

DOI:10.19651/j.cnki.emt.1802205

Galileo/GPS 卫星导航模拟源的 FPGA 算法设计与实现*

眭晨阳 宋茂忠

(南京航空航天大学 电子信息工程学院 南京 211106)

摘 要: Galileo 卫星导航系统各频段信号中引入了多种新兴调制方式,是新一代卫星导航系统典型代表。目前可见 星数量有限,给深入探索带来了一些困难,故采用"上位机+FPGA+DSP"架构设计实现了 Galileo+GPS 卫星导航信 号模拟源,着重研究卫星导航模拟源 FPGA 端的算法,完成了多普勒频移模拟、副载波生成、偏置载波调制、伪距信号 生成的工作,解决了各模块信号对齐的关键技术,产生了 Galileo E1 OS 和 GPS L1 C/A 中频信号。利用硬件接收机 对生成的信号进行接收验证,实验结果表明,接收机能正确捕获跟踪定位,定位坐标与预设坐标相符,证明了仿真信号 的正确性。

关键词:全球卫星导航系统;模拟源;GPS;偏置载波调制;FPGA 中图分类号:TN967.1 文献标识码:A 国家标准学科分类代码: 510.5015

Design and implementation of FPGA algorithm for Galileo/GPS satellite navigation signal simulator

Sui Chenyang Song Maozhong

(College of Electronic and Information Engineering, Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 211106, China)

Abstract: Various new modulation modes have been introduced into the signals with different frequency bands of Galileo satellite navigation system, which is a typical representative of the new generation satellite navigation system. The limited number of visible Galileo satellites has brought some difficulties to further exploration. In this paper, a Galileo+GPS satellite navigation signal simulator is designed and implemented based on the architecture of "PC+ FPGA+DSP". The algorithm of FPGA in satellite navigation signal simulator is mainly studied, doppler frequency shift simulation, subcarrier generation, offset carrier modulation and pseudo range signal generation are completed, key technology of signal alignment of all modules is solved, and the intermediate frequency signals of Galileo E1 OS and GPS L1 C/A are generated. The hardware receiver is used to receive and verify the generated signal, the results of experiments show that the receiver can correctly capture, track and fix positions, and the location coordinates are consistent with the preset coordinates, which prove the correctness of the simulation signal.

Keywords: global navigation satellite system (GNSS); signal simulator; GPS; binary offset carrier (BOC); FPGA

0 引 言

2018 年随着 4 颗新卫星的升空, Galileo 全球卫星导航 系统已完成组网。卫星导航信号模拟源是卫星导航研究领 域的重要设备,利用它可以在实验室环境下对卫星导航接 收机的捕获跟踪性能进行有效地测试与评估。模拟源可提 供稳定及可控的环境,并能够多次重复性测试^[1],尤其是对 于高动态等复杂场景,可大大减少接收机设备的研制成 本[2],同时也可以为新技术新方案的论证提供实验平台。

本文的目的是研究 Galileo E1 OS 中频信号模拟源,但 最终测试与验证受限于可见星数量稀少而无法系统展开, 故运用 Galileo+GPS 信号联合定位的方式来检验生成信 号的质量。由于目前对 GPS L1 C/A 信号模拟源的研究已 经比较成熟,相关算法和实现的论文较多。如文献[3]对运 动插值模型、载波 NCO 设计和码 NCO 设计进行了深入研 究,实现了单通道 GPS 卫星导航模拟源;文献[4] 针对

收稿日期:2018-10-25

^{*}基金项目:国家重大科学仪器开发专项(2013YQ200607)资助

GPS/北斗卫星导航模拟源的 FPGA 设计实现开展研究,生成了 GPS 与北斗两种导航信号,并在软硬件接收机上都有较好定位表现等。本文的研究重心放在 Galileo E1 OS 信号生成上。

本文简要分析了 Galileo E1 OS 接收端的中频信号模型和其信号调制体制。提出了一种 Galileo E1 OS+GPS L1 C/A 中频信号生成方案,信号模拟源采用了"上位机+FPGA+DSP"的硬件架构。较详细地叙述了整个系统的运作流程,着重对 Galileo 信号的 FPGA 端的实现算法进行研究。最终,用硬件接收机对生成的 Galileo+GPS 卫星导航信号进行有效性测试与验证,结果显示能够联合定位,证明了 FPGA 端算法实现和模拟源信号生成的正确性。

