

60Vトリプル降圧 LEDドライバ

特長

- 高速NPN電流源でチャンネル当たり最多10個のLEDをドライブする3個の100mA降圧レギュレータ
- パルス幅1μs未満の高速電流源 (100Hzで10,000:1のTrue Color PWM™調光)
- シャットダウン時にLEDを切断
- 出力電圧の適応制御により効率を改善
- 入力電圧範囲: 6V ~ 60V
- LEDの電流整合: ±2%
- 外付け抵抗でチャンネルごとにLED電流を設定
- 内部補償とソフトスタート
- プログラム可能なスイッチング周波数: 200kHz ~ 1MHz
- 外部クロックに同期可能
- オープンLEDの検出と通知
- 短絡LEDピンの保護と通知
- LEDの熱特性に応じたディレーティングをプログラム可能
- プログラム可能な温度保護
- 高電圧ピン間スペースが0.6mmの熱特性が改善された 5mm×8mm QFNパッケージ

アプリケーション

- LEDの広告塔や看板
- モノカラー、マルチカラー、フルカラーのLEDディスプレイ
- 大画面ディスプレイのLEDバックライト
- 車載、産業用、および医療用ディスプレイ

概要

LT[®]3597は60Vトリプル降圧LEDドライバです。このデバイスは各チャンネルで最多10個のLEDをドライブし、高速NPN電流源を使用して100Hzで10,000:1のデジタルPWM調光を実現します。CTRL1 ~ CTRL3ピンのアナログ制御によってLED調光を行うこともできます。

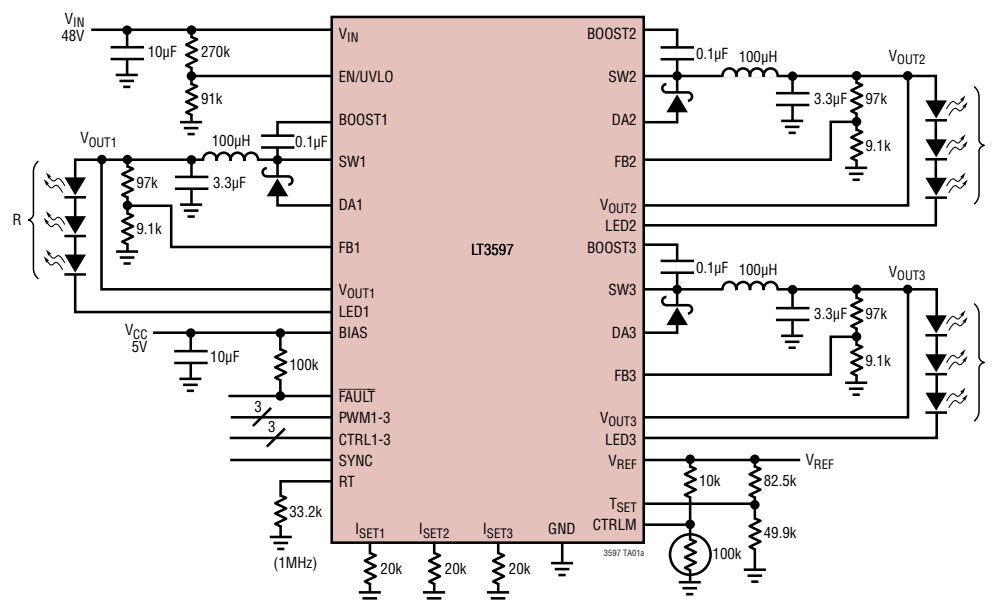
降圧レギュレータのスイッチング周波数は200kHz ~ 1MHzの範囲で設定可能です。また、この周波数は外部クロックに同期することも可能です。LT3597はLED製造元の温度ディレーティング仕様に従いながらも、LEDの最高輝度を実現します。ディレーティング温度はマスター制御ピンに接続された負の温度係数(NTC)抵抗によって設定します。

LT3597は最適な効率を達成するために出力電圧の適応制御を行います。この他に、2%のチャンネル間LED電流マッチング特性、オープンLEDの通知、LEDの短絡保護、プログラム可能なLED電流、プログラム可能な温度保護などを特長としています。

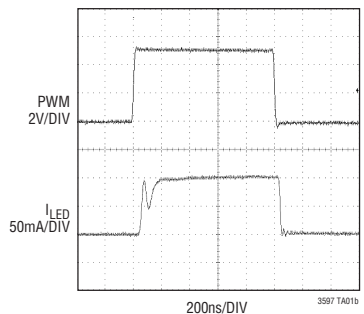
LT、LT、LTCおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。True Color PWMはリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

トリプル降圧RGB単一画素LEDドライバ、電流100mA



100Hzでの10,000:1 PWM調光



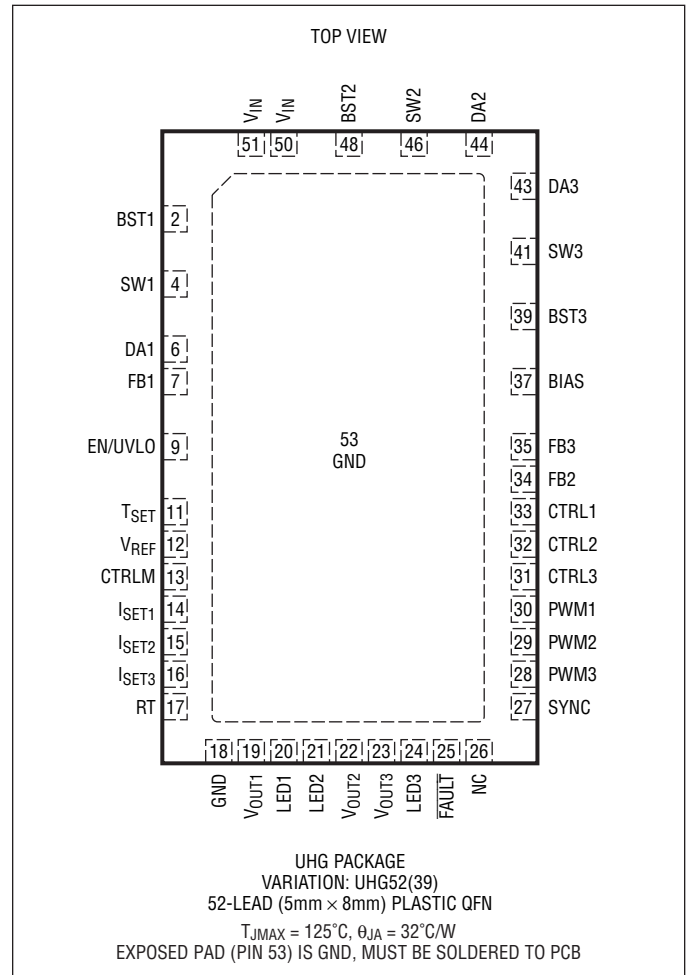
LT3597

絶対最大定格

(Note 1)

入力電圧 (V_{IN})、EN/UVLO	60V
BOOST1 ~ BOOST3	85V
BOOSTピンがSWピンより高いときの両ピン間許容電圧差	25V
LED1 ~ LED3、 V_{OUT1-3}	42V
BIAS、FAULT	25V
V_{REF} 、RT、 I_{SET1-3} 、 T_{SET} 、CTRLM	3V
FB1 ~ FB3、CTRL1 ~ CTRL3、PWM1 ~ PWM3、SYNC	6V
動作接合部温度範囲 (Note 2、3)	-40°C ~ 125°C
最大接合部温度	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
LT3597EUHG#PBF	LT3597EUHG#TRPBF	3597	52-Lead (5mm × 8mm) Plastic QFN	-40°C to 125°C
LT3597IUHG#PBF	LT3597IUHG#TRPBF	3597	52-Lead (5mm × 8mm) 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/tapeandree/> をご覧ください。

電氣的特性

●は全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。注記のない限り、 $V_{IN} = 24\text{V}$ 、 $\text{BOOST} = 29\text{V}$ 、 $\text{BIAS} = 5\text{V}$ 、 $\text{EN/UVLO} = 5\text{V}$ 、 $\text{PWM1} \sim \text{PWM3} = 3.3\text{V}$ 、 $\text{CTRL1} \sim \text{CTRL3} = \text{CTRLM} = T_{\text{SET}} = 2.0\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT1-3}} = 24\text{V}$ 、 $\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{IN} Operating Voltage		6		55	V
Quiescent Current from V_{IN}	EN/UVLO = 0.4V BIAS = 5V, Not Switching BIAS = 0V, Not Switching		2.1 4	2 4 6	μA mA mA
Minimum BIAS Voltage			3	3.1	V
Quiescent Current from BIAS	EN/UVLO = 0.4V BIAS = 5V, Not Switching BIAS = 0V, Not Switching, Current Out of Pin		2 60	2 3 150	μA mA μA
EN Threshold (Falling)		0.4	0.7		V
UVLO Threshold (Falling)		1.47	1.51	1.53	V
EN/UVLO Pin Current (Hysteresis)	EN/UVLO = 1.6V EN/UVLO = 1.4V	4	10 5.1	6	nA μA
FB1-3 Regulation Voltage		1.15	1.22	1.25	V
FB1-3 Pin Bias Current	FB = 6V			200	nA
Maximum Duty Cycle	$R_T = 220\text{k}$ (200kHz) $R_T = 33.2\text{k}$ (1MHz)	90 78	95 85		% %
Switch Saturation Voltage	$I_{\text{SW1-3}} = 100\text{mA}$		265		mV
Switch Current Limit		400	510	700	mA
DA Pin Current to Stop OSC		225	280	350	mA
Switch Leakage	$V_{\text{SW1-3}} = 0\text{V}$			700	nA
BST1-3 Pin Current	$I_{\text{SW1-3}} = 100\text{mA}$		2		mA
Switching Frequency	$R_T = 220\text{k}$ $R_T = 33.2\text{k}$	170 900	200 1000	230 1100	kHz kHz
SYNC Input Low				0.4	V
SYNC Input High		1.6			V
SYNC Frequency Range	$R_T = 220\text{k}$ $R_T = 47\text{k}$	240		1000	kHz kHz
SYNC Pin Bias Current	$V_{\text{SYNC}} = 3.3\text{V}$			200	nA
Soft-Start Time	(Note 4)		2.5		ms
V_{REF} Voltage	$I_{\text{VREF}} = 0\mu\text{A}$	1.96	2.0	2.04	V
Maximum V_{REF} Current		200			μA
$I_{\text{SET1-3}}$ Pin Voltage	$R_{\text{SET1-3}} = 20\text{k}$, $V_{\text{CTRL}} = V_{\text{CTRLM}} = T_{\text{SET}} = 1.5\text{V}$		1.0		V
T_{SET} Voltage for LED Current Derating			540		mV
T_{SET} Pin Leakage Current	$V_{\text{TSET}} = 1.0\text{V}$			200	nA
$I_{\text{LED1-3}}$ LED Current	$R_{\text{SET1-3}} = 20\text{k}$	98 97	100 100	102 103	mA mA

