

对复杂调制光学信号自动进行 误码率测量

应用指南

引言

所有数字通信系统都有一个共同点,即需要检定误码率(BER)。在无线通信或有线通信中, BER 通常绘制成随信噪比(SNR)变化的曲线,得到“瀑布曲线”,这些 log-log 图在某些临界 SNR 上的 BER 通常会下降,成为系统的基准。光纤通信链路还使用 BER 随光学信噪比(OSNR)变化或随接收光功率(ROP)变化来检定。

运营商们正力求在管理成本的同时,进一步提高光纤设施的频谱效率。除开关键控(OOK)调制格式外,运营商们还可以选择部署多种调制格式,如差分[正交]相移键控(D[Q]PSK)、相干双偏振(或偏振复用)正交相移键控(DP-QPSK)、正交幅度调制(QAM)及正交频分复用(OFDM)的多种变通方案。调制格式的激增,需要优化不同的特点,如距离、强健性、简单性和频谱效率。

尽管比较简单的调制方案通常可以直接检测,但使用相干检测可以以最优方式检定所有调制方案,因为相干检测技术保持信号的整个电场。同时,光纤中光学信号的复杂调制技术可以独立调制每个偏振的同相(I)分量和正交(Q)分量,如果信号采用偏振复用,那么每个波长总共有 4 条支路。在完整的相干系统中,这些支路的正交状态允许独立调制每条支路;可以使用不同的伪随机码顺序(PRBS)调制每条支路。在测试中,要检查每条支路的净荷,测量每条支路上的不同 BER。一般来说,只会报告所有支路的总BER,并使用变化的试验因子进行测量,如 OSNR、调制格式、发射机参数、等等。

可以使用泰克 OM4106D 相干光波信号分析仪自动进行 BER 测量，在 MATLAB¹ 中进行实时计算，使用简单的 LabVIEW² 界面控制外部仪器，如光学衰减器。为说明这一功能，我们为每种试验环境计算出总 BER，在电子表格文件中写入衰减、收到的符号数量及 BER，以备日后分析和绘图；可以独立校准 OSNR 或接收光学功率，获得绝对横坐标值。由于 OM4106D 可以全面访问 Matlab 变量空间，即恢复及报告光学信号质量检定中使用的所有变量，这里说明的技术可以延伸到记录每条支路的 BER，同时进一步记录多个其它信号参数，如 Q 因子或星座图参数，如相位角度、延伸率和实数 / 虚数偏移。

光学信号的相干测量

采用偏振分集的复杂(正交)调制的优势是可以利用光学载波的整个电场。访问接收机上的这些场量可以实现数字滤波，补偿色散(CD)及偏振模色散(PMD)之类的损伤。

即使对直接检测的差分调制方式，如 DQPSK，全面相干接收机仍可以全面检定信号，同时消除光学信号的幅度波动及硬件延迟线干涉仪(DLI)的不确定度，因为其原则上能够在接收机软件中实现，甚至可以动态改变。

相干检测要求相位参考，这可以来自原始信号(或载波)，也可以来自自由运行、但频率类似的独立来源；这种“intradyne”方法依赖实时捕获和数字化差频波形，其带宽是调制带宽加上差频。通过去掉信号和相位参考之间的频率差，然后使用 Wiener 滤波器预测信号的相位轨道，可以执行载波相位恢复，因为载波的相位变化遵守 Wiener 过程。

参考接收机，如泰克 OM2210 光学复杂调制接收机，把两条单模光纤作为输入，一条光纤承载信号(其可以进行偏振复用，每个偏振可能由一个独立来源提供输入)，另一条光纤作为相位参考或本振(LO)。为方便起见，OM2210 包括两个网络可调谐来源，其通过泰克光学用户接口(OUI)控制。在接收机中，相位参考均匀地分布到 X 偏振和 Y 偏振中，在两个分支(I 和 Q)中与信号混合。均衡光电检测器感应四条通道，作为(微波)电输出，输送到拥有足够带宽、捕获差频波的实时示波器。示波器在突发模式下运行，能够测量连续的通道数据，数据量最高为仪器的内存容量。泰克光学软件(OUI 和底层 MATLAB 代码)处理突发模式通道数据，提取与调制方式有关的支路，报告测量结果相关数据，以多种格式显示提取的信号，包括每条支路的眼图、每个偏振的星座(相位)图以及 Poincaré 球体图，显示偏振状态(SOP)。

