

АЛГОРИТИЗАЦИЯ И ПРОГРАММИРОВАНИЕ

УДК 519.6

Н. А. Жиляк, ассистент (БГТУ); **А. С. Кобайло**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)

АЛГОРИТМ СИНТЕЗА СХЕМ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ВТОРИЧНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Изложены особенности использования алгоритма синтеза схем многоканальных вторичных вычислений. Описан тестовый пример его реализации для регистратора многоканального РМ-2201. Реализация алгоритма обеспечивает современную функциональность управления вычислительными структурами с использованием конвейеризации и распараллеливания процесса вычислений. Основными требованиями к многоканальному регистратору являются бесперебойный сбор данных, запись измеренных показателей на флэш-диск, своевременное информирование оператора о факте выхода технологических параметров за допустимые пределы, запись соответствующих результатов в базу данных.

Features of the algorithm using of synthesis of multi-secondary computing is analyzed. The test case of its implementation for multi-channel recorder RM-2201 is described. The algorithm provides advanced management functionality computing structure using pipelining and parallel computation process. The main requirements for multi-channel recorder are the uninterrupted data collection, record the measured data to a flash drive, timely information to the operator of the fact that out of process parameters within the tolerance limits, record the corresponding results in the database.

Введение. Одним из направлений повышения конкурентоспособности электронных устройств является совершенствование многоканальных вторичных вычислений (МВВ) измерительных комплексов (ИК), осуществляемых в реальном времени. Такой подход позволяет с минимальными аппаратными и вычислительными издержками резко повысить метрологические характеристики данных комплексов, расширить ассортимент технических объектов, которые могли бы быть использованы в качестве первичных измерительных преобразователей, а также качественно увеличить объем измерительной информации, получаемой от того же количества первичных измерительных преобразователей. Наиболее мощный толчок развитию МВВ могло бы дать выполнение их в специализированных вычислительных процессорах. Анализ известных методов синтеза средств вычислительной техники показывает принципиальную непригодность для проектирования вычислительных систем и их компонентов, ориентированных на функционирование в реальном времени [1, 2].

Наиболее полно задачи синтеза функциональных схем разработаны в теории синтеза (ТС) вычислительных структур реального времени (ВСРВ) [3]. Высокая степень формализации теории синтеза вычислительных структур позволяет разработать на ее базе алгоритмы син-

теза вычислительных структур различного назначения.

Основная часть. Разработанные на базе теории синтеза вычислительных структур реального времени методы и алгоритмы были использованы в программно-аппаратной части при создании регистрирующего устройства РМ-2201 ОАО «МНИПИ», которое предназначено для сбора данных, их обработки, хранения и визуализации [4–6].

Одно из основных и наукоемких звеньев разработанного прибора – это разработка программно-аппаратного комплекса прибора.

В соответствии с условиями внедрения и техническими условиями при разработке регистратора многоканального РМ-2201 ОАО «МНИПИ» был разработан тестовый пример синтеза функциональных схем операционной части и управления МВВ для отладки программного обеспечения (ПО). В качестве исходных для разработки тестового примера с ОАО «МНИПИ» были согласованы следующие условия.

Согласно техническому заданию, в приборе должна быть обеспечена одновременная работа пятнадцати аналоговых каналов, которые содержат настройки на измерение термоЭДС термопар типа B, S, R, T, L, N, E в соответствии с ГОСТ Р8.585-2004. Зависимости выдаваемого ими электрического сигнала от температуры описываются полиномами 8–14-й степени [6].

Полином K -й степени

$$t = \sum_0^K d_k E^k, K \in \{8, 9, \dots, 14\}, \quad (1)$$

где t – измеряемый параметр; d_k – k -й коэффициент полинома; E – термоЭДС термопары.

Для повышения вариативности физического проектирования ВС синтез производится вне реальных тактовых частот, а длина такта измеряется в условных единицах времени. За условную единицу времени (е. в.) принимается длительность операции сложения, т. е.

$$\tau_{pl} = 1 \text{ е. в.} \quad (2)$$

В связи с этим ограничения реального времени как исходные данные для автоматизированного синтеза выносятся из задачи автоматизированного синтеза и реализуются в ручном режиме после осуществления автоматизированного синтеза. Таким образом, операция редукции по значению, которая включает в себя проверку на ограничение реального времени, выносится из задач создания ПО и из тестового примера в режим ручной проверки.

Исходный набор ФУ представлен в виде сумматора, регистра памяти, мультиплексора, умножителя в тестовом примере, а в программном обеспечении представлен в абстрактном виде в соответствии со следующими значениями трудоемкости вычислений набором ФУ:

сумматор – 1 е. в., умножитель – 8 е. в., регистр – 1 е. в., мультиплексор – 1 е. в.