電気的特性

●は全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。注記のない限り、 $V_{IN} = 24\text{V}$ 、 $\text{BOOST} = 29\text{V}$ 、 $\text{BIAS} = 5\text{V}$ 、 $\text{EN/UVLO} = 5\text{V}$ 、 $\text{PWM1} \sim \text{PWM3} = 3.3\text{V}$ 、 $\text{CTRL1} \sim \text{CTRL3} = \text{CTRLM} = T_{\text{SET}} = 2.0\text{V}$ 、 $V_{\text{OUT1-3}} = 24\text{V}$ 、 $\text{SYNC} = 0\text{V}$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LED String Current Matching	$R_{\text{ISET1-3}} = 20\text{k}$		± 0.35 ± 0.35	± 1.5 ± 2	% %
LED Pin Voltage	Adaptive V_{OUT} Loop Enabled		1.1		V
LED1-3 Open Detection Threshold			0.28		V
LED1-3 Short Protection Threshold (from GND)	$\text{PWM1-3} = 3.3\text{V}$	10		15	V
LED1-3 Short Protection Threshold (from $V_{\text{OUT1-3}}$)	$V_{\text{OUT1-3}} = 6\text{V}$	1	1.25	2	V
LED1-3 Pin Leakage Current	$V_{\text{LED1-3}} = 42\text{V}$			200	nA
PWM1-3 Input Low Voltage				0.4	V
PWM1-3 Input High Voltage		1.6			V
PWM1-3 Pin Bias Current				200	nA
CTRL1-3 Voltage for Full LED Current		1.2			V
CTRL1-3 Pin Bias Current	$\text{CTRL1-3} = 6\text{V}$			200	nA
CTRLM Voltage for Full LED Current		1.2			V
CTRLM Pin Bias Current	$\text{CTRLM} = 3\text{V}$			200	nA
FAULT Output Voltage Low	$I_{\text{FAULT}} = 200\mu\text{A}$		0.11		V
FAULT Pin Input leakage Current	$\text{FAULT} = 25\text{V}$			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。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。

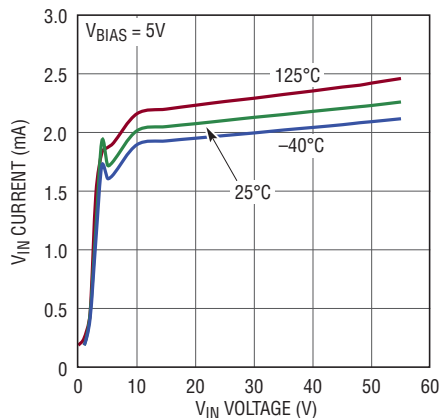
Note 2: LT3597Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3597Iの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で保証されている。

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」のセクションの「熱に関する検討事項」を参照。

Note 4: 設計によって保証されている。

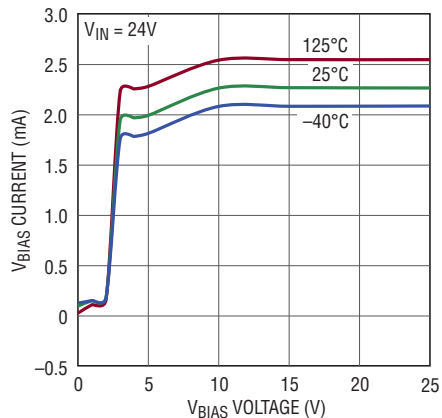
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

V_{IN} の消費電流



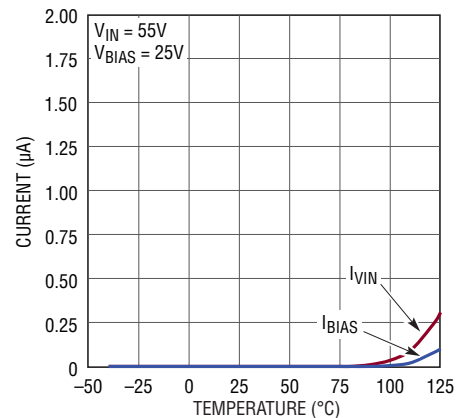
3597 G01

V_{BIAS} の消費電流



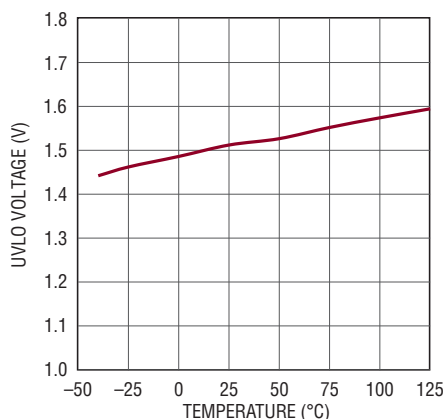
3597 G02

シャットダウン電流



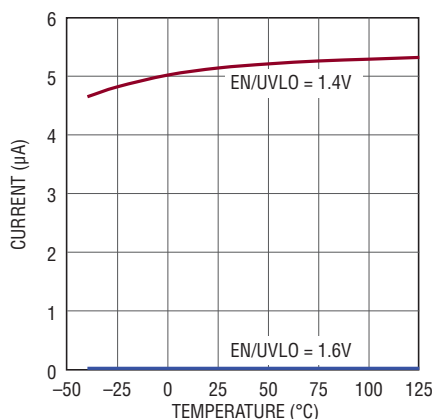
3597 G03

UVLOスレッシュホールド(下降時)



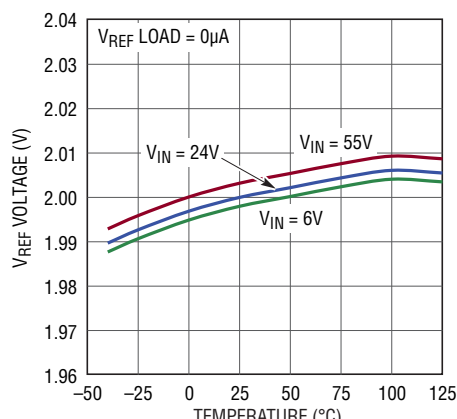
3597 G04

EN/UVLOピンのバイアス電流



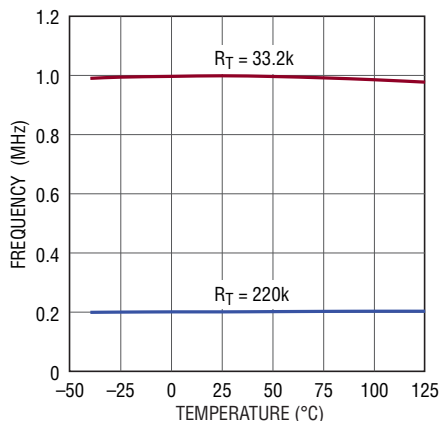
3597 G05

V_{REF} の電圧



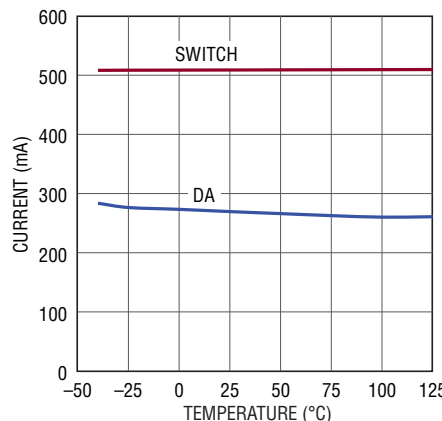
3597 G06

スイッチング周波数



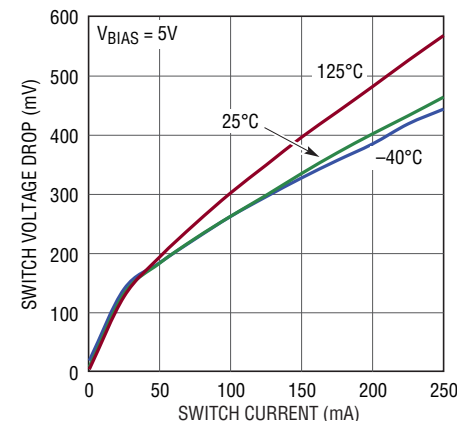
3597 G07

電流制限値



3597 G08

スイッチの電圧降下

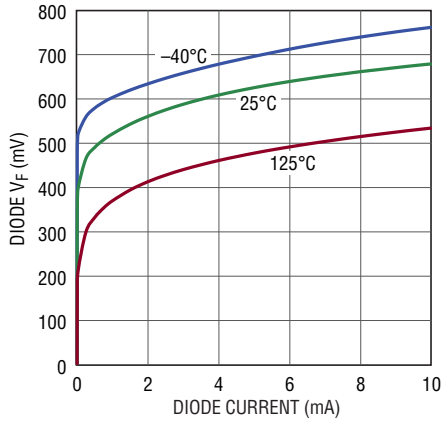


3597 G09

LT3597

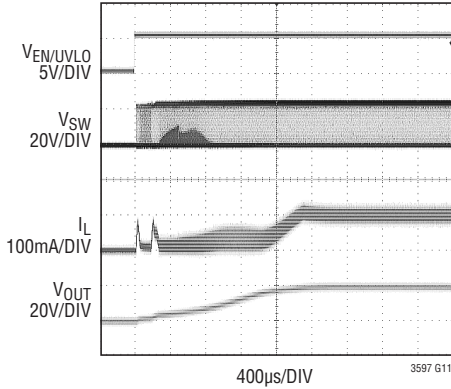
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

