

ТЕХНОЛОГИИ QSFP-DD ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ДАТА-ЦЕНТРОВ

Скотт Соммерс (Scott Sommers)
по материалам www.connectorsupplier.com

Модульные компактные сетевые трансиверы в форм-факторе QSFP-DD — это самые маленькие в отрасли 400GbE-устройства, обеспечивающие максимальную плотность расположения портов. Строгие испытания подтвердили их пригодность в качестве модулей следующего поколения с высокой скоростью и плотностью передачи.

Исследование по термическому поведению модулей QSFP-DD проводилось для того, чтобы определить, могут ли данные модули использоваться в высокопроизводительных системах обработки и передачи данных. В ходе исследования 15-Вт модулей QSFP-DD получены результаты, демонстрирующие, как растет температура в зависимости от потока воздуха.

Трансиверы QSFP-DD — самые маленькие 400GbE-модули, которые при этом обеспечивают максимальную плотность передачи сигнала. Разработанные в сотрудничестве с инициативной группой MSA (QSFP-DD Multi Source Agreement (MSA)), модули QSFP-DD соответствуют требованиям рынка к уровню плотности портов и скорости встраиваемых модулей.

При разработке форм-фактора QSFP-DD использовались все возможности и инновации отрасли и рассчитывалась структура затрат с учетом поддержки фактических стандартов QSFP+ и QSFP28 для 40 и 100GbE. Модули допускают подключение 36 портов по 400GbE в одной стойке (RU) и обеспечивают пропускную способность 14 Тбит/с.

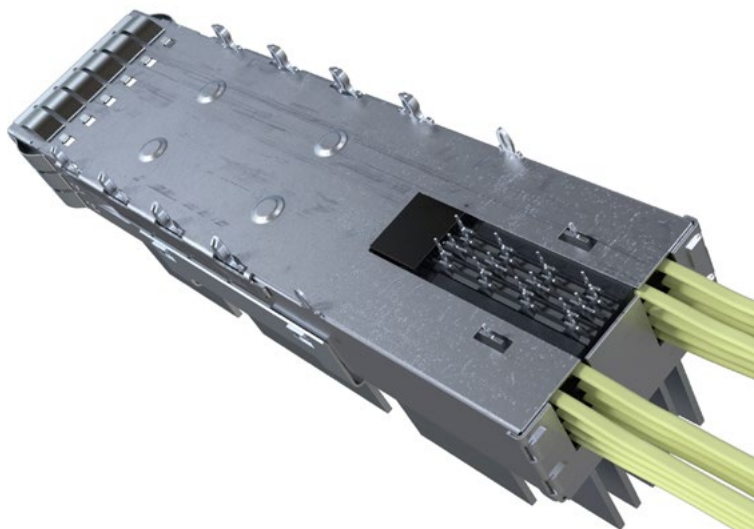


Рис. 1.
Модульный сетевой трансивер в форм-факторе QSFP-DD



Модули QSFP-DD обратно совместимы с трансиверами на базе QSFP со скоростями 40–200 Гбит/с и могут поддерживать следующие режимы:

- 3 м по пассивным медным кабелям;
- 100 м по параллельным мультимодовым оптоволоконным проводам;
- 500 м по параллельным одномодовым оптоволоконным кабелям;
- 2 км и 10 км по дуплексным одномодовым оптоволоконным кабелям;
- мультиплексирование по длинам волн (WDM) и когерентную оптическую связь.

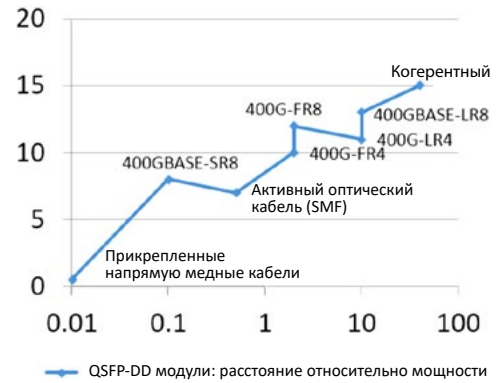


Рис. 2. QSFP-DD поддерживает 36 портов в стойке размера 1RU



Рис. 3.