В качестве направления оптимизации при синтезе функциональной схемы операционной части МВВ и при синтезе функциональной схемы управления МВВ определено обеспечение минимизации количества ФУ в схеме.

Для синтеза функциональной схемы операционной части МВВ представим выражение для исходной математической модели (1) в следующем виде:

$$\begin{aligned} t = & d_0 E^0 + d_1 E^1 + d_2 E^2 + \dots + d_K E^K = \\ & = d_0 + d_1 E + d_2 E E + \\ & + d_3 E E E + \dots + d_K \underbrace{E E E \dots E}_K. \end{aligned} \quad (3)$$

По данной методике был разработан исходный граф алгоритма синтеза функциональной схемы операционной части. Она предполагает представление топологии графа в виде списка дуг, от которого относительно просто можно перейти к любому другому из известных способов представления в виде матриц инцидентности, смежности, рекурсивного вектора.

В результате автоматизированного синтеза, протестированного на разработанном авторами тестовом примере, была получена функциональная схема операционной части МВВ регистратора многоканального РМ-2201, показанная на рис. 1.

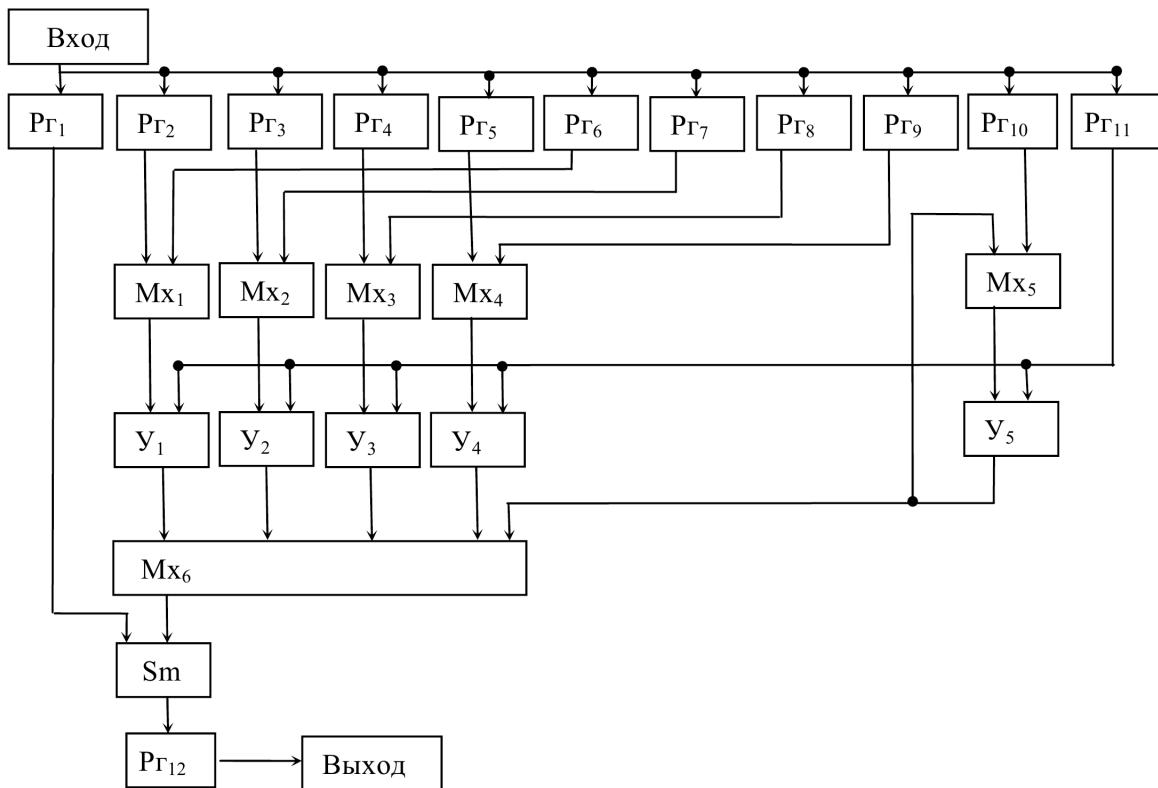


Рис. 1. Функциональная схема операционной части МВВ

В данной схеме представлены следующие функциональные элементы. Регистры Рг₁–Рг₁₀ используются для хранения кодов коэффициентов полинома d_0 – d_9 . Регистр Рг₁₁ сдвигающего типа и предназначен для последовательного приема, сдвига и дальнейшего хранения на время, равное циклу вычисления полинома, последовательного кода термоЭДС E .

