

白皮书

DEWETRON'S WORLD OF SYNCHRONIZATION

关于同步结构，信号传输及实际应用的深入概述



DEWETRON

摘要

本白皮书探讨了DEWETRON的DEWE2和DEWE3数据采集系统的同步能力，重点介绍了它们的内部同步结构。全面概述了可支持的同步信号，详细说明了它们的一般结构，推荐的电缆长度和精度。本文强调了同步在并行使用多个数据采集系统时的重要性，通过减少独立系统固有的单个定时错误来确保精确的时间同步数据。

它进一步概述了DEWE2和DEWE3设备的各种同步方法，无论是独立运行，并行运行，还是与第三方设备和传感器一起运行。本文将通过实际应用案例展示同步技术的现实应用场景，并诚挚邀请读者联系DEWETRON中国团队，获取根据您的具体需求量身定制的个性化同步解决方案指导。

简介

本白皮书介绍了DEWETRON的DEWE2和DEWE3数据采集系统的同步能力。介绍了DEWE2和DEWE3设备的内部同步结构，并详细列出了支持的同步信号，包括其一般结构、推荐的电缆长度和精度。最后，我们提供了典型用例的概述，以说明这些同步功能的实际应用。

为什么需要同步？

在测量活动期间并行使用多个数据采集系统时，同步是必不可少的。每个独立的系统在百万分之一（ppm）范围内都有单独的定时误差，需要同步以确保准确的、与时间一致的数据。

例如，考虑两个系统：定时误差为39ppm的系统A和定时误差为15ppm的系统B。如果没有同步，两个系统30天的记录将导致大约62秒的时间漂移（见图1左）。同步解决了这个问题。通过将系统A指定为同步主机并将其时间基准转发给系统B，两个系统将以相同的定时误差运行，即使在记录一个月后仍保持时间同步数据（见图1右）。