¹ MATLAB® 是美国迈斯沃克公司的注册商标。本文中提到的其它产品和公司名称均为各自公司的商标或商号。

² LabVIEW® 是美国国家仪器公司的商标。

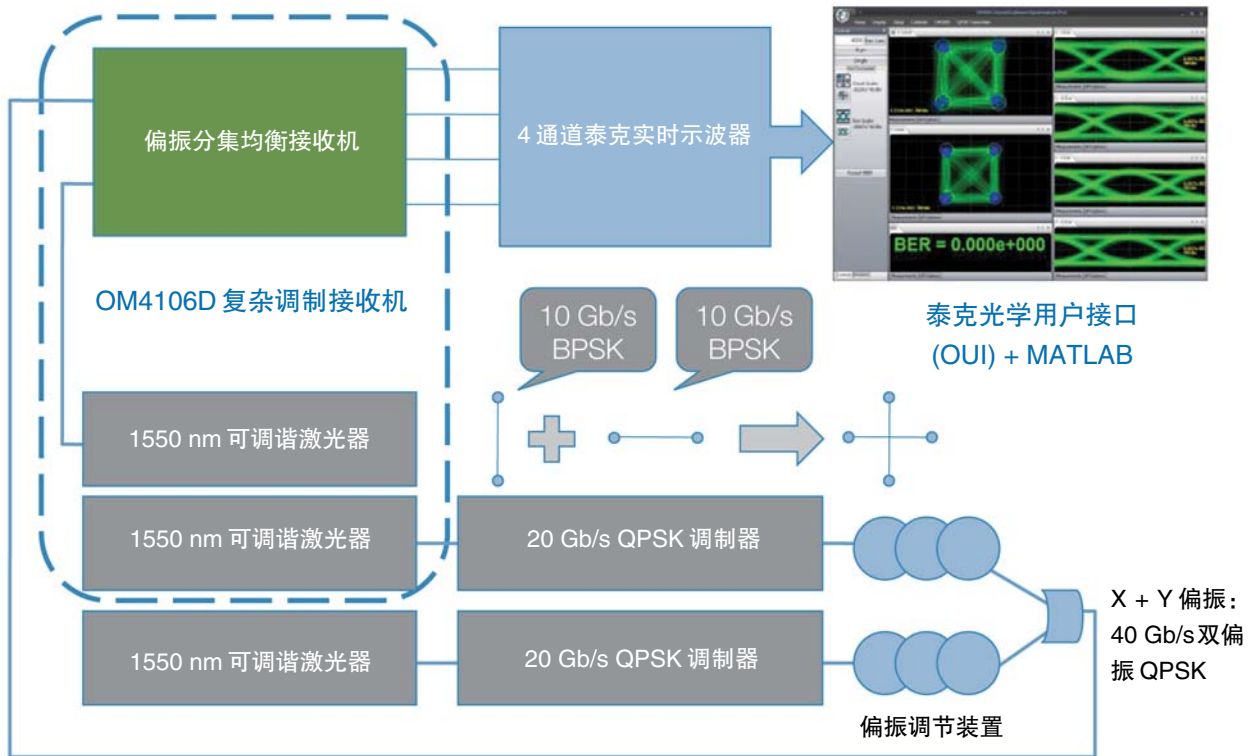


图 1. 双偏振 QPSK 测量设置，其中采用 10 Gb/s 支路和 20 GHz @ 50 Gs/s 示波器。可以使用更高速度的示波器(如 33 GHz @ 100 Gs/s)测量 >40 Gb/s 支路。

由于原始数据、重复采样数据、性能指标和所有中间变量都通过 OM4106D 接口提供给底层 MATLAB 内核，用户可以创建自己的示图(如使用 MATLAB 图表)，或把数据导出到其它应用软件，如 LabVIEW。例如，可以使用简单的 MATLAB 命令完成频谱分析，获得数据流的快速傅立叶变换(FFT)。

误码率(BER)测量

图 1 是 OM4106D 典型的双偏振测量配置。每个偏振使用独立的网络可调谐外部腔二极管激光器(ECDLs)，另外这也适用于 OM2210 复杂调制接收机的本振；这种配置在任何激光器中都没有使用相位锁定。