ブースト・ダイオードの V_F



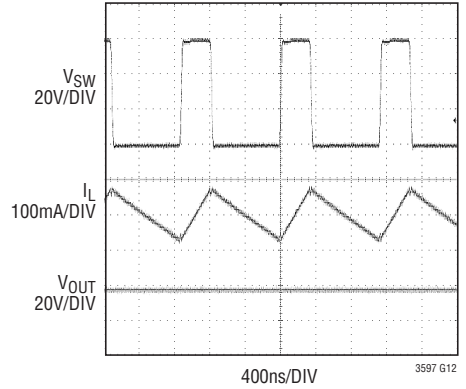
3597 G10

ソフトスタート



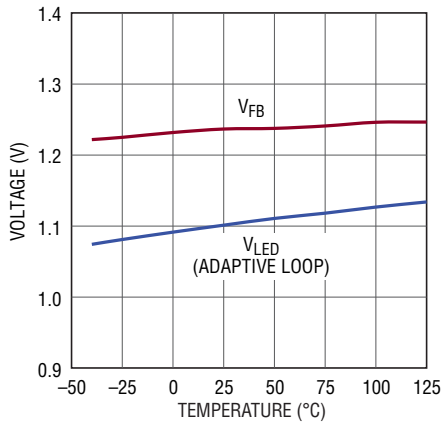
3597 G11

60V スイッチング波形



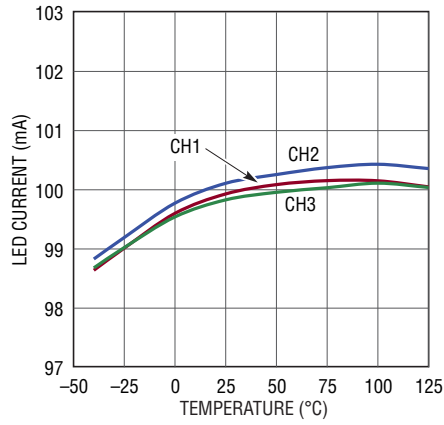
3597 G12

ループ調節電圧



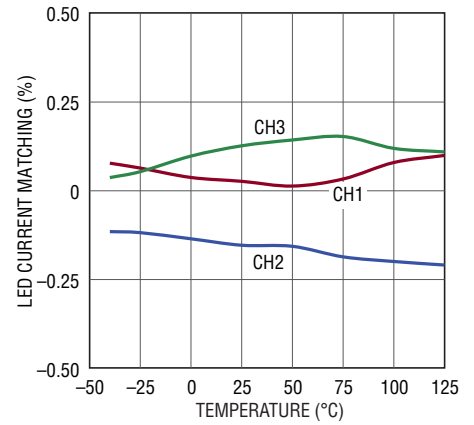
3597 G13

LED 電流



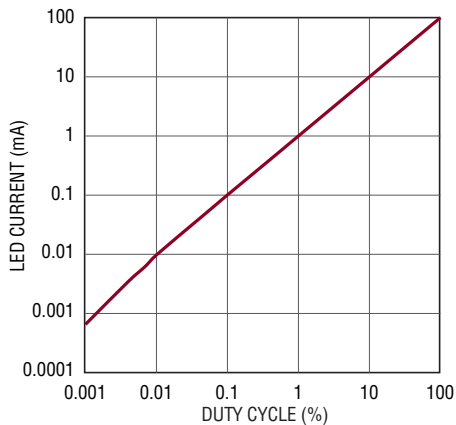
3597 G14

LED 電流の整合



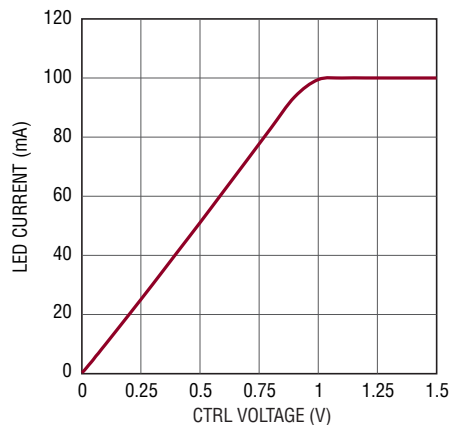
3597 G15

LED 電流と PWM デューティ・サイクル



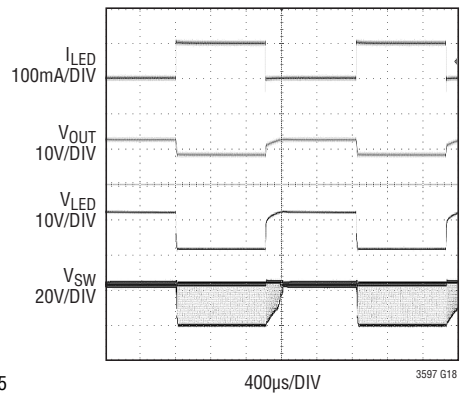
3597 G16

LED 電流と CTRL



3597 G17

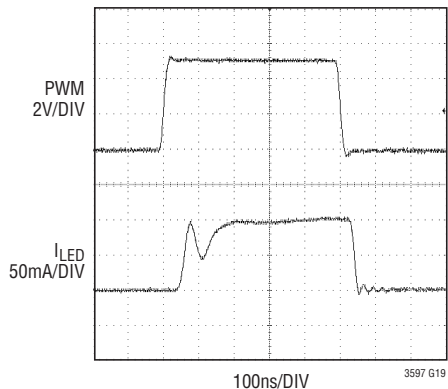
適応型ループ動作



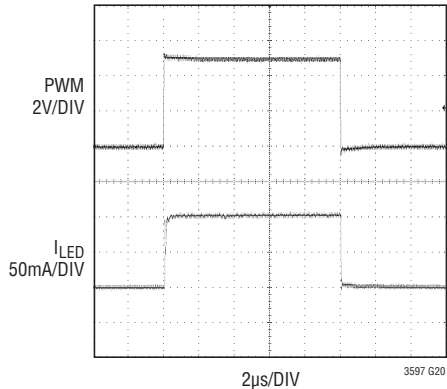
3597 G18

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

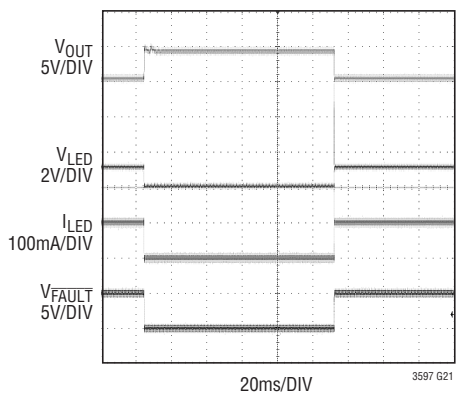
20,000:1 PWM 調光 (100Hz)



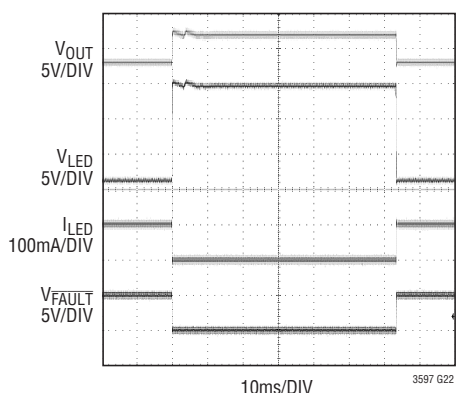
1,000:1 PWM 調光 (100Hz)



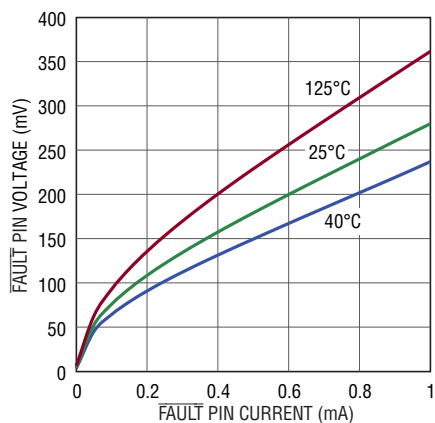
オープンLEDのフォールト



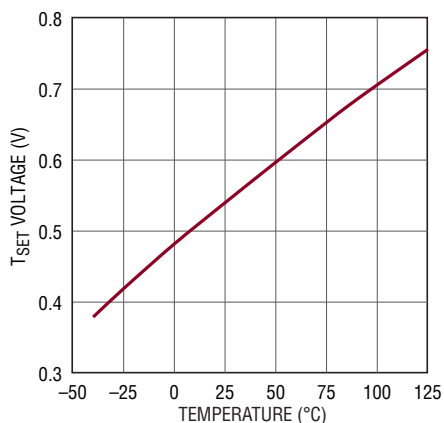
短絡したLEDのフォールト



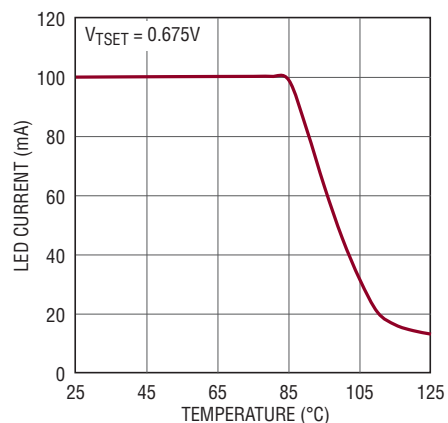
FAULTピン電圧“L”



温度ディレーティング用の
TSET電圧



TSET LED電圧のディレーティング



ピン機能

BOOST1、BOOST2、BOOST3 (ピン 2、48、39): 昇圧コンデンサのピン。このピンは、スイッチがオンしてスイッチ・ドライバに電流を供給するときに、入力電圧より高い電圧を供給するために使用されます。

SW1、SW2、SW3 (ピン 4、46、41): スイッチ・ピン。インダクタ、キャッチ・ダイオードおよび昇圧コンデンサをこのピンに接続します。

DA1、DA2、DA3 (ピン 6、44、43): キャッチ・ダイオードのアノード。このピンは異常時に周波数フォールドバック動作を行うために使用されます。

FB1、FB2、FB3 (ピン 7、34、35): フィードバック・ピン。このピンは内部バンドギャップ電圧に安定化されます。降圧出力電圧の最大値は、このピンを VOUT1 ~ VOUT3 からの抵抗分割器に接続することによって設定できます。

EN/UVLO (ピン 9): イネーブルおよび低電圧ロックアウトのピン。正確な 1.51V のスレッシュホールド。UVLO スレッシュホールドは、V_{IN} からの抵抗分割器を使用することによってプログラムできます。この機能が不要な場合は、このピンを V_{IN} ピンに接続できます。

TSET (ピン 11): 熱調節ピン。LED 電流がディレーティングを開始する LT3597 の接合部温度をプログラムします。

VREF (ピン 12): 2.0V の基準電圧出力ピン。このピンは 200 μ A までの電流を供給可能で、TSET および CTRLM をプログラムするのに使用できます。

CTRLM (ピン 13): マスター制御ピン。VREF からの分圧器に外付けの NTC 抵抗を使用することにより CTRLM 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すべてのチャンネルについて実現できます。

ISET1、ISET2、ISET3 (ピン 14、15、16): LED 電流のプログラミング・ピン。グラウンドに接続する抵抗により、フルスケール LED 電流をプログラムします。

RT (ピン 17): スイッチング周波数のプログラミング・ピン。グラウンドに接続する抵抗により、200kHz ~ 1MHz のスイッチング周波数をプログラムします。

GND (ピン 18、露出パッドのピン 53): グラウンド・ピン。これは IC とスイッチング・コンバータの両方のグラウンドです。露出パッドは PCB のグラウンドに半田付けする必要があります。

VOUT1、VOUT2、VOUT3 (ピン 19、22、23): 降圧出力。これは IC 内部への降圧レギュレータ出力電圧検出端子です。

LED1、LED2、LED3 (ピン 20、21、24): 定電流シンク・ピン。これらは 3 つの LED ドライバ出力で、それぞれがオープン・コレクタを内蔵しており、低電流シンクとして機能します。すべての出力電流マッチング精度は $\pm 2\%$ 以内で、ISET1 ~ ISET3 ピンに外付け抵抗を使用することで個別に 100mA までの電流を設定することが出来ます。出力の定格は VOUT1 ~ VOUT3 の最大値として 42V を許容するよう規定されています。LED ストリングのカソードは LED1 ~ LED3 に接続します。LED ストリングのアノードは VOUT1 ~ VOUT3 に接続します。

FAULT (ピン 25): フォールト検出ピン。オープン LED フォールトを通知するために使用されるオープン・コレクタ・ピンです。FAULT は外付け抵抗を介して正の電源にプルアップする必要があります。

NC (ピン 26): 無接続ピン。グラウンドに接続します。

SYNC (ピン 27): 外部クロックの同期ピン。外部クロックがこのピンを駆動すると、降圧レギュレータはその周波数に同期します。RT ピンの抵抗によってプログラムされる周波数は、SYNC ピンのクロック周波数より少なくとも 20% 低くする必要があります。

PWM1、PWM2、PWM3 (ピン 30、29、28): PWM 調光の制御ピン。ロジックを“H”に駆動すると、LED1 ~ LED3 の電流シンクがイネーブルされます。PWM 調光を望まない場合は、このピンを VREF に接続します。PWM1 ~ PWM3 をグラウンドに接続すればチャンネルは個別にディスエーブルできます。

CTRL1、CTRL2、CTRL3 (ピン 33、32、31): アナログ調光の制御ピン。このピンは LED 電流をアナログ方式で調光するのに使用します。このピンを 1.0V より低い電圧に接続すると、LED 電流は直線的に減少します。この機能を使用しない場合は、このピンを VREF に接続します。

BIAS (ピン 37): 電源ピン。このピンは、内部のアナログ回路およびデジタル回路への内部電圧レギュレータの電源ピンです。BIAS は 2.2 μ F のコンデンサでローカルにバイパスする必要があります。

V_{IN} (ピン 50、51): 入力電源ピン。V_{IN} はグラウンドに接続した 10 μ F のコンデンサでローカルにバイパスする必要があります。ピン 50 とピン 51 は内部で相互に接続されています。

