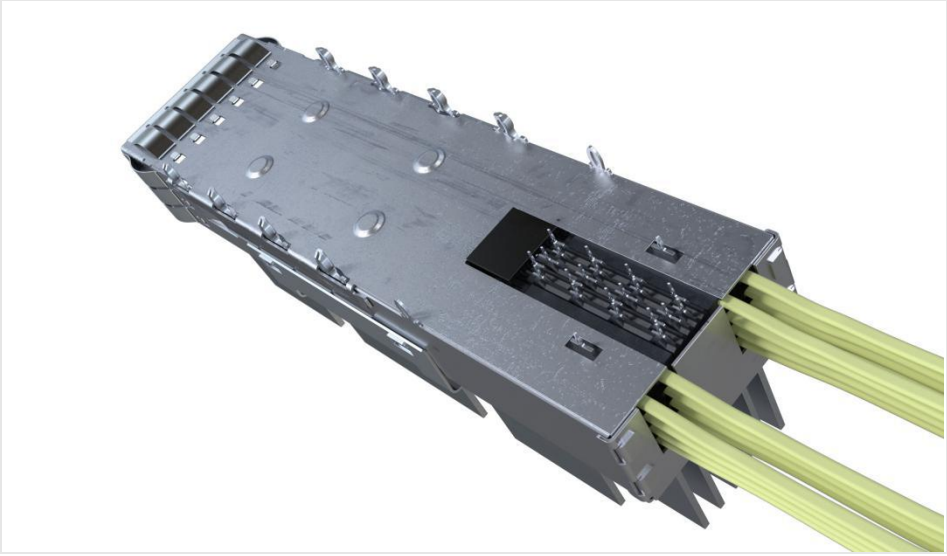
QSFP-DD 对未来数据中心至关重要

原创：Scott Sommers（Molex 产品经理，QSFP-DD MSA 主席），编译：深圳市连接器行业协会 李亦平

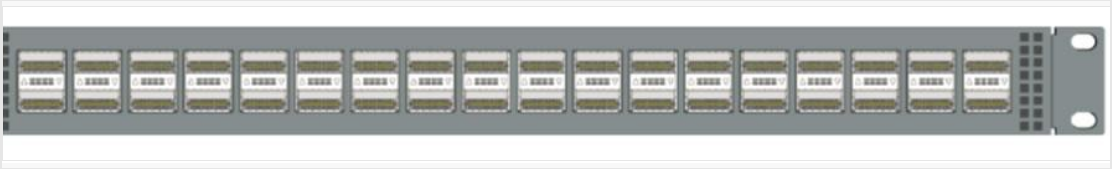
四通道小型可插拔双密度模块(QSFP-DD)是业界最小的 400GbE 模块，提供最高的端口带宽密度，经过严格的测试，验证了它是下一代高密度、高速可插拔模块。



四通道小型可插拔双密度(QSFP-DD)模块的热性能已在高性能数据中心环境中得到了广泛的评估。分析 15W QSFP-DD 模块的热测试数据和结果，得出了温升与气流的关系。

QSFP-DD 模块是业界最小的 400 GbE(千兆以太网)模块，提供最高的端口带宽密度。通过与 QSFP-DD MSA 团队合作开发完成，满足了下一代高密度、高速可插拔模块的市场需求。

QSFP-DD 的构成形式促使了行业重要的制造能力的改变，同时成本也支持 40GbE 和 100GbE 的 QSFP+和 QSFP28 标准。这种结构支持单个机架单元(RU)中具有 36 个 400GbE 端口，并提供超过 14TB/s 的带宽。



