

► **Product Note**

LXI-basierter Mehrkanal-Digitizer

Einführung

Mussten Sie schon einmal mehrere Messungen innerhalb kurzer Zeit durchführen? Dieser Beitrag beschreibt die Hauptfunktionen der digitizerNETBOX (Bild 1), eines LXI-basierten Digitizers, und zeigt am Beispiel eines Luftkompressors, wie man Messungen in der Praxis durchführen kann. Gezeigt werden die Installation und der Anschluss des Geräts sowie die anschließende Messung mithilfe der mitgelieferten Software – und das alles innerhalb von nur wenigen Minuten.



Bild 1: Eine von 59 erhältlichen digitizerNETBOX-Konfigurationen, die DN2.465-08 mit 8 Kanälen, 3 MS/s und 16-Bit-Digitizer mit Single-Ended und True-Differential-Eingängen.

Die digitizerNETBOX von Spectrum ist eine ganze Serie von Tischgeräten, die auch in einen 19"-Rack eingebaut werden können. Die Geräte sind mit zwei bis 48 Kanälen und mit integrierten Digitizern mit 14- oder 16-Bit-Auflösung erhältlich. Die maximale Abtastrate liegt zwischen 200 kS/s und 500 MS/s. Jedes Gerät ist eine eigenständige Einheit mit einer LXI-kompatiblen GBit-Ethernet-Schnittstelle. Es stehen insgesamt 59 verschiedene Modellkonfigurationen zur Verfügung, die den unterschiedlichsten Messanforderungen gerecht werden. Jedes dieser Geräte ist innerhalb weniger Minuten nach dem Auspacken betriebsbereit. Einfach anschalten, Internetkabel anschließen, die mitgelieferte Software laden und los geht's!

digitizerNETBOX-Hardware

Kern der digitizerNETBOX ist die bewährte Digitizer-Hardware von Spectrum mit rauscharmen analogen Vorverstärkern, verschiedenen Aufzeichnungsmodi, flexiblen Triggern und großen Aufzeichnungsspeichern. Bild 2 zeigt das Blockschaltbild einer digitizerNETBOX mit 16 Kanälen, bei der zwei 8-Kanal-Digitizer genutzt werden. Jeder Kanal verfügt über einen eigenen analogen Vorverstärker und einen eigenen A/D-Wandler mit vollständiger Synchronisierung durch einen gemeinsamen Abtasttakt. Eine vielseitige Trigger-Engine bietet verschiedene Trigger-Modi basierend auf den Eingangskanälen oder externen Trigger-Quellen. Die Digitizer-Ausgänge sind über einen Hochgeschwindigkeits-PCI-Express-Bus mit einem Embedded Remote-Controller/Webserver verbunden. Die gesamte Einheit wird über ein hochwertiges Netzteil mit Wechselspannung oder für mobile Anwendungen optional mit Gleichspannung versorgt.

