

KFZ Beleuchtung – Herausforderungen und Lösungen für die Diagnose von LED Beleuchtung im Automobilbereich

LED (Light Emitting Diode) ist heute unbestritten eines der Schlagworte für Energieeinsparung in der Allgemeinbeleuchtung. Im Automobilbereich dagegen sind neben möglichen neuen Lichtfunktionen wie Matrix Beam oder wischende Blinker ganz eindeutig die neuen Designmöglichkeiten, die LEDs ermöglichen, der Haupttreiber für die Umstellung von Lampen zu LED.

So werden LEDs heutzutage für Rücklichter, Frontscheinwerfer und die Innenraumbeleuchtung eingesetzt. LED Frontscheinwerfer erreichen durch die neuen Designmittel einen hohen Markenwiedererkennungswert und auch das Rücklicht nimmt weiterhin bei der markenspezifischen Formensprachen an Bedeutung zu. Außerdem bieten LEDs, die anstelle von herkömmlichen Glühfaden- oder Halogenlampen eingesetzt werden, eine erhöhte Zuverlässigkeit und eine Reduktion des Treibstoffverbrauchs. LEDs bringen neue Möglichkeiten aber auch Herausforderungen für die Elektronikarchitektur sowie für die Fehlerdiagnose mit sich. Die Fehlerdiagnose ist wegen Sicherheitsaspekten, gesetzlichen Anforderungen sowie für die Fahrerinformation notwendig. Aber auch aus Qualitäts- und Imageansprüchen wird zunehmend Diagnose von den Automobilherstellern gewünscht. So soll sichergestellt werden, dass Fahrzeuge mit ganz oder teilweise defekten Lichtfunktionen schnellstmöglich repariert werden, um negatives Image und Störung des Fahrzeugdesigns zu vermeiden. Die Herausforderungen von Diagnose und dazugehöriger Lösung werden in diesem Beitrag erläutert.

Die typischen Body Elektronik Architekturen für die Innen- und Außenbeleuchtung von Fahrzeugen bestehen vereinfacht dargestellt aus einem Body Control Module (BCM), Kabelstrang und den Lichtquellen, so wie in Abbildung 1 dargestellt. Das BCM beinhaltet Kommunikationsinterfaces (CAN, LIN, ...), Mikrocontroller, intelligente Halbleiterschalter und Treiberbausteine. Die Steuerung und Diagnose der Lasten (also der Lichtquellen) wird mittels integrierter Halbleiterschalter am BCM, wie zum Beispiel Infineons PROFET+ Familie, durchgeführt. Typischerweise ist das BCM im Fahrgast- oder Motorraum in einem aus Kunststoff oder einem partiell aus Aluminium gefertigten Gehäuse angebracht.

Body Elektronik Architekturen für die Ansteuerung von LED-Leuchten sind sehr ähnlich zu denen der Glüh- und Halogenlampen aufgebaut. Allerdings werden für die Ansteuerung und Diagnose von LEDs intelligentere Lösungen direkt an der Lichtquelle, also der LED, benötigt. LEDs müssen mit geregelten, konstanten Strömen angesteuert werden. Weil sie ein ähnliches elektrisches Verhalten wie herkömmliche Dioden haben, würde das Anlegen einer Spannung ohne Stromlimitierung zur Zerstörung der LED führen.

Der Funktionsumfang und die Komplexität des Body Control Moduls werden ständig größer, da immer mehr elektrische Funktionen durch das BCM realisiert werden (z.B. Ambiente-Beleuchtung). Allerdings sollten die Abmessungen des BCMs nicht vergrößert werden, da dies zu Platzproblemen im Fahrgastinnen- oder Motorraum führen würde. Diese Forderung steht im Konflikt zu den weiteren Halbleiterkomponenten, die für neue oder zusätzliche Funktionen erforderlich sind. Die maximal mögliche Verlustleistung der Bausteine im BCM wird außerdem auch durch die Abmessungen beeinflusst, denn je größer ein Objekt ist, umso mehr Wärme kann an die Umgebung abgegeben werden.

Heute werden im Grunde LEDs im Frontbereich nur für einige Fahrzeugvarianten einer Fahrzeugplattform eingesetzt. Selbst im Heckbereich, wo die Durchdringung mit LEDs im Vergleich zum Frontbereich bereits deutlich fortgeschritten ist, ist eine Serienausstattung von Voll-LED Leuchten nur bei wenigen Fahrzeugplattformen die Regel. Deshalb muss das BCM sowohl die Ansteuerung von herkömmlichen

Lampenleuchten als auch LED-Leuchten unterstützen. Grundvoraussetzung dafür ist ein intelligentes Diagnosekonzept, welches später in diesem Beitrag erläutert wird.

