

# 指数関数スケールの内部調光機能付き 60V、1.5A LEDドライバ

## 特長

- 昇圧、SEPIC、降圧モードおよび昇降圧モードで動作
- 128:1 の指数関数スケールの内部 PWM 調光
- 広い入力電圧範囲 (3V~60V)
- 1.5A、60V の内部スイッチ
- 20000:1 の外部 PWM 調光 (100Hz 時)
- $\pm 2\%$  の LED 電流および出力電圧レギュレーション
- PWM 調光用の PMOS スイッチ・ドライバ
- LED 短絡/オープン保護および表示
- 固定電圧および固定電流レギュレーション
- 調整可能な 300kHz~2MHz のスイッチング周波数
- 調整可能な 100Hz~1kHz の PWM 信号発生器の周波数
- 内部スペクトラム拡散周波数変調
- 外部クロックへの同期が容易
- プログラマブルなヒステリシス付き  $V_{IN}$  UVLO
- 16ピン MSOP パッケージ

## アプリケーション

- ディスプレイのバックライト
- 自動車およびアビオニクス用照明

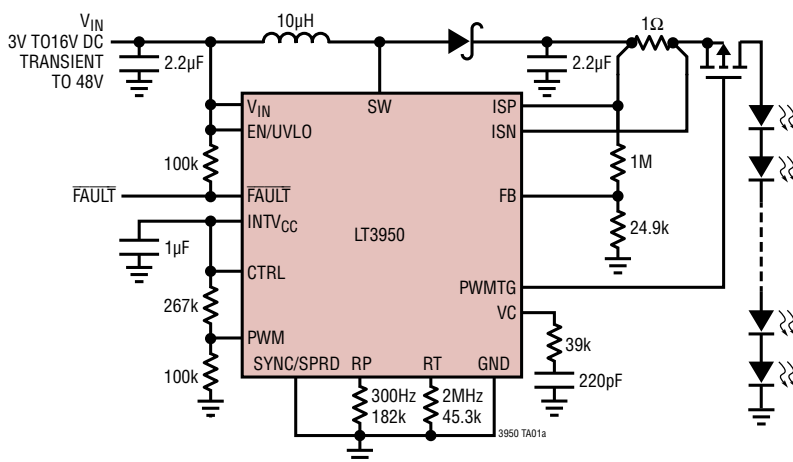
## 概要

LT<sup>®</sup>3950 は、大電流 LED 駆動専用設計されたマルチトポロジ DC/DC コンバータです。1.5A、60V の DMOS スイッチを内蔵し、外部 PWM 調光用 PMOS をサポートします。LT3950 は内部 PWM 調光用の信号発生器を備えており、PWM 調光デューティ比の定義に使用される指数関数スケールにアナログ制御信号をマップします。指数関数スケールを使用してデューティ比を定義することにより、幅広い LED 電流で調光分解能を維持できます。LT3950 は、固定電流源としての動作以外に、出力電圧レギュレーション機能を提供します。この機能を使用して、オープン LED イベントの発生時にデバイスの損傷を防止できます。スイッチング周波数が設定可能なため、高周波数または部品サイズの縮小を重視して柔軟なデザインが可能となります。スペクトラム拡散周波数変調を有効にすると、EMI を抑制できます。外部クロックで SYNC/SPRD ピンを駆動することにより、スイッチング周波数を簡単に同期できます。LED 電流は 1 個の外付け検出抵抗で設定され、CTRL ピンのアナログ信号によって 0 からフルスケールまでの範囲で調整できます。

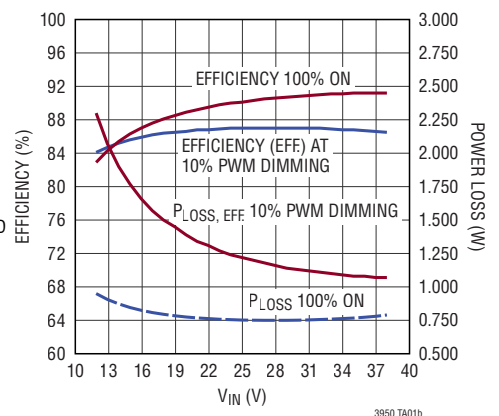
全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。7199560、7321203、7746300、8116045 ははじめとする米国特許によって保護されています。特許出願中。

## 標準的応用例

自動車用 10W LED ドライバ、2MHz、90% の効率



効率と電力損失  
(PWM 調光あり/なし)

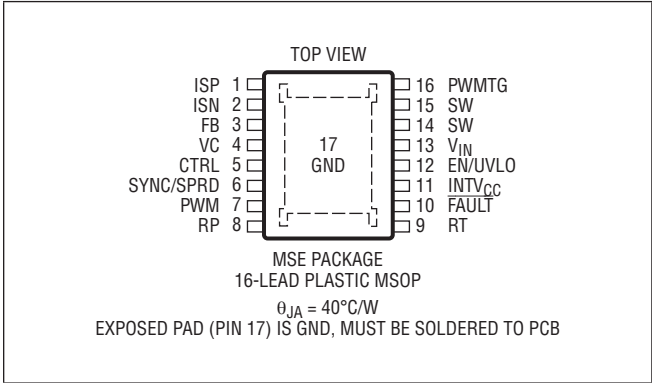


# LT3950

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{IN}$ , SW, ISP, ISN, EN/UVLO, $\overline{FAULT}$	62V
$V_{ISP} - V_{ISN}$	2V
INTV <sub>CC</sub> , RT, PWMTG	(Note 2)
VC, RP	INTV <sub>CC</sub> + 200mV
SYNC/SPRD, CTRL, PWM, FB	5.5V
動作ジャンクション温度 (Note 3、5)	
LT3950E	-40°C ~ 125°C
LT3950J	-40°C ~ 150°C
保存温度範囲	-65°C ~ 150°C

