



(Bild: Audi AG)

# RGB-LED-Ansteuerung für Innenraumbelichtungen

**Rot-Grün-Blau-LEDs (RGB-LEDs) werden für Innenraumbelichtungen in Fahrzeugen immer beliebter. Stil, Personalisierung, Fahrkomfort und Sicherheit sprechen die Innenraum-Designer vieler Fahrzeughersteller an. Innerhalb eines Fahrzeugs sind verschiedene Lichtpunkte erforderlich, um eine effektive Lösung zu erzielen. Die einzelnen Knoten, die die Lichtquelle, den Treiber, die Local-Interconnect-Network-Kommunikation (LIN) und Datenverarbeitung enthalten, müssen daher klein sein. Dieser Artikel geht auf den Trend der RGB-Innenraumbelichtung in Fahrzeugen ein und beschreibt Single-Chip-Lösungen für deren einfache Umsetzung.**

von Wim Van de Maele

**R**GB-Innenbeleuchtungen tragen wesentlich dazu bei, dass die Nachfrage nach individuellen LED-Lampen nicht nur in Wohnungen und Büros, sondern auch im Fahrzeug steigt. Autofahrer verbringen viel Zeit im Inneren ihres Fahrzeugs. Der Stil und die Personalisierung des Fahrzeuginnen spielen daher eine wichtige Rolle. Studien belegen die Vorteile von Innenraumlicht in Hinsicht auf Komfort und Sicherheit. Aus diesem Grund steigt die

Nachfrage nach RGB-Innenraumbelichtungen für Fahrzeuge. Die meisten Fahrzeughersteller beziehen RGB-LEDs für Innenraumbelichtungen mittlerweile in ihre Roadmap mit ein (Bild 1).

## Anforderungen an RGB-LEDs

In Innenraumbelichtungen sind viele Lichtpunkte im gesamten Fahrzeuginnenraum verteilt. RGB-LEDs sorgen für

farbiges Licht. Sie bestehen aus drei einzelnen LED-Chips, die zusammen im gleichen Gehäuse mit einer transparenten Abdeckung untergebracht sind. Die RGB-Komponenten haben den Vorteil, dass sie klein sind und verschiedene Farben durch unterschiedliche RGB-Lichtintensitäten erzeugen. Beim Einsatz der Leuchtdioden müssen aber auch einige Anforderungen beachtet werden.

Um diese besser zu verstehen, wird die Physik einer LED näher in Augenschein genommen. Eine Leuchtdiode ist ein Halbleiterbauelement, das Licht aussendet, wenn Strom durch seine Sperrschicht fließt. Die Lichtabgabe erfolgt beim Auffüllen der Elektronenlöcher (Rekombination). Dabei verliert ein Elektron im Leitungsband Energie und nimmt den Energiezustand eines Elektronenlochs im Valenzband ein. Beim Rekombinationsprozess wird dann ein Photon ausgesendet.

Nach dem Energieerhaltungssatz sollte die Photonen-Energie die Differenz zwischen der Elektronen- und der Lochenergie sein. Diese Energie ist in etwa gleich der Bandlückenenergie bei niedrigen Temperaturen. Die Frequenz



des abgestrahlten Lichts hängt von der Photonenenergie ab (Plancksche Konstante). Die gewünschte Emissionswellenlänge einer LED lässt sich somit durch die Wahl des Halbleitermaterials mit der entsprechenden Bandlücken-Energie erzielen.

Bei der Wahl des Halbleiters müssen verschiedene Materialien kombiniert werden. Die natürlichen Abweichungen des Halbleiterfertigungsprozesses führen bei diversen LED-Modulen zu unterschiedlichen Emissions-Spitzenwellenlängen und Intensitäten. Dabei unterscheidet sich die Lichtausbeute der Grundfarben. Zudem treten bei der Kombination von zwei oder drei LEDs auch Unterschiede bei der Lichtintensität auf, was zu empfundenen Farbunterschieden führt.

Weil sich im Fahrzeug verschiedene Lichtpunkte nahe beieinander befinden und erwartet wird, dass sie die gleiche Farbe haben, sind Anpassungen erforderlich. Dabei sind mehrere Verfahren möglich. Die einfachste Methode ist die Wahl weniger Farben. Die benötigten Ausgangsintensitäten werden gespeichert, um diese Farben zu erhalten. Eine weitere Möglichkeit ist die Nutzung der linearen Eigenschaften des menschlichen Auges und die Farbmischung.

