

all-electronics.de

elektronik journal

Das Themen-Magazin für den Entwickler
EMBEDDED + WIRELESS

WIRELESS

Schlüsselfaktoren Latenz
und Energieverbrauch: 5G
im industriellen Einsatz 24

CPU UND CONTROLLER

Mehr als nur Bitcoin:
Wie Blockchain und IoT
aufeinander zugehen 38

POWER

Energy Harvesting für
batterielose und wartungs-
freie (I)IoT-Geräte 54



LOW-ENERGY-LTE-KATEGORIEN NB1 UND M1

Zellulare IoT- Funkstandards

8



Über
7,6 Millionen
Produkte Online

DIGIKEY.DE

Lange Batterielaufzeit trotz hohem Datenaufkommen

Wie digitale HF-Transceiver den Stromverbrauch bei IoT-Geräten senken

Eine Einschränkung für IoT-Anwendungen ist immer noch der hohe Stromverbrauch der heutigen Funkübertragungstechnologien. Geräte benötigen entweder eine kabelgebundene Stromversorgung oder sie erreichen nur relativ kurze Batterielaufzeiten. Neue digitale HF-Transceiver schaffen hier Abhilfe durch höhere Integrationsdichte und minimierte Verlustleistung.

Autor: Dr. Tobias Könyves-Toth



Der Integrationsgrad von Halbleiterschaltungen und die damit verbundene Rechenleistung pro Gerät steigen gemäß dem Mooreschen Gesetz kontinuierlich an. Mehr Rechenleistung bedeutet aber nicht nur komplexere Berechnungen, sondern auch größere Datenmengen erfassen und verwalten zu können. Dabei führen immer kleinere Geräte die gleichen Aufgaben mit geringerem Energiebedarf aus. Der Aufstieg von Edge-Computing-Anwendungen zeigt, wie dies in IoT- und ähnlichen Anwendungen zum Einsatz kommt. In Kombination mit den jetzt verfügbaren Ultra-Lowpower- und Sub-Threshold-Technologien lassen sich batteriebasierende Systeme bauen und ohne Kabelinstallation einfach installieren.

Energieverbrauch nicht mehr zeitgemäß

Wenn mehrere Geräte drahtlos Daten austauschen müssen, passt das verwendete HF-Protokoll oft nicht zur verfügbaren Infrastruktur und auch der beträchtliche Energiebedarf heutiger Funkarchitekturen entspricht nicht der Entwicklung der restlichen Elektronik. Für kleine Datenmengen gibt es realisierbare Lösungen mit Bluetooth Low Energy (BLE) und Zigbee. Bei Datenraten

über 1 MBit/s, etwa für Videoübertragungen, sind verfügbare Systeme wie Wifi in der Regel zu leistungshungrig für einen Batteriebetrieb über längere Zeit.

Dieser kritischste Umstand behindert die Marktentwicklung und das Wachstum von batteriebetriebenen oder sogar batterielosen IoT-Lösungen mit hoher Datenübertragung. Bisher ist die Betriebsdauer batteriegespeicherter IoT-Produkte zwischen dem Aufladen oder einem Batteriewechsel zu gering. Die kürzlich vorgestellte Smart-Digital-Radio-Architektur der US-amerikanischen Firma Innophase adressiert dieses Problem und erschließt damit großflächigere Einsatzbereiche für kabellose IoT-Anwendungen.

Aus analog wird digital

Bislang basieren grundlegende Architekturen der Funksignalverarbeitung hauptsächlich auf einer alten HF-Technik, die als IQ-Verfahren oder Quadraturamplitudenmodulation (QAM) bekannt ist. IQ steht für die englischen Begriffe In-Phase und Quadrature und beschreibt, wie das Funkgerät die HF-Wellendaten interpretiert. Diese analogbasierenden HF-Architekturen kommen in allen gängigen WLAN-, Bluetooth-, Zigbee-, Z-Wave-

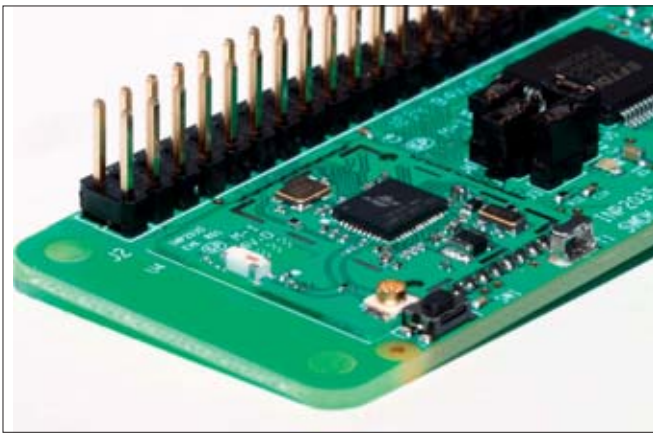


Bild: Innophase/Fujitsu

und den meisten anderen auf dem Markt befindlichen Funkprotokollen zum Einsatz. Ihre Entwicklung erfolgte zu einem Zeitpunkt, lange bevor über batteriebasierende Anwendungen mit geringem Stromverbrauch nachgedacht wurde. HF-Transceiver basierend auf QAM sind physikalisch einfach zu implementieren. Das Prinzip verwendet zwei sinusförmige Trägerwellen mit einer Phasenverschiebung von 90° zueinander, die die IQ-Komponente des resultierenden HF-Signals darstellen. Um die erforderliche 90° -Phasenverschiebung zu realisieren, wurden verschiedene Empfänger- und Senderarchitekturen mit jeweils eigenen Merkmalen und Vorteilen für verschiedene Anwendungen entwickelt.

Während QAM-basierende Bauteile gut funktionieren, ist deren Leistungsaufnahme direkt abhängig von der Verarbeitung des HF-Signals in angepassten analogen Schaltungen. Die Konsequenz dieser Abhängigkeit ist, dass die Bauteile durch die Dominanz der analogen Schaltungen im Gegensatz zu digitalen Schaltungen eine unverhältnismäßig große Fläche der teuren Chipfläche in Anspruch nehmen und zudem einen hohen Stromverbrauch aufweisen. Sie können also die kontinuierlichen Fortschritte in der Halbleiterprozesstechnologie nicht nutzen. Entsprechend hinkt die Leistungsreduzierung der Transceiver in den letzten Jahren denen anderer integrierter Systeme hinterher und zeigt nur äußerst geringe Verbesserungen.

Paradigmenwechsel in der Funkarchitektur

Seit vielen Jahren ist klar, dass ein grundlegender Technologiewechsel in der verwendeten Funkarchitektur nötig ist, um diese Lücke zu schließen. Die analoge Verarbeitung muss digital werden. Innophase wurde mit dem Ziel gegründet, eine völlig neue, äußerst effiziente und digital dominierende Funkarchitektur zu schaffen. Die drahtlosen Lösungen sollten endlich die erheblichen Vorteile hinsichtlich Stromverbrauch, Größe, Integration und Kosten nutzen können, die die aktuelle Halbleiter-Prozesstechnologie ermöglicht. Das Ergebnis ist die innovative Technologie, die das Innophase-Team aus Forschern, HF-Experten, Mathematikern und Chipentwicklern über die letzten Jahre perfektioniert hat und jetzt präsentiert. Es ist ihnen gelungen, die Verarbeitung von HF-Signalen von den vorwiegend stromhungrigen analogen auf hocheffiziente digitale Schaltkreise zu transferieren.

Die neue Technologie Polarfusion realisiert die Codierung und Decodierung des HF-Signals unter Verwendung von Polarkoordinaten, also Amplitude und Phase anstelle der traditionellen

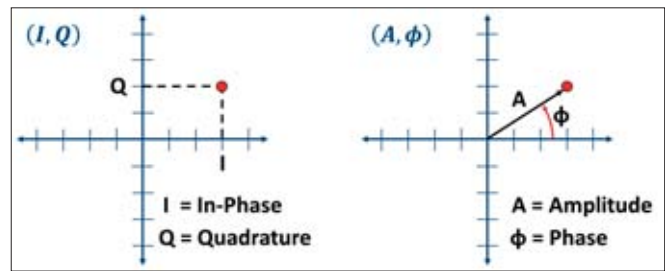


Bild 2: Darstellung eines Datenpunktes innerhalb eines HF-Signals; links: kartesische IQ-Koordinaten basierend auf QAM; rechts: Darstellung in Polarkoordinaten, Amplitude und Phase.

Bild 1 (links): Smart Digital Radio ist als Modul mit Antenne realisiert in Form eines Evaluationssystems erhältlich.

kartesischen IQ-Koordinaten. Die unterschiedliche Darstellung von IQ- und polaren Koordinaten ist in Bild 2 gezeigt. Während QAM-Systeme physikalisch einfacher zu realisieren sind, ermöglicht eine digitale Verarbeitung des Signals in Polarkoordinaten die Nutzung effizienterer Schaltungen.

