



SPECIFICATION OF THE DIGITAL AUDIO INTERFACE (The AES/EBU interface)

EBU Tech. 3250-E (Third edition),

2004

Внимание!

- Данный перевод **НЕ** является аутентичным и может содержать отдельные неточности.
- Оригинал этого документа находится по адресу: <http://www.ebu.ch>

СПЕЦИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОГО АУДИО ИНТЕРФЕЙСА (Интерфейс AES/EBU)

Документ EBU Tech. 3250-E (Третья редакция)

2004

СОДЕРЖАНИЕ

1. Область охвата	2
2. Формат интерфейса	2
2.1. Терминология.....	2
2.2. Структура формата	3
2.3. Канальное кодирование	5
2.4. Преамбулы	5
2.5. Бит достоверности	6
3. Формат пользовательских данных	6
4. Формат статуса канала	6
5. Реализация формата интерфейса	12
5.1. Общее	12
5.2. Передатчик	12
5.3. Приемник.....	13
6. Электрические требования.....	13
6.1. Общая характеристика	13
6.2. Характеристики линейного драйвера	14
6.3. Характеристики приемника линии	15
6.4. Разъемы	16
Приложение 1 Генерирование CRCC (Байт 23) для статуса канала	17
Приложение 2 Сигналы AES/EBU в структурной схеме соединений	18
Библиография	18

Спецификация цифрового аудио интерфейса (Интерфейс AES/EBU)

1. Область охвата

Настоящий документ определяет рекомендуемый интерфейс для последовательной цифровой передачи двух каналов периодически дискретизируемых и линейно представленных цифровых аудио данных в вещательном комплексе на расстояние до нескольких сотен метров.

Хотя спецификация такой передачи не зависит от частоты дискретизации, подразумевается использовать этот интерфейс в основном на частоте 48 kHz, т.к. это рекомендованная частота дискретизации для вещательных студий (Рекомендация CCIR 646).

Документ не охватывает связи с любым другим оборудованием и не адресован вопросам синхронизации больших систем, хотя этот формат по своему характеру позволяет легкую синхронизацию принимающих устройств с передающим.

Вопросы синхронизации рассмотрены в документе AES 11-1991.

Примечание 1: В данной спецификации для вещательных студий также упоминается бытовой интерфейс. Эти два интерфейса не идентичны.

Примечание 2: EBU готовит документ с инженерными принципами, сопровождающий данную спецификацию.

2. Формат интерфейса

2.1. Терминология

В настоящей спецификации применяются следующие определения терминов.

2.1.1. Частота дискретизации

Частота дискретизации - это частота выборок, представляющих аудио сигнал. Если через один интерфейс передается более одного аудио сигнала, частоты дискретизации должны быть идентичны.

2.1.2. Слово аудио выборки

Слово аудио выборки представляет амплитуду цифровой аудио выборки. Представление линейно в 2's complement binary form. Положительные числа соответствуют положительному аналоговому напряжению на входе АЦП. Число битов на слово можно указать от 16 до 24 в двух диапазонах кодирования (меньше или равно 20 бит и меньше или равно 24 бит).

2.1.3. Вспомогательные биты выборки

Четыре самых младших разряда (LSB) можно назначить как вспомогательные биты выборки и использовать для вспомогательной информации, если число битов аудио выборки меньше или равно 20.

2.1.4. Бит достоверности

Этот бит показывает, годятся ли биты аудио выборки в подгруппе (кванты времени 4-27 или 8-27 в зависимости от длины аудио слова согласно *Разделу 2.2.1.*) для преобразования в аналоговый аудио сигнал.

2.1.5. Статус канала

Статус канала передает в постоянном формате, взятым из блока (см. *Раздел 2.1.11.*), информацию, связанную с каждым аудио каналом, который может декодироваться любым пользователем интерфейса.

2.1.6. Пользовательские данные

Канал пользовательских данных предназначен для передачи любой другой информации.

2.1.7. Бит четности

Бит четности позволяет обнаружение нечетного количества ошибок в результате сбоя в интерфейсе.

2.1.8. Преамбулы

Преамбулы - специальные шаблоны, используемые для синхронизации. Всего есть три преамбулы (см. Раздел 2.4.).

2.1.9. Подгруппа

Подгруппа - это постоянная структура, используемая для передачи информации, описанной в *Разделах 2.1.1. - 2.1.8.* (См. *Разделы 2.2.1. и 2.2.2.*).

2.1.10. Группа

Группа - это последовательность из двух связанных подгрупп.

2.1.11. Блок

Блок - это группа из 192 последовательных групп. Начало блока отмечается специальной преамбулой подгруппы (см. *Раздел 2.4.*).

2.1.12. Канальное кодирование

Канальное кодирование описывает метод представления двоичных цифр для передачи через интерфейс.

2.1.13. Единичный интервал UI

Самый короткий номинальный интервал времени в схеме кодирования

2.1.14. Джиттер интерфейса

Отклонение в синхронизации переходов данных в интерфейсе (переходы через нуль) при измерении относительно идеального синхроимпульса

2.1.15. Внутренний джиттер

Выходной джиттер интерфейса в устройстве, работающем свободно или синхронно с опорой без джиттера

2.1.16. Усиление джиттера

Скорость передачи групп

2.2. Структура формата

2.2.1. Формат подгруппы

Каждая подгруппа делится на 32 кванта времени, пронумерованных от 0 до 31 (см. Рис. 1)

Кванты времени от 0 до 3 (преамбула) передают одну из трех допустимых преамбул (см. *Разделы 2.2.2. и 2.4;* см. также *Рис. 2*).

Кванты времени от 4 до 27 (слово аудио выборки) передают слово аудио выборки в линейном 2's complement представлении.

Самый старший разряд (MSB) передается квантом времени 27.

При использовании 24-битного диапазона кодирования LSB находится в кванте времени 4 (см. *Рис. 1a*).

Если достаточно 20-битного диапазона кодирования, кванты времени 8-27 передают слово аудио выборки с LSB в кванте времени 8. Кванты времени 4 - 7 могут использоваться для других приложений. В таких обстоятельствах биты в квантах времени 4 - 7 являются вспомогательными битами выборки. (См. *Рис. 1b*)

Если источник дает меньше битов, чем позволяет интерфейс (24 или 20), неиспользуемый LSB надо установить на логический "0".