1 Galileo E1 OS 信号

1.1 Galileo E1 OS 信号数学模型

Galileo 接收机处接收到的 Galileo 中频信号模型^[5]为:

$$s_{\rm E1-B}(t) = D_{\rm E1-B}(t)C_{\rm E1-B}(t)SC_{\rm E1-B}(t)$$
 (2)

$$s_{\rm El-C}(t) = C_{\rm El-C}(t)SC_{\rm El-C}(t)$$
(3)

$$T_{d} = \delta t_{\text{sat}} + \delta t_{\text{Tropo}} + t_{P} \tag{4}$$

式中: $D_{EI-B}(t)$ 为 E1-B 通道导航电文数据; $C_{EI-B}(t)$ 为 E1-B通道测距码主码; $SC_{EI-B}(t)$ 为 E1-B 通道子载波; ∂t_{sat} 为卫星钟差; ∂t_{Tropo} 为对流层误差; t_{P} 为传播时延。本文以 式(1)为基础模型进行信号建模。

1.2 Galileo E1 OS 信号调制体制

为了让 Galileo E1 宽带信号能在拥挤不堪的 L1/E1 频 段上与 GPS L1 实现兼容性与互操作性,美国和欧盟达成 了将 BOC(1,1) 调制作为在 L1/E1 频段上的民用信号的 共同基准。之后又推荐了一种名为混合二进制偏移载波的 优化扩频调制方法^[6],即为 MBOC。本文讨论的 E1 OS 信 号采用的 CBOC 调制是 MBOC 调制的一种实现方式。

GPS L1 频段信号的频谱主瓣主要分布于 L1 频段中心 2 M 的带宽之内。Galileo E1 OS 信号在调制方式中引入了 子载波,将频谱主瓣分裂到 E1 中心频点 1 575.42 MHz 两 边,减少了相互之间的频谱干扰并改善定位性能,已成为现 代卫星定位系统的发展方向。

Galileo E1 OS 基带信号由数据通道 E1-B 和导频通道 E1-C 两部分构成。为了消除自相关函数中相关项的影 响^[7],E1-B 和 E1-C 通道分别采用 CBOC(6,1,1/11,'+') 和 CBOC(6,1,1/11,'-')调制,两种调制联合使用可以抵 消互相关项。数据通道中测距码主码与导航电文扩频调 制,其子载波调制方式为 BOC(1,1)与 BOC(6,1)按权重相 加;而导频通道中没有数据信息参与调制,仅仅是测距码主 码和副码调制生成了长周期的阶梯码,有效增强信号的抗 窄带干扰能力,其子载波调制方式为 BOC(1,1)与 BOC(6, 1)按权重相减。子载波的常系数 α , β 分别为 $\sqrt{10}/\sqrt{11}$ 与 $1/\sqrt{11}$,表示两种不同频率子载波的功率比为 10:1。最 终两路信号相减合成 Galileo E1 频段基带信号。具体调制 过程如图 1 所示^[8]。



图 I UBUU 调币

2 中频信号模拟源的设计

2.1 模拟源的整体架构

模拟源因需要实时进行多次迭代计算传输时延及卫星 位置等参数,涉及到复杂的浮点运算,同时为了确保一定的 精度水平,设定了 20 ms 更新各项参数的时间间隔,对硬件 的实时浮点运算能力有着较高的要求,故采用具有高性能 浮点运算能力的 TI 的 DSP 芯片;基带信号的生成涉及到 数字域的逻辑设计和信号处理,故采用 Xilinx 的 FPGA 芯 片。FPGA 善于并行处理、精度高、实时性好、成本可控;可 充分利用器件的可编程特性,减少外围芯片数量,降低硬件 设计复杂度;采用模块化设计,使系统易于维护和升级^[9]。 FPGA 与 DSP 之间亦有丰富的通信接口可供数据高速传 输,为实时高频率更新参数提供了保障。

本文采用"上位机+FPGA+DSP"的整体架构,如图 2 所示。



上位机负责设定模拟源的初始参数,生成场景文件、轨 迹文件,与对应系统模拟时间段的卫星星历及历书存至数 据库中供 DSP 取用。 DSP 主要的工作是通过串口接收上位机发送的数据 文件,组织生成卫星的导航电文,通过用户设定的初始参 数、场景文件和星历历书等数据计算出各通道卫星信号的 初始状态参数以及需要定时更新的控制参数。与工控机和 FPGA 实现高速通信。

