

# LED ヘッドライト、形状と機能で進化

トニー・アームストロング

高価で複雑であることがLEDヘッドライトの普及の妨げとなっているが、マトリックスビーム制御などの機能が、この技術を最前線へと押し出す推進力となる。

自動車のヘッドライトにLEDを採用した顕著な例がいくつか存在するにもかかわらず、その普及率はまだ、一般照明分野における固体照明(SSL:Solid State Lighting)の急激な増加に比べると、一部で期待されていたほど急速には伸びていない。車載分野には特有の設計上の課題があり、コストはまだ比較的高い。しかしLEDを採用すれば、独自の機能をヘッドライトに追加することができる。本稿では、堅牢な機能を装備するヘッドライトシステムを実現可能な設計オプションを紹介する。

一般照明と車載照明の間で類似点を挙げる事ができる。誰もがまだ、従来のタングステンフィラメント電球を覚えているだろう。米国のほとんどの家庭で一般的に使用されていたこの40Wと60Wの白熱電球は、2013年末に米国での製造または輸入が禁止になった。ただし今でも購入することができる。また、75Wと100Wの電球の段階的廃止が2012年に完了したことも言及しておかなければならない。

それらが姿を消したのは、米環境保護庁(EPA:Environmental Protection Agency)が求めるより高い電気光出力変換効率に対応するためだった。この移行が進められた最大の理由は、消費電力量(すなわち発電量)の削減を促すことにあった。家庭用照明が消費電力の約14%を占めていたためである(出典:米エネルギー情報局[EIA:Energy Information Administration])。こう

してこれらと等価な固体LEDが、現代社会へと浸透していくこととなった。LEDはわずか8分の1の電力で、同等のルーメン出力を生成可能である。

白熱電球からSSLエレクトロニクス製品へというこの照明の進化の流れは、自動車業界の車載照明で現在生じている移行に類似している。赤色LEDは10年以上前からテールライトに使用されているが、つい最近になってLED普及率を大きく伸ばしたのは、自動車の車内と前方の照明システムにおける変化である。例えば、LEDは70%以上の車内表示灯と45%以上の計器ディスプレイバックライトで使用されている。これに対し、現時点で日中走行用ライト(DRL:Daytime Running Light)は55%以上、ヘッドライトは約5%となっている。皮肉なことに、ヘッドライト(ロービーム、ハイビーム、フォグランプ)は最

大の可能性を秘めた唯一の分野であると同時に、最も普及率の低い分野でもある。一見矛盾するこの状況の主な理由の1つは、自動車メーカーによる実装コストが、消費者が進んで支払う価格よりも高いことである。

## 自動車ヘッドライト

ヘッドライトの低い普及率の背景にある要因を明らかにする前に、多くの運転者に加えてOEM企業までもがなぜLED照明製品を好むのかを理解しておくといえよう。その理由としては、以下のようなものがある(ただしこれに限らない)。

- ・ **性能と設計の柔軟性** LEDは、設計に柔軟性を与える形状と、広範囲に及ぶ調光機能を備える。人間の目は、光出力の些細なぶれに非常に敏感であることを思い出してほしい。
- ・ **エネルギーとCO<sub>2</sub>排出量の削減** LEDは出力効率が高いために出力に必要なエネルギーが低だけでなく、寿命もかなり長い。



図1 マトリックスLEDヘッドライトによって光が拡散する様子を示した図。

・ **コスト** 直感に反すると思われるかもしれないが、ヘッドライト以外の用途では、コストの継続的な低下、耐久性の向上、そして優れた品質によって、LEDはエンド顧客の価値の新たな基準となっている。

・ **規制** DRLやヘッドライトなどの照明に関する要件を定める政府規制が、LED照明の需要を押し上げている。

実質的にすべての自動車外装照明におけるLEDの利用に関して、独アウディ社 (Audi) が最先端にあると一般的に考えられていることを、意外だと思える人は少ないだろう。同社の有名な「Eyebrow」(眉毛)の形をしたDRLには、バックミラーでそれを目にした人の誰もが必ず気づく。また、2004年の「Audi R8」においてLEDヘッドライトを最初に採用したのも同社だった。さらに同社は、ビームステアリングが可能な「Matrix」ヘッドライトでもよく知られている (<http://bit.ly/1qtZK7k>、ビームステアリングの例については図1を参照)。

ではLEDヘッドライトが、他の形態の車載LED照明で使用されているLEDほど普及していないのはなぜだろうか。その答えは当然ながら、コストである。LEDの代わりにヘッドライトに使用できるものとしては、白熱ランプ、ハロゲンランプ、高輝度放電(HID: High Intensity Discharge)キセノンランプがある。LEDのコストは同等のハロゲンヘッドライト(欧州では1962年に初めて導入されたが、米国では1978年まで採用されなかった)よりも最大で100%高く、HIDキセノンランプの最大1.5倍にも上る可能性がある。LEDでHIDキセノンランプと同等の性能を達成するには、それよりも性能の低いハロゲンランプよりもかなり高いコストがかかる。ちなみにHIDキセノンヘッドライトが最

