

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R SM.2117-0
(09/2018)

**Определение формата данных
для обмена сохраненными
данными I/Q в целях контроля
за использованием спектра**

Серия SM
Управление использованием спектра



Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции МСЭ-R 1. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижные службы, служба радиоопределения, любительская служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции МСЭ-R 1.

Электронная публикация
Женева, 2019 г.

© ITU 2019

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R SM.2117-0

**Определение формата данных для обмена сохраненными данными I/Q
в целях контроля за использованием спектра**

(2018)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяется согласованный формат файлов для обмена сохраненными данными с синфазными (I) и квадратурными (Q) компонентами.

Ключевые слова

Данные I/Q, квадратурная (I/Q) модуляция, совместная работа, обмен данными.

Сокращения/гlossарий

HDF5	Hierarchical data format version 5		Иерархический формат данных, версия 5
I/Q	In-phase and quadrature components		Синфазные и квадратурные компоненты
LPF	Low pass filter	ФНЧ	Фильтр нижних частот
TDOA	Time difference of arrival		Разница во времени прихода сигнала
UTF-8	Unicode transformation format 8-bit		8-битовый формат преобразования Юникода

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что файлы данных с синфазными и квадратурными компонентами (данных I/Q) широко используются для различных целей во многих применениях радиосвязи;
- b) что формат файлов данных I/Q может быть специфичным для конкретного устройства и производителя;
- c) что наличие согласованного, общедоступного формата файлов может облегчить обмен файлами данных I/Q;
- d) что файлы с сохраненными данными I/Q характеризуются высокой степенью гибкости и могут применяться для множества различных целей в работе служб контроля за использованием спектра;
- e) что файлы с сохраненными данными I/Q обеспечивают воспроизводимую реконструкцию сигнала в генераторе или анализаторе сигналов;
- f) что полезность файлов данных I/Q увеличивается, если они представлены в независимом от устройства и производителя формате,

рекомендует

- 1 предусмотреть в устройствах и прикладных программах, поддерживающих использование файлов данных I/Q, соответствующий метод для преобразования исходного формата этих файлов в общий формат, определенный в Приложении 1;
- 2 применять формат файлов, определенный в Приложении 1, для обмена данными I/Q в целях контроля за использованием радиочастотного спектра.

Приложение 1

Определение формата данных для обмена сохраненными данными I/Q в целях контроля за использованием спектра

1 Общие аспекты

В настоящем Приложении дается определение формата файлов для обмена сохраненными данными I/Q в целях контроля за использованием спектра.

Этот формат обеспечивает:

- удобопонятный и фактически реализуемый формат файлов для данных I/Q;
- минимальный набор характеристик для описания содержащихся в файле данных;
- описание данных, пригодное для обмена сигналами, их анализа и генерации в анализаторе спектра и воспроизведения в генераторе сигналов.

2 Описание данных I/Q

2.1 Основные сведения

В настоящей Рекомендации термином "данные I/Q" обозначается дискретный временной ряд выборок (отсчетов) комплекснозначного модулирующего сигнала. При наличии дополнительной информации, такой как информация о масштабировании амплитуды и несущей частоте, с его помощью можно описывать соответствующий радиосигнал.

Как правило, данные I/Q описывают комплекснозначный модулирующий сигнал $b(t)$, который может быть преобразован в соответствующий вещественный радиосигнал $x(t)$ или получен из него. Синфазная составляющая, или вещественная часть сигнала $b(t)$, обозначается как $i(t)$, а противофазная (квадратурная) составляющая, или мнимая часть, – $q(t)$.

Таким образом соответствующий радиосигнал $x(t)$ можно выразить в следующем виде:

$$x(t) = i(t) \cdot \sqrt{2} \cdot \cos(2\pi f_0 t) - q(t) \cdot \sqrt{2} \cdot \sin(2\pi f_0 t). \quad (1)$$

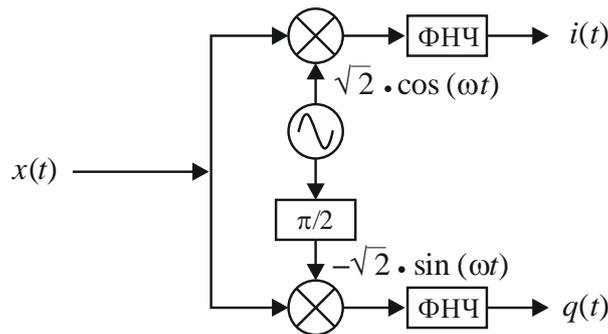
Очевидно, что уравнение (1) может непосредственно использоваться в генераторе сигналов для синтеза из $i(t)$ и $q(t)$ соответствующего радиосигнала, центрированного на несущей частоте f_0 .