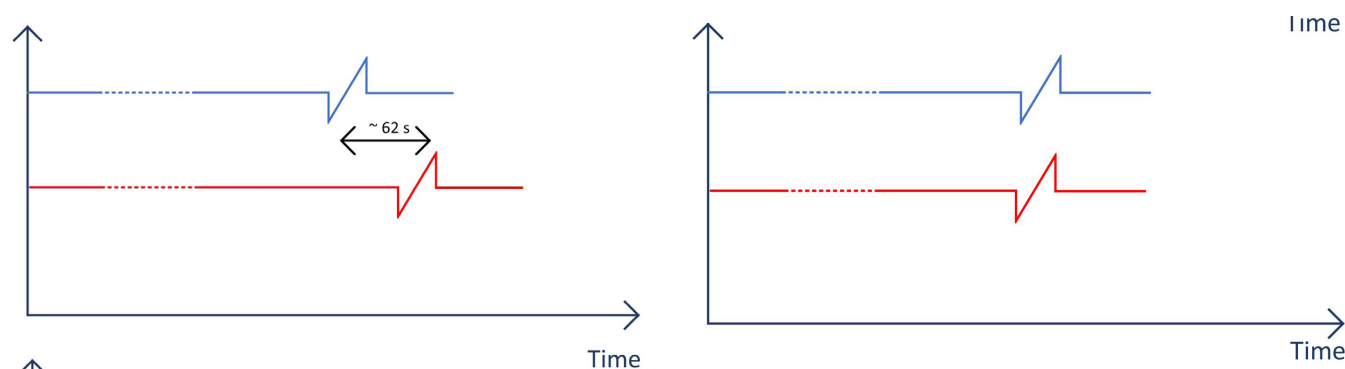


图1：不同步的时间漂移（左）；同步时基，无定时误差（右）

系统时基影响系统中所有与时间相关的度量或衍生，例如：

- ▶ 采样率
- ▶ 采样时间戳
- ▶ 频率测量

TRION-SYNC-BUS

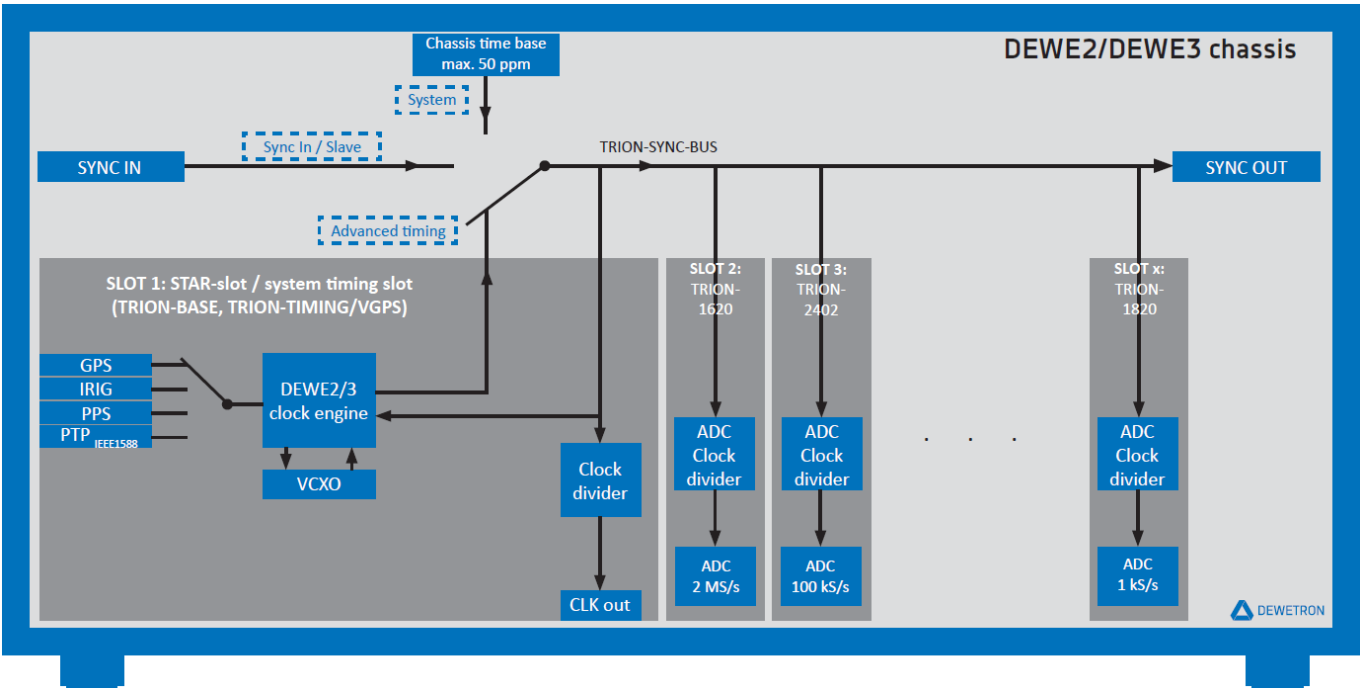


图2:TRION-SYNC-BUS功能概述

所有DEWE2和DEWE3机箱共享相同的内部时钟结构。如图2所示，该结构的核心是TRION-SYNC-BUS，它连接到机箱中的每个插槽。每个DEWE2和DEWE3机箱包括一个内部机箱时间基准，称为机箱同步。这个默认同步源为输入通道的ADCs产生一个时钟信号。该信号可以通过机箱的SYNC OUT连接器转发到另一个DEWE2或DEWE3机箱，使用SYNC I/O或SYNC IN连接器，实现多个DEWE2和DEWE3机箱的同步。SYNC OUT和SYNC IN或SYNC I/O连接器可在每个机箱的前面板或后面板上访问（见图3）。



图3:DEWE3-A4（左）和DEWE2-A4（右）前面板上的SYNC连接器

每个TRION模块从TRION-SYNC-BUS提供的同步信号中独立地生成其ADC时钟。这是通过ADC时钟分压器实现的，该分压器将同步信号“降级”到所需的采样率，从而允许不同的TRION模块以不同的采样率工作。

对于需要外部同步信号的系统，DEWETRON提供可选的机箱控制器和各种定时模块：TRION-BASE（见图5）、TRION-TIMING（见图6）或TRION-VGPS（见图7）。必须在1号槽（也称为Star槽）安装一个定时模块，通过TRION-SYNC-BUS将外部同步信号分配给其他TRION模块的ADC时钟分频器。

