



12 Vまたは24 V DC入力の定電流LEDドライバ

ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

DESIGN NOTE

Table 1. DEVICE DETAILS

Device	Application	Input Voltage	Output Power	Topology	I/O Isolation
CS51411 NCV51411	Constant Current LED Driver	12 V or 24 V DC	Up to 4 W	Buck	None

Table 2. OTHER SPECIFICATIONS

	Output 1	Output 2	Output 3	Output 4
Output Voltage	3.6 V nom	N/A	N/A	N/A
Ripple	20 mV	N/A	N/A	N/A
Nominal Current	700 mV	N/A	N/A	N/A
Max Current	1 A	N/A	N/A	N/A
Min Current	N/A	N/A	N/A	N/A

PFC (Yes/No)	No
Cooling Method/Supply Orientation	Convection

回路の説明

オン・セミコンダクターの最新のモノリシック・コンバータNCV51411 (CS51411)は、350 mA~1 Aの範囲にある定電流で単一LEDを駆動する用途向けに最適化された降圧トポロジでを使用することを想定しています。

電圧降下が小さい、ハイ・サイドの電流センス方式が実装されており、自動車や他の高効率アプリケーションをターゲットにしています。

DCRインダクタの電流センス機能を使用して、V2コントローラに必要な制御ランプを生成します。

主な特長

- 電圧クランプを実装した定電流出力
- 電圧降下が小さいハイ・サイドの電流センス
- 高周波(260 kHz/520 kHz*)動作により、コスト効果に優れた方法で磁気および容量性(例えば、MLCC)のフィルタ部品を実装可能
- LEDに流れるリップル電流が最小
- ハイ・サイド・センスにより、LEDカソードをシステム・グラウンドに直接接続可能

*CS51413は520 kHzの動作をサポート

デザイン・ノート

このデザイン・ノートでは、公称12 Vまたは24 VのDC電源から単一のLED (1 Wまたは3 W)を駆動する用途に適した定電流(350 mA~1 A)ドライバをターゲットにしています。出力電圧範囲として、順方向電圧が $3.6\pm 35\%$ である単一の白色/緑色LEDを想定しています。この設計で使用するコンバータは、オン・セミコンダクターのCS5141xファミリです。CS51411はSOIC-8に封入され、2つの周囲温度範囲(0~70°Cまたは-40~85°C)が利用できます。一方、NCV51411は特に車載アプリケーションを意図した製品で、最大125°Cの接合部温度が規定されています。Figure 1に、SOIC-8のピン配置を示します。NCV51411のDFNパッケージなど、他のパッケージ・オプションに対応するピン配置については、オン・セミコンダクターのWebサイトに掲載されているデータ・シートを参照してください。

入力コンデンサの両端に存在するリップル電圧 $= 0.5 \cdot D \cdot T_S \cdot \delta I (L1) / C_{IN}$ です。 $C_{IN} = 2 \cdot 1 \mu F$ の場合は、入力電圧リップル $= 60 \text{ mV p/p}$ です。

出力コンデンサの両端に発生するリップル $= 0.5 \cdot (1-D) \cdot T_S \cdot \delta I (L1) / C_{OUT}$ です。 $C_{OUT} = 2 \cdot 10 \mu F$ の場合は、出力リップル $= 15 \text{ mV p/p}$ です。

DC電圧が印加されている場合は、MLCCの実際の値は減少します。したがって、各部品で電圧ストレスのディレーティング係数を50%に設定することが推奨されます。そのため、24 Vアプリケーションでは50 Vの定格が推奨され、3.6 V出力の両端では6.3 Vの定格が推奨されます。LEDの最大 V_f に応じて、この出力コンデンサの定格を10 Vにする必要があります。

