



D6.2 Russian Translation of SpaceWire-RT Standard

Lead Beneficiary:	SUAI		
Author(s):	Yuriy Sheynin, Valentin Olenev, Irina Lavrovskaya, Ilya Korobkov, Pavel Morozkin		
Work Package:	WP6	Task:	Task 5
Version:	1.00	Last modified:	30/5/2013
Status:	Released		
Approved by:	<i>S.M. Parkes</i>	Date:	31st May 2013

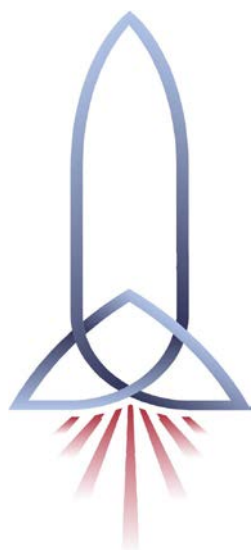
Disclaimer:

The material contained in this document is provided for information purposes only. No warranty is given in relation to use that may be made of it and neither the copyright owners or the European Commission accept any liability for loss or damage to a third party arising from such use.



Copyright Notice:

Copyright SPACEWIRE-RT Consortium 2013. All rights reserved.



Space
Technology
Centre
University of Dundee



**D6.2 Перевод стандарта
SpaceWire-RT на русский язык
Спецификация SpaceFibre
Редакция F1**

Авторы:	Стив Паркс (Steve Parkes)	Авторы перевода:	Юрий Шейнин
	Альберт Феррер (Albert Ferrer)		Валентин Оленев
	Альберто Гонзалес (Alberto Gonzalez)		Ирина Лавровская
	Крис МакКлементс (Chris McClements)		Илья Коробков
			Павел Морозкин

Copyright © 2013 University of Dundee

Перевод (translation) Copyright © 2013 ГУАП (SUAI)

Содержание

1	Введение	8
2	Нормативные документы	9
3	Термины, определения и сокращения	10
3.1	Термины из других стандартов	10
3.2	Термины данного стандарта	10
3.3	Сокращения	13
3.4	Соглашения о представлении чисел и кодов	15
4	Основные принципы	16
4.1	Цель SpaceFibre	16
4.2	Обзор главы 5	16
4.3	Структура SpaceFibre	18
5	Требования (нормативная часть)	21
5.1	Обзор	21
5.2	Спецификация интерфейса к сервисам SpaceFibre CODEC	22
5.2.1	<i>Стек протоколов SpaceFibre</i>	22
5.2.2	<i>Интерфейс к сервису сетевого уровня</i>	23
5.2.3	<i>Сервисы уровня качества сервиса</i>	25
5.2.4	<i>Сервисы уровня управления линиями</i>	28
5.2.5	<i>Сервисы уровня линии</i>	29
5.2.6	<i>Сервисы физического уровня</i>	31
5.2.7	<i>Сервисы управления каналом</i>	33
5.3	Форматы	35
5.3.1	<i>Формат управляющего слова</i>	35
5.3.2	<i>Символы SpaceFibre</i>	51
5.3.3	<i>Формат кадра</i>	53
5.3.4	<i>Формат пакета SpaceFibre</i>	56
5.3.5	<i>Коэффициент старшинства управляющих слов и кадров</i>	57
5.3.6	<i>Сводная таблица K-кодов</i>	58
5.3.7	<i>Сводная таблица символов управляющих слов</i>	59
5.4	Сетевой уровень	60
5.4.1	<i>Структура сети</i>	60
5.4.2	<i>Схема коммутации пакетов</i>	60
5.4.3	<i>Широковещательная передача сообщений</i>	64
5.4.4	<i>Управление сетью</i>	64
5.5	Уровень качества сервиса	64
5.5.1	<i>Виртуальные каналы</i>	64
5.5.2	<i>Широковещательные сообщения</i>	75
5.5.3	<i>Кадры</i>	76
5.5.4	<i>Надежная передача данных</i>	78
5.6	Уровень управления линиями	98
5.6.1	<i>Управление линиями</i>	98
5.6.2	<i>Синхронизация линий</i>	99
5.6.3	<i>Распределение данных по линиям</i>	100
5.6.4	<i>Концентрация данных с линий</i>	100
5.6.5	<i>Выбор линий</i>	101
5.7	Уровень линии	101
5.7.1	<i>Инициализация линии и управление режимом standby</i>	101
5.7.2	<i>Регулировка скорости передачи данных</i>	117
5.7.3	<i>Управляющие слова IDLE</i>	118

5.7.4	Параллельная обратная связь	118
5.7.5	8B/10B кодирование и декодирование	119
5.7.6	Символьное выравнивание	121
5.7.7	Машина состояний синхронизации на приемной стороне.....	122
5.7.8	Синхронизация по словам	125
5.8	Физический уровень.....	126
5.8.1	Последовательный интерфейс	126
5.8.2	Сериализация	126
5.8.3	Среда передачи электрических сигналов SpaceFibre.....	128
5.8.4	Приемник и передатчик, работающие по оптоволоконному кабелю.....	133
5.9	Уровень управления.....	133
5.9.1	Конфигурационные параметры	134
5.9.2	Параметры статуса.....	135
5.9.3	Сброс	137
5.10	Критерии соответствия SpaceFibre	139
5.10.1	Обзор	139
5.10.2	Частичные реализации	139
6	Приложение А Принципы работы канала последовательной передачи данных (информативная часть)	140
6.1	Скремблирование данных	140
6.2	8B/10B Кодирование и декодирование	141
6.2.1	8B/10B Кодирование.....	142
6.2.2	8B/10B Декодирование	144
6.2.3	Разность паритета.....	147
6.3	Сериализация и Десериализация	149
6.4	Восстановление синхросигнала приемника	149
6.5	Символьное выравнивание.....	150
6.6	Приемный эластичный буфер	152
	Список литературы	155

Список рисунков

Рисунок 4-1 Общий вид SpaceFibre CODEC.....	18
Рисунок 5-1 Стек протоколов SpaceFibre	22
Рисунок 5-2 Символы Fill в буфере виртуального канала	53
Рисунок 5-3 Формат кадра данных	54
Рисунок 5-4 Формат idle-кадра	54
Рисунок 5-5 Формат широковещательного кадра	55
Рисунок 5-6 Скремблер / де-скремблер.....	76
Рисунок 5-7 Машина состояний распознавания слов.....	79
Рисунок 5-8 Машина состояний ошибок	95
Рисунок 5-9 Машина состояний инициализации линии.....	102
Рисунок 5-10 Машина состояний синхронизации на приемной стороне	122
Рисунок 5-11 Сигналы передатчика	128
Рисунок 5-12 Схема тестирования передатчика	128
Рисунок 5-13 Глазковая диаграмма передатчика	129
Рисунок 5-14 Глазковая диаграмма приемника.....	130
Рисунок 5-15 Сборка ESGE кабеля SpaceFibre	131
Рисунок 5-16 Сборка бортового кабеля SpaceFibre	132
Рисунок 5-17 Сборка переходника от EGSE к бортовому кабелю	132
Рисунок 5-18 Предохранитель коннектора для бортового оборудования.....	133
Рисунок 6-1 Скремблер / Де-скремблер	140
Рисунок 6-2 8В/10В Кодер.....	142
Рисунок 6-3 8В/10В Обозначения кодов	143
Рисунок 6-4 Типовая PLL	149
Рисунок 6-5 Символьное выравнивание по положительной COMMA последовательности	150
Рисунок 6-6 Символьное выравнивание после десериализации.....	151
Рисунок 6-7 Символьное выравнивание во время десериализации.....	152
Рисунок 6-8 Приемной эластичный буфер – штатный режим.....	152
Рисунок 6-9 Опустошение приемного эластичного буфера	153
Рисунок 6-10 Заполнение приемного эластичного буфера.....	153

Список таблиц

Таблица 5-1 Передающий интерфейс SerDes (10-bit)	32
Таблица 5-2 Передающий интерфейс SerDes (20-bit)	32
Таблица 5-3 Передающий интерфейс SerDes (40-bit)	32
Таблица 5-4 Приемный интерфейс SerDes (10-bit)	32
Таблица 5-5 Приемный интерфейс SerDes (20-bit)	33
Таблица 5-6 Приемный интерфейс SerDes (40-bit)	33
Таблица 5-7 Управляющие слова линии.....	36
Таблица 5-8: Управляющие слова синхронизации линии	41
Таблица 5-9: Управляющие слова повторной передачи данных	42
Таблица 5-10 Управляющие слова формирования кадров.....	45
Таблица 5-11 Управляющее слово FCT	49
Таблица 5-12 Управляющее слово уведомления об ошибках приема.....	50
Таблица 5-13 N-Char символы SpaceWire	51
Таблица 5-14 Символ-заполнитель Fill	52
Таблица 5-15 Значения К-кодов.....	59

Таблица 5-16: Значения символов управляющих слов	59
Таблица 5-17 Обработка адресов в маршрутизаторе	61
Таблица 5-18 Коэффициент старшинства для различных типов качества сервиса	70
Таблица 5-19 Состояние <i>RxNothing</i>	80
Таблица 5-20 Состояние <i>RxDataFrame</i>	81
Таблица 5-21 Состояние <i>RxBroadcastFrame</i>	82
Таблица 5-22 Состояние <i>RxBroadcast&DataFrame</i>	83
Таблица 5-23 Состояние <i>RxIdleFrame</i>	84
Таблица 5-24 Состояние <i>Valid Positive</i>	96
Таблица 5-25 Состояние <i>Valid Negative</i>	96
Таблица 5-26 Состояние <i>Error Positive</i>	97
Таблица 5-27 Состояние <i>Error Negative</i>	98
Таблица 5-28 Состояние <i>ColdReset</i>	103
Таблица 5-29 Состояние <i>ClearLine</i>	105
Таблица 5-30 Состояние <i>Disabled</i>	106
Таблица 5-31 Состояние <i>Wait</i>	107
Таблица 5-32 Состояние <i>Started</i>	108
Таблица 5-33 Состояние <i>InvertRxPolarity</i>	110
Таблица 5-34 Состояние <i>Connecting</i>	111
Таблица 5-35 Состояние <i>Connected</i>	113
Таблица 5-36 Состояние <i>Active</i>	115
Таблица 5-37 Состояние <i>PrepareStandby</i>	116
Таблица 5-38 Состояние <i>LossOfSignal</i>	117
Таблица 5-39 5В/6В кодирование	120
Таблица 5-40 3В/4В кодирование	121
Таблица 5-41 Состояние <i>LostSync</i>	123
Таблица 5-42 Состояние <i>CheckSync</i>	124
Таблица 5-43 Состояние <i>Ready</i>	125
Таблица 5-44 Последовательный интерфейс передатчика	126
Таблица 5-45 Последовательный интерфейс приемника	126
Таблица 5-46 Конфигурационные параметры интерфейса SpaceFibre	134
Таблица 5-47 Параметры статуса интерфейса SpaceFibre	136
Таблица 5-48 Результат холодного и горячего сброса	137
Таблица 6-1 5В/6В кодирование	145
Таблица 6-2 3В/4В кодирование	146
Таблица 6-3 8В/10В управляющие коды (К-коды)	147
Таблица 6-4 Обнаружение ошибки по некорректному коду	148
Таблица 6-5 Обнаружение ошибок по неправильной разности паритета	148

1 Введение

SpaceFibre¹ – это высокоскоростной последовательный канал, специально созданный для использования в бортовом космическом оборудовании. SpaceFibre позволяет передавать данные как по оптоволоконным, так и по электрическим кабелям, и поддерживает скорости от 1 Гбит/с (в ближайшем будущем) до 5 Гбит/с (в долгосрочной перспективе). Данный стандарт направлен на дополнение возможностей широко распространенного бортового сетевого стандарта SpaceWire посредством увеличения скорости передачи данных в 10 раз, уменьшения массы кабеля, а также предоставления возможности гальванической развязки. Возможность передачи данных по нескольким линиям одновременно позволяет увеличивать скорость передачи данных до 20 Гбит/с и более.

SpaceFibre предоставляет согласованный механизм предоставления качества сервиса, поддерживающий следующие типы: негарантированная доставка, гарантированная пропускная способность, планирование и приоритетный. Более того, SpaceFibre значительно улучшает возможности по обнаружению ошибок, локализации и восстановления после них (FDIR) по сравнению со стандартом SpaceWire.

SpaceFibre направлен на передачу данных на высоких скоростях, например, для работы радиолокатора синтезирования апертуры или гиперспектральных оптических инструментов. Данный стандарт обеспечивает устойчивое к ошибкам соединение на больших расстояниях посредством использования механизма виртуальных каналов. SpaceFibre позволяет создать единую бортовую инфраструктуру для различных космических миссий, что позволяет снизить стоимость и предоставляет возможность повторного использования схемы. SpaceFibre использует формат пакета, совпадающий с форматом пакета SpaceWire, таким образом, обеспечивая простую связь между существующим оборудованием SpaceWire и высокоскоростных каналов и сетей SpaceFibre. Приложения, разработанные для SpaceWire, могут быть без труда перенесены на SpaceFibre.

Данный стандарт описывает протоколы, необходимые для формирования канала точка-точка между двумя устройствами. Он не описывает SpaceFibre пакеты и сети SpaceFibre, которые относятся к вышележащим уровням SpaceFibre, которые обеспечивают полную совместимость со SpaceWire на этих уровнях.

Стандарт SpaceFibre определяет интерфейсы к пользовательским приложениям и к физическому каналу. Остальные интерфейсы между промежуточными уровнями также описаны. Также специфицированы требуемые характеристики медного кабеля.

Данный стандарт может быть адаптирован к особым характеристикам и ограничениям космических проектов в соответствии с ECSS-S-ST-00.

¹ Основные результаты исследований и разработок проекта SpaceWire-RT были применены при разработке спецификации SpaceFibre, исходный вариант которой был существенно переработан в ходе проекта SpaceWire-RT и составил основу вновь разработанной сетевой технологии с QoS. В результате, полученная спецификация SpaceFibre стала и проектом стандарта SpaceWire-RT. В силу этого, в настоящем документе представляется перевод спецификации SpaceFibre как проекта стандарта SpaceWire-RT. *(Примечание редактора перевода)*

2 Нормативные документы

В тексте содержатся ссылки на следующие нормативные документы, которые содержат необходимую для понимания этого стандарта информацию. Более подробная информация, такая как дата выпуска, ссылки на конкретные пункты стандарта или номер версии, не предоставляется. Однако, желательно, чтобы участники соглашения, в рамках которого разрабатывается данный стандарт, для разработки использовали самые последние версии приведенных в списке нормативных документов. Для ссылок, где не указана дата выпуска, используется последняя версия документа, выпущенная на момент публикации текущего стандарта.

ECSS-S-ST-00-01	ECSS system - Glossary of terms
ECSS-E-ST-50-12C	Space engineering - SpaceWire - Links, nodes, routers and networks
ESCC 07072-ST-MDSA HDR-01	ESCC draft specification High data rate connector and assembly "MDSA HDR" for space use. Serial ATA Revision 3.0, clause 6.6.1.

3 Термины, определения и сокращения

3.1 Термины из других стандартов

В данном стандарте применяются термины и определения из стандартов ECSS-S-ST-00-01 и ECSS-E-50-50.

3.2 Термины данного стандарта

1. *Активные линии (active lanes)* – линии, готовые к передаче данных и управляющих символов, т.е. линии, для которых машина состояний инициализации находится в состоянии *Active*.

2. *Доступная пропускная способность (available bandwidth)* – количество слов данных или управляющих слов, которые могли быть отправлены с момента последнего изменения значения кредита пропускной способности.

3. *Кредит пропускной способности (bandwidth credit)* – число, характеризующее пропускную способность канала, накопленную виртуальным каналом.

4. *Предел кредита пропускной способности (bandwidth credit limit)* – максимальный положительный или отрицательный кредит пропускной способности, который позволено накопить виртуальному каналу.

5. *Символ (character)* – 8-битный символ данных или управляющий символ.

6. *Символ СОММА (comma)* – управляющий код K28.7 или K28.5.

7. *Управляющий код (control code)* – 8В/10В К-код.

8. *Управляющий флаг (control flag)* – однобитный флаг, который устанавливается в '0', в случае если связанный с ним символ является символом данных, и в '1', в случае если связанный с ним символ является EOP, EEP или символом-заполнителем.

9. *Управляющее слово (control word)* – слово, которое используется для передачи управляющей информации протокола.

10. *Текущая разность паритета (current running disparity)* – накопленная разность паритета битового потока с момента его начала и до текущего момента времени.

11. *Символ данных (data character)* – 8-битное значение данных.

12. *Слово данных (data word)* – слово данных, состоящее из четырех символов N-Char SpaceWire или символов-заполнителей.

13. *D-код (D-code)* – представление 8В/10В символа данных, включающее флаг D/K, установленный в '0', и 8-битное значение символа данных.

14. *D-символ (D-symbol)* – 10-битный символ, полученный в результате 8В/10В кодирования D-кода кодом.

15. *Флаг D/K (D/K flag)* – однобитный флаг, который устанавливается в '0', в случае если связанный с ним символ является D-кодом, и в '1', в случае если связанный с ним символ является K-кодом.

16. *Устройство (device)* – узел или маршрутизатор.

17. *Разность паритета (disparity)* – разность количества единиц и нулей в битовом потоке.
18. *Четная разность паритета (even disparity)* – равное количество единиц и нулей в битовом потоке.
19. *Доля ожидаемой пропускной способности (expected bandwidth percentage)* – часть общей пропускной способности канала, которую виртуальный канал собирается использовать.
20. *Символ-заполнитель (Fill)* – данный символ может возникнуть в кадре данных после EOP или EEP для заполнения слова данных, содержащего EOP или EEP.
21. *Удаление заголовка (header deletion)* – удаление маршрутизатором первого символа данных в пакете после того, как данный символ был использован для определения выходного порта для пакета, и до того, как пакет начал передаваться на выходной порт.
22. *Инициализирующий символ КОММА (initialisation comma)* – управляющий код K28.5.
23. *Ошибочный символ (invalid symbol)* – кодовый символ, содержащий ошибку разности паритета, что выражается в текущей разности паритета большей единицы или меньшей минус единицы или в том, что кодовый символ отсутствует в таблице декодирования 8В/10В. Последнее происходит, если кодовый символ не корректен для 8-битного символа данных или управляющего символа.
24. *К-код (K-code)* – представление 8В/10В символа данных, включающее флаг D/K, установленный в '1', и 8-битный символ, определяющий один из 12 возможных К-кодов.
25. *К-символ (K-symbol)* – 10-битный символ, полученный в результате 8В/10В кодирования К-кода кодом.
26. *Линия (lane)* – физическое соединение SpaceFibre между двумя устройствами.
27. *Первый символ данных (leading data character)* – самый первый символ данных, отправленный по каналу, или первый символ данных, следующий за EOP или EEP, завершающими пакет SpaceFibre.
28. *Канал (link)* – канал SpaceFibre между двумя устройствами, который включает одну или более линий.
29. *Пропускная способность канала (link bandwidth)* – количество информации, которое можно отправить за одну секунду по каналу SpaceFibre.
30. *N-Char символ (N-Char)* – символ данных SpaceFibre, EOP или EEP.
31. *Отрицательный предел кредита пропускной способности (negative bandwidth credit limit)* – минимальная величина кредита пропускной способности, которую позволено накопить виртуальному каналу.
32. *Отрицательная разность паритета (negative disparity)* – указывает, что битовый поток содержит больше нулей, чем единиц.
33. *Нейтральная разность паритета (neutral disparity)* – указывает на одинаковое количество нулей и единиц в битовом потоке.
34. *Узел (node)* – конечная точка сети SpaceFibre, которая может быть как источником, так и получателем пакетов SpaceFibre и широковещательных сообщений.
35. *Постоянная ошибка (permanent error)* – ошибка соединения, после возникновения которой невозможно восстановить канал.

36. *Устойчивая ошибка (persistent error)* – ошибка соединения, которую возможно устранить только после повторной инициализации неисправного канала и повторной передачи данных.
37. *Канал «точка-точка» (point to point link)* – канал, соединяющий два узла.
38. *Положительная разность паритета (positive disparity)* – указывает, что битовый поток содержит больше единиц, чем нулей.
39. *Положительный предел кредита пропускной способности (positive bandwidth credit limit)* – максимальная величина кредита пропускной способности, которую позволено накопить виртуальному каналу.
40. *Приоритетный коэффициент старшинства (priority precedence)* – статическое значение коэффициента старшинства для виртуального канала, устанавливаемое в зависимости от качества сервиса, предоставляемого данным виртуальным каналом.
41. *Виртуальный канал готовый к работе (ready virtual channel)* – виртуальный канал с подготовленными к передаче данными и свободным местом в буфере виртуального канала на удаленной стороне канала.
42. *Требуемые линии (required lanes)* – линии, которые затребованы для использования при формировании соединения SpaceFibre.
43. *Зарезервированная пропускная способность (reserved bandwidth)* – часть пропускной способности канала, зарезервированная под использование определенным виртуальным каналом.
44. *Маршрутизатор (routing switch)* – устройство, содержащее несколько портов SpaceFibre и коммутационную матрицу, посредством которой пакеты, прибывающие на один порт, передаются на другой порт в соответствии с адресом назначения и содержимым таблицы маршрутизации. Также данное устройство выполняет проверку и распространение широковещательных сообщений на все выходные порты, кроме того, по которому данное сообщение пришло. Маршрутизатор содержит конфигурационный порт для настройки.
45. *Расписание (schedule)* – список временных интервалов, во время которых виртуальному каналу разрешено отправлять кадры данных.
46. *Кодовый символ (symbol)* – D-символ или K-символ.
47. *Скорость обработки кодового символа (symbol rate)* – скорость, с которой передатчик и приемник могут обрабатывать кодовый символ.
48. *Кодовое слово (symbol word)* – группа из четырех последовательных кодовых символов, которые после декодирования образуют слово данных или управляющее слово.
49. *Временной интервал (time slot)* – интервал времени, используемый для планирования отправки кадров данных.
50. *Сбой (transient error)* – ошибка в канале, которую возможно устранить повторной передачей данных без необходимости повторной инициализации канала.
51. *Нераспознаваемый кодовый символ (unrecognised symbol)* – кодовый символ, который отсутствует в таблице кодовых символов 8B/10B.
52. *Использованная пропускная способность (used bandwidth)* – часть пропускной способности канала, которую действительно использовал виртуальный канал, вычисленная по итогам предыдущего временного интервала (равняется нулю для всех виртуальных каналов, кроме того, который отправлял данные).

53. *Используемая линия (used lane)* – линия связи, которая используется каналом SpaceFibre.

54. *Корректный кодовый символ (valid symbol)* – кодовый символ, не содержащий ошибки разности паритета и имеющийся в таблице кодовых символов 8B/10B.

55. *Слово (word)* – слово данных или управляющее слово.

56. *Скорость обработки слова (word rate)* – скорость, с которой передатчик и приемник могут обрабатывать слово.

3.3 Сокращения

В стандарте определены и используются следующие сокращения:

Сокращение	Значение
8B/10B	8-бит/10-бит
AC	Переменный ток
ACK	Подтверждение
BC	Широковещательный канал
BER	Частота появления ошибочных бит
B-TYPE	Тип данных в широковещательном кадре
CML	Логические схемы с переключателями тока
CODEC	Кодер/декодер
CRC	Циклический избыточный код
DMA	Прямой доступ к памяти
EBF	Слово конца широковещательного кадра
EDF	Слово конца кадра данных
EER	Слово конца поврежденного пакета
EOP	Слово конца пакета
FCT	Символ управления потоком
FDIR	Обнаружение ошибки, локализация и восстановление
FIFO	Очередь
SEQ_NUM	Порядковый номер кадра
ID	Идентификатор
IDLE	Управляющее слово IDLE
iLLCW	Инвертированное управляющее слово LLCW
Inc	Инкремент
INIT1	Управляющее слово инициализации INIT1
iINIT1	Инвертированное управляющее слово INIT1
INIT2	Управляющее слово инициализации INIT2
iINIT2	Инвертированное управляющее слово INIT2

INIT3	Управляющее слово инициализации INIT3
Len	Длина
LLCW	Управляющее слово уровня линии
LOS	Потеря сигнала
LS	Младший значащий
LSB	Младший значащий бит
LSYNC	Управляющее слово для синхронизации линии
MAC	Контроллер доступа к среде
MS	Старший значащий
MSB	Старший значащий бит
NACK	Отрицательное подтверждение
PCB	Печатная плата
PLL	Фазовая автоподстройка частоты
PRBS	Псевдослучайная последовательность бит
QoS	Качество сервиса
RMAP	Протокол удаленного доступа к памяти
RX	Приемник
SBF	Слово начала широковещательного кадра
SDF	Слово начала кадра данных
SIF	Слово начала idle-кадра
SOIS	Службы бортового интерфейса
TBA	Требует рассмотрения
TBC	Требует подтверждения
TX	Передатчик
VC	Виртуальный канал
VCB	Буфер виртуального канала
VHDL	Язык описания аппаратуры сверх высокоскоростных интегральных схем (VHSIC)
VHSIC	Сверхвысокоскоростная интегральная схема
VML	Логические схемы с переключателями напряжения

3.4 Соглашения о представлении чисел и кодов

В данном документе числа в шестнадцатеричной системе счисления обозначены с префиксом 0x, например, 0x34 и 0xDF15.

Числа в двоичной системе счисления обозначены с префиксом 0b, например, 0b01001100 и 0b01.

Числа в десятичной системе счисления не имеют префикса.

Зарезервированные значения и поля должны быть установлены в ноль передатчиком и должны игнорироваться приемником.

4 Основные принципы

4.1 Цель SpaceFibre

Цель SpaceFibre заключается в обеспечении взаимодействия типа “точка-точка” и сетевого взаимодействия устройств высокоскоростной передачи данных, устройств хранения информации, процессоров и другого бортового оборудования. SpaceFibre позволяет передавать данные как по оптоволоконным, так и по электрическим кабелям. Данный стандарт обеспечивает устойчивое к ошибкам соединение на больших расстояниях посредством использования механизма виртуальных каналов. SpaceFibre позволяет создать единую бортовую инфраструктуру для различных космических миссий, что позволяет снизить стоимость и предоставляет возможность повторного использования схемы. SpaceFibre использует формат пакета, совпадающий с форматом пакета SpaceWire, таким образом, обеспечивая простую связь между существующим оборудованием SpaceWire и высокоскоростных каналов и сетей SpaceFibre. SpaceFibre предоставляет согласованный механизм предоставления качества сервиса, поддерживающий следующие типы: негарантированная доставка, гарантированная пропускная способность, планирование и приоритетный. Более того, SpaceFibre значительно улучшает возможности по обнаружению ошибок, локализации и восстановления после них (Fault Detection, Isolation and Recovery, FDIR) по сравнению со стандартом SpaceWire.

4.2 Обзор главы 5

Глава 5 данного стандарта определяет нормативные требования. Спецификация SpaceFibre разделена на несколько функциональных уровней.

Раздел 5.1 представляет краткий обзор следующих за ним подразделов.

Раздел 5.2 предоставляет спецификацию интерфейса к сервисам для интерфейса SpaceFibre. В разделе представлены три интерфейса к сервисам: Сервис Пакетов SpaceFibre, который используется для передачи и приема пакетов SpaceFibre; Сервис Широковещательных Сообщений, который используется для распространения и приема коротких сообщений с низким уровнем задержек; и Сервис Управления Каналом, который используется для конфигурации и управления каналом SpaceFibre, а также для считывания информации о состоянии и ошибках.

Раздел 5.3 описывает форматы управляющих слов, символов SpaceFibre и кадров, которые используются в SpaceFibre для инициализации канала, передачи данных и обнаружения ошибок с последующим восстановлением канала. Данный раздел также описывает формат пакета SpaceFibre, который совпадает с форматом пакета SpaceWire.

Раздел 5.4 охватывает сетевой уровень, который отвечает за отправку и прием пакетов и широковещательных сообщений SpaceFibre по сети.

Раздел 5.5 охватывает уровень качества сервиса, который отвечает за предоставление качества сервиса и за обнаружение ошибок, их локализацию и восстановление на канальном уровне после ошибок. SpaceFibre может поддерживать несколько типов качества сервиса одновременно: негарантированная доставка, приоритетный, гарантированная пропускная способность и с планированием. Пакет SpaceWire передается посредством записи в буфер виртуального канала и принимается считыванием из буфера соответствующего виртуального канала на противоположной стороне канала SpaceFibre. Каждый буфер виртуального канала

настроен на предоставление конкретного качества сервиса. Информация пакета SpaceWire сегментируется для поддержки возможности чередования данных из нескольких виртуальных каналов, с учетом качества сервиса каждого виртуального канала. Уровень качества сервиса осуществляет управление потоком в канале, что позволяет избежать передачи данных при отсутствии свободного места в буферах на противоположной стороне канала. Контроль доступа к среде (MAC) на уровне виртуальных каналов отвечает за корректное мультиплексирование сегментов данных в канале, с учетом информации управления потоком и качества сервиса. Уровень качества сервиса также отвечает за распространение и прием коротких сообщений с низким уровнем задержек. Данные, содержащиеся в пакетах, широковещательных сообщениях информация об управлении потоком фрагментируются и инкапсулируются в кадры, которые передаются и принимаются по каналу SpaceFibre. Информация в кадре данных подвергается скремблированию, чтобы ослабить влияние электромагнитных воздействий. В целях реализации механизмов обнаружения ошибок, их локализации и восстановления после них на канальном уровне выполняется добавление порядкового номера кадра и контрольной суммы CRC в кадры и в маркеры управления потоком. Информация удерживается в буфере повтора до тех пор, пока не придет подтверждение её корректного приема с противоположной стороны канала. Если кадр или символ управления потоком теряется или приходит с ошибкой, содержимое буфера повтора передается повторно для быстрого восстановления после ошибки. Пакеты SpaceFibre и широковещательные сообщения доставляются без ошибок, что упрощает обработку ошибок и процедуру FDIR на уровне приложения. Отрицательные подтверждения используются для мгновенного восстановления канала после обнаруженных ошибок. Уровень качества сервиса также предоставляет механизм передачи idle-кадров в случае отсутствия у приложения информации для передачи. Idle-кадры могут содержать последовательность псевдослучайных бит, которую можно использовать для оценки уровня битовых ошибок в канале (BER).

Раздел 5.6 охватывает уровень управления линиями, который отвечает за функционирование множества линий канала SpaceFibre, позволяя информации передаваться по нескольким отдельным физическим линиям (lanes), увеличивая тем самым пропускную способность. В разделе специфицирован порядок управления и синхронизации множества линий, а также механизм для распределения информации по нескольким линиям на передающей стороне и концентрации ответной информации в один поток на принимающей стороне канала. Канал SpaceFibre — это логический канал передачи данных, который может включать одну и более физических линий. Использование нескольких линий не обязательно.

Раздел 5.7 охватывает уровень линии (lane), который отвечает за передачу информации в виде потока слов данных и управляющих слов по одной линии. В разделе приводятся механизмы инициализации линии, повторной инициализации канала в случае возникновения устойчивой ошибки и механизм регулировки разности частот тактирующих сигналов на принимающей и передающей сторонах линии. В целях тестирования, уровень линии также предоставляет возможность использования параллельной обратной связи. Уровень линии также отвечает за кодирование слов данных и управляющих слов для передачи по линии и за их декодирование на принимающей стороне линии. SpaceFibre использует кодирование 8B/10B. В приемнике уровень линии обеспечивает символьное выравнивание, а также синхронизацию по словам. Каждое слово данных или управляющее слово составляется из четырех кодовых символов 8B/10B. 8B/10B кодирование позволяет добиться DC-сбалансированного сигнала, который может быть по физической линии с поддержкой гальванической развязки.

Раздел 5.8 охватывает физический уровень, который отвечает за передачу кодовых символов 8B/10B в виде битового потока и за восстановление кодовых символов 8B/10B из принятого

битового потока. Приемник обеспечивает битовую синхронизацию, чтобы извлечь битовый поток из сигналов, принятых физическим уровнем. Также предусмотрен механизм приема инвертированных сигналов. В целях тестирования, уровень сериализации предоставляет возможность использования последовательной обратной связи. SpaceFibre использует логические схемы с переключателями тока (CML) для передачи электрических сигналов. В разделе определены электрические характеристики драйверов, приемников, дорожек печатных плат, соединителей и электрического кабеля SpaceFibre. Предполагается также вариант оптоволоконна; оптические характеристики его подлежат определению в дальнейшем. Присутствует также информация о соединителях.

Раздел 5.9 охватывает уровень управления, который отвечает за настройку и управление интерфейсом SpaceFibre и за предоставление информации о состоянии и ошибках. В разделе приведены значения параметров конфигурации, которые должны быть установлены после перезагрузки.

Раздел 5.10 посвящен соответствию реализаций спецификации SpaceFibre, разрешенную частичную реализацию спецификации SpaceFibre².

4.3 Структура SpaceFibre

На Рисунок 4-1 представлен обзор структуры SpaceFibre CODEC.

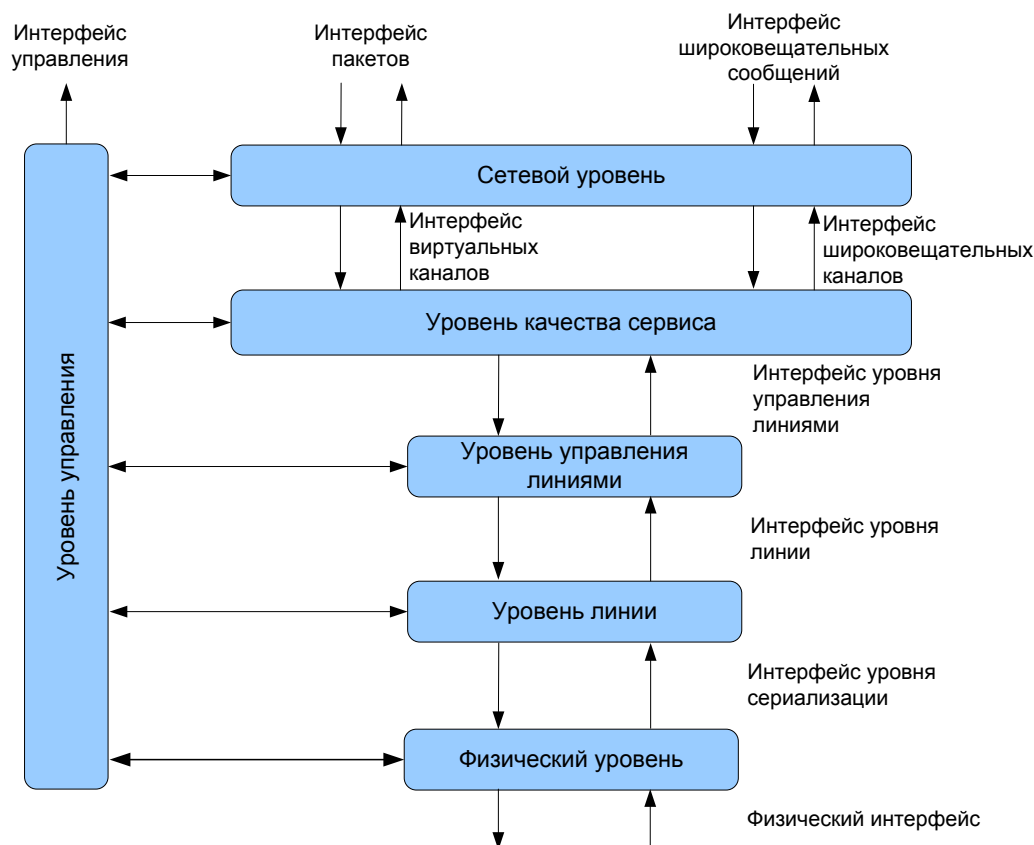


Рисунок 4-1 Общий вид SpaceFibre CODEC

SpaceFibre CODEC состоит из шести уровней:

² Подлежат определению в дальнейшем; в данной редакции не описаны. . (примечание редактора перевода)

- Сетевой уровень: отвечает за передачу информации от приложения по сети SpaceFibre. Данный уровень предоставляет два сервиса: Сервис Пакетов и Сервис Широковещательных Сообщений. Сервис Пакетов отвечает за передачу пакетов SpaceFibre по сети, используя правила маршрутизации и форматы пакетов, аналогичные SpaceWire. SpaceFibre поддерживает как путевую, так и логическую адресацию. Сервис широковещательных сообщений, в свою очередь, отвечает за распространение коротких сообщений (8 байт) во все узлы сети. Данные сообщения могут переносить информацию о времени или информацию для синхронизации, а также могут использоваться для оповещения о возникновении различных событий в сети.
- Уровень управления отвечает за конфигурацию, управление и отслеживание состояния всех уровней в стеке протоколов SpaceFibre. Например, данный уровень может управлять настройками качества сервиса для виртуальных каналов на уровне качества сервиса.
- Уровень качества сервиса отвечает за предоставление качества сервиса и управление потоком в канале SpaceFibre. На данном уровне выполняется формирование кадров и скремблирование данных для ослабления электромагнитных воздействий. Уровень качества сервиса также предоставляет возможность повторной передачи данных и обнаружение ошибок в принимаемых данных. Данный механизм повторной передачи данных делает стандарт SpaceFibre очень устойчивым к сбоям.
- Уровень управления линиями: отвечает за параллельное функционирование нескольких линий SpaceFibre для обеспечения высокой пропускной способности и избыточности, с возможностью обнаружения отказов в линиях и восстановления после них.
- Уровень линии: отвечает за инициализацию линии, обнаружение ошибок линии и повторную инициализацию линии после обнаружения ошибки. Также на данном уровне выполняется кодирование данных в кодовые символы при передаче и декодирование кодовых символов в данные при приеме.
- Физический уровень: отвечает за сериализацию и десериализацию кодовых символов для обеспечения возможности их передачи в физической среде. На приемнике физический уровень восстанавливает сигнал тактирования и данные из последовательного потока бит, определяет границы символов и восстанавливает 8B/10B символы. SpaceFibre может работать как по оптоволоконным, так и по медным кабелям.

SpaceFibre предоставляет три различных типа интерфейсов:

- интерфейс виртуальных каналов, используемый для отправки и приема пакетов SpaceFibre;
- интерфейс широковещательных сообщений, используемый для распространения и приема коротких сообщений по сети;
- интерфейс управления каналом, используемый для конфигурации и управления стеком SpaceFibre.

Интерфейс виртуальных каналов включает набор буферов виртуальных каналов для отправки пакетов SpaceFibre (выходной буфер виртуального канала) и такого же количества буферов для приема пакетов SpaceFibre (входной буфер виртуального канала).

Интерфейс выходных буферов виртуальных каналов используется для отправки пакетов

SpaceFibre. Каждый выходной буфер виртуальных каналов имеет интерфейс типа FIFO, через который могут быть записаны символы данных SpaceFibre и маркеры конца пакета. Для того чтобы отправить пакет SpaceFibre по виртуальному каналу, в соответствующий выходной буфер виртуального канала должны быть последовательно записаны адрес назначения пакета и данные пакета, заканчивающиеся маркером конца пакета EOP. Вид интерфейса зависит от приложения.

Интерфейсы входных буферов виртуальных каналов используются для считывания пакетов SpaceFibre. Каждый входной буфер виртуального канала имеет интерфейс типа FIFO, через который считываются символы данных SpaceFibre и маркеры конца пакета.

Интерфейс широковещательных сообщений SpaceFibre CODEC включает набор регистров для записи параметров широковещательного сообщения (номер широковещательного канала, номер широковещательного сообщения и само сообщение) и такой же набор регистров для считывания принятых широковещательных сообщений. Пользователь регистрируется на прием определенных классов широковещательных сообщений.

Спецификация сервисных интерфейсов для каждого уровня приведена в разделе 5.2.

