



life.augmented

# LED技術で広がる 自動車ライトの可能性



# ライト・モジュールにおける LED照明の実装

今日、自動車にはライトが標準装備されていますが、20世紀初頭にはライトはオプション装備で、搭載されていない自動車が主流でした。また、その用途も道を照らすためのものではなく、夜間に周囲から自動車を視認できるようにするために使用されていたため、馬車に使われていた真ちゅう製のオイル・ランプを取り付けるのが一般的でした。このランプは、4面がガラス張りになっており、走行中に炎を風から守る造りのものでした。オイル・ランプの次には、アセチレン・ガスが使用されるようになりました。アセチレン・ガスは、炭化物の結晶に水を落とすことでガスを生成するジェネレータ、もしくは圧縮されたガスを充填したプレストライト(Prest-O-Lite)と呼ばれるシリンダ型の装置によって供給されていました。

その後、内側にミラー加工を施したリフレクタに収納された白熱電球が登場し、夜間の道路の視認性を向上させます。当時から現代の「アダプティブ・ヘッドライト」のような機能も開発されており、ランプをステアリング・システムに直接連結させ、暗いカーブやコーナーを照らすことができました<sup>(1)</sup>。



(1) <http://knowhow.napaonline.com/fire-automotive-lighting-history/>

## 新しい技術とトレンド

近年、白熱電球は自動車の照明システム全体において徐々にその役割を終えつつあります。ハロゲン・ヘッドライトがHID(キセノン)ライトに置き換えられる一方で、LEDやレーザーを採用するメーカーも増えています。これに伴い、消費電力が低減されるだけでなく、ドライバーの視認性が向上することで走行時の安心感も向上します。インジケータランプやリア・ライト・モジュールにおいても、フィラメントを使用した従来の電球からLEDへの置換えが進んでいます。

LEDは白熱電球と比べて堅牢性に優れ、正しく駆動すればきわめて長い耐用期間を実現することができます。また、少ない消費電力で同水準の照度を実現します。さらに、LEDはきわめて小型のため、以前の照明システムでは想定しえなかった機械設計への実装を可能にし、自動車の新たなスタイルの可能性を広げます。最近では特に、インジケータにおけるアニメーション表示機能の向上に貢献しています。照明装置内のLED駆動を順次変化させることで特殊なエフェクトを生み出すことも可能です。

現在利用されているアニメーション表示を応用して、リア・ライト・モジュールで他の自動車のドライバーに情報や警告を発信するシステムの開発も検討されています。車車間(V2V)および路車間(V2I)通信の発展に伴い、プログラム可能なライト・モジュールが交通状況の変化を自律的に後続車に知らせることで、ドライバーが安全かつ早期に対応できるようになります。

## 車載システムへのLEDの実装と制御

LEDを光源として使用することで、自動車の設計にはさまざまなメリットが生まれます。白熱電球は点光源であり、大型の差し込み / ねじ込み金具やガラス球を備えているため、大きなスペースを必要としました。一方でLEDは非常に小型で、必要に応じて配置できるため、複数のLEDを組み合わせて面光源を構成することができます。また、白熱電球の耐用期間は1200時間程度と試算されており、約2年ごとに交換が必要ですが、LEDは50000時間以上にわたる動作が可能です。そのため、従来のような電球交換が不要で、新たな方法で照明装置を構成することができます。

LEDは定電流デバイスであり、基盤となるダイオードと同様に動作します。しかしその順方向電圧は、白色では3.0V、黄色や赤色の場合には2.0V程度と、生成される光の色によって変化します。最適かつ均質な発光を実現するには、すべてのLEDに流れる電流が一定レベルに維持されている必要があるため、車載アプリケーションでは定電圧(CV)制御ではなく定電流(CC)制御が利用されます。そのため、LEDシステムは一般的にDC-DCコンバータと連結して構成され、電流を一定に維持するための精密な制御や、ロード・ダンブやアイドリング・ストップ機能によって引き起こされる電源電圧の変動の補正を行います。

また、一般的に自動車の無線機はフロントに搭載され、リアに設置されたアンテナと接続されているため、フロントおよびリアにおけるスイッチング技術の導入に伴い電磁干渉(EMI)のリスクも発生します。これに対して電子設計技術者は、基板レイアウトやスイッチング周波数の選択、スイッチング回路の入念な配置、および電源におけるフェライト・ビーズの慎重な使用など、さまざまな防止策を講じる必要があります。

自動車のライトは安全性に関わる装備であるため、ライトの障害を検出してドライバーに通知する機能を組み込むことも不可欠です。LED障害の多くはオープン故障が発生するため、比較的簡単に検出することができますが、約20%はショート故障によるものです。ストリング内の1つのLEDで短絡が発生した場合は検出が困難なため、多くの場合スイッチング回路は設定された定電流の供給を続けてしまいます。この場合、温度上昇を伴う順方向電圧降下や消費電流の増加が生じるため、他のLEDが加熱されて熱暴走につながるリスクがあります。