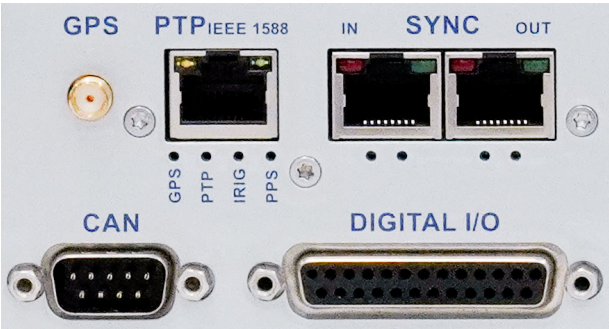


图4: DEWE3-A4上的机箱控制器

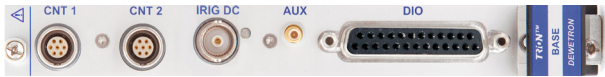


图5: TRION-BASE模块

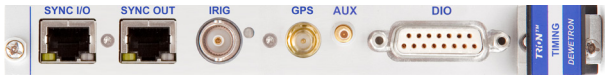


图6: TRION-TIMING模块

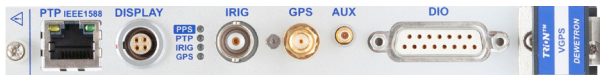


图7: TRION-VGPS模块

通过选择机箱控制器和/或使用定时模块，可以使用PTP(IEEE1588)，GNSS，IRIG或PPS信号来为DEWE2或DEWE3同步时钟。时钟引擎将外部同步信号转换为可通过TRION-SYNC-BUS传输并由ADC时钟分频器解释的信号。在DEWETRON的OXYGEN数据采集软件中可以轻松地选择适当的同步源。

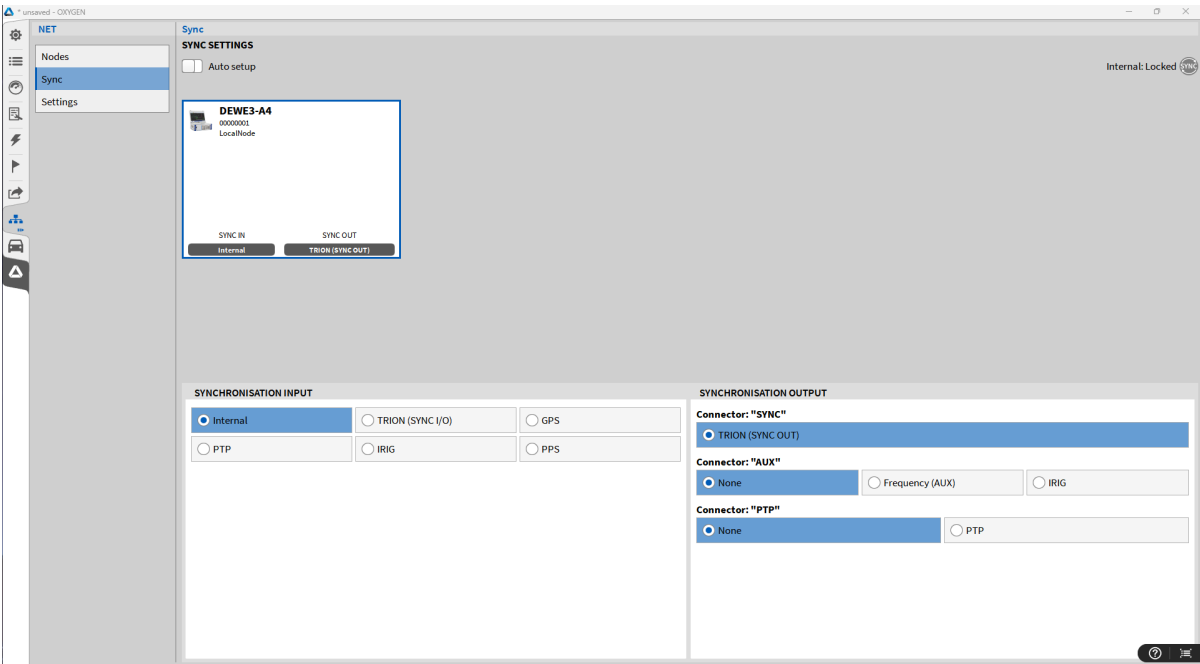


图8: OXYGEN同步设置

不同类型的同步信号

用于DEWE2或DEWE3机箱时钟的同步信号如下：

同步源	同步精度	绝对时间	最远距离	连接器类型	时钟精度
机箱同步	± 60 ns	x	-	-	10 / 50 ppm
同步 I/O	± 60 ns +5 ns/m	x	100 m	RJ45 CAT VI	10 / 50 ppm
PTP / IEEE1588	Direct to master: ± 50 ns Via dedicated switch: ± 50 ns Via standard Ethernet switch: ± 25 μ s	✓	RJ45: 100 m Fiber-optic: 1000 m	RJ45	取决于PTP主机精度
GNSS	TRION-VGPS-V3: ± 240 ns TRION-TIMING-V3: ± 100 ns Chassis Controller: ± 100 ns	✓	-	SMA	取决于GNSS主机接收精度
IRIG	Slave to Slave: ± 2 μ s Master to Slave: ± 20 μ s	✓	300 m	RG58	取决于IRIG源精度
PPS	± 60 ns +5 ns/m	x	10 m	RG58	取决于PPS源精度

