

特長

- 最大45VのLEDストリング×50mA、16チャネルLEDドライバ
- 広い入力電圧範囲:6V～40V
(4.5V～13V、 V_{IN} はINTV_{CC}に接続)
- 20mAで±2.8%精度のLED電流整合(標準±0.7%)
- 最大3000:1のTrue Color PWM™調光範囲
- 1本の抵抗でLED電流を設定(10mA～50mA)
- $P_{VIN} > V_{OUT}$ でも安定化されるLED電流
- LEDの V_F 対応の出力で最適な効率を実現
- フォールト・フラグ+オープンLEDストリングに対する保護
- LEDピンと V_{OUT} 間の短絡保護
- 並列チャネルにより、さらに大きなLED電流が可能
- 温度に対するLED電流のディレーティングをプログラム可能
- ヒステリシスをプログラム可能な高精度の低電圧ロックアウト・スレッショルド
- プログラム可能な周波数(100kHz～1MHz)
- 外部クロックに同期可能

アプリケーション

- 車載、ノートブックおよびTVモニタのバックライト

LT、LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。True Color PWMはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7199560、7321203を含む米国特許によって保護されています。

概要

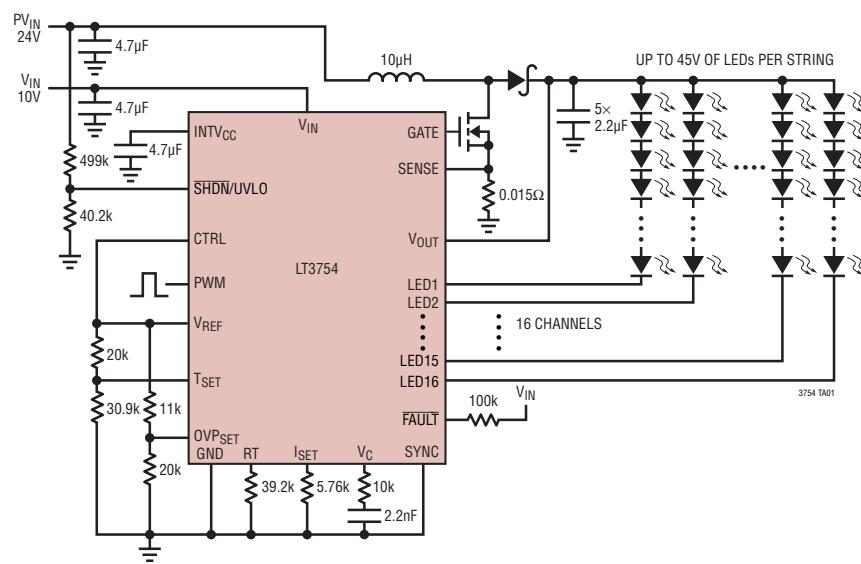
LT[®]3754は昇圧DC/DCコントローラを備えた16チャネルLEDドライバで、最大45VのLEDをドライブできます。各チャネルは高精度の電流シンクを内蔵し、±2.8%の電流整合を実現しています。各チャネルはプログラム可能なマスター電流に追随して、1ストリング当たり10mA～50mAのLED電流を供給できます。また、チャネルを並列接続することにより、さらに多くのLED電流を供給できます。出力電圧はLED V_F の変動に合わせて最適な効率を実現し、オープンLEDフォールトが生じても接続されたLEDストリングの動作には影響しません。

LT3754により、最大3000:1のPWM調光範囲と最大25:1のアナログ調光範囲が可能です。動作周波数は、1本の抵抗を使用して100kHz～1MHzの範囲でプログラム可能で、外部クロックに同期させることもできます。

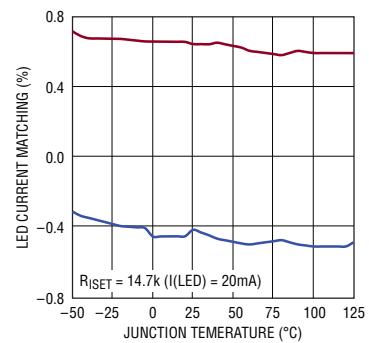
その他の機能としては、プログラム可能な最大 V_{OUT} によるオープンLED保護、オープンLED用のフォールト・フラグ、温度に合わせてプログラム可能なLED電流ディレーティング、マイクロパワー・シャットダウン、内部ソフトスタートなどがあります。LT3754は、熱特性が改善された5mm×5mmの32ピンQFNパッケージで供給されます。

標準的応用例

効率92%の36WバックライトLEDドライバ



ワーストケースのチャネル間LED電流整合 (16チャネル平均に正規化)

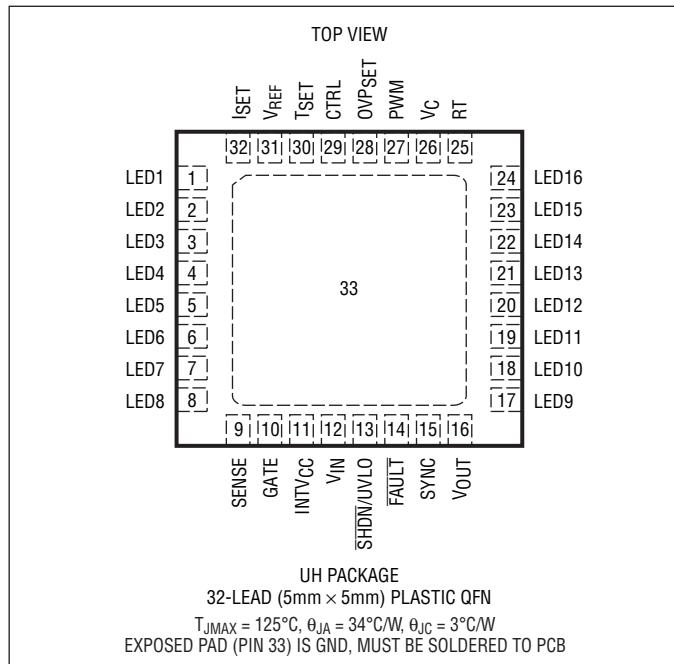


絶対最大定格

(Note 1)

V _{OUT} 、LED1-16	60V
V _{IN} 、SHDN/UVLO、FAULT	40V
INTV _{CC}	13V
V _{IN} を上回るINTV _{CC}	+0.3V
PWM、CTRL、SYNC	6V
V _C	3V
V _{REF} 、RT、ISET、TSET、OVPSET	2V
SENSE	0.4V
動作接合部温度範囲(Notes 2, 3)	-40°C~125°C
保存温度範囲	-65°C~150°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3754EUH#PBF	LT3754EUH#TRPBF	3754	32-Lead (5mm x 5mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3754IUH#PBF	LT3754IUH#TRPBF	3754	32-Lead (5mm x 5mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。 *温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。

非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。

テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreel/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 6\text{V}$ 、 $R_{ISET} = 14.7\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT BIAS, REFERENCE						
Minimum Operational V_{IN} (To Allow GATE Switching)	$V_C = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = \text{INTV}_{CC}$ (Shorted) $V_{IN} \neq \text{INTV}_{CC}$	●	4.2 5.5	4.5 6.0	4.5 6.0	V V
Operational V_{IN}	$V_{IN} = \text{INTV}_{CC}$ (Shorted) $V_{IN} \neq \text{INTV}_{CC}$		4.5 6	13 40	13 40	V V
V_{IN} Quiescent Current	$\text{LED}_X = 1.2\text{V}$ $\text{CTRL} = 0.1\text{V}$, $\text{PWM} = 0\text{V}$ $\text{CTRL} = 0.1\text{V}$, $\text{PWM} = 1.5\text{V}$, (Not Switching)			4.2 9.5	5.7 12	mA mA
V_{IN} Shutdown Current ($V_{IN} \neq \text{INTV}_{CC}$) (Not Shorted)	$\text{SHDN/UVLO} = 0\text{V}$, $V_{IN} = 6\text{V}$ $\text{SHDN/UVLO} = 0\text{V}$, $V_{IN} = 40\text{V}$			0.1	2 10	μA μA
V_{IN} Shutdown Current ($V_{IN} = \text{INTV}_{CC}$ (Shorted))	$\text{SHDN/UVLO} = 0\text{V}$, $V_{IN} = \text{INTV}_{CC} = 4.5\text{V}$ $\text{SHDN/UVLO} = 0\text{V}$, $V_{IN} = \text{INTV}_{CC} = 13\text{V}$			10 20	20 40	μA μA
SHDN/UVLO Threshold (Micropower) (Falling) (V_{SD})	$I_{V_{IN}} < 20\mu\text{A}$	●	0.3	0.7		V
SHDN/UVLO Threshold (UVLO) (Falling) (Stop Switching) (V_{UV})		●	1.414	1.476	1.538	V
SHDN/UVLO Pin Current	$\text{SHDN/UVLO} = V_{UV} - 50\text{mV}$ $\text{SHDN/UVLO} = V_{UV} + 50\text{mV}$	●	1.6	2.4 0	3.2	μA μA
V_{REF} Voltage	$I_{V_{REF}} = 0\mu\text{A}$	●	1.450	1.485	1.524	V
V_{REF} Line Regulation	$I_{V_{REF}} = 0\mu\text{A}$, $6\text{V} < V_{IN} < 40\text{V}$			0.01	0.05	%/V
V_{REF} Load Regulation	$0 < I_{V_{REF}} < 150\mu\text{A}$ (Max)			2		mV
OSCILLATOR						
Frequency: f_{OSC} (100kHz)	$RT = 523\text{k}$	●	92	101	112	kHz
Frequency: f_{OSC} (1MHz)	$RT = 39.2\text{k}$	●	0.90	1	1.10	MHz
f_{OSC} (1MHz) Line Regulation	$RT = 39.2\text{k}$, $6\text{V} < V_{IN} < 40\text{V}$			0.1	0.2	%/V
RT Pin Voltage	$RT = 39.2\text{k}$			1.6		V
Minimum Off-Time Minimum On-Time	(Note 5) (Note 5)			170 190	250 250	nS nS
SYNC Input High Threshold					2.2	V
SYNC Input Low Threshold				0.6		V
SYNC Input Current	$\text{SYNC} = 0\text{V}$ $\text{SYNC} = 5\text{V}$			0 25		μA μA
SYNC Frequency Range	$RT = 523\text{k}$ $RT = 39.2\text{k}$		0.12 1.2	1.5	1.5	MHz MHz
LINEAR REGULATOR (INTV_{CC})						
INTV _{CC} Regulation Voltage	$V_{IN} = 12\text{V}$		6.65	7	7.35	V
Dropout ($V_{IN} - \text{INTV}_{CC}$)	$I_{\text{INTV}_{CC}} = 10\text{mA}$			250		mV
INTV _{CC} UVLO (+)	(Start Switching)			3.8		V
INTV _{CC} UVLO (-)	(Stop Switching)			3.4		V
INTV _{CC} Current Limit		●	44	57		mA
OVP/LED ERROR AMPLIFIERS						
Transconductance (OVP)	$\Delta I_{VC} = \pm 2.5\mu\text{A}$			4		μmhos
Voltage Gain (OVP)				5		V/V
Transconductance (LED)	$\Delta I_{VC} = \pm 2.5\mu\text{A}$			33		μmhos

電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 6\text{V}$ 、 $R_{ISET} = 14.7\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Voltage Gain (LED)		45			V/V
V_C Source Current (Out of Pin)	$V_C = 1.5\text{V}$, $V_{LEDx} = 0.8\text{V}$, $\text{OVP}_{\text{SET}} = 1.5\text{V}$	10			μA
V_C Sink Current (OVP)	$V_C = 1.5\text{V}$, $V_{LEDx} = 0.8\text{V}$, $\text{OVP}_{\text{SET}} = 0\text{V}$	15			μA
V_C Sink Current (LED)	$V_C = 1.5\text{V}$, $V_{LEDx} = 1.2\text{V}$, $\text{OVP}_{\text{SET}} = 1.5\text{V}$	9			μA
V_C Output High (clamp) (V_{COH})		2.3			V
V_C Output Low (clamp) (V_{COL})		0.8			V
V_C Switching Threshold (V_{CSW})		1.1			V
SENSE AMP					
SENSE Input Current (Out of Pin)	SENSE = 0V	65			μA
SENSE Current Limit Threshold	●	46	52	60	mV
Current Mode Gain	$\Delta V(V_C)/\Delta V(\text{SENSE})$	6			V/V
SENSE Over Current Limit Threshold	●	90	100	110	mV
LED CURRENT / CONTROL					
I_{SET} Pin Voltage	CTRL = 1.5V	1.00			V
LEDx Current (20mA) ($R_{ISET} = 14.7\text{k}\Omega$)	$V_{LEDx} = 1\text{V}$, CTRL = 1.5V	19.29	20.2	21.11	mA
LEDx Current Matching (20mA) ($R_{ISET} = 14.7\text{k}\Omega$)	$V_{LEDx} = 1\text{V}$, CTRL = 1.5V	●	± 0.7	± 2.8	%
LEDx Current (50mA) ($R_{ISET} = 5.76\text{k}\Omega$)	$V_{LEDx} = 1\text{V}$, CTRL = 1.5V	47.85	50.1	52.35	mA
LED Pin Regulation Voltage		1.1			V
T_{SET} Threshold		630			mV
ANALOG DIMMING					
CTRL Input Current (Out of Pin)	CTRL = 1V CTRL = 0.04V	40 50	200 200		nA nA
LEDx Current (Dimming 25:1)	$V_{LEDx} = 1\text{V}$, CTRL = 0.04V	0.8			mA
PWM DIMMING					
PWM Input Low Threshold		0.7	1		V
PWM Input High Threshold		1.1	1.4		V
PWM Input Current	PWM = 1.5V PWM = 6V	6 24			μA μA
V_{OUT} Pin Current in PWM Mode $V(V_{OUT}) = 60\text{V}$	PWM = 1.5V PWM = 0V	370 20			μA μA
LEDx Leakage Current (PWM = 0V)	$V_{LEDx} = 1\text{V}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$ $V_{LEDx} = 50\text{V}$, $V_{OUT} = 60\text{V}$	0.1 0.1	1 2		μA μA
FAULT DIAGNOSTICS					
FAULT Output Sink Current	$\text{LED1} = \text{Open}$, $V_{FAULT} = 0.3\text{V}$	0.3	0.6		mA
LEDx Short Threshold (V_{SH}) ($V_{OUT} - V_{LEDx}$)	$V_{OUT} = 12\text{V}$ $V_{OUT} = 60\text{V}$	6 6			V V
LED Open Detection Threshold	$V_{OUT} = 12\text{V}$	0.5			V

