

Präzision trifft Resilienz

Zeitversorgung für kritische Infrastrukturen

Zeit ist die unsichtbare Ressource unserer Netze. Quarze und Oszillatoren liefern das Fundament, GNSS sorgt für Synchronisation – doch Störungen nehmen zu.



Mit der aPNT+ Technologie von Oscilloquartz entsteht resiliente Zeitversorgung, die kritische Infrastrukturen auch dann im Takt hält, wenn es darauf ankommt.

Unsichtbare Taktgeber der modernen Welt

Quarze und Oszillatoren sind seit Jahrzehnten die unentbehrlichen Taktgeber in der Elektronik. Vom einfachen Quarzresonator über temperaturkompensierte TCXOs bis hin zu hochstabilen OCXOs sichern sie das präzise Zusammenspiel unzähliger Systeme. Mit der Digitalisierung und dem Ausbau kritischer Infrastrukturen steigen jedoch die Anforderungen erheblich. Anwendungen wie 5G, Smart Grids oder der Hochfrequenzhandel benötigen Zeitstempel im Mikro- und Nanosekundenbereich – Genauigkeiten, die mit klassischen Quarzen allein nicht dauerhaft erreichbar sind.

Unterschiedliche Anwendungen – unterschiedliche Anforderungen

Die geforderte Präzision hängt stark vom Einsatzgebiet ab. In der Telekommunikation etwa müssen 5G-Basisstationen bis auf $\pm 1,5 \mu\text{s}$ synchronisiert sein. Smart Grids benötigen vergleichbare Genauigkeiten, um Phasenverschiebungen im Netz korrekt zu erfassen und Schutzeinrichtungen zuverlässig auszulösen. Im Finanzwesen verlangt die MiFID-II-Richtlinie Zeitstempel von maximal $100 \mu\text{s}$ Abweichung, in der Praxis wird jedoch oft noch präziser gearbeitet. In der Luft- und Raumfahrt oder im Verteidigungsbereich schließlich geht es nicht nur um extreme Genauigkeit, sondern auch um die Fähigkeit, die Synchronisation über längere Zeiträume ohne externe Referenz aufrechtzuerhalten.

Atomuhren und GNSS – Präzision und Synchronisation im Zusammenspiel

Rubidium- und Cäsiumuhren liefern eine hochstabile Zeitbasis, die über lange Zeiträume präzise bleibt. GNSS wiederum bringt die gleiche Atomuhren-Genauigkeit aus dem Weltraum weltweit verfügbar zu jedem Standort und ermöglicht die einfache Synchronisation ganzer Netze. Erst die Kombination beider Ansätze – die robuste Stabilität lokaler Atomuhren und die globale Reichweite von GNSS – schafft eine zuverlässige Grundlage für kritische Infrastrukturen.

Mit der OSA 3300-HP stellt Oscilloquartz beispielsweise eine Cäsium-Frequenzquelle bereit, die in kritischen Netzen höchste Stabilität liefert. Die neue ePRC+-Technologie geht noch einen Schritt weiter: Durch optische Verfahren zur effizienteren Nutzung der Cäsium-Atome wird die Lebensdauer gegenüber klassischen magnetischen Cäsiumuhren verdoppelt, während die Stabilität nochmals verbessert wird.

Gesicherte Zeitversorgung statt Abhängigkeit von einer Quelle

Die Erfahrung zeigt, dass eine einzelne Zeitquelle nicht ausreicht, um moderne Netze zuverlässig zu versorgen. GNSS-Signale können durch atmosphärische Effekte, unbeabsichtigte Störungen oder gezielte Angriffe wie Jamming und Spoofing beeinträchtigt werden. Quarze wiederum liefern eine stabile Basis, reichen aber ohne Ergänzung durch Atomuhren nicht für lange Ausfallzeiten.

Der Schlüssel liegt in einer gesicherten Zeitversorgung, bei der mehrere Technologien zusammenwirken. GNSS dient als einfache und hochgenaue Synchronisationsmöglichkeit. Atomuhren stellen sicher, dass auch bei Signalverlust die Präzision erhalten bleibt. Verfahren wie Synchronous Ethernet oder das Precision Time Protocol (PTP) transportieren zusätzlich externe hochpräzise Referenzen – etwa von Atomuhren oder zentralen Zeitservern – und schaffen so weitere Redundanz im Netz.

Oscilloquartz aPNT+ Technologie – Architektur für Resilienz

Oscilloquartz hat diesen Ansatz mit der aPNT+ Technologie konsequent umgesetzt. Dabei werden verschiedene Quellen kombiniert und kontinuierlich überwacht. GNSS liefert die einfache und weltweit verfügbare Synchronisation, Atomuhren stellen Präzision und Holdover sicher. Ergänzend sorgen Sync-E und PTP für den zuverlässigen Transport zusätzlicher Referenzen in die Netze, etwa aus zentralen Cäsium-Uhren oder GNSS-unabhängigen Zeitquellen. Intelligente Algorithmen vergleichen die Signale, erkennen Manipulationsversuche und wählen automatisch die verlässlichste Quelle.

Lange-Electronic GmbH
Partner von Oscilloquartz
info@lange-electronic.com
www.lange-electronic.com

So entsteht eine resiliente Synchronisation, die auch unter widrigsten Bedingungen präzise Zeit bereitstellt – ein entscheidender Faktor für Betreiber kritischer Infrastrukturen.

Fazit: Präzision als Basis, Resilienz als Schlüssel

Quarze und Oszillatoren bleiben das unverzichtbare Fundament der Zeitversorgung. Ihre Rolle wird durch Atomuhren ergänzt, die eine außergewöhnliche Langzeitstabilität liefern. GNSS wiederum ermöglicht eine einfache und weltweit verfügbare Synchro-

nisation. Erst im Zusammenspiel all dieser Elemente entsteht die notwendige Resilienz für moderne Netze.

Die Botschaft lautet daher: Präzision allein genügt nicht mehr – entscheidend ist, dass die Zeitversorgung auch dann verlässlich bleibt, wenn einzelne Quellen ausfallen. Mit Lösungen wie der Oscilloquartz aPNT+ Technologie zeigt sich, wie Quarztechnologie, Atomuhren und Synchronisationsverfahren gemeinsam die Zukunft der Zeitversorgung sichern.

Hinweis: Teile des Textes wurden mit KI-Unterstützung (ChatGPT) erstellt. ◀