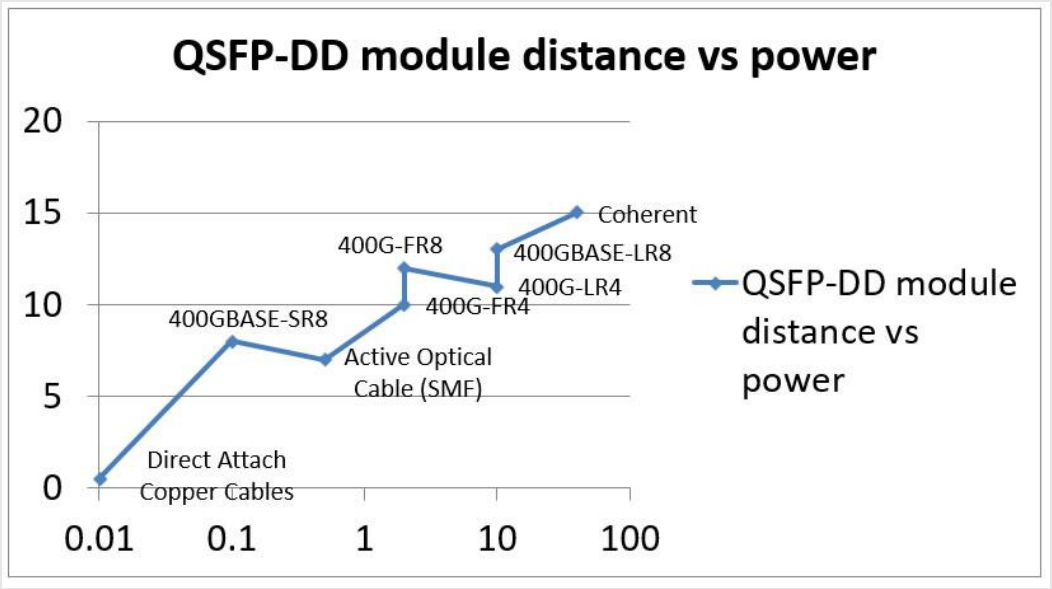
单个支架上的 36 个 QSFP-DD 端口

QSFP-DD 模块兼容从 40Gb/s 到 200Gb/s 的所有 QSFP 收发器，以及支持以下一系列产品，包括：

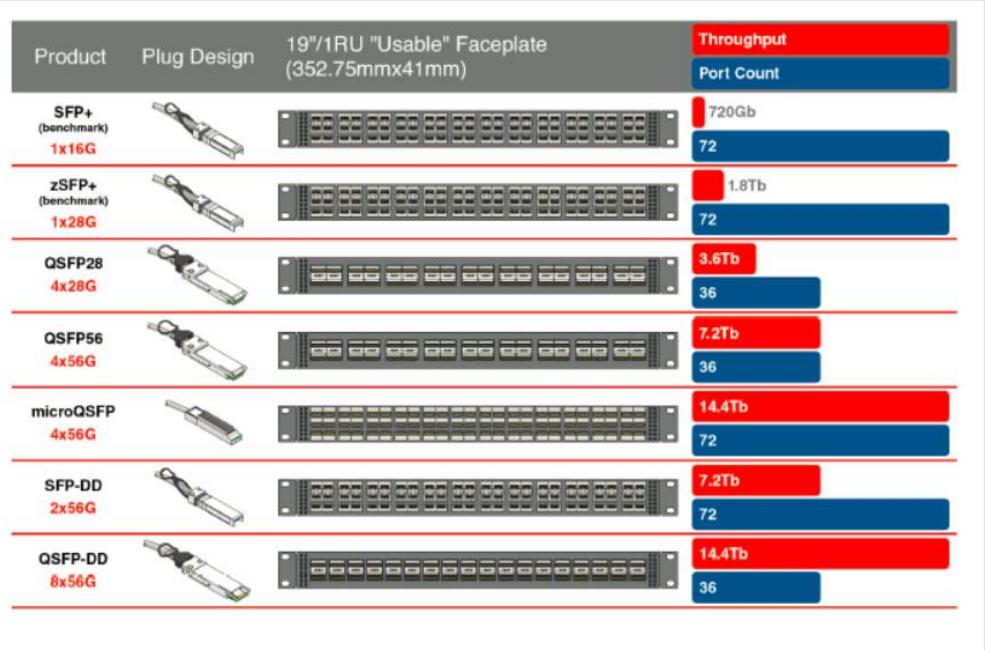
- 3m 无源铜缆
- 100 米平行多模光纤
- 500 米平行单模光纤
- 2 公里和 10 公里双工单模光纤
- 波分复用(WDM)和相干光学

热要求及测试

在设计具有可插拔模块的设备的挑战中，每个插座必须能够处理最大热负载。基于对所有未来预期光学模块类型和层级的调查，至少需要 15W 的冷却能力才能支持 QSFP-DD 的最大覆盖范围。



幸运的是，现在有足够的行业经验来制造和冷却一系列小型模块，包括较小的 SFP 单车道模块和兼容性强的 QSFP 四车道模块等，这两个模块都在今天的网络交换机中被密集使用。这些经验被应用到 QSFP-DD 可插拔模块以及未来进一步的创新中，15W 冷却能力在 400 GbE 产品中被认为是很容易实现的。



单支架端口密度

系统设计中灵活优化热冷却是 QSFP-DD 模块的关键优势之一，他们的平顶设计，使散热片和散热管可以进行众多的热创新和优化，包括有限范围的进入、排气和侧对侧冷却等。

