(s_{di}, I_{Edi}); \\ e_{d(i+k)}^* &= \Psi_{Xd}(s_{d(i+k)}^*, I_{Ed(i+k)}^*), \end{aligned}$$

где $I_{Edi}, I_{Ed(i+k)}^*$ — правила оценок, действующие в моменты времени $t_i, t_{(i+k)}$.

В результате решения задач на ярусе 3 формируется информация:

$$IO_{3,2} = [\bar{X}_{di}, s_{di}, e_{di}; \bar{X}_{d(i+k)}^*, s_{d(i+k)}^*, e_{d(i+k)}^* (d = \overline{1, D})].$$

В общем случае время первого уровня ВЦО одной переменной — $t_{1ВЦОd}$, а D переменных — $t_{Я3} \geq t_{1ВЦО}$.

Ярус 4. Задачи Z_4 второго уровня ВЦО:

1. Расчет текущего \bar{Y}_i и экстраполированного $\bar{Y}_{(i+k)}^*$ значений интегральной траектории $Y(t)$ изменения состояния динамического объекта:

$$\begin{aligned} \bar{Y}_i &= F_Y(t, \bar{X}_{1i}, \bar{X}_{2i}, \dots, \bar{X}_{Di}), \\ \bar{Y}_{i+k}^* &= C_{rk}(\bar{Y}_i, \bar{Y}_{i-1}, \dots, \bar{Y}_{i-r_Y}). \end{aligned}$$

2. Определение текущего и прогнозируемого на k шагов состояний объекта $S_{Oi}, S_{O(i+k)}$.

Текущее и прогнозируемое состояние объекта мониторинга определяется по значениям траектории $Y(t)$:

$$S_{O_i} = W_Y [\bar{Y}_i; \Gamma_{O_i}];$$

$$S_{O(i+k)}^* = W_Y [\bar{Y}_{(i+k)}^*, \Gamma_{O(i+k)}]$$

и (или) по состояниям переменных $X_d(t)$ —

$$S_{O_i} = W_{SX} [s_{di}; \Gamma_{O_i}];$$

$$S_{O(i+k)}^* = W_{SX} [s_{d(i+k)}^*, \Gamma_{O(i+k)}^*],$$

где $\Gamma_{O_i}, \Gamma_{O(i+k)}^*$ — границы областей состояний.

3. Оценки текущего S_{O_i} и прогнозируемого $S_{O(i+k)}^*$ состояний объекта мониторинга по правилам $I_{OE}, I_{OE(i+k)}^*$:

$$E_{O_i} = \Psi_{O_i} [S_{O_i}; I_{OEi}];$$

$$E_{O(i+k)} = \Psi_{O(i+k)} [S_{O(i+k)}^*, I_{OE(i+k)}^*].$$

В результате на ярусе 4 формируется информационный объект

$$IO_4 = [\bar{Y}_i, S_{O_i}, E_{O_i}, \bar{Y}_{i+k}^*, S_{O(i+k)}, E_{O(i+k)}^*].$$

Время решения задач второго уровня вторичной цифровой обработки — $t_{2ВЦО}$.

Приведенное описание показывает различные содержание и сложность задач, их взаимозависимость, последовательность решения при переходе от яруса к ярусу, возможности организации решения задач группами.

Для решения задач в системах СОИД могут быть использованы наборы различных моделей ИММ. Основные модели ИММ определяются при их специализации на решение задач, отнесенных к различным ярусам, и на решение допустимых совокупностей задач, принадлежащих разным ярусам.

Поскольку на первом ярусе выполняются простые преобразования, то реализующие их модули не относятся к интеллектуальным. При этом следует отметить, что модули аналогового ввода широко распространены на практике.

Многофункциональные ИММ решают задачи на ярусах 2, 3 и 4. К базовым моделям ИММ относятся:

- ИММ 1.0 сбора достоверной прецизионной информации датчиков переменных физических величин, число которых $D > 1$;
- ИММ 2.0 измерений переменных физических величин ($D > 1$), определения и оценок их состояний;

- ИММ 3.0 определения и оценок состояний объекта наблюдения.