電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 6\text{V}$ 、 $R_{ISET} = 14.7\text{k}\Omega$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
GATE DRIVER					
GATE Driver Output Rise Time	$V_{IN} = 7\text{V}$, $C_L = 3300\text{pF}$ (Note 4)		30		nS
GATE Driver Output Fall Time	$V_{IN} = 7\text{V}$, $C_L = 3300\text{pF}$ (Note 4)		30		nS
GATE Output Low	$I_{GATE} = 0\mu\text{A}$			0.1	V
GATE Output High	$INTV_{CC} = V_{IN} = 7\text{V}$ $I_{GATE} = 0\mu\text{A}$			6.95	V
OUTPUT VOLTAGE					
V_{OUT} Over Voltage Protection (OVP) Regulation Voltage	$OVP_{SET} = 0.22\text{V}$ $OVP_{SET} = 1\text{V}$		12.5		V
OVP_{SET} Input Current (Out of Pin)	$OVP_{SET} = 0.22\text{V}$, $V_{OUT} = 12\text{V}$	40	200		nA

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。また、長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: LT3754Eは 0°C ～ 125°C の接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 -40°C ～ 125°C の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3754Iは -40°C ～ 125°C の接合部温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。

Note 3: 最大動作周囲温度については、「アプリケーション情報」の「熱に関する検討事項」を参照。

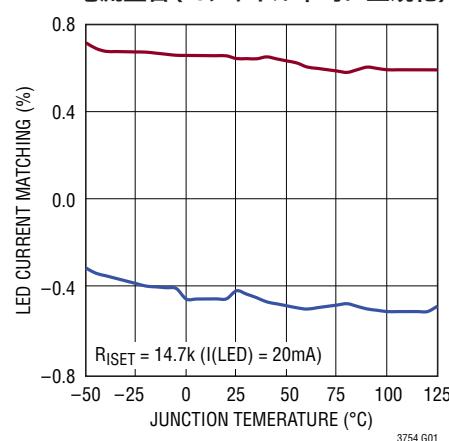
Note 4: GATEの立ち上がり時間と立ち下り時間は $INTV_{CC}$ 電圧の10%～90%で測定される。

Note 5: 「アプリケーション情報」の「デューティサイクルに関する検討事項」を参照。

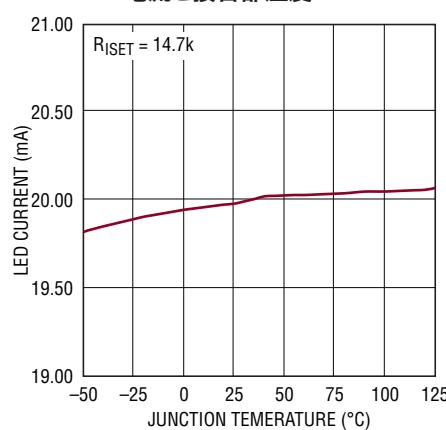
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

ワーストケースのチャネル間LED

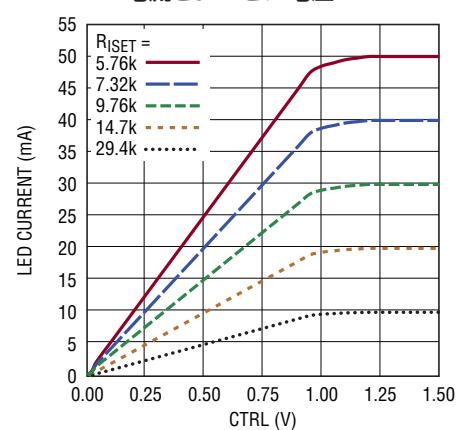
電流整合(16チャネル平均に正規化)

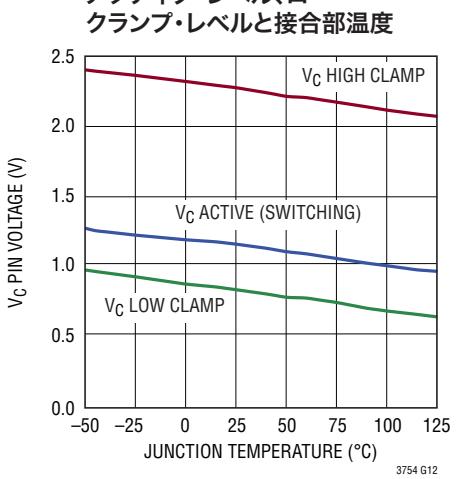
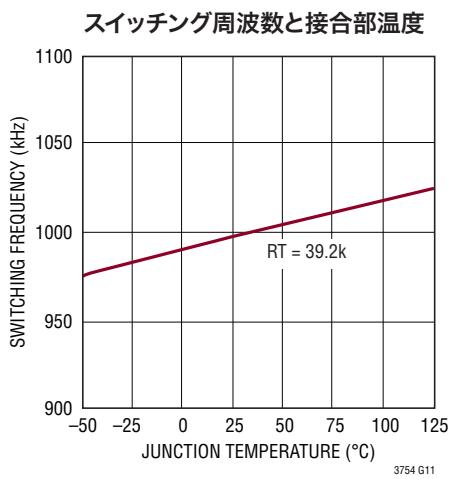
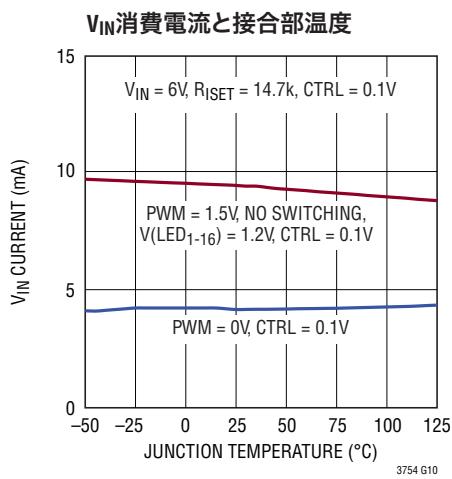
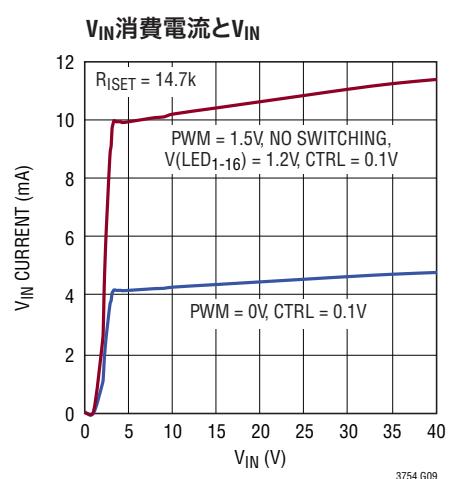
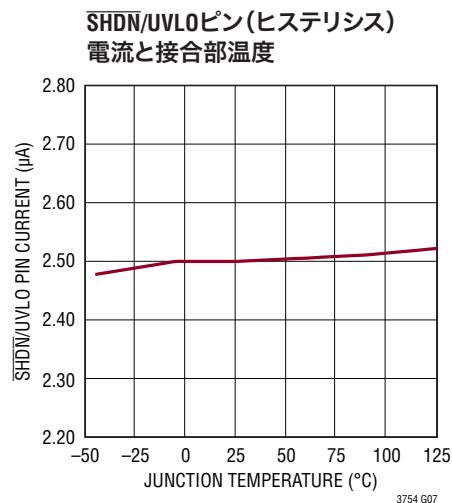
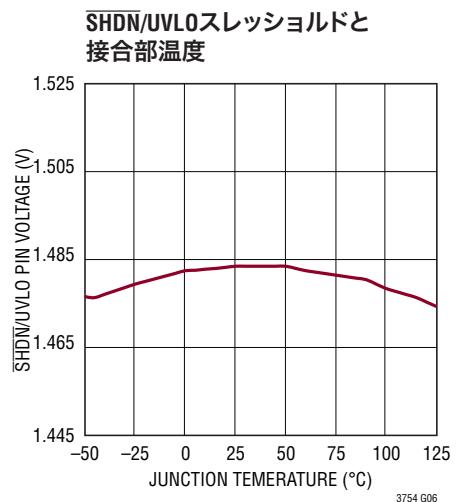
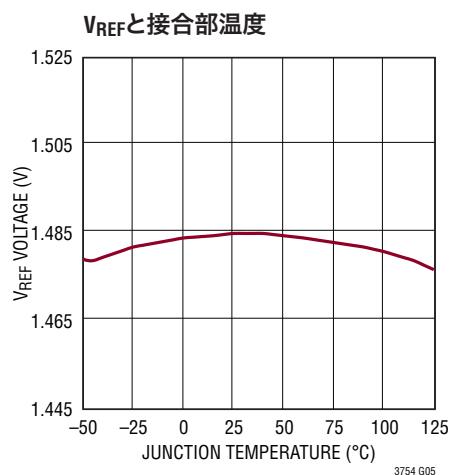
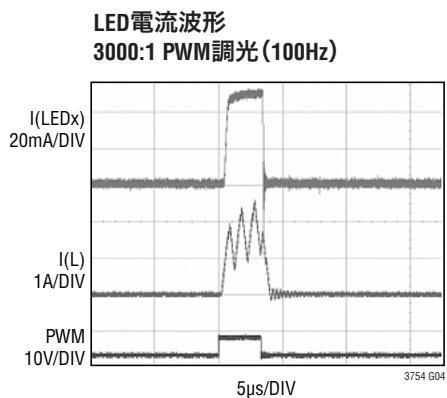


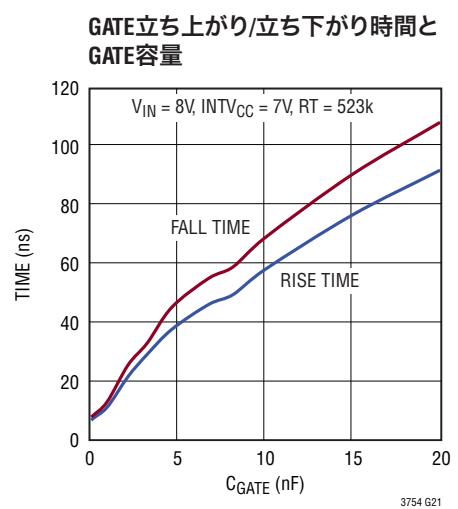
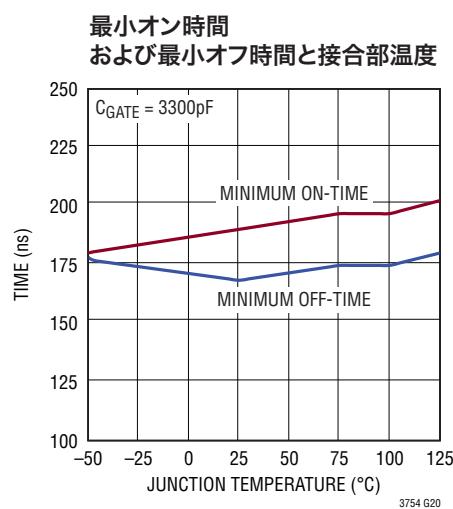
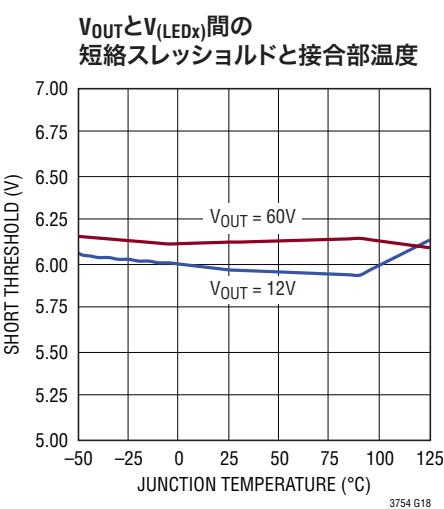
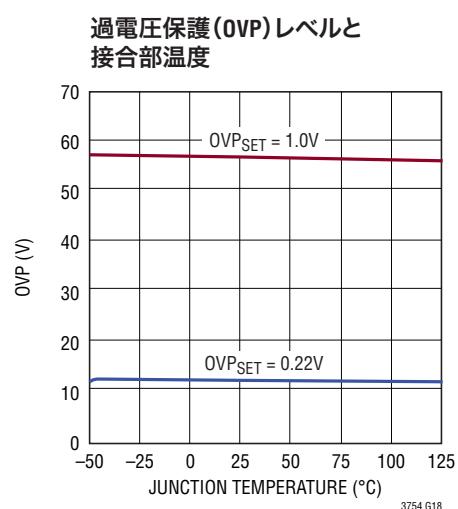
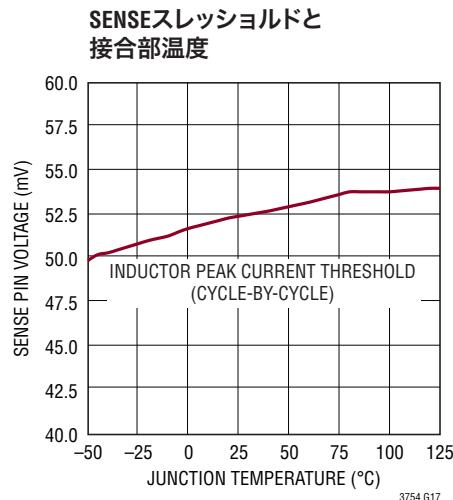
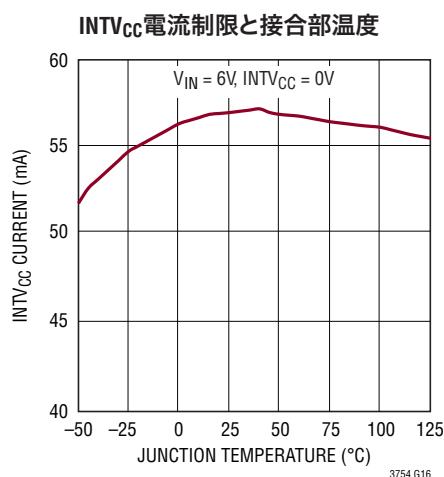
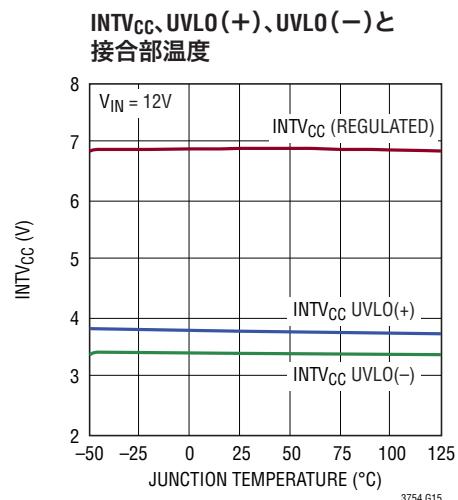
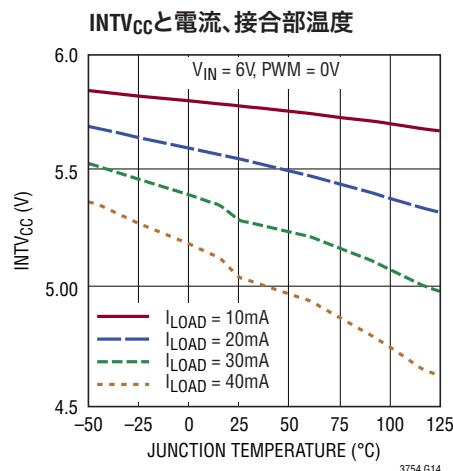
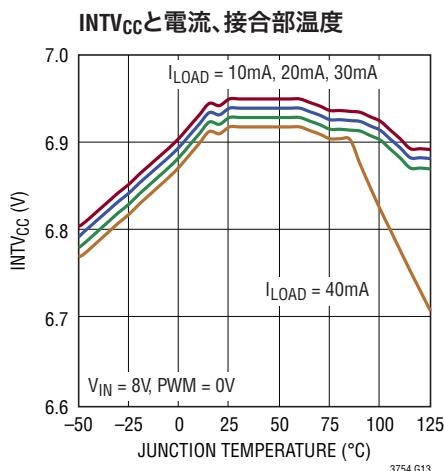
LED電流と接合部温度



