



© Robert Bosch

VCSEL FÜR DEN EINSATZ IN TIME-OF-FLIGHT-SENSOREN

# Mehr **Sicherheit** durch Innenraumbeobachtung

Time-of-Flight-Sensoren werden zunehmend für Überwachungsanwendungen in Fahrzeuginnenräumen verwendet, zum Beispiel um die Blickrichtung und die Kopfposition des Fahrers zu beobachten. Es gibt verschiedene Lichtquellen, die in solchen ToF-Systemen zum Einsatz kommen, wobei LEDs und VCSELs zwei der wichtigsten sind.

**E**in Time-of-Flight-Sensor (ToF) erfasst Lichtwellenlängen. Lichtwellen werden mit hohen Frequenzen – im unteren bis oberen MHz-Bereich – moduliert und von einem Objekt von Interesse reflektiert. Ein Bruchteil des ursprünglichen Signals wird an den Sensor zurückgesendet und verarbeitet. Die Laufzeit vom Sender zum Objekt und zurück zum Empfänger bedeutet, dass das reflektierte Signal gegenüber dem Modulationssignal phasenverschoben ist. Die Phasenverschie-

bung ist proportional zur Entfernung, wodurch sich der Abstand des ToF-Sensors zum Objekt ermitteln lässt.

Das ToF-Signal wird in Bursts ausgesendet, wobei jeder Burst Pulse enthält, die mit unterschiedlichen Phasen moduliert sind. Dadurch lassen sich Verzerrungen und Mehrdeutigkeiten aus den Messwerten entfernen. Die kürzeren Bursts reduzieren die Bewegungsschärfe durch ein höheres Signal-Rausch-Verhältnis. Die längeren Bursts erhöhen den absoluten Betrag des

Rücksignals sowie in einigen Fällen die Reichweite und Erkennbarkeit von Objekten mit geringer Reflexion.

Trotz der Vorteile, die ToF-Systeme aufweisen, gibt es noch einige Herausforderungen. Der Erfassungsbereich hängt von der Modulationsfrequenz und vom Signal-Rausch-Verhältnis ab. Nach dem Auftreffen auf das Objekt nimmt die reflektierte Signalstärke mit dem Quadrat der Entfernung ab, sodass sie bei kürzeren Entfernungen genauer sind. Das Rauschen von ToF-Sensoren

stammt aus intrinsischen Quellen wie Sensor- und Beleuchtungsrauschen.

In diesem Umfeld hat Melexis vor kurzem die VGA- und QVGA-ToF-Sensoren MLX75027 sowie MLX75026 (Bild 1) vorgestellt, die mit niedrigeren Modulationsfrequenzen höhere und weniger mehrdeutige Auflösungen bei großen Entfernungen erzielen. Die Sensoren sind für den Betriebstemperaturbereich von -40 bis 105 °C zertifiziert und damit für Automotive-Anwendungen geeignet. Aber nicht nur der Sensor ist bei diesen Messungen wichtig. Eine weitere bedeutende Komponente ist die Beleuchtungseinheit, die aus den lichtemittierenden Bauelementen und der dazugehörigen elektronischen Treiberschaltung besteht.

**Herausforderungen in Bezug auf die Beleuchtung**

Die Beleuchtungseinheit in ToF-Sensoren ist von entscheidender Bedeutung. Die richtige Wahl kann dazu beitragen, das bei einigen Messungen auftretende Beleuchtungsrauschen zu überwinden. Infrarot-Lichtquellen (IR) bieten die beste Leistungsfähigkeit. Über zwei halbleiterbasierte IR-Lichtquellen lohnt es sich, zu sprechen: Leuchtdioden (LEDs) und Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSELs). Wie jede Technologie bieten beide Optionen Vor- und Nachteile.

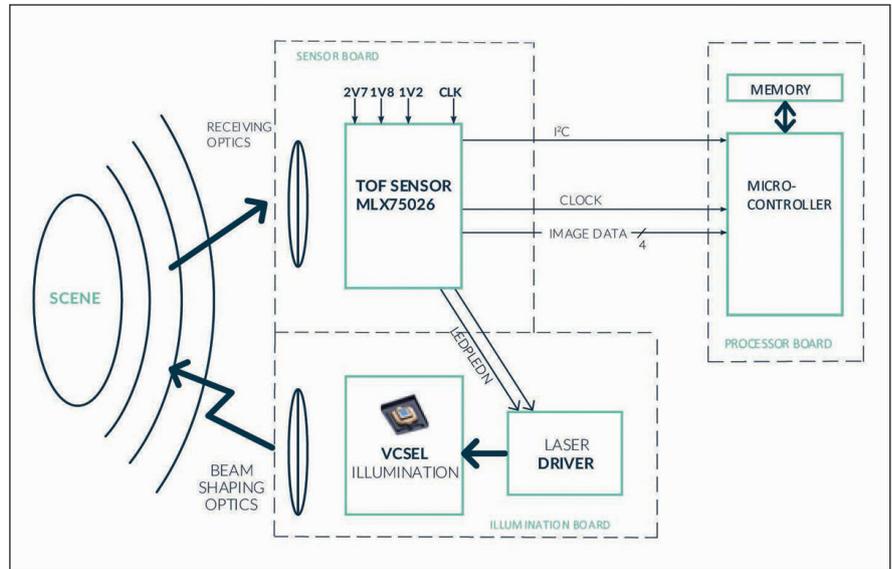
Auf der einen Seite stellen Leuchtdioden die ausgereifere Technik da – auf der anderen Seite wurde auch viel Aufwand für die Serienfertigung von VCSELs betrieben. Beide sind heute in der Lage, großflächig in High-Tech-Anwendungen zum Einsatz zu kommen. Sie zeigen auch ähnliche Stromansteuerungsfunktionen. Weil das Beleuchtungsmuster eines VCSEL „LED-ähnlich“ ist, ist auch die Sicherheit der Augen bei beiden Techniken vergleichbar. LEDs weisen im Vergleich zu VCSELs einige Vorteile auf. Der erste ist der Kostenfaktor. Derzeit sind Leuchtdioden günstiger herzustellen als VCSELs. Dennoch senken die Bemühungen zur Serienfertigung von VCSELs deren Preis – und dieser Vorteil wird immer geringer, bis zu dem Punkt, an dem er wohl bald überdacht werden muss. Darüber hinaus schneiden LEDs in Bezug auf die Stabilität der Ausgangsleistung besser ab, weil die Leistungsfähigkeit eines

VCSEL um 50 Prozent temperaturempfindlicher ist.

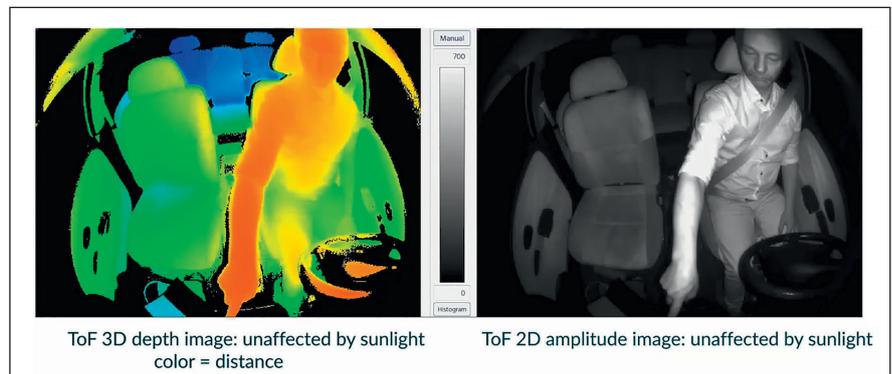
Es gibt aber umgekehrt auch einige Vorteile, die VCSELs im Vergleich zu LEDs bieten. Ein wichtiger Punkt ist ihre Unempfindlichkeit gegenüber Sonnenlicht (Bild 2). Umgebungslicht wie Tageslicht und Scheinwerfer kann LED-basierte Tracking-Einheiten stören, weil sie über ein breites Spektrum arbeiten. Weil VCSELs in einem schmaleren Spektrum

dioden. Während LEDs eine bessere spektrale Breite aufweisen, ist die spektrale Stabilität von VCSELs über einen breiteren Temperaturbereich höher. Schließlich haben VCSELs eine viel schnellere Anstiegs- und Abfallzeit, sodass sie eine viel höhere Auflösung als LEDs erzielen können.

Obwohl beide Beleuchtungsquellen jeweils ihre Pluspunkte haben, überwiegen die Vorteile von VCSELs bei der



**Bild 1: Der MLX75026 ist einer von zwei VGA- und QVGA-ToF-Sensoren von Melexis, die mit niedrigeren Modulationsfrequenzen höhere und weniger mehrdeutige Auflösungen bei großen Entfernungen erzielen.** © Melexis



**Bild 2: VCSEL zeigen sich unempfindlich gegenüber Sonnenlicht.** © Melexis

arbeiten, kann ein engerer Spektralfilter zum Einsatz kommen, was zu einem größeren Signal-Rausch-Verhältnis, höherer Empfindlichkeit und höherer Widerstandsfähigkeit gegenüber sich stetig verändernden Umgebungsbedingungen führt, wie es beim Autofahren der Fall ist.

Auch wenn LEDs ausgereifter sind, bieten moderne VCSELs derzeit bessere Wirkungsgrade als die besten Leucht-

Überwachung (Bild 3) von Fahrzeuginnenräumen. Das liegt daran, dass VCSELs ein schmales Ausgangsspektrum, einen niedrigen spektralen Temperaturkoeffizienten und eine hohe Modulationsfähigkeit besitzen.

**Wahl des VCSEL-Treibers**

Bei der Wahl des idealen Beleuchtungstreibers für eine Anwendung sind meh-

rere Faktoren zu berücksichtigen, die alle entscheidend sind.

