

Организация синхронно-асинхронного решения задач сбора и обработки информации датчиков в интеллектуальных микропроцессорных модулях

О.Н. Пьявченко

Технологический институт Южного федерального университета в г. Таганроге (ТТИ ЮФУ),
kafmps@tppark.ru

Аннотация — Рассматриваются метод и алгоритм реконфигурирования программы решения задач сбора и обработки информации аналоговых датчиков физических величин с учетом состояния объекта. Приводится и описывается схема организации параллельно-последовательного процесса решения задач.

Ключевые слова — метод, алгоритм, интеллектуальный микропроцессорный модуль, синхронные и асинхронные процессы.

В информационных микрокомпьютерных системах мониторинга, диагностики и управления технических динамических объектов и технологических процессов широко распространены решения задач сбора и обработки информации датчиков (СОИД) аналоговых сигналов переменных физических величин в темпе «жесткого» реального времени [1, 2].

Базовыми компонентами информационных микрокомпьютерных систем являются функционально и конструктивно завершенные микропроцессорные модули, которые объединяются в системы информационными и управляющими связями, а также операционными системами реального времени [3]. Среди них отдельную группу составляют многоходовые интеллектуальные микропроцессорные модули (ИММ) СОИД, аппаратные и программные средства которых обеспечивают сбор информации аналоговых датчиков D физических величин ($D > 1$), ее сохранение, развитую вычислительную и логическую обработку, выдачу результатов в сетевые каналы [4].

Разновидности моделей ИММ определяются в результате формирования версий сочетаний решаемых в них задач СОИД, которые относятся к четырем ярусам иерархии [5]. На нижнем первом ярусе решаются задачи $Z_1 = \{Z_{1d} \ (d = \overline{1, D})\}$ аналоговой обработки сигналов датчиков физических величин и аналого-цифровых преобразований. К более высокому второму ярусу отнесены задачи $Z_2 = \{Z_{2d} \ (d = \overline{1, D})\}$ первичной цифровой обработки сформированных на первом ярусе числовых значений сигналов D датчиков. На третьем ярусе расположены задачи первого уровня

вторичной цифровой обработки $Z_3 = \{Z_{3d} \ (d = \overline{1, D})\}$, которые объединяют задачи измерений значений сигналов в физических единицах, определений состояний физических величин и их оценок и т.д. На верхнем четвертом ярусе решаются задачи второго уровня вторичной цифровой обработки – Z_4 . К ним относятся задачи:

- концентрации входных данных, в том числе сортировки и сохранения результатов первого уровня вторичной цифровой обработки и др.;
- вычисления траекторий изменения состояния, оценок текущего и прогнозируемого состояний локального объекта, сигналы переменных которого обрабатываются в ИММ;
- формирования информационного объекта и отправки его на более высокий уровень информационной микрокомпьютерной системы.

Объем и вычислительная сложность задач Z_4 определяются целевой функцией, реализуемой ИММ.

В простейшем случае на четвертом ярусе решаются задачи сортировки и концентрации результатов обработки на третьем ярусе, формирования информационного объекта и организации его отправки внешним абонентам.

В процессе решения задач СОИД задачи Z_4 могут изменяться в зависимости от состояния объекта, идентифицируемого асинхронными сигналами AC_e ($e = \overline{1, 2, \dots, E}$).

В то же время изменения состояний объекта не влияют на решения задач $Z_1 - Z_3$, т.к. остаются неизменными методы и алгоритмы сбора, первичной цифровой обработки, измерений и оценок состояний физических переменных.

Для реализации модифицирования задачи Z_4 предлагается использовать метод реконфигурирования структуры программы ИММ в зависимости от изменения текущего состояния объекта. При этом

считается, что в программе ИММ предусмотрены все необходимые конфигурации.

Метод реконфигурирования базируется на том, что программы задач СОИД, в том числе Z_4 , хорошо структурированы, то есть разбиты на компоненты, сопряжения между которыми явны и просты. Подключения/отключения программных компонентов, их соединения в требуемые конфигурации производятся управляющими флагами, состояния которых опрашиваются, когда подходит очередь по мере выполнения программы или по какому-либо другому закону. Когда имеется условие разрешения, решается соответствующая подзадача. Если разрешение отсутствует, то осуществляется переход к другой подзадаче.

В процессе вычислений каждая подзадача может изменять логические состояния как собственных управляющих флагов, так и флагов других подзадач. По команде реконфигурирования программы устанавливаются логические состояния флагов, меняющихся наборов решаемых подзадач. При этом соблюдается принцип приоритета процесса сбора значений сигналов аналоговых датчиков по отношению к процессам, инициированным дискретными сигналами об изменениях состояния объекта.