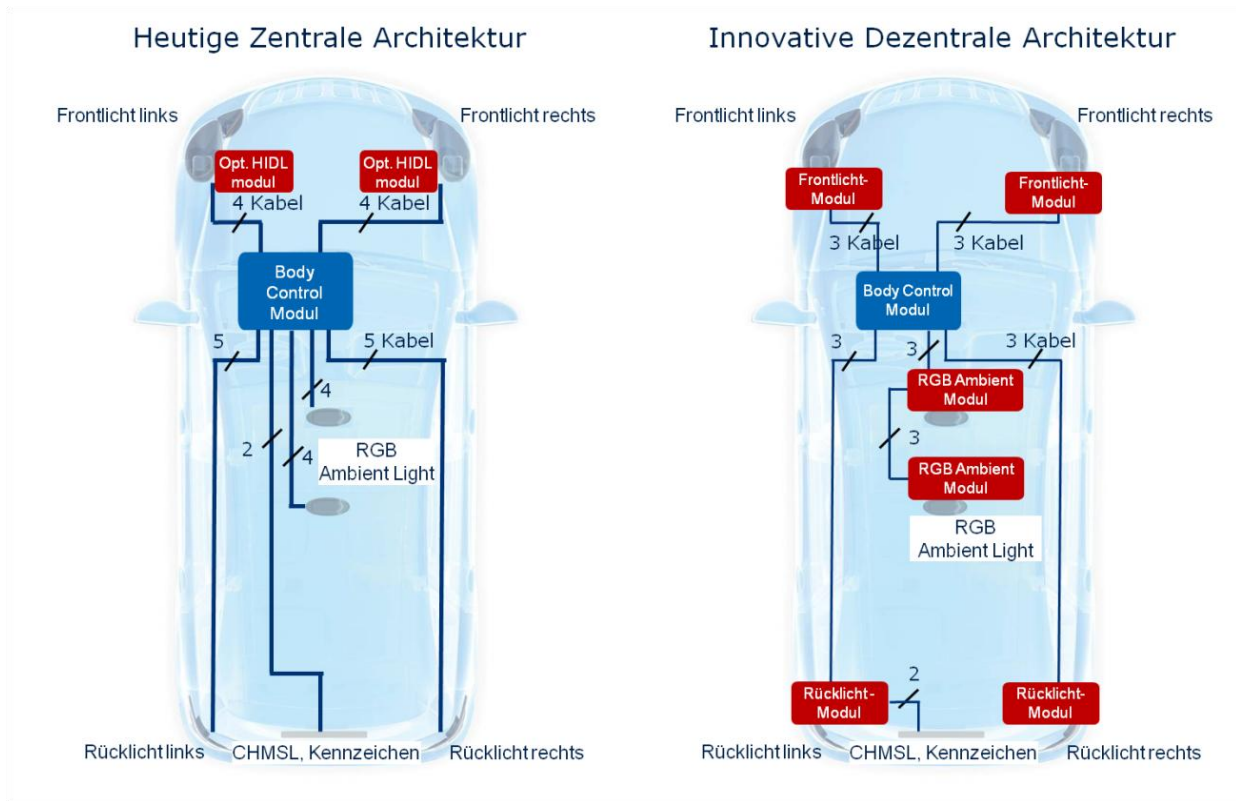


Abbildung 1: Eine neue innovative Body Architektur ermöglicht eine deutliche Kabelbaumreduktion im Vergleich zu heutigen Implementierungen

Neue Lichtfunktionen wie das AFS (Adaptive Frontlighting System) fordern hohe Funktionalitäten und Intelligenz von der Ansterelektronik, auch Lichtmodul genannt. Das Lichtmodul ist normalerweise, wie in Abbildung 2 dargestellt, direkt in oder an der LED-Leuchte montiert.

