

**ПЛАТФОРМА МУЛЬТИКОР
ПРИКЛАДНАЯ БИБЛИОТЕКА
БИБЛИОТЕКА АЛГОРИТМОВ АДАПТИВНОЙ
ФИЛЬТРАЦИИ ДЛЯ МС-12**

Руководство программиста

Листов 108

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-12» (далее – библиотека) входит в состав программы «Платформа Мультикор. Прикладная библиотека» РАЯЖ.00013-01.

В документе «Платформа Мультикор. Библиотека алгоритмов адаптивной фильтрации для ИМС МС-12. Руководство программиста» РАЯЖ.00013-01 33 04 приведено описание действий программиста при работе с библиотекой LibAF12 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>	18
5.2. Адаптивный фильтр LmsCS.....	21
5.2.1. Алгоритм вычисления	21
5.2.2. Расположение массивов в памяти DSP	21
5.2.3. Функция <i>InitLmsCS</i>	21
5.2.4. Функция <i>RespLmsCS</i>	22
5.2.5. Функция <i>CoefLmsCS</i>	23
5.3. Адаптивный фильтр LmsRM	26
5.3.1. Алгоритм вычисления	26
5.3.2. Расположение массивов в памяти DSP	26
5.3.3. Функция <i>InitLmsRM</i>	26
5.3.4. Функция <i>RespLmsRM</i>	27
5.3.5. Функция <i>CoefLmsRM</i>	29
5.4. Адаптивный фильтр LmsCM	31
5.4.1. Алгоритм вычисления	31
5.4.2. Расположение массивов в памяти DSP	31
5.4.3. Функция <i>InitLmsCM</i>	31

5.4.4. Функция <i>RespLmsCM</i>	32
5.4.5. Функция <i>CoefLmsCM</i>	34
5.5. Адаптивный фильтр <i>NlmsRS</i>	36
5.5.1. Алгоритм вычисления	36
5.5.2. Расположение массивов в памяти DSP	36
5.5.3. Функция <i>InitNlmsRS</i>	36
5.5.4. Функция <i>RespNlmsRS</i>	37
5.5.5. Функция <i>CoefNlmsRS</i>	39
5.6. Адаптивный фильтр <i>NlmsCS</i>	41
5.6.1. Алгоритм вычисления	41
5.6.2. Расположение массивов в памяти DSP	41
5.6.3. Функция <i>InitNlmsCS</i>	41
5.6.4. Функция <i>RespNlmsCS</i>	42
5.6.5. Функция <i>CoefNlmsCS</i>	44
5.7. Адаптивный фильтр <i>NlmsRM</i>	46
5.7.1. Алгоритм вычисления	46
5.7.2. Расположение массивов в памяти DSP	46
5.7.3. Функция <i>InitNlmsRM</i>	46
5.7.4. Функция <i>RespNlmsRM</i>	47
5.7.5. Функция <i>CoefNlmsRM</i>	49
5.8. Адаптивный фильтр <i>NlmsCM</i>	51
5.8.1. Алгоритм вычисления	51
5.8.2. Расположение массивов в памяти DSP	51
5.8.3. Функция <i>InitNlmsCM</i>	51
5.8.4. Функция <i>RespNlmsCM</i>	52
5.8.5. Функция <i>CoefNlmsCM</i>	54
5.9. Адаптивный фильтр <i>RlsRS</i>	57
5.9.1. Алгоритм вычисления	57
5.9.2. Расположение массивов в памяти DSP	57
5.9.3. Функция <i>InitRlsRS</i>	57
5.9.4. Функция <i>RespRlsRS</i>	59
5.9.5. Функция <i>CoefRlsRS</i>	60

5.10. Адаптивный фильтр RlsCS.....	62
5.10.1. Алгоритм вычисления	62
5.10.2. Расположение массивов в памяти DSP	62
5.10.3. Функция <i>InitRlsCS</i>	62
5.10.4. Функция <i>RespRlsCS</i>	64
5.10.5. Функция <i>CoefRlsCS</i>	65
5.11. Адаптивный фильтр RlsRM	68
5.11.1. Алгоритм вычисления	68
5.11.2. Расположение массивов в памяти DSP	68
5.11.3. Функция <i>InitRlsRM</i>	68
5.11.4. Функция <i>RespRlsRM</i>	70
5.11.5. Функция <i>CoefRlsRM</i>	71
5.12. Адаптивный фильтр RlsCM	74
5.12.1. Алгоритм вычисления	74
5.12.2. Расположение массивов в памяти DSP	74
5.12.3. Функция <i>InitRlsCM</i>	74
5.12.4. Функция <i>RespRlsCM</i>	76
5.12.5. Функция <i>CoefRlsCM</i>	77
5.13. Адаптивный фильтр RlsSwRS	80
5.13.1. Алгоритм вычисления	80
5.13.2. Расположение массивов в памяти DSP	80
5.13.3. Функция <i>InitRlsSwRS</i>	81
5.13.4. Функция <i>RespRlsSwRS</i>	82
5.13.5. Функция <i>CoefRlsSwRS</i>	84
5.14. Адаптивный фильтр RlsSwCS	86
5.14.1. Алгоритм вычисления	86
5.14.2. Расположение массивов в памяти DSP	86
5.14.3. Функция <i>InitRlsSwCS</i>	87
5.14.4. Функция <i>RespRlsSwCS</i>	88
5.14.5. Функция <i>CoefRlsSwCS</i>	90
5.15. Адаптивный фильтр RlsSwRM	93
5.15.1. Алгоритм вычисления	93