5 Требования (нормативная часть)

5.1 Обзор

В данном разделе представлены нормативные требования для SpaceFibre. Раздел 5.2 определяет сервисы, предоставляемые SpaceFibre CODEC. В разделе 5.3 определяются форматы символов данных, кодовых символов, слов, управляющих слов, кадров и пакетов. Последующие разделы определяют каждый из функциональных уровней SpaceFibre:

- Сетевой уровень (раздел 5.4)
- Уровень качества сервиса (раздел 5.5)
- Уровень управления линиями (раздел 5.6)
- Уровень линии (раздел 5.7)
- Физический уровень (раздел 5.8)
- Уровень управления (раздел 5.9)

5.2 Спецификация интерфейса к сервисам SpaceFibre CODEC

Данный раздел описывает стек протоколов SpaceFibre и определяет интерфейсы к его сервисам.

5.2.1 Стек протоколов SpaceFibre

а) Стек протоколов SpaceFibre изображен на Рисунок 5-1.

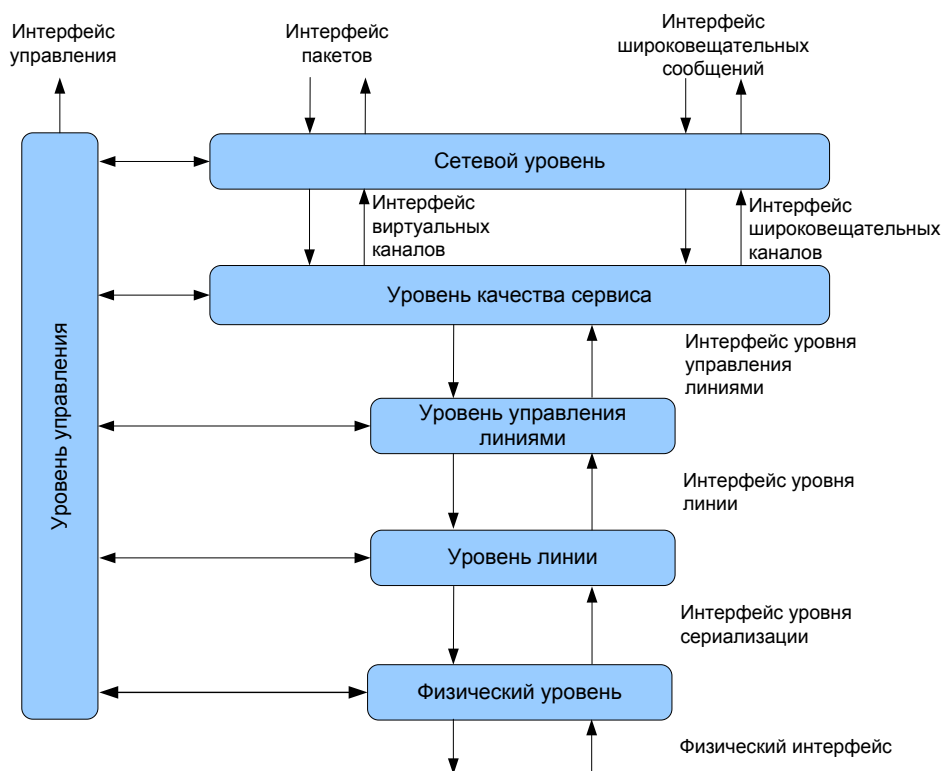


Рисунок 5-1 Стек протоколов SpaceFibre

- b) Сетевой уровень должен отвечать за передачу информации от приложения по сети SpaceFibre.
- c) Уровень качества сервиса должен отвечать за предоставление качества сервиса доставки информации, управление потоком по каналу SpaceFibre, а также за повторную передачу данных в случае обнаружения ошибки.
- d) Уровень управления линиями должен отвечать за организацию работы нескольких линий SpaceFibre параллельно для предоставления более высокой пропускной способности.
- e) Уровень линии должен отвечать за инициализацию линии, обнаружение ошибок и кодирование передаваемых данных посредством 8B/10B кодирования.
- f) Физический уровень должен отвечать за сериализацию/десериализацию 8B/10B кодовых символов для отправки/получения по физической электрической или оптоволоконной среде.

- g) Уровень управления должен отвечать за конфигурацию, управление и отслеживание состояния всех уровней в стеке протоколов SpaceFibre.

ПРИМЕЧАНИЕ: Например, данный уровень может управлять настройками качества сервиса для виртуальных каналов на уровне качества сервиса.

5.2.2 Интерфейс к сервису сетевого уровня

- a) Сетевой уровень должен отвечать за передачу информации от приложения по сети SpaceFibre посредством двух сервисов: Сервиса Пакетов и Сервиса Широковещательных Сообщений.

- b) Сервис Пакетов должен быть использован для передачи пакетов SpaceFibre по сети.

ПРИМЕЧАНИЕ: Формат пакетов SpaceFibre и SpaceWire совпадают.

- c) Сервис Широковещательных Сообщений должен быть использован для передачи коротких сообщений во все узлы сети.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данные сообщения могут переносить информацию о времени или информацию для синхронизации, а также могут использоваться для оповещения о возникновении различных событий в сети.

5.2.2.1 Сервис пакетов SpaceWire

Сервис пакетов SpaceWire описывается следующими сервисными примитивами:

SEND_PACKET.request;

READ_PACKET.indication;

5.2.2.1.1 SEND_PACKET.request

Назначение

Примитив SEND_PACKET.request должен использоваться для передачи пакета SpaceFibre по виртуальному каналу SpaceFibre.

Семантика

Примитив SEND_PACKET.request должен содержать следующие параметры:

SEND_PACKET.request (*Номер виртуального канала, пакет SpaceFibre*)

Условия генерации

Когда пользователь имеет пакет для передачи по сети SpaceFibre, он должен сгенерировать примитив SEND_PACKET.request, чтобы запросить передачу пакета SpaceFibre по сети по определенному виртуальному каналу.

Реакция на прием

При приеме примитива SEND_PACKET.request, узел SpaceFibre должен передать пакет SpaceFibre в сеть по определенному виртуальному каналу.

5.2.2.1.2 *READ_PACKET.indication*

Назначение

Узел SpaceFibre должен передать примитив READ_PACKET.indication пользователю сервиса чтения пакетов SpaceFibre для уведомления о том, что по определенному виртуальному каналу принят пакет SpaceFibre и ожидает считывания.

Семантика

Примитив READ_PACKET.request должен содержать следующие параметры:

READ_PACKET.indication (*Номер виртуального канала, пакет SpaceFibre*).

Условия генерации

Примитив READ_PACKET.indication должен передаваться пользователю сервиса чтения пакетов при приеме пакета SpaceFibre.

Реакция на прием

Реакция пользователя сервиса чтения пакетов при приеме примитива READ_PACKET.indication должна заключаться в считывании пользователем сервиса принятого пакета SpaceFibre.

5.2.2.2 *Сервис широковещательных сообщений*

Сервис широковещательных сообщений описывается следующими сервисными примитивами:

BROADCAST_MESSAGE.request;

BROADCAST_MESSAGE.indication;

5.2.2.2.1 *BROADCAST_MESSAGE.request*

Назначение

Примитив BROADCAST_MESSAGE.request должен использоваться сетевым уровнем SpaceFibre для запроса узлу SpaceFibre на передачу широковещательного сообщения по сети SpaceFibre.

Семантика

Примитив BROADCAST_MESSAGE.request должен содержать следующие параметры:

BROADCAST_MESSAGE.request (

Номер широковещательного канала,

Тип широковещательного сообщения,

Сообщение)

Условия генерации

Когда пользователю сервиса широковещательных сообщений необходимо отправить широковещательное сообщение, он должен сгенерировать примитив BROADCAST_MESSAGE.request, чтобы сформировать запрос узлу SpaceFibre на передачу широковещательного сообщения по определенному широковещательному каналу.

Реакция на прием

При приеме примитива BROADCAST_MESSAGE.request, узел SpaceFibre должен передать широковещательное сообщение по определенному широковещательному каналу незамедлительно в соответствии с приоритетами доступа к каналу.

5.2.2.2.2 *BROADCAST_MESSAGE.indication*

Назначение

BROADCAST_MESSAGE.indication служит для уведомления приложения-пользователя сервиса широковещательных сообщений о том, что принято широковещательное сообщение по определенному широковещательному каналу, и для передачи этого сообщения пользователю сервиса.

Семантика

Примитив BROADCAST_MESSAGE.indication должен содержать следующие параметры:

BROADCAST_MESSAGE.indication (

Номер широковещательного канала,

Тип широковещательного сообщения,

Флаг 'Late',

Сообщение)

Условия генерации

Примитив BROADCAST_MESSAGE.indication должен передаваться пользователю SpaceFibre при приеме корректного широковещательного сообщения.

Реакция на прием

Реакция приложения-пользователя сервиса широковещательных сообщений, при приеме примитива BROADCAST_MESSAGE.indication, должна заключаться в считывания данного широковещательного сообщения.

5.2.3 *Сервисы уровня качества сервиса*

5.2.3.1 *Сервис виртуальных каналов*

Сервис виртуальных каналов описывается следующими сервисными примитивами:

TX_PACKET.request;

RX_PACKET.indication;

5.2.3.1.1 *TX_PACKET.request*

Назначение

Примитив *TX_PACKET.request* должен использоваться для передачи пакета SpaceFibre по виртуальному каналу канала SpaceFibre.

Семантика

Примитив *TX_PACKET.request* должен содержать следующие параметры:

TX_PACKET.request (*Номер виртуального канала, данные пакета SpaceFibre*)

Условия генерации

Когда пользователь имеет пакет или часть пакета для передачи по каналу SpaceFibre, он должен сгенерировать примитив *TX_PACKET.request*, чтобы запросить передачу данных пакета SpaceFibre по определенному виртуальному каналу канала SpaceFibre.

Реакция на прием

При приеме примитива *TX_PACKET.request*, интерфейс SpaceFibre должен передать пакет SpaceFibre в сеть по определенному виртуальному каналу, как только контроллер доступа к среде SpaceFibre разрешит его передачу.

5.2.3.1.2 *READ_PACKET.indication*

Назначение

Интерфейс SpaceFibre должен передать примитив *RX_PACKET.indication* сетевому уровню SpaceFibre для уведомления о том, что по определенному виртуальному каналу принят пакет или часть пакета SpaceFibre и ожидает считывания.

Семантика

Примитив *RX_PACKET.request* должен содержать следующие параметры:

RX_PACKET.indication (*Номер виртуального канала, данные пакета SpaceFibre*).

Условия генерации

Примитив *RX_PACKET.indication* должен передаваться сетевому уровню SpaceFibre при приеме данных пакета SpaceFibre.

Реакция на прием

Реакция сетевого уровня SpaceFibre при приеме примитива *RX_PACKET.indication* должна заключаться в считывании принятых данных пакета SpaceFibre из буфера виртуального канала.

5.2.3.1 **Сервис широковещательных сообщений**

Сервис широковещательных сообщений описывается следующими сервисными примитивами:

TX_BROADCAST.request;

RX_BROADCAST.indication;

5.2.3.1.1 *TX_BROADCAST.request*

Назначение

Примитив *TX_BROADCAST.request* должен использоваться сетевым уровнем SpaceFibre для запроса интерфейсу SpaceFibre на передачу сообщения по широковещательному каналу SpaceFibre.

Семантика

Примитив *TX_BROADCAST.request* должен содержать следующие параметры:

TX_BROADCAST.request (

Номер широковещательного канала,
Номер широковещательного сообщения,
Тип широковещательного сообщения,
Флаг 'Late',
Сообщение)

Условия генерации

Когда сетевой уровень SpaceFibre имеет широковещательное сообщение для отправки, он должен сгенерировать примитив *TX_BROADCAST.request*, чтобы сформировать запрос интерфейсу SpaceFibre на передачу широковещательного сообщения по определенному широковещательному каналу.

Реакция на прием

При приеме примитива *BROADCAST_MESSAGE.request*, интерфейс SpaceFibre должен передать широковещательное сообщение по определенному широковещательному каналу незамедлительно в соответствии с приоритетами доступа к каналу.

5.2.3.1.2 *RX_BROADCAST.indication*

Назначение

RX_BROADCAST.indication служит для уведомления сетевого уровня SpaceFibre о том, что принято широковещательное сообщение по определенному широковещательному каналу, и для передачи этого сообщения сетевому уровню.

Семантика

Примитив *RX_BROADCAST.indication* должен содержать следующие параметры:

RX_BROADCAST.indication (

Номер широковещательного канала,
Номер широковещательного сообщения,
Тип широковещательного сообщения,
Флаг 'Late',
Сообщение)

Условия генерации

Примитив RX_BROADCAST.indication должен передаваться сетевому уровню SpaceFibre при приеме корректного широковещательного сообщения.

Реакция на прием

Реакция сетевого уровня SpaceFibre, при приеме примитива BROADCAST_MESSAGE.indication, должна заключаться в проверке и дальнейшем распространении данного широковещательного сообщения.

5.2.4 Сервисы уровня управления линиями

Сервис уровня управления линиями описывается следующими сервисными примитивами:

TX_WORD.request;
TX_WORD.indication;
RX_WORD.indication;

5.2.4.1 TX_WORD.request

5.2.4.1.1 Назначение

Примитив TX_WORD.request должен передаваться уровнем качества сервиса на уровень управления линиями для передачи слов данных или управляющих слов, которые в свою очередь входят в кадры данных, широковещательные кадры, idle-кадры, FCT, ACK или NACK по каналу SpaceFibre.

5.2.4.1.2 Семантика

Примитив TX_WORD.request должен содержать следующие параметры:

TX_WORD.request (*Слово*)

5.2.4.1.3 Условия генерации

Примитив TX_WORD.request должен передаваться на уровень управления линиями в случае наличия данных для отправки по каналу SpaceFibre на уровне качества сервиса.

5.2.4.1.4 Реакция на прием

При приеме примитива TX_WORD.request уровень управления линиями должен отправить слово данных или управляющее слово через интерфейс SpaceFibre.

5.2.4.2 TX_WORD.indication

5.2.4.2.1 Назначение

Примитив TX_WORD.indication должен передаваться уровнем управления линиями на уровень качества сервиса и служит для уведомления о готовности приема нового слова данных или управляющего слова для передачи по каналу.

5.2.4.2.2 Семантика

Примитив TX_WORD.indication не должен содержать параметры.

5.2.4.2.3 Условия генерации

Примитив TX_WORD.indication должен передаваться на уровень качества сервиса в случае готовности уровня управления линиями к приему нового запроса на передачу очередного слова данных или управляющего слова.

5.2.4.2.4 Реакция на прием

При приеме примитива TX_WORD.indication уровень качества сервиса должен отправить примитив TX_WORD.request, как только появится очередное слово данных или управляющее слово для передачи.

5.2.4.3 RX_WORD.indication

5.2.4.3.1 Назначение

Примитив RX_WORD.indication должен передаваться уровнем управления линиями на уровень качества сервиса и служит для уведомления о приеме слова данных или управляющего слова.

5.2.4.3.2 Семантика

Примитив RX_WORD.indication должен содержать следующие параметры:

RX_WORD.indication (Слово)

5.2.4.3.3 Условия генерации

Примитив RX_WORD.indication должен передаваться на уровень качества сервиса в случае приема слова данных или управляющего слова.

5.2.4.3.4 Реакция на прием

При приеме примитива RX_WORD.indication уровнем качества сервиса, принятое слово должно быть обработано в соответствии с механизмами данного уровня.

5.2.5 Сервисы уровня линии

Сервис широковещательных сообщений описывается следующими сервисными примитивами:

TX_WORD.request;

TX_WORD.indication;

RX_WORD.indication;

LANE_STATUS.indication.

5.2.5.1 *TX_WORD.request*

5.2.5.1.1 *Назначение*

Примитив TX_WORD.request должен передаваться уровнем управления линиями на уровень линии для передачи слов данных или управляющих слов, которые в свою очередь входят в кадры данных, широковещательные кадры, idle-кадры, FCT, ACK или NACK по каналу SpaceFibre.

5.2.5.1.2 *Семантика*

Примитив TX_WORD.request должен содержать следующие параметры:

TX_WORD.request (*Слово*)

5.2.5.1.3 *Условия генерации*

Примитив TX_WORD.request должен передаваться на уровень линии в случае наличия данных для отправки по каналу SpaceFibre на уровне управления линиями.

5.2.5.1.4 *Реакция на прием*

При приеме примитива TX_WORD.request уровень линии должен отправить слово данных или управляющее слово по каналу SpaceFibre.

5.2.5.2 *TX_WORD.indication*

5.2.5.2.1 *Назначение*

Примитив TX_WORD.indication должен передаваться уровнем линии на уровень управления линиями и служит для уведомления о готовности приема нового слова данных или управляющего слова для дальнейшей передачи по каналу SpaceFibre.

5.2.5.2.2 *Семантика*

Примитив TX_WORD.indication не содержит параметров.

5.2.5.2.3 *Условия генерации*

Примитив TX_WORD.indication должен передаваться на уровень управления линиями в случае готовности уровня линии к приему нового слова данных или управляющего слова.

5.2.5.2.4 *Реакция на прием*

При приеме примитива TX_WORD.indication уровень управления линиями должен отправить примитив TX_WORD.request, как только появится очередное слово данных или управляющее слово для передачи.

5.2.5.3 *RX_WORD.indication*

5.2.5.3.1 *Назначение*

Примитив RX_WORD.indication должен передаваться уровнем линии на уровень управления линиями и служит для уведомления о приеме слова данных или управляющего слова.

5.2.5.3.2 Семантика

Примитив RX_WORD.indication должен содержать следующие параметры:

RX_WORD.indication (*Слово*)

5.2.5.3.3 Условия генерации

Примитив RX_WORD.indication должен передаваться на уровень управления линиями в случае приема слова данных или управляющего слова.

5.2.5.3.4 Реакция на прием

При приеме примитива RX_WORD.indication уровень управления линиями должен поместить принятое слово в поток слов, поступающих со всех линий, в соответствии с процедурой концентрации данных с линий.

5.2.5.4 LANE_STATUS.indication

5.2.5.4.1 Назначение

Примитив LANE_STATUS.indication должен передаваться уровнем линии на уровень управления линиями и служит для уведомления об изменении статуса уровня линии.

5.2.5.4.2 Семантика

Примитив LANE_STATUS.indication должен содержать следующие параметры:

RX_WORD.indication (*Статус Линии*)

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения статуса линии – TBD.

5.2.5.4.3 Условия генерации

Примитив LANE_STATUS.indication должен передаваться на уровень управления линиями в случае изменения статуса уровня линии.

5.2.5.4.4 Реакция на прием

Реакция на прием примитива LANE_STATUS.indication уровнем управления линиями зависит от полученного статуса линии. Если статус показывает, что уровень линии не готов принимать данные, уровень управления линиями должен остановить передачу данных и прекратить прием данных от уровня линии. Уровень управления линиями должен повторно синхронизировать оставшиеся активные линии. Если статус показывает, что уровень управления линиями готов принимать данные, уровень управления линиями должен повторно синхронизировать все активные линии и начать как передачу слов на уровень линии, так и прием слов от данного уровня.

5.2.6 Сервисы физического уровня

5.2.6.1 Интерфейс SerDes

- а) Интерфейс SerDes должен передавать закодированные несинхронизированные символы между блоками кодирования и сериализации интерфейса SpaceFibre.

- b) Интерфейс SerDes должен состоять из передающего интерфейса SerDes и приемного интерфейса SerDes.
- c) Интерфейс SerDes может быть 10-битным, 20-битным и 40-битным.

5.2.6.2 Вход передающего интерфейса SerDes

Вход передающего интерфейса SerDes содержит сигналы, описанные в Таблица 5-1, Таблица 5-2 и Таблица 5-3.

Таблица 5-1 Передающий интерфейс SerDes (10-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Txdata (9:0)	Входной	Данные длиной в 10 бит, содержащие 1 символ для передачи.

Таблица 5-2 Передающий интерфейс SerDes (20-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Txdata (19:0)	Входной	Данные длиной в 20 бит, содержащие 2 символа для передачи.

Таблица 5-3 Передающий интерфейс SerDes (40-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Txdata (39:0)	Входной	Данные длиной в 40 бит, содержащие 4 символа для передачи.

5.2.6.3 Выход приемного интерфейса SerDes

Вход приемного интерфейса SerDes содержит сигналы, описанные в Таблица 5-4, Таблица 5-5 и Таблица 5-6.

Таблица 5-4 Приемный интерфейс SerDes (10-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Rxdata (9:0)	Выходной	Входные данные длиной в 10 бит. Данные не выровнены посимвольно, т.е. 10 бит могут содержать часть бит одного символа и часть – другого.
RX_Signal	Выходной	1 бит, который показывает наличие сигнала на приемнике.

Таблица 5-5 Приемный интерфейс SerDes (20-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Rxdata(19:0)	Выходной	Входные данные длиной в 20 бит. Данные не выровнены посимвольно, т.е. 20 бит могут содержать часть бит одного символа, целый символ, идущий за ним и оставшаяся часть – от третьего символа.
RX_Signal	Выходной	1 бит, который показывает наличие сигнала на приемнике.

Таблица 5-6 Приемный интерфейс SerDes (40-bit)		
Сигнал	Направление	Назначение
SerDes_Rxdata(39:0)	Выходной	Входные данные длиной в 40 бит. Данные не выровнены посимвольно, т.е. 40 бит могут содержать часть бит одного символа, далее три целых символа, идущий за ним и оставшаяся часть – от пятого символа.
RX_Signal	Выходной	1 бит, который показывает наличие сигнала на приемнике.

5.2.7 Сервисы управления каналом

Сервис управления каналом описывается следующими сервисными примитивами:

WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request
 READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request
 READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response
 LINK_STATUS.indication.

5.2.7.1 WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request

5.2.7.1.1 Назначение

Примитив WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request предназначен для записи параметров управления в узел или маршрутизатор SpaceFibre.

5.2.7.1.2 Семантика

Примитив WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request должен содержать следующие параметры:

WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request (

Идентификатор параметра,

Новое значение параметра)

5.2.7.1.3 *Условия генерации*

Примитив WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request должен генерироваться, когда необходимо изменить параметр управления SpaceFibre.

5.2.7.1.4 *Реакция при приеме*

При приеме примитива WRITE_MANAGEMENT_PARAMETER.request, определенные параметры управления должны быть перезаписаны новым значением, указанным в запросе.

5.2.7.2 **READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request**

5.2.7.2.1 *Назначение*

Примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request предназначен для чтения значения параметра управления интерфейса SpaceFibre.

5.2.7.2.2 *Семантика*

Примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request должен содержать следующие параметры:

READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request (*Идентификатор параметра*)

5.2.7.2.3 *Условия генерации*

Примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request должен генерироваться, когда требуется считать значение параметра управления интерфейса SpaceFibre.

5.2.7.2.4 *Реакция на прием*

При приеме примитива READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request, интерфейс SpaceFibre должен сгенерировать, в качестве ответа, примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response содержащий значение указанного параметра управления.

5.2.7.3 **READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response**

5.2.7.3.1 *Назначение*

Примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response предназначен для предоставления значения параметра управления в ответ на примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request.

5.2.7.3.2 *Семантика*

Примитив должен содержать следующие параметры:

READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response (*Новое значение параметра*)

5.2.7.3.3 *Условия генерации*

Примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response должен генерироваться, когда интерфейс SpaceFibre принимает примитив READ_MANAGEMENT_PARAMETER.request.

5.2.7.3.4 Реакция на прием

Реакция, при приеме примитива READ_MANAGEMENT_PARAMETER.response пользователем интерфейса SpaceFibre, должна определяться пользовательским приложением.

5.2.7.4 LINK_STATUS.indication

5.2.7.4.1 Назначение

Примитив LINK_STATUS.indication предназначен для уведомления о том, что состояние канала SpaceFibre изменилось.

5.2.7.4.2 Семантика

а) Примитив должен содержать следующие параметры:

LINK_STATUS.indication (*Состояние*)

б) Параметр *Состояние* должен соответствовать одному из типов состояния:

1. TBD

5.2.7.4.3 Условия генерации

Примитив LINK_STATUS.indication должен генерироваться, когда изменяется состояние канала SpaceFibre.

5.2.7.4.4 Реакция на прием

Реакция на прием примитива LINK_STATUS.indication, должна определяться пользователем интерфейса SpaceFibre.

5.3 Форматы

В данном разделе определены форматы управляющих слов и кадров.

5.3.1 Формат управляющего слова

SpaceFibre должен использовать следующие типы управляющих слов:

- управляющие слова линии;
- управляющие слова синхронизации линии;
- управляющие слова повторной передачи данных;
- управляющие слова формирования кадров;
- управляющие слова управления потоком;
- управляющие слова уведомления об ошибках.

5.3.1.1 Управляющие слова линии

а) Управляющие слова линии должны использоваться для инициализации линии

SpaceFibre, для уведомления о потере сигнала и для уведомления о том, что линия собирается перейти в режим standby.

ПРИМЕЧАНИЕ: Структура управляющих слов линии описана в Таблица 5-7.

- b) Символ COMMA должен находиться в позиции младшего значащего символа и должен передаваться первым.

Таблица 5-7 Управляющие слова линии		
Название	Управляющее слово	Назначение
SKIP	COMMA, LLCW, SKIP, SKIP K28.7, D14.6, D31.3, D31.3	Передается каждые N слов данных или управляющих слов для поддержки функционирования эластичного буфера. N должно быть меньше или равно 5000.
IDLE	COMMA, LLCW, IDLE, IDLE K28.7, D14.6, D15.6, D15.6	Передается, когда канал уже инициализирован, но уровень качества сервиса не предоставляет данных для передачи.
INIT1	Init COMMA, LLCW, INIT1, INIT1 K28.5, D14.6, D6.2, D6.2	Передается в ходе процесса инициализации. D6.2 имеет четную разность паритета.
Инвертированное INIT1	Init COMMA, iLLCW, iINIT1, iINIT1 K28.5, D17.1, D25.5, D25.5	Принимается в ходе процесса инициализации, если сигналы инвертированы.
INIT2	Init COMMA, LLCW, INIT2, INIT2 K28.5, D14.6, D6.5, D6.5	Передается в ходе процесса инициализации. D6.5 имеет четную разность паритета.
Инвертированное INIT2	Init COMMA, iLLCW, iINIT2, iINIT2 K28.5, D17.1, D25.2, D25.2	Принимается в ходе процесса инициализации, если сигналы инвертированы.
INIT3	Init COMMA, LLCW, INIT3, Capability K28.5, D14.6, D24.1, D0.0-D31.7	Передается в ходе процесса инициализации. Поле Capability описывает возможности стороны линии, передающей INIT3. Это может быть использовано для обмена информацией о возможностях интерфейса SpaceFibre на противоположной стороне линии. Таким образом, обе стороны смогут функционировать максимально

		эффективно.
STANDBY	COMMA, LLCW, STBY, STBY K28.7, D14.6, D30.3, D30.3	Сообщает о том, что передатчик переходит в режим standby и его передатчик будет переведен в Z-состояние.
LOS	COMMA, LLCW, LoS, Data K28.7, D14.6, D4.3, D0.0-D31.7	Сообщает о том, что приемник стороны канала, передающей управляющее слово LOST_SIGNAL, потерял сигнал. Символ Data используется для указания информации о причине потери сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Значения K-кодов и кодовых символов данных в управляющих словах выбраны таким образом, чтобы увеличить расстояние Хемминга между двумя разными кодами, способствуя уменьшению вероятности необнаруженной ошибки.

5.3.1.1.1 Управляющее слово SKIP

- Управляющее слово SKIP должно использоваться для поддержки функционирования приемного эластичного буфера в приемнике SpaceFibre.
- Управляющее слово SKIP должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- Вторым символом управляющего слова SKIP должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (LLCW), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- Третий символ в управляющем слове SKIP должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово SKIP. Он имеет значение D31.3.
- Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове SKIP должен быть копией третьего символа.

5.3.1.1.2 Управляющее слово IDLE

- Управляющее слово IDLE должно передаваться в ходе инициализации и после неё для поддержания линии в рабочем состоянии, когда нет информации для передачи.
- Управляющее слово IDLE должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- Вторым символом управляющего слова IDLE должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (LLCW), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- Третий символ в управляющем слове IDLE должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово IDLE. Он имеет значение D15.6.
- Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове IDLE должен быть

копией третьего символа.

5.3.1.1.3 Управляющее слово *INIT1*

- a) Управляющее слово *INIT1*, используемое в ходе инициализации линии, должно начинаться с инициализирующего символа *COMMA* (K28.5), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.

ПРИМЕЧАНИЕ: Инициализирующий символ *COMMA* имеет важную особенность: при инвертировании он идентичен неинвертированному инициализирующему символу *COMMA*.

- b) Вторым символом управляющего слова *INIT1* должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (*LLCW*), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- c) Третий символ в управляющем слове *INIT1* должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово *INIT1*. Он имеет значение D6.2.
- d) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове *INIT1* должен быть копией третьего символа.

5.3.1.1.4 Инвертированное управляющее слово *INIT1*

- a) Инвертированное управляющее слово *INIT1* (*iINIT1*) должно начинаться с инициализирующего символа *COMMA* (K28.5), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- b) Вторым символом управляющего слова *iINIT1* должен быть инвертированный идентификатор управляющего слова уровня линии (*iLLCW*), который имеет значение D17.1 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- c) Третий символ в управляющем слове *iINIT1* должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово *iINIT1*. Он имеет значение D25.5.
- d) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове *iINIT1* должен быть копией третьего символа.
- e) управляющее слово *iINIT1* не должно генерироваться SpaceFibre CODEC.

ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющее слово *iINIT1* образуется, когда в передатчике или приемнике на уровне печатной платы происходит переключение между двумя сигналами (*CML+* и *CML-*), образуя разностный сигнал.

5.3.1.1.5 Управляющее слово *INIT2*

- a) Управляющее слово *INIT2*, используемое в ходе инициализации линии, должно начинаться с инициализирующего символа *COMMA* (K28.5), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- b) Вторым символом управляющего слова *INIT2* должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (*LLCW*), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- c) Третий символ в управляющем слове *INIT2* должен определить это управляющее

слово уровня линии, как управляющее слово INIT2. Он имеет значение D6.5.

- d) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове INIT2 должен быть копией третьего символа.

5.3.1.1.6 Инвертированное управляющее слово INIT2

- a) Инвертированное управляющее слово INIT2 (iINIT2) должно начинаться с инициализирующего символа COMMA (K28.5), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- b) Вторым символом управляющего слова iINIT2 должен быть инвертированный идентификатор управляющего слова уровня линии (iLLCW), который имеет значение D17.1 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- c) Третий символ в управляющем слове iINIT2 должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово iINIT2. Он имеет значение D25.2.
- d) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове iINIT2 должен быть копией третьего символа.
- e) Управляющее слово iINIT2 не должно генерироваться SpaceFibre CODEC

ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющее слово iINIT2 образуется, когда в передатчике или приемнике на уровне печатной платы происходит переключение между двумя сигналами (CML+ и CML-), образуя разностный сигнал.

5.3.1.1.7 Управляющее слово INIT3

- a) Управляющее слово INIT3, используемое в ходе инициализации линии, должно начинаться с инициализирующего символа COMMA (K28.5), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- b) Вторым символом управляющего слова INIT3 должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (LLCW), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- c) Третий символ в управляющем слове INIT3 должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово INIT3. Он имеет значение D24.1.
- d) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове INIT3 (Capability) должен содержать управляющие флаги и информацию о возможностях линии и должен быть символом данных с любым значением в интервале от D0.0 до D31.7.

ПРИМЕЧАНИЕ: Полю Capability не обязательно быть корректным после инвертирования, поскольку к тому времени, как будут передаваться слова INIT3, инвертирование приемника уже будет выполнено, если оно было необходимо.

- e) Кодовый символ Capability должен содержать следующие поля:
 1. Бит 0: флаг Remote_Flush,
 2. Бит 1: флаг Lane_Start,
 3. Бит 2: флаг Data_Scrambled,

4. Биты 3-7: зарезервированы и должны быть обнулены при передаче и проигнорированы при приеме.
- f) Флаг Remote_Flush должен принимать одно из следующих значений:
- 0 – означает, что сброс уровня качества сервиса в SpaceFibre CODEC, принимающем управляющее слово INIT3 НЕ требуется;
 - 1 – означает, что требуется сброс уровня качества сервиса в SpaceFibre CODEC, принимающем управляющее слово INIT3.
- g) Флаг Lane_Start должен принимать одно из следующих значений:
- 0 – означает, что SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово INIT3, установлен в AutoStart;
 - 1 – означает, что SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово INIT3, установлен в Start.
- h) Флаг Data_Scrambled должен принимать одно из следующих значений:
- 0 – означает, что SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово INIT3 НЕ будет скремблировать данные в кадрах данных;
 - 1 – означает, что SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово INIT3 будет скремблировать данные в кадрах данных.

5.3.1.1.8 Управляющее слово STANDBY

- a) Управляющее слово STANDBY должно использоваться для сообщения противоположной стороне линии о том, что интерфейс SpaceFibre собирается перейти в режим standby, с отключением передатчика линии.
- b) Управляющее слово STANDBY должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего кодового символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Вторым символом управляющего слова STANDBY должен быть идентификатор управляющего слова уровня линии (LLCW), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- d) Третий символ в управляющем слове STANDBY должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово STANDBY. Он имеет значение D30.3.
- e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове STANDBY должен быть копией третьего символа.

5.3.1.1.9 Управляющее слово LOS

- a) Управляющее слово потери сигнала (LOS) должно использоваться для сообщения противоположной стороне линии о том, что локальный приемник не получает сигнал или что произошла устойчивая ошибка, т.е. было принято слишком много слов RXERR в короткий период времени.
- b) Управляющее слово LOS должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Вторым символом управляющего слова LOS должен быть идентификатор

- управляющего слова уровня линии (LLCW), который имеет значение D14.6 и указывает на то, что это управляющее слово сгенерировано и используется уровнем линий.
- d) Третий символ в управляющем слове LOS должен определить это управляющее слово уровня линии, как управляющее слово LOS. Он имеет значение D4.3.
 - e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове LOS (символ Data) должен содержать информацию о причине потери сигнала, и быть символом данных с любым значением от D0.0 до D31.7
 - f) Символ Data должен содержать следующие поля:
 1. Бит 0: флаг LoS_Cause,
 2. Биты 1-7: зарезервированы и должны быть обнулены при передаче и проигнорированы при приеме.
 - g) Флаг LoS_Cause должен принимать одно из следующих значений:
 - 0 – означает, что приемник SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово LOS, принимает недостаточно сильный сигнал;
 - 1 – означает, что приемник SpaceFibre CODEC, передающий управляющее слово LOS, зафиксировал слишком много ошибок приема и не может надежно функционировать.
 - h) Управляющее слово LOS не должно передаваться, когда приемник принял восемь управляющих слов STANDBY, сообщающих о том, что противоположная сторона канала собирается перейти в режим standby и отключить драйвер линии.

5.3.1.2 Управляющие слова синхронизации линии

- a) Управляющие слова синхронизации линии должны использоваться для синхронизации слов, передающихся по нескольким линиям.

ПРИМЕЧАНИЕ: Структура управляющих слов синхронизации линии описана в Таблица 5-8.

Таблица 5-8: Управляющие слова синхронизации линии		
Название	Управляющее слово	Назначение
LSYNC	COMMA, LSYNC, LANE#, Reserved K28.7, D23.3, D0.0-D10.0, D0.0	Синхронизация линии. Содержит номер линии, указывающий порядок, в котором слова должны считываться из каждой линии, начиная с линии номер 1. Нулевой номер линии (null) указывает на то, что хотя линия рабочая, она не будет использоваться как линия в состоянии <i>Active</i> . Данные не будут передаваться по нулевой линии, а концентратор линии не будет считывать данные из нулевой линии.

5.3.1.2.1 *Управляющее слово LSYNC*

- a) Управляющее слово синхронизации линии (LSYNC) должно начинаться с символа СОММА (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- b) Второй символ управляющего слова LSYNC должен определить это управляющее слово, как управляющее слово синхронизации линии. Он имеет значение D23.3.
- c) Третий символ в управляющем слове LSYNC должен содержать номер линии, указывающий порядок, в котором слова должны считываться из каждой линии, и должен быть кодовым символом данных в диапазоне от D0.0-D10.0 (TBC).
- d) Номер линии D0.0 является нулевым номером линии и указывает на то, что линия не используется.
- e) Номера линии D1.0-D10.0 (TBC) должны указывать порядок, в котором данные должны извлекаться из каждой линии, начиная с линии с наименьшим номером.
- f) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове LSYNC зарезервирован и должен быть установлен в значение D0.0.

5.3.1.3 *Управляющие слова повторной передачи данных*

- a) Управляющие слова уровня надежной передачи данных должны использоваться для подтверждения тех кадров данных, широковещательных кадров и FCT, которые были корректно приняты, и для отрицательного подтверждения тех, которые были приняты с ошибками.

ПРИМЕЧАНИЕ: Структура управляющих слов повторной передачи данных описана в Таблица 5-9.

Таблица 5-9: Управляющие слова повторной передачи данных		
Название	Управляющее слово	Назначение
ACK	СОММА, ACK, SEQ_NUM, CRC K28.7, D2.5, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	Подтверждение кадра. Указывает на то, что кадр данных, широковещательный кадр или FCT был принят без ошибок и с корректным порядковым номером. Порядковый номер – это порядковый номер (SEQ_NUM), взятый из кадра данных, широковещательного кадра или FCT, прием которого подтверждается словом ACK. CRC – это 8-битная контрольная сумма CRC, которая используется для проверки целостности ACK.
NACK	СОММА, NACK, SEQ_NUM, CRC K28.7, D27.5, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	Отрицательное подтверждение кадра. Указывает на то, что кадр данных, широковещательный кадр или FCT не

		<p>был корректно принят.</p> <p>Порядковый номер – это порядковый номер (SEQ_NUM) последнего корректно принятого кадра данных, широковещательного кадра или FCT.</p> <p>CRC – это 8-битная контрольная сумма CRC, которая используется для проверки целостности NACK.</p>
FULL	<p>COMMA, FULL, SEQ_NUM, CRC</p> <p>K28.7, D15.3, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7</p>	<p>Сообщение о заполнении буфера повтора.</p> <p>Указывает, что буфер повтора заполнен. Чтобы устранить эту ситуацию, противоположная сторона канала должна передать подтверждения корректно принятых кадров или FCT, что приведет к освобождению пространства в буферах повтора.</p> <p>Порядковый номер – это порядковый номер (SEQ_NUM) последнего корректно принятого кадра данных, широковещательного кадра или FCT.</p> <p>CRC – это 8-битная контрольная сумма CRC, которая используется для проверки целостности FULL.</p> <p>Обычно слова FULL не передаются, поскольку размер буферов повтора достаточно велик, чтобы вместить удвоенное количество символов, которые могли бы передаваться по линии. Следовательно, необходимость передачи слова FULL возникает только в случае реализации буферов повтора с небольшим размером и очень длинного кабеля, а также в случае рассоединения канала во время передачи данных по нему.</p>
RETRY	<p>COMMA, RETRY, Reserved, Reserved</p> <p>K28.7, D7.4, D0.0, D0.0</p>	<p>Сообщение о повторной передаче.</p> <p>Сообщает противоположной стороне о том, что принято слово NACK и будет передаваться содержимое буферов повтора.</p>

5.3.1.3.1 Управляющее слово ACK

- а) Управляющее слово подтверждения (ACK) должно использоваться для сообщения о том, что кадр данных, FCT или широковещательный кадр был принят без ошибок и с

корректным порядковым номером.

- b) Управляющее слово АСК должно начинаться с символа СОММА (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Второй символ управляющего слова АСК должен определить это управляющее слово, как управляющее слово АСК. Он имеет значение D2.5.
- d) Третий символ в управляющем слове АСК должен содержать порядковый номер (SEQ_NUM), который является порядковым номером кадра данных, широковещательного кадра или FCT, прием которого подтверждается словом АСК.
- e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове АСК должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, охватывающую все символы управляющего слова АСК. Данная контрольная сумма используется для проверки целостности принятого АСК перед его дальнейшей обработкой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Контрольная сумма CRC включает значение символа данных для К-кода символа СОММА.

