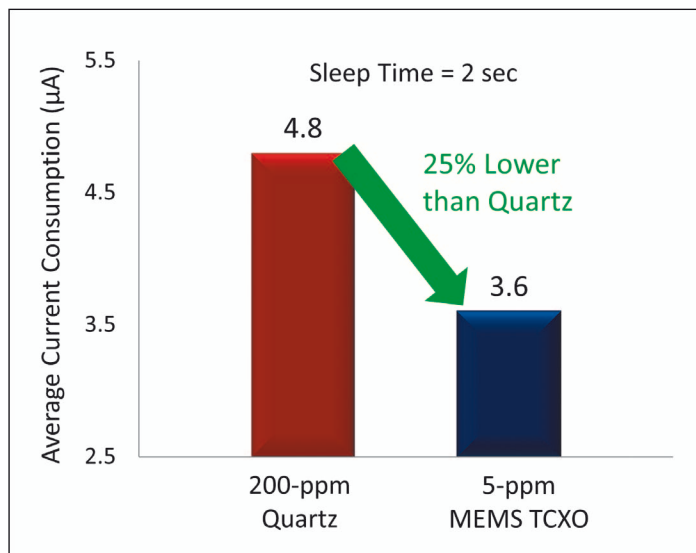


Intelligente Systeme und ihr Bedürfnis nach Genauigkeit



Energieeinsparung durch Verwendung eines präzisen 32-kHz-weak-up-Taktes in BLE-Systemen

Domotik oder Heimautomatisierung ist ein Beispiel für intelligente Systeme, die bereits heute verwendet werden und für einwandfreie Funktion ein präzises Timing erfordern. Ein Smart Home Steuerungssystem benötigt genaue Taktung um intelligent zu sein, Gewohnheiten zu lernen und datenbasierte Entscheidungen zu treffen, die zukünftige Verhaltensweisen und Bedürfnisse vorhersehen. Daten, die von Sensoren erfasst werden, sind nur stichhaltig, wenn die Zeitbasen synchronisiert sind

und Systeme können nur hilfreich sein, wenn die Reihenfolge der Ereignisse in der richtigen zeitlichen Abfolge aufgezeichnet wird. Nehmen Sie als einfaches Beispiel einen Türsensor, der ein Flurlicht einschaltet. Wenn die Zeitaufzeichnung des Türsensors oder des Lichtschalters um mehr als einen Bruchteil einer Sekunde abweicht, erfährt der Algorithmus nicht das richtige Timing der erforderlichen Ereignisse und das Licht wird nicht zur richtigen Zeit eingeschaltet.

In der heutigen vernetzten Welt wird die Genauigkeit der Echtzeituhr (Real Time Clock, RTC) immer bedeutender. Diese Bedeutung wird zunehmen, je mehr Objekte dem „Internet of Everything“ beitreten. Die große Wichtigkeit wird am Beispiel der „Smart Meter“ ersichtlich, die mehr Informationen und Funktionen für einen besseren Energieverbrauch bereitstellen. Wenn in diesem Fall die Zähleruhr zu schnell läuft oder auf dem falschen Zeitintervall für die Abrechnungsraten basiert, könnten sämtliche Einsparungen oder Vorteile verloren gehen.

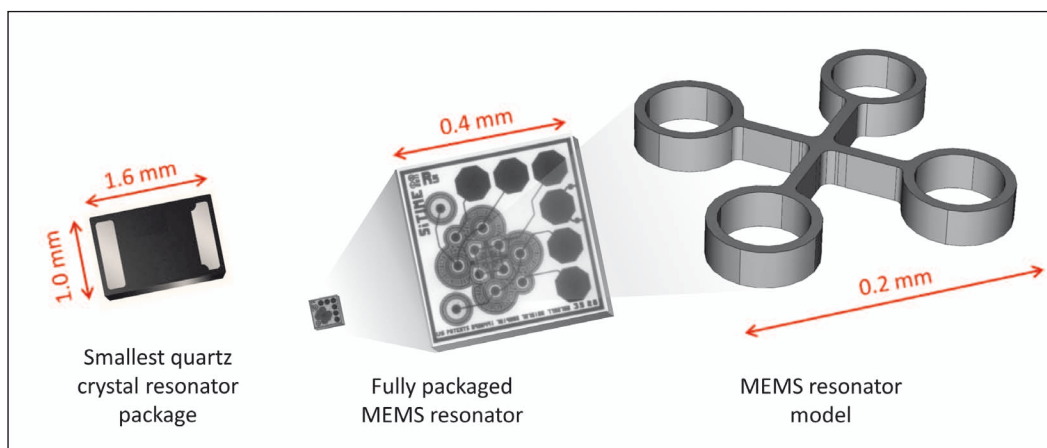
Intelligenz wird über unsere unmittelbare persönliche Umgebung hinaus eingesetzt. Die Strukturelle Überwachung von Gebäuden und Brücken oder Ölexploration unter Verwen-

