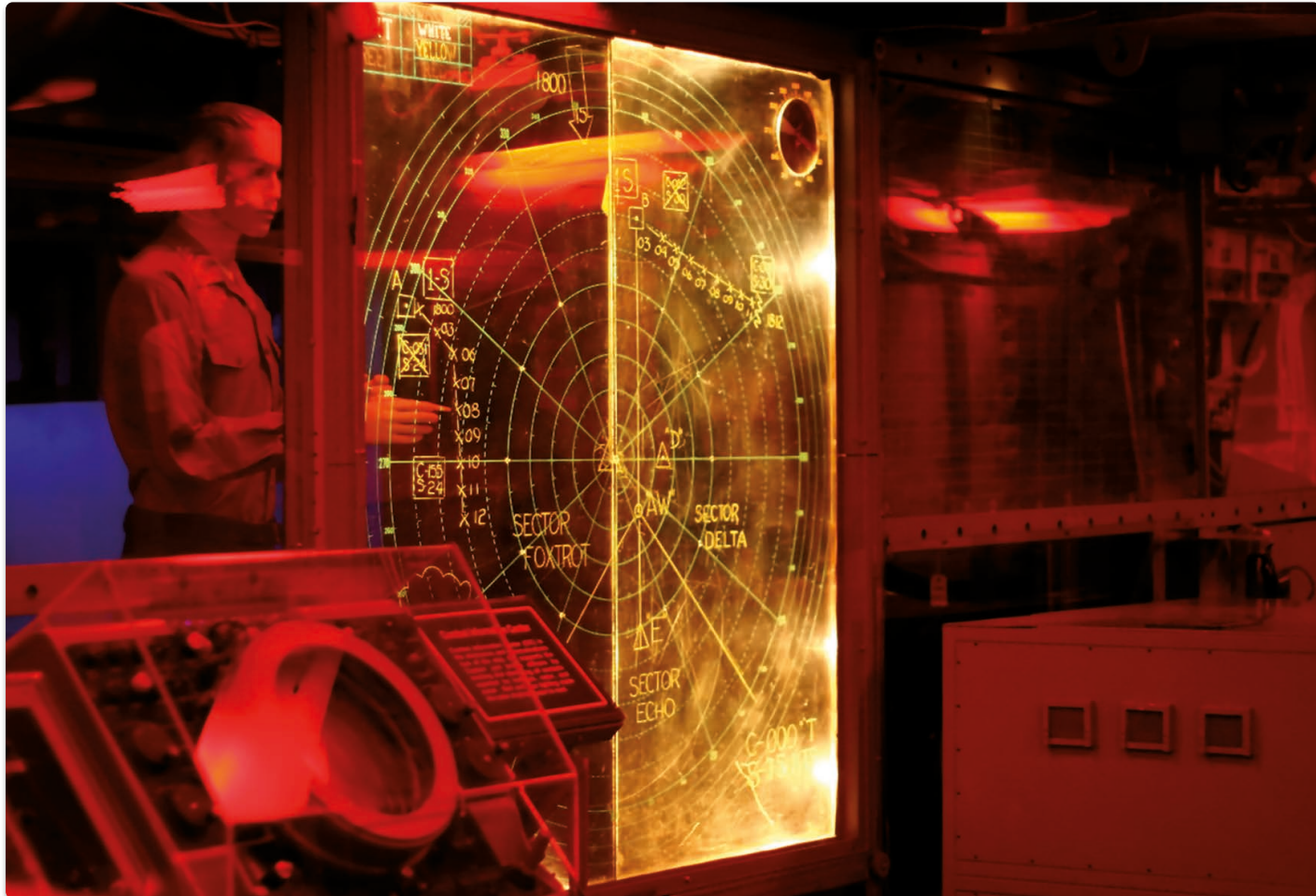


GNSS-disziplinierter Oszillator

24-Stunden-Holdover in Briefmarkengröße



Autor:
Tyler Hohan
*Business Development Director
for Aerospace & Defense
SiTime
www.sitime.com*