Mehr Bandbreite durch IQ-zu-Polar-Umwandlung

Die Idee und das Konzept eines polaren Transceivers zur Minimierung des Energieverbrauchs ist nicht neu. Es wurde viele Jahre lang diskutiert und getestet, aber bisher hat sich niemand der Herausforderung gestellt, ein solches Produkt tatsächlich zu realisieren.

Dem Ingenieurteam von Innophase ist nun der technologische Durchbruch gelungen, indem es den weltweit ersten Polarkoordinaten-Receiver ohne Synthesizer geschaffen hat. Dieses fortschrittliche Empfängerkonzept erreicht Datenraten von bis zu 65 MBit/s und hat gleichzeitig eine überragende Energieeffizienz von nur 1,8 nJ/Bit. Neben dem neuen Empfängerkonzept hat das Unternehmen einen hochintegrierten digitalen, polarkoordinatenbasierenden Sender entwickelt, der Rekordwerte für niedrigen Stromverbrauch erreicht. Damit sind zwei wichtige Designherausforderungen für die Implementierung digitaler Sender erfolgreich gelöst.

Einmal ist das die Bandbreitenerweiterung aufgrund einer IQ-zu-Polar-Umwandlung und damit ein Weg, um die stringente zeitliche Korrelation zwischen Amplitudenmodulations- (AM) und Phasenmodulationspfaden (PM) zu erhalten. Ergänzend dazu arbeitet der fortschrittliche ADPLL-basierende Breitbandphasenmodulator für polar interpretierte Funksignale mit einer Leistung, die um eine Größenordnung unter der bestehender Technologien liegt. Zusammenfassend ist so ein vollständig auf Polarkoordinaten basierender Digitaltransceiver mit einem Spitzenwirkungsgrad von 33 Prozent und einer Error Vektor Magnitude (EVM) von nahezu -30 dB entstanden (Bild 3a, 3b).



Eck-DATEN

Ein neuer digitaler HF-Transceiver namens Smart Digital Radio von Innophase ermöglicht batteriebetriebene IoT-Systeme mit direkter Breitband-Cloud-Verbindung ohne Gateway. Durch hohe Integrationsdichte erreicht die energiesparende HF-Technologie eine lange Batterienutzungsdauer bei Datenraten von bis zu 65 MBit/s und einer Energieeffizienz von nur 1,8 nJ/Bit.

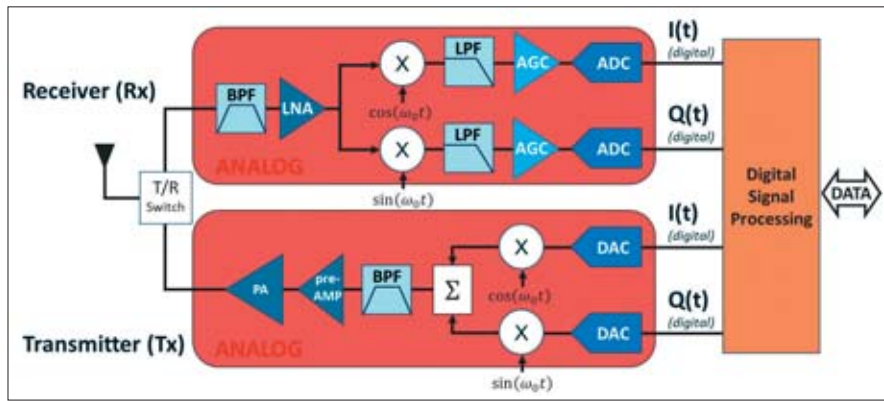


Bild 3a: Schema eines analog dominierten QAM-basierenden Transceivers.

Neben der Transceiverarchitektur maximiert die neuentwickelte Polarkoordinatenverarbeitung die Energieeffizienz weiter. Die Berechnung erfolgt über einen optimierten Befehlssatz, der auf nichtlinearer Mathematik basiert und die Manipulation der digital dargestellten Polarkoordinaten ermöglicht. Damit lässt sich das Funksignal jetzt mithilfe von flexibel programmierbaren Softwarealgorithmen präzise verarbeiten, denn die Funkhardware ist ausschließlich als digitale Schaltung realisiert. Selbst die neuen und patentierten Flex-LNA (flexible low noise amplifier) und DPA (digital power amplifier) sind in Form von digitalen CMOS-Schaltungen implementiert.