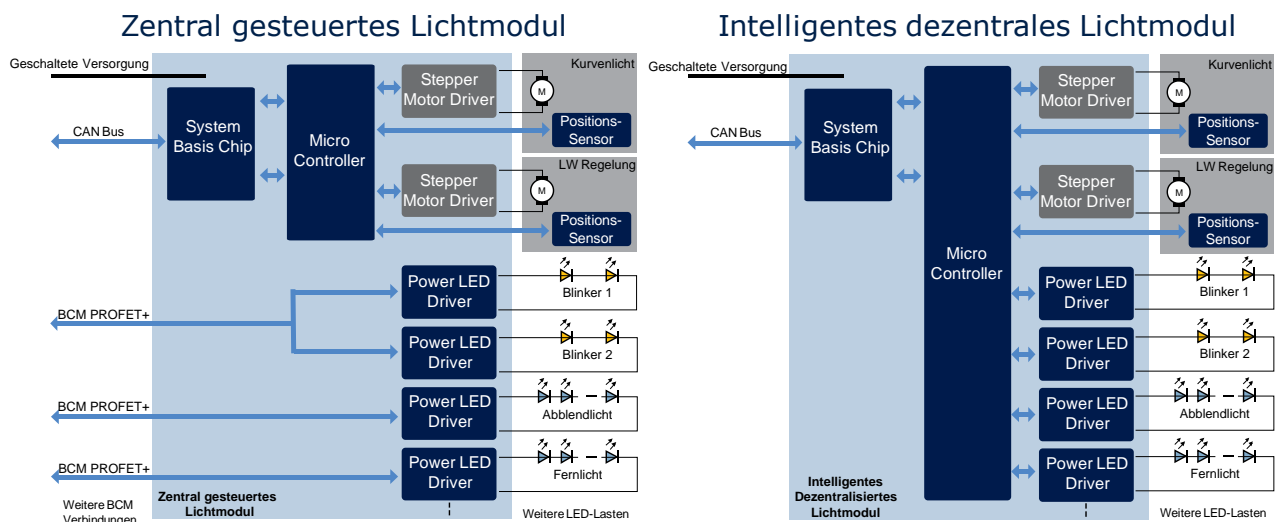


Abbildung 2: Intelligente dezentralisierte Lichtmodule ermöglichen eine deutliche Verringerung des Kabelbaumaufwandes

Für die Realisierung der AFS-Funktionen enthält das Lichtmodul standardmäßig einen Mikrocontroller und einen System Basis Chip. Folglich ist der Schritt zu einer innovativen Body Elektronik Architektur nur mehr klein. Mit intelligenten dezentralen Lichtmodulen können alle Funktionen wie Dimmen, Diagnose oder Fail Safe Funktionen direkt vom Lichtmodul durchgeführt werden. Auf der einen Seite steigen die Intelligenz und Leistung der Lichtmodule, auf der anderen Seite entspannen sich die oben genannten kritischen Punkte des BCMs.

Ein Systembeispiel: Eine defekte LED wird vom intelligenten dezentralen Lichtmodul erkannt. Gleichzeitig wird eine andere LED im gedimmten Betrieb aktiviert, um die fehlerhafte LED und zugehörige Lichtfunktion zu ersetzen. Der Fehler wird über den Kommunikationsbus (CAN oder LIN) an das BCM gemeldet. Die Abbildung 1 vergleicht die heutige Body Elektronik Architektur mit der angesprochenen innovativen intelligenten dezentralen Architektur. Diese neue Architektur ist besonders sinnvoll bei der Verwendung von LEDs, da damit schon ein Teil der benötigten Hardware (Printed Circuit Board PCB, Halbleiterprodukte,...) für die dezentrale Architektur vorhanden ist.

Intelligente dezentrale Lichtmodule benötigen nur noch wenige Anschlussleitungen: Eine abgesicherte bzw. geschützte Versorgungsspannungsleitung und die Bus-Leitungen für die Kommunikation mit dem BCM. Dadurch reduziert sich die Anzahl der benötigten Kabel im Fahrzeug deutlich. Außerdem wird mit der Kabelbaumreduktion auch das Fahrzeuggewicht reduziert, was wiederum zur CO₂-Einsparung beiträgt. Ein weiterer Vorteil ist, dass mit intelligenten dezentralen Lichtmodulen zusätzliche Diagnosemöglichkeiten realisiert werden können. Zum Beispiel kann jede einzelne LED oder jeder einzelne LED-Strang diagnostiziert werden.

Welche Anforderungen werden an die Lastdiagnose gestellt?

Die genaue Kenntnis des Lastzustandes ist besonders im Automobilbereich erstrebenswert, da es sich häufig um sicherheitsrelevante Anwendungen handelt. Während bei einer LED-Innenraumbeleuchtung die Sicherheitsrelevanz nicht gegeben ist, muss die Funktion von Anwendungen wie Blinker oder Stopplicht zuverlässig detektiert werden. Abbildung 3 zeigt eine typische Architektur in der das BCM ein dezentrales LED-Modul über einen PROFET+ steuert und die Lastdiagnose durchführt.