## LEDストリングの駆動

自動車のヘッドライトには、出力輝度の制御および設定において車載メーカーの厳しい要件を満たすため、最大50V以上の耐圧性能および1.5Aの平均電流を持つLEDストリングが必要になる場合があります。照明モジュールに診断機能と保護機能(負荷電流制限や逆バッテリー保護など)も提供するハイサイド・スイッチ段(VIPower® M0-7E/ハイサイド・ドライバなど)の後段では、12Vのバッテリー電圧がブースト・コンバータに供給されます。このブースト・コンバータでストリング内のLEDの総順方向電圧に必要なレベルまで入力電圧が昇圧され、その後、連続導通モードで動作するバック・コンバータに供給されることでLEDストリングに供給される電流の厳密な制御が実現します(図1)。

加えて、照明システムのステータスをフィードバックし、障害が発生した場合でも一部の機能を維持し続けるために専用の集積ソリューションも必要です。これにより、組込みやソフトウェアの実装が簡略化され、その他の車載システムとの最適なインタフェースを実現することができます。

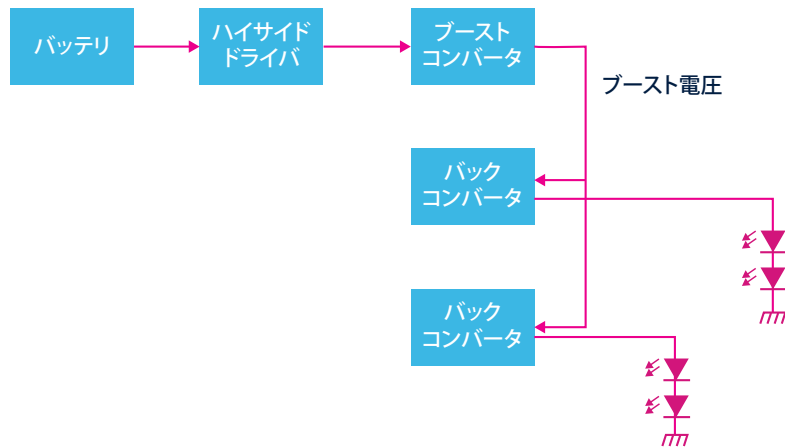


図1：車載アプリケーション用LEDストリング駆動ソリューションの基本構成

## 車載認定済みのLED照明ソリューション

STは、AEC-Q100認定済みのLEDドライバL99LD21を提供しています。インジケータや日中走行用ライト、フォグ・ランプ、ハイ/ロー・ビームなど、さまざまなエクステリアLED照明に最適で、LED照明の設計におけるさまざまな課題の解決に貢献します。L99LD21は、高効率のブースト・コントローラを集積し、2つの内蔵バック・コンバータに給電して、2つのLEDストリングを駆動することができます(図2)。