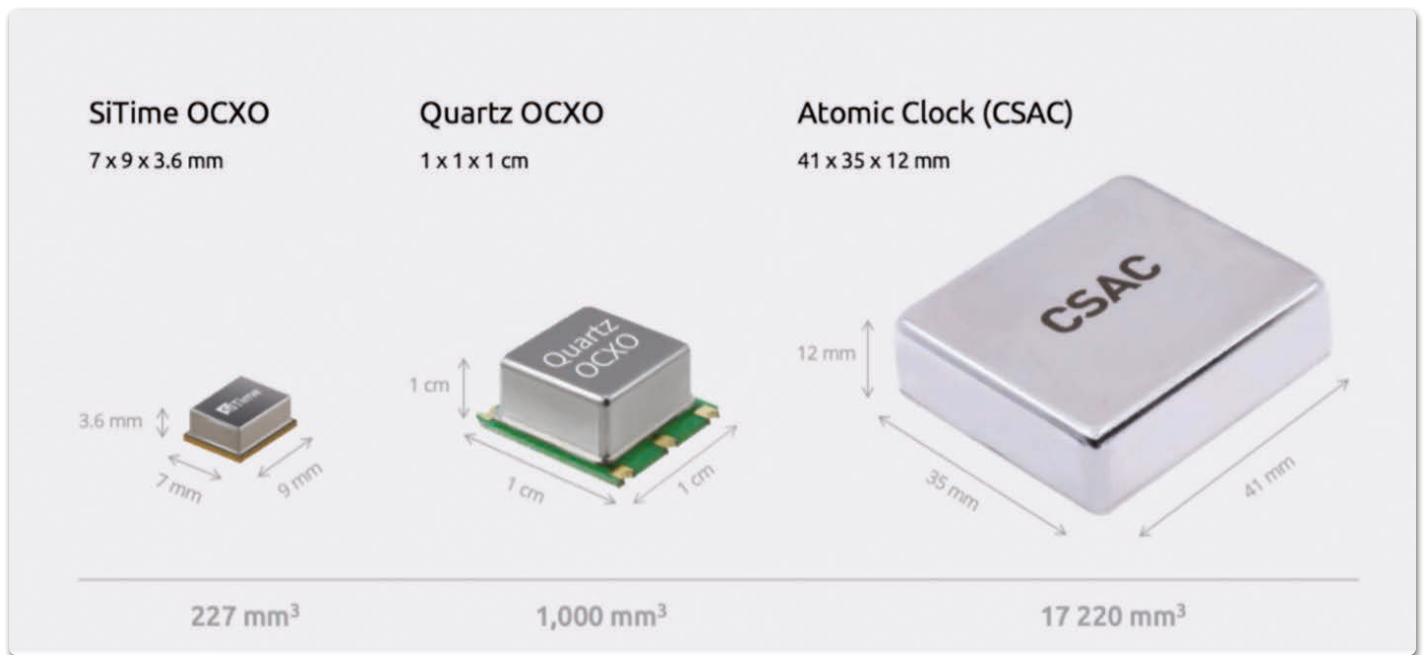
Während eines schweren Sandsturms versucht ein Transportflugzeug, an einem abgelegenen Einsatzort zu landen. Die Sicht ist nahezu null, sodass sich die Besatzung auf Navigations-, Kommunikations- und Landesysteme verlassen muss. Sollte das Flugzeug sein GNSS-Signal verlieren, würden lokale Taktgeber abdriften. Und nur ein paar Mikrosekunden Abweichungskönnten dazu führen, dass diese Systeme nicht mehr synchronisiert sind. Dies kann die Kommunikation unterbrechen, Radar- und Entfernungssysteme stören, einen höheren Trägheits-Navigationsfehler verursachen und letztendlich die Genauigkeit der für den Piloten angezeigten Informationen beeinträchtigen. Dabei könnten Leben und der Missionserfolg auf dem Spiel stehen.

In diesem Szenario wären die Auswirkungen jedoch nicht auf einen Hardware-Ausfall oder einen Cyberangriff zurückzuführen sein, sondern lediglich auf einen geringen Timing-Fehler.

24-Stunden-Holdover auf Mikrosekundenebene

Das neue MicroPNT GDO-1000 ist ein GNSS-disziplinierter Oszillatormodul (GNSS-DO) von VIAVI wurde genau für Situationen wie diese entwickelt. Es verwendet die MEMS-basierten Endura Epoch- oder Elite X Oszillatoren von SiTime, die ein 24-Stunden-Holdover auf Mikrosekundenebene bei kleinstem Formfaktor bieten.