dung seismischer Sensornetze heben beispielsweise die Notwendigkeit einer präzisen Zeitstempelung der gemessenen Daten für Analyse und Vorhersage hervor. Die Genauigkeit dieser Systeme und die von ihnen bereitgestellten Vorhersagedaten sind direkt proportional zur Genauigkeit der Zeitsynchronisation der einzelnen Knoten.

Viele der heutigen Lösungen verwenden teure und leistungshungrige GPS-Empfänger oder leistungsstarke RF-Netzwerke, um im Takt zu bleiben. Die Systeme von morgen werden durch neue Timing-Technologien ermöglicht, die hohe Präzision bei minimalem Stromverbrauch, geringem Platzbedarf und niedrigen Kosten bieten. Diese Systeme werden miniaturisierte Ultra-Low-Power-, Präzisions-MEMS-basierte Sensoren und Oszillatoren verwenden.

Die Beziehung zwischen geringer Leistung und Genauigkeit

Neben der Genauigkeit werden Ultra-Low-Power-Technologien bei der Entwicklung von AMI essentiell sein. Geringer Energieverbrauch ist besonders ausschlaggebend in Echtzeituhren, die in autonomen, batteriebe-



Endrich Bauelemente
Vertriebs GmbH
www.endrich.com

SiTime
www.sitime.com

Kristallresonatorgröße im Vergleich zum MEMS-Resonator

Der Herzschlag der Ambient Intelligence

Der Schwerpunkt der AmI-Entwicklung liegt darin, Prozessoren, Sensoren künftig vorwiegend durch den Einsatz von Funktechnologie zu vernetzen, um Verfahren und Alltagsaufgaben zu erleichtern. Beispiele finden sich bereits in der Gebäudeautomation (Smart Home), wo über PCs oder tragbare/drahtlose Geräte wie Smartphones der Status von Überwachungskameras, Heizung, Rollläden, Küchengeräten etc. mobil abgefragt und geändert werden kann. Bis hin zu Systemen, die selbstregulierend arbeiten, die Arbeitsumgebung gemäß Sensordaten für das Wohlbefinden der Beschäftigten anpassen und Arbeit sichernde Aufgaben übernehmen.



Zeit - die vierte Dimension - wird in der Diskussion über die zu erwartende Entstehung von Ambient Intelligence (AmI) oft übersehen. Da sich das IoT weiterentwickelt, wird Intelligenz eingesetzt, um elektronische Systeme klüger, berechenbarer und hilfreicher für unser tägliches Leben zu machen.

Da alltägliche Systeme viel intelligenter werden, werden unsere Umgebungen dadurch sensibel und anpassungsfähig. Ohne eine Zeitbasis werden diese Systeme jedoch nicht nützlich sein und AmI wird nicht realisiert werden. AmI stützt sich auf Fortschritte in Kommunikationsnetzwerken

und adaptiver Software. Dies erfordert die Miniaturisierung elektronischer Geräte und deren Hardware wie Sensoren, Prozessoren etc., die in unserer Umgebung, im Falle von „wearable computing“ sogar in die Kleidung oder am Körper eingebettet werden. Während AmI auf diesen Innovationen auf-

baut, wird die Timing-Funktion zunehmend wichtiger. Wie der Herzschlag für den Menschen ist für diese elektrischen Systeme ein stabiler Takt unerlässlich. Der Referenztakt, der als Herzschlag des Systems fungiert, ist auf vielen Ebenen elementar. Der Taktgeber erweckt das System zum Leben und hält es mit der erforderlichen Geschwindigkeit in Betrieb. Präzise Zeitsignale werden benötigt, um sicherzustellen, dass die von Sensoren gemessenen Informationen zeitgenau auf die intelligenten Systeme verteilt werden. Die Zeit ist für diese Systeme von zentraler Bedeutung. So wie AmI von Fortschritten in den Funktionen auf höherer Ebene abhängt, müssen Timing-Lösungen im Kern neue Technologien nutzen, um AmI die Realität werden zu lassen, die viele sich vorstellen. Technologische Fortschritte machen das Timing genauer und zuverlässiger bei gleichzeitig geringerem Stromverbrauch und kleinerer Größe - alles entscheidende Faktoren für AmI-Systeme.