## ピン配置



## 発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ&リール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3950EMSE#PBF	LT3950EMSE#TRPBF	3950	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3950JMSE#PBF	LT3950JMSE#TRPBF	3950	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C

更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。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは、#TRMPBF接尾部の付いた指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

## 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、 $V_{IN} = \text{EN/UVLO} = 12\text{V}$ 、 $\text{FAULT} = 12\text{V}$  との間に  $100\text{k}\Omega$ 、 $\text{ISP} = \text{ISN} = 48\text{V}$ 、 $\text{SYNC/SPRD} = 0\text{V}$ 、 $\text{CTRL} = 1.5\text{V}$ 、 $\text{PWM} = 3\text{V}$ 、 $\text{INTV}_{CC} = \text{GND}$  との間に  $1\mu\text{F}$ 、 $\text{RT} = \text{GND}$  との間に  $45.3\text{k}\Omega$ 、 $\text{RP} = \text{GND}$  との間に  $100\text{k}\Omega$ 、 $\text{FB} = 1\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Operating Supply Range		●	3		60	V
Input ( $V_{IN}$ ) Quiescent Current	$V_{FB} = 1.25\text{V}$ , Not Switching			1.8		mA
Input ( $V_{IN}$ ) Shutdown Current	$\text{EN/UVLO} = 0\text{V}$ $\text{EN/UVLO} = 0.9\text{V}$ , $\text{CTRL} = 0\text{V}$			0 130	1 200	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
EN/UVLO Shutdown Threshold (Falling)		●	1.15	1.25	1.35	V
EN/UVLO Rising Hysteresis	EN/UVLO Rising			32		mV
EN/UVLO Input Low Voltage	$I_{VIN} < 1\mu\text{A}$				0.4	V
EN/UVLO Pin Current (Device Off)	$\text{EN/UVLO} = 1.2\text{V}$			2		$\mu\text{A}$
EN/UVLO Pin Current (Device On)	$\text{EN/UVLO} = 1.35\text{V}$			0		$\mu\text{A}$

## 内部 LDO レギュレータ

Internal Regulator Voltage	Not Switching, 1mA External Load	●	2.94	3	3.06	V
Line Regulation	Not Switching, $3.3\text{V} < V_{IN} < 60\text{V}$			0.025		%/V
Load Regulation	Not Switching, $0.1\text{mA} < I_{LOAD} < 10\text{mA}$			0.05		%/mA
Max. Output Current	Not Switching, $\text{INTV}_{CC} = 2.8\text{V}$		20			mA
Dropout Voltage	Not Switching, $\text{INTV}_{CC}$ Droop 1%, $I_{LOAD} = 10\text{mA}$			350		mV

## LED 電流のレギュレーション (Note 4)

ISP Common Mode Voltage Range		●	4		60	V
Current Sense Threshold ( $V_{ISP} - V_{ISN}$ )	$\text{CTRL} = 1.5\text{V}$ (100%) $\text{CTRL} = 0.7\text{V}$ (50%) $\text{CTRL} = 0.3\text{V}$ (10%)	●	248	250	255	mV
		●	121	125	129	mV
		●	20	25	30	mV
Current Sense Threshold ( $V_{ISP} - V_{ISN}$ ) at GND	$\text{ISP} = 0\text{V}$			85		mV
CTRL OFF Threshold (Falling)		●	85	100	125	mV
CTRL OFF Hysteresis				35		mV
CTRL Pin Current			-100		100	nA
ISP, ISN Pin Current (Combined)	$\text{CTRL} = 1.5\text{V}$ (Full Scale) $\text{CTRL} = 0\text{V}$ (Stopped)			450 5		$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
					0.1	
Error Amp Transconductance				60		$\mu\text{S}$
Error Amp Output Resistance				20		M $\Omega$

## LED 電圧のレギュレーション (Note 4)

FB Regulation Threshold ( $V_{FB}$ )		●	1.188	1.2	1.212	V
			1.176	1.2	1.224	V
FB Pin Current	Current Out of Pin			20	100	nA
ISP Voltage Regulation Threshold				60		V
FB Amplifier Transconductance				500		$\mu\text{S}$
FB Amplifier Output Resistance				20		M $\Omega$

## 発振器

Programmed Switching Frequency ( $f_{sw}$ )	$\text{RT} = 45.3\text{k SYNC/SPRD} = 0\text{V}$ $\text{RT} = 402\text{k SYNC/SPRD} = 0\text{V}$	●	1880	2000	2120	kHz
		●	276	300	324	kHz
Spread Spectrum Modulation Depth	$\text{SYNC/SPRD} = 3\text{V}$			25		%
Minimum Off Time		●	35	55	75	ns
Minimum On Time				45		ns

## 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、 $V_{IN} = \text{EN}/\text{UVLO} = 12\text{V}$ 、 $\text{FAULT} = 12\text{V}$  との間に  $100\text{k}\Omega$ 、 $\text{ISP} = \text{ISN} = 48\text{V}$ 、 $\text{SYNC}/\text{SPRD} = 0\text{V}$ 、 $\text{CTRL} = 1.5\text{V}$ 、 $\text{PWM} = 3\text{V}$ 、 $\text{INTV}_{CC} = \text{GND}$  との間に  $1\mu\text{F}$ 、 $\text{RT} = \text{GND}$  との間に  $45.3\text{k}\Omega$ 、 $\text{RP} = \text{GND}$  との間に  $100\text{k}\Omega$ 、 $\text{FB} = 1\text{V}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
SYNC/SPRD Threshold (Rising)			0.85		V
SYNC/SPRD Hysteresis			50		mV
SYNC/SPRD Internal Pull-Down Resistance			100		$\text{k}\Omega$
Minimum SYNC Pulse Width			25		ns