表1: 支持的同步信号

如前所述，每个DEWE2和DEWE3类都提供了一个内部的外壳同步。此外，表2列出了DEWETRON设备及其支持的同步选项。

Devices	输入同步信号										
	PTP / IEEE 1588	GNSS				PPS		IRIG			
		GPS	Gali- leo	Bei Dou	GLO- NASS	Rising Edge	Falling Edge	A DC	B DC	A AC	B AC
机箱控制器	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓	✓	✓	x	x
TRION-BASE	x	x	x	x	x	✓	x	x	✓	x	x
TRION-TIMING	✓ ¹	✓	✓	✓	✓	✓	✓ ¹	✓	✓	✓	✓
TRION-VGPS	✓ ²	✓	x	x	✓	✓	✓ ²	✓	✓	✓	✓
Devices	输出同步信号										
	PTP / IEEE 1588	GNSS				PPS		IRIG			
		GPS	Gali- leo	Bei Dou	GLO- NASS	Rising Edge	Falling Edge	A DC	B DC	A AC	B AC
机箱控制器	✓	x	x	x	x	✓	x	x	✓	x	x
TRION-BASE	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
TRION-TIMING	✓ ¹	x	x	x	x	x	x	x	✓ ¹	x	x
TRION-VGPS	✓ ²	x	x	x	x	x	x	x	✓ ²	x	x

表2: 支持的外部同步信号

¹⁾ 需要TRION-TIMING-V3；²⁾ 需要TRION-VGPS-V3

机箱同步

► 描述

DEWE2和DEWE3机箱的机箱同步是系统默认的不同步方式，用于同步系统输入通道。

► 信号传输

机箱同步信号通过TRION-SYNC-BUS传输到TRION模块的ADC时钟分频器。

► 精度

单一设备输入通道的同步精度在TRION模块的数据表中指定为通道到通道相位不匹配。例如，使用TRION(3)-18xx- MULTI模块，对于使用相同范围的通道，通道到通道的相位失配小于10 ns。机箱内部时基的时钟精度为50ppm，如果安装定时模块，时钟精度可提高到10ppm。

► 时间戳

机箱同步源提供相对时间戳，但不提供绝对定时信息。

► 何时使用

当数据采集系统作为独立设备使用，且不需要与其他设备进行同步时，可以使用机箱同步。

同步 I/O

► 描述

每个DEWE2和DEWE3机箱在系统的前面板或后面板上提供一个SYNC I/O接口。该接口用于将TRION-SNYC-BUS上可用的系统同步信号转发到另一个DEWE2或DEWE3机箱。

► 信号传输

使用RJ45线缆进行信号传输。线缆最长允许100m。且同步信号无法被交换机读取，所以无法使用交换机延长距离。

► 精度

绝对同步精度为 $\pm 60\text{ns} \pm 5\text{ns}$ /米电缆长度。时钟精度与机箱内部时基有关，如果安装定时模块，时钟精度为50ppm或10ppm。

► 时间戳

SYNC I/O接口转发相对时间戳。

► 何时使用

SYNC I/O接口是同步多个DEWETRON系统的理想选择。输出同步信号到其他设备（同步主机）的系统可以通过内部机箱时基或外部同步信号进行同步。典型的使用案例：各个数据采集系统之间距离小于100米，且使用OXYGEN-NET系统进行同步。

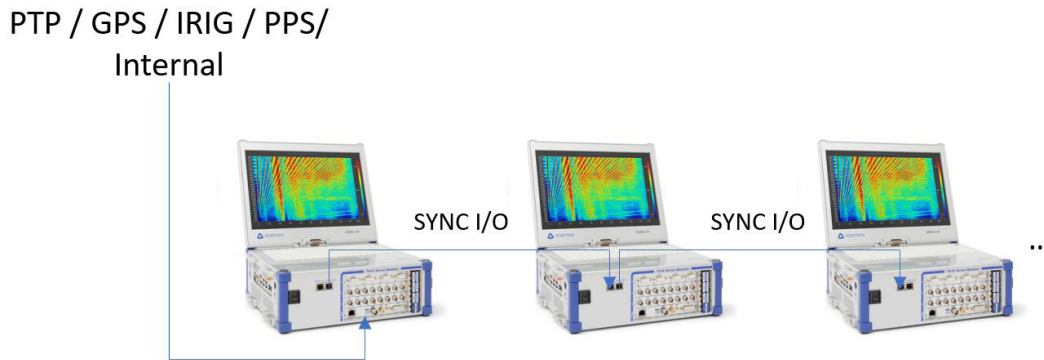


图9：通过SYNC I/O总线将同步信号转发到其他机箱

PTP / IEEE1588

► 描述

PTP（Precision Time Protocol）是一种网络定时协议，可用于同步PC网络中的多台设备。相应的标准是IEEE 1588。与NTP（网络时间协议）不同，PTP提供更高的准确性，并且是为本地网络设计的。