LED電流とCTRLピン電圧



標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

ピン機能

LED_X(ピン1~8、17~24): 16個のLEDドライバ出力。各出力は、オープンコレクタ定電流シンクを内蔵しています。LED電流は、I_{SET}ピンに1本の抵抗を接続することによって10mAから50mAまでプログラム可能です。各LEDストリングのカソードをLEDピンに接続してください。各LEDストリングのアノードはV_{OUT}に接続します。チャネルを並列接続することにより、さらに多くのLED電流を供給できます。また、チャネルを個別にディスエーブルにすることもできます(LEDをV_{OUT}に接続)。

SENSE(ピン9): 制御ループ用の電流検出入力です。このピンは、外部パワーMOSFETのソースのセンス抵抗に接続します。

GATE(ピン10): NチャネルMOSFETのゲートを0VからINTV_{CC}までドライブします。

INTV_{CC}(ピン11): V_{IN}から生成される7VのLDO電源で、GATEドライバや一部の制御回路への電力供給に使用されます。4.7μFのコンデンサを使ってGNDにバイパスする必要があります。

V_{IN}(ピン12): 入力電源ピン。1μFのコンデンサを使ってグランドへローカルにバイパスする必要があります。

SHDN/UVLO(ピン13): SHDN/UVLOピンのスレッショルドは正確に1.476Vで、電源からグランドに接続した抵抗分割器を使って、システム入力電源の低電圧ロックアウト(UVLO)スレッショルドをプログラムするために使用することができます。2.4μAのピン電流ヒステリシスにより、UVLOヒステリシスをプログラムすることができます。SHDN/UVLOが1.476Vを超えるとデバイスがオンになり、ピンには2.4μAのシンク電流が流れなくなります。SHDN/UVLO < 0.7Vの場合は、V_{IN}電流 < 20μAとなります。シャットダウン機能が必要ない場合は、強制的に電圧を1.476Vより高くするか、V_{IN}に直接接続してください。

FAULT(ピン14): LEDストリングの一部またはすべてにオープン・フォールトが発生すると、アクティブ“L”になります。フォールト状態が解消されると、FAULTフラグは“H”に戻ります。フォールト状態はPWMが“H”状態の時のみ更新され、PWMが“L”状態の間はラッチされます。

SYNC(ピン15): 昇圧コンバータのスイッチング周波数を外部クロックに同期させることができます。RT抵抗は、f_{OSC}がSYNC周波数よりも20%低くなるようにプログラムする必要があります。使わない場合はGNDに接続してください。

V_{OUT}(ピン16): コンバータの昇圧された出力電圧です。このピンとグランドの間にはコンデンサを接続します。各LED(ストリング)のアノードはV_{OUT}に接続してください。

RT(ピン25): グランドへの抵抗によって、スイッチング周波数f_{OSC}を0.1MHzから1MHzの間でプログラムします。

V_C(ピン26): コンバータ・レギュレーション・ループ用の両方のトランスコンダクタンス・エラー・アンプの出力です。通常使われるgmエラー・アンプ(LED)は、V_{OUT}の値を安定化してLEDピンの電圧が1.1V未満にならないようにします。もう1つのgmエラー・アンプ(OVP)は、すべてのLEDがオープン状態になって安定化された最大V_{OUT}が必要になるとアクティブになります。V_Cピンとグランドの間には抵抗とコンデンサを直列に接続します。

PWM(ピン27): PWM調光制御用の入力ピン。電圧が1.4Vを超えるとコンバータのスイッチングが可能になり、0.7V未満になるとスイッチングできなくなります。PWM信号は0Vから6Vまでドライブできます。使わない場合はV_{REF}に接続してください。

OVP_{SET}(ピン28): すべてのLEDがオープン状態になった場合の最大許容V_{OUT}のレギュレーション・レベルをプログラムします。

CTRL(ピン29): 1V未満のCTRLピン電圧は最大LED電流を制御します。CTRL電圧は、V_{IN}、V_{REF}、または外部電圧源からの抵抗分割器によって設定できます。抵抗値が温度に依存する外部抵抗分割器をV_{REF}ピンから使用して設定されるCTRLピンの電圧が負の温度係数を持つ場合は、温度に対するLED電流ディレーティングを行うことができます。

T_{SET}(ピン30): そのポイントからLED電流のディレーティングを開始するLT3754の接合部温度ブレークポイントをプログラムします。

V_{REF}(ピン31): 1.485Vのリファレンス出力ピン。このピンは最大150μAまでの電流を供給できます。グランドへの抵抗分割器を使用してCTRL、T_{SET}、OVP_{SET}の各ピンの電圧をプログラムすることができます。

I_{SET}(ピン32): グランドへの抵抗によってLEDピンの電流をプログラムします。「アプリケーション情報」の表6を参照してください。

露出パッド(ピン33): グランド。ICおよびコンバータ用のグランドです。このパッケージの露出パッド(ピン33)はICの下側にあります。これは、パッケージから熱を放出する最良の経路です。ピン33は、LT3754のダイ温度を下げて電力出力能力を上げるために、デバイスの下にある連続した銅グランド・プレーンに半田付けしてください。

ブロック図

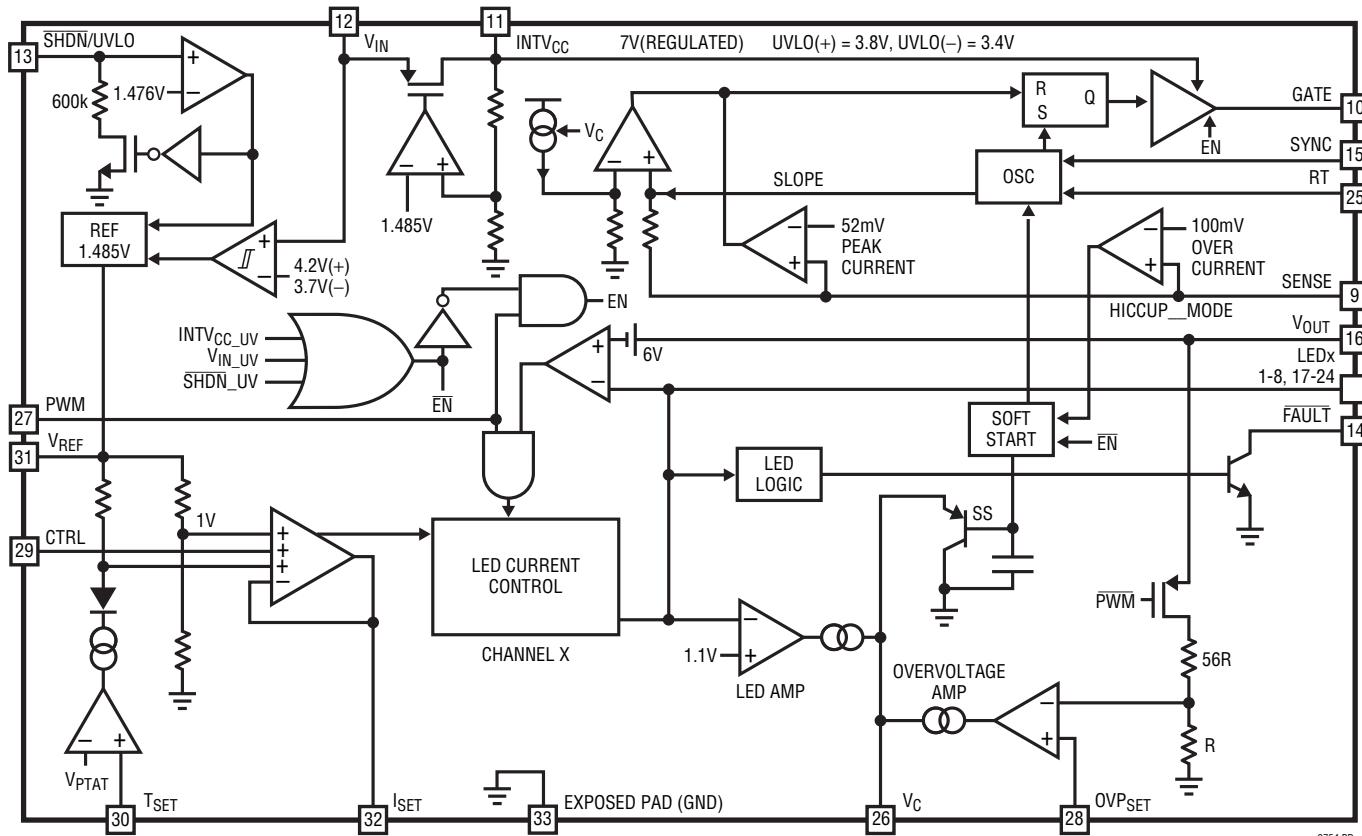


図1. LT3754のブロック図

動作

LT3754の動作を理解するにあたっては、1ページに標準的応用例として示した回路と図1に示すブロック図を参照してください。LT3754は、固定スイッチング周波数の電流モード昇圧コントローラを使用して16本のLEDストリングをドライブし、すべてのLEDストリングのトップ(アノード)用に单一出力電圧V_{OUT}を生成します。LEDストリング電流は、各ストリングのボトムLED(カソード)を、それぞれに対応するLEDピンに備わった電流源に接続することによって生成され、制御されます。各LEDピンはグランドへの高精度の電流シンクを備えており、I_{SET}ピンに1本の抵抗を接続することによってLED電流を10mAから50mAの間でプログラムできます。LEDチャネルを並列接続することにより、さらに多くのLED電流を供給できます。必要なLEDストリングが15本以下のアプリケーションでは、チャネルを並列接続するかディスエーブルにする(起動前にLEDピンをV_{OUT}に接続)ことができます。最大限の効率を得

るため、V_{OUT}は、各LEDストリングへの安定した電流供給を維持できる範囲でできるだけ低い電圧に安定化されます。オープンLEDフォルトはFAULTピンが“L”にドライブされることによって示されますが、接続されたLEDストリングがこの影響を受けることはありません。

図1のブロック図は、LT3754の主な機能を示したもので、図からは、LT3754によって2つの外部電源V_{REF}とINTV_{CC}が生成されることが分かります。V_{REF}ピンは高精度の1.485V出力を提供します。この出力は、外部抵抗と組み合わせてCTRL、OVP_{SET}、T_{SET}の各入力ピンをプログラムするために使用します。INTV_{CC}ピンは、ゲートドライバに電源を供給するために、昇圧コントローラのGATEピンに対し安定化された7V出力を提供します。正確に1.476Vに設定されたSHDN/UVLOピンのスレッショルドをSHDN/UVLOピンの電流ヒステリシスと

動作

組み合わせて使用すれば、 V_{IN} から \overline{SHDN} /UVLOに接続したプログラム可能な抵抗分割器によって V_{IN} のターンオン／オフ電圧を決定することができます。 \overline{SHDN} /UVLOピン電圧が1.476Vを超えると、 \overline{SHDN} /UVLOピン電流が2.4 μ Aから0 μ Aに切り替わります。

LT3754の固定スイッチング周波数は、RTピンとグランドの間に1本の抵抗を接続することによって、100kHzから最大1MHzの範囲でプログラム可能です。外部クロックを使用してコンバータのスイッチング周波数を決定できるように、SYNCピンも装備されています。GATE出力は、1個のインダクタ、ショットキー・ダイオード、および出力コンデンサを使用して昇圧出力電圧 V_{OUT} を生成するために、外部Nチャネル・パワーMOSFETに±0.8Aピーク・ゲート・ドライブ電流を供給します。LEDストリングを V_{OUT} からそれぞれのLEDピンに接続した状態で、各LEDピンの中で最も低い電圧がモニタされ、内部の1.1Vリファレンスと比較されます。 V_{OUT} は、接続されたLEDストリングの最も低いLEDピン電圧を1.1Vに維持できるように安定化されます。LEDストリングのどれかがオープン状態になると、LT3754のレギュレーション・ループはオープン状態のLEDピンを無視します。すべてのLEDストリングがオープン状態になると、ユーザーがプログラムできるOVP(過電圧保護)レベルに達するまで V_{OUT} が上昇します。このプログラム可能なOVPレベルを使用すれば、ユーザーは、LEDストリングがオープン状態になった後の再接続時にLEDが損傷するのを防ぐことができます。

LT3754の昇圧コントローラは電流モードのトポロジーを採用しているので、コンバータのインダクタに流れるピーク電流は V_C 電圧によって決定されます。したがって、GATEスイッチング波形のデューティサイクルも V_C 電圧によって決まります。基本ループは、内部発振器からのパルスを使用してRSフリップフロップをセットし、外部パワーMOSFETをオンにします。MOSFETとインダクタの電流は V_C によって決まるピークスイッチ電流を超えるまで増加し、超えた時点でMOSFETがオフになります。インダクタ電流は、外部Nチャネル・パワーMOSFETのソースにあるセンス抵抗RSによって、ゲートがオンになっている間に検出されます。すべての電流モード・コンバータ同様、50%を超えるデューティサイクルでの安定性を確保するために、制御パスにはスロープ補償が追加されています。

MOSFETに過電流フォルトが発生するとMOSFETはオフになります。内部でソフトスタートがトリガれます。このフォルト・モードでは、LT3754は約2msごとにしかMOSFETをオンにしません。この「ヒカッピ」モードにより、MOSFETが必要とする電力定格は大幅に小さくなります。

LED電流のプログラミングと調光は、ISETピン、CTRLピン、PWMピンを使用して行うことができます。ISETピンに抵抗を1本接続することにより、LED電流を設定できます。LED輝度のアナログ調光は、CTRLピンを1V未満で使用することによって行います。LED輝度のPWM調光は、PWMピンのデューティサイクルを制御することによって行います。