## パワー・スイッチ

R <sub>DS(ON)</sub>	I <sub>SW</sub> = 500mA		200			mΩ
Switch Current Limit		●	1.5	1.65	1.8	A
Switch Leakage Current	V <sub>SW</sub> = 60V, EN/UVLO = 0V		3			μA

## 外付けPMOSドライバ

PWMTG ON ( $V_{ISP} - V_{PWMTG}$ ) Voltage			6	7.5	9	V
PWMTG OFF ( $V_{ISP} - V_{PWMTG}$ ) Voltage				0	0.3	V
Turn-on Time	$C_{LOAD} = 470\text{pF}$			100		ns
Turn-off Time	$C_{LOAD} = 470\text{pF}$			100		ns

## 障害検出と通知

LED Open Threshold	$V_{ISP} - V_{ISN} = 0$		$V_{FB} - 37\text{mV}$	$V_{FB} - 23\text{mV}$	$V_{FB} - 9\text{mV}$	V
FB Overvoltage Threshold			$V_{FB} + 60\text{mV}$	$V_{FB} + 80\text{mV}$	$V_{FB} + 100\text{mV}$	V
FB Shorted LED Threshold				300	330	mV
Overcurrent Protection Threshold ( $V_{ISP} - V_{ISN}$ )	$V_{ISP} = 60\text{V}$		600	700	800	mV
FAULT Pin Pull Down Current	$V_{FAULT} = 0.2\text{V}$ , $V_{FB} = 1.25\text{V}$		1			mA
FAULT Pin Leakage Current	$V_{FAULT} = 3\text{V}$ , $V_{FB} = 0.7\text{V}$		-100		100	nA

## 内部PWM信号発生器

PWM Pin Voltage for Max. Duty Ratio				1.2		V
PWM Pin Voltage for Min. Duty Ratio				0.2		V
Min. Duty Ratio	$V_{PWM} = 0.2\text{V}$			0.78		%
Max. Duty Ratio	$V_{PWM} = 1.2\text{V}$			100		%
PWM Pin Voltage Step per Duty Ratio Setting				7.8		mV
PWM Pin Current	$\text{PWM} = 3\text{V}$		-100		100	nA
PWM Clock Frequency	$\text{RP} = 100\text{k}$			400		Hz
Fraction of $\text{INTV}_{CC}$ for 10% Duty Ratio				27.2		%

**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恐れがある。

**Note 2:**  $\text{INTV}_{CC}$ 、PWMTG、またはRTピンには正の電圧源および負の電圧源を印加してはならない。印加すると永続的な損傷が生じる場合がある。これらのピンは、必ずピン機能およびアプリケーション情報のセクションの指示に従って使用すること。

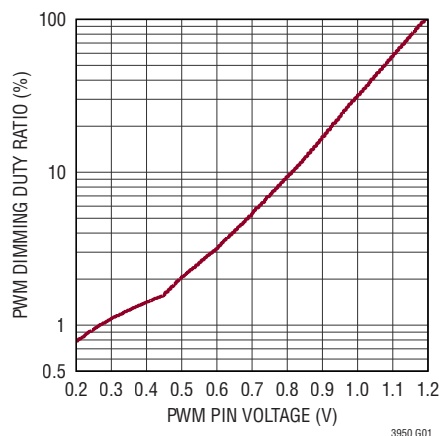
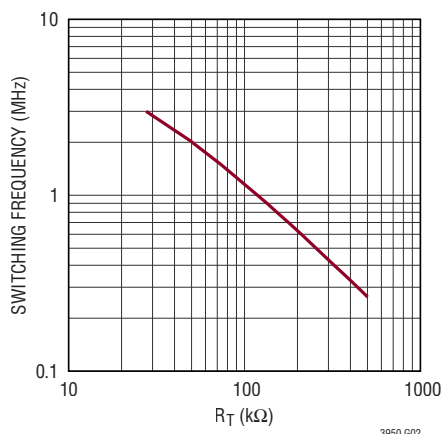
**Note 3:** LT3950Eは、 $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ のジャンクション温度で性能仕様に適合することが確認されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作ジャンクション温度範囲での仕様は、設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3950Jは $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の動