► **Product Note**

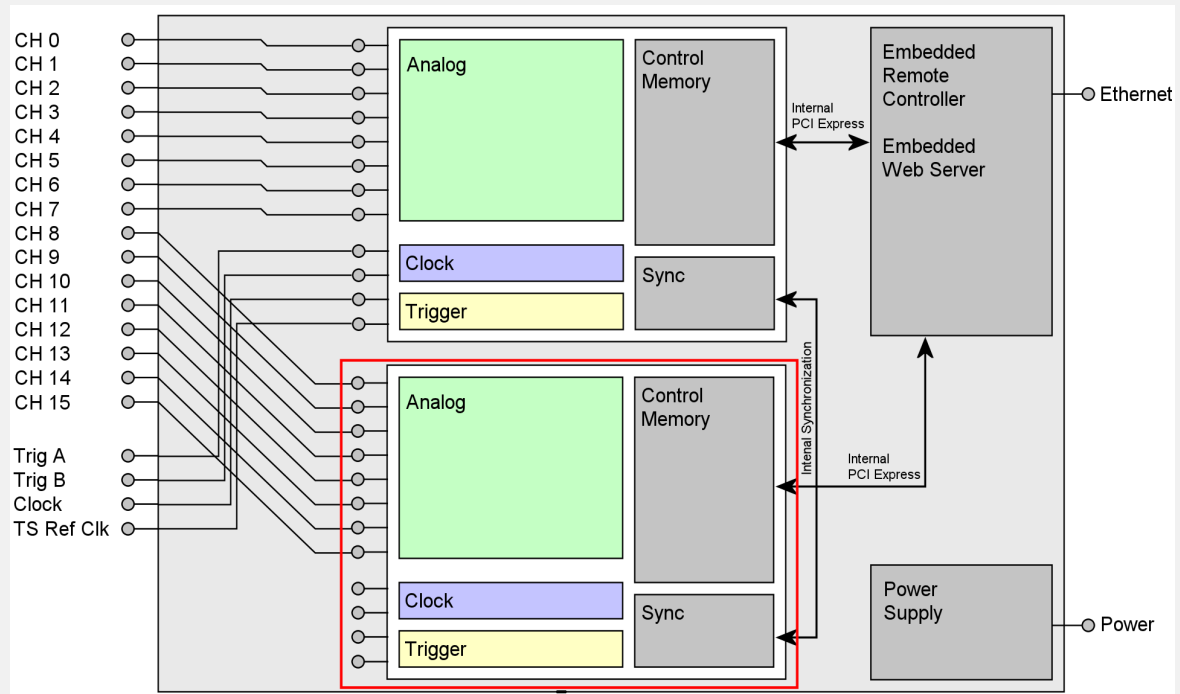


Bild 2: Blockschaltbild einer 16-Kanal-digitizerNETBOX mit Darstellung der Hauptkomponenten einschließlich mehrerer Digitizer, eines Netzteils und einer eingebetteten Steuereinheit

Es gibt Modelle in acht Produktfamilien mit Abtastraten von 500, 250, 130, 60/30, 10, 3, 1 und 0,2 MS/s. Die Anzahl der verfügbaren Kanäle liegt je nach gewählter Produktfamilie zwischen 2 und 48. Die Auflösung liegt bei Digitizern mit maximalen Abtastraten von 250 MS/s bei 16 Bit. Bei den Digitizern mit 500 MS/s liegt sie bei 14 Bit. Jeder interne Digitizer verfügt über einen Aufzeichnungsspeicher für mindestens 512 MSamples.

Datenübertragung und Datenkontrolle erfolgen über eine LXI-Schnittstelle (LAN eXtensions for Instrumentation) mit 1000BaseT-Ethernet, das Computerschnittstellen für LAN (Local Area Network) und WAN (Wide Area Network) unterstützt. LXI bietet eine zuverlässige Ethernet-Kommunikation, Kompatibilität der Geräte untereinander, Standard-Treiber und eine erweiterte Web-Schnittstelle. Die digitizerNETBOX ist ein vollwertiges LXI-Messgerät gemäß LXI-Core-Spezifikation 2011, d.h. das Gerät ist in der Lage, sowohl den Status der Netbox als auch die aktuellen Aufzeichnungsdaten anzuzeigen.

Die digitizerNETBOX wird von Treibern verschiedener gängiger Computer-Programmiersprachen sowie IVI, LabVIEW und MATLAB unterstützt. Eine Version des leistungsstarken, intuitiven und interaktiven Spectrum Mess-Softwarepakets SBench 6 Professional ist im Lieferumfang des Geräts enthalten. Die Software ist kompatibel mit Windows und LINUX und bietet folgende Funktionen: Hardware-Einstellungen, Datenanzeige sowie Analysefunktionen für Zeit, Frequenz und Domainstatistiken.

Anwendungsgebiete der digitizerNETBOX

Die digitizerNETBOX kann für zahlreiche Messanwendungen eingesetzt werden. Einheiten, die für Gleichstromversorgung konfiguriert und direkt an einen Laptop angeschlossen sind, eignen sich ideal für mobile Anwendungen oder die Messung von Service-Parametern mit Versorgung durch eine Fahrzeugbatterie. Zu diesen Anwendungen gehören auch Messungen

▶ Product Note

im Innenraum des Fahrzeugs.