当通过PTP同步输入信号进行同步时，DEWE2和DEWE3系统可以作为PTP从系统。此外，当配备可选的机箱控制器时，TRION-TIMING-V3或TRION-VGPS-V3模块，DEWE2和DEWE3系统能够产生PTP同步输出信号。因此，这样的系统也可以作为PTP主机。

► 信号传输

PTP同步信号采用RJ45电缆传输，最大长度为100米。这个距离可以使用PTP以太网交换机来增加，或者使用RJ45光纤电缆可以将长度增加到1000米。

► 精度

当直接连接到主设备或通过专用开关时，同步精度为 ± 50 ns。如果使用标准（不支持PTP）以太网交换机，同步精度为 $25\mu s$ 。电缆长度不影响PTP信号的准确性，因为PTP协议可以确定和补偿延迟时间。

► 时间戳

PTP为同步提供了一个绝对时间戳。

► 何时使用

PTP是推荐的同步解决方案，如果有PTP主机可用，第三方设备需要与必要的PTP支持模块同步到DEWE2或DEWE3机箱。

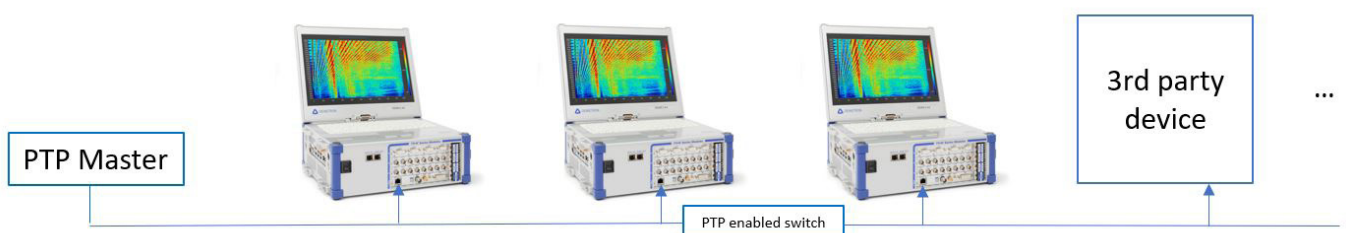


图10：点对点同步拓扑

GNSS

- ▶ 描述
全球导航卫星系统（GNSS）由四个全球系统组成：GPS、GLONASS、北斗（BDS）和伽利略。所有GNSS卫星都配备了高精度的铯原子钟、铷原子钟或氢脉泽钟。如果一个GPS接收器接收到来自几个GPS卫星的信号，它就能够产生一个定时信号。要接收这些信号，必须将与GNSS兼容的天线（GNSS、GPS、GLONASS、Galileo或BDS）连接到接收器上，并具有清晰的天空视野，以便不间断地接收信号。
- ▶ 信号传输
建议从天线到接收机的最大电缆长度为10m。但是，存在支持更长的电缆长度的特殊低损耗电缆。
- ▶ 精度
同步精度和时钟精度因设备而异。DEWETRON提供以下具有GNSS功能的设备及其各自的精度：

设备	同步精度	时钟精度 ¹⁾
机箱控制器	±100 ns	±30 ppb
TRION-TIMING-V3	±100 ns	±15 ppb
TRION-VGPS-V3	±240 ns	±20 ppb

表3: DEWETRON支持GNSS的设备

¹⁾ GNSS接收机时钟精度

整体同步精度为±100 ns，而时钟精度一般<1 ppm。

- ▶ 时间戳
每个GNSS系统都有自己的时间参考，用于同步。
 - GPS Time (GPST)
 - Galileo System Time (GST)
 - BeiDou Time (BDT)
 - GLONASS Time (GLONASST)

GPST、GST和BDT不考虑闰秒，因此它们与UTC的不同取决于它们各自发射后引入的闰秒数。GLONASST包括闰秒，并以莫斯科时间（UTC+3）为基础。

- ▶ 何时使用
GNSS同步是远距离（两个机箱之间超过100米）同步具有绝对时间戳的多个数据采集系统的理想选择。此外，由于GNSS卫星的全球覆盖，这种方法可以在全球范围内使用，从而可以在不同国家或大洲之间同步系统。然而，由于天线需要清晰的天空视图，GNSS不适合室内应用。另一个缺点是GNSS信号受到反射的潜在干扰，例如当天线安装在汽车屋顶或受到GHz范围辐射时。识别和解决这些问题可能很耗时。