高密度系统利用不同的 PCB 设计、风扇布局和气流控制等来优化路径、模块布局和气流等。 belly-to-belly 设计可以将 QSFP-DD 模块放置在 PCB 的对面。在这种设计中，气流在 PCB 两侧冷却模块，这样效果更优。相比堆叠卡笼，这种设计还提供了更好的高速信号完整性。belly-to-belly 设计的一个缺点是 PCB 上组件的高度有限，需要降低大功率转换芯片上散热片的高度。

另一个选项是堆叠设计，将 QSFP-DD 模块放置在 PCB 的同侧，因此空气只流动在一侧。通过最大限度地加大散热片高度，这种设计非常有利于冷却转换芯片。使用堆叠设计的主要挑战是在保持上层堆叠卡笼高速信号完整性的同时，又要冷却下层卡笼模块。

在规定的工作范围内对 QSFP-DD 模块和支架热性能进行了热测试，以确保 QSFP-DD 解决方案在遇到极端温度时保持稳健。经过大量测试气流和温升散热得出系统设计的关键参数。要求在任何情况，模块周围的温度保持在 30° C 以下。

热测试 1：堆叠卡笼测试

同时冷却上槽和下槽中模块的能力需要散热片到集成 2 合 1 卡笼中。通过测试来确定模块笼和与高功率光学模块的散热片结合后的热性能。使用单支架转换器侧对侧 2 合 1 卡笼来进行模块热测试。

重要的热测试集中在装好的单支架系统设计上，因为从热设计的角度来看，这通常是最具挑战性的。风扇空间是有限的，这需要最复杂的模块热设计。线卡模块系统设计将风扇拉出，能提供更大的通风气流。在模块化系统中，模块设计通常比固定装置设计的温升低 5-7° C.

每次试验并排设置两个 2×1 QSFP-DD 笼。所有的热试验都是在室温下进行的，范围在海平面 20° C 到 22° C 之间。气流方向从前到后，在试验中使用的气流范围被认为是针对典型的系统设计。在某些测试案例中，为了达到一致的测试结果，使用了测力计/测力单元在散热片下设置一定的值。

Sloped H.S. + Dry +Clip, ΔT Case Avg
Sloped H.S. + Dry +Clip, ΔT Inside Avg

		Top				Bottom				Avg. Temperature		Temperature Rise	
		Left		Right		Left		Right		Case	Inside	Case	Inside
CFM	Tamb	Tcase	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T Case Avg	T Inside Avg	ΔT Case Avg	ΔT Inside Avg
3	19.5	56.2	60.7	54.6	59.6	63.6	68.1	62.6	66.3	59.3	63.7	39.8	44.2
5	20.3	45.9	49.2	44.6	48.4	50.6	54.3	50.3	52.7	47.9	51.2	27.6	30.9
7	21	41.5	44.5	40.8	44.1	45.2	48.6	44.9	47	43.1	46.1	22.1	25.1

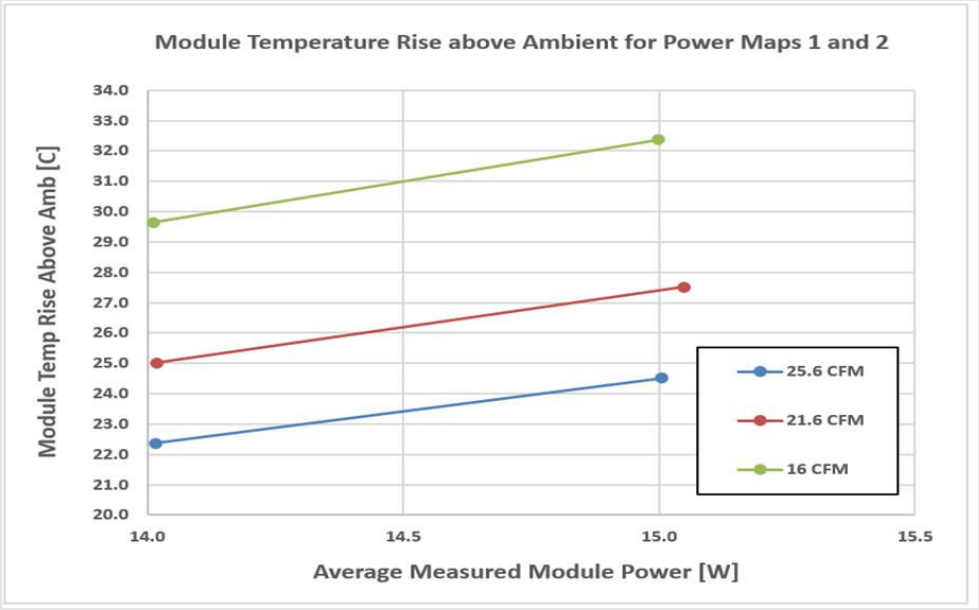
Sloped H.S. + Dry +Hi Down Force, ΔT Case Avg
Sloped H.S. + Dry +High Down Force, ΔT Inside Avg

