

УДК 621.391

А. Н. ШЕЙК-СЕЙКИН

Украина, Одесский национальный политехнический университет

E-mail: ans@irt.opu.ua

СИНХРОНИЗАЦИЯ ПОТОКОВ ДАННЫХ В МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ЦОС С ПЕРЕСТРАИВАЕМОЙ СТРУКТУРОЙ

Рассмотрены особенности синхронизации потоков данных в многоканальных системах ЦОС с различной архитектурой. Показано, что в ряде случаев система синхронизации может быть реализована в виде совокупности локальных систем, что позволяет понизить уровень создаваемых ими помех и упростить реализацию за счет сокращения числа глобальных связей. Предложен метод комплексной оценки эффективности реализации (аппаратурных затрат) проектируемой системы с учетом сложности системы синхронизации.

Ключевые слова: система синхронизации, цифровая обработка сигналов, ассоциативная/ранжированная архитектура, формирователь синхросигналов, локальная/глобальная связь.

Реализация систем цифровой обработки сигналов (ЦОС) в реальном времени предъявляет очень жесткие требования к синхронизации процессов обработки данных, связанные с распараллеливанием вычислений, обеспечением работы конвейеров и требованием детерминированности потоков данных в системе [1–3].

Система синхронизации (СНХР) в общем случае может быть либо глобальной, либо быть совокупностью локальных систем. Глобальная система исключает сбой в работе конвейеров, поскольку перезапись входных (выходных) сигналов в вычислительные элементы (ВЭ) системы производится в один и тот же момент времени. Однако такое воздействие СНХР эквивалентно воздействию на систему ЦОС мощной импульсной помехи, особенно на цепи питания и слаботочные цепи, в том числе аналоговые, что приводит к необходимости применения более тщательных мер по снижению влияния таких помех. Кроме того, в системе ЦОС появляются глобальные связи, охватывающие удаленные узлы, что усложняет конструкцию устройства.

Очевидно, что реализация СНХР в виде нескольких локальных систем, вырабатывающих синхросигналы в разнесенные моменты времени, позволяет сократить уровень помех пропорционально количеству этих систем. Кроме того, пропорционально сокращается протяженность и количество линий связи, по которым передают-

ся синхросигналы в один и тот же момент времени. Поэтому такая реализация предпочтительна в плане обеспечения более высокой помехоустойчивости проектируемой системы ЦОС и упрощения ее конструкции.

Настоящая работа посвящена анализу возможности использования локальных СНХР для многоканальных систем ЦОС с перестраиваемой структурой, система обработки потока данных которых имеет различную архитектуру, в частности неперестраиваемую, ассоциативную, ранжированную и архитектуру минимальных перестановок [4–6].

В общем виде СНХР представлена на **рис. 1**. На схеме не приведена структура соединений ВЭ между собой, поскольку она не имеет значения в данном случае.

Варианты структуры УФС, обеспечивающей одновременность передачи синхроимпульсов в линии связи (ЛС), приведены в виде графов на **рис. 2** и отличаются друг от друга числом ступеней усиления и коэффициентом распараллеливания сигналов в усилителях. Узлы графа соответствуют усилительным элементам синхросигналов, а дуги — линиям связи между этими элементами для передачи синхросигналов на ВЭ.

При указанном построении граф оказывается уравновешенным и не требует введения дополнительных элементов задержки для устранения разброса поступления синхросигналов на ВЭ.

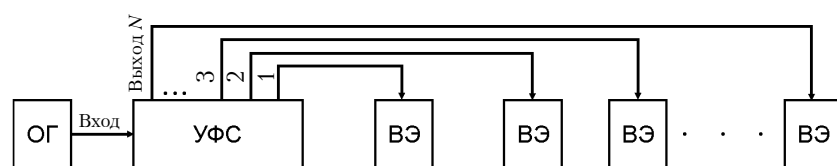


Рис. 1. Структурная схема СНХР в общем виде:

ОГ — опорный генератор; УФС — усилитель-формирователь синхросигналов; ВЭ — вычислительный элемент

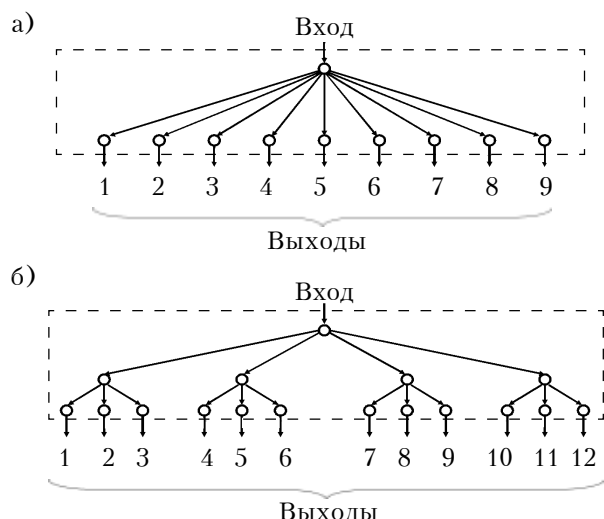


Рис. 2. Варианты структуры УФС синхросистемы:
 а — одноступенчатая; б — двухступенчатая

При этом предполагается, что задержка сигналов в ЛС одинакова, что достигается либо выравниванием длин ЛС между УФС и ВЭ, либо введением дополнительных активных элементов задержки.

Структура, приведенная на рис. 1, содержит N линий связи, по которым одновременно передаются синхросигналы, при этом $N=n_B$, где n_B — общее количество синхронизируемых ВЭ. Чем меньше N и чем меньше суммарная длина ЛС, тем меньше нежелательное влияние СНХР на систему ЦОС.

Проведем анализ возможности реализации локальных СНХР для многоканальных систем (МКС) ЦОС с числом каналов L и различной архитектурой подсистемы обработки потока данных. Будем обозначать входные данные каналов DI , выходные — DO , входы синхронизации — Vx ., выходы синхронизации — $Вых$.

Неперестраиваемая архитектура

В этом случае система ЦОС представляет собой L каналов, в каждом из которых происходит обособленная обработка не взаимодействующих между собой потоков данных. Ее структурная

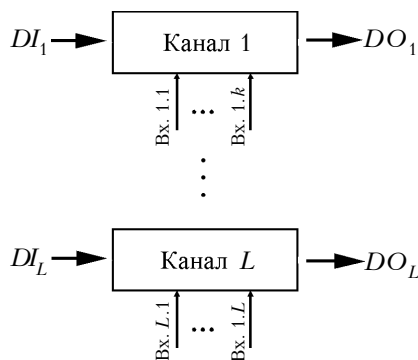


Рис. 3. МКС ЦОС с неперестраиваемой архитектурой

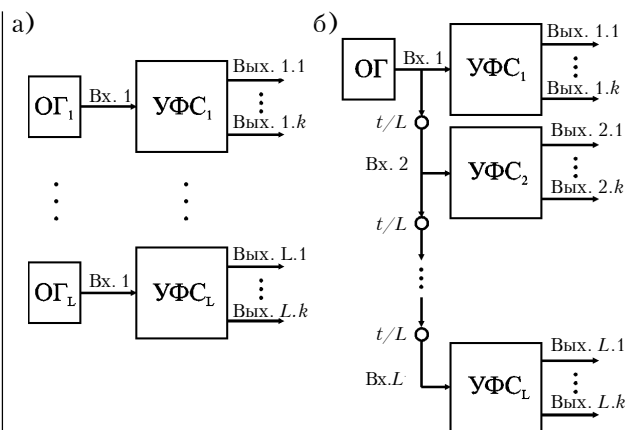


Рис. 4. Структурная схема синхросистемы МКС с неперестраиваемой архитектурой с независимыми (а) и сопряженными (б) каналами синхронизации

схема приведена на рис. 3. Здесь входы синхронизации ВЭ обозначены как $Vx.l.k$, где l соответствует номеру канала, а k — номеру входа.