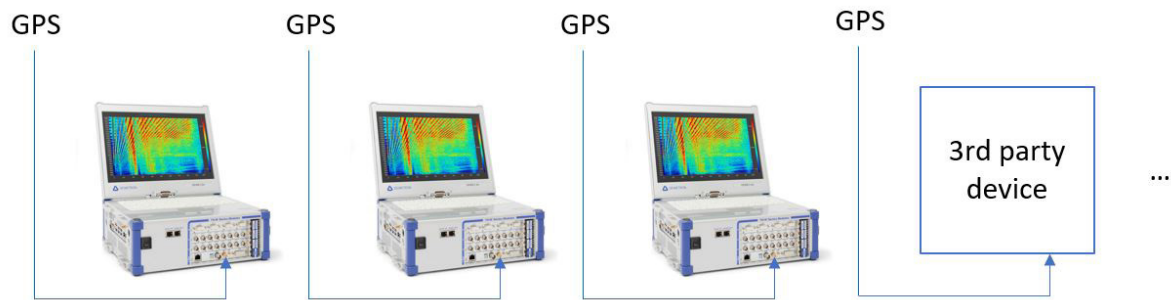


图11: GNSS同步拓扑

IRIG

► 描述

IRIG (Inter Range Instrumentation Group) 时间码是一种主要用于军事和航空航天工业的同步协议。它是在1960年由美国空军的Inter Range Instrumentation Group (IRIG) 开发和推出的。IRIG时间码有不同的脉冲速率格式 (IRIG- A、-B、-C、-D、-E、-F)。所有IRIG时间码都使用脉冲宽度编码，其中：

- 二进制一的持续时间为脉冲速率的50%
- 二进制零的持续时间为脉冲速率的20%
- 参考脉冲 (位置标识符) 的持续时间为脉冲速率的80%

IRIG时间码可以是无调制 (直流)、调幅 (交流、正弦波载波) 或曼彻斯特调制 (方波载波)。DEWETRON设备支持IRIG的多功能同步选项，可作为从系统和主系统。作为从属设备，它们支持IRIG A (1000pps) 直流和交流信号，以及IRIG B (100pps) 直流和交流信号。作为主控，它们支持IRIG B直流信号。

图12示出了从左到右具有参考脉冲、逻辑1和逻辑0的IRIG B DC (B000) 信号。图13显示了从左到右具有参考脉冲、逻辑1和逻辑0的IRIG B AC (B120) 信号。