5.3.1.3.2 Управляющее слово NACK

- a) Управляющее слово отрицательного подтверждения (NACK) должно использоваться для сообщения о том, что кадр данных, FCT или широковещательный кадр не был корректно принят.
- b) Управляющее слово NACK должно начинаться с символа СОММА (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Второй символ управляющего слова NACK должен определить это управляющее слово, как управляющее слово NACK. Он имеет значение D27.5.
- d) Третий символ в управляющем слове NACK должен содержать порядковый номер (SEQ_NUM), который является порядковым номером последнего корректно принятого кадра данных, широковещательного кадра или FCT.

ПРИМЕЧАНИЕ: Все кадры данных, FCT и широковещательные кадры, которые были переданы после указанного в управляющем слове NACK порядкового номера, будут переданы повторно.

- e) Четвертый и заключительный символ в управляющем слове NACK должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, охватывающую все символы управляющего слова NACK. Данная контрольная сумма используется для проверки целостности принятого NACK перед его дальнейшей обработкой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Контрольная сумма CRC включает значение символа данных для К-кода символа СОММА.

5.3.1.3.3 Управляющее слово FULL

- a) Управляющее слово FULL должно использоваться для сообщения о том, что буфер повтора заполнен.
- b) Управляющее слово FULL должно начинаться с символа СОММА (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.

- с) Второй символ управляющего слова FULL должен определить это управляющее слово, как управляющее слово FULL. Он имеет значение D15.3.
- д) Третий символ в управляющем слове FULL должен содержать порядковый номер (SEQ_NUM) последнего переданного по каналу SpaceFibre кадра данных, широковещательного кадра или FCT.
- е) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове FULL должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, охватывающую все кодовые символы управляющего слова FULL. Данная контрольная сумма используется для проверки целостности принятого FULL перед его дальнейшей обработкой.

ПРИМЕЧАНИЕ: Контрольная сумма CRC включает значение символа данных для К-кода символа COMMA.

5.3.1.3.4 Управляющее слово RETRY

- а) Управляющее слово RETRY должно использоваться для сообщения о том, что содержимое буфера повтора будет пересылаться.
- б) Управляющее слово RETRY должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- с) Второй символ управляющего слова RETRY должен определить это управляющее слово, как управляющее слово RETRY. Он имеет значение D7.4.
- д) Третий и четвертый символы в управляющем слове RETRY зарезервированы и должны быть установлены в значение D0.0.

5.3.1.4 Управляющие слова формирования кадров

- а) Управляющие слова уровня кадров должны использоваться для инкапсуляции кадров данных, широковещательных кадров и idle-кадров, передаваемых по каналу.

ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющие слова формирования кадров приведены в Таблица 5-10.

Таблица 5-10 Управляющие слова формирования кадров		
Название	Управляющее слово	Назначение
SDF	COMMA, SDF, VC, Reserved K28.7, D16.2, D0.0-D31.7, D0.0	Начало кадра данных. Содержит тип кадра и номер виртуального канала.
SBF	COMMA, SBF, BC, BC_SEQ# K28.7, D29.2, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	Начало широковещательного кадра.
SIF	COMMA, SIF, SEQ_NUM, CRC K28.7, D4.2, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	Начало idle-кадра. Содержит тип и порядковый номер (SEQ_NUM) последнего переданного кадра данных, широковещательного кадра или FCT.

		ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющего слова конца idle-кадра не существует.
EDF	EDF, SEQ_NUM, CRC_LS, CRC_MS K28.0, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	<p>Конец кадра данных.</p> <p>Содержит порядковый номер кадра и 16-битную контрольную сумму CRC кадра данных.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1: EDF начинается с К-кода K28.0, который не является символом COMMA. Этот код отличает управляющее слово EDF от всех других управляющих слов.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2: Порядковый номер кадра используется в целом для канала SpaceFibre, а для конкретного виртуального канала.</p>
EBF	EBF, RSVD/LATE, SEQ_NUM, CRC K28.2, D0.0, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	<p>Конец широковещательного кадра.</p> <p>Содержит порядковый номер кадра и 8-битную контрольную сумму CRC широковещательного кадра.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 1: EBF начинается с К-кода K28.2, который не является символом COMMA. Этот код отличает управляющее слово EBF от всех других управляющих слов.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2: Порядковый номер кадра используется в целом для канала SpaceFibre, а для конкретного широковещательного канала.</p>

5.3.1.4.1 Порядковый номер кадра

- a) Порядковый номер кадра (SEQ_NUM), используемый в управляющих словах начала idle-кадра (SIF), конца кадра данных (EDF), конца широковещательного кадра (EBF), а также в FCT (см. пункт 5.3.1.5) и FULL (см. пункт 5.3.1.3.3), должен содержать два поля: флаг полярности и 7-битный порядковый номер кадра.
- b) 7-битное поле порядкового номера должно содержать целое значение по модулю 128, которое увеличивается каждый раз, когда передается очередной кадр данных, широковещательный кадр или FCT.
- c) 7-битное поле порядкового номера должно быть обнулено после холодного или удаленного сброса.
- d) Флаг полярности должен быть обнулен после холодного или удаленного сброса.
- e) Флаг полярности должен содержаться в 7-ом бите порядкового номера кадра (SEQ_NUM).
- f) Если флаг полярности равен нулю, то считается, что полярность порядкового номера

положительная.

- g) Если флаг полярности равен единице, то считается, что полярность порядкового номера отрицательная.
- h) Флаг полярности должен быть инвертирован каждый раз, когда начинается процесс повторной передачи данных.

ПРИМЕЧАНИЕ: Флаг полярности используется, чтобы отличить кадры, АСК и НАСК, переданные до начала процесса повторной передачи, от тех, что были переданы после начала процесса. Каждый раз, когда начинается процесс повторной передачи, бит полярности инвертируется, чтобы отличить новую последовательность от предыдущей последовательности.

5.3.1.4.2 *Управляющее слово начала кадра данных SDF*

- a) Управляющее слово начала кадра данных (SDF) должно использоваться, чтобы сообщать о начале кадра данных.
- b) Управляющее слово SDF должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Второй символ управляющего слова SDF должен определить это управляющее слово, как управляющее слово SDF. Он имеет значение D16.2.
- d) Третий символ управляющего слова SDF должен содержать номер виртуального канала, по которому передается данный кадр данных.
- e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове SDF зарезервирован и должен быть установлен в значение D0.0.

5.3.1.4.3 *Управляющее слово начала широковещательного кадра SBF*

- a) Управляющее слово начала широковещательного кадра (SBF) должно использоваться, чтобы сообщать о начале широковещательного кадра.
- b) Управляющее слово SBF должно начинаться с символа COMMA (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Второй символ управляющего слова SBF должен определить это управляющее слово, как управляющее слово SBF. Он имеет значение D29.2.
- d) Третий символ управляющего слова SBF должен содержать номер широковещательного канала, по которому передается данный широковещательный кадр.
- e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове SBF должен содержать порядковый номер широковещательного кадра (BC_SEQ#) для определенного широковещательного канала и тип широковещательного кадра (B_TYPE).

ПРИМЕЧАНИЕ: Порядковый номер широковещательного кадра используется для распространения широковещательных кадров маршрутизаторами SpaceFibre, так же как значение time-кода SpaceWire используется для распространения time-кодов.

5.3.1.4.4 Управляющее слово начала idle-кадра SIF

- a) Управляющее слово начала idle-кадра (SIF) должно использоваться, чтобы сообщать о начале idle-кадра.
- b) Управляющее слово SIF должно начинаться с символа СОММА (K28.7), который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.
- c) Кодовый символ управляющего слова SIF должен определить это управляющее слово, как управляющее слово SIF. Он имеет значение D4.2.
- d) Третий символ управляющего слова SIF должен содержать порядковый номер последнего переданного по каналу SpaceFibre кадра данных, широковещательного кадра или FCT.
- e) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове SIF должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, охватывающую все кодовые символы управляющего слова SIF.

ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющего слова конца idle-кадра не существует. Idle-кадры завершаются управляющими словами SDF, SBF или SIF.

5.3.1.4.5 Управляющее слово конца кадра данных EDF

- a) Управляющее слово конца кадра данных (EDF) должно использоваться, чтобы сообщить о конце кадра данных.
- b) Управляющее слово EDF должно начинаться с управляющего кода K28.0, который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.

ПРИМЕЧАНИЕ: К-код K28.0 не является символом СОММА.

- c) Второй символ управляющего слова EDF должен содержать порядковый номер текущего кадра данных.
- d) Третий символ управляющего слова EDF должен содержать младший значащий байт 16-битной контрольной суммы CRC, которая охватывает весь кадр данных, включая управляющие слова SDF и EDF.
- e) Четвертый символ управляющего слова EDF должен содержать старший значащий байт 16-битной контрольной суммы CRC, которая охватывает весь кадр данных, включая управляющие слова SDF и EDF.

5.3.1.4.6 Управляющее слово конца широковещательного кадра EBF

- a) Управляющее слово конца широковещательного кадра (EBF) должно использоваться, чтобы сообщить о конце широковещательного кадра.
- b) Управляющее слово EBF должно начинаться с управляющего кода K28.2, который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.

ПРИМЕЧАНИЕ: К-код K28.2 не является символом СОММА.

- c) Бит 0 второго символа управляющего слова EBF должен содержать флаг LATE, который сообщает о задержке широковещательного кадра, что становится следствием повторной передачи уровнем надежной передачи данных.

- d) Остальные биты (биты 1-7) второго символа управляющего слова EBF зарезервированы и должны быть обнулены при передаче и проигнорированы при приеме.
- e) Третий символ управляющего слова EBF должен содержать порядковый номер кадра текущего широковещательного кадра.
- f) Четвертый символ управляющего слова EBF должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, которая охватывает весь широковещательный кадр, включая управляющие слова SBF и EBF.

5.3.1.5 Управляющее слово FCT

- a) Управляющее слово FCT позволяет управлять потоком данных по виртуальным каналам.

ПРИМЕЧАНИЕ: Структура управляющего слова FCT приведена в Таблица 5-11.

Таблица 5-11 Управляющее слово FCT		
Название	Управляющее слово	Назначение
FCT	FCT, Channel#, SEQ_NUM, CRC K28.3, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7, D0.0-D31.7	<p>Маркер управления потоком</p> <p>Сообщает о том, что принимающий буфер конкретного виртуального канала имеет место для очередного полного кадра данных.</p> <p>Поле FCT – К-код (K28.3), который указывает, что это управляющее слово FCT.</p> <p>Номер канала (Channel#) определяет, для какого виртуального канала предназначен данный FCT.</p> <p>Порядковый номер (SEQ_NUM) добавляется в FCT уровнем качества сервиса для обнаружения потерянных, дублированных или имеющих неверный порядковый номер кадров данных, широковещательных кадров и FCT.</p> <p>CRC – это 8-битная контрольная сумма CRC, которая используется для гарантии, что FCT не содержит ошибок.</p>

- b) Символ управления потоком (FCT) должен использоваться для сообщения о том, что принимающий буфер конкретного виртуального канала имеет место для очередного полного кадра данных.
- c) Управляющее слово FCT должно начинаться с К-кода K28.3, который находится в позиции младшего значащего символа в управляющем слове и передается первым.

- d) Второй символ управляющего слова FCT должен содержать номер виртуального канала, которому принадлежит данный FCT.
- e) Третий символ управляющего слова FCT должен содержать порядковый номер для текущего управляющего слова FCT.

ПРИМЕЧАНИЕ: FCT делит одну, общую с кадрами данных и широковещательными кадрами последовательность порядковых номеров.

- f) Четвертый, и заключительный, символ в управляющем слове FCT должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, охватывающую все слово FCT, которая используется для проверки целостности принятого FCT перед его дальнейшей обработкой.

5.3.1.6 Управляющее слова уведомления об ошибках приема

- a) Управляющее слово уведомления об ошибках приема используется уровнем линии для сообщения о том, что в принятом потоке данных обнаружена ошибка разности паритета или ошибка некорректного символа или другой тип ошибки.

ПРИМЕЧАНИЕ: Управляющее слово уведомления об ошибках приема приведено в Таблица 5-12.

Таблица 5-12 Управляющее слово уведомления об ошибках приема		
Название	Символ	Назначение
RXERR	Error, Reserved, Reserved, Reserved K0.0, D0.0, D0.0, D0.0	Уведомление об ошибке приема. Указывает на то, что в принятом потоке данных декодером обнаружена ошибка. Любое слово, содержащее одно и более поврежденных кодовых символов, будет заменено управляющим словом RXERR. Принимаемый поток данных заменяется управляющими словами RXERR всегда, когда машина состояний синхронизации приема находится в состоянии, отличном от <i>Ready</i> .

- b) Управляющее слово уведомления об ошибках (RXERR) должно использоваться, чтобы сообщить о том, что принятые слова данных или управляющие слова содержат ошибку или с высокой вероятностью содержат ошибку.
- c) Управляющее слово RXERR должно содержать один кодовый символ ошибки (K0.0) и три кодовых символа, установленных в значение D0.0.
- d) Так как управляющее слово RXERR содержит некорректные кодовые символы, оно не должно передаваться и используется только в приемнике, чтобы сообщить вышележащим уровням об ошибке приема.

- e) При обнаружении потери сигнала, как минимум одно управляющее слово RXERR должно быть передано на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.
- f) При отсутствии сигнала на входе приемника (LoS), управляющее слово RXERR может передаваться на уровень управления линиями или уровень качества сервиса непрерывно.
- g) Слова данных и управляющие слова не должны передаваться на уровень управления линиями или уровень качества сервиса, пока отсутствует сигнал на входе приемника (LoS).

5.3.2 Символы SpaceFibre

5.3.2.1 N-Char символы SpaceFibre

- a) Символы данных SpaceFibre должны быть представлены кодовыми символами данных от D0.0 до D31.7.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Например, символ данных SpaceFibre 0x39 представлен кодовым символом D25.1 (см. 6.2 в Приложении А)

ПРИМЕЧАНИЕ 2: N-Char символы SpaceFibre, символы данных, а также символы EOP и EEP эквивалентны аналогичным символам SpaceWire и несут тот же тип информации. Отличие заключается лишь в кодировке.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Структура N-Char символов SpaceFibre представлена в Таблица 5-13.

Таблица 5-13 N-Char символы SpaceWire		
Название	Управляющее слово	Назначение
Данные	D0.0–D31.7	Каждый символ SpaceFibre содержит один байт данных. Байт данных 0x00 представляется символом D0.0, байт данных 0x01 – символом D01.0, и так далее до байта данных 0xFF, который представляется символом D31.7
EOP-символ	K29.7	Представляет EOP-символ SpaceFibre. Данный символ может встретиться в любом месте поля данных кадра данных, указывая на окончание пакета SpaceFibre. Следующий байт данных после EOP-символа является началом следующего пакета.
EEP-символ	K30.7	Представляет EEP-символ SpaceFibre. Данный символ может встретиться в любом месте поля данных кадра данных, указывая на то, что пакет SpaceFibre завершен с ошибкой.

		Следующий байт данных после EEP-символа является началом следующего пакета.
--	--	---

- b) EOP-символ SpaceFibre должен быть представлен кодом K29.7
 ПРИМЕЧАНИЕ: К-код K29.7 не является символом СОММА.
- c) EEP-символ SpaceFibre должен быть представлен кодом K30.7
 ПРИМЕЧАНИЕ: К-код K30.7 не является символом СОММА.
- d) Символы EOP или EEP могут появиться в любом месте поля данных кадра данных.
- e) EOP-символы и EEP-символы должны обозначать окончание пакета SpaceFibre.
- f) Следующий символ данных после EOP-символа или EEP-символа должен быть первым символом следующего пакета SpaceFibre.

5.3.2.2 Символ Fill

- a) Символ Fill должен быть представлен К-кодом K27.7
 ПРИМЕЧАНИЕ 1: К-код K27.7 не является символом СОММА.
 ПРИМЕЧАНИЕ 2: Структура символа Fill представлена в Таблица 5-14.
 ПРИМЕЧАНИЕ 3: Символ Fill называется символом-заполнителем, поскольку он используется для заполнения (от англ. fill – заполнять) пространства в конце пакета SpaceFibre.

Таблица 5-14 Символ-заполнитель Fill		
Название	Символ	Назначение
Fill	K27.7	Используется, когда содержащееся в выходном VCB количество символов не кратно четырем. Например, если имеются три символа N-Char в выходном VCB, последний из которых – EOP-символ, то важно передать этот хвост пакета SpaceFibre, не ожидая добавления данных следующего пакета в буфер. Поскольку SpaceFibre передает данные словами по четыре N-Char символа в каждом, необходимо иметь символ, который заполнит оставшееся место в слове. Последовательность символов Fill может состоять из одного, двух или трех символов Fill, но не более.

- b) Использование символа Fill допускается только после символов EOP и EEP для заполнения оставшегося места в слове, содержащем символы EOP и EEP.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это может быть использовано для поддержки выравнивания буферов VCB по 32 бита. На Рисунок 5-2 представлен пример, показывающий несколько небольших пакетов в части кадра. Некоторые выровнены по 32 бита, а другие упакованы по 32 бита. D означает символ данных, E – EOP-символ, а F – символ Fill.

D	D	D	D
D	E	F	F
F	F	D	D
D	D	D	D
E	F	F	F
D	D	E	D
D	D	D	D
E	F	F	F

Рисунок 5-2 Символы Fill в буфере виртуального канала

- с) Когда в выходном буфере виртуального канала число доступных N-Char символов не кратно четырем, в конец поля данных должны быть добавлены символы Fill, чтобы заполнить последнее слово данных.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это произойдет, если в выходном VCB находится один и более символов EOP или EEP. Если после последнего символа EOP или EEP, добавленного в выходной VCB, нет больше данных, то количество N-Char символов в буфере может быть не кратно четырем. При считывании из выходного VCB последних данных, содержащих EOP или EEP, пространство после EOP или EEP должно быть заполнено символами Fill, чтобы составить полное слово данных из 4-х N-Char символов.

- d) Символы Fill должны быть переданы по каналу SpaceFibre и помещены во входной буфер виртуального канала на принимающей стороне канала.

5.3.3 Формат кадра

- a) Кадр должен содержать данные из виртуального канала или широковещательного канала или idle-данные.
- b) Поддерживаются три типа кадра: кадр данных, широковещательный кадр и idle-кадр.

5.3.3.1 Кадр данных

- a) Кадр данных должен начинаться словом начала кадра данных (SDF).

ПРИМЕЧАНИЕ: Кадр данных изображен на Рисунок 5-3.

0	7 8	15 16	23 24	31
COMMA	SDF	VC	Зарезервировано	
DATA 1 LS	DATA 1	DATA 1	DATA 1 MS	
DATA 2 LS	DATA 2	DATA 2	DATA 2 MS	
...	
DATA N LS	DATA N	DATA N	DATA N MS	
EDF	SEQ_NUM	CRC_LS	CRC_MS	

Рисунок 5-3 Формат кадра данных

- b) Кадр данных должен заканчиваться словом конца кадра данных (EDF).
- c) Каждый кадр данных должен содержать от 1 до 64 слов данных.
- d) Каждое слово данных должно содержать 4 SpaceFibre N-Char символа.
- e) Поле с номером виртуального канала (VC) в кадре данных указывает, какой виртуальный канал отправляет данные, и каким виртуальным каналом эти данные должны быть получены.
- f) Зарезервированное поле (Reserved) в слове SDF зарезервировано, должно быть установлено в D0.0 и должно игнорироваться приемником.
- g) Конец кадра данных содержит 16-битную контрольную сумму CRC, покрывающую SDF, данные кадра и EDF.
- h) Поле порядкового номера (SEQ_NUM) в конце кадра должно содержать порядковый номер текущего кадра.

5.3.3.2 Idle-кадры

- a) Idle-кадр данных должен начинаться словом начала idle-Кадра (SIF).

ПРИМЕЧАНИЕ: Idle-кадр изображен на Рисунок 5-4.

0	7 8	15 16	23 24	31
COMMA	SIF	SEQ_NUM	CRC	
SEED LS	SEED	SEED	SEED MS	
PRBS 1 LS	PRBS 1	PRBS 1	PRBS 1 MS	
PRBS 2 LS	PRBS 2	PRBS 2	PRBS 2 MS	
...	
PRBS N LS	PRBS N	PRBS N	PRBS N MS	

Рисунок 5-4 Формат idle-кадра

- b) Каждый idle-кадр должен содержать от 0 до 64 слов данных.
- c) Idle-кадр должен заканчиваться SDF, SBF или SIF.
ПРИМЕЧАНИЕ: Слова конца idle-кадра не существует.
- d) Поле порядкового номера кадра (SEQ_NUM) должно содержать порядковый номер последнего отосланного кадра данных, широковещательного кадра или FCT.

- e) Поле PRBS в idle-кадре должно содержать псевдослучайную последовательность бит (PRBS).

ПРИМЕЧАНИЕ: Отправка PRBS позволяет избежать пиков электромагнитного воздействия во время передачи idle-кадров и позволяет осуществлять проверку PRBS на входе приемника.

- f) Поле Seed является первым словом данных после слова начала idle-кадра (SIF). В поле Seed должно быть записано псевдослучайное число, которое используется для распознавания слов PRBS в idle-кадре.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это позволяет приемнику SpaceFibre декодировать и проверять PRBS в idle-кадре. Это может использоваться для проверки работоспособности физического уровня после установки соединения.

- g) PRBS должен генерироваться по алгоритму, приведенному в пункте 5.5.3.2.3.

- h) При завершении генерации idle-кадра текущее значение *seed*, хранящееся в регистрах генератора случайных чисел, должно быть сохранено, а затем записано в поле SEED следующего idle-кадра.

ПРИМЕЧАНИЕ: Таким образом, PRBS продолжает генерироваться и охватывает несколько idle-кадров.

- i) При холодном сбросе поле SEED первого idle-кадра должно быть установлено в 0xffff.

- j) Передача idle-кадра должна быть прервана, как только на отправку приходит кадр данных или широковещательный кадр или FCT.

- k) Передача idle-кадра должна быть прервана после передачи 64 PRBS-слов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это означает, что idle-кадр может содержать от нуля до 64 слов данных в зависимости от наличия широковещательных кадров или кадров данных для отправки.

- l) Idle-кадр должен состоять как минимум из управляющего слова SIF.

5.3.3.3 Широковещательные кадры

- a) Широковещательный кадр должен начинаться словом начала широковещательного кадра (SBF).

ПРИМЕЧАНИЕ: Широковещательный кадр изображен на Рисунок 5-5.

0	7 8	15 16	23 24	31
КОММА	SBF	BC	B_SEQ#/B_TYPE	
DATA 1 MS	DATA 1	DATA 1	DATA 1 MS	
DATA 2 LS	DATA 2	DATA 2	DATA 2 MS	
EBF	RSVD/LATE	SEQ_NUM	CRC	

Рисунок 5-5 Формат широковещательного кадра

- b) Широковещательный кадр должен заканчиваться словом конца широковещательного кадра (EBF).

- c) Каждый широковещательный кадр должен содержать два слова данных, каждое из

которых содержит 4 байта данных.

- d) Поле BC в SBF определяет широковещательный канал, который передает или принимает широковещательный кадр.
- e) Поле B_SEQ#/B_TYPE состоит из двух частей: 3-битное значение порядкового номера широковещательного кадра (B_SEQ#), занимающее биты 7:5, и 5-битное поле типа широковещательного кадра (B_TYPE), занимающее биты 4:0.
- f) Поле порядкового номера широковещательного кадра (B_SEQ#) в SBF должно содержать порядковый номер широковещательного сообщения для определенного широковещательного канала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Каждый BC имеет свой собственный B_SEQ#, который используется для передачи широковещательных кадров по сети SpaceFibre.

- g) Поле B_TYPE должно содержать тип широковещательного сообщения, который определяет значение следующих восьми байт данных.
- h) Конец широковещательного кадра должен содержать поле RSVD/LATE, которое состоит из двух частей: 7-битное зарезервированное поле (RSVD) и один бит для флага LATE, расположенный в младшем значащем бите поля RSVD/LATE.
- i) Зарезервированные биты RSVD в EBF при передаче должны быть установлены в 0 и проигнорированы приемником.
- j) Флаг LATE в EBF должен быть установлен в 1, когда широковещательный кадр пересылается повторно, и установлен в 0 в противном случае.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный механизм используется, чтобы сигнализировать удаленному узлу, что широковещательный кадр был задержан в связи с повторной передачей. Если широковещательное сообщение содержит данные синхронизации, удаленное пользовательское приложение может принять решение игнорировать это широковещательное сообщение, поскольку оно пришло поздно. Если широковещательное сообщение содержит информацию о событии, оно может по-прежнему быть полезным приложению независимо от того, пришло оно с опозданием или нет.

- k) Поле SEQ_NUM в EBF должно содержать порядковый номер кадра.

ПРИМЕЧАНИЕ: Используется для механизма повторной отправки данных.

- l) Конец широковещательного кадра должен содержать 8-битную контрольную сумму CRC, покрывающую SBF, данные широковещательного кадра и EBF.

5.3.4 Формат пакета SpaceFibre

- a) SpaceFibre пакет должен включать адрес назначения, передаваемые данные и символ конца пакета (EOP) или символ ошибочного конца пакета (EEP).

ПРИМЕЧАНИЕ: Форматы пакетов SpaceFibre и SpaceWire совпадают.

- b) Адрес назначения должен состоять из нуля или более символов данных, определяющих путь к адресату или его логический адрес.

- c) Передаваемые данные должны содержать данные, которые будут передаваться от источника к получателю.
- d) Символ EOP должен быть использован для указания нормального конца пакета. Данный символ также означает, что следующий символ будет принадлежать к следующему пакету.
- e) В случае если произошла ошибка, в результате которой некоторые данные пакета были утрачены, пакет завершается символом EEP.
- f) Символ данных, следующий за символом EOP или EEP, является первым символом данных следующего пакета. Первый символ пакета обычно является адресом назначения или первой частью адреса назначения.
- g) Пакет SpaceFibre может быть любой длины.
- h) Пакеты нулевой длины, то есть пакеты, в которых признак EOP или EEP идет сразу же за другим EOP или EEP, не должны генерироваться источником.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пакеты нулевой длины могут появляться в сети после ошибки, но их должен отбрасывать маршрутизирующий коммутатор.

5.3.5 Коэффициент старшинства управляющих слов и кадров

- a) В процессе инициализации линии, до момента установления соединения, отсылаются только следующие управляющие слова уровня линии: SKIP, INIT1, iINIT1, INIT2, iINIT2, INIT3, IDLE.
- b) В процессе инициализации линии, управляющие слова уровня линии должны иметь следующие коэффициенты старшинства:
 - (1) SKIP, наивысший коэффициент старшинства.
 - (2) INIT1, iINIT1, INIT2, iINIT2, INIT3.
 - (3) IDLE, самый низкий коэффициент старшинства
- c) Когда установлено соединение по одной или нескольким линиям, управляющие слова и кадры должны иметь следующий коэффициент старшинства:
 - (1) SKIP
 - (2) LOST_SIGNAL
 - (3) Standby
 - (4) LSYNC
 - (5) RETRY
 - (6) Широковещательный кадр
 - (7) ACK/NACK
 - (8) FCT
 - (9) Кадр данных
 - (10) FULL
 - (11) Idle-кадр
 - (12) IDLE, самый низкий коэффициент старшинства.

ПРИМЕЧАНИЕ: Невозможно, чтобы ACK и NACK одновременно ожидали отправки: одно управляющее слово заменяет другое.

- d) Управляющее слово SKIP должно вклиниваться в кадр данных, широковещательный кадр или idle-кадр.
- e) Управляющее слово LOST_SIGNAL должно вклиниваться в кадр данных, широковещательный кадр или idle-кадр.
- f) Управляющее слово Standby должно вклиниваться в кадр данных, широковещательный кадр или idle-кадр.
- g) Управляющее слово LSYNC должно вклиниваться в кадр данных, широковещательный кадр или idle-кадр.
- h) Управляющее слово RETRY должно вклиниваться в кадр данных, широковещательный кадр или idle-кадр.
- i) Широковещательный кадр должен вклиниваться в кадр данных.
- j) Если при передаче idle-кадра на отправку поступает широковещательный кадр, то передача idle-кадра прекращается и начинается передача широковещательного кадра.
- k) Управляющее слово ACK должно вклиниваться в кадр данных или idle-кадр.
- l) Управляющее слово NACK должно вклиниваться в кадр данных или idle-кадр.
- m) Управляющее слово FCT должно вклиниваться в кадр данных.
- n) Управляющее слово FULL должно вклиниваться в idle-кадр.
- o) Если при передаче idle-кадра на отправку поступает кадр данных, то передача idle-кадра прекращается и начинается передача кадра данных.
- p) Idle-кадр должен отправляться, только когда нет кадров данных, широковещательных кадров или FCT для отправки.
- q) Управляющее слово IDLE должно отправляться, только когда нет других управляющих слов для отправки.
- r) Когда повторно отправляются широковещательные кадры из буфера повтора (см. пункт 5.5.4), новые широковещательные кадры не могут быть отправлены. Они должны ждать завершения повторной отправки содержащихся в буфере повтора широковещательных кадров.
- s) Когда повторно отправляются широковещательные кадры или FCT из буфера повтора (см. пункт 5.5.4), новые FCT не могут быть отправлены. Они должны ждать завершения повторной отправки содержащихся в буфере повтора широковещательных кадров или FCT.
- t) Когда повторно отправляются широковещательные кадры, FCT или кадры данных из буфера повтора (см. пункт 5.5.4), новые кадры данных не могут быть отправлены. Они должны ждать завершения повторной отправки содержащихся в буфере повтора широковещательных кадров, FCT или кадров данных.

5.3.6 Сводная таблица K-кодов

Значения K-кодов SpaceFibre сведены и приведены в Таблица 5-15.

Таблица 5-15 Значения К-кодов		
К-код	Значение	Паритет
K0.0	Rx Error	-
K28.0	EDF	четный
K28.1	Не используется	+2 или -2
K28.2	EBF	+2 или -2
K28.3	FCT	+2 или -2
K28.4	Не используется	четный
K28.5	Инициализирующая СОММА	+2 или -2
K28.6	Не используется	+2 или -2
K28.7	СОММА	четный
K23.7	Не используется	четный
K27.7	SpaceFibre Fill	четный
K29.7	SpaceFibre EOP	четный
K30.7	SpaceFibre EEP	четный

5.3.7 Сводная таблица символов управляющих слов

Значения, соответствующие конкретным символам управляющих слов SpaceFibre, сведены и приведены в Таблица 5-16.

Таблица 5-16: Значения символов управляющих слов		
Д-код	Значение	Паритет
D14.6 / D17.1	LLCW/iLLCW	четный
D23.3	LSYNC	нечетный
D2.5	ACK	нечетный
D27.5	NACK	нечетный
D7.4	RETRY	нечетный
D16.2	SDF	нечетный
D29.2	SBF	нечетный
D4.2	SIF	нечетный
D15.3	FULL	нечетный
D31.3	SKIP	нечетный
D15.6	IDLE	нечетный
D6.2 / D25.5	INIT1/iINIT1	четный
D6.5 / D25.2	INIT2/iINIT2	четный
D24.1	INIT3	нечетный
D30.3	Standby	нечетный

D4.3	LoS	нечетный
------	-----	----------

5.4 Сетевой уровень

Данный раздел описывает сетевой уровень стандарта SpaceFibre.

5.4.1 Структура сети

- a) Сеть SpaceFibre должна состоять из двух или более узлов SpaceFibre и нуля или более маршрутизаторов SpaceFibre.
- b) Узлы и маршрутизаторы SpaceFibre должны быть связаны между собой посредством каналов SpaceFibre.
- c) Маршрутизатор должен быть использован для связи многих узлов вместе таким образом, чтобы они могли взаимодействовать друг с другом без необходимости непосредственной физической «точка-точка» связи каждого узла с каждым.

5.4.1.1 Каналы

- a) Канал SpaceFibre должен соединять два устройства SpaceFibre.
- b) Канал SpaceFibre должен состоять из одной или более линий.

5.4.1.2 Узлы

- a) Узлы должны взаимодействовать с приложениями по сети SpaceFibre и предоставлять один или более интерфейсов SpaceFibre.

5.4.1.3 Маршрутизаторы

- a) Маршрутизатор SpaceFibre должен передавать пакеты с входного порта на определенный выходной порт, соответствующий адресу назначения пакета.

5.4.2 Схема коммутации пакетов

- a) Маршрутизатор должен использовать ведущий символ данных пакета для определения выходного порта, через который должен быть дальше передан пакет.
- b) Таблица маршрутизации в маршрутизаторе должна определять соответствие первого символа заголовка номерам выходных портов, а также определять необходимость удаления первого символа заголовка пакета перед тем, как он будет направлен в выходной порт.

- с) Таблица маршрутизации должна быть построена в соответствии с Таблица 5-17.

Таблица 5-17 Обработка адресов в маршрутизаторе			
Первый символ заголовка	Тип адреса	Описание	Удаление заголовка
0	Путевой	Внутренний конфигурационный порт	Всегда
1-31 (0x01-0x1F)	Путевой	Физические выходные порты (1-31 соответственно)	Всегда
32-254 (0x20-0xFE)	Логический	Таблица определяет соответствие первого символа заголовка (логического адреса) выходному порту, на который должен быть направлен пакет. Для каждого значения логического адреса задается значение выходного порта.	Произвольно для каждого выходного порта. Заголовок пакета удаляется, если физический выходной порт соединяет различные регионы. Заголовок пакета также может быть удален перед непосредственным отправлением пакета в узел-получатель.
255 (0xFF)	Логический	Зарезервированный логический адрес	Не применимо.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Первый символ заголовка со значением '0' означает, что пакет должен быть направлен в конфигурационный порт маршрутизатора.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Первый символ заголовка со значением 6 означает, что пакет должен быть направлен в выходной порт 6.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Первый символ заголовка со значением 49 означает, что пакет должен быть направлен в выходной порт, который соответствует логическому адресу 49 в таблице маршрутизации.

- d) Если значение строки в таблице маршрутизации равно NULL, то данное значение не определено, и в случае обращения к этой строке должна быть обнаружена ошибка адреса назначения, а пакет должен быть отброшен.
- e) Внутренний конфигурационный порт (порт 0) не может быть доступен при логической адресации. Доступ к конфигурационному порту осуществляется только при путевой адресации.
- f) Логический адрес 255 зарезервирован для дальнейшего применения и не должен использоваться.

5.4.2.1 Путевая адресация

- a) Путевой адрес должен описывать путь прохождения от источника до получателя по сети SpaceFibre.

- b) Путь адрес должен включать один или более символов данных в начале пакета. Каждый из данных символов должен иметь значение в пределах от 0 до 31.
- c) Если первый символ заголовка пакета SpaceFibre, поступившего в маршрутизатор, имеет значение в пределах от 0 до 31, то данный пакет должен быть направлен в соответствующий выходной порт, а первый символ заголовка должен быть удален.

ПРИМЕЧАНИЕ: Удаление первого символа заголовка после его использования делает видимым следующий символ путевого адреса для его использования другим маршрутизатором по пути к получателю.

- d) Полный путь адрес представляет собой последовательность символов данных, каждый из которых должен быть использован маршрутизаторами как номер выходного порта при прохождении пакета по сети от источника к получателю.
- e) Маршрутизатор SpaceFibre всегда должен поддерживать путь адресацию.

5.4.2.2 Логическая адресация

- a) Логический адрес должен представлять собой один символ данных в начале пакета и должен иметь значение в пределах от 32 до 255.
- b) Если первый символ заголовка пакета SpaceFibre, поступившего в маршрутизатор, имеет значение в пределах от 32 до 255, то данный символ должен быть использован как индекс при обращении к таблице маршрутизации. По данному индексу будет определен выходной порт, в который должен быть направлен пакет.
- c) Логический адрес не должен удаляться из пакета при передаче через маршрутизатор.

5.4.2.3 Удаление заголовка

- a) При путь адресации удаление заголовка должно выполняться всегда.
- b) При выполнении удаления заголовка первый символ заголовка (идентификатор получателя) каждого пакета должен быть удален перед тем, как пакет будет направлен в соответствующий выходной порт.
- c) Каждый маршрутизатор может удалить только один символ данных (идентификатор получателя) передаваемого через него пакета. Данное утверждение справедливо только для коммутаторов, для которых разрешено удаление заголовков.

5.4.2.4 Маршрутизатор

- a) Маршрутизатор SpaceFibre может реализовывать как логическую, так и путь адресацию.
- b) Количество портов в маршрутизаторе должно быть ограничено 32, включая внутренний конфигурационный порт (порт 0).

ПРИМЕЧАНИЕ: Именно поэтому посредством путь адресации могут быть доступны только порты от 0 до 31.

- c) Маршрутизаторы могут быть реализованы с любым количеством портов в диапазоне от 3 до 32, включая внутренний конфигурационный порт.

- d) Адресация несуществующего выходного порта должна восприниматься как ошибка адреса назначения.

5.4.2.5 Работа маршрутизатора

- a) Маршрутизатор SpaceFibre должен работать в соответствии со следующими правилами:
1. Выходной порт, на который должен быть передан поступивший в маршрутизатор пакет, должен быть определен по первому символу заголовка пакета и по таблице маршрутизации.
 2. Пакет должен быть передан в виртуальный канал соответствующего выходного порта. Причем номер виртуального канала должен совпадать с номером виртуального канала, по которому данный пакет поступил во входной порт маршрутизатора.
 3. Если виртуальный канал выходного порта свободен, т.е. не занят передачей пакета, то данный виртуальный канал должен быть определен для передачи вновь пришедшего пакета.
 4. Как только установлено соединение между виртуальным каналом входного порта и виртуальным каналом выходного порта, данные должны передаваться с входного порта на выходной по мере их поступления, при условии, что виртуальный канал выходного порта готов принимать данные.
 5. Если выходной виртуальный канал больше не может принимать новые данные, то входной виртуальный канал должен сохранять их до тех пор, пока выходной виртуальный канал вновь не станет готов принять данные.
 6. Виртуальный канал в выходном порте не должен нарушать соединения с виртуальным каналом входного порта до тех пор, пока текущий пакет не будет полностью передан, или возникнет ошибка при передаче.
 7. Если виртуальный канал в требуемом выходном порте занят отправкой пакета от другого входного порта, вновь пришедший пакет должен ожидать до тех пор, пока требуемый выходной порт не освободится для передачи нового пакета.
 8. Как только виртуальный канал в выходном порте завершает передачу текущего пакета, он должен быть доступен для начала передачи пакета с другого входного порта.
 9. Если требуемый выходной порт не имеет нужного номера виртуального канала (совпадающего с номером виртуального канала во входном порте), то данный пакет должен быть отброшен, а в маршрутизаторе должна быть зафиксирована ошибка некорректного выходного порта.

5.4.2.6 Региональная логическая адресация

- a) SpaceFibre также поддерживает региональную логическую адресацию, которая является частным случаем логической адресации.
- b) Маршрутизатор должен поддерживать возможность конфигурации на удаление символа логического адреса в начале пакета по мере передачи пакета.

ПРИМЕЧАНИЕ: Удаление символа логического адреса позволяет сделать видимым следующий символ данных, который является, в свою очередь, путевым или логическим адресом, для использования следующим маршрутизатором. Данный механизм позволяет получать доступ к более чем 224 узлам посредством логической адресации.

5.4.3 Широковещательная передача сообщений

- a) Широковещательная передача сообщений в данной редакции не определена.

5.4.4 Управление сетью

- a) Управление сетью в данной редакции не определено.

5.5 Уровень качества сервиса

5.5.1 Виртуальные каналы

5.5.1.1 Буферизация в виртуальных каналах

- a) Интерфейс приложения к SpaceFibre CODEC должен состоять из одного и более выходных буферов виртуальных каналов и такого же количества входных буферов.
- b) Максимально может быть 256 виртуальных каналов.
- c) Каждый виртуальный канал должен иметь входной и выходной буфер виртуального канала.
- d) Каждый виртуальный канал должен иметь свой собственный номер виртуального канала.
- e) Каждый виртуальный канал должен иметь место для не менее чем 256 SpaceFibre N-Char символов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это соответствует одному полному кадру данных SpaceFibre.