Der Viavi μ PNT GDO-1000 nähert sich der Präzision einer Atomuhr für das Timing-Holdover und dies bei niedrigem Gewicht, geringem Stromverbrauch und niedrigen Kosten (SWaP-C) – in der Größe einer Briefmarke. Die Lösung bietet mehr Flexibilität, um Netzwerke zu synchronisieren, Sensoren auszurichten und Missionssysteme zuverlässig in Luft-, Land-, See-, Weltraum- und Cyberumgebungen zu betreiben – selbst unter extremen Bedingungen.



Was ist ein GNSS-DO?

GNSS-Signale können anfällig gegenüber Signalstörungen und Spoofing sein. Sie können in natürlichen oder Häuserschluchten unterbrochen werden und sie sind Systemausfällen ausgesetzt. Ein GNSS-DO verbindet einen lokalen Präzisions-Oszillator mit der Taktgebung von GNSS, um das genaue und belastbare Zeitgebungsbereitzustellen, das moderne Verteidigungssysteme benötigen. In der Regel umfassen GNSS-DOs die folgenden Komponenten:

• GNSS-Empfänger

hochstabiler lokaler Oszillator (Quarz, MEMS TCXO oder OCXO oder eine Atomuhr)

• Disziplinierungsalgorithmus (Servoschleife)

1 Impuls pro Sekunde (PPS) Eingang und eine Ausgabe von 1 PPS und 10 MHz

Unter normalen Betriebsbedingungen dient der GNSS-Empfänger als primäre Timing-Referenz für das GNSS-DO und liefert Ausgangssignale wie 1 PPS und 10 MHz, die mit der steigenden Flanke des GNSS 1 PPS synchronisiert sind. Während dieser Phase lernt und charakterisiert das GNSS-DO kontinuierlich das Driftverhalten des lokalen Oszillators relativ zur GNSS-Referenz.

Sollten GNSS-Signale dann gestört, unterbrochen oder blockiert werden, wechselt das GNSS-DO nahtlos zum lokalen Oszillator als Timing-Quelle. Über dieses erlernte Verhalten kompensiert das System aktiv seine Ausgaben, um eine genaue Zeitabstimmung zu gewährleisten. Diese einzigartige

Kombination aus langfristiger Genauigkeit und kurzfristiger Stabilität macht das GNSS-DO zu einem entscheidenden Faktor für militärische Kommunikation, Radarsysteme, elektronische Verteidigungsplattformen, Sensorfusionsnetze und autonome Systeme, bei denen eine präzise Zeitgebung für den Erfolg und die Betriebskontinuität von entscheidender Bedeutung ist.

Den richtigen Oszillator auswählen

Drift kann durch Temperaturschwankungen, Vibrationen, mechanische Beanspruchung, Stromversorgungsschwankungen und langfristige Alterungseffekte verursacht werden. Wenn sie nicht kontrolliert wird, sammelt sich die Abweichungen im Laufe der Zeit an, was dazu führen kann, dass die Synchronisierungsgenauigkeit und die Systemleistung beeinträchtigt werden. Die Aufgabe des GNSS-DO besteht darin, diese Abweichungen kontinuierlich zu korrigieren, während ein Referenzsignal verfügbar ist, und ihre Auswirkungen zu minimieren, wenn dies nicht der Fall ist. Je besser die inhärente Stabilität des Oszillators, desto länger und genauer kann das System die Synchronisierung bei einem GNSS-Ausfall aufrechterhalten. Hier ist ein Überblick über die verschiedenen verfügbaren Oszillatortypen:

• CSACs

Chip-Scale Atomic Clocks (Atomuhren im Chipmaßstab) bieten hervorragende Stabilität und die längste Holdover-Leistung, was sie zum Maßstab für Resilienz in Umgebungen ohne GNSS macht. Um diese Vorteile zu erreichen sind jedoch Kompromisse in Bezug auf Größe, Gewicht, Kosten und