初に登場したのは、1991年の「BMW 7」シリーズだった。

## LEDが適する応用分野

一般的に、LEDヘッドライトは、発光に関してはハロゲンランプとHIDランプの間に相当するが、光線を格段に集束することが可能で、異なる形状を生成するように制御することもできる。また、サイズが小さいことから非常に操作がしやすく、自動車メーカーは自社モデルに完璧に合致する、あらゆる種類の形状と部品を製造することができる。

LEDは点灯時に熱を発しないが、導電時には一定量の熱がエミッタ下部に生成されるため、隣接部品や接続ケーブルに悪影響を及ぼす恐れがある。そのためLEDヘッドライトには、それが融解しないようにするためのヒートシンクやファンなどの冷却システムが必要である。また、これらの冷却システムはエンジンベイに配置される。エンジンベイはそれほど温度の低い場所ではなく、そこでは適切な温度を維持できないようなシステムも存在する。このことも、LEDヘッドライトを設計して車内に実装することが困難で、したがってHIDよりもコストが高いことの

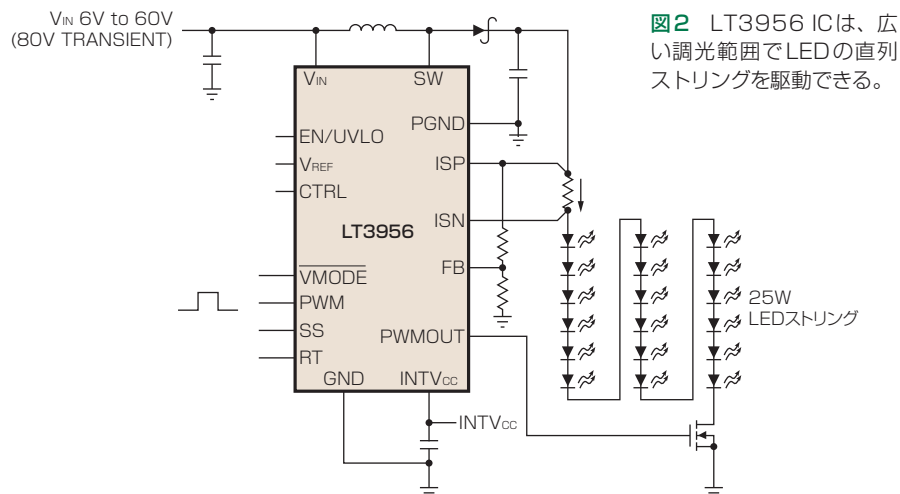
原因のひとつとなっている。

またLEDは、次世代ヘッドライトの唯一の選択肢というわけではないかもしれない。米国業界誌のある最近の記事では、アウディ社が高性能モデル「R8」のオプションとしてレーザハイビームを提供すると報じられている。このシステムは、前方を走行する車両を光で照らさないことに優れているため、前方に最大で8台の車両がある場合でも、ハイビームは点灯したままにすることができ、自動的に調整される。アウディ社のレーザスポットライトのビームは、LEDハイビームと比べて道路前方の2倍の距離(500フィート)まで届き、運転者にさらに遠くまでの視界を提供する。

## ICがLEDの普及を促進

次は、LED駆動時の課題について説明する。フィラメントに電流を流すだけで光出力が得られる白熱電球とは異なり、LEDの駆動には特殊な集積回路(IC)が必要となる(図2)。

今日のLEDドライバICに必須の高性能機能の1つは、LEDを適切に調光する機能である。LEDは定電流で駆動され、DC電流レベルがLEDの輝度に比例する。そこでLEDの輝度を変化さ