LT3754は、動作の堅牢性を高めるためにシステム状態をモニタし、フォルト状態(V_{IN} 、 \overline{SHDN} 、または $INTV_{CC}$ 電圧が低過ぎる、またはMOSFET電流が大き過ぎる)のいずれかが発生した後の起動にもソフトスタートを実行します。LT3754は、これらのフォルト状態に陥ると内部ソフトスタート・ノードの放電を行い、GATEピンでスイッチングが行われないようにします。これらのフォルト状態を脱すると、LT3754は内部ソフトスタート・ノードをランプアップして V_C ピン電圧を上げ、それによってMOSFETピーク・スイッチ電流の上昇を制御します。さらにソフトスタート中は、スイッチ周波数が、フルスケールの約33%から100%まで徐々にランプアップします。

LT3754は、それぞれのLEDピンの電圧をモニタします。LEDストリングにオープン・フォルト($V_{(LEDX)} < 0.5V$)が発生するとFAULTフラグが“L”になります。

LEDを保護するために、LT3754のCTRLピンを使用して、LEDストリングの周囲温度に対するLED電流のディレーティング曲線をプログラムすることができます。LEDの近くにNTC抵抗を1本接続すれば、LED周囲温度の上昇につれてCTRLピン電圧が下がり、その結果LED電流も減少します。

また、LT3754は自身の接合部温度をモニタして、TSETピンによってプログラムされた接合部温度を超えた場合はLED電流のディレーティングを行うことによって温度を制御することができます。

アプリケーション情報

INTVCCレギュレータのバイパスと動作

INTVCCピンは、V_{IN}によってドライブされる内部リニア・レギュレータの出力であり、LT3754のゲート・ドライバの電源です。INTVCCピンは、安定性を確保するとともにゲート・ドライバに十分な電荷を供給できるように、10V定格の4.7μF低ESRセラミック・コンデンサ(X7RまたはX5R)を使ってバイパスする必要があります。V_{IN}のレベルが十分高い場合、INTVCCピンは7Vの安定化電源を提供します。INTVCC電圧は、GATEピンによってドライブされる外部MOSFETのV_{GS}定格を超えないようにしてください。V_{IN}のレベルが低い場合、INTVCCのレベルはV_{IN}とレギュレータの電圧降下に依存します。INTVCCレギュレータは低電圧ロックアウトを備えており、INTVCCが3.8Vに達するまでゲート・ドライバによるスイッチングが行われないようになり、INTVCCが3.4V未満に下がるまでスイッチングを維持します。この機能は、最小ゲート・ドライブ・レベルを維持してR_{DS(ON)}を低く保つことにより、外部MOSFETにおける電力損失が大きくなり過ぎるのを防ぎます。INTVCCレギュレータの電流は、IC内部での電力損失を制限するために44mAに制限されます。Nチャネル・パワーMOSFETとスイッチング周波数を選択する時は、この電流制限を考慮する必要があります。LT3754のゲート・ドライバによるINTVCCピンの平均電流負荷は次式で計算できます。

$$I_{INTVCC} = Q_g \cdot f_{OSC}$$

ここで、Q_gはMOSFETの規定ゲート電荷で(V_{GS} = INTVCCにおける値)、f_{OSC}はLT3754の昇圧コンバータのスイッチング周波数です。INTVCCピンは、LT3754の電力損失を減らしたりINTVCCの44mAの電流リミットの制約を受けないために、さまざまな外部ソースからドライブ可能です。INTVCCの外部電源は、V_{IN}ピン電圧およびINTVCCピンの最大定格13Vを超えることのないよう注意してください。INTVCCをV_{IN}ピンに短絡させた場合、V_{IN}の動作範囲は4.5V～13Vになります。

インダクタ

表1にインダクタの製造元のリストを示します。しかし、ここに示す製造元のインダクタ以外にも使用できるものもあります。製品のラインナップや詳細については、それぞれの製造元にお問い合わせください。最大限の効率を実現するには、フェライト・コアを使用する必要があります。飽和せずに必要なピーク電流を扱うことのできるインダクタを選択してください。また、I²Rの電力損失を最小限に抑えるために、インダクタはDCR(銅線抵抗)の小さいものを使用してください。ほとんどのアプリケーションには2.2μH～33μHの値で十分です。所定のアプリケーション(たとえばインダクタのリップル電流を50%と仮定)に必要とされる標準的なインダクタ値は次式によって計算できます。

$$L = \frac{\left(1 - \frac{1}{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}}}\right) \cdot \frac{1}{f_{OSC}} \cdot V_{IN}}{0.5 \cdot \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot I_{LEDx} \cdot 16}$$

ここで、

$$V_{OUT} = (N \cdot V_F) + 1V$$

(N = 1ストリング当たりのLED数)

$$V_F = \text{LED順方向電圧降下}$$

$$I_{LEDx} = 1\text{ストリング当たりのLED電流}$$

例:10個のLEDで構成されるストリングを16本必要とし、それぞれのストリングが20mAでドライブされる12WのLEDドライバ・アプリケーションで、V_{IN} = 12V、V_{OUT} = (3.75V • 10) + 1V = 38.5V、I_{LEDx} = 20mA、f_{OSC} = 1MHzとした場合、Lの値は次式で求められます。

$$L = \frac{\left(1 - \frac{1}{3.2}\right) \cdot \frac{1}{10^6} \cdot 12V}{0.5 \cdot 3.2 \cdot 20mA \cdot 16} = 16.5\mu H$$

アプリケーション情報

表1. インダクタの製造元

MANUFACTURER	PHONE NUMBER	WEB
Sumida	408-321-9660	www.sumida.com
Würth Elektronik	605-886-4385	www.we-online.com
Vishay	402-563-6866	www.vishay.com
Coilcraft	847-639-6400	www.coilcraft.com
Coiltronics	561-998-4100	www.cooperet.com

入力コンデンサ

LT3754昇圧コンバータの入力コンデンサは、パワー・インダクタの過渡入力電流を供給します。LT3754の場合は2.2μF～10μFの値が適当です。電圧と温度に対する変動を最小限に抑えるために、X5RまたはX7Rセラミック・コンデンサだけを使用してください。インダクタ入力電圧をICの最小許容動作VIN電圧近くにする必要がある場合は、これよりも大きい容量値が必要になることがあります。これは、過大な入力電圧リップルによって電圧が最小動作入力電圧を下回るのを防ぐためです。

出力コンデンサ

LT3754のコンバータの出力には、出力電圧リップルを最小限に抑えるために低ESRのセラミック・コンデンサを使用する必要があります。X5RとX7Rの誘電体は他の誘電体よりも広い電圧範囲と温度範囲にわたって容量を維持するので、これらのタイプだけを使用してください。いくつかのLEDドライバ・アプリケーション回路について、さまざまなILED、VIN、VOUT、L、fosc値に対する出力コンデンサの要件を「アプリケーション情報」に示します。また、推奨製造元数社のリストを表2に示します。

表2. セラミック・コンデンサの製造元

MANUFACTURER	PHONE NUMBER	WEB
TDK	516-535-2600	www.tdk.com
Kemet	408-986-0424	www.kemet.com
Murata	814-237-1431	www.murata.com
Taiyo Yuden	408-573-4150	t-yuden.com
AVX	843-448-9411	www.avxcorp.com

ショットキー整流器

LT3754の昇圧コンバータ用の外部ダイオードは、順方向電圧降下が小さくスイッチング速度の速いショットキー・ダイオードでなければなりません。表3にショットキー製造元をいくつか示します。ダイオードの平均電流定格は、アプリケーションの平均出力電流よりも大きくなればなりません。また、ダイオードの最大逆電圧はアプリケーションの出力電圧よりも大きくなればなりません。PWM調光アプリケーションの場合は、ショットキー・ダイオードの逆リードに注意してください。リード電流が小さければPWMが“L”の時の出力コンデンサからの電流流出が少なく、調光比が大きくなります。以下に示す各社は、電圧定格と電流定格が大きいショットキー・ダイオードを提供しています。

表3. ショットキー整流器の製造元

MANUFACTURER	PHONE NUMBER	WEB
Diodes, Inc.	805-446-4800	www.microsemi.com
On Semiconductor	888-743-7826	www.onsemi.com
Zetex	631-360-2222	www.zetex.com
Vishay Siliconix	402-563-6866	www.vishay.com

パワーMOSFETの選択

いくつかのMOSFET製造販売元を表4に示します。他の推奨MOSFETについては弊社にお問い合わせください。選択したパワーMOSFETのV_{DS}定格は、アプリケーションに対してプログラムされた最大過電圧保護(OVP)レベルよりも大きくなればなりません（「アプリケーション情報」の「OVPレベルのプログラミング」を参照）。また、ゲート・スイッチングによってINTV_{CC}ピンにかかる負荷はINTV_{CC}レギュレータ電流が制限値を超えない範囲に止める必要がありますが、MOSFETの合計ゲート電荷Q_g（V_{GS}が7Vの場合）とスイッチング周波数(f_{osc})は、この制限を超えないよう十分に低い値でなければなりません。

$$I_{GATE} = Q_g \cdot f_{osc} \leq 44mA$$

アプリケーション情報

加えて、GATEスイッチングに必要な電流ドライブも、 V_{IN} 電圧が高い場合は低い値に維持する必要があります（「アプリケーション情報」の「熱に関する検討事項」を参照）。MOSFETの $R_{DS(ON)}$ はDC電力損失を決定しますが、通常これはスイッチング損失よりもはるかに小さい値となります。DC損失とスイッチング損失を計算し、MOSFETパッケージの熱抵抗によって結合部温度が最大定格値を超えるかどうかを判断することにより、MOSFET内の電力損失に注意を払ってください。

表4. MOSFETの製造元

MANUFACTURER	PHONE NUMBER	WEB
Vishay Siliconix	402-563-6866	www.vishay.com
International Rectifier	310-252-7105	www.irf.com
Fairchild	972-910-8000	www.fairchildsemi.com

パワーMOSFET:電流センス抵抗

LT3754の電流モード昇圧コンバータは、それぞれのスイッチング・サイクル内でピークMOSFET電流を制御することにより、インダクタのピーク電流を制御します。LT3754は、FETのソースとアプリケーションの電源グランドの間に接続されたセンス抵抗(RS)にかかる電圧を検出することによって、外部Nチャネル・パワーMOSFETの電流をモニタします。これらのトラックはできるだけ短くするとともに、RSのトップからセンス・ピンにケルビン検出を使用する必要があります。52mVのセンス・ピン・スレッショルドをRSの値と組み合わせると、サイクルごとの最大ピークMOSFET電流を設定できます。52mVという低いスレッショルドは効率を向上させ、次式で得られるRSの値を決定します。

$$RS \leq \frac{52mV \cdot 0.7}{I_{L(PEAK)}}$$

ここで、

$$I_{L(PEAK)} = \left(\left(\frac{1}{1-D} \right) \cdot 16 \cdot I_{LEDx} \right) \cdot \left(1 + \frac{0.5}{2} \right)$$

$$D = \text{MOSFETのデューティサイクル} = \left(1 - \frac{V_{IN(MIN)}}{V_{OUT(MAX)}} \right)$$

$$V_{OUT(MAX)} = (N \cdot V_{F(MAX)}) + 1V$$

$N=1$ ストリング当たりのLED数

$V_{F(MAX)}$ =最大LED順方向電圧降下

$V_{IN(MIN)}$ =インダクタへの最小入力電圧

0.5という項は、インダクタのピーク-ピーク間リップル電流が平均インダクタ電流の50%であることを表します。

0.7のスケール・ファクタは、52mVセンス・スレッショルド、 I_{LEDx} 、RS、および回路効率による累積誤差を考慮することによって、昇圧コンバータがループのピーク・インダクタ要件を満たせるようにするものです。

例: 10個のLEDで構成されるストリングを16本必要とし、それぞれのストリングが20mAでドライブされる12WのLEDドライバ・アプリケーションで、 $V_{IN(MIN)} = 8V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = (4V \cdot 10) + 1V = 41V$ 、 $I_{LEDx} = 20mA$ とした場合、RSの値は次のように選択します。

$$RS \leq \frac{52mV \cdot 0.7}{I_{L(PEAK)}} \leq \frac{52mV \cdot 0.7}{\left(\frac{41}{8} \cdot 16 \cdot 0.02 \right) \cdot (1 + 0.25)} \\ \leq \frac{52mV \cdot 0.7}{2.05} \leq 17.7m\Omega$$

アプリケーション情報

RSの電力定格は、抵抗の I^2R 損失よりも大きい値を選択する必要があります。また、ピーク・インダクタ電流は、選択したインダクタが飽和しないことを確認するために、選択したRS値に合わせて計算し直す必要があります。

パワーMOSFET:過電流とヒカップ・モード

外部MOSFETの電流が、上に述べたようにRSと52mVのセンス・ピン・スレッショルドによって決まるピーク電流を超えてしまう恐れがあるような深刻な外部フォールトに備えて、LT3754には、電流が下記の値を超えた場合はソフトスタートをトリガして、MOSFETドライバをオフにする過電流コンパレータが搭載されています。

$$I_{D(OVERCURRENT)} = \frac{100\text{mV}}{RS}$$

このフォールト・モードでは、LT3754は2msごとに約100nsしかMOSFETをオンにしません。この「ヒカップ」モードでは、MOSFETが必要とする電力定格は大幅に小さくなります。

ソフトスタート

起動時またはフォールトからの回復時に突入電流と出力電圧を制限するために、LT3754はソフトスタート機能を備えています。LT3754は、フォールト状態($V_{IN}, \bar{SHDN}/UVLO$ 、または $INTV_{CC}$ 電圧が低過ぎる、またはMOSFET電流が大き過ぎる)のどれかに陥ると内部ソフトスタート・ノードの放電を行い、GATEピンでスイッチングが行われないようにします(図2のタイミング図を参照)。これらのフォールト状態を脱すると、LT3754は約0.5V/msで内部ソフトスタート・ノードをランプアップして V_C ピン電圧を上げ、それによってMOSFETスイッチ電流の増加を制御します。さらにソフトスタート中は、スイッチ周波数が、フルスケールの約33%から100%まで徐々にランプアップします。

すべてのフォールト状態を脱して V_C ピンのソフトスタート・ランプを開始するために必要な条件を図2に示します。LT3754では、最初にPWMピンがアクティブ状態である“H”になる(最小パルス幅:200ns)のを待ってから、 V_C ピンのソフトスタートを開始するという機能が追加されています。この機能は、LT3754