機能ブロック図

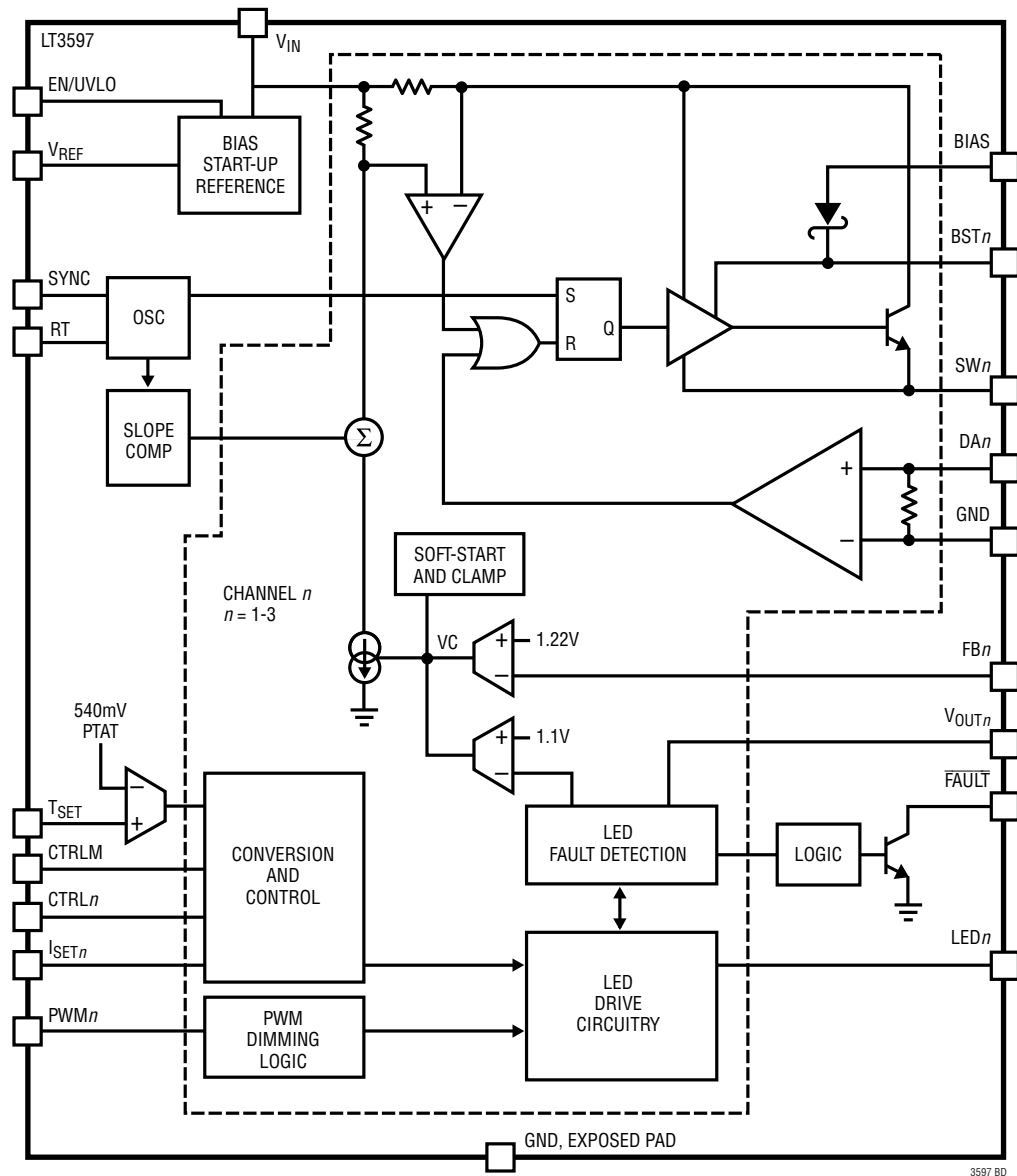


図1. ブロック図

3597 BD

動作

LT3597は、内部で補償された定周波数のピーク電流モード制御方式を採用しています。図1のブロック図を参照すると動作を最も良く理解できます。

イネーブルおよび低電圧ロックアウト(UVLO)は、どちらも1つのピンで制御されます。このピンが1.51Vを下回ると、正確なコンパレータがLEDドライバと降圧レギュレータをオフします。このピンが0.4Vを下回るまで下がり続けるとシャットダウン動作に移行し、消費電流は2 μ A未満になります。

LT3597は3つの定電流シンクLEDドライバを内蔵しています。3つのLEDストリングは、最大効率を達成するためにそれぞれ専用の適応型降圧コンバータから給電されます。降圧レギュレータの周波数は、外付け抵抗を使用して200kHz～1MHzにプログラムします。この周波数はSYNCピンを使用して外部クロックに同期させることもできます。

内蔵の降圧補償およびソフトスタートには外付け部品がほとんど必要なく、シンプルな基板レイアウトにすることができます。ハイサイド・スイッチの電流制限により、内蔵スイッチはオン時間中に保護され、さらにローサイドの電流制限により、オフ時間中に過剰な電流が発生した場合にスイッチがオンするのを防ぎます。

降圧適応型制御

出力電圧の適応制御により、優れたシステム効率が達成されます。ある特定のチャンネルのPWMピンが“L”のとき、それぞれの降圧レギュレータ出力は、プログラム可能な高出力電圧に移行します。この場合は負荷が接続されていないので、降圧レギュレータはパルス・スキッピング・モードに移行します。これにより降圧レギュレータの出力電圧は、LEDストリングが再びアクティブになるとすぐにLED電流を供給できるだけの高さになることが保証されます。PWMが“H”になると、降圧レギュレータの出力電圧はすぐに降下し、LED電流シンク両端の電圧が1Vになるまで下がり続けます。この方式により、LEDチャンネルごとに最高の効率を確保できます。各LEDストリングは別々の降圧チャンネルから個別にドライブされるので、LEDの

個数がチャンネル間で一致しない場合でも、効率は3つすべてのストリングについて最適化されます。

この調節方法のもう1つの利点は、PWM1～PWM3のパルス幅が1 μ sの場合でも、LT3597が10,000:1調光の状態で起動することです。V_{OUT}はPWM1～PWM3が“L”の場合でも立ち上がるので、デバイスはPWM1～PWM3のクロック・サイクルが数サイクル以内の狭いパルス幅で高い調光比を実現します。

LED電流

各LEDストリング電流は、ストリング間の2%の整合精度で最大100mAまで個別にプログラムできます。ISET1-3ピンの外付け抵抗により、そのストリングの最大電流がプログラムされます。アナログ調光の場合はCTRL1～CTRL3ピンを使用できます。デジタルPWMはPWM1～PWM3ピンを使用してプログラムできます。100Hzの周波数で10000:1の調光比を実現できます。

フォールト保護および通知

LT3597は、オープンLEDおよび短絡LEDの両方に対して保護します。LEDストリングが電流をシンクしているときにLED1～LED3ピンの電圧が12Vを超えた場合、またはLED1～LED3ピンの電圧がV_{OUT1-3}ピンの電圧の1.25V以内になる場合は、フォールト状態が解消されるまで該当のチャンネルはデイスエーブルされます。LEDストリングがオープンになると、LT3597は、FB抵抗分割器によって設定された電圧に出力を制限します。

LT3597は、LEDストリングのいずれかがオープンになるか短絡すると、FAULTピンでフォールトを通知します。LEDフォールトは、各ストリングのPWM信号が“H”の場合に限って通知されます。フォールトは、内部のダイ温度がT_{SET}でプログラムしたディレーティング・リミットに達した場合にも通知されます。

アプリケーション情報

インダクタの選択

ほとんどのアプリケーションには、100 μ H～470 μ Hのインダクタ値を推奨します。飽和せずにピーク電流を処理できるインダクタを選択することが重要です。I²Rによる電力損失を最小限に抑えるため、インダクタのDCR（銅線抵抗）も低くする必要があります。いくつかの推奨インダクタを表1に示します。

表1. 推奨するインダクタ

PART	L (μ H)	DCR (Ω)	CURRENT RATING (A)	VENDOR
LPS6225	100	0.61	0.52	Coilcraft www.coilcraft.com
MSS1038	100	0.3	1.46	
MSS1038	220	0.76	0.99	
MSS1038	470	1.24	0.70	
CDRH105R	100	0.253	1.35	Sumida www.sumida.com
CDRW105R	220	0.50	0.94	
CDRH105R	470	1.29	0.60	
CDR6D28MN	100	0.9	0.75	
DS1262C2	100	0.17	1.5	Toko www.toko.com
DS1262C2	220	0.35	1.0	
DS1262C2	470	1.243	0.7	
SLF10145T	100	0.26	1.0	TDK www.tdk.com
SLF10145T	220	0.47	0.7	
DR73	100	0.527	0.79	Coiltronics www.cooperet.com
DR73	220	1.05	0.53	

コンデンサの選択

出力リップル電圧を下げるため、出力には低ESR（等価直列抵抗）のコンデンサを使います。X5RとX7Rの誘電体は他の誘電体に比べて広い電圧範囲と温度範囲で容量を維持するので、これらのタイプだけを使用します。推奨メーカー数社のリストを表2に示します。表面実装型セラミック部品の全製品の詳細についてはメーカーへお問い合わせください。

表2. 推奨するセラミック・コンデンサのメーカー

Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
Kemet	www.kemet.com
TDK	www.tdk.com

V_{IN}ピンおよびBIASピンでは、通常は10 μ Fのコンデンサで十分です。降圧レギュレータの出力コンデンサは、LEDの個数とスイッチング周波数に応じて異なります。出力コンデンサを適正に選択するには、表3を参照してください。

表3. 推奨する出力コンデンサの値 (V_{LED} = 3.5V)

スイッチング周波数 (kHz)	LEDの個数	C _{OUT} (μ F)
1000	1-3	3.3
	>3	2.2
500	1-3	4.7
	>3	3.3
200	1-3	15
	>3	6.8

ダイオードの選択

ショットキー・ダイオードは順方向電圧降下が小さく、スイッチング速度が速いので、LT3597のすべてのアプリケーションで使用する必要があります。PN接合ダイオードは使用しないでください。ダイオードの平均電流定格は、アプリケーションの平均電流を超えている必要があります。ダイオードの最大逆電圧は、アプリケーションの入力電圧を超えている必要があります。推奨する数種類のショットキー・ダイオードを表4に示します。

表4. 推奨するダイオード

PART	MAX CURRENT (A)	MAX REVERSE VOLTAGE (V)	MANUFACTURER
DFLS160	1	60	Diodes, Inc. www.diodes.com
B160	1	60	
CMMSH1-60	1	60	Central www.centralsemi.com
ESIPB	1	100	Vishay www.vishay.com

アプリケーション情報

低電圧ロックアウト (UVLO)

図2に示すように、 V_{IN} ピンからの抵抗分割器にEN/UVLOを接続することにより、EN/UVLOを使用して入力UVLOスレッショルドをプログラムすることができます。

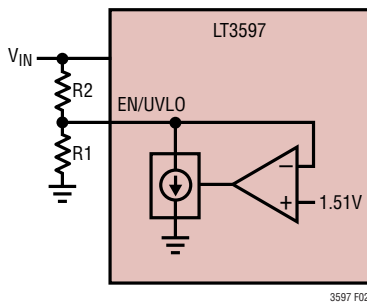


図2. EN/UVLOの制御

$R1$ および $R2$ は、次式に従って選択します。

$$V_{IN(UVLO)} = 1.51V \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

UVLOでは、プログラム可能なUVLOヒステリシスを得るために、内蔵の5.1µAプルダウン電流源がこのピンに接続されています。ヒステリシスは、次式に従って設定できます。

$$V_{UVLO(HYST)} = 5.1\mu A \cdot R2$$

プログラムしたヒステリシスが大きすぎると、ピン電圧の降下が大きすぎて電流源が飽和する可能性があるため、注意する必要があります。

EN/UVLOピンが0.4Vより低くなると、デバイスはシャットダウンします。

最大LED電流の設定

最大LED電流は、ISET1～ISET3ピンとグラウンドとの間に抵抗($R_{ISET1-3}$)を接続することによってプログラムできます。20kΩ～100kΩの $R_{ISET1-3}$ 値を選択することにより、それぞれ100mA～20mAの最大LED電流を設定できます。