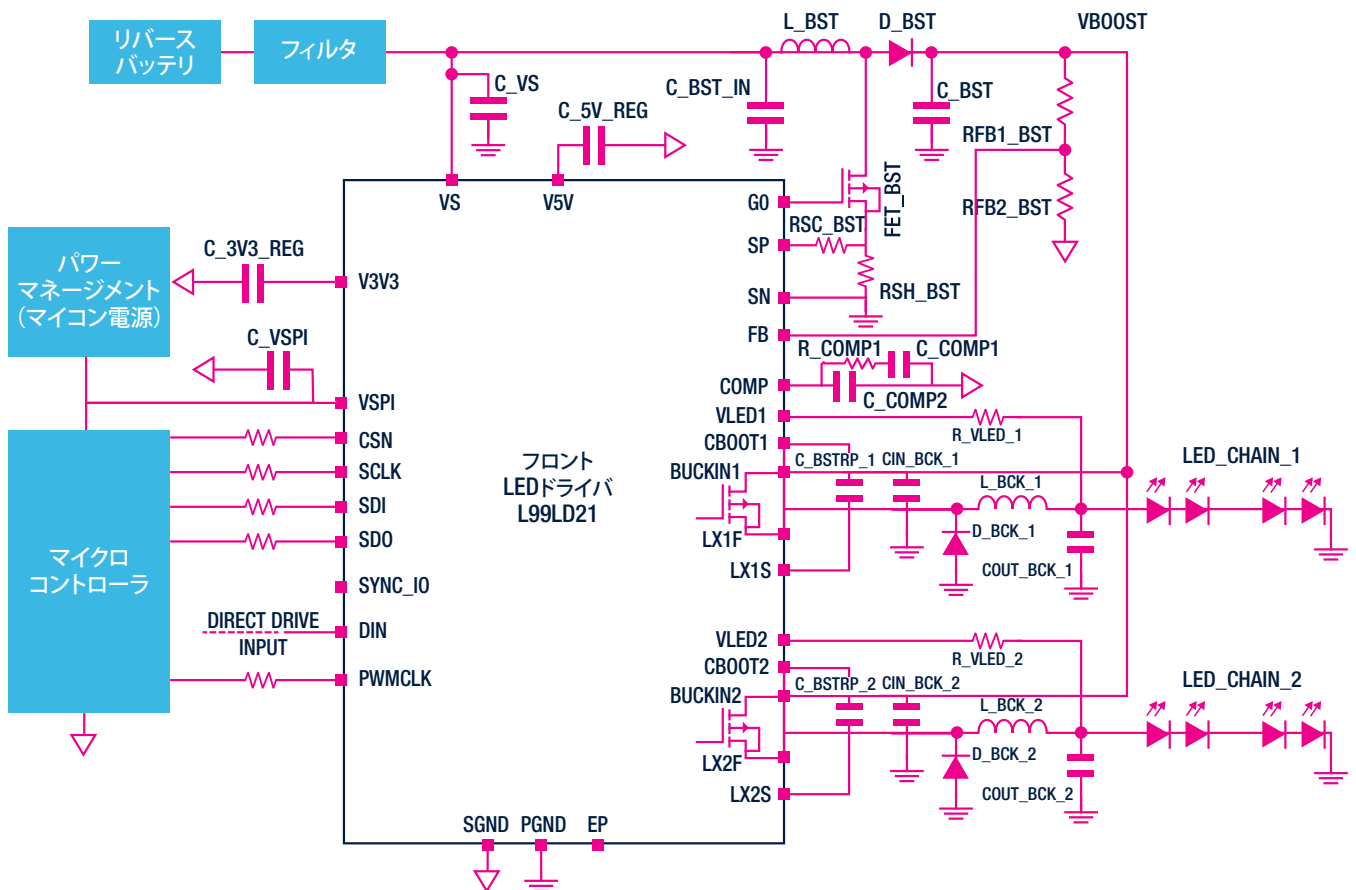


図2：マイクロコントローラと逆バッテリー保護を組み合わせる2つのLEDストリングを駆動するL99LD21

ブースト・コントローラは最大60Vの定出力電圧を供給可能で、内蔵バック・コンバータの制御の下、さらに多くのLEDストリングに給電することができます。必要に応じて2つのL99LD21のブースト・コントローラ段を組み合わせ、デュアル・フェーズ・インタリーブ型ブースト・ソリューションを構成することも可能です(図3)。集積回路により180°のフェーズ・シフトが常時維持され、2相間で電流を共有することにより全体の効率が向上します。また、入力および出力リップルが低減されるため、より小型のコンデンサを使用することができます。