5.15.2. Расположение массивов в памяти DSP	93
5.15.3. Функция <i>InitRlsSwRM</i>	94
5.15.4. Функция <i>RespRlsSwRM</i>	95
5.15.5. Функция <i>CoefRlsSwRM</i>	97
5.16. Адаптивный фильтр RlsSwCM	100
5.16.1. Алгоритм вычисления	100
5.16.2. Расположение массивов в памяти DSP	100
5.16.3. Функция <i>InitRlsSwCM</i>	101
5.16.4. Функция <i>RespRlsSwCM</i>	102
5.16.5. Функция <i>CoefRlsSwCM</i>	104
Перечень сокращений	107

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

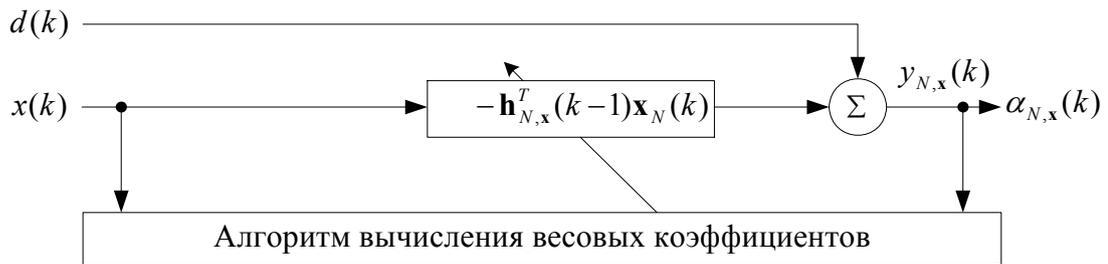
$\mathbf{R}_{N,x}$	Корреляционная матрица одноканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{R}_{N,\chi}$	Корреляционная матрица многоканального адаптивного фильтра.
Λ_N	Диагональная матрица.
$\mathbf{h}_{N,x}$	Вектор весовых коэффициентов одноканального адаптивного фильтра.
$\mathbf{h}_{N,\chi}$	Вектор весовых 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.
χ_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.
χ_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.
λ	Параметр, выбираемый в RLS алгоритмах из условия $(1 - 0,4/N) \leq \lambda \leq 1$.
δ	Параметр начальной регуляризации обращения корреляционной матрицы.
μ	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).

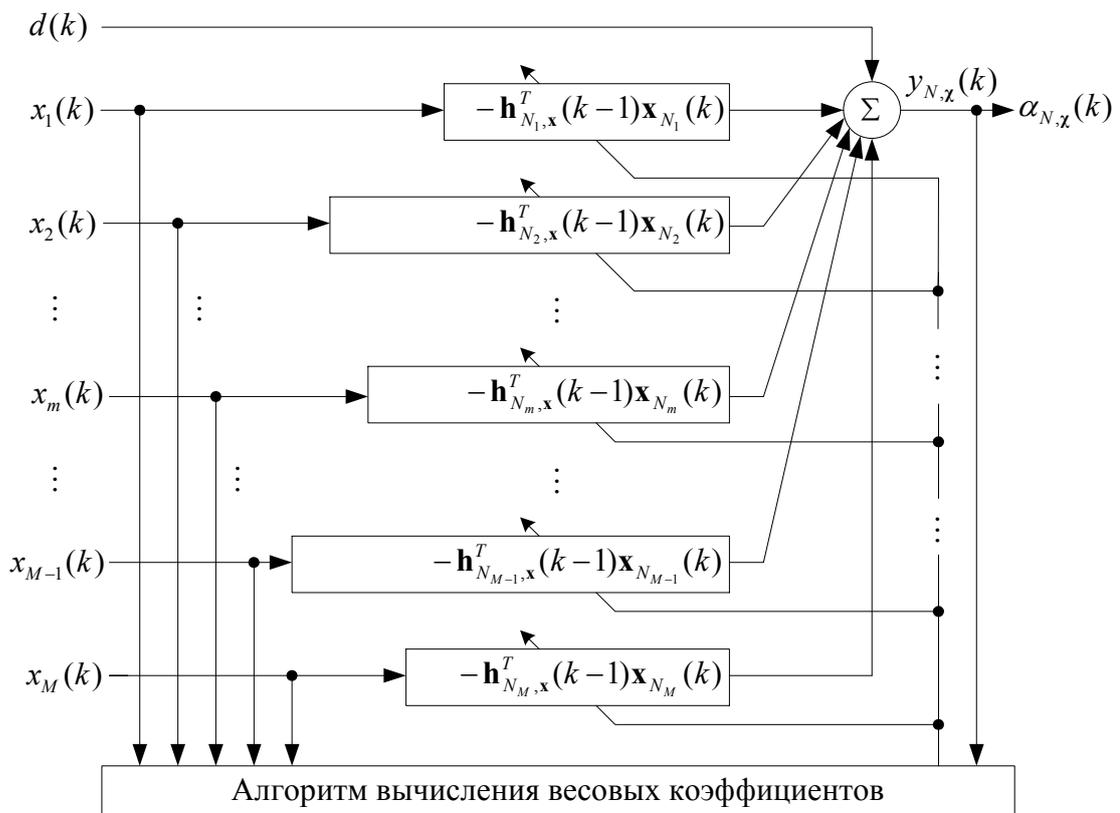
На рис. 1 представлена общая схема одноканального адаптивного фильтра с действительными весовыми коэффициентами, на рис. 2 – схема адаптивного многоканального фильтра с действительными весовыми коэффициентами.

