

SFP/XFP/QSFP/CFP

ОПТИЧЕСКИЕ ТРАНСИВЕРЫ

Краткое описание

Версия 1.0

© НАТЕКС, 2026

Права на данный документ принадлежат НАТЕКС. НАТЕКС, предоставляя в данном документе максимально точную информацию, не несет никакой ответственности за возможные несоответствия и оставляет за собой право вносить изменения в настоящее руководство без предварительного уведомления заказчиков. При несоответствии настоящего документа фактическому состоянию продукта, заказчик может получить обновления, направив запрос по адресу help@nateks.ru.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1.	ВВЕДЕНИЕ	4
1.1.	Основные этапы работы:.....	4
2.	ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ФОРМ-ФАКТОРАХ.....	5
3.	КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ.....	6
4.	КЛАССИФИКАЦИЯ ВСЕХ МОДУЛЕЙ ЛИНЕЙКИ С УКАЗАНИЕМ ИХ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	7
4.1.	Медные трансиверы (Copper)	7
4.2.	Классические дуплексные SFP (100M – 2.5G).....	7
4.3.	Одноволоконные SFP BiDi (100M – 2.5G)	7
4.4.	Высокоскоростные SFP+ и SFP28 (10G – 32G).....	8
4.5.	Устаревшие 10G форм-факторы (Legacy)	8
4.6.	Параллельная оптика 40G (QSFP+)	8
4.7.	Магистральные 100G (CFP, CFP2, QSFP28).....	9

1. ВВЕДЕНИЕ

Оптический трансивер – это устройство ввода-вывода с возможностью «горячей» замены (hot-pluggable), которое обеспечивает двунаправленную передачу данных, преобразуя электрические сигналы в оптические и наоборот.

1.1. Основные этапы работы:

1. Передача (Tx): электрический сигнал от коммутатора или маршрутизатора поступает в передатчик (TOSA – Transmitter Optical Sub-Assembly). Внутри него лазерный диод (например, DFB или EML) модулирует световой поток, преобразуя электрические импульсы в оптические.
2. Прием (Rx): оптический сигнал по волокну поступает в приемник (ROSA – Receiver Optical Sub-Assembly). Фотодиод (PIN или лавинный APD) преобразует световые импульсы обратно в электрический сигнал.
3. Обработка сигнала: В высокоскоростных модулях (SFP28, QSFP28, CFP) встроен блок CDR (Clock and Data Recovery), который восстанавливает форму и синхронизацию сигнала, очищая его от шумов и джиттера.
4. Мультиплексирование (WDM): Для увеличения пропускной способности по одному волокну модули могут использовать технологию волнового мультиплексирования (CWDM/DWDM), объединяя несколько длин волн (например, 4 канала по 25 Гбит/с для получения 100 Гбит/с).
5. Мониторинг: Поддержка DOM/DDMI (Digital Optical Monitoring) позволяет в реальном времени отслеживать температуру, напряжение питания, мощность передатчика и чувствительность приемника.

2. ОСНОВНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В ФОРМ-ФАКТОРАХ

Форм-фактор определяет физические размеры, энергопотребление, тип разъема и максимальную скорость передачи данных

Форм-фактор	Скорость	Особенности и применение	Разъем	Энергопотребление
SFP	до 2.5 Гбит/с	Базовый стандарт (155 Мбит/с, 622 Мбит/с, 1.25G, 2.5G). Для Fast Ethernet, SONET/SDH. Компактный, низкое энергопотребление.	Дуплексный LC	~1 Вт
SFP+	10 Гбит/с	Усовершенствованный SFP. Самый массовый формат для 10G Ethernet. Поддерживает расстояния от 300 м (MM) до 100+ км (SM), CWDM, DWDM, BiDi.	Дуплексный LC	~1-1.5 Вт
SFP28	25 Гбит/с	Внешне идентичен SFP+, но с улучшенной схемой. Имеет встроенный CDR. Применяется в 5G (eCPRI) и 25GBASE-LR Ethernet.	Дуплексный LC	~1.4 Вт
XFP	10 Гбит/с	Предшественник SFP+. Крупнее SFP+, использует отдельный электрический интерфейс XFI. Встречается в решениях для дальних дистанций (до 100 км).	Дуплексный LC	~1.5-2 Вт
QSFP+	40 Гбит/с	"Quad" SFP+. Объединяет 4 канала по 10 Гбит/с. Используется в ЦОД для 40GBASE-LR4 или InfiniBand.	MPO/MTP или LC	~3.5 Вт
QSFP28	100 Гбит/с	"Quad" SFP28. Объединяет 4 независимых полнодуплексных канала по 25.78 Гбит/с. Имеет встроенный quad CDR. Стандарт для 100G в ЦОД.	MPO-12/MTP-12 или LC	~3.5 Вт
CFP	100 Гбит/с+	Крупногабаритный модуль (144.8 x 82 x 13.6 мм, <300 г). Предназначен для магистральных сетей и агрегации у провайдеров. Высокая мощность, поддержка сложных схем мультиплексирования (4 длины волны LAN-WDM).	Двойной SC/PC	до 24 Вт

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ТИПУ ОПТИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ

По типу волокна:

- MM (Multi-Mode): Многомодовое волокно, длина волны 850 нм, короткие дистанции (100 м – 300 м).
- SM (Single-Mode): Одномодовое волокно (G.652), длины волн 1310 нм или 1550 нм, дистанции от 10 км до 160+ км.
- WDM (Wave Division Multiplexing):
- CWDM: Грубое мультиплексирование (широкий шаг сетки), экономичное решение для дистанций до 40–80 км.
- DWDM: Плотное мультиплексирование, для магистральных линий до 100 км и более.
- BiDi (Bidirectional): Передача и прием по одному волокну на разных длинах волн (например, 1270/1330 нм или 1490/1550 нм). Всегда используются парами.
- Специальные: Модули с интерфейсом RJ-45 (для витой пары до 30 м) или DCO (Digital Coherent Optics) для сверхдальних магистральных связей.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ВСЕХ МОДУЛЕЙ ЛИНЕЙКИ С УКАЗАНИЕМ ИХ КЛЮЧЕВЫХ ПАРАМЕТРОВ.