- f) Чтобы отправить пакет SpaceFibre по конкретному виртуальному каналу, приложение должно записывать N-Char символы, из которых состоит пакет SpaceFibre, в буфер виртуального канала, начиная с первого N-Char пакета SpaceFibre.
- g) Если происходит переполнение выходного буфера виртуального канала, приложение должно ожидать, пока в выходном буфере не появится свободное место.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пакеты SpaceFibre могут быть любой длины. Пакеты, которые превосходят по размеру объем выходного буфера виртуального канала, должны записываться в буфер не целиком, а по частям, когда в буфере появляется свободное место для очередной порции данных.

- h) Как только пакет SpaceFibre записан в выходной буфер виртуального канала, можно

начинать записывать в него следующий пакет, если в буфере достаточно места хотя бы для одного N-Char символа.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это значит, что есть возможность иметь несколько небольших пакетов SpaceFibre, ожидающих отправки в выходном буфере виртуального канала.

- i) Пакеты SpaceFibre должны отправляться по виртуальному каналу в том порядке, в котором они были записаны в выходной буфер виртуального канала.
- j) Выходной буфер виртуального канала на одной стороне канала SpaceFibre должен быть связан с входным буфером виртуального канала, имеющего такой же номер, на другом конце канала SpaceFibre.
- k) При приеме пакеты SpaceFibre помещаются во входной буфер виртуального канала, по которому они были отправлены.
- l) Входной буфер виртуального канала должен иметь место для не менее чем 256 SpaceFibre N-Char символов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Размер буфера зависит от реализации, но обычно его делают достаточным для записи не менее 1024 SpaceFibre N-Char символов.

- m) SpaceFibre N-Char символы должны приходить во входной буфер виртуального канала в том же порядке, в каком они были записаны в соответствующий выходной буфер виртуального канала на противоположной стороне канала SpaceFibre.
- n) Когда во входном буфере виртуального канала есть N-Char символы, приложение, которому они предназначаются, должно быть проинформировано о том, что есть данные доступные для чтения из входного буфера виртуального канала.
- o) Приложение может считывать данные из входного буфера виртуального канала в любое время, при условии, что во входном буфере есть данные.
- p) Когда в процессе инициализации управляющее слово INIT3 (в поле Capability) запрашивает удаленный сброс, все выходные буферы виртуальных каналов должны быть очищены, и для каждого из них, если последний записанный приложением символ был не EOP, все новые символы данных будут отброшены до следующего символа EOP и включая его.

ПРИМЕЧАНИЕ: Механизм похож на механизм обработки ошибок в SpaceWire, который обрывает передачу текущего пакета, когда происходит ошибка рассоединения. Это гарантирует, что приемник не получит неполный пакет с некорректным заголовком.

- q) Когда в процессе инициализации управляющее слово INIT3 (в поле Capability) запрашивает удаленный сброс, все входные буферы виртуальных каналов должны быть очищены, и для каждого из них, если последний считанный приложением символ был не EOP, следующим символом, считанным приложением, будет символ EEP.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный механизм эквивалентен механизму обработки ошибок в SpaceWire, который использует EEP для сообщения приемной стороне, что канал был рассоединен, а передача пакета была досрочно завершена в момент обнаружения ошибки.

5.5.1.2 Сегментация

- a) Каждый выходной буфер виртуального канала должен вести учет количества записанных в него и количество считанных из него N-Char символов.
- b) Когда в выходном буфере виртуального канала находится как минимум 256 N-Char символов, или он содержит как минимум один EOP или EEP, или данный виртуальный канал имеет уровень приоритета в диапазоне от 0 до 3, то он должен сообщить контроллеру доступа к среде о том, что в нем есть данные для формирования кадра данных. Контроллер доступа к среде контролирует, какой виртуальный канал должен отправить кадр данных следующим.
- c) Виртуальный канал, которому в данный момент разрешено отправить кадр данных по каналу SpaceFibre, должен передать из выходного буфера виртуального канала в контроллер доступа к среде до 256 N-Char символов для отправки по каналу SpaceFibre.
- d) Если выходной буфер виртуального канала содержит один или более EOP или EEP и менее 256 N-Char символов, он должен отправить в контроллер доступа к среде все N-Char символы, которые в нем содержатся.
- e) Если количество отправляемых N-Char символов в кадре данных не кратно четырем, к последнему слову кадра данных добавляется один, два или три символа-заполнителя (Fill).
- f) Когда кадр данных получен, N-Char символы, которые он содержит, должны быть помещены в соответствующий входной буфер виртуального канала.

5.5.1.3 Управление потоком

5.5.1.3.1 Управление потоком в приемнике

- a) Каждый входной буфер виртуального канала должен вести учет количества записанных в него N-Char символов и символов-заполнителей, и количества прочитанных из него N-Char символов и символов-заполнителей при помощи счетчика свободного места, определенного для этого входного буфера виртуального канала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если кадр содержит EOP или EEP, то есть вероятность, что кроме N-Char символов, он содержит символы-заполнители, которые используются, чтобы сделать количество N-Char символов кратным четырем. На канальном уровне эти символы-заполнители рассматриваются также как и N-Char символы, передаются по каналу и помещаются во входной буфер виртуального канала на удаленной стороне канала.

- b) При холодном сбросе и удаленном сбросе значение счетчика свободного места должно быть установлено эквивалентным размеру буфера, что соответствует количеству N-Char символов и символов-заполнителей, которые может вместить буфер.
- c) При горячем сбросе значение счетчика свободного места не меняется.
- d) Если значение счетчика свободного места больше или равно 256, входной буфер виртуального канала должен запросить отправку FCT.

ПРИМЕЧАНИЕ: После выполнения холодного сброса может быть отправлено несколько FCT подряд, если входной буфер виртуального канала имеет возможность содержать более 256 N-Char символов или символов-заполнителей.

- e) Для каждого FCT, отправленного определенным виртуальным каналом, из значения счетчика свободного места должно быть вычтено 256, чтобы зарезервировать достаточно места для N-Char символов или символов-заполнителей, которые FCT позволит отправить удаленной стороне канала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Один FCT соответствует 256 N-Char символам или символам-заполнителям.

- f) Каждый раз, когда пользовательское приложение считывает N-Char символ или символ-заполнитель из входного буфера виртуального канала, значение счетчика свободного места должно быть увеличено на единицу.
- g) Значение счетчика свободного места должно соответствовать объему свободного места во входном буфере виртуального канала.
- h) Когда происходит запрос отправки FCT по нескольким виртуальным каналам, они должны арбитражиться справедливо.
- i) Минимальный размер счетчика свободного места должен быть 256 N-Char символов или символов-заполнителей.

ПРИМЕЧАНИЕ: Обычно, входные буферы виртуальных каналов, а, следовательно, и счетчик свободного места, значительно превышают размер в 256 символов.

5.5.1.3.2 *Управление потоком в передатчике*

- a) Каждый выходной буфер виртуального канала должен иметь счетчик кредитов FCT, который показывает, сколько еще данных разрешено для отправки.
- b) При холодном сбросе и удаленном сбросе значение счетчика кредитов FCT должно быть установлено в нуль.
- c) При горячем сбросе значение счетчика FCT не меняется.
- d) Когда определенным виртуальным каналом получен FCT, к значению счетчика кредитов FCT должно быть прибавлено 256.
- e) Когда по конкретному виртуальному каналу отправляется кадр данных, из значения счетчика кредитов FCT вычитается количество N-Char символов и символов-заполнителей, отправленных в этом кадре.
- f) Виртуальному каналу не разрешено отправлять кадры данных, когда его счетчик кредитов FCT меньше 256. В случае если VCB содержит EOP или EEP, можно отправлять N-Char символы и слова-заполнители в количестве, меньшем или равном значению счетчика кредитов FCT для этого виртуального канала.
- g) Когда кадр данных готов для отправки, размер данных в кадре сравнивается со значением счетчика FCT. Если счетчик кредитов FCT больше или равен размеру данных кадра, тогда кадр должен быть отправлен.
- h) В случае если значение счетчика кредитов FCT переполняется, то вызвавший переполнение FCT должен быть отброшен. При этом счетчик кредитов FCT должен принять свое максимальное значение, а в статусном регистре должна быть

зафиксирована информация об ошибке.

5.5.1.4 Контроллер доступа к среде

- a) Контроллер доступа к среде определяет, какому виртуальному каналу разрешено отправить следующий кадр данных.
- b) Виртуальному каналу разрешается конкурировать за отправку следующего кадра данных, только когда в его выходном буфере есть данные для формирования кадра данных.
- c) Только виртуальный канал, счетчик кредитов FCT которого показывает, что на удаленной стороне канала есть место для очередной порции данных, может конкурировать за разрешение на отправку следующего кадра данных.
- d) Каждый виртуальный, имеющий в своем выходном буфере данные для отправки и свободное место во входном буфере на удаленной стороне канала SpaceFibre (виртуальный канал, готовый к работе), должен конкурировать за разрешение на отправку следующего кадра данных, если это разрешено в текущий временной интервал.

5.5.1.4.1 Качество сервиса

- a) Каждый виртуальный канал должен поддерживать следующие типы качества сервиса: приоритетный (priority), гарантированная пропускная способность (bandwidth reservation) и с планированием (scheduled).
- b) Для каждого виртуального канала можно задавать параметры качества сервиса отдельно. Таким образом, несколько виртуальных каналов могут работать одновременно, но при этом каждый из них может использовать свой тип качества сервиса.
- c) При холодном сбросе качество сервиса для каждого виртуального канала должно быть установлено в самый низкий приоритет.

5.5.1.4.2 Планирование

- a) Время работы сети должно быть разбито на временные интервалы одинаковой длительности, которая задается параметром управления «Длительность временного интервала», описанным в пункте 5.9.1.

ПРИМЕЧАНИЕ: Стандартная длительность временного интервала 100 мкс.

- b) Время для использования в качестве сервиса «с планированием» должно браться из логического регистра времени, который периодически обновляется через широкоэмитательные каналы распространения времени.
- c) Логический регистр времени показывает, когда заканчивается один временной интервал и начинается другой, а также номер этого временного интервала.
- d) Количество временных интервалов при планировании определяется параметром управления (см. пункт 5.9.1).
- e) Планирование определяет, в какой временной интервал конкретному виртуальному каналу разрешено отправлять кадры данных.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для каждого виртуального канала существует список временных

интервалов, в которые ему разрешено отправлять данные.

- f) Существует возможность планирования отправки данных в один временной интервал для нескольких виртуальных каналов одновременно.
- g) Если два и более виртуальных канала запланированы для отправки данных в один временной интервал, контроллер доступа к среде должен отправлять данные из виртуального канала с наивысшим коэффициентом старшинства (см. пункт 5.5.1.4.3).
- h) Когда начинается новый временной интервал, в который определен виртуальный канал, запланированный на отправку данных, имеет в своем выходном буфере данные, готовые для отправки, и имеет свободное место во входном буфере на удаленной стороне канала SpaceFibre, этот виртуальный канал должен конкурировать на основании своего коэффициента старшинства с остальными виртуальными каналами за право отправки кадров.
- i) Виртуальный канал, который не запланирован на отправку в текущий временной интервал, не может конкурировать за право отправки данных по каналу.
- j) В конце временного интервала, виртуальный канал, отправляющий кадры данных, должен прекратить их отправку сразу после того, как завершится передача текущего кадра данных. Прекращать передачу не нужно, если этот канал запланирован на отправку данных и в следующий временной интервал.
- k) Планируя рассылку данных из виртуальных каналов по сети SpaceFibre, необходимо принять во внимание, что на момент начала нового временного интервала может остаться целый кадр данных на отправку из предыдущего временного интервала.
- l) Когда сеть SpaceFibre не требует использования механизма планирования, каждый виртуальный канал должен быть запланирован для отправки во все временные интервалы.

5.5.1.4.3 Коэффициент старшинства

- a) Виртуальный канал должен конкурировать с другими виртуальными каналами за отправку кадров по каналу, основываясь на своем текущем коэффициенте старшинства и на том, когда он запланирован на отправку данных.
- b) Контроллер доступа к среде должен использовать коэффициенты старшинства каждого канала, чтобы определить, какому готовому к отправке виртуальному каналу разрешено отправлять кадры данных.
- c) Коэффициенты старшинства всех виртуальных каналов должны сравниваться, как только последнее слово предыдущего кадра будет передано на уровень кадров для отправки.
- d) Готовому буферу виртуального канала с самым высоким коэффициентом старшинства должно быть разрешено отправлять следующий кадр данных.
- e) Коэффициент старшинства виртуального канала определяется его параметрами качества сервиса и его кредитом пропускной способности.
- f) Коэффициент старшинства (*Precedence*) виртуального канала должен вычисляться как сумма приоритетного коэффициента старшинства (*Priority Precedence*) и текущего значения кредита пропускной способности (*Bandwidth Credit*) этого виртуального канала.

$$Precedence = Priority Precedence + Bandwidth Credit$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Приоритетный коэффициент старшинства виртуального канала берется напрямую из параметра управления его качества сервиса.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Коэффициент старшинства должен вычисляться, принимая во внимание механизмы качества сервиса, отраженные в Таблица 5-18.

g) В случае если кредит пропускной способности достигает минимального предела кредита пропускной способности, приоритетный коэффициент старшинства должен быть установлен в нуль.

Таблица 5-18 Коэффициент старшинства для различных типов качества сервиса	
Тип качества сервиса	Коэффициент старшинства
Приоритетный	<p>Приоритетному виртуальному каналу разрешено отправлять данные, только когда нет других готовых к отправке виртуальных каналов с более высоким приоритетом.</p> <p>Поддерживается несколько уровней приоритетов.</p> <p>Если два или более приоритетных виртуальных канала с одинаковым приоритетом готовы к отправке данных, первым кадр данных отправляет виртуальный канал с более высоким кредитом пропускной способности.</p> <p>Если сеть SpaceFibre требует работы только с использованием приоритетного типа качества сервиса, то каждому виртуальному каналу должен быть присвоен разный приоритет.</p> <p>Качество сервиса «негарантированная доставка» достигается в случае установки самого низкого уровня приоритета для виртуального канала.</p>
Гарантированная пропускная способность	<p>Гарантированная пропускная способность определяет коэффициент старшинства виртуального канала, основываясь на пропускной способности, зарезервированной для этого виртуального канала и его использовании пропускной способности канала.</p> <p>Каждый виртуальный канал вычисляет кредит пропускной способности, основываясь на пропускной способности канала, зарезервированной для него, и его использовании пропускной способности канала.</p> <p>Виртуальный канал с низким использованием пропускной способности канала и большой зарезервированной пропускной способностью будет иметь высокий кредит пропускной способности. Виртуальный канал с высоким использованием пропускной способности канала и такой же зарезервированной пропускной способностью будет иметь более низкий кредит пропускной способности.</p> <p>Виртуальные каналы, имеющие одинаковый приоритет, конкурируют за отправку следующего кадра данных,</p>

	<p>основываясь на их текущем кредит пропускной способности.</p> <p>Виртуальному каналу с гарантированной пропускной способностью разрешено отправлять данные, только когда нет других готовых к отправке виртуальных каналов с более высоким приоритетом, и этот виртуальный канал имеет самый высокий кредит пропускной способности из всех готовых к отправке данных виртуальных каналов с таким же приоритетом.</p> <p>Если сеть SpaceFibre требует работы только с использованием гарантированной пропускной способности, то каждому виртуальному каналу должен быть присвоен одинаковый приоритет.</p>
<p>С планированием</p>	<p>Тип качества сервиса «с планированием» позволяет сделать распределение ресурсов сети SpaceFibre полностью детерминированным.</p> <p>Время разделено на последовательности временных интервалов, во время которых виртуальный канал может быть запланирован на отправку данных. В начале временного интервала, на который запланирована отправка, виртуальный канал может отправлять данные, в соответствии со своим коэффициентом старшинства.</p> <p>В другие временные интервалы, когда виртуальный канал не запланирован на отправку данных, ему не разрешено отправлять данные, даже если другие виртуальные каналы не имеют данных для отправки.</p> <p>Если виртуальный канал запланирован на отправку в текущий временной интервал, но у него нет данных для отправки или нет места в его входном буфере виртуального канала на удаленном конце соединения, другим виртуальным каналам, которым разрешено осуществлять передачу в текущий временной интервал, разрешено использовать неиспользуемую пропускную способность.</p> <p>Если все виртуальные каналы используют разные временные интервалы для отправки данных, используется упрощенная схема планирования, при которой не берется в расчет приоритет и резервирование пропускной способности.</p>

5.5.1.4.4 Кредит пропускной способности

- a) Значение кредита пропускной способности должно меняться каждый раз, когда кадр данных отправляется каким-либо виртуальным каналом.
- b) Если ни одного кадра данных не отправлено, значение кредита пропускной способности должно быть изменено через интервал, приблизительно равный интервалу времени (или меньший чем он), необходимому для отправки полного кадра данных.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Данный пункт означает, что значение кредита пропускной способности должно обновляться каждые 66 слов или менее.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Используемая пропускная способность равна нулю в том случае, если виртуальный канал не отправлял данных (см. пункт 5.5.1.4.4 g)).

- c) Доступная пропускная способность (*Available Bandwidth*) канала SpaceFibre измеряется как количество данных или управляющих слов, которые могли быть отправлены с момента последнего изменения значения кредита пропускной способности, принимая во внимание работу по нескольким линиям.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: При выделении определенной пропускной способности для виртуального канала следует ее задавать как процент от общей пропускной способности канала. Для каждого виртуального канала необходимо напрямую задать процент пропускной способности, при этом оставляя некоторую часть пропускной способности свободной для возможной передачи широковещательных сообщений, а также другой непредвиденной информации.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: При выделении пропускной способности каждому виртуальному каналу следует задавать ее немного большей, чем это требуется. Это необходимо для того, чтобы значение кредита пропускной способности достигало своих предельных значений. Однако, также необходимо, чтобы сумма выделенных пропускных способностей всех виртуальных каналов была меньше 100%. Незарезервированная пропускная способность необходима для передачи широковещательных сообщений, АСК, FCT и т.д.

- d) Виртуальный канал определяет объем пропускной способности, который он планирует использовать (процент ожидаемой пропускной способности *Expected Bandwidth Percentage*), включая накладные расходы на ограничители кадра и другие управляющие слова.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Эта информация предоставляется с помощью управляющих параметров для всех виртуальных каналов независимо от типа качества сервиса, который они используют.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Накладные расходы на ограничители кадра обычно составляют 2 слова на каждый 64 слова данных. Данные накладные расходы должны быть учтены при определении процента ожидаемой пропускной способности.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Накладные расходы, связанные с передачей других управляющих слов, обычно составляют 2 слова: один АСК и один FCT на каждый кадр данных, отправленный в обоих направлениях. Данные накладные расходы должны быть учтены при определении процента ожидаемой пропускной способности. Например, если не отправляются широковещательные сообщения, то сумма процентов ожидаемой пропускной способности для всех виртуальных каналов не должна превышать $66/(66+2) = 97\%$ от пропускной способности канала.

- e) Процент используемой пропускной способности должен быть всегда больше нуля для всех виртуальных каналов, даже если эти виртуальные каналы не будут

использоваться.

- f) Используемая пропускная способность (*Used Bandwidth*) задается как количество слов данных, включая ограничители кадра, переданных по конкретному виртуальному каналу с момента последнего изменения значения кредита пропускной способности.

ПРИМЕЧАНИЕ: Она равняется нулю для всех виртуальных каналов, кроме того, который отправил кадр данных.

- g) Кредит пропускной способности (*Bandwidth Credit*) вычисляется независимо для каждого виртуального канала по следующей формуле:

$$Bandwidth\ Credit = \sum \left(Available\ Bandwidth - \frac{Used\ Bandwidth}{Expected\ Bandwidth\ Percentage} \right)$$

- h) Кредит пропускной способности может принимать отрицательные значения.

ПРИМЕЧАНИЕ: Отрицательное значение показывает, что виртуальный канал использует больше пропускной способности, чем от него ожидается.

- i) Кредит пропускной способности должен изменяться в пределах плюс или минус значения предельного кредита пропускной способности (*Bandwidth Credit Limit*), т.е. если кредит пропускной способности достигает предельного значения, то он устанавливается равным этому значению.

- j) Предел кредита пропускной способности должен быть установлен равным значению, не меньшему, чем пропускная способность канала.

ПРИМЕЧАНИЕ: В этом случае, значение кредита пропускной способности виртуального канала, не отправлявшего данные в течение 1 секунды, достигнет положительного предела кредита пропускной способности. После этого виртуальный канал начинает считать, что до этого он не отправлял данные.

- k) Когда значение кредита пропускной способности достигает положительного предела кредита пропускной способности и остается таким как минимум в течение времени, заданного параметром *Virtual Channel Idle Time Limit*, виртуальный канал должен сообщить в регистр статуса, что он свободен и использует намного меньшую пропускную способность, чем ожидалось.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Приложение, ответственное за управление сетью SpaceFibre, может использовать эту информацию для проверки корректности использования пропускной способности различными виртуальными каналами.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Параметр *Virtual Channel Idle Time Limit* является конфигурируемым и единым для всех виртуальных каналов. Стандартное значение составляет 1 мс.

- l) При достижении минимальной пороговой величины кредита пропускной способности считается, что виртуальный канал использует пропускную способность, большую, чем ожидалось.

- m) Минимальная пороговая величина кредита пропускной способности должна быть установлена в значение, примерно соответствующее 90% от значения отрицательного предела кредита пропускной способности.

- n) Когда значение кредита пропускной способности достигает минимальной пороговой величины кредита пропускной способности, виртуальный канал должен сообщить в регистр статуса, что он использует больше пропускной способности, чем ожидалось.
- o) Когда значение кредита пропускной способности становится меньше минимальной пороговой величины кредита пропускной способности, приоритетный коэффициент старшинства для данного виртуального канала должен быть установлен в нуль.

ПРИМЕЧАНИЕ: Таким образом, высокоприоритетный канал не сможет использовать значительно большую пропускную способность, чем от него ожидается.

- p) Значение кредита пропускной способности должно быть установлено в нуль при холодном сбросе.
- q) Значение кредита пропускной способности не должно меняться при горячем сбросе.
- r) При холодном сбросе значение процента ожидаемой пропускной способности для нулевого виртуального канала (VC0) должно быть установлено в 10%, в то время как для остальных виртуальных каналов, оно должно быть установлено в минимально возможную величину.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: При холодном сбросе локальное или удаленное приложение может установить требуемое значение процента ожидаемой пропускной способности для каждого виртуального канала.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Нулевой виртуальный канал (VC0) используется для конфигурации, управления и мониторинга сети SpaceFibre.

5.5.1.4.5 Приоритетный тип качества сервиса

- a) Существуют 16 (ТВС) различных приоритетов: от 0 до 15. Приоритет 0 имеет наивысший коэффициент старшинства, а 15 – наименьший.
- b) Приоритет 15 должен иметь значение приоритетного коэффициента старшинства равное P , где P соответствует пределу кредита пропускной способности.

ПРИМЕЧАНИЕ: $Precedence = Priority Precedence + Bandwidth Credit$

- c) Приоритет 14 должен иметь значение приоритетного коэффициента старшинства равное $3P$.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это означает, что коэффициент старшинства для одного приоритета не может перекрываться коэффициентом старшинства соседнего приоритета независимо от текущего значения кредита пропускной способности.

- d) Приоритет 13 должен иметь значение приоритетного коэффициента старшинства равное $5P$.
- e) В общем случае приоритеты должны иметь значение приоритетного коэффициента старшинства, равное $2P(15-N)+P$, где N – уровень приоритета. Приоритет 1 имеет значение приоритетного коэффициента старшинства, равное $29P$.
- f) Приоритет 0 должен иметь значение приоритетного коэффициента старшинства, равное $31P$.
- g) Каждый виртуальный канал может иметь любой из шестнадцати уровней приоритета.
- h) Один и тот же уровень приоритета можно задавать более чем для одного

виртуального канала.

- i) Когда несколько виртуальных каналов имеют один и тот же уровень приоритета, для отправки следующего кадра данных должен быть выбран тот канал, у которого значение кредита пропускной способности выше.

5.5.1.4.6 Тип качества сервиса «гарантированная пропускная способность»

- a) Виртуальные каналы, запланированные для отправки данных в один временной интервал и имеющие одинаковое значение приоритетного коэффициента старшинства, должны конкурировать за отставку данных, основываясь только на значении кредита пропускной способности виртуального канала.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если виртуальные каналы имеют один и тот же уровень приоритета, гарантированная пропускная способность реализуется, не принимая во внимание другие факторы.

5.5.2 Широковещательные сообщения

- a) Счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений (*Broadcast Bandwidth Credit Counter*) должен быть связан с механизмом широковещания для отслеживания и ограничения части пропускной способности, используемой широковещательными сообщениями.
- b) Для всех широковещательных каналов должен быть задан один счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений. Данный счетчик должен отслеживать и управлять общей пропускной способностью всех широковещательных каналов.
- c) Счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений должен быть уменьшен на единицу каждый раз, когда отправляется широковещательный кадр.

ПРИМЕЧАНИЕ: Широковещательный кадр имеет фиксированный размер, равный четырем словам. Таким образом, единица измерения счетчика кредита пропускной способности широковещательных сообщений соответствует четырем словам широковещательного кадра.

- d) Процент ожидаемой пропускной способности широковещательных сообщений (*Expected Broadcast Bandwidth Percentage*) определяет часть пропускной способности канала, зарезервированной под широковещательные сообщения, включая накладные расходы на ограничители кадра. Данный параметр является параметром управления.
- e) При достижении предельного значения (*Broadcast Bandwidth Credit Limit*) счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений должен быть установлен равным этому значению.
- f) Счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений должен быть установлен в значение 1024 при холодном или горячем сбросе.
- g) Счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений не должен принимать отрицательных значений.
- h) Широковещательные кадры не должны отправляться, если счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений равен нулю.

- i) Счетчик кредита пропускной способности широковещательных сообщений должен быть увеличен на единицу по истечении периода времени, требуемого для отправки количества слов, равного $4/Expected\ Broadcast\ Bandwidth\ Percentage$.

5.5.3 Кадры

5.5.3.1 Формирование кадров

- a) Уровень качества сервиса должен помещать данные, поступающие из контроллера доступа к среде, в кадры данных, скремблировать эти данные и отправлять далее в соответствующий буфер повтора.
- b) Уровень качества сервиса должен направлять информацию об управлении потоком (FCT) в соответствующий буфер повтора.
- c) Уровень качества сервиса помещать данные широковещательных сообщений в широковещательные кадры и отправлять их далее в соответствующий буфер повтора.

5.5.3.2 Ослабление электромагнитного влияния

5.5.3.2.1 Скремблирование данных

- a) Данные, содержащиеся в кадрах данных, должны подвергаться процедуре скремблирования, состоящей в поразрядном умножении бит данных на значения псевдослучайной последовательности, полученной на основе используемого полинома для скремблирования.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Поразрядное умножение совпадает с функцией XOR.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Схема скремблера данных изображена на Рисунок 5-6, однако реализация может отличаться от представленной.

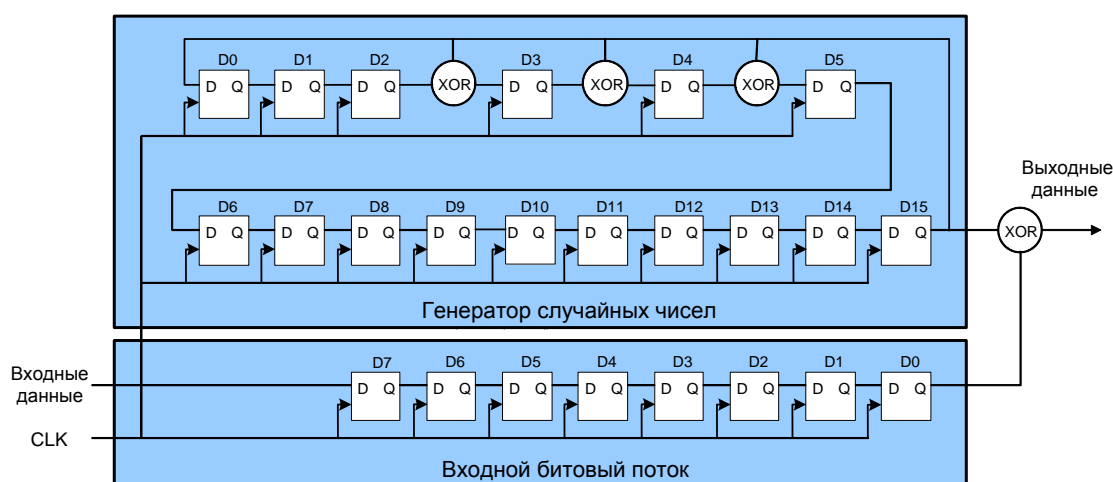


Рисунок 5-6 Скремблер / де-скремблер

- b) Для скремблирования должен использоваться следующий полином:
 $G(X) = X^{16} + X^5 + X^4 + X^3 + 1$.
- c) Исходное значение скремблера должно быть 0xffff (значения всех регистров в

генераторе случайных чисел должны быть равны единице).

- d) Перед обработкой очередного кадра данных скремблер устанавливается в исходное значение.
- e) Биты кадра данных и биты псевдослучайной последовательности должны подвергаться процедуре сложения по модулю 2 (XOR).
- f) Младший бит младшего символа каждого слова должен быть скремблирован первым.
- g) Управляющие коды EOP, EEP и Fill не должны скремблироваться. Однако скремблер должен продолжать генерировать псевдослучайные числа, используя значения 8-битных символов, связанные с K-кодами EOP, EEP или Fill.

ПРИМЕЧАНИЕ: В случае скремблирования управляющих кодов EOP, EEP и Fill, их будет невозможно отличить от символов данных.

5.5.3.2.2 Дескремблирование данных

- a) Содержимое принятого кадра данных должно дескремблироваться путем поразрядного сложения по модулю 2 (XOR) битов данных и битов использовавшейся при скремблировании псевдослучайной последовательности.
- b) Управляющие коды EOP, EEP и Fill не должны дескремблироваться.

5.5.3.2.3 Скремблирование idle-кадра

- a) Поле PRBS в idle-кадре должно соответствовать псевдослучайной последовательности бит, полученной на основе используемого полинома.
- b) Для генерации псевдослучайной последовательности бит должен использоваться следующий полином: $G(X) = X^{16} + X^5 + X^4 + X^3 + 1$.
- c) При холодном или горячем сбросе исходное значение для генератора псевдослучайных чисел должно быть установлено в 0xffff (значения всех регистров в генераторе случайных чисел должны быть равны единице).
- d) Исходное значение (*initial seed*) должно быть записано в поле SEED первого idle-кадра, отправленного после холодного или горячего сброса.
- e) Биты, получаемые на выходе генератора псевдослучайных чисел должны формировать поле PRBS в idle-кадре.
- f) Запись псевдослучайной последовательности должна начинаться с младшего бита младшего символа каждого слова.
- g) При завершении генерации idle-кадра текущее значение *seed*, хранящееся в регистрах генератора случайных чисел, должно быть сохранено и использовано для формирования значения *seed* для следующего idle-кадра.
- h) В поле SEED следующего idle-кадра должно быть записано сохраненное значение *seed* из генератора случайных чисел.
- i) Для генерации следующего idle-кадра исходное значение для генератора случайных чисел должно быть установлено в сохраненное значение *seed*.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Таким образом, данная псевдослучайная последовательность охватывает много idle-кадров. Данная последовательность формирует спектр электромагнитного влияния от idle-кадров. Более того, она может быть полезна для измерения глазковой

диаграммы приемника при простое линии (т.е. при отправке только idle-кадров).

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Наличие поля SEED в каждом idle-кадре позволяет при необходимости выполнять проверку содержимого данного кадра.

5.5.3.3 Прием кадров

- a) При приеме корректного кадра данных вся служебная информация должна быть удалена, а данные должны быть дескремблированы. Затем данные должны быть помещены во входной буфер соответствующего виртуального канала.
- b) Принятые управляющие слова FCT должны быть направлены в выходной буфер соответствующего виртуального канала.
- c) При приеме корректного широковещательного кадра вся служебная информация должна быть удалена, а само сообщение должно быть передано на сетевой уровень.

5.5.4 Надежная передача данных

5.5.4.1 Машина состояний распознавания слов

- a) Машина состояний распознавания слов используется для определения, к какому типу кадра принадлежит полученное слово данных в целях разбиения потока данных на различные типы кадров.

ПРИМЕЧАНИЕ: Машина состояний распознавания слов изображена на Рисунке 5-7.

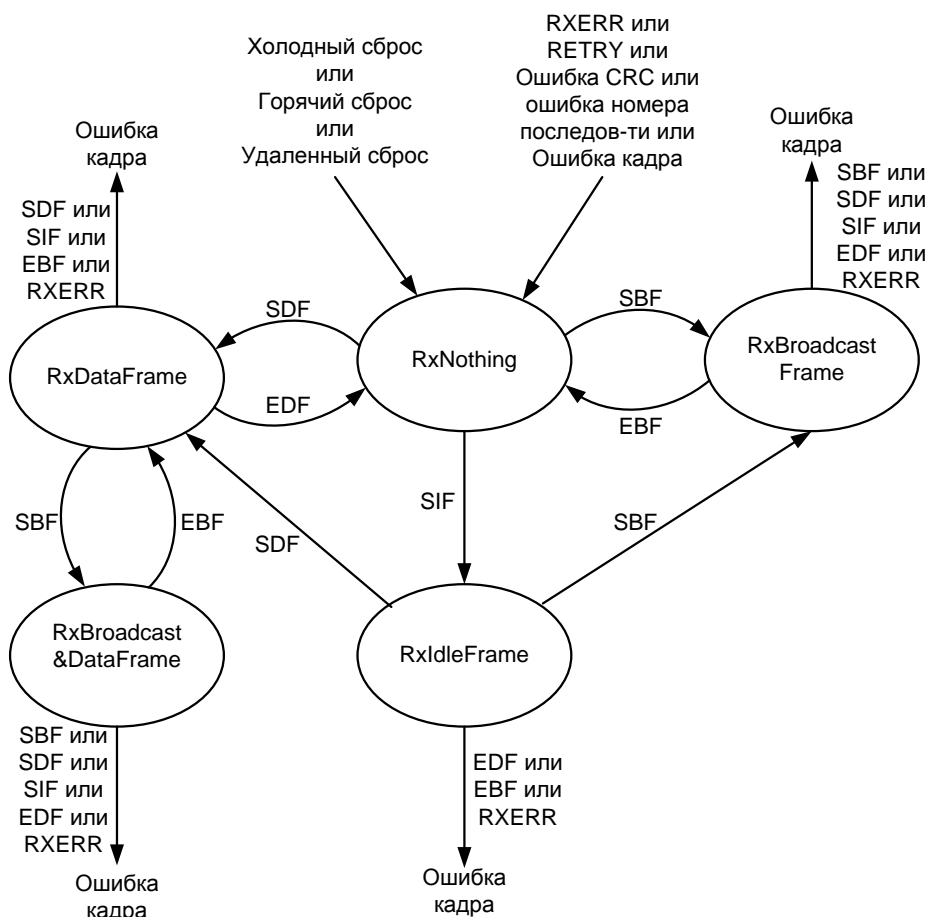


Рисунок 5-7 Машина состояний распознавания слов

5.5.4.1.1 Состояние *RxNothing*

а) Переход в состояние *RxNothing* осуществляется при следующих условиях:

1. При холодном, горячем или удаленном сбросе.
2. Переход из состояния *RxDataFrame* при получении EDF.
3. Переход из состояния *RxBroadcastFrame* при получении EBF.
4. Переход из любого состояния при получении RXERR, RETRY, ошибке порядкового номера последовательности, ошибке CRC или получении неожиданного управляющего слова (ошибка кадра).

ПРИМЕЧАНИЕ: Ошибка порядкового номера последовательности возникает, когда порядковый номер кадра данных, FCT или широковещательного кадра по модулю 128 не превышает на единицу значение счетчика принимаемой последовательности. Также она возникает, когда номер последовательности idle-кадра или управляющего слова FULL не соответствует значению приемного счетчика принимаемой последовательности.

б) В состоянии *RxNothing* машина состояний распознавания слов должна выполнять следующие действия:

1. Сообщить о том, что в данный момент не принимается ни одного кадра.
2. Отбрасывать любой принимаемый EBF или EDF.

- с) Машина состояний распознавания слов должна выйти из состояния *RxNothing* в случае возникновения следующих событий, которые должны обрабатываться в указанном порядке:
1. В случае получения SBF осуществляется переход в состояние *RxBroadcastFrame*.
 2. В случае получения SDF осуществляется переход в состояние *RxDataFrame*.
 3. В случае получения SIF осуществляется переход в состояние *RxIdleFrame*.
- д) Общая информация о состоянии *RxNothing* приведена в Таблица 5-19.

Таблица 5-19 Состояние <i>RxNothing</i>	
Состояние	<i>RxNothing</i>
Переход в состояние	<p>При холодном, горячем или удаленном сбросе.</p> <p>Из состояния <i>RxDataFrame</i> при получении EDF.</p> <p>Из состояния <i>RxBroadcastFrame</i> при получении EBF.</p> <p>Из любого состояния при получении RXERR, RETRY, ошибке порядкового номера последовательности, ошибке CRC или получении неожиданного управляющего слова (ошибка кадра).</p>
Выполняемые действия	Сообщить о том, что в данный момент не принимается ни одного кадра.
Переход из состояния	<p>При получении SBF осуществляется переход в состояние <i>RxBroadcastFrame</i>.</p> <p>При получении SDF осуществляется переход в состояние <i>RxDataFrame</i>.</p> <p>При получении SIF осуществляется переход в состояние <i>RxIdleFrame</i>.</p>

5.5.4.1.2 Состояние *RxDataFrame*

- а) Переход в состояние *RxDataFrame* осуществляется при следующих условиях:
1. Переход из состояния *RxNothing* при получении SDF.
 2. Переход из состояния *RxIdleFrame* при получении SDF.
 3. Переход из состояния *RxBroadcast&DataFrame* при получении EBF.
- б) В состоянии *RxDataFrame* машина состояний распознавания слов должна выполнять следующие действия:
1. Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат кадру данных.
- с) Машина состояний распознавания слов должна выйти из состояния *RxDataFrame* в случае возникновения следующих событий, которые должны обрабатываться в указанном порядке:
1. В случае получения RETRY осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 2. В случае получения RXERR осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 3. В случае если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние

RxNothing.

4. В случае если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 5. В случае получения SBF, осуществляется переход в состояние *RxBroadcast&DataFrame*.
 6. В случае получения EDF, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 7. В случае получения SDF, SIF или EBF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
- d) Общая информация о состоянии *RxNothing* приведена в Таблица 5-20.

Таблица 5-20 Состояние <i>RxDataFrame</i>	
Состояние	<i>RxDataFrame</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>RxNothing</i> при получении SDF. Из состояния <i>RxIdleFrame</i> при получении SDF. Из состояния <i>RxBroadcast&DataFrame</i> при получении EBF.
Выполняемые действия	Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат кадру данных.
Переход из состояния	При получении RETRY осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении RXERR осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении SBF осуществляется переход в состояние <i>RxBroadcast&DataFrame</i> . При получении EDF осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении SDF, SIF или EBF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> .

5.5.4.1.3 Состояние *RxBroadcastFrame*

- a) Переход в состояние *RxBroadcastFrame* осуществляется при следующих условиях:
 1. Переход из состояния *RxNothing* при получении SBF.
 2. Переход из состояния *RxIdleFrame* при получении SBF.
- b) В состоянии *RxBroadcastFrame* машина состояний распознавания слов должна выполнять следующие действия:
 1. Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат широкопередателю кадру.

2. Считать количество полученных слов данных.
- с) Машина состояний распознавания слов должна выйти из состояния *RxBroadcastFrame* в случае возникновения следующих событий, которые должны обрабатываться в указанном порядке:
1. В случае получения RETRY осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 2. В случае получения RXERR осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 3. В случае если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 4. В случае если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 5. В случае получения EBF осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 6. В случае получения SDF, SBF, SIF или EDF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
- д) Общая информация о состоянии *RxBroadcastFrame* приведена в Таблица 5-21.

