



BATTERIEN rücken in den Fokus

SINGLE-PAIR-ETHERNET

Der IIoT-Verbindungsstandard?

PASSIVE BAUELEMENTE

Spezieller Folienkondensator sorgt für mehr Reichweite.

MESSTECHNIK

Radar geht auch viel kleiner.

INTERVIEW PROF. LEO LORENZ

PCIM-Konferenz: Batterien rücken in den Fokus.



Über
9 Millionen
Produkte Online

DIGIKEY.DE

eu.support@digkey.com



Bild: ktsdesign/Adobe Stock

Radar geht auch viel kleiner

Mit Parabolantennen vergangener Zeiten haben On-Chip-Radarsensoren äußerlich nichts mehr gemein. Sie arbeiten mit hohen Frequenzen, und Antennen sowie HF-Elektronik befinden sich auf einem kleinen Chip. Für Hightech-Anwendungen sind hochkomplexe Multi-Antennen-Systeme erhältlich, aber es gibt auch einfache, kostengünstige Sensoren. Letztere können zwar nur Bewegungen detektieren – aber mit ein wenig mehr Designaufwand sind sie für erstaunliche Messungen einsetzbar, die mit anderen Verfahren so kaum möglich sind.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Göbel
Projektleiter

Peter Rasmussen
Managing Director, beide Embedded Brains

Radar arbeitet ähnlich wie Echolot: Elektromagnetische Wellen werden ausgesandt, die Objekte reflektieren; das zurückgestrahlte Signal wird dann gemessen. Aus der Laufzeit zwischen dem gesendeten Signal und der empfangenen Reflexion lässt sich die Entfernung bestimmen, aus der Frequenzverschiebung die Bewegung beziehungsweise Geschwindigkeit. Diese beiden Messgrößen sind die genauesten, die sich messen lassen. Dabei sind die eingesetzten Frequenzen hoch – üblich sind 1 GHz bis 300 GHz – während das Messsignal

sehr klein ist: Die gemessene Signalstärke nimmt mit der vierten Potenz zur Entfernung ab (jeweils quadratisch für die gesendete Welle und die reflektierte Welle). Die Sendeleistung lizenzfreier Radarsensoren ist in den meisten Frequenzbändern auf 100 mW begrenzt, daher bewegen sich die gemessenen Signale im nV-Bereich.

Höhere Ansprüche werden an die zeitliche Genauigkeit gestellt. Da die Signalausbreitung mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt, liegt die Verzögerung zwischen Sendesignal und Empfangssignal bei einem Meter Entfernung bei lediglich 0,006 Mikrosekunden. Dennoch ist die zu

erzielende Genauigkeit enorm: Mit einem 120-GHz-Radar lässt sich bei zwei Metern Messabstand eine Abstandsänderung von 20 Mikrometern erfassen, was einer Änderung des Zeitversatzes um kaum mehr als 0,1 Pikosekunden entspricht. Dies gelingt technisch durch Phasenvergleich der benutzten HF-Oszillatoren.

Aus der Stärke des reflektierten Signals kann grob auf die Größe des Objekts geschlossen werden. Die Genauigkeit dieser Messgröße ist insofern eingeschränkt, als dass die Signalamplitude stark von der Entfernung und von Form und Material des Objekts abhängt. Etwas schwieriger ist die Messung der Richtung eines Objekts. In der Regel wird dies durch eine starke Bündelung des Radarstrahls in Kombination mit dem räumlichen Abtasten durch eine bewegte Antenne bewerkstelligt. Dieser Aufbau mit einer sich drehenden Parabolantenne ist allerdings mechanisch aufwendig und daher für Miniatursensoren weniger geeignet. Eine Richtungserkennung auf elektrischer Basis lässt sich realisieren, indem mehrere räumlich versetzte Antennen zum Einsatz kommen. Je nach Einfallsrichtung des gesendeten beziehungsweise reflektierten Signals sind die Verzögerungen geringfügig unterschiedlich, womit sich auf die Richtung schließen lässt. Dies setzt allerdings einen ausreichend breiten, gestreuten Radarstrahl voraus, weswegen eine Richtungserkennung nur über nicht allzu große Entfernungen möglich ist.