Многофункциональные ИММ могут также быть построены для решения задач, принадлежащих следующим группам:

- пар ярусов [Я1, Я2], [Я2, Я3], [Я3, Я4];
- трех ярусов [Я1, Я2, Я3] и [Я2, Я3, Я4];
- четырех ярусов [Я1, Я2, Я3, Я4].

При этом список базовых моделей модулей дополняют:

- ИММ 4.0 формирования достоверных прецизионных значений сигналов датчиков ($D \geq 1$) физических переменных в процессе АО, аналого-цифровых преобразований и первичной обработки этих сигналов (задачи ярусов 1 и 2);
- ИММ 5.0 мониторинга состояний физических величин после выполнения в нем ПЦО сигналов (задачи ярусов 2 и 3);
- ИММ 6.0 мониторинга состояний объекта наблюдения, в том числе состояний физических величин (задачи ярусов 3 и 4);
- ИММ 7.0 мониторинга состояний физических величин (задачи яруса 3), которому предшествует решение в нем задач ярусов 1 и 2;
- ИММ 8.0 мониторинга состояния объекта наблюдения (задачи яруса 4), которому предшествует решение в нем задач ярусов 2 и 3;
- ИММ 9.0 мониторинга состояния объекта наблюдения (задачи яруса 4), которому предшествует решение в этом модуле задач ярусов 1, 2 и 3.

Кроме девяти базовых моделей ИММ могут быть построены их модификации, отличающиеся наборами и содержанием решаемых задач. В настоящее время на практике в той или иной степени распространены модели, в которых решаются задачи ярусов 1, 2 и 3 (ИММ 1.0, ИММ 2.0, ИММ 4.0, ИММ 5.0, ИММ 7.0). Для решения задач четвертого уровня используются программируемые логические контроллеры, а также промышленные и офисные компьютеры [1, 2].

Между модулями реализуется сетевой обмен информацией. Основным недостатком сетевой организации является увеличение времени решения в результате значительных затрат на сетевой обмен информацией. Затраты возрастают с увеличением числа последовательно работающих модулей. Концентрация решения задач различных ярусов в ИММ (модели 4.0 — 9.0) приводит к уменьшению времени СОИД.

Максимальная производительность сосредоточенных и распределенных систем мониторинга может быть достигнута при создании модели ИММ 9.0, так как при этом исключаются затраты времени на сетевой обмен. Успехи в области микроэлектроники и практических внедрений технологии «система-на-кристалле» [3, 4] создают необходимые условия для появления таких ИММ в ближайшей перспективе.

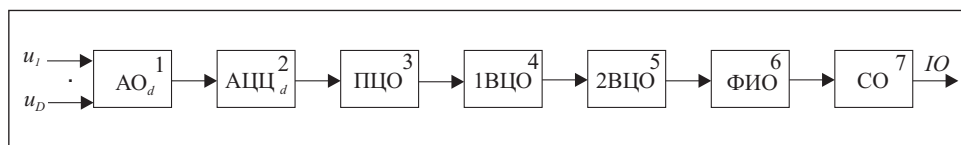


Рис. 2. Последовательная схема решения задач

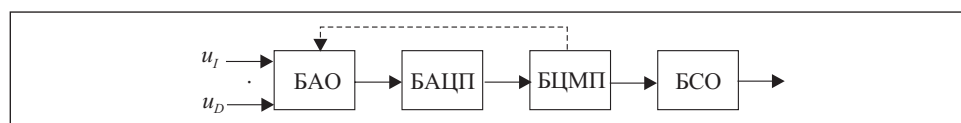


Рис. 3. Блочная структура одноядерного ИММ СОИД

Рассмотрим схемы процессов решения совокупности задач $Z_1—Z_4$ и блочные структуры модулей, в которых они реализуются. В зависимости от схем процессов решения задач $Z_1—Z_4$ могут быть созданы различные перспективные ИММ [5], отличающиеся функциональными возможностями и технико-экономическими характеристиками. При наличии микропроцессоров, имеющих необходимую вычислительную мощность, предпочтение традиционно может быть отдано последовательной схеме организации решения задач $Z_1—Z_4$ (рис. 2).