Durch die LXI-Geräteschnittstelle kann die digitizerNETBOX auch in einem Labor eingesetzt werden, wo mehrere Benutzer unabhängig voneinander über LAN auf das Gerät zugreifen können. Die digitizerNETBOX erhält ihre IP-Adresse von einem Standard DHCP-Server. Der Zugriff erfolgt über eine Ethernet-Verbindung wie bei jedem anderen TCP/IP-Gerät. Einsatzgebiete sind beispielsweise Schaltzentralen oder Überwachungseinrichtungen in Fabrikhallen. Das Gerät eignet sich so auch für die Verwendung in für den Menschen ungesunden Umgebungen, z. B. mit hoher Lärm-, Chemikalien- oder Strahlungsbelastung, in Umgebungen, in denen Sprengstoff gelagert wird, oder in denen Hochspannungsgefahr besteht.

Durch den Anschluss der digitizerNETBOX an ein WAN (Wide Area Network) besteht die Möglichkeit des weltweiten Fernzugriffs zu Analyse Zwecken. Diese Betriebsart bietet sich für die gemeinsame Analyse unter Einbindung mehrerer Standorte an und eignet sich ideal für Groß-Projekte.

Funktionen der digitizerNETBOX

Front-Ends

Alle Analogeingänge der digitizerNETBOX verfügen über eine eigene Signalkonditionierung und eigene A/D-Wandler (ADC). Je nach Modell stehen bis zu 48 Kanäle zur Verfügung, deren Anbindung, Terminierung und Eingangsspannungsbereich per Fernprogrammierung angepasst werden können. Gewählt werden kann zwischen 50 Ω und 1 M Ω für die Eingangsterminierung und zwischen AC- und DC-Kopplung. Die Eingangsspannung kann je nach Modell in einem Bereich von ± 50 mV bis ± 10 V Vollausschlag liegen.

Taktung

Der Abtasttakt für die digitizerNETBOX kann entweder intern oder durch eine externe Quelle erzeugt werden. Der interne Takt basiert auf einer Phasenregelschleife (PLL), die eine präzise Einstellung des Takts ermöglicht. Das externe Takteingangssignal kann direkt als Abtasttakt genutzt oder als Referenztakt zur PLL geleitet werden.

Aufzeichnungsmodi

Digitizer bieten zwei Aufzeichnungsmöglichkeiten. Der Standardmodus nutzt wie ein **Oszilloskop** den Aufzeichnungsspeicher als Ring-Buffer. Die Daten werden solange im Ring-Buffer des Digitizers aufgezeichnet, bis ein Trigger-Ereignis auftritt. Nach dem Trigger werden eine Anzahl von Post-Trigger-Werten aufgezeichnet. So werden sowohl Pre- als auch Post-Trigger-Werte in die aufgezeichneten Daten aufgenommen.

Die zweite Möglichkeit ist die Nutzung des Speichers im **FIFO-Modus**. Das ist ein Streaming-Modus für den kontinuierlichen Datentransfer zwischen dem Digitizer und dem Host-Computer. Die Steuerung des Datenstroms erfolgt automatisch auf Interrupt-Anforderung durch den Treiber. Der gesamte installierte Aufzeichnungsspeicher wird als Pufferspeicher genutzt und ermöglicht somit eine zuverlässige Datenübertragung mit Übertragungsraten, die allein durch die Ethernet-Verbindung begrenzt sind.

Die Standard- und FIFO-Modi bieten jeweils drei segmentierte Aufzeichnungsmodi, die einen noch effizienteren Einsatz des Speichers bei Messanwendungen mit geringem

▶ Product Note

Auslastungsgrad ermöglichen. Anwendungen mit geringem Auslastungsgrad sind solche, bei denen wichtige Kurzzeit-Ereignisse auftreten, auf die lange Ruheintervalle folgen. Die Aufzeichnungsmethoden, die für diese Art von Signalen optimiert wurden, sind der Multiple-Recording-Modus (Segmentaufzeichnung), Gated Sampling (torsignalgesteuerte Aufzeichnung) und der ABA-Modus (doppelte Zeitbasis). Alle diese Modi segmentieren den Speicher und legen darin mehrere Aufzeichnungen ab. Der ABA-Modus reduziert die Abtastrate zwischen den Triggern, spart so Speicherplatz und zeigt trotzdem die Signalverläufe in der Totzeit zwischen den Trigger-Ereignissen an.

