

5. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В. Разработка алгоритма контроля динамики позиционного управления вакуумной сепарацией губчатого титана // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-19: Сб. тр. 19-ой Междунар. науч. конф., – Воронеж: ВГТА, 2006. – Т.6. – С. 136-139.
6. Кирин Ю.П., Затонский А.В., Беккер В.Ф., Бильфельд Н.В. Качественный анализ динамики позиционного регулирования температуры процесса восстановления титана // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 10. С. 54-56.
7. Кирин Ю.П., Черепанов А.И., Протасов Ю.А. и др. Принципы построения двухуровневой АСУ процессами сепарации губчатого титана // Цветная металлургия. 1983. №13. С. 33-35.
8. Кирин Ю.П., Черепанов А.И., Протасов Ю.А. и др. Минимизация длительности процессов сепарации титана в АСУТП // Цветные металлы. 1983. №1. С. 51-54.

Кирин Юрий Петрович

Березниковский филиал Пермского государственного технического университета

E-mail: [z Xenon@narod.ru](mailto:z Xenon@narod.ru)

618221, Пермский край, г. Березники, ул.Юбилейная 74-64, 31, кв. 6

Kirin Yury Petrovich

Berezniki branch of the Perm State Technical University

E-mail: [z Xenon@narod.ru](mailto:z Xenon@narod.ru)

74-64, Ubileynaj street, Berezniki, 618221, Russia

УДК 681.323

**О.Н. Пьявченко**

#### **СХЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА И ОБРАБОТКИ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ В МНОГОВХОДОВЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ МОДУЛЯХ**

*В работе рассматриваются схемы процессов сбора и обработки сигналов датчиков физических переменных, определяются условия, которые следует выполнять при реализации этих схем в интеллектуальных микропроцессорных модулях.*

*Схема; организация; процесс; архитектура; микропроцессорный модуль.*

**O.N. Pyavchenko**

#### **SCHEMES OF THE ORGANISATION OF GATHERING AND PROCESSING OF ANALOGUE SIGNALS IN MULTI-PORT INFORMATION MICROPROCESSOR MODULES**

*In work schemes of processes of gathering and processing of signals of gauges of physical variables are considered, defined by conditions, which should be carried out at realization of these schemes in intellectual microprocessor modules.*

*The scheme; the organization; process; architecture; the microprocessor module.*

В ближайшей перспективе появление и применение в локальных и распределенных микрокомпьютерных системах мониторинга быстродействующих динамических объектов прецизионных многоходовых многофункциональных интеллектуальных микропроцессорных модулей (ИММ) [1], предназначенных для решения в темпе реального времени 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  $\tilde{u}_d$  (АЦ-преобразование) 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  $s_d$ , измеряемых физических переменных, выработка рекомендаций  $r_d$  о воздействиях на эти состояния;
- 5) второго уровня вторичной цифровой обработки (2ВЦО), в том числе расчет значения интегральной траектории  $Y_i$  изменения состояния динамического объекта, оценки текущего и прогнозируемого состояний  $S_i$ , формирование по результатам оценок рекомендаций  $R_i$  о корректировке состояний;
- 6) формирования информационного объекта (ФИО) на  $i$ -й момент времени  $IO_i = \{Y_i, S_i, R_i\}$ ;
- 7) поддержки процедур сетевого обмена (СО), отправки информационного объекта в сетевой канал.

Входящие в информационный объект  $IO_i$  значения траектории изменения состояния объекта  $Y_i$  рассчитываются с погрешностями, которые оказывают влияние на погрешности определения состояний объекта  $S_i$  и выработки рекомендаций  $R_i$  о воздействиях на эти состояния. Погрешность вычисления  $Y_i$  можно условно разделить на основную, процессную и динамическую.

Основная погрешность порождается погрешностями обработки данных блоками ИММ. Ограничения на погрешности блоков определяются в результате анализа вычислительного процесса и соблюдаются при принятии схемотехнических решений и разработке реализуемых программно алгоритмов обработки. При этом можно добиться, чтобы приведенная относительная погрешность результатов измерений определялась приведенной предельной относительной погрешностью чувствительного элемента (ЧЭ) датчика физической переменной [2].

В частности, используя специальные математические методы обработки сигналов можно создать прецизионные ИММ, обеспечивающие стабильную низкую погрешность в широком диапазоне измерений давления и изменения температуры окружающей среды [3].

Процессная погрешность ИММ образуется в результате трансформирования погрешностей сдвига по времени формирования цифровых значений сигналов  $\bar{u}_d$  в порядке установленной программой очередности (погрешностей сдвига). Динамическая погрешность является следствием формирования в ИММ результатов обработки к концу интервала дискретизации  $T$  ( $T \neq 0$ ).

В ИММ основное влияние на величины задержки формирования результатов обработки оказывает микропроцессорная программная обработка, которая сводится к затратным по времени реализациям последовательностей скалярных операций над одним-двумя операндами.

Уменьшение основной погрешности в результате применения специальных математических методов не только не снижает процессную и динамическую погрешности ИММ, но и является предпосылкой для их увеличения из-за роста вычислительной сложности цифровой обработки.

Уменьшение этих погрешностей достигается в результате сокращения времени на реализацию процессов сбора и обработки сигналов датчиков и выбора архитектурных решений, органично поддерживающих эти процессы.

Выделим три основных направления повышения производительности и точности многоходовых 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 многоходовых многофункциональных ИММ.

Наилучшие технико-экономические характеристики достигаются, когда разработчики высокопроизводительных прецизионных ИММ используют возможности всех направлений. Причем наиболее очевидным является акцент на обоснованное применение высокопроизводительных микроконтроллеров, функциональные характеристики и архитектура которых гармонично поддерживают особенности процессов решения задач сбора и обработки сигналов. Однако это только одно из необходимых условий, которое должны соблюдать разработчики новых поколений высокопроизводительных ИММ.

Другим важным условием является обоснованный выбор архитектуры ИММ, в которой органично реализуются принятые способы организации сбора и обработки сигналов датчиков, а также сетевого обмена результатами обработки.

Рассмотрим схемы организации процесса решения задач 1-7, определим особенности архитектурных решений, соответствующих этим схемам, и оценим затраты времени на реализацию этих схем в ИММ.

Схемы процессов решения задач 1-7 отличаются организацией аналоговой обработки и цифровой обработки. Прежде всего, проанализируем нашедшие практическое применение схемы последовательной цифровой обработки. В схеме последовательной аналоговой и цифровой обработки сигналов  $u_d$  ( $d = \overline{1, D}$ ) (рис.1) используется один универсальный блок решения задачи аналоговой обработки  $AO_d$ , который после предварительных настроек последовательно обрабатывает выделяемые им сигналы  $u_d$ . Для этого в ИММ в блоке аналоговой обработки имеется электронный коммутатор, подключающий по программе ЦМП за время  $t_k$  сигнал  $u_d$ , и схема аналоговой обработки, параметры которой настраиваются по программе ЦМП за время  $t_{nn}$ . Поэтому время аналоговой обработки можно оценить как сумму  $t_{AO} = t_k + t_{nn}$ .



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

Обработанный аналоговый сигнал  $\tilde{u}_d$  за время  $t_{АЦП}$  подвергается аналого-цифровому преобразованию (АЦ-преобразованию), в результате которого определяется его цифровое значение  $\bar{u}_d$ . В ИММ для такого преобразования используется либо устройство, входящее в состав микроконтроллера, либо отдельная микросхема, когда параметры АЦП микроконтроллера не удовлетворяют заданным требованиям.

Цифровой сигнал  $\bar{u}_d$  в течение времени  $t_{\text{ПЦО}}$  проходит в ИММ первичную цифровую обработку ПЦО<sub>d</sub> и за время  $t_{1\text{ВЦО}}$  первый уровень вторичной цифровой обработки 1ВЦО<sub>d</sub>. Результаты обработки  $\bar{x}_{di}, s_{di}, r_{di}$  запоминаются до завершения обработки сигнала последнего датчика  $D$ , после чего используются на втором уровне вторичной цифровой обработки 2ВЦО, на которую затрачивается время  $t_{2\text{ВЦО}}$ . Результаты вторичной обработки  $Y_i, S_i, R_i$  за время  $t_{\text{ФНО}}$  оформляются в информационный объект  $IO_i$ , который в течение времени  $t_{\text{СО}}$  посылается в сетевой канал.

При реализации рассматриваемой версии процесса сбора, обработки и сетевого обмена время решения задач 1-7 в одноядерном ИММ составляет

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

Особенностью рассмотренной версии организации процесса считывания обработки является значительный сдвиг по времени считывания сигналов датчиков

$$\tau_{zd} = (t_{AO} + t_{\text{АЦП}} + t_{\text{ПЦО}} + t_{1\text{ВЦО}})(d-1). \quad (2)$$

Чем позже опрашивается датчик, тем больше задержка  $\tau_{zd}$ . Сигнал последнего датчика опрашивается и поступает на обработку с максимальной задержкой. При высокой скорости изменения сигналов  $\max_t |u'_d(t)|$  это может привести к образованию значительных погрешностей сдвига по времени оцифровки

$$\varepsilon_{nd} = \max_t |u'_d(t)| \tau_{zd} \quad (d = 2, 3, \dots, D). \quad (3)$$

Погрешности, трансформируясь на выход ИММ, могут существенно ухудшить точность обработки и негативно повлиять на решение задач мониторинга и управления.

Для ограничения погрешностей сдвига (3) порядок опроса датчиков следует устанавливать так, чтобы

$$\max_t |u'_d(t)| \geq \max_t |u'_{d+1}(t)| \quad (d = \overline{1, D-1}). \quad (4)$$

Но и в этом случае при значительных затратах времени на  $\tau_{zd}$  (2) могут сформироваться существенные погрешности.

Другим решением, приводящим к уменьшению  $\varepsilon_{nd}$  (3) погрешностей, является ограничение количества  $D$  опрашиваемых датчиков сигналов. Такое решение приводит к увеличению количества ИММ, что не всегда оправдано и может быть причиной ухудшения технико-экономических характеристик систем сбора.

Альтернативным решением проблемы сокращения погрешностей сдвига по времени при формировании цифровых значений входных переменных  $u_d(t)$  ( $d = \overline{1, D}$ ) является двухпакетная организация работы ИММ. В первом пакете выполняется опрос, аналоговая обработка и АЦ-преобразования сигналов всех  $D$  датчиков, во втором – производится первичная и первого уровня вторичная микропроцессорная обработка всех  $D$  числовых значений сигналов. В этом случае изменяется организация процесса, но время решения задач (1-7) остается прежним

$$T_{p2} = (t_{AO} + t_{\text{АЦП}})D + (t_{\text{ПЦО}} + t_{1\text{ВЦО}})D + t_{2\text{ВЦО}} + t_{\text{ФНО}} + t_{\text{СО}}. \quad (5)$$

Однако сокращение затрат времени на формирование числовых значений сигналов до

$$\tau_{zd} = (t_{AO} + t_{\text{АЦП}})d \quad (d = \overline{1, D}) \quad (6)$$

сводит к минимуму порождаемую этими задержками погрешность.

Когда в ИММ затруднена реализация перепрограммируемой аналоговой обработки, выполняется параллельная многоканальная аналоговая обработка (рис. 2).

При реализации такой схемы в ИММ время  $T_{AO}$  уменьшается, так как отпадает необходимость в программной настройке параметров аналоговой обработки  $t_{nn} = 0$  и  $t_{AO} \approx t_k$ .

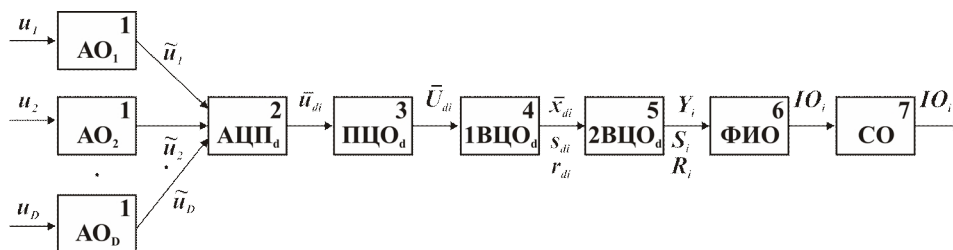


Рис. 2. Схема параллельной аналоговой и последовательной цифровой обработки сигналов  $u_d$  ( $d = \overline{1, D}$ )

Наиболее высокая производительность может быть достигнута в ИММ, в которых реализуется схема многоканальной аналоговой и частично цифровой обработки (рис. 3).