Таблица 5-21 Состояние <i>RxBroadcastFrame</i>	
Состояние	<i>RxBroadcastFrame</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>RxNothing</i> при получении SBF. Из состояния <i>RxIdleFrame</i> при получении SBF.
Выполняемые действия	Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат широковещательному кадру. Считать количество полученных слов данных.
Переход из состояния	При получении RETRY осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении RXERR осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении EBF осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении SDF, SBF, SIF или EDF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> .

5.5.4.1.4 Состояние *RxBroadcast&DataFrame*

- а) Переход в состояние *RxBroadcast&DataFrame* осуществляется при следующих условиях:
1. Переход из состояния *RxDataFrame* при получении SBF.
- б) В состоянии *RxBroadcast&DataFrame* машина состояний распознавания слов должна

выполнять следующие действия:

1. Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат ширококвещательному кадру.
 2. Считать количество полученных слов данных.
- с) Машина состояний распознавания слов должна выйти из состояния *RxBroadcast&DataFrame* в случае возникновения следующих событий, которые должны обрабатываться в указанном порядке:
1. В случае получения RETRY осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 2. В случае получения RXERR осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 3. В случае если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 4. В случае если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 5. В случае если получен EBF и счетчик слов данных равен двум, осуществляется переход в состояние *RxDataFrame*.
 6. В случае если получен EBF и счетчик слов данных не равен двум, осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 7. В случае получения SDF, SBF, SIF, или EDF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
- d) Общая информация о состоянии *RxBroadcast&DataFrame* приведена в Таблица 5-22.

Таблица 5-22 Состояние <i>RxBroadcast&DataFrame</i>	
Состояние	<i>RxBroadcast&DataFrame</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>RxDataFrame</i> при получении SBF.
Выполняемые действия	Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат ширококвещательному кадру. Считать количество полученных слов данных.
Переход из состояния	При получении RETRY осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении RXERR осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка CRC, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если зафиксирована ошибка порядкового номера последовательности, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . Если получен EBF и счетчик слов данных равен двум, осуществляется переход в состояние <i>RxDataFrame</i> . Если получен EBF и счетчик слов данных не равен двум, осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> .

	При получении SDF, SBF, SIF, или EDF (ошибка кадра), осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> .
--	--

5.5.4.1.5 Состояние *RxIdleFrame*

- a) Переход в состояние *RxIdleFrame* осуществляется при следующих условиях:
 - 1. Переход из состояния *RxNothing* при получении SIF.
- b) В состоянии *RxIdleFrame* машина состояний распознавания слов должна выполнять следующие действия:
 - 1. Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат idle-кадру.
- c) Машина состояний распознавания слов должна выйти из состояния *RxIdleFrame* в случае возникновения следующих событий, которые должны обрабатываться в указанном порядке:
 - 1. В случае получения RETRY осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 - 2. В случае получения RXERR осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 - 3. В случае получения EDF или EBF (ошибка кадра), осуществляется переход в состояние *RxNothing*.
 - 4. В случае получения SBF осуществляется переход в состояние *RxBroadcastFrame*.
 - 5. В случае получения SDF осуществляется переход в состояние *RxDataFrame*.
 - 6. В случае получения SIF машина состояний остается в состоянии *RxIdleFrame*.
- d) Общая информация о состоянии *RxIdleFrame* приведена в Таблица 5-23.

Таблица 5-23 Состояние <i>RxIdleFrame</i>	
Состояние	<i>RxIdleFrame</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>RxNothing</i> при получении SIF.
Выполняемые действия	Сообщить о том, что полученные слова данных принадлежат idle-кадру.
Переход из состояния	При получении RETRY осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении RXERR осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении EDF или EBF (ошибка кадра) осуществляется переход в состояние <i>RxNothing</i> . При получении SBF осуществляется переход в состояние <i>RxBroadcastFrame</i> . При получении SDF осуществляется переход в состояние <i>RxDataFrame</i> . При получении SIF машина состояний остается в состоянии <i>RxIdleFrame</i> .

5.5.4.1.6 Управляющие слова

- a) Получать управляющие слова FCT, ACK, NACK и FULL и RETRY можно в любом состоянии.

5.5.4.2 Буферизация полученных кадров

- a) Во время получения кадра данных или широковещательного кадра, их слова должны помещаться в буфер в таком порядке, чтобы иметь возможность проверить CRC и номера последовательности кадров до того, как кадр будет признан верным и передан для дальнейшей обработки.
- b) Только принятые без ошибок кадры данных, FCT или широковещательные кадры, имеющие верный номер последовательности, должны передаваться для дальнейшей обработки уровнем качества сервиса.
- c) Кадры данных, FCT или широковещательные кадры, содержащие ошибки или имеющие ошибочный номер последовательности, должны отбрасываться.
- d) Приемный буфер кадров данных должен сохранять принятые слова данных в состоянии *RxDataFrame* машины состояний распознавания слов.
- e) Приемный буфер широковещательных кадров должен сохранять принятые слова данных в состояниях *RxBroadcastFrame* и *RxBroadcast&DataFrame* машины состояний распознавания слов.
- f) Приемный буфер кадров данных должен быть очищен при получении управляющего слова SDF.
- g) Приемный буфер широковещательных кадров должен быть очищен при получении управляющего слова SBF.
- h) Приемные буферы кадров данных и широковещательных кадров должны быть очищены, когда машина состояний распознавания слов переходит в состояние *RxNothing*.
- i) Когда запрошен холодный, горячий или удаленный сброс, данные из входного буфера кадров данных и входного буфера широковещательных кадров должны быть удалены.

5.5.4.3 CRC кадров данных

- a) Для кадров данных применяется 16-битная контрольная сумма CRC.
- b) CRC покрывает кадр данных, начиная с символа COMMA в SDF и заканчивая номером последовательности в EDF.
- c) При подсчете CRC управляющего символа используется значение данных этого символа.

ПРИМЕЧАНИЕ: Например, при подсчете CRC символ COMMA K28.7 заменяется на D28.7.

- d) Если при подсчете CRC встречаются символы EOP, EEP или символ-заполнитель (Fill), то в контрольную сумму будут включены значения данных этих символов.

ПРИМЕЧАНИЕ: Например, EOP (K29.7) заменяется значением D29.7 и включается в подсчет CRC. Таким образом, EOP, EEP и слова-

заполнители также защищены CRC.

- e) 16-битная контрольная сумма CRC должна рассчитываться в соответствии с CRC-16-CCITT.
- f) Младший бит младшего символа каждого слова должен быть учтен первым при подсчете контрольной суммы CRC.

5.5.4.4 CRC для широковещательных кадров, FCT, FULL, ACK и NACK

- a) Для широковещательных кадров, FCT, FULL, ACK и NACK применяется 8-битная контрольная сумма CRC.
- b) 8-битная CRC покрывает весь широковещательный данных, начиная с символа COMMA в SBF и заканчивая номером последовательности в EBF.
- c) При подсчете CRC управляющего символа используется значение данных этого символа.

ПРИМЕЧАНИЕ: Например, при подсчете CRC символ COMMA K28.7 заменяется на D28.7.

- d) При подсчете 8-битного CRC:
 - 2. Для коэффициентов полинома используется сложение по модулю 2.
 - 3. Используется систематический двоичный $(n+16, n)$ блочный код, где $(n+8)$ – количество бит кодового слова $c(x)$, и n делится на 8 без остатка; n – число бит, которые охватывает CRC.

4. Используется следующий порождающий полином:

$$g(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

5. Для входов и выходов полинома используется следующий битовый формат:

$$b_7 b_6 b_5 b_4 b_3 b_2 b_1 b_0$$

, где b_7 – старший бит, а b_0 – младший бит.

- e) Генерация 8-битной CRC производится следующим образом:
 - 1. Процедура получает на вход n -битный код, использующийся для построения $m(x)$, где:
 - (a) n -битный выходной код определен набором бит $B_{i,j}$, сгруппированных в $n/8$ байт, где $i = \{0, 1, \dots, n/8 - 1\}$ – индекс байта, а $j = \{7, 6, \dots, 0\}$ – индекс бита.
 - (b) $n/8$ входных байт соответствует полям, которые охвачены CRC, не включая сам байт CRC; индекс первого переданного байта равен $i = 0$; индекс последнего переданного байта равен $i = n/8 - 1$;
 - (c) $m(x)$ – это полином, имеющий бинарные коэффициенты m_i :

$$m(x) = m_{n-1}x^{n-1} + m_{n-2}x^{n-2} + \dots + m_0x^0$$

- (d) $m(x)$ может быть представлен, как n -битный вектор, где коэффициент m_{n-1} первого члена полинома – это старший значащий бит вектора, а m_0 – младший.

- (е) Представление в виде битового вектора формируется конкатенацией $n/8$ входных байт в порядке передачи, где младший значащий бит b_0 каждого байта берется первым, а старший значащий бит b_7 – последним:

$$\begin{aligned} m_{n-1} &= B_{0,0}, m_{n-2} = B_{0,1}, m_{n-3} = B_{0,2}, \dots, m_{n-7} = B_{0,6}, m_{n-8} = B_{0,7}, \\ m_{n-9} &= B_{1,0}, m_{n-10} = B_{1,1}, m_{n-11} = B_{1,2}, \dots, m_{n-15} = B_{1,6}, m_{n-16} = B_{1,7}, \\ &\dots \\ m_7 &= B_{n/8-1,0}, m_6 = B_{n/8-1,1}, m_5 = B_{n/8-1,2}, \dots, m_1 = B_{n/8-1,6}, m_0 = B_{n/8-1,7}. \end{aligned}$$

2. Процедура генерирует остаточный полином $r(x)$, описываемый формулой:

$$r(x) = [m(x) \cdot x^8] \bmod g(x),$$

где $r(x) = r_7x^7 + r_6x^6 + r_5x^5 + \dots + r_0x^0$ и r_i – бинарные коэффициенты.

3. CRC заголовка и данных формируется из векторного 8-битного представления полинома $r(x)$; младший значащий бит b_0 является коэффициентом r_7 первого члена полинома, а старший значащий бит b_7 – последнего.

$$b_7 = r_0, b_6 = r_1, b_5 = r_2, b_4 = r_3, b_3 = r_4, b_2 = r_5, b_1 = r_6, b_0 = r_7.$$

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Кодовая комбинация $c(x) = m(x) \cdot x^8 + r(x)$ формируется конкатенацией битового векторного представления полиномов $m(x)$ и $r(x)$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Когда для генерации CRC для регистра сдвига с линейной обратной связью используется представление Галуа, его начальное значение равняется нулю.

- f) Если процедура генерации CRC применяется к байтам, покрытым CRC, *не включая* сам байт CRC, тогда сгенерированный CRC должен напрямую сравниваться с ожидаемым байтом CRC. Если сгенерированный и ожидаемый байты CRC одинаковы, это значит, что ошибок нет, в противном случае это означает ошибку.
- g) Если процедура генерации CRC применяется к байтам, покрытым CRC, *включая* сам байт CRC, тогда результат подсчета CRC должен быть равен нулю в случае, если в принятых данных нет ошибок, и отличным от нуля, в случае, если в принятых данных ошибки есть.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Когда кодовая комбинация $c^*(x)$ приходит на вход генератора CRC, то в остатке получается следующий синдром: $s(x) = [c^*(x) \cdot x^8] \bmod g(x)$.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Кодовая комбинация $c^*(x)$ является конкатенацией заголовка или байтов данных, охваченных CRC и следующим за ними байтом CRC.

5.5.4.5 Нумерация последовательностей кадров

5.5.4.5.1 Нумерация последовательностей кадров на передатчике

- а) Один 7-битный счетчик порядкового номера должен содержаться в передающей части

SpaceFibre CODEC и хранить 7-битный порядковый номер последнего кадра данных, широковещательного кадра или FCT, который был отправлен.

- b) 7-битный счетчик порядкового номера на передающей стороне должен оперировать по модулю 128.
- c) Флаг полярности передаваемого кадра вместе с 7-битным счетчиком порядкового номера составляют порядковый номер последовательности кадра (SEQ_NUM) (см. пункт 5.3.1.4.1).
- d) Счетчик порядкового номера на передающей стороне должен сбрасываться в нуль при холодном сбросе SpaceFibre CODEC.
- e) Флаг полярности передаваемого кадра должен сбрасываться в нуль при холодном сбросе SpaceFibre CODEC.
- f) Счетчик порядкового номера на передающей стороне должен сбрасываться в нуль при поступлении сообщения об удаленном сбросе.
- g) Флаг полярности передаваемого кадра должен сбрасываться в нуль при поступлении сообщения об удаленном сбросе.
- h) Счетчик порядкового номера на передающей стороне не меняет своего значения при горячем сбросе SpaceFibre CODEC.
- i) Флаг полярности передаваемого кадра не меняет своего значения при горячем сбросе SpaceFibre CODEC.
- j) Значение флага полярности передаваемого кадра должно быть инвертировано каждый раз, когда начинается новая операция повторной отправки данных.
- k) Счетчик порядкового номера на передающей стороне и связанный с ним флаг полярности передаваемого кадра должны формировать порядковые номера для кадров данных, FCT, широковещательных кадров, idle-кадров и слов FULL.
- l) Перед началом передачи конца кадра данных, конца широковещательного кадра или управляющего слова FCT с уровня качества сервиса на уровень линии текущее значение счетчика порядкового номера на передающей стороне должно быть инкрементировано. Новое значение вместе с текущим значением флага полярности должно быть записано в поле номера последовательности (SEQ_NUM) конца кадра данных, конца широковещательного кадра или управляющего слова FCT.

ПРИМЕЧАНИЕ: Через каждые 128 номеров последовательности кадра счетчик будет начинать считать номера последовательности с начала.

- m) Когда с уровня качества сервиса на уровень линии поступает idle-кадр, текущее значение счетчика порядкового номера на передающей стороне вместе с текущим значением флага полярности должно быть записано в поле номера последовательности (SEQ_NUM) управляющего слова начала idle-кадра (SIF).

5.5.4.5.2 Нумерация последовательностей кадров при приемнике

- a) Один 7-битный счетчик порядкового номера должен содержаться в принимающей части SpaceFibre CODEC и хранить 7-битный порядковый номер последнего кадра данных, широковещательного кадра или FCT, который был принят без ошибок.
- b) 7-битный счетчик порядкового номера на принимающей стороне должен оперировать по модулю 128.
- c) Флаг полярности принимаемого кадра вместе с 7-битным счетчиком порядкового

номера составляют значение, которое должно сверяться со значением порядкового номера последовательности принятого кадра (SEQ_NUM).

- d) Флаг полярности принимаемого кадра должен быть определен машиной состояний ошибок.
- e) Счетчик порядкового номера на принимающей стороне должен сбрасываться в нуль при холодном сбросе SpaceFibre CODEC.
- f) Флаг полярности принимаемого кадра должен сбрасываться в нуль при холодном сбросе SpaceFibre CODEC.
- g) Счетчик порядкового номера на принимающей стороне должен сбрасываться в нуль при поступлении сообщения об удаленном сбросе.
- h) Флаг полярности принимаемого кадра должен сбрасываться в нуль при поступлении сообщения об удаленном сбросе.
- i) Счетчик порядкового номера на принимающей стороне не меняет своего значения при горячем сбросе SpaceFibre CODEC.
- j) Флаг полярности принимаемого кадра не меняет своего значения при горячем сбросе SpaceFibre CODEC.
- k) Счетчик порядкового номера на принимающей стороне и связанный с ним флаг полярности принимаемого кадра должны использоваться для проверки порядкового номера для кадров данных, FCT, широковещательных кадров, idle-кадров и управляющих слов FULL.
- l) Когда на уровень качества сервиса с уровня управления линиями поступает управляющее слово EDF, EBF, SIF, FCT или FULL с корректным CRC, его номер последовательности кадра (SEQ_NUM) сравнивается с текущим значением счетчика порядкового номера на принимающей стороне и флагом полярности.
- m) Если 7-битная часть поля SEQ_NUM принятого EDF, EBF или FCT имеет то же значение, что и значение счетчика порядкового номера на принимающей стороне, увеличенное на единицу, и флаги полярности тоже совпадают, то кадр данных, широковещательный кадр или FCT должен быть принят.

ПРИМЕЧАНИЕ: Ошибка номера последовательности возникает, когда номер последовательности кадра данных, широковещательного кадра или FCT не превышает на единицу (по модулю 128) значение счетчика порядкового номера на принимающей стороне или флаги полярности не совпадают. Также она появляется, когда номер последовательности idle-кадра или управляющего слова FULL не равны значению счетчика порядкового номера последовательности на принимающей стороне.

- n) Если 7-битная часть поля SEQ_NUM принятого SIF или FULL имеет то же значение, что и значение счетчика порядкового номера на принимающей стороне и флаги полярности совпадают, то idle-кадр или FULL должен быть принят.

ПРИМЕЧАНИЕ: Idle-кадр и управляющее слово FULL несут в себе номер последовательности последнего переданного кадра данных, широковещательного кадра или FCT.

- o) Когда кадр данных, FCT или широковещательный кадр принят корректно, счетчик последовательности на принимающей стороне должен быть увеличен на единицу.

- p) Если номер последовательности кадра имеет значение, не равное значению счетчика последовательности на принимающей стороне, увеличенному на единицу, то кадр данных, FCT или широковещательный кадр должен быть отброшен.
- q) Когда отбрасывается кадр данных, FCT или широковещательный кадр, счетчик последовательности на принимающей стороне не должен увеличиваться на единицу.
- r) Если флаги полярности принятой SEQ_NUM и локального счетчика на приемной стороне не совпадают, кадр данных, FCT или широковещательный кадр должен быть отброшен.

ПРИМЕЧАНИЕ: Более подробная информация о значении флагов полярности счетчика последовательности на принимающей стороне приведена в пункте 5.5.4.9.

5.5.4.6 *Накопление кадров в буфере повтора*

- a) Кадры данных, FCT и широковещательные кадры для отправки должны помещаться в соответствующий буфер повтора.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Буферы повтора не являются промежуточным звеном в передаче кадров, в них лишь хранятся копии кадров и FCT, отправленных по каналу SpaceFibre.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Общее количество кадров или FCT, которое может содержаться в буфере повтора после отправки должно быть меньше 128 в связи с тем, что максимальный SEQ_NUM – 128.

- b) Кадры данных, FCT и широковещательные кадры в буферах повтора должны быть поставлены в соответствие номерам последовательности кадров (SEQ_NUM), которые им были даны во время отправки по каналу SpaceFibre.
- c) Если получен АСК, то все кадры данных, FCT и широковещательные кадры, отправленные с номером последовательности равным или меньшим, чем номер последовательности АСК, должны быть удалены из буферов повтора, принимая во внимание подсчет значения счетчика по модулю 128.
- d) Если получен NACK с флагом полярности в поле номера последовательности, который отличен от текущего значения флага полярности на передатчике, то этот NACK не принимается во внимание и не вызывает повторную отправку кадров.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это помогает избежать ошибки нескольких повторных отправок данных.

- e) Если NACK получен с верным CRC, флагом полярности и номером последовательности, который равен значению счетчика номера последовательности в передающей части, то этот NACK должен быть воспринят как корректный.
- f) Когда NACK воспринимается как корректный, все кадры данных, FCT и широковещательные кадры с номером последовательности меньшим или равным номеру последовательности NACK должны быть удалены из буфера повтора, поскольку NACK сигнализировал, что они были приняты корректно.
- g) Когда NACK воспринимается как корректный, кадр данных, FCT и широковещательный кадр с номером последовательности на единицу большим, чем номер последовательности NACK, должен быть повторно отправлен вместе с кадрами данных, FCT и широковещательными кадрами, которые имеют более высокое

значение номера последовательности, поскольку NACK сигнализировал, что они не были приняты корректно.

ПРИМЕЧАНИЕ: Причины отправки NACK описаны в пункте 5.5.4.8.2.

- h) Когда содержимое буфера повтора отправляется повторно, ширококешательные кадры всегда должны отправляться перед FCT и кадрами данных, даже если ширококешательные кадры не были отправлены перед получением NACK. Коэффициент старшинства отправки кадров подробно описан в пункте 5.3.5.
- i) Когда содержимое буферов повтора отправляется повторно, ему присваиваются новые номера последовательностей кадров, начиная с последнего верно принятого номера последовательности, увеличенного на единицу. Каждый кадр или FCT, отправленный после него, получает следующие за ним номера последовательностей.

ПРИМЕЧАНИЕ: Повторно отправляемые кадры данных, FCT и ширококешательные кадры должны содержать флаг полярности, установленный в новое значение. Правила изменения значения флага полярности локального счетчика номеров последовательности кадров описаны в пункте 5.5.4.9.

- j) Количество повторных отправок должно записываться в регистр статуса и быть доступным для считывания.
- k) При холодном или удаленном сбросе буферы повтора должны очищаться.
- l) При холодном или удаленном сбросе количество повторных отправок кадров должно устанавливаться в нуль.
- m) При горячем сбросе буферы повтора не очищаются.
- n) При горячем сбросе количество повторных отправок кадров должно быть установлено в нуль.
- o) Размер буферов повтора зависит от реализации.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Буфер повтора должен быть как минимум такой длины, чтобы хранить все слова данных и управляющие слова, которые будут отправлены по каналу SpaceFibre до получения ACK в ответ на первый из отправленных кадров, содержащихся в буфере повтора.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Когда используется несколько линий, размер буферов может пропорционально увеличиваться.

- p) Когда буфер повтора заполняется, новые данные для этого буфера приниматься не будут.
- q) Когда один из буферов повтора заполняется, управляющие слова FULL должны отправляться в соответствии с их коэффициентом старшинства (см. пункт 5.3.5).
- r) Если подтверждения ожидают, в общей сложности, 128 кадров или FCT, то должны отправляться управляющие слова FULL.

ПРИМЕЧАНИЕ: Максимальное количество кадров или FCT, которые могут ожидать подтверждения, равно 128, в связи с размерностью порядкового номера последовательности кадров (SEQ_NUM).

- s) Когда все буферы повтора заполнены, уровень качества сервиса должен отправлять только FULL, ACK и NACK.

- t) Если во время повторной отправки данных отправляется широковещательный кадр, флаг LATE в поле RSVD/LATE выставляется в единицу, в противном случае он устанавливается в нуль.

ПРИМЕЧАНИЕ: Флаг LATE, установленный в единицу, показывает, что широковещательный кадр пришел позже в связи с повторной отправкой.

5.5.4.7 Idle-кадры

- a) Idle-кадры генерируются, когда нет кадров данных, FCT, широковещательных кадров или FULL для отправки.
- b) Поле номера последовательности кадра в SIF устанавливается в текущее значение локального счетчика номера последовательности на передающей стороне, включая флаг полярности.

ПРИМЕЧАНИЕ: После холодного или удаленного сброса этот счетчик устанавливается в нуль. Таким образом, если idle-кадр отправляется первым после холодного сброса, его номер последовательности также будет нулевым. Если кадр данных, FCT или широковещательный кадр отправляется первым после холодного сброса, его номер последовательности будет равен единице.

- c) За управляющим словом SIF должна идти последовательность псевдослучайных слов данных, которые при передаче формируют псевдослучайную последовательность бит. Механизм генерации данной последовательности описан в пункте 5.5.3.2.3.

5.5.4.8 Использование ACK/NACK для надежной передачи данных

5.5.4.8.1 Отправка ACK

- a) При получении кадра данных, FCT, широковещательного кадра или FULL без ошибки номера последовательности или ошибки CRC, должна запрашиваться отправка управляющего слова ACK.
- b) После запроса, ACK должен быть отправлен максимально быстро, принимая во внимание коэффициенты старшинства, описанные в пункте 5.3.5.

ПРИМЕЧАНИЕ: ACK не буферизуются перед отправкой.

- c) После отправки одного ACK минимум 15 слов должно быть отправлено перед отправкой следующего ACK.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это гарантирует, что качество сервиса «гарантированная пропускная способность» будет работать независимо от размера кадра данных.

- d) Если другой кадр данных, FCT, широковещательный кадр или FULL получен до отправки ACK, то отправляется только один ACK.

ПРИМЕЧАНИЕ: ACK не должен отправляться для каждого кадра данных, FCT, широковещательного кадра или FULL.

- e) Отправленный ACK должен содержать текущее значение счетчика номера

последовательности на приемной стороне и флаг полярности принятого кадра.

- f) Когда запрошена отправка NACK, отправка любого еще не отправленного АСК должна быть отменена.

5.5.4.8.2 Отправка NACK

- a) Отправка NACK осуществляется при выполнении одного из следующих условий:
1. При получении управляющего слова RXERR, ошибке CRC или ошибке номера последовательности кадра, когда машина состояний распознавания слов находится в состояниях *RxDataFrame*, *RxBroadcstFrame* или *RxData&BroadcastFrame*.
 2. Когда не может быть распознан тип принятого кадра, получено нераспознаваемое слово или слово получено в том месте кадра, в котором оно не ожидалось.
 3. Когда полученный idle-кадр или управляющее слово FULL содержит номер последовательности, который не равен счетчику номеров последовательности на принимающей стороне.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Если NACK не может быть отправлен незамедлительно, то его отправка будет отложена.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Номер последовательности idle-кадра должен быть равен номеру последовательности последнего корректно полученного кадра данных, FCT или широковещательного кадра, т.е. быть равным текущему значению счетчика номеров последовательности на принимающей стороне. В противном случае он сообщает, что отосланный кадр не был получен и отправляет NACK, сообщающий номер последнего корректно принятого кадра данных, FCT или широковещательного кадра.

ПРИМЕЧАНИЕ 3: Когда idle-кадр принят с корректным номером последовательности, нет необходимости отсылать АСК. Корректный номер последовательности говорит о том, что последний кадр данных, FCT или широковещательный кадр получен без ошибок. Если АСК, отправленный для этого кадра, потерян, то это не имеет значения до тех пор, пока буфер повтора не заполнится, а это не произойдет, пока не будут отправлены новые кадры данных, FCT или широковещательные кадры. В этом случае все равно будет отправлен другой АСК.

- b) NACK должны отправляться как можно быстрее, принимая во внимание коэффициенты старшинства (см. пункт 5.3.5). NACK должен содержать значение флага полярности, определяемое машиной состояний ошибок (см. пункт 5.5.4.9).
- c) Когда отправляется NACK, он должен содержать текущее значение счетчика последовательности. Флаг полярности в передаваемом NACK должен быть инвертирован.
- d) При запросе отправки АСК передача любого еще не отправленного NACK должна быть отменена.

ПРИМЕЧАНИЕ: Отправка NACK могла быть отложена в связи с передачей управляющих слов или слов данных с более высоким коэффициентом старшинства.

5.5.4.8.3 Прием АСК

- a) При получении АСК должен пройти проверку контрольной суммы CRC.
- b) АСК признается корректным, если он имеет верную CRC и флаг полярности номера последовательности совпадает со значением флага полярности на передающей стороне.
- c) При получении корректного АСК все отправленные кадры данных, FCT и широковещательные кадры с номером последовательности меньшим или равным номеру последовательности АСК должны быть удалены из буфера повтора, принимая во внимание, что счетчик работает по модулю 128.

5.5.4.8.4 Прием NACK

- a) При получении NACK должен пройти проверку контрольной суммы CRC.
- b) NACK признается корректным, если он имеет верный CRC и флаг полярности номера последовательности совпадает со значением флага полярности на передающей стороне.
- c) При получении NACK должны выполняться следующие действия (в описанном порядке):
 1. Все отправленные кадры данных, FCT и широковещательные кадры с номером последовательности меньшим или равным номеру последовательности NACK должны быть удалены из буфера повтора, принимая во внимание, что счетчик работает по модулю 128.
 2. Счетчик номера последовательности на передающей стороне должен быть установлен равным значению номера последовательности NACK.
 3. Флаг полярности счетчика номера последовательности на передающей стороне должен быть инвертирован.
 4. Все данные о номерах последовательности кадров, связанных с содержимым буферов повтора должны быть удалены.

ПРИМЕЧАНИЕ: Когда кадры или FCT отправляются повторно, им даются новые номера последовательности.
 5. Слово RETRY должно быть отправлено до того, как отправляется содержимое буфера повтора.
 6. Содержимое буфера повтора должно быть отправлено в соответствии с коэффициентами старшинства, описанными в пункте 5.3.5.

5.5.4.9 Машина состояний ошибок уровня надежной передачи данных

- a) Машина состояний ошибок уровня надежной передачи данных используется, чтобы определять, когда флаг полярности счетчика номера последовательности на принимающей стороне должен быть инвертирован.

ПРИМЕЧАНИЕ: Машина состояний ошибок уровня надежной передачи данных показана на Рисунок 5-8.

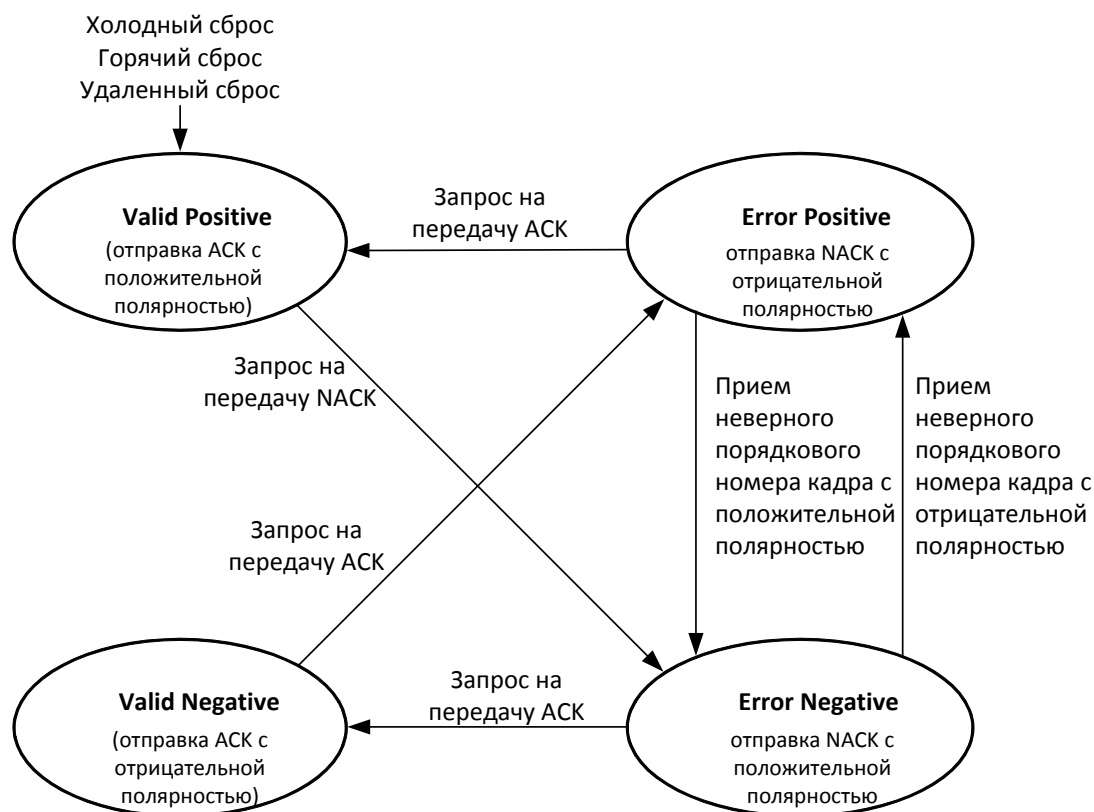


Рисунок 5-8 Машина состояний ошибок

5.5.4.9.1 Состояние *Valid Positive*

- а) Переход в состояние *Valid Positive* осуществляется в следующих случаях:
1. Получение команды *ColdReset*.
 2. Получение команды *WarmReset*.
 3. Удаленный сброс.
 4. При переходе из состояния *Error Positive*, когда получен запрос на отправку ACK.
- б) В состоянии *Valid Positive* флаг полярности на приемнике должен быть положительным, т.е. равным 0.

ПРИМЕЧАНИЕ: Таким образом, управляющие слова ACK будут отправляться с положительным номером последовательности кадров.

- с) Машина состояний ошибок должна выйти из состояния *Valid Positive* в следующих случаях:
1. Если получен запрос на отправку NACK, перед его отправкой осуществляется переход в состояние *Error Negative*.

ПРИМЕЧАНИЕ 1: Необходимо отметить, что NACK будет отправлен с положительным номером последовательности кадра, так как NACK отправляются с флагом полярности, противоположным по значению, указанному машиной состояний ошибок.

ПРИМЕЧАНИЕ 2: Общая информация о состоянии *Valid Positive* приведена в Таблица 5-24.

Таблица 5-24 Состояние <i>Valid Positive</i>	
Состояние	<i>Valid Positive</i>
Переход в состояние	При получении команды ColdReset. При получении команды WarmReset. При удаленном сбросе. При переходе из состояния <i>Error Positive</i> , когда получен запрос на отправку ACK.
Выполняемые действия	Флаг полярности на приемнике должен быть положительным. Отправляемые ACK должны нести в себе положительный номер последовательности кадра.
Переход из состояния	Если получен запрос на отправку NACK, осуществляется переход в состояние <i>Error Negative</i> . Переход осуществляется перед отправкой NACK с положительным номером последовательности кадра.

5.5.4.9.2 Состояние *Valid Negative*

- a) Переход в состояние *Valid Negative* осуществляется в следующих случаях:
1. При переходе из состояния *Error Negative*, когда получен запрос на отправку ACK.
- b) В состоянии *Valid Negative* флаг полярности на приемнике должен быть отрицательным, т.е. равным 1.
- ПРИМЕЧАНИЕ: Таким образом, управляющие слова ACK будут отправляться с отрицательным номером последовательности кадров.
- c) Машина состояний ошибок должна выйти из состояния *Valid Negative* в следующих случаях:
1. Если получен запрос на отправку NACK, перед его отправкой осуществляется переход в состояние *Error Positive*.
- ПРИМЕЧАНИЕ 1: Необходимо отметить, что NACK будет отправлен с отрицательным номером последовательности кадра.
- ПРИМЕЧАНИЕ 2: Общая информация о состоянии *Valid Negative* приведена в Таблица 5-25.

Таблица 5-25 Состояние <i>Valid Negative</i>	
Состояние	<i>Valid Negative</i>
Переход в состояние	При переходе из состояния <i>Error Negative</i> , когда получен запрос на отправку ACK.
Выполняемые действия	Флаг полярности на приемнике должен быть отрицательным. Отправляемые ACK должны нести в себе отрицательный номер последовательности кадра.
Переход из состояния	Если получен запрос на отправку NACK, осуществляется переход в состояние <i>Error Positive</i> . Переход осуществляется перед отправкой NACK с отрицательным номером

	последовательности кадра.
--	---------------------------

5.5.4.9.3 Состояние *Error Positive*

- a) Переход в состояние *Error Positive* осуществляется в следующих случаях:
 - 1. При переходе из состояния *Valid Negative*, когда получен запрос на отправку NACK.
- b) В состоянии *Error Positive* флаг полярности на приемнике должен быть положительным, т.е. равным 0.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо отметить, что NACK будет отправлен с отрицательным номером последовательности кадра, так как NACK отправляются с флагом полярности, противоположным по значению, указанному машиной состояний ошибок.

- c) Машина состояний ошибок должна выйти из состояния *Error Positive* в следующих случаях:

- 1. Если получен запрос на отправку ACK, осуществляется переход в состояние *Valid Positive*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо отметить, что ACK будет отправлен с положительным номером последовательности кадра.

- 2. Если получен кадр данных, широковещательный кадр, FCT или FULL с положительным флагом полярности, но его номер последовательности некорректен, осуществляется переход в состояние *Error Negative* с последующей отправкой NACK.

ПРИМЕЧАНИЕ: Общая информация о состоянии *Error Positive* приведена в Таблица 5-26.

Таблица 5-26 Состояние <i>Error Positive</i>	
Состояние	<i>Error Positive</i>
Переход в состояние	При переходе из состояния <i>Valid Negative</i> , когда получен запрос на отправку NACK.
Выполняемые действия	Флаг полярности на приемнике должен быть положительным. Отправляемые NACK должны нести в себе отрицательный номер последовательности кадра.
Переход из состояния	Если получен запрос на отправку ACK, осуществляется переход в состояние <i>Valid Positive</i> . Если получен кадр данных, широковещательный кадр, FCT или FULL с положительным флагом полярности, но его номер последовательности некорректен, осуществляется переход в состояние <i>Error Negative</i> с последующей отправкой NACK.

5.5.4.9.4 Состояние *Error Negative*

- a) Переход в состояние *Error Negative* осуществляется в следующих случаях:
 - 1. При переходе из состояния *Valid Positive*, когда получен запрос на отправку NACK.

- b) В состоянии *Error Negative* флаг полярности на приемнике должен быть отрицательным, т.е. равным 1.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо отметить, что NACK будет отправлен с отрицательным номером последовательности кадра.

- c) Машина состояний ошибок должна выйти из состояния *Error Negative* в следующих случаях:

1. Если получен запрос на отправку ACK, осуществляется переход в состояние *Valid Negative*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Необходимо отметить, что ACK будет отправлен с отрицательным номером последовательности кадра.

2. Если получен кадр данных, широковещательный кадр, FCT или FULL с отрицательным флагом полярности, но его номер последовательности некорректен, осуществляется переход в состояние *Error Positive* с последующей отправкой NACK.

ПРИМЕЧАНИЕ: Общая информация о состоянии *Error Negative* приведена в Таблица 5-27.

Таблица 5-27 Состояние <i>Error Negative</i>	
Состояние	<i>Error Negative</i>
Переход в состояние	При переходе из состояния <i>Valid Positive</i> , когда получен запрос на отправку NACK.
Выполняемые действия	Флаг полярности на приемнике должен быть отрицательным. Отправляемые NACK должны нести в себе положительный номер последовательности кадра.
Переход из состояния	Если получен запрос на отправку ACK, осуществляется переход в состояние <i>Valid Negative</i> . Если получен кадр данных, широковещательный кадр, FCT или FULL с отрицательным флагом полярности, но его номер последовательности некорректен, осуществляется переход в состояние <i>Error Positive</i> с последующей отправкой NACK.

5.6 Уровень управления линиями

Данный раздел описывает уровень управления линиями стандарта SpaceFibre.

5.6.1 Управление линиями

- a) Требуемое количество линий (required lanes) является управляющим параметром, определяющим количество линий, формирующих канал SpaceFibre.
- b) Уровень управления линиями должен быть оповещен уровнем линии о готовности к передаче слов данных и управляющих слов. Таким образом, уровень управления линиями получит информацию о количестве активных линий.
- c) В случае если количество требуемых линий для передачи меньше, чем количество активных линий, то количество используемых линий должно быть установлено в

значение, равное количеству требуемых линий.

- d) В случае если количество требуемых линий для передачи равно количеству активных линий, количество используемых линий должно быть установлено в значение, равное количеству требуемых линий.
- e) В случае если количество требуемых линий для передачи больше, чем количество активных линий, количество используемых линий должно быть установлено в значение, равное количеству активных линий.
- f) Каждой линии должен быть присвоен номер. Нумерация линий начинается с 1 и затем наращивается для каждой физической линии на 1.

ПРИМЕЧАНИЕ: Например, в случае наличия четырех линий, им будут присвоены номера 1, 2, 3 и 4 соответственно.

5.6.2 Синхронизация линий

- a) В случае, когда количество требуемых линий или количество активных линий меняется, должна выполняться синхронизация линий.
- b) В ходе синхронизации линий должно быть определено количество используемых линий.
- c) Номера линий должны присваиваться следующим образом: линии нумеруются, начиная с 1 в порядке возрастания до тех пор, пока количество линий, которым были присвоены номера, не достигнет количества используемых линий.
- d) Остальным активным физическим линиям должны быть присвоены номера линий, равные нулю.
- e) Управляющее слово LSYNC должно отправляться по каждой из активных линий и содержать номер линии, который должен быть ей присвоен.
- f) Управляющее слово LSYNC должно отправляться по каждой из активных линий в приблизительно одно и то же время, то есть в течение времени, необходимого для передачи одного управляющего слова (TBC).
- g) После отправки управляющего слова LSYNC слова данных и управляющие слова могут передаваться по используемым линиям.
- h) В случае приема управляющего слова LSYNC блок синхронизации линий должен ожидать приема управляющих слова LSYNC по каждой из активных линий.
- i) В случае приема управляющих слов LSYNC по всем активным линиям, в концентраторе линий должна быть обновлена информация о том, по каким линиям должна осуществляться концентрация данных.
- j) Активные линии, принявшие управляющее слово LSYNC со значением номера линии, равным нулю, не должны быть задействованы в ходе концентрации данных с линий.
- k) Активные линии, принявшие управляющее слово LSYNC со значением номера линии, не равным нулю, должны быть задействованы в ходе концентрации данных с линий.
- l) В случае если управляющее слово LSYNC не получено хотя бы на одной из активных линий, все линии должны быть инициализированы повторно.