作ジャンクション温度範囲での動作が確認されている。 $125^\circ\text{C}$ を超えるジャンクション温度では動作寿命がデレーティングされる。

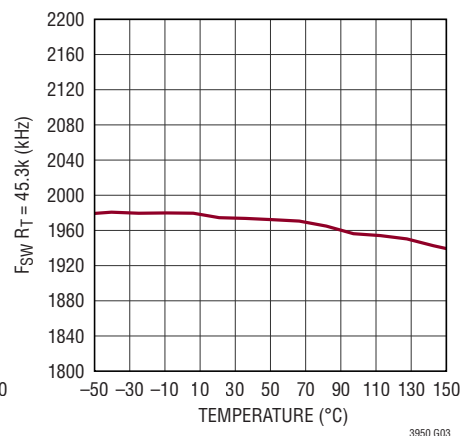
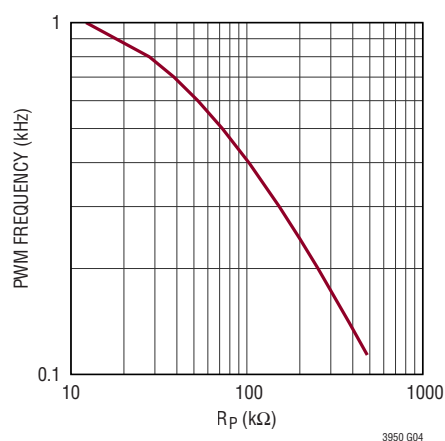
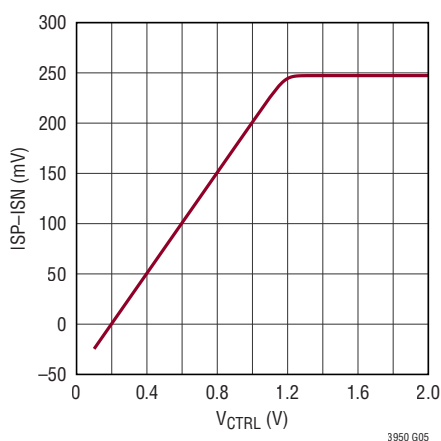
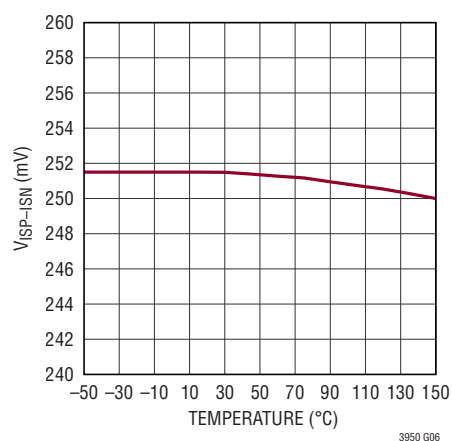
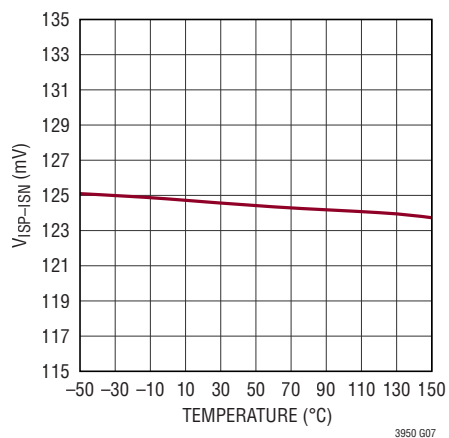
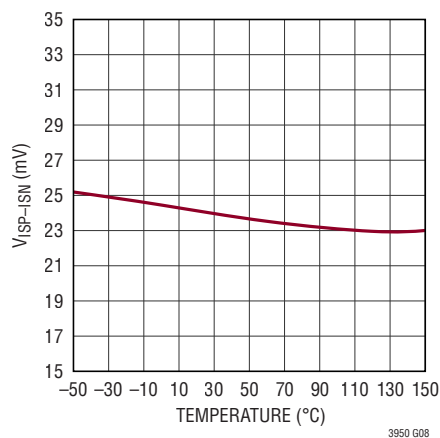
**Note 4:** LEDアンプのパラメータは、VCピンを使用してサーボ・ループ内で測定されている。

**Note 5:** 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熱保護機能が備わっている。この保護がアクティブなときは、最大定格ジャンクション温度を超えることができる。規定された絶対最大動作ジャンクション温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうか、またはデバイスに永続的損傷を与える恐れがある。

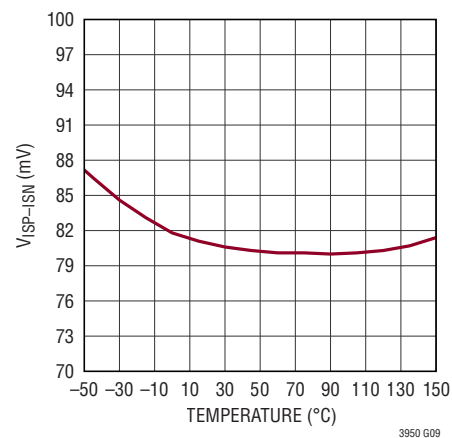
## 代表的な性能特性

PWM 信号発生器のデューティ比と  
PWM ピンの電圧スイッチング周波数と  $R_T$ 

スイッチング周波数と温度

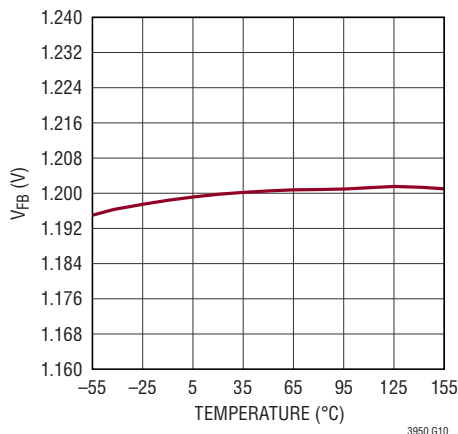
内部 PWM 周波数と  $R_P$ ISP-ISN のフルスケール閾値と  
CTRL ピンの電圧ISP-ISN の閾値 (フルスケール) と  
温度ISP-ISN の閾値 (50%スケール) と  
温度ISP-ISN の閾値 (10%スケール) と  
温度

