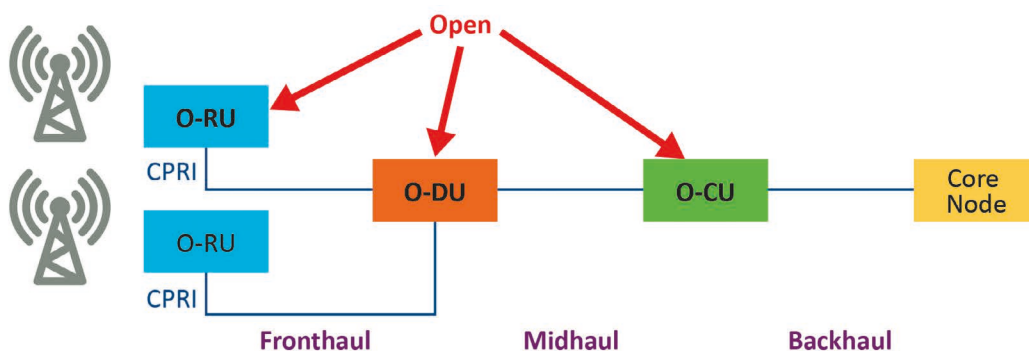


Herausforderungen optimal bewältigen

## Netzwerksynchronisierung in ORAN-Infrastrukturen



**Bild 1:** Bei O-RAN handelt es sich um einen modularen Software-Stack für Basisstationen, der auf handelsüblicher Server-Hardware läuft. MNOs können ihre O-RU, O-DU und O-CU von verschiedenen Anbietern kombinieren und anpassen

Der Markt für ORAN-Technik (Open Radio Access Network) und ihre Rolle bei der Umsetzung von 5G-Diensten wachsen schnell. Mobilfunk-Netzbetreiber (MNOs) möchten von den niedrigeren Kosten, von mehr Flexibilität und der Möglichkeit, die Bindung an einen bestimmten Anbieter zu vermeiden, profitieren. All dies ist durch den Zugang zu interoperablen Techniken verschiedener Anbieter möglich. Zudem können die Betreiber von der Echtzeitleistungs-fähigkeit profitieren.

### Blick zurück

ORAN ist der jüngste Schritt in der Entwicklung des Funkzugangnetzes (RAN, Radio Access Network), das mit der Einführung von 1G im Jahr 1979 begann. 2G wurde 1991 eingeführt und 3G im Jahr 2001. Die 4G-Long-Term-Evolution-Dienste (LTE) erschienen erstmals 2009 und führten die Paketvermittlung ein. Parallel dazu wurden MIMO-Antennengruppen eingesetzt, und das zentralisierte (oder Cloud-) cRAN, das auf herstellereigener Software läuft, ermöglichte die Aufteilung der Basisbandeinheit (BBU) in eine verteilte Einheit (DU) und eine zentrale Einheit (CU) mit einem Midhaul zwischen beiden.

Die Einführung von 5G NR begann 2018 und führte das virtualisierte RAN (vRAN) als Implementierungsmethode ein, bei der BBU- (oder CU- und DU-)Funktionen in Software implementiert werden, die auf Servern läuft. So können Lastverteilung, Ressourcen-Management, Router und Firewalls jetzt im Rahmen der Netzwerk-funktions-Virtualisierung (NFV) ausgeführt werden. Die Software für die Funkeinheit (RU), CU und DU ist jedoch proprietär. ORAN zielt darauf ab, Barrieren zu beseitigen, indem es Betreibern Zugang zu auf Open-Source-Software basierendem vRAN für die Einführung von 5G [1] ermöglicht.

### Das Ziel der O-RAN Alliance

Bild 1 veranschaulicht das Ziel der O-RAN Alliance – einer Gemeinschaft von mehr als 300 Mobilfunkbetreibern, Anbietern, Forschungsorganisationen und akademischen Einrichtungen –, offene RUs, CUs und DUs (wobei jeder Bezeichnung ein O vorangestellt wird) sowie ein Fronthaul mit Common Public Radio Interface (CPRI) zu haben.