### Der Kalibrierungsvorgang

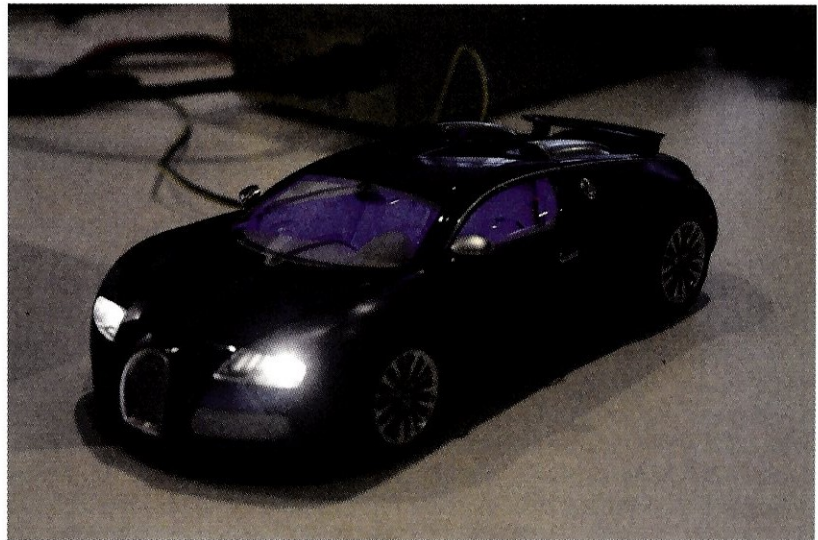
Eine Referenz für rot, grün und blau wird definiert. Diese Referenzgrundfarben bleiben für die gesamte LED-Modulfertigung gleich. Im CIE-Farbraum (Commission Internationale de l'Éclairage; International Commission on Illumination) bilden diese Referenzfarbpunkte das größte Dreieck, das sich in den Farbdreiecken aller möglichen Farb-Sets belegen lässt. Die roten, grünen und blauen LED-Farbkoordinaten werden mit einem Farbmessgerät erfasst. Es werden Korrekturfaktoren berechnet durch Vergleich der eingehenden Daten mit den Referenzwerten für Rot, Grün und Blau. Die Information wird im Modulspeicher abgelegt.

Während des Betriebs werden die eingehenden RGB-Daten mit Bezug auf die Referenzfarben in RGB-Ausgangsdaten umgewandelt. Dabei finden die spezifischen Farben des Moduls Berücksichtigung. Durch die Linearität des menschlichen Auges und additive Farbmischung kann der gesamte Kalibrie-

rungsprozess mit elementaren Matrixberechnungen erfolgen, wie **Bild 2** verdeutlicht.

Darüber hinaus muss das Verhalten der LEDs über der Temperatur beachtet werden. Leuchtdioden unterschiedlicher Farbe haben verschiedene Materialzusammensetzungen, um unterschiedliche Bandlücken zur Auswahl

lung zwischen den verschiedenen LEDs. Bei der Leuchtdiode können die temperaturabhängigen Eigenschaften näher untersucht werden. Ein solches Merkmal ist die Durchlassspannung einer LED. Die Durchlassspannung einer Diode hängt von der Temperatur ab und dieser Parameter dient zu Bestimmung der LED-Temperatur.



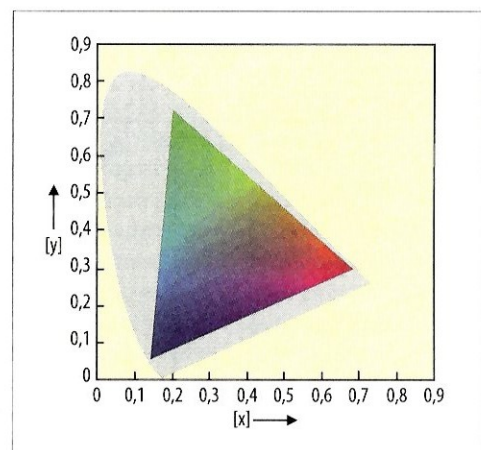
**Bild 1. Miniatur-Demo mit LED-Frontscheinwerfer und LED-Innenraumbeleuchtung.** (Bild: On Semiconductor)

der richtigen Emissions-Wellenlänge zu erzeugen. Die verschiedenen Materialzusammensetzungen sorgen für ein unterschiedliches Temperaturverhalten. Vor allem bei der Farbe Rot zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Lichtleistung, wenn die LED-Sperrschicht-Temperatur steigt. Bei der Farbmischung, zum Beispiel von rot und grün, um gelb zu erhalten, kann diese Abweichung sichtbar werden. Das macht eine Temperaturkompensation erforderlich. Das ausgesendete Licht ließe sich messen und die Lichtänderung durch einen geschlossenen Regelkreis kompensieren.

Um eine Näherung der LED-Sperrschichttemperatur zu erhalten, lassen sich verschiedene Verfahren anwenden. Die Temperatur auf der Platine kann über ein temperaturabhängiges Element wie einen NTC/PTC-Widerstand oder eine Flächendiode gemessen werden. Verbessern lässt sich das, wenn die Verlustleistung, die aus dem angezeigten Licht ermittelt wird, einbezogen wird sowie die Wärmekopp-

### Kosten senken mit LIN

Für ein umfassendes Beleuchtungsergebnis müssen die einzelnen Lichtpunkte angesteuert werden. Die Kabelkosten nehmen dabei einen erheblichen Anteil der Systemkosten ein. Um diese zu minimieren, kommt eine Busstruktur mit adressierbaren Knoten zum Einsatz, wie das LIN-Protokoll. Dabei sind eine LIN-, eine Versorgungs- (Batterie) und eine Masseleitung (GND) not-



**Bild 2. Die Grundfarben (Eckpunkte des Dreiecks) werden mit den Referenzpunkten verglichen, um eine Matrixberechnung durchzuführen.**



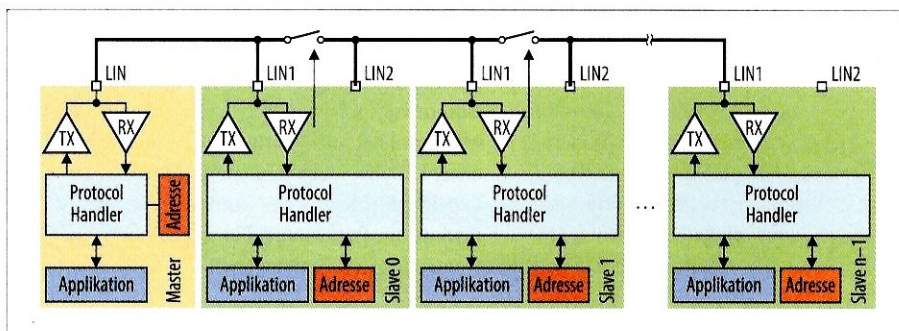


Bild 3. Master-Slave-Anwendung mit Auto-Adressierung und LIN-Schalter.

wendig. Durch die Busstruktur lassen sich alle Knoten verkettet anschließen. Daher die Bezeichnung Daisy Chain.

Das LIN-Protokoll basiert auf einem Master-Slave-Ansatz. Dieses Kommunikationsschema eignet sich auch für die hier beschriebene Anwendung. Der LIN-Master befindet sich im Hauptsteuergerät und die einzelnen Lichtpunkte sind die Slaves. Sendet der Master eine Nachricht, überprüft der LIN-Slave, ob er die richtige Zieladresse ist (Bild 3). Ist das der Fall, wird der Befehl ausgeführt, beispielsweise wird das Licht eingeschaltet.

### Funktionsweise Adressierung

Wie erfährt ein Modul seine Adresse? Es gibt verschiedene Möglichkeiten. Zum einen lassen sich die Module vor der Montage in ein Fahrzeugteil vorprogrammieren. So erhalten beispielsweise Getränkehalter mit RGB-Licht die Adresse 1, die Türen auf der linken Seite erhalten die Adresse 2 usw. Ein flexibler, aber auch teurer Ansatz nutzt die Auto-Adressierung. Beim Start des Netzwerks erhalten die LIN-Knoten eine Adresse auf Basis der Node Position Detection (NPD): Der Knoten findet sei-

ne Position im Netzwerk und bekommt eine Adresse. Eine NPD-Technik ist die „Extra Wire Daisy Chain“, bei der eine zusätzliche Leitung zwischen zwei nacheinander in der Kette befindlichen Modulen verlegt wird. Jedes Modul verfügt über einen Eingangsport (D1) für diese Leitung und über einen Ausgangsport (D2). Alle Knoten werden nacheinander eingeschaltet, indem der Leitungsspiegel verändert wird. Diese Methode ist bei der Innenraumbeleuchtung nicht erwünscht, weil die zusätzliche Leitung die Kosten erhöht und zu viel Platz im bereits kompakten Kabelbaum einnimmt. Andere Möglichkeiten vermeiden die zusätzliche Leitung und nutzen die LIN-Busleitung, um die Position der Slaves zu bestimmen. Beispiele dafür sind die Bus-Shunt- oder die LIN-Switch-Methode.