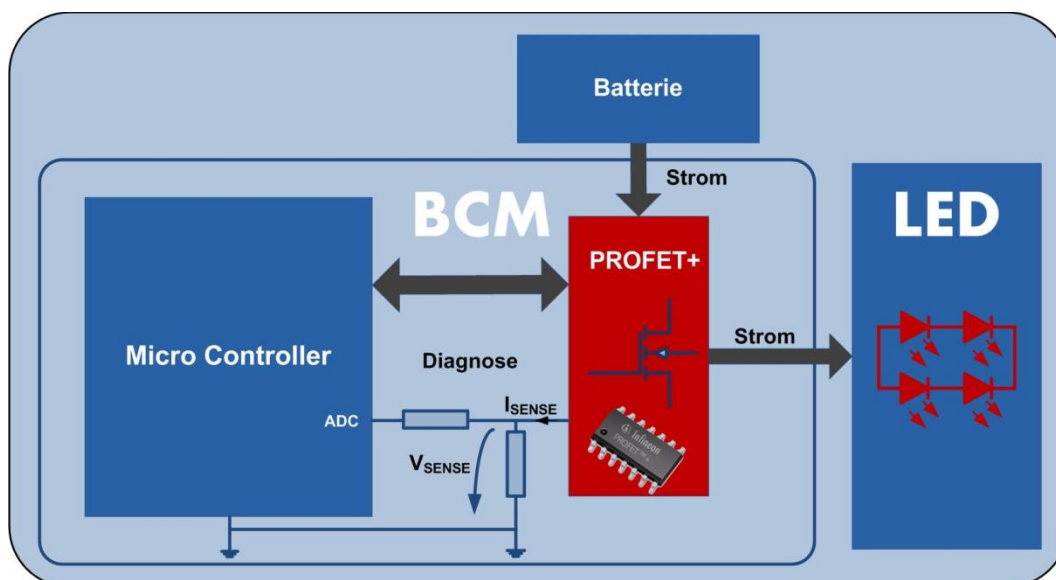


Abbildung 3: High-Side Schalter am Beispiel von Infineons PROFET+ für LED-Anwendungen.

Bei vielen Automobilherstellern ist die Ausstattung mit LEDs immer noch eine optionale Variante, wobei das Design des BCM gleich bleiben sollte. Daraus ergibt sich die Forderung an das BCM sowohl Glühlampen als

auch LEDs zu unterstützen und bei beiden Varianten für eine funktionierende Diagnose zu sorgen. Es existieren einige sicherheitsrelevante Fehlerfälle bei Lichtanwendungen, bei denen die Nutzbarkeit des Fahrzeugs eingeschränkt wird oder sogar die Sicherheit des Benutzers in Gefahr ist.

Dies sind die häufigsten Fehlerfälle auf der Lastseite (s.a. Abbildung 4):

- Kurzschluss mit Direktverbindung zur Batterie oder Masse
- Lastunterbrechung mit teilweisem oder totalem Ausfall des LED-Moduls / der Glühlampe
- Kurzschluss oder Unterbrechung von Kabeln oder Steckverbindern