LED電流は、次式に従ってプログラムします。

$$I_{LED1-3} = 2 \cdot \frac{1V}{R_{ISET1-3}} \text{ (mA)}$$

プログラム抵抗値と対応するLED電流については、表5と図3を参照してください。

表5. LED電流のプログラミング

$R_{ISET1-3}$ の値(kΩ)	LED電流(mA)
20	100
25	80
33.3	60
50	40
100	20

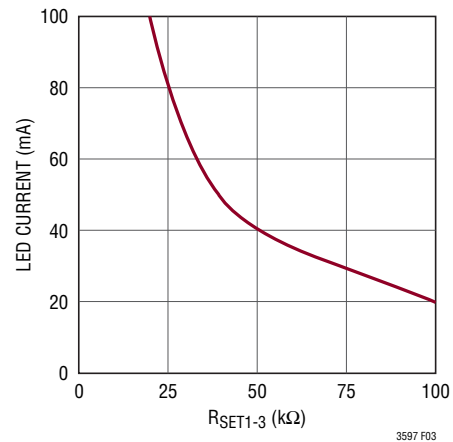


図3. LED電流を設定するための $R_{ISET1-3}$ の値

アプリケーション情報

LED 電流の調光

LT3597では、2種類の異なる調光制御が可能です。LED電流は、CTRL1～CTRL3ピンまたはPWM1～PWM3ピンを使用して調光できます。

一部のアプリケーションでは、可変DC電圧でLED電流を調整する方が輝度調整の方法として優先されます。この場合には、CTRL1～CTRL3ピンを変調してLED調光を設定できます(図4参照)。CTRL1～CTRL3ピンの電圧が0Vから1.0Vまで上昇するにつれて、LED電流は0mAからプログラムした最大LED電流まで直線的に増加します。CTRL1～CTRL3ピンの電圧が1.0Vを超えて増加し続けても、プログラムした最大LED電流が維持されます。このタイプの調光が望ましくない場合は、CTRL1～CTRL3ピンをV_{REF}に接続できます。

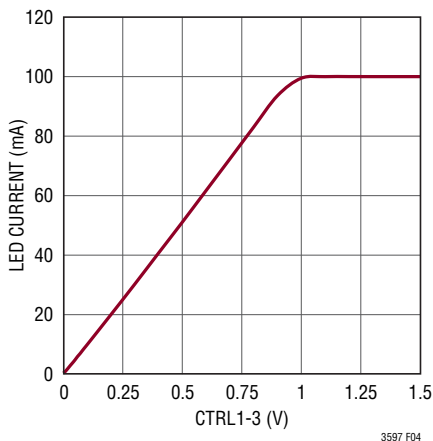


図4. LED電流とCTRL1～CTRL3の電圧

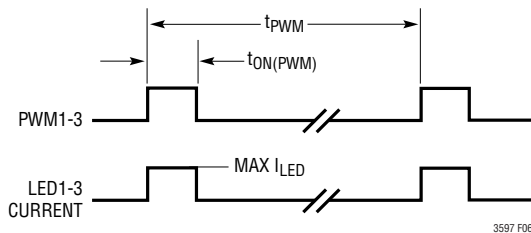


図5. PWM調光を使ったLED電流

True Color PWM調光を実現するため、LT3597は100Hzで10,000:1までのPWM調光範囲を提供します。これは、PWM周波数が100Hzの場合、PWM1～PWM3ピンのデューティ・サイクルを100%から0.01%まで減少する(したがって1μsの最小オン時間と100msの最大期間)ことによって実現されます(図5参照)。PWMデューティ・サイクル調光では、全調光範囲にわたってLEDの色を一定に保つことができます。

熱保護のためのT_{SET}ピンの使用

LT3597は、内部接合部温度を制限する特殊なプログラム可能熱調節ループを内蔵しています。この熱調節機能は高い周囲温度で重要な保護機能を提供するため、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、ワーストケースの条件下ではLT3597がそれ自体とLEDストリングを自動的に保護することが保証されます。

周囲温度が上昇するにつれ、デバイス内部の接合部温度も上昇します。プログラムされた最大接合部温度に達すると、LT3597は、この接合部温度を維持するため、LED電流を必要に応じて直線的に低減します。これを実現できるのは、プログラムされた最大接合部温度より周囲温度が低く留まっているときに限ります。プログラムされた最大接合部温度を超えて周囲温度が上昇し続けると、LED電流はフル電流の20%未満に減少します。

デバイスの最大接合部温度は、図6に示すようにV_{REF}ピンから接続した抵抗分割器によってプログラムされます。

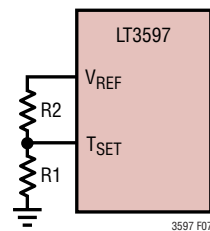


図6. T_{SET}ピンのプログラミング

アプリケーション情報

R1およびR2によく使われる値を表6に示します。R1とR2の比を選択して、図7に示すような目的の接合部温度制限を設定します。

表6. T_{SET}でプログラムされる接合部温度

T _J (°C)	R1 (kΩ)	R2 (kΩ)
85	49.9	97.6
100	49.9	90.9
115	49.9	84.5

温度保護機能を望まない場合は、T_{SET}ピンをV_{REF}に接続する必要があります。

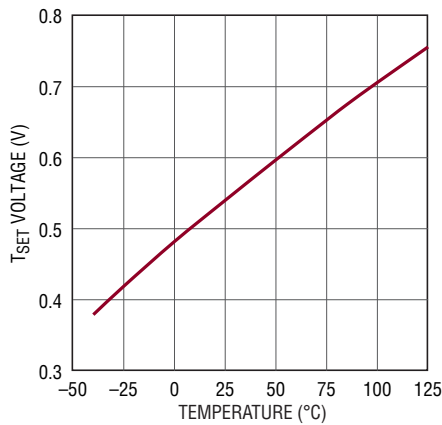


図7. 温度ディレーティング用のT_{SET}電圧

CTRLMピンを使用したLED電流のディレーティング

LT3597のもう1つの機能は、温度に対する最大LED電流のディレーティング曲線をプログラムする機能です。LEDのデータシートには最大許容LED電流と温度の曲線が示されており、この電流リミットを超えてLEDに損傷を与えないよう警告しています。LT3597では、出力LEDを高温で過電流から保護しながら、出力LEDを最大許容電流に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用して、CTRLMピンの電圧を負の温度係数でプログラムすることにより実現されます(図8)。周囲温度が上昇するにつれて、CTRLMの電圧は内部の1V電圧リファレンスより低くなるため、LED電流はCTRLMピンの電圧によって制御されます。温度に対するLED電流曲線のブレイクポイントおよび勾配は、CTRLMピンでの分割器の抵抗比の選択と温度依存性のある抵抗の使用によって設定されます。

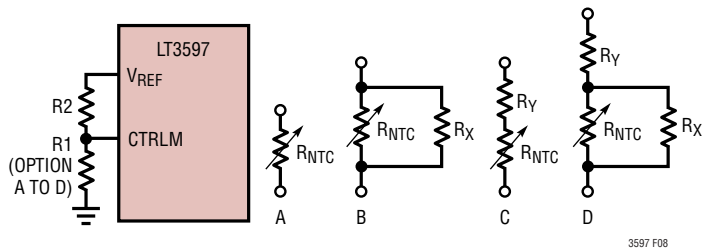


図8. CTRLMピンのプログラミング

アプリケーション情報

NTC 抵抗のメーカーと販売代理店を表7に示します。他にもいくつかメーカーがありますが、詳細については選択したメーカーに問い合わせてください。NTC 抵抗を使用してLEDの温度を表示する場合、抵抗をできるだけLEDストリングに近づけて接続しないと効果がありません。メーカーが示しているLEDのディレーティング曲線は周囲温度に対して示されています。NTC 抵抗はLEDと同じ周囲温度になるはずですが、NTC 抵抗の温度依存性は広い温度範囲にわたって直線でない可能性があるため、全温度範囲での抵抗の正確な値をメーカーから入手することが重要です。その後、与えられたそれぞれの温度でCTRLMの電圧を手計算でき、温度に対するCTRLMのグラフ化曲線が得られます。LED電流のディレーティング曲線について望ましいブレイクポイントおよび勾配を実現するには、抵抗値の計算を数回繰り返すことが必要な場合があります。CTRLM電圧から、図9に示す曲線を使用してLED電流を求めることができます。

表7. NTC 抵抗のメーカー/販売代理店

Murata	www.murata.com
TDK Corporation	www.tdk.com
Digi-Key	www.digikey.com

CTRLMの電圧をさまざまな温度で計算した結果、下り勾配が強すぎる場合は、別の抵抗回路網(図8のB、C、D)を使用します。これらの抵抗回路網では、NTC 抵抗の影響を全温度範囲にわたって減らすために、温度依存性のある抵抗を使用します。

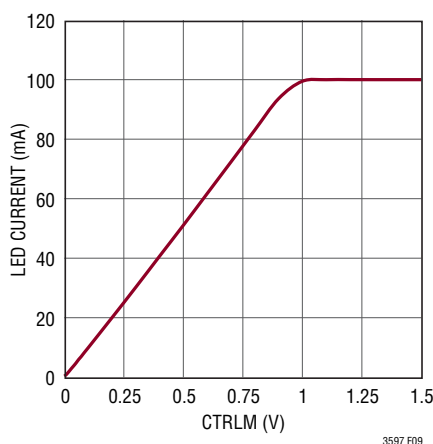


図9. LED電流とCTRLM電圧

村田製作所は広い温度範囲にわたるデータを完備したNTC抵抗の製品群を供給しています。さらに、異なる抵抗回路網とNTC抵抗値からユーザーが選択することができ、全温度範囲にわたる正確な出力電圧曲線(CTRLMの振る舞い)をシミュレートすることができるソフトウェア・ツールが提供されています。このソフトウェアは「Murata Chip NTC Thermistor Output Voltage Simulator」と呼ばれます。ユーザーはwww.murata.comにログオンしてこのソフトウェアをダウンロードし、その後、指定のVCC電源(VREF)から出力電圧VOUT(CTRLM)を作り出す手順に従います。

温度ディレーティング機能を望まない場合は、CTRLMピンをVREFに接続する必要があります。

スイッチング周波数のプログラミング

LT3597のスイッチング周波数は、RTピンとグランド間に外付け抵抗を接続することによって200kHz~1MHzにプログラムできます。このピンはオープンのままにしないでください。抵抗値とそれに対応する周波数については、表8と図10を参照してください。