Для получения соответствующего комплекснозначного модулирующего сигнала из радиосигнала, центрированного на несущей частоте f_0 , в идеальном анализаторе должно было бы быть реализовано уравнение (2). Символом j обозначается мнимый компонент, то есть корень квадратный из минус единицы. Символ "*" обозначает оператора свертки. Импульсная характеристика $h(\tau)$ задает фильтр нижних частот (ФНЧ) с единичным коэффициентом передачи в полосе пропускания. Фильтрация нижних частот необходима для ослабления составляющих сигнала, центрированных на удвоенной несущей частоте. Полосу пропускания ФНЧ необходимо выбрать достаточно широкой, чтобы она охватывала полосу частот соответствующего радиосигнала:

$$b(t) = i(t) + j \cdot q(t) = x(t) \cdot \sqrt{2} \cdot e^{-j \cdot 2\pi f_0 t} * h(\tau). \quad (2)$$

Обычно f_0 выбирают так, чтобы она была больше или равна половине ширины полосы частот соответствующего радиосигнала. При меньшем значении f_0 неизбежно возникают эффекты наложения спектров. Уравнение (2) схематически представлено на рисунке 1. Данные I/Q модулирующего сигнала $i(t) + jq(t)$ получают из радиосигнала $x(t)$ с помощью квадратурного детектора (рисунок 1), при этом вещественная часть $i(t)$ выражается синфазной составляющей, а мнимая часть $q(t)$ – квадратурной составляющей.

РИСУНОК 1
Квадратурный детектор, выделяющий данные I/Q



SM.2117-01

В настоящее время многие генераторы и анализаторы сигналов оперируют дискретизированными данными. Таким образом $i(t)$ и $q(t)$ представляются последовательностью дискретных во времени чисел с частотой дискретизации f_s . Период дискретизации $T = 1/f_s$ постоянен. В каждый дискретный момент времени $t = nT$ анализатор делает выборки модулирующего сигнала и преобразует его в цифровую форму. В генераторе дискретизированные и оцифрованные модулирующие сигналы используются для восстановления непрерывного во времени аналогового радиосигнала. Таким образом совокупность выборок оцифрованных составляющих $i(t)$ и $q(t)$, состоящая из N пар значений, превращается в последовательности $I(n)$ и $Q(n)$, где $n = \{0, 1, 2, \dots, N - 1\}$ и $t = nT$. Значения выборок безразмерные. Фактические значения представляемого параметра радиосигнала получаются умножением на так называемый масштабный коэффициент (см. раздел 4).

2.2 Вопросы, касающиеся частоты дискретизации и полосы пропускания фильтра

Максимальная ширина полосы частот сигнала, которую можно представить дискретизированными данными I/Q, в отсутствие эффектов наложения спектров равна частоте дискретизации или меньше нее. Поэтому фактическая ширина полосы частот радиосигнала f_a , представленная данными I/Q, зачастую оказывается меньше частоты дискретизации. В настоящей Рекомендации f_a определяется как эквивалентная шумовая полоса пропускания полосового фильтра анализатора. В генераторах, оперирующих дискретизированными данными I/Q, нередко присутствует соответствующий полосовой фильтр для ослабления паразитных составляющих, обусловленных эффектами наложения. Во избежание ухудшения характеристик восстановленного радиосигнала рекомендуется, чтобы эквивалентная шумовая полоса пропускания полосового фильтра генератора была не уже, чем у анализатора, с помощью которого регистрировались данные I/Q.

3 Формат файлов

В этом разделе описывается формат файлов для хранения в виде набора данных записей сложных модулирующих сигналов, произведенных на непрерывных отрезках времени, а также дополнительной информации, необходимой для всестороннего описания этих наборов данных.

В его основе лежит формат HDF5 (иерархический формат данных, (версия 5), описание которого см. по адресу <https://support.hdfgroup.org/HDF5/doc/Specs.html>¹).