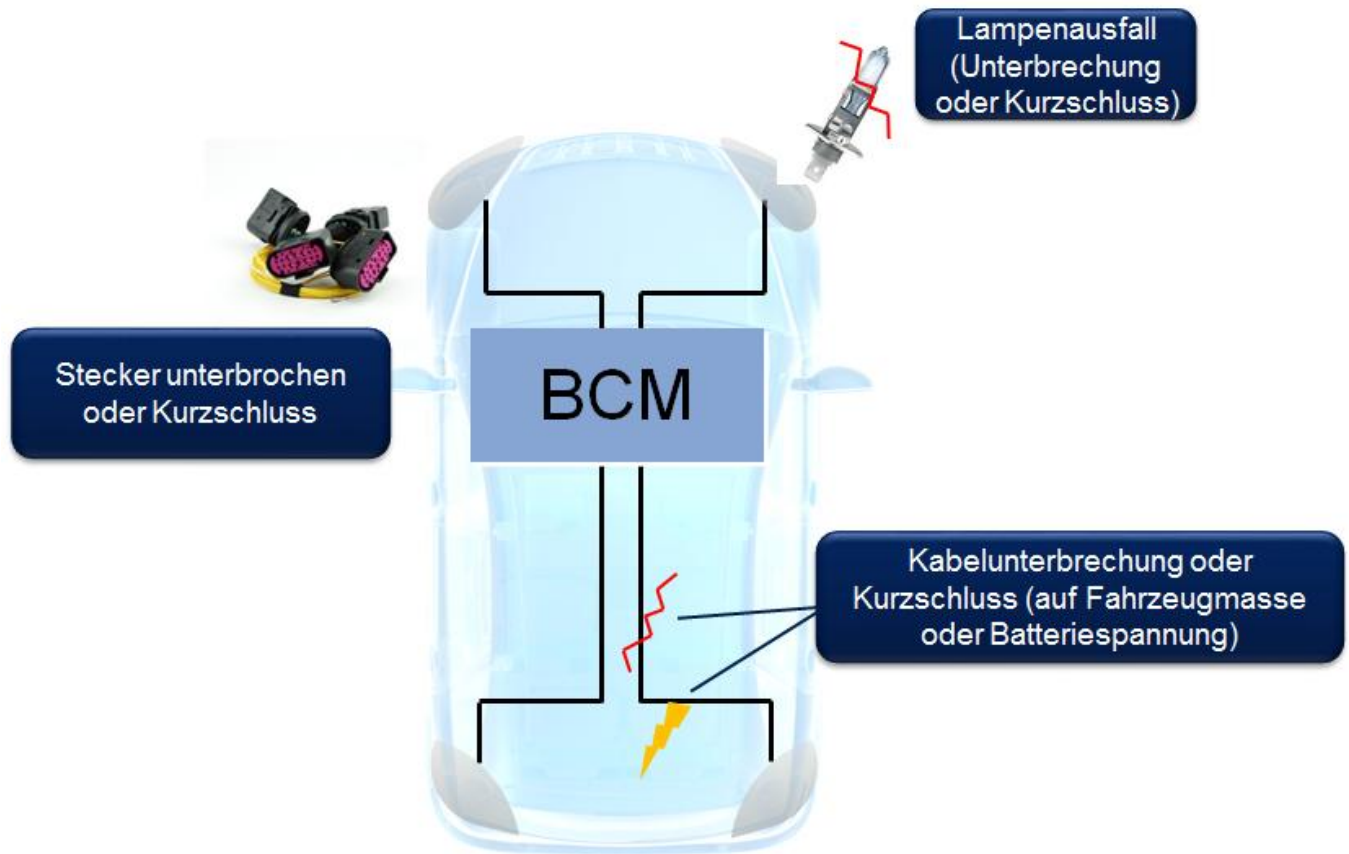


Abbildung 4: Häufigste Fehlerfälle auf Lastseite

Ein Kurzschluss zur Batterie stellt einen potentiell gefährlichen Fall dar, der jedoch vom BCM leicht erkannt wird, welches daraufhin die Spannungsversorgung der Last deaktiviert. Die hohe Kurzschlussfestigkeit der heute verfügbaren High-Side Schalter in Kombination mit schnell reagierenden Mikrocontrollern bieten einen guten Schutz bei diesem Fehlerfall.

Während die Kurzschlussdiagnose mittlerweile eine Standardprozedur ist, stellt die Erkennung einer Lastunterbrechung höhere Anforderungen an das System. Um Lastunterbrechungen mit der Software des Mikrocontrollers festzustellen, müssen mitunter hohe Genauigkeiten in der Diagnoseschaltung erreicht werden. Speziell bei der bereits erwähnten Unterstützung von Glühlampen und LEDs kann dies zu Problemen führen. In Abbildung 5 werden die typischen Stromwerte von Standardlösungen und LED-Lösungen an den Beispielen Frontlicht und Blinker verglichen.

Anwendung	Leistung	Laststrom
Frontlicht	55W	5A
Frontlicht LED	30W	1A
Blinker	21W	2,7A
Blinker LED	4W	0,2A

Laststrom	BTS5030-2EKA	BTS5090-2EKA	BTS5180-2EKA
0,5A	+/-20%	+/-16%	+/-9%
1A	--	+/-10%	+/-7,5%
2A	+/-8%	+/-7%	+/-6%
7A	+/-5,5%	--	--

Abbildung 5: Vergleich von LEDs und Glühlampe / PROFET+ k_{ILIS} Genauigkeit

Während ein Ausfall einer einzelnen Glühlampe eine Stromänderung von mehreren Ampere auslöst, entsteht durch die Lastunterbrechung an LEDs ein wesentlich kleinerer Stromabfall. Diese Verschiebung des Strombereichs erhöht die Anforderungen an das Diagnosesystem.

Möglichkeiten der zentralen Diagnose am BCM

Wie bereits erwähnt, wird die Diagnose der Last durch das Zusammenspiel vom High-Side Schalter und Mikrocontroller durchgeführt. Der Mikrocontroller interpretiert dabei das analoge Stromsignal des Schalters. Der sogenannte k_{ILIS} Wert gibt die Proportionalität von Sense-Strom zum Laststrom an und ist deshalb mitunter entscheidend für die Genauigkeit des Diagnosesystems. Da sich die Genauigkeit des k_{ILIS} abhängig von der Höhe des Laststroms ändert, ist der Ersatz von Glühlampen durch LEDs nicht immer trivial. Infineons PROFET+ Familie bietet High-Side Schalter für 12 und 24V Bordspannung an, die dieses Problem lösen. Eine maßgebliche Eigenschaft mit der PROFET+ überzeugt ist die k_{ILIS} Genauigkeit von bis zu +/- 5.5%, selbst ohne Kalibrierung.