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-12.

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`” (`-laf12`).
- 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 $0x\text{FFFF}$ (линейная арифметика), если не указано другое значение. Значение регистра IT по умолчанию принимается равным $0x1$.

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.

Регистры, в которых содержатся константы (порядок фильтра N , число каналов M , длина скользящего окна L , параметры λ , $\frac{1}{\lambda}$, δ , μ), 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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

5.1.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

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

$$2N + 4$$

5.1.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.1.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30          ; порядок фильтра
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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N , куда будет записан новый входной сигнал

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

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

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

5.1.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.1.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 10 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

$$N + 5$$

5.1.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.1.4.8. Синтаксис

```
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 коэффициентов) N

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

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

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

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

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

Регистр $R12$: шаг сходимости μ (тип *float*)

5.1.5.3. Выходные данные

Регистр $A0$: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.1.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 20 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

$$2N + 7$$

5.1.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.1.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr, A0      ; адрес самого нового сигнала
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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

5.2.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

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

$$4N + 4$$

5.2.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.2.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R30           ; порядок фильтра
MOVE x_addr, 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 коэффициентов) N

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

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

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

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 мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

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

5.2.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 25 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

$$4N + 6$$

5.2.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.2.4.8. Синтаксис

```
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 N

Регистр $A0$: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра

\mathbf{x}_N

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

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

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 μ (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 $A0$: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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: 38 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

$$4N + 10$$

5.2.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.2.5.8. Синтаксис

MOVE x_addr, A0	; адрес мнимой части нового сигнала
MOVE h_addr, AT	; адрес вектора коэффициентов
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} базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив \mathbf{B} адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр $A2$: указатель на массив C порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

5.3.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

5.3.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 12 32-разрядных слов

X-RAM: $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$7M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$

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.

5.3.4.2. Входные данные

Регистр $R30$: число каналов M

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

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$

5.3.4.3. Выходные данные

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

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

5.3.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 22 32-разрядных слова

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

5.3.4.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

5.3.4.6. Количество тактов

$$13M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$$

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 \mathbf{A} адресов самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив \mathbf{B} адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив \mathbf{C} порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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

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

Регистр *R12*: шаг сходимости μ (тип *float*)

5.3.5.3. Выходные данные

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

5.3.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 28 32-разрядных слов

X-RAM: $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 32-разрядных слов

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

5.3.5.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

5.3.5.6. Количество тактов

$$15M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$$

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 **A** (см. ниже), массив **B** (см. ниже), массив **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 **A** базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив *C* порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

5.4.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

5.4.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 14 32-разрядных слов

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$7M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$

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 **A** адресов действительных частей самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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

5.4.4.3. Выходные данные

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

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

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

5.4.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 37 32-разрядных слов

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5M$ 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:

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

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

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

5.4.4.6. Количество тактов

$$13M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$$

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} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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 μ (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

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: 46 32-разрядных слова

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$$14M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5$$

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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

5.5.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

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

$$2N + 4$$

5.5.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.5.3.8. Синтаксис

```
MOVE n,R30           ;порядок фильтра
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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N , куда будет записан новый входной сигнал

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

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

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

Регистр *R8*: 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 δ (тип *float*)

Регистр *R18*: масштабирующий множитель шага сходимости μ (тип *float*)

5.5.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

Регистр *R8*: величина $P(k) = \mathbf{x}_N^T(k)\mathbf{x}_N(k)$ на текущей итерации (тип *float*)

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

5.5.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 20 32-разрядных слов

X-RAM: N 32-разрядных слов

Y-RAM: N 32-разрядных слов

5.5.4.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

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

5.5.4.6. Количество тактов

$N+18$

5.5.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.5.4.8. Синтаксис

DEC $n, R0$ $n, R30$; $(N-1)$, порядок фильтра
MOVE $x_addr, A0$; адрес самого старого сигнала
MOVE $R0, M0$; $M0 = (N-1)$ – модульная арифметика
MOVE h_addr, AT	; адрес вектора коэффициентов
MOVE $x_in, R2$; входной сигнал
MOVE $P, R8$; 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 *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N , куда был записан последний входной сигнал

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

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

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 *A0*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.5.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 28 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

$$2N + 7$$

5.5.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.5.5.8. Синтаксис