¹ Сведения об авторских правах и условиях лицензий можно найти в файле [COPYING](#) на верхнем уровне каталога исходного кода соответствующего программного обеспечения с открытым исходным кодом (см. <https://support.hdfgroup.org/products/licenses.html> и <https://support.hdfgroup.org/ftp/HDF5/releases/COPYING>). Библиотека сжатия данных SZIP не входит в состав HDF5 и, следовательно, не относится к предмету настоящей Рекомендации.

Наборы исходных данных $I(n)$ и $Q(n)$ хранятся в виде наборов данных HDF5, а соответствующая дополнительная информация (метаданные) – в прилагаемом наборе атрибутов HDF5. Набор данных HDF5 с прилагаемыми атрибутами хранится в групповой структуре файла HDF5. Метаданные в совокупности с исходными данными позволяют полностью описать сохраненные данные I/Q, а через их посредство и исходный радиосигнал. Набор данных HDF5, построенный по правилам настоящей Рекомендации, является самообъясняющимся, что позволяет интерпретировать его даже в отсутствие текста Рекомендации. Наборы данных I/Q, созданные в соответствии с настоящей Рекомендацией, могут храниться в групповой структуре формата файлов HDF5 наряду с другими объектами HDF5 (например, группами, другими наборами данных и именованными типами данных). Простейший файл данных I/Q в формате HDF5, соответствующий этой Рекомендации МСЭ-R, состоит всего из одного набора таких данных, располагающегося в корневой группе файла.

Имени файла присваивается расширение ".h5", указывающее на то, что это файл формата HDF5. Примером полного имени файла является "signal.h5".

3.1 Атрибуты HDF5

Обязательные метаданные, необходимые для интерпретации исходных данных I/Q, хранятся в наборе атрибутов HDF5, который прилагается к набору указанных выше исходных данных HDF5. Перечень этих обязательных атрибутов с определениями приведен в таблице 1.

ТАБЛИЦА 1

Обязательные атрибуты (типы данных, выраженные как типы данных HDF5)

Имя	Тип значения	Определение и примечания
ITU-R data set class	variable length string (строка переменной длины)	Класс набора данных МСЭ-R. Фиксированная строка, содержащая текст "I/Q"
ITU-R Recommendation	variable length string	Рекомендация МСЭ-R. Фиксированная строка, содержащая текст "Rec. ITU-R SM.2117-0" (Рек. МСЭ-R SM.2117-0)
RF carrier frequency (Hz)	H5T_IEEE_F64LE	Несущая частота радиосигнала (f_0) (Гц). Должна быть положительной. Если несущая частота неизвестна или не важна, указывают нулевое значение
Sampling frequency (Hz)	H5T_IEEE_F64LE	Частота дискретизации (f_s) данных I/Q (Гц). Должна быть больше нуля
Data set type interpretation	variable length string	Интерпретация типа набора данных. Фиксированная строка, содержащая текст "Integer types, used to store I/Q data, are interpreted as fix point numbers with the radix point right to the most significant bit" (целочисленные типы, используемые для хранения данных I/Q, интерпретируются как числа с фиксированной точкой, расположенной справа от старшего бита)
Data set unit	variable length string	Фактическая единица измерения для данных I/Q. Допускаются только следующие строки: "", "V" (В), "V/m" (В/м), "A/m" (А/м). Если фактическая единица измерения не важна, указывают пустую строку ('')
Data set scaling factor	H5T_IEEE_F32LE	Масштабный коэффициент, на который требуется умножить нормализованные данные I/Q, сохраненные в наборе данных HDF5, чтобы получить значения компонентов I/Q в фактических единицах их измерения

В таблице 2 перечислены и определены необязательные атрибуты, которые также могут прилагаться к набору данных. Неизвестные атрибуты указывать не рекомендуется.