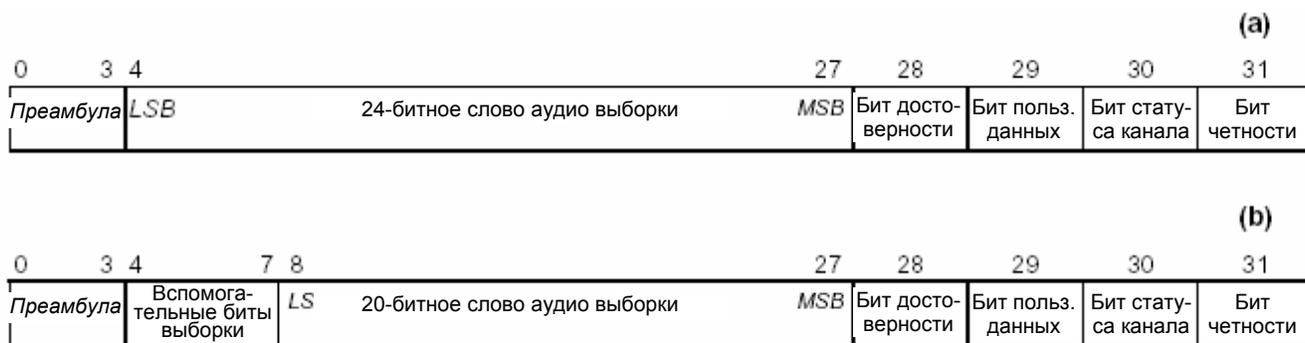


Рис. 1 – Формат подгруппы для слов аудио выборки из 24 (вверху) и 20 битов (внизу).

Квант времени 28 (бит достоверности) передает бит достоверности, связанный со словом аудио выборки (см. Раздел 2.5).

Квант времени 29 (бит пользовательских данных) передает один бит канала пользовательских данных, связанный с аудио каналом, передаваемым в той же подгруппе (см. Раздел 3).

Квант времени 30 (бит статуса канала) передает один бит информации о статусе канала, связанный с аудио каналом, передаваемым в той же подгруппе (см. Раздел 4).

Квант времени 31 (бит четности) передает бит четности, так, чтобы кванты времени 4 - 31 включительно передавали четное количество единиц и четное количество нулей (положительная четность).

Примечание: Преамбулы имеют положительную четность как явное свойство.

2.2.2. Формат группы

Группа уникально состоит из двух подгрупп (см. Рис. 2). Скорость передачи групп точно соответствует частоте дискретизации источника.

Первая подгруппа обычно начинается с преамбулы "X", однако каждые 192 группы преамбула меняется на "Z". Это определяет блочную структуру, используемую для организации информации о статусе канала. Вторая подгруппа всегда начинается с преамбулы "Y".

Режимы передачи сигнализируются установкой битов 0 - 3 байта 1 статуса канала.



Рис. 2 - Формат группы

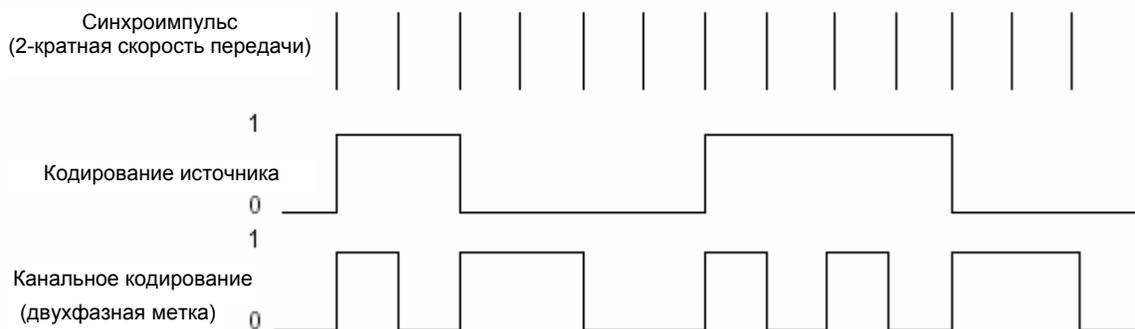


Рис. 3 - Канальное кодирование

а) 2-канальный режим

В 2-канальном режиме выборки из обоих каналов передаются в последовательных подгруппах. Канал 1 находится в подгруппе 1, а канал 2 - в подгруппе 2.

б) Стереофонический режим

В стереофоническом режиме интерфейс используется для передачи стереозвука, в котором предполагается одновременная дискретизация обоих каналов. Левый или "А" канал находится в подгруппе 1, а правый или "В" канал - в подгруппе 2.

с) 1-канальный режим (монофонический)

В монофоническом режиме скорость передачи должна оставаться на нормальной 2-канальной скорости, а слово аудио выборки должно находиться в подгруппе 1. Кванты времени 4 - 31 подгруппы 2 должны либо передавать биты, идентичные подгруппе 1, либо бит установлены на логический "0". В приемнике обычно по умолчанию должен стоять канал 1, если нет ручной настройки.

(d) Первичный/вторичный режим

В некоторых приложениях, требующих двух каналов, где один является главным или первичным, а второй - вторичным, первичный канал находится в подгруппе 1, а вторичный - в подгруппе 2.

2.3. Канальное кодирование

Чтобы минимизировать компонент постоянного тока (DC) в линии передачи, облегчить восстановление синхронизации в потоке данных и сделать интерфейс нечувствительным к полярности соединений, кванты времени 4 - 31 кодируются по двухфазной метке.

Каждый передаваемый бит представлен символом, содержащим два последовательных двоичных состояния. Первое состояние символа всегда отличается от второго состояния предыдущего символа. Второе состояние символа идентично первому, если передаваемый бит - логический "0", но оно другое, если бит - логическая "1" (см. Рис. 3).

2.4. Преамбулы

Преамбулы - это специальные шаблоны, обеспечивающие синхронизацию и идентификацию подгрупп и блоков. Чтобы достичь синхронизации в периоде дискретизации и сделать этот процесс абсолютно надежным, эти шаблоны нарушают правила кодирования по двухфазной метке, избегая таким образом вероятности имитации данных преамбулы. Используются три преамбулы. Эти преамбулы передаются во время, назначенное в четырех квантах времени в начале каждой подгруппы (кванты времени 0 - 3) и представляются 8 последовательными состояниями.

Первое состояние преамбулы всегда отличается от второго состояния предыдущего символа (представляя бит четности). В зависимости от этого состояния преамбулы таковы:

Предыдущее состояние:	0	1	
	канальное кодирование		
"X"	11100010	00011101	Подгруппа 1
"Y"	11100100	00011011	Подгруппа 2
"Z"	11101000	00010111	Подгруппа 1 + начало блока

Как и в двухфазном коде, эти преамбулы свободны от DC и обеспечивают восстановление синхронизации. Они отличаются минимум на два состояния от любой действительной двухфазной последовательности.

Рис. 4 представляет преамбулу "X".