Ebenso ist es schwierig, verschiedene Objekte zu unterscheiden. Sind die Objekte unterschiedlich weit entfernt, lassen sich die nacheinander eintreffenden Reflexionen unterscheiden und auch hinsichtlich diverser Richtungen auswerten. Wegen der winzigen Zeitunterschiede setzt dies jedoch eine sehr aufwendige Signalauswertung voraus. Darüber hinaus verschwindet der Zeitunterschied bei mehreren Objekten in gleicher Entfernung aber unterschiedlicher Richtung. Um uneindeutige Messungen beziehungsweise die Detektion von Phantomobjekten zu vermeiden, benötigt man eine größere Zahl von Sendesignal- und/oder Empfangsantennen (sogenannte MIMO-Systeme, Multiple-Input, Multiple Output).

■ Anwendungsbereiche von Radar

Am einfachsten gelingen Abstands- und Geschwindigkeitsmessungen im freien Raum (Tabelle 1). Seit Langem kommt Radar daher in der Lufttraum- und Ver-

| Sehr gut | Etwas schwieriger | Sehr schwierig |
|---|--------------------------------------|-------------------------|
| Abstand (0,05-50 m) | Richtung | Große Zahl von Objekten |
| Geschwindigkeit (0,1-100 ms ⁻¹) | Unterscheidung verschiedener Objekte | Form von Objekten |

Tabelle 1: Messgrößen von Radarsystemen. Die Zahlenangaben beziehen sich auf gängige On-Chip-Sensoren.

| Positiv | Zu beachten | Eher negativ |
|--|---|--|
| Extrem präzise Abstands- und Geschwindigkeitsmessungen | Stromverbrauch (10-300 mW) | Schlechte räumliche Auflösung (außer MIMO-Radar) |
| Kann durch Wände messen (je nach Frequenz) | Aufwand für Frequenzstabilisierung | |
| Erfasst keine personenbezogenen Daten (Anonymität der Messung) | Lizenzfrei für zugelassene Frequenzbänder und Sendeleistungen | |

Tabelle 2: Eigenschaften von On-Chip-Radarsystemen.

kehrüberwachung zum Einsatz. Mit den höheren Frequenzen der On-Chip-Sensoren, Bild 1 zeigt den Mustersaufbau eines On-Chip-Radarsystems, lassen sich nun auch kürzere Distanzen in Innenräumen genau vermessen, zum Beispiel um Sicherheitsabstände zu gewährleisten. Die höhere Genauigkeit gegenüber einfachen anderen Sensoren ist jedoch nicht verschwendet, denn die präzisen Daten lassen sich sehr gut dafür nutzen, um die Erkennung zu optimieren.

Beispielsweise ist es möglich, bei Alarmanlagen oder in Sicherheitsbereichen präzise einzugrenzen, ab welcher Entfernung ausgelöst wird – und zwar unabhängig von der Größe des Objekts (Tabelle 2). Weiterhin lässt sich die Erkennung auch von der Geschwindigkeit der Objekte abhängig machen, also bei Objekten mit hoher Geschwindigkeit früher auslösen als bei sich langsam bewegenden Objekten. Damit können auch die statischen Objekte

ausgeblendet werden, ohne die übrige Erkennung zu beeinträchtigen. Dies lässt sich beispielsweise dafür nutzen, um Zugangsschutz für Menschen zu bewirken, aber die Objekte im Umfeld auszublenden. Ebenso kann man Lichtschranken durch Distanzmessen ersetzen und damit viele Zugangsprobleme und Störungen vermeiden.

Die hohe Auflösung ist auch nützlich, um beispielsweise Vitalfunktionen aus der Distanz zu überwachen. Natürlich ersetzt ein Radar keinen Patientenmonitor im Krankenhaus, aber er macht es möglich, Lebenszeichen (Atmung oder Herzschlag) aus mehreren Metern Entfernung zu erfassen und ist damit für Anwendungen in Alten- und Pflegeheimen interessant. Die geringe räumliche Auflösung ist dabei sogar von Vorteil, denn Radarmessungen sind – beim heutigen Stand der Technik – anonym. Somit werden keine personenbezogenen Informationen erhoben – ein Problem, das so gut wie alle kamerabasierten

Systeme im Zusammenhang mit Menschen im Erfassungsbereich haben.