Рг₁₂ – регистр выходного значения.

Мультиплексоры Мх₁–Мх₅ служат для выбора источника информации для умножителей У₁–У₅ на последовательных тактах расчета произведений полиномов:

$$E(d_k E^{k-1}).$$

Мультиплексор Мх₆ используется для подключения к сумматору Sm.

Сумматор Sm является накапливающим и предназначен для суммирования накопленной на предыдущих тактах суммы элементов полинома со значением его текущего элемента.

Перед началом работы устройства в сдвигающий регистр Рг₁₁ последовательно заносится код ЭДС E , поступающий с выхода аналого-цифрового преобразователя измерительного канала. После записи кода в регистр последний функционирует в режиме постоянного считывания содержащейся в нем информации. Таким образом код ЭДС поступает одновременно на вторые информационные входы умножителей У₁–У₅. На первые информационные входы этих умножителей через мультиплексоры Мх₁–Мх₅ с выходов регистров Рг₂–Рг₅, Рг₁₀ поступают коды коэффициентов полинома K_1 – K_4 , K_9 . Код коэффициента K_0 , поступающий с выхода регистра Рг₁ на информационный вход накапливающего сумматора через мультиплексор Мх₆, суммируется с нулевым кодом начального состояния накапливающего сумматора и хранится в нем как нулевой член полинома $P_0 = K_0 E^0$ до поступления следующего кода на вход.

Формирование полинома представляет собой последовательность циклов, на каждом из которых формируются частичные произведения членов полинома. Рассмотрим работу на каждом из этих циклов.

На первом цикле умножитель У₁ формирует произведение $P_1 = K_1 E^1$, являющееся первым членом полинома. На умножителях У₂, У₃, У₄, У₅ формируются произведения соответственно:

$$\begin{aligned} P_2(1) &= K_2 E^1, \\ P_3(1) &= K_3 E^1, \\ P_4(1) &= K_4 E^1, \\ P_9(1) &= K_9 E^1. \end{aligned}$$

На втором цикле код P_1 , поступающий через мультиплексор Мх₆ на информационный вход на-

накапливающего сумматора, суммируется с хранящимся в нем кодом $K_0 E^0$, формирует первую частичную сумму $SUM1 = P_0 + P_1$. На первый информационный вход умножителя У₁ с выхода регистра Рг₉ через мультиплексор Мх₁ поступает код K_8 , в результате чего умножитель У₁ формирует первое частичное произведение восьмого члена полинома $P_8(1) = K_8 E^1$. На первые входы умножителей У₂, У₃, У₄, У₅ с их выходов через мультиплексоры Мх₁–Мх₅ передаются коды, сформированные на предыдущем цикле, вследствие чего данные умножители формируют частичные произведения:

$$\begin{aligned} P_2(2) &= K_2 E^1 E^1 = K_2 E^2, \\ P_3(2) &= K_3 E^1 E^1 = K_3 E^2, \\ P_4(2) &= K_4 E^1 E^1 = K_4 E^2, \\ P_9(2) &= K_9 E^1 E^1 = K_9 E^2, \quad P_2(2) = P_2, \end{aligned}$$

где P_2 является вторым членом полинома.

На третьем цикле код P_2 , поступающий через мультиплексор Мх₆ на информационный вход накапливающего сумматора, суммируется с хранящимся в нем кодом SUM2, формируя вторую частичную сумму $SUM2 = SUM1 + P_2$. На первый информационный вход умножителя У₂ с выхода регистра Рг₈ через мультиплексор Мх₂ поступает код K_7 , в результате чего умножитель У₂ формирует первое частичное произведение седьмого члена полинома:

$$P_7(1) = K_7 E^1.$$

На первые входы умножителей У₁, У₃, У₄, У₅ с их выходов через мультиплексоры Мх₁, Мх₃, Мх₄, Мх₅ передаются коды, сформированные на предыдущем цикле, в результате чего данные умножители формируют частичные произведения:

$$\begin{aligned} P_8(2) &= K_8 E^1 E^1 = K_8 E^2, \\ P_3(3) &= K_3 E^2 E^1 = K_3 E^3, \\ P_4(3) &= K_4 E^2 E^1 = K_4 E^3, \\ P_9(3) &= K_9 E^2 E^1 = K_9 E^3, \quad P_3(3) = P_3, \end{aligned}$$