В соответствии с этой схемой сигналы датчиков на аналоговую и цифровую обработку подаются в установленной последовательности, например по порядку нумерации датчиков, выделяются сигналы u_d ($d = \overline{1, D}$) перед аналоговой обработкой $АО_d$. Выделенный и обработанный аналоговый сигнал \tilde{U}_d ($d \in \{D\}$) подается на аналого-цифровое преобразование $АЦЦ_d$, после завершения которого подвергается первичной цифровой обработке $ПЦО_d$ (задачи Z_1, Z_2). Достоверное, сглаженное значение \bar{U}_d ($d \in \{D\}$) используется при решении задач первого уровня ВЦО — 1ВЦО (задачи Z_3), результаты которых являются исходными данными для решения задач второго уровня ВЦО — 2ВЦО (задачи Z_4).

Поскольку для решения задач Z_4 должны быть вычислены результаты обработки всех D датчиков, задачи второго уровня вторичной цифровой обработки 2ВЦО решаются после получения результатов обработки сигнала последнего датчика D .

Результаты решения задач 2ВЦО представляются в виде информационного объекта IO_d , который используется в процедурах сетевого обмена.

В целом время сбора и обработки сигналов D датчиков составит

$$t_{pl} = (t_{AO} + t_{AK} + t_{АЦЦ} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО}) D + t_{2ВЦО} + t_{ФИО} + t_{СО},$$

где t_{AK} — время настройки АО.

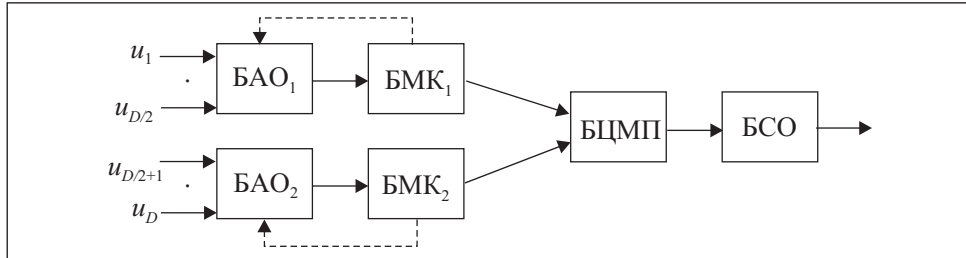


Рис. 4. Блочная структура ИММ СОИД с обработкой двух групп сигналов

Последовательная схема решения задач (см. рис. 2) реализуется в одноядерном ИММ СОИД (рис. 3), построенном на основе блока аналоговой обработки (БАО), блока аналого-цифрового преобразователя (БАЦП), блока центрального микропроцессора (БЦМП) и блока сетевого обмена (БСО).

Интеллектуальные микропроцессорные модули с одноядерной структурой могут быть использованы для решения полного набора задач $Z_1—Z_4$. При этом функциональные возможности ИММ обеспечиваются применением в них микропроцессоров с развитыми системами команд. Естественно, что для решения более сложного набора задач требуется более мощный микропроцессор. Следует заметить, что сегодня фирмы-производители предлагают широкий набор микропроцессоров и микроконтроллеров.