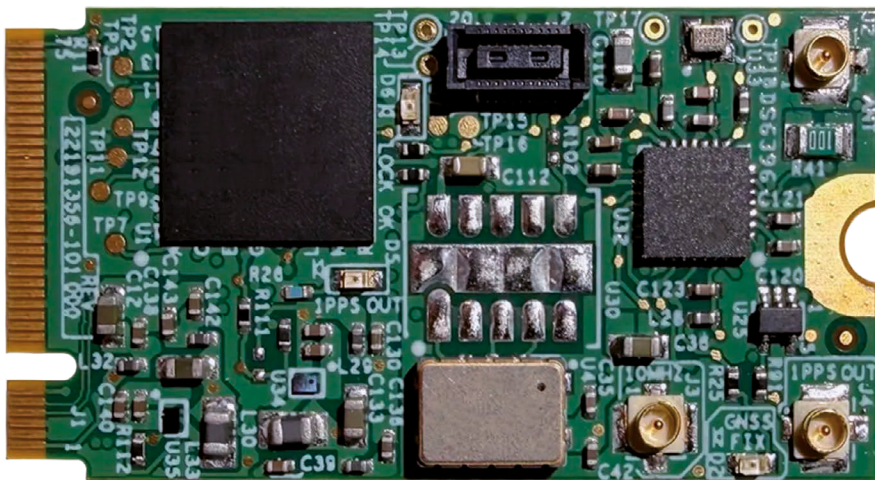
Beschaffungsvorlaufzeiten erforderlich, die ihre Anwendbarkeit für viele Systemimplementierungen einschränken können.

• Quarz-TCXOs und -OCXOs

Herkömmliche quarzkristallbasierte TCXOs und OCXOs bieten kostengünstigere Alternativen und werden daher in Kommunikations-, Luft- und Raumfahrt- und Verteidigungsanwendungen weit verbreitet eingesetzt. Quarzkristalle bieten zwar eine hohe Timing-Leistung, aber sie sind sehr anfällig gegenüber Stößen, Vibrationen und mechanischen Belastungen, die zu Rissen, Brüchen und schweren Leistungseinbußen führen können. Aus diesem Grund sind sie weniger geeignet für mobile Plattformen, die rauen Umgebungen eingesetzt werden.

• MEMS-TCXOs und -OCXOs

TCXOs und OCXOs auf MEMS-Basis (Micro-Electro-Mechanical Systems) entwickeln sich heute zu einer Lösung, die das Beste der beiden Welten in sich vereint. Sie bieten eine robuste Beständigkeit gegenüber Vibrationen, Stößen und Umweltbelastungen und dies bei einem kompakten Formfaktor und niedrigem Stromverbrauch. In vielen Fällen erreichen MEMS-OCXO eine Frequenzstabilität über Temperatur, die sich Atomuhren annähert, und dies bei einem 75-Mal geringeren Volumen. Dank dieser Kombination können Systementwickler präzise Taktgebung gewährleisten und längere Holdover-Zeit erzielen, ohne Zugeständnisse in Bezug auf Größe, Gewicht, Stromverbrauch und Kosten (SWaP-C) machen zu müssen.



SiTime-OCXOs übertrafen ihre Alternativen in Bezug auf SWaP in kritischen militärischen Verteidigungsanwendungen. „Bisher mussten Kunden, die zuverlässige Zeitsteuerung in kompakten Systemen benötigen, zwischen zwei suboptimalen Alternativen wählen. CSACs sind teuer und nur begrenzt verfügbar. OCXO-basierte Taktgebungslösungen sind für viele moderne Plattformen zu groß und energiehungrig“, sagt Doug Russell, Senior Vice President und General Manager, Aerospace & Defense bei VIAVI. „Das GDO-1000 bietet einen neuen Weg, der Kunden nicht zu Kompromissen zwingt.“

Das VIAVI μ PNT GDO-1000

Das μ PNT GDO-1000 umfasst einen eng integrierten Funktionssatz in einem Modul, das Belastbarkeit, Präzision und kompaktes Design miteinander verbindet. Es bietet Doppelfrequenz-GNSS-Empfang (L1/L5) mit 24-Stunden-Holdover auf Mikrosekunden-ebene, was eine hochpräzise Taktgebung selbst in schwierigen oder unkämpften Umgebungen. „Die Holdover-Leistung nähert sich Taktgebern der Atomuhrklasse, und dies in einem Modul, das in einen standardmäßigen M.2-Steckplatz passt und etwa ein halbes Watt Strom abnimmt“, erklärt Russell. Es lässt sich direkt in moderne Rechnerplattformen, Taktgeberkarten und eingebettete Systeme integrieren, ohne dass dazu eine angepasste mechanische Konstruktion erforderlich ist.

Das VIAVI μ PNT GDO-1000 mit SiTime MEMS-Oszillator bietet Doppelfrequenz-GNSS-Empfang (L1/L5), 24-Stunden-Holdover auf Mikrosekundenebene und verbraucht weniger als ein halbes Watt an Strom.