Betrachten wir nun, wie diese einzelnen Aufzeichnungsmodi funktionieren. Der **Multiple-Recording-Modus** ermöglicht die Aufzeichnung mehrerer Trigger-Ereignisse bei einer sehr kurzen Totzeit. Der Aufzeichnungsspeicher wird in mehrere Segmente gleicher Größe unterteilt. Bei jedem Trigger-Ereignis wird ein Segment gefüllt. Zwischen den Segmenten stoppt die Aufzeichnung. Der Benutzer kann Pre- und Post-Trigger-Zeiträume innerhalb des Segments programmieren. Die Anzahl der aufgezeichneten Segmente wird nur durch den verwendeten Speicher begrenzt und ist im FIFO-Modus unbegrenzt. Signifikante Daten, die mit mehreren Triggern verknüpft sind, werden im Aufzeichnungsspeicher in aufeinanderfolgenden Segmenten gespeichert. Daten zur Totzeit zwischen den Ereignissen werden nicht aufgezeichnet. Jedes Trigger-Ereignis ist mit einem Zeitstempel versehen, so dass die genaue Position jedes Triggers nachvollziehbar ist.

Der **Gated-Sampling-Modus** nutzt den Status eines Torsignals, entweder ein anderer Kanal oder ein externer Triggereingang, um die Aufzeichnung zu starten und zu stoppen. Daten werden nur aufgezeichnet, während das Gate aktiv ist. Wie im Multiple-Recording-Modus kann der Benutzer Pre- und Post-Gate Bereiche um das Gate programmieren. Im Gated-Sampling-Modus markieren die Zeitstempel das Öffnen und Schließen des Gates, ohne den Pre- oder Post-Gate Bereich einzuschließen. Die Anzahl der aufzeichnenbaren torgesteuerten Segmente wird durch den Aufzeichnungsspeicher begrenzt und im FIFO-Modus nur durch den Host-Speicher beschränkt.

Der **ABA-Modus** ist ein Aufzeichnungsmodus mit doppelter Zeitbasis und kombiniert eine schnelle Aufzeichnung bei Trigger-Ereignissen (B-Zeitbasis) mit einer niedrigen Abtastrate (A-Zeitbasis) zwischen den Triggern. Dieser Modus funktioniert wie ein langsamer Datenlogger, der mit einem schnellen Digitizer kombiniert ist. Die genaue Position der Trigger-Ereignisse wird wie im Multiple-Recording-Modus mit Zeitstempeln markiert.

Trigger

Das Trigger-Ereignis synchronisiert die Datenaufzeichnung mit externen Ereignissen. Triggerquellen können die Aufzeichnungskanäle sowie mehrere externe Triggereingänge sein. Für eine maximale Triggerflexibilität können diese mit Re-Arm Funktionalität sowie logischen Verknüpfungen kombiniert werden und damit erweiterte Trigger-Ereignisse abbilden. Die Haupt-Trigger-Quellen umfassen Vergleiche für zwei Trigger-Levels und unterstützen mehrere Trigger-Modi. Hierzu gehören Flankentrigger mit Single und Dual Slope, Re-arm-Trigger (Hysterese) und Fenster-Trigger. Bei Triggern für mehrere Quellen gibt es zudem entsprechende Trigger-Gate-Generatoren. Mit logischen UND- und ODER-Funktionen können verschiedene Triggerquellen kombiniert werden, um die Flexibilität bei der Triggerfunktion weiter zu erhöhen.

Sämtliche Trigger-Ereignisse können mit einem Zeitstempel mit einer Auflösung von 1 Sample versehen werden. Ein Zeitstempel-Referenzsignal eines GPS- oder eines IRIG-B-Receivers lässt sich ebenfalls an die Einheit senden.

► **Product Note**

Beispielanwendung

Ein großer Vorteil der digitizerNETBOX besteht darin, dass sie einfach einzurichten und zu nutzen ist. Bei der folgenden Anwendung einer Spectrum digitizerNETBOX Modell DN2.496-04 (4 Kanäle, 16 Bit, 60 MS/s) wurden Messungen an einem kleinen Luftkompressor vorgenommen. Die digitizerNETBOX wurde ausgepackt und mit einem Local Area Network (LAN) verbunden. Gerätetreiber, das Spectrum Control Center und die Software SBench 6 sind bereits in der Einheit vorinstalliert. Daher ist weder das Herunterladen von Programmen noch die Verwendung einer DVD erforderlich.