ISP-ISN の閾値 (ISP = 0V) と温度

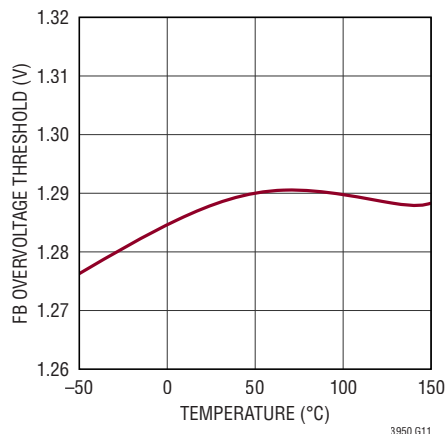


## 代表的な性能特性

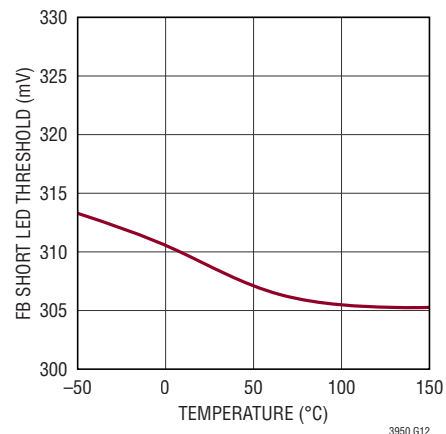
FBのレギュレーション電圧と温度



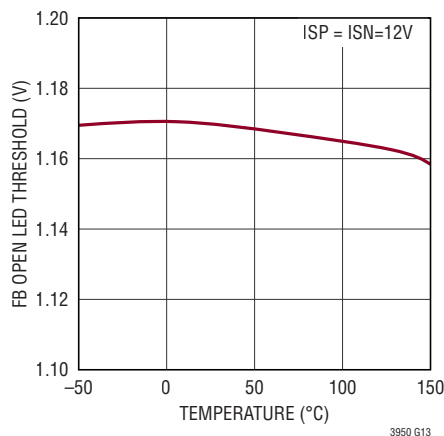
FBの過電圧閾値(上昇時)と温度



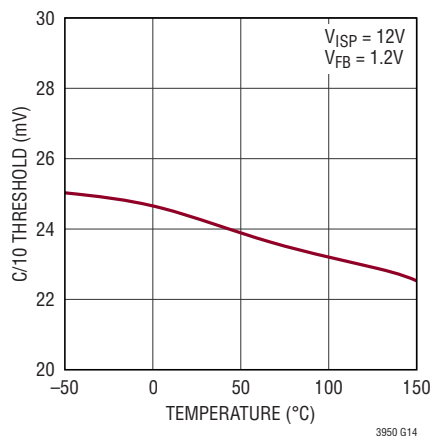
FBの短絡LED閾値(下降時)と温度



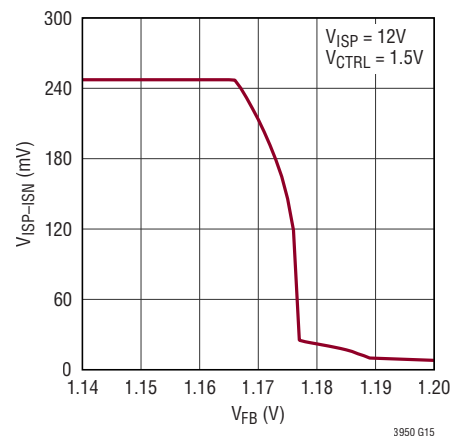
FBのオープンLED閾値(上昇時)と温度



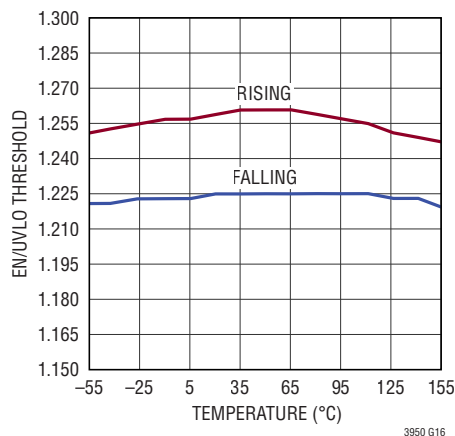
C/10の閾値(下降時)と温度



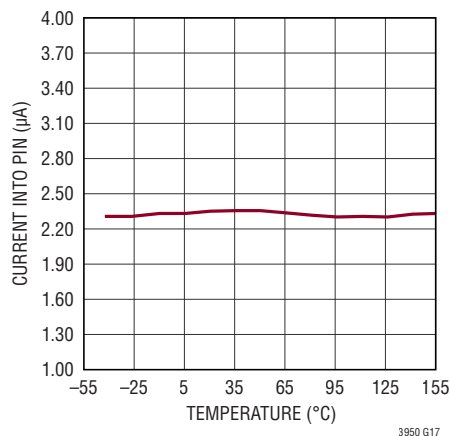
ISP-ISNのレギュレーション電圧とFBピンの電圧



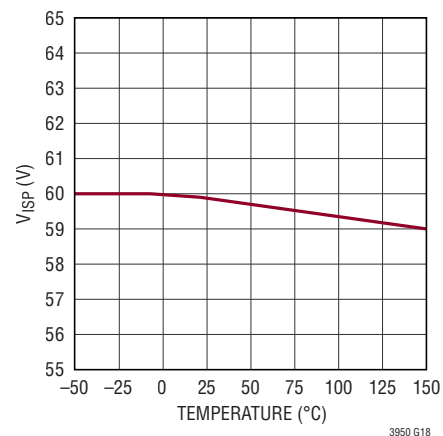
EN/UVLOの閾値と温度



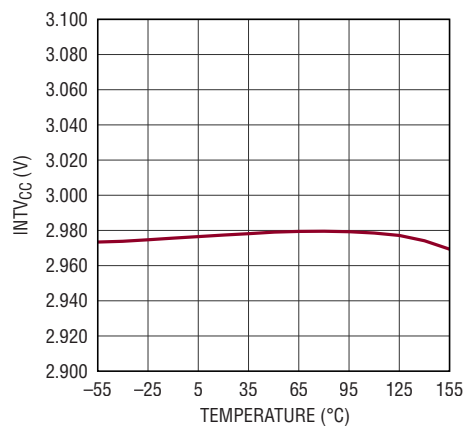
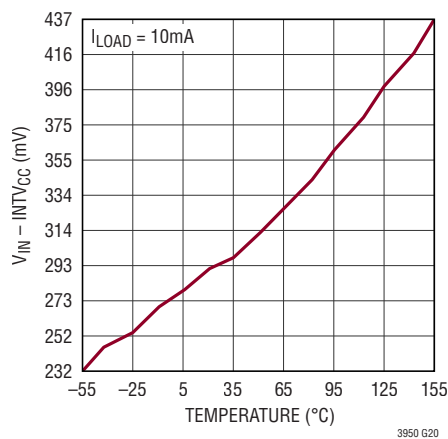
EN/UVLOピンの電流と温度



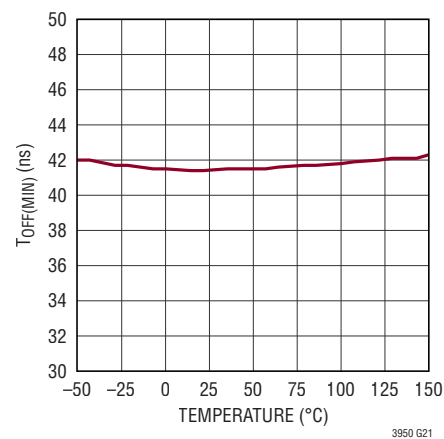
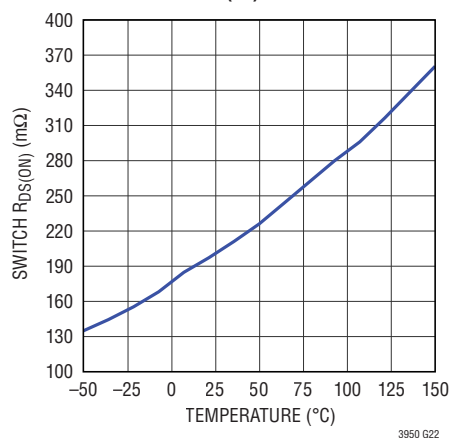
ISPのレギュレーション作動ポイント



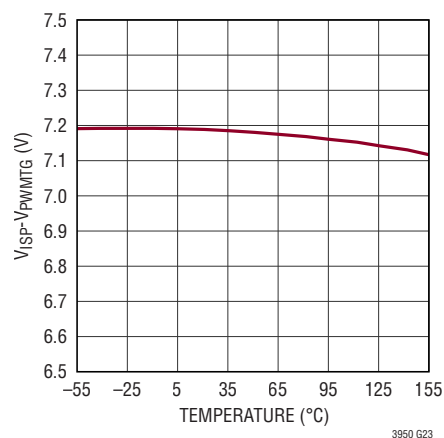
## 代表的な性能特性

INTV<sub>CC</sub>の電圧と温度INTV<sub>CC</sub>のドロップアウトと温度

最小オフ時間と温度

スイッチのR<sub>DS(ON)</sub>と温度

PWMTGのオン電圧と温度





## ピン機能

**ISP:** LED 電流帰還検出抵抗のハイサイドにケルビン接続します。CTRL ピンの電圧が 1.2V を超えている間、検出抵抗内の電流は  $250\text{mV}/R_{\text{SENSE}}$  になります。CTRL ピンの電圧が 200mV ~ 1.2V の場合、この電流は  $(\text{CTRL} - 200\text{mV})/(4 \cdot R_{\text{SENSE}})$  として変化します。

**ISN:** LED 電流帰還検出抵抗のローサイドにケルビン接続します (詳細は ISP を参照)。電圧差  $V_{\text{ISP}} - V_{\text{ISN}}$  が 700mV (代表値) を超えると、スイッチングは停止し、デバイスは再びソフトスタートを開始します。PWMTG ピンがハイになって負荷が遮断され、過電流イベントが通知されます。

**FB:** 出力電圧帰還ピン。このピンを使用して出力電圧を調整および制限します。このピンは、出力電圧に接続される抵抗分圧器に接続します。FB の電圧が 1.2V に近づくと、制御ループはスイッチ電流を低減し、FB が約 1.2V に保たれるように出力電圧を調整します。出力電圧がレギュレーション状態のときに LED 電流がフルスケールの 10% (代表値) より小さくなると、LED オープン・イベントが通知されます。FB の電圧が 1.3V (代表値) を超えると、PWMTG はハイに駆動され、スイッチングは停止し、過電圧イベントが通知されます。ソフトスタートの終了後に FB の電圧が 300mV (代表値) より低くなると、FAULT ピンで LED 短絡イベントが通知され、PWMTG はハイに駆動され、スイッチングは停止し、デバイスは再びソフトスタートを開始します。一般的なアプリケーションでの FB ピンの使用の詳細は、アプリケーションのセクションを参照してください。

**CTRL:** アナログ信号による PWM 調光の代替。INTV<sub>CC</sub> に接続して、 $R_{\text{SENSE}}$  電流をフルスケールに設定します。CTRL ピンの電圧が 200mV から 1.2V へ変化するとき、 $R_{\text{SENSE}}$  内の電流は  $(\text{CTRL} - 200\text{mV})/(4 \cdot R_{\text{SENSE}})$  として変化します。

**VC:** 補償に使用される内部エラーアンプ・ノード。このピンとグラウンドの間にコンデンサまたは RC 回路を接続することにより、ループを安定化します。

**PWM:** パルス幅変調 (PWM) 調光信号発生器の制御ピン。このピンにアナログ信号を接続すると、指数関数スケールの内部 PWM 調光信号発生器を使用します。このピンの電圧が 0.2V ~ 1.2V の場合、内部 PWM 信号発生器のデュー

ティ比はピンの電圧と共に変化します。PWM ピンの電圧は 0.2V と 1.2V の間で直線的に上昇し、(RP によって設定される) 多くの PWM 調光サイクルの間上昇が続くため、PWM デューティ比は指数関数的に増加します。オン電圧が 1.3V より高く、オフ電圧が 100mV より低い場合は、外部 PWM 信号によってこのピンを直接駆動することもできます。

**SYNC/SPRD:** クロック同期 / スペクトラム拡散周波数変調の切替え。内部スペクトラム拡散周波数変調を有効にするには、このピンを INTV<sub>CC</sub> に接続します。外部クロックでこのピンを駆動して、スイッチングを同期させることもできます。LT3950 のクロックが外部クロックに近くなるような RT を選択し、そのクロックでこのピンを駆動します。

**INTV<sub>CC</sub>:** 内部回路に使用される電圧電源。このピンとグラウンドの間に 1μF コンデンサを接続します。このピンは他のピンのリファレンス電圧として使用されることがありますが、外部負荷の電源として使用することは意図していません。外部負荷に接続すると、システムが正常に動作しないことがあります。特に指示がない限り、INTV<sub>CC</sub> を LT3950 に接続することは推奨しません。

**RT:** このピンとグラウンドの間に抵抗を接続して、スイッチング周波数を設定します。このピンには抵抗以外の部品を接続しないでください。抵抗以外の部品を接続すると、システムが正常に動作しないことがあります。

**RP:** このピンとグラウンドの間に抵抗を接続して、PWM 調光信号発生器の周波数を設定します。このピンを INTV<sub>CC</sub> に接続すると、PWM 調光クロックはスイッチング・クロックに同期します ( $f_{\text{PWM}} = f_{\text{SW}}/4096$ )。

**FAULT:** 短絡 LED、オープン LED、過電圧および過電流障害を表示する、オープンドレインの障害表示ピン。100k 抵抗を介して  $V_{\text{IN}}$  または INTV<sub>CC</sub> に接続するか、オープンドレイン信号として使用します。LT3950 で通知対象となるすべての障害イベントは、このピンをローにして通知されます。

**EN/UVLO:** イネーブル / 低電圧ロックアウト。このピンの電圧が 1.25V (代表値) より低くなると (1.25V 以上に戻るときは



## ピン機能

約32mVのヒステリシス付き)、スイッチングは停止し、デバイスはシャットダウンします。このピンをハイ(1.4Vより高いロジック・レベル)に駆動するか、またはロー(1Vより低いロジック・レベル)に駆動すると、簡単なオン／オフとして機能します。また、抵抗分圧器を介して $V_{IN}$ に接続すると、高精度な入力低電圧シャットダウン閾値を設定できます。

**$V_{IN}$** ：入力電源ピン。デバイスの近くでバイパスする必要があります。

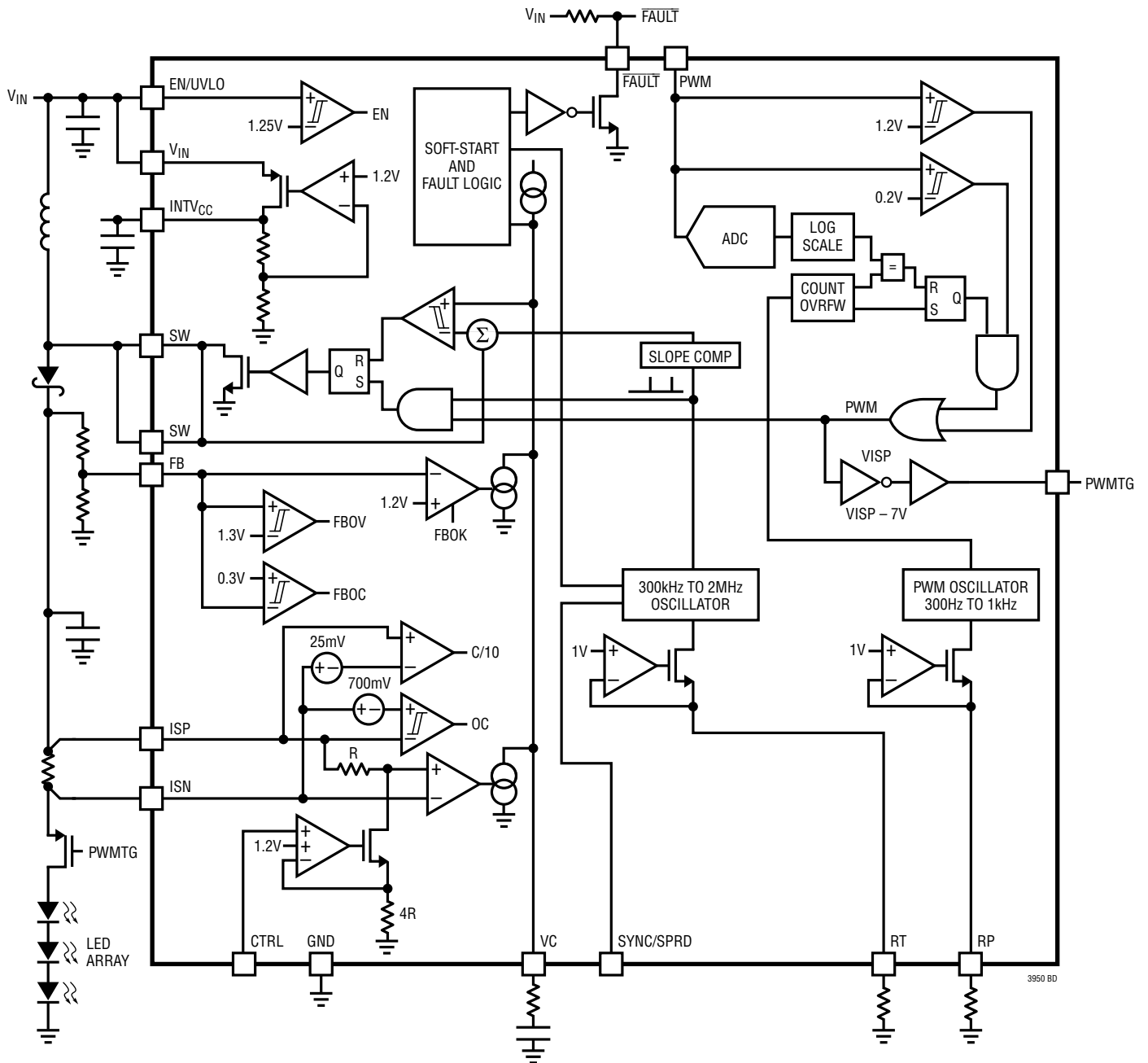
**PWMTG**：外部直列PMOSスイッチ用のハイサイド・ゲート・ドライバ。このピンを使用して、PWM調光用や障害イベントに対して負荷を遮断できます。PWMTGは、負荷を遮断する必要がある場合や、長いPWMオフ期間の終わりに出力コンデンサの再充電によって生じる長いトランジェントを防ぐ目的で、PMOSのゲートを $V_{ISP}$ と $V_{ISP} - 7.5V$ (代表値)の間で駆