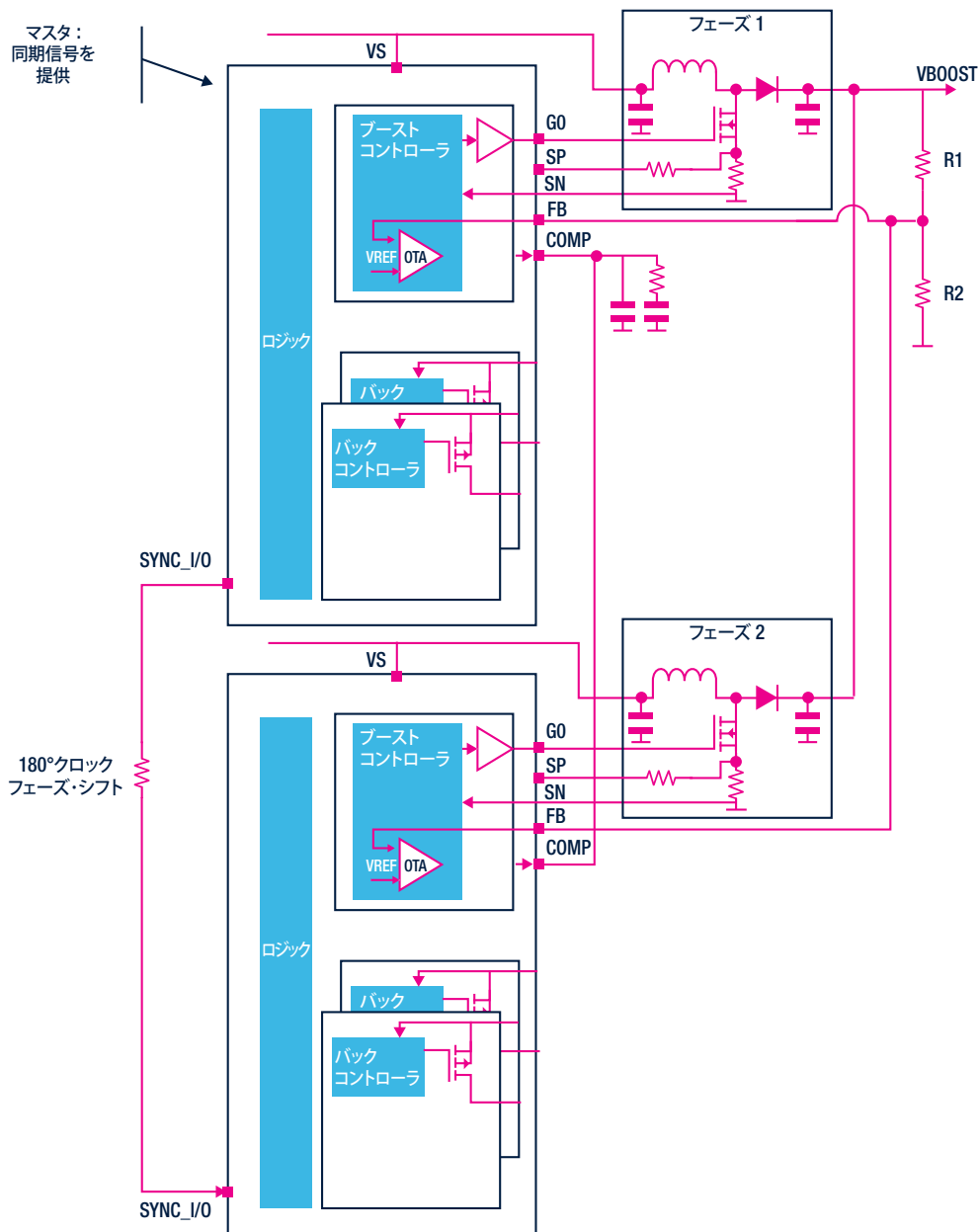


図3: 2つのL99LD21を組み合わせたデュアル・フェーズ・インタリーブ型ブースト・ソリューション

2つの独立したバック・コンバータは連続導通モードで動作し、LEDストリングに対する正確な電流の制御や微調整を行います。平均電流は、インダクタのピーク電流およびピーク間電流リップルをモニタするフィードバック・ループを使用して設定されます。ストリング当たりの最大ピーク電流は1.695Aです。電流検出機能はセンスFETにより集積されるため、外付けのシャント抵抗を使用せずに損失のないハイサイド・センシングが可能です。固定オフタイム・アーキテクチャを使用して、各チャンネルを所定のLEDストリング電圧と選択されたインダクタの両方に合わせて調整することもできます。

また、コンパニオン・チップであるSTのハイ・パワーLEDドライバL99LD20を使用することで、より多くのLEDストリングを簡単に制御することができます。L99LD20は同じ2つの独立したバック・コンバータを内蔵する一方でブースト・コントローラは内蔵しておらず、LD99LD21のブースト・コントローラの出力からLEDストリング用の電力を供給します(図4)。L99LD21およびL99LD20は、ピン互換性を持つ6 x 6mmの40ピンQFNパッケージ(ウェットプル・フラング構造)で提供されるため、小型の先進的なライト・モジュールに簡単に実装することができます。