電流センス回路

単一のLEDを駆動すると、コンバータの出力側で約3.6 Vの電圧 V_{OUT} が生成されます。この電圧は、デバイスと温度の効果によって変化します。センス方式として、0.6 V (BJTのベース-エミッタ接合部)、またはそれより値の大きい電圧リファレンスを使用している場合は、コンバータの変換効率が大幅に低下するおそれがあります。例えば、電流センスを行う V_{be} 接合部の両端に並行してセンス抵抗を配置する場合は、効率は17%低下します。また、車載アプリケーションでは、ハイ・サイド電流センスが好まれます。これは自動車の場合、シャーンシがグランド帰線として使用されるためです。

この設計では、コスト効果に優れた、電圧降下の小さいハイ・サイド電流センスを実現するために、1組のトランジスタ $Q1$ と $Q2$ 、および抵抗 $R2$ 、 $R3$ 、 $R4$ 、 $R5$ 、 $R6$ を使用しています。通常動作時のフィードバック・ピンは、コントローラ $U1$ の内部リファレンスに等しい1.27 Vの電圧に維持されます。したがって、1.27 V/1.27k、つまり1mAの定電流が $R2$ 、 $R3$ 、 $Q1$ 、 $R5$ に流れます。 $R2 + R3$ の両端での電圧 $= (R2 + R3) \cdot 1 \text{ mA}$ 、つまり140 mVです。出力LED電流はセンス抵抗 $R4$ でセンスされ、その結果、この抵抗の両端で $I_{LED} \cdot R4$ の電圧が発生します。電流安定化ポイントが決定されるのは、 $I_{LED} = (1.27/R5) \cdot \{(R2 + R4)/R5\}$ という方程式が満足される時です。選択した値に対応するのは、 $I_{LED} = 1 \text{ mA} \cdot (140 / 0.2)$ 、つまり700 mAです。700 mAを上回る場合は、 $Q2$ と $R6$ で形成される電流ミラーにより、 $Q1$ に追加の電流が流れ込みます。フィードバック・ピン V_{FB} で電圧が上昇すると、デューティ・サイクルが減少し、電流は、設計した設定ポイントに制限されます。インダクタ内の電流リップルが200 mAの場合でも、このリップルは出力コンデンサ・バンクに転送されます。LED自体に流れるリップル電流は、260 kHzのスイッチング周波数におけるLEDのダイナミック・インピーダンスと出力コンデンサのインピーダンスとの比率によって決定され、1桁小さい値になります。

LED電流は、 $R3$ または $R4$ の値によってスケールングされ、350 mA ~ 1 Aの範囲で変更できます。

制御回路

$V2$ コントローラ $U1$ 内にある誤差アンプは、出力インピーダンスが数 $M\Omega$ のトランスコンダクタンス・アンプです。その出力 V_{COMP} からグランドまで小容量のコンデンサ $C5$ を追加すると、20 Hzという低周波数の極が形成されます。この極はフィードバック信号のフィルタリングを実行し、コントローラ内部にあるPWMの1つの入力に対してDC誤差信号を供給します。 $V2$ 制御アーキテクチャでは、フィードバック・ピン V_{FB} に入力するDCフィードバック情報の中に、制御ランプを含める必要があります。この信号は、PWMのもう1つの入力に対して直接渡されます。DC誤差信号と、DCフィードバックにランプを加えた値が交差した時点で、スイッチ・サイクルは終了します。この方法を使用して、デューティ・サイクル D の変調を発生させることができます。

このアプリケーションでは、インダクタの巻線抵抗抗を流れる電流を間接的にセンスすることで、この制御ランプを生成しています。出力インダクタ $L1$ の両端に並行して、 $R1$ と $C4$ によって形成される積分ネットワークを配置すると、積分コンデンサ $C4$ の両端に発生する電圧は次の式で与えられます。

$$\delta V (C4) = \frac{V_{IN} \cdot T_S \cdot D \cdot (1 - D)}{R1 \cdot C4} \quad (\text{eq. 1})$$

