

**ПЛАТФОРМА МУЛЬТИКОР  
ПРИКЛАДНАЯ БИБЛИОТЕКА  
БИБЛИОТЕКА АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ  
ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ МС-24**

**Руководство программиста**

Листов 121

2005

## **Порядок использования настоящей документации**

Настоящая документация охраняется действующим законодательством Российской Федерации об авторском праве и смежных правах, в частности, законом Российской Федерации «Об авторском праве и смежных правах». ГУП НПЦ «ЭЛВИС» является единственным правообладателем исключительных авторских прав на настоящую документацию.

Настоящую документацию без предварительного согласия ГУП НПЦ «ЭЛВИС» запрещается:

- воспроизводить, т.е. изготавливать один или более экземпляров настоящей документации, ее части, в любой форме, любым способом;
- сдавать в прокат;
- публично показывать, исполнять или сообщать для всеобщего сведения;
- переводить;
- переделывать или другим образом перерабатывать (дорабатывать).

ГУП НПЦ «ЭЛВИС» оставляет за собой право в любой момент вносить изменения (дополнения) в настоящую документацию без предварительного уведомления о таком изменении (дополнении).

ГУП НПЦ «ЭЛВИС» не несет ответственности за вред, причиненный при использовании настоящей документации.

Передача настоящей документации не означает передачи каких-либо авторских прав ГУП НПЦ «ЭЛВИС» на нее.

Возникновение каких-либо прав на материальный носитель, на котором передается настоящая документация, не влечет передачи каких-либо авторских прав на данную документацию.

Все указанные в настоящей документации товарные знаки принадлежат их владельцам.

**ГУП НПЦ «ЭЛВИС» ©, 2004**

## АННОТАЦИЯ

«Библиотека алгоритмов адаптивной фильтрации для МС-24» (далее – библиотека) входит в состав программы «Платформа Мультикор. Прикладная библиотека» РАЯЖ.00013-01.

В документе «Платформа Мультикор. Библиотека алгоритмов адаптивной фильтрации для ИМС МС-24. Руководство программиста» РАЯЖ.00013-01 33 05 приведено описание действий программиста при работе с библиотекой LibAF24 алгоритмов адаптивной фильтрации, включающей алгоритмы фильтрации по критерию наименьшего среднеквадратичного отклонения (LMS, Least Means Squares), нормализованные LMS алгоритмы (NLMS, Normalized LMS) и рекурсивные алгоритмы по критерию наименьших квадратов (RLS, Recursive Least Squares) с бесконечным и скользящим окном. Алгоритмы реализованы в формате с плавающей запятой с одинарной точностью. Подобные алгоритмы являются основным элементом большинства известных адаптивных устройств, таких как адаптивные антенные решетки, шумоподавители, подавители акустического и электрического эха, выравниватели каналов (эквалайзеры).

Каждый из алгоритмов представлен в четырех разновидностях: одноканальный адаптивный фильтр с действительными весовыми коэффициентами, одноканальный адаптивный фильтр с комплексными весовыми коэффициентами, многоканальный адаптивный фильтр с действительными весовыми коэффициентами, многоканальный адаптивный фильтр с комплексными весовыми коэффициентами. В целях избежания избыточности программирования и оптимизации производительности все разновидности фильтров реализованы как отдельные функции.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие сведения.....	8
2. Назначение и условия применения библиотеки .....	11
2.1. Необходимое программное обеспечение для функционирования библиотеки	11
2.2. Языки программирования, используемые для написания библиотеки .....	12
3. Состав библиотеки .....	13
4. Соглашения.....	15
5. Характеристики библиотеки. Обращение, входные и выходные данные.	
Сообщения .....	16
5.1. Адаптивный фильтр LmsRS.....	16
5.1.1. Алгоритм вычисления .....	16
5.1.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	16
5.1.3. Функция <i>InitLmsRS</i> .....	16
5.1.4. Функция <i>RespLmsRS</i> .....	17
5.1.5. Функция <i>CoefLmsRS</i> .....	19
5.2. Адаптивный фильтр LmsCS.....	22
5.2.1. Алгоритм вычисления .....	22
5.2.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	22
5.2.3. Функция <i>InitLmsCS</i> .....	22
5.2.4. Функция <i>RespLmsCS</i> .....	23
5.2.5. Функция <i>CoefLmsCS</i> .....	25
5.3. Адаптивный фильтр LmsRM .....	28
5.3.1. Алгоритм вычисления .....	28
5.3.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	28
5.3.3. Функция <i>InitLmsRM</i> .....	28
5.3.4. Функция <i>RespLmsRM</i> .....	30
5.3.5. Функция <i>CoefLmsRM</i> .....	31
5.4. Адаптивный фильтр LmsCM .....	34
5.4.1. Алгоритм вычисления .....	34
5.4.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	34
5.4.3. Функция <i>InitLmsCM</i> .....	34

5.4.4. Функция <i>RespLmsCM</i> .....	36
5.4.5. Функция <i>CoefLmsCM</i> .....	37
5.5. Адаптивный фильтр <i>NlmsRS</i> .....	40
5.5.1. Алгоритм вычисления .....	40
5.5.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	40
5.5.3. Функция <i>InitNlmsRS</i> .....	40
5.5.4. Функция <i>RespNlmsRS</i> .....	41
5.5.5. Функция <i>CoefNlmsRS</i> .....	43
5.6. Адаптивный фильтр <i>NlmsCS</i> .....	46
5.6.1. Алгоритм вычисления .....	46
5.6.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	46
5.6.3. Функция <i>InitNlmsCS</i> .....	46
5.6.4. Функция <i>RespNlmsCS</i> .....	47
5.6.5. Функция <i>CoefNlmsCS</i> .....	49
5.7. Адаптивный фильтр <i>NlmsRM</i> .....	52
5.7.1. Алгоритм вычисления .....	52
5.7.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	52
5.7.3. Функция <i>InitNlmsRM</i> .....	52
5.7.4. Функция <i>RespNlmsRM</i> .....	54
5.7.5. Функция <i>CoefNlmsRM</i> .....	56
5.8. Адаптивный фильтр <i>NlmsCM</i> .....	58
5.8.1. Алгоритм вычисления .....	58
5.8.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	58
5.8.3. Функция <i>InitNlmsCM</i> .....	58
5.8.4. Функция <i>RespNlmsCM</i> .....	60
5.8.5. Функция <i>CoefNlmsCM</i> .....	62
5.9. Адаптивный фильтр <i>RlsRS</i> .....	64
5.9.1. Алгоритм вычисления .....	64
5.9.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	64
5.9.3. Функция <i>InitRlsRS</i> .....	64
5.9.4. Функция <i>RespRlsRS</i> .....	66
5.9.5. Функция <i>CoefRlsRS</i> .....	67

5.10. Адаптивный фильтр RlsCS.....	70
5.10.1. Алгоритм вычисления .....	70
5.10.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	70
5.10.3. Функция <i>InitRlsCS</i> .....	70
5.10.4. Функция <i>RespRlsCS</i> .....	72
5.10.5. Функция <i>CoefRlsCS</i> .....	73
5.11. Адаптивный фильтр RlsRM .....	76
5.11.1. Алгоритм вычисления .....	76
5.11.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	76
5.11.3. Функция <i>InitRlsRM</i> .....	76
5.11.4. Функция <i>RespRlsRM</i> .....	78
5.11.5. Функция <i>CoefRlsRM</i> .....	80
5.12. Адаптивный фильтр RlsCM .....	83
5.12.1. Алгоритм вычисления .....	83
5.12.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	83
5.12.3. Функция <i>InitRlsCM</i> .....	84
5.12.4. Функция <i>RespRlsCM</i> .....	85
5.12.5. Функция <i>CoefRlsCM</i> .....	87
5.13. Адаптивный фильтр RlsSwRS .....	90
5.13.1. Алгоритм вычисления .....	90
5.13.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	90
5.13.3. Функция <i>InitRlsSwRS</i> .....	91
5.13.4. Функция <i>RespRlsSwRS</i> .....	92
5.13.5. Функция <i>CoefRlsSwRS</i> .....	94
5.14. Адаптивный фильтр RlsSwCS .....	97
5.14.1. Алгоритм вычисления .....	97
5.14.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	97
5.14.3. Функция <i>InitRlsSwCS</i> .....	98
5.14.4. Функция <i>RespRlsSwCS</i> .....	99
5.14.5. Функция <i>CoefRlsSwCS</i> .....	101
5.15. Адаптивный фильтр RlsSwRM .....	104
5.15.1. Алгоритм вычисления .....	104

5.15.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	104
5.15.3. Функция <i>InitRlsSwRM</i> .....	105
5.15.4. Функция <i>RespRlsSwRM</i> .....	107
5.15.5. Функция <i>CoefRlsSwRM</i> .....	109
5.16. Адаптивный фильтр RlsSwCM .....	112
5.16.1. Алгоритм вычисления .....	112
5.16.2. Расположение массивов в памяти DSP .....	112
5.16.3. Функция <i>InitRlsSwCM</i> .....	113
5.16.4. Функция <i>RespRlsSwCM</i> .....	115
5.16.5. Функция <i>CoefRlsSwCM</i> .....	117
Перечень сокращений .....	120

## 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Адаптивные устройства обработки данных действуют по принципу замкнутого контура (обратной связи). Входной сигнал  $x(k)$  фильтруется для получения выходного сигнала  $y(k)$ , который затем сравнивается с обучающим («требуемым») сигналом  $d(k)$  для получения сигнала ошибки  $\alpha(k)$ . Затем этот сигнал ошибки используется для корректировки весовых коэффициентов фильтра с целью постепенной минимизации ошибки. Адаптивные фильтры отличаются способом обновления весовых коэффициентов, который, в свою очередь, отвечает за скорость сходимости и точность адаптации, а также определяет вычислительную сложность алгоритма.

При описании алгоритмов адаптивной фильтрации в документе приняты обозначения, приведенные в табл. 1.

Таблица 1. Условные обозначения

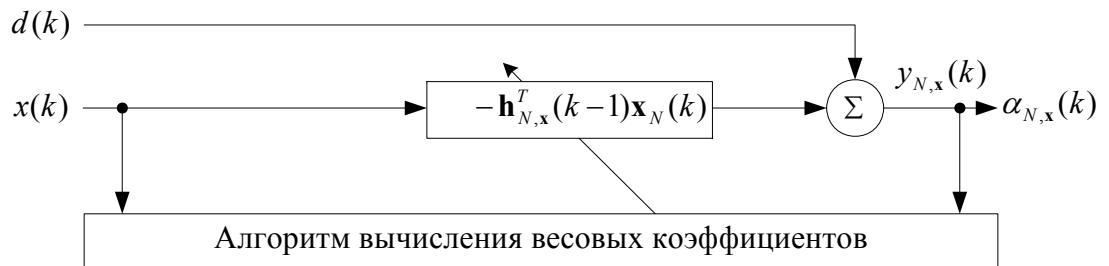
$\mathbf{R}_{N,x}$	Корреляционная матрица одноканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{R}_{N,\chi}$	Корреляционная матрица многоканального адаптивного фильтра.
$\Lambda_N$	Диагональная матрица.
$\mathbf{h}_{N,x}$	Вектор весовых коэффициентов одноканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{h}_{N,\chi}$	Вектор весовых коэффициентов многоканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{h}_{N_m,x}$	Вектор весовых коэффициентов в $m$ -м канале многоканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{x}_N$	Вектор сигналов (линия задержки) одноканального адаптивного фильтра.
$\chi_N$	Вектор сигналов (линия задержки) многоканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{x}_{N_m}$	Вектор сигналов (линия задержки) в $m$ -м канале многоканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{g}_{N,x}$	Вектор коэффициентов, известных как Kalman gains, для одноканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{g}_{N,\chi}$	Вектор коэффициентов, известных как Kalman gains, для многоканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{x}_N^L$	Память скользящего окна для входного сигнала одноканального фильтра.
$\chi_N^L$	Память скользящего окна для входного сигнала многоканального фильтра.
$\mathbf{x}_{N_m}^L$	Память скользящего окна для входного сигнала в $m$ -м канале многоканального фильтра.