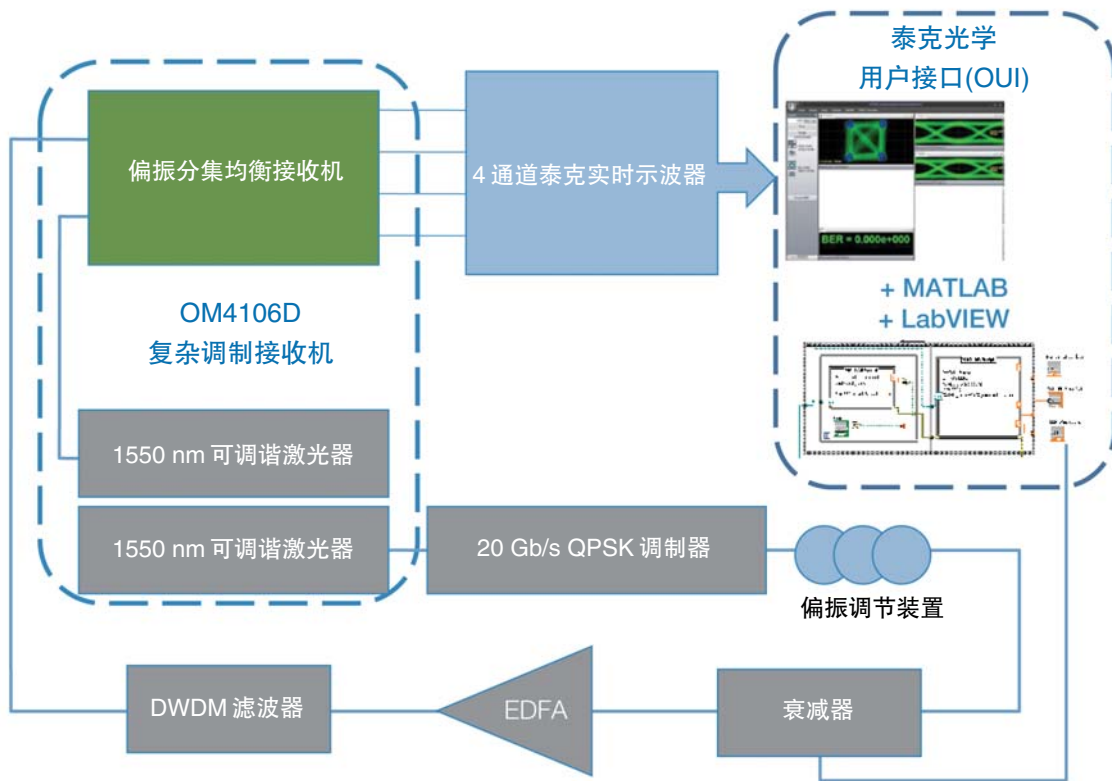


图2. 测量BER对光学信号电平的试验设置。如右面虚线框所示，一台PC运行OUI、MATLAB和LabVIEW，进而控制衰减器(可以选择控制EDFA的增益)。

为了演示测量总BER随信号电平变化,我们简化了系统,使用一个偏振,增加了一个可变光学衰减器(VOA)、一个掺铒光纤放大器(EDFA)和一条密集波分复用(DWDM)光纤,如图2所示。

Matlab 中的变量交换

在OM4106D中,可以使用MATLAB变量空间与OUI同步运行的其它程序交换信息,执行自动测量顺序。可以在OUI命令或“引擎”文件中创建新的变量,OUI命令或“引擎”文件的值从现有的OM4106D变量中导出(已经存在于Matlab工作空间中)。OM4106D在适当的Windows3平台上运行,可以读取和写入这些变量。特别是,这一应用软件使用标记变量,表明BER计算什么时候可以供LabVIEW处理。整个过程如图3所示。

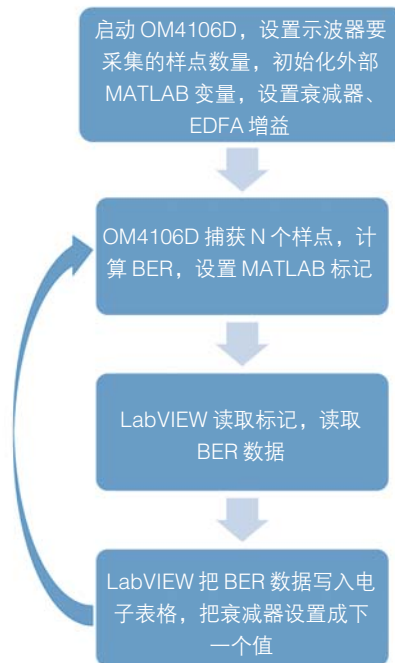


图3. 采集BER数据的流程图。

³ Windows 是美国微软公司的商标。

使用 OUI 和 Matlab 及 LabVIEW

在启动 OM4106D OUI 时，它会打开一个 MATLAB 命令窗口，其中 OUI 和 LabVIEW 都可以作为脚本服务器处理。在执行 OUI 时，将创建 MATLAB 变量，处理实时示波器收集的数据；部分变量由 OUI 显示。还可以创建和处理 MATLAB 解析空间中提供的变量所导出的新变量，进一步扩展 OM4106D 的功能。