ТАБЛИЦА 2

Необязательные атрибуты (типы данных, выраженные через типы данных HDF5)

Имя	Тип значения	Определение и примечания
Comment	variable length string	Любое полезное примечание о наборе данных I/Q
Device	variable length string	Описание устройства, использовавшегося для создания набора данных I/Q
Filter bandwidth (Hz)	H5T_IEEE_F64LE	Эквивалентная шумовая полоса пропускания полосового фильтра анализатора (f_a) (Гц). Диапазон допустимых значений: $0 \leq f_a \leq f_s$
Timestamp coarse (s)	H5T_STD_U32LE	Время UTC в формате POSIX (с) в момент получения первой выборки I/Q
Timestamp fine (ns)	H5T_STD_U32LE	Субсекундная часть времени UTC (нс) в момент получения первой выборки I/Q
Geolocation latitude (degree)	H5T_IEEE_F64LE	Широта в системе координат WGS-84 (градусы). Диапазон допустимых значений: от -180° до 180°
Geolocation longitude (degree)	H5T_IEEE_F64LE	Долгота в системе координат WGS-84 (градусы). Диапазон допустимых значений: от -90° до 90°
Geolocation altitude (m)	H5T_IEEE_F32LE	Высота над средним уровнем моря (м). Диапазон допустимых значений: $\geq -10e3$
Geolocation separation (m)	H5T_IEEE_F32LE	Превышение геоида – разность высот эллипсоида в системе координат WGS-84 и среднего уровня моря (м)
Speed over ground magnitude (m/s)	H5T_IEEE_F32LE	Абсолютная величина скорости над земной поверхностью (м/с). Диапазон допустимых значений: ≥ 0
Speed over ground azimuth (degree)	H5T_IEEE_F32LE	Азимут вектора скорости над земной поверхностью (градусы). Диапазон допустимых значений: от 0° до 360° , восток 90° , истинный север 0°
Orientation azimuth (degree)	H5T_IEEE_F32LE	Азимут ориентации (градусы). Диапазон допустимых значений: от 0° до 360° , восток 90° , истинный север 0°
Orientation elevation (degree)	H5T_IEEE_F32LE	Угол места ориентации (градусы). Диапазон допустимых значений: от -90° до 90° , направление вверх 90°
Orientation skew (degree)	H5T_IEEE_F32LE	Угол отклонения плоскости поляризации для данной ориентации (градусы). Диапазон допустимых значений: от -180° до 180° , направление вправо 90°
Magnetic declination (degree)	H5T_IEEE_F32LE	Магнитное склонение (градусы) – разность между показанием магнитного компаса и направлением на истинный север. Указанный азимут ориентации уже должен содержать поправку на это значение, если ориентация устанавливалась по магнитному компасу. Если азимут ориентации определялся не по магнитному компасу, магнитное склонение указывать не рекомендуется

ТАБЛИЦА 2 (окончание)

Имя	Тип значения	Определение и примечания
Unsynced timestamp flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, временная метка, возможно, не была синхронизирована с опорным тактовым генератором
Invalid flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, по крайней мере одна выборка в наборе сохраненных данных I/Q может быть недействительной
PLL unlocked	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, по крайней мере одна выборка в наборе сохраненных данных I/Q могла быть искажена из-за рассинхронизации по крайней мере одного контура ФАПЧ
AGC flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, по крайней мере одна выборка в наборе сохраненных данных I/Q могла быть искажена из-за изменений коэффициента усиления, вызванных работой схемы АРУ
Detected signal flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, в течение интервала времени, заданного сохраненными данными I/Q, был обнаружен сигнал
Spectral inversion flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, сохраненные данные I/Q представляют обратный спектр
Over range flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, по крайней мере одна выборка в наборе сохраненных данных I/Q могла быть искажена из-за обнаруженного выхода значения параметра за допустимые пределы
Lost sample flag	H5T_STD_U8LE	Если значение > 0, по крайней мере одна выборка в наборе данных могла быть пропущена в ходе регистрации сохраненных данных I/Q
Attenuator (dB)	H5T_IEEE_F32LE	Установленное значение коэффициента ослабления аттенюатора (дБ). Масштабировать значения I/Q не требуется, но знание этого параметра может пригодиться для оценки диапазона измерения использованного анализатора
Antenna factor (1/m)	H5T_IEEE_F32LE	Калибровочный коэффициент антенны на несущей частоте радиосигнала (m^{-1}). Относится к антенне, использованной для получения сохраненных данных I/Q. Этот коэффициент может использоваться для преобразования в другие единицы, если калибровочный коэффициент антенны постоянен в пределах полосы пропускания фильтра, который использовался для получения сохраненных данных I/Q
Reference point	Variable length string	Эталонная точка, для которой определены временная метка и масштабный коэффициент. Допускаются значения "Antenna output port" (выходной порт антенны) или "Receiver input port" (входной порт приемника)
Receiver input impedance (Ohm)	H5T_IEEE_F32LE	Номинальное сопротивление входного порта приемника (Ом). Если этот атрибут опущен, предполагается значение 50 Ом

Все атрибуты HDF5, определенные в настоящем документе, являются скалярными, поэтому их пространства данных имеют всего одну размерность, которая является фиксированной и равна единице.