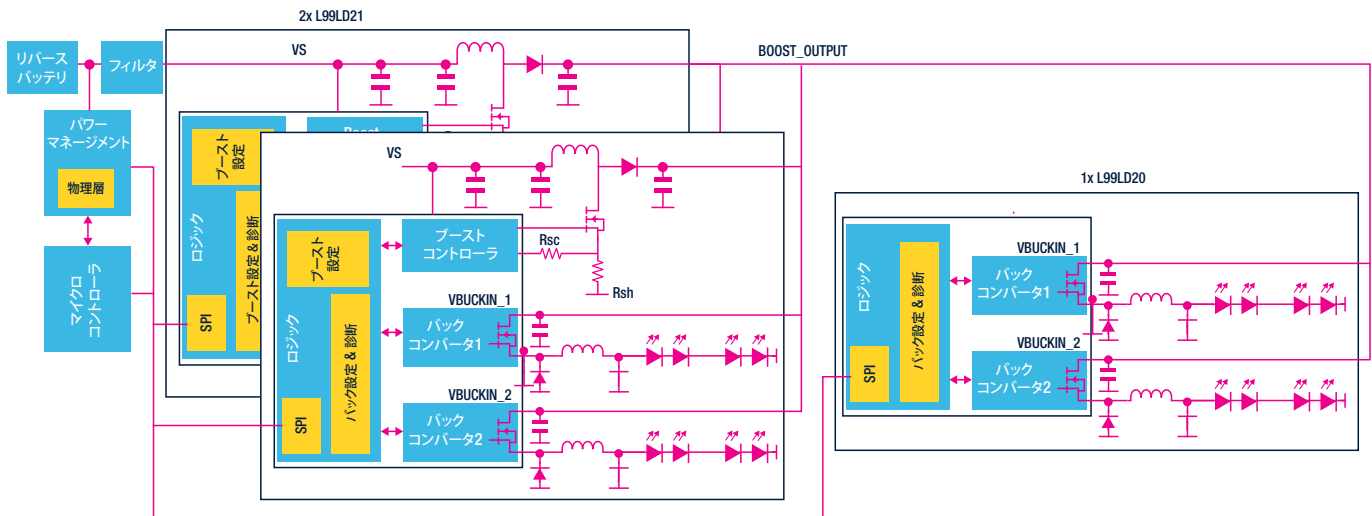


図4：L99LD21のブースト・コントローラを使用してL99LD20のバック・コンバータに給電することも可能

L99LD21およびL99LD20のバック・コンバータには、ゲート・ドライバにより駆動されるハイサイドnチャンネル・スイッチングMOSFETが内蔵されています。内蔵ダイオードを補完するために、100nFのブートストラップ・コンデンサが必要です。サイクルごとにブートストラップに十分な充電時間を確保するため、オフタイムを最小限にする必要性を考慮することが重要です。これにより、供給されるブースト電圧とLEDストリングの順方向電圧との最大比率が制限されます。オンタイムと合わせると、動作周波数がAM無線帯域に及ぶ場合もあるため、こちらも同様に設計段階で考慮しなければなりません。L99LDxxファミリの製品は、AM無線帯域の重要な周波数を回避するように設定し、アプリケーションの所定のインダクタンスとLEDの電圧に合わせて調整することが可能です。

制御および診断機能はすべて、両製品のデジタルSPIインターフェースを通じて提供されます。動作状態は、電源投入後にシステムをリセット状態から既知の状態に移転させるステート・マシンにより定義されます。「アクティブ・モード」状態では、出力はデータシートに規定されたレジスタへの書き込みにより、SPIインターフェース経由で制御されます。

また、過熱検出やサーマル・シャットダウン、バック・オープン負荷検出、低電圧ロックアウトなどを含むさまざまな保護機能も搭載しています。ウォッチドッグ・カウンタも搭載されており、バック・コンバータの誤動作を検出するために $t_{ON}$ および $t_{OFF}$ タイミングは常にモニタされています。SPIの制御側では個々の出力をオン / オフすることができる一方、パルス幅変調 (PWM) レジスタにより、平均電流を制御することでLEDストリングの調光が可能です。

障害が発生してシステムがアクティブ・モードに移行できない場合には、自動的に「リンプ・ホーム」モードに移行し、その状態を維持します。最低限の機能を提供するため、ブースト・コントローラと1つ目のバック・コンバータが動作状態に移行し、オン / オフ制御はデジタル入力端子DINのみを使用して行われます。この時、SPIインターフェースの動作は限定されますが、可能な場合にはアクティブ・モードまたはスタンバイ・モードに切り替えることができます。

## E/Eアーキテクチャへの組み込み

自動車のその他のE/Eアーキテクチャに対する制御およびインターフェースを実現するには、ISO 26262に準拠して設計された車載用認定済みのマイクロコントローラをインストールすることが重要です。ASIL-Bに準拠したSTの車載用32bitマイクロコントローラSPC58 2Bおよび4Bラインは、このようなアプリケーションに最適です。また、さらに高い処理能力と大容量メモリを搭載し、より高度な要件にも対応することができるSPC58 Cラインも提供されています。

ライト・モジュールにはサーボ制御の機械式ビーム形成 / 操作、冷却制御、PSI5センサとのインターフェースなどが内蔵される場合もあるため、SPC58 2B/4Bラインではライト・モジュールの複雑さに応じて選択できる幅広いピンおよびメモリ・オプションが用意されています。

さらに、アプリケーション設計のさまざまなニーズに対応し、ソリューションの評価を迅速化するため、STは2種類の開発キットを提供しています。

L99LD21およびそのすべての機能の評価を実施する場合は、きわめて柔軟性の高いシステム制御用GUIをPC上で利用することができます。評価ボードのSPC560B-DISディスクカバリ・キットには、L99LD21-ADISを接続することが可能です。GUIは、STのウェブサイト ([www.st.com](http://www.st.com)) 内にある「STSW-L99LD21ADIS」のページからダウンロードすることができます。