Die Leistung des μ PNT GDO-1000 wird durch patentierte KI- und ML-Algorithmen

unterstützt, die das Oszillatorverhalten unter unterschiedlichen Umgebungsbedingungen modellieren und entsprechend kompensieren. Im Kern bieten die MEMS-Oszillatoren von SiTime im Vergleich zu herkömmlichen Quarz-OCXOs verbesserte thermische Stabilität über den gesamten militärischen Temperaturbereich, während gleichzeitig die Leistung in Bezug auf Phasenrauschen und Allan-Abweichung auch bei Vibrationen und Stößen erhalten bleibt.

Das System akzeptiert auch einen externen 1-PPS-Eingang, so dass M-Code-GPS, alternative Navigationsquellen oder andere externe Referenzen ohne Hardware-Änderung verwendet werden können. Trotz seines Miniaturformats unterstützt es mehrere koaxiale 1 PPS und 10 MHz Ein- und Ausgänge mit geringem Phasenrauschen, so dass es flexibel in komplexe Systeme integriert werden kann.

„Präzisions-Timing ist der Herzschlag aller Elektronik“, fasst Sundar Vanchinathan, General Manager für den Bereich Aerospace and Defense bei SiTime, zusammen. „Das μ PNT GDO-1000-Modul mit seinen fortschrittlichen KI/ML-Holdover-Algorithmen in Verbindung mit unseren MEMS-OCXOs bietet widerstandsfähiges Präzisions-Timing und erweiterte Betriebskontinuität in einer kompakten, leicht austauschbaren Lösung für Anwendungen in Luft- und Raumfahrt und im Militärbereich.“

Wie SiTime-MEMS-Oszillatoren die Holdover-Leistung des VIAVI μ PNT GDO-1000 unterstützen und Oszillator drift reduzieren

Moderne Präzisions-Taktgebungslösungen wie eine fortschrittliche OCXO-Plattform und leistungsstarke Super-TCXO-Architekturen sind darauf ausgelegt, die kombinierten

Herausforderungen von SWaP-Beschränkungen, Oszillator drift und Verlust des Referenztakts in GNSS-degradierten Umgebungen direkt zu bewältigen. Durch die Verbesserung der intrinsischen Frequenzstabilität, die Reduktion von Phasenrauschen und das Minimieren langfristiger Alterungseffekte tragen SiTime-Geräte dazu bei, genauere lokale Zeitgebung bereitzustellen, wenn externe Referenzen nicht verfügbar sind:

• Endura Epoch OCXO

verbessert die Holdover-Leistung durch eine enge Temperaturregelung, welche die Umweltempfindlichkeit vermindert und das Ansammeln von Timing-Fehlern bei längeren Referenzausfällen verlangsamt, während gleichzeitig Leistung und Größe im Vergleich zu herkömmlichen hochstabilen Taktgebern optimiert sind

• Endura Elite-X Super TCXO

verbessert die thermische Stabilität und langfristige Zuverlässigkeit, reduziert Drift über ein breites Spektrum von Betriebsbedingungen und trägt dazu bei, die exakte Synchronisierung in kompakten, energiesparenden Systemen aufrechtzuerhalten.

SiTime MEMS-Oszillatoren verringern die Abhängigkeit von kontinuierlichen externen Timing-Eingängen und stellen sicher, dass Systemuhren bei Verlust des Referenztakts die Kontinuität der Mission und die Kohärenz auf Systemebene beibehalten.

Präzisions-Taktgebung ist kritisch wichtige Infrastruktur – Oszillatoren sind entscheidend

Angesichts der Tatsache, dass Verteidigungssysteme sich heute von eigenständigen Plattformen zu vernetzten Netzwerken aus Sensoren, Kommunikationssystemen und autonomen Ressourcen entwickelt haben, ist die Taktgebung genauso wichtig für das Systemdesign wie das Energie- und Speichermanagement. Präzisions-Timing ist die Grundlage für alles – von PNT über sichere Kommunikation bis hin zu Sensorfusion und synchronisierten Operationen über verteilte Missionen.

Die Zukunft gehört Timing-Lösungen, die Präzision, Ausfallsicherheit und Leistung bieten während sie gleichzeitig SWaP und Systemkomplexität minimieren. Das VIAVI μ PNT-GDO-1000 mit integriertem SiTime MEMS-Oszillator bietet einen leistungsstarken Weg nach vorn und kombiniert präzise Synchronisierung mit robuster Holdover-Leistung in einem kompakten, energieeffizienten Design – eine solide Grundlage für den Erfolg Ihrer Mission. ◀