Das Spectrum Control Center (Bild 3) bietet eine Discovery-Funktion zur Erkennung von digitizerNETBOX-Geräten, die am Netzwerk des Computers angeschlossen sind. Durch Klicken auf die Schaltfläche „Discovery“ im Spectrum Control Center wird das entsprechende Gerät angezeigt.

Bereits 15 Minuten nach dem Auspacken war die Einheit bereit für die Durchführung von Messungen.

Der Luftkompressor war etwas laut und wurde daher in einem separaten Raum zusammen mit der digitizerNETBOX aufgestellt. Der Anschluss erfolgte per LAN und die Messung wurde mithilfe des interaktiven Mess-Softwarepakets SBench 6 per Fernzugriff gesteuert.

Der Luftkompressor wurde mit einem Druckwandler, einem Beschleunigungssensor und einem Messmikrofon versehen, die an entsprechende Stromversorgungen und die digitizerNETBOX angeschlossen wurden. Als Empfindlichkeiten wurden beim Druckwandler 100 mV/psi, beim Beschleunigungssensor 10 mV/G und beim Mikrofon 42 mV/Pa festgelegt. Auf Grundlage dieser Empfindlichkeiten wurde SBench 6 so programmiert, dass Druck- und Schalldruckwerte in der Einheit Pascal und die Beschleunigung in G ausgegeben wurden.

Bild 4 zeigt das Ergebnis einer Messung aller drei Parameter beim Kompressor mit geschlossener Auslassöffnung. In diesem Zustand lässt sich der maximal verfügbare Druck messen. Das Triggersignal für die digitizerNETBOX wurde mit dem Ansteigen des Drucks ausgelöst, das im Kanal mit der Bezeichnung „Pressure“ im oberen Diagramm der Anzeige dargestellt ist. Direkt darunter wird im Kanal mit der Bezeichnung „Acceleration“ der Wert für die vertikale Beschleunigung angezeigt. Die Wellenform ganz unten spiegelt die Schwankungen des Schalldruckpegels wider. Der Trigger für die Messung wurde bei Überschreiten eines Drucks von 13,7 kPa ausgelöst. Die Auslassöffnung wurde eine Sekunde lang geschlossen, der aufgezeichnete Spitzendruck lag bei 52,7 kPa, gemessen mit der Messwertberechnungsfunktion von SBench 6.

Solange die Auslassöffnung geschlossen ist, verstärken sich die Schwingungen mit einer maximalen, nach unten gerichteten Beschleunigung von 3 G. Auch dieser Wert wird mit der Software SBench 6 im Abgleich mit dem minimalen Parameterwert auf dem Kanal für die vertikale Beschleunigung ausgelesen.

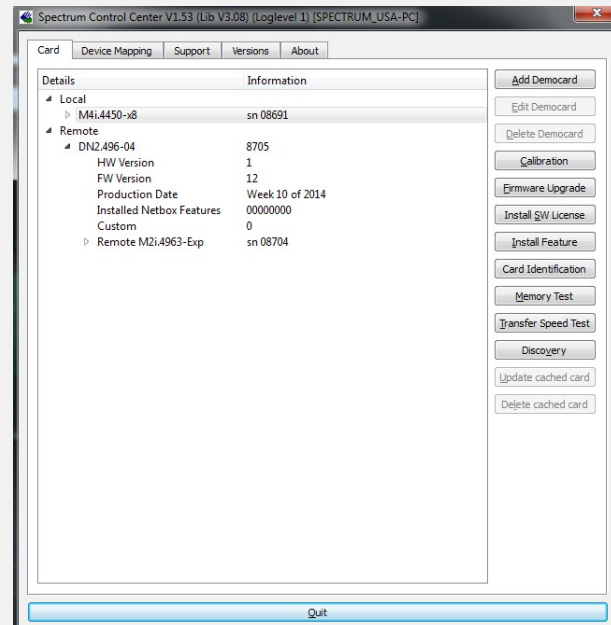


Bild 3: Die Discovery-Funktion des Spectrum Control Center erkennt sämtliche an den Computer angeschlossenen digitizerNETBOX-Geräte.