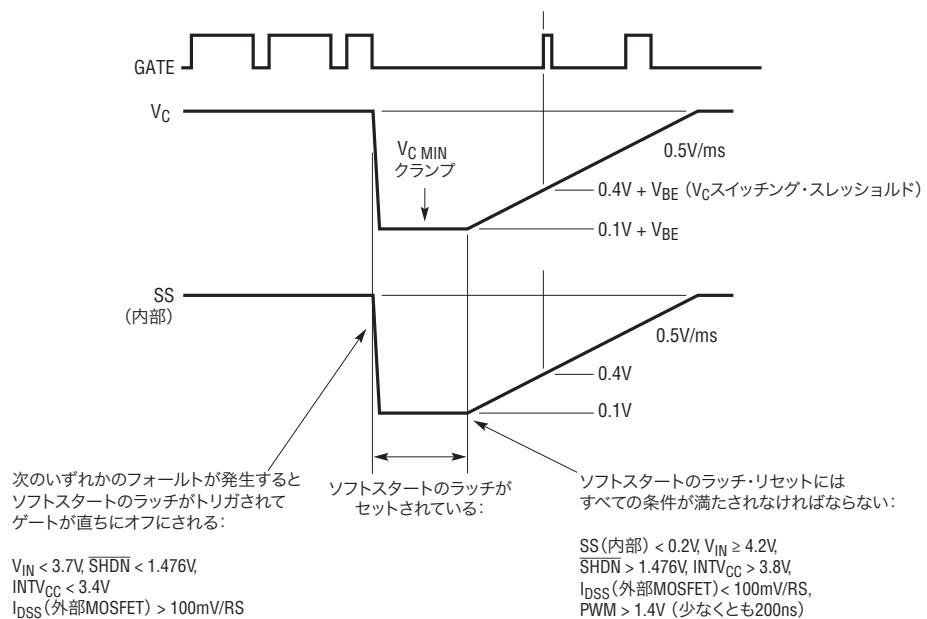


図2. LT3754のフォールト検出と V_C ピンおよび内部SSノードのソフトスタートのタイミング

アプリケーション情報

の起動時に、PWMが“H”にアサートされる前にソフトスタートのランプがタイムアウトすることがないことを保証します。このPWMが“H”になるのを待つ機能がないと、 V_{IN} とSHDN/UVLOが有効になった後でPWMに適用されるシステムがソフトスタートなしでオンになり、コンバータ出力電圧の立ち上がり時に大量のインダクタ電流が流れてしまう恐れがあります。PWMがその後に“L”になっても、ソフトスタート・ランプは現在の電圧に維持されずランプアップし続けるという点が重要です。PWMが“L”になるごとにソフトスタート・ランプ電圧がその時の値に維持されると、PWM調光比が非常に大きいアプリケーションではLEDディスプレイの起動が非常に遅くなってしまいます。

シャットダウンと低電圧ロックアウトのプログラミング

LT3754のシャットダウン・スレッショルドは、SHDN/UVLOピンにおいて正確に1.476Vに設定されています。このスレッショルドをシステム入力電源からの抵抗分割器と組み合わせて使用すれば、システムの正確な低電圧ロックアウト(UVLO)スレッショルドを設定することができます(図3)。SHDN/UVLOピンの内部ヒステリシス電流により、このUVLOスレッショルドのヒステリシス電圧をプログラムすることが可能で、デバイスがオンになる直前はSHDN/UVLOピンから2.4μAの内部電

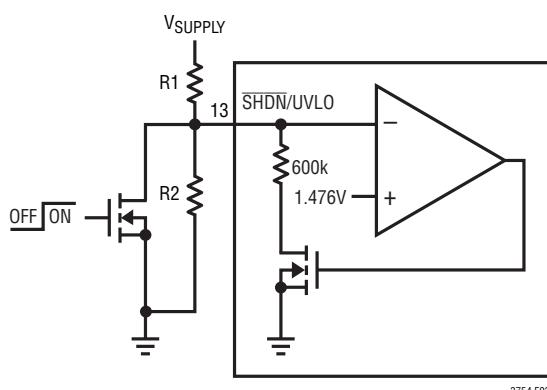


図3. ヒステリシス付き低電圧ロックアウト(UVLO)のプログラミング

流が流れ、デバイスがオンになった後はSHDN/UVLOピンから流れる電流が0μAになります。LT3754のSHDN/UVLOピンを使ったシステム入力電源のオンおよびオフのスレッショルドは、以下のように計算することができます。

$$V_{\text{SUPPLY OFF}} = 1.476 \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right)$$

オープン・ドレイン・トランジスタをSHDN/UVLOピンの抵抗分割器ネットワークに追加すれば、LT3754のターンオフを独立して制御することができます。

スイッチング周波数のプログラミング

LT3754昇圧コンバータのスイッチング周波数は、RTピンからグランドに1本の抵抗(R_T)を接続することによって、100kHzから1MHzの範囲でプログラムすることができます(図4)。 R_T 抵抗は、ノイズ・ピックアップや浮遊容量を最小限に抑えるために、できるだけRTピンに近い位置に接続してください(「アプリケーション情報」の「回路レイアウトに関する検討事項」を参照)。表5に、さまざまな周波数に対応する R_T の標準値を示します。

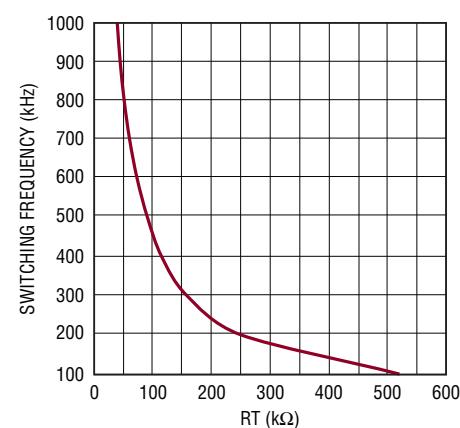


図4. スイッチング周波数とR_T

アプリケーション情報

最適な周波数の選択は、いくつかの要素に依存します。周波数を高くすればインダクタのサイズを小さくすることができますが、スイッチング損失が大きくなつて効率は低下します。周波数を低くすれば動作デューティサイクルを大きくすることができますが、より低い入力電源で多くのLED(1ストリング当たり)をドライブすることが可能になりますが、必要な磁気部品のサイズは大きくなります。スイッチング周波数は、最適なソリューションを実現するために、それぞれのアプリケーションに合わせて調整することができます。

表5. スイッチング周波数とRT(1%抵抗)

スイッチング周波数(kHz)	RT(kΩ)
100	523
200	249
300	158
400	115
500	90.9
600	73.2
700	60.4
800	51.1
900	44.2
1000	39.2

デューティサイクルに関する検討事項

所定のアプリケーションに対してLT3754のLEDドライバを設計する際にはデューティサイクルに関する要求事項を検討し、LT3754のGATEピンに対して実現可能な最小／最大デューティサイクルとこれを比較する必要があります。必要な場合は、デューティサイクルに関する要求事項を満たすために、LT3754のスイッチング周波数をより低い値にプログラムすることができます。一般に、特定のアプリケーションに対して必要な最小／最大GATEデューティサイクルは以下のようにして求められます。

$$\text{最小デューティサイクル} = \text{GATE最小オン時間} \cdot \text{スイッチング周波数} f_{\text{OSC}}$$

$$\text{最大デューティサイクル} = 1 - (\text{GATE最小オフ時間} \cdot \text{スイッチング周波数} f_{\text{OSC}})$$

温度に対するLT3754のGATEピンの最小オン時間および最小オフ時間の標準値は、「標準的性能特性」に示されています。また、GATEピンの最小オン時間と最小オフ時間は電気的仕様の項に示されています。

表6. LED電流とR_{ISET}(1%抵抗)

チャネル当たりのLED電流(mA)	R _{ISET} (kΩ)
10	29.4
20	14.7
30	9.76
40	7.32
50	5.76

これらテスト済みのタイミングには、外部MOSFETのゲートおよびドレインの立ち上がり／立下り時間、および外部MOSFETとインダクタのDC抵抗における誤差を考慮して、さらに50nsを加える必要があります。

外部クロックへの同期

SYNCピンを使用すれば、LT3754の発振器を外部クロックに同期することができます。SYNCピンはロジックレベル出力からドライブすることができ、ロジックレベルの“L”には0.6V未満の電圧、ロジックレベルの“H”には2.2Vよりも高い電圧が必要です。SYNCピンの“H”または“L”的持続時間は、少なくとも100nsとする必要があります。SYNCピンを使用しない場合はグランドに接続します。同期時にスロープ補償が行われなくなるのを防ぐために、LT3754の自走発振周波数(f_{OSC})は、外部クロック周波数の80%にプログラムする必要があります。

LED電流のプログラミング

各LEDピンにおけるグランドへの電流源は、以下の式にしたがってI_{SET}ピンからグランドに1本の抵抗R_{ISET}を接続することによってプログラムされます。

$$I_{(\text{LED}_X)} \approx \frac{295}{R_{\text{ISET}}} (\text{A}) (\text{CTRL} > 1.1\text{V})$$

抵抗値とプログラムされたLEDとの対応については表6を参照してください。

アプリケーション情報

アナログ調光

LT3754では、アナログ調光またはPWM調光によるLED調光(減光)が可能です。アナログ調光では、1V未満のCTRLピン電圧を使用してLED電流を減らすことによりLEDの輝度を下げます。CTRLピン電圧が1V未満の場合、各LEDピンの電流は次式で与えられます。

$$I(LED_X) \approx CTRL \cdot \frac{295}{R_{ISET}} \quad (0.04 < CTRL < 1V)$$

40mV未満のCTRLピン電圧(25:1よりも大きい調光比)では、LED電流はゼロに近づきます。CTRLピン電圧は、V_{REF}ピンからグランドへの抵抗分割器を使用して設定するか、あるいは、外部電源から生成することができます。アナログ調光が不要な場合、このピンはV_{REF}ピンに直接接続することができます。アナログ調光の唯一の欠点は、LEDの輝度を下げるためにLED電流を減らすとLEDの知覚色も変わってしまうことです。

PWM調光

多くのアプリケーションでは、LEDの輝度を正確に制御することが求められます。加えて、調光範囲全体にわたって一定の色を維持できることも同様に極めて重要な要素となり得ます。一定の色でLED調光を行うために、LT3754は、PWMピンと、最大3000:1のPWM調光範囲を実現する特別な内部回路を備えています。これは、LEDをプログラムされた電流で動作させ、さらにLED電流のオン時間を制御することによって実現します。PWMピンのデューティサイクルは、各LEDピンの電流源のオン時間を制御します(図5)。最大PWM調光比(低いPWMデューティサイクル)を実現するには、できるだけ迅速にLED電流をオン／オフできることが重要です。PWMが“L”になると、LT3754は昇圧コンバータをオフにしてすべてのLEDチャネル電流をオフにし、V_Cピンと、OVPエラーアンプに接続された内部V_{OUT}抵抗分割器との接続を解除します。これにより、PWMピンが“H”に戻ると、デバイスは最後の動作状態に迅速に復帰します。

PWMピンを使用したLED電流調光の一般的なガイドラインを示します(図5参照)。

(1) PWM調光比(PDR) = 1/(PWMデューティサイクル) = 1/T_{ON(PWM)} • f_{PWM}

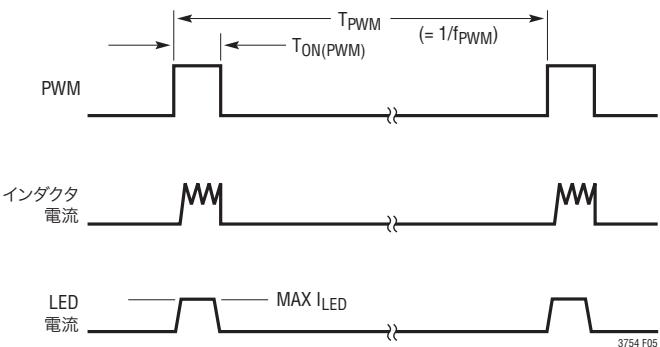


図5. PWM調光波形

(2) PWM周波数(f_{PWM})が低いほど高いPWM調光比が可能(通常は100Hzを選択してPDRをできるだけ大きくし、リフレッシュレートの周波数が80Hz未満のディスプレイ・システムにおいて発生する恐れのある可視フリッカを回避する)

(3) f_{Osc}の値が高いほどPDRは向上する(T_{ON(PWM)}をより短くできる)が、効率が低下して内部発熱が増加する。一般に、最小動作T_{ON(PWM)} = 3 • (1/f_{Osc})

(4) インダクタの値が低いほどPDRは向上する

(5) 出力コンデンサの値が大きいほどPDRは向上する

(6) 逆リーク電流を最小限に抑えるため、LT3754昇圧コンバータ用にはショットキー・ダイオードを選択する。

(7) 起動

LT3754のV_{OUT}を起動するには、SHDN/UVLOピンとPWMピンをオフからオンにアサートし、PWMのオン時間を最小値より長くする必要があります。フォールト検出のために許容されるPWMの最小オン時間は約3.2μsです。V_{OUT}が安定化するために許容されるPWMの最小オン時間は標準で3.2μsですが、外部回路のパラメータによってはさらに長くなる可能性があります。LED電流がいったん安定化すると、PWMのオン時間は外付け部品の選択に応じて短縮することができます。

(8) V_{OUT}の急落

通常動作時に、フォールトまたはPWMのオン時間が短すぎるためにV_{OUT}が急落した場合、再起動が必要となります((7)の「起動」を参照)。

アプリケーション情報

LED周囲温度に対するLED電流ディレーティング(ブレークポイントとスロープ)のプログラミング(CTRLピン)

LEDのデータシートには、LEDに損傷を与えないよう警告するために、最大許容LED電流と周囲温度の関係を示す曲線が示されています(図6)。LT3754 LEDドライバは、LEDの周囲温度に対するLED電流ディレーティング曲線のプログラミングを可能にすることによって、LEDの効率的活用と信頼性向上を促進します。多くのLEDドライバは温度の上昇につれてLED電流を減らしていく能力がなく、最大定格電流の50%以下でLEDをドライブするように制限されています。この制限のため、アプリケーションの意図した輝度を得るにはさらに多くのLEDを必要とします。LT3754では、高温時の過電流からLEDを保護しながら、最大許容電流に合わせてLEDをプログラムすることができます。図7に示す簡単な抵抗ネットワークを使用して、温度ブレークポイントと、周囲温度に対するLED電流のスロープをプログラムすることができます。

これは、抵抗値が温度に依存する抵抗分割器を使い、CTRLピンの電圧を負の温度係数でプログラムすることによって実現されます(図7および図8)。さまざまな抵抗ネットワークと温