Die Unterstützung von Echtzeit ist durch 5G mit Übertragungsgeschwindigkeiten von bis zu 20 GBit/s möglich, im

Vergleich zu 4G mit 1 GBit/s zwischen statischen Punkten und nur 100 MBit/s zwischen einem oder zwei beweglichen Punkten. Außerdem beträgt die Latenz bei 5G nur noch 1 ms.

Eine weitere wichtige Komponente von ORAN ist der RAN Intelligent Controller (RIC), der echtzeitnah oder nicht echtzeitnah sein kann, wobei beide Optionen für die Steuerung und Optimierung der ORAN-Elemente verantwortlich sind. Bild 2 zeigt die O-RAN Software Community (SC), die der von der O-RAN Alliance definierten Architektur folgt.

### Synchronisierung

Eine der größten Herausforderungen bei der ORAN-Implementierung ist, die Synchronisierung der verschiedenen ORAN-Elemente sicherzustellen – gerade weil eine höhere Synchronisierungsleistung erforderlich ist, die eine Zeitgenauigkeit von nur  $\pm 130$  ns erfordert.

Für einen effektiven ORAN-Betrieb ist die Synchronisierung der RU-Switches und DUs wichtig. Dies verhindert den Verlust von Datenpaketen, minimiert Netzwerkunterbrechungen und hilft, den Stromverbrauch so gering wie möglich zu halten. Die Synchronisierung hilft den Mobilfunkbetreibern auch dabei, ihrer Verantwortung als Inhaber von Frequenzlizenzen nachzukommen.

### TDD statt FDD

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zwischen 5G und früheren Generationen ist die Umstellung von Frequenzduplex (FDD) auf Zeitduplex (TDD), wodurch Uplink- und Downlink-Übertragungen gleichzeitig auf zwei getrennten, aber nahe beieinander liegenden Frequenzen erfolgen. Dabei werden unterschied-

Autor:  
Thomas Gleiter  
Staff Segment Manager  
Microchip Technology  
www.microchip.com