QSFP-DD модули: расстояние относительно мощности



ТЕРМИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И ТЕСТИРОВАНИЕ

Одна из проблем, стоящих перед разработчиками оборудования со встроенными модулями, заключается в том, что каждый разъем должен выдерживать максимальную термическую нагрузку. Согласно опросам, основные требования достижения максимальной производительности QSFP-DD — это хорошее охлаждение при допустимом потреблении по крайней мере до 15 Вт.

К счастью, в отрасли имеется значительный опыт создания и охлаждения модулей малого форм-фактора, включая меньшие по размеру однорядные SFP-модули, обратно совместимые четырехрядные модули QSFP. Причем оба типа модулей интенсивно используются в современных сетевых коммутаторах. Этот опыт можно перенести и на встраиваемые модули QSFP-DD,

и, рассчитывая на дальнейшие инновации, можно ожидать, что в продуктах 400GbE мощность в 15 Вт будет достижима.

Основное преимущество модулей QSFP-DD — гибкость компоновки для оптимизации процесса охлаждения. Плоская верхняя поверхность позволяет оптимально размещать теплоотводы и/или теплопередатчики, а также использовать другие инновации — например, впускные отверстия, системы вытяжек для портов и варианты бокового охлаждения.

Высокоплотные системы предусматривают не только разные разводки и компоновки печатных плат (PCB), но и различные способы расположения вентиляторов и управления подачей воздуха для того, чтобы получить оптимальные трассировку, размещение модулей и охлаждение платы. Компоновка способом стыковки («лицом к лицу») состоит в том, что модули QSFP-DD размещают-



Рис. 4.

Продукт	Тип вилки	19"/1RU используемая лицевая панель (352,75×41 мм)	Пропускная способность	
			Количество портов	Объем
SFP+ (benchmark) 1×16G			72	720Gb
zSFP+ (benchmark) 1×28G			72	1.8Tb
QSFP28 4×28G			36	3.6Tb
QSFP56 4×56G			36	7.2Tb
microQSFP 4×56G			72	14.4Tb
SFP-DD 2×56G			72	7.2Tb
QSFP-DD 8×56G			36	14.4Tb

Плотность портов в стойке 1RU

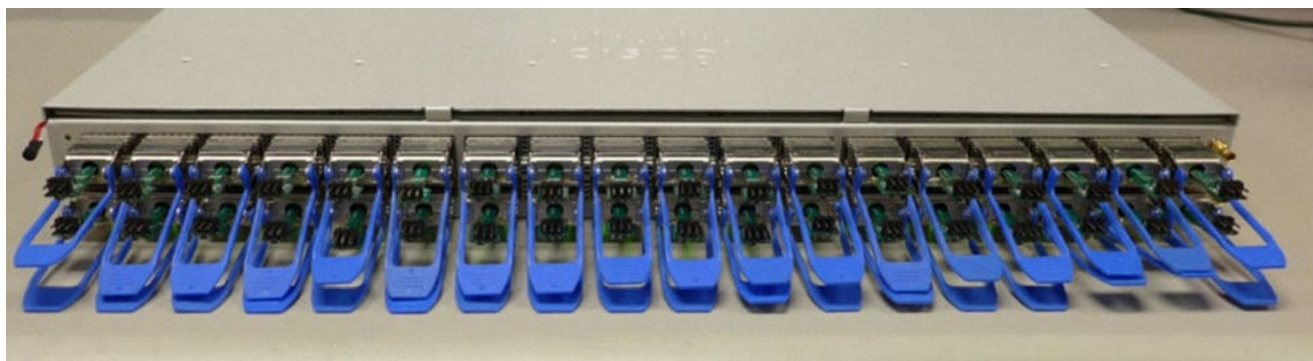


Рис. 5.