動し、出力コンデンサからの残留電荷の流れを断ち切ります。使用しない場合、オープンのままにします。PMOSスイッチのゲートを保護するために、PWMTGの電圧はISPの電圧より7.5V低い値(代表値)に制限されます。

**SW**：スイッチ・ピン。EMIの低減の詳細については、アプリケーションのセクションのPCBに関する推奨事項を参照してください。

**GND(露出パッド)**：グラウンド接続。デバイスが正常に機能するには、このピンをPCBのグラウンドにハンダ処理する必要があります。

ブロック図



3950 BD

## 動作

LT3950は、昇圧、SEPIC、降圧モードまたは昇降圧モードのLEDドライバとして構成できる、ローサイドNMOSスイッチを内蔵した固定周波数、固定電流、固定電圧(CC/CV)電源です。このデバイスの動作は、ブロック図を見るとよく理解できます。各クロック・サイクルの始めに、スイッチ・ドライバを制御するSRラッチがクロック信号によって設定されます。スイッチはオンになり、インダクタをグラウンドに接続します。インダクタの両端の正の電圧降下により、インダクタ内の電流が直線的に増加します。SRラッチの近くにある電流コンパレータがラッチをリセットするまで、スイッチはオンのままになります。SRラッチは、スイッチ電流が内部デマンド電流を超えたときにリセットされます。このデマンド電流は、エラーアンプによって決まります。負荷電流の設定に使用される、外付けのLED電流検出抵抗がエラーアンプを駆動します。検出抵抗両端の電圧降下にアンプのトランスコンダクタンスを乗じると、デマンド電流が得られます。

オフセットがない場合、エラーアンプはLED電流検出抵抗両端の電圧に基づいて負荷をゼロ電流に調整します。LED電流の設定に必要なエラーアンプ内の正のオフセットを得るために、アンプの1つの入力から直列抵抗を介して少量の電流を意図的に引き出します。CTRLピンは、グラウンドに対して降下する抵抗の電圧を変化させることにより、このオフセット電流を設定します。これらの2つの抵抗はIC内部に組み込まれています。CTRLピンの電圧を変化させると、LED電流検出抵抗のレギュレーション電圧が真のゼロと250mVの間で変化します。

固定電流動作中は、FBピンが過電圧保護を提供します。FBピンの電圧がレギュレーション閾値より低い間は、FBアンプはデマンド電流にほとんど影響を与えません。FBピンの電圧が $V_{FB}$ に近づくにつれて、FBアンプの影響はしだいに大きくなり、デマンド電流に支配的な影響を及ぼすようになります。FBピンの電圧がレギュレーション閾値より100mV(代表値)高くなると、FAULTピンがアサートされて過電圧イベントを示します。同様に、FBピンの電圧が300mV(代表値)より低くなると、(起動時を除いて)FAULTピンがアサートされて短絡LEDイベントを示します。

LED電流検出アンプは、負荷電流レギュレーション機能に加えて、負荷電流がフルスケール値の10%より高い／低いかどうかを示すデジタル表示機能を提供します。FBピンの電圧がレギュレーション状態のとき、負荷電流がフルスケールの10%より低くなると、FAULTピンがアサートされてオープンLEDイベントを示します。

主電流検出アンプから独立した信号経路を使うことで、迅速な過電流保護が実現されます。検出抵抗の電圧( $V_{ISP}-V_{ISN}$ )が700mV(代表値)を超えると、スイッチングは停止し、FAULTピンがアサートされて過電流イベントを示します。このイベントも(短絡LEDと共に)ソフトスタートのリセット中のスイッチングの短い中断をトリガし、続いてスイッチングのソフトスタートを開始します。

LT3950は、3つの異なる方法でLED負荷の調光が可能です。第1の方法では、CTRLピンの電圧によって検出抵抗のレギュレーション閾値を設定し、LED負荷の連続的なアナログ