```
DEC n,R0 n,R30      ;(N-1), порядок фильтра
MOVE x_addr,A0      ;адрес самого нового сигнала
MOVE R0,M0          ;M0=(N-1) - модульная арифметика
MOVE h_addr,AT      ;адрес вектора коэффициентов
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 коэффициентов) N

Регистр *A0*: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

5.6.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

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

$$4N + 4$$

5.6.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.6.3.8. Синтаксис

```
MOVE n,R30           ;порядок фильтра
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 коэффициентов) N

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

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

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

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

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

Регистр *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 δ (тип *float*)

Регистр *R18*: масштабирующий множитель шага сходимости μ (тип *float*)

5.6.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра

\mathbf{x}_N

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

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

5.6.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 47 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

$$4N + 22$$

5.6.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.6.4.8. Синтаксис

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, R10	; 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 N

Регистр *A0*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра

\mathbf{x}_N

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

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

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 *A0*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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: 38 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

$$4N + 10$$

5.6.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.6.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr, A0      ;адрес мнимой части нового сигнала
MOVE h_addr, AT      ;адрес вектора коэффициентов
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

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

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

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

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

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

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 **A** (см. ниже), массив **B** (см. ниже), массив **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 **A** базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр $A2$: указатель на массив C порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

5.7.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

5.7.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 12 32-разрядных слов

X-RAM: $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$7M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$

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 **A** адресов самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$

Регистр *R8*: 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 δ (тип *float*)

Регистр *R18*: масштабирующий множитель шага сходимости μ (тип *float*)

5.7.4.3. Выходные данные

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

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

Регистр *R8*: величина $P(k) = \boldsymbol{\chi}_N^T(k)\boldsymbol{\chi}_N(k)$ на текущей итерации (тип *float*)

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

5.7.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 38 32-разрядных слова

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

5.7.4.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

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

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

5.7.4.6. Количество тактов

$$17M + (N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 14$$

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 **A** адресов самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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

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

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

5.7.5.3. Выходные данные

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

5.7.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 28 32-разрядных слов

X-RAM: $(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$$15M + 2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 4$$

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

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

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

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

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 **A** (см. ниже), массив **B** (см. ниже), массив **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 **A** базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив *C* порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

5.8.3.3. Выходные данные

Выходных данных нет

5.8.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 14 32-разрядных слов

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$$7M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3$$

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 **A** адресов действительных частей самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m, \chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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

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 δ (тип *float*)

Регистр *R16*: масштабирующий множитель шага сходимости μ (тип *float*)

5.8.4.3. Выходные данные

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

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 *R10*: величина $P(k) = \boldsymbol{\chi}_N^T(k)\boldsymbol{\chi}_N(k)$ на текущей итерации (тип *float*)

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

5.8.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 60 32-разрядных слов

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5M$ 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:

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

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

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

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

5.8.4.6. Количество тактов

$$18M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 14$$

5.8.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.8.4.8. 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 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 **A** адресов самых старых сигналов в каждом канале \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$ (линия задержки каждого из каналов должна быть реализована как циклический буфер в X-RAM DSP)

Регистр *A1*: указатель на массив **B** адресов векторов весовых коэффициентов каждого из каналов $\mathbf{h}_{N_m,\chi}$, $m = 1, \dots, M$

Регистр *A2*: указатель на массив **C** порядков каждого из каналов фильтра $\{N_1, N_2, \dots, N_M\}$

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

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: 46 32-разрядных слова

X-RAM: $2(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 3M$ 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

$$14M + 4(N_1 + N_2 + \dots + N_M) + 5$$

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 С
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 $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$.

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 бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами.

5.9.3.2. Входные данные

Регистр R2: порядок фильтра (число коэффициентов) N

Регистр R4: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр A0: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр A1: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр A2: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

5.9.3.3. Выходные данные

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

5.9.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 25 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

$$N^2 + 3N + 18$$

5.9.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.9.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; порядок фильтра
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 бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами.

5.9.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра (число коэффициентов) N

Регистр *R4*: входной сигнал x (тип *float*)

Регистр *A0*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N , куда будет записан новый входной сигнал

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

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

5.9.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.9.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 10 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

$$N + 5$$

5.9.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.9.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; порядок фильтра
MOVE x_addr, A0      ; адрес самого старого сигнала
MOVE h_addr, AT      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE x_in, R2        ; 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 бесконечным окном и 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

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$ (вектор реализован как циклический буфер в X-RAM DSP)

Регистр *AT0* адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

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

Регистр *M3* $(N - 1)$ – модуль для циклического буфера вектора Kalman gains

Регистр *R2*: порядок фильтра N

Регистр *R4*: параметр λ (тип *float*)

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

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

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

5.9.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$ (вектор реализован как циклический буфер в X-RAM DSP)

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

5.9.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 87 32-разрядных слов

X-RAM: $(N^2 + 2N)$ 32-разрядных слов

Y-RAM: $(N^2 + 2N)$ 32-разрядных слов

5.9.5.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

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

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

5.9.5.6. Количество тактов

$$4N^2 + 12N + 38$$

5.9.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.9.5.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr, A0      ; адрес самого нового сигнала
MOVE h_addr, A1      ; адрес вектора коэффициентов
MOVE g_addr, A3      ; адрес вектора коэффициентов Kalman gains
MOVE lambda, R4      ; параметр lambda
MOVE y, R6           ; выходной сигнал
MOVE d, R8           ; желаемый сигнал
MOVE ir_addr, AT     ; адрес обратной корреляционной матрицы
MOVE ilambda, R22    ; величина 1/lambda
...
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 $\mathbf{R}_{N,x}^{-1} \mathbf{x}_N$, массив $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$.

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

5.10.3. Функция *InitRlsCS*

5.10.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного одноканального RLS фильтра с бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.10.3.2. Входные данные

Регистр R2: порядок фильтра (число коэффициентов) N

Регистр R4: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр A0: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

Регистр A1: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр A2: адрес, по которому будет располагаться обратная корреляционная матрица фильтра $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

5.10.3.3. Выходные данные

Регистр A0: базовый адрес вектора сигналов фильтра \mathbf{x}_N

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

5.10.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 32 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

$2N^2 + 5N + 18$

5.10.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.10.3.8. Синтаксис

MOVE n, R2	; порядок фильтра
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 бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.10.4.2. Входные данные

Регистр *R2*: порядок фильтра (число коэффициентов) N

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

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

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

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 \mathbf{x}_N

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

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

5.10.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 25 32-разрядное слово

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

$4N + 6$

5.10.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.10.4.8. Синтаксис