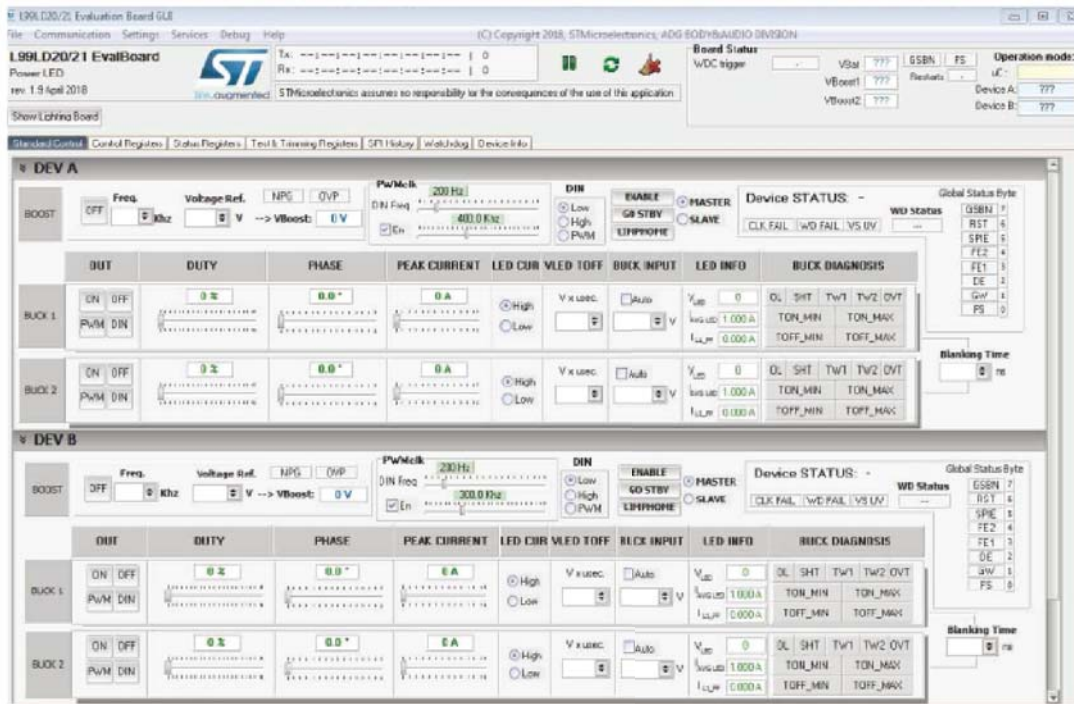


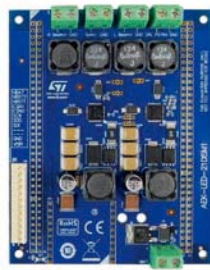
図5 : L99LD2x LEDドライバの広範な機能セットを簡単に利用できるGUI

実用的な試作品を迅速に開発し、LED駆動機能をシステム本体に実装する場合は、AutoDevKit™開発エコシステムが最適です。システム全体をトップダウン・アプローチで構成できるため、開発者は実装する主要な機能に集中することができます。例えば、LEDドライバをSPC58シリーズおよびステッピング・モータ駆動と組み合わせる場合、以下のハードウェアが必要となります。

- AEK-LED-21DISM1 : 2つのL99LD21、および4つのLEDストリングに対応する4つのバック・コンバータを搭載
- AEK-MOT-SM81M1 : L99SM81Vを搭載した車載アプリケーション向けのステッピング・モータ・ドライバ用評価ボード
- AEK-MCU-C1MLIT1 / AEK-MCU-C4MLIT1、または旧SPC58 Chorusラインのディスカバリ・キット