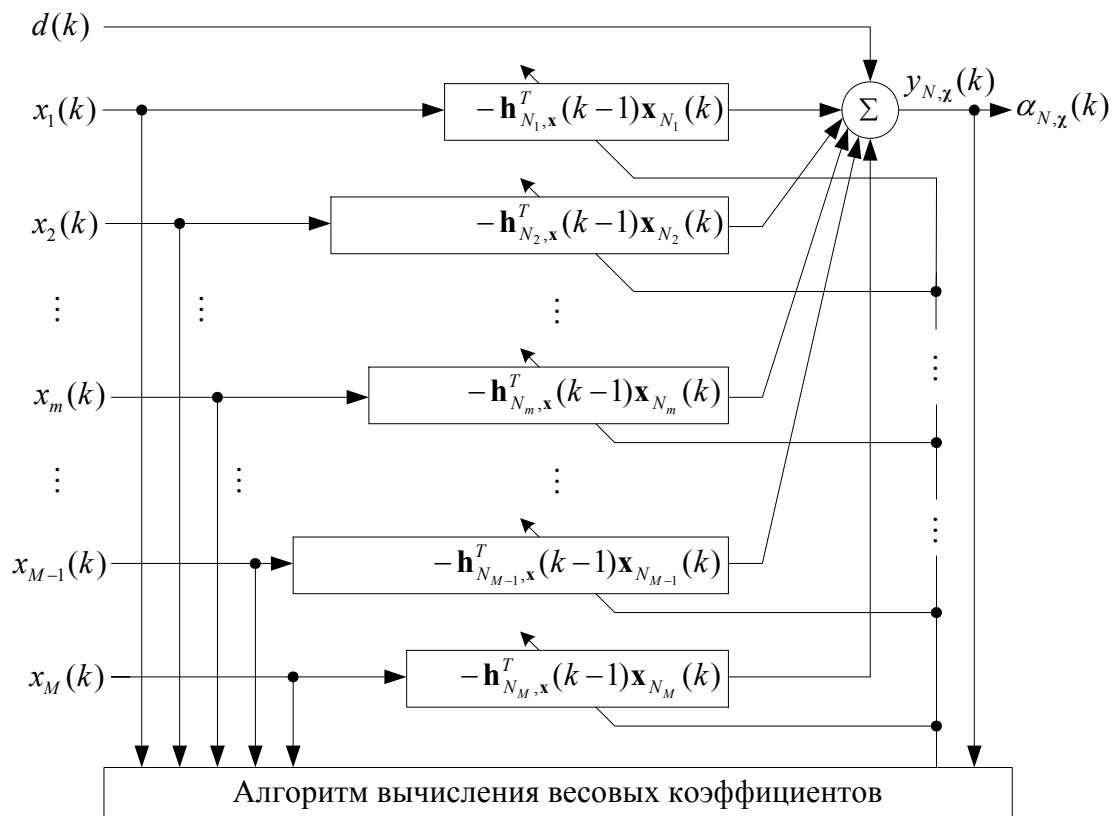
$\mathbf{d}^L$	Память скользящего окна для желаемого сигнала.
$N$	Число коэффициентов адаптивного фильтра.
$N_m$	Число коэффициентов в $m$ -м канале многоканального адаптивного фильтра.
$M$	Число каналов многоканального адаптивного фильтра.
$L$	Длина скользящего окна (число выборок)
$k$	Номер итерации работы адаптивного фильтра.
$K$	Число итераций работы адаптивного фильтра.
$d$	“Требуемый (desired)” сигнал адаптивного фильтра.
$x$	Входной сигнал одноканального адаптивного фильтра.
$x_m$	Входной сигнал $m$ -го канала многоканального адаптивного фильтра.
$\alpha_{N,x}$	Сигнал ошибки одноканального адаптивного фильтра.
$\alpha_{N,\chi}$	Сигнал ошибки многоканального адаптивного фильтра.
$y_{N,x}$	Выходной сигнал одноканального адаптивного фильтра.
$y_{N,\chi}$	Выходной сигнал многоканального адаптивного фильтра.
$\lambda$	Параметр, выбираемый в RLS алгоритмах из условия $(1 - 0,4/N) \leq \lambda \leq 1$ .
$\delta$	Параметр начальной регуляризации обращения корреляционной матрицы.
$\mu$	Шаг сходимости в LMS алгоритмах или масштабирующий множитель шага сходимости в NLMS алгоритмах.
$( )^*$	Знак комплексного сопряжения скалярной величины.
$( )^T$	Знак транспонирования вектора или матрицы.
$( )^H$	Знак эрмитово сопряжения вектора или матрицы (транспонирование и комплексное сопряжение элементов).

На рис. 1 представлена общая схема одноканального адаптивного фильтра с действительными весовыми коэффициентами, на рис. 2 – схема адаптивного многоканального фильтра с действительными весовыми коэффициентами. Многоканальные адаптивные фильтры отличаются от одноканальных наличием нескольких потоков входных данных, и, следовательно, способом формирования обрабатываемых векторов входных сигналов и способом вычисления выходного сигнала.

Одноканальный адаптивный фильтр с действительными весовыми коэффициентами  
Рис. 1



Многоканальный адаптивный фильтр с действительными весовыми коэффициентами  
Рис. 2



В адаптивных фильтрах с комплексными весовыми коэффициентами операции транспонирования векторов и матриц заменяются на операции эрмитово сопряжения, а также появляются операции комплексного сопряжения в ряде скалярных величин.

## 2. НАЗНАЧЕНИЕ И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИБЛИОТЕКИ

### 2.1. Необходимое программное обеспечение для функционирования библиотеки

Библиотека предназначена для использования на DSP-ядре MultiCore-24.

Библиотека представляет собой файл с расширением `.a`, в котором находятся объектные файлы, содержащие готовый к компоновке исполняемый код и данные.

Для подключения и использования библиотеки в проекте необходимо:

- 1) В диалоге *Tools > Settings >* для компоновщика DSP добавить директиву `-L` с указанием адреса библиотеки и её именем, заменяя обязательный префикс `“lib”` на префикс `“l”` (`-laf24`).
- 2) Откорректировать скрипт для сборки модуля `dsp` – файл `*.xl`. Данный файл необходимо переименовать, чтобы при компиляции его не затерла MCStudio, и прописать новое имя вызове компоновщика.

Сам скрипт изменить следующим образом:

```
SECTIONS {
    _dsp_LMA_ = . ;

    .dsp_text 0x00000000 : AT(_dsp_LMA_)
    {
        <ваш файл>.*(.text);
        <файл содержащий функцию>.*(.text);
    }

    .dsp_data 0x00000000 : AT(_dsp_LMA_ + SIZEOF(.dsp_text))
    {
        <ваш файл>.*(.data);
        <файл содержащий функцию>.*(.data);
    }

    .dsp_bss :
    {
        *(COMMON)
        <файл содержащий функцию>.*(.bss);
    }
}
```

- 3) Вызов функции в программе DSP-ядра осуществляется инструкцией:

*BS* <имя функции>.

- 4) Передача входных параметров и возврат значения функции осуществляется через

регистры, указанные в описании конкретной функции.

## **2.2. Языки программирования, используемые для написания библиотеки**

Ассемблер DSP ядра Elcore платформы МУЛЬТИКОР.

### 3. СОСТАВ БИБЛИОТЕКИ

Библиотека включает следующие фильтры, использующие соответствующие адаптивные алгоритмы:

- 1) одноканальный адаптивный LMS фильтр с действительными весовыми коэффициентами (*LmsRS*, функции расположены в файле *lms\_r\_s*);
- 2) одноканальный адаптивный LMS фильтр с комплексными весовыми коэффициентами (*LmsCS*, функции расположены в файле *lms\_c\_s*);
- 3) многоканальный адаптивный LMS фильтр с действительными весовыми коэффициентами (*LmsRM*, функции расположены в файле *lms\_r\_m*);
- 4) многоканальный адаптивный LMS фильтр с комплексными весовыми коэффициентами (*LmsCM*, функции расположены в файле *lms\_c\_m*);
- 5) одноканальный адаптивный NLMS фильтр с действительными весовыми коэффициентами (*NlmsRS*, функции расположены в файле *nlms\_r\_s*);
- 6) одноканальный адаптивный NLMS фильтр с комплексными весовыми коэффициентами (*NlmsCS*, функции расположены в файле *nlms\_c\_s*);
- 7) многоканальный адаптивный NLMS фильтр с действительными весовыми коэффициентами (*NlmsRM*, функции расположены в файле *nlms\_r\_m*);
- 8) многоканальный адаптивный NLMS фильтр с комплексными весовыми коэффициентами (*NlmsCM*, функции расположены в файле *nlms\_c\_m*);
- 9) одноканальный адаптивный RLS фильтр с бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами (*RlsRS*, функции расположены в файле *rls\_r\_s*);
- 10) одноканальный адаптивный RLS фильтр с бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами (*RlsCS*, функции расположены в файле *rls\_c\_s*);
- 11) многоканальный адаптивный RLS фильтр с бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами (*RlsRM*, функции расположены в файле *rls\_r\_m*);
- 12) многоканальный адаптивный RLS фильтр с бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами (*RlsCM*, функции расположены в файле *rls\_c\_m*);
- 13) одноканальный адаптивный RLS фильтр со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами (*RlsSwRS*, функции расположены в файле *rls\_sw\_r\_s*);
- 14) одноканальный адаптивный RLS фильтр со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами (*RlsSwCS*, функции расположены в файле *rls\_sw\_c\_s*).

15) многоканальный адаптивный RLS фильтр со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами (*RlsSwRM*, функции расположены в файле *rls\_sw\_r\_m*);

16) многоканальный адаптивный RLS фильтр со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами (*RlsSwCM*, функции расположены в файле *rls\_sw\_c\_m*);

Работа с каждым из фильтров заключается в использовании трех функций:

*инициализации, нахождения выходного сигнала фильтра и корректировки весовых*

*коэффициентов.* Функция инициализации фильтра используется для обнуления векторов сигналов и весовых коэффициентов и для задания некоторых начальных параметров.

Название функции имеет вид *InitИмя\_фильтра*, например *InitLmsRS*. Функция нахождения

выходного сигнала имеет название *RespИмя\_фильтра*, например *RespLmsRS*, функция

корректировки весовых коэффициентов – *CoefИмя\_фильтра*, например *CoefLmsRS*.

## 4. СОГЛАШЕНИЯ

Значения регистров модификатора  $Mn$ ,  $n = 0, \dots, 7$ , и  $MT$  по умолчанию считаются равными  $0xFFFF$  (линейная арифметика), если не указано другое значение. Значение регистра  $IT$  по умолчанию принимается равным  $0x1$ . J

Вектора сигналов адаптивных фильтров располагаются в X-RAM DSP, вектора весовых коэффициентов – в Y-RAM DSP.

Линии задержки фильтров реализуются как циклические буферы. В случае многоканальных фильтров, линия задержки каждого из каналов реализуется как циклический буфер.

При работе с комплексными числами запись их в память производится следующим образом: сначала записывается действительная часть комплексного числа, следом – мнимая часть.

Запись « $RX: N$ » (например,  $R2: N$ ) означает, что соответствующие регистры SIMD-секций  $RX\_0$  и  $RX\_1$  должны иметь одинаковые значения ( $R2\_0=R2\_1=N$ ), в противном случае, значения регистров  $RX\_0$  и  $RX\_1$  указываются отдельно.

Все массивы, используемые в функциях, должны располагаться в памяти, начиная с четного адреса.

При указании значений адресных регистров примечание «в режиме 1SIMD» говорит о том, что адрес указывается для режима работы с одной SIMD-секцией, «в режиме 2SIMD» – для работы с двумя SIMD-секциями (адрес в режиме 1SIMD есть адрес в режиме 2SIMD, умноженный на 2).

Порядок каждого из каналов  $N_i$ ,  $i = 1, \dots, M$  должен быть четным числом, больше либо равным 8.

Регистры, в которых содержатся константы (порядок фильтра  $N$ , число каналов  $M$ , длина скользящего окна  $L$ , параметры  $\lambda$ ,  $1/\lambda$ ,  $\delta$ ,  $\mu$ ), в процессе работы функций, как правило, не меняют своих значений.

## 5. ХАРАКТЕРИСТИКИ БИБЛИОТЕКИ. ОБРАЩЕНИЕ, ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ДАННЫЕ. СООБЩЕНИЯ

### 5.1. Адаптивный фильтр LmsRS

#### 5.1.1. Алгоритм вычисления

$$0) \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

**For**  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mu \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}(k)$$

**End for**  $k$

#### 5.1.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$

#### 5.1.3. Функция *InitLmsRS*

##### 5.1.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

##### 5.1.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: базовый адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (вектор реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP) (в режиме 2SIMD)



### 5.1.3.3. Выходные данные

Регистры  $R24$  и  $R26$ : служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

### 5.1.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 7 32-разрядных слов

X-RAM:  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $N$  32-разрядных слов

### 5.1.3.5. Алгоритм вычисления

$$\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

### 5.1.3.6. Количество тактов

$$N + 4$$

### 5.1.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.1.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30          ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0      ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
BS InitLmsRS         ; вызов функции
...
```

## 5.1.4. Функция *RespLmsRS*

### 5.1.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

### 5.1.4.2. Входные данные

Регистр  $R30$ : порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр  $A0$ : адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$ , куда будет записан новый входной сигнал (в режиме 1SIMD)

Регистр  $M0$ :  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $MT0$ , регистр  $MT1$ :  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов  $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр  $R2$ : входной сигнал  $x$  (тип *float*)

#### 5.1.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $A1$ : адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R4\_0$  и  $R4\_1$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R4\_0 + R4\_1$

#### 5.1.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 20 32-разрядных слов

X-RAM –  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.1.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$$

$$2) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.1.4.6. Количество тактов

$$\frac{N}{2} + 12$$

#### 5.1.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.1.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30           ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0       ; адрес самого старого сигнала
MOVE h_addr, AT       ; адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in, R2         ; входной сигнал
BS RespLmsRS         ; вызов функции
...
```

### 5.1.5. Функция *CoefLmsRS*

#### 5.1.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.1.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A1*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес для обновления вектора весовых коэффициентов (при первом вызове функции необходимо указать базовый адрес вектора весовых коэффициентов, в дальнейшем значение регистра определяется автоматически при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *M1*:  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 2SIMD)

Регистр  $M2$ :  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых

коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес конца вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$

(необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес начала вектора весовых коэффициентов фильтра

$\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R4$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр  $R6$ : требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр  $R12$ : шаг сходимости  $\mu$  (тип *float*)

### 5.1.5.3. Выходные данные

Регистр  $A2$ : адрес для обновления весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистры  $AT0$  и  $AT1$ : адреса весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , необходимые для дальнейшей работы фильтра (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R8$ : сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.1.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 22 32-разрядных слов

X-RAM –  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

### 5.1.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mu \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}(k)$$

### 5.1.5.6. Количество тактов

$N + 8$

### 5.1.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.1.5.8. Синтаксис

```
MOVE n,R30           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A1       ;адрес самого нового сигнала
MOVE h_addr_,A2      ;адрес вектора коэффициентов (для записи)
MOVE h_addr,AT       ;адрес вектора коэффициентов
MOVE y,R4            ;выходной сигнал
MOVE d,R6            ;желаемый сигнал
MOVE mu,R12          ;шаг сходимости
BS CoefLmsRS        ;вызов функции
...