```
MOVE x_addr, A0      ; 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 бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.10.5.2. Входные данные

Регистр *A0*: адрес мнимой части самого нового сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N , куда был записан последний входной сигнал

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$ (вектор реализован как циклический буфер)

Регистр *AT0* адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

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

Регистр *M3* $(2N - 1)$ – модуль для циклического буфера вектора Kalman gains

Регистр *R2*: порядок фильтра N

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 λ (тип *float*)

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

5.10.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес действительной части самого старого сигнала в линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$

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

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

Регистр *R12* адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

5.10.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 166 32-разрядных слова

X-RAM: $(2N^2 + 4N)$ 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

$$12N^2 + 23N + 55$$

5.10.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.10.5.8. Синтаксис

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

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 бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами.

5.11.3.2. Входные данные

Регистр R2: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр R4: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр R30: число каналов M

Регистр A0: указатель на массив $\mathbf{B} = \{N_1, a_1, N_2, a_2, \dots, N_M, a_M\}$, где $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$ – массив базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр A1: указатель на массив весовых коэффициентов фильтра

$$\mathbf{h}_{N,\chi} = \left[\mathbf{h}_{N_1,\chi}^T, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}^T \right]^T$$

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

5.11.3.3. Выходные данные

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

5.11.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 32 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

$$N^2 + 3N + 6M + 18$$

5.11.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.11.3.8. Синтаксис

```
MOVE m, R30          ; число каналов
MOVE n, R2           ; общее число коэффициентов
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 бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами.

5.11.4.2. Входные данные

Регистр *A0*: указатель на массив $\mathbf{B} = \{N_1, a_1, N_2, a_2, \dots, N_M, a_M\}$, где $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$ – массив адресов самых старых сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N, \chi}$

Регистр *A4*: адрес продублированной линии задержки $\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$

(реализована как циклический буфер)

Регистр *A5*: указатель на массив входных сигналов фильтра $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$

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

Регистр *R2*: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R30*: число каналов M

5.11.4.3. Выходные данные

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

Регистр *A4*: 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 *R6*: выходной сигнал $y_{N,\chi}$ (тип *float*)

5.11.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 23 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:

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

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

5.11.4.6. Количество тактов

$$10M + 3N + 6$$

5.11.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.11.4.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; общее число коэффициентов
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 бесконечным окном и действительными весовыми коэффициентами.

5.11.5.2. Входные данные

Регистр *A1*: указатель на вектор весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,\chi}$

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,\chi}$ (вектор реализован как циклический буфер)

Регистр *A4*: адрес продублированной линии задержки $\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$
(реализована как циклический буфер)

Регистр *AT0*: адрес обратной корреляционной матрицы фильтра $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$

Регистр *M3*: $(N - 1)$ – модуль для циклического буфера коэффициентов Kalman gains

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

Регистр *R2*: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R4*: параметр λ (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 *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,\chi}$

Регистр *A4*: адрес продублированной линии задержки $\chi_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$

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

5.11.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 89 32-разрядных слов

X-RAM: $N^2 + 3N$ 32-разрядных слов

Y-RAM: $N^2 + 2N$ 32-разрядных слов

5.11.5.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

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

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

5.11.5.6. Количество тактов

$$4N^2 + 12N + 38$$

5.11.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.11.5.8. Синтаксис

```

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 lambda, R4      ; параметр lambda
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 $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1} \boldsymbol{\chi}_N$, массив $\mathbf{g}_{N,\chi} \boldsymbol{\chi}_N^T \mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$.