Drahtlos und energiesparend

Der Wifi-Transceiver mit digitaler Polarfusion-Architektur hat die derzeit niedrigste Leistungsaufnahme auf dem Markt. Verglichen mit dem Energieverbrauch derzeitiger QAM-basierender Wifi-Lösungen in IoT-Anwendungen sind nun drei- bis achtfache Batterielaufzeiten realisierbar. Das komplett Chip-basierende System ermöglicht den Aufbau einer drahtlosen Kommunikation mit nur einem Bauteil. Neben der HF-Verarbeitung enthält der Smart-Digital-Radio-Baustein zusätzlich die Intelligenz einer ARM-Cortex-M3-MCU. Dadurch können Entwickler IoT-Anwendungen ausführen und zugleich auf eine vollständige, integrierte drahtlose Kommunikationslösung zugreifen. Eine Reihe konfigurierbarer Hochgeschwindigkeits-Standardschnittstellen sorgt für die einfache Integration in bestehende Systeme. Als eigenständiger IoT-Knoten betrieben sind verschiedene Sensoren, Mikrofone oder anderen Peripheriegeräte direkt anschließbar.

Wie beschrieben wird die Verarbeitung des HF-Signals in Software ausgeführt. Diese läuft auf einem Satz neuer, nichtli-

lässt sich genauso schnell zurücksetzen. Damit sind selbst quasi co-existierende Protokolle möglich.

Wifi-Leuchte per Sprachkommando steuern

Innophase und Fujitsu Electronics Europe bieten Beispielanwendungen mit dem neuen Produkt an. Die erste Beispielanwendung ist ein über Wifi angebundener, batteriebetriebener, smarter Lichtschalter mit Sprachsteuerung für Home Automation. Dieser verfügt über eine Intelligente Always-on-Verarbeitung für Nahfeld-Audiosignale zur Erkennung von Schlüsselwörtern. Basierend auf dem Befehl steuert das System eine smarte LED-Lampe, um Farbe und Helligkeit zu ändern. Die Ultra-Lowpower-MCU Apollo von Ambiq Micro führt dabei die Schlüsselwortverarbeitung aus. Das mit den jeweiligen Evaluationssystemen von Innophase und Ambiq Micro realisierte System ist in Bild 4 zusammen mit dem schematischen Blockdiagramm gezeigt.

Zunächst ist das Wifi-Protokoll im Ruhemodus und das Smart Digital Radio schläft bei ausgeschalteten Funktionen. Es wacht lediglich alle 300 ms auf, um mit dem Wifi-Netzwerk verbunden zu bleiben. Wenn ein Schlüsselwortbefehl erkannt wird, weckt die MCU-basierende Anwendung den Transceiver auf und schickt eine UDP-Nachricht an die intelligente Leuchte. Unter der Annahme einer signifikanten täglichen Nutzung von ungefähr 30 Mal pro Tag könnte das resultierende System sechs bis neun Monate mit zwei AA-Batterien betrieben werden. Diese lange Akkulaufzeit würde eine völlig neue Klasse von Hausautomations- und Industriesteuerungssystemen ermöglichen.

Überwachungskamera mit einem Jahr Batterielaufzeit

Die zweite als Konzeptstudie bewertete Anwendung ist eine batteriebasierende Überwachungskamera. Die Herausforderung bestand darin, eine drahtlose Fernüberwachungskamera zu bauen, die mit einem kleinen erschwinglichen Akku im Außenbereich arbeitet und eine Laufzeit von mindestens einem Jahr zwischen den Aufladezyklen erreicht. Ein eingebauter Infrarot-Sensor aktiviert die

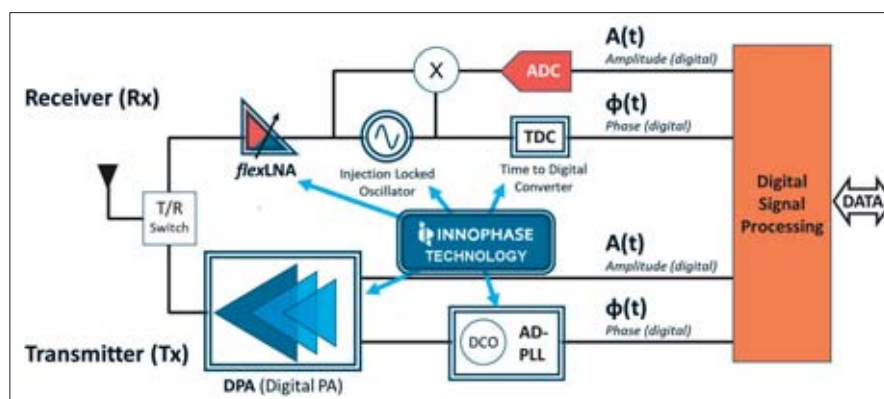


Bild 3b: Durch Verringerung der analogen Schaltungsteile aus Bild 3a (rote Bereiche) nutzt die Polarfusion-Architektur die Vorteile neuer Halbleitertechnologien voll aus.