triebenen Systemen verwendet werden, da diese Zeitreferenzen kontinuierlich bereitgestellt werden müssen. MEMS und die CMOS-Technologien, die sie unterstützen, werden eine entscheidende Rolle spielen. Moderne programmierbare MEMS-kHz-Taktgeber verbrauchen Mikro-Watt und verfügen über einzigartige Funktionen wie die SiTime NanoDrive Technologie, um die Systemleistung weiter zu reduzieren. Darüber hinaus trägt die höhere Genauigkeit der MEMS-Taktgeber dazu bei, den Stromverbrauch auf Systemebene durch Verlängerung der Ruhezustandszeit (Sleep Mode) zu reduzieren.

Die Wichtigkeit einer präzisen Zeitmessung ist bei Verwendung von „sleep mode wakeup

timers“ in Schlafmodus-Weckern offensichtlich. Autonome batteriebetriebene Knoten erfordern Power-Down-Intervalle zwischen Computer- und Datenübertragungen, um Strom zu sparen. In derzeitigen Anwendungen ermöglichen Bluetooth Low Energy (BLE) -Chip-Sätze längere Ruhezeiten zwischen der Informationsübertragung, was zu Stromeinsparungen führt. Jeder Knoten hat einen vordefinierten Zeitschlitz, zu dem er mit dem Host kommunizieren muss, um die Verbindung aufrecht zu erhalten und Daten zu übertragen. Wenn die Aufweck- und Kommunikationsfunktionen durch eine präzisere Taktung effizienter und genauer ausgeführt werden, kann die aktive Phase minimiert und die Systemleistung stark reduziert werden.

Die Frequenzstabilität, gemessen in ppm (Part per million), ist die wichtigste Kennzahl für die Zeitgenauigkeit. Bild 1 zeigt 25% Energieeinsparung durch den Austausch eines 200-ppm-Quarzkristalls gegen einen programmierbaren 5-ppm-MEMS-TCXO (temperaturkompensierter Oszillator).

Gegenwärtig verwenden 4G-LTE-Systeme DRX-Zyklen (diskontinuierlicher Empfang Zyklen), die eine präzisen sleep/weak-up Zeit von 1,5 μ s erfordern, um Mobiltelefone mit dem Netzwerk verbunden zu halten. Die Frequenzstabilität muss mit einer Genauigkeit von besser als 1,5 ppm über einen Zeitraum von 1 bis 2 Sekunden in einer Umgebung mit sich schnell ändernden Temperaturen aufrechterhalten

werden. Ein Verlust der Konnektivität würde zu einem großen Mehraufwand im RF-Verkehr und einem zusätzlichen Rechenaufwand führen, um die Verbindung zur Basisstation wiederzuerlangen. In einer Zukunft, in der Daten nahtlos zu und von allgegenwärtigen Smart Devices übertragen werden, mit Volumina, die weit über das heutige Niveau hinausgehen, wird die Konnektivität enorm wichtig.

Die Taktbeständigkeit von 1,5 μ s ist eine Herausforderung für traditionelle quarzbasierte Timing-Komponenten. Temperaturgradienten von mehr als 10 $^{\circ}$ C pro Sekunde werden in heutigen elektronischen Geräten bereits gemessen. Unkompensierte 200-ppm-Quarzkristalle zeigen typischerweise mehr als

3 ppm pro °C Temperatursteigerungen, was zu Frequenzfehlern von mehr als 30 ppm in 1 Sekunde führt.

Ein Teil dieses Effekts kann durch elektronische Temperaturkompensation gemildert werden; Quarzoszillatoren sind jedoch durch eine langsame thermische Kopplung zwischen dem Quarzkristallresonator und der elektronischen Temperaturkompensation begrenzt, weshalb Quarz-TCXOs nicht in der Lage sind, auf schnelle Temperaturgradienten effektiv zu reagieren. Im Gegensatz dazu behalten MEMS TCXOs die Frequenzgenauigkeit bei schnellen Temperaturänderungen bei und sind eine einfache Lösung für den Umgang mit schnellen Temperaturgradienten.

Anhaltendes Streben nach geringer Leistung und geringer Größe

Damit intelligente Systeme weit verbreitet und in unsere Umgebung eingebettet werden können, müssen sie sehr klein sein. Mikro- und Nanotechnologien werden die erforderliche Miniaturisierung ermöglichen. MEMS-Resonatoren messen weniger als 500 µm auf jeder Seite und sind weniger als 200 µm hoch, wodurch sie 90% kleiner sind als Resonatoren auf Quarzbasis, die durch die Physik bei der weiteren Größenreduzierung begrenzt sind.

Chiphersteller haben begonnen, hochpräzise MEMS-Resonatoren in ihre Produkte zu integrieren, um hochintegrierte Multi-Chip-Module (MCM)

anzubieten - eine Entwicklung, die durch die gekapselte Silizium-MEMS-Technologie möglich wird. Wenn der MEMS-Resonator direkt auf dem IC angebracht werden kann, hat er im Zielsystem quasi null zusätzlichen Plattenplatz.

Die Integration hat viele Vorteile über die Größe hinaus. Durch die Integration des Taktgebers haben die Geräte nicht nur weniger externe Pins, sondern verbrauchen auch weniger Strom, haben eine bessere Leistung und Genauigkeit und erhöhen die Zuverlässigkeit und Manipulationsresistenz.

Technologie arbeitet zusammen

Mit der Verwirklichung der Umgebungsintelligenz (AmI)

nimmt die Anzahl der digitalen Objekte, die in unsere Umgebung eingebunden sind, zu. Diese Geräte müssen sehr wenig Strom verbrauchen und durch Miniaturisierung und Integration unauffällig gemacht werden. Die MEMS-Technologie wird in Zukunft eine entscheidende Rolle spielen und Systeme kleiner, zuverlässiger, stromsparender und effizienter machen. Wichtig ist außerdem, dass das MEMS-Timing intelligente Geräte intelligenter macht, indem sie genauer werden - eine Notwendigkeit für Systeme, die vorhersagbar und ansprechbar sein sollen.

Danke an Markus Lutz, Gründer und CTO von SiTime, für seine Beiträge zu diesem Artikel. ◀

Fachbücher für die Praxis



Praxiseinstieg in die vektorielle Netzwerkanalyse

Joachim Müller,
21 x 28 cm, 142 Seiten, zahlr. Abb. und Tabellen
ISBN 978-3-88976-159-0,
beam-Verlag 2011, 32,- €
Art.-Nr.: 118100

In den letzten Jahren ist es der Industrie gelungen, hochwertige vektorielle Netzwerkanalysatoren vom schwergewichtigen Gehäuse bis auf Handheldgröße zu verkleinern. Doch dem nicht genug: Durch ausgefeilte Software wurden einfache Bedienkonzepte bei steigender Funktionalität erreicht.

Auch für den Funkamateurliebhaber wird neuerdings die Welt der Netzwerkanalyse

durch Selbstbauprojekte, deren Umfang und Funktionalität den Profigeräten sehr nahe kommen, erschlossen. Damit sind die Voraussetzungen für die Anwendung der vektoriellen Netzwerkanalyse im Feldeinsatz aus Sicht der verfügbaren Gerätetechnik geschaffen.

Fehlte noch die geräteneutrale Anleitung zum erfolgreichen Einstieg in die tägliche Praxis.

Das in Hard- und Software vom Entwickler mit viel Engagement optimal durchkonstruierte Gerät büßt alle seinen hervorragenden Eigenschaften ein, wenn sich beim Messaufbau grundlegende Fehlerquellen einschleichen.

Dieses Buch beschäftigt sich mit den Grundlagen des Messaufbaus, unabhängig vom eingesetzten Gerät, um den Praxiseinstieg zu meistern.

Unser gesamtes Buchprogramm finden Sie unter www.beam-verlag.de
oder bestellen Sie über info@beam-verlag.de