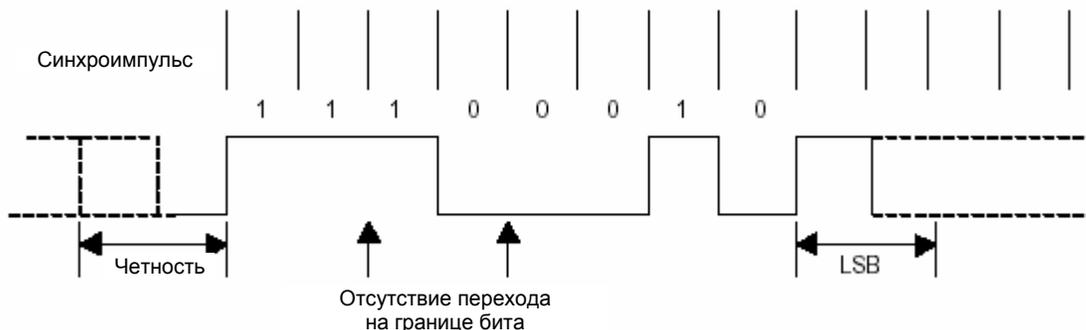


Рис. 4 Преамбула "X" (11100010)

Примечание: Вследствие бита положительной четности в кванте времени 31 все преамбулы будут начинаться с перехода в одном направлении (см. *Раздел 3.2.1.*). Таким образом, на практике через интерфейс будет передаваться только один из этих наборов преамбул. Однако оба набора должны быть декодируемы, т.к. в соединении может произойти изменение полярности.

2.5. Бит достоверности

Бит достоверности должен быть логическим "0", если слово аудио выборки годится для преобразования в аналоговый аудио сигнал, и логической "1", если не годится.

Состояния по умолчанию для бита достоверности нет

3. Формат пользовательских данных

Биты пользовательских данных могут использоваться любым способом по желанию пользователя.

Байт 1 биты 4-7 статуса канала показывают возможные форматы канала пользовательских данных.

По умолчанию значение бита пользовательских данных должно быть логическим "0".

4. Формат статуса канала

Статус канала для каждого аудио сигнала несет информацию, связанную с этим аудио сигналом, поэтому различные данные статуса канала могут передаваться в двух подгруппах цифрового аудио сигнала. Вот примеры информации, передаваемой в статусе сигнала: длина слова аудио выборки, количество аудио каналов, частота дискретизации, тайм-код, буквенно-числовые коды источника и адресата и предисказание.

Информация о статусе канала организована в 92-битных блоках, подразделенных на 24 байта (Рис. 5). Первый бит каждого блока передается в группе с преамбулой "Z".

Специальная организация бывает, когда суффикс 0 означает первый байт или бит. Если множество состояний бита представляют собой номер, в таблицах первым идет самый старший разряд (MSB), если только первым не указан LSB.

		Бит						
Байт	0	1	2	3	4	5	6	7
0	Использование канала статуса канала	Идентификация линейного РСМ	Предсказание аудио сигнала			Блокировка частоты дискретизации источника	Частота дискретизации	
1	Режим канала				Управление пользовательскими битами			
2	Использование вспомогательных битов выборки			Длина слова источника и история кодирования источника			Показание установочного уровня	
3	Номер канала							N=0
3	Номер канала				Номер многоканального режима			N=1
4	Цифровая аудио опора	В резерве	Частота дискретизации				Флажок шкалирования SF	
5	В резерве							
6	Буквенно-числовые данные начала канала							
7								
8								
9								
10	Буквенно-числовые данные адресации канала							
11								
12								
13								
14	Код адреса локальной выборки (32-битный двоичный)							
15								
16								
17								
18	Код адреса выборки истинного времени (32-битный двоичный)							
19								
20								
21								
22	Флажки надежности							
23	Знак контроля при помощи циклического избыточного кода							

Рис. 5 - Формат данных статуса канала

Байт 0				
Бит 0				
	0	Бытовое применение блока статуса канала (см. <i>Примечание</i>)		
	1	Профессиональное применение блока статуса канала		
Бит 1				
	0	Слово аудио выборки представляет линейные PCM выборки		
	1	Слова аудио выборки, используемые для других целей, чем линейные PCM выборки		
Биты 2 - 4 Искажение кодированного аудио сигнала				
<i>бит</i>	2	3	4	
	0	0	0	Искажение не указано. В приемнике по умолчанию не стоит искажение с возможностью ручной настройки.
	1	0	0	Искажения нет. Ручная настройка в приемнике отключена.
	1	1	0	Искажение 50/15 μ s. Ручная настройка в приемнике отключена.
	1	1	1	Искажение CCITT J.17 (с вносимыми потерями 6.5 dB при 500 Hz). Ручная настройка в приемнике отключена.
Все остальные состояния битов 2-4 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения.				
Бит 5				
	0	По умолчанию, частота дискретизации источника заблокирована.		
	1	Частота дискретизации источника разблокирована.		
Биты 6 - 7 Кодированная частота дискретизации				
<i>бит</i>	6	7		
	0	0	Частота дискретизации не указана. В приемнике по умолчанию стоит частота дискретизации интерфейса, и возможна ручная или авто установка.	
	0	1	Частота дискретизации 48 kHz. Ручная или авто установка отключены.	
	1	0	Частота дискретизации 44.1 kHz. Ручная или авто установка отключены.	
	1	1	Частота дискретизации 32 kHz. Ручная или авто установка отключены.	

Примечание 1: Значимость байта 0 бита 0 такова, что можно идентифицировать передачу из интерфейса, соответствующего «бытовому применению» IEC 60958-3, и приемник, соответствующий только «бытовому применению» IEC 60958-3, правильно идентифицирует передачу из «профессионального» интерфейса согласно этому стандарту. Соединение «профессионального» передатчика с «бытовым» приемником или наоборот может привести к непредсказуемой операции. Поэтому следующие определения байтов применяются только когда бит 0 = логической 1 (профессиональное применение блока статуса канала).

Примечание 2: Индикация частоты дискретизации или использование одной из частот, которые можно указать в этом байте, не требуется для работы интерфейса. Состояние 0 0 битов 6 и 7 можно использовать, если передатчик не поддерживает индикации частоты дискретизации, если она неизвестна или не относится к тем, что могут указываться в этом байте. В последнем случае для некоторых частот можно использовать байт 4 для индикации правильного значения.

Примечание 3: Если байт 1, биты 1 - 3 показывают режим удвоения частоты дискретизации в одном канале, то частота дискретизации аудио сигнала вдвое больше частоты, указываемой битами 6 - 7 байта 0.