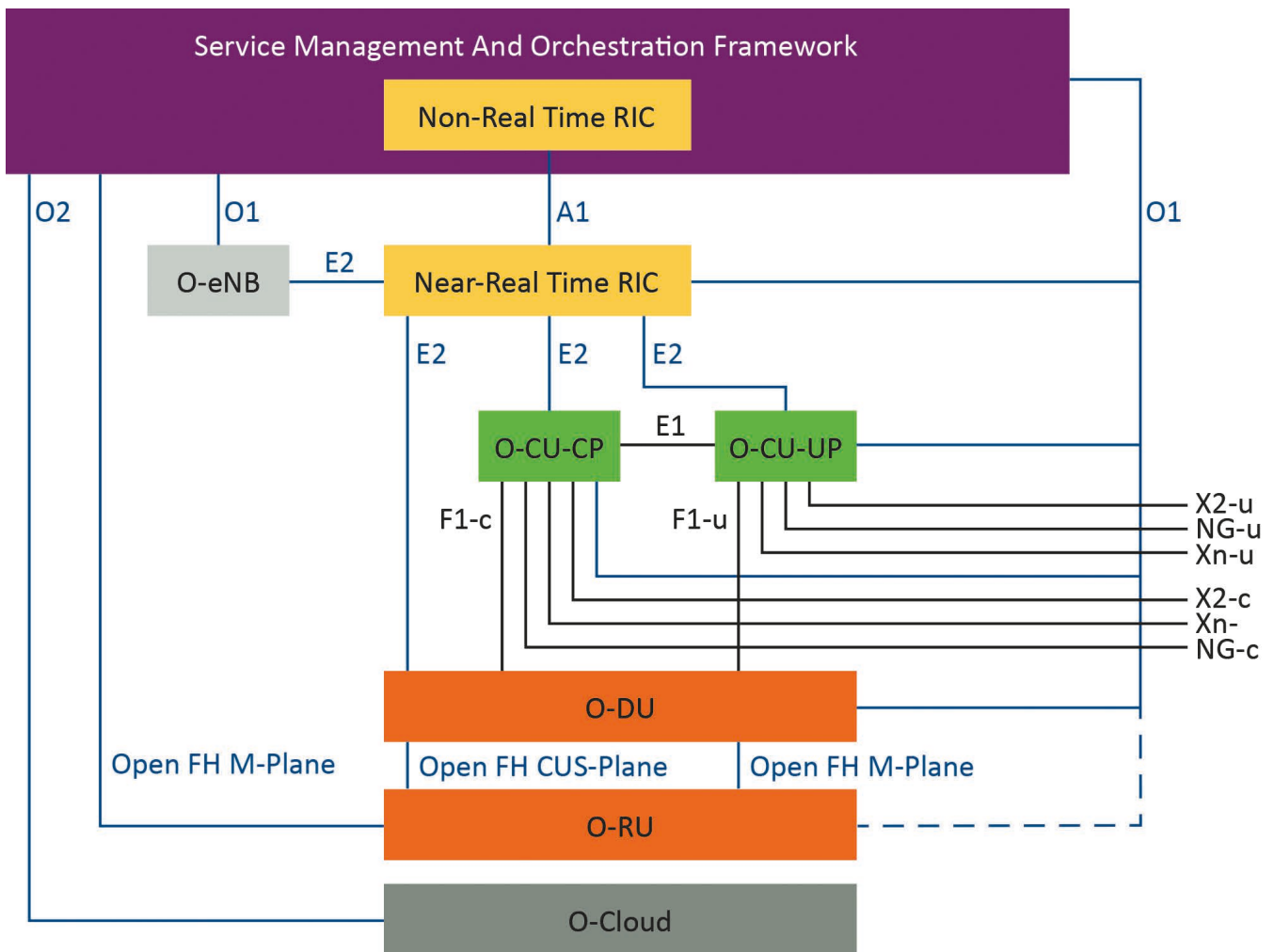


Bild 2: O-RAN-SC-Architektur mit seinem echtzeitfähigen RAN Intelligent Controller

liche Zeitschlitz für Uplink- und Downlink-Signale auf derselben Frequenz verwendet, was eine bessere Nutzung des RAN-HF-Spektrums ermöglicht, z.B. für Enhanced Mobile Broadband (eMBB), da das Verhältnis zwischen Uplink- und Downlink-Zeit je nach Bedarf angepasst werden kann.

TDD bietet auch eine bessere Kompatibilität mit MIMO-Beamforming und dem C-Band-Spektrum (3,7 bis 3,98 GHz), das von den Betreibern für die Bereitstellung von 5G in großen und kleinen Kommunen genutzt werden wird. Um Interferenzen innerhalb und zwischen den Zellen zu vermeiden, gibt es eine Schutzzeit zwischen Up- und Downlink-Übertragungen. Dennoch ist eine enge Synchronisierung für die betriebliche Effizienz (geringere Fehlerraten) und

zum Ausgleich von Frequenz- oder Phasenverschiebungen unerlässlich [2].

### Präzises Timing

Alle neuen Funkanlagen müssen eine Phasenabgleichgenauigkeit zu einer auf dem Global Navigation Satellite System (GNSS) basierenden Zeitquelle mit  $\pm 1,5 \mu\text{s}$  einhalten [3]. Die Einhaltung mehrerer Industriestandards und die Befolgung der Empfehlungen von Branchengremien sind ebenfalls von Bedeutung für durchgehende (End-to-End) Echtzeit-Datenanbindung.

Für die präzise Zeitverteilung im gesamten Netz ist ein Precision Time Protocol (PTP) gemäß IEEE 1588-2019 im Rahmen der O-RAN-Architektur der O-RAN Alliance erforderlich. Innerhalb des Protokolls gibt es einen Grandmaster-Takt (oder

PTP-Master-Takt), mit dem sich andere PTP-Takte im Netz über PTP-Nachrichten synchronisieren. Bei der Synchronisierung werden Effekte wie Pfadverzögerungen berücksichtigt, und der Standard spezifiziert die Funktionen Time Boundary Clock (T-BC) und Time Transparent Clock (T-TSC), um Upstream- und Downstream-Asymmetrien sowie Paketverzögerungsschwankungen (PDV) auszugleichen.

Die ITU-T, Teil der Internationalen Fernmeldeunion, hat ebenfalls Empfehlungen für TDD ausgesprochen. So spezifiziert ITU-T G.8272/Y.1367 die Anforderungen an primäre Referenzzzeitpunkte (pRPTCs), die für die Zeit-, Phasen- und Frequenzsynchronisation in Paketnetzen geeignet sind, und ITU-T G.8273.2 empfiehlt die Timing-

Eigenschaften von Telekommunikations-Boundary-Clocks und Telekommunikations-Sekundär-takten für die Verwendung mit voller Timing-Unterstützung (FTS) durch das Netzwerk.