Соответственно, в каждом из каналов может быть реализована своя локальная система синхронизации. Сопряжение локальных подсистем между собой может либо вообще отсутствовать (независимые ОГ и УФС), либо формироваться от одного опорного генератора с задержкой сигналов, поступающих на цепи УФС локальных СНХР (рис. 4). Задержка сигналов между системами может быть либо произвольной, либо (для равномерного распределения во времени синхросигналов и, следовательно, вызываемых ими помех) дискретной, равной

$$\Delta t \approx T_0/L, \quad (1)$$

где T_0 — период генерации синхросигналов.

Из рис. 4 видно, что ЛС в этом случае становятся более локальными, поскольку каждый из УФС взаимодействует только с ВЭ одного канала ЦОС. Сокращается в N/L раз количество одновременно передаваемых сигналов и максимальная протяженность ЛС, что позволяет утверждать о снижении суммарного уровня помех в системе в целом.

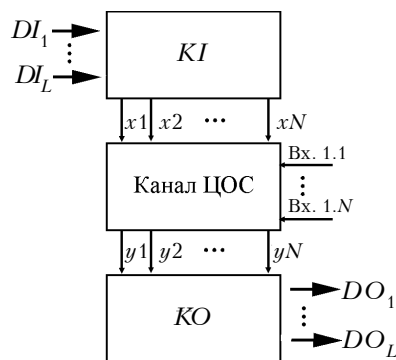


Рис. 5. МКС ЦОС с ассоциативной архитектурой

Ассоциативная архитектура

Структура системы ЦОС для этого случая приведена на **рис. 5**, где канал ЦОС — суммарный (общий) канал обработки данных, KI — входной коммутатор размерностью $L \times N$ (число входов $\times$ число выходов), а KO — выходной размерностью $N \times L$. При этом любой ВЭ может быть использован в любом канале, поскольку вычислительный ресурс может полностью перераспределяться между каналами [4]. Отсюда следует, что применение ассоциативной архитектуры для обработки потока данных требует применения глобальной СНХР (рис. 1).

Ранжированная архитектура

Структура такой системы в общем виде приведена на **рис. 6**, где входной (KI) и выходной (KO) коммутаторы имеют размерность $L \times L$.

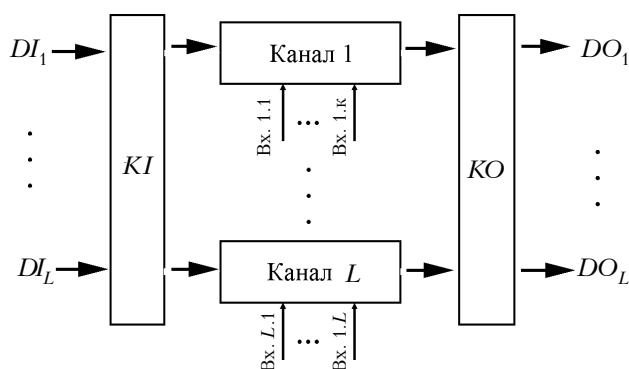


Рис. 6. МКС ЦОС с ранжированной архитектурой

Как показано в [5], структура системы обработки потока данных (**СОПД**) с ранжированной архитектурой представляет собой L каналов, в каждом из которых происходит обособленная обработка потоков данных. Однако входные и выходные данные могут поступать из любого/в любой из L каналов. Поэтому если обеспечить корректную передачу данных во входных и выходных коммутаторах, то можно для такой СОПД применять совокупность локаль-