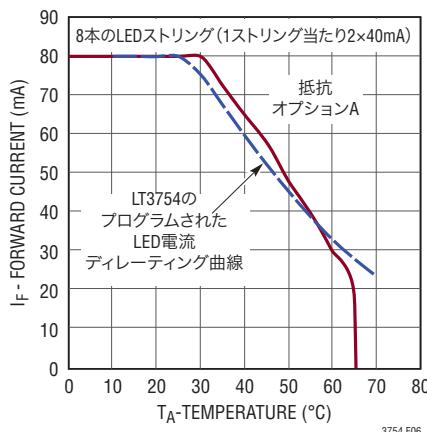


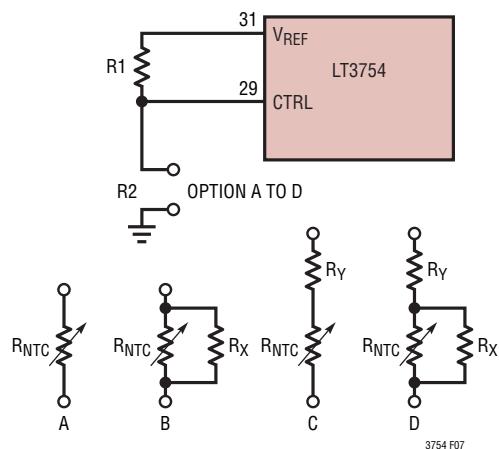
図6. LED周囲温度に対するLED電流ディレーティング

度係数の異なるNTC抵抗を使ってCTRLをプログラムすることで、所期のCTRLピン電圧-温度曲線を得ることができます。図6の電流ディレーティング曲線は、図7のオプションCに示す抵抗ネットワークを使用しています。

表7に、NTC抵抗の製造元/販売代理店を示します。製造元はこれ以外にもいくつかあります。製品の詳細については選択した製造元に問い合わせてください。NTC抵抗を使ってLEDの周囲温度をモニタするには、できるだけLEDの近くに抵抗を取り付ける必要があります。NTC抵抗の温度依存性は、広い温度範囲にわたって非線形になっていることがあるので、製造元から全温度範囲にわたる抵抗の正確な値を入手することが重要です。このようにして各温度におけるCTRL電圧を手計算し、得られた値を温度に対してプロットします。

表7. NTC抵抗の製造元

MANUFACTURER	WEB
Murata Electronics North America	www.murata.com
TDK Corporation	www.tdk.com
Digi-key	www.digikey.com

図7. 周囲温度に対するLED電流ディレーティング曲線のプログラミング(R_{NTC} はLED PCB上に配置)

アプリケーション情報

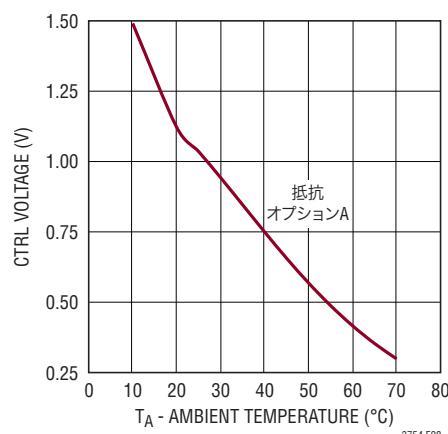


図8. プログラムされたCTRL電圧と温度

さまざまな温度におけるCTRL電圧の計算によって得られた下り勾配が大き過ぎる場合は、温度に依存しない抵抗値を持つ別の抵抗ネットワーク(図7のB,C,D)を選んで、全温度範囲にわたりNTC抵抗の影響を軽減することができます。村田製作所は優れたNTC抵抗を供給しており、広い温度範囲にわたる完全なデータも付属しています。さらに、ユーザーがさまざまな抵抗ネットワークとNTC抵抗値を選択して、全温度範囲にわたる正確な出力電圧曲線(CTRLピンの動作)をシミュレーションすることができるソフトウェア・ツールを利用することもできます。このツールはウェブサイト上では「Murata Chip NTC Thermistor Output Voltage Simulator」と呼ばれており、ユーザーはwww.murata.com/designlibにログオンして、このソフトウェアと、指定されたV_{CC}電源(LT3754のV_{REF}ピン電圧)から出力電圧V_{OUT}(LT3754のCTRLピン電圧)を発生させるための説明書をダウンロードすることができます。ユーザーは、回路パラメータの選択時にはいつでも村田製作所のカタログへのリンクをクリックして、選択されたNTC抵抗のデータにアクセスすることができます。NTCタイプの抵抗分割器を使用して手計算によりCTRLピン電圧をプログラムする場合の詳細な例については、LT3478 LEDドライバのデータシートの「アプリケーション情報」にある「温度に対するLED電流のディレーティングのプログラミング」を参照してください。

熱保護のためのT_{SET}ピンの使用

LT3754は、デバイス内部の接合部温度を制限するための特別なプログラム可能なサーマル・レギュレーション・ループを備えています。LT3754のトポロジーは16個のリニア電流源を備えた単一昇圧コンバータで構成されているので、どのLEDストリングに電圧の不整合があってもパッケージ内に追加的な電力損失が生じます。このトポロジーはLEDストリング間の優れた電流整合を実現し、単一電力段で多数のLEDをドライブすることを可能にしますが、デバイス内部に追加的な電力損失が生じる(つまり接合部温度が上がる)という欠点があります。最大接合部温度を制限することができれば、このトポロジーの長所を十分に実感することができます。このサーマル・レギュレーション機能は高い周囲温度で重要な保護を提供し、特定のアプリケーションをワーストケースではなく、標準的な周囲温度で最適化することが可能になり、ワーストケースの状態においてLT3754が自己とLEDストリングを自動的に保護することが保証されます。

サーマル・レギュレーション・ループの動作は単純です。周囲温度が上昇すると、デバイス内部の接合部温度も上昇します。接合部温度がプログラムされた最大値に達すると、LT3754はLED電流を必要な分だけ直線的に減らし始め、この温度を維持しようとします。これが実現できるのは、周囲温度が所期の最大接合部温度未満に留まるときに限られます。周囲温度がプログラムされた最大接合部温度を超えて上昇を続けると、LED電流は最大LED電流の約5%に減少します。

この機能はLT3754を直接保護することを意図したものですが、高温時におけるLED電流のディレーティングにも使うことができます。LEDの温度とLT3754の接合部温度の間には直接的な関係があるので、TSET機能を使用すれば高温時にある程度のLED電流のディレーティングを行うこともできます。

アプリケーション情報

図9に示すようにV_{REF}ピンからの抵抗分割器を使い、2個の外部抵抗によって最大IC接合部温度をプログラムします。所期の接合部温度に合わせてR1とR2の比を選択してください。図10はT_{SET}電圧と接合部温度の関係を、表8はよく使われるR1とR2の値を示したものです。

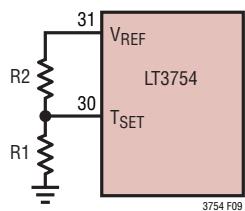


図9. T_{SET}ピンのプログラミング

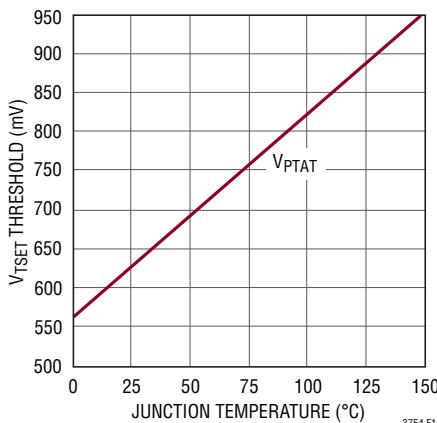


図10. T_{SET}ピンのスレッショルドのプログラミング

表7. 最大IC接合部温度をプログラムするための抵抗値
(V_{REF}(標準値)=1.485V)

T _J (°C)	R1(k)	R2(k)	T _{SET} (V)
100	24.9	20	0.824
115	28.0	20	0.866
130	30.9	20	0.902

過電圧保護(OVP)レベルのプログラミング

LT3754 LEDドライバでは、OVPSETピンを使用して最大安定化出力電圧の制限値をプログラムできるので、LEDおよび外部MOSFETを最適な形で保護することができます。過電圧保護(OVP)レベルは次のようにプログラムします。

$$\text{OVP(最大安定化}V_{\text{OUT}}\text{)} = 57 \cdot \text{OVPSET}$$

すべてのLEDストリングが故障してオープン状態になった場合、あるいは複数ストリングからなるLEDディスプレイの接続が解除された状態になった場合、LT3754 LEDドライバのループは、プログラムされたOVPレベルに電圧を調節します。OVPレベルは、LEDストリングを安定化できるだけの十分高い値にプログラムする必要がありますが、その一方で、パワースイッチの損傷を防ぎ、LEDストリングの再接続時にLEDピンにかかる電圧を最小限に抑えることができるだけの十分低い値とする必要があります。推奨OVPレベルは次式で与えられます。

$$\text{OVP(推奨値)} = 1.2 \cdot ((N \cdot V_F) + 1V)$$

ここで、

N = 1ストリング当たりのLED数

V_F = 最大LED順方向電圧降下

また、1.2のスケーリング・ファクタは、OVPSETピン電圧からOVPを生成する際の変動と起動ロジックの要件を考慮するためのものです。

例: 1ストリング当たりのLED数が10個で最大順方向電圧がLED1個当たり4Vの場合、コンバータのOVPレベルは次のようにプログラムします。

$$\text{OVP(Recommended)} = 1.2 \cdot ((10 \cdot 4) + 1V) = 49.2V$$

$$\text{For OVP} = 49.2V, \text{OVP}_{\text{SET}} = \frac{49.2}{57} = 0.863V$$

OVPSETピンの電圧は、REFピンからの抵抗分割器を使用して生成することができます。

アプリケーション情報

LEDのオープン状態とPWM調光比

LT3754は各LEDピンの電圧をモニタして、LEDストリングのオープン・フォールト(LEDピン電圧 < 0.5V)の有無を判断します。オープンLEDフォールトが発生すると、FAULTフラグが“L”になります。コンバータが始めて起動するときV_{OUT}がまだ低いときにフォールトが誤検出されるのを防ぐために、LT3754は、V_{OUT}がその最大許容OVPレベルの90%に達するまでの間、LEDピン電圧が低くてもこれを無視します。この条件が満たされれば、LT3754は、オープンLEDフォールトの有無を確認するためにすべてのLEDピンをモニタします。PWM調光エッジにおけるフォールトの誤検出を避けるために(調光エッジではLEDピンがリギングを起こしてフォールト検出レベルをトリップする可能性があります)、LT3754はPWMが“H”の時にだけ(なおかつPWMのそれぞれの立ち上がりエッジに続いて2μsのブランク期間が経過した後だけ)フォールト状態をモニタ/更新します。

LEDの短絡

LEDストリングの正端子(V_{OUT})とLEDストリングの負端子(LED_xピン)間に短絡フォールトが発生すると、内部電流源を保護するためにそのチャネルはディスエーブルになります。(V_{OUT}-V_{LEDx}) < 6Vであれば、抵抗性短絡は許容されます。ただし、短絡時には、ケーブルのインダクタンスにより、LEDピンの電圧がV_{OUT}電圧を超えてオーバーシュートする可能性があります。LEDピンの電圧が絶対最大定格電圧を超えるのを避けるために、ダイオードを使用してLEDピンをクランプしなければならない場合があります。1N4148WSダイオードのアノードはLEDピンに接続し、カソードはV_{OUT}ピンに接続します。トースはできるだけ短くしてください。ショットキー・ダイオードは逆バイアス・リーク電流が大きいので、使用しないでください。

ループ補償

LEDを接続した状態(LED安定化ループ)と切離した状態(過電圧保護(OVP)安定化ループ)で、ループの安定性を確認してください。データシートにはさまざまなアプリケーション回路が示されており、V_{IN}、V_{OUT}、f_{OOSC}、出力電力、インダクタ電流リップルなどの値もさまざまです。アプリケーションの要求がデータシートに示す回路と異なる場合は、すべてのV_{IN}範囲、LED電流範囲(アナログ調光の場合)、温度範囲にわ

たって最終的なアプリケーションの安定性を確認してください。V_Cピンのコンポーネントがコンバータ・ループのドミナント・ポールを構成していて、それらが安定性を実現するために調整されている場合は、すべてのLEDにオープン・フォールトが発生するなどの負荷過渡状態においてV_Cピンの動作が遅くなる場合があることに留意してください。V_Cピンの動作が遅くなると、すべてのLEDにオープン・フォールトが発生した時にV_{OUT}のオーバーシュートが大きくなります。もう1つの補償手法は、コンバータ・ループのドミナント・ポールを出力に置くことです。この場合は出力コンデンサの値を大きくする必要がありますが、V_Cコンデンサの値はずっと小さくすることができます。この組み合わせによってV_Cの動作をより迅速に、V_{OUT}の動作をより遅くすることができるので、すべてのLEDにオープン・フォールトが発生した時のオーバーシュートは小さくなります。

熱に関する検討事項

LT3754の内部電力損失の主な要因は3つ、すなわちV_{IN}消費電流(I_Qの合計)、GATEスイッチングのためのV_{IN}電流(I_{GATE})、そしてLT3754のLED電流源です。最大動作V_{IN}電圧は40Vで、GATEスイッチングのためにV_{IN}が必要とする電流は次式で与えられるので、スイッチング周波数と外部パワーMOSFETを選択する際は注意が必要です。

$$I_{GATE} = f_{OOSC} \cdot Q_g$$

ここで、Q_gはMOSFETに指定されたゲート電荷で(V_{GS} = INTV_{CC}における値)、f_{OOSC}はLT3754に対してプログラムされたスイッチング周波数です。高いV_{IN}電圧でLT3754を使用する場合は、常にQ_gの小さなMOSFETを使用する必要があります。LT3754の内部接合部温度は次式で推算できます。

$$T_J = T_A + [V_{IN} \cdot (I_{QTOTAL} + (f_{OOSC} \cdot Q_g)) + (16 \cdot I(LED_x) \cdot 1.1V)] \cdot \theta_{JA}$$

ここで、T_AはLT3754の周囲温度、I_{QTOTAL}は(「標準的性能特性」のグラフに示されている)LT3754のV_{IN}消費電流(スイッチング動作なし、PWM = 1.5V、CTRL = 0.1V)にアクティブ・チャネルのベース電流(標準値は16 • I(LED)/75)を加えた値です。θ_{JA}はパッケージの熱抵抗です(5mm × 5mm QFNパッケージで34°C/W)。

アプリケーション情報

例:10個のLEDからなるストリング16本を必要とする12WのLEDドライバ・アプリケーションで、それぞれのストリングが20mAでドライブされ、 $V_{IN} = 24V$ 、 $f_{OSC} = 1MHz$ 、 $Q_g(V_{GS} = 7V)$ の場合 = $15nC$ 、 $I(LED_X) = 20mA$ 、LT3754 デバイスの周囲温度が $85^{\circ}C$ の場合、LT3754の接合部温度は次式で見積もることができます。

$$\begin{aligned} T_J &= 85^{\circ}C + [24 \cdot (9.5mA + (16 \cdot 20mA/75)) + (1MHz \cdot 15nC)] + (16 \cdot 20mA \cdot 1.1V) \cdot 34 \\ &= 85^{\circ}C + [(24 \cdot 28.8mA) + (320mA \cdot 1.1V)] \cdot 34 \\ &= 85^{\circ}C + (0.691W + 0.35W) \cdot 34 \\ &= 85^{\circ}C + 35^{\circ}C \\ T_J &= 120^{\circ}C \end{aligned}$$