Необязательные атрибуты следует прилагать только в том случае, если они известны, действительны и применимы.

Указание атрибутов, не определенных в данном документе, допускается, но их имена должны отличаться от тех, которые определены в настоящей Рекомендации. Чтобы это требование соблюдалось и в отношении будущих пересмотренных версий настоящей Рекомендации, имена таких атрибутов должны содержать обязательный префикс "User" (пользователь). При будущих пересмотрах настоящей Рекомендации МСЭ не будет определять новые атрибуты с именами, начинающимися со строки "User".

Все атрибуты должны прилагаться в том же порядке, в каком они перечислены в таблицах 1 и 2. Первыми прилагаются обязательные атрибуты из таблицы 1. Атрибуты, определенные пользователем, прилагаются после необязательных атрибутов из таблицы 2. Неиспользуемые необязательные атрибуты опускают.

Данные типа "variable length string" (строка переменной длины) приводят в кодировке UTF-8 и завершают нулевым символом.

Желательно, чтобы значения атрибутов, связанных с геолокацией и ориентацией, были фиксированы в момент времени, близкий к моменту получения первой выборки I/Q.

Желательно также, чтобы значения таких атрибутов, как масштабный коэффициент и временная метка, были действительны в представляющей интерес эталонной точке. Эту эталонную точку можно определить в необязательном атрибуте "Reference point" (см. таблицу 2). Если эталонная точка не определена, то подразумевается входной порт приемника. Таким образом любое известное ослабление и групповая задержка, которыми нельзя пренебречь и которые вносятся устройствами, расположенными между входом анализатора и эталонной точкой, должны быть компенсированы. Кроме того, в атрибутах, связанных с геолокацией и ориентацией, следует описать местоположение и ориентацию эталонного объекта. Приведенные в этом абзаце рекомендации особенно важны, например, в случае использования в установках для измерения разницы во времени прихода сигнала (TDOA) длинных кабелей.

3.2 Набор данных

Безразмерные данные I/Q хранятся в одномерном наборе данных HDF5.

Этому набору данных может быть присвоено любое допустимое в HDF5 имя.

В основе описываемого формата файлов HDF5 лежит составной тип данных, состоящий из одного комплексного числа на каждый канал I/Q и необязательного битового поля. Элементы набора данных хранятся в одномерном массиве.

Если используется битовое поле (см. таблицу 3), оно содержит все флаги, которые доступны в виде атрибутов. Значения флагов в атрибутах действительны для всего набора данных в целом и вычисляются как логическое ИЛИ от значений всех флагов, связанных с каждой выборкой из набора данных. В битовом поле можно привести эти связанные с выборками флаги для более детального анализа.

Составные типы данных HDF5 аналогичны структурам (struct) из языка программирования C. Прежде чем записать данные составного типа в файл HDF5, необходимо дать определение этого типа, которое сохраняется в том же файле. Для каждого члена составного типа данных HDF5 должны быть определены имя и тип данных.

Членам набора данных I/Q, соответствующего Рекомендации МСЭ-R, присваиваются имена "Channel_XYZ" и "BitField". Часть "XYZ" строки имени служит для обозначения строки, описывающей конкретный канал. При использовании более одного канала описывающие эти каналы строки должны различаться. Член с именем "BitField" является необязательным, а если он используется, то должен идти последним.

"Channel_XYZ" также представляет собой составной тип данных HDF5, первый член которого носит имя "Real", а второй – "Imag". В нем хранится комплексное значение I/Q. Оба эти последних члена принадлежат к одному и тому же элементарному типу данных HDF5, а именно на выбор:

- H5T_STD_I16LE;
- H5T_STD_I32LE;
- H5T_IEEE_F32LE.