FPGA则是接收 DSP 传输来的各项参数和导航电文数据,进行信号生成与调制,将多通道信号叠加,得到数字中频信号。

整个系统的运作流程为:由上位机端的用户界面程序 配置场景文件、设置用户轨迹,与星历历书等数据一起存放 至数据库中。其中,场景文件中包含了以下参数:设定的用 户位置、信号模拟时长、运动模型以及本地时间等;DSP进 行 PLL、DDR3、SRIO 及中断等内部模块的初始化,完成之 后通过串口接收上位机发送来的数据文件并存储至外挂的 DDR3 中。解析星历历书,计算出模拟时刻卫星的粗略位 置及卫星位置相对于用户位置的仰角值,通过所设门限来 对卫星可见性进行判断,选出用户位置处的可视卫星。根 据所选卫星导航系统的接口控制文件中的规范编排组织处 模拟时间段的导航电文。建立中频信号算法模型,其中包 括电离层和对流层的延时等误差模型,运用多核运算获得 卫星传播时延,并推出初始状态参数(初始码相位及初始载 波相位等)和实时控制参数,与导航电文一起以一定格式编 帧放入 DDR3 缓存发送区,由中断响应模块控制发送; FPGA 端每隔 20 ms 通过 SRIO 发送 Doorbell 门铃包至 DSP,作为外部中断信号。通过缓存模块的乒乓操作^[10]来 安全无缝接收 DSP 每次更新发送来的 4 个 256 字节的 SWRITE 流写句。信号产生模块获取数据后进行测距码、 子载波生成,CBOC 调制及基带信号与载波相乘产生数字 中频信号。多通道信号滤波叠加,经过 DA 模块和射频模 块发射出来测试定位。当超出信号模拟时长时,DSP 端将 停止向 FPGA 端发送数据,则此时终止信号模拟。

2.2 FPGA 算法设计

本文研究的 Galileo E1 OS 信号采用了 CBOC(6,1, 1/11)调制。下文将详细说明 FPGA 端对此信号的实现 算法。

1)"基准"时钟

在本文的实现方案中,FPGA端的全局时钟是由 100 MHz晶振信号经时钟管理模块锁相环倍频的 250 MHz。 FPGA 接收 DSP 通过 SRIO 传输来的初始状态参数和实时 控制参数,进行信号生成与调制。

卫星导航信号模拟源对各信号时延和同步要求较高, 而 Galileo 信号因调制方式复杂,对时钟和各模块同步的处 理尤为重要。为了达到能定位的"门限"并在此基础上尽可 能地提高精度,在 FPGA 自顶向下的设计中将此问题纳入 了考虑。

(1)各模块尽可能利用时钟抖动和延迟小的全局时钟;(2)时钟同步化,分频时钟不直接驱动模块,作为使能

时钟使用;

(3)在开发工具的综合、布局布线阶段的设置中优化, 如将输入输出信号放入 IOB 中;

(4)时序约束针对特定路径进行优化。

本文选择一种采用数字控制振荡器(numerically controlled oscilator, NCO)生成带多普勒速度的12.276 MHz 时钟作为"基准"时钟,通过此时钟分频生成各模块所需使能时钟和子载波的方案。保证码 NCO 与载波 NCO、子载波的生成和各模块信号同步这三大关键点得以实现。需要注意的是,DSP 端必须修改"码速率"这个初始设定参数,将"码控制字"等更新参数调整至对应于12.276 MHz 时钟,这样分频产生的1.023 MHz 的测距码使能时钟才能具有正确的码多普勒频移及时延属性。

"基准"时钟 12.276 MHz 分频生成测距码读取时钟使 能,导航电文时钟使能等。通过使用时钟使能可以避免直 接使用分频时钟导致时钟"满天飞"的情况,进而大大减少 了亚稳态发生概率,在降低设计复杂度的同时也提高了设 计的可靠性^[11];对同步接口的输入输出信号使用 IOB,一 方面可以在布局布线时,保证寄存器的位置固定,对外的接 口时序也固定,不再受到不同版本的影响,同时还可以节省 一些内部的寄存器资源;另一方面,对于多比特的总线信 号,使用 IOB 以后,可以保证不同比特位的布线延时基本 固定,可以避免出现某比特电平误判断的情况,有效提高了 信号的质量。