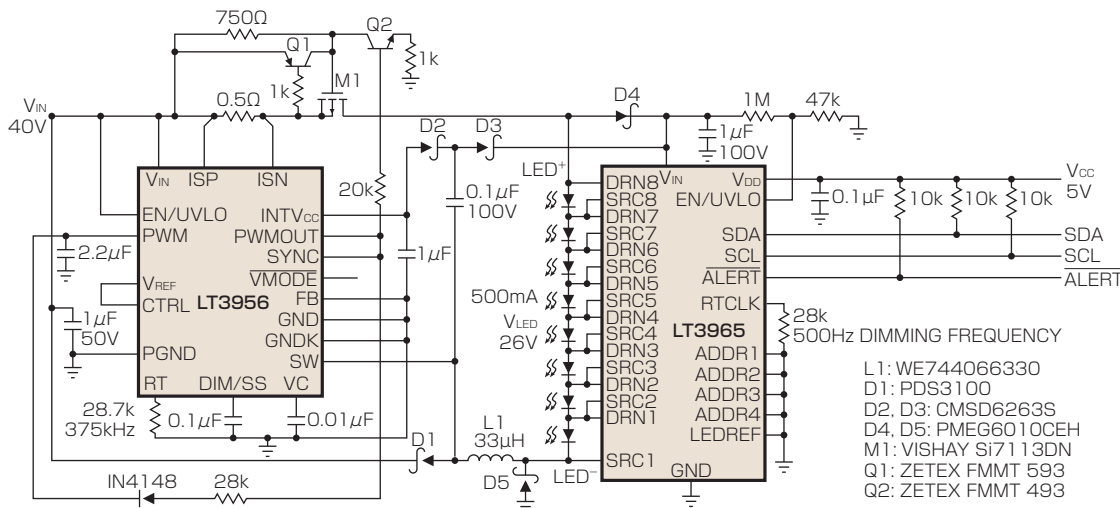


図3 I<sup>2</sup>C対応8スイッチマトリックス調光器LEDドライバIC

せるために、LED電流を制御することによって調光する2つの方法がある。

最初の方法は、LEDの定電流レベルを引き下げることにより、それに比例してLEDのDC電流レベルを引き下げアナログ調光である。LED電流を引き下げると、LEDの色が変化したり、LED電流が不適切に制御されたりする恐れがある。2つめの方法はデジタル調光、つまりパルス幅変調(PWM:Pulse Width Modulation)調光である。PWM調光では、100Hz以上のある周波数でLEDのオン/オフ切り換えを行う。これは人間の目には認識されない。PWM調光のデューティ比がLEDの輝度に比例し、オン時のLED電流をLEDドライバICによる設定と同じレベルに保つことで、調光比が高い場合もLEDの色が一定に保たれる。このPWM調光方法は、一部の用途に対して3000:1の調光比で使用することができる。

高輝度LEDを駆動する場合の具体的な例として、米リニアテクノロジー社(Linear Technology)のLEDドライバICは、入力電圧範囲と必要な出力電圧・電流要件の両方を満たす変換回路を備え、多数の異なる種類のLED構成に対して十分な電流と電圧を供給することができる。このような高輝度LED

ドライバICには一般的に、以下のよう  
な特長がある。

- ・ 入力電圧範囲が広い
- ・ 出力電圧範囲が広い
- ・ 変換効率が高い
- ・ LED電流整合の精度が高い
- ・ ノイズが低く一定の周波数で動作する
- ・ 電流と調光制御が独立している
- ・ 調光比の範囲が広い
- ・ 外付け部品が最小限でコンパクト

一般的なヘッドライト回路に使用される特定のLEDドライバICについて、詳しく説明しよう。新しい「LT3965」は80Vの入出力に対応し、定電流で低電圧のコンバータを実装することができる。この回路によって高電流LEDの駆動が可能である(図3)。内部の7.15V安定化電源で駆動される84V/3.3A定格のローサイドNチャネル・パワー MOSFETを内蔵している。固定周波数電流モード・アーキテクチャにより、広範囲の電源電圧と出力電圧にわたる安定した動作が実現されている。グラウンド基準電圧のFB端子が、複数のLED保護機能に対する入力となるとともに、コンバータが低電圧源として動作することを可能にする。周波数調整端子により、100kHz~1MHzの周波数をユーザーがプログラム可能で、効率、性能、

または外付け部品のサイズを最適化することができる。

LT3956は、LEDストリングのハイサイドで出力電流を検出する(これは一般的に、ハイサイド電流検出と呼ばれる)。ハイサイド電流検出は、LED駆動の最も柔軟な方式で、昇圧、降圧、または昇降圧モード構成が可能である。

現時点では普及率の低いLEDヘッドライトだが、高性能機能の進歩はあまりにも魅力的で、自動車メーカーはこれ以上LEDヘッドライトを見送るわけにいかなくなってきている。その理由としては、運転者の安全性の向上、車体スタイルの柔軟性、エネルギーの削減に加えて、純粹に見た目が美しいことが挙げられる。自動車の外観が、購入したいという気持ちにつながることは誰もが知るところだ。運転時にはぜひ、行き交うマトリックス照明に注意してほしい。バックミラーをのぞいたときにマトリックス照明やLEDヘッドライトを目にする機会は、今後大きく増えるだろう。

著者紹介

トニー・アームストロング(TONY ARMSTRONG, tarsmtrong@linear.com)は、米リニアテクノロジー社(Linear Technology Corporation, linear.com)の電源製品担当製品マーケティングダイレクター。