Следует отметить, что два целочисленных типа данных HDF5 из приведенного выше списка представляют собой знаковые целые с дополнением до двух. В контексте настоящей Рекомендации они интерпретируются как числа с фиксированной точкой, расположенной справа от старшего значащего бита. Заметим также, что они могут принимать значения только от -1 до $1 - 2^{-15}$ в случае 16-битового целочисленного типа и от -1 до $1 - 2^{-31}$ в случае 32-битового целочисленного типа. Целочисленное значение 1000 типа H5T_STD_I16LE интерпретируется как $1000/2^{15}$. Целочисленное значение 1000 типа H5T_STD_I32LE интерпретируется как $1000/2^{31}$.

Член "BitField" принадлежит к элементарному типу данных HDF5 с именем H5T_STD_B16LE. В таблице 3 определены битовые позиции флагов. Определения этих флагов идентичны тем, которые приведены для одноименных флагов в таблице 2. Следует отметить, что нулевая позиция – это позиция младшего бита. Если флаг истинен, соответствующий бит содержит значение 1. Флаги, представленные в качестве атрибутов, считаются недействительными, и соответствующие значения битов должны быть установлены в 0.

ТАБЛИЦА 3
Содержимое битового поля

Флаг	Позиция бита	Примечание
Unsynced_Timestamp	15	
Invalid	14	
PLL_Unlocked	13	
AGC	12	
Detected_Signal	11	
Spectral_Inversion	10	
Over_Range	9	
Lost_Sample	8	Является истинным для первой непропущенной выборки, следующей за пропуском

Для набора данных могут использоваться все допускаемые HDF5 режимы хранения. В частности, фрагментарное хранение может быть полезно в тех случаях, когда требуется быстрый доступ к небольшим порциям большого набора данных.

Ниже приведены четыре примера заголовков столбцов таблиц, представляющих допустимые наборы данных I/Q согласно Рекомендации МСЭ-R:

- Channel_1.Real, Channel_1.Imag;
- Channel_one.Real, Channel_one.Imag, BitField;
- Channel_X.Real, Channel_X.Imag, Channel_Y.Real, Channel_Y.Imag;
- Channel_1.Real, Channel_1.Imag, Channel_2.Real, Channel_2.Imag, BitField.

3.3 Переменные атрибуты

В ряде случаев оказывается недостаточным применить единый набор атрибутов ко всей записи последовательности выборок I/Q. Некоторые атрибуты могут меняться со временем.

Например, может возникнуть необходимость в применении разных масштабных коэффициентов из-за переустановки коэффициента усиления. Бывает также, что в некоторых приемниках частота

дискретизации не синхронизирована с временными метками, в результате чего для разных секторов данных I/Q может потребоваться применять разные временные метки.

Подобных проблем легко избежать, используя отдельные наборы данных для разных секторов данных I/Q. При изменении значимого атрибута старый набор данных закрывается и создается новый, к которому прилагаются его фактические атрибуты.

При работе с многосекторными совокупностями данных I/Q могут оказаться полезными следующие соглашения:

- имена всех наборов данных в одной многосекторной совокупности данных I/Q начинаются с фиксированной строки, например "Multisector_IQ_", за которой следует строка-суффикс;
- строка-суффикс должна представлять собой число в диапазоне от 0 до 9 999 999 999 в формате "0000000000"–"9999999999";
- число в суффиксе увеличивается на единицу для каждого нового набора данных;
- имя набора данных для первого сектора должно иметь суффикс "0000000000";
- все наборы данных, принадлежащие одной многосекторной совокупности данных I/Q, хранятся в одной группе, которая не содержит никаких других наборов данных или групп.

4 Интерпретация и использование масштабного коэффициента

Масштабный коэффициент – это коэффициент, на который требуется умножить безразмерные значения компонентов I/Q из набора данных, чтобы получить их значения в тех единицах измерения, которые указаны в метаданных.

Пример:

Пусть в наборе данных I/Q хранится безразмерная пара значений $I(n) = -0,6$ и $Q(n) = 0,8$. Единица измерений V (В), а масштабный коэффициент $sf = 0,005$. Отсюда имеем:

$$i(nT) = I(n) \cdot sf \cdot V = -0,003 \text{ В}; \quad (3)$$

$$q(nT) = Q(n) \cdot sf \cdot V = 0,004 \text{ В}. \quad (4)$$

Таким образом, значение напряжения соответствующего радиосигнала в соответствующий момент времени равно 0,005 В, что эквивалентно $-46,02$ дБВ, 73,98 дБмкВ или $-33,01$ дБм на нагрузке 50 Ом.