Wie die Abbildung 3 zeigt, ist es damit möglich den optionalen Einsatz von LEDs und Glühlampen (zB.: Glühlampe/LED-Blinker) voll zu unterstützen. Der BTS5090-2EKA bietet sowohl im Laststrombereich des 21W-Blinkers (Glühlampe) als auch für die LED-Ausführung eine Genauigkeit von < +/-16% an.

Speziell bei LED-Lasten gibt es allerdings Fälle in denen ein Diagnosesystem am BCM (s. Abbildung 3) an seine physikalischen Grenzen stößt.

Wo sind die Grenzen der Diagnose am BCM?

Lichtfunktionen wie Schluss- oder Bremslicht sind meist aus mehreren LED-Strängen aufgebaut und werden über eine gemeinsame Leitung angesteuert. Fällt hier eine einzelne LED aus, wird nur ein Strang inaktiv und der Laststrom der Lichtfunktion sinkt nicht auf null. Die Differenz zwischen voller Last und reduzierter Last kann hier sehr klein sein (10-25mA). Solche Stromänderungen sind am BCM nicht detektierbar, da die erreichbare Systemgenauigkeit überschritten wird.

Um trotzdem eine Lastdiagnose durch das BCM zu ermöglichen müssen bei einem Ausfall eines Stranges in der Lichtfunktion mehrere Stränge oder sogar die gesamte Last deaktiviert werden um hierdurch eine vom BCM detektierbare Stromänderung herbei zu führen. Eine weitere Möglichkeit ist, dass die Diagnose und Verarbeitung direkt am Lichtmodul erfolgt. Voraussetzung für beide Fälle ist die sichere Erkennung des Fehlers in der LED Last.

LED Diagnose durch integrierte LED Stromquellentreiber

Während die LED Diagnose durch einen diskreten Aufbau nur mit relativ hohem Aufwand realisiert werden kann, bieten ausgewählte moderne integrierte LED Treiber, wie einige Stromquellentreiber der Infineon Basic LED Familie, bereits integrierte und relativ umfangreiche Diagnose Möglichkeiten.

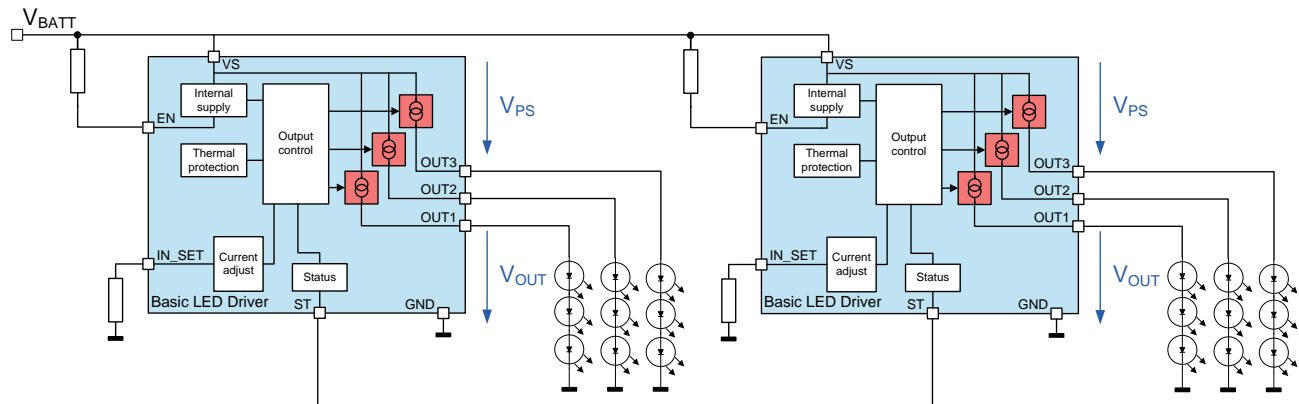


Abbildung 6: Kurzschluss und Open Load Diagnose am Beispiel Infineon Basic LED Treiber

Bei oben genannten Basic LED Treibern wird die Diagnose durch Überwachung der Spannungen V_{PS} (Versorgungsspannung gegen Ausgang) und V_{OUT} (Spannung am Ausgang OUT gegen Ground) realisiert (s. Abbildung 6). So kann der Treiber für jeden Ausgang erkennen, ob ein Open Load Fall ($V_{PS} \approx 0V$), d.h. eine unterbrochene LED Kette oder ein Kurzschluss ($V_{OUT} \approx 0V$) einer LED Kette vorliegt. Der jeweilige Zustand wird erkannt, sobald die Spannung unter einen bestimmten Schwellwert fällt. Mittels des Status Pins kann anschließend der Status auf einem eigenen Diagnosebus zur Weiterverarbeitung ausgegeben werden.