ПРИМЕЧАНИЕ: Повторная инициализация канала автоматически вызовет повторную инициализацию линий.

- m) Если порядковые номера, содержащиеся в принятых по линиям управляющих словах LSYNC, не образуют правильную последовательность чисел (т.е. 1,2, 3, и т. д.) без повторов и пропусков номеров, то все линии должны быть повторно инициализированы.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это может произойти, так как управляющее слово LSYNC может быть потеряно и замещено управляющим словом RXERR. Также это может произойти в результате серьезной ошибки в передаче, которая может не быть устранена при повторной инициализации.

- n) Если даже после повторной инициализации линий синхронизация линий не выполняется, то должен быть установлен флаг, указывающий на наличие постоянной ошибки, а также должно быть отправлено уведомление пользовательскому приложению.

5.6.3 *Распределение данных по линиям*

- a) Управляющие слова и слова данных, передающиеся через канал SpaceFibre, должны быть распределены между используемыми линиями.
- b) Первое слово данных или управляющее слово должно быть передано по линии с наименьшим номером. Слова отправляются по линиям в порядке увеличения их номера.
- c) Слова данных и управляющие слова не должны передаваться через активные линии, которые не используются.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данные линии находятся в режиме ожидания и отправляют управляющие слова IDLE.

5.6.4 *Концентрация данных с линий*

- a) При получении по линии слова данных или управляющего слова производится его запись в небольшой буфер синхронизации.
- b) Для каждой линии должен быть выделен отдельный буфер синхронизации.
- c) Буфер синхронизации должен иметь возможность хранить как минимум три слова данных или управляющих слова.
- d) Слова данных или управляющие слова должны извлекаться из буферов синхронизации в соответствии с порядковым номером линии.
- e) После выполнения синхронизации линий, первое слово данных или управляющее слово должно быть извлечено из буфера линии, имеющей самый низкий номер. Слова извлекаются из буферов линий в порядке увеличения их номера.

ПРИМЕЧАНИЕ: Номера линий, используемые для концентрации, могут быть отличны от номеров, используемых для распределения.

5.6.5 Выбор линий

Должна поддерживаться возможность отключения функции передачи данных по нескольким линиям. В этом случае канал SpaceFibre должен использовать только одну линию.

5.7 Уровень линии

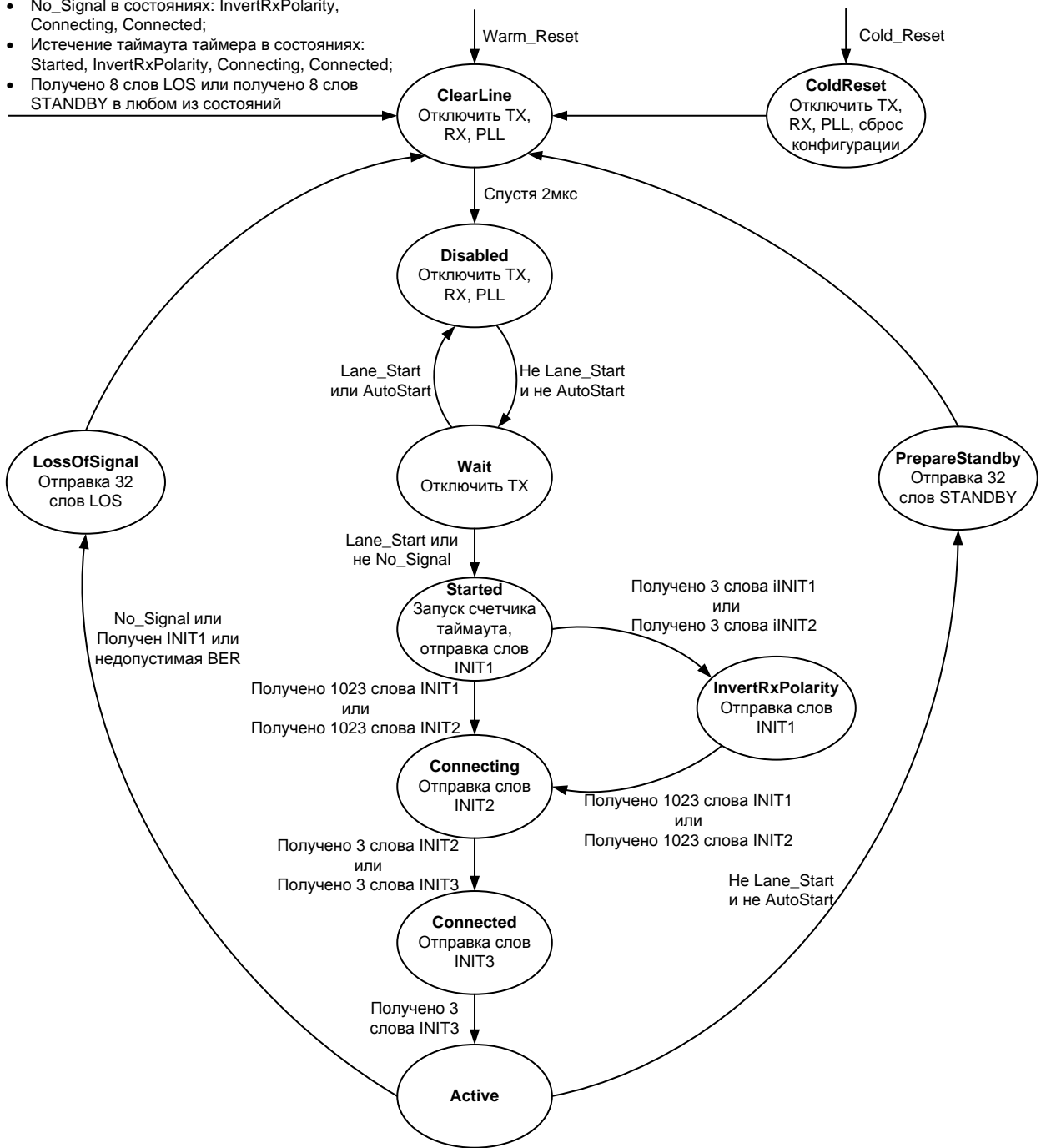
Данный раздел описывает уровень линии стандарта SpaceFibre.

5.7.1 Инициализация линии и управление режимом *standby*

- a) Машина состояний инициализации линии должна управлять инициализацией канала SpaceFibre заключающейся в установке соединения и обработке запросов управления режимом *standby*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Диаграмма машины состояний инициализации линии изображена на Рисунке 5-9.

- No_Signal в состояниях: InvertRxPolarity, Connecting, Connected;
- Истечение таймута таймера в состояниях: Started, InvertRxPolarity, Connecting, Connected;
- Получено 8 слов LOS или получено 8 слов STANDBY в любом из состояний



No_Signal означает, что на входе приемника отсутствует сигнал

Рисунок 5-9 Машина состояний инициализации линии

5.7.1.1 Счетчик RXERR

- a) Счетчик RXERR должен использоваться для мониторинга вероятности ошибки на бит (BER).
- b) В случае холодного или горячего сброса значение счетчика RXERR должно быть установлено в ноль.

5.7.1.2 Состояние ColdReset

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *ColdReset* в следующих случаях:
 1. Подача питания.
 2. Получение команды *ColdReset*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Команды передаются с помощью интерфейса управления сетью путем установки соответствующих битов управляющих регистров.

- b) В состоянии *ColdReset* машина состояний должна выполнять следующие действия:
 1. Сброс линии SpaceFibre.
 2. Сброс всех конфигурационных регистров линии.
 3. Установка флага холодного сброса (*Cold_Reset_Flag*).

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный флаг используется для указания на то, что повторная инициализация вызвана холодным сбросом.

- 4. Отключение передатчика, приемника и PLL.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данные действия выполняются уменьшения энергопотребления.
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *ColdReset* в следующих случаях:
 1. Безусловный переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *ColdReset* приведена в Таблица 5-28.

Таблица 5-28 Состояние <i>ColdReset</i>	
Состояние	<i>ColdReset</i>
Переход в состояние	Подача питания. Получение команды <i>ColdReset</i> .
Выполняемые действия	Сброс линии канала SpaceFibre. Сброс всех конфигурационных регистров линии. Отключение передатчика, приемника и PLL.
Переход из состояния	Безусловный переход в состояние <i>ClearLine</i> .

5.7.1.3 Состояние *ClearLine*

- а) Машина состояний должна переходить в состояние *ClearLine* в следующих случаях:
1. Безусловный переход из состояния *ColdReset*.
 2. Получение команды *WarmReset*.
 3. Переход из состояния *Started* при истечении таймера ожидания инициализации.
ПРИМЕЧАНИЕ: Таймер ожидания инициализации запускается в состоянии *Started* и останавливается в состоянии *Active*. Таймер срабатывает в случае, если инициализация не выполняется в течение 2 мс. Данный таймаут предоставляет достаточно времени на восстановление тактирующего сигнала на противоположной стороне канала, генерацию ответа, его получение и установление битовой синхронизации по принятому сигналу.
 4. Переход из состояния *InvertRxPolarity* в случае истечения таймера ожидания инициализации.
 5. Переход из состояния *Connecting* в случае истечения таймера ожидания инициализации.
 6. Переход из состояния *Connected* в случае истечения таймера ожидания инициализации.
 7. Переход из любого состояния в случае получения 8-ми управляющих слов *LOST_SIGNAL* подряд.
 8. Переход из любого состояния в случае получения 8-ми управляющих слов *STANDBY* подряд.
 9. Переход из состояния *InvertRxPolarity* в случае потери сигнала приемником.
 10. Переход из состояния *Connected* в случае потери сигнала приемником.
 11. Переход из состояния *Connecting* в случае потери сигнала приемником.
 12. Переход из состояния *PrepareStandby* после передачи 32-х управляющих слов *STANDBY*.
 13. Переход из состояния *LossOfSignal* после передачи 32-х управляющих слов *LOS*.
- б) В состоянии *ClearLine* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Установка таймера ожидания на 2 мкс.
 2. Отключение передатчика, приемника и PLL.
 3. Сброс конфигурационных регистров линии HE производится.
 4. Отключение инверсии принимаемых битов приемником уровня сериализации.
- в) Машина состояний должна совершать переход из состояния *ClearLine* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае истечения таймера ожидания (2 мкс) выполняется переход в состояние *Disabled*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данного времени более чем достаточно для распространения сигналов по оптоволоконному кабелю наибольшей допустимой длины (100 метров) до противоположного узла, их обработки и распространения сигналов обратно. В результате линии, составляющие канал, будут полностью сброшены на стороне канала, выполняющей инициализацию, а для линий на противоположной стороне канала будет выполнен, по крайней мере, горячий сброс.

d) Общая информация о состоянии *ClearLine* приведена в Таблица 5-29.

Таблица 5-29 Состояние <i>ClearLine</i>	
Состояние	<i>ClearLine</i>
Переход в состояние	<p>Безусловный переход из состояния <i>ColdReset</i>.</p> <p>Получение команды <i>WarmReset</i>.</p> <p>Переход из состояния <i>Started</i> при истечении таймера ожидания инициализации.</p> <p>Переход из состояния <i>InvertRxPolarity</i> в случае истечения таймера ожидания инициализации.</p> <p>Переход из состояния <i>Connecting</i> в случае истечения таймера ожидания инициализации.</p> <p>Переход из состояния <i>Connected</i> в случае истечения таймера ожидания инициализации.</p> <p>Переход из любого состояния в случае получения 8-ми управляющих слов <i>LOST_SIGNAL</i> подряд.</p> <p>Переход из любого состояния в случае получения 8-ми управляющих слов <i>STANDBY</i> подряд.</p> <p>Переход из состояния <i>InvertRxPolarity</i> в случае потери сигнала приемником.</p> <p>Переход из состояния <i>Connected</i> в случае потери сигнала приемником.</p> <p>Переход из состояния <i>Connecting</i> в случае потери сигнала приемником.</p> <p>Переход из состояния <i>PrepareStandby</i> после передачи 32-х управляющих слов <i>STANDBY</i>.</p> <p>Переход из состояния <i>LossOfSignal</i> после передачи 32-х управляющих слов <i>LOS</i>.</p>
Выполняемые действия	<p>Установка таймера ожидания на 2 мкс.</p> <p>Отключение передатчика, приемника и PLL.</p> <p>Сброс конфигурационных регистров линии НЕ производится.</p> <p>Отключение инверсии принимаемых битов приемником уровня сериализации.</p>

Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При истечении таймера ожидания (2 мкс) переход в состояние <i>Disabled</i> .
----------------------	--

5.7.1.4 Состояние *Disabled*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *Disabled* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *ClearLine* после истечения таймера ожидания (2 мкс).
- b) В состоянии *Disabled* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Отключение передатчика, приемника и PLL.
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Disabled* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае установления флагов Lane_Start или AutoStart выполняется переход в состояние *Wait*.
 4. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *Disabled* приведена в Таблица 5-30.

Таблица 5-30 Состояние <i>Disabled</i>	
Состояние	<i>Disabled</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>ClearLine</i> после истечения таймера ожидания (2 мкс)
Выполняемые действия	Отключение передатчика, приемника и PLL
Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i> . При установлении флагов Lane_Start или AutoStart переход в состояние <i>Wait</i> . При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i> .

5.7.1.5 Состояние *Wait*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *Wait* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Disabled* в случае установления флагов Lane_Start или AutoStart.

- b) В состоянии *Wait* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Отключение передатчика, PLL.
 2. Включение приемника.
 3. Получение управляющих слов уровня линии (LLCW).
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Wait* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае сброса флагов Lane_Start и AutoStart выполняется переход в состояние *Disabled*.
 4. В случае установки флага Lane_Start и сброса флага No_Signal выполняется переход в состояние *Started*.
 5. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *Wait* приведена в Таблица 5-31.

Таблица 5-31 Состояние <i>Wait</i>	
Состояние	<i>Wait</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>Disabled</i> в случае установления флагов Lane_Start или AutoStart.
Выполняемые действия	Отключение передатчика и PLL. Включение приемника. Получение управляющих слов уровня линии (LLCW).
Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i> . При сбросе флагов Lane_Start и AutoStart переход в состояние <i>Disabled</i> . При установлении флага Lane_Start и сбросе флага No_Signal переход в состояние <i>Started</i> . При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i> .

5.7.1.6 Состояние *Started*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *Started* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Wait* в случае установки флага Lane_Start или сброса флага No_Signal.

- b) В состоянии *Started* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Запуск таймера ожидания инициализации (2 мс).
 ПРИМЕЧАНИЕ: Данный таймаут предоставляет достаточно времени для установления битовой синхронизации на противоположной стороне канала, генерации ответа и передачи его обратно.
 2. Включение передатчика, приемника и PLL.
 3. Отправка управляющих слов INIT1.
 4. Получение управляющих слов уровня линии (LLCW).
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Started* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *Connecting*.
 4. В случае получения 3-х инвертированных управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *InvertRxPolarity*.
 5. В случае истечения таймера ожидания инициализации выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 6. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *Started* приведена в Таблица 5-32.

Таблица 5-32 Состояние <i>Started</i>	
Состояние	<i>Started</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>Wait</i> в случае установления флага Lane_Start и сброса флага No_Signal.
Выполняемые действия	Запуск таймера ожидания инициализации (2 мс). Включение передатчика, приемника и PLL. Отправка управляющих слов INIT1. Получение управляющих слов уровня линии (LLCW).
Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i> . При получении 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>Connecting</i> . При получении 3-х инвертированных управляющих слов

	<p>INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>InvertRxPolarity</i>.</p> <p>При истечении таймера ожидания инициализации переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p>
--	--

5.7.1.7 Состояние *InvertRxPolarity*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *InvertRxPolarity* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Started* в случае получения 3-х инвертированных управляющих слов INIT1, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.
 2. Переход из состояния *Started* в случае получения 3-х инвертированных управляющих слов INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.
- b) В состоянии *InvertRxPolarity* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Включение передатчика и PLL.
 2. Включение битовой инверсии на приемнике.
 3. Прием управляющих слов уровня линии (LLCW).
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *InvertRxPolarity* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае отсутствия сигнала на приемнике выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 4. В случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *Connecting*.
 5. В случае истечения таймера ожидания инициализации выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 6. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *InvertRxPolarity* приведена в Таблица 5-33.

Таблица 5-33 Состояние <i>InvertRxPolarity</i>	
Состояние	<i>InvertRxPolarity</i>
Переход в состояние	<p>Переход из состояния <i>Started</i> в случае получения 3-х инвертированных управляющих слов INIT1, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p> <p>Переход из состояния <i>Started</i> в случае получения 3-х инвертированных управляющих слов INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p>
Выполняемые действия	<p>Включение передатчика и PLL.</p> <p>Включение битовой инверсии на приемнике.</p> <p>Прием управляющих уровня линии (LLCW).</p>
Переход из состояния	<p>При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i>.</p> <p>При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При отсутствии сигнала на приемнике переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>Connecting</i>.</p> <p>При истечении таймера ожидания инициализации переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p>

5.7.1.8 Состояние *Connecting*

- а) Машина состояний должна переходить в состояние *Connecting* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Started* в случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.
 2. Переход из состояния *InvertRxPolarity* в случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.
- б) В состоянии *Connecting* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Включение передатчика, приемника и PLL.
 2. Отправка управляющих слов INIT2.
 3. Прием управляющих слов уровня линии (LLCW).
- в) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Connecting* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.

2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае потери сигнала приемником выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 4. В случае получения 3-х управляющих слов INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *Connected*.
 5. В случае получения 3-х управляющих слов INIT3 с одинаковыми параметрами инициализации и не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *Connected*.
 6. В случае истечения таймера ожидания инициализации выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 7. В случае получения 8-ми управляющих слов LOSL подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *Connecting* приведена в Таблица 5-34.

Таблица 5-34 Состояние <i>Connecting</i>	
Состояние	<i>Connecting</i>
Переход в состояние	<p>Переход из состояния <i>Started</i> в случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p> <p>Переход из состояния <i>InvertRxPolarity</i> в случае получения 1023-х управляющих слов INIT1 или INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p>
Выполняемые действия	<p>Включение передатчика, приемника и PLL.</p> <p>Отправка управляющих слов INIT2.</p> <p>Прием управляющих слов уровня линии (LLCW).</p>
Переход из состояния	<p>При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i>.</p> <p>При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При потере сигнала приемником переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 3-х управляющих слов INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>Connected</i>.</p> <p>При получении 3-х управляющих слов INIT3 с одинаковыми параметрами инициализации, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>Connected</i>.</p> <p>При истечении таймера ожидания инициализации переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p>

5.7.1.9 Состояние *Connected*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *Connected* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Connecting* после получения 3-х управляющих слов INIT2.
 2. Переход из состояния *Connecting* после получения 3-х управляющих слов INIT3 с одинаковыми параметрами инициализации.
- b) В состоянии *Connected* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Включение передатчика и PLL, включение приемника.
 2. Отправка управляющих слов INIT3. Параметры инициализации задаются в старшем байте и определены следующим образом:
 - (a) Бит 0. Флаг Remote_Flush.
 - (b) Бит 1. Флаг Lane_Start.
 - (c) Бит 2. Флаг Data_Scrambled.
 - (d) Биты 3-7. Зарезервированные биты, устанавливаемые в ноль при передаче и игнорируемые при приеме.
 3. Прием управляющих слов уровня линии (LLCW).
 4. Хранение параметров инициализации полученных из управляющих слов INIT3.
 5. Сброс флага холодного сброса при выходе из состояния.
ПРИМЕЧАНИЕ: Данный флаг указывает, что повторная инициализация была вызвана холодным сбросом.
 6. При переходе из данного состояния применить изменения регистра инициализации:
 - (a) Установить флаг Remote_Flush, в случае, если Remote_Flush_Flag установлен и Cold_Reset_Flag сброшен.
 - (b) Передача значения Lane_Start на уровень управления.
 - (c) Передача значения Data_Scrambled на уровень качества сервиса.
 7. Установка счетчика RXERR в ноль.
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Connected* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае потери сигнала приемником выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 4. В случае приема 3-х управляющих слов INIT3 подряд с одинаковыми параметрами инициализации, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, выполняется переход в состояние *Active*.
 5. В случае истечения таймера ожидания инициализации выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 6. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих

слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.

d) Общая информация о состоянии *Connected* приведена в Таблица 5-35.

Таблица 5-35 Состояние <i>Connected</i>	
Состояние	<i>Connected</i>
Переход в состояние	<p>Переход из состояния <i>Connecting</i> после получения 3-х управляющих слов INIT2, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p> <p>Переход из состояния <i>Connecting</i> после получения 3-х управляющих слов INIT3 с одинаковыми параметрами инициализации, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.</p>
Выполняемые действия	<p>Включение передатчика и PLL, включение приемника.</p> <p>Отправка управляющих слов INIT3.</p> <p>Прием управляющих слов уровня линии (LLCW).</p> <p>Хранение параметров инициализации, полученных из управляющих слов INIT3, в регистре инициализации и применение новой конфигурации при необходимости.</p> <p>Сброс флага холодного сброса при выходе из состояния.</p> <p>При переходе из данного состояние применить изменения регистра инициализации.</p> <p>Установка счетчика RXERR в ноль.</p>
Переход из состояния	<p>При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i>.</p> <p>При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При потере сигнала приемником переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При приеме 3-х управляющих слов INIT3 подряд с одинаковыми параметрами инициализации и, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR, переход в состояние <i>Active</i>.</p> <p>При истечении таймера ожидания инициализации переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p>

5.7.1.10 Состояние *Active*

a) Машина состояний должна переходить в состояние *Active* в следующих случаях:

1. Переход из состояния *Connected* в случае получения 3-х управляющих слов INIT3 подряд с одинаковыми параметрами инициализации, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.

ПРИМЕЧАНИЕ: Машина состояний должна переходить в состояние *Active* после завершения инициализации.

- b) В состоянии *Active* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Остановка таймера ожидания инициализации.
 2. Включение передатчика и PLL, включение приемника.
 3. Передача управляющих слов и слов данных, полученных от уровня управления линиями или уровня качества сервиса.
 4. Передача принятых управляющих слов и слов данных на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.
 5. Увеличение счетчика управляющих слов RXERR в случае приема RXERR.
 6. Уменьшение счетчика управляющих слов RXERR на единицу каждый раз после приема 16384 слов.
 7. Управляющие слова уровня линии (см. Таблица 5-7) не должны передаваться на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.

ПРИМЕЧАНИЕ: Слова LLCW используются при работе машины состояний инициализации линии и не должны передаваться на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.

- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *Connected* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае потери сигнала приемником выполняется переход в состояние *LossOfSignal*.
 4. В случае, когда значение счетчика управляющих слов RXERR превышает 255, выполняется переход в состояние *LossOfSignal*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Если счетчик управляющих слов RXERR превышает 255, то вероятность ошибки на бит в линии велика. В этом случае требуется повторная инициализация линии для ее корректной работы.

5. В случае получения управляющего слова INIT1 выполняется переход в состояние *LossOfSignal*.
 6. В случае сброса флагов Lane_Start и Auto_Start выполняется переход в состояние *PrepareStandby*.
 7. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *Active* приведена в Таблица 5-36.

Таблица 5-36 Состояние <i>Active</i>	
Состояние	<i>Active</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>Connected</i> в случае получения 3-х управляющих слов INIT3 подряд с одинаковыми параметрами инициализации, не чередующихся с получением управляющих слов RXERR.
Выполняемые действия	<p>Остановка таймера ожидания инициализации.</p> <p>Включение передатчика и PLL, включение приемника.</p> <p>Передача управляющих слов и слов данных, полученных от уровня управления линиями или уровня качества сервиса.</p> <p>Передача принятых управляющих слов и слов данных на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.</p> <p>Увеличение счетчика управляющих слов RXERR в случае приема RXERR.</p> <p>Уменьшение счетчика управляющих слов RXERR на единицу при приеме 16384 слов.</p> <p>Управляющие слова уровня линии (см. Таблица 5-7) не должны передаваться на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.</p>
Переход из состояния	<p>При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i>.</p> <p>При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p> <p>При потере сигнала приемником переход в состояние <i>LossOfSignal</i>.</p> <p>В случае, когда значение счетчика управляющих слов RXERR превышает 255, выполняется переход в состояние <i>LossOfSignal</i>.</p> <p>В случае получения управляющего слова INIT1 выполняется переход в состояние <i>LossOfSignal</i>.</p> <p>При сбросе флагов Lane_Start и Auto_Start переход в состояние <i>PrepareStandby</i>.</p> <p>При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i>.</p>

5.7.1.11 Состояние *PrepareStandby*

- а) Машина состояний должна переходить в состояние *PrepareStandby* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Active* в случае сброса флагов Lane_Start и AutoStart.
- б) В состоянии *PrepareStandby* машина состояний должна выполнять следующие действия:

1. Отправка 32-х управляющих слов STANDBY.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данного количества слов достаточно для того, чтобы первое управляющее слово STANDBY было передано по каналу, обработано в приемнике и извлечено из эластичного буфера на противоположной стороне линии, до того момента как будет обнаружена потеря сигнала приемником, вызванная переходом в состояние *ClearLine* линии, перешедшей в режим standby.

- с) Машина состояний должна совершать переход из состояния *PrepareStandby* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае отправки 32-х управляющих слов STANDBY выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 4. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *PrepareStandby* приведена в Таблица 5-37.

Таблица 5-37 Состояние <i>PrepareStandby</i>	
Состояние	<i>PrepareStandby</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>Active</i> в случае сброса флагов <i>Lane_Start</i> и <i>AutoStart</i> .
Выполняемые действия	Отправка 32-х управляющих слов STANDBY.
Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i> . При отправке 32-х управляющих слов STANDBY переход в состояние <i>ClearLine</i> . При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i> .

5.7.1.12 Состояние *LossOfSignal*

- a) Машина состояний должна переходить в состояние *LossOfSignal* в следующих случаях:
1. Переход из состояния *Active* в случае отсутствия сигнала на входах приемника.
 2. Переход из состояния *Active* в случае переполнения счетчика управляющих слов RXERR.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данный счетчик увеличивается каждый раз при приеме управляющего слова RXERR и периодически уменьшается

(счетчик, работающий по принципу «дырявого ведра»). Переполнение счетчика вызывает переход из состояния *Active* и уведомление о возникновении устойчивой ошибки.

- b) В состоянии *LossOfSignal* машина состояний должна выполнять следующие действия:
1. Отправка 32-х управляющих слов LOS.
 2. Передача как минимум одного слова (RXERR) на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.
- c) Машина состояний должна совершать переход из состояния *LossOfSignal* в следующих случаях, обрабатываемых в приведенном порядке:
1. В случае возникновения события холодного сброса выполняется переход в состояние *ColdReset*.
 2. В случае возникновения события горячего сброса выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 3. В случае отправки 32-х управляющих слов LOS выполняется переход в состояние *ClearLine*.
 4. В случае получения 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд выполняется переход в состояние *ClearLine*.
- d) Общая информация о состоянии *LossOfSignal* приведена в Таблица 5-38.

Таблица 5-38 Состояние <i>LossOfSignal</i>	
Состояние	<i>LossOfSignal</i>
Переход в состояние	Переход из состояния <i>Active</i> в случае отсутствия сигнала на входах приемника. Переход из состояния <i>Active</i> в случае переполнения счетчика управляющих слов RXERR.
Выполняемые действия	Отправка 32-х управляющих слов LOS. Передача как минимум одного слова (RXERR) на уровень управления линиями или уровень качества сервиса.
Переход из состояния	При холодном сбросе переход в состояние <i>ColdReset</i> . При горячем сбросе переход в состояние <i>ClearLine</i> . При отправке 32-х управляющих слов LOS переход в состояние <i>ClearLine</i> . При получении 8-ми управляющих слов LOS подряд или 8-ми управляющих слов STANDBY подряд переход в состояние <i>ClearLine</i> .

5.7.2 Регулировка скорости передачи данных

- a) Передатчики на каждой стороне линии должны отправлять данные с одинаковой номинальной скоростью.
- b) Максимальная допустимая разница в скоростях передачи данных при условии, что

каждая из сторон передает данные с одинаковой скоростью (например, 2 Гбит/с), составляет 0.01%.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данная разница в скоростях может появляться в результате разницы локальных частот тактирующего сигнала на противоположных сторонах линии.

- c) На приемной стороне должен использоваться эластичный буфер для компенсации разницы в скоростях передачи данных на разных сторонах линии.
- d) Управляющие слова SKIP должны регулярно вставляться в передаваемый поток данных.

ПРИМЕЧАНИЕ: Принимаемый SKIP может быть инвертирован, таким образом, будет сформировано инвертированное управляющее слово SKIP.

- e) Управляющее слово SKIP должно отправляться через каждые 5000 слов.
- f) В случае, когда управляющее слово SKIP или инвертированное управляющее слово SKIP считывается из эластичного буфера, более чем наполовину заполненного, данное слово должно быть удалено из эластичного буфера. При этом из буфера должны быть извлечены следующие слова.
- g) В случае, когда управляющее слово SKIP или инвертированное управляющее слово SKIP считывается из эластичного буфера, менее чем наполовину заполненного, данное слово должно быть оставлено в эластичном буфере. SKIP будет считан из эластичного буфера повторно на следующем такте.
- h) Каждое управляющее слово SKIP или инвертированное управляющее слово SKIP может быть считано из эластичного буфера максимум два раза. После второго считывания SKIP должен быть удален из эластичного буфера.

5.7.3 Управляющие слова IDLE

- a) В случае отсутствия слов данных или управляющих слов для передачи должны отправляться управляющие слова IDLE.

ПРИМЕЧАНИЕ: Это необходимо для того, чтобы в передаваемом потоке данных не возникало интервалов с отсутствием сигнала, так как PLL на приемной стороне должен поддерживать битовую синхронизацию по входному потоку данных.

- b) В случае приема управляющих слов IDLE и инвертированных управляющих слов IDLE они должны быть отброшены после считывания из эластичного буфера.

ПРИМЕЧАНИЕ: Несмотря на то, что отправляются только управляющие слова IDLE, они могут быть инвертированы на приемной стороне.

5.7.4 Параллельная обратная связь

- a) Возможность организации параллельной обратной связи должна быть обеспечена в SpaceFibre CODEC для тестовых целей.

ПРИМЕЧАНИЕ: Данная возможность является опциональной.

- b) В случае использования параллельной обратной связи поток слов от передатчика

уровня линии должен передаваться непосредственно на приемник уровня линии.

ПРИМЕЧАНИЕ: Таким образом, выход передатчика уровня линии должен быть соединен с входом приемника уровня линии.

5.7.5 8B/10B кодирование и декодирование

- a) SpaceFibre CODEC использует 8b/10b кодирование, которое преобразует каждый передаваемый 8-битный символ данных или управляющий код в 10-битный.

ПРИМЕЧАНИЕ: Пример 8b/10b кодирования приведен в пункте 6.2.

- b) Чтобы гарантировать DC баланс передаваемого сигнала необходимо вести подсчет текущей разности паритета в передатчике.
- c) Если текущая разность паритета при кодировании 8-битного символа или управляющего кода положительна, для этого символа или управляющего кода должен быть использован кодовый символ с отрицательной разностью паритета.
- d) Если текущая разность паритета при кодировании 8-битного символа или управляющего кода положительна, и отсутствует кодовый символ для этого символа или управляющего кода, который имеет отрицательную разность паритета, должен быть использован кодовый символ с нейтральной разностью паритета.
- e) Если текущая разность паритета при кодировании 8-битного символа или управляющего кода отрицательна, для этого символа или управляющего кода должен быть использован кодовый символ с положительной разностью паритета.
- f) Если текущая разность паритета при кодировании 8-битного символа или управляющего кода отрицательна, и отсутствует кодовый символ для этого символа или управляющего кода, который имеет положительную разность паритета, должен быть использован кодовый символ с нейтральной разностью паритета.
- g) Чтобы фиксировать ошибки разности паритета необходимо вести подсчет текущей разности паритета в приемнике.
- h) Если текущая разность паритета больше, чем +1, или меньше, чем -1, это означает ошибку разности паритета.
- i) Если возникает ошибка разности паритета, об этом сообщается машине состояний синхронизации на приемной стороне, и текущий символ устанавливается в K0.0.
- j) Полученный символ должен быть декодирован в 8-битный символ данных или управляющий код, используя таблицу 8b/10b символов.
- k) Если принят нераспознаваемый символ, это означает ошибку символа, о которой сообщается машине состояний синхронизации на приемной стороне и текущий символ устанавливается в K0.0.
- l) 8b/10b кодирование для последних значащих 5-ти бит должно осуществляться в соответствии с Таблица 5-39, а для старших значащих 3-х бит – в соответствии с Таблица 5-40.

Таблица 5-39 5В/6В кодирование			
Вход		Выход	
Данные на входе	Биты данных 43210 (EDCBA)	Текущая разность паритета (-) abcdei	Текущая разность паритета (+) abcdei
D00.y	00000	100111	011000
D01.y	00001	011101	100010
D02.y	00010	101101	010010
D03.y	00011	110001	
D04.y	00100	110101	001010
D05.y	00101	101001	
D06.y	00110	011001	
D07.y	00111	111000	000111
D08.y	01000	111001	000110
D09.y	01001	100101	
D10.y	01010	010101	
D11.y	01011	110100	
D12.y	01100	001101	
D13.y	01101	101100	
D14.y	01110	011100	
D15.y	01111	010111	101000
D16.y	10000	011011	100100
D17.y	10001	100011	
D18.y	10010	010011	
D19.y	10011	110010	
D20.y	10100	001011	
D21.y	10101	101010	
D22.y	10110	011010	
D/K23.y	10111	111010	000101
D24.y	11000	110011	001100
D25.y	11001	100110	
D26.y	11010	010110	
D/K27.y	11011	110110	001001
D28.y	11100	001110	
K28.y	11100	001111	110000
D/K29.y	11101	101110	010001
D/K30.y	11110	011110	100001
D31.y	11111	101011	010100

Таблица 5-40 3В/4В кодирование			
Вход		Выход	
Данные на входе	Биты данных 765 (HGF)	5В/6В разность паритета (-) fghj	5В/6В разность паритета (+) fghj
D/Kxx.0	000	1011	0100
Dxx.1	001	1001	
Kxx.1	001	0110	1001
Dxx.2	010	0101	
Kxx.2	010	1010	0101
D/Kxx.3	011	1100	0011
D/Kxx.4	100	1101	0010
Dxx.5	101	1010	
Kxx.5	101	0101	1010
Dxx.6	110	0110	
Kxx.6	110	1001	0110
Dxx.7	111	1110/0111	0001/1000
Kxx.7	111	0111	1000

5.7.6 Символьное выравнивание

- Граница между символами определяется по наличию уникальных СОММА-последовательностей.
- 7 бит положительной СОММА последовательности 0011111.
- 7 бит отрицательной СОММА последовательности 1100000.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для символьного выравнивания используется 7 бит символа СОММА.

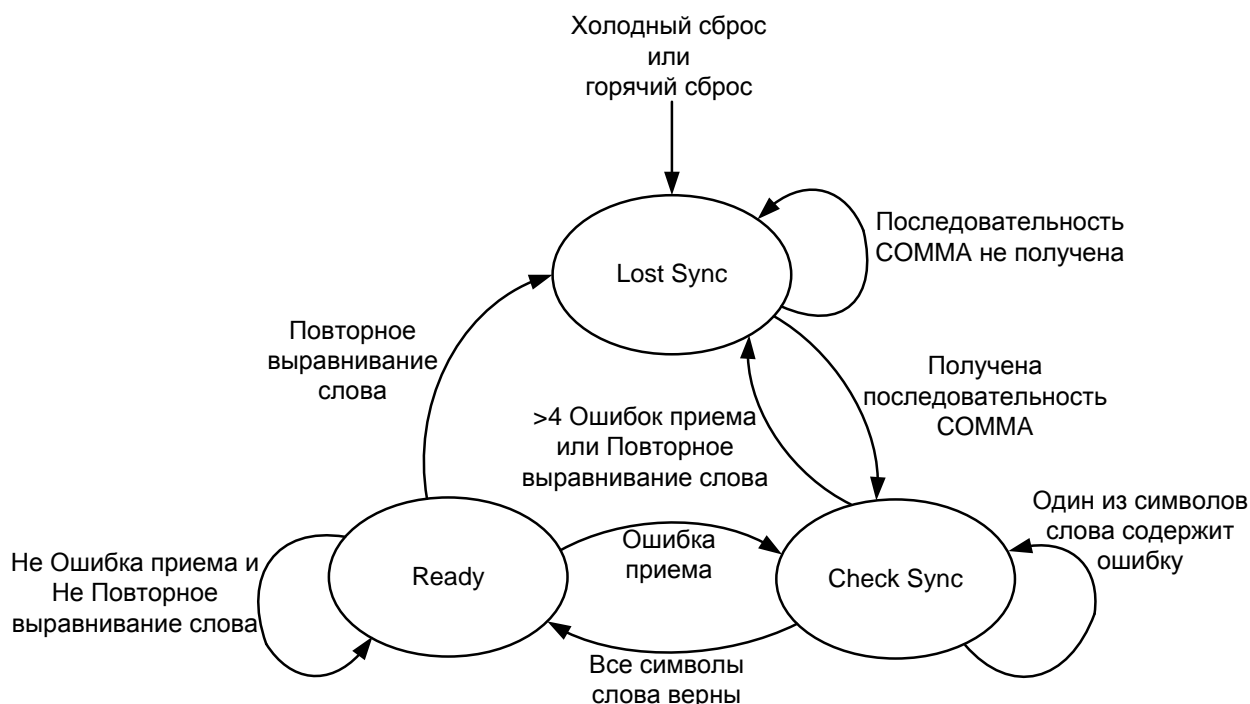
- И положительный, и отрицательный символ СОММА должны распознаваться и использоваться для символьного выравнивания.
- Выравнивание может выполняться как только по положительной СОММА последовательности, так и только по отрицательной, когда используются устройства SerDes предыдущих поколений.
- 10-битный входной поток данных должен быть выровнен (или повторно выровнен) для формирования потока корректно выровненных символов, таким образом, что каждая группа из 10 бит составляет один полный символ.
- 10-битный входной поток данных должен быть повторно выровнен всякий раз, когда обнаружена СОММА на позиции, отличающейся от позиции последнего обнаруженного символа СОММА.
- Когда используется приемник 8b/10b, имеющий 20-битный или 40-битный интерфейс,

повторное выравнивание может возникнуть на первом символе СОММА в слове. То есть когда обнаружены два или более символа СОММА в 20-битном или 40-битном слове, для символического выравнивания используется символ СОММА, находящийся в позиции, имеющей младший значащий бит.

5.7.7 Машина состояний синхронизации на приемной стороне

- а) Машина состояний синхронизации на приемной стороне определяет, когда входящие символы выровнены надлежащим образом.

ПРИМЕЧАНИЕ: Машина состояний синхронизации на приемной стороне показана на Рисунок 5-10.



Ошибка приема = ошибка паритета или ошибочный символ;
Повторное выравнивание слова = потеряна синхронизация по словам (например, символ СОММА находится не на позиции младшего значащего байта).

Рисунок 5-10 Машина состояний синхронизации на приемной стороне

5.7.7.1 Состояние *LostSync*

- а) Переход в состояние *LostSync* осуществляется в следующих случаях:
1. Получение команды ColdReset.
 2. Получение команды WarmReset.
 3. Из состояния *CheckSync*, когда происходит повторное выравнивание или когда получены четыре или более некорректных символов или символов, содержащих ошибку паритета.
 4. Из состояния *Ready*, когда происходит повторное выравнивание.
- б) В состоянии *LostSync* машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выполнять следующие действия:

1. Заменять любые полученные слова данных или управляющие слова управляющими словами RXERR.
- с) Машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выйти из состояния *LostSync* в следующих случаях:
1. При получении последовательности COMMA осуществляется переход в состояние *CheckSync*.
- d) Общая информация о состоянии *LostSync* приведена в Таблица 5-41.