表8. RT抵抗の選択

スイッチング周波数 (MHz)	RTの値 (kΩ)
1.0	33.2
0.5	80
0.2	220

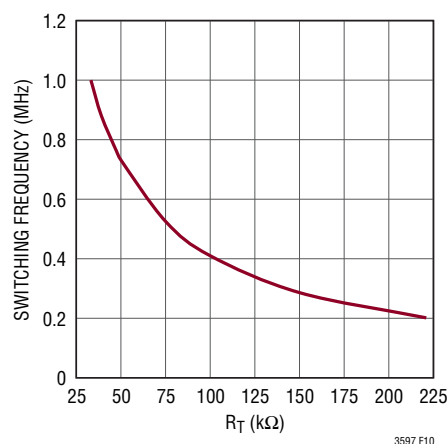


図10. スwitchング周波数のプログラミング

アプリケーション情報

最適スイッチング周波数の選択はいくつかの要因に依存します。インダクタのサイズは周波数が高いほど小さくなりますが、スイッチング損失が増えるので効率はわずかに低下します。アプリケーションによっては、高電圧の電源から少数のLEDをドライブするのに非常に低いデューティ・サイクルが必要になります。スイッチング周波数が低いと動作デューティ・サイクルの幅は広がるので、ドライブできるLEDの数は少なくなります。それぞれの場合に、スイッチング周波数を調整して、最適な解決方法を得ることができます。スイッチング周波数をプログラムするときは、IC内部の合計電力損失を検討してください。

スイッチング周波数の同期

LT3597の公称動作周波数は、RTピンからグラウンドに接続した抵抗を使用して200kHz～1MHzの範囲にプログラムされます。さらに、内部発振器はSYNCピンに与えられる外部クロックに同期させることができます。LT3597の同期クロック信号入力には、240kHz～1MHzの周波数、20%～80%のデューティ・サイクル、0.4Vより低い“L”状態および1.6Vより高い“H”状態が必要です。これらのパラメータから外れた同期信号では、スイッチング動作が不安定になります。適切な動作を得るには、 R_T 抵抗を選択して、SYNCパルス周波数より20%遅いスイッチング周波数にプログラムします。同期はSYNCの立ち上がりエッジから一定の遅延で行われます。

クロック同期機能を使用しない場合は、SYNCピンを接地する必要があります。SYNCピンを接地すると、内部発振器がコンバータのスイッチング周波数を制御します。

動作周波数のトレードオフ

動作周波数の選択には、効率、部品サイズ、出力電圧、および最大入力電圧の間のトレードオフが存在します。高周波動作の利点は、部品のサイズと値が小さくなることです。不利な点は、効率が低下し、目的の出力電圧を得るための入力電圧範囲が低くなることです。与えられたアプリケーションでの許容最大スイッチング周波数($f_{SW(MAX)}$)は次のように計算することができます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_D + V_{OUT}}{t_{ON(MIN)}(V_D + V_{IN} - V_{SW})}$$

ここで、 V_{IN} は標準入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 V_D はキャッチ・ダイオードの電圧降下(0.5V)、 V_{SW} は内部スイッチの電圧降下(最大負荷で0.5V)です。この式は、高い V_{IN}/V_{OUT} 比に対応するには、スイッチング周波数を下げる必要があることを示しています。入力電圧範囲がスイッチング周波数に依存する理由は、スイッチの最小オン時間と最小オフ時間が有限であるためです。スイッチの最小オン時間とオフ時間は200nsです。

適応型ループ制御

LT3597では、適応型の制御機構を使用して降圧出力電圧を設定します。この制御方式により、最小のPWMパルス幅を損なわずに最大の効率を確保できます。PWM1～PWM3が“L”のとき、各降圧レギュレータの出力は、各FBピンに接続した外付け抵抗分割器によって設定された最大値まで上昇します。PWM1～PWM3が“H”になると、LED電流シンク両端の電圧が1Vになるまで、出力電圧はPWM1～PWM3の状態に適応して低下します。最大出力電圧を外付けの抵抗分割器によってどのように設定できるかを図11に示します。

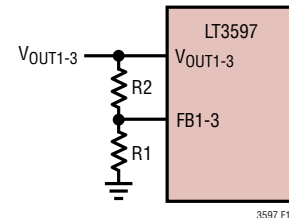


図11. 最大の V_{OUT1-3} のプログラミング

最大出力電圧は、LEDの最大電圧降下に1Vを加えた値を、10%より大きい余裕を持たせて超えるように設定する必要があります。ただし、この余裕が10Vの電圧を超えてはなりません。これにより、適切な適応型ループ制御が確実になります。以下の式は、抵抗分割器の比を概算するのに使用します。抵抗の合計値は、FBピンへのノイズ結合を防ぐため100k Ω より小さくします。

$$V_{OUT(MAX)} = 1.1(V_{LED(MAX)} + 1.1V) = 1.2V \cdot \left(1 + \frac{R2}{R1}\right)$$

$$V_{OUT(MAX)} = V_{LED(MAX)} + 1.1V + V_{MARGIN}$$

$$V_{MARGIN} \leq 10V$$

アプリケーション情報

最小入力電圧

出力電圧を生成するために必要な最小入力電圧は、最大デューティ・サイクルと、FB 抵抗分割器で設定される出力電圧 (V_{OUT}) によって制限されます。このデューティ・サイクルは次式で求められます。

$$DC = \frac{V_D + V_{OUT}}{V_{IN} - V_{CESAT} + V_D}$$

ここで V_D はショットキーの順方向電圧降下、 V_{CESAT} は内部スイッチの飽和電圧です。最小入力電圧は次式で求められます。

$$V_{IN(MIN)} = \left(\frac{V_D + V_{OUT(MAX)}}{DC_{MAX}} \right) + V_{CESAT} - V_D$$

ここで $V_{OUT(MAX)}$ は「適応型ループ制御」セクションの式から計算され、 DC_{MAX} は最大デューティ・サイクルの最小定格です。

フォールト・フラグ

\overline{FAULT} ピンはオープン・コレクタ出力であり、電源に接続された外付け抵抗が必要です。PWM1 ~ PWM3 が“H”のときに LED1 ~ LED3 ピンの電圧が 12V を超えるか、LED1 ~ LED3 ピンの電圧が V_{OUT1-3} ピン電圧の 1.25V 以内に入ると、 \overline{FAULT} ピンは“L”になります。内部接合部温度が T_{SET} でプログラムされた温度リミットを超えた場合にも、 \overline{FAULT} ピンは“L”になります。

誤ったフラグ信号の生成を防ぐため、PWM1 ~ PWM3 の信号がイネーブルされるときには、 \overline{FAULT} フラグの生成に約 3 μ s の遅延が生じます。 \overline{FAULT} がシンクすることができる最大電流は、通常 200 μ A です。

熱に関する検討事項

LT3597 は LED ストリングのために 3 つのチャネルを備えており、内部 NPN デバイスが定電流源として機能します。LED ストリングが安定化されているとき、最低の LED ピン電圧は通

常 1V です。LED 電流が高い値にプログラムされている場合は、LT3597 での電力損失が大きくなります。100% の PWM 調光比で 100mA の LED 電流の場合、電流源により少なくとも 300mW が IC 内部で消費されます。熱計算には、通常のスイッチの DC 損失、スイッチの遷移損失および入力静止電力損失に加えて、電流源での電力損失を含める必要があります。

さらに、LT3597 のダイ温度は、125°C という最大定格より低くする必要があります。これは、周囲温度が 100°C より高くない限り、通常は問題ではありません。LT3597 の放熱を十分行うため、基板のレイアウトには注意が必要です。周囲温度が 125°C に近づくとつれて、最大負荷電流をデレーティングする必要があります。周囲温度を超えるダイ温度の上昇は、LT3597 の電力損失に接合部-周囲雰囲気間熱抵抗を掛けて計算します。LT3597 内部の電力損失は効率測定によって総電力損失を計算し、それからキャッチ・ダイオードおよびインダクタの損失を差し引いて概算します。熱抵抗は回路基板のレイアウトに依存しますが、5mm \times 8mm の QFN パッケージの場合、32°C/W が標準的な値です。

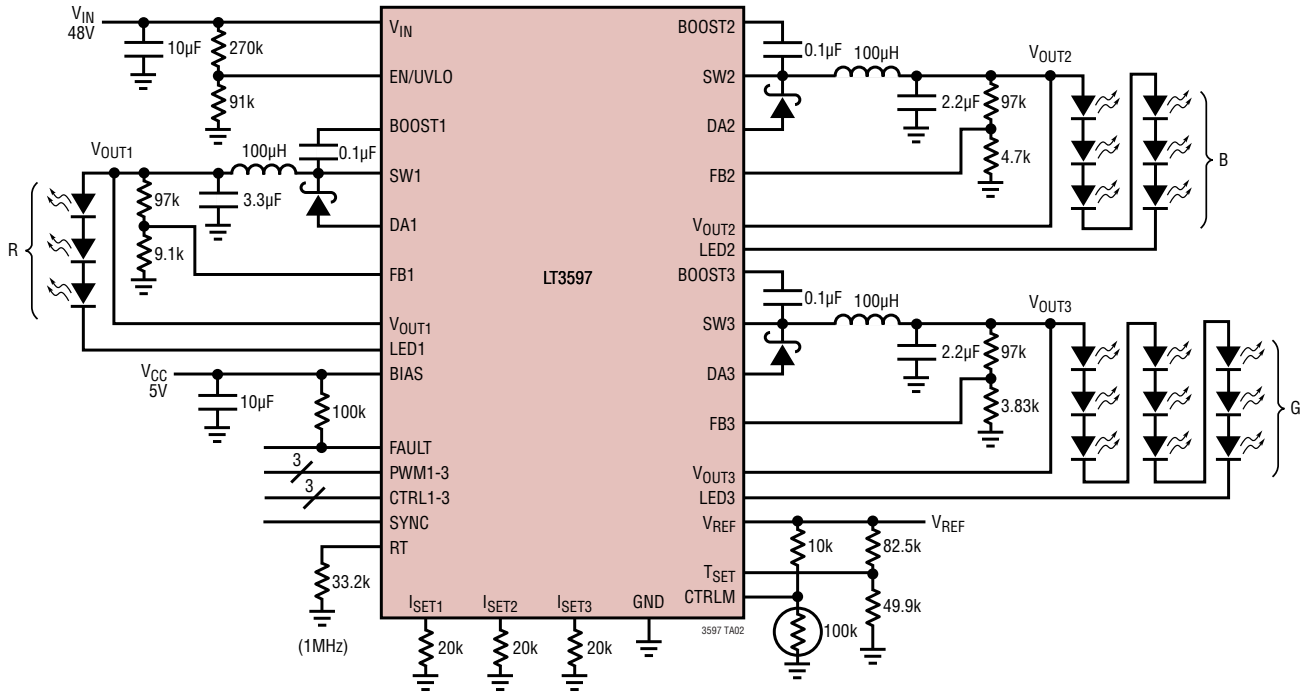
基板のレイアウト

すべてのスイッチング・レギュレータの場合と同様、PCB 基板のレイアウトと部品配置には細心の注意を払う必要があります。電磁干渉 (EMI) の問題を防止するには、高周波スイッチング経路の適切なレイアウトが不可欠です。スイッチング・ノード・ピン (SW) に接続されるすべてのトレースの長さや面積を最小にします。スイッチング・レギュレータの下には常にグラウンド・プレーンを使用して、プレーン間の結合を最小に抑えます。LED のフォールト検出には良好な接地が不可欠です。