LabVIEW 简化了与几乎任何拥有远程控制功能的仪器的接口。由于它还接口 MATLAB，因此 OM4106D 可以与 LabVIEW 共享访问 MATLAB 脚本服务器。

为说明这一点，我们先在 MATLAB 中创建一个误码率变量集合，然后通过 MATLAB-LabVIEW 脚本服务器连接采集这些变量。这便于自动测量瀑布曲线。我们的实例适用于单偏振 QPSK。首先，我们编写一个简单的 MATLAB 脚本 zeroBER.m，定义和初始化部分新变量：

```
% zeros out all bit error variables
TotalErrs = 0;
TotalBits = 0;
TotalSyms = 0;
TotalBER = 0;
BER_reset = 1; % flag to say that BER has
been reset, e.g. BER not ready
```

在 OUI 的 MATLAB 窗口中，通过增加从内部(预先确定的) OM4106D 变量中导出取值的新变量，可以修改引擎文件，这些变量在图中用斜体进行区分。注意，我们选择把实数轴的误码数量和虚数轴的误码数量加总在一起：

```
TotalSyms = TotalSyms + NumSyms
TotalBits = TotalSyms * 2 % for single-pol
QPSK
TotalErrs = TotalErrs+
(NumErrs.XRe + NumErrs.XIm);
TotalBER = TotalErrs / TotalBits
%csvwrite('c:\BER.dat',TotalBER);

BER_wait_count = 0;
while (BER_wait_count <10), BER_wait_
count=BER_wait_count+1;, end;
% wait for BER to be read
BER_wait_count
BER_reset = 0; % BER calculation now done,
ready for reading
```

这套命令包括一个短时间等待循环，在处理器的速度比较慢时，有助于同步读取过程。注意，在需要时，我们还把 BER 变量写入文件 'c:\BER.dat'，但这条命令被注释掉了。