Байт 1	
Биты 0 - 3 Режим кодированного канала	
бит	0 1 2 3
0 0 0 0	Режим не указан. По умолчанию в приемнике стоит 2-канальный режим. Ручная настройка возможна.
0 0 0 1	Двухканальный режим. Ручная настройка отключена.
0 0 1 0	Одноканальный режим (монофонический). Ручная настройка отключена.
0 0 1 1	Первичный - вторичный режим (подгруппа 1 - первичный). Ручная настройка отключена.
0 1 0 0	Стерефонический режим (канал 1 - левый). Ручная настройка отключена.
0 1 0 1	Зарезервировано для пользовательских приложений.
0 1 1 0	Зарезервировано для пользовательских приложений.
0 1 1 1	Режим удвоения частоты дискретизации в одном канале. Подгруппы 1 и 2 передают последовательные выборки одного сигнала. Частота дискретизации сигнала - удвоенная скорость передачи, и она указана в байте 0, а не удвоенная частота указана в байте 4, если он используется. Ручная настройка отключена. Вектор к байту 3 для идентификации канала.
1 0 0 0	Режим удвоения частоты дискретизации в одном канале – левом в стерео режиме. Подгруппы 1 и 2 передают последовательные выборки одного сигнала. Частота дискретизации сигнала - удвоенная скорость передачи, и она указана в байте 0, а не удвоенная частота указана в байте 4, если он используется. Ручная настройка отключена.
1 0 0 1	Режим удвоения частоты дискретизации в одном канале – правом в стерео режиме. Подгруппы 1 и 2 передают последовательные выборки одного сигнала. Частота дискретизации сигнала - удвоенная скорость передачи, и она указана в байте 0, а не удвоенная частота указана в байте 4, если он используется. Ручная настройка отключена.
1 1 1 1	Многоканальный режим. Вектор к байту 3. Зарезервирован для будущих приложений.
Все остальные состояния битов 0 - 3 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения.	
Биты 4 - 7 Организация кодированных пользовательских битов	
бит	4 5 6 7
0 0 0 0	По умолчанию. Пользовательская информация не показана.
0 0 0 1	1 92-битная блочная структура. Преамбула "Z" показывает начало блока.
0 0 1 0	Система пакетов основана на протоколе HDLC (см. Примечание).
0 0 1 1	Определяется пользователем.
0 1 0 0	Использует данные, соответствующие общему формату пользовательских данных, определенному в IEC 60958-3.
0 1 0 1	Зарезервирован для метаданных
Все остальные состояния битов 4 - 7 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения.	

Примечание: Эта система определена в Дополнении 1 к EBU Tech. 3250: format of the user data channel of the digital audio interface.

Байт 2	
Биты 0 - 2 Кодированное использование вспомогательных битов выборки	
бит	0 1 2
0 0 0	Макс. длина слова аудио выборки - 20 бит (по умолчанию). Использ. вспомогат. битов выборки не определено
0 0 1	Макс. длина слова аудио выборки - 24 бит. Вспомогат. биты выборки использ. для основ. данных аудио выборки
0 1 0	Макс. длина слова аудио выборки - 20 бит. Вспомогат. биты выборки несут один коорд. сигнал (Прим. 1)
0 1 1	Зарезервирован для пользовательских приложений
Все остальные состояния битов 0 - 2 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения.	
Биты 3 - 5 Длина слова кодированной аудио выборки передаваемого сигнала (Прим. 2, 3 и 4)	
бит	3 4 5
	Макс. длина слова аудио выборки <i>N</i> - 24 бит, Длина слова аудио выборки при макс. длине - 20 бит, как показано выше битами 0-2
0 0 0	Длина слова не указана (по умолчанию) Длина слова не указана (по умолчанию)
0 0 1	23 бит 19 бит
0 1 0	22 бит 18 бит
0 1 1	21 бит 17 бит
1 0 0	20 бит 16 бит
1 0 1	24 бит 20 бит
Все остальные состояния битов 3 - 5 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения	
Биты 6 - 7 Индикация установочного уровня	
бит	6 7
0 0	Установочный уровень не указан
0 1	Установка по SMPTE RP155, установочный уровень на 20 dB ниже максимального кода
1 0	Установка по EBU R68, установочный уровень на 18.06 dB ниже максимального кода
1 1	В резерве

Примечание 1: Кодирование сигнала, используемое для координационного канала, описано в *Приложении 1* к настоящему документу.

Примечание 2: Состояние битов 3-5 по умолчанию показывает, что передатчик не определяет число активных битов в диапазоне кодирования 20 или 24 бит. В приемнике должно по умолчанию стоять максимальное число битов, определенное диапазоном кодирования, и возможность ручной или авто настройки.

Примечание 3: Состояния битов 3-5 не по умолчанию показывают число активных битов в диапазоне кодирования 20 или 24 бит, которые могут быть активны. Это также косвенное выражение числа явно неактивных LSB, равного 20 или 24 минус число, соответствующее состоянию бита. Для этих состояний бита приемник должен отключить ручную и авто настройку.

Примечание 4: Независимо от длины слова аудио выборки, показываемой любым состоянием битов 3-5, MSB находится в кванте времени 27 передаваемой подгруппы, как сказано в *Разделе 2.2.1*.

Байт 3	
Бит 7	Многоканальный режим
0	Неопределенный многоканальный режим (по умолчанию)
1	Определенные многоканальные режимы

Определение остальных состояний бита зависит от состояния бита 7.

Биты 0 - 6	Номер канала, если Байт 3 бит 7 будет 0
Значение	Номер канала - числовое значение байта, где бит 0 - самый младший разряд, плюс один.

ИЛИ

Биты 0 - 6	Многоканальный режим, если Байт 3 бит 7 будет "1"
бит	4 5 6
0 0 0	Многоканальный режим 0. Номер канала - числовое значение битов 0 - 3 этого байта, где бит 0 = LSB, плюс один
1 0 0	Многоканальный режим 1. Номер канала - числовое значение битов 0 - 3 этого байта, где бит 0 = LSB, плюс один
0 1 0	Многоканальный режим 2. Номер канала - числовое значение битов 0 - 3 этого байта, где бит 0 = LSB, плюс один
1 1 0	Многоканальный режим 3. Номер канала - числовое значение битов 0 - 3 этого байта, где бит 0 = LSB, плюс один
1 1 1	Опред. пользователем многоканальный режим. Номер канала - числовое значение битов 0 - 3 этого байта, где бит 0 = LSB, плюс один
Все остальные состояния битов 4 - 6 зарезервированы и не будут использоваться до дальнейшего определения	

Примечание 1: Определенные многоканальные режимы идентифицируют преобразования между номерами и функцией каналов. Стандартные преобразования находятся в стадии рассмотрения. Некоторые преобразования могут включать группировку до 32 каналов путем комбинации двух режимов.

Примечание 2: Для совместимости с оборудованием, чувствительным только к данным статуса канала в одной подгруппе, канал, передаваемый подгруппой 2, может иметь тот же номер, что и канал 1. В этом случае ясно, что номер второго канала на 1 больше, чем канал подгруппы 1, за исключением режима с удвоением частоты дискретизации в одном канале.

Примечание 3: Если бит 7 стоит на 1, то 4-битный номер канала можно преобразовать в нумерацию канала в битах 20 - 23 статуса канала в бытовом режиме, определенном в IEC 60958-3. В этом случае канал А бытового режима преобразуется в канал 2, а канал В - в канал 3 и т.д.