2)码 NCO 与载波 NCO

NCO来源于直接数字频率合成器(direct digital synthesizer, DDS),采用全数字的合成方法,产生信号的频率分辨率高,切换速度快且相位连续^[12]。NCO技术的频率控制精度随着累加器位宽的加大而提高,可用来生成频率可控的时钟或正余弦信号等,运用在码NCO和载波NCO模块中用来产生带多普勒频移的信号。实现NCO的方法主要有简单计算法、查找存储表法以及 CORDIC 算法等^[13]。

在码 NCO 模块中,累加寄存器对频率控制字的累加 进位作为 12.276 MHz"基准"时钟输出;在载波 NCO 中, 采用简单高效的查表法,将相位累加器的高位截位,作为查 找表的查找地址,用以输出波形。根据模拟源的伪距分辨 率的要求,可计算出累加器的位宽下限。

$$N \geqslant \left| \log_2 \left(\frac{f_{\text{clk}}}{\frac{k}{c} \cdot f_{\text{code/carrier}}} \right) \right| \tag{5}$$

式中: N 为累加器位宽; f_{ck} 为系统工作时钟 250 MHz; k 为伪距分辨率; c 为电磁波传播的速度; f_{code/carrier} 为码或者 载波速率。在工程实现方案中, 一般取载波 NCO 与码 NCO 相位累加器位宽相同,所以将码 NCO 以及载波 NCO 的相位累加器位宽都设置为 48 bit。

通过对频率控制字的高频率更新来实时模拟载波及伪

码频率的变化情况。码 NCO 原理如图 3 所示。



图 3 码 NCO 原理

因系统时钟高达 250 MHz,码 NCO 和载波 NCO 的采 样率很高,难以在 DSP 端实时计算出每个采样点处的传输 时延,故采用了线性插值法更新中间样点的延迟量用以简 化计算过程^[14]。

3)子载波生成

要与伪码及导航电文信号保持同步,子载波的正确生 成是另一大难点,因为伪码与导航电文都带有多普勒频移, 实时频率会不断变化,与之不同相的子载波会在调制时判 定出很多错误的形状,直接影响信号的正确性。

导频与数据通道的子载波均为带多普勒且占空比接近 50%(有多普勒频移,故并不严格是 50%)的 6.138 与 1.023 MHz 周期信号叠加而成,其中 6.138 MHz 信号在两 路中为反相。为了保证两路信号同步,避免出现"对不齐" 而产生的竞争与冒险现象,本文将 12.276 MHz"基准"时 钟作为子载波产生模块的使能端,在 250 MHz 时钟的上升 沿且使能有效情况下翻转即可得到 6.138 MHz 信号; 1.023 MHz 信号则可以通过计数翻转得到。

本方案对两路子载波的幅值进行了含符号位的四值 8 bit量化: 取 $\alpha + \beta$ 为 + 127, 则 $\alpha - \beta$ 依比例取 + 66, $-\alpha - \beta$ $n-\alpha+\beta$ 为对应的相反数。在二进制信号中,采用二进制 "0"表示幅值"+1";二进制"1"表示幅值"-1"的数据映射。 数据通道根据全局时钟上升沿时刻 e EI-B、SC EI-B.a 和 SC EI-B.b 这三者的幅值来判定同一时刻子载波调制后的幅值。因后 续操作为数据通道信号减去导频通道信号,为避免出错,可 在每次判定导频通道子载波调制后幅值时将"一"纳入考 虑,由 e_{EI-C}、SC_{EI-C.a}、SC_{EI-C.b}及"一"来决定导频通道子载波 调制结果。通过 switch-case 语句的多位判定与查表,节省 了乘法器资源且时序简单,容易保证子载波与伪码对 齐^[15]。将两路信号相加,考虑到进位问题,和的位宽+1, 即得到单通道的 Galileo E1 OS 基带信号。使用开发工具 ISE 14.7 内置的在线逻辑分析仪 chipscope 抓取 E1-B 通道 经过子载波调制的信号,如图 4 所示,与 Galileo ICD 上的 示例波形吻合。

创建乘法器 IP 核,选择"Use Mults"最大化利用 FPGA携带的资源,提高计算的效率减少延迟。将基带信 号与载波 NCO 生成的载波相乘,即为单通道中频信号。 使用 chipscope 抓取中频信号,IQ 两路信号中的一路如图 5 所示。