```

## 5.2. Адаптивный фильтр LmsCS

### 5.2.1. Алгоритм вычисления

$$0) \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mu \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.2.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$

### 5.2.3. Функция *InitLmsCS*

#### 5.2.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального LMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.2.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: базовый адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (вектор реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP) (в режиме 2SIMD)

#### 5.2.3.3. Выходные данные

Регистры *R10* и *R11*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

#### 5.2.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 9 32-разрядных слов

X-RAM:  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.2.3.5. Алгоритм вычисления

$$\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

#### 5.2.3.6. Количество тактов

$$2N + 4$$

#### 5.2.3.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.2.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30          ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr2, A0     ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
BS InitLmsCS         ; вызов функции
...
```

### 5.2.4. Функция *RespLmsCS*

#### 5.2.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального LMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.2.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$ , куда будет записана действительная часть нового входного сигнала (в режиме 1SIMD)

Регистр *M0*:  $(2N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес действительной части последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес действительной части первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистры  $MT0$  и  $MT1$ :  $(N-1)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов  $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр  $R2$ : действительная часть входного сигнала  $re(x)$  (тип *float*)

Регистр  $R4$ : мнимая часть входного сигнала  $im(x)$  (тип *float*)

#### 5.2.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $A1$ : адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R6\_0$  и  $R6\_1$ : действительная часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):  
 $re(y_{N,x}) = R6\_0 + R6\_1$

Регистры  $R8\_0$  и  $R8\_1$ : мнимая часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):  
 $im(y_{N,x}) = R8\_0 + R8\_1$

#### 5.2.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 37 32-разрядное слово

X-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.2.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$$



$$2) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.2.4.6. Количество тактов

$2N + 18$

#### 5.2.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.2.4.8. Синтаксис

```

MOVE n,R30           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A0       ;адрес действительной части старого сигнала
MOVE h_addr,AT       ;адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in,R2      ;входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in,R4      ;входной сигнал (мнимая часть)
BS RespLmsCS        ;вызов функции
...

```

### 5.2.5. Функция *CoefLmsCS*

#### 5.2.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.2.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A1*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес для обновления вектора весовых коэффициентов (при первом вызове функции необходимо указать базовый адрес вектора весовых коэффициентов, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *M1*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 2SIMD)

Регистр *M2*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес действительной части последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес действительной части первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R6$ : действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр  $R8$ : мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр  $R12$ : шаг сходимости  $\mu$  (тип *float*)

Регистр  $R14$ : действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр  $R16$ : мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

### 5.2.5.3. Выходные данные

Регистр  $A2$ : адрес для обновления весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистры  $AT0$  и  $AT1$ : адреса весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , необходимые для дальнейшей работы фильтра (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R6$ : действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр  $R8$ : мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

### 5.2.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 57 32-разрядных слова

X-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

### 5.2.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mu \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}^*(k)$$

### 5.2.5.6. Количество тактов

$2N + 17$

### 5.2.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.2.5.8. Синтаксис

```
MOVE n,R30           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A1       ;адрес мнимой части нового сигнала
MOVE h_addr,AT       ;адрес вектора коэффициентов
MOVE h_addr_,A2      ;адрес вектора коэффициентов (для записи)
MOVE re_y_in,R6      ;выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y_in,R8      ;выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE mu,R12          ;шаг сходимости
MOVE re_d_in,R14     ;желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d_in,R16     ;желаемый сигнал (мнимая часть)
BS CoefLmsCS        ;вызов функции
. . .
```

### 5.3. Адаптивный фильтр LmsRM

#### 5.3.1. Алгоритм вычисления

$$0) \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k) &= [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T \end{aligned}$$

$$2) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mu\alpha_{N,\chi}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k)$$

End for  $k$

#### 5.3.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{C}$  (см. ниже), массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$

#### 5.3.3. Функция *InitLmsRM*

##### 5.3.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

##### 5.3.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A} = \{adr(\mathbf{x}_{N_1}), adr(\mathbf{x}_{N_2}), \dots, adr(\mathbf{x}_{N_M})\}$  базовых адресов

векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (адреса указываются для режима 1SIMD) (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi})\}$  базовых адресов

векторов весовых коэффициентов каждого из каналов; вектор весовых коэффициентов каждого из каналов реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP; каждый адрес входит в массив **В** дважды; адреса указываются для режима 2SIMD (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив **С** порядков каждого из каналов фильтра, деленных

на 2:  $C = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

### 5.3.3.3. Выходные данные

Регистры *R24* и *R26*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

### 5.3.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 16 32-разрядных слов

X-RAM:  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.3.3.5. Алгоритм вычисления

$\chi_N(0) = \mathbf{0}_N$ ,  $\mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

### 5.3.3.6. Количество тактов

$10M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$

### 5.3.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.3.3.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
BS InitLmsRM          ; вызов функции
...
```

### 5.3.4. Функция *RespLmsRM*

#### 5.3.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами. аккумулятор

#### 5.3.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес первого коэффициента канала, второй адрес – адрес последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$  (в режиме 1SIMD)

#### 5.3.4.3. Выходные данные

В массиве  $\mathbf{A}$  записаны адреса самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистры *R6\_0* и *R6\_1*: выходной сигнал  $y_{N, \chi}$  (тип *float*):  $y_{N, \chi} = R6\_0 + R6\_1$

#### 5.3.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 31 32-разрядных слова

X-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.3.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \quad \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2,\dots,N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1,\dots,N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$
$$\boldsymbol{\chi}_N(k) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T$$

$$2) \quad y_{N,\chi} = \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)$$

### 5.3.4.6. Количество тактов

$$22M + \frac{(N_1 + N_2 + \dots + N_M)}{2} + 2$$

### 5.3.4.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.3.4.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE x_in_addr, A5    ; адрес массива входных сигналов
BS RespLmsRM         ; вызов функции
...
```

## 5.3.5. Функция *CoefLmsRM*

### 5.3.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального LMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

### 5.3.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив **A** адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}[0]), adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}[N_1-1]), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi}[N_M-1]), adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi}[N_M-1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес первого коэффициента

канала, второй адрес – адрес последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива **В** задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив **С** порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $C = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R6*: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр *R14*: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр *R12*: шаг сходимости  $\mu$  (тип *float*)

### 5.3.5.3. Выходные данные

В массиве **В** записаны адреса весовых коэффициентов каналов, необходимые для дальнейшей работы фильтра

Регистр *R8*: сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.3.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 45 32-разрядных слов

X-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.3.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mu \chi_N(k) \alpha_{N,x}(k)$$

### 5.3.5.6. Количество тактов

$$25M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$$

### 5.3.5.7. Сообщения

Не выдаются



### 5.3.5.8. Синтаксис

```
MOVE m,R30           ;число каналов
MOVE A_addr,A0       ;адрес массива A
MOVE B_addr,A1       ;адрес массива B
MOVE C_addr,A2       ;адрес массива C
MOVE y,R6            ;выходной сигнал
MOVE d,R14           ;желаемый сигнал
MOVE mu,R12          ;шаг сходимости
BS CoefLmsRM         ;вызов функции
...

```

## 5.4. Адаптивный фильтр LmsCM

### 5.4.1. Алгоритм вычисления

$$0) \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \end{aligned}$$

$$2) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^H(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mu \alpha_{N,\chi}(k) \alpha_{N,\chi}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.4.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{C}$  (см. ниже), массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$

### 5.4.3. Функция *InitLmsCM*

#### 5.4.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального LMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.4.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A} = \{adr(\mathbf{x}_{N_1}), adr(\mathbf{x}_{N_2}), \dots, adr(\mathbf{x}_{N_M})\}$  базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (адреса указываются для режима 1SIMD) (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi})\}$  базовых адресов

векторов весовых коэффициентов каждого из каналов; вектор весовых коэффициентов каждого из каналов реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP; каждый адрес входит в массив **В** дважды; адреса указываются для режима 2SIMD (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив **С** порядков каждого из каналов фильтра, деленных

на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

#### 5.4.3.3. Выходные данные

Регистры *R2* и *R3*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

#### 5.4.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 18 32-разрядных слов

X-RAM:  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.4.3.5. Алгоритм вычисления

$\chi_N(0) = \mathbf{0}_N$ ,  $\mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

#### 5.4.3.6. Количество тактов

$10M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$

#### 5.4.3.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.4.3.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
BS InitLmsCM         ; вызов функции
...
```

#### 5.4.4. Функция *RespLmsCM*

##### 5.4.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального LMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

##### 5.4.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес действительной части первого коэффициента канала, второй адрес – адрес действительной части последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов, деленных на 2:

$$\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\} \text{ (в режиме 1SIMD)}$$

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра

$\{re(x_1), im(x_1), re(x_2), im(x_2), \dots, re(x_M), im(x_M)\}$  (в режиме 1SIMD)

##### 5.4.4.3. Выходные данные

В массиве  $\mathbf{A}$  записаны адреса действительных частей самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$

Регистры *R6\_0* и *R6\_1*: действительная часть выходного сигнала  $y_{N, \chi}$  (тип *float*):

$$re(y_{N, \chi}) = R6\_0 + R6\_1$$

Регистры *R8\_0* и *R8\_1*: мнимая часть выходного сигнала  $y_{N, \chi}$  (тип *float*):

$$im(y_{N, \chi}) = R8\_0 + R8\_1$$

#### 5.4.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 51 32-разрядных слов

X-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 6M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.4.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \quad \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2,\dots,N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1,\dots,N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$
$$\boldsymbol{\chi}_N(k) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T$$

$$2) \quad \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^H(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)$$

#### 5.4.4.6. Количество тактов

$$28M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$$

#### 5.4.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.4.4.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE x_in_addr, A5    ; адрес массива входных сигналов
BS RespLmsCM         ; вызов функции
...

```

### 5.4.5. Функция *CoefLmsCM*

#### 5.4.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального LMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.4.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив **A** адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив  $\mathbf{B} = \{adr(re\mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(re\mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(re\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(re\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес действительной части первого коэффициента канала, второй адрес – адрес действительной части последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива **B** задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R6*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N, \chi})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N, \chi})$  (тип *float*)

Регистр *R12*: шаг сходимости  $\mu$  (тип *float*)

Регистр *R14*: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр *R16*: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

### 5.4.5.3. Выходные данные

В массиве **B** записаны адреса весовых коэффициентов каналов, необходимые для дальнейшей работы фильтра

Регистр *R6*: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N, \chi})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N, \chi})$  (тип *float*)

### 5.4.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 78 32-разрядных слова

X-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.4.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mu \chi_N(k) \alpha_{N,\chi}^*(k)$$

#### 5.4.5.6. Количество тактов

$$32M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 6$$

#### 5.4.5.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.4.5.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE re_y, R6         ; выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y, R8         ; выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE re_d, R14        ; желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d, R16        ; желаемый сигнал (мнимая часть)
MOVE mu, R12          ; шаг сходимости
BS CoefLmsCM         ; вызов функции
. . .
```

## 5.5. Адаптивный фильтр NlmsRS

### 5.5.1. Алгоритм вычисления

$$0) \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{x}_N(k) + \delta^2} \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}(k)$$

End for  $k$

### 5.5.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$

### 5.5.3. Функция *InitNlmsRS*

#### 5.5.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.5.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: базовый адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (вектор реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP) (в режиме 2SIMD)

#### 5.5.3.3. Выходные данные

Регистры *R24* и *R26*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)



#### 5.5.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 7 32-разрядных слов

X-RAM:  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $N$  32-разрядных слов

#### 5.5.3.5. Алгоритм вычисления

$$\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

#### 5.5.3.6. Количество тактов

$$N + 4$$

#### 5.5.3.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.5.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30          ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0      ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
BS InitNlmsRS        ; вызов функции
...
```

### 5.5.4. Функция *RespNlmsRS*

#### 5.5.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами и вычисления шага сходимости.

#### 5.5.4.2. Входные данные

Регистр  $R30$ : порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр  $A0$ : адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$ , куда будет записан новый входной сигнал (в режиме 1SIMD)

Регистр  $M0$ :  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD, необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов)

Регистр  $MT0$ , регистр  $MT1$ :  $\left(\frac{N}{2}-1\right)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов  $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр  $R2$ : входной сигнал  $x$  (тип *float*)

Регистр  $R10$ : величина  $P(k-1) = \mathbf{x}_N^T(k-1)\mathbf{x}_N(k-1)$  на прошлой итерации (тип *float*) (первоначально  $P(0) = 0$ )

Регистр  $R12$ : параметр начальной регуляризации  $\delta$  (тип *float*)

Регистр  $R18$ : масштабирующий множитель шага сходимости  $\mu$  (тип *float*)

#### 5.5.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $A1$ : адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R4\_0$  и  $R4\_1$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R4\_0 + R4\_1$

Регистр  $R10\_0$ : величина  $P(k) = \mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k)$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр  $R12\_0$ : шаг сходимости  $\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

#### 5.5.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 38 32-разрядных слов

X-RAM –  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.5.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

ЭЛВИС 2005

- 1)  $P(k) = P(k-1) + (\mathbf{x}_N^T(k) - \mathbf{x}_N^T(k-1))$
- 2)  $\mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$
- 3)  $y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1)\mathbf{x}_N(k)$

#### 5.5.4.6. Количество тактов

$$\frac{N}{2} + 25$$

#### 5.5.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.5.4.8. Синтаксис

```

MOVE n, R30           ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0       ; адрес самого старого сигнала
MOVE h_addr, A1       ; адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in, R2         ; входной сигнал
MOVE P, R10           ; величина P
MOVE dlt, R12         ; параметр начальной регуляризации
MOVE mu, R18          ; масштабирующий множитель шага сходимости
BS RespNlmsRS        ; вызов функции
...

```

### 5.5.5. Функция *CoefNlmsRS*

#### 5.5.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.5.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A1*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес для обновления вектора весовых коэффициентов (при первом вызове функции необходимо указать базовый адрес вектора весовых коэффициентов, в

дальнейшем значение регистра определяется автоматически при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $M1$ :  $\left(\frac{N}{2}-1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 2SIMD)

Регистр  $M2$ :  $\left(\frac{N}{2}-1\right)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес конца вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес начала вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R4$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр  $R6$ : требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр  $R12$ : шаг сходимости  $\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

### 5.5.5.3. Выходные данные

Регистр  $A2$ : адрес для обновления весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистры  $AT0$  и  $AT1$ : адреса весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , необходимые для дальнейшей работы фильтра (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R8$ : сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.5.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 22 32-разрядных слов

X-RAM –  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

### 5.5.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta} \mathbf{x}_N(k)\alpha_{N,x}(k)$$

### 5.5.5.6. Количество тактов

$N+8$

### 5.5.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.5.5.8. Синтаксис

```
MOVE n,R30           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A1       ;адрес самого нового сигнала
MOVE h_addr,AT       ;адрес вектора коэффициентов
MOVE h_addr_,A2      ;адрес вектора коэффициентов (для записи)
MOVE y,R4            ;выходной сигнал
MOVE d,R6            ;желаемый сигнал
MOVE step,R12        ;шаг сходимости
BS CoefNlmsRS        ;вызов функции
...

```

## 5.6. Адаптивный фильтр NlmsCS

### 5.6.1. Алгоритм вычисления

$$0) \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \frac{\mu}{\mathbf{x}_N^H(k) \mathbf{x}_N(k) + \delta^2} \mathbf{x}_N(k) \alpha_{N,x}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.6.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$

### 5.6.3. Функция *InitNlmsCS*

#### 5.6.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.6.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: базовый адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (вектор реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP) (в режиме 2SIMD)

#### 5.6.3.3. Выходные данные

Регистры *R10* и *R11*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

#### 5.6.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 9 32-разрядных слов

X-RAM:  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.6.3.5. Алгоритм вычисления

$$\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$$

#### 5.6.3.6. Количество тактов

$$2N + 4$$

#### 5.6.3.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.6.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30          ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0      ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
BS InitNlmsCS        ; вызов функции
...
```

### 5.6.4. Функция *RespNlmsCS*

#### 5.6.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами и вычисления шага сходимости.

#### 5.6.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A0*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$ , куда будет записана действительная часть нового входного сигнала (в режиме 1SIMD)

Регистр *M0*:  $(2N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT0$ : адрес действительной части последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $AT1$ : адрес действительной части первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр  $MT0$ , регистр  $MT1$ :  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов  $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр  $R2$ : действительная часть входного сигнала  $re(x)$  (тип *float*)

Регистр  $R4$ : мнимая часть входного сигнала  $im(x)$  (тип *float*)

Регистр  $R12$ : параметр начальной регуляризации  $\delta$  (тип *float*)

Регистр  $R16$ : величина  $P(k - 1) = \mathbf{x}_N^T(k - 1)\mathbf{x}_N(k - 1)$  на прошлой итерации (тип *float*) (первоначально  $P(0) = 0$ )

Регистр  $R18$ : масштабирующий множитель шага сходимости  $\mu$  (тип *float*)

### 5.6.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $A1$ : адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R6\_0$  и  $R6\_1$ : действительная часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):  
 $re(y_{N,x}) = R6\_0 + R6\_1$

Регистры  $R8\_0$  и  $R8\_1$ : мнимая часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):  
 $im(y_{N,x}) = R8\_0 + R8\_1$

Регистр  $R12\_0$ : шаг сходимости  $\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр  $R16\_0$ : величина  $P(k) = \mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k)$  на текущей итерации (тип *float*)



#### 5.6.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 62 32-разрядных слова

X-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.6.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) P(k) = P(k-1) + (\mathbf{x}_N^2(k) - \mathbf{x}_N^2(k-1))$$

$$2) \mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$$

$$3) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.6.4.6. Количество тактов

$2N + 34$

#### 5.6.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.6.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30           ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A0       ; адрес действительной части старого сигнала
MOVE h_addr, AT       ; адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in, R2      ; входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in, R4      ; входной сигнал (мнимая часть)
MOVE P, R16           ; величина P
MOVE dlt, R12         ; параметр начальной регуляризации
MOVE mu, R18          ; масштабирующий множитель шага сходимости
BS RespNlmsCS        ; вызов функции
...
```

### 5.6.5. Функция *CoefNlmsCS*

#### 5.6.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

### 5.6.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A1*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес для обновления вектора весовых коэффициентов (при первом вызове функции необходимо указать базовый адрес вектора весовых коэффициентов, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *M1*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки (в режиме 2SIMD)

Регистр *M2*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера вектора весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT0*: адрес действительной части последнего весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT1*: адрес действительной части первого весового коэффициента фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (необходимо указать эти значения только при первом вызове функции, в дальнейшем значение регистра определяется при корректировке весовых коэффициентов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *R6*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R12*: шаг сходимости  $\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр *R14*: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр *R16*: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

### 5.6.5.3. Выходные данные

Регистр *A2*: адрес для обновления весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистры *AT0* и *AT1*: адреса весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , необходимые для дальнейшей работы фильтра (в режиме 2SIMD)

Регистр *R6*: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

#### 5.6.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 57 32-разрядных слова

X-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.6.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \frac{\mu}{\mathbf{x}_N^H(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta^2} \mathbf{x}_N(k)\alpha_{N,x}^*(k)$$

#### 5.6.5.6. Количество тактов

$$2N + 17$$

#### 5.6.5.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.6.5.8. Синтаксис

```

MOVE n,R30           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A1      ;адрес мнимой части нового сигнала
MOVE h_addr,AT      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE h_addr_,A2     ;адрес вектора коэффициентов (для записи)
MOVE re_y_in,R6     ;выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y_in,R8     ;выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE step,R12       ;шаг сходимости
MOVE re_d_in,R14    ;желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d_in,R16    ;желаемый сигнал (мнимая часть)
BS CoefNlmsCS      ;вызов функции
...

```

## 5.7. Адаптивный фильтр NlmsRM

### 5.7.1. Алгоритм вычисления

$$0) \chi_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \chi_N(k) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \end{aligned}$$

$$2) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1) \chi_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \frac{\mu}{\chi_N^T(k) \chi_N(k) + \delta^2} \chi_N(k) \alpha_{N,\chi}(k)$$

End for  $k$

### 5.7.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{C}$  (см. ниже), массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$

### 5.7.3. Функция *InitNlmsRM*

#### 5.7.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.7.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A} = \{adr(\mathbf{x}_{N_1}), adr(\mathbf{x}_{N_2}), \dots, adr(\mathbf{x}_{N_M})\}$  базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (адреса указываются для режима 1SIMD) (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi})\}$  базовых адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов; вектор весовых коэффициентов каждого из каналов реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP; каждый адрес входит в массив  $\mathbf{B}$  дважды; адреса указываются для режима 2SIMD (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных

на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

### 5.7.3.3. Выходные данные

Регистры *R24* и *R26*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

### 5.7.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 16 32-разрядных слов

X-RAM:  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.7.3.5. Алгоритм вычисления

$\chi_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

### 5.7.3.6. Количество тактов

$10M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$

### 5.7.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.7.3.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
BS InitNlmsRM         ; вызов функции
...
```

## 5.7.4. Функция *RespNlmsRM*

### 5.7.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами и вычисления шага сходимости.

### 5.7.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес первого коэффициента канала, второй адрес – адрес последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R10*: величина  $P(k-1) = \mathbf{x}_N^T(k-1)\mathbf{x}_N(k-1)$  на прошлой итерации (тип *float*) (первоначально  $P(0) = 0$ )

Регистр *R12*: параметр начальной регуляризации  $\delta$  (тип *float*)

Регистр *R18*: масштабирующий множитель шага сходимости  $\mu$  (тип *float*)

### 5.7.4.3. Выходные данные

В массиве  $\mathbf{A}$  записаны адреса самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистры *R6\_0* и *R6\_1*: выходной сигнал  $y_{N, \chi}$  (тип *float*):  $y_{N, \chi} = R6\_0 + R6\_1$

Регистр  $R10\_0$ : величина  $P(k) = \chi_N^T(k)\chi_N(k)$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр  $R12\_0$ : шаг сходимости  $\frac{\mu}{\chi_N^T(k)\chi_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

#### 5.7.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 49 32-разрядных слова

X-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.7.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) P(k) = P(k-1) + \sum_{m=1}^M \{x_m^2(k) - x_m^2(k - N_m)\}$$

$$2) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \chi_N(k) &= [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T \end{aligned}$$

$$3) y_{N,\chi} = \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1)\chi_N(k)$$

#### 5.7.4.6. Количество тактов

$$25M + \frac{(N_1 + N_2 + \dots + N_M)}{2} + 14$$

#### 5.7.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.7.4.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE x_in_addr, A5    ; адрес массива входных сигналов
MOVE P, R8            ; величина P
MOVE dlt, R12         ; параметр начальной регуляризации
MOVE mu, R18          ; масштабирующий множитель шага сходимости
BS RespNlmsRM         ; вызов функции
...
```

## 5.7.5. Функция *CoefNlmsRM*

### 5.7.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального NLMS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

### 5.7.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(\mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(\mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес первого коэффициента канала, второй адрес – адрес последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R6*: выходной сигнал  $y_{N, \chi}$  (тип *float*)

Регистр *R12*: шаг сходимости  $\frac{\mu}{\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр *R14*: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

### 5.7.5.3. Выходные данные

В массиве  $\mathbf{B}$  записаны адреса весовых коэффициентов каналов, необходимые для дальнейшей работы фильтра

Регистр *R8*: сигнал ошибки  $\alpha_{N, \chi}$  (тип *float*)

### 5.7.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 45 32-разрядных слов

X-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов



Y-RAM –  $(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.7.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$2) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$3) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \frac{\mu}{\chi_N^T(k)\chi_N(k) + \delta^2} \chi_N(k) \alpha_{N,\chi}(k)$$

#### 5.7.5.6. Количество тактов

$$25M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$$

#### 5.7.5.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.7.5.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE y, R6            ; выходной сигнал
MOVE d, R14           ; желаемый сигнал
MOVE step, R12        ; шаг сходимости
BS CoefNlmsRM        ; вызов функции
...
```

## 5.8. Адаптивный фильтр NlmsCM

### 5.8.1. Алгоритм вычисления

$$0) \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \end{aligned}$$

$$2) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^H(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

$$3) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \frac{\mu}{\boldsymbol{\chi}_N^H(k) \boldsymbol{\chi}_N(k) + \delta^2} \boldsymbol{\chi}_N(k) \alpha_{N,\chi}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.8.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), массив  $\mathbf{C}$  (см. ниже), массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$

### 5.8.3. Функция *InitNlmsCM*

#### 5.8.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.8.3.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A} = \{adr(\mathbf{x}_{N_1}), adr(\mathbf{x}_{N_2}), \dots, adr(\mathbf{x}_{N_M})\}$  базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (адреса указываются для режима 1SIMD) (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_1,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_2,\chi}), \dots, adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi}), adr(\mathbf{h}_{N_M,\chi})\}$  базовых адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов; вектор весовых коэффициентов каждого из каналов реализован как циклический буфер в Y-RAM DSP; каждый адрес входит в массив  $\mathbf{B}$  дважды; адреса указываются для режима 2SIMD (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных

на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

### 5.8.3.3. Выходные данные

Регистры *R2* и *R3*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

### 5.8.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 18 32-разрядных слов

X-RAM:  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.8.3.5. Алгоритм вычисления

$\chi_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

### 5.8.3.6. Количество тактов

$10M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$

### 5.8.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.8.3.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
BS InitNlmsCM         ; вызов функции
...
```

## 5.8.4. Функция *RespNlmsCM*

### 5.8.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

### 5.8.4.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес действительной части первого коэффициента канала, второй адрес – адрес действительной части последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра

$\{re(x_1), im(x_1), re(x_2), im(x_2), \dots, re(x_M), im(x_M)\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R10*: величина  $P(k-1) = \mathbf{x}_N^T(k-1)\mathbf{x}_N(k-1)$  на прошлой итерации (тип *float*) (первоначально  $P(0) = 0$ )

Регистр *R12*: параметр начальной регуляризации  $\delta$  (тип *float*)

Регистр *R16*: масштабирующий множитель шага сходимости  $\mu$  (тип *float*)

### 5.8.4.3. Выходные данные

В массиве  $\mathbf{A}$  записаны адреса действительных частей самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$

Регистры  $R6\_0$  и  $R6\_1$ : действительная часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):

$$re(y_{N,x}) = R6\_0 + R6\_1$$

Регистры  $R8\_0$  и  $R8\_1$ : мнимая часть выходного сигнала  $y_{N,x}$  (тип *float*):

$$im(y_{N,x}) = R8\_0 + R8\_1$$

Регистр  $R10\_0$ : величина  $P(k) = \chi_N^T(k)\chi_N(k)$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр  $R12\_0$ : шаг сходимости  $\frac{\mu}{\chi_N^T(k)\chi_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

#### 5.8.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 74 32-разрядных слов

X-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 6M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

#### 5.8.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) P(k) = P(k-1) + \sum_{m=1}^M \{x_m^2(k) - x_m^2(k-N_m)\}$$

$$2) \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2,\dots,N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1,\dots,N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$

$$\chi_N(k) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T$$

$$3) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1)\chi_N(k)$$

#### 5.8.4.6. Количество тактов

$$34M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 16$$

#### 5.8.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.8.4.8. Синтаксис

MOVE A_addr, A0	; адрес массива A
MOVE B_addr, A1	; адрес массива B
MOVE C_addr, A2	; адрес массива C
MOVE x_in_addr, A5	; адрес массива входных сигналов
MOVE dlt, R12	; параметр начальной регуляризации

```

...
BS RespNlmsCM          ; вызов функции
...

```

### 5.8.5. Функция *CoefNlmsCM*

#### 5.8.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального NLMS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.8.5.2. Входные данные

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{A}$  адресов самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив

$\mathbf{B} = \{adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[0]), adr(re \mathbf{h}_{N_1, \chi}[N_1 - 1]), \dots, adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1]), adr(re \mathbf{h}_{N_M, \chi}[N_M - 1])\}$  адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов: первый адрес – адрес действительной части первого коэффициента канала, второй адрес – адрес действительной части последнего коэффициента канала; адреса указываются для режима 2SIMD; значения элементов массива  $\mathbf{B}$  задаются только при первом вызове функции, в дальнейшем массив формируется автоматически при корректировке весовых коэффициентов (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: указатель на массив  $\mathbf{C}$  порядков каждого из каналов фильтра, деленных на 2:  $\mathbf{C} = \left\{ \frac{N_1}{2}, \frac{N_2}{2}, \dots, \frac{N_M}{2} \right\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R6*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N, \chi})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N, \chi})$  (тип *float*)

Регистр *R12*: шаг сходимости  $\frac{\mu}{\chi_N^T(k)\chi_N(k) + \delta}$  на текущей итерации (тип *float*)

Регистр *R14*: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр *R16*: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

### 5.8.5.3. Выходные данные

В массиве **B** записаны адреса весовых коэффициентов каналов, необходимые для дальнейшей работы фильтра

Регистр *R6*: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,\chi})$  (тип *float*)

Регистр *R8*: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,\chi})$  (тип *float*)

### 5.8.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 78 32-разрядных слова

X-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M)$  32-разрядных слов

### 5.8.5.5. Алгоритм вычисления

*k*-я итерация:

$$1) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$2) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mu_{\chi N}(k) \alpha_{N,\chi}^*(k)$$

### 5.8.5.6. Количество тактов

$$32M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 6$$

### 5.8.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.8.5.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30           ; число каналов
MOVE A_addr, A0       ; адрес массива A
MOVE B_addr, A1       ; адрес массива B
MOVE C_addr, A2       ; адрес массива C
MOVE re_y, R6         ; выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y, R8         ; выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE re_d, R14        ; желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d, R16        ; желаемый сигнал (мнимая часть)
MOVE step, R12        ; шаг сходимости
BS CoefNlmsCM         ; вызов функции
...

```

## 5.9. Адаптивный фильтр RlsRS

### 5.9.1. Алгоритм вычисления

$$0) \quad \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N \\ \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \quad \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \quad \mathbf{g}_{N,x}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}$$

$$3) \quad \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x}(k) \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \quad \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$5) \quad \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x}(k) \alpha_{N,x}(k)$$

End for  $k$

### 5.9.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$ , вектор коэффициентов

Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , обратная

корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1} \mathbf{x}_N$ .

### 5.9.3. Функция *InitRlsRS*

#### 5.9.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.9.3.2. Входные данные

Регистр R2: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$



Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

### 5.9.3.3. Выходные данные

Регистры *R4* и *R5*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

Регистр *R22*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

### 5.9.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 39 32-разрядных слов

X-RAM:  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N^2 + N)$  32-разрядных слов

### 5.9.3.5. Алгоритм вычисления

1)  $\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$

2)  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-1} \mathbf{\Lambda}_N, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$

### 5.9.3.6. Количество тактов

$$\frac{N^2}{2} + 3N + 25$$

### 5.9.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.9.3.8. Синтаксис

```
MOVE n,R2           ;порядок фильтра/2
MOVE lambda,R4      ;параметр lambda
MOVE idlt,R6        ;величина 1/dlt
MOVE x_addr,A0      ;адрес линии задержки
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr,A2     ;адрес обратной корреляционной матрицы
BS InitRlsRS        ;вызов функции
...
```

### 5.9.4. Функция *RespRlsRS*

#### 5.9.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.9.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *R6*: входной сигнал  $x$  (тип *float*)

Регистр *A7*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$ , куда будет записан новый входной сигнал (в режиме 1SIMD)

Регистр *M7*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $h_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

#### 5.9.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A7*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистры *R6\_0* и *R6\_1*: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R6\_0 + R6\_1$

#### 5.9.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 26 32-разрядных слов

X-RAM –  $N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.9.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$$

$$2) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.9.4.6. Количество тактов

$$\frac{N}{2} + 16$$

#### 5.9.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.9.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A7      ; адрес самого старого сигнала
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in, R6        ; входной сигнал
BS RespRlsRS        ; вызов функции
...
```

#### 5.9.5. Функция *CoefRlsRS*

##### 5.9.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

##### 5.9.5.2. Входные данные

Регистр *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$ , куда был записан последний входной сигнал (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M0*:  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр R2: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр R6: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр R8: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр R10: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр R22: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

### 5.9.5.3. Выходные данные

Регистр R6: сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.9.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 168 32-разрядных слов

X-RAM –  $(N^2 + 4N)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.9.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,x}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k) = \lambda^{-1}[\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x}(k)\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)]$$

$$3) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$4) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x}(k)\alpha_{N,x}(k)$$

### 5.9.5.6. Количество тактов

$$\frac{5}{2}N^2 + 21N + 80$$

### 5.9.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.9.5.8. Синтаксис

```
MOVE y,R6           ;выходной сигнал
MOVE d,R8           ;желаемый сигнал
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
...
BS CoefRlsRS        ;вызов функции
...
```

## 5.10. Адаптивный фильтр RlsCS

### 5.10.1. Алгоритм вычисления

$$0) \quad \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N \\ \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \quad \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \quad \mathbf{g}_{N,x}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}$$

$$3) \quad \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x}(k) \mathbf{x}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \quad \alpha_{N,x}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$5) \quad \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x}(k) \alpha_{N,x}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.10.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$ , вектор коэффициентов

Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , обратная

корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1} \mathbf{x}_N$ .

### 5.10.3. Функция *InitRlsCS*

#### 5.10.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.10.3.2. Входные данные

Регистр R2: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

### 5.10.3.3. Выходные данные

Регистр *R22*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистры *R30* и *R31*: служебная информация, необходимая для корректной работы программы (регистры используются при нахождении отклика фильтра и корректировки весовых коэффициентов, их значения не должны изменяться)

### 5.10.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 39 32-разрядных слов

X-RAM:  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(2N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.10.3.5. Алгоритм вычисления

1)  $\mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N$

2)  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-1} \mathbf{\Lambda}_N, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$

### 5.10.3.6. Количество тактов

$$\frac{N^2}{2} + 4N + 25$$

### 5.10.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.10.3.8. Синтаксис

MOVE n, R2	; порядок фильтра/2
MOVE lambda, R4	; параметр lambda

```

MOVE idlt,R6      ; величина 1/dlt
MOVE x_addr,A0    ; адрес линии задержки
MOVE h_addr,A1    ; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr,A2   ; адрес обратной корреляционной матрицы
BS InitRlsCS     ; вызов функции
...

```

#### 5.10.4. Функция *RespRlsCS*

##### 5.10.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

##### 5.10.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра (число весовых коэффициентов), деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *A7*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$ , куда будет записана действительная часть нового входного сигнала (в режиме 1SIMD)

Регистр *M7*:  $(2N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $h_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *R4*: действительная часть входного сигнала  $re(x)$  (тип *float*)

Регистр *R6*: мнимая часть входного сигнала  $im(x)$  (тип *float*)

##### 5.10.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A7*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра  $x_N$  (в режиме 1SIMD)

Регистры *R8\_0* и *R8\_1*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*):  
 $re(y_{N,x}) = R8\_0 + R8\_1$

Регистры *R10\_0* и *R10\_1*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*):  
 $im(y_{N,x}) = R10\_0 + R10\_1$



#### 5.10.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 49 32-разрядных слов

X-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.10.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N(k)|_{2,\dots,N} = \mathbf{x}_N(k-1)|_{1,\dots,N-1}, \mathbf{x}_N(k)|_1 = x(k)$$

$$2) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.10.4.6. Количество тактов

$$2N + 27$$

#### 5.10.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.10.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R0           ; порядок фильтра/2
MOVE x_addr, A7      ; адрес действительной части старого сигнала
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in, R4     ; входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in, R6     ; входной сигнал (мнимая часть)
BS RespRlsCS        ; вызов функции
. . .
```

### 5.10.5. Функция *CoefRlsCS*

#### 5.10.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.10.5.2. Входные данные

Регистр *A0*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M0*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R8*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R10*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R14*: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр *R16*: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

Регистр *R18*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R22*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

#### 5.10.5.3. Выходные данные

Регистр *R8*: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R10*: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

#### 5.10.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 256 32-разрядных слова

X-RAM –  $(2N^2 + 8N)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(2N^2 + 4N)$  32-разрядных слов

#### 5.10.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$2) \mathbf{g}_{N,x}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}$$

$$3) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x}(k)\mathbf{x}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x}(k)\alpha_{N,x}^*(k)$$

#### 5.10.5.6. Количество тактов

$$6N^2 + 36N + 102$$

### 5.10.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.10.5.8. Синтаксис

```
MOVE n,R0           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A0      ;адрес мнимой части нового сигнала
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE g_addr,A3      ;адрес вектора коэффициентов Kalman gains
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE re_y_in,R8     ;выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y_in,R10    ;выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE re_d_in,R14    ;желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d_in,R16    ;желаемый сигнал (мнимая часть)
MOVE lambda,R18     ;параметр lambda
MOVE ilambda,R22    ;величина 1/lambda
BS CoefRlsCS       ;вызов функции
...

```

## 5.11. Адаптивный фильтр RlsRM

### 5.11.1. Алгоритм вычисления

$$0) \quad \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N \\ \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \boldsymbol{\Lambda}_N^{-1}, \boldsymbol{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \quad \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k) = \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T$$

$$2) \quad \mathbf{g}_{N,\chi}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)}$$

$$3) \quad \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi}(k) \boldsymbol{\chi}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \quad \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

$$5) \quad \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi}(k) \alpha_{N,\chi}(k)$$

End for  $k$

### 5.11.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), продублированная линия задержки фильтра  $\boldsymbol{\chi}_N$ , вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ , массив выходных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,\chi} \boldsymbol{\chi}_N^T \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1} \boldsymbol{\chi}_N$ .

### 5.11.3. Функция *InitRlsRM*

#### 5.11.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

### 5.11.3.2. Входные данные

Регистр R2: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр R4: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр R6: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр R30: число каналов  $M$

Регистр A0: указатель на массив  $\mathbf{B} = \left\{ \frac{N_1}{2}, a_1, \frac{N_2}{2}, a_2, \dots, \frac{N_M}{2}, a_M \right\}$ , где  $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$

– массив базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$ , адреса указываются для режима 1SIMD (в режиме 1SIMD)

Регистр A1: указатель на массив весовых коэффициентов фильтра

$\mathbf{h}_{N,\chi} = \left[ \mathbf{h}_{N_1,\chi}^T, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}^T \right]^T$  (в режиме 2SIMD)

Регистр A2: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

### 5.11.3.3. Выходные данные

Регистр R22: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

### 5.11.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 44 32-разрядных слов

X-RAM:  $N + 2M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N^2 + N)$  32-разрядных слов

### 5.11.3.5. Алгоритм вычисления

1)  $\chi_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

2)  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$

### 5.11.3.6. Количество тактов

$$10M + \frac{N^2}{2} + 2N + 23$$

### 5.11.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.11.3.8. Синтаксис

MOVE m, R30	; число каналов
MOVE n, R2	; общее число коэффициентов / 2
MOVE lambda, R4	; параметр lambda
MOVE idlt, R6	; величина 1/dlt
MOVE B_addr, A0	; адрес массива B
MOVE h_addr, A1	; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2	; адрес обратной корреляционной матрицы
BS InitRlsRM	; вызов функции
...	

## 5.11.4. Функция *RespRlsRM*

### 5.11.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами и дублирования линии задержки (необходимо для правильного обновления весовых коэффициентов).

### 5.11.4.2. Входные данные

Регистр A0: указатель на массив  $\mathbf{B} = \left\{ \frac{N_1}{2}, a_1, \frac{N_2}{2}, a_2, \dots, \frac{N_M}{2}, a_M \right\}$ , где  $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$

– массив адресов самых старых сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$ , адреса указываются для режима 1SIMD (в режиме 1SIMD)

Регистр AT: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр A4: базовый адрес продублированной линии задержки

$\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$  (дублированная линия задержки реализована как циклический) (в режиме 2SIMD)

Регистр A5: указатель на массив входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр M4:  $\left( \frac{N}{2} - 1 \right)$  – модуль для циклического буфера продублированной линии

задержки

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R30*: число каналов  $M$

#### 5.11.4.3. Выходные данные

В массиве **V** записаны адреса самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  
 $m = 1, \dots, M$

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$  (в режиме 2SIMD)

Регистры *R6\_0* и *R6\_1*: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R6\_0 + R6\_1$

#### 5.11.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 30 32-разрядных слова

X-RAM –  $2N + 3M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.11.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \begin{cases} \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2, \dots, N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \chi_N(k) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T \end{cases}$$

$$2) y_{N,\chi} = \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1)\chi_N(k)$$

#### 5.11.4.6. Количество тактов

$$12M + \frac{5}{2}N + 10$$

#### 5.11.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.11.4.8. Синтаксис

MOVE n, R2	; общее число коэффициентов / 2
MOVE B_addr, A0	; адрес массива B
MOVE x_dub_addr, A4	; адрес продублированной линии задержки
MOVE x_in_addr, A5	; адрес массива входных сигналов
MOVE h_addr, AT	; адрес коэффициентов

BS RespRlsRM	; вызов функции
...	

## 5.11.5. Функция *CoefRlsRM*

### 5.11.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального RLS фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

### 5.11.5.2. Входные данные

Регистр *A1*: указатель на вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$  (дублированная линия задержки реализована как циклический буфер) (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M4*:  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера продублированной линии задержки

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: выходной сигнал  $y_{N,\chi}$  (тип *float*)

Регистр *R8*: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр *R22*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр *R30*: число каналов  $M$



### 5.11.5.3. Выходные данные

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$$\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T \text{ (в режиме 2SIMD)}$$

Регистр *R6*: сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.11.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 126 32-разрядных слов

X-RAM –  $N^2 + 5N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N^2 + 2N$  32-разрядных слов

### 5.11.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,\chi}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi}(k)\boldsymbol{\chi}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \right]$$

$$3) \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$4) \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi}(k)\alpha_{N,\chi}(k)$$

### 5.11.5.6. Количество тактов

$$\frac{5}{3}N^2 + 17N + 56$$

### 5.11.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.11.5.8. Синтаксис

```
MOVE n,R2           ;порядок фильтра/2
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE g_addr,A3      ;адрес вектора коэффициентов Kalman gains
MOVE x_dub_addr,A4  ;адрес продублированной линии задержки
MOVE y,R6           ;выходной сигнал
MOVE d,R8           ;желаемый сигнал
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE ilambda,R18    ;величина 1/lambda
MOVE m,R30          ;число каналов
...
BS CoefRlsRM        ;вызов функции
...
```

## 5.12. Адаптивный фильтр RlsCM

### 5.12.1. Алгоритм вычисления

$$0) \quad \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$$

$$\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \boldsymbol{\Lambda}_N^{-1}, \boldsymbol{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \quad \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$

$$\boldsymbol{\chi}_N(k) = \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T$$

$$2) \quad \mathbf{g}_{N,\chi}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)}$$

$$3) \quad \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi}(k) \boldsymbol{\chi}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \quad \alpha_{N,\chi}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi}^H(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

$$5) \quad \mathbf{h}_{N,\chi}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi}(k) \alpha_{N,\chi}^*(k)$$

End for  $k$

### 5.12.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: линии задержки каналов фильтра  $\mathbf{x}_{N_1}, \dots, \mathbf{x}_{N_M}$ , массив  $\mathbf{B}$  (см. ниже), продублированная линия задержки фильтра  $\boldsymbol{\chi}_N$ , вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ , массив выходных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,\chi} \boldsymbol{\chi}_N^T \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ .

Y-RAM DSP: векторы весовых коэффициентов каналов фильтра  $\mathbf{h}_{N_1,\chi}, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1} \boldsymbol{\chi}_N$ .

$$\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1} \boldsymbol{\chi}_N.$$

### 5.12.3. Функция *InitRlsCM*

#### 5.12.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.12.3.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *R30*: число каналов  $M$

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{B} = \left\{ \frac{N_1}{2}, a_1, \frac{N_2}{2}, a_2, \dots, \frac{N_M}{2}, a_M \right\}$ , где  $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$

– массив базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$  адреса указываются для режима 1SIMD (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: указатель на массив весовых коэффициентов фильтра

$\mathbf{h}_{N,\chi} = \left[ \mathbf{h}_{N_1,\chi}^T, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}^T \right]^T$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

#### 5.12.3.3. Выходные данные

Регистр *R22*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

#### 5.12.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 54 32-разрядных слов

X-RAM:  $2N + 2M$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(2N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

#### 5.12.3.5. Алгоритм вычисления

1)  $\chi_N(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$$

### 5.12.3.6. Количество тактов

$$N^2 + 5N + 10M + 23$$

### 5.12.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.12.3.8. Синтаксис

```

MOVE n, R2           ; общий порядок фильтра/2
MOVE lambda, R4      ; параметр lambda
MOVE idlt, R6        ; величина 1/dlt
MOVE m, R30          ; число каналов
MOVE B_addr, A0      ; адрес массива B
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2     ; адрес обратной корреляционной матрицы
BS InitRlsCM         ; вызов функции
...

```

## 5.12.4. Функция *RespRlsCM*

### 5.12.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами и дублирования линии задержки (необходимо для правильного обновления весовых коэффициентов).

### 5.12.4.2. Входные данные

Регистр *A0*: указатель на массив  $\mathbf{B} = \left\{ \frac{N_1}{2}, a_1, \frac{N_2}{2}, a_2, \dots, \frac{N_M}{2}, a_M \right\}$ , где  $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$

– массив адресов действительных частей самых старых сигналов каждого из каналов  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$ , адреса указываются для режима 1SIMD (в режиме 1SIMD)

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$  (дублированная линия задержки реализована как циклический буфер) (в режиме 2SIMD)

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра  $\{re(x_1), im(x_1), re(x_2), im(x_2), \dots, re(x_M), im(x_M)\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *M4*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера продублированной линии задержки

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R30*: число каналов  $M$

#### 5.12.4.3. Выходные данные

В массиве **B** записаны адреса действительных частей самых старых сигналов в каждом канале  $\mathbf{x}_{N_m}$ ,  $m = 1, \dots, M$

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$$\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$$

Регистры *R8\_0* и *R8\_1*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*):  
 $re(y_{N,x}) = R8\_0 + R8\_1$

Регистры *R10\_0* и *R10\_1*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*):  
 $im(y_{N,x}) = R10\_0 + R10\_1$

#### 5.12.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 62 32-разрядных слова

X-RAM –  $4N + 3M$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.12.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \quad \mathbf{x}_{N_m}(k)|_{2, \dots, N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1)|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$

$$\chi_N(k) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k)]^T$$

$$2) \quad y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1)\chi_N(k)$$

#### 5.12.4.6. Количество тактов

$$13M + 8N + 19$$

### 5.12.4.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.12.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2          ; порядок фильтра/2
MOVE m, R30         ; число каналов
MOVE B_addr, A0     ; адрес массива B
MOVE x_dub_addr, A4 ; адрес продублированной линии задержки
MOVE x_in_addr, A5  ; адрес массива входных сигналов
MOVE h_addr, AT     ; адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in, R4    ; входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in, R6    ; входной сигнал (мнимая часть)
...
BS RespRlsCM       ; вызов функции
...
```

### 5.12.5. Функция *CoefRlsCM*

#### 5.12.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального RLS фильтра с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.12.5.2. Входные данные

Регистр *A1*: указатель на вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: базовый адрес продублированной линии задержки

$\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$  (дублированная линия задержки реализована как циклический буфер) (в режиме 2SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M4*:  $(2N - 1)$  – модуль для циклического буфера продублированной линии задержки

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр R8: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр R10: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр R14: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр R16: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

Регистр R18: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр R22: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр R30: число каналов  $M$

### 5.12.5.3. Выходные данные

Регистр A4: базовый адрес продублированной линии задержки

$$\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$$

Регистр R8: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр R10: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

### 5.12.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 210 32-разрядных слов

X-RAM –  $N^2 + 7N$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N^2 + 2N$  32-разрядных слов

### 5.12.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,x}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k) = \lambda^{-1}[\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x}^{-1}(k-1)]$$

$$3) \alpha_{N,x}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$4) \mathbf{h}_{N,x}(k) = \mathbf{h}_{N,x}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x}(k)\alpha_{N,x}^*(k)$$

### 5.12.5.6. Количество тактов

$$6N^2 + 32N + 75$$



### 5.12.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.12.5.8. Синтаксис

```
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE g_addr,A3      ;адрес вектора коэффициентов Kalman gains
MOVE x_dub_addr     ;адрес продублированной линии задержки
MOVE re_y_in,R8     ;выходной сигнал (действительная часть)
MOVE im_y_in,R10    ;выходной сигнал (мнимая часть)
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE re_d_in,R14    ;желаемый сигнал (действительная часть)
MOVE im_d_in,R16    ;желаемый сигнал (мнимая часть)
MOVE lambda,R18     ;параметр lambda
MOVE ilambda,R22   ;величина 1/lambda
...
BS CoefRlsCM       ;вызов функции
...
```

## 5.13. Адаптивный фильтр RlsSwRS

### 5.13.1. Алгоритм вычисления

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \dots, \mathbf{x}_N(0-L+1) = \mathbf{0}_N, \\ 0) \ d(0) = 0, \dots, \ d(0-L+1) = 0, \ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N, \\ \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1}), \ \mathbf{h}_{N,x_D}(0) = \mathbf{0}_N \end{aligned}$$

**For**  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \ \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \ \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \ \mathbf{g}_{N,x_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}$$

$$3) \ \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x_U}(k) \mathbf{x}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \ \mathbf{g}_{N,x_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) \mathbf{x}_N(k-L)}{1 - \mu \mathbf{x}_N^T(k-L) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) \mathbf{x}_N(k-L)}$$

$$5) \ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) + \mu \mathbf{g}_{N,x_D}(k) \mathbf{x}_N^T(k-L) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)$$

$$6) \ \alpha_{N,x_U}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x_D}^T(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$7) \ \mathbf{h}_{N,x_U}(k) = \mathbf{h}_{N,x_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x_U}(k) \alpha_{N,x_U}(k)$$

$$8) \ \alpha_{N,x_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,x_U}^T(k) \mathbf{x}_N(k-L)$$

$$9) \ \mathbf{h}_{N,x_D}(k) = \mathbf{h}_{N,x_U}(k) - \mu \mathbf{g}_{N,x_D}(k) \alpha_{N,x_D}(k)$$

**End for**  $k$

### 5.13.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$ , память скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$ , память скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$ , массив  $\mathbf{\Lambda}$  (см. ниже), вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1} \mathbf{x}_N$ .

### 5.13.3. Функция *InitRlsSwRS*

#### 5.13.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.13.3.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$  (массив имеет размер  $(N + L)$  32-разрядных слов) (в режиме 1SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (массив имеет размер  $L$  32-разрядных слов) (в режиме 2SIMD)

#### 5.13.3.3. Выходные данные

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

#### 5.13.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 35 32-разрядное слово

X-RAM:  $N + 2L$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N^2 + N)$  32-разрядных слов

### 5.13.3.5. Алгоритм вычисления

$$1) \mathbf{x}_N^L(0) = \mathbf{0}_{(N+L)}, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{d}_L = \mathbf{0}_L$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-1} \mathbf{\Lambda}_N, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$$

### 5.13.3.6. Количество тактов

$$\frac{N^2}{2} + 2N + L + 22$$

### 5.13.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.13.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; порядок фильтра/2
MOVE lambda, R4      ; параметр lambda
MOVE idlt, R6        ; величина 1/dlt
MOVE L, R10          ; длина скользящего окна
MOVE x1_addr, R12    ; память скользящего окна для входного сигнала
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2     ; адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE dl_addr, A3     ; память скользящего окна для желаемого сигнала
BS InitRlsSwRS      ; вызов функции
...
```

## 5.13.4. Функция *RespRlsSwRS*

### 5.13.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

### 5.13.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на  $2 \frac{N}{2}$

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$  (массив имеет размер  $(N + L)$  32-разрядных слов) (в режиме 1SIMD)

Регистр *R14*: входной сигнал  $x$  (тип *float*)

Регистр  $A0$ : адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $A3$ : адрес массива  $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, a_3\}$ , первый элемент которого  $a_1$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала (при первом вызове  $a_1$  – адрес массива-памяти  $\mathbf{x}_N^L$  в режиме 1SIMD), второй элемент  $a_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (при первом вызове  $a_2$  – адрес массива-памяти для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD), третий элемент  $a_3$  – при первом вызове функции  $a_3 = a_1 + N$ ; в дальнейшем значения элементов массива  $\mathbf{A}$  корректируются автоматически (в режиме 1SIMD)

Регистр  $M0$ :  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр  $AT$ : адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

#### 5.13.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $A3$ : адрес второго элемента массива  $\mathbf{A}$  (в режиме 1SIMD)

Регистры  $R14\_0$  и  $R14\_1$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R14\_0 + R14\_1$

#### 5.13.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 36 32-разрядных слов

X-RAM –  $(2N + L + 3)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.13.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N^L(k)|_{2,\dots,(N+L)} = \mathbf{x}_N^L(k-1)|_{1,\dots,(N+L)-1}, \mathbf{x}_N^L(k)|_1 = x(k)$$

$$2) \mathbf{x}_N(k) = \mathbf{x}_N^L(k)|_{1,\dots,N}$$

$$3) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^T(k-1)\mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.13.4.6. Количество тактов

$$\frac{9}{2}N + 21$$

### 5.13.4.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.13.4.8. Синтаксис

```
MOVE N,R2           ;порядок фильтра/2
MOVE x_addr,A0      ;адрес линии задержки
MOVE h_addr,AT      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in,R14       ;входной сигнал
...
BS RespRlsSwRS     ;вызов функции
...
```

### 5.13.5. Функция *CoefRlsSwRS*

#### 5.13.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.13.5.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

Регистр *R8*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *R14*: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр *R16*: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр *R18*: адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала (в режиме 1SIMD)