Байт 4	
Биты 0 - 1	Опорный цифровой аудио сигнал (согласно AES11-1991)
<i>бит</i>	0 1
	0 0 Опорного сигнала нет (по умолчанию).
	0 1 Опорный сигнал 1 степени.
	1 0 Опорный сигнал 2 степени.
	1 1 Зарезервирован и не должен использоваться до дальнейшего определения.
Бит 2	В резерве
Биты 3 - 6	Частота дискретизации
<i>бит</i>	3 4 5 6
	0 0 0 0 Не указана (по умолчанию)
	1 0 0 0 24 kHz
	0 1 0 0 96 kHz
	1 1 0 0 192 kHz
	0 0 1 0 В резерве
	1 0 1 0 В резерве
	0 1 1 0 В резерве
	1 1 1 0 В резерве
	0 0 0 1 Зарезервирован для векторизации
	1 0 0 1 22.05 kHz
	0 1 0 1 88.2 kHz
	1 1 0 1 176.4 kHz
	0 0 1 1 В резерве
	1 0 1 1 В резерве
	0 1 1 1 В резерве
	1 1 1 1 Определяется пользователем
Бит 7	Флажок шкалирования частоты дискретизации
	0 Шкалирования нет (по умолчанию)
	1 Частота дискретизации - 1/1,001 от показанной в байте 4 биты 3 - 6, или в байте 0 биты 6 - 7

Примечание 1: Частота дискретизации, показанная в байте 4, не зависит от режима канала, показанного в байте 1.

Примечание 2: Индикация частоты дискретизации или использование одной из частот, указываемых в этом байте, не требуется для работы интерфейса. Состояние 0000 битов 3 - 6 можно использовать, если передатчик не поддерживает индикацию частоты дискретизации в этом байте, если она неизвестна или не относится к тем, что могут указываться в этом байте. В последнем случае с некоторыми частотами дискретизации байт 0 может использоваться для указания правильного значения.

Примечание 3: Резервное состояние битов 3 - 6 байта 4 предназначено для дальнейшего определения, чтобы установить бит 6 для определения частот, связанных с 44,1 kHz, кроме состояния 1000, и для определенных частот, связанных с 48 kHz. Их не следует использовать до дальнейшего определения.

Байт 5	
Биты 0 - 7	Зарезервированы и должны быть установлены на логический "0" до дальнейшего определения

Байты 6 - 9	
Биты 0 - 7	Буквенно-числовые данные источника канала
Значение (каждый байт)	7-битные данные ISO 646 (ASCII) без бита четности. LSB передаются первыми с логическим "0" в бите 7. Первый знак в сообщении - байт 6. Непечатаемые контрольные знаки (коды от 01 hex до 1F hex и 7F hex) запрещены. По умолчанию значение должно быть логическим "0" (код 00 hex = ASCII "NULL")

Байты 10 - 13	
Биты 0 - 7	Буквенно-числовые данные адресата канала
Значение (каждый байт)	7-битные данные ISO 646 (ASCII) без бита четности. LSB передаются первыми с логическим "0" в бите 7. Первый знак в сообщении - байт 6. Непечатаемые контрольные знаки (коды от 01 hex до 1F hex и 7F hex) запрещены. По умолчанию значение должно быть логическим "0" (код 00 hex = ASCII "NULL")

Байты 14 - 17	
Биты 0 - 7	Код адреса локальной выборки
Значение (каждый байт)	32-битное двоичное значение, представляющее первую выборку текущего блока. LSB передаются первыми. По умолчанию значение должно быть логическим "0".

Примечание: Имеет ту же функцию, что и счетчик индексов записи.

Байты 18 - 21	
Биты 0 - 7	Код адреса выборки истинного времени
Значение (каждый байт)	32-битное двоичное значение, представляющее первую выборку текущего блока. LSB передаются первыми. По умолчанию значение должно быть логическим "0".

Примечание: Это истинное время в течение кодирования источника сигнала, оно должно оставаться неизменным в течение последующих операций. Значение кода адреса двоичной выборки со всеми нулями в целях транскодирования в реальное время или в тайм-коды следует брать за полночь (т.е. 00 h, 00 m, 00 s, 00 frame). Транскодирование двоичного числа в любой удобный тайм-код требует точной информации о частоте дискретизации, чтобы получить точное время выборки.

Байт 22	
Биты 0 - 7	Флажки надежности
Флажок, используемый для идентификации надежности информации, передаваемой данными статуса канала. Если она надежна, соответствующие биты устанавливаются на логический "0" (по умолчанию); если ненадежна - на логическую "1".	
бит 0 - 3	Зарезервированы и установлены на логический "0" до дальнейшего определения.
бит 4	Байты 0 - 5
бит 5	Байты 6 - 13
бит 6	Байты 14 - 17
бит 7	Байты 18 - 21

Байт 23	
Биты 0 - 7	Знак контроля данных статуса канала при помощи циклического избыточного кода (CRC).
Значение	Генерирование многочлена: $G(X) = X_8 + X_4 + X_3 + X_2 + 1$ CRC передает информацию для тестирования правильного приема целого блока данных статуса канала (байты 0 - 22 включительно). Для последовательных реализаций при генерировании контрольных битов следует использовать первичное условие всех логических "1", где LSB передается первым. Значение по умолчанию - логический "0" только для минимальной реализации статуса канала (см. <i>Раздел 5.2.1.</i>).

Примечание: Приложение 1 включает изображение схемы сдвигового регистра, используемой для генерирования кода, и два примера данных статуса канала и соответствующего байта CRC.

5. Реализация формата интерфейса

5.1. Общее

Для обеспечения совместимой работы между элементами оборудования, соответствующих данной спецификации, необходимо определить, какие информационные и операционные биты надо кодировать, посылать передатчиком и декодировать приемником интерфейса.

Должна иметься документация с описанием характеристик статуса канала, поддерживаемых передатчиками и приемниками интерфейса.

5.2. Передатчик

Передатчики должны следовать всем правилам форматирования и канального кодирования, определенным в предыдущих разделах данной спецификации. Вместе со словом аудио выборки все передатчики должны правильно кодировать и передавать бит достоверности, пользовательский бит, бит четности и три преамбулы. Статус канала должен кодироваться в одну из перечисленных ниже реализаций.

Определены три реализации «минимальная», «стандартная» и «улучшенная». Эти термины используются для простого обозначения уровня реализации интерфейсной передачи, включающей многие характеристики статуса канала. Независимо от уровня реализации резервные состояния битов, определенные в разделе 4, должны оставаться неизменными.

5.2.1. Минимальная реализация статуса канала

Минимальная реализация представляет собой низший уровень реализации интерфейса, удовлетворяющий требованиям данной спецификации. В минимальной реализации передатчики должны кодировать и передавать байт 0, бит 0 статуса канала с логической "1", означающей «профессиональное применение блока статуса канала». Остальные биты статуса канала байтов 0 - 23 включительно должны передаваться с установкой значения по умолчанию на логический "0". В таких обстоятельствах приемник примет условия по умолчанию, указанные в байтах 0 - 2.

При реализации дополнительных байтов статуса канала (которые не вполне соответствуют стандартной реализации, см. Раздел 5.2.2.) по требованию приложения передатчик интерфейса должен классифицироваться как минимальная реализация статуса канала.