• 26 •



图 4 E1B 数据通道信号



图 5 中频信号

3 信号测试与验证

3.1 基于 AV1465 微波通信信号模拟器的信号播放

AV1465 微波通信信号模拟器是项目合作方中国电子 科技集团第四十一研究所提供的通用信号产生平台,此仪 器可产生频率范围为 250 kHz~44 GHz 的调制信号。 AV1465 拥有完善的人机交互页面,便捷地实现信号参数 以及硬件状态的动态设置。在上位机的界面程序中设置初 始状态参数,最终实现信号播放。定位坐标设置为经度 118°48′55.44″,纬度 32°2′24.72″,高度 250 m。

3.2 基于 UTREK410 硬件接收机的射频信号验证

Galileo+GPS中频信号经由 AV1465上变频为 E1 OS+GPS L1 C/A 射频信号后,通过捷星广达公司的 GPS/Galileo 双模硬件接收机 UTREK410 对生成的信号接收验证。

图 6 所示为 UTREK410 接收机显示的卫星捕获与跟踪的状态,模拟时间段内 Galileo 可见星只有 2 颗,难以测试,本文采用了 Galileo+GPS 联合定位测试的方案。图 6 中各通道信号信噪比较高,且大致相近。因为卫星信号跟踪是对载波多普勒在小范围频率内的动态搜索,如果可以实现信号的稳定跟踪,则说明信号的动态多普勒拟合良好,可为最终的电文解调创造良好的基础^[16]。

图 7 所示接收机展示的卫星星座图,可以看出 GPS 与 Galileo 卫星皆已解算出仰角与星座位置。图 8 所示为 UTREK410 接收机显示的实时定位结果:经度 118°48′54.45648″, 纬度 32°2′26.458080″,高度 286.41 m。将经纬度换算以度 为单位后计算经纬高误差为:

 $|118.8151268-118.8154|=0.0002732\approx30$ m

第 42 卷

 $|32.040\ 682\ 8-32.040\ 2|=0.000\ 482\ 8\approx70\ m$ $|286.41-250|=36.41\ m$







📽 UTREK410 GNSS 软件接收机 💿 💿									
	系统信息		GNSS信号支持						
	产品型号	UTREK-410	UTREK-410		USB2.0				
	采样频率	16367667	16367667 Hz		4123968 Hz			BDS B1-I	
	硬件序列号	531F87011	03EED4000)F9C0330461				Gailleo E 1 Glonass N1	
	启动/停止	通道状态		星座图	定位结果				
		-2608459.06	ECEF Y	4741803.56	ECEF Z	3364408.25	钟差	-46677.80 m	ם ב
		-0.080 m/s	ECEF Vy	-0.070 m/s	ECEF Vz	-0.080 m/s	钟漂	-781.35 m/s	ם
	经度坐标	118°48'54.45648	纬度坐标	32°2'26.458080*	高度	285.41 m	TG-TN		ן נ
	速度	0.13 m/s	水平速度	0.12 m/s	垂直速度	-0.06 m/s	航迹间	ф 0.0	ן נ
		3.2		2.8	VDOP	2.6	HDOP	1.2	ם ב
		2017/03/02 - 07:0	12: 1.000		GPS 时间	370938.000000 W1938			

图 8 UTREK410 接收机定位结果

定位结果显示的经纬度与在上位机界面程序中设定的 用户坐标经纬度误差在 2["]内,接收机位置误差引起定时结 果误差在 20 ns 之内^[17],定位时间与模拟的导航电文时间 高度同步,位置稳定,不存在漂移,因此验证了 FPGA 端算 法实现和 Galileo+GPS 信号模拟源的可行性。

4 结 论

本文主要分析了 Galileo 中频信号模拟源所涉及的关键 技术实现。介绍了 Galileo E1 OS 信号接收机端的中频信号 数学模型和信号调制方式,重点研究了模拟源的整体设计和 FPGA 端的算法实现。最后利用微波通信信号通用发生器 对生成的中频信号进行射频输出,采用 Galileo/GSP 双模硬 件接收机对生成的 Galileo+GPS 信号进行定位测试验证。 最终验证结果显示,模拟的 Galileo+GPS 卫星导航信号可以 被准确的捕获跟踪,导航电文可以被正确的解算,定位结果 与设定坐标在误差允许的范围内相符。本文方法的显著优 势在于初始参数可配置,用户可以在上位机界面程序设定场 景、坐标和轨迹,便于研究不同情境下接收机的性能。