		Top				Bottom				Avg. Temperature		Temperature Rise	
		Left		Right		Left		Right		Case	Inside	Case	Inside
CFM	Tamb	Tcase	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T Case Avg	T Inside Avg	ΔT Case Avg	ΔT Inside Avg
3	20.3	56.2	61	54.7	59.8	62.6	67.3	62.5	66.5	59.1	63.7	38.8	43.4
5	20.5	47.1	50.3	45.7	49.5	51.4	55.1	55.1	53.6	48.8	52.1	28.3	31.6
7	20.2	41	43.7	39.9	43.3	44.4	47.5	44.1	46.2	42.4	45.2	22.2	25.0

Sloped H.S. + Dry +Low Down Force, ΔT Case Avg
Sloped H.S. + Dry +Low Down Force, ΔT Inside Avg

		Top				Bottom				Avg. Temperature		Temperature Rise	
		Left		Right		Left		Right		Case	Inside	Case	Inside
CFM	Tamb	Tcase	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T case	T inside	T Case Avg	T Inside Avg	ΔT Case Avg	ΔT Inside Avg
3	20.6	57.4	62.1	55.6	60.6	62.7	67.1	62.7	66.4	59.6	64.1	39.0	43.5
5	20.9	47.3	50.7	45.8	49.7	50.7	54.2	51	53.3	48.7	52	27.8	31.1
7	20.7	41.9	44.8	40.5	44.1	44.2	47.4	44.6	46.5	42.8	45.7	22.1	25.0

在堆叠支架热试验中，无论是低预置还是高预置，温度都随夹具的使用而升高。这导致非常接近的温度结果，从夹紧力设计来看这是一个正确的现象。当 2×1 支架的风量在 7 CFM 左右时，组件的平均温升在 21~22° C 左右。温升曲线表明，当空气流量大于 8 CFM/2×1 笼时，模块笼温升可小于 20° C。在大多数情况下，2×1 笼中的底部模块在 CFM 测试范围内运行的温度比顶部模块高出 2-4° C。温升与功率关系图证实了 QSFP-DD 模块和支架结合后低于 30° C 温升所需的能力。



热测试 2：Belly-to-Belly 测试案例

belly-to-belly 的设计将散热片安装在支架顶部的表面，并应在支架转换设计中提供最佳模块冷却气流。在这个组件级测试中，在测试板的两侧设置了两个 1×2 QSFP-DD 笼。所有的热试验在 40° C(114.8° F)环境温度下进行。气流方向是前后向的，试验中使用的气流范围被认为是典型的系统设计要求。belly-to-belly 热测试中同时使用 14W 和 15W 模块的功耗，结果表明，将功耗偏置到模块的中心和后方，可以显著改善模块的热性能。

在前向后气流的 belly-to-belly 系统中,46° C 环境下,15W 组件的箱温可保持在 70° C(158° F)以下;模块风量为 6.4 cfm。在 40° C(114.8° F)环境温度以下时，最大模块功耗增加到 18W。优化热环境或定制散热片(例如，翅片较高或翅片密度较高的散热片)可将最大模块功耗增加到超过 18W,在 2.5“H2O 压降下使用反旋转风机,6.4CFM 气流才能达到预期的热性能.

灵活又经济的 QSFP-DD 模块

建立和维持互操作的互连解决方案对于支持收发器模块、交换技术和服务器方面的进步是非常重要的。随着数据中心最大限度地利用电力和冷却系统，热管理变得越来越重要。

在高性能数据中心环境中，QSFP-DD 模块的热性能得到了广泛的评价.由此产生的温升与气流的数据清楚地证明了 15W QSFP-DD 模块在现实数据中心环境中的可行性。

QSFP-DD 模块提供了灵活、低成本的解决方案，连接器行业在系统、模块和支架热设计和管理方面拥有丰富的经验。热测试证实，这种结构在产品定制方面也提供了很大的灵活性。无论是堆叠的支架和 belly-to-belly 的配置，QSFP-DD 模块可以支持所需的热负荷，以满足下一代高带宽应用的需求。

（有意报名参加 DesignCon 2020，请加深圳市连接器行业协会秘书处李亦平微信：13928769053，或扫二维码：）