Diagnose von LED Lasten durch das BCM mittels N-1 Detektion

Soll ein Fehlerfall vom BCM erkannt und weiterverarbeitet werden, kann mittels einer sogenannten N-1 Detektion über den oben beschriebenen Diagnosebus ein Ausfall eines LED-Stranges an weitere an dem gleichen Bus angeschlossene Treiber kommuniziert werden. Somit schaltet ein derartiger Treiber bei Ausfall eines LED-Stranges nicht nur seine übrigen LED Stränge ab, sondern teilt diesen Ausfall über den Diagnosebus auch weiteren Treibern derselben Lichtfunktion mit, welche nun ebenfalls ihre Ausgänge abschalten. Hierdurch wird nun der Laststrom auf nahezu 0A reduziert, so dass die Detektionsgenauigkeit des BCM leicht ausreicht, um den Fehlerfall sicher zu diagnostizieren. Das BCM kann entsprechend auf den Fehler reagieren. So kann z.B. die Last abgeschaltet oder im Falle eines ausgefallenen Blinkers, die Blinkfrequenz der übrigen Blinkleuchten verdoppelt werden. Außerdem kann eine Fehlermeldung am Armaturenbrett angezeigt werden, so dass der Fahrer über die defekte Lichtfunktion informiert ist.

Die Abbildung 7 zeigt einen prinzipiellen Aufbau einer solchen durch N-1 Detektion von einem BCM geschalteten Lichtfunktion, aufgebaut aus mehreren zu überwachenden LED Strängen und entsprechend mehreren LED Treibern.

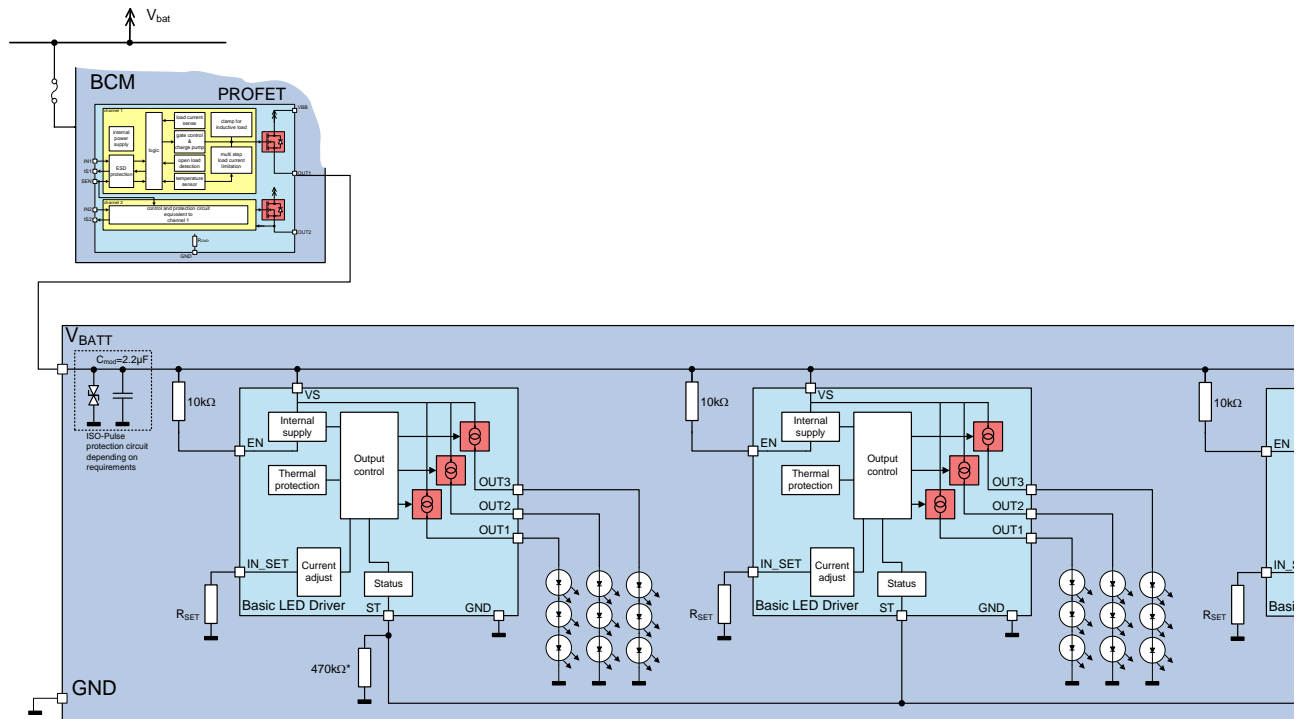


Abbildung 7: Diagnose über BCM durch Infineon Basic LED Treiber mit N-1 Funktionalität