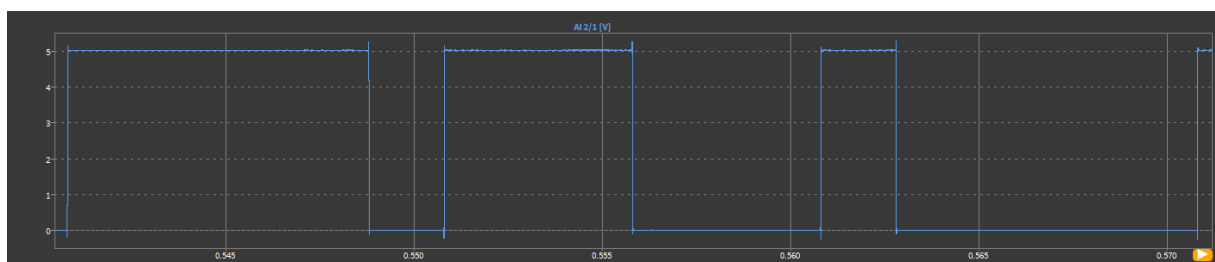


图12: IRIG B DC: 参考脉冲-逻辑1-逻辑零

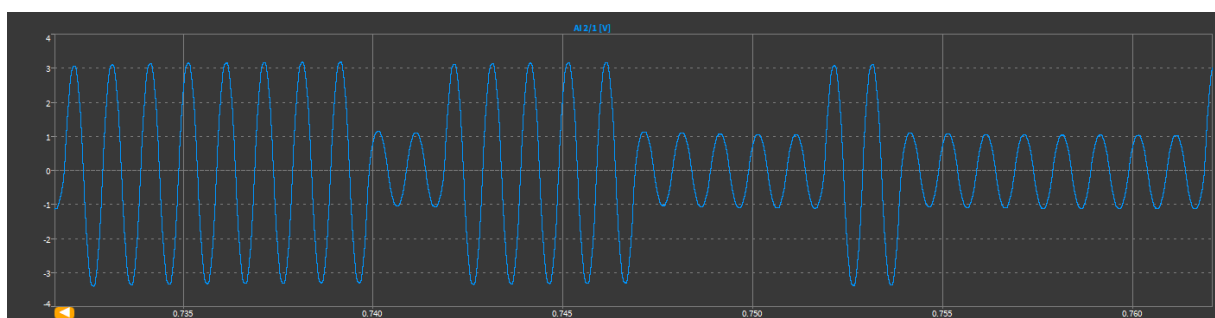


图13: IRIG B AC: 参考脉冲-逻辑1-逻辑零

► 信号传输

IRIG信号可以通过各种类型的电缆传输。最常用的是BNC电缆，建议使用最大长度30米。根据测试环境和电缆质量的不同，电缆长度可达300米。

► 精度

从机到从机连接的同步精度通常为 $\pm 2\mu\text{s}$ 。然而，对于主从连接，同步精度通常为 $\pm 20\mu\text{s}$ 。在任何情况下，每米电缆必然增加+ 5ns。

► 时间戳

IRIG定时协议为同步提供了一个绝对时间戳。

► 何时使用

当DEWETRON设备与支持IRIG的第三方设备结合使用时，或者当现有的IRIG时钟可用时，使用IRIG同步。当需要绝对时间戳时，IRIG是理想的。

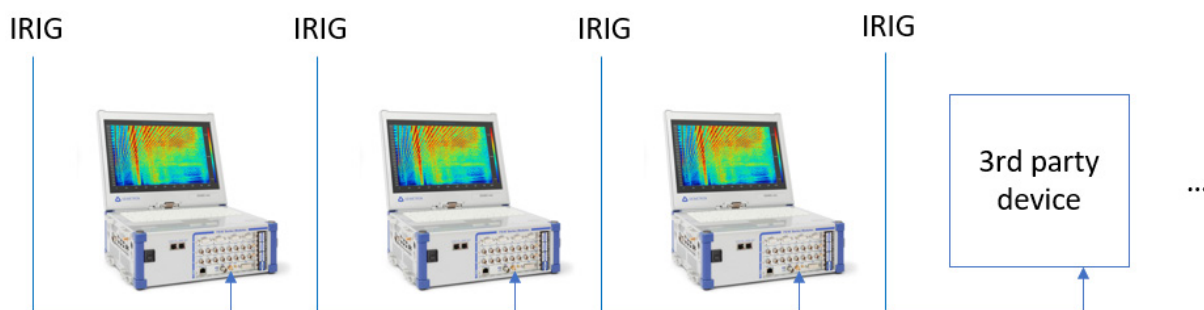


图14: IRIG同步拓扑

PPS（脉冲每秒）信号是一个频率为1hz的矩形TTL电平信号。典型的占空比为0.01%，但也可以使用其他占空比。当设备同步到PPS信号时，每秒的上升沿（见图3/图7左）表示新一秒的开始。或者，也可以在下降沿上执行同步（见图3/图7右）。

PPS

► 描述

PPS（脉冲每秒）信号是一个频率为1hz的矩形TTL电平信号。典型的占空比为0.01%，但也可以使用其他占空比。当设备与PPS信号同步时，每秒的上升沿（见图14左）表示新一秒的开始。或者，也可以在下降沿上进行同步（见图14右）。