Однако и в настоящее время выбор одноядерной архитектуры может быть неприемлемым для создания модуля с необходимыми сложными функциональными возможностями и числом D -обрабатываемых сигналов датчиков. Для решения задач $Z_2—Z_4$ вычислительные ядра модулей должны быть построены на высокопроизводительных микроконтроллерах, способных обеспечить время решения $t_p \leq T$. Здесь T — шаг дискретизации, выбираемый на интервале [6]

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

где f_{\max} — максимальная частота аналоговых сигналов датчиков $U_d(t)$ ($d=1, D$). Когда сигналы меняются медленно (например, f_{\max} менее 10 Гц) соотношение (1) может быть выполнено в рамках архитектуры одноядерного модуля с последовательной схемой вычислений [7], но если f_{\max} составляет десятки и сотни герц, то выбор одноядерной архитектуры может привести к созданию модуля с неудовлетворительными технико-экономическими характеристиками.

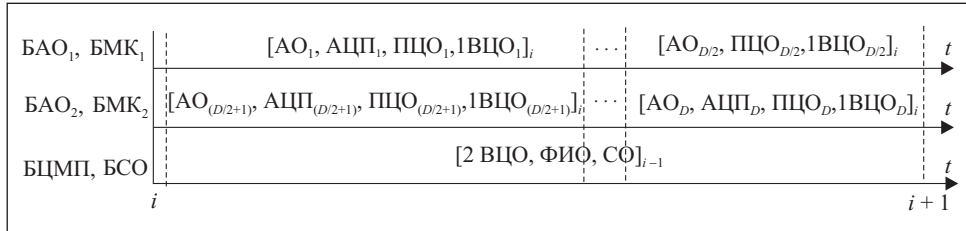


Рис. 5. Временная диаграмма обработки в ИММ СОИД двух групп сигналов

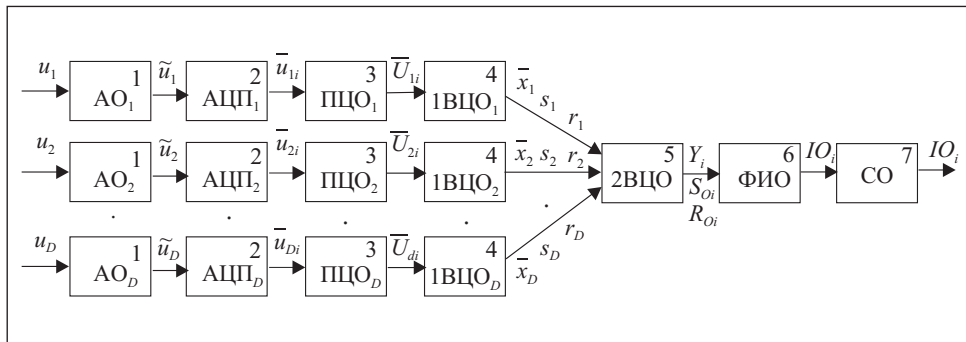


Рис. 6. Схема параллельно-последовательной обработки D сигналов

В то же время, можно найти альтернативные архитектурные решения, разделив сигналы на G групп ($G \geq 2$) и распараллелив процессы обработки групп сигналов. В таких ИММ СОИД время решения задач Z_1 — Z_4 сокращается до

$$t_{pG} = (t_{AO} + t_{AЦП} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО}) \frac{D}{G} + t_{с.лG} + t_{2ВЦО} + t_{ФИО} + t_{СО}, \quad (2)$$

где $t_{с.лG}$ — время сбора данных в БЦМП.

Пример блочной структуры ИММ СОИД с последовательно-параллельной обработкой разделенных на две группы сигналов приведен на рис. 4.

В ИММ СОИД с обработкой D сигналов, разделенных на G групп, для решения задач Z_1 — Z_3 используются G блока микроконтроллера (БМК).

Задачи Z_4 решаются в БЦМП, их результаты посылаются в сеть БСО. В общем случае решение задач Z_4 осуществляется после формирования результатов обработки G групп сигналов, поэтому время решения (2) минимизируется, когда сокращаются затраты времени на вычисления в БМК $_j$ ($j \in \{G\}$) и БЦМП, а также на концентрацию исходных данных в БЦМП — $t_{с.лG}$.