Ein weiterer Vorteil ist die Möglichkeit durch Materialien hindurch zu messen. Je nach Frequenz gehen Radarstrahlen auch durch Wände oder Gefäße und können damit in abgeschlossene Bereiche hinein messen. Dies eröffnet vielfältige Möglichkeiten zum Beispiel in der verarbeitenden Industrie: Um durch Schutzgehäuse hindurch oder um Flüssigkeiten, die sich in Behältern oder Rohrleitungen befinden, von außen zu messen.

■ Modulationsverfahren für verschiedene Messungen

Die Preise für die reinen Sensoren (Antenne und HF-Elektronik) bewegen sich je nach Ausführung und Stückzahl im ein- oder zweistelligen Euro-Bereich. Damit erhält man ein Frontend, bei dem Senden- und Empfang zu steuern und auszuwerten sind. Hierfür gibt es mehrere Modulationsverfahren für unterschiedliche Messzwecke. Beim Dopplerradar als einfachstes Verfahren wird ein Sendesignal mit konstanter Frequenz emittiert. Ein solches Radar ist auch als Dauerstrichradar oder CW-Radar (Continuous Wave Radar) bekannt. Bewegt sich ein Objekt relativ zum Sensor, so verändert sich die Frequenz des reflektierten Signals (Dopplereffekt). Aus der Größe der Frequenzverschiebung lässt sich die Geschwindigkeit messen. Die Distanz zum Sensor ist so allerdings nicht zu bestimmen. Hierzu finden Modulationsverfahren, die auf einer Variation der Sendefrequenz beruhen, Verwendung.

Um auch den Abstand bewegter Objekte messen zu können, wird bei einem FSK-Radar (Frequency Shift Keying Radar) die Radarfrequenz in konstanten, kurzen Intervallen zwischen zwei Frequenzen umgetaktet (moduliert). Das Dopplersignal eines bewegten Objekts verändert jeweils die hohe und niedrige Frequenz, diese unterscheiden sich aber in der Phasenlage – womit sich der Abstand eines bewegten Objekts berechnen lässt.

Beim FMCW-Radar (Frequency Modulated Constant Wave Radar) wird die Radarfrequenz periodisch verändert (moduliert). Häufig ist dabei eine sägezahnförmige, dreiecksförmige, treppenförmige oder auch sinusförmige Modulation im Einsatz. Durch die Modulation ergibt sich eine Frequenzdifferenz zwischen dem aktuell gesendeten und dem verzögerten Echosignal, was dazu dient, den Abstand eines nicht nur bewegten, sondern auch

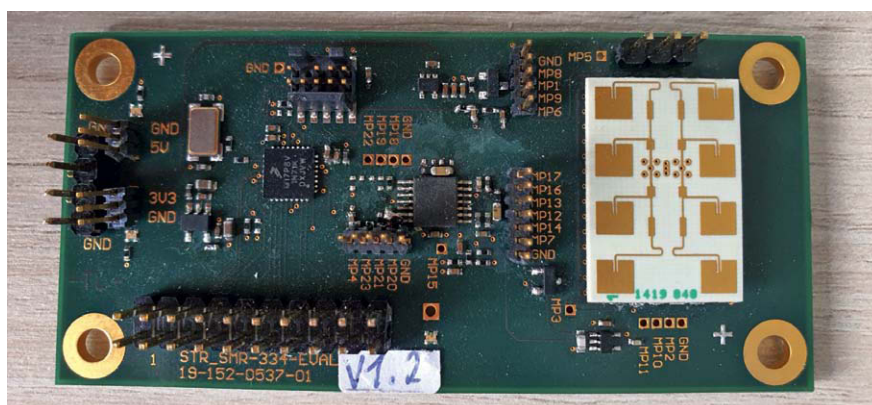


Bild: Embedded Brains

Bild 1: So kann der Aufbau eines On-Chip-Radarsystems aussehen. Möglich damit ist zum Beispiel eine Objekt- und Umwelterkennung mit Bestimmung der Geschwindigkeit und Richtung.