パッケージ底部の露出パッドは、グランド・プレーンに半田付けしなければなりません。グランド・プレーンは、LT3754が発生する熱を放出するために、パッケージの真下に設けられたビアを使って内部の銅グランド・プレーンに接続する必要があります。

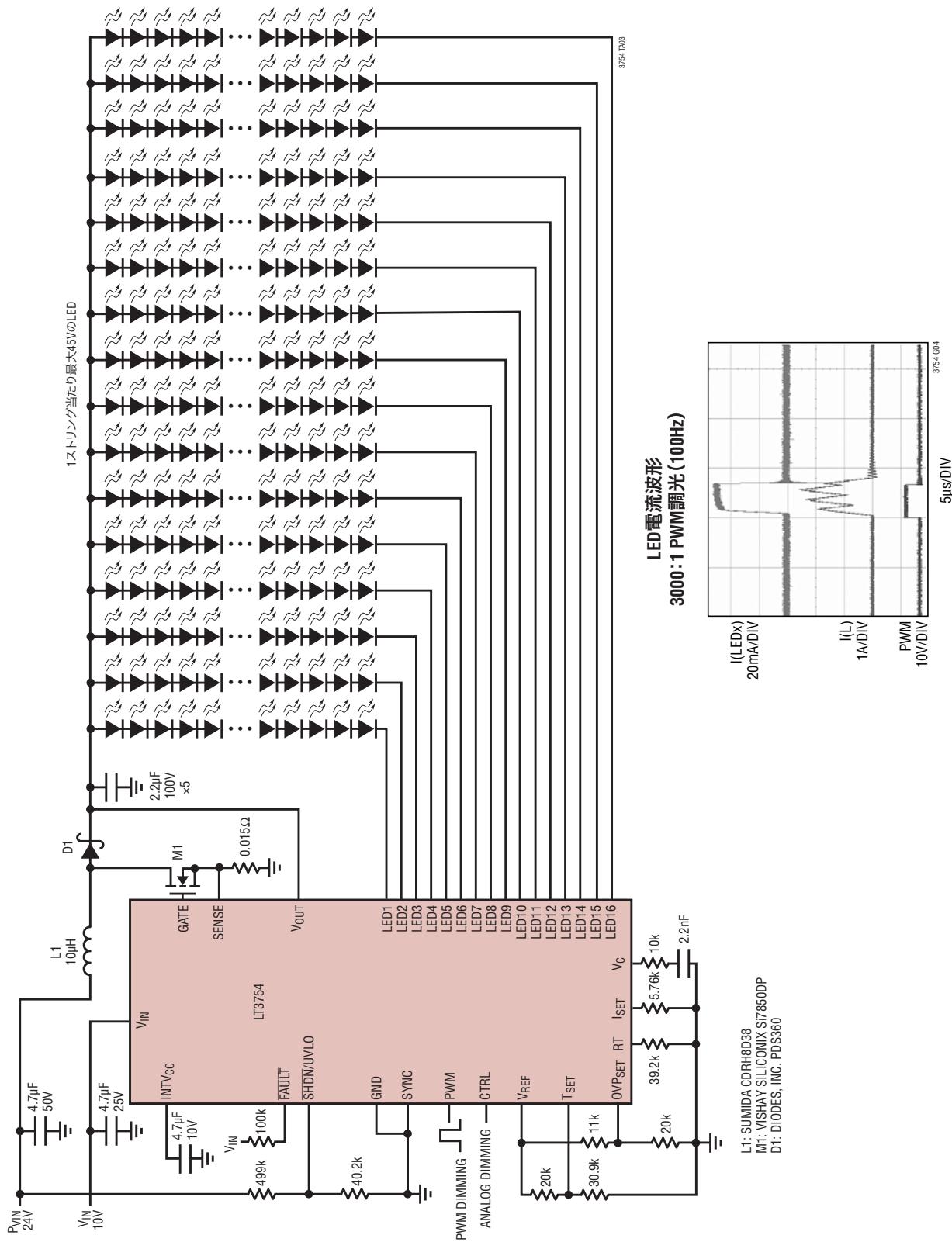
回路レイアウトに関する検討事項

すべてのスイッチング・レギュレータ同様、熱的、電気的、ノイズの面から最適な性能を実現するには、PCBのレイアウトと部品の配置に十分な注意を払う必要があります。LT3754の露出パッドは、このデバイスにとって唯一のグランド接続です。露出

パッドは、デバイスの熱を下げる電力能力を最大限に上げるために、デバイスの下にある連続した銅グランド・プレーンに半田付けする必要があります。アナログ・グランドは、RTピンと V_C ピンの近くにある露出パッドにダウンボンディングされています。 I_{SET} 、 R_T 、 V_C の各コンポーネントは、これらのピンの近くにあるグランド銅の領域に接続する必要があります。OVPSET トランクは動作の速い信号から離すとともに、外部コンデンサが装荷されないようにする必要があります。GATEピンのターンオフ電流は、ダウンボンドを通じてGATEピン近くの露出パッドへ抜けます。この銅のエリアは、インダクタ入力コンデンサ、 $INTV_{CC}$ コンデンサ、および出力コンデンサの電源グランド (PGND) 接続とする必要があります。このデバイスの V_{IN} ピンには、独立したバイパス・コンデンサが必要になります。このコンデンサは V_{IN} ピンの近くに置き、アナログ・グランドに対応する銅エリアに接続します。MOSFETピーク電流検出のエラーをできるだけ少なくするために、センス抵抗 (RS) は SENSEピンと、ピン近くの電源グランド銅エリアにケルビン接続する必要があります。MOSFETドレインの立ち上がり時間と立下り時間は、最大限の効率を得るために、できるだけ短くなるように設計します。放射ノイズと導通ノイズの影響を減らすために、MOSFETドレイン用の銅トレスの面積はできるだけ小さくする必要があります。また、スイッチング・レギュレータの下にあるグランド・プレーンを使って、プレーン間の結合を最小に抑えてください。この高周波数スイッチング経路を最小に抑えるために、ショットキー・ダイオードと出力コンデンサは出来るだけドレイン・ノードに近づけて配置します。

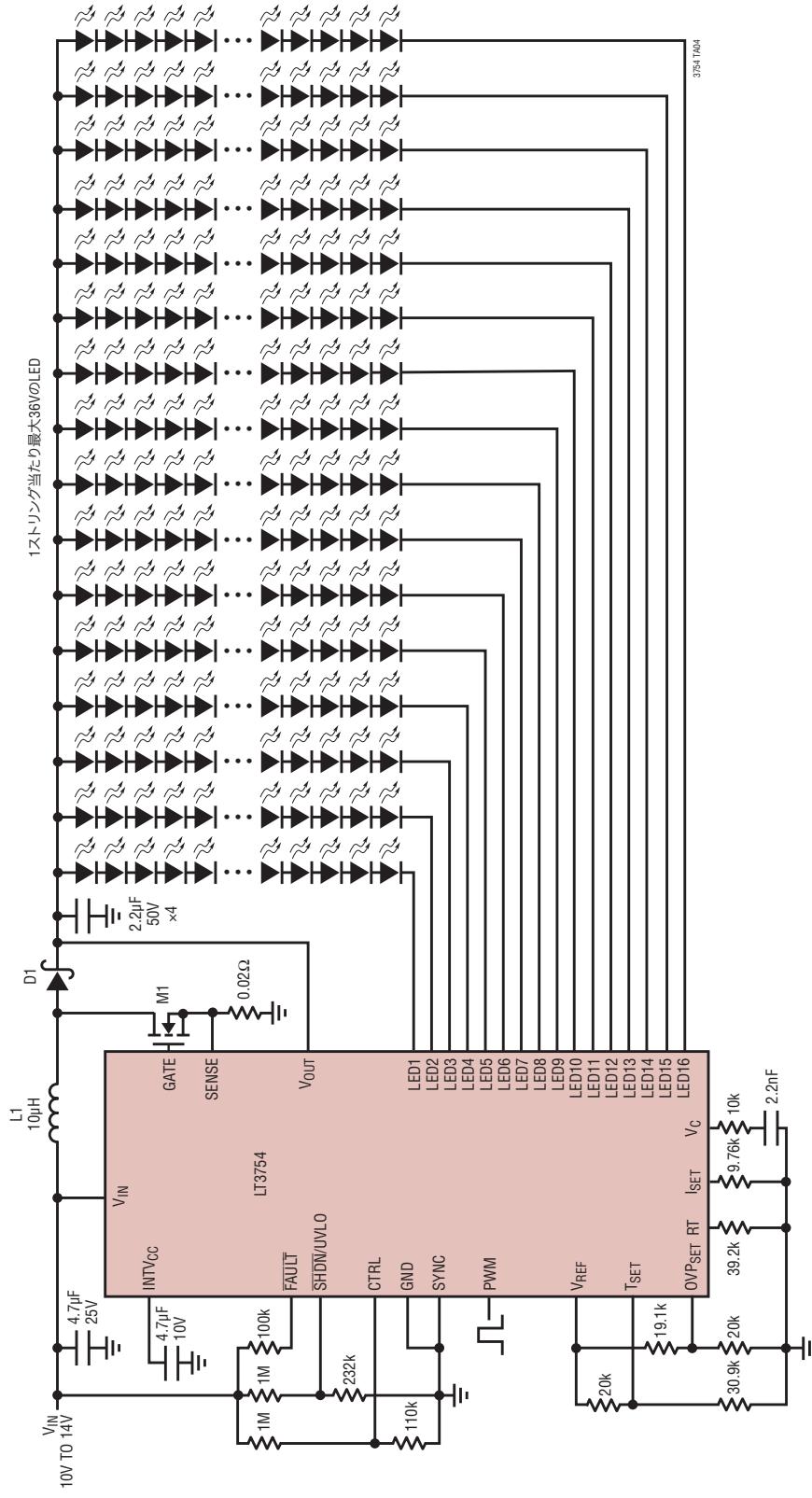
標準的応用例

効率92%、36W LEDドライバ、1MHz昇圧、16ストリング、1ストリング当たり50mA



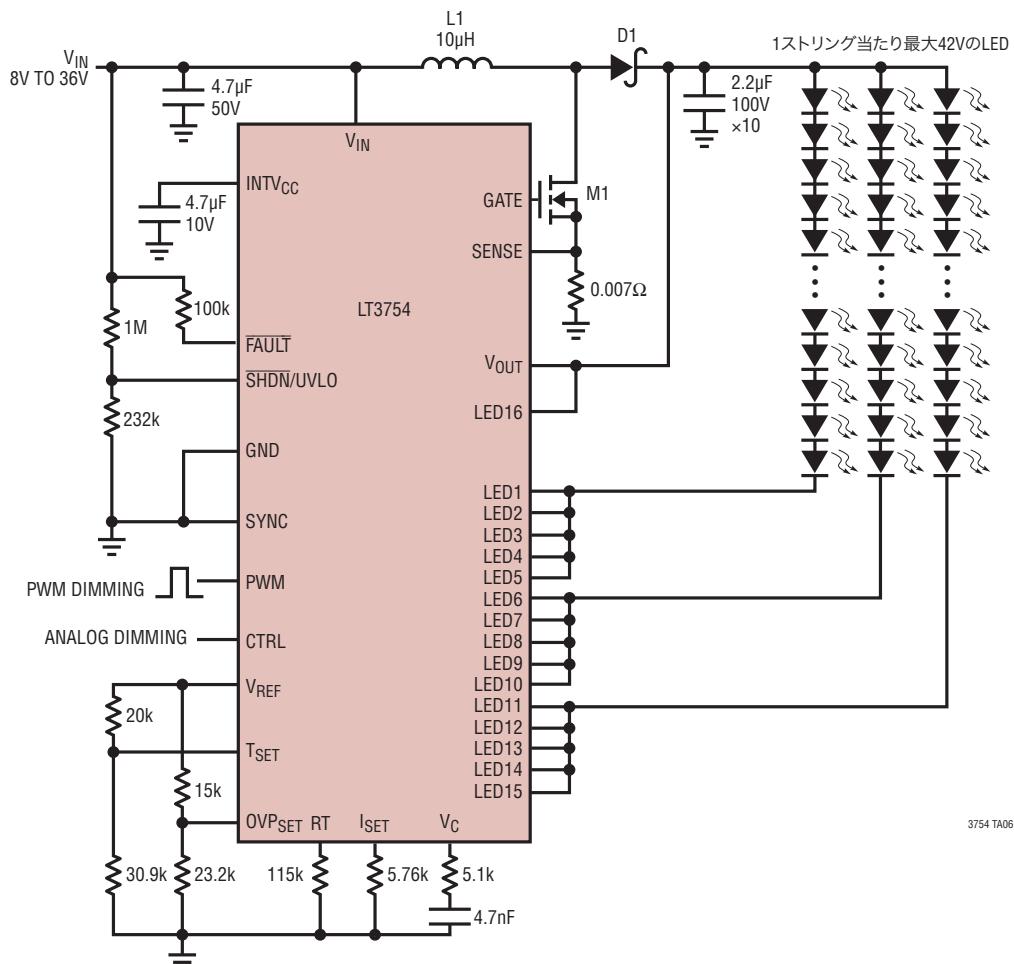
標準的応用例

17W LEDドライバ、1MHz昇圧、16ストリング、1ストリング当たり30mA



標準的応用例

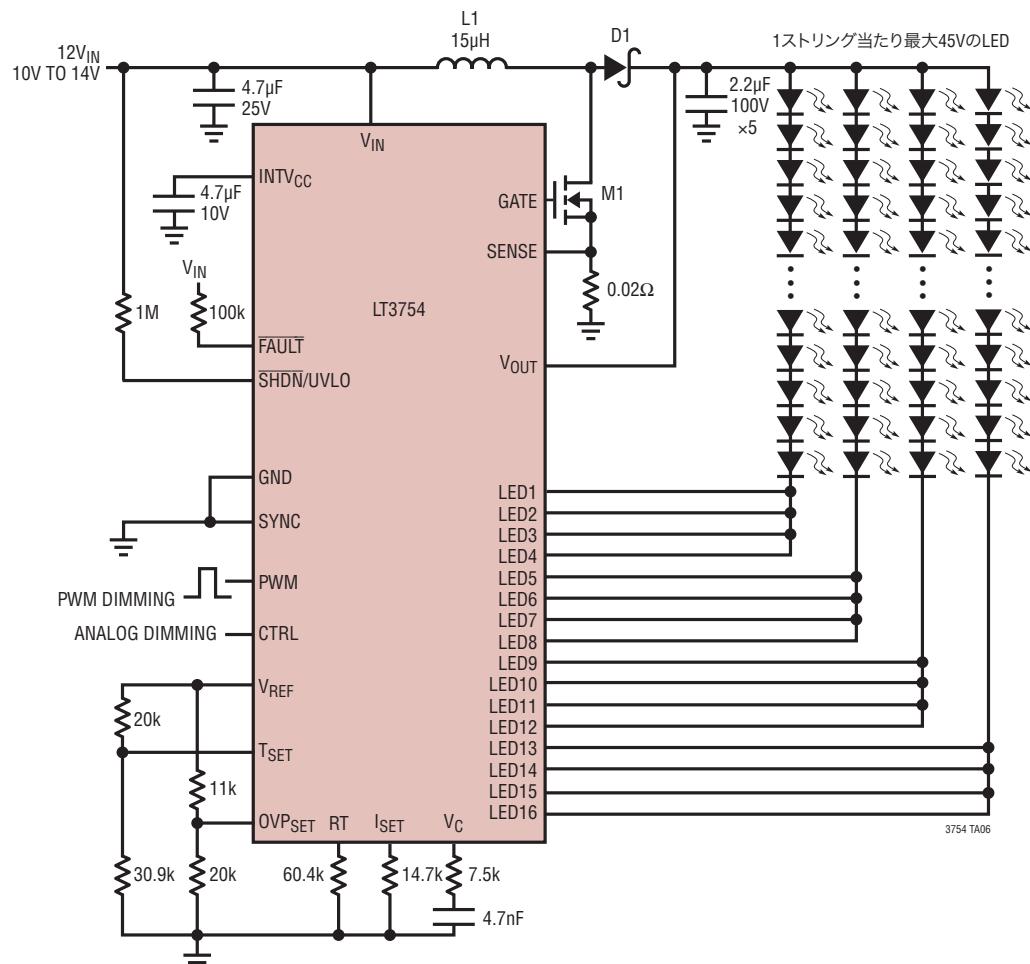
31W LEDドライバ、400kHz昇圧、3ストリング、1ストリング当たり250mA