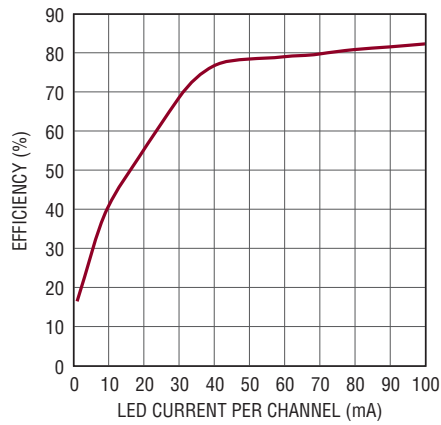
重要な動作パラメータを設定する外付け抵抗および抵抗分割器の場合も適切な接地が不可欠です。LT3597 の露出パッドとピン 18 の両方がグラウンドです。グラウンドと CTRL1 ~ CTRL3、CTRLM、FB1 ~ FB3、 T_{SET} 、 I_{SET1-3} 、RT および EN/UVLO ピン間に接続する抵抗は、グラウンド・プレーンではなくピン 18 に接続します。

標準的応用例

48V、1MHz、100mAのトリプル降圧RGB LEDドライバ



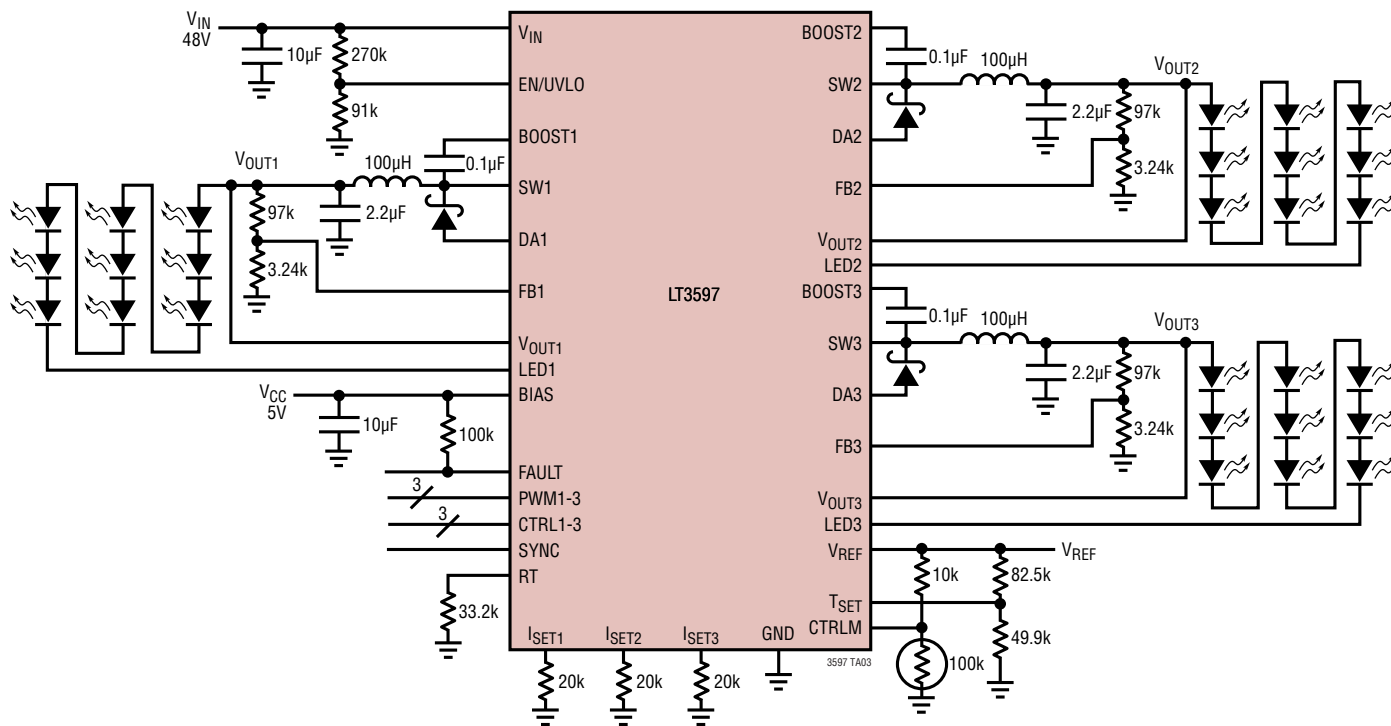
効率



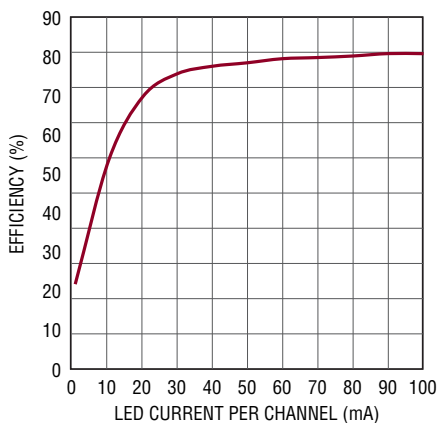
3597 TA02b

標準的応用例

48V、1MHz、10W、100mAのトリプル降圧白色LEDドライバ(3.6VのLED)



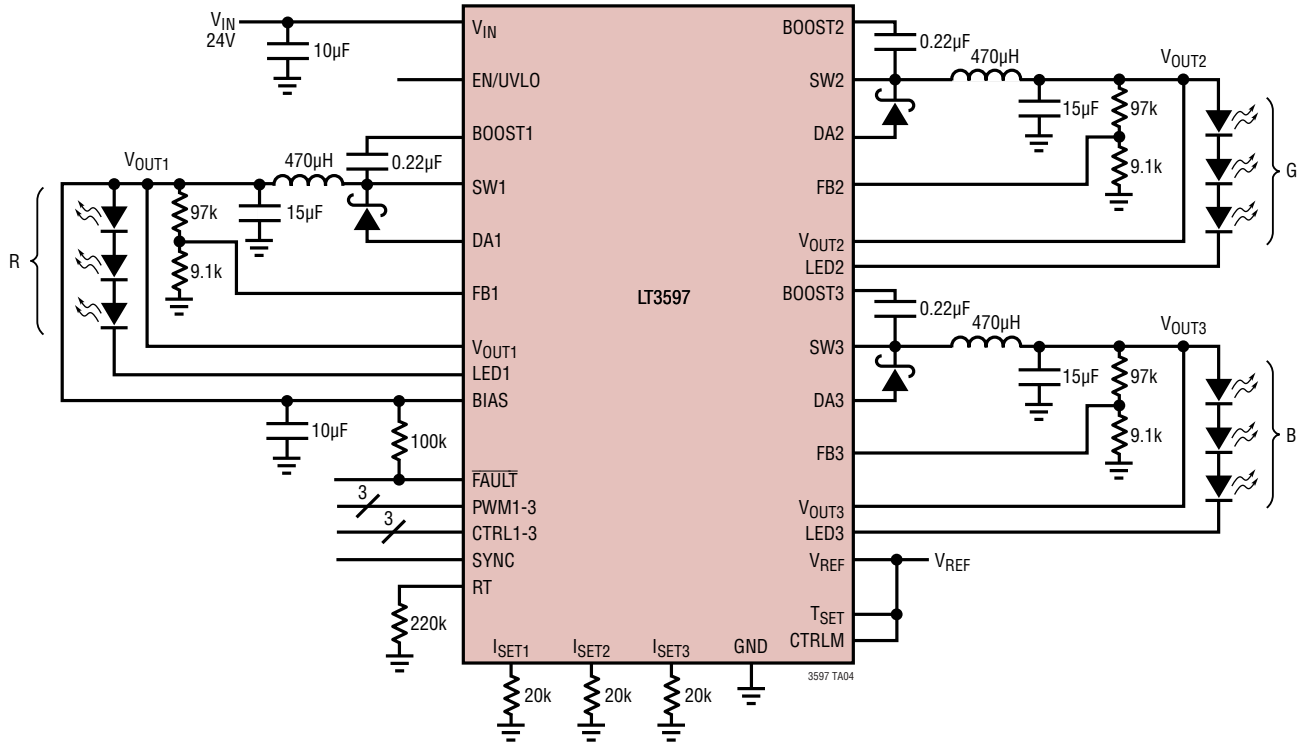
効率



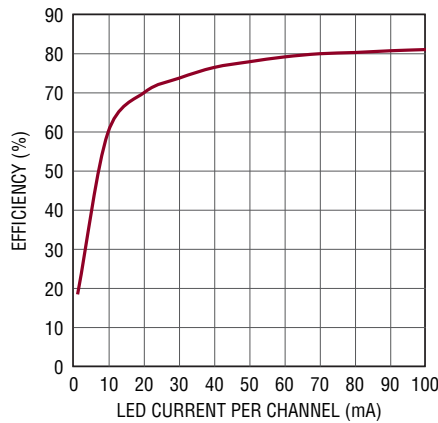
3597 TA03b

標準的応用例

24V、200kHz、100mAのトリプル降圧RGB LEDドライバ



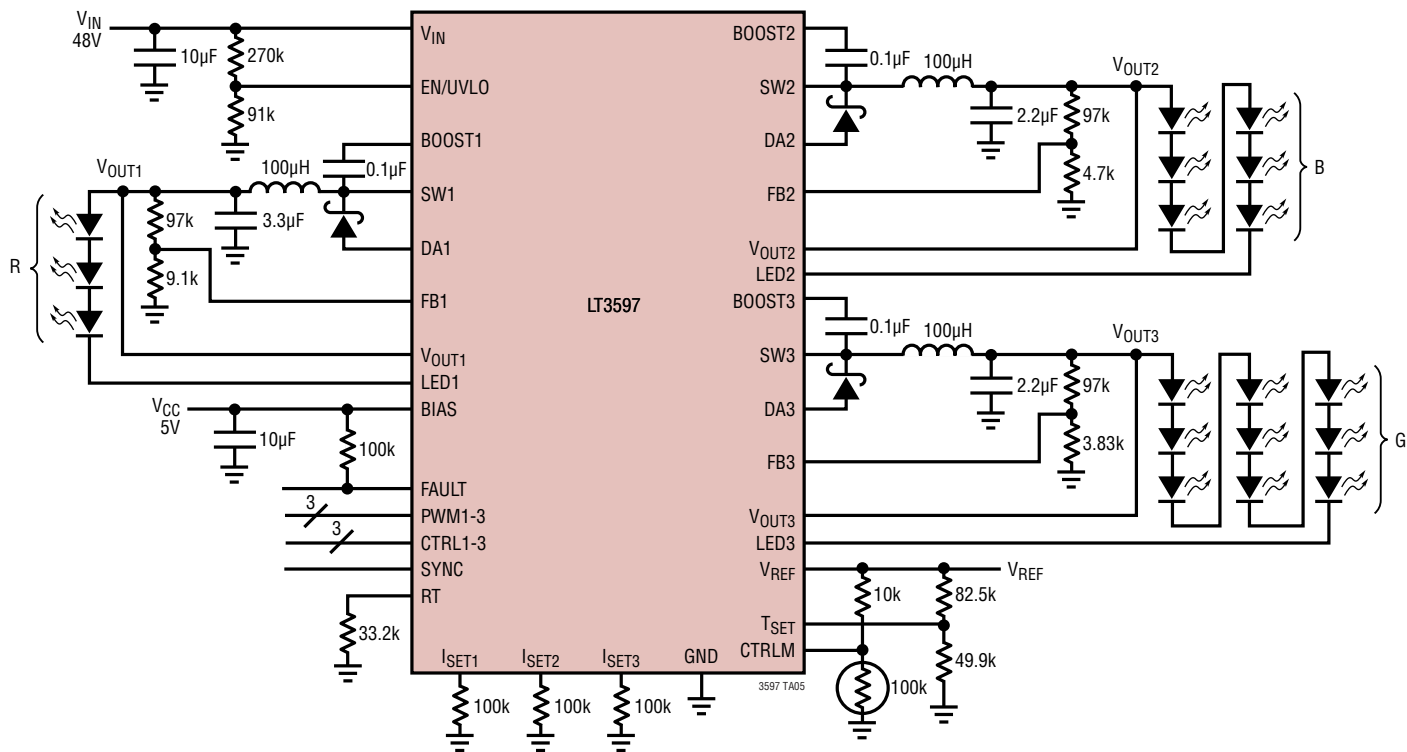
効率



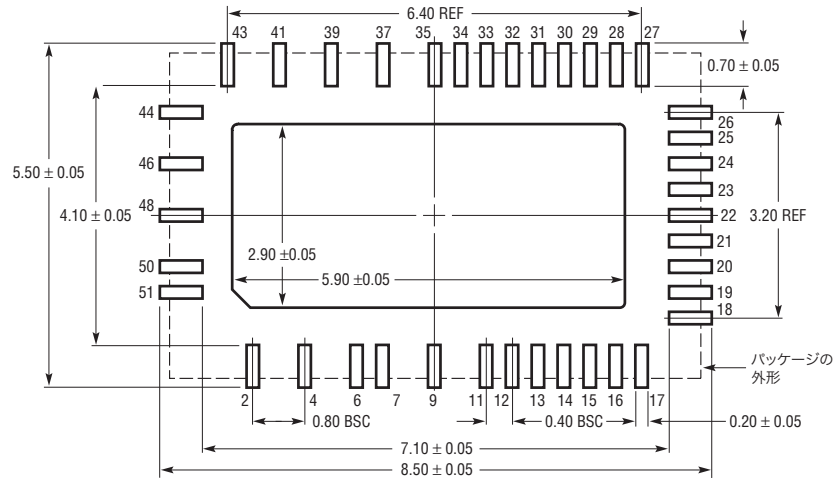
3597 TA04b

標準的応用例

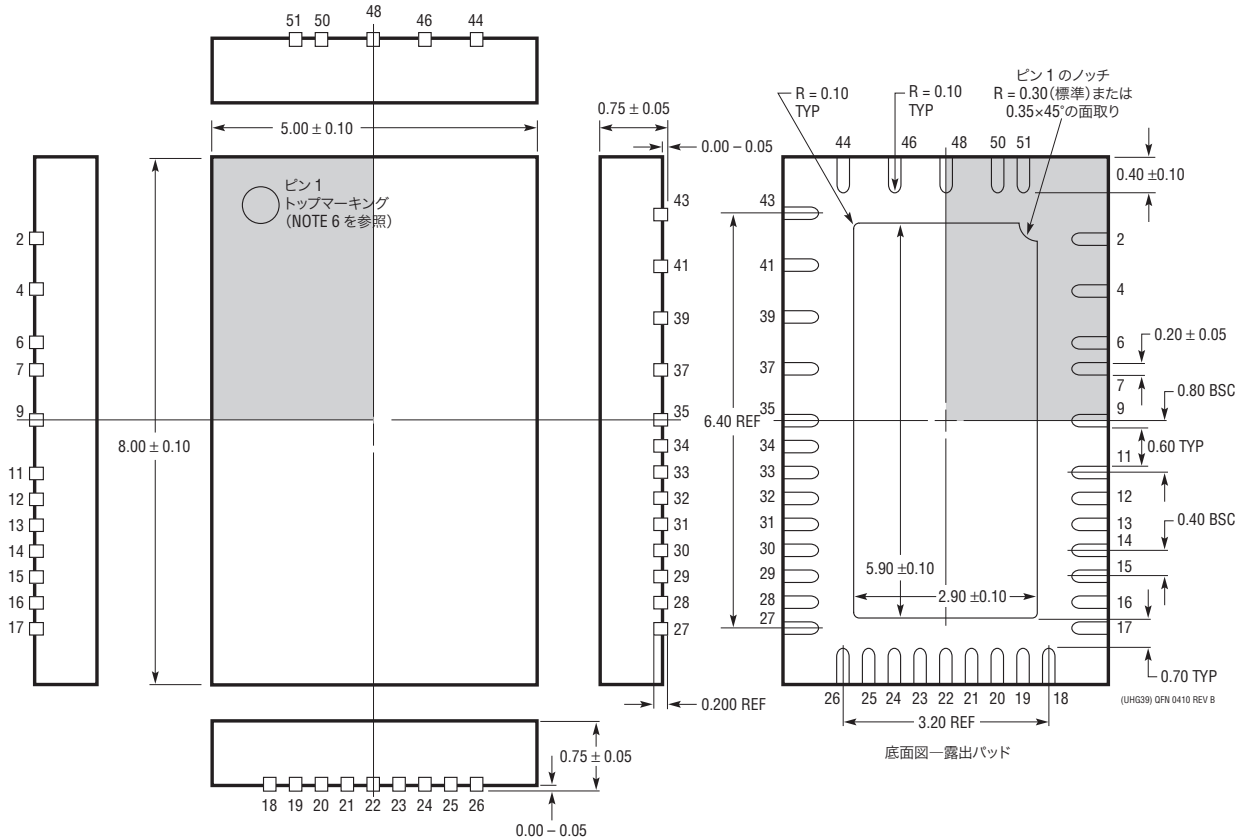
48V、1MHz、20mAのトリプル降圧RGB LEDドライバ



UHG パッケージ
 バリエーション: UHG52 (39)
 52ピン・プラスチック QFN (5mm×8mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1846 Rev B)



推奨する半田パッドのピッチと寸法
 半田付けされない領域には半田マスクを使用する



NOTE:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形ではない
2. 図は実寸とは異なる
3. 全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. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージのトップとボトム のピン 1 の位置の参考に過ぎない

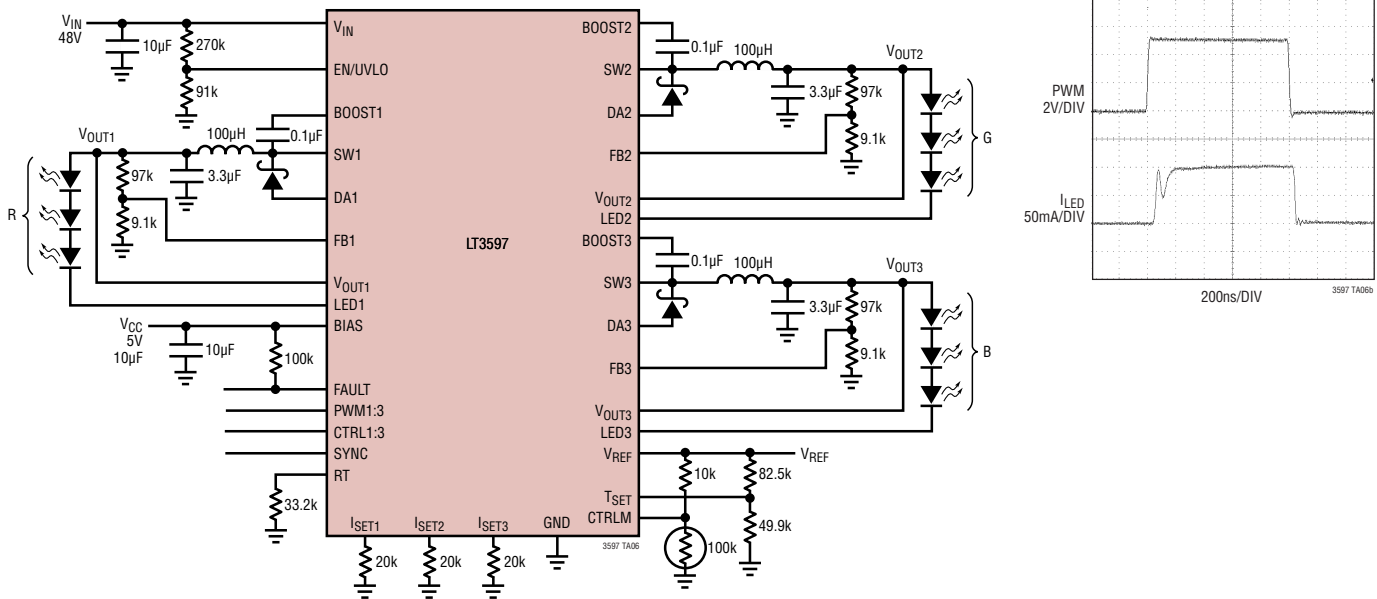
改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	7/11	「電気的特性」セクションのLED1-3 Pin Leakage Currentの最大値を改訂 「アプリケーション情報」セクションの「CTRLM ピンを使用したLED電流のディレーティング」と「フォールト・フラグ」の文章を編集(P15は英文の誤記修正のため、和文は修正なし)	4 15、17

標準的応用例

トリプル降圧RGB単一画素LEDドライバ、電流100mA

100Hzでの10,000:1調光



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3476	クワッド出力1.5A、2MHz高電流LEDドライバ、1000:1の調光付き	V_{IN} : 2.8V ~ 16V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 36V、True Color PWM 調光 = 1000:1、 $I_{SD} < 10\mu A$ 、5mm×7mmのQFN-10パッケージ
LT3492	60V、2.1MHz、3チャンネル($I_{LED} = 1A$)のフル機能LEDドライバ	V_{IN} : 3V ~ 30V (40V _{MAX})、 $V_{OUT(MAX)}$ = 60V、True Color PWM 調光 = 3000:1、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、4mm×5mmのQFN-28パッケージ
LT3496	45V、2.1MHz、3チャンネル($I_{LED} = 1A$)のフル機能LEDドライバ	V_{IN} : 3V ~ 30V (40V _{MAX})、 $V_{OUT(MAX)}$ = 45V、True Color PWM 調光 = 3000:1、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、4mm×3mmのQFN-28パッケージ
LT3590	48V、850kHz、50mA降圧モードLEDドライバ	V_{IN} : 4.5V ~ 55V、True Color PWM 調光 = 200:1、 $I_{SD} < 15\mu A$ 、2mm×2mmのDFN-6およびSC70パッケージ
LT3595	45V、2.5MHz、16チャンネルのフル機能LEDドライバ	V_{IN} : 4.5V ~ 55V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 45V、True Color PWM 調光 = 5000:1、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、5mm×9mmのQFN-56パッケージ
LT3596	60V、1MHz、3チャンネルのフル機能LEDドライバ	V_{IN} : 6V ~ 60V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 40V、True Color PWM 調光 = 10,000:1、 $I_{SD} \leq 2\mu A$ 、5mm×8mmのQFN-52パッケージ
LT3598	44V、1.5A、2.5MHz昇圧6チャンネルLEDドライバ	V_{IN} : 3V ~ 30V (40V _{MAX})、 $V_{OUT(MAX)}$ = 44V、True Color PWM 調光 = 1000:1、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、4mm×4mmのQFN-24パッケージ
LT3599	2A昇圧コンバータ、4列150mA LED バラスタ内蔵	V_{IN} : 3V ~ 30V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 44V、True Color PWM 調光 = 1000:1、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、5mm×5mmのQFN-32およびTSSOP-28パッケージ
LT3754	16チャンネル x 50mA LEDドライバ、60V昇圧コントローラおよびPWM調光機能付き	V_{IN} : 6V ~ 40V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 60V、True Color PWM 調光 = 3000:1、 $I_{SD} < 2\mu A$ 、5mm×5mmのQFN-52パッケージ
LT3760	8チャンネル x 100mA LEDドライバ、60V昇圧コントローラおよびPWM調光機能付き	V_{IN} : 6V ~ 40V、 $V_{OUT(MAX)}$ = 60V、True Color PWM 調光 = 3000:1、 $I_{SD} < 2\mu A$ 、TSSOP-28パッケージ