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $A2$ : адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $A3$ : адрес второго элемента массива  $\mathbf{A}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT0$  адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $M0$ :  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

### 5.13.5.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $R14$ : сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

### 5.13.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 291 32-разрядных слов

X-RAM –  $(N^2 + 3N + 2L + 3)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.13.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,x_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x_U}(k)\mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \right]$$

$$3) \mathbf{x}_N(k-L) = \mathbf{x}_N^L(k) \Big|_{N+1, \dots, N+L}$$

$$4) \mathbf{g}_{N,x_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)\mathbf{x}_N(k-L)}{1 - \mu\mathbf{x}_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)\mathbf{x}_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,x_D}(k)\mathbf{x}_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,x_U}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$7) \mathbf{h}_{N,x_U}(k) = \mathbf{h}_{N,x_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x_U}(k)\alpha_{N,x_U}(k)$$

$$8) \alpha_{N,x_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,x_U}^T(k)\mathbf{x}_N(k-L)$$

$$9) \mathbf{h}_{N,x_D}(k) = \mathbf{h}_{N,x_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,x_D}(k)\alpha_{N,x_D}(k)$$

### 5.13.5.6. Количество тактов

$$4N^2 + 47N + 165$$

### 5.13.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.13.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr,A0      ;адрес линии задержки
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE lambda,R4      ;параметр lambda
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
...
BS CoefRlsSwRS      ;вызов функции
...
```



## 5.14. Адаптивный фильтр RlsSwCS

### 5.14.1. Алгоритм вычисления

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_N(0) = \mathbf{0}_N, \dots, \mathbf{x}_N(0-L+1) = \mathbf{0}_N, \\ 0) \ d(0) = 0, \dots, \ d(0-L+1) = 0, \ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N, \\ \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1}), \ \mathbf{h}_{N,x_D}(0) = \mathbf{0}_N \end{aligned}$$

**For**  $k = 1, 2, \dots, K$

$$1) \ \mathbf{x}_N(k) \Big|_{2, \dots, N} = \mathbf{x}_N(k-1) \Big|_{1, \dots, N-1}, \ \mathbf{x}_N(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \ \mathbf{g}_{N,x_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \mathbf{x}_N(k)}$$

$$3) \ \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x_U}(k) \mathbf{x}_N^H(k) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \right]$$

$$4) \ \mathbf{g}_{N,x_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) \mathbf{x}_N(k-L)}{1 - \mu \mathbf{x}_N^H(k-L) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) \mathbf{x}_N(k-L)}$$

$$5) \ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) + \mu \mathbf{g}_{N,x_D}(k) \mathbf{x}_N^H(k-L) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)$$

$$6) \ \alpha_{N,x_U}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,x_D}^H(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

$$7) \ \mathbf{h}_{N,x_U}(k) = \mathbf{h}_{N,x_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x_U}(k) \alpha_{N,x_U}^*(k)$$

$$8) \ \alpha_{N,x_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,x_U}^H(k) \mathbf{x}_N(k-L)$$

$$9) \ \mathbf{h}_{N,x_D}(k) = \mathbf{h}_{N,x_U}(k) - \mu \mathbf{g}_{N,x_D}(k) \alpha_{N,x_D}^*(k)$$

**End for**  $k$

### 5.14.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\mathbf{x}_N$ , память скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$ , память скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1} \mathbf{x}_N$ .

### 5.14.3. Функция *InitRlsSwCS*

#### 5.14.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.14.3.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (массив имеет размер  $2(L+1)$  32-разрядных слов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$  (массив имеет размер  $2(N+L)$  32-разрядных слов) (в режиме 2SIMD)

#### 5.14.3.3. Выходные данные

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

#### 5.14.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 39 32-разрядных слов

X-RAM:  $(2N + 4L + 2)$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(2N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.14.3.5. Алгоритм вычисления

$$1) \mathbf{x}_N^L(0) = \mathbf{0}_{(N+L)}, \mathbf{h}_{N,x}(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{d}_L = \mathbf{0}_{L+1}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x}^{-1}(0) = \delta^{-1} \mathbf{\Lambda}_N, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N-1})$$

### 5.14.3.6. Количество тактов

$$N^2 + 4N + 2L + 20$$

### 5.14.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.14.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; порядок фильтра
MOVE lambda, R4      ; параметр lambda
MOVE idlt, R6        ; величина 1/dlt
MOVE L, R10          ; длина скользящего окна
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2     ; адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE dl_addr, A3     ; память скользящего окна для желаемого сигнала
BS InitRlsSwCS      ; вызов функции
...
```

## 5.14.4. Функция *RespRlsSwCS*

### 5.14.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами.

### 5.14.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: действительная часть входного сигнала  $re(x)$  (тип *float*)

Регистр *R14*: мнимая часть входного сигнала  $im(x)$  (тип *float*)

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива  $\mathbf{A} = \{a_1, a_2, a_3, a_4, a_5\}$ , первый элемент которого  $a_1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\mathbf{x}_N^L$  в режиме 1SIMD, второй

элемент  $a_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала (при первом вызове  $a_2$  – адрес массива-памяти  $\mathbf{x}_N^L$  в режиме 1SIMD), третий элемент  $a_3$  – при первом вызове функции  $a_3 = a_2 + N$ , четвертый элемент  $a_4$  – адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала в режиме 1SIMD, пятый элемент  $a_5$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (при первом вызове  $a_5$  – адрес массива-памяти для желаемого сигнала в режиме 1SIMD); в дальнейшем значения элементов массива  $\mathbf{A}$  корректируются автоматически (в режиме 1SIMD)

Регистр  $M0$ :  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр  $AT$ : адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

#### 5.14.4.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R12\_0$  и  $R12\_1$ : действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)  $re(y_{N,x}) = R12\_0 + R12\_1$

Регистры  $R14\_0$  и  $R14\_1$ : мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)  $im(y_{N,x}) = R14\_0 + R14\_1$

#### 5.14.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 70 32-разрядное слово

X-RAM –  $(4N + 2L + 5)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.14.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{x}_N^L(k) \Big|_{2,\dots,(N+L)} = \mathbf{x}_N^L(k-1) \Big|_{1,\dots,(N+L)-1}, \mathbf{x}_N^L(k) \Big|_1 = x(k)$$

$$2) \mathbf{x}_N(k) = \mathbf{x}_N^L(k) \Big|_{1,\dots,N}$$

$$3) y_{N,x} = \mathbf{h}_{N,x}^H(k-1) \mathbf{x}_N(k)$$

#### 5.14.4.6. Количество тактов

$8N + 85$

#### 5.14.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.14.4.8. Синтаксис

```
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in, R12    ; входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in, R14    ; входной сигнал (мнимая часть)
...
BS RespRlsSwCS      ; вызов функции
...
```

### 5.14.5. Функция *CoefRlsSwCS*

#### 5.14.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного одноканального RLS фильтра со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.14.5.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

Регистр *R8*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R14*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R16*: действительная часть требуемого сигнала  $d$  (тип *float*)

Регистр *R18*: мнимая часть требуемого сигнала  $d$  (тип *float*)

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $A3$ : адрес массива  $\mathbf{A}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр  $AT$ : адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр  $M0$ :  $(N-1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

### 5.14.5.3. Выходные данные

Регистр  $A0$ : адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$

Регистр  $R12$ : действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр  $R14$ : мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

### 5.14.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 513 32-разрядных слова

X-RAM –  $(2N^2 + 6N + 4L + 7)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(2N^2 + 4N)$  32-разрядных слов

### 5.14.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,x_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}{\lambda + \mathbf{x}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1)\mathbf{x}_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,x_U}(k)\mathbf{x}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k-1) \right]$$

$$3) \mathbf{x}_N(k-L) = \mathbf{x}_N^L(k) \Big|_{N+1, \dots, N+L}$$

$$4) \mathbf{g}_{N,x_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)\mathbf{x}_N(k-L)}{1 - \mu\mathbf{x}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)\mathbf{x}_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,x_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,x_D}(k)\mathbf{x}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,x_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,x_U}(k) = d(k) - y_{N,x}$$

$$7) \mathbf{h}_{N,x_U}(k) = \mathbf{h}_{N,x_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,x_U}(k)\alpha_{N,x_U}^*(k)$$

$$8) \alpha_{N,x_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,x_U}^H(k)\mathbf{x}_N(k-L)$$

$$9) \mathbf{h}_{N,x_D}(k) = \mathbf{h}_{N,x_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,x_D}(k)\alpha_{N,x_D}^*(k)$$

#### 5.14.5.6. Количество тактов

$$12N^2 + 74N + 189$$

#### 5.14.5.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.14.5.8. Синтаксис

```
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, AT     ; адрес обратной корреляционной матрицы
...
BS CoefRlsSwCS      ; вызов функции
...
```

## 5.15. Адаптивный фильтр RlsSwRM

### 5.15.1. Алгоритм вычисления

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\chi}_N(0) &= \mathbf{0}_N, \dots, \boldsymbol{\chi}_N(0-L+1) = \mathbf{0}_N, \\ 0) \quad d(0) &= 0, \dots, d(0-L+1) = 0, \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(0) = \delta^{-2} \boldsymbol{\Lambda}_N, \\ \boldsymbol{\Lambda}_N &= \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1}), \mathbf{h}_{N,\chi_D}(0) = \mathbf{0}_N \end{aligned}$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ 1) \quad \boldsymbol{\chi}_N(k) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \\ \boldsymbol{\chi}_N(k-L) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L) \right]^T \\ 2) \quad \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) &= \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)} \\ 3) \quad \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) &= \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) \boldsymbol{\chi}_N^T(k) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) \right] \\ 4) \quad \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) &= \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) \boldsymbol{\chi}_N(k-L)}{1 - \mu \boldsymbol{\chi}_N^T(k-L) \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) \boldsymbol{\chi}_N(k-L)} \\ 5) \quad \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) &= \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) \boldsymbol{\chi}_N^T(k-L) \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) \\ 6) \quad \alpha_{N,\chi_U}(k) &= d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi_D}^T(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k) \\ 7) \quad \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) &= \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) \alpha_{N,\chi_U}(k) \\ 8) \quad \alpha_{N,\chi_D}(k) &= d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^T(k) \boldsymbol{\chi}_N(k-L) \\ 9) \quad \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k) &= \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) - \mu \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) \alpha_{N,\chi_D}(k) \end{aligned}$$

End for  $k$

### 5.15.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\boldsymbol{\chi}_N$ , память скользящего окна для входного сигнала  $\boldsymbol{\chi}_N^L$ , память скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив выходных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ , вектор



коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,\chi}\boldsymbol{\chi}_N^T\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,\chi}\boldsymbol{\chi}_N$ .

### 5.15.3. Функция *InitRlsSwRM*

#### 5.15.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.15.3.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (массив имеет размер  $(L+1)$  32-разрядных слов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: адрес массива  $\mathbf{A} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_M, \mathbf{B}\}$ ,  $\mathbf{A}_m = \{a_1^m, a_2^m, a_3^m, a_4^m\}$ , где  $a_1^m$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала  $\mathbf{x}_{N_m}^L$  в режиме 1SIMD ( $a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$ ,  $a_1^1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\boldsymbol{\chi}_N^L$ ),  $a_2^m$  – число коэффициентов в  $m$ -м канале  $N_m$ ,  $a_3^m$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала в режиме 1SIMD ( $a_3^m = a_1^m$ ),  $a_4^m = a_3^m + N_m$ ;  $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$ , где  $b_1$  – адрес массива-

памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD,  $b_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD ( $b_2 = b_1$ ) (в процессе работы функции значения элементов массива не изменяются) (в режиме 1SIMD)

### 5.15.3.3. Выходные данные

Регистр R6: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

### 5.15.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 49 32-разрядных слов

X-RAM:  $(N + L(M + 1) + 4M + 3)$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(N^2 + N)$  32-разрядных слов

### 5.15.3.5. Алгоритм вычисления

$$1) \chi_N^L(0) = \mathbf{0}_{(N+L)}, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{d}_L = \mathbf{0}_{L+1}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$$

### 5.15.3.6. Количество тактов

$$\frac{N^2}{2} + 2N + 3M + L(M + 1) + 34$$

### 5.15.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.15.3.8. Синтаксис

MOVE n, R2	; порядок фильтра
MOVE m, R3	; число каналов
MOVE lambda, R4	; параметр lambda
MOVE idlt, R6	; величина 1/dlt
MOVE L, R10	; длина скользящего окна
MOVE x1_addr, R12	; память скользящего окна для входного сигнала
MOVE h_addr, A1	; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2	; адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE dl_addr, A3	; память скользящего окна для желаемого сигнала
BS InitRlsSwRM	; вызов функции
...	