Im gesamten Netzwerk werden die Takte verkettet, wobei das Zeitsignal bereinigt wird, um das Rauschen der Boundary Clocks zu filtern und zu entfernen. Die Geräte müssen jedoch eine von vier Leistungsklassen erfüllen, die in ITU-T G.8273.24 definiert sind und von Klasse A bis D reichen. So muss beispielsweise der Zeitfehler eines T-BC-Taktes der Klasse D weniger als 5 ns betragen [5]. Neben GNSS/UTC und PTP wird bei 5G-Implementierungen auch Synchronous Ethernet (SyncE) verwendet. Alle drei können zusammen Zeit-, Phasen- und Frequenzgenauigkeit über das Netzwerk liefern.

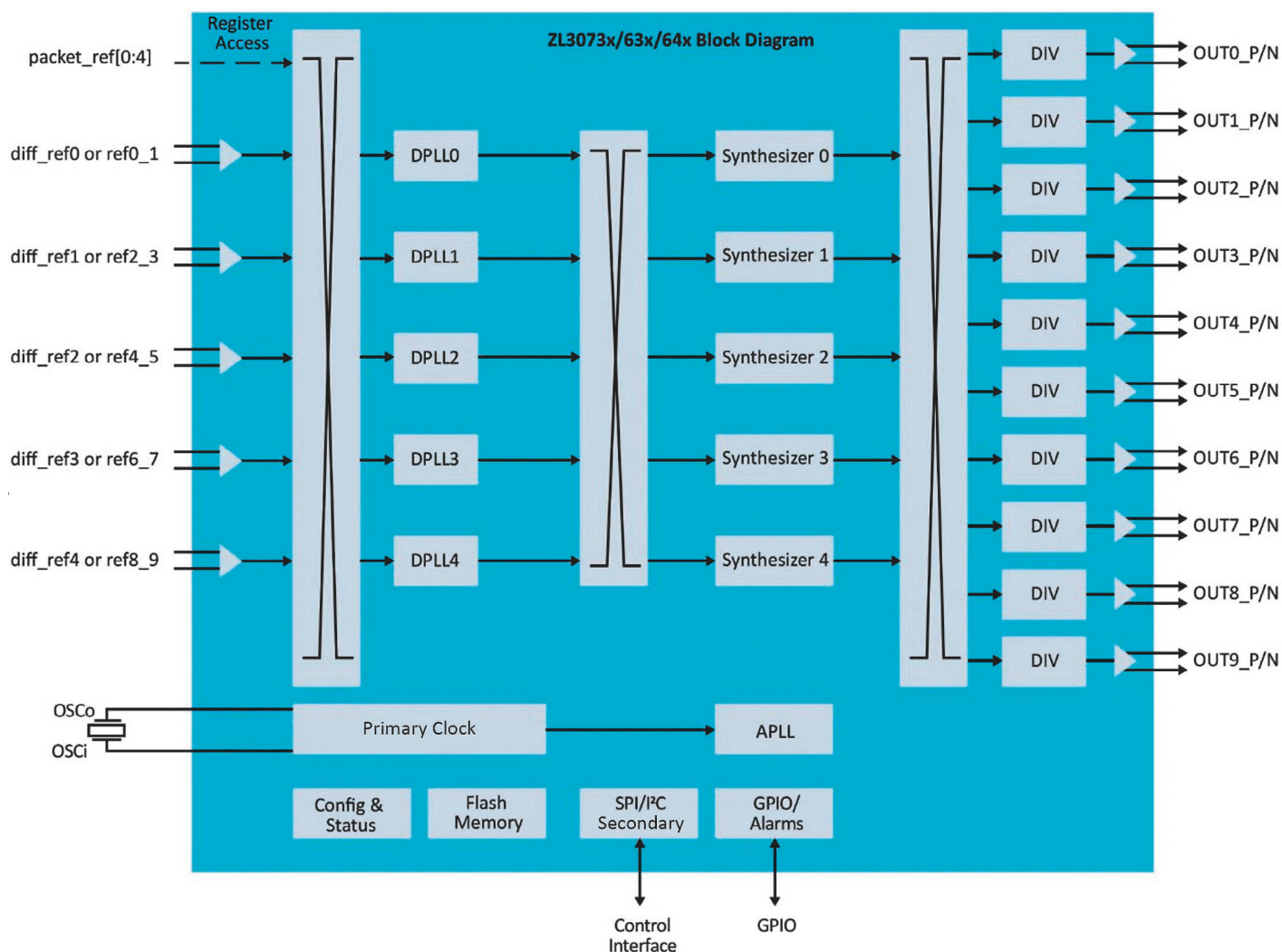


Bild 3: Singlechip-Netzwerksynchronisierungs-Plattform ZL3073x/63x/64x von Microchip

## ORAN verlangt nach Standardplattformen

ORAN ermöglicht MNOs den Zugang zu nichtproprietären Lösungen. Was die Hardware betrifft, so können handelsübliche Halbleiterbauelemente und Plattformen verwendet werden, um die End-to-End-Timing-Anforderungen innerhalb des Netzwerks zu erfüllen.

So sind beispielsweise IEEE 1588-konforme Grandmaster-Takte mit PTP- und SyncE-Fähigkeiten erhältlich, die die PRTC-Spezifikationen der Klassen A, B und Enhanced PRTC (ePRTC) sowie die Spezifikationen der Klassen C und D für Multidomain Boundary Clock erfüllen. Diese Vielseitigkeit und Multifunktionalität sind für MNOs entscheidend, um

eine synchrone Timing-Lösung umzusetzen.

Hardware für die Netzwerksynchronisierung, wie Oszillatoren, programmierbare PLLs, Puffer und Jitter-Dämpfungsglieder können in DU-, CU- und RU-Geräten eingesetzt werden. Darüber hinaus sind jetzt dedizierte Einchip-Lösungen für die Netzwerksynchronisierung verfügbar. In dieser Hinsicht war Microchip mit seiner ZL3073x/63x/64x-Plattform der erste Anbieter auf dem Markt (Bild 3). Diese Technik vereint DPLLs und Low-Output-Jitter-Synthesizer sowie IEEE-1588-2008-Präzisionszeit-Protokollstapel und Synchronisierungsalgorithmus-Software-Module.