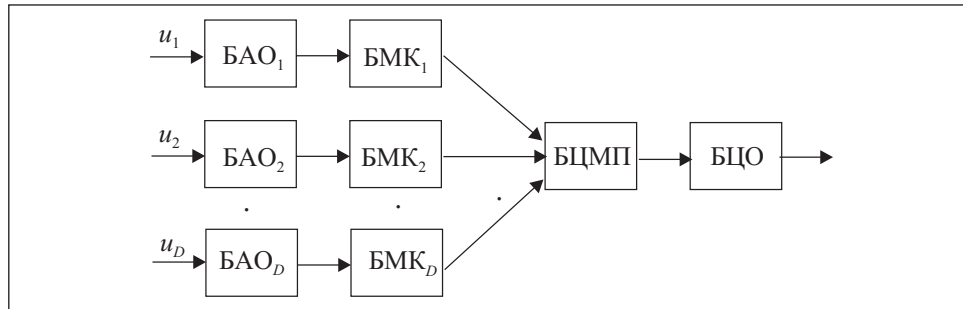


Рис. 7. Блочная структура многоядерного параллельно-последовательного ИММ СОИД

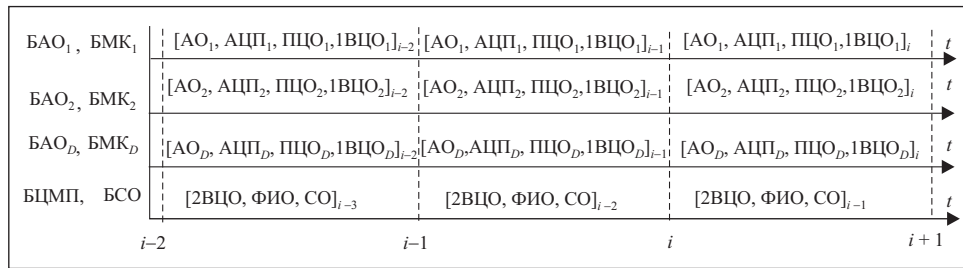


Рис. 8. Временная диаграмма работы многоядерного параллельно-последовательного ИММ СОИД

Для увеличения частоты выдачи результатов в ИММ СОИД организуется конвейерная обработка, в соответствии с которой на i -м шаге решение задач $ОА_j$, $АЦП_j$, $ПЦО_j$, $1ВЦО_j$ ($d = \overline{1, D}$) совмещается с вторичной обработкой в БЦМП данных, полученных в БМК_j на предыдущем ($i-1$) шаге.

Временная диаграмма конвейерных вычислений в ИММ СОИД, в котором одновременно обрабатываются две группы сигналов ($G = 2$), приведена на рис. 5. В результате конвейерной обработки может быть вдвое увеличена частота выдачи результатов и созданы условия для применения менее энергоемких и дорогих микросхем при обязательном выполнении условия $t_{pG} \leq T$.

Максимальная производительность достигается в ИММ СОИД, в которых реализуются параллельно процессы аналоговой и частично цифровой обработки D сигналов (рис. 6).

Для параллельной обработки D сигналов в ИММ СОИД (рис. 7) имеется D каналов. Каждый канал состоит из блоков БАО_j и БМК_j ($j \in \{G\}$), которые выполняют АО, АЦП, ПЦО и первый уровень ВЦО.

В БЦМП, кроме решения задач второго уровня ВЦО, формирования информационного объекта и отправки его в сетевой канал, выполняется сбор данных, поступающих с БМК_{*j*} (*j* = *D*). На процедуру сбора данных затрачивается время $t_{с.д.з}$, которое зависит от сложности информационного объекта IO_4 и времени приема и концентрации данных в памяти БЦМП.

В многоядерном ИММ СОИД также, как при обработке информации разделенных на группы датчиков, целесообразно реализовать конвейерную обработку (рис. 8).

Параллельно-последовательные вычисления выполняются за время

$$t_{pz} = t_{АО} + t_{АЦП} + t_{ПЦО} + t_{1ВЦО} + t_{с.д.з} + t_{2ВЦО} + t_{ФНО} + t_{СО},$$

но использование конвейера обеспечивает более высокую частоту дискретизации сигналов датчиков и выдачи результатов обработки.

Следует заметить, что по сравнению с одноядерными ИММ производительность многоядерных ИММ выше в $K = \frac{\alpha D + 1}{\alpha + 1}$ раз, где α — отношение

затрат времени на однократное решение задач $Z_1 — Z_3$ в БМК и на вычисления в БЦМП, т.е. $\alpha = t_{БМК}/t_{БЦМП}$. В зависимости от вычислительной сложности решаемых задач и быстродействия микропроцессоров $\alpha \geq 1$.

При сбалансированном времени работы звеньев $\{BAO_d, БМК_d\}$ ($d = \overline{1, D}$) и $\{БЦМП, БСО\}$ ($\alpha = 1$) производительность многоядерного параллельно-последовательного ИММ СОИД в $K = 0,5(D + 1)$ раз выше производительности одноядерного ИММ. Например при $D = 4, 8, 16$ соответственно $K = 2,5; 4,5; 8,5$.

Выводы

Таким образом, создание различных моделей ИММ для построения систем мониторинга, позволяет наиболее полно учесть особенности объекта автоматизации. Наряду с модификациями одноядерных ИММ СОИД [8] возможно создание более производительных многоходовых многоядерных ИММ с параллельно-последовательной обработкой как разделенных на группы, так и не сгруппированных сигналов. При этом, как и в одноядерных ИММ, следует использовать схемотехнические и системотехнические решения, обеспечивающие сокращение времени отправки информации в сетевой канал $t_{СО}$.

Basic models have been determined for the modules of distributed systems of monitoring of dynamic objects. The model versions reflect peculiarities of four-stage scheme of the process of sensor information collection and processing. The variations of the structure of perspective multifunctional microprocessor module have been considered.

1. *Денисенко В. В.* Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. — М. : Горячая линия — Телеком, 2009. — 608 с.
2. *Парк Дж., Маккей С.* Сбор данных в системах контроля и управления. Практическое руководство. — М. : ООО «Группа ИДТ», 2006. — 504 с.
3. *Голдштейн М.* 16-битные микроконтроллеры: состояние, перспективы и применение // Электронные компоненты. — 2006. — № 11. — С. 89—95.
4. *Грушевицкий Р. И., Мурсаев А. Ч., Узрюмов Е. П.* Проектирование систем на микро-схемах с программируемой структурой. 2-е изд. перераб. и доп. — СПб. : БХВ-Петербург, 2006. — 736 с.
5. *Пьявченко О. Н.* Интеллектуальные микропроцессорные модули мониторинга // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «AIS-IT'09». В 4-х томах. Т2. — М. : Физматлит, 2009. — С.139—147.
6. *Годбоул К.* Переход от аналогового управления электроприводом к цифровому // Электронные компоненты. — 2006. — № 11. — С. 25—33.
7. *Пьявченко О. Н., Клевцов С. И., Мокров Е. А. и др.* Прецизионные интеллектуальные тензометрические датчики давления. Методы, модели, алгоритмы и архитектуры. / Под ред. О. Н. Пьявченко. — Ростов-на-Дону: изд-во ЮФУ, 2009. — 154 с.
8. *Пьявченко О. Н.* Проектирование локальных микрокомпьютерных систем. — Таганрог: изд-во ТРТУ, 2005. — 238 с.

Поступила 01.12.10

ПЬЯВЧЕНКО Олег Николаевич, д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой микропроцессорных систем Технологического ин-та Южного федерального университета в г. Таганроге. В 1960 г. окончил Таганрогский радиотехнический ин-т. Область научных исследований — локальные и распределенные микроконтроллерные системы сбора и обработки информации датчиков для решения задач контроля и мониторинга.