Таблица 5-41 Состояние <i>LostSync</i>	
Состояние	<i>LostSync</i>
Переход в состояние	<p>При получении команды ColdReset.</p> <p>При получении команды WarmReset.</p> <p>Из состояния <i>CheckSync</i>, когда происходит повторное выравнивание или когда получены четыре или более некорректных символов или символов, содержащих ошибку паритета.</p> <p>Из состояния <i>Ready</i>, когда происходит повторное выравнивание</p>
Выполняемые действия	Заменить любые полученные слова данных или управляющие слова управляющими словами RXERR.
Переход из состояния	При получении символа COMMA осуществляется переход в состояние <i>CheckSync</i> .

5.7.7.2 Состояние *CheckSync*

- a) Переход в состояние *CheckSync* осуществляется в следующих случаях:
1. Из состояния *LostSync* при получении символа COMMA.
 2. Из состояния *Ready* при обнаружении ошибки разности паритетов или обнаружении ошибочного символа.
- b) В состоянии *CheckSync* машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выполнять следующие действия:
1. В случае если принятое слово содержит ошибочный символ или ошибку разности паритетов, то это слово должно быть заменено на управляющее слово RXERR.
 2. Вести подсчет полученных ошибочных символов или символов, содержащих ошибку разности паритетов.
- с) Машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выйти из состояния *CheckSync* в следующих случаях, обрабатываемых в следующем порядке:
1. При выставлении сигнала ColdReset перейти в состояние *LostSync*.
 2. При выставлении сигнала WarmReset перейти в состояние *CheckSync*.
 3. При повторном выравнивании слов перейти в состояние *LostSync*.
 4. Когда получено четыре или более символов, которые некорректны или содержат

ошибку разности паритета, перейти в состояние *LostSync*.

ПРИМЕЧАНИЕ: Эти четыре некорректных или ошибочных символа могут идти не подряд, т.е. между ними могут идти корректные символы.

5. Когда все символы слова корректны, перейти в состояние *Ready*.

d) Общая информация о состоянии *CheckSync* приведена в Таблица 5-42.

Таблица 5-42 Состояние <i>CheckSync</i>	
Состояние	<i>CheckSync</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>LostSync</i> при получении символа COMMA. Из состояния <i>Ready</i> при обнаружении ошибки разности паритета или обнаружении ошибочного символа.
Выполняемые действия	В случае если принятое слово содержит ошибочный символ или ошибку разности паритетов, то это слово должно быть заменено на управляющее слово RXERR. Вести подсчет полученных ошибочных символов или символов, содержащих ошибку разности паритета.
Переход из состояния	При выставлении сигнала ColdReset перейти в состояние <i>LostSync</i> . При выставлении сигнала WarmReset перейти в состояние <i>CheckSync</i> . При повторном выравнивании слов перейти в состояние <i>LostSync</i> . Когда получено четыре или более символов, которые некорректны или содержат ошибку разности паритета, перейти в состояние <i>LostSync</i> . Когда все символы слова корректны, перейти в состояние <i>Ready</i> .

5.7.7.3 Состояние *Ready*

a) Переход в состояние *Ready* осуществляется в следующих случаях:

1. Из состояния *CheckSync* в случае, если символы в принятом слове корректны.

b) В состоянии *Ready* машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выполнять следующие действия:

1. Прием символов.

c) Машина состояний синхронизации на приемной стороне должна выйти из состояния *Ready* в следующих случаях (в указанной последовательности):

1. При выставлении сигнала ColdReset перейти в состояние *LostSync*.

2. При выставлении сигнала WarmReset перейти в состояние *CheckSync*.

3. При обнаружении ошибки разности паритетов или получении некорректного символа перейти в состояние *CheckSync*.

4. При повторном выравнивании слов перейти в состояние *LostSync*.
- d) Общая информация о состоянии *Ready* приведена в Таблица 5-43.

Таблица 5-43 Состояние <i>Ready</i>	
Состояние	<i>Ready</i>
Переход в состояние	Из состояния <i>CheckSync</i> в случае, если символы в принятом слове корректны.
Выполняемые действия	Прием символов.
Переход из состояния	<p>При выставлении сигнала <i>ColdReset</i> перейти в состояние <i>LostSync</i>.</p> <p>При выставлении сигнала <i>WarmReset</i> перейти в состояние <i>CheckSync</i>.</p> <p>При обнаружении ошибки разности паритетов или получении некорректного символа перейти в состояние <i>CheckSync</i>.</p> <p>При повторном выравнивании слов перейти в состояние <i>LostSync</i>.</p>

5.7.8 Синхронизация по словам

- a) Одно слово должно состоять из 4-х символов.
- b) Первым передается младший значащий символ слова.
- c) Символ СОММА должен находиться только на позиции младшего значащего символа слова.
- d) Синхронизация по словам должна выполняться каждый раз, как получен символ СОММА.
- e) Синхронизация по словам должна выполняться посредством составления последовательно идущих символов в группы по 4, таким образом, чтобы символ СОММА находился на позиции младшего значащего символа.
- f) Во время синхронизации по словам первое слово должно включать символ СОММА, находящийся на позиции младшего значащего символа, и идущие за ним три символа.
- g) Каждая последующая группа из четырех символов должна формировать кодовое слово.
- h) Повторное выравнивание по словам выполняется, в случае когда символ СОММА обнаруживается на любой позиции, не соответствующей позиции младшего значащего символа слова.
- i) Если слово содержит символы K0.0, указывающие на ошибку, то текущее и предыдущее слова должны быть заменены управляющим словом RXERR.

ПРИМЕЧАНИЕ: Ошибка разности паритета будет обнаружена в следующем символе, имеющем разность паритета +/- 1. Все управляющие слова имеют не нейтральную разность паритета, за исключением слова EDF. Это означает, что фреймы данных, содержащие ошибку, не

будут передаваться на вышележащие уровни без установления флага об ошибке.

5.8 Физический уровень

В данном разделе описывается физический уровень стандарта SpaceFibre.

5.8.1 Последовательный интерфейс

- a) Последовательный интерфейс должен отправлять и принимать данные в SpaceFibre CODEC.
- b) Последовательный интерфейс должен состоять из последовательного выхода передатчика и последовательного входа приемника.

5.8.1.1 Последовательный выход передатчика

Последовательный выход передатчика работает с сигналами, описанными в Таблица 5-44.

Таблица 5-44 Последовательный интерфейс передатчика	
Сигнал	Назначение
Txp	Положительная составляющая дифференциального последовательного выхода передатчика.
Txn	Отрицательная составляющая дифференциального последовательного выхода передатчика.

5.8.1.2 Последовательный вход приемника

Последовательный вход приемника работает с сигналами, описанными в Таблица 5-45.

Таблица 5-45 Последовательный интерфейс приемника	
Сигнал	Назначение
Rxp	Положительная составляющая дифференциального последовательного входа приемника.
Rxn	Отрицательная составляющая дифференциального последовательного входа приемника.

5.8.2 Сериализация

5.8.2.1 Битовая синхронизация

- a) Тактирующий сигнал приемника, использующийся для разбиения потока бит на части, должен генерироваться схемой восстановления тактирующего сигнала, которая согласовывает прием входного потока бит с фазой локального тактирующего сигнала

приемника.

- b) Разбиение потока на части должно быть близко (+/- 20% TBC) к среднему значению битового интервала.
- c) Схема восстановления времени сообщает в регистр статуса, когда достигнута битовая синхронизация.

ПРИМЕЧАНИЕ: Только для получения данных о статусе.

5.8.2.2 *Сериализация / десериализация*

- a) 10-битные кодовые символы должны передаваться по физической среде последовательно.
- b) Блок сериализации в передатчике используется для преобразования каждого параллельно идущего 10-битного кодового символа в последовательный поток бит, в котором биты символа отправляются один за другим.

ПРИМЕЧАНИЕ: В блок сериализации параллельно могут приходиться один, два или четыре символа³.

- c) Младший значащий бит 10-битного кодового символа передается первым.
- d) На стороне приемника входящий поток бит в блоке десериализации преобразуется в 10-битный кодовый символ. Поток бит разбивается посредством тактирующего сигнала на приемнике.

ПРИМЕЧАНИЕ: Блок десериализации не обязательно должен осуществлять разбиение на 10-битные кодовые символы, поскольку границы символа блоку десериализации не известны.

5.8.2.3 *Инверсия*

Полученные символы должны быть поразрядно инвертированы по запросу от машины состояний инициализации линии.

5.8.2.4 *Последовательная обратная связь*

- a) Функция последовательной обратной связи предоставляется в SpaceFibre CODEC в целях тестирования.
- b) Последовательная обратная связь завязывает выходной поток бит блока сериализации передатчика на последовательный вход блока десериализации приемника.
- c) Последовательная обратная связь завязывает входной поток бит приемника напрямую на выход передатчика.

³ В зависимости от реализации (*примечание редактора перевода*)

5.8.3 Среда передачи электрических сигналов SpaceFibre

5.8.3.1 Приемник и передатчик электрических сигналов SpaceFibre

- а) Приемник и передатчик SpaceFibre для работы по медным проводам используют логические схемы с переключателями тока (CML) или совместимые с ними аналоги.

ПРИМЕЧАНИЕ: Передаваемый сигнал представлен на Рисунок 5-11

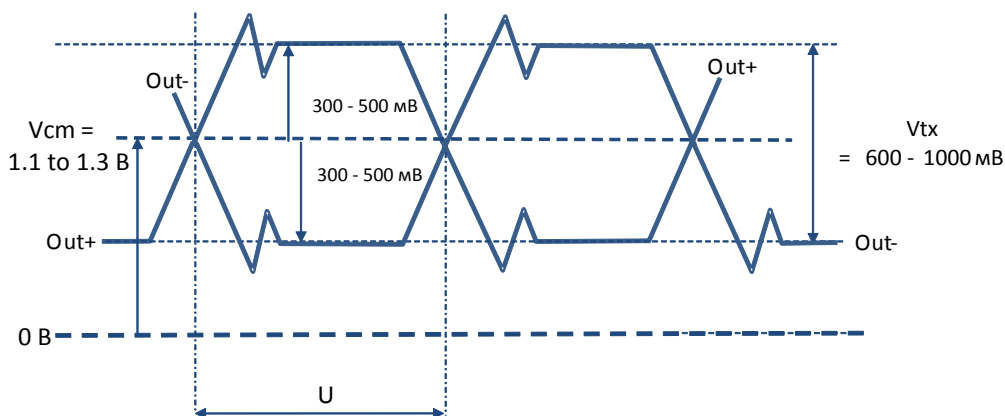


Рисунок 5-11 Сигналы передатчика

ПРИМЕЧАНИЕ: Точные значения будут согласованы позже (ТВС).

5.8.3.1.1 Передающий сигнал

- а) В случае, когда на конце цепи установлена пара резисторов, сопротивлением 50 ± 1 Ом (Рисунок 5-12), глазковая диаграмма выхода передатчика должна соответствовать глазковой диаграмме, показанной на Рисунок 5-13.

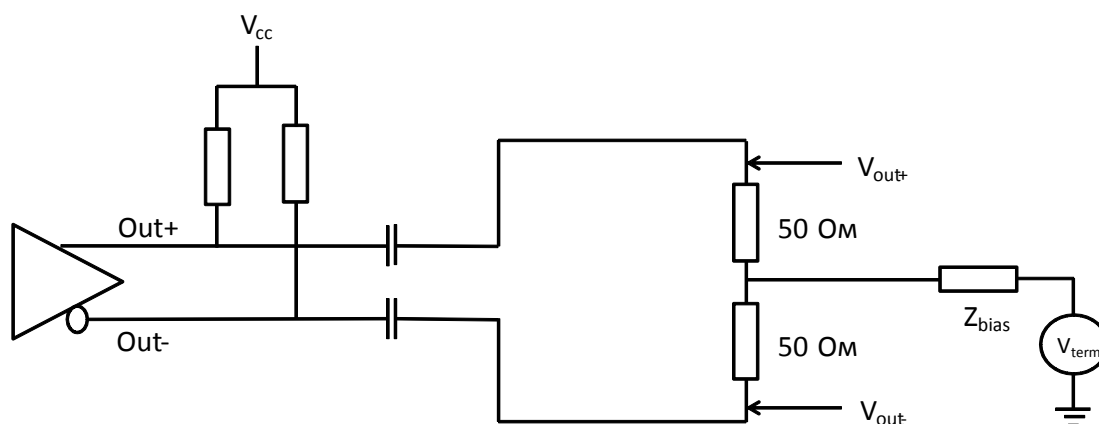


Рисунок 5-12 Схема тестирования передатчика

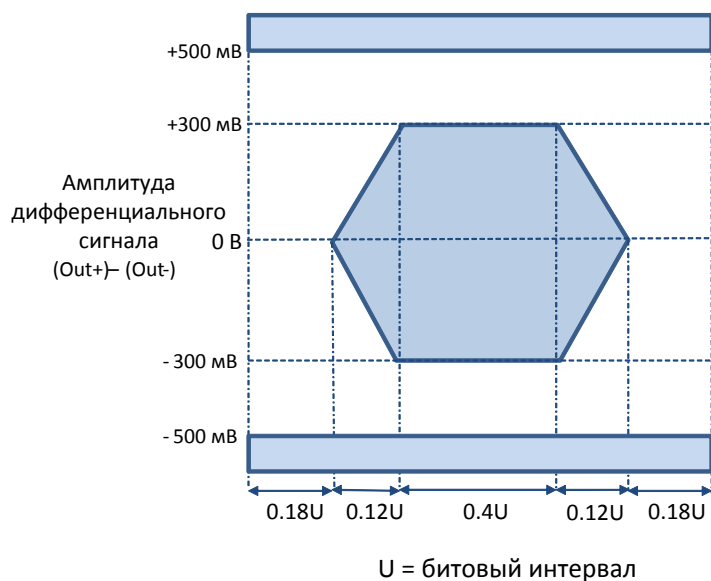


Рисунок 5-13 Глазковая диаграмма передатчика

- b) Два выхода CML-передатчика (Out+ и Out-) должны иметь одинаковое напряжение, V_{cm} , от 1.1 В до 1.3 В.
- c) Различные выходы передатчика (Out+ - Out-) должны иметь амплитуду от 600 мВ до 1000 мВ, как представлено на Рисунок 5-13.
- d) Различные выходы передатчика (Out+ - Out-) должны иметь rise time (T_r) и fall time (T_f) меньше, чем 50 пс.

5.8.3.1.2 Приемный сигнал

- a) Глазковая диаграмма, измеренная на входах приемника не должна заходить за ограничительную область, указанную на Рисунок 5-14.
- b) Глазковая диаграмма приемника должна быть измерена через концевой резистор приемника путем использования широкополосного осциллографа с дифференциальными зондами (частота как минимум 5 ГГц для скорости 2,5 Гбит/с).
- c) В случае, если концевые резисторы приемника располагаются внутри платы, то глазковая диаграмма может быть получена путем измерений на расстоянии 2 см от входов приемника на плате.

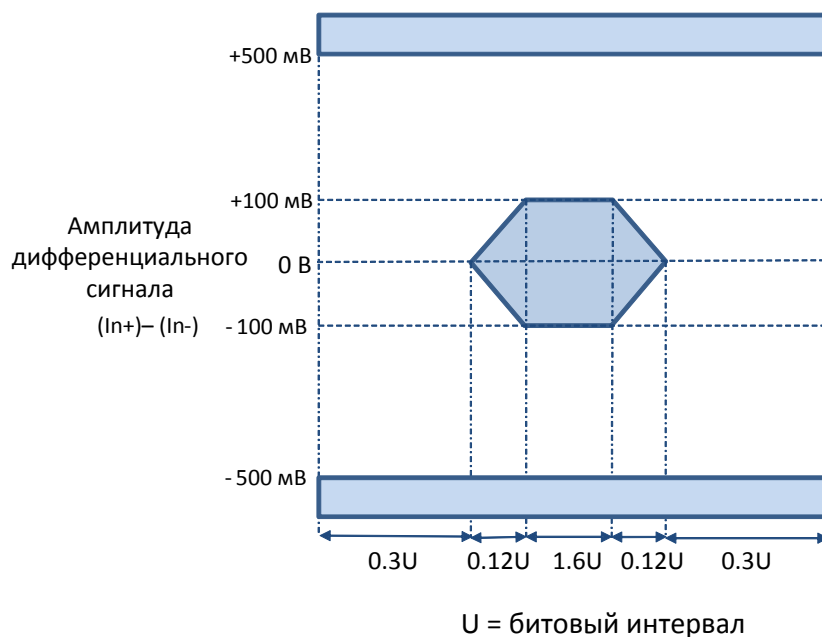


Рисунок 5-14 Глазковая диаграмма приемника

- d) Пороговая величина положительного напряжения для приемного дифференциального сигнала должна равняться +100 мВ.
- e) Если напряжение дифференциального сигнала превышает пороговую величину положительного напряжения, то значение данного сигнала считается равным логической единице.
- f) Пороговая величина отрицательного напряжения для приемного дифференциального сигнала должно равняться -100 мВ.
- g) Если напряжение дифференциального сигнала меньше пороговой величины отрицательного напряжения, то значение данного сигнала считается равным логическому нулю.

5.8.3.2 Электрические дорожки на печатной плате SpaceFibre

- a) Дорожки на печатной плате SpaceFibre должны иметь сопротивление в 100 Ом с дифференциальным сопротивлением +/- 5 Ом.
- b) Две пары дифференциальных дорожек на печатной плате используются в качестве двунаправленного канала SpaceFibre, одна пара для каждого из направлений.

5.8.3.3 EGSE коннекторы

- a) Для электрического наземного технологического оборудования (EGSE) в качестве внешних последовательных ATA коннекторов используются коннекторы, описанные в спецификации Serial ATA Revision 3.0, пункт 6.5.1.

5.8.3.4 EGSE кабель

- a) Для электрического наземного технологического оборудования (EGSE) в качестве последовательного ATA кабеля используется кабель, описанный в спецификации

Serial ATA Revision 3.0, пункт 6.6.1.

5.8.3.5 Соединения кабеля EGSE

- Для электрического наземного технологического оборудования (EGSE) используется перекрестный последовательный ATA кабель.
- Каждое соединение EGSE кабеля должно заканчиваться внешним коннектором Serial ATA кабеля, который описан в спецификации Serial ATA Revision 3.0 (пункт 6.5.1 и рисунок 93).
- Для соединения ESGE кабеля используется внешний кабель serial ATA, описанный в пункте 5.8.3.4.
- Разводка проводов при соединении ESGE кабеля должна соответствовать *Рисунок 5-15*.

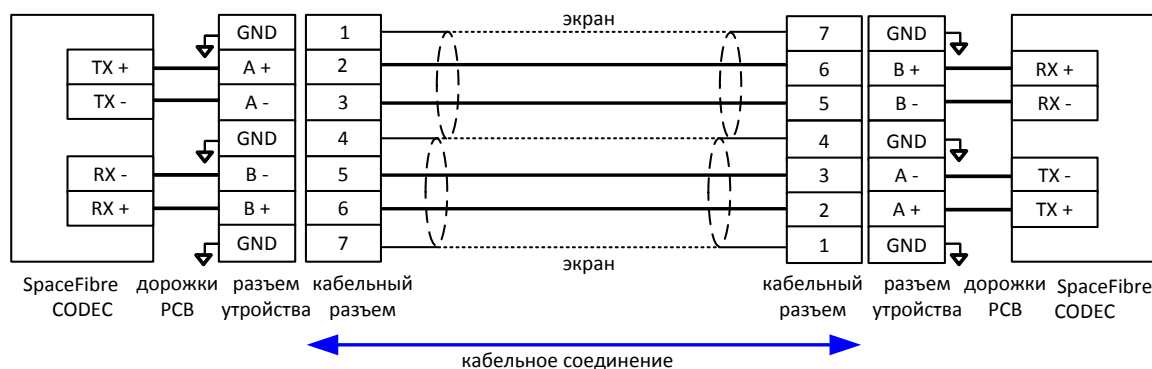


Рисунок 5-15 Сборка ESGE кабеля SpaceFibre

5.8.3.6 Коннекторы для бортового оборудования

- Для бортового оборудования должны использоваться коннекторы, соответствующие ESCC спецификации драфта 07072-ST-MDSA HDR-01.

5.8.3.6.1 Штекерный разъем

- Для кабельного соединения используются штекерные двусторонние разъемы (вариант 05).

5.8.3.6.2 Гнездовой разъем

- Для кабельного соединения бортового адаптера используются двусторонние гнездовые разъемы (вариант 08).

5.8.3.6.3 Установка гнездовых разъемов на печатной плате

- Для соединения двух печатных плат используются двусторонние гнездовые разъемы печатных плат (вариант 02 и вариант 11).

5.8.3.7 Кабели для бортового оборудования

- Для бортового оборудования должны использоваться PTFE коаксиальные кабели,

соответствующие ESCC спецификации (драфт 07072-ST-MDSA HDR-01), пункт 4.4.7.

5.8.3.8 Сборка бортового кабеля

- При соединении бортового кабеля используются двусторонние коннекторы, соответствующие пункту 5.8.3.6.
- При соединении бортового кабеля должен использоваться коаксиальный кабель, описанный в пункте 5.8.3.7.
- Разводка проводов при соединении бортового кабеля должна соответствовать Рисунок 5-16.

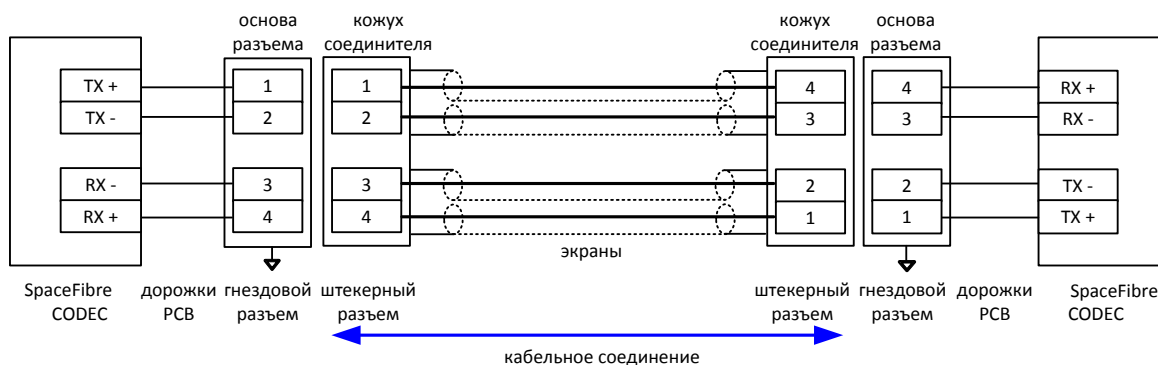


Рисунок 5-16 Сборка бортового кабеля SpaceFibre

5.8.3.9 Сборка переходников от EGSE к бортовому кабелю.

- Переходник от EGSE к бортовому кабелю должен позволить соединить оборудование, работающее по ESGE кабелям с оборудованием, работающим по бортовым кабелям.
- На одном конце переходника находится внешний Serial ATA разъем, описанный в спецификации Serial ATA Revision 3.0 (пункт 6.5.1 и рисунок 93).
- На другом конце переходника находится гнездовой двусторонний разъем, описанный в пункте 5.8.3.6.2.
- Переходник использует коаксиальный кабель, описанный в пункте 5.8.3.7.
- Разводка проводов при сборке переходника должна соответствовать Рисунок 5-17.

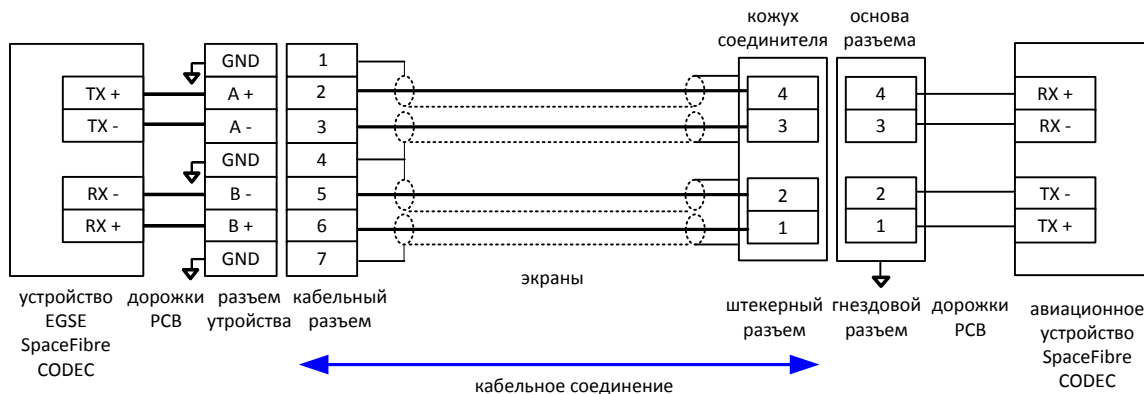


Рисунок 5-17 Сборка переходника от EGSE к бортовому кабелю

- Разность длин коаксиальных кабелей при сборке кабеля не должна превышать 1% и

лежать в пределах ± 3 мм.

5.8.3.10 Предохранитель коннекторов для бортового оборудования

- a) Предохранитель коннекторов для бортового оборудования должен использовать двусторонние штекерные и гнездовые разъемы, соответствующие пункту 5.8.3.6.
- b) Для связи разъемов между собой, необходимо использовать коаксиальный кабель, описанный в пункте 5.8.3.7.
- c) Предохранитель коннектора для бортового оборудования должен быть смонтирован в соответствии с Рисунок 5-18.

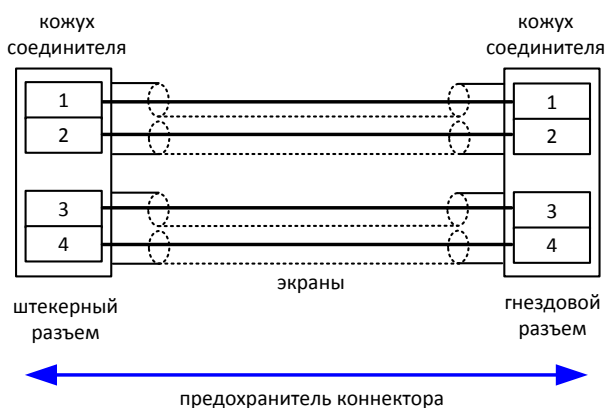


Рисунок 5-18 Предохранитель коннектора для бортового оборудования

5.8.4 Приемник и передатчик, работающие по оптоволоконному кабелю

5.8.4.1 Приемник и передатчик, работающие по оптоволоконному кабелю

- a) В данной редакции спецификации не описаны.

5.8.4.2 Коннекторы для оптоволоконного кабеля

- a) В данной редакции спецификации не описаны.

5.8.4.3 Оптоволоконные кабели

- a) В данной редакции спецификации не описаны.

5.9 Уровень управления

В данном разделе описывается уровень управления стандарта SpaceFibre.

- a) Уровень управления предоставляет средства для конфигурирования интерфейса SpaceFibre и считывания информации о его состоянии.
- b) Конфигурация интерфейса SpaceFibre выполняется посредством присвоения значений параметрам управления через интерфейс управления.

- с) Чтение данных о состоянии интерфейса SpaceFibre выполняется посредством считывания значений статуса через интерфейс управления.

5.9.1 Конфигурационные параметры

- а) Через интерфейс управления считываются и записываются конфигурационные параметры.
- б) Информация о конфигурационных параметрах приведена в Таблица 5-46.
- с) При холодном сбросе конфигурационные параметры должны быть установлены в значения по умолчанию.

Таблица 5-46 Конфигурационные параметры интерфейса SpaceFibre

Механизм	Параметр	Описание	Значение по умолчанию
Виртуальные каналы	Номер виртуального канала (номер буфера виртуального канала)	Номер виртуального канала, присвоенный аппаратному буферу данных, идентифицируемому по номеру буфера. Этот параметр конфигурируется только после холодного сброса.	Каждому виртуальному каналу последовательно выдается номер, начиная с 0
	Приоритет (номер буфера виртуального канала)	Приоритет (0-15), задаваемый определенному виртуальному каналу.	15
	Ожидаемая пропускная способность (номер буфера виртуального канала)	Доля общей пропускной способности, выделенная для конкретного виртуального канала.	См. пункт 5.5.1.4.4 г)
	Количество временных интервалов	Количество запланированных временных интервалов. Максимальное значение может быть 256. Некоторые реализации могут жестко задавать это значение без возможности его изменения.	256
	Выделенные для передачи временные интервалы (номер буфера виртуального канала)	Временные интервалы, в которые конкретный виртуальный канал может отсылать кадры данных. Этот параметр является массивом из N бит, где N – количество запланированных	Все установлены в единицу

		временных интервалов. Бит устанавливается в единицу, если виртуальный канал может отправить данные в соответствующий временной интервал.	
	Максимальный период простаивания канала (номер буфера виртуального канала)	Определяет максимальное время, которое канал может находиться в неактивном состоянии. По истечению периода времени отправляется сообщение о недостаточном использовании канала. Значение периода может быть жестко определено или может задаваться опционально для всех виртуальных каналов или для каждого в отдельности.	1 мс
Управление линиями	Требуемое количество линий	Требуемое количество линий, которые будут использованы в канале SpaceFibre.	
Линия	Режим запуска (номер линии)	Выставляет или снимает сигнал Lane_Start для конкретной линии.	0
	Автостарт (номер линии)	Выставляет или снимает сигнал AutoStart для конкретной линии.	0

5.9.2 Параметры статуса

- a) Параметры статуса считываются и записываются через интерфейс управления.
- b) Информация о параметрах статуса приведена в Таблица 5-47.
- c) В конкретных реализациях могут присутствовать дополнительные параметры статуса в целях отладки и тестирования.

ПРИМЕЧАНИЕ: Для стандартной отладки протокола и интерфейса SpaceFibre достаточно параметров статуса, приведенных в Таблица 5-47.

- d) Каким образом параметры статуса сбрасываются, зависит от реализации.
- e) При холодном или горячем сбросе параметры статуса должны быть сброшены.

Таблица 5-47 Параметры статуса интерфейса SpaceFibre

Механизм	Параметр	Описание
Виртуальные каналы	Чрезмерное использование пропускной способности (номер буфера виртуального канала)	Указывает на то, что буфер виртуального канала использует больше пропускной способности, чем ожидалось, и достиг минимального значения кредита пропускной способности.
	Недостаточное использование пропускной способности (номер буфера виртуального канала)	Указывает на то, что буфер виртуального канала использует меньше пропускной способности, чем ожидалось, и достиг максимального значения кредита пропускной способности и уже какое-то время находится в таком состоянии (максимально ожидаемое время простоя).
	Есть кредит (номер буфера виртуального канала)	Показывает, что в виртуальном буфере на удаленной стороне канала есть место.
	Переполнение входного буфера (номер буфера виртуального канала)	Показывает, что виртуальный канал полон, но по-прежнему получает данные. Такой ситуации быть не должно, поэтому данный параметр показывает серьезную ошибку протокола.
Надежная передача данных	Ошибка CRC-16	Устанавливается, когда обнаружена ошибка CRC-16. Указывает на то, что на одной или нескольких линиях происходят множественные ошибки битов, которых не должно быть при нормальной работе.
	Ошибка последовательности или ошибка CRC-8	Устанавливается, когда обнаружена ошибка последовательности или ошибка CRC-8. Может появиться при нормальной работе.
	Буфер повтора пуст	Устанавливается, когда буфер повтора пуст. Указывает на то, что все данные из виртуального канала были отправлены и успешно подтверждены.
	Количество операций повторной передачи данных	Указывает на количество повторной передачи данных в результате получения NACK
Линия	Линия активна (номер линии)	Устанавливается, когда линия находится в состоянии <i>Active</i> .

	LossOfSignal (номер линии)	Устанавливается, когда в состоянии <i>Active</i> обнаружен LossOfSignal.
	RxError (номер линии)	Устанавливается, когда в состоянии <i>Active</i> обнаружен RxError. Данный параметр может быть использован для получения текущего BER.
	Переполнение счетчика RxError (номер линии)	Устанавливается, когда происходит переполнение счетчика RxError в состоянии <i>Active</i> .
	StandBy (номер линии)	Устанавливается, когда получены слова STANDBY.
	Timeout (номер линии)	Устанавливается, когда происходит таймаут соединения.
	LOS (номер линии)	Устанавливается, когда получены слова LOST_SIGNAL.
	Удаленный сброс (номер линии)	Устанавливается, когда получено извещение об удаленном сбросе.
	Полярность RX (номер линии)	Устанавливается, когда инвертируется полярность приемника.
Физический уровень	Битовая синхронизация	Устанавливается, когда достигнута битовая синхронизация.

5.9.3 Сброс

- а) Результат холодного сброса SpaceFibre CODEC приведен в Таблица 5-48.
- б) Результат горячего сброса SpaceFibre CODEC приведен в Таблица 5-48.

Таблица 5-48 Результат холодного и горячего сброса

Механизм	Переменная	Холодный сброс	Горячий сброс
Виртуальные каналы	Выходные буферы виртуальных каналов	Сбрасывается	Не меняется
	Входные буферы виртуальных каналов	Сбрасывается	Не меняется
	Счетчик FCT	Очищается	Не меняется
	Уровень приоритета	Устанавливается в 15	Не меняется
	Ожидаемая пропускная	Для VC0 устанавливается в 10%. Для всех	Не меняется

	способность	остальных VC устанавливается в 0%	
	Кредит пропускной способности	Устанавливается в 0	Устанавливается в 0
	Счетчик свободного места во входном буфере	Устанавливается равным размеру буфера	Не меняется
	Счетчик FCT	Устанавливается в 0	Не меняется
	Выделенные для передачи временные интервалы	Устанавливаются в 1	Не меняется
	Максимальный период простаивания канала	1 мс	Не меняется
Широковещательные сообщения	Счетчик номера последовательности широковещательного сообщения	Устанавливается в 0	Не меняется
Надежная передача данных	Счетчик номера последовательности кадров на передающей стороне	Устанавливается в 0	Не меняется
	Счетчик номера последовательности кадров на принимающей стороне	Устанавливается в 0	Не меняется
	Количество повторных передач	Устанавливается в 0	Не меняется
	Буферы повтора	Сбрасывается	Не меняется
	Псевдослучайное слово данных PRBS	Устанавливается в 0xffff	Не меняется
Управление линиями	Требуемое количество линий	Устанавливается в 1	Не меняется
	Номера линий для распределения данных	Очищается	Очищается
	Номера линий для	Очищается	Очищается

	концентрации данных		
Линия	Параметры возможностей сторон	Сбрасывается	Не меняется
	Инверсия битов на приемнике	Выключается	Выключается
	Режим запуска	Выключено	Не меняется
	Автостарт	Включено	Не меняется
Физический уровень	PLL	Сбрасывается	Сбрасывается

5.10 Критерии соответствия SpaceFibre

5.10.1 Обзор⁴

5.10.2 Частичные реализации⁵

Одна линия

Битовая инверсия

Символьное выравнивание только по положительному или только по отрицательному символу СОММА

Параллельная обратная связь

⁴ В данной редакции спецификации не описаны. (примечание редактора перевода)

⁵ В данной редакции спецификации не описаны. (примечание редактора перевода)

6 Приложение А Принципы работы канала последовательной передачи данных (информативная часть)

Данный раздел описывает несколько ключевых механизмов, лежащих в основе функционирования высокоскоростного последовательного канала передачи данных.

6.1 Скремблирование данных

Скремблирование данных используется для уменьшения электромагнитного влияния от близко расположенных коммуникационных систем. Сигнал данных смешивается с широкополосным сигналом, в результате чего спектр сигнала становится растянутым. Возможные пики в электромагнитном спектре сигнала исходных данных распределяются, уменьшая интенсивность пиков на любых частотах. Необходимо отметить, что скремблирование данных не гарантирует уменьшение пиков в электромагнитном спектре, так как скремблирование может порождать битовую последовательность с более высокими спектральными пиками, чем исходный сигнал. Однако для обычной битовой последовательности скремблирование может уменьшить спектральные пики.

Генератор случайных чисел используется для порождения широкополосного сигнала, который складывается по модулю 2 (операция XOR) с данными для передачи. В начале каждого передаваемого кадра данных Генератор случайных чисел инициализируется специальным (исходным) значением, каждый раз, когда в скремблер подается начало нового кадра данных. Такой же генератор случайных чисел на принимающей стороне, инициализированный таким же исходным значением, что и генератор на передающей стороне, используется для де-скремблирования данных. Принимаемые данные складываются по модулю 2 (операция XOR) со случайной последовательностью бит, чтобы восстановить исходные данные.

Генератор случайных чисел реализован с помощью линейного регистра сдвига с обратными связями, представленного на Рисунок 6-1. Пример полинома для скремблирования / де-скремблирования, использующегося в PCI-Express:

$$G(x) = X^{16} + X^5 + X^4 + X^3 + 1$$

Исходное значение для генератора случайных чисел равно значению 0xffff, то есть все триггеры в генераторе случайных чисел установлены в значение 1.

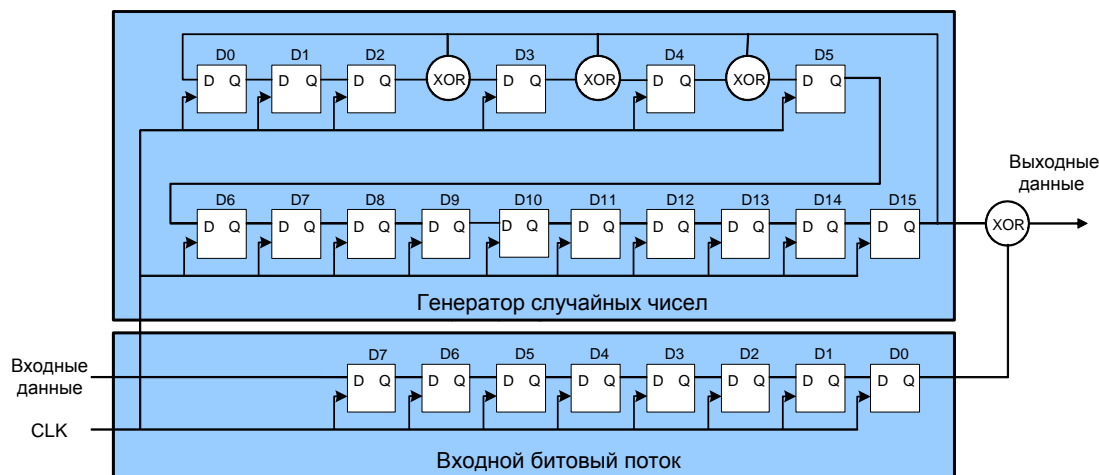


Рисунок 6-1 Скремблер / Де-скремблер

6.2 8В/10В Кодирование и декодирование

8В/10В кодирование преобразует 8-битные символы данных в 10-битные кодовые символы для передачи. 8В/10В кодирование имеет следующие преимущества над передачей 8-битных незакодированных данных.

1. Передаваемый поток данных содержит приблизительно одинаковое количество 1 и 0, порождающее нулевое смещение постоянного тока. Таким образом, это улучшает характеристики передачи и позволяет использовать связь по переменному току.
2. Поскольку 10-битный код предоставляет 1024 возможных кодовых значений и не все они требуются для передачи 8-битного значения, то остаются незадействованные коды, которые можно использовать в качестве управляющих кодов.
3. 8В/10В кодирование гарантирует достаточное количество битовых переходов в последовательном потоке данных, что предоставляет возможность для восстановления битового тактового сигнала, используя схему фазовой синхронизации. В соответствии с 8В/10В кодированием максимальное количество последовательно переданных нулей или единиц равно 5.
4. Поскольку все символы (символы данных и управляющие символы) передаются как 10-бит, то битовая и скорость и скорость передачи символов является постоянной, что упрощает передачу и получение символов.
5. Неиспользуемые коды могут быть использованы для определения ошибок в канале, т.е. обнаружение неиспользуемого кода означает возникновение ошибки в ходе передачи.
6. Текущая разность паритета при 8В/10В кодировании всегда +1 или -1. Все остальные значения будут указывать на ошибку разности паритетов.