Ein weiterer Aspekt des Timings, der in einem 5G-ORAN von

Bedeutung ist, ist die Temperaturstabilität. Temperaturkompensierte Oszillatoren und PLLs sowie Chip-Scale-Atomuhren (CSACs) werden bereits in rauen Umgebungen wie militärischen und industriellen Anwendungen eingesetzt und haben sich dort bewährt. Sie eignen sich für RU-, CU- und DU-Hardware.

## Zum Schluss

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass TDD in 5G große Vorteile mit sich bringt, die Synchronisierung jedoch eine Herausforderung darstellt. Zum Glück haben MNOs und die Unternehmen, die sie mit Systemen ausrüsten, im Rahmen von ORAN nun Zugang zu Halbleitern und Plattformen, die für die Entwicklung eines End-to-End-RAN genutzt werden kön-

nen, ohne dass sie an proprietäre Lösungen gebunden sind.

## Referenzen

- [1] [www.techtarget.com/search-networking/definition/radio-access-network-RAN](http://www.techtarget.com/search-networking/definition/radio-access-network-RAN)
- [2] [www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-timing-and-synchronization](http://www.viavisolutions.com/en-uk/what-5g-timing-and-synchronization)
- [3] [www.5gtechnologyworld.com/how-virtual-primary-reference-time-clocks-improve-5g-network-timing/](http://www.5gtechnologyworld.com/how-virtual-primary-reference-time-clocks-improve-5g-network-timing/)
- [4] [www.5gtechnologyworld.com/how-ieee-1588-synchronizes-5g-open-ran/](http://www.5gtechnologyworld.com/how-ieee-1588-synchronizes-5g-open-ran/)
- [5] <https://assets.ctfassets.net/wcxs9ap8i19s/NMWioyJa4hINjqrOzNZfz/918a2b5e6a4134332da26b20a680485b/EB-Timing-and-Synchronization-in-a-5G-World.pdf>