ся на противоположных сторонах платы. Такая конструкция позволяет воздушному потоку охлаждать обе стороны платы, а значит, охлаждение производится более эффективно. Кроме того, данная компоновка обеспечивает более высокую целостность сигнала высокоскоростных дорожек по сравнению с компоновкой блоками, расположенными друг над другом. Один из недостатков этой конструкции — ограничение по высоте установленных на плате компонентов, а также уменьшенная высота теплоотвода на высокомоощном чипе коммутации.

Другой вариант — компоновка в стеки, то есть друг над другом, когда модули QSFP-DD располагаются на одной стороне печатной платы, поэтому воздушный поток проходит только по одной стороне. Такая конструкция дает преимущество по охлаждению чипа коммутации за счет увеличения до максимума высоты теплоотвода. Основные проблемы в использовании описанного варианта — сохранение целостности сигнала высокоскоростных дорожек на верхнем блоке стека и охлаждение нижних блоков стека.

Для проверки модулей QSFP-DD и способов их компоновки выполнялись специальные термические тесты, призванные показать, что модули QSFP-DD сохраняют производительность даже в экстремальных тепловых условиях. Результаты всесторонних испытаний подробно документировали поведение воздушных потоков и результаты охлаждения, при этом ключевым параметром оценки был подъем температуры. В каждом случае главной целью оставалось удержание роста температуры менее чем на 30 °С (от температуры окружающей среды до температуры корпуса модуля).

ТЕСТ 1: ПРОВЕРКА КОНСТРУКЦИИ С БЛОКАМИ, УСТАНОВЛЕННЫМИ В СТЕКИ

Для того чтобы охлаждать модули в верхнем и нижнем слоте, требуются теплоотводы, установленные в блок 2x1. Цель тестирования — определить эффективность теплоотведения и охлажде-

ния высокомоощных оптических модулей с таким способом установки теплоотводов. Тестирование проводилось с использованием 2x1 блоков, расположенных бок о бок в стойке 1RU.

В ходе теста особое внимание уделялось системам 1RU с фиксированным размещением плат, поскольку они, как правило, являются наиболее сложными с точки зрения теплового расчета. Пространство, предназначенное для вентиляторов, ограничено, поэтому данный форм-фактор представляет наиболее сложный случай. Модульные системы с линейным расположением плат и возможностью их выдвигания обычно оснащены вентиляторами большего размера и, соответственно, могут обеспечить лучшее прохождение потока воздуха через компоненты. В модульных системах подъем температуры, как правило, на 5–7 °С ниже по сравнению с фиксированной конструкцией.

В каждом тесте два блока QSFP-DD были расположены рядом (корпус 2x1). Все тесты проводились при комнатной температуре +20...+22 °С на уровне моря. Направление потока воздуха — от передней части к задней, интенсивность потока — типичная для таких конструкций. В некоторых тестах был использован датчик усилия или силы для того, чтобы удерживать прижимную силу теплоотвода на указанном уровне. Это было необходимо для достижения согласованных результатов испытаний.

В тестах с блоками, установленными в стеки, температура растет в случае, если используются зажимы, независимо от уровня начальной температуры. Полученные результаты измерения показывают, что величина усилия зажима была выбрана верно. Средняя температура корпуса модуля поднялась примерно до +21...+22 °С, когда интенсивность потока воздуха на корпус 2x1 составляла 7 фут³/мин (CFM). На графике изменения температуры видно, что рост температуры корпуса может быть меньше 20 °С, если интенсивность потока превышает 8 CFM на корпус 2x1. В большинстве корпусов при указанном диапазоне интенсивности потока воздуха нижние модули бу-