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

5.12.3. Функция *InitRlsCM*

5.12.3.1. Описание функции

Функция инициализации адаптивного многоканального RLS фильтра с бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.12.3.2. Входные данные

Регистр R2: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр R4: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр R30: число каналов M

Регистр A0: указатель на массив $\mathbf{B} = \{N_1, a_1, N_2, a_2, \dots, N_M, a_M\}$, где $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$ – массив базовых адресов векторов сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр A1: указатель на массив весовых коэффициентов фильтра

$$\mathbf{h}_{N,\chi} = [\mathbf{h}_{N_1,\chi}^T, \dots, \mathbf{h}_{N_M,\chi}^T]^T$$

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

5.12.3.3. Выходные данные

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

5.12.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 40 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

$$2N^2 + 5N + 5M + 19$$

5.12.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.12.3.8. Синтаксис

```
MOVE n, R2           ; общий порядок фильтра
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 бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.12.4.2. Входные данные

Регистр *A0*: указатель на массив $\mathbf{B} = \{N_1, a_1, N_2, a_2, \dots, N_M, a_M\}$, где $\mathbf{A} = \{a_1, \dots, a_M\}$ – массив адресов действительных частей самых старых сигналов каждого из каналов \mathbf{x}_{N_m} , $m = 1, \dots, M$

Регистр *AT*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N, \chi}$

Регистр *A4*: адрес продублированной линии задержки $\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$

(реализована как циклический буфер)

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

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

Регистр *R2*: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R30*: число каналов M

5.12.4.3. Выходные данные

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

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

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

5.12.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 47 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:

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

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

5.12.4.6. Количество тактов

$$12M + 4N + 13$$

5.12.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.12.4.8. Синтаксис

```
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 бесконечным окном и комплексными весовыми коэффициентами.

5.12.5.2. Входные данные

Регистр *A1*: указатель на вектор весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,\chi}$

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,\chi}$ (вектор реализован как циклический буфер)

Регистр *A4*: адрес продублированной линии задержки $\boldsymbol{\chi}_N = [\mathbf{x}_{N_1}^T, \mathbf{x}_{N_2}^T, \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T]^T$
(реализована как циклический буфер)

Регистр *AT*: адрес обратной корреляционной матрицы фильтра $\mathbf{R}_{N,\chi}^{-1}$

Регистр *M3*: $(2N - 1)$ – модуль для циклического буфера коэффициентов Kalman gains

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

Регистр *R2*: общий порядок фильтра $N = N_1 + \dots + N_M$

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

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

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

Регистр *R30*: число каналов M

5.12.5.3. Выходные данные

Регистр *A3*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,\chi}$

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

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

5.12.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 165 32-разрядных слов

X-RAM: $2N^2 + 6N$ 32-разрядных слов

Y-RAM: $2N^2 + 4N$ 32-разрядных слов

ЭЛВИС 2005

5.12.5.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

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

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

5.12.5.6. Количество тактов

$$12N^2 + 23N + 55$$

5.12.5.7. Сообщения

Не выдаются

5.12.5.8. Синтаксис

```
MOVE m,R30           ;число каналов
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 $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$.

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 (число коэффициентов) N

Регистр *R4*: параметр λ (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)

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

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

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

5.13.3.3. Выходные данные

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

5.13.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 21 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

$$N^2 + 3N + 2L + 11$$

5.13.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.13.3.8. Синтаксис

```
MOVE n,R2           ;порядок фильтра
MOVE lambda,R4      ;параметр lambda
MOVE idlt,R6        ;величина 1/dlt
MOVE L,R10          ;длина скользящего окна
MOVE xl_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 (число коэффициентов) N

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)

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

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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), 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), третий элемент a_3 – при первом вызове функции $a_3 = a_1 + N$; в дальнейшем значения элементов массива \mathbf{A} корректируются автоматически

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

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

5.13.4.3. Выходные данные

Регистр $A0$: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр $A3$: адрес второго элемента массива \mathbf{A}

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

5.13.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 27 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:

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

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

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

5.13.4.6. Количество тактов

$$5N + 15$$

5.13.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.13.4.8. 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
...
```

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 N

Регистр *R4*: параметр λ (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

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

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес второго элемента массива \mathbf{A}

Регистр *AT0*: адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

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

5.13.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.13.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 208 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:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5.13.5.6. Количество тактов

$$8N^2 + 29N + 93$$

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 $\mathbf{g}_{N,x} \mathbf{x}_N^T \mathbf{R}_{N,x}^{-1}$.

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 (число коэффициентов) N

Регистр *R4*: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр *R10*: длина скользящего окна L

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

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

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

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

5.14.3.3. Выходные данные

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

5.14.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 25 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

$$2N^2 + 5N + 4L + 10$$

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 (число коэффициентов) N

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

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 , 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), 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, 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 дальнейшем значения элементов массива \mathbf{A} корректируются автоматически

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

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

5.14.4.3. Выходные данные

Регистр $A0$: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр $R12$: действительная часть выходного сигнала $re(y_{N,x})$ (тип *float*)

Регистр $R14$: мнимая часть выходного сигнала $im(y_{N,x})$ (тип *float*)

5.14.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 48 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:

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

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

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

5.14.4.6. Количество тактов

$$10N + 21$$

5.14.4.7. Сообщения

Не выдаются

5.14.4.8. 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 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 N

Регистр *R4*: параметр λ (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

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес массива \mathbf{A}

Регистр *AT0*: адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

Регистр *M0*: $(2N - 1)$ – 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: 391 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

$$24N^2 + 62N + 128$$

5.14.5.7. Сообщения

Не выдаются

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

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

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 $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R3*: число каналов M

Регистр *R4*: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр *R10*: длина скользящего окна L

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,\chi}$

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

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

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 $\mathbf{x}_{N_m}^L$ ($a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$, a_1^1 – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала χ_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 $a_3^m = a_1^m$, $a_4^m = a_3^m + N_m$; $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$, где b_1 – адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L , b_2 – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L $b_2 = b_1$ (в процессе работы функции значения элементов массива не изменяются)

5.15.3.3. Выходные данные

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

5.15.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 32 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

$$N^2 + 3N + M(4 + L) + L + 17$$

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 xl_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 $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр $R3$: число каналов M

Регистр $R10$: длина скользящего окна L

Регистр $A0$: адрес линии задержки фильтра χ_N

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 $\mathbf{x}_{N_m}^L$ (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 χ_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 (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 , b_2 – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L (при первом вызове $b_2 = b_1$); в дальнейшем значения элементов массива \mathbf{A} корректируются автоматически

Регистр $A4$: адрес массива входных сигналов фильтра $\{x_1, x_2, \dots, x_M\}$

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

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

5.15.4.3. Выходные данные

Регистр $A0$: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.15.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 33 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

$$13M + 5N + 6$$

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 N

Регистр R3: число каналов M

Регистр R4: параметр λ (тип *float*)

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

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

Регистр R10: длина скользящего окна L
ЭЛВИС 2005

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

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес массива \mathbf{A}

Регистр *AT0* адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

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

5.15.5.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

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

5.15.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 213 32-разрядных слов

X-RAM: $(N^2 + 3N + L(M + 1) + 4M + 2)$ 32-разрядных слов

Y-RAM: $(N^2 + 2N)$ 32-разрядных слов

5.15.5.5. Алгоритм вычисления

k -я итерация:

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

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

$$3) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k-L) &= \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{N_m+1, \dots, N_m+L}, m = 1 : M \\ \chi_N(k-L) &= \left[\mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L) \right]^T \end{aligned}$$

$$4) \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}{1 - \mu\chi_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\chi_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\chi_N^T(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,\chi_U}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

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