Для того, чтоб предотвратить появление существенных компонент в переменном токе, 8В/10В кодирование использует только 10-битные коды, содержащие либо 5 единиц и 5 нулей, 6 единиц и 4 нуля, либо 4 единицы и 6 нулей. Этого достаточно, чтобы закодировать 8-битный символ данных и несколько возможных управляющих кодов. Символы, закодированные 5 единицами и 5 нулями, имеют нейтральную разность паритета и порождают нулевое смещение постоянного тока. Однако в случае, если передается последовательность байт, содержащая символы с 6 единицами и 4 нулями, то компонента постоянного тока постепенно будет увеличиваться. Подобный противоположный эффект произойдет, если все символы будут содержать 4 единицы и 6 нулей. В целях предотвращения данного увеличения смещения постоянного тока и обеспечения равного количества передаваемых единиц и нулей, каждый символ с неравным количеством единиц и нулей может быть закодирован двумя вариантами кода: один с 6 единицами и 4 нулями и другой с 4 единицами и 6 нулями.

Каждый раз, при отправке символ с 6 единицами и 4 нулями должна быть сохранена информация о том, что было отправлено больше единиц, чем нулей. При отправке следующего символа с разным количеством нулей и единиц передатчик должен будет выбрать код с 4 единицами и 6 нулями. Это позволяет сохранять равное среднее количество единиц и нулей и исключить какое-либо смещение постоянного тока в передаваемом сигнале. Текущая разность паритета равна единице (положительна), когда было отправлено больше единиц, чем нулей, и равна нулю (отрицательна) в случае, когда было передано больше нулей, чем единиц. Кодовые символы с 5 единицами и 5 нулями имеют нейтральную разность паритета и не влияют на значение текущей разности паритета. При отправке кодового символа с неравным количеством единиц и нулей, выбор между двумя возможными

10-битными кодами должен осуществляться на основании текущей разности паритета. Если текущая разность паритета положительна, то должен быть отправлен код с 4 единицами и 6 нулями, а если значение текущей разности паритета отрицательное, то должен быть передан код с 6 единицами и 4 нулями.

Для каждого из 256 возможных значений 8-битного символа данных существует соответствующий код с 5 единицами и 5 нулями или пара кодов с неравным количеством единиц и нулей. В связи с этим остается только 12 корректных кодов оставшихся незадействованными из 1024 возможных значений 10-битного кода. В других кодах присутствует более 6 единиц или более 6 нулей, и эти коды считаются некорректными.

6.2.1 8B/10B Кодирование

8B/10B кодирование обычно выполняется с использованием двух таблиц соответствий кодов (а не одной таблицы), как показано на Рисунок 6-2.

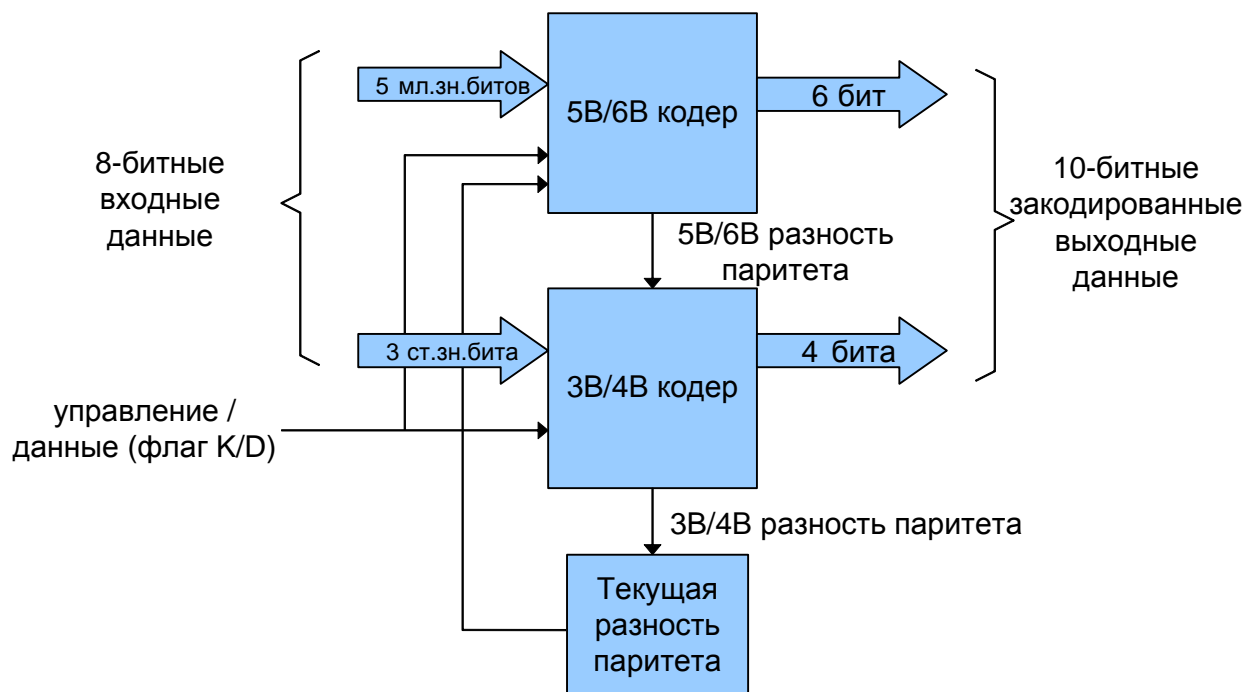


Рисунок 6-2 8B/10B Кодер

5B/6B и 3B/4B подход к 8B/10B кодированию приводит к специальным обозначениям для представления получаемых кодов в результате кодирования. Данные обозначения представлены на Рисунок 6-3.

символ ASCII		ms	7	6	5	4	3	2	1	0	ls
управление / данные	D/K		H	G	F	E	D	C	B	A	
подгруппы	D/K		H	G	F	E	D	C	B	A	
перестановка подгрупп	D/K		E	D	C	B	A	H	G	F	
десятичное представление	D/K				XX			°		Y	
обозначение					D/KXX.Y						

Примеры

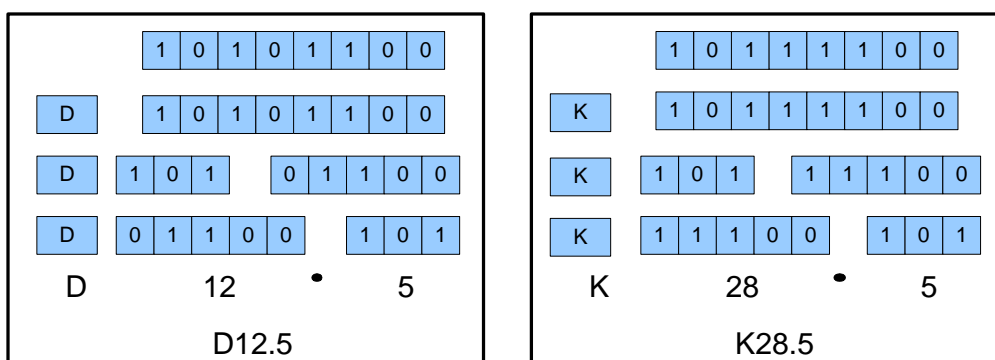


Рисунок 6-3 8B/10B Обозначения кодов

Пять младших значащих бит кодируются первыми с помощью 5B/6B кодера. При кодировании должно быть учтено, являются ли 5 младших значащих бит символа частью управляющего слова или слова данных. Это определяется в зависимости от K/D флага. При кодировании также учитывается значение текущей разности паритета. Таблица кодирования 5B/6B представлена в Таблица 6-1. Коды в таблице обладают следующими свойствами:

- Шесть выходных бит состоят либо из трех единиц и трех нулей, либо из четырех единиц и двух нулей, либо из двух единиц и четырех нулей.
- Когда выходной код имеет нейтральную разность паритета (три единицы и три нуля), то это код, не зависящий от разности паритета (за исключением кодового символа D07.y, для которого есть два кода, основанных на разности паритета). Обратный код для кода с нейтральной разностью паритета также имеет нейтральный паритет и, за исключением кода D07.y, соответствует другому входному символу. По определению, использование кода с нейтральной разностью паритета не будет влиять на текущую разность паритета.
- Для выходного кода с разностью паритета, отличной от нейтральной (четыре единицы и два нуля или две единицы и четыре нуля), существуют два альтернативных кода, являющихся обратными по отношению друг к другу. Код, который применяется при отрицательном значении текущей разности паритета (-ve), содержит четыре единицы и два нуля. Таким образом, на выходе из 5B/6B кодера текущая разность паритета будет положительной. Аналогично с ситуацией, когда текущая разность паритета положительна (+ve), разность паритета на выходе из 5B/6B кодера для кода с двумя единицами и четырьмя нулями будет отрицательной.

- Таблица кодирования сформирована для минимизации требуемой для реализации логики. При любых условиях существует однозначное соответствие между 5 входными битами и 6 выходными битами. Символ K28.y должен обрабатываться особым образом.

Шесть выходных бит 5В/6В кодера формируют шесть младших значащих бит выхода 8В/10В кодера. Разность паритета на выходе 5В/6В кодера используется для кодирования трех старших значащих бит входных данных. Данная разность паритета вместе с тремя старшими значащими битами входных данных и управляющим флагом (K/D) передаются в отдельный 3В/4В кодер, который формирует четыре старших значащих бита кодового символа и новое значение текущей разности паритета. Содержимое 3В/4В таблицы кодирования представлено в Таблица 6-2. Эта таблица обладает следующими свойствами:

- Возможно только 13 корректных кодов. Они представлены в Таблица 6-2.
- Для выходного кода с разностью паритета, отличной от нейтральной, существуют два кода, являющихся обратными по отношению друг к другу (за исключением кодов для символа Dxx.7). Выбор используемого кода осуществляется на основании значения разности паритета на выходе из 5В/6В кодера. Если данная разность паритета отрицательна, то будет использоваться код с тремя единицами и одним нулем. В результате этого, текущая разность паритета станет положительной. Аналогично должна быть обработана положительная разность паритета на выходе из 5В/6В кодера.
- Кодирование символа Dxx.7 имеет альтернативный способ кодирования, предотвращающий от передачи пяти последовательных единиц. При отрицательном значении текущей разности паритета используется альтернативный код (0111) для кодирования D17.7, D18.7 и D20.7. При положительной текущей разности паритета используется альтернативный код (1000) для кодирования D11.7, D13.7 и D14.7. Это усложняет кодирование, так как данные особые случаи должны быть распознаны во входном потоке данных, и в этом случае должен использоваться альтернативный код.

8В/10В кодирование завершается шагом объединения результатов, полученных после 5В/6В кодирования и 3В/4В кодирования.

6.2.2 8В/10В Декодирование

Задача 8В/10В декодирования символов является более сложной, чем задача кодирования, поскольку большое количество входных кодов соответствует сразу нескольким корректным выходным кодам. 5В/6В и 3В/4В части некоторых некорректных 8В/10В кодов могут быть сами по себе корректны, однако код целиком – некорректен. Возникновение подобных ситуаций должно быть предотвращено. Например, кодовое слово 1110101110b имеет корректную 5В/6В часть 111010b (символ -D23.y) и корректную 3В/4В часть 1110b (обычное кодирование Dxx.7). Однако данное кодовое слово является некорректным, поскольку для кодирования символа Dxx.7 должен использоваться альтернативный код 0111b.

Для 3В/4В декодера необходимо учитывать, что по 4-битному входу он не может отличить K и D коды. Например, 4-битная последовательность 0110b может соответствовать либо символу -Kxx.1, либо Dxx.6, либо +Kxx.6.

Таблица 6-1 5В/6В кодирование			
Вход		Выход	
Данные на входе	Биты данных 43210 (EDCBA)	Текущая разность паритета (-) abcdei	Текущая разность паритета (+) abcdei
D00.y	00000	100111	011000
D01.y	00001	011101	100010
D02.y	00010	101101	010010
D03.y	00011	110001	
D04.y	00100	110101	001010
D05.y	00101	101001	
D06.y	00110	011001	
D07.y	00111	111000	000111
D08.y	01000	111001	000110
D09.y	01001	100101	
D10.y	01010	010101	
D11.y	01011	110100	
D12.y	01100	001101	
D13.y	01101	101100	
D14.y	01110	011100	
D15.y	01111	010111	101000
D16.y	10000	011011	100100
D17.y	10001	100011	
D18.y	10010	010011	
D19.y	10011	110010	
D20.y	10100	001011	
D21.y	10101	101010	

D22.y	10110	011010	
D/K23.y	10111	111010	000101
D24.y	11000	110011	001100
D25.y	11001	100110	
D26.y	11010	010110	
D/K27.y	11011	110110	001001
D28.y	11100	001110	
K28.y	11100	001111	110000
D/K29.y	11101	101110	010001
D/K30.y	11110	011110	100001
D31.y	11111	101011	010100

Таблица 6-2 3В/4В кодирование			
Вход		Выход	
Данные на входе	Биты данных 765 (HGF)	5В/6В разность паритета (-) fghj	5В/6В разность паритета (+) fghj
D/Kxx.0	000	1011	0100
Dxx.1	001	1001	
Kxx.1	001	0110	1001
Dxx.2	010	0101	
Kxx.2	010	1010	0101
D/Kxx.3	011	1100	0011
D/Kxx.4	100	1101	0010
Dxx.5	101	1010	
Kxx.5	101	0101	1010
Dxx.6	110	0110	
Kxx.6	110	1001	0110
Dxx.7	111	1110/0111	0001/1000
Kxx.7	111	0111	1000

12 управляющих символов представлены в Таблица 6-3. Три из них (K28.1, K28.5 и K28.7) содержат уникальную 7-битную последовательность (0011111 или 1100000), которая не встречается ни в одном символе данных и которая не может быть сформирована объединением каких-либо других двух кодов данных или управляющих кодов. Эта битовая

последовательность называется “СОММА” и широко применяется для синхронизации получаемых символов (символьное выравнивание). Символы СОММА в Таблица 6-3 выделены подчеркиванием.

Необходимо отметить, что кодовый символ К28.7 в сочетании с определенными следующими за ним символами данных или управляющими символами может образовывать ложный символ СОММА. Корректный символ СОММА при этом всегда передается первым.

Таблица 6-3 8В/10В управляющие коды (К-коды)		
Вход	Выход	
Управляющий символ	Текущая разность паритета (-)	Текущая разность паритета (+)
<u>К28.0</u>	001111 0100	110000 1011
<u>К28.1</u>	001111 1001	110000 0110
<u>К28.2</u>	001111 0101	110000 1010
<u>К28.3</u>	001111 0011	110000 1100
<u>К28.4</u>	001111 0010	110000 1101
<u>К28.5</u>	001111 1010	110000 0101
<u>К28.6</u>	001111 0110	110000 1001
<u>К28.7</u>	001111 1000	110000 0111
<u>К23.7</u>	111010 1000	000101 0111
<u>К27.7</u>	110110 1000	001001 0111
<u>К29.7</u>	101110 1000	010001 0111
<u>К30.7</u>	011110 1000	100001 0111

6.2.3 Разность паритета

Начальная разность паритета может быть либо положительной, либо отрицательной, т.е. +1 или -1. Кодовый символ может иметь разность паритета +2 (шесть единиц и четыре нуля), 0 (пять единиц и пять нулей) или -2 (четыре единицы и шесть нулей). Если разность паритета нового символа является отличной от +2, 0 или -2, то такая разность паритета считается некорректной. Когда приходит новый символ, его разность паритета вычисляется как сумма текущей разности паритета и разности паритета нового пришедшего символа. Далее приведены возможные результаты (текущая разность паритета + разность паритета нового символа):

(+1) + (+2) = +3 считается некорректной

(+1) + (0) = +1

(+1) + (-2) = -1

(-1) + (+2) = +1

(-1) + (0) = -1

(-1) + (-2) = -3 считается некорректной

Некорректная разность паритета указывает на то, что с соединением нарушено, и требуется

повторная инициализация канала. Текущая разность паритета может отслеживаться, как только соединение установлено вновь.

Если 8В/10В кодер/декодер разделен на 5В/6В и 3В/4В кодеры/декодеры, то вышеперечисленные правила применимы для обоих кодеров/декодеров. Разность паритета для каждой части символа должна равняться +2, 0 или -2 и при этом текущая разность паритета каждого кодера/декодера должна быть +1 или -1.

В Таблица 6-4 и Таблица 6-5 приведены примеры того, как ошибки могут быть обнаружены отслеживанием некорректных символов и ошибок разности паритета. Отправленные 5В/6В и 3В/4В символы приведены с текущей разностью паритета (+1 или -1) непосредственно после того, как символ был закодирован. Исходное значение текущей разности паритета равно -1 в обоих примерах. В Таблица 6-4 один ошибочный бит конвертирует отправленный символ D00.0 в код, чья 4-битная часть отсутствует в 3В/4В кодирующей таблице и разность паритета которого равна -4. Данная ситуация будет немедленно обнаружена, как ошибка кодирования.

Таблица 6-4 Обнаружение ошибки по некорректному коду								
Символ	Отправленные				Полученные			
D00.0	100111	+1	0100	-1	100111	+1	0000	-3 ОШИБКА

В Таблица 6-5 в первой строке происходит ошибка, в связи с которой символ D08.1 меняется на символ D05.1. Символ D05.1 является корректным, поэтому ошибка не обнаруживается. Текущая разность паритета должна быть положительной, но из-за произошедшей ошибки разность паритета стала отрицательной. Последующие символы имеют нейтральный паритет, поэтому текущая разность паритета не изменяется, и ошибка остается не обнаруженной. Наконец, отправляется символ D15.1, который имеет нейтральный паритет. На передающей стороне текущая разность паритета отрицательна до момента передачи D15.1, поэтому символ кодируется как 101000 1001 с отрицательной разностью паритета. Когда этот символ получен на принимающей стороне, отрицательная разность паритета символа вызывает ошибку, текущая разность паритета уже отрицательная. Данная ошибка была определена по разности паритета, но несколько символов уже были переданы до обнаружения.

Принимающая сторона должна обнаруживать некорректные символы и ошибки разности паритета. Также очень важно, чтобы к каждому пакету было добавлено поле контрольной суммы CRC с целью отслеживания ошибок в пакете.

Таблица 6-5 Обнаружение ошибок по неправильной разности паритета									
Символ	Отправленные				Полученные				Символ
D08.1	111001	+1	1001	+1	101001	-1	1001	-1	D05.1
D09.1	100101	+1	1001	+1	100101	-1	1001	-1	D09.1
D10.1	010101	+1	1001	+1	010101	-1	1001	-1	D10.1
D11.1	110100	+1	1001	+1	110100	-1	1001	-1	D11.1
D12.1	001101	+1	1001	+1	001101	-1	1001	-1	D12.1
D13.1	101100	+1	1001	+1	101100	-1	1001	-1	D13.1

D14.1	011100	+1	1001	+1	011100	-1	1001	-1	D14.1
D15.1	101000	-1	1001	-1	101000	-3			D15.1
						ОШИБКА			

6.3 Сериализация и Десериализация

Сериализация – это преобразование параллельного потока данных в последовательный. Параллельный 10-битный символ данных загружается в регистр сдвига и затем сдвигается с помощью передающего тактирующего сигнала, который управляет регистром сдвига. Новый символ должен быть загружен в параллельный вход регистра сдвига, как только предыдущий 10-битный символ был обработан, для предотвращения пропусков в выходном последовательном потоке данных.

Десериализация является противоположной операцией по отношению к сериализации. Последовательные данные сдвигаются в регистре сдвига с помощью тактирующего сигнала приемника (это также называется приемной частотой). Восстановление тактирующего сигнала приемника по переданным последовательным данным описано в разделе 6.4. Как только 10-битный символ был смещен в регистре сдвига, он считывается параллельно. 10-битный символ должен быть считан и записан в корректное место последовательного потока данных, т.е. когда новый 10-битный символ целиком в регистре сдвига. Символьное выравнивание приведено в разделе 6.5.

6.4 Восстановление синхросигнала приемника

Восстановление синхросигнала приемника (синхронизация битов) по полученному последовательному потоку данных выполняется посредством фазовой автоподстройки частоты (PLL). Типовая PLL представлена на Рисунок 6-4.

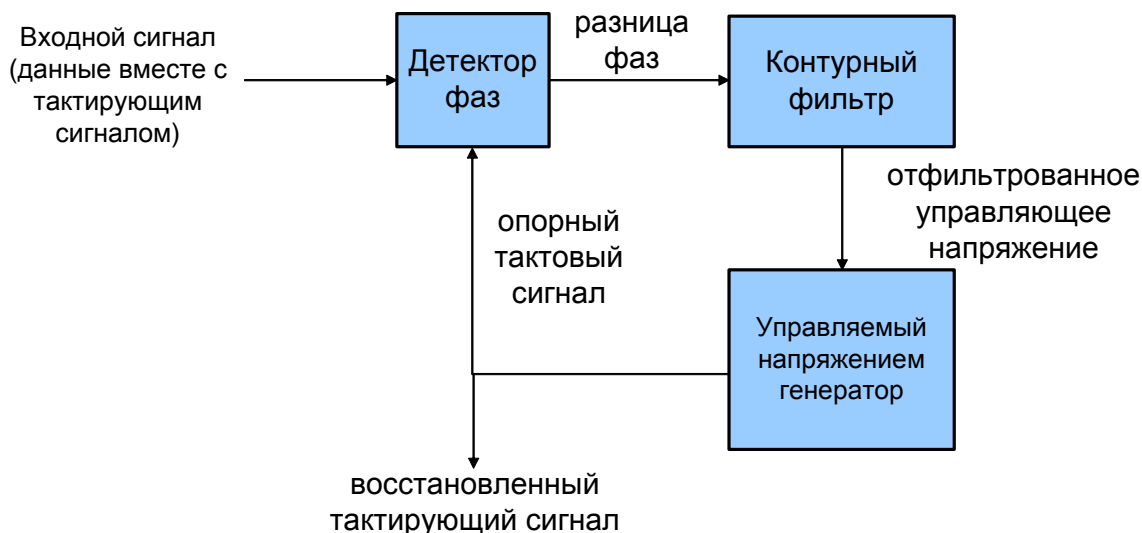


Рисунок 6-4 Типовая PLL

Фаза входящего потока данных сравнивается с фазой системного тактового сигнала. Обнаруженная разница фаз фильтруется посредством удаления шума и установки среднего значения разницы фаз. Данная разница фаз используется для управления частотой тактового генератора. Если присутствует положительная разница фаз с фронтами в потоке данных, возникающая до фронтов тактового генератора, то частота опорного тактового генератора должна быть увеличена так, чтобы совпадать с фронтами потока данных. Если есть

отрицательная разница фаз, то в этом случае частота опорного тактового генератора должна быть уменьшена.

Когда отсутствует разница фаз, тактирующий сигнал может быть использован для восстановления битов данных из последовательного потока данных.

Высокочастотные PLL обычно реализовываются с помощью генератора, управляемого напряжением, и аналогового контурного фильтра.

Время необходимое PLL для выравнивания сигнала зависит от схемы используемого PLL и разницы между фазой входного битового потока и фазы тактирующего сигнала PLL. Обычно для PLL требуется по крайней мере 5000 фронтов битового потока для установки синхронизации, хотя это значение может быть существенно больше для некоторых схем PLL.

6.5 Символьное выравнивание

Символьное выравнивание необходимо для приемника, чтобы разделять символы входящего битового потока. Для этого необходимо определить начало символа, после чего каждый отдельный символ может быть получен простым отсчетом 10 бит от предыдущего символа (все символы имеют длину в 10 бит). Для распознавания начала символа используется битовая последовательность символа COMMA 8В/10В кодирования. COMMA последовательности – это уникальные 7-битные последовательности:

- Положительная COMMA последовательность 0011111
- Отрицательная COMMA последовательность 1100000

Пример символьного выравнивания по положительной COMMA последовательности приведен на Рисунок 6-5. Началом следующего символа является четвертый бит после конца обнаруженной положительной COMMA последовательности.

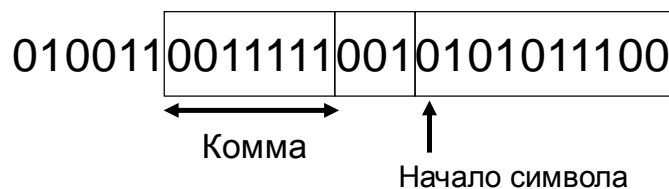


Рисунок 6-5 Символьное выравнивание по положительной COMMA последовательности

Существует два принципиальных способа для выполнения символьного выравнивания. Первый метод проиллюстрирован на Рисунок 6-6, где выравнивание выполняется после десериализации. Второй метод, продемонстрированный на Рисунок 6-6, выполняет выравнивание во время десериализации.

Рисунок 6-6 демонстрирует, что полученный битовый поток попадает в регистр сдвига для десериализации. Как только десять бит были получены, десериализованные данные загружаются в регистр. Знание точной позиции десяти бит в потоке данных не является принципиально важным. После того, как следующие десять бит будут получены, данные из первого регистра загружаются во второй регистр, а десериализованные новые данные загружаются в первый регистр. 20 бит, расположенные в этих двух регистрах, исследуются на наличие COMMA последовательности, используя схему обнаружения COMMA последовательности. Комбинаторная логика данной схемы выдает сигнал обнаружения символа COMMA «Символ COMMA Обнаружен», когда символ COMMA найден, и регистрирует позицию начала следующего символа. Позиция начала символа используется 20:10 мультиплексором, который выделяет 10-битный символ из 20 бит, расположенных в

двух регистрах.

При таком подходе обнаружение символа СОММА выполняется с тактовой частотой в 10 раз меньшей, чем частота входного потока бит. Схема обнаружения символа СОММА должна одновременно искать символ СОММА в десяти возможных битовых позициях. Для этого требуется 10 корреляторов.

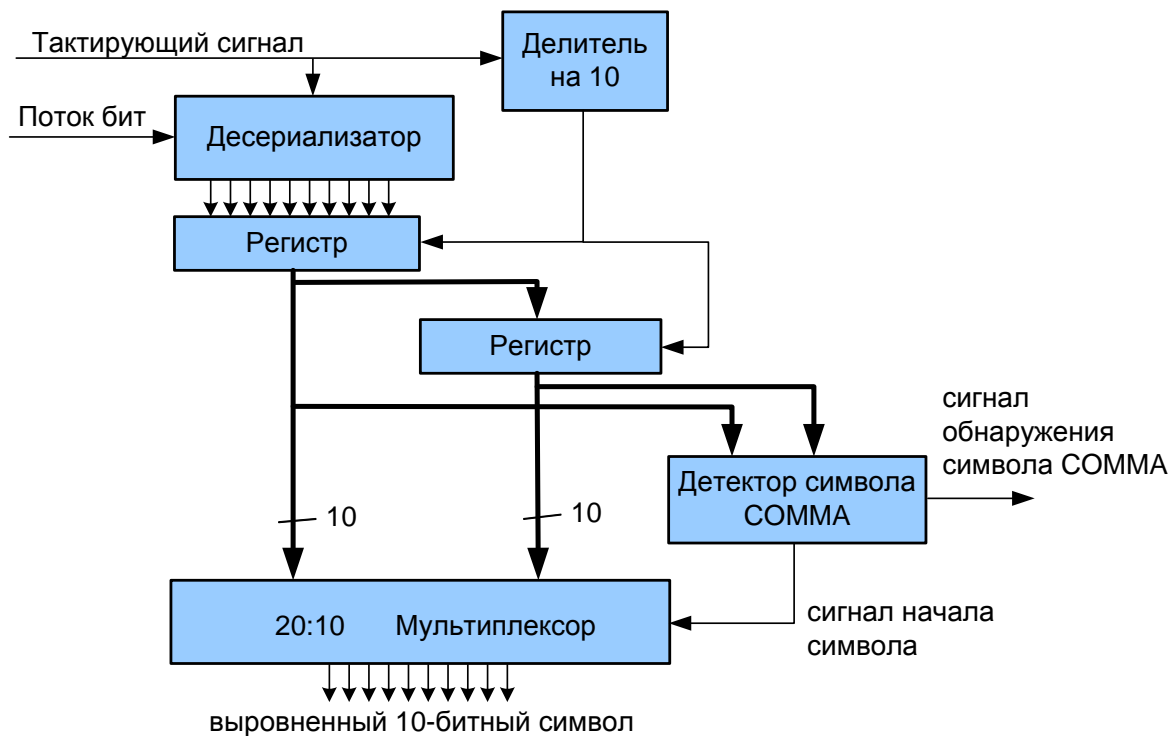


Рисунок 6-6 Символьное выравнивание после десериализации

Другой подход, продемонстрированный на Рисунок 6-7, осуществляет обнаружение символа СОММА со скоростью тактирующего сигнала. Поток бит попадает в 10-битный регистр сдвига (десериализатор). 10-битный параллельный сигнал на выходе из десериализатора подается в регистр и в схему обнаружения символа СОММА. Схема обнаружения символа СОММА выполняет поиск СОММА последовательности в последних семи битах регистра сдвига (т.е. в первых семи битах, попавших в регистр сдвига). Если символ СОММА обнаружен, данные из регистра сдвига загружаются в регистр данных. Счетчик бит используется для подсчета 10 бит для каждого символа, поступающего из регистра сдвига в регистр данных. Схема обнаружения символа СОММА сбрасывает счетчик в случае повторного выравнивания символов или по подаче очередной порции данных из регистра сдвига в регистр данных.

Данный подход требует, чтобы схема обнаружения символа СОММА работала с частотой тактирующего сигнала, и требует наличие высокоскоростного счетчика бит. Аппаратная логика для данного подхода занимает значительно меньшее пространство на плате по сравнению с предыдущим подходом.

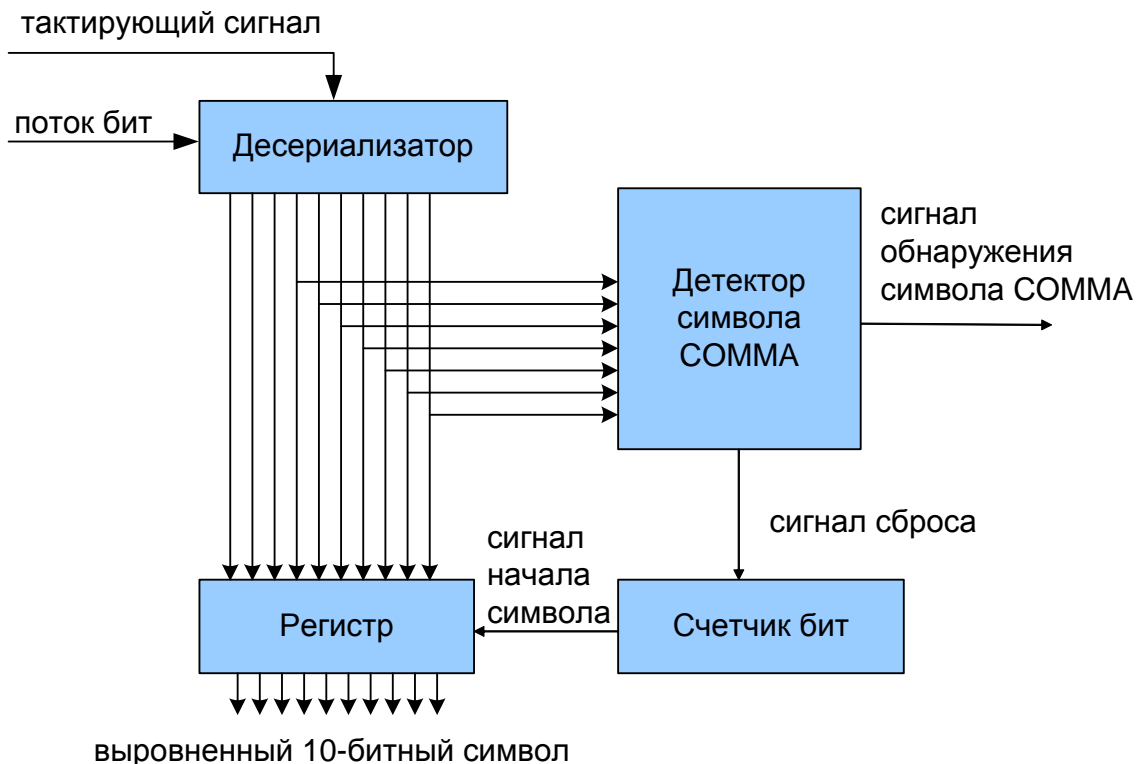


Рисунок 6-7 Символьное выравнивание во время десериализации

6.6 Приемный эластичный буфер

Предполагается, что обе стороны канала работают на одной частоте. На практике, однако, наблюдаются незначительные различия в тактовых частотах разных сторон канала. Это может привести к переполнению или простаиванию приемного буфера, в случае если разница в тактовых частотах узлов не будет компенсирована. Компенсация частот выполняется посредством приемного эластичного буфера и SKIP символов.

Тактирующий сигнал восстанавливается по входному битовому потоку так, что тактовая частота принимающей стороны будет совпадать с частотой передающей стороны. После десериализации и символьного выравнивания входные данные должны быть переданы из домена приемной частоты в локальный домен системной частоты. При прохождении через эти два временных домена должна быть скомпенсирована незначительная разница между частотами этих доменов. Это достигается с помощью приемного эластичного буфера.

Обычная ситуация с заполнением приемного эластичного буфера показана на Рисунок 6-8. Данные записываются в буфер по указателю записи, который работает со скоростью получения символов (RXRECCLK). Считывание выполняется по указателю чтения, который работает со скоростью обработки символов пользовательской системой (RXUSRCLK).

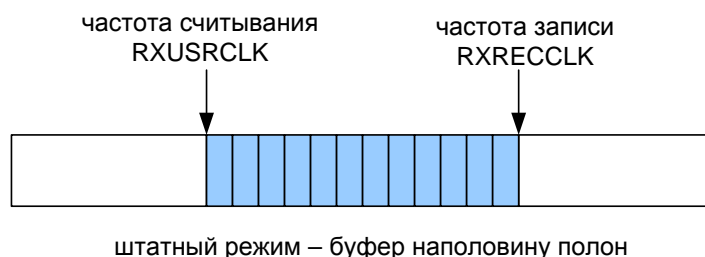


Рисунок 6-8 Приемной эластичный буфер – штатный режим

Любая разница между этими двумя частотами компенсируется посредством использования специального символа SKIP, вставляемого в поток данных.

Если частота RXUSRCLK больше, чем частота RXRECCLK, буфер будет медленно опустошаться. Когда буфер меньше чем на половину полон, подразумевается, что частота RXUSRCLK больше частоты RXRECCLK. В этом случае дополнительный символ SKIP должен быть записан в приемный эластичный буфер. Для этого в момент считывания символа SKIP из буфера указатель чтения не должен быть увеличен, а следовательно, символ SKIP будет считан повторно. Таким образом, добавление дополнительного символа SKIP в поток данных временно снизит частоту RXUSRCLK, для того чтобы скомпенсировать её по отношению к частоте RXRECCLK. Данный механизм проиллюстрирован на Рисунок 6-9.

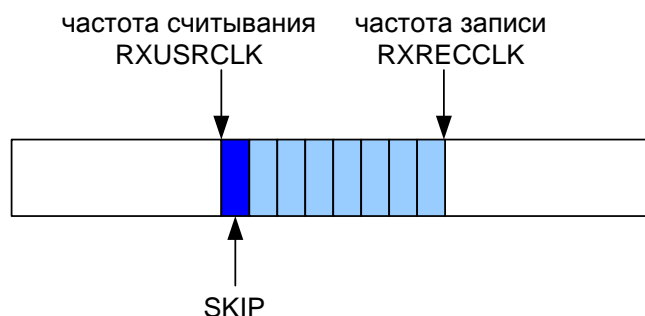


Рисунок 6-9 Опустошение приемного эластичного буфера

Если частота RXUSRCLK меньше, чем частота RXRECCLK, то приемный эластичный буфер будет медленно заполняться. Когда буфер больше чем на наполовину полон, то SKIP игнорируется. Для этого после считывания символа SKIP из буфера указатель чтения должен быть увеличен, т.е. если следующий символ для считывания – это SKIP, то он должен быть проигнорирован, а указатель чтения должен быть увеличен так, чтобы указывать на следующий за SKIP символ. Таким образом, удаление символов SKIP из буфера временно повышает частоту RXUSRCLK, что позволяет скомпенсировать тот факт, что частота RXUSRCLK меньше частоты RXRECCLK. Данный механизм показан на Рисунок 6-10. Необходимо отметить, что такая обработка символа SKIP требует, чтобы эластичный буфер заранее знал о наличии в нем символа SKIP без его извлечения. В противном случае такая обработка символа SKIP будет бесполезной.

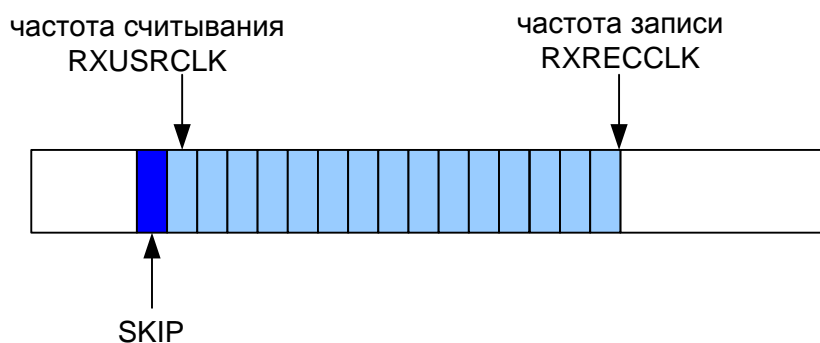


Рисунок 6-10 Заполнение приемного эластичного буфера

Для правильной работы приемного эластичного буфера в потоке данных должно быть достаточное количество символов SKIP, чтобы их можно было удалить при необходимости. Частота появления символов SKIP зависит от размера эластичного буфера и максимальной разницы между частотами RXUSRCLK и RXRECCLK.

Предположим, что номинальная частота функционирования равна F символам в секунду, а

максимальная разница частот равна D Hz, тогда время T необходимое, чтобы в эластичном буфере появился один лишний или один недостающий символ будет равно:

$$T = \frac{1}{(\text{ReceiveClockFrequency} - \text{UserClockFrequency})}$$

Где *ReceiveClockFrequency* – это приемная тактовая частота, а *UserClockFrequency* – это тактовая частота пользователя.

$$T = \frac{1}{((F + D) - (F - D))} = \frac{1}{(2D)}$$

Количество символов, отправленных за время T :

$$N = (F + D) \cdot T,$$

которое приблизительно равно

$$N \approx \frac{F}{(2D)},$$

т.к. F намного больше, чем D .

Так как $\frac{D}{F}$ является максимальным отклонением тактирующего сигнала, получаем

$$N \approx \frac{1}{(2P)},$$

Где P – это максимальное отклонение тактирующего сигнала.

Для разницы в частотах, равной $\pm 0,01\%$ (данная точность достижима при использовании кварцевых генераторов), максимальное отклонение тактирующего сигнала будет составлять 10^{-4} , а количество символов между отправкой двух символов SKIP равно 5000. Таким образом, один символ SKIP должен быть отправлен на каждые 5000 символов для того, чтобы предотвратить переполнение эластичного буфера на единицу. При этом данный расчет не зависит от размера символов.

В SpaceFibre приемный эластичный буфера хранит управляющие слова и слова данных, а не отдельные символы. Следовательно, управляющее слово SKIP состоит из четырех отдельных символов, т.е. его длина равна одному слову.

Список литературы

ECSS-ST-S-00	ECSS system - Description, implementation and general requirements
ECSS-E-ST-50	Space engineering - Communications
ECSS-E-HB-50	Space engineering - Communications guidelines
ECSS-E-ST-40	Space engineering - Software
http://www.spacewire.esa.int	SpaceWire website