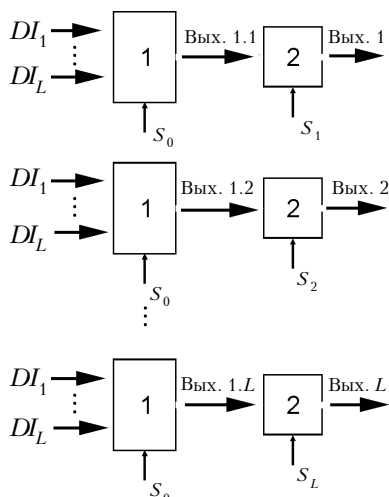


Рис. 7. Фрагмент структуры системы ЦОС с ранжированной архитектурой

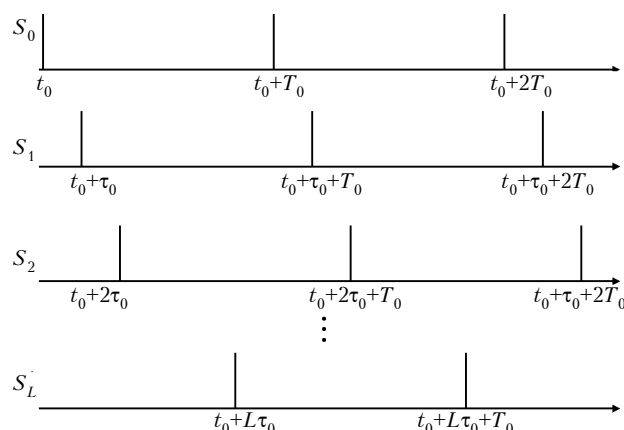


Рис. 8. Временные диаграммы синхросигналов в системе с ранжированной архитектурой

ных СНХР. Рассмотрим условия для такой реализации.

На **рис. 7** приведен фрагмент СОПД с ранжированной архитектурой, включающий в себя входные коммутаторы 1, образующие коммутатор KI , и первые ступени каналов обработки 2. Сигналы тактирования обозначены как S_i .

Пусть входные данные фиксируются во входных коммутаторах сигналами S_0 в моменты времени t_0 с периодом T_0 . Если максимально возможное время прохождения сигнала через цепи коммутаторов $\tau_{\max}$ не превышает некоторую величину τ_0 , то фиксация данных во входных цепях каналов обработки сигналами S_i в моменты времени t_i , определяемые из условия

$$t_i = t_0 + i\tau_0, \quad i \in \overline{1, L}, \quad \tau_{\max} < \tau_0 \leq T_0 / L, \quad (2)$$

обеспечивает корректную передачу данных со входов системы на каналы обработки (**рис. 8**).

Структурная схема СНХР для ранжированной архитектуры СОПД приведена на **рис. 9**, где $УФС_0$ синхронизирует систему входных коммутаторов, $УФС_1 \dots УФС_L$ — работу каналов обработки, τ_0 — элементы задержки синхросигналов. Из этого рисунка видно, что СНХР си-

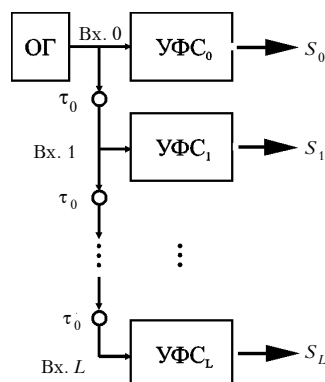


Рис. 9. Структурная схема системы синхронизации МКС с ранжированной архитектурой

системы разделяется на L локальных структур, что существенно сокращает число одновременно передаваемых синхросигналов и максимальную протяженность ЛС, а следовательно — снижает и суммарный уровень помех в системе в целом.

Архитектура «минимальных перестановок»

Структура системы в общем виде приведена на рис. 10, где входной коммутатор KI имеет размерность $(L+N) \times N$, выходной KO — размерность $N \times (L+N)$, канал ЦОС — суммарный (общий) канал обработки данных.

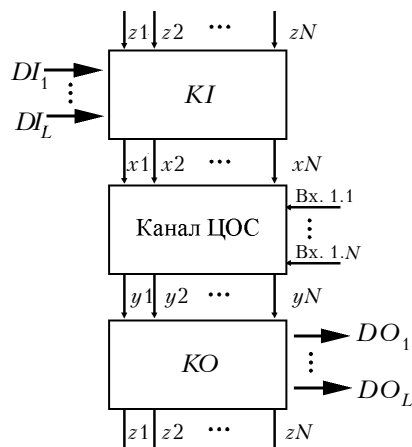


Рис. 10. МКС ЦОС с архитектурой «минимальных перестановок» [6]

В этом случае, как и в системе с ассоциативной архитектурой, нет четко выраженных обособленных участков системы обработки. Поэтому здесь также необходимо применять глобальную структуру синхронизации (рис. 1).