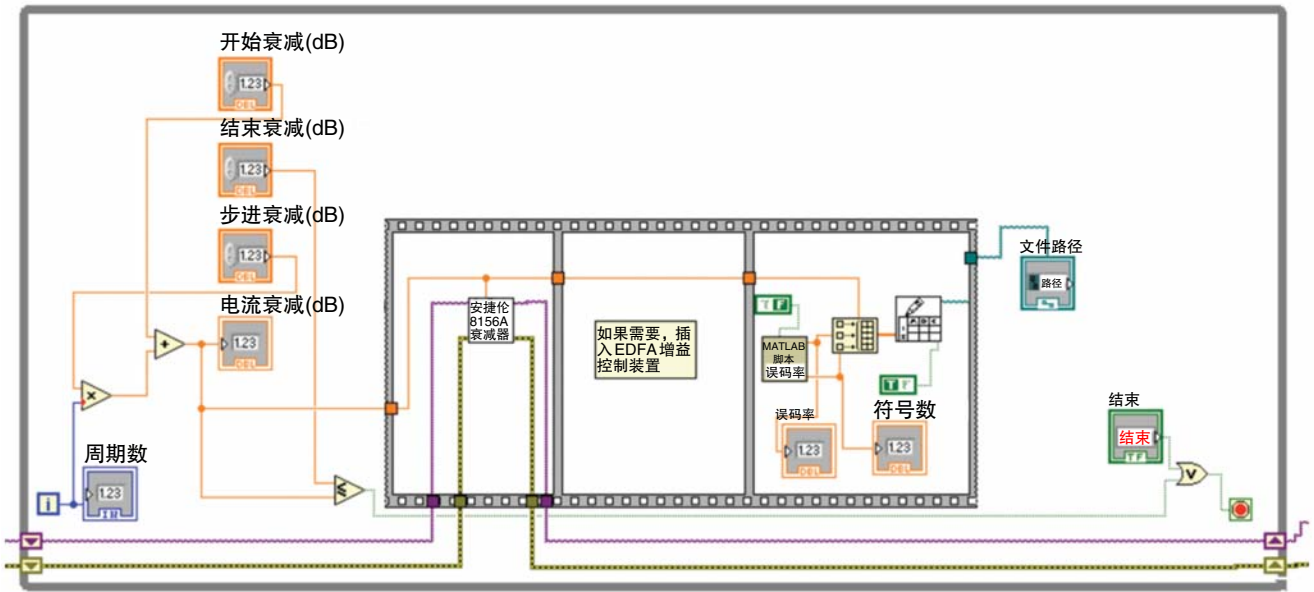


图 4. LabVIEW VI 内部的 While 循环, 控制衰减器, 采集 BER 数据。右面的面板调用 LabVIEW-MATLAB 脚本, 如图 5 所示, 把得到的数据写入电子表格文件。一个简单的虚拟仪器(VI)被写入, 控制安捷伦 8156A 光学衰减器。

可以作为 While 循环, 实现整体 LabVIEW VI, 在每种光学衰减器设置下(及对应的放大器增益设置, 如 EDFA)采集 BER 数据, 如图 4 所示。OM4106D 根据用户偏好(如这里所示的 500,000 个样点), 从示波器中获得一个样点

集, 通过 BER_reset 标记把 BER 数据准备就绪的状态通知给 LabVIEW。同时, LabVIEW 继续检查这个标记的状态, 在其设置为零时, LabVIEW 读取 BER 数据, 把衰减器的值设置成用户确定的一系列值中的下一个值。

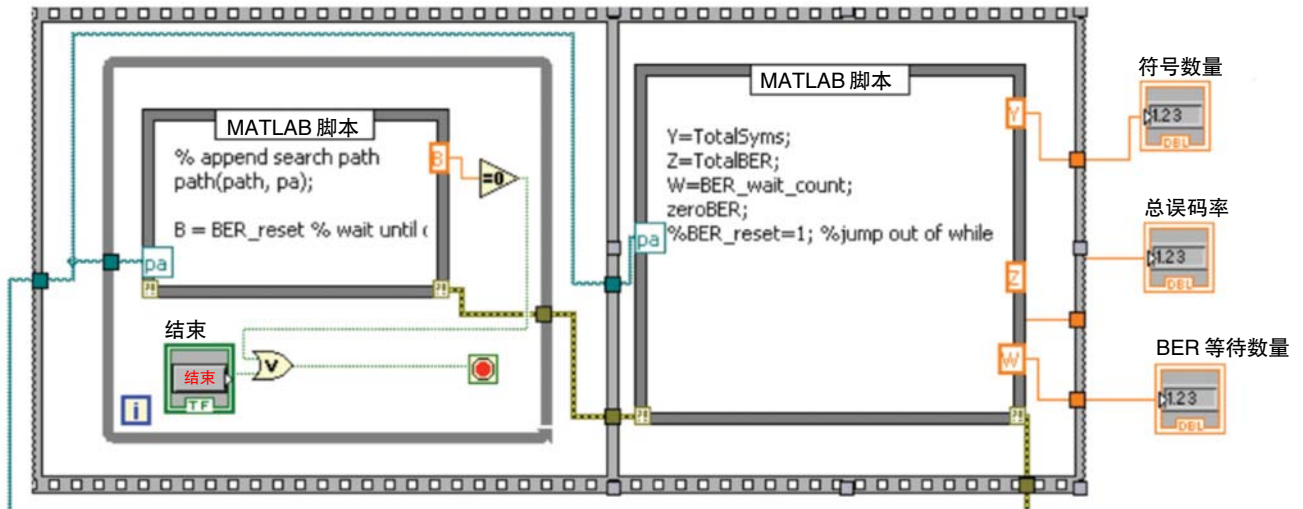


图 5. 从 Matlab 中采集 BER 信息的 LabVIEW Matlab Script Node 细节。左面的框要等到 BER_reset 被设置为 0 (在 OM4106D 引擎文件中, 如上图所示); 然后它把控制传送到右面的框, 右面的框读取变量, 通过 zeroBER.m 命令重新设置 BER_reset 标记。