$$8) \alpha_{N,\chi_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^T(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)$$

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

5.15.5.6. Количество тактов

$$8N^2 + 29N + 12M + 89$$

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 R0, M0          ; M0=(N-1) - модульная арифметика
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

$$\begin{aligned} \boldsymbol{\chi}_N(0) &= \mathbf{0}_N, \dots, \boldsymbol{\chi}_N(0-L+1) = \mathbf{0}_N, \\ 0) \quad d(0) &= 0, \dots, d(0-L+1) = 0, \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(0) = \delta^{-2} \boldsymbol{\Lambda}_N, \\ \boldsymbol{\Lambda}_N &= \text{diag}(1, \lambda, \dots, \lambda^{N_1-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_m-1}, \dots, 1, \lambda, \dots, \lambda^{N_M-1}), \mathbf{h}_{N,\chi_D}(0) = \mathbf{0}_N \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_{2, \dots, N_m} &= \mathbf{x}_{N_m}(k-1) \Big|_{1, \dots, N_m-1}, \mathbf{x}_{N_m}(k) \Big|_1 = x_m(k), m = 1 : M \\ 1) \quad \boldsymbol{\chi}_N(k) &= \left[\mathbf{x}_{N_1}^T(k), \mathbf{x}_{N_2}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k) \right]^T \\ \boldsymbol{\chi}_N(k-L) &= \left[\mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L) \right]^T \\ 2) \quad \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) &= \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)}{\lambda + \boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k)} \\ 3) \quad \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) &= \lambda^{-1} \left[\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) \right] \\ 4) \quad \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) &= \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)}{1 - \mu\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)} \\ 5) \quad \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) &= \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) \\ 6) \quad \alpha_{N,\chi_U}(k) &= d(k) - \mathbf{h}_{N,\chi_D}^H(k-1)\boldsymbol{\chi}_N(k) \\ 7) \quad \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) &= \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k-1) + \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\alpha_{N,\chi_U}^*(k) \\ 8) \quad \alpha_{N,\chi_D}(k) &= d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^H(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L) \\ 9) \quad \mathbf{h}_{N,\chi_D}(k) &= \mathbf{h}_{N,\chi_U}(k) - \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\alpha_{N,\chi_D}^*(k) \\ \text{End for } k & \end{aligned}$$

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

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

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 $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R3*: число каналов M

Регистр *R4*: параметр λ (тип *float*)

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

Регистр *R10*: длина скользящего окна L

Регистр *A1*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

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

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

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 $\mathbf{x}_{N_m}^L$ ($a_1^m = a_1^{m-1} + L + N_{m-1}$, a_1^1 – адрес массива-памяти скользящего окна для входного сигнала χ_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 $a_3^m = a_1^m$, $a_4^m = a_3^m + N_m$; $\mathbf{B} = \{b_1, b_2\}$, где b_1 – адрес массива-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L , b_2 – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L $b_2 = b_1$ (в процессе работы функции значения элементов массива не изменяются)

5.16.3.3. Выходные данные

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

5.16.3.4. Затраты памяти

P-RAM: 38 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

$$2N^2 + 5N + M(3 + 2L) + 2L + 19$$

5.16.3.7. Сообщения

Не выдаются

5.16.3.8. 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 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 $N = N_1 + \dots + N_M$

Регистр *R3*: число каналов M

Регистр *R10*: длина скользящего окна L

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра χ_N

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 $\mathbf{x}_{N_m}^L$ (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 χ_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 (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 , b_2 – адрес самого старого элемента в массиве-памяти скользящего окна для желаемого сигнала \mathbf{d}^L (при первом вызове $b_2 = b_1$); в дальнейшем значения элементов массива \mathbf{A} корректируются автоматически

Регистр *A4*: адрес массива входных сигналов фильтра

$\{re(x_1), im(x_1), \dots, re(x_M), im(x_M)\}$

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

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

5.16.4.3. Выходные данные

Регистр *A0*: адрес линии задержки фильтра \mathbf{x}_N

Регистр *R12*: действительная часть выходного сигнала $re(y_{N,x})$ (тип *float*)

Регистр *R14*: мнимая часть выходного сигнала $im(y_{N,x})$ (тип *float*)

5.16.4.4. Затраты памяти

P-RAM: 56 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:

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

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

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

5.16.4.6. Количество тактов

$$13M + 10N + 9$$

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 N

Регистр *R3*: число каналов M

Регистр *R4*: параметр λ (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

Регистр *A1*: адрес вектора коэффициентов Kalman gains $\mathbf{g}_{N,x}$

Регистр *A2*: адрес вектора весовых коэффициентов фильтра $\mathbf{h}_{N,x}$

Регистр *A3*: адрес массива \mathbf{A}

Регистр *AT0* адрес обратной корреляционной матрицы $\mathbf{R}_{N,x}^{-1}$

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

5.16.5.3. 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*)

5.16.5.4. Затраты памяти

P-RAM: 399 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:

$$1) \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}{\lambda + \chi_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)\chi_N(k)}$$

$$2) \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) = \lambda^{-1}[\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1) - \mathbf{g}_{N,\chi_U}(k)\chi_N^H(k)\mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k-1)]$$

$$3) \begin{aligned} \mathbf{x}_{N_m}(k-L) &= \mathbf{x}_{N_m}^L(k) \Big|_{N_m+1, \dots, N_m+L}, m=1:M \\ \boldsymbol{\chi}_N(k-L) &= [\mathbf{x}_{N_1}^T(k-L), \mathbf{x}_{N_2}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_m}^T(k-L), \dots, \mathbf{x}_{N_M}^T(k-L)]^T \end{aligned}$$

$$4) \mathbf{g}_{N,\chi_D}(k) = \frac{\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)}{1 - \mu\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)}$$

$$5) \mathbf{R}_{N,\chi_D}^{-1}(k) = \mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k) + \mu\mathbf{g}_{N,\chi_D}(k)\boldsymbol{\chi}_N^H(k-L)\mathbf{R}_{N,\chi_U}^{-1}(k)$$

$$6) \alpha_{N,\chi_U}(k) = d(k) - y_{N,\chi}$$

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

$$8) \alpha_{N,\chi_D}(k) = d(k-L) - \mathbf{h}_{N,\chi_U}^H(k)\boldsymbol{\chi}_N(k-L)$$

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

5.16.5.6. Количество тактов

$$24N^2 + 62N + 14M + 128$$

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