Таким образом, в МКС ЦОС с ассоциативной архитектурой и архитектурой минимальных перестановок необходимо применять глобальную систему синхронизации, а в системах с ранжированной архитектурой — совокупность локальных синхросистем, сопряженных между собой согласно условию (2). В системах с неперестраиваемой архитектурой можно использовать совокупность либо не связанных между собой, либо сопряженных друг с другом в соответствии с формулой (1) локальных СНХР. Все это существенно влияет на итоговую оценку эффективности применения той или иной архитектуры для реализации системы ЦОС. Поэтому при выборе архитектуры системы ЦОС в целом необходимо сопоставлять не только аппаратные затраты на реализацию ее СОПД, определяемые в основном количеством ВЭ и коммутационных элементов (КЭ) [4–6], но и сложность реализации СНХР. Приведем рекомендации по такому сопоставлению.

По аналогии с [4–6], оценка суммарных аппаратных затрат может быть представлена в виде

$$Q_0 = Q_B + \gamma_K Q_K + \gamma_C Q_C, \quad (3)$$

где Q_B — количество ВЭ в системе;

Q_K — количество КЭ в системе;

γ_K — коэффициент относительной сложности реализации КЭ по сравнению с ВЭ;

Q_C — объем системы синхронизации;

γ_C — коэффициент относительной сложности реализации СНХР по сравнению с ВЭ.

В свою очередь Q_C также может быть представлен в виде взвешенной суммы компонентов, входящих в состав СНХР, — усилительных элементов (УЭ) и ЛС различной протяженности (степени локальности/глобальности), например:

$$Q_C = \gamma_{C0} Q_{C0} + \sum_{i=1}^m \gamma_{Ci} Q_{Ci}, \quad (4)$$

где Q_{C0} — общее количество УЭ, входящих в состав системы синхронизации;

γ_{C0} — коэффициент относительной сложности реализации УЭ по сравнению с ВЭ;

Q_{Ci} — количество ЛС определенной степени локальности/глобальности;

γ_{Ci} — коэффициент относительной сложности реализации ЛС данного типа по сравнению с ВЭ;

m — количество типов ЛС.

Очевидно, что детализация выражений (3) и (4) представляет собой весьма сложную и трудоемкую задачу и зависит от конкретного способа реализации проектируемой системы. Однако, несмотря на возможную субъективность и погрешность определения коэффициентов относительной сложности, приведенный подход позволяет сравнивать между собой различные варианты реализации систем ЦОС и должен облегчить выбор оптимального решения.

Таким образом, можно резюмировать следующее.

1. Система синхронизации может быть либо глобальной, либо совокупностью локальных систем. Если в структуре СОПД можно выделить четко выраженные обособленные участки, то для них целесообразно применять локальную структуру синхронизации, в противном случае применяется глобальная структура.

2. Сопряжение локальных структур между собой в общем случае должно удовлетворять условию (2), если потоки данных синхронизированы между собой, и условию (1) либо вообще отсутствовать, если потоки несинхронизированы.

3. При комплексной оценке эффективности применения той или иной архитектуры системы ЦОС необходимо сопоставлять не только аппаратные затраты на реализацию СОПД, но и сложность реализации системы синхронизации.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Воеводин В.В. Математические модели и методы в параллельных процессах. — Москва: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит. — 1986. [Voevodin V.V. Matematicheskie modeli i metody v parallel'nykh protsessakh. Moscow: Nauka, Gl. red. fiz.-mat. lit. 1986]

2. Каляев А.В. Многопроцессорные системы с программируемой архитектурой. — Москва: Радио и связь, 1984. [Kalyaev A.V. Mnogoprotsessornye sistemy s programmiruemoi arkhitekturoi. Moscow: Radio i svyaz', 1984]