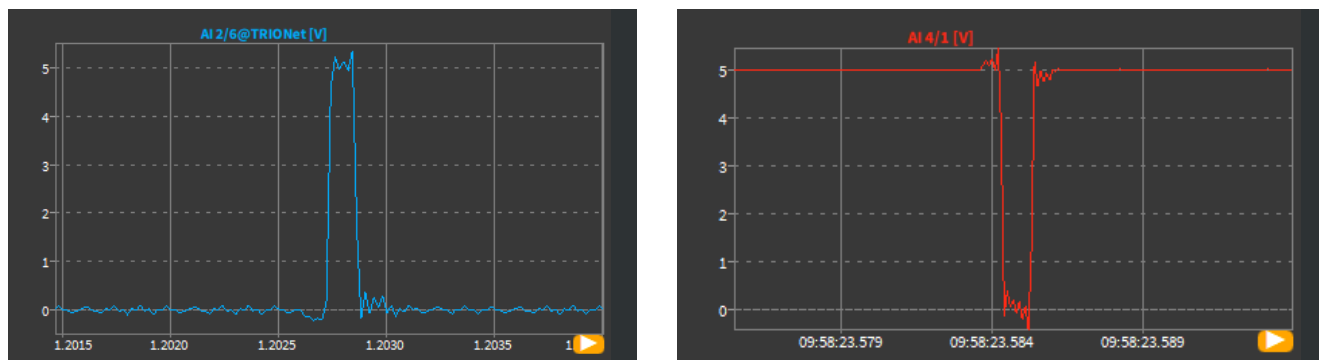


图15: 同步到上升（左）和下降（右）边缘的PPS脉冲

► 信号传输

PPS信号可以通过各种类型的电缆传输。然而，最常用的是BNC电缆。建议使用最大长度10 m。根据输入电平和接收端的灵敏度，BNC电缆可以实现50米的电缆长度。

► 精度

同步精度通常为 $\pm 60\text{ns} \pm (5\text{ns} \times \text{电缆长度 (米)})$ 。

► 时间戳

PPS提供了一个相对时间戳。

► 何时使用

几个基于GPS的传感器根据它们接收到的GPS时间创建一个PPS同步信号。传感器可以输出PPS脉冲，使数据采集系统（以及它接收到的模拟数据）与传感器数据同步。为同步其他设备提供PPS信号的常见传感器是IMUs（惯性测量单元）。

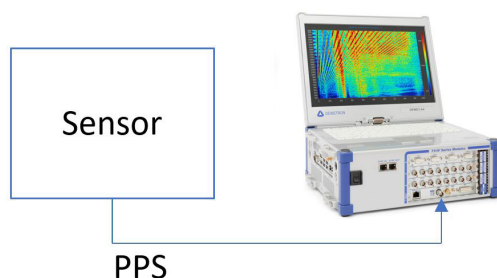


图16: PPS同步拓扑

▼ 触发第三方硬件

如果测量设备需要触发外部硬件（即CAM-ALVIUM-G1-x），则TRION时序模块在AUX连接器（SMB插头）上提供频率为10 Hz至10 MHz的LVTTTL信号，如图16所示。

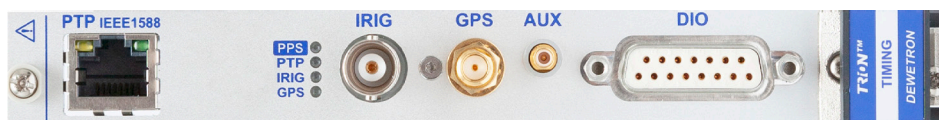


图17: 带有AUX连接器的TRION-TIMING模块

▼ 总结

有许多方法可以同步DEWE2和DEWE3设备，无论是作为独立系统使用，还是彼此并行使用，或者与第三方设备和传感器结合使用。本白皮书介绍了典型的用例和推荐的同步信号，尽管在测试和测量领域中存在许多其他场景。如果您在为您的特定应用程序选择正确的同步设置方面需要帮助，请随时与我们联系。

作者

Rafael Goldgruber



Rafael Goldgruber毕业于格拉茨大学，物理学硕士学位。专攻天体物理学和数据分析。在加入DEWETRON之前，Rafael曾在奥地利和西班牙从事各种科研项目，在该领域积累了宝贵的经验。2022年，他成为了DEWETRON的一部分，担任应用工程师一职。

在这个职位上，Rafael将他的专业知识贡献给先进测量系统的开发，利用他在物理和数据分析方面的背景来支持公司的项目和计划。



关于德维创

DEWETRON是一家精密测试和测量系统制造商，我们帮助客户使世界更加可预测、高效和安全。我们的优势在于定制灵活的解决方案，并可以立即投入使用。同时还可以快速适应能源、汽车、运输和航空航天行业测试环境和复杂技术的不断变化的需求。超过35年的经验和创新使DEWETRON赢得了全球市场的信任和尊重。全球多家知名公司正在使用DEWETRON测量系统超过25,000套，测量通道超过400,000个。

DEWETRON在25个国家拥有120多名员工，是TKH集团的一部分。TKH集团是一家全球化公

司，专注于在全球范围内开发和提供创新解决方案。

DEWETRON的产品质量已通过ISO9001和ISO14001认证。测量数据的高度完整性由我们根据ISO17025认证的校准实验室保证。

扫描二维码
关注德维创
官方微信公众号



THE MEASURABLE DIFFERENCE.



DEWETRON

德维创测试设备（北京）有限公司
北京市朝阳区劲松三区甲华腾大厦
1205室
010-6777 7287

德维创检测设备（上海）有限公司
上海市静安区国旅大厦
1403&1601室
021-6289 0027

www.dewetron.cn