Основные процедуры (действия) метода реконфигурирования:

1. Начало процесса решения задач СОИД по сигналу t_i , идентифицирующему наступление нового i -го шага решения T_i .
2. Обнаружение дискретного сигнала AC_e , обозначающего изменение состояния объекта наблюдения и необходимость корректировки программы Z_4 , привязка сигнала AC_e к интервалу T_i .
3. Формирование команды реконфигурирования KP_e структуры программы Z_4 .
4. Исполнение команды реконфигурирования KP_e .
5. Решение задач $Z_4^{(P_e)}$.

Концептуальные основы построения схемы процесса, реализующего синхронно-асинхронный метод решения задач СОИД в ИММ:

- 1) Синхронное, независимое от прерываний, решение задач сбора и обработки информации аналоговых датчиков на ярусах 1-3;
- 2) сбор и обработка дискретных сигналов прерываний в рамках отдельного сопроцесса;
- 3) согласование решения задач Z_4 с поступлением данных;
- 4) изменение набора подзадач и математического содержания задачи Z_4 по инициированным прерываниями командам реконфигурирования.

В ИММ на ярусах $j=1,2,3$ могут воплощаться различные схемы решения задач Z_{jd} ($d = \overline{1, D}$). В качестве примера выделим ИММ, в которых реализуются параллельно-последовательные схемы организации процессов [5]. ИММ, вычисления в которых строятся по этим схемам, отличаются высокой производительностью, имеют приемлемые аппаратные затраты и покрывают широкий спектр практических приложений.

Для обеспечения функционирования по методу реконфигурирования в схемах организации синхронного решения задач СОИД в ИММ предусматривается канал приема и обработки E асинхронных сигналов ($E \geq 1$).

Обобщенная схема, в которой реализуется перепрограммируемый параллельно-последовательный синхронно-асинхронный процесс СОИД, приведена на рис. 1.

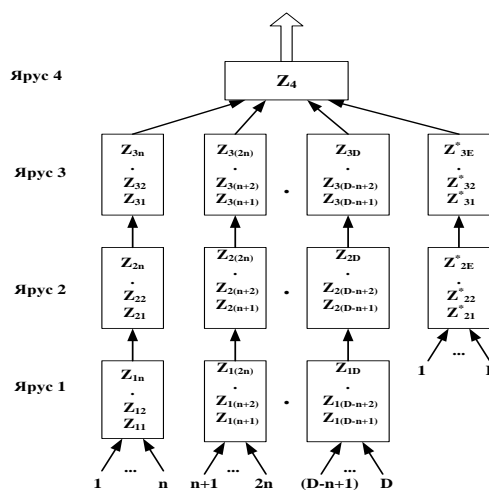


Рис. 1. Схема S2 синхронного и асинхронного процессов сбора и обработки аналоговых и дискретных сигналов

Характерными особенностями схемы являются:

- 1) иерархическая структура:
 - в соответствии с иерархией на нижнем (первом) ярусе решаются задачи аналоговой обработки, оцифровки и сохранения значений сигналов датчиков физических величин;
 - на более старших (втором и третьем) ярусах углубляется обработка сохраняемой информации;
 - на верхнем (четвертом) ярусе решаются подзадачи, в совокупности обеспечивающие реализацию целевой функции системы СОИД;
- 2) наличие последовательных ветвей процессов сбора и обработки групп аналоговых сигналов и ветви процессов обработки дискретных сигналов прерываний;
- 3) независимые от сигналов прерываний сбор и предварительная обработка аналоговых сигналов;

4) влияние сигналов прерываний в соответствии с их приоритетом на состав и сложность решения задачи Z_4 четвертого яруса.

В приведенной на рис. 1 параллельно-последовательной схеме организации решения задач СОИД реализуются модификации задачи Z_4 , определяемые состояниями объекта. В $G = \frac{D}{n}$ ветвях на нижних ярусах независимо от состояния объекта собираются и обрабатываются значения сигналов аналоговых D датчиков, причем к каждой ветви подключены n датчиков, опрос которых производится циклами. В отдельной ветви собираются и обрабатываются дискретные сигналы AC_e , идентифицирующие состояния объекта.

Алгоритм организации модификации программы задачи Z_4 приведен на рис. 2.