Рост температуры модуля выше температуры воздуха для карт 1 и 2

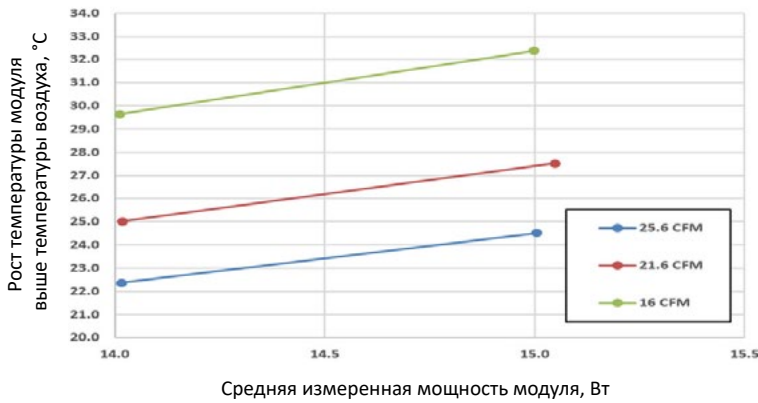


Рис. 6.

дуг нагреваться на 2–4 °C больше, чем верхние. На графике приведено изменение температуры в зависимости от мощности и показано, что модули QSFP-DD в комбинации с правильной компоновкой могут обеспечить требуемые 15 Вт и при этом не нагреваться более чем на 30 °C.

ТЕСТ 2: ПРОВЕРКА КОМПОНОВКИ С РАСПОЛОЖЕНИЕМ МОДУЛЕЙ «ЛИЦОМ К ЛИЦУ»

Конструкция 1RU отличается тем, что теплоотводы устанавливаются на верхней поверхности корпусов и поэтому обеспечивают лучшее обтекание потоком воздуха. В данном тесте, проведенном на уровне компонентов, рассматривались два корпуса 1x2 с модулями QSFP-DD, расположенными по обе стороны тестовой платы. Все тесты выполнялись при температуре окружающей среды +40 °C. Направление потока воздуха от передней панели к задней, интенсивность потока типична для таких систем.

Тестирование проводилось для модулей с рассеиванием мощности 14 и 15 Вт. Результаты показывают, что появилось отклонение смеще-



Рис. 7.



ния мощности к центральной и задней части модуля, что приводит к значительно лучшему термическому поведению.

В таких системах, где воздух протекает от передней панели к задней, температура корпуса 15Вт может держаться ниже +70 °C (+158 °F) при температуре окружающей среды +46 °C и интенсивности потока 6,4 CFM в одном модуле. При температуре окружающей среды +40 °C максимальное рассеивание мощности увеличивается до 18 Вт. Снижение температуры окружающей среды и/или тщательный подбор теплоотводов (например, теплоотводы с более высокими ребрами и/или более плотным расположением ребер) может увеличить рассеивание мощности модуля до 18 Вт. Для получения нужных термических показателей требуется интенсивность потока в 6,4 CFM. Этого удастся достичь с помощью вращающихся в противоположном направлении вентиляторов при спаде давления водяного столба 2,5".

МОДУЛИ QSFP-DD ГИБКИЕ И ЭКОНОМИЧНЫЕ

Построение и поддержка портфеля разработок по совместимым решениям очень важны для данной отрасли, особенно в области приемопередающих устройств, технологий коммутации и серверах. Поскольку в дата-центрах все время увеличиваются мощности и расширяются возможности охлаждающих систем, терморегулирование и управление тепловым режимом становятся очень важными.

Полученная в ходе испытания термического поведения модулей QSFP-DD зависимость роста температуры от потока воздуха показывает, что 15-Вт модули QSFP-DD могут применяться в высокопроизводительных дата-центрах.

Модули QSFP-DD обеспечивают гибкие и экономичные решения, в них использован весь огромный опыт по разработке систем, модулей, корпусов с оптимальным охлаждением. Исследования подтверждают, что данный форм-фактор также является гибким решением за счет широких возможностей компоновки. В различных конфигурациях, блоками в стеках или стыковкой «лицом к лицу», модули QSFP-DD выдерживают необходимые термические нагрузки, удовлетворяя требованиям отрасли к устройствам с высокой пропускной способностью нового поколения.