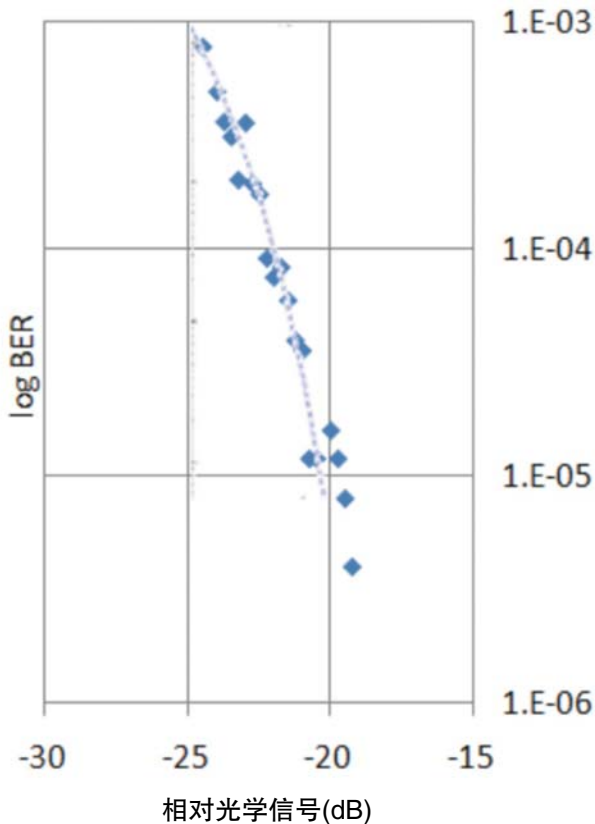


图6. 单偏振相干QPSK的BER对相对光学信号(未校准)。虚线是理论上的预测值, 沿着横坐标偏移, 以便于比较趋势。

我们使用 LabVIEW Matlab Script Node (图 5), 创建到 LabVIEW 的接口。

图 5 中的序列先查询并等待 BER_reset 标记被 OUI 的引擎文件设置为 '0', 然后它读取变量 TotalSyms 和 TotalBER, 然后调用 zeroBER.m, 重新设置这些变量。可选的 BER_wait_count 变量在 OUI 中实现了延迟(如果需要)。

图 6 显示了结果。图中的每个点表示 OM4106D 通过设置 500,000 点(即 125,000 个符号)确定的总 BER。横坐标表示(没有校准的)光学信号功率; 可以进一步使用 LabVIEW, 控制 EDFA 的增益, 获得可变的 OSNR 激励。虚线是理论预测值, 沿着横坐标偏移, 以把数据与理论值进行对比。

小结

泰克OM4106D相干光波信号分析仪可以访问整套变量, 检定光纤上复杂的光学信号。由于 OM4106D 使用 MATLAB 处理数据, 它不仅能够创建新功能, 还可以与其它应用软件交换变量, 如 LabVIEW, 进而可以自动控制采集 BER 测量数据使用的外部仪器。

泰克科技(中国)有限公司

上海市浦东新区川桥路1227号
邮编: 201206
电话: (86 21) 5031 2000
传真: (86 21) 5899 3156

泰克北京办事处

北京市海淀区花园路4号
通恒大厦1楼101室
邮编: 100088
电话: (86 10) 5795 0700
传真: (86 10) 6235 1236

泰克上海办事处

上海市徐汇区宜山路900号
科技大楼C楼7楼
邮编: 200233
电话: (86 21) 3397 0800
传真: (86 21) 6289 7267

泰克深圳办事处

深圳市福田区南园路68号
上步大厦21层G/H/I/J室
邮编: 518031
电话: (86 755) 8246 0909
传真: (86 755) 8246 1539

泰克成都办事处

成都市锦江区三色路38号
博瑞创意成都B座1604
邮编: 610063
电话: (86 28) 6530 4900
传真: (86 28) 8527 0053

泰克西安办事处

西安市二环南路西段88号
老三届世纪星大厦20层K座
邮编: 710065
电话: (86 29) 8723 1794
传真: (86 29) 8721 8549

泰克武汉办事处

武汉市解放大道686号
世贸广场1806室
邮编: 430022
电话: (86 27) 8781 2760/2831

泰克香港办事处

香港九龙尖沙咀弥敦道132号
美丽华大厦808-809室
电话: (852) 2585 6688
传真: (852) 2598 6260

了解有关的更多信息 泰克公司不断收集应用文章,技术简报和其它资源,帮助工程师了解最前沿技术。请访问 www.tektronix.com.cn



版权©泰克。保留所有权利。泰克公司的产品涵盖受美国和外国专利,发表之前。本出版物中的信息取代,在所有先前公布的材料。规格和价格改变特权保留。泰克和泰克的注册商标 泰克公司的所有其他商品名称参照是服务商标,商标或注册商标,其各自公司所有。

12/11 EA/FCA-POD

85C-27725-0

Tektronix®