## 5.15.4. Функция *RespRlsSwRM*

### 5.15.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

### 5.15.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\chi_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива  $\mathbf{A} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_M, \mathbf{B}\}$ ,  $\mathbf{A}_m = \{a_1^m, a_2^m, a_3^m, a_4^m\}$ , где  $a_1^m$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала  $\mathbf{x}_{N_m}^L$  в режиме 1SIMD (при первом вызове  $a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$ ,  $a_1^1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\chi_N^L$ ),  $a_2^m$  – число коэффициентов в  $m$ -м канале  $N_m$ ,  $a_3^m$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала в режиме 1SIMD (при первом вызове  $a_3^m = a_1^m$ ),  $a_4^m = a_3^m + N_m$  (при первом вызове);  $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$ , где  $b_1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD,  $b_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD (при первом вызове  $b_2 = b_1$ ); в дальнейшем значения элементов массива  $\mathbf{A}$  корректируются автоматически (в режиме 1SIMD)

Регистр *A4*: адрес массива входных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *M0*:  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

### 5.15.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$

Регистры  $R14\_0$  и  $R14\_1$ : выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*):  $y_{N,x} = R14\_0 + R14\_1$

#### 5.15.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 43 32-разрядных слова

X-RAM –  $(2N + ML + 4M + 2)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $N$  32-разрядных слов

#### 5.15.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$\mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{2, \dots, N_m+L} = \mathbf{x}_{N_m}^L(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m+L-1}, \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M$$

$$1) \boldsymbol{\chi}_N^L(k) = \left[ \left( \mathbf{x}_{N_1}^L(k) \right)^T, \left( \mathbf{x}_{N_2}^L(k) \right)^T, \dots, \left( \mathbf{x}_{N_M}^L(k) \right)^T \right]^T$$

$$2) \mathbf{x}_{N_m}(k) = \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{1, \dots, N_m}, m = 1 : M$$

$$\boldsymbol{\chi}_N(k) = \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T$$

$$3) y_{N,\chi} = \mathbf{h}_{N,\chi}^T(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

#### 5.15.4.6. Количество тактов

$$\frac{9}{2}N + 12M + 16$$

#### 5.15.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.15.4.8. Синтаксис

```

MOVE N, R2           ; порядок фильтра
MOVE x_addr, A0      ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in, R14       ; входной сигнал
...
BS RespRlsSwRM      ; вызов функции
...

```

### 5.15.5. Функция *CoefRlsSwRM*

#### 5.15.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном и действительными весовыми коэффициентами.

#### 5.15.5.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

Регистр *R8*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R14*: выходной сигнал  $y_{N,x}$  (тип *float*)

Регистр *R16*: требуемый сигнал  $d$  (тип *float*)

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива  $\mathbf{A}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M0*:  $\left(\frac{N}{2} - 1\right)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

#### 5.15.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *R14*: сигнал ошибки  $\alpha_{N,x}$  (тип *float*)

#### 5.15.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 289 32-разрядных слов

X-RAM –  $(N^2 + 3N + L(M + 1) + 4M + 2)$  32-разрядных слов

У-РАМ –  $(N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.15.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}{\lambda + \chi_N^T(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1}[\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\chi_N^T(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)]$$

$$3) \mathbf{x}_{N_m}(k-L) = \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{N_m+1, \dots, N_m+L}, m = 1 : M$$

$$\chi_N(k-L) = [\mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L)]^T$$

$$4) \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}{1 - \mu\chi_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\chi_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,\chi_U}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$7) \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\alpha_{N,\chi_U}(k)$$

$$8) \alpha_{N,\chi_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^T(k)\chi_N(k-L)$$

$$9) \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\alpha_{N,\chi_D}(k)$$

### 5.15.5.6. Количество тактов

$$4N^2 + \frac{85}{2}N + 11M + 136$$

### 5.15.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.15.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr,A0      ;адрес линии задержки
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE lambda,R4      ;параметр lambda
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
...
BS CoefRlsSwRM      ;вызов функции
...
```

## 5.16. Адаптивный фильтр RlsSwCM

### 5.16.1. Алгоритм вычисления

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\chi}_N(0) = \mathbf{0}_N, \dots, \boldsymbol{\chi}_N(0-L+1) = \mathbf{0}_N, \\ 0) \ d(0) = 0, \dots, d(0-L+1) = 0, \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(0) = \delta^{-2} \boldsymbol{\Lambda}_N, \\ \boldsymbol{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1}), \mathbf{h}_{N,\chi_D}(0) = \mathbf{0}_N \end{aligned}$$

For  $k = 1, 2, \dots, K$

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} = \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ 1) \ \boldsymbol{\chi}_N(k) = \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \\ \boldsymbol{\chi}_N(k-L) = \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L) \right]^T \\ 2) \ \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)} \\ 3) \ \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1} \left[ \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) \right] \\ 4) \ \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)}{1 - \mu\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)} \\ 5) \ \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) \\ 6) \ \alpha_{N,\chi_U}(k) = d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi_D}^H(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k) \\ 7) \ \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\alpha_{N,\chi_U}^*(k) \\ 8) \ \alpha_{N,\chi_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^H(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L) \\ 9) \ \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\alpha_{N,\chi_D}^*(k) \\ \text{End for } k \end{aligned}$$

### 5.16.2. Расположение массивов в памяти DSP

X-RAM DSP: вектор сигналов (линия задержки) фильтра  $\boldsymbol{\chi}_N$ , память скользящего окна для входного сигнала  $\boldsymbol{\chi}_N^L$ , память скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$ , массив  $\mathbf{A}$  (см. ниже), массив выходных сигналов фильтра  $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$ , вектор



коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ , массив  $\mathbf{g}_{N,\chi}\boldsymbol{\chi}_N^T\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , удвоенный вектор коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,\chi}$ .

Y-RAM DSP: вектор весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$ , обратная корреляционная матрица  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$ , массив  $\mathbf{R}_{N,\chi}\boldsymbol{\chi}_N$ .

### 5.16.3. Функция *InitRlsSwCM*

#### 5.16.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном с комплексными весовыми коэффициентами.

#### 5.16.3.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\frac{1}{\delta}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,\chi}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра  $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  (массив имеет размер  $2(L+1)$  32-разрядных слов) (в режиме 2SIMD)

Регистр *A4*: адрес массива  $\mathbf{A} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_M, \mathbf{B}\}$ ,  $\mathbf{A}_m = \{a_1^m, a_2^m, a_3^m, a_4^m\}$ , где  $a_1^m$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала  $\mathbf{x}_{N_m}^L$  в режиме 1SIMD ( $a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$ ,  $a_1^1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\boldsymbol{\chi}_N^L$ ),  $a_2^m$  – число коэффициентов в  $m$ -м канале  $N_m$ ,  $a_3^m$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала в режиме 1SIMD  $a_3^m = a_1^m$ ,  $a_4^m = a_3^m + N_m$ ;  $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$ , где  $b_1$  – адрес массива-памяти

скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD,  $b_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD ( $b_2 = b_1$ ) (в процессе работы функции значения элементов массива не изменяются) (в режиме 1SIMD)

### 5.16.3.3. Выходные данные

Регистр R6: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

### 5.16.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 53 32-разрядных слов

X-RAM:  $(2N + L(2M + 2) + 4M + 4)$  32-разрядных слов

Y-RAM:  $(2N^2 + 2N)$  32-разрядных слов

### 5.16.3.5. Алгоритм вычисления

$$1) \chi_N^L(0) = \mathbf{0}_{N+L}, \mathbf{h}_{N,\chi}(0) = \mathbf{0}_N, \mathbf{d}_L = \mathbf{0}_{L+1}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}(0) = \delta^{-2} \mathbf{\Lambda}_N^{-1}, \mathbf{\Lambda}_N = \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1})$$

### 5.16.3.6. Количество тактов

$$N^2 + 4N + M(3 + L) + L + 27$$

### 5.16.3.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.16.3.8. Синтаксис

MOVE n, R2	; порядок фильтра/2
MOVE lambda, R4	; параметр lambda
MOVE idlt, R6	; величина 1/dlt
MOVE L, R10	; длина скользящего окна
MOVE h_addr, A1	; адрес вектора коэффициентов
MOVE ir_addr, A2	; адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE dl_addr, A3	; память скользящего окна для желаемого сигнала
...	
BS InitRlsSwCM	; вызов функции
...	

## 5.16.4. Функция *RespRlsSwCM*

### 5.16.4.1. Описание функции

Функция нахождения выходного сигнала адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами.

### 5.16.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2} = \frac{N_1 + \dots + N_M}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\chi_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива  $\mathbf{A} = \{\mathbf{A}_1, \mathbf{A}_2, \dots, \mathbf{A}_M, \mathbf{B}\}$ ,  $\mathbf{A}_m = \{a_1^m, a_2^m, a_3^m, a_4^m\}$ , где  $a_1^m$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала  $\mathbf{x}_{N_m}^L$  в режиме 1SIMD (при первом вызове  $a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$ ,  $a_1^1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала  $\chi_N^L$ ),  $a_2^m$  – число коэффициентов в  $m$ -м канале  $N_m$ ,  $a_3^m$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для входного сигнала для  $m$ -го канала в режиме 1SIMD (при первом вызове  $a_3^m = a_1^m$ ),  $a_4^m = a_3^m + N_m$  (при первом вызове);  $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$ , где  $b_1$  – адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD,  $b_2$  – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала  $\mathbf{d}^L$  в режиме 1SIMD (при первом вызове  $b_2 = b_1$ ); в дальнейшем значения элементов массива  $\mathbf{A}$  корректируются автоматически (в режиме 1SIMD)

Регистр *A4*: адрес массива входных сигналов фильтра  $\{re(x_1), im(x_1), \dots, re(x_M), im(x_M)\}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M0*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

### 5.16.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистры  $R12\_0$  и  $R12\_1$ : действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)  $re(y_{N,x}) = R12\_0 + R12\_1$

Регистры  $R14\_0$  и  $R14\_1$ : мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)  $im(y_{N,x}) = R14\_0 + R14\_1$

#### 5.16.4.4. Затраты памяти

P-RAM – 80 32-разрядных слова

X-RAM –  $(4N + 2ML + 4M + 2)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $2N$  32-разрядных слов

#### 5.16.4.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}^L(k)|_{2,\dots,N_m+L} &= \mathbf{x}_{N_m}^L(k-1)|_{1,\dots,N_m+L-1}, \mathbf{x}_{N_m}^L(k)|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N^L(k) &= \left[ \left( \mathbf{x}_{N_1}^L(k) \right)^T, \left( \mathbf{x}_{N_2}^L(k) \right)^T, \dots, \left( \mathbf{x}_{N_M}^L(k) \right)^T \right]^T \end{aligned}$$

$$2) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) &= \mathbf{x}_{N_m}^L(k)|_{1,\dots,N_m}, m = 1 : M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k) &= \left[ \mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \end{aligned}$$

$$3) y_{N,\chi} = \mathbf{h}_{N,\chi}^H(k-1) \boldsymbol{\chi}_N(k)$$

#### 5.16.4.6. Количество тактов

$$21M + 8N + 18$$

#### 5.16.4.7. Сообщения

Не выдаются

#### 5.16.4.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr, A0      ; адрес линии задержки
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE re_x_in, R12    ; входной сигнал (действительная часть)
MOVE im_x_in, R14    ; входной сигнал (мнимая часть)
...
BS ResprlsSwCM      ; вызов функции
...
```

## 5.16.5. Функция *CoefRlsSwCM*

### 5.16.5.1. Описание функции

Функция корректировки весовых коэффициентов адаптивного многоканального RLS фильтра со скользящим окном и комплексными весовыми коэффициентами.

### 5.16.5.2. Входные данные

Регистр *R2*: общий порядок фильтра, деленный на 2  $\frac{N}{2}$

Регистр *R3*: число каналов  $M$

Регистр *R4*: параметр  $\lambda$  (тип *float*)

Регистр *R6*: величина  $\mu = \lambda^L$  (тип *float*)

Регистр *R8*: величина  $\frac{1}{\lambda}$  (тип *float*)

Регистр *R10*: длина скользящего окна  $L$

Регистр *R12*: действительная часть выходного сигнала  $re(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R14*: мнимая часть выходного сигнала  $im(y_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R16*: действительная часть требуемого сигнала  $re(d)$  (тип *float*)

Регистр *R18*: мнимая часть требуемого сигнала  $im(d)$  (тип *float*)

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains  $\mathbf{g}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра  $\mathbf{h}_{N,x}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *A3*: адрес массива  $\mathbf{A}$  (в режиме 1SIMD)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы  $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *M0*:  $(N - 1)$  – модуль для циклического буфера линии задержки

### 5.16.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра  $\mathbf{x}_N$  (в режиме 2SIMD)

Регистр *R12*: действительная часть сигнала ошибки  $re(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

Регистр *R14*: мнимая часть сигнала ошибки  $im(\alpha_{N,x})$  (тип *float*)

#### 5.16.5.4. Затраты памяти

P-RAM – 522 32-разрядных слов

X-RAM –  $(2N^2 + 6N + 2L(M + 1) + 4M + 2)$  32-разрядных слов

Y-RAM –  $(2N^2 + 4N)$  32-разрядных слов

#### 5.16.5.5. Алгоритм вычисления

$k$ -я итерация:

$$1) \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}{\lambda + \chi_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1}[\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\chi_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)]$$

$$3) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k-L) &= \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{N_m+1, \dots, N_m+L}, m=1:M \\ \chi_N(k-L) &= [\mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L)]^T \end{aligned}$$

$$4) \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}{1 - \mu\chi_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\chi_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,\chi_U}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

$$7) \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\alpha_{N,\chi_U}^*(k)$$

$$8) \alpha_{N,\chi_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^H(k)\chi_N(k-L)$$

$$9) \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k) = \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\alpha_{N,\chi_D}^*(k)$$

#### 5.16.5.6. Количество тактов

$$12N^2 + 74N + 14M + 184$$

#### 5.16.5.7. Сообщения

Не выдаются

### 5.16.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr,A0      ;адрес линии задержки
MOVE h_addr,A1      ;адрес вектора коэффициентов
MOVE lambda,R4      ;параметр lambda
MOVE ir_addr,AT     ;адрес обратной корреляционной матрицы
...
BS CoefRlsSwCM      ;вызов функции
...
```

## **ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ**

ЭВМ – Электронная Вычислительная Машина

DSP – Digital Signal Processor (процессор цифровой обработки сигналов)

RISC – Reduced Instruction Set Computer (ЭВМ с сокращённой системой команд)

ИМС – Интегральная Микросхема