参考文献

- [1] 李世光,杨军.卫星导航信号模拟器现状与发展趋势[J].现代电子技术,2015,38(7):131-134.
- [2] GHANEM N, BERJASS H. A method to simulate realistic kinematic trajectories on GNSS signal generators[C]. Proceedings of the ION 2015 Pacific PNT Meeting, Hawaii, 2015:872-885.
- [3] 杨耀.单通道 GPS 卫星实时信号模拟源的设计与实现[D].厦门:厦门大学,2013.
- [4] 邵晓刚.GPS/北斗卫星导航模拟源的 FPGA 算法设计 与实现[D].南京:南京航空航天大学,2016.
- [5] 史雨薇.Galileo E1 信号性能分析与软件模拟源的设 计[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012.
- [6] 谢钢.全球导航卫星系统原理——GPS、格洛纳斯和伽利略系统[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [7] 王晓宇.Galileo 卫星导航系统中频信号仿真技术研 究[D].北京:北京理工大学,2015.
- [8] European Union. The European GNSS (Galileo) Open Service Signal in Space Interface Control Document[S],2015.
- [9] 胡辉,杨国艺,朱绍文.基于 DSP 和 FPGA 的多通道 GPS 中频信号源设计与实现[J].中国测试,2016, 42(11):100-106,144.
- [10] 李芮,李晓,王志斌,等.基于 SRAM 乒乓操作的数据采 集系统的设计[J].济南大学学报(自然科学版),2015, 29(2):120-124.
- [11] 吴厚航.深入浅出玩转 FPGA[M].第2版.北京:北京 航空航天大学出版社,2013:52.
- [12] LIU C, JI J, QI A, et al. Design of direct digital synthesizer based on FPGA [J]. Advanced Material Research, 2013, 748: 829-832.
- [13] GUO W, YAN K, ZHANG H, et al. Double stage NCO-based carrier tracking loop in GNSS receivers for city environmental applications [J]. IEEE Communications Letters, 2014, 18(10):1747-1750.
- [14] 王海峰,张升康,王宏博,等.高动态 GPS/BD2 组合导 航信号模拟器关键技术研究[J].宇航计测技术,2013,

33(3):17-22.

- [15] 田方礼,董立桥.Galileo E1 卫星信号产生设计与实现[C].第四届中国卫星导航学术年会论文集-S6 北斗/GNSS 测试评估技术,2013:107-111.
- [16] 杜蒙,宋茂忠,熊骏.基于矢量信号发生器的 Galileo E1 信号模拟与验证[J].电子科技,2018,31(6):43-47.
- [17] 陈婧亚,许龙霞,李孝辉.接收机位置误差对 GNSS 定时的

影响分析[J].仪器仪表学报,2017,38(6):1458-1465.

作者简介

眭晨阳,工学硕士,主要从事卫星导航方向的研究。 E-mail:johnscy@nuaa.edu.cn

宋茂忠(通信作者),教授、博导,主要从事通信调制信号 设计与接收、卫星导航方向的研究。

E-mail:smz108@nuaa.edu.cn

是德科技在 OFC 2019 大会上展示最新光通信和高速数字测试解决方案

2019 年 3 月 1 日,中国北京——是德科技(NYSE: KEYS)宣布,在美国圣地亚哥会议中心举办的 OFC 2019 大 会上,是德科技展示了其最新的光通信和高速数字测试解 决方案。5G、人工智能(AI)、虚拟现实(VR)、物联网(IoT)和 自动驾驶汽车带来的海量数据流正在推动流量呈现爆炸式 增长。这就给网络和数据中心提出了前所未及的带宽要 求,并且加大了对 400G 以太网和太比特光通信的需求。

是德科技副总裁兼网络和数据中心解决方案总经理 Joachim Peerlings 表示:"针对光通信市场,是德科技致力 于帮助客户保证质量,并且在他们的成本范围内不断引入 和加速创新。亟待创新的领域包括光通信组件、网络元件 和系统,以及全光纤网络。"

在 OFC 2019 大会上,是德科技展示了一系列测试解 决方案,包括对数据中心进行高速以太网和 400G/PAM4 测试、进行太比特传输相干测试和光通信器件表征;旨在 帮助客户执行从设计、表征到生产制造,以及跨所有网络 层的验证工作。