Dezentrale Diagnose auf dem Lichtmodul

Werden die Lichtfunktionen nicht über ein zentrales BCM gesteuert, sondern über dezentrale Lichtmodule, muss nicht auf eine N-1 Detektion zurückgegriffen werden. Hier kann der Fehler direkt über den Diagnosebus an den Mikrocontroller des Lichtmoduls weitergegeben werden (s. Abbildung 8). Dieser kann nun unabhängig vom BCM den Fehler auswerten und z.B. die Lichtfunktion aktiv abschalten. Über den am Lichtmodul angeschlossenen Kommunikationsbus (s. Abbildung 2) kann nun wiederum der Fehler dem Fahrer mitgeteilt werden.

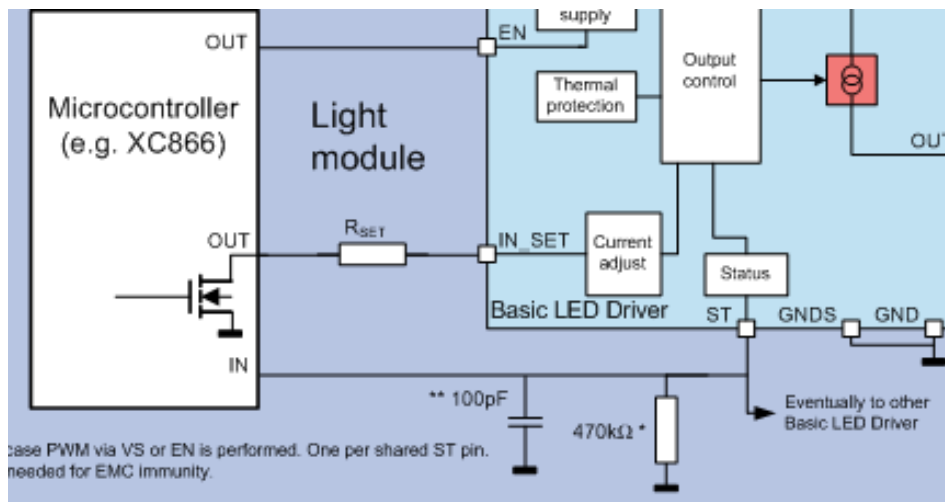


Abbildung 8: Auswertung des Diagnose Status durch ein intelligentes dezentrales Lichtmodul

Diese Beispiele zeigen, dass mit Hilfe moderner LED Treiber wie der Infineon Basic LED Treiber Familie einfach und flexibel auf die neuen Herausforderungen, die durch den Einsatz von LEDs im Bereich des BCM Designs und der Systemarchitektur entstehen, reagiert werden kann.

Infineon bietet alle in diesem Artikel erwähnten Produkte und viele weitere Produkte darüber hinaus. Informationen über Automotive Lighting Produkte unter: www.infineon.com/automotive-lighting

Bildunterschriften:

Abbildung 1: Eine neue innovative Body Architektur ermöglicht eine deutliche Kabelbaumreduktion im Vergleich zu heutigen Implementierungen

Abbildung 2: Intelligente dezentralisierte Lichtmodule ermöglichen eine deutliche Verringerung des Kabelbaumaufwandes

Abbildung 3: High-Side Schalter am Beispiel von Infineons PROFET+ für LED-Anwendungen.

Abbildung 4: Häufigste Fehlerfälle auf Lastseite

Abbildung 5: Vergleich von LEDs und Glühlampe / PROFET+ k_{LIS} Genauigkeit

Abbildung 6: Kurzschluss und Open Load Diagnose am Beispiel Infineon Basic LED Treiber

Abbildung 7: Diagnose über BCM durch Infineon Basic LED Treiber mit N-1 Funktionalität

Abbildung 8: Auswertung des Diagnose Status durch ein intelligentes dezentrales Lichtmodul

Kontaktdaten:

Infineon Technologies AG

Torsten Klemmer

torsten.klemmer@infineon.com

+49 (89) 234 21185

Am Campeon 1-12

85579 Neubiberg

Germany

Herbert Hopfgartner

herbert.hopfgartner@infineon.com

+43 51777 6523

Siemensstr. 2

9500 Villach

Austria

H. Hopfgartner/ T. Klemmer	Automotive LED Lighting	Date: 2014-05-03
Infineon Technologies	Herausforderung Diagnose	Page: 8 of 8