Die erste Überlegung besteht darin, zu überprüfen, ob der VCSEL-Treiber Automotive-qualifiziert ist. Es gibt mehrere ToF-Treiber am Markt, aber nur sehr wenige davon sind Automotive-tauglich. Der Lumentum-Treiber ist eine solche Lösung – allerdings kann man als alternative Lösung auch eine Treiberschaltung mit diskreten Bauelementen einsetzen. Ein weiterer Punkt ist die Vorlaufzeit, die idealerweise kurz sein sollte. Es gibt einige Standardbauelemente – von Kondensatoren über Dioden bis hin zu FETs

Leistungsfähigkeit erzielen, weil die Treiberschaltung einen niedrigeren Widerstand aufweist. Im Automotive-Bereich lässt sich das nutzen, um den Treiber so anzupassen, dass er höhere Spitzenströme verarbeiten kann.

Weil die IR-Beleuchtungskomponente ein wesentlicher Bestandteil von ToF-Sensorsystemen ist, kommt es auf die Wahl eines Systems mit der richtigen Wellenlängencharakteristik für die beabsichtigte Anwendung an. Dafür müssen die korrekte spektrale Emission, die optische Filterung und die Amplitudeneigenschaften bestimmt werden, die die

schnittliche Laserleistung (auch wenn der Laser gepulst ist).

### Fahrerüberwachung im Innenraum

Es gibt mehrere Bereiche, in denen ToF-VCSEL-Systeme zur Überwachung des Fahrers in Fahrzeuginnenräumen eingesetzt werden können, um mehr Komfort und Sicherheit zu gewährleisten. Zum einen können solche Systeme feststellen, ob der Fahrer abgelenkt oder müde ist. Darüber hinaus kann derselbe Sensor den Innenraum direkt überwachen und die Kopf- und Körperposition für die Airbag-Steuerung erfassen. Der Sensor kann auch zusätzliche Funktionen ausführen, einschließlich Gestensteuerung. Diese Sensorsysteme können entweder eine einzelne Kamera oder eine Reihe von Kameras verwenden. Für die gleichzeitige Überwachung des Fahrers und des Innenraums ist aber nur ein einziges Sensorsystem erforderlich.

### Mehr Sicherheit für alle

Die Kombination von ToF-Sensoren zur Beobachtung des Innenraums und des Fahrers sowie die Fähigkeit, sowohl stark reflektierende als auch nicht reflektierende Objekte zu erfassen, bietet dem Fahrer ein erheblich sichereres Fahrgefühl. Diese Systeme sind nicht nur von der Empfindlichkeit des Sensors selbst abhängig, sondern auch von der Wirksamkeit der Beleuchtungsquelle. Leuchtdioden gibt es zwar schon länger, aber die Vorteile von VCSELs sind wesentlich größer. Weil viel Aufwand in die Serienfertigung von VCSELs geflossen ist, sollten sie auch aus wirtschaftlicher Sicht in Zukunft die erste Wahl sein – und nicht nur aus Sicht der optimalen Leistungsfähigkeit. ■ (eck)

[www.melexis.com](http://www.melexis.com)



**Bild 3:** Time-of-Flight-Sensoren kommen zunehmend zum Einsatz, um die Blickrichtung und die Kopfposition des Fahrers zu überwachen.

© Melexis

– die für Automotive-Anwendungen geeignet sind. Durch einfach zu beschaffende Bauteile kann innerhalb weniger Wochen ein Prototyp der Beleuchtung entwickelt und hergestellt werden. Man sollte auch überprüfen, ob das geplante System Modulationsfrequenzen bis zu 100 MHz unterstützt.

Ein weiterer Aspekt ist die Flexibilität des Designs. Diskrete Bauelemente bieten mehr Flexibilität und lassen sich an unterschiedliche Design-Anforderungen anpassen. Solche Systeme können dann auf die Ansteuerungsbedingungen, den Spitzenstrom oder die Pulsform zugeschnitten werden. Mit modularen Architekturen lassen sich die Anstiegszeiten einfach anpassen und die Energieeffizienz des Treibers optimieren. Kommen diskrete Bauelemente im Gegensatz zu einem Single-Chip-Treiber zum Einsatz, lässt sich oft eine bessere

Hintergrund-Sonnenstrahlung im Fahrzeug blockieren – denn die Sonneneinstrahlung im Innenraum variiert bei den verschiedenen Fahrzeugtypen.

Bei jedem Gerät mit einer Lichtquelle ist auch die Augensicherheit von entscheidender Bedeutung. Die Vorschriften für Laser sind gemäß der Lasersicherheitsnorm IEC 60825-1:2014 anzuwenden. Das ist ein komplexer Bereich, der verstanden werden muss – kurz gesagt, gibt es viele Aspekte, die zu berücksichtigen sind. Dazu gehören die Laserschutzklasse, die Brillanz der Lichtquelle, die Form der Lichtquelle und wie sie auf der Netzhaut des Auges abgebildet wird, die Helligkeit des Lichts unter verschiedenen Winkeln, der Pupillendurchmesser des Auges (weite Pupillen lassen mehr Licht durch), die Laserwellenlänge, die maximalen und minimalen Abstände der Lichtquelle und die durch-



**Rainer Petersen**, arbeitet als Senior Application Engineer bei Melexis im belgischen Tessenderlo.

© Melexis