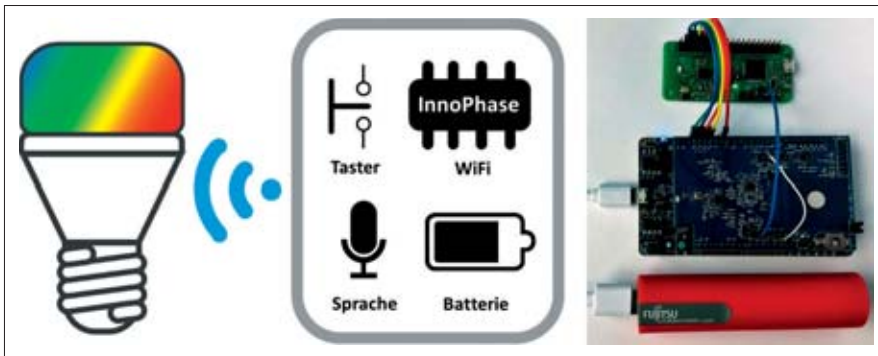


Bild 4: Der Wifi-basierende intelligente Lichtschalter steuert Lichtquellen in der Home Automation per Sprachkommando. Die Systemkomponenten bestehen aus Evaluationssystemen von Innophase (grün), AmbiQ Micro (blau) und einer Batterie von Fujitsu (rot).

schlafende Video-Anwendung, sobald ein Eindringling in den Erfassungsbereich tritt. Das aktivierte System zeichnet dann ein Video auf und überträgt dieses in ein WLAN-Netzwerk. Die auf Polarfusion basierende Plattform kann in einem solchen System eine Schlüsselrolle bei der Energieverwaltung und der drahtlosen Kommunikation spielen. Die integrierten MCU- und I/O-Funktionen steuern unabhängig den angeschlossenen IR-Sensor, während der stromhungrige Videoprozessor nur bei Bedarf läuft.

Überschlägige Berechnungen ergeben, dass eine solche Kamera über ein Jahr mit einer Batterie auskommt, deren Kapazität mit etwa 3000 mAh der eines typischen Mobiltelefons entspricht. Dies ist fast viermal länger als eine typische batteriebetriebene drahtlose Kamera auf dem heutigen Markt.

Damit Entwickler die Polarfusion-Technologie in ihrer Anwendung testen können, hat Fujitsu Electronics das Smart Digital Radio auch in die Click-Beetle-Plattform aufgenommen. Das kleine Evaluationssystem lässt sich auf einer Fläche von 16×26 mm² mit anderen Click-Beetle-Referenz-Entwicklungsboards koppeln oder direkt in eine Prototypenanwendung integrieren.

Eine ausführlichere Version dieses Artikels finden Sie auf all-electronics.de unter der InfoDirekt 270ejl0119. (jwa) ■

Autor

Dr. Tobias Könyves-Toth

Projektmanager und Qualitätssicherung
bei Fujitsu Electronics Europe



all-electronics.de

infoDIREKT

270ejl0119

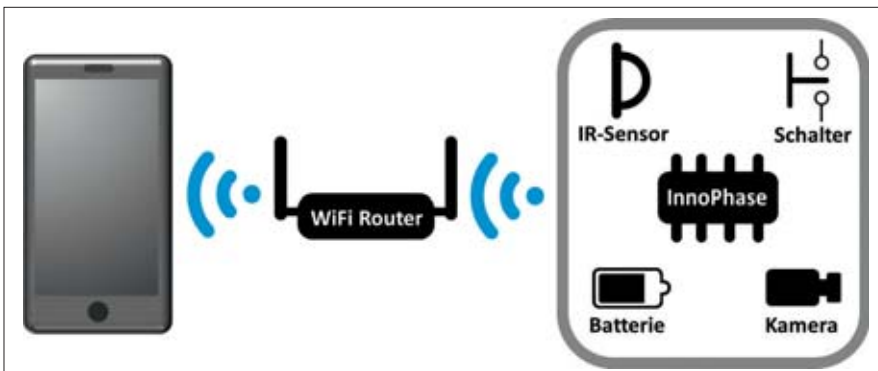


Bild 5: Die Konzeptstudie einer batteriebasierenden Überwachungskamera erreicht mit Smart Digital Radio eine Laufzeit von einem Jahr.

Newsletter

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

Kostenlos abonnieren!

Dafür erhalten Sie
2x wöchentlich
aktuelle und praxis-
nahe Informationen
aus der Elektronik-
Branche.

[all-electronics.de/
newsletter](http://all-electronics.de/newsletter)