▶ **Product Note**

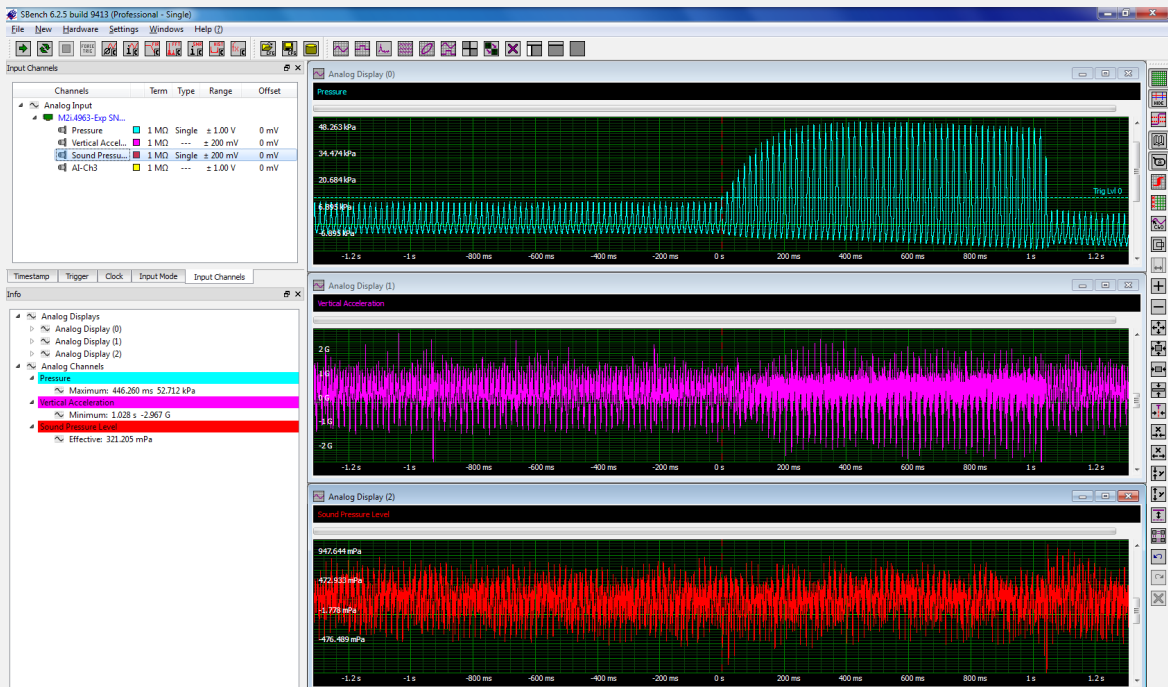


Bild 4: Bildschirmdarstellung der SBench 6-Software mit Messergebnissen zum maximalen Druck des Luftkompressors. Im oberen Diagramm ist der wellenförmige Verlauf des Drucksignals dargestellt. Im mittleren Diagramm ist die vertikale Beschleunigung der Schwingung zu sehen, im unteren der Schalldruckpegel.

Der Schalldruckpegel bleibt relativ unverändert – er ändert sich beim Schließen und erneut beim späteren Öffnen der Auslassöffnung. Der Schalldruck nimmt das Geräusch des Ventils auf, mit dessen Hilfe die Öffnung geschlossen wird. Für den effektiven Geräuschpegel wird ein Wert (rms) von 321 mPa aufgezeichnet. Dieser Wert erklärt, warum das Geräusch als unangenehm empfunden wird, wenn der Kompressor ohne Gehäuse betrieben wird.

Zusammenfassung

Die digitizerNETBOX ist ein handliches Messgerät für den flexiblen Einsatz. Sie ist schnell eingerichtet und bietet hervorragende Messmöglichkeiten für so viele Datenkanäle, wie benötigt werden. Im Vergleich zu kartenbasierten Digitizern ist das Gerät wesentlich einfacher einzurichten, kann von mehreren Benutzern verwendet werden und lässt sich außerdem einfach zu verschiedenen Einsatzorten mitnehmen. Für die Installation ist es nicht erforderlich, das Gehäuse eines PCs zu öffnen – man muss sich also keine Sorgen darüber machen, ob im Gehäuse des PCs ausreichend Platz vorhanden ist. Auch über die Stromversorgung und die Kühlung muss man sich nicht den Kopf zerbrechen. Die digitizerNETBOX ist kompatibel mit jedem PC, Laptop und Notebook.

Autoren

Arthur Pini unabhängiger Berater
 Greg Tate Asian Business Manager, Spectrum GmbH
 Oliver Rovini Technical Director, Spectrum GmbH