AEK-MCU-C4MLIT1



AEK-LED-21DISM1



AEK-MOT-SM81M1



EV-VN7050AS/  
EV-VN7040AS



AEK-CON-5SLOTS1



AEK-CON-AFLVIP2

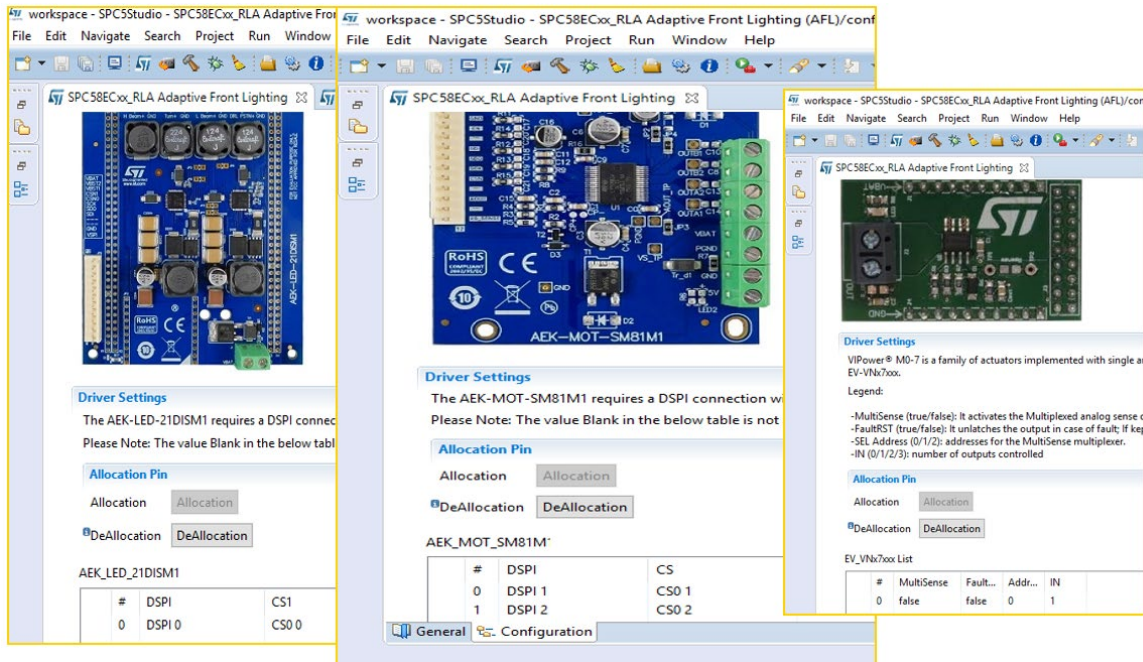


AEK-MOT-SM81M1

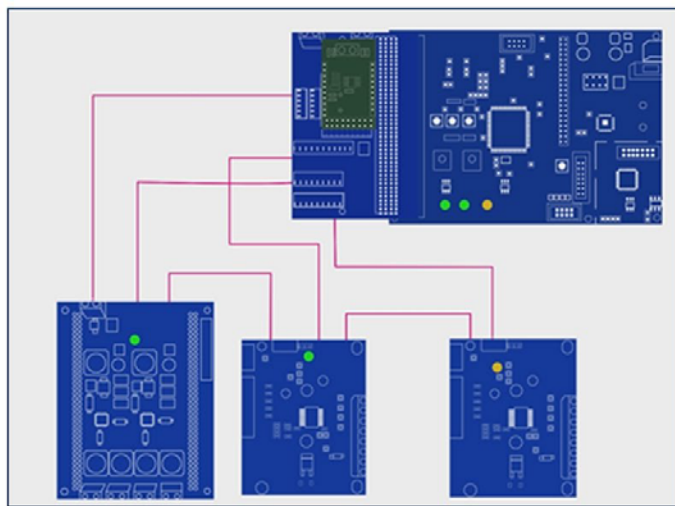
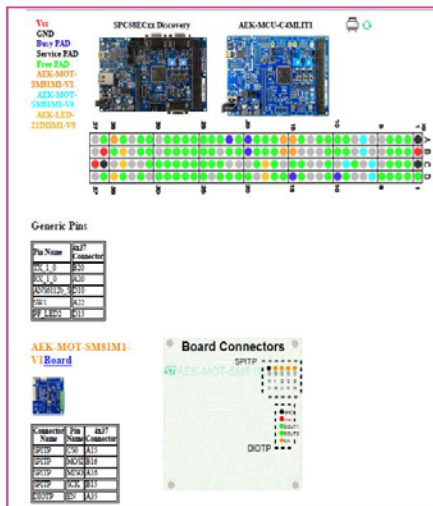


評価ボード : AEK-AFL001  
ソフトウェア : STSW-AFL001

これらのボードは、いずれもAutoDevKit™に統合された SPC5 Studioソフトウェア開発ツール内で完全にサポートおよび管理されます。SPC5 Studio内で該当するボードを選択すると、ピン割当てやペリフェラルの設定が自動的に実行され、Board View Editorによって接続ガイドが提供されます。ユーザはmain()関数を書き、各ボードを制御する高レベルのAPIを呼び出すだけで済むため、ハードウェア開発の簡略化が可能です。生成され、コンパイルされたコードは、UDEツールを通じてPLS (無償スタータ・ライセンス提供) からマイコンにダウンロードされます。



AutoDevKit™によるコンポーネントの選択



AutoDevKit™によるサポート対象ハードウェアの接続



- AFIDemo
- SPC58ECxx\_RLA Adaptive Front Lighting (AFL)
- SPC58ECxx\_RLA Adaptive Front Lighting
  - SPC58ECxx Platform Component RLA
  - AutoDevKit Init Package Component
  - SPC5 AEK\_RELEASE\_NOTE Component R
  - SPC58ECxx Init Package Component RLA
  - SPC58ECxx Low Level Drivers Componen
  - SPC5 AEK\_LED\_21DISM1 Component RLA
  - SPC5 AEK\_MOT\_SM81M1 Component RL
  - SPC5 EV\_VNx7xxx Component RLA
  - [Dep] Board wizard component
  - [Dep] SPC58ECxx Board Initialization Con
  - [Dep] SPC58ECxx Clock Component RLA
  - [Dep] SPC58ECxx IRQ Component RLA
  - [Dep] SPC58ECxx OSAL Component RLA
- components
- source
- build

### SPC58ECxx Low Level Drivers Component RLA

SPC58ECxx Low Level Drivers options and settings.