Следует заметить, что данная реализация налагает серьезные операционные ограничения на подключенные принимающие устройства. Например, приемники с реализацией байта 23 покажут ошибку CRC, если значение по умолчанию - логический "0" - принимается как CRCC. Кроме того, прием значения по умолчанию для байта 0 битов 6-7 может привести к неправильной работе принимающих устройств, не поддерживающих ручную или авто настройку.

5.2.2. Стандартная реализация статуса канала

Стандартная реализация обеспечивает базовый уровень реализации, достаточный для обычных приложений в профессиональной звукозаписи или вещании. Кроме соответствия вышеупомянутым требованиям к минимальной реализации, передатчик интерфейса в стандартной реализации должен правильно кодировать и передавать все биты статуса канала в байтах 0, 1, 2 и 23 (CRCC) так, как указано в данном документе.

5.2.3. Улучшенная реализация статуса канала

Кроме соответствия вышеупомянутым требованиям к стандартной реализации, *улучшенная* реализация должна обеспечивать дополнительные возможности.

5.3. Приемники

Реализация в приемниках сильно зависит от приложения. Необходима надлежащая документация об уровне реализации приемника интерфейса для декодирования передаваемой информации (достоверность, пользователь, статуса канала, четность) и о последующих действиях, предпринимаемых оборудованием, к которому он относится.

6. Электрические требования

6.1. Общая характеристика

Электрические параметры интерфейса основаны на параметрах, определенных в Рекомендации ITU-T V.11 для согласованных цифровых схем напряжения, позволяющих передачу сигнала на расстояние до нескольких сотен метров.

Можно использовать схему, соответствующую общей конфигурации и изображенную на Рис. 6.

Хотя в приемнике может применяться коррекция, до передачи ее быть не должно.

Частотный диапазон, используемый для классификации электрических параметров интерфейса, зависит от максимальной поддерживаемой скорости передачи данных. Верхняя скорость в 128 раз выше максимальной частоты.

Коммутирующий кабель должен быть сбалансирован и экранирован с номинальным волновым сопротивлением 110Ω на частоте в 0.1 - 128 раз выше максимальной частоты.

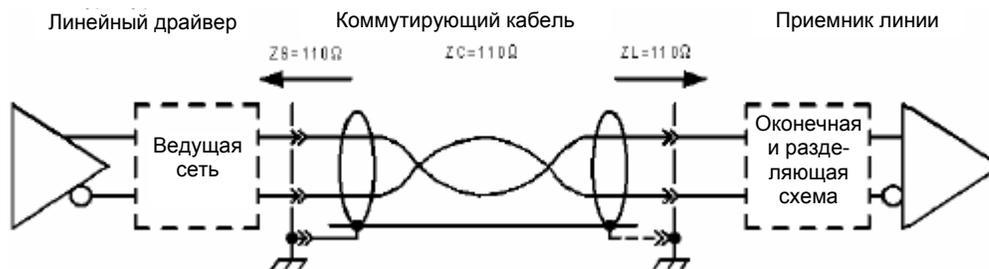


Рис. 6 – Упрощенный пример конфигурации схемы (согласованной)

Примечание 1: Установление более строгих допусков волнового сопротивления кабеля и ведущего и оконечного сопротивлений может увеличить длину кабеля для надежной передачи и более высокой скорости передачи данных.

Примечание 2: Более строгие допуски баланса ведущего и оконечного сопротивления и самого кабеля могут уменьшить электромагнитную чувствительность и эмиссию.

Примечание 3: Использование кабеля с меньшими потерями и с более высокими частотами может повысить надежность передачи на большие расстояния и с более высокой скоростью.

6.2. Характеристики линейного драйвера

6.2.1. Выходное сопротивление

Линейный драйвер должен иметь балансный выход с внутренним сопротивлением $110 \Omega \pm 20\%$ на частоте в 0.1 -128 выше максимальной частоты при измерении выхода в терминалах.

6.2.2. Амплитуда сигнала

Амплитуда сигнала должна быть между удвоенной 2 и 7 V при измерении через резистор 110Ω соединенный с выходными терминалами, без коммутирующего кабеля.

6.2.3. Баланс

Любой синфазный компонент на выходе оборудования должен быть более, чем на 30 dB ниже сигнала на частотах от DC до 128 раз выше максимальной частоты.

6.2.4. Время нарастания и спада

Время нарастания и спада, определенное между точками амплитуды 10% и 90%, должно быть между 5 и 30 нс при измерении через резистор 110Ω соединенный с выходными терминалами, без коммутирующего кабеля.

Примечание: Работа до нижнего предела в 5 нс улучшит глазковую диаграмму приема, но увеличит EMI в передатчике. Оборудование должно удовлетворять локальным требованиям относительно EMI.

6.2.5. Джиттер на выходе интерфейса

Джиттер на выходе устройства следует измерять как сумму внутреннего джиттера устройства и джиттера, передаваемого из временной опоры устройства.

6.2.5.1 Внутренний джиттер

Пиковое значение внутреннего джиттера на выходе интерфейса, измеряемое на всех пересечениях нуля, должно быть менее $0,025 UI$ при измерении фильтром внутреннего джиттера.

Примечание 1: Это требование применяется, если оборудование захватывается временной опорой без джиттера, которая может быть модулированным цифровым аудио сигналом, и если оборудование работает без синхронизации.

Примечание 2: Характеристика фильтра внутреннего джиттера изображена на Рис. 7. Здесь показан минимально-фазовый фильтр верхних частот с затуханием 3 dB при 700 Hz, выравниванием первого порядка до 70 Hz и усилением единицы в полосе пропускания.

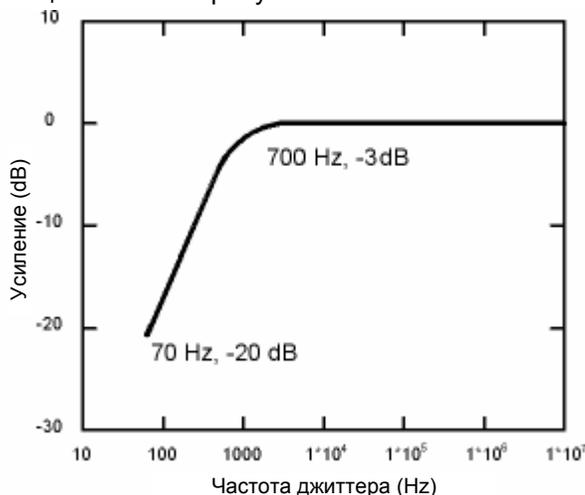


Рис. 7 – Характеристика фильтра внутреннего джиттера

6.2.5.2 Усиление джиттера

Синусоидальное усиление джиттера от входа любой временной опоры до выхода сигнала должно быть менее 2 dB на всех частотах.