Joachim Peerlings 还表示:"是德科技通过与行业领导 者密切合作,使我们双方都能率先进入市场。是德科技的 光通信和高速数字测试解决方案为推动客户研发新设备 发挥了重要作用。20多个客户演示将在 OFC 2019 大会 上纷纷亮相,这些解决方案也在其中。"

演示实例包括:

• Eoptolink(新易盛),一家领先的光通信收发模块供 应商,致力于为数据中心和企业客户及光传输网络运营商 提供光模块产品。该公司携手是德科技,联合展示了首个 400G ORST(光接收机压力眼测试)自动化标准一致性测 试解决方案,使用的高性能是德科技产品包括:Keysight M8040A 误码率测试仪、M8195A 任意波形发生器、 N1092C 采样示波器和 N1076B 时钟恢复。

• Innolight(旭创科技),一家全球领先的高速光通信 收发模块厂商。该公司使用包括 Keysight N1092C 采样示 波器和 N1078A 64 GBd 时钟恢复设备在内的诸多是德科 技解决方案,现场演示了用于数据中心和城域网的 400G QSFP-DD DR4(基于 SiPho)、400G QSFP-DD LR4 和 200G 相干 CFP 收发模块产品。

• Accelink(光迅科技),一家领先的光电器件供应商。 该公司借助高性能的是德科技 M8040A 误码率测试仪、 N1092C 采样示波器和 N1078A 64 GBd 时钟恢复解决方 案,对其全新的数据中心解决方案 400G-FR4 和 100G-DR1 做出演示。

• AOI, 一家为互联网数据中心、有线宽带、光纤入户和电信市场提供光纤接入网络产品的优秀供应商。该公司采用是德科技的 M8040A 误码率测试仪、N1092C 采样示波器和 N1078A 64 GBd 时钟恢复测试解决方案, 成功演示其新款 400G DR4/FR4 和 100G DR1/FR1 产品。

• Cloud Light, 一家为数据中心提供光通信收发模块 和有源光缆定制解决方案的领先企业。该公司借助是德 科技的 N1000A 宽带示波器和 N1092C 采样示波器展示其 200G 和 400G 光收发模块产品。

• Molex(莫仕公司), 一家全球领先的电子解决方案制 造商。是德科技 Ixia 事业部的 AresONE QSFP-DD 和 Molex 公司的全新 3m QSFP-DD DAC 将在多家交换机厂商 的演示中展示 400G 以太网的线速率流量。AresONE 的实 时分析还展示了对每个通道进行前向纠错(FEC)之前的误 码率测试结果,这项能力已经超过 IEEE 规范的测试要求。

• Finisar(菲尼萨公司),一家光通信领域的全球领先企业。该公司使用是德科技 Ixia 事业部的第二代 400GE AresONE测试系统,用以展示其 QSFP-DD和 OSFP 光收发模块。演示时采用 AresONE 端口,在该公司展位与多家交换机厂商之间(包括 EA 以太网联盟)发送和接收最高达到 3.2 Tbps 的实时以太网测试流量。Ixia AresONE-400GE测试系统还在 EA 展台上用于针对最新的 400GE 设备、光纤与铜缆互连、以及网络交换机等进行互操作性测试。

•Source Photonics, 一家为通信和数据连通领域提供 创新和可靠技术的全球领先厂商。该公司会采用 Ixia 经 过实地验证的 K400 QSFP-DD 测试系统,在现场演示中使 用其最新的 400G-LR8 和 DR4 QSFP-DD 模块, 与多家厂 商联合展示 400GE 生态系统的成熟度。

•Juniper Networks,自动化、可扩展和安全网络领域的行业领导者。该公司在演示其 400G QFX5220 时使用 QSFP-DD 400G-FR4 光通信设备,与 EA 展位上的 AresONE 测试系统交换全双工线速 400G 以太网流量。

在 OFC 技术交流区,是德科技的行业专家还举办了两场 讲座:1)光通信系统架构师 Bernd Nebendah:复杂光调制信号 的测试与测量;2)应用专家 Greg LeCheminant,数据中心/短距 离通信的测试与测量。敬请访问是德科技 OFC 2019,获取完 整的演示列表。更多信息,请访问 www.keysight.com。