3. Севбо В., Орлов А., Лошаков А. Многопроцессорный вычислительный комплекс для задач «жесткого» реального времени // Современные технологии автоматизации. — 2007. — №3. — С.32—38. [Sevbo V., Orlov A., Loshakov A. // Sovremennye tekhnologii avtomatizatsii. 2007. N 3. P. 32]

4. Баранов П.Е., Шейк-Сейкин А.Н. Многоканальный цифровой фильтр сжатия с ассоциативной архитектурой // Труды Одесского политехнического университета. — 2010. — Вып. 1(33)—2(34) — С. 166—171. [Baranov P.E., Sheik-Seikin A.N. // Trudy Odesskogo politekhnicheskogo universiteta. 2010. Iss. 1(33)—2(34) P. 166]

5. Баранов П.Е., Шейк-Сейкин А.Н. Многоканальные устройства цифровой обработки сигналов с ранжированной архитектурой // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2010. — №3. — С. 25—28. [Baranov P.E., Sheik-Seikin A.N. // Tekhnologiya i Konstruirovaniye v Elektronnoi Apparature. 2010. N 3. P. 25]

6. Шейк-Сейкин А.Н. Архитектура устройств цифровой обработки сигналов с перестраиваемой структурой // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. — 2011. — №4. — С. 10—14. [Sheik-Seikin A.N. // Tekhnologiya i konstruirovaniye v elektronnoi apparature. 2011. N 4. P. 10]

*Дата поступления рукописи
в редакцию 06.04 2012 г.*

Sheik-Seikin A.N. Synchronization of data flows in multichannel systems of digital signals processing with configurable structure.

Keywords: synchronizing system, digital processing of signals, associative/ranked architecture, sync signals shaper, local/global connection.

The special features of the synchronization of data flows in the multichannel DSP systems with different architecture are examined. It is shown that in a number of cases the timing system can be realized in the form of a totality of local systems, which makes it possible to lower the level of the interferences created by them and to simplify their realization due to the reduction of the number of global connections. The method of the integrated assessment of the realization efficiency (equipment expenditures) of the projected system taking into account the complexity of timing system is proposed.

Ukraine, Odessa national polytechnic university.

Шейк-Сейкін А.М. Синхронізація потоків даних у багатоканальних системах цифрової обробки сигналів з перестроюваною структурою.

Ключові слова: система синхронізації, цифрова обробка сигналів, асоціативна/ранжирована архітектура, формувач синхросигналів, локальний/глобальний зв'язок.

Розглянуто особливості синхронізації потоків даних у багатоканальних системах ЦОС з різною архітектурою. Показано, що у деяких випадках система синхронізації може бути реалізована у вигляді сукупності локальних систем, що дозволяє знизити рівень створених ними перешкод та спростити реалізацію за рахунок скорочення числа глобальних зв'язків. Передбачено метод комплексної оцінки ефективності реалізації (апаратних витрат) проектованої системи з урахуванням складності системи синхронізації.

Україна, Одеський національний політехнічний університет.

І І А Æ А Ё І Ё Æ

І І А Æ А Ё І Ё Æ



Сырчин В. К., Зарянкин Н. М., Виноградов А. И. Технологические процессы и оборудование производства электронных средств. Ч. 1. Вакуумно-плазменные процессы и оборудование.— Москва: ИПК МИЭТ, 2011.— 167 с.

Изложены вопросы физики газовых разрядов, физико-химических процессов в газоразрядной плазме и механизмов взаимодействия ионов и химически активных частиц, генерируемых в плазме, с поверхностью обрабатываемого материала. Представленный материал охватывает физико-химические процессы, на основе которых реализуются технологические процессы в базовых видах технологического оборудования для производства приборов микро- и нанoeлектроники, а также изделий микросистемной техники: нанесения и травления материалов в вакууме. Пособие содержит тот минимум знаний, который необходимо освоить студенту на уровне общего представления о вакуумно-плазменных процессах в современном серийном технологическом оборудовании. Предназначено для студентов направления «Электроника и нанoeлектроника», изучающих дисциплину «Вакуумно-плазменные процессы и оборудование».