Примечание: Если затухание джиттера таково, что синусоидальное усиление джиттера находится ниже маски передаточной функции джиттера на Рис. 8, то в спецификации оборудования должно быть указано, что затухание джиттера соответствует данной спецификации. Маска не налагает дополнительных ограничений на усиление низкочастотного джиттера. Лимит начинается на входном джиттере 500 Hz, где он составляет 0 dB, и падает до -6 dB на 1 kHz и выше.

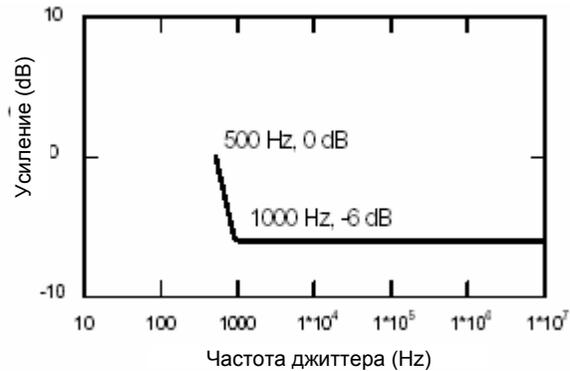


Рис. 8 – Маска передаточной функции джиттера

6.3. Характеристики приемника линии

6.3.1. Оконечное сопротивление

Приемник должен иметь активное сопротивление $110 \pm 20\%$ коммутирующему кабелю в полосе частот 0.1 - 6.0 MHz при измерении через входные терминалы. Применение более одного приемника в одной линии может создавать ошибки передачи вследствие несоответствия результирующего сопротивления.

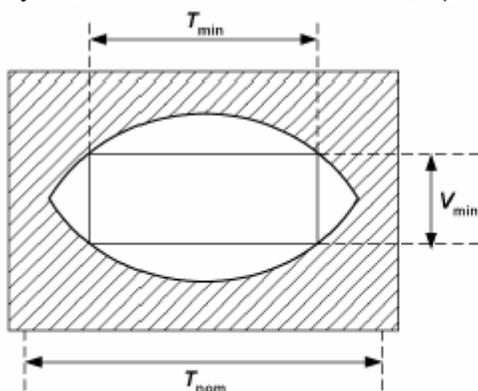
6.3.2. Максимальные входные сигналы

Приемник должен правильно интерпретировать данные при прямом соединении с линейным драйвером, работающим между крайними пределами напряжения, определенными в Разделе 6.2.2.

Примечание: В документе EBU Tech. 3250 (1985) спецификация амплитуды сигнала линейного драйвера - удвоенная максимальная 10 V.

6.3.3. Минимальные входные сигналы

Приемник должен правильно воспринимать данные, когда случайный входной сигнал дает глазковую диаграмму с V_{min} 200 mV и T_{min} 50% от T_{nom} (см. Рис. 9).



$T_{min} = 0.5 \times T_{nom}$
 $V_{min} = 200\text{mV}$
 T_{nom} = половина двухфазного периода символа

Рис. 9 - Глазковая диаграмма

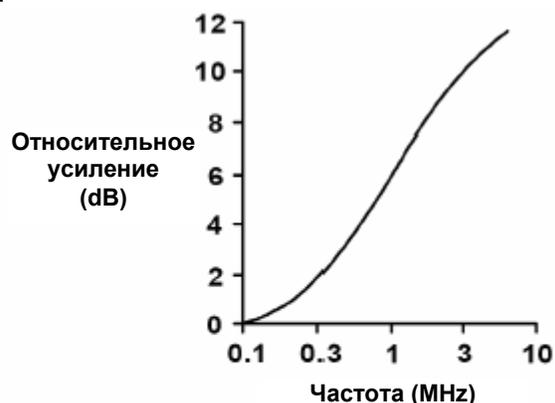


Рис. 10 - Предлагаемая выравнивающая характеристика приемника, работающего с частотой 48 kHz

6.3.4. Компенсация в приемнике

В приемнике можно применять опциональную компенсацию для возможности использования коммутирующего кабеля длиннее 100 м. предлагаемая характеристика компенсации частот для работы на частоте

те 48 kHz показана на Рис. 10. Приемник должен удовлетворять требованиям, определенным в Разделах 6.3.2. и 6.3.3.

6.3.5. Ослабление синфазного сигнала

Не должно быть никаких ошибок данных, вводимых присутствием синфазного сигнала до 7 V на частоте от DC до 20 kHz.

6.3.6. Допуск джиттера в приемнике

Приемник данных интерфейса должен правильно декодировать входящий поток данных с любым синусоидальным джиттером, определенным шаблоном допуска джиттера на Рис. 11.

Примечание: Шаблон требует допуск джиттера 0.25 UI удвоенно на высоких частотах, увеличиваясь с инверсией частоты ниже 8 kHz до отключения уровня при 10 UI удвоенно ниже 200 Hz.

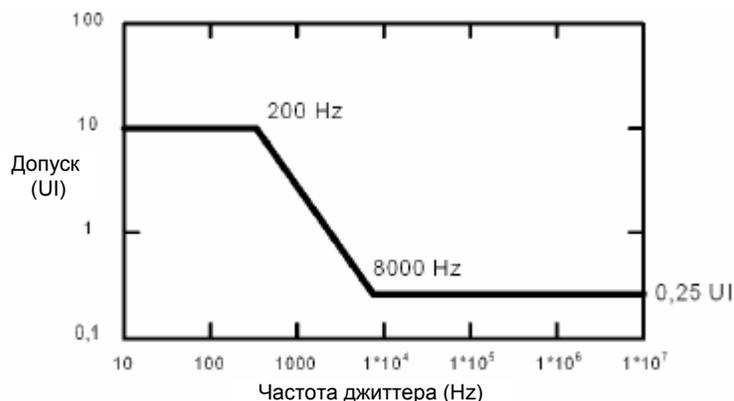


Рис. 11 – Шаблон допуска джиттера

6.4. Разъемы

Стандартный разъем для входов и выходов должен быть круглым самоблокирующимся трехконтактным разъемом, описанным в IEC 60268-12 (этот тип разъема обычно называется "XLR").

Выходной разъем, расположенный на элементе оборудования, должен иметь контакты с гнездовой оболочкой. Таким образом, соответствующий разъем кабеля должен иметь розетки со штырьковой оболочкой.

Входной разъем, расположенный на элементе оборудования, должен иметь розетки со штырьковой оболочкой, а соответствующий разъем кабеля должен иметь штырьки с гнездовой оболочкой. Использование контактов следующее:

Контакт 1:	Экран кабеля или «земля» сигнала
Контакт 2:	Сигнал
Контакт 3:	Сигнал

(Обратите внимание, что относительная полярность контактов 2 и 3 в цифровом случае не важна).

Изготовители оборудования должны четко пометить цифровые аудио входы и выходы как таковые, включая по необходимости термины "digital audio input" or "digital audio output".