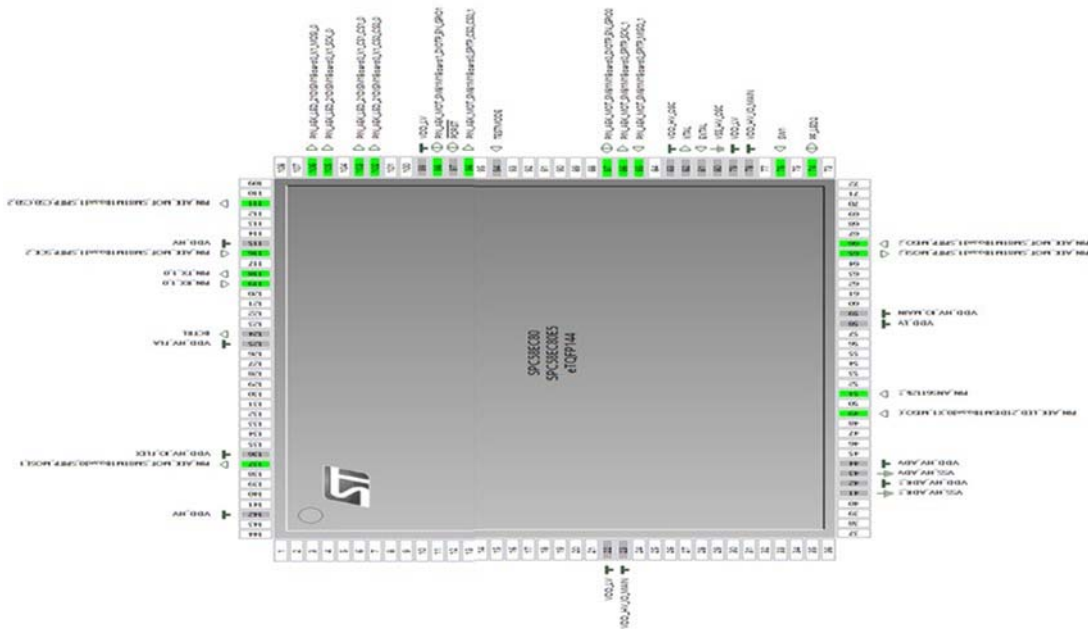


Copyright (C) STMicroelectronics. All rights reserved.

#### Enabled Drivers

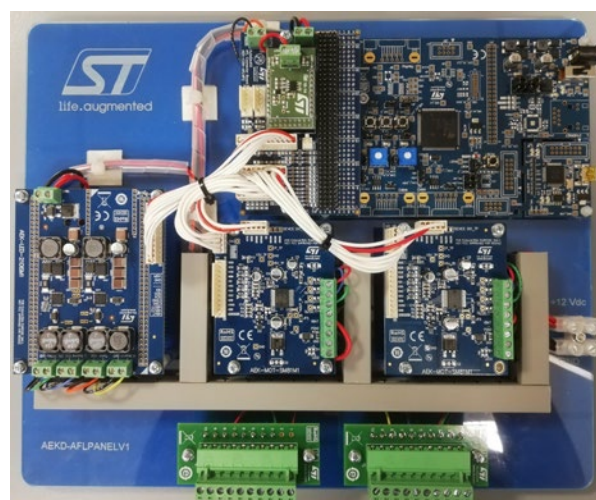
Select which drivers are needed in your application. Disabled drivers take no system resou

DMA <input checked="" type="checkbox"/>	SARADC <input checked="" type="checkbox"/>	CAN <input checked="" type="checkbox"/>
Serial <input type="checkbox"/>	PIT <input checked="" type="checkbox"/>	STM <input type="checkbox"/>
SPI <input checked="" type="checkbox"/>	I2C <input type="checkbox"/>	SWT <input type="checkbox"/>
CRC <input type="checkbox"/>	FCCU <input type="checkbox"/>	PWM <input type="checkbox"/>
ICU <input type="checkbox"/>	WKPU <input checked="" type="checkbox"/>	LIN <input type="checkbox"/>
I2S <input type="checkbox"/>	SEMA4 <input type="checkbox"/>	RTC <input type="checkbox"/>
BCTU <input type="checkbox"/>	CMPU <input type="checkbox"/>	



AutoDevKit™によるサポート対象マイコンのハードウェア構成とピン割当て

LEDドライバ、2つのステッピング・モータ、および1つの冷却ファンを搭載した組立て済みの開発キットにより、包括的なシステム実証が可能です (AEKD-AFLPANEL1、AEKD-AFLLIGHT1)。



**AEKD-AFLPANEL1**



**AEKD-AFLLIGHT1**

アダプティブ・フロント・ライト用の開発キットも提供中



自動車のライトは、従来の白熱電球に代わり、LEDの採用が進んでいます。LEDは、その小型サイズにより、過去数十年にわたりほとんど変化の見られなかったフロントおよびリア・ライト・モジュールの可能性を切り拓いています。その一方、LEDの普及に伴うさまざまな課題が発生しています。組み込み開発エンジニアは、単にLEDを点滅させるだけでなく、車載メーカーが要求する厳しい基準に基づいてLEDストリングの輝度を制御するといった全く新しい課題に直面しています。L99LD21およびL99LD20は、必要な制御や診断機能を提供すると共に、これらの複雑な課題の解決に貢献します。また、STの車載用マイクロコントローラSPC58シリーズと組み合わせて使用することで、ソフトウェア開発とE/Eアーキテクチャへの実装を大幅に簡略化することができます。

詳細はSTウェブサイトをご覧ください： [www.st.com](http://www.st.com)

© STMicroelectronics - September 2020 - Printed in Japan - All rights reserved  
STMicroelectronicsのロゴマークは、STMicroelectronics Groupの登録商標です。その他の名称は、それぞれの所有者に帰属します。  
STマイクロエレクトロニクス株式会社 ■東京 TEL 03-5783-8200 ■大阪 TEL 06-6397-4130 ■名古屋 TEL 052-259-2725

Order code: BRWPLEDLS0520J



life.augmented