L1: COOPER BUSSMANN HC9-100-R
 M1: VISHAY SILICONIX Si7850DP
 D1: DIODES, INC. PDS560

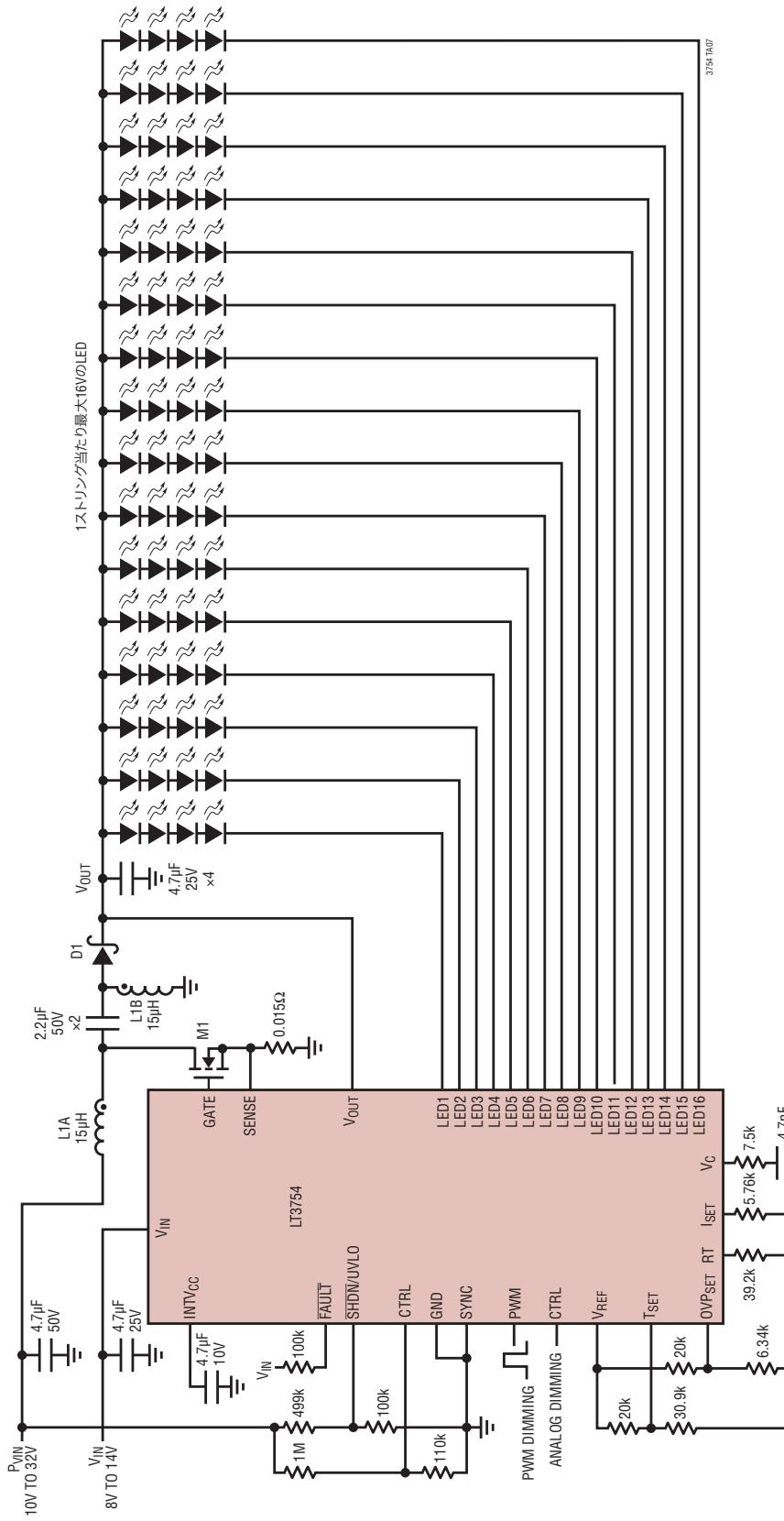
標準的応用例

14W LEDドライバ、700kHz昇圧、4ストリング、1ストリング当たり80mA



L1: SUMIDA CDRH8D38
 M1: VISHAY SILICONIX Si7308DN
 D1: DIODES, INC. DFLS160

標準的応用例

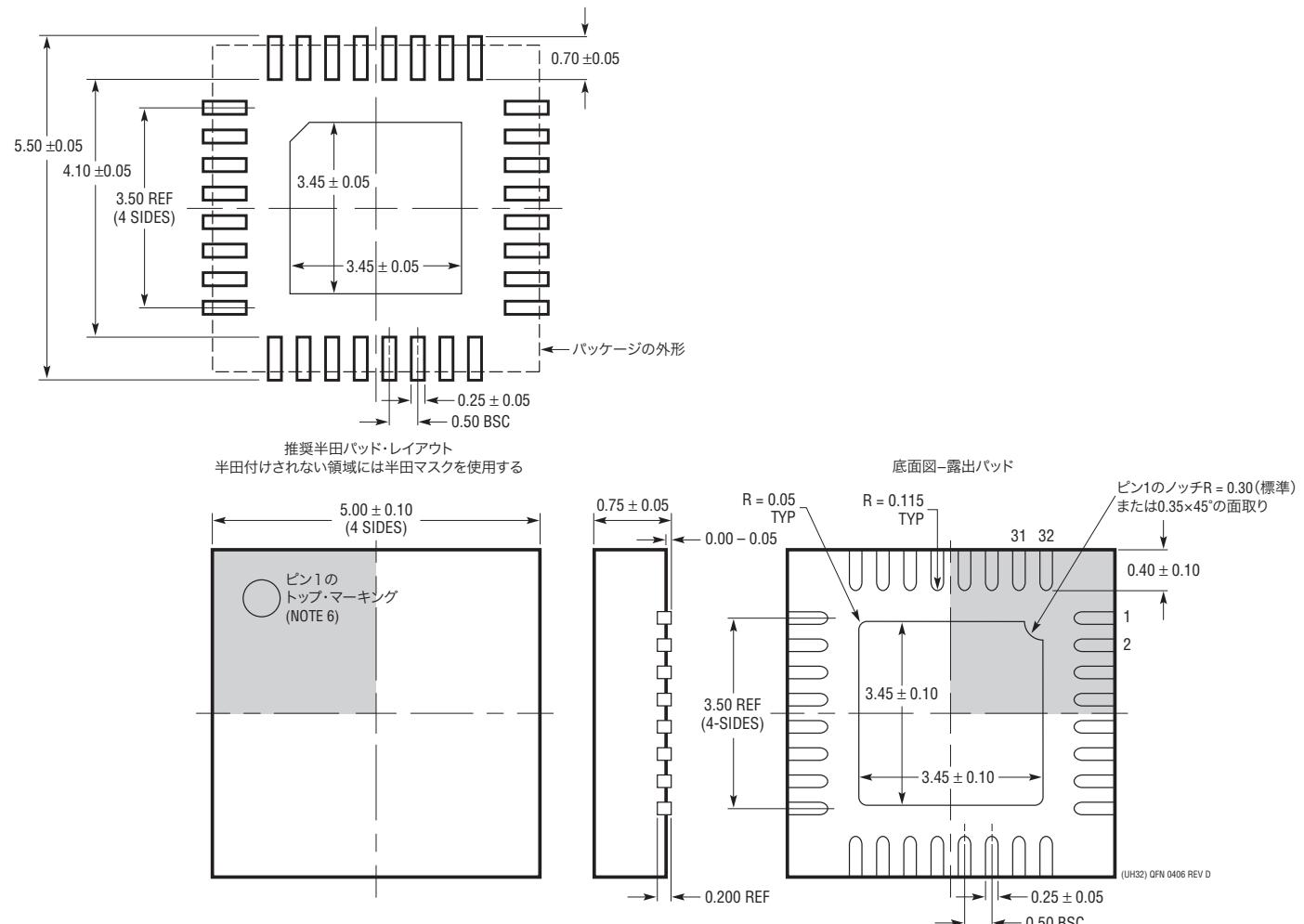
13W LEDドライバ、1MHz SEPIC、16ストリング、1ストリングあたり50mA (V_{OUT}のGNDに対する耐性あり)

L1A, L1B: 15μH COUPLED INDUCTOR DRQ125
 M1: VISHAY SILICONIX S77850DP
 D1: DIODES, INC. PDS560

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

UHパッケージ
32ピン・プラスチックQFN (5mm×5mm)
(Reference LTC DWG # 05-08-1693 Rev D)



NOTE:

1. 図はJEDEC/パッケージ外形MO-220のバリエーション(WHHD-(X))にするよう提案されている(承認待ち)
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.20mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田めっきとする
6. 灰色の部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	07/10	V _{REF} ピンのラベルを改訂 電気的仕様の限界値($V_{IN(MAX)} = INTV_{CC}$ の絶対最大値)の修正 「電気的特性」の条件を改訂 「標準的性能特性」(ラベル)の改訂 「ピン機能」を改訂 「動作」の文章を改訂 等式の改訂 テキストの誤りを修正 「PWM調光」のガイドラインを改訂(項目7、8を追加) 図6を改訂 「LEDの短絡」の文章を改訂 「標準的応用例」(出力コンデンサのフォーマット)を改訂 新しい「標準的応用例」を追加(SEPIC) 「関連製品」を改訂	1、2、18、23、24、25、26 3 3、4、5 7 8 10 13 14、15、20 17 18 21 23、24、25 27 30
B	01/11	「ピン機能」セクションのFAULTピンの記述を改訂	8
C	10/11	「特長」セクションを改訂 「LED周囲温度に対するLED電流ディレーティング(ブレーキポイントとスロープ)のプログラミング(CTRLピン)」セクションを改訂	1 18

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3755/LT3755-1	ハイサイド40V、1MHz LEDコントローラ、3,000:1のTrue Color PWM調光付き	$V_{IN(MIN)}=4.5V$ 、 $V_{IN(MAX)}=40V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=60V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、3mm×3mm QFN-16およびMSOP-16Eパッケージ
LT3756/LT3756-1	ハイサイド100V、1MHz LEDコントローラ、3,000:1のTrue Color PWM調光付き	$V_{IN(MIN)}=6.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=100V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=100V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、3mm×3mm QFN-16およびMSOP-16Eパッケージ
LT3598	44V、1.5A、2.5MHz昇圧6チャネル 20mA LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=3V$ 、 $V_{IN(MAX)}=30V$ (40V MAX)、 $V_{OUT(MAX)}=44V$ 、True Color PWM調光比=1,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-24パッケージ
LT3599	44V、2A、2MHz昇圧4チャネル 120mA LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=3V$ 、 $V_{IN(MAX)}=30V$ (40V MAX)、 $V_{OUT(MAX)}=44V$ 、True Color PWM調光比=1,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-24パッケージ
LT3595	45V、2.5MHz 16チャネル、フル機能LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=4.5V$ 、 $V_{IN(MAX)}=45V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=45V$ 、True Color PWM調光比=5,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、5mm×9mm QFN-56パッケージ
LTC3783	ハイサイド36V、1MHz LEDコントローラ、3,000:1のTrue Color PWM調光付き	$V_{IN(MIN)}=3.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=36V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=40V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<20\mu A$ 、4mm×5mm DFN-16およびTSSOP-16Eパッケージ
LT3517	1.3A、2.5MHz 高電流LEDドライバ、3,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)}=3.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=30V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=45V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-16パッケージ
LT3518	2.3A、2.5MHz 高電流LEDドライバ、3,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)}=3.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=30V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=45V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-16パッケージ
LT3486	デュアル1.3A、2MHz高電流LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)}=24V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=36V$ 、True Color PWM調光比=1,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、5mm×3mm DFNおよびTSSOP-16Eパッケージ
LT3478/LT3478-1	4.5A、2MHz 高電流LEDドライバ、3,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)}=2.8V$ 、 $V_{IN(MAX)}=36V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=40V$ 、True Color PWM調光比=1,000:1、 $I_{SD}<10\mu A$ 、5mm×7mm QFN-10パッケージ
LT3496	750mAトリプル出力、2.1MHz 高電流LEDドライバ、3,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)}=3.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=30V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=40V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、4mm×5mm QFN-28パッケージ
LT3474/LT3474-1	36V、1A(I_{LED})、2MHz、降圧LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=4.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=36V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=13.5V$ 、True Color PWM調光比=400:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、TSSOP-16Eパッケージ
LT3475/LT3475-1	デュアル1.5A(I_{LED})、36V、2MHz、降圧LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}=4.0V$ 、 $V_{IN(MAX)}=36V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=13.5V$ 、True Color PWM調光比=3,000:1、 $I_{SD}<1\mu A$ 、TSSOP-20Eパッケージ
LT3476	1.5Aクワッド出力、2MHz高電流LEDドライバ、1,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)}=2.8V$ 、 $V_{IN(MAX)}=16V$ 、 $V_{OUT(MAX)}=36V$ 、True Color PWM調光比=1,000:1、 $I_{SD}<10\mu A$ 、5mm×7mm QFN-10パッケージ