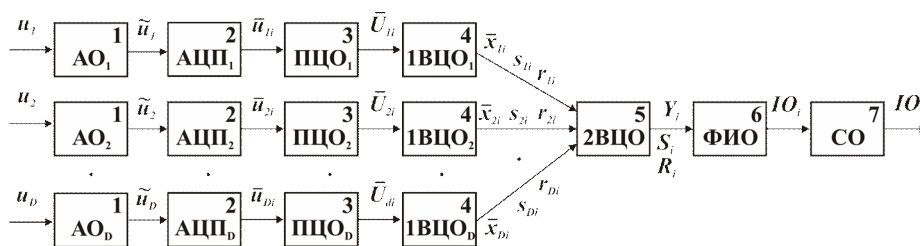


Рис. 3. Схема многоканальной обработки сигналов  $u_d$  ( $d = \overline{1, D}$ )

В таких ИММ на шаге  $T$  однократно параллельно решаются задачи аналоговой обработки 1, АЦ-преобразований 2, первичной обработки 3 и первого уровня вторичной цифровой обработки 4. Организация и содержание решения задач второго уровня вторичной обработки 5, формирование информационного объекта 6 и сетевого обмена 7 не изменяются, но добавляются затраты времени  $t_{к0}$  на коммутацию операндов второго уровня вторичной цифровой обработки. Для реализации многоканального, параллельно-последовательного процесса необходимо время

$$T_{p3} = t_{пцо} + t_{1вцо} + t_{к0} + t_{2вцо} + t_{фио} + t_{со}. \quad (7)$$

В ИММ затраты времени на коммутацию данных  $t_{к0}$  значительно меньше затрат на решение задач 2-7. Поэтому, так как

$$D(t_{АО} + t_{АЦП} + t_{пцо} + t_{1вцо}) > t_{АЦП} + t_{пцо} + t_{1вцо}, \quad (8)$$

производительнее ИММ, вычислительный процесс в котором строится по схеме многоканальной обработки. При этом одним из основных преимуществ схемы многоканальной обработки остается отсутствие процессной погрешности.

Таким образом, из анализа рассмотренных схем сбора и обработки сигналов следует:

1) для снижения процессной погрешности в многоходовых одноядерных ИММ реализовать принцип пакетного разделенного сбора и обработки сигналов, соблюдая соотношение (4);

2) для исключения процессной погрешности строить многоходовые ИММ по схеме многоканальной обработки, решая в каждом канале задачи аналоговой обработки, аналого-цифрового преобразования, первичной и первого уровня вторичной обработки;

3) для уменьшения динамической погрешности использовать многоядерные решения на основе высокопроизводительных микроконтроллеров, обеспечивающие не только высокий уровень параллелизма процессов обработки сигналов, но и сокращение времени сетевого обмена.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Пьявченко О.Н. Проектирование локальных микрокомпьютерных систем. – Таганрог: Изд-во ТРГУ, 2005. – 238 с.
2. Пьявченко О.Н. Особенности построения перспективных многофункциональных интеллектуальных датчиков давления // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск: «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2008. № 11(88). – С.110-121.
3. Пьявченко О.Н., Мокров Е.А., Панич А.Е., Клецов С.И., Пьявченко А.О., Удод Е.В., Федоров А.Г. Методы, модели, алгоритмы и архитектура прецизионных интеллектуальных датчиков давления / Под ред. д.т.н. профессора О.Н. Пьявченко. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2007. – 130 с.

Пьявченко Олег Николаевич

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

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru).

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел. +7(8634)328052

Pyavchenko Oleg Nikolaevich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: [kafmps@ttpark.ru](mailto:kafmps@ttpark.ru)

81, Petrovskay street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(8634) 328052

УДК 681.3

**А.В. Дагаев, Ю.М. Бородянский, О.Д. Глод**

#### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

*В статье представлены основные понятия хеширования, исследовано поведение характеристик хеш-таблиц в различных алгоритмах хеширования, разработан класс хранения предложений и на основе его создана информационная система. Система позволяет хранить большие объемы информации и выполнять практически мгновенный поиск любых данных независимо от местонахождения в информационном хранилище. Она может применяться в библиотечных, справочных и поисковых системах.*