В тех случаях, когда место на панели ограничено и функция разъема может перепутаться с разъемом аналогового сигнала, следует использовать аббревиатуры "DI" и "DO" для обозначения цифровых аудио входов и выходов соответственно.

Приложение 1 Генерирование CRCC (Байт 23) для статуса канала

Формат синхроимпульса статуса канала из 192 бит включает циклический избыточный код (CRC), занимающий последние 8 бит блока (Байт 23). Спецификация этого кода определяется выведением многочлена:

$$G(X) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1$$

Пример аппаратной реализации в последовательной форме дан на Рис. А.1. Первичное условие всех стадий - логическая "1".

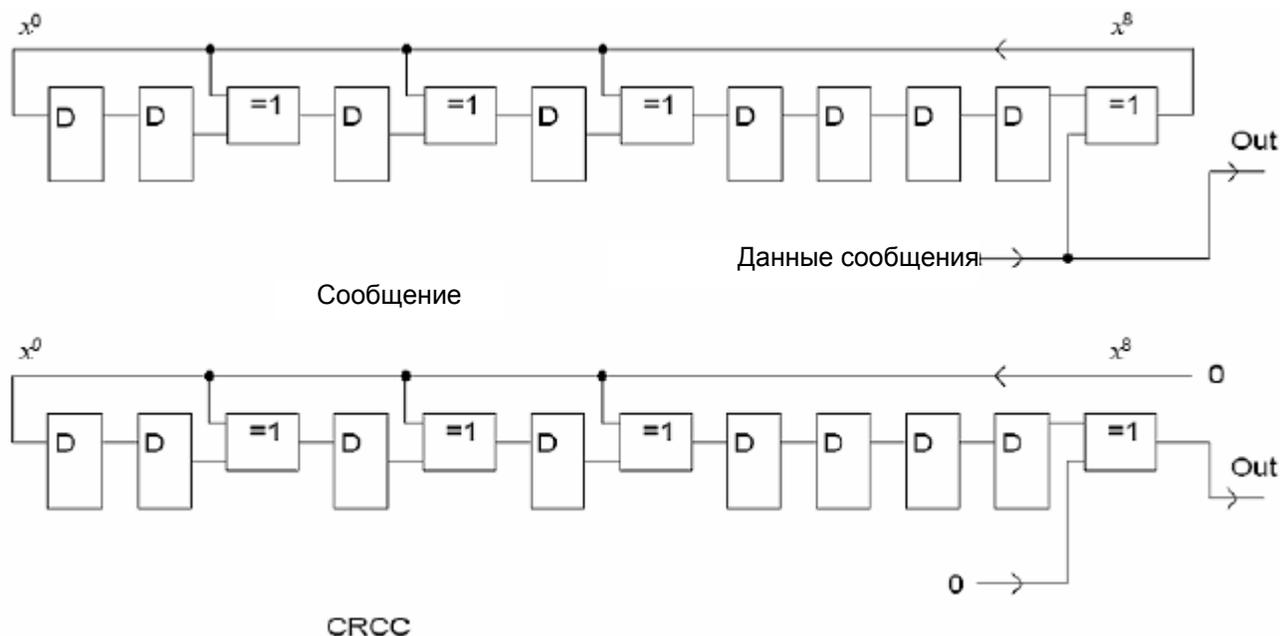


Рис. А.1. - Блок-схема реализации примера генератора CRCC.

Далее приводятся два примера данных статуса канала и результирующего CRCC:

Пример 1

Содержание данных статуса канала (Байты 0 - 22 включительно):

Байт	Биты, установленные на логическую "1"
0	0,2,3,4,5
1	1
4	1

Все остальные биты в байтах 0 - 22 статуса канала установлены на логический "0".
Содержание CRCC (байт 23):

Биты	0	1	2	3	4	5	6	7
Биты статуса канала:	184	185	186	187	188	189	190	191
Значение	1	1	0	1	1	0	0	1

Пример 2

Содержание данных статуса канала (Байты 0 - 22 включительно):

Байт	Биты, установленные на логическую "1"
0	0

Все остальные биты в байтах 0 - 22 статуса канала установлены на логический "0".
Содержание CRCC (байт 23):

Биты	0	1	2	3	4	5	6	7
Биты статуса канала:	184	185	186	187	188	189	190	191
Значение	0	1	0	0	1	1	0	0

Примечание: По примерам данного *Приложения* не следует осуществлять никакой уровень реализации.

Приложение 2 **Сигналы AES/EBU в структурной схеме соединений**

Для передачи сигналов AES3 все чаще используется структурная схема соединений. Вопреки п. 6.1, практика показала жизнеспособность неэкранированных пар категории 5, удовлетворяющих требованиям EMI и обеспечивающих передачу до 400 м без компенсации или на 800 м с компенсацией на частоте 48 kHz.

Для получения удовлетворительных результатов эту практику следует применять только при использовании по всей длине соединений кабеля категории 5 UTP (неэкранированная витая пара), включая уже установленные и любые гибкие провода (шнуры оборудования), и чтобы соединение не экранировалось по всей длине. Альтернативно можно использовать по всей длине соединения кабель категории 5 STP (экранированная витая пара) с экранированием соединения по всей длине.

Следует соблюдать осторожность при конструировании интерфейса для обеспечения адекватного баланса в витой паре кабеля кат. 5.

При использовании удобно смонтированных разъемов RJ45 в текущей практике предпочитается использование контактов 4 и 5 для сигналов AES/EBU (отделенных от сигналов ATM в том же кабеле). Вторая предпочтительная пара - разъемы 3 и 6. Обратите внимание, что для полной защиты интерфейс должен выдерживать напряжение, указанное для поддержки сетевого оборудования, и здесь весьма рекомендуется использование в интерфейсе AES/EBU трансформаторов и разделительных конденсаторов.

Предлагаемая практика: поскольку интерфейс по определению нечувствителен к полярности, в целях построения адаптеров контакт 2 XLR следует соединить с контактом 5 RJ45 (или другим нечетным контактом), а контакт 3 XLR - с контактом 4 RJ45 (или четным контактом).

Библиография

- | | |
|--|---|
| IEC Publication 268-11 (1987): | Sound system equipment, Part 11: Application of connectors for the interconnection of sound system components. |
| IEC Publication 268-12 (1987): | Sound system equipment Part .12: Application of connectors for broadcast and similar use. |
| ITU-R Recommendation BS647: | A digital audio interface for broadcasting studios |
| IEC Publication 60958-1: | Digital audio interface – Part 1: General |
| IEC Publication 60958-4: | Digital audio interface- Part 4: Professional applications. |
| EBU Technical Recommendation R68-2000: | Alignment level in digital audio production equipment and in digital audio recorders |
| AES11-1991: | AES Recommended practice for digital audio engineering - Synchronization of digital audio equipment in studio operations. |
| EBU document Tech. 3250 - Supplement 1, 1992: | Format, for the user data channel of the digital audio interface (The AES/EBU interface) |