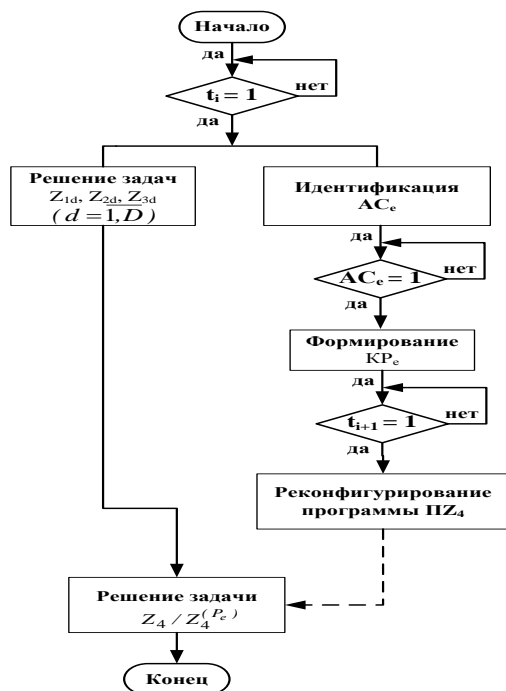


Рис. 2. Алгоритм организации синхронно-асинхронного решения задач СОИД в реальном времени

После поступления сигнала t_i , идентифицирующего начало шага T_i , начинается процесс сбора и обработки D аналоговых сигналов. Одновременно инициируется процесс приема дискретных сигналов, идентификации сигнала AC_e ($e \in \{1, 2, 3, \dots, E\}$) и процедур подготовки к решению модифицированной задачи $Z_4^{(P_e)}$.

Реко конфигурирование структуры программы PZ_4 выполняется в $(i+1)$ -м шаге до начала решения задачи $Z_4^{(P_e)}$.

Особенности выполнения алгоритма во времени показаны на рис. 3.

В начале каждого шага решаются задачи сбора Z_1 , первичной обработки Z_2 и первого уровня вторичной

обработки Z_3 сигналов аналоговых датчиков. Затем решается задача Z_4 . Параллельно отслеживается поступление асинхронных дискретных сигналов AC_e ($e \geq J$), среди которых выделяется приоритетный сигнал AC_e , запускающий процедуру перехода к решению задачи $Z_4^{(P_e)}$. Упрощенная версия реализации этой процедуры отражена в правой ветви алгоритма (рис. 2). При идентификации сигнала формируется признак $AC_e = 1$, по которому выбирается команда реко конфигурирования KP_e задачи Z_4 .

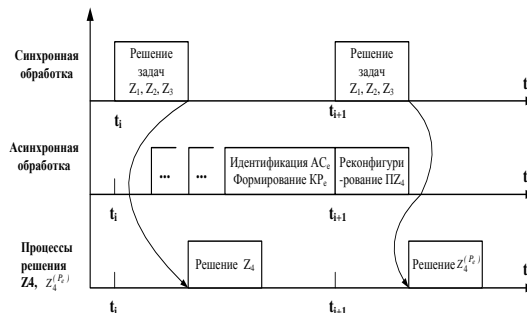


Рис. 3. Временная диаграмма организации синхронного и асинхронного сбора и обработки сигналов

Изменение структуры программы PZ_4 производится в начале шага $(i+1)$ параллельно с решением задач $Z_1 - Z_3$ и завершается до начала решения модифицированной задачи $Z_4^{(P_e)}$. При такой организации на решение задач СОИД в ИММ тратится столько же времени, сколько на решение задач СОИД без изменения задачи Z_4 . Поэтому реализация синхронно-асинхронного решения не связана со снижением производительности.

Примером реализации метода реко конфигурирования является программа экспериментального образца микропроцессорного преобразователя (МПП) интеллектуального датчика давления [6], которая конфигурируется с помощью устанавливаемых программой флагов:

F_{aut} – флаг автоматических измерений;

F_{dp} – флаг разрешения обработки результатов аналого-цифровых преобразований (пересчет результатов оцифровки сигналов датчика в значения давления и температуры);

F_{pp} – флаг разрешения прецизионной обработки оцифрованных значений сигналов давления (термокомпенсации значений давления);

F_C – флаг многоцикловых измерений.

Результаты работы с опытным образцом интеллектуального датчика давления в составе исследовательского стенда показали простоту и удобство постановки и выполнения экспериментов в лабораторных и производственных условиях.

Существенной особенностью решения методом реко конфигурации задач СОИД являются различные

затраты времени на реализацию модифицированных программ в темпе «жесткого» реального времени. Для того, чтобы реализация синхронно-асинхронного процесса укладывалась в шаг вычислений, должно соблюдаться условие:

$$\max_e T_{S2e} \leq T_{max} \quad (e = \overline{1, E}),$$

где T_{max} – максимальное время, отведенное на шаге для решения задач СОИД.

Приведенные ниже результаты компьютерного моделирования позволяют получить представление о характере изменения времени решения задач СОИД T_{S2} методом реконfigurирования в зависимости от асинхронных сигналов, соответствующих моментам изменения состояний объекта наблюдения и появления необходимости в переходе к решению откорректированной задачи $Z_4^{(Pe)}$.