где P_3 является третьим членом полинома. После чего в сумматоре Sm формируется сумма SUM3. На следующем четвертом цикле процесс повторяется аналогично описанному, при этом на данном цикле умножитель У₃ формирует четвертый P_3 член полинома. На пятом, шестом, седьмом, восьмом циклах умножителями У₁, У₂, У₃, У₄ формируются члены полинома P_5 , P_6 , P_7 , P_8 соответственно. У₅ формирует член полинома P_9 . Сформированные члены полинома последовательно поступают на вход сумматора Sm, и в результате их суммирования формируются

$$\begin{aligned} SUM4 &= SUM3 + P_5, \\ SUM5 &= SUM4 + P_6, \\ SUM6 &= SUM5 + P_7, \dots, SUM9 = SUM8 + P_{10}. \end{aligned}$$

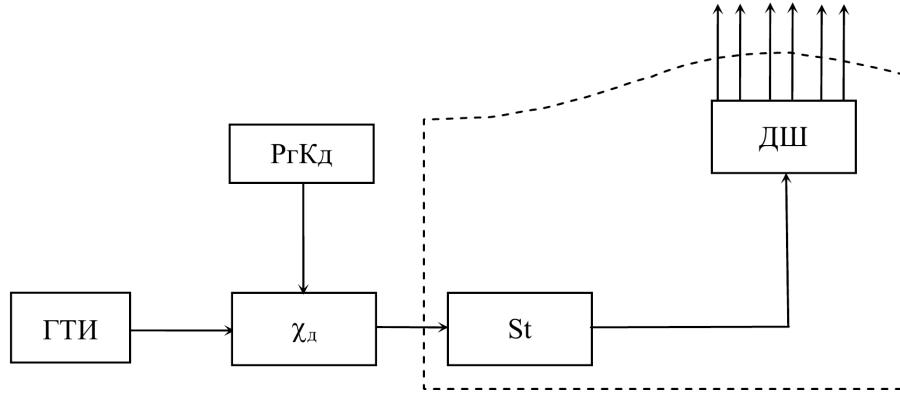


Рис. 2. Структура схемы управления операционной частью вторичных измерений в одном канале

SUM9 является значением искомого полинома Т, код которого передается в регистр результата Рг₁₂.

Также была разработана и внедрена схема управления операционной частью вторичных измерений регистратора многоканального РМ-2201 (рис. 2).

Схема содержит следующие функциональные устройства: генератор тактовых импульсов (ГТИ), регистр кода деления частоты РгКд, делитель частоты χ_d , устройство формирования функции вектора временной развертки χ_v . Устройство формирования функции вектора временной развертки включает в себя счетчик St и дешифратор ДШ.

Вектор временной развертки является основой синхронизации вычислительной структуры регистратора многоканального, а также позволяет решить вопрос о реализуемости вычислительной структуры в реальном времени [6].

Заключение. Алгоритм синтеза схем многоканальных вторичных вычислений для работы регистратора многоканального РМ-2201 составлен таким образом, чтобы обеспечить надежное функционирование всей системы прибора в целом за кратчайший период времени. Основными требованиями к регистратору многоканальному являются бесперебойный сбор данных, запись измеренных показателей на флэш-диск, своевременное информирование оператора о факте выхода технологических параметров за допустимые пределы, запись соответствующих результатов в базу данных.

Все эти требования приходилось учитывать при разработке алгоритма функционирования системы, что позволило в свою очередь

сделать вывод об эффективности предлагаемой методики.

Литература

1. Жиляк, Н. А. Методы синтеза вычислительных структур / Н. А. Жиляк // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 28–29 окт. 2009 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2009. – С. 71–73.
2. Кобайло, А. С. Метод автоматизированного проектирования технических средств ФОВС / А. С. Кобайло // Функционально-ориентированные вычислительные системы. – Харьков, 1990. – С. 29.
3. Кобайло, А. С. Теория синтеза вычислительных систем реального времени / А. С. Кобайло. – Минск: БГТУ, 2010. – 256 с.
4. Кобайло, А. С. Базовый алгоритм синтеза вычислительных структур реального времени / А. С. Кобайло, Н. А. Жиляк // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2007. – Вып. XV. – С. 147–150.
5. Жиляк, Н. А. Базовый алгоритм синтеза вычислительных структур реального времени для теплоэнергетических измерений / Н. А. Жиляк, С. И. Акунович // Труды БГТУ. Сер. VI, Физ.-мат. науки и информатика. – 2008. – Вып. XVI. – С. 129–132.
6. Жиляк, Н. А. Синтез вычислительных структур реального времени / Н. А. Жиляк // Автоматический контроль и автоматизация производственных процессов: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 6–8 июня 2006 г. / Белорус. гос. технол. ун-т. – Минск, 2006. – С. 208–211.

Поступила 26.02.2011