Ассортимент охватывает модули от классических SFP (155 Мбит/с) до высокоскоростных CFP и QSFP28 (100 Гбит/с), предназначенных для телекоммуникационных сетей, центров обработки данных (ЦОД) и мобильных сетей 5G.

4.1. Медные трансиверы (Copper)

Предназначены для коммутации по витой паре без перехода на оптоволокно.

- Форм-факторы: SFP RJ45, SFP+ RJ45
- Скорости: 125M (100BASE-TX), 1.25G (1000BASE-T), 10G (10GBASE-T).
- Дальность: До 100 м (Cat5e) и до 30-100 м (Cat6a/7 для 10G).

Особенности

Поддержка SERDES и SGMII интерфейсов, автосогласование (Auto-Negotiation).

4.2. Классические дуплексные SFP (100M – 2.5G)

Базовые оптические модули для сетей доступа, SDH/SONET и Fibre Channel.

- Форм-фактор: SFP (Dual LC)
- Скорости: 155M (STM-1/100M Eth), 622M (STM-4), 1.25G (1G Ethernet / 1GFC), 2.5G (STM-16 / 2GFC / CPRI3).
- Длина волны: 850 нм (VCSEL для MM), 1310 нм (FP/DFB для SM), 1550 нм (DFB для SM).
- Дальность: От 2 км до 220 км (модели с бюджетом мощности 50 дБ).

Особенности

Широкий выбор CWDM и DWDM (100ГГц) модулей для уплотнения линий.

4.3. Одноволоконные SFP BiDi (100M – 2.5G)

Экономия оптического кабеля за счет передачи в одном волокне.

- Форм-факторы: SFP (BiDi LC), SFP (BiDi SC)
- Скорости: 155M, 622M, 1.25G, 2.5G.
- Пары длин волн: 1310/1550 нм, 1490/1550 нм, 1510/1590 нм.
- Дальность: От 2 км до 160 км.

Особенности

Наличие версий с коннектором SC и LC.

4.4. Высокоскоростные SFP+ и SFP28 (10G – 32G)

Основной стандарт для центров обработки данных (ЦОД) и агрегационных сетей.

- Форм-факторы: SFP+ (Dual LC), SFP+ (BiDi LC), SFP28 (BiDi LC)
- Скорости: 10G (10G Eth, STM-64, 8G/10GFC), 16G FC, 25G (25G Eth, CPRI10), 32G FC.
- Длина волны: 850 нм (SR), 1310 нм (LR/ER), 1550 нм (ZR/EML/CML).
- Дальность: От 100 м (OM3/OM4) до 120 км.

Особенности:

- BiDi: Пары 1270/1330 нм и 1490/1550 нм (дальность до 100 км).
- CWDM/DWDM: Поддержка Tunable (перестраиваемых) каналов для DWDM.
- CDR: Наличие моделей с регенерацией сигнала (Clock Data Recovery) для FC.

4.5. Устаревшие 10G форм-факторы (Legacy)

Поддержка старого оборудования, где используются крупные трансиверы.

- Форм-факторы: XFP (Dual LC / BiDi LC), X2 (Dual SC), XENPAK (Dual SC)
- Скорости: 10G.
- Дальность: 300 м (MM) до 120 км (SM).

Особенности

Полный спектр решений (SR, LR, ER, ZR), включая DWDM Tunable и BiDi. X2 и XENPAK используют сдвоенные коннекторы SC.

4.6. Параллельная оптика 40G (QSFP+)

Решения для высокоскоростных магистралей и коммутации в ЦОД.

- Форм-факторы: QSFP+ (MPO-12), QSFP+ (Dual LC)
- Скорости: 40G.
- Длина волны: 850 нм (VCSEL), 1310 нм (CWDM/LWDM DFB), 1550 нм (C-Band EML).
- Дальность: От 100 м (OM3/OM4) до 80 км.

Особенности:

- MPO-12: Для параллельной передачи (SR4, PSM4).
- Dual LC: Для последовательной передачи по 4 длинам волн (LX4, IR4, LR4, ER4, ZR4).
- Поддержка режима Breakout (разделение на 4x10G).

4.7. Магистральные 100G (CFP, CFP2, QSFP28)

Флагманские решения для магистральных сетей и современных ЦОД.

- Форм-факторы: CFP Dual LC, CFP2 MPO-24 / Dual LC, QSFP28 MPO-12 / Dual LC / BiDi LC
- Скорости: 100G (включая Dual-Rate 103G/112G для поддержки OTU4).
- Длина волны: 850 нм (SR4/SR10), 1310 нм (PSM4, DR1, FR1, LR1, LWDM), 1550 нм.
- Дальность: От 100 м до 80+ км.

Особенности:

- Single Lambda 100G: Новейшие модули QSFP28 на базе 1310 нм DFB с модуляцией PAM4 (100G-DR1/FR1/LR1).
- BiDi: 100G-SR1.2 / SRBD (использование двух волокон вместо 8/12 за счет дуплексирования 850/908 нм).
- DWDM/CWDM: Магистральные QSFP28 и CFP/CFP2 для уплотнения каналов.