В основе моделирования лежит упрощенный алгоритм синхронно-асинхронного решения задач СОИД (рис. 2). В модели асинхронные сигналы и, соответственно, команды реконfigurирования KPe формируются по нормальному закону на интервале 1000 шагов решения задач СОИД (рис. 4).

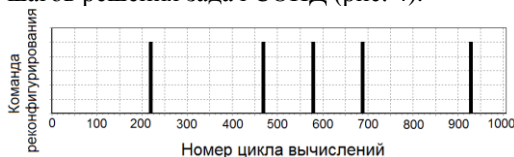


Рис. 4. Формирование команды реконfigurирования KPe структуры программы Z_4

По команде реконfigurирования KPe время решения задач $Z_4^{(Pe)}$ изменяется на 5–20 %. Версия диаграммы времени решения задач СОИД T_{S2} , изменяющегося по командам KPe , приведена на рис. 5.

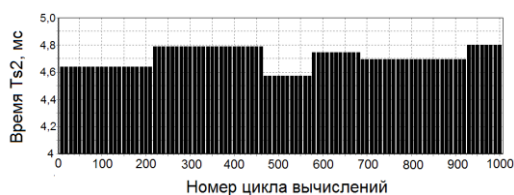


Рис. 5. Величина времени T_{S2} синхронно-асинхронного процесса решения задач СОИД при 1000 циклах вычислений

Временным диаграммам, приведенным на рис. 4 и 5, соответствует следующий процесс.

При поступлении на 219 шаге команды реконfigurирования KP_{219} модифицируется задача Z_4 и, как следствие, на 220 шаге изменяется в сторону увеличения суммарное время решения задач T_{S2} (рис. 5). При этом, в соответствии с алгоритмом, представленным на рис. 2, время T_{S2} сохраняется до прихода следующей команды реконfigurирования. Далее при поступлении на 469 шаге KP_{469} задача Z_4 реконfigurруется и на 470 шаге время T_{S2}

уменьшается. В модели реализуется правило, в соответствии с которым изменение (уменьшение или увеличение) времени решения модифицированной задачи Z_4 и, соответственно, T_{S2} зависит от числа поступивших дискретных сигналов.

Когда для всех версий задачи Z_4 время решения задач СОИД T_{S2} не превышает установленное предельное значение T_{max} , введение в схему S2 (рис. 1) обработки дискретных сигналов и изменения программы решения задачи Z_4 не оказывает влияния на работу ИММ в реальном времени. Данные, необходимые для проверки выполнения ограничения на время решения наиболее трудоёмкой версии задачи Z_4 , определяются и реализуются в ИММ на этапе проектирования. Для этого предварительно рассчитывается интервал времени, который отводится для решения задачи Z_4 и её модификаций. Затем разрабатываются программы версий задачи Z_4 и оцениваются затраты времени на их реализацию с использованием выбранного типа микропроцессора. В результате сравнения затрат времени выделяется наиболее трудоёмкая версия задачи Z_4 и рассчитывается время T_{S2e} . В процессе изменения в расчётах тактовой частоты работы микропроцессора оптимизируется соотношение $T_{S2e} \leq T_{max}$.

Из изложенного следует, что по сравнению с ИММ синхронного типа ИММ синхронно-асинхронного типа имеют более широкие функциональные возможности, не уступают по производительности, но требуют более высоких затрат на разработки.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Парк Дж., Маккей С. Сбор данных в системах контроля и управления. Практическое руководство. М.: ООО «Группа ИДТ», 2006. 504 с.
- [2] Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: Горячая линия – Телеком, 2009. 608 с.
- [3] Пьявченко О.Н. Распределение системы сбора и обработки информации датчиков динамических объектов // Известия ЮФУ. Технические науки. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. №5 (118). С. 9-15.
- [4] Зори А.А., Клевцов С.И., Корень В.Д., Пьявченко О.Н., Хламов М.Г. Информационно-измерительные системы. Применение интеллектуальных модулей, методов и средств повышения точности физических измерений: Монография. Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. 206 с.
- [5] Пьявченко О.Н. Модули и конфигурации последовательных распределенных систем сбора и обработки информации датчиков // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'11». Научное издание в 4-х томах. М.: Физматлит, 2011. Т. 1. С. 541-549.
- [6] Пьявченко О.Н., Клевцов С.И., Мокров Е.А., Панич А.Е., Пьявченко А.О., Удод Е.В., Фёдоров А.Г. Прецизионные интеллектуальные тензометрические датчики давления. Методы, модели, алгоритмы и архитектуры. / Под ред. О.Н.Пьявченко. – Изд-во ЮФУ, 2009. – 152 с.