### Platzbedarf analysieren

Damit die Knoten an mehreren Stellen im Fahrzeuginnen untergebracht werden können, kommen in der Regel sehr kleine Leiterplatten zum Einsatz. Auf dieser kleinen Fläche müssen alle Funktionen des RGB-LED-Moduls Platz finden:

- eine RGB-LED,
- ein LIN-Transceiver,
- Datenverarbeitung und
- ein LED-Treiber.

Aus diesem Grund kommen Single-Chip-Lösungen mit integrierter LIN-Kommunikation, Datenverarbeitung und Treiber für diese Art von Modulen bevorzugt zum Einsatz.

Darüber hinaus spielt die Leitungs-/Kabeldicke eine wichtige Rolle beim Platzbedarf. Die Module können sich praktisch überall im Fahrzeug befinden; je weniger Leitungen zu diesen Stellen erforderlich sind, desto einfacher ist die Installation. Daher ist die LIN-Kommunikation die zu bevorzugende Methode.

### Mögliche Lösungen

In der Vergangenheit bestanden Module für RGB-Innenraumbeleuchtungen aus drei Bausteinen: einer RGB-LED, einem System-Basischip (SBC) mit LIN-Transceiver und Spannungsregler sowie einem Mikrocontroller für die Datenverarbeitung (Bild 4). Diverse Halbleiterhersteller haben nun Bausteine im Portfolio, in denen die Datenverarbeitung zusammen mit dem LIN-Transceiver und dem LED-Treiber integriert ist. Einige enthalten einen Mikrocontroller, andere stellen eine komplette Hardware-Lösung mit einer Zustandsmaschine dar. Der NCV7430 von ON Semiconductor zählt zu den Single-Chip-Treiberlösungen für RGB-Innenraumbeleuchtungen in Fahrzeugen. Auf einem Chip befinden sich die LIN-Schnittstelle zusammen mit Kalibrierungsalgorithmen und verschiedenen Übergangseffekten sowie ein LED-Treiber, der elektromagnetische Störungen reduziert. Die Temperaturkompensation erfolgt über die Temperaturabhängigkeit der Sperrschicht einer Schottky-Diode und der Referenzwiderstände. Der Baustein verfügt auch über die Auto-Adressierung mittels der LIN-Switch-Methode. eck

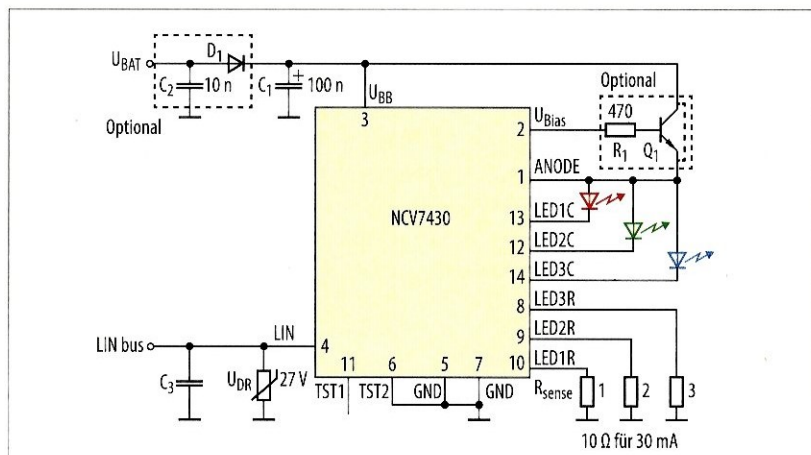


Bild 4. System-Basis-Chip mit LIN-Transceiver, Spannungsregler und einem Mikrocontroller.



**Wim Van de Maele**  
ist ASSP Marketing Manager  
bei On Semiconductor.