インダクタの巻線抵抗抗を dcr と仮定すると、この dcr 抵抗の両端に発生する電圧 $\delta V (dcr)$ は、次の式で与えられます。

$$\delta V (dcr) = \frac{V_{IN} \cdot T_S \cdot D \cdot (1 - D) \cdot dcr}{L1} \quad (\text{eq. 2})$$

積分器の時定数 $R1 \cdot C4$ が、インダクタの時定数 L / dcr に等しい場合、これら2つの式が等しいことは明白です。設計のこの時点で、出力インダクタ $L1$ としてTDKのSLF10145T-470M1R4を選択できます。これは、47 μH のインダクタであり、 dcr は0.1 Ω 、飽和電流は1.4 Aです。時定数は470 μs です。 $R1$ として10 k Ω 、 $C4$ として47 nFを選択すると、470 μs という、これに等しい時定数を得ることができます。制御ランプはインダクタ電流です。その振幅は、 $\delta V (C4)$ に関する方程式から、21 mVと計算されます。代わりに、0.14 Ω という、より大きい dcr を示すCoilcraftのインダクタDO3316P-473を選択することもできます。出力からのスイッチング・リップルが原因でこのランプが劣化するのを防止するために、フィルタ・ネットワーク $R2$ と $C6$ の使用を推奨します。最後に、コンデンサ $C5$ を使用して電流制御ランプをフィードバック・ピン V_{FB} にAC結合します。

出力LEDのオープン障害など、回路の出力がオープンになった場合は、ツェナー・ダイオード $D3$ が導通して出力電圧を $V_z + 1.27 \text{ V}$ に制限します。このアプリケーションでは、電圧クランプは6.9 Vで動作するように設計されています。

DN06018/D

Table 3. BILL OF MATERIALS

Ref. Design	Description	Package	Manufacturer	Manufacturer Part Number
U1	Buck Controller	SO-8	ON Semiconductor	CS51411
	Buck Controller	18 Lead DFN	ON Semiconductor	NCV51411
D1	Schottky (350 mA)	SOD123	ON Semiconductor	MBR140SFT1G
	Schottky (700 mA)	SMA	ON Semiconductor	MBRA340
D2	Diode, 0.2 A, 100 V	SOD123	ON Semiconductor	MMSD914T1G
D3	Zener, 5.6 V	SOD123	ON Semiconductor	MMSZ5V6ET1
L1	Output Inductor, 47 μ H, 0.14 Ω , 1.6 A Isat		Coilcraft	DO3316P-473
	Output Inductor, 47 μ H, 0.10 Ω , 1.4 A Isat		TDK	SLF10145T-470M1R4
Q1, Q2	-0.2 A, -40 V, Dual PNP Array	SOT363	ON Semiconductor	MBT3906WT1
C1, C2	1 μ F 50 V	1206 X7R	Murata	GRM31MR71H105K
C3	4.7 μ F 10 V	0805 MLCC	TDK	C2012X%R1A475M
C4, C5, C6	47 nF	0603 MLCC	Vishay	VJ0603Y473KXXA
C7	1 μ F, 16 V	0603 MLCC	TDK	C1608X5R1C105M
C8, C9	10 μ F, 6.3 V	0805 MLCC	Taiyo Yuden	JMK316BJ106ML-T
R1	10 k Ω	0603	Vishay	CRCW06031002F
R2	10 Ω	0603	Vishay	CRCW060310R0F
R3	133 Ω	0603	Vishay	CRCW05031330F
R4	0.2 Ω	1206	TT Electronics	IRC LRC-LR1206-01-R200-F
R5, R6	1.27 k Ω	0603	Vishay	CRCW06031271F

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: orderlit@onsemi.com

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free
USA/Canada
Europe, Middle East and Africa Technical Support:
Phone: 421 33 790 2910
Japan Customer Focus Center
Phone: 81-3-5817-1050

ON Semiconductor Website: www.onsemi.com

Order Literature: <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative