

10:1調光付き 広い入力電圧範囲の 500mA降圧LEDドライバ

特長

- 広い入力電圧範囲:3.6V~36V動作
- 抵抗で調整可能なスイッチング周波数:400kHz~2.2MHz
- 短絡およびオープンLED保護
- スイッチ電流センス抵抗を内蔵
- 外付け抵抗でLED電流を設定、ピンで10:1調光比を選択
- 50mA/500mAのLED電流設定
- キャッチ・ダイオード電流センスによって高入力電圧時の暴走を防止
- 熱特性が改善された小型10ピンDFN(2mm×3mm)およびMSOP-10パッケージ

アプリケーション

- 自動車用信号照明
- 産業用照明
- 定電流源、定電圧源

概要

LT[®]3592は、定電流源として動作するように設計された固定周波数降圧DC/DCコンバータです。外付けセンス抵抗によって出力電流をモニタし、正確な電流レギュレーションが可能なので、高電流LEDのドライブに最適です。出力電流は外部信号を使用して10:1で調光可能なので、夜間ブレーキ・ライトに適しています。

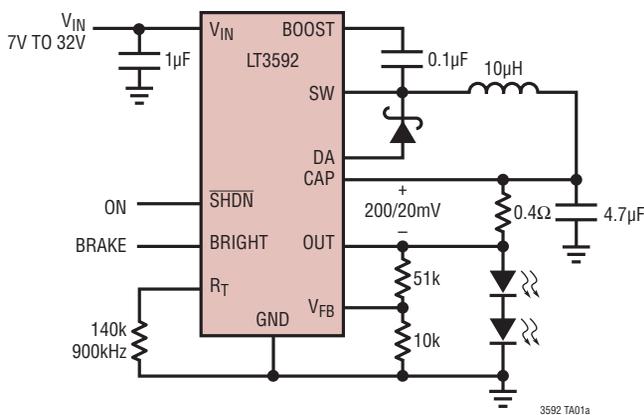
高いスイッチング周波数にはいくつかの利点があり、小型のインダクタやセラミック・コンデンサを使用可能にします。LT3592の10ピンDFNリードレス表面実装パッケージに小型部品を組み合わせるにより、代替ソリューションに比べてスペースとコストを削減します。固定スイッチング周波数と低インピーダンスのセラミック・コンデンサにより、出力リップルが低く予測可能です。

LT3592は入力電圧範囲が3.6V~36Vと広く、様々なアプリケーションで使用できます。電流モードPWMアーキテクチャにより、高速過渡応答とサイクルごとの電流制限を実現します。また、サーマル・シャットダウンにより、さらなる保護を提供します。

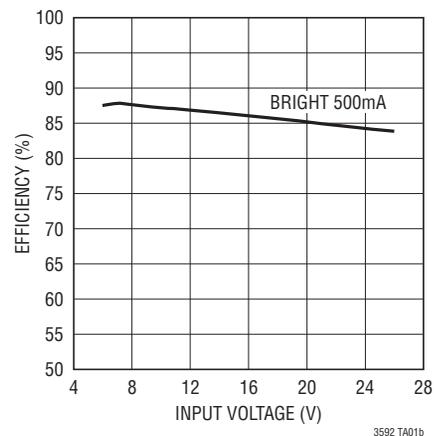
LT、LT、LTCおよびLTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例

2個の直列赤色LED用50/500mAドライバ



2個の赤色LEDの場合の効率 (L = 10µH, 900kHz)



LT3592

絶対最大定格 (Note 1)

V_{IN} 、BRIGHTの電圧.....	-0.3V~36V
BOOSTの電圧.....	60V
SWピンを超えるBOOST.....	30V
CAP、OUTの電圧 (OUT ≤ CAP)	30V
V_{FB} の電圧.....	4V
R_T の電圧.....	6V

SHDNの電圧.....	V_{IN}
DAピンの電流(平均).....	-1.2A(ソース)
動作温度範囲 (Note 2、3)	
LT3592E.....	-40°C~125°C
LT3592I.....	-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
LT3592EDDB#PBF	LT3592EDDB#TRPBF	LDCQ	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3592IDDB#PBF	LT3592IDDB#TRPBF	LDCQ	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3592EMSE#PBF	LT3592EMSE#TRPBF	LTDCR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3592IMSE#PBF	LT3592IMSE#TRPBF	LTDCR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
鉛ベース仕様	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
LT3592EDDB	LT3592EDDB#TR	LDCQ	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3592IDDB	LT3592IDDB#TR	LDCQ	10-Lead (3mm × 2mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3592EMSE	LT3592EMSE#TR	LTDCR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3592IMSE	LT3592IMSE#TR	LTDCR	10-Lead Plastic MSOP	-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。

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/tapeandreeil/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲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、 $V_{IN} = 12\text{V}$ 、 $V_{BOOST} = 16\text{V}$ 、 $V_{OUT} = 4\text{V}$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Input Voltage		●		3.25	3.6	V
Input Quiescent Current in Shutdown	Not Switching $V_{SHDN} = 0.3\text{V}$			2 0.1	3 2	mA μA
CAP to OUT Voltage	0.4 Ω CAP to OUT BRIGHT = 1.4V BRIGHT = 0.3V	●	190	200	210	mV
		●	18	20	22	mV
DA Pin Current to Stop OSC			-0.8	-1	-1.2	A
Switching Frequency	$R_T = 357\text{k}$		350	400	450	kHz
	$R_T = 140\text{k}$		800	900	1000	kHz
	$R_T = 48.7\text{k}$		1.9	2.2	2.5	MHz
Maximum Duty Cycle	$R_T = 140\text{k}$		90	94		%
SHDN Input High Voltage			2.3			V
SHDN Input Low Voltage					0.3	V
BRIGHT Input High Voltage			1.4			V
BRIGHT Input Low Voltage					0.3	V
Switch Current Limit (Note 4)		●	0.85	1.25	1.5	A
Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 500\text{mA}$			300		mV
Boost Pin Current	$I_{SW} = 500\text{mA}$			20	30	mA
Switch Leakage Current				1	10	μA
Minimum Boost Voltage ($V_{BOOST} - V_{IN}$)	$V_{OUT} = 4\text{V}$			1.8	2.5	V
Boost Diode Forward Voltage	$I_{DIO} = 50\text{mA}$			800		mV
V_{FB} Voltage	OUT = CAP = 4V, Bright = 12V	●	1.185	1.21	1.235	V
V_{FB} Input Leakage Current	$V_{FB} = 1.21\text{V}$	●	-250		250	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。

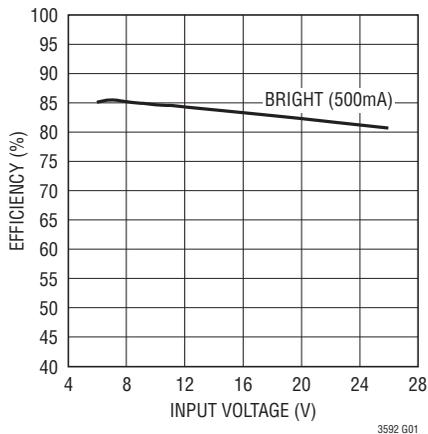
Note 2: LT3592Eは $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の接合部温度で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3592Iは $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で動作することが保証されている。接合部温度が 125°C を超えると、動作寿命は短くなる。

Note 3: このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護がアクティブなとき、接合部温度は最大動作接合部温度を超える。規定された最高動作接合部温度を超えた動作が継続するとデバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

Note 4: スイッチ電流測定は出力がスイッチングしていないときに行われる。高いデューティ・サイクルではスロープ補償により電流制限が低下する。

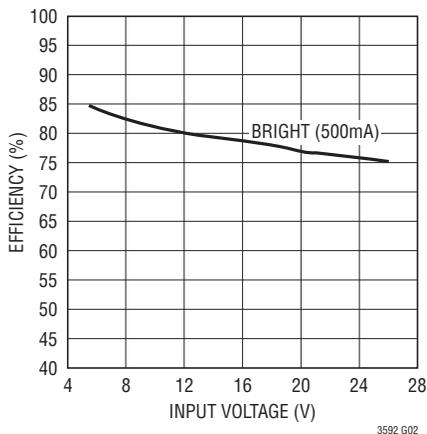
標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)

効率 (2個 of 赤色LED、
 $L = 10\mu\text{H}$, 900kHz)



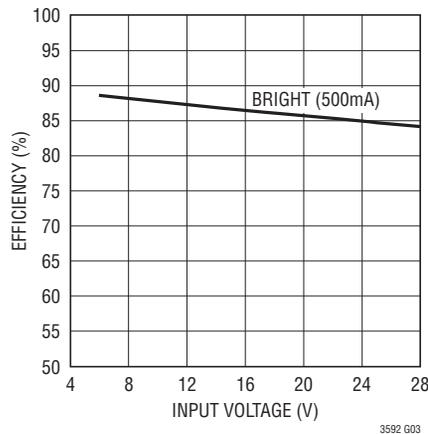
3592 G01

効率 (1個 of 赤色LED、
 $L = 6.8\mu\text{H}$, 900kHz)



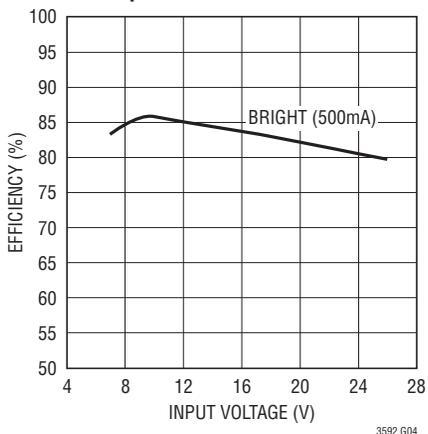
3592 G02

効率 (2個 of 赤色LED、
 $L = 22\mu\text{H}$, 400kHz)



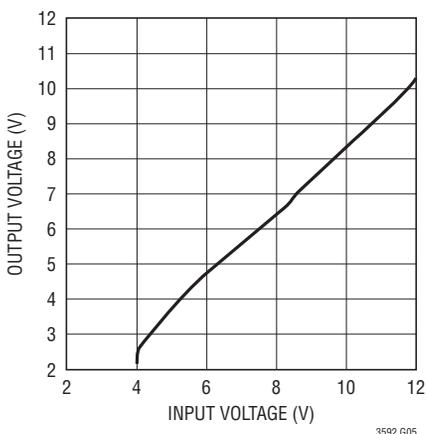
3592 G03

効率 (2個 of 赤色LED、
 $L = 4.7\mu\text{H}$, 2.2MHz)



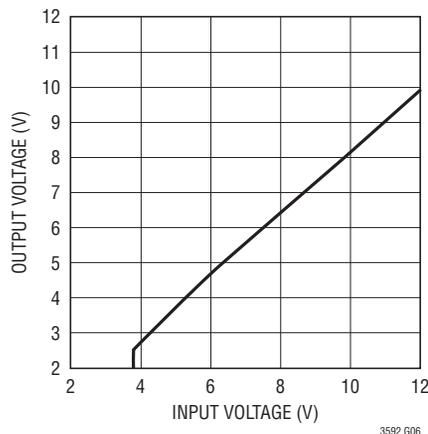
3592 G04

500mA出力電流の場合の
最小 V_{IN} と V_{OUT} 、 $L = 22\mu\text{H}$ 、
 $f = 400\text{kHz}$ (LED負荷)



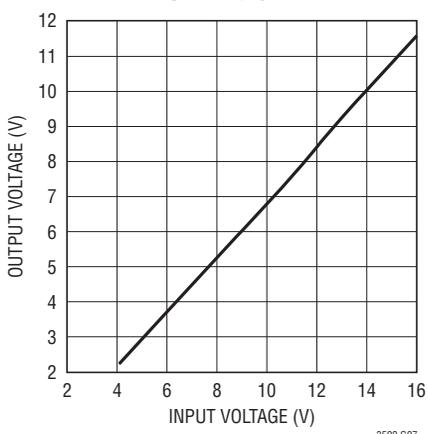
3592 G05

500mA出力電流の場合の
最小 V_{IN} と V_{OUT} 、 $L = 6.8\mu\text{H}$ 、
 $f = 900\text{kHz}$ (LED負荷)



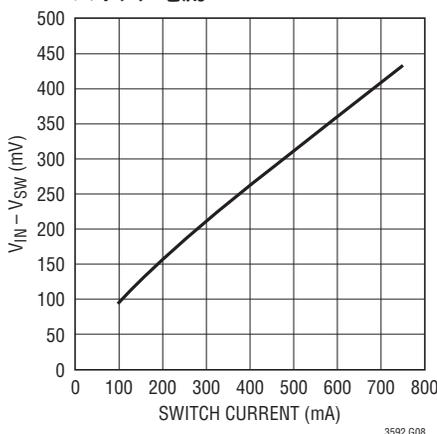
3592 G06

500mA出力電流の場合の
最小 V_{IN} と V_{OUT} 、 $L = 4.7\mu\text{H}$ 、
 $f = 2.2\text{MHz}$ (LED負荷)



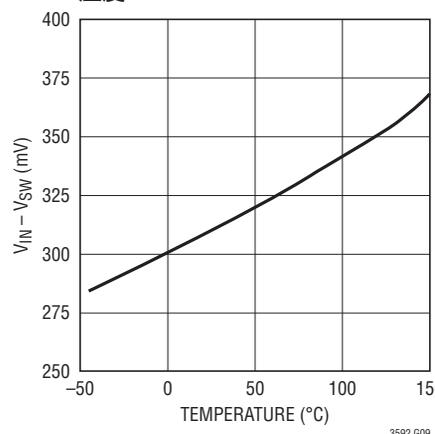
3592 G07

スイッチ電圧降下と
スイッチ電流



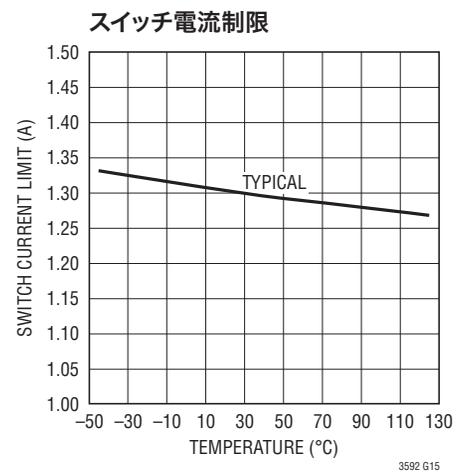
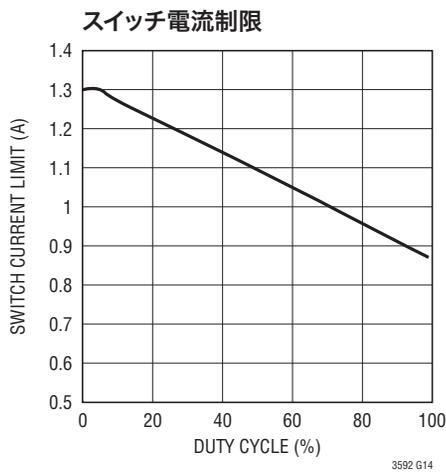
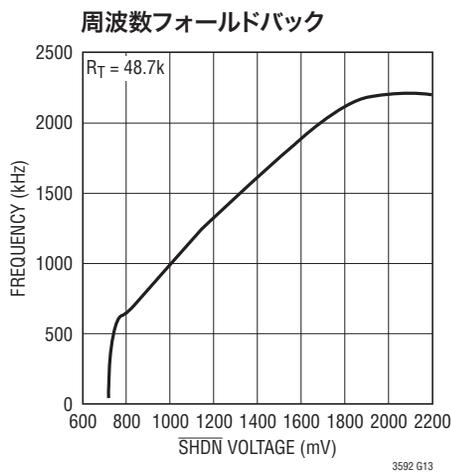
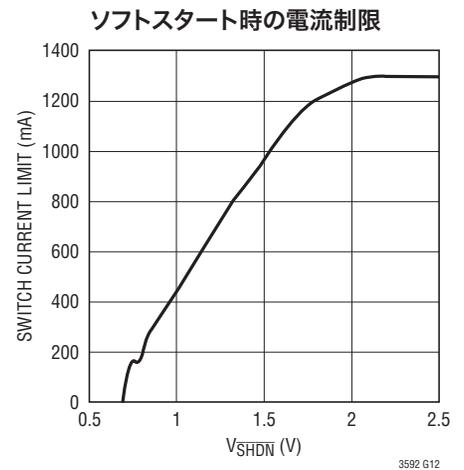
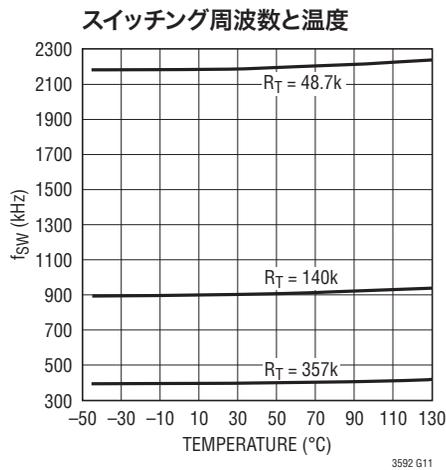
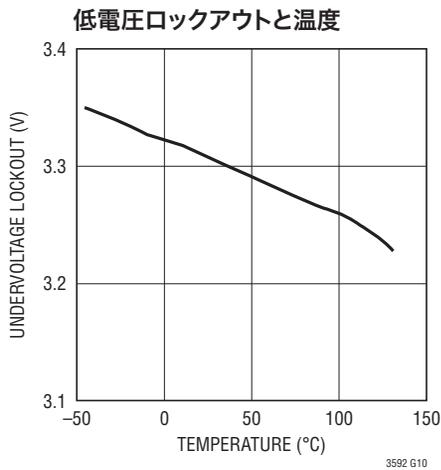
3592 G08

500mAでのスイッチ電圧降下と
温度

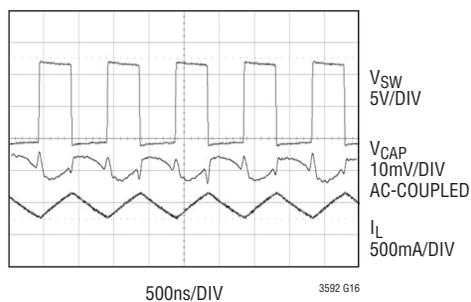


3592 G09

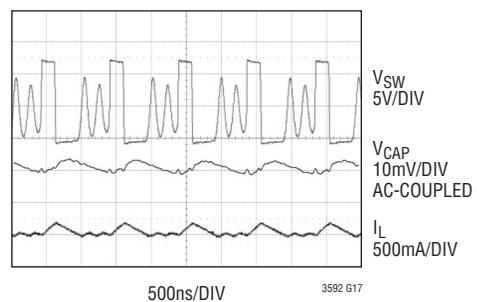
標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$)



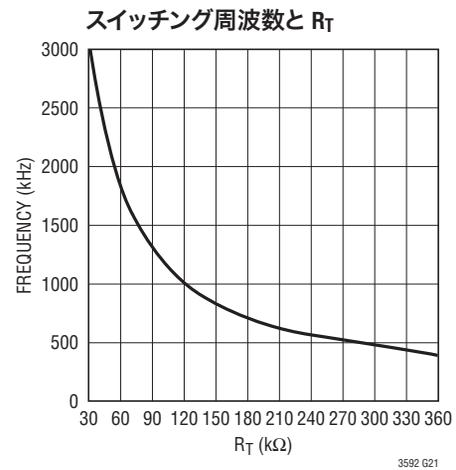
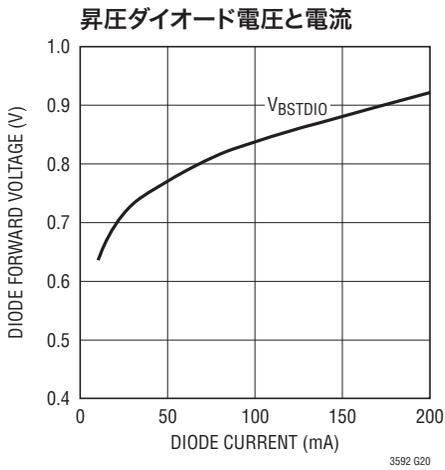
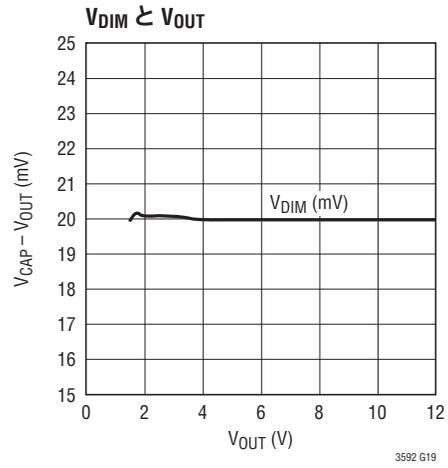
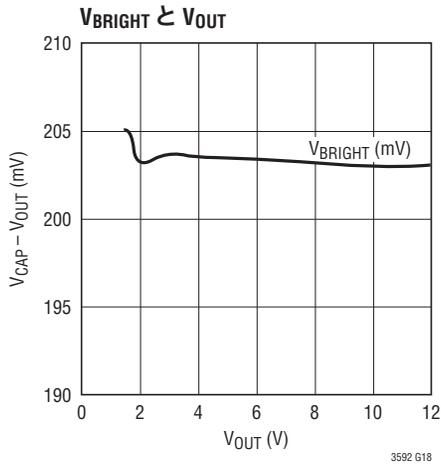
動作波形



動作波形、不連続モード



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



ピン機能

R_T (ピン1): 内部発振器の周波数をプログラムします。抵抗をR_Tからグランドに接続します。望みの発振器周波数を設定する抵抗値に関しては表1および「標準性能特性」を参照してください。

BRIGHT (ピン2): LED電流の10:1の調光比をプログラムするのに使います。最大光度を指定するにはこのピンを1.4Vより上にドライブし、最小光度を指定するには0.3Vより下にドライブします。このピンを150Hzでパルス幅変調し、1×から10×の間の電流レベルで輝度を制御することができます。

SHDN (ピン3): スイッチング・レギュレータと内部バイアス回路をシャットダウンするのに使います。このピンを150Hzでパルス幅変調し、輝度を制御することができます。

V_{IN} (ピン4): LT3592の内部回路および内部パワー・スイッチに電流を供給します。ローカルにバイパスする必要があります。車載アプリケーションでは、コンデンサをV_{IN}からGNDに接続し、直列インダクタをV_{IN}と電源ソースの間に接続し、さらに別のコンデンサをインダクタの遠くの端からGNDに接続したπネットワークを推奨します。

DA (ピン5): V_{IN}が高くデューティ・サイクルが非常に低いときなど電流の暴走を防ぐため外部キャッチ・ダイオードの電流を検出できるようにします。このピンは外部キャッチ・ショットキー・ダイオードのアノードに接続します。

SW (ピン6): SWピンは内部パワー・スイッチの出力です。このピンはインダクタとスイッチング・ダイオードのカソードに接続します。

BOOST (ピン7): 入力電圧より高いドライブ電圧を内蔵バイポーラNPNパワー・スイッチに与えます。BOOSTは通常0.1μFのコンデンサを通してSWピンに接続されます。昇圧機能のため内部ショットキー・ダイオードが与えられているので、外部ダイオードは不要です。シングルLEDアプリケーションや高い昇圧電圧を望むときは、BOOSTとCAPの間に外部ショットキー・ダイオードを接続します。

CAP (ピン8): 降圧コンバータの出力であり、同時にLED電流検出アンプへの入力です。フィルタ・コンデンサ、インダクタ、および外部LED電流センス抵抗の上端をこのピンに接続します。

OUT (ピン9): LEDをドライブし、また、LED電流検出アンプの他方の入力です。このピンをストリングのトップLEDのアノード、外部LED電流センス抵抗の下端、およびV_{FB}抵抗分割器の上端に接続します。

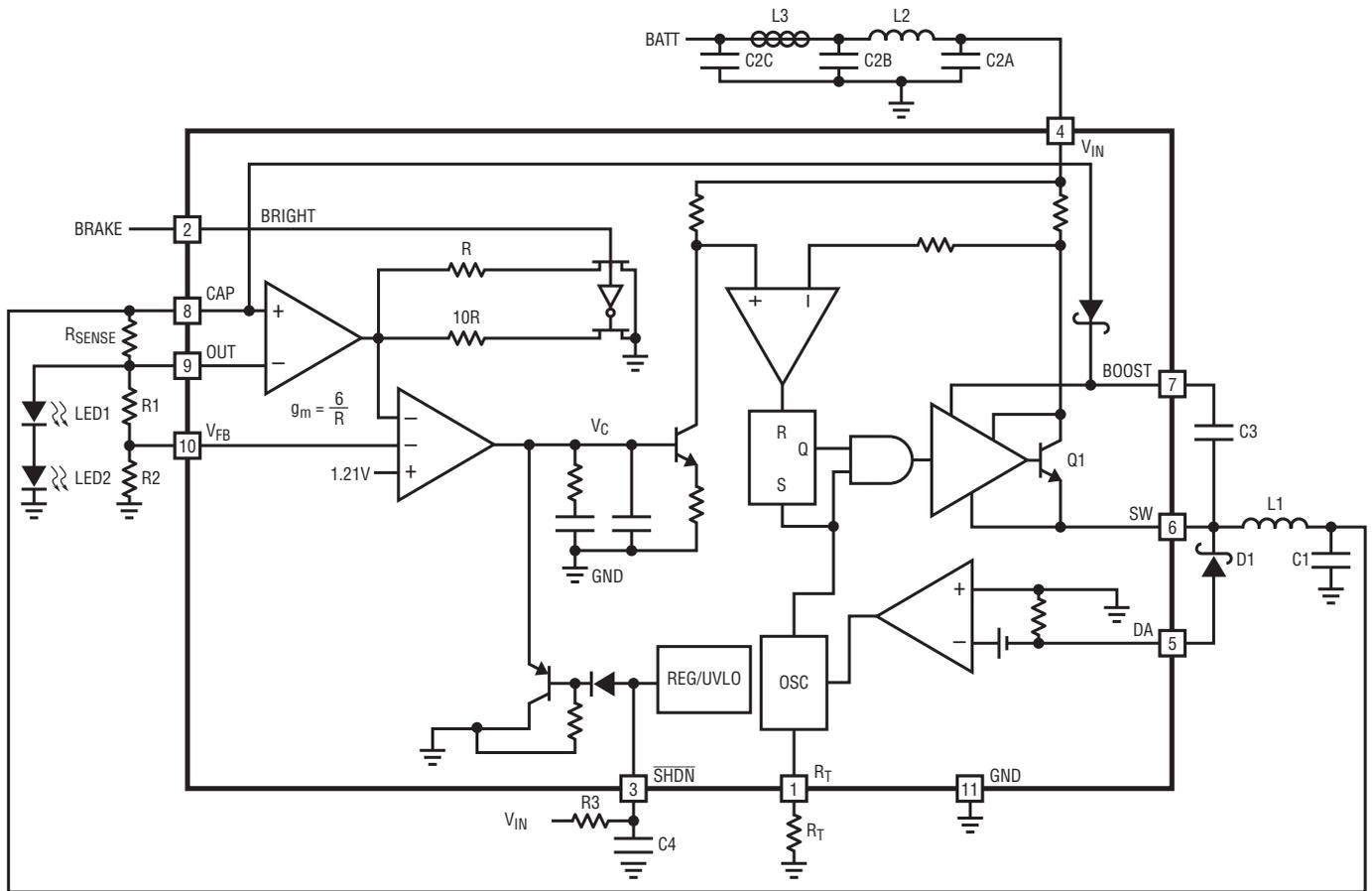
V_{FB} (ピン10): 出力電圧制御ループの帰還ノード。このノードをOUTとGNDの間の抵抗分割器に接続して、次式に従って、降圧コンバータの最大出力電圧を設定します。

$$V_{OUT} = 1.21 \cdot \frac{R1 + R2}{R2}$$

ここで、R1はOUTとV_{FB}の間に接続し、R2はV_{FB}とGNDの間に接続します。

露出パッド (ピン11): グランド。パッケージの下側の露出したパッド・メタルにより、グランドへの電氣的接触とプリント回路基板への十分な熱的接触の両方が実現されます。最適動作のため、デバイスを回路基板に半田付けする必要があります。

ブロック図



3592 BD

動作

LT3592は固定周波数の電流モード降圧LEDドライバです。 R_T ピンからグラウンドに接続された抵抗によってプログラムされる内部発振器が、RSフリップ・フロップをイネーブルし、内部の1.25Aパワー・スイッチQ1をオンします。アンプおよびコンパレータは V_{IN} ピンとSWピンの間を流れる電流を検出し、この電流が V_C の電圧によって決まるレベルに達するとスイッチをオフします。 V_C ノードをサーボ制御する誤差アンプは2つの入力を備えており、一方は電圧測定から、他方は電流測定からの入力です。

計装アンプはCAPピンとOUTピンの間の外部電流センス抵抗両端の電圧降下を測定し、この信号を60の利得(「暗」モードのためにBRIGHTを“L”)または6の利得(「明」モードのためにBRIGHTを“H”)で増幅し、それを誤差アンプの負入力の1つに与えます。OUTとグラウンドの間の外部抵抗分割器の出力は V_{FB} ピンに接続され、誤差アンプの2番目の負入力に与えられます。高い方の電圧が結局はループを制御しますので、(LEDドライブの場合のように)電流制御が望まれる回路では、望まれる電流レベルで計装アンプの出力が V_{FB} ピンより高くなるように設定されます。電圧帰還ループは、LEDが開放回路になった場合、出力電圧を制限して回路の損傷を防ぐように働きます。

誤差アンプへの正入力は1.21Vのリファレンスなので、電圧ループは V_{FB} ピンを1.21Vに強制し、電流ループはCAPとOUTの間の電圧差を「明」モードでは200mVに、「暗」モードでは20mVに強制します。誤差アンプの出力が上昇すると出力電流が増加し、誤差アンプの出力が低下すると出力電流が減少します。電流制限は V_C ノードのアクティブ・クランプによって与

えられ、このノードは \overline{SHDN} ピンにもクランプされます。ソフトスタートは外部の抵抗とコンデンサを使って \overline{SHDN} ピンをランプさせることにより実現されます。

内部レギュレータは制御回路に給電し、 V_{IN} が3.25Vより低くなるとスイッチングを禁止する低電圧ロックアウトが備わっています。 \overline{SHDN} が“L”だと出力が切断され、入力電流は2 μ Aより小さくなります。

スイッチ・ドライバはBOOSTピン入力から動作します。外部コンデンサと内部ダイオードを使って入力電源より高い電圧をBOOSTピンに発生させるので、ドライバは内部バイポーラNPNパワー・スイッチを完全に飽和させることができ、高効率動作が実現されます。外部ダイオードを使って、低出力電圧でBOOSTがさらに効果的にドライブするようにすることができます。

OUTピンの電圧が低いと発振器はLT3592の動作周波数を下げます。この周波数フォールドバックは起動時および過負荷時の出力電流を制御するのに役立ちます。

降圧回路のキャッチ・ダイオードのアノードはDAピンに接続されており、このデバイスの電流を直接検出します。このダイオードの電流が内部キャッチ・ダイオード電流制限回路によって設定されるレベルより上になると、発振器周波数が遅くなります。これにより、高い V_{IN} 電圧での最小オン時間の制限による電流暴走が防がれます。この機能は、DAピンとキャッチ・ダイオードのアノードをグラウンドに接続することにより、簡単にディスエーブルすることができます。

アプリケーション情報

発振器

動作周波数は、 R_T からグラウンドに接続した外部抵抗によってプログラムされます。一般に使われる発振器周波数のための R_T 値を表1に示します。他の値については「標準的性能特性」の曲線を参照してください。

表1. よく使われる発振器周波数と R_T の値

f_{osc}	R_T
400kHz	357k
900kHz	140k
2.2MHz	48.7k

FB抵抗ネットワーク

出力電圧リミットは出力と V_{FB} ピンの間に接続した抵抗分割器を使ってプログラムします。これは、LEDが開放回路になると出力がクランプされる電圧です。次式に従って抵抗を選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{1.21V} - 1 \right)$$

V_{OUT} が電流制御ループの動作に干渉しないように V_{OUT} を選択します。 V_{OUT} は選択されたBRIGHT出力電流のための最大予想LED電圧より少なくとも10%上に設定します。バイアス電流による誤差を避けるため、 $R2$ は20k以下にします。オプションの22pFの位相リード・コンデンサを V_{OUT} と V_{FB} の間に接続すると、軽負荷でのリップルが減少します。

出力電流の選択

出力電流レベルはCAPとOUTの間の外部電流センス抵抗の値によってプログラムされます。

表2. インダクタ・メーカー

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEBSITE
Panasonic	(800) 344-2112		www.panasonic.com/industrial/components/components.html
Vishay	(402) 563-6866	(402) 563-6296	www.vishay.com/resistors
Coilcraft	(847) 639-6400	(847) 639-1469	www.coilcraft.com
CoEv Magnetics	(800) 227-7040	(650) 361-2508	www.circuitprotection.com/magnetics.asp
Murata	(814) 237-1431 (800) 831-9172	(814) 238-0490	www.murata.com
Sumida	USA: (847) 956-0666 Japan: 81(3) 3607-5111	USA: (847) 956-0702 Japan: 81(3) 3607-5144	www.sumida.com
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com
TOKO	(847) 297-0070	(847) 699-7864	www.tokoam.com

「明」モードの電流は次式で与えられます。

$$I_{BRIGHT} = 200mV/R_{SENSE}$$

「暗」モードの電流は「明」モードの電流の10%です。「明」モードの電流の最大許容DC値は500mAです。900kHzの2個のLED用アプリケーションで推奨部品値が使われる場合、「明」の電流と「暗」の電流の間の切替えによって生じる過渡の持続時間は50 μ s以下になります。

動作温度の変化につれてLED電流がドリフトするのを防ぐため、TCの低いセンス抵抗を使います。

BRIGHTピンは36Vに達する電圧に耐えることができるので、高電圧アプリケーションであっても安全に V_{IN} に接続することができますが、スレッシュホールド電圧は低いので(約0.7V)、ロジック・レベルの制御信号にインタフェースすることができます。

入力電圧範囲

LT3592の最大許容入力電圧は36Vです。最小入力電圧はLT3592の約3.6Vの最小動作電圧またはその最大デューティ・サイクルのどちらかによって決まります。デューティ・サイクルは内部スイッチがオンしている時間の割合であり、入力電圧と出力電圧によって決まります。

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

ここで、 V_D はキャッチ・ダイオードの順方向電圧降下(約0.4V)、 V_{SW} は内部スイッチの電圧降下(最大負荷で約0.4V)です。

アプリケーション情報

したがって、最小入力電圧は次のようになります。

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

ここで、 $DC_{MAX} = 0.90$ です。

最大入力電圧は V_{IN} ピンとBOOSTピンの絶対最大定格によって決まります。連続モード動作では、最大入力電圧は、発振器周波数に依存する最小デューティ・サイクルによって次のように決まります。

$$DC_{MIN} = f_{osc} \cdot 70nsec$$

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

これは連続モード動作の動作入力電圧に対する制約であることに注意してください。回路は V_{IN} ピンとBOOSTピンの絶対最大定格までの過渡入力に耐えます。過負荷状態(短絡や起動)の間、入力電圧を V_{IN} の絶対最大範囲(36V)に制限します。

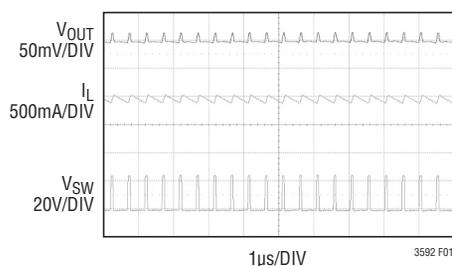


図1.

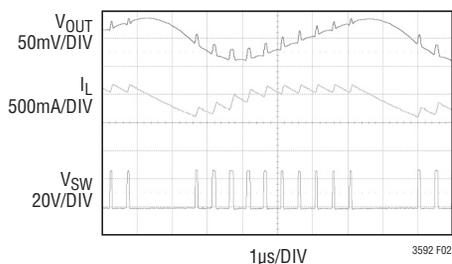


図2.

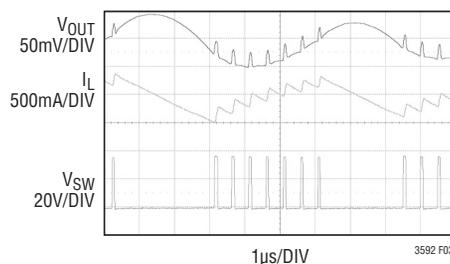


図3.

最小オン時間

LT3592は $V_{IN(MAX)}$ (最大36V)を超える入力電圧でも出力を適切に安定化しますが、入力電圧の増加に伴い、出力電圧リップルが増加します。

$V_{IN(MAX)} = 24V$ に近い2.2MHzの1個の赤色LED用アプリケーションのスイッチング波形を図1に示します。

入力電圧が増加するにつれ、デバイスは短時間だけスイッチングする必要があります。パワー・スイッチをオフするのに伴う遅延により、デバイスの最小オン時間が支配されます。LT3592の最小オン時間は約70nsです。入力電圧を $V_{IN} = 26V$ に上げたときのスイッチング波形を図2に示します。

ここで、必要なオン時間は70nsの最小オン時間より短くなっています。もっと低いデューティ・サイクルの要求に合わせるためスイッチのパルス幅を狭める代わりに、スイッチのパルス幅は70nsに固定されたままです。図2で、インダクタ電流は負荷電流を超える値にまで上昇し、出力リップルは約70mVに増加します。その後、再度スイッチする前に、デバイスは出力電圧がプログラムされた値より下に下がるまでオフ状態に留まります。

負荷が増加した出力電圧リップルに耐えることができ、部品が適切に選択されていれば、 $V_{IN(MAX)}$ 近辺の動作は安全で、デバイスを損傷することはありません。入力電圧を36Vに上げたときのスイッチング波形を図3に示します。

アプリケーション情報

入力電圧が増加するにつれ、インダクタ電流がさらに速くランプアップし、スキップされるパルスの個数が増加し、出力電圧リップルが大きくなります。 $V_{IN(MAX)}$ を超える動作の場合、部品に対する唯一の条件は、意図された電圧レベルでの動作に対して適切に定格が規定されていることです。

ピーク・インダクタ電流が1.2Aを超えない限り、LT3592はこれらの条件での長時間動作に耐えるだけ十分堅牢です。この動作方式では、高電流によるインダクタの飽和により性能がさらに制限されることがあります。

インダクタの選択と最大出力電流

最初に選択するインダクタの値としては次の値が良いでしょう。

$$L = 1.2A \cdot \frac{(V_{OUT} + 0.2V + V_D)}{f}$$

ここで、 V_D はキャッチ・ダイオードの順方向電圧降下(約0.4V)、 f はMHzで表したスイッチング周波数、 L の単位は μH です。この値では、デューティ・サイクルが50%以上のアプリケーションでは低調波発振は生じません。 V_{IN} が V_{OUT} の3倍を超える低デューティ・サイクルのアプリケーションでは、最小インダクタ値の目安は次のとおりです。

$$L = 1.7 \cdot \left(\frac{(V_{IN} - V_{OUT} - 0.2V)}{V_{IN} - V_{SW} + V_D} \right) \cdot \left(\frac{(V_{OUT} + 0.2V + V_D)}{f} \right)$$

ここで、 V_{SW} はスイッチの電圧降下です(500mAで約0.3V)。インダクタのRMS電流定格は最大負荷電流より大きくなければならず、その飽和電流は約30%大きくなければなりません。フォールト状態で堅牢な動作を保つには、飽和電流を約1.5Aより大きくします。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が 0.1Ω より小さいものにします。インダクタ・メーカーのリストを表2に示します。

もちろん、このように簡単なデザイン・ガイドでは、個々のアプリケーションに最適のインダクタを常に与えるとは限りません。値を大きくすると最大負荷電流が増加し、出力電圧リップルが減少しますが、代償として過渡応答が遅くなります。負荷が500mAより小さい場合、インダクタの値を小さくして高いリップル電流で動作させることができます。この場合、物理的に小さいインダクタを使うことができます。または、DCRの小さいものを使って効率を上げることができます。このデータシートの

「標準的性能特性」のセクションのいくつかのグラフには、いくつかのよく使われる出力電圧に対して、入力電圧とインダクタ値の関数としての最大負荷電流が示されています。インダクタンスが低いと不連続モード動作になることがあります。これは受け入れることができますが最大負荷電流がさらに減少します。最大出力電流と不連続モード動作については、「アプリケーションノート44」を参照してください。

キャッチ・ダイオード

負荷電流に依存して、キャッチ・ダイオードD1には500mA~1Aのショットキー・ダイオードを推奨します。ダイオードの逆電圧定格は最大入力電圧以上なければなりません。ON SemiconductorのMBRA140T3とCentral SemiconductorのCMMSH1-40は定格連続順方向電流が1A、最大逆電圧が40Vなので最適です。

入力のフィルタ・ネットワーク

コンデンサしか必要としないアプリケーションでは、X7RまたはX5Rタイプの $1\mu F$ 以上のセラミック・コンデンサを使って V_{IN} をバイパスします。Y5Vタイプは温度や印加される電圧が変化すると性能が低下するので使用しないでください。 $1\mu F$ のセラミック・コンデンサはLT3592をバイパスするのに適しており、容易にリップル電流に対応できます。ただし、入力電源のインピーダンスが高い場合、または長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能の高くない(ESRの高い)電解コンデンサをセラミック・コンデンサに並列に使うことができます。

車載用などアプリケーションによっては、EMI/EMCの要件により、追加のフィルタ処理が必要になることがあります。これらのアプリケーションでは、ちょうどソース電圧のところでグラウンドに接続したコンデンサ、直列フェライト・ビーズ、および、グラウンドへのコンデンサ、直列インダクタ、さらにデバイス・ピンからグラウンドに直接接続した別のコンデンサで形成される π フィルタによって非常に効果的なEMIフィルタ処理を行うことができます(一例として「ブロック図」を参照)。フィルタ部品の標準的な値は、C2Cが $10nF$ 、L2のフェライト・ビーズが $100MHz$ で約 220Ω 、C2Bが $3.3\mu F$ 、L3が $10\mu H$ 、およびC2Aが $1\mu F$ です。

降圧レギュレータには入力電源から高速の立上りと立下りを伴うパルス電流が流れます。

アプリケーション情報

その結果LT3592に生じる電圧リップルを減らし、非常に高い周波数のこのスイッチング電流を狭いローカル・ループに閉じ込めてEMIを抑えるために入力コンデンサが必要です。1 μ Fのコンデンサはこの役目を果たしますが、それがLT3592とキャッチ・ダイオードの近くに配置される場合に限られます(「PCBレイアウト」のセクションを参照)。2番目の注意は、入力セラミック・コンデンサとLT3592の最大入力電圧定格の関係に関するものです。入力セラミック・コンデンサはトレースやケーブルのインダクタンスと結合して質の良い(減衰しにくい)共振タンク回路を形成します。LT3592の回路を給電中の電源に差し込むと、入力電圧に正常値の2倍のリングングが生じて、LT3592の電圧定格を超えるおそれがあります。この状況は、「安全な活線挿入」のセクションで説明されているように、容易に避けられます。詳細については、弊社の「アプリケーションノート88」を参照してください。

出力コンデンサ

ほとんどの2.2MHzのLEDアプリケーションでは、3.3 μ F以上の出力コンデンサで十分動作が安定します。900kHzのアプリケーションでは、4.7 μ F以上の出力コンデンサを使います。400kHzのアプリケーションは22 μ F以上の出力コンデンサを必要とします。最小推奨値は(減衰がいくらか足りないとは言え)許容できる過渡応答を与えますが、さらに減衰が必要なら、もしくは望むなら、もっと大きな値をいつでも使うことができます。

出力コンデンサはインダクタ電流をフィルタして電圧リップルが小さい出力を発生します。また、このコンデンサは過渡負荷を満たしてLT3592の制御ループを安定させるためにエネルギーを蓄積します。LT3592は高い周波数で動作するので小さな出力容量ですみます。さらに、制御ループは出力コンデンサの等価直列抵抗(ESR)が大きくても小さくても正常に動作します。したがって、(出力リップルを非常に小さく抑え、回路のサイズも小さくできる)セラミック・コンデンサは選択肢の1つになります。

表3. コンデンサ・メーカーに関する情報

SUPPLIER	PHONE	FAX	WEBSITE
AVX	(803) 448-9411	(803) 448-1943	www.avxcorp.com
Sanyo	(619) 661-6322	(619) 661-1055	www.sanyovideo.com
Taiyo Yuden	(408) 573-4150	(408) 573-4159	www.t-yuden.com
TDK	(847) 803-6100	(847) 803-6296	www.component.tdk.com

以下の式を使って出力リップルを推算することができます。

$$V_{\text{RIPPLE}} = \frac{\Delta I_{\text{LP-P}}}{8 \cdot f \cdot C_{\text{OUT}}}$$

ここで、 $\Delta I_{\text{LP-P}}$ はインダクタのピーク-ピーク間リップル電流です。このリップルのRMS成分は非常に低いので、出力コンデンサのRMS電流定格は通常心配りません。この成分は次式を使って計算することができます。

$$I_{\text{C(RMS)}} = \frac{\Delta I}{\sqrt{12}}$$

セラミック・コンデンサはサイズが小さくESRが低いのでLT3592のアプリケーションに適しています。ただし、全てのセラミック・コンデンサが同じわけではありません。値の大きなセラミック・コンデンサの多くは質の劣る誘電体を使っており、温度係数と電圧係数が大きくなります。特に、Y5VとZ5Uのタイプは電圧が印加されると、また高温や低温では容量の大きな部分が失われます。

ループの安定性と過渡応答は C_{OUT} の値に依存するので、このような容量の低下を許容できないことがあります。X7RとX5Rのタイプを使ってください。コンデンサ・メーカーのリストを表3に示します。

出力コンデンサの2つの選択肢について、「明」と「暗」の電流レベルの間を切り替えたときのLT3592の過渡応答を図4に示します。出力負荷は2個の直列接続したLuxeon K2赤色LEDです。「暗」の電流は50mA、「明」の電流は500mAです。回路は900kHzで動作します。上の写真は4.7 μ Fの推奨値の場合を示しています。2番目の写真は、もっと大きな出力コンデンサにより改善された応答を示しています。

アプリケーション情報

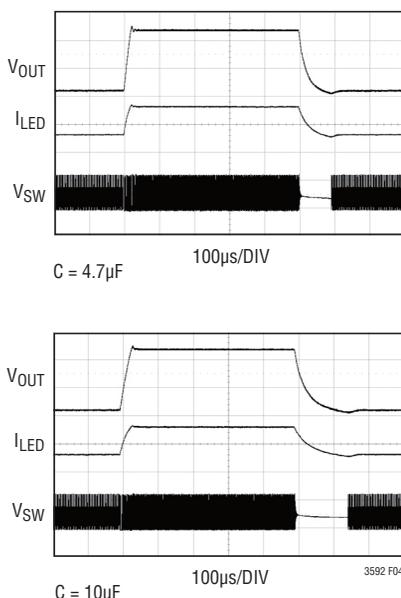


図4. 出力コンデンサが異なるときのLT3592の過渡負荷応答

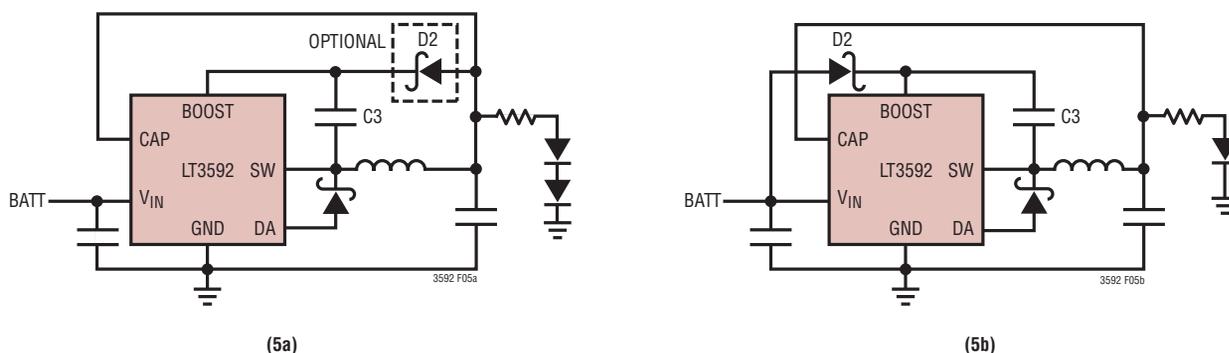


図5. 昇圧電圧を発生させる2つの回路

BOOSTピンに関する検討事項

入力電圧より高い昇圧電圧を発生させるため、コンデンサC3および(CAPからBOOSTピンに接続された)内部ショットキー・ダイオードが使われます。外部高速スイッチング・ショットキー・ダイオード(BAS40など)を内部ダイオードと並列に使ってこの昇圧回路をさらに効果的にすることができます。ほとんどの場合、0.1µFのコンデンサで昇圧回路はうまく動作します。最高の効率を得るには、BOOSTピンはSWピンより少なくとも2.5V高くなければなりません。12Vを超える出力の場合、0.1µFのコンデンサと(内部ショットキー・ダイオードに並列に、アノードをCAP、カソードをBOOSTに接続した)外部昇

圧ダイオード(BAS40など)を使います。3.3V~12Vの出力の場合、0.1µFのコンデンサと内部昇圧ダイオードで効果があります。3V~3.3Vの出力には、0.22µFのコンデンサを使います。2.5V~3Vの出力の場合、0.47µFのコンデンサと外部ショットキー・ダイオードを、図5aのように接続して使います。もっと低い出力電圧の場合、外部昇圧ショットキー・ダイオードのアノードは入力電圧に接続することができます。この接続ではBOOSTピンの電流が高い電圧からくるので他の接続ほど効率が良くありません。ユーザーはBOOSTピンの最大電圧定格を超えないことも確認する必要があります。

アプリケーション情報

先に説明したとおり、LT3592のアプリケーションの最小動作電圧は低電圧ロックアウト (UVLO、約3.25V) および最大デューティ・サイクルによって制限されます。正しく起動するには、最小入力電圧が昇圧回路によっても制限されます。入力電圧がゆっくりランプアップするか、出力が既に安定化している状態で $\overline{\text{SHDN}}$ ピンを使って LT3592 をオンすると、昇圧コンデンサが十分充電されないことがあります。昇圧コンデンサはインダクタに蓄えられたエネルギーによって充電されるので、昇圧回路を適切に動作させるには、回路は何らかの最小負荷電流を必要とします。回路が起動した後はこの最小負荷電流は通常ゼロになります。500mA の出力電流で起動するのに必要な最小入力電圧と LED 負荷の出力電圧のプロットを図6に示します。LED アプリケーションでは、出力電圧は一般に起動後ダイオードの発熱のため急速に低下しますが、起動電圧より動作電圧の方が低いので、これは問題ではありません。プロットは V_{IN} が非常にゆっくりランプアップするワーストケースの状態を示しています。もっと低い起動電圧の場合、昇圧ダイオードのアノードを V_{IN} に接続することができます。ただし、その場合、入力範囲が BOOST ピンの絶対最大定格の半分に制限されます。

軽負荷ではインダクタ電流は不連続になり、実効デューティ・サイクルが非常に高くなることがあります。このため最小入力電圧が V_{CAP} より約400mV 高い電圧にまで減少します。もっと大きな負荷電流ではインダクタ電流は連続しており、デューティ・サイクルは LT3592 の最大デューティ・サイクルによって制限されるので、安定化を維持するにはもっと高い入力電圧が必要です。

ソフトスタート

$\overline{\text{SHDN}}$ ピンを使って LT3592 をソフトスタートさせることができますので、起動時の最大入力電流が減少します。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンの電圧をランプアップさせるため、このピンは外付けの RC フィルタを通してドライブされます。ソフトスタート回路を使った場合と使わない場合の起動波形を図7に示します。大きな RC 時定数を選択すると、オーバーシュートなしに、ピーク起動電流をプログラムされた LED 電流まで減らすことができます。 $\overline{\text{SHDN}}$ ピンが 2.3V に達したとき 20 μA を供給できるように抵抗の値を選択します。

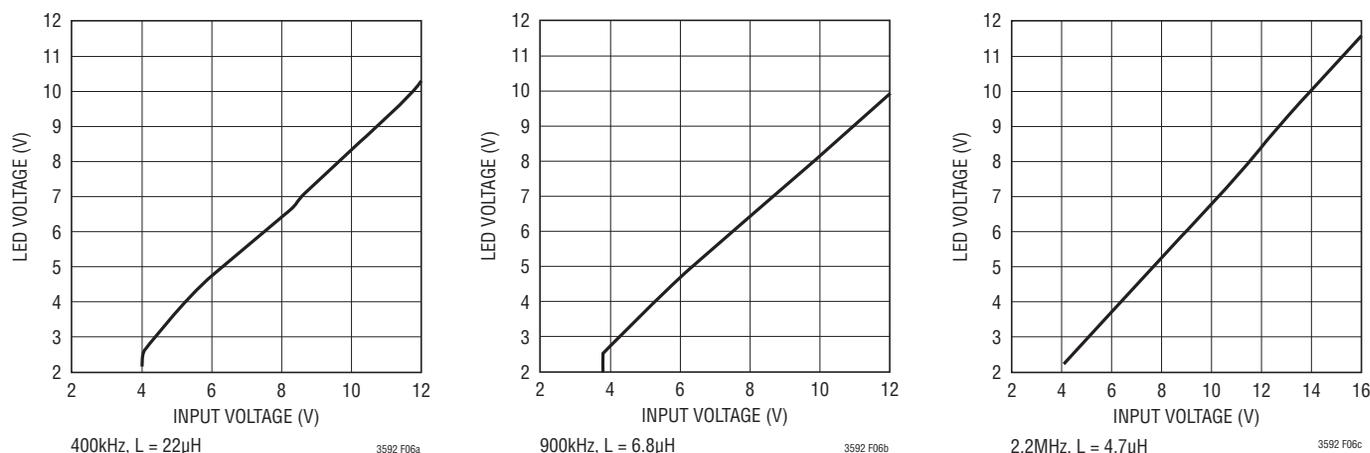


図6. 500mAの出力電流で起動するのに必要な入力電圧とLED電圧

アプリケーション情報

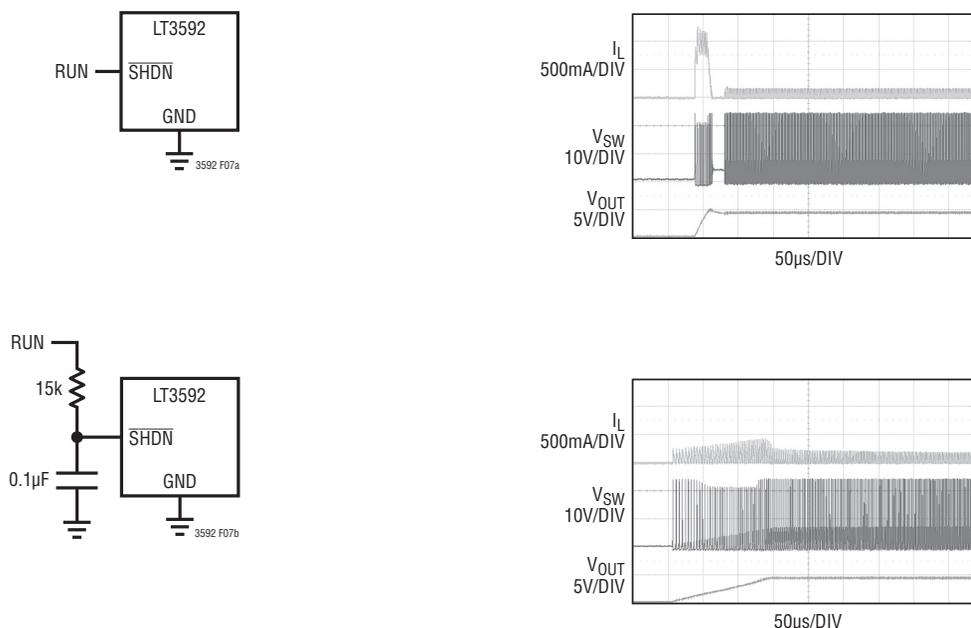


図7. LT3592をソフトスタートさせるには抵抗とコンデンサをSHDNピンに追加する。

短絡したLEDおよびオープンLEDに対する保護

LEDストリングが短絡した場合、またはどんな理由であれOUTピンがグラウンドに短絡した場合、様々な条件で電流ループが出力電流を制限するのに役立ちますが、電流ループの動作にもかかわらず、スイッチ電流が数サイクルにわたってスイッチ電流リミットに達することがあります。何らかの条件(特に低温)では、短絡したOUTの出力電流がスイッチ電流制限(これは1.5Aに達することがあります)および(OUPがグラウンドに近いと作動する)スイッチング周波数フォールドバックによってだけ制限され、電流制御ループはほとんど、または全く効果がありません。周波数フォールドバックにより、また、小さな電流センス抵抗が短絡したOUTの出力負荷に実際上なるという事実のため、どちらの場合も総電力損失は非常に低くなります。ピーク・スイッチ電流とインダクタ電流は高くなりますが、動作周波数が下がるため、ピークは短時間で、間隔が遠く離れます。この条件で主に問題となる点は、出力インダクタが飽和せず、スイッチが同時に高電流で高電圧降下になる安全でない動作状態に強制されることです。CAPとOUTの間の電流センス抵抗が短絡するか、またはCAPピンがグラウンドに短絡すると、ピーク出力電流は内部スイッチ電流制限(これは1.5Aに達することがあります)によって制限されます。

LEDが開放回路になると、FBに接続されたR1-R2抵抗分割器を通る電圧制御ループが制御を受け継ぎ、出力電圧が V_{IN} 近くまで急上昇するのを防ぎます。望みの開放回路の電圧をCAPピンとOUTピンの絶対最大値より低い、プログラムされた「明」電流でのLEDの最大可能順方向電圧降下より十分上の電流値にプログラムします。

逆入力保護

システムによっては、LT3592に入力が加わっていないとき出力が高く保持されます。それはバッテリー充電アプリケーションまたはバッテリーや他の電源がLT3592の出力とダイオードOR結合されているバッテリー・バックアップ・システムで発生することがあります。 V_{IN} ピンがフロート状態で、SHDNピンが(ロジック信号によって、あるいは V_{IN} に接続されていて)“H”に保持されていると、SWピンを通してLT3592の内部回路に静止電流が流れます。この状態で数mAの電流を許容できるシステムであればこれは問題ありません。

アプリケーション情報

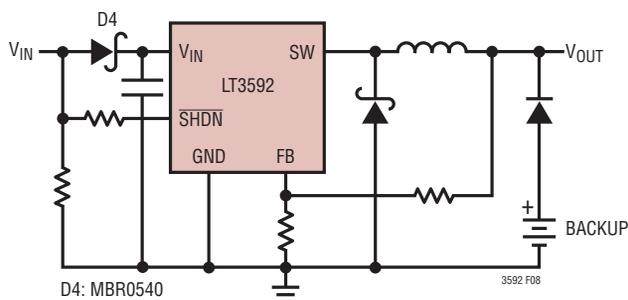


図8. 逆入力と逆給電の問題を解決する回路

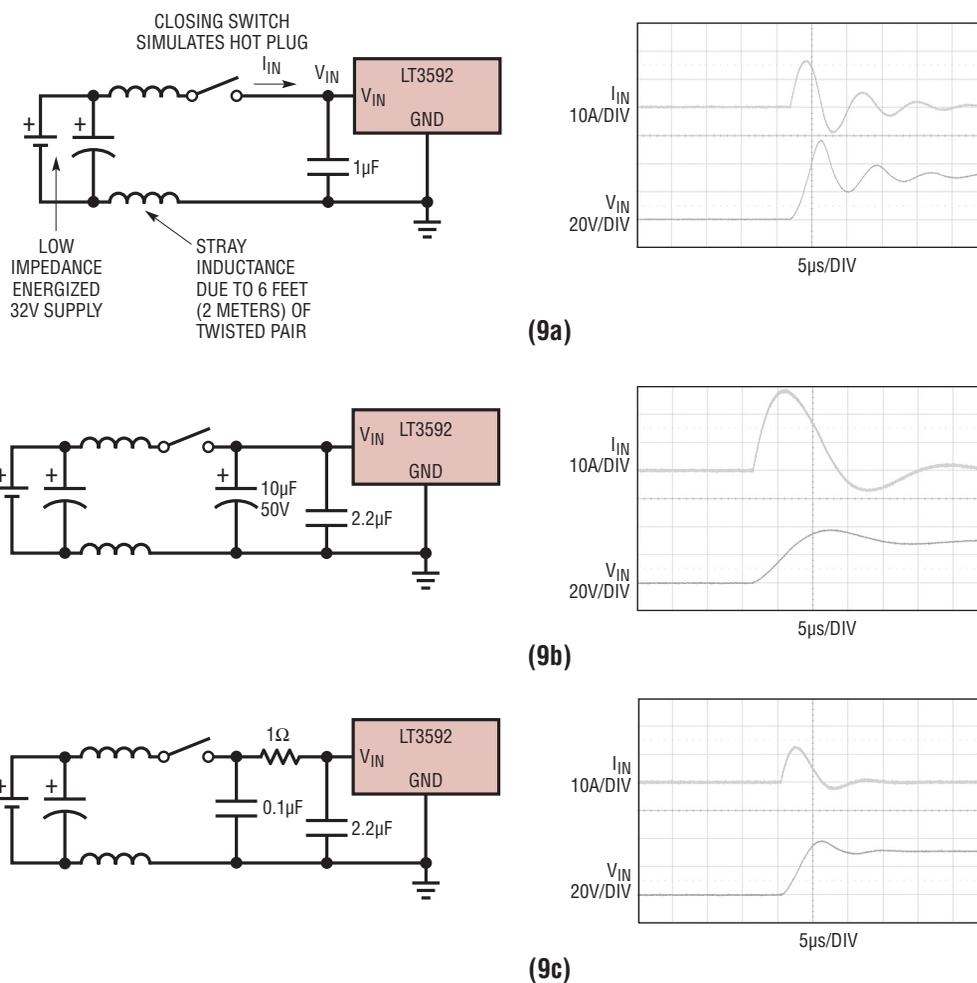


図9. 入力ネットワークを正しく選択すると、給電中の電源にLT3592を接続したとき入力電圧のオーバーシュートを防ぎ、信頼性の高い動作を保証する

アプリケーション情報

$\overline{\text{SHDN}}$ ピンを接地すればSWピンの電流は実質的にゼロに低下します。ただし、出力を高く保持した状態で V_{IN} を接地すると、出力からSWピンおよび V_{IN} ピンを通過してLT3592内部の寄生ダイオードに大きな電流が流れる可能性があります。入力電圧が与えられているときだけ動作し、短絡入力や逆入力に対して保護する回路を図8に示します。

安全な活線挿入

セラミック・コンデンサはサイズが小さく、堅牢でインピーダンスが低いので、LT3592の回路の入力バイパス・コンデンサに最適です。ただし、LT3592が給電中の電源に挿入されると、これらのコンデンサが問題を生じることがあります(詳細については弊社の「アプリケーションノート88」を参照)。低損失のセラミック・コンデンサは電源に直列の浮遊インダクタンスと結合して減衰しにくいタンク回路を形成し、LT3592の V_{IN} ピンの電圧に公称入力電圧の2倍に達するリングングを生じる可能性があります。このリングングがLT3592の定格を超えてデバイスに損傷を与えるおそれがあります。入力電源の制御が十分でなかったり、ユーザーがLT3592を給電中の電源に差し込んだりする場合、このようなオーバーシュートを防ぐように入力ネットワークを設計する必要があります。

LT3592の回路が32Vの電源に6フィートの24番ゲージのより対線で接続される場合に生じる波形を図9に示します。最初のプロットは入力に1 μF のセラミック・コンデンサを使った場合の応答です。入力電圧は56Vに達するリングングを生じ、入力電流のピークは16Aに達します。

タンク回路を減衰させる1つの方法として、直列抵抗とともにコンデンサをもう1個回路に追加します。図9bではタンタル・チップ・コンデンサが追加されています。このコンデンサは等価直列抵抗(ESR)が大きいため回路の過渡応答が減衰し、電圧オーバーシュートが抑えられます。追加コンデンサはおそらく回路内で最大の部品となるでしょうが、低周波リップルのフィルタ機能を改善し、回路の効率をわずかに改善することができます。代替ソリューションを図9cに示します。電圧オーバーシュートを抑えるため1 Ω 抵抗が入力に直列に追加されています(ピーク入力電流も下がります)。0.1 μF のコンデンサにより高周波フィルタ機能が改善されています。このソリューションはタンタル・コンデンサの場合よりもサイズが小さく安価です。高い入力電圧の場合、1 Ω 抵抗の効率に与える影響は小さく、32Vで動作している「明」モードの2個の直列赤色LED負荷の場合、効率低下は0.5%以下です。

周波数補償

LT3592は、電流制御ループと電圧制御ループのどちらがアクティブであるかに関わらず、電流モード制御を使ってループを安定化します。これにより、ループ補償が簡素化されます。特に、LT3592は安定動作のために出力コンデンサのESRを必要としないので、セラミック・コンデンサを使用して出力リップルを下げ、回路のサイズを小さくすることができます。低ESRの出力コンデンサは一般にESRが高いこと以外は同等のコンデンサに比べて回路の安定性のマージンを大きくします。ただし、ESRが高いほどループの応答が速くなる傾向があります。LT3592の(電流モードと電圧モードの両方の)制御ループの等価回路を図10に示します。両方とも同じ誤差アンプと電力セクションを使いますが、出力電流制御を実現するには、追加の電圧利得アンプが外部電流センス抵抗と一緒に使われます。誤差アンプは出力インピーダンスが有限のトランスコンダクタンス・タイプです。モジュレータ、パワー・スイッチおよびインダクタで構成される電源部分は V_{C} ノードの電圧に比例した出力電流を発生するトランスコンダクタンス・アンプとしてモデル化されます。出力コンデンサはこの電流を積分し、 V_{C} ノードのコンデンサ(C_{C})は誤差アンプの出力電流を積分するのでループに2つのポールが生じることに注意してください。

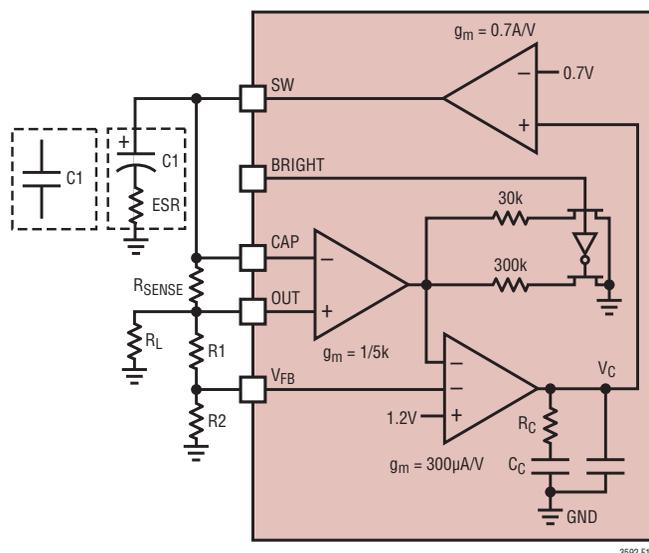


図10. ループ応答モデル

アプリケーション情報

R_c はゼロを1つ生じます。推奨出力コンデンサを使うとループのクロスオーバーは $R_c C_c$ のゼロより上に生じます。この簡単なモデルは、インダクタの値が大きすぎず、ループのクロスオーバー周波数がスイッチング周波数よりはるかに低い限り有効です。大きなセラミック・コンデンサはESRが低く、これを使うとクロスオーバーを下げることができ、帰還分割器の両端に位相リード・コンデンサ(C_{PL})を使うと過渡応答を改善することができます。大きな電解コンデンサのESRは追加のゼロを生じるのに十分なほど大きいことがあり、位相リード・コンデンサは不要かもしれません。出力コンデンサが推奨コンデンサと異なる場合、「明」と「暗」の電流モード、FBを介した電圧制御、入力電圧、温度など全ての動作条件にわたって安定性をチェックします。

PCBのレイアウト

動作を最適化し、EMIを最小にするには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。推奨部品配置とトレース、グラウンド・プレーンおよびビアの位置を図11に示します。大きなスイッチング電流がLT3592の V_{IN} ピンとSWピン、キャッチ・ダイオード(D1)および入力コンデンサ(C2)を流れることに注意してください。これらの部品が形成するループはできるだけ小さくし、1箇所ですべてシステム・グラウンドに接続します。これらの部品とインダクタおよび出力コンデンサは回路基板の同じ側に配置し、それらをその層で接続します。これらの部品の下には切

れ目のないローカル・グラウンド・プレーンを配置し、このグラウンド・プレーンをシステム・グラウンドに1箇所ですべて(理想的には出力コンデンサC1のグラウンド端子のところで)接続します。SWノードとBOOSTノードはできるだけ小さくします。最後に、FBノードを小さくして、グラウンド・ピンとグラウンド・トレースがFBノードをSWノードとBOOSTノードからシールドするようにします。LT3592のGND露出パッドの近くにビアを置き、LT3592からの熱がグラウンド・プレーンに放散しやすくします。

高温に関する検討事項

LT3592のダイ温度は125°Cの最大定格より低くなければなりません。これは、周囲温度が85°Cを超えない限り一般に心配ありません。もっと高い温度では、回路のレイアウトに一層注意してLT3592に十分なヒートシンクを与えます。最大負荷電流は周囲温度が125°Cに近づくにつれデレーティングします。ダイ温度はLT3592の電力損失に接合部から周囲への熱抵抗を掛けて計算します。LT3592内部の電力損失は効率測定から計算される総電力損失からキャッチ・ダイオードの損失を差し引いて推測することができます。その結果得られる最大負荷での温度上昇は入力電圧にほとんど依存しません。熱抵抗は回路基板のレイアウトに依存しますが、(3mm×2mm)DFN (DDB10)パッケージの場合は76°C/Wが標準的な値であり、MS10Eパッケージの場合は38°C/Wが標準的な値です。

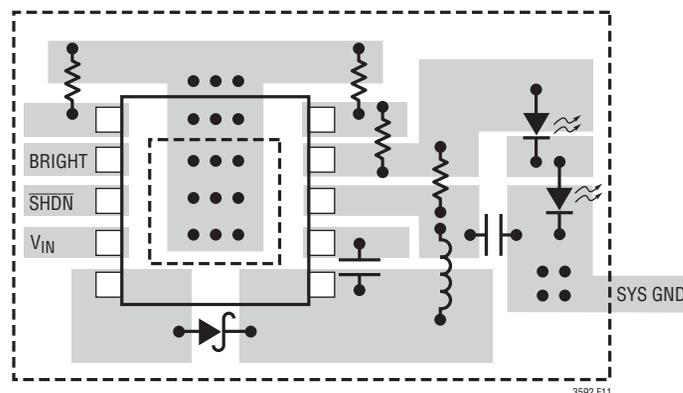


図11. 適切な低EMI動作を保证する優れたPCBレイアウト

アプリケーション情報

高い出力電圧

高い出力電圧では、出力コンデンサの選択は特に重要になります。ケースサイズの小さなセラミック・コンデンサの多くは、最大電圧能力のずっと下で定格容量の多くを失います。電圧定格の低いコンデンサがあるデザインで安定しないことが分ったら、同じ容量で電圧定格が高いものを選択するよりも、同じ電圧定格で容量が大きなコンデンサを選択する方がソリューションのサイズが小さくなるのがよくあります。たとえば、4.7 μ F、10Vのコンデンサがあるアプリケーションで適当でないと分った場合、10 μ F、10Vのセラミック・コンデンサの方が4.7 μ F、16Vのコンデンサより小さいことがあります。LT3592HVは最大25Vまでの継続する出力電圧に耐えることができます。12Vを超える出力の場合、図13に示すように、アノードをCAP、カソードをBOOSTに接続した、昇圧回路用外部ショットキー・ダイオードを使います。

電圧制御ループの過渡性能

電圧制御ループの過渡特性は電流制御ループに似ていますが、全く同じではありません。6.8 μ Hのインダクタと4.7 μ Fのセラミック出力コンデンサを使い、900kHzで動作する12V入力アプリケーションの過渡を図12に示します。LT3592は「明」モード(500mA)ですが、電流負荷は50mAから450mAへ、さらに再び50mAへと切り替えられるので、電流制御ループはどちらの電流レベルでもアクティブではなく、出力電圧はFBピンに接続された抵抗分割器を通して安定化されます。

リニアテクノロジー社の他の出版物

アプリケーションノートAN19、AN35およびAN44には降圧レギュレータと他のスイッチング・レギュレータの詳細な説明と設計情報が含まれています。LT1376のデータシートには出力リップル、ループ補償および安定性のテストに関する広範な説明が与えられています。デザインノートDN100には降圧レギュレータを使った両極出力電圧を発生させる方法が示されています。

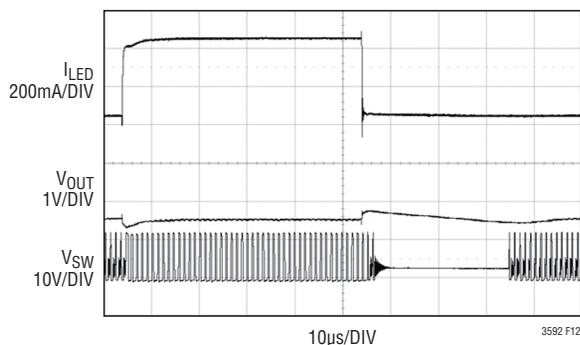


図12. 電圧モードで50mAから500mAへ、さらに再び50mAへと電流が変わるときのスイッチング過渡

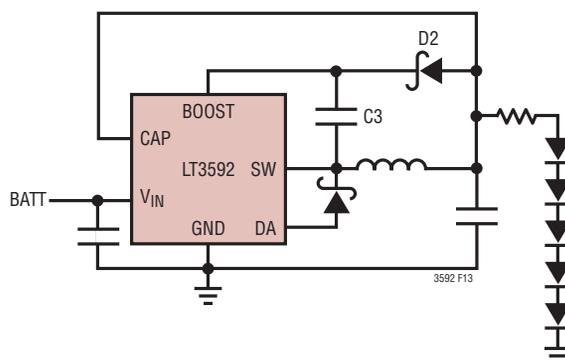
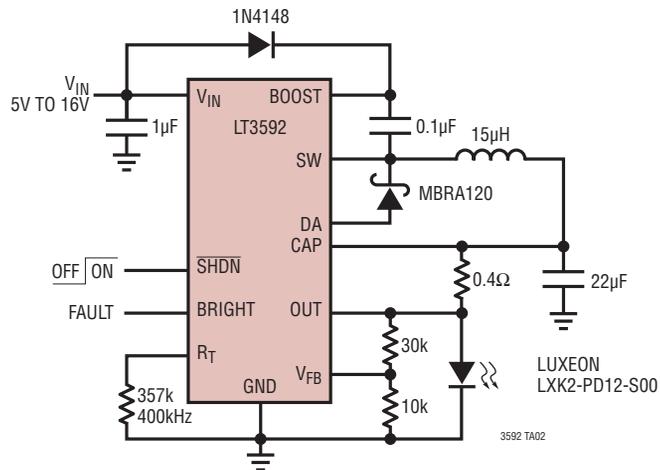


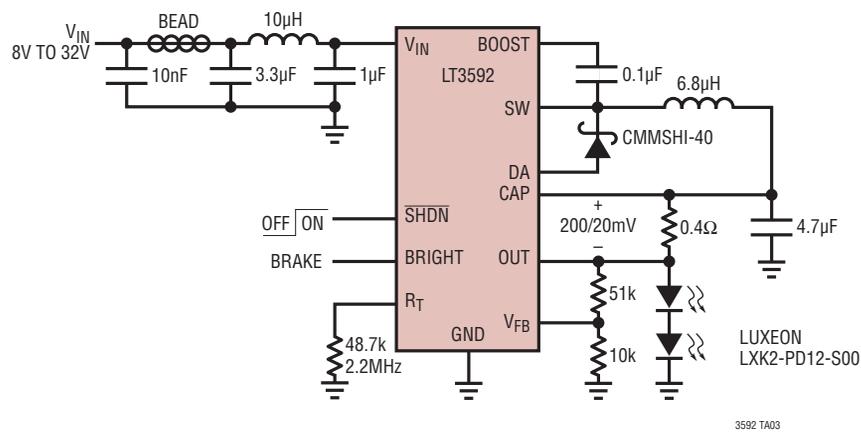
図13. 12Vを超える出力電圧向けに外部ショットキー・ダイオードを装備した昇圧回路

標準的応用例

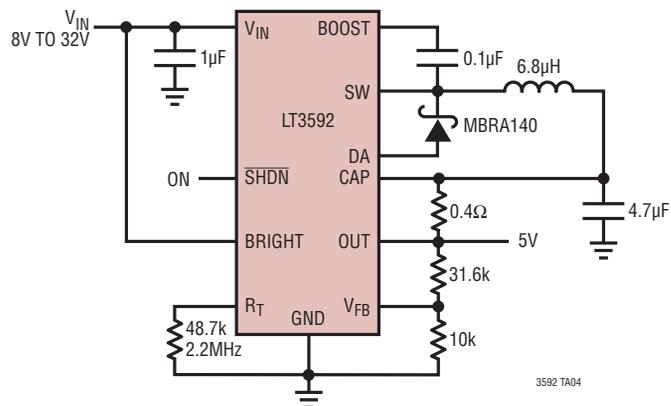
V_{OUT}が低いため昇圧ダイオードをV_{IN}に接続した1個の赤色LED用ドライバ



2個の直列赤色LED用50/500mAドライバ

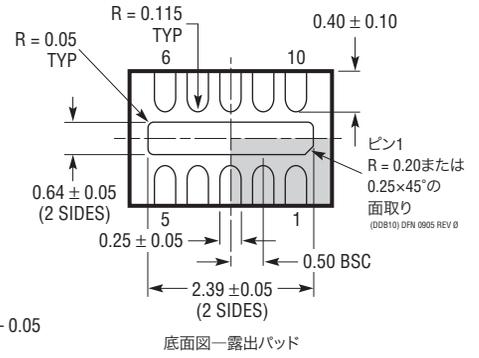
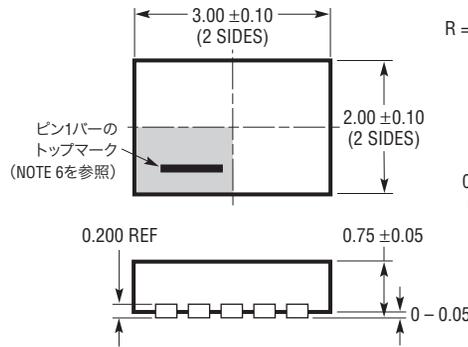
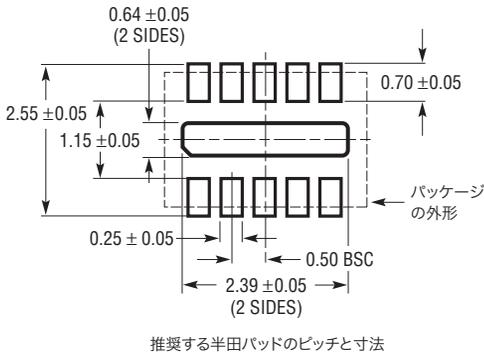


500mA電流制限付き5V電源



パッケージ

DDBパッケージ 10ピン・プラスチックDFN (3mm×2mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1722 Rev 0)

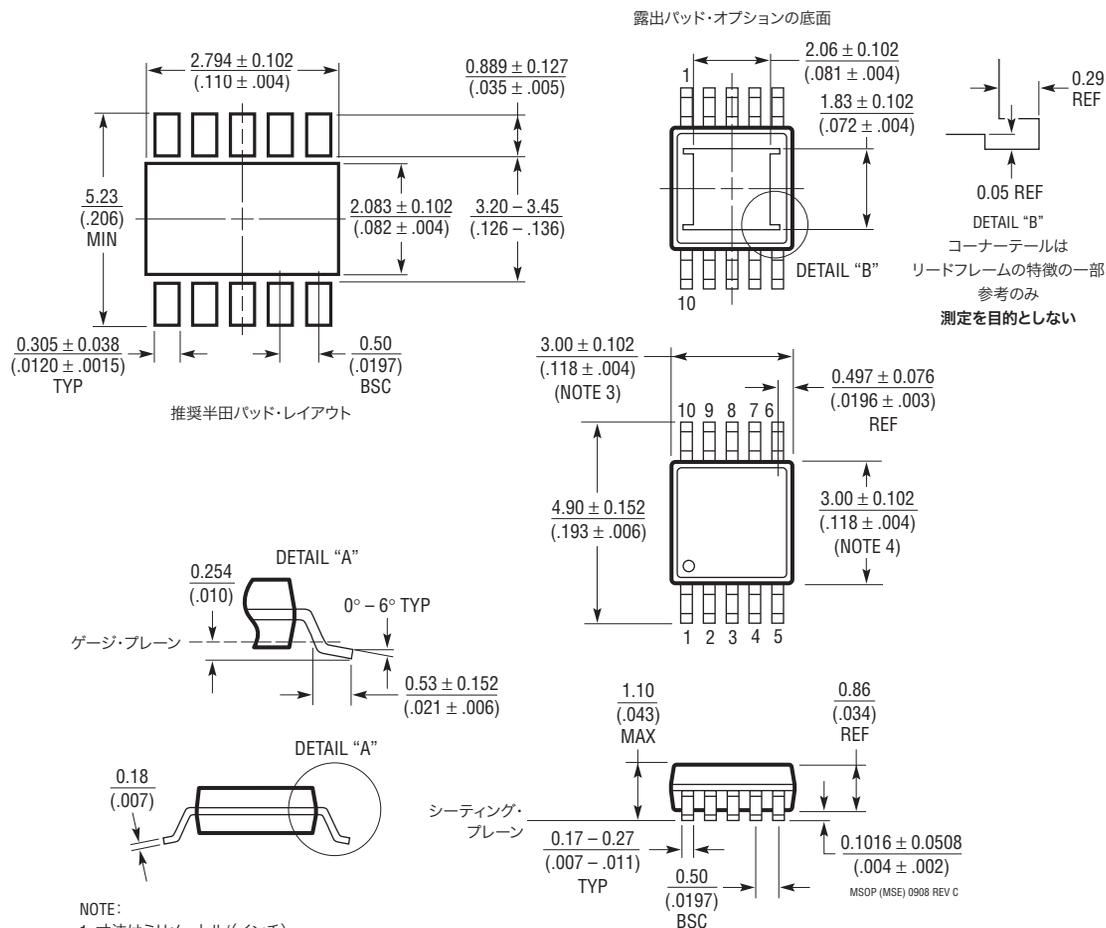


NOTE:

1. 図面はJEDECのパッケージ外形MO-229のバージョン(WECD-1)に適合
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0.15mm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

パッケージ

MSEパッケージ
10ピン・プラスチックMSOP
(Reference LTC DWG # 05-08-1664)

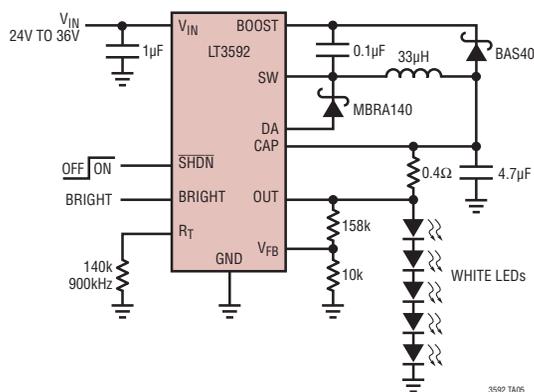


NOTE:

1. 寸法はミリメートル/インチ
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm (0.006")を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.152mm (0.006")を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大0.102mm (0.004")であること

標準的応用例

外部昇圧ダイオードを装備した5個の白色LED用ドライバ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1932	定電流、1.2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ	$V_{IN(MIN)} = 1V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 10V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、調光:アナログ/PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOT™パッケージ
LT3465/ LT3465A	定電流、1.2/2.7MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、ショットキー・ダイオード内蔵	$V_{IN(MIN)} = 2.7V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 16V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、調光:アナログ/PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOT™パッケージ
LT3466/ LT3466-1	デュアル定電流、2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、ショットキー・ダイオード内蔵	$V_{IN(MIN)} = 2.7V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 24V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、調光:5mA、 $I_{SD} < 16\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージ
LT3474/ LT3474-1	36V、1A (I_{LED})、2MHz降圧LEDドライバ	$V_{IN(MIN)} = 4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 36V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 13.5V$ 、調光:400:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、TSSOP16E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	$V_{IN(MIN)} = 4V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 36V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 13.5V$ 、調光:3,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、TSSOP20Eパッケージ
LT3476	クワッド出力1.5A、2MHz高電流LEDドライバ、1,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)} = 2.8V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 16V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 36V$ 、調光:1,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 10\mu A$ 、5mm×7mm QFN-10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	$V_{IN(MIN)} = 2.8V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 36V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、調光:3,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 10\mu A$ 、5mm×7mm QFN-10パッケージ
LT3486	デュアル1.3A、2MHz、高電流LEDドライバ	$V_{IN(MIN)} = 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 24V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 36V$ 、調光:1,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、5mm×3mm DFN、TSSOP-16Eパッケージ
LT3491	定電流、2.3MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、ショットキー・ダイオード内蔵	$V_{IN(MIN)} = 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 12V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 27V$ 、調光:300:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 8\mu A$ 、2mm×2mm DFN-6、SC70パッケージ
LT3496	トリプル出力750mA、2.1MHz高電流LEDドライバ、3,000:1の調光付き	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 30V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、調光:3,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、4mm×5mm QFN-28パッケージ
LT3497	デュアル2.3MHz、フル機能のLEDドライバ、ショットキー・ダイオード内蔵、250:1 True Color PWM調光付き	$V_{IN(MIN)} = 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 10V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 32V$ 、調光:250:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 12\mu A$ 、2mm×3mm DFN-10パッケージ
LT3498	20mA LEDドライバおよびOLEDドライバ、ショットキー・ダイオード内蔵	$V_{IN(MIN)} = 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 12V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 32V$ 、調光:アナログ/PWM、 $I_{SD} < 8.5\mu A$ 、2mm×3mm DFN-10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	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 30V$ 、調光:3,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、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	$V_{IN(MIN)} = 3V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 30V$ 、調光:3,000:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-16パッケージ
LT3590	48V、850kHz、50mA降圧LEDドライバ	$V_{IN(MIN)} = 4.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 50V$ 、調光:0.4、 $I_{SD} < 15\mu A$ 、2mm×2mm DFN-6、SC70パッケージ
LT3591	定電流、1MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、ショットキー・ダイオード内蔵、80:1 True Color PWM調光付き	$V_{IN(MIN)} = 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 12V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、調光:80:1 True Color PWM、 $I_{SD} < 9\mu A$ 、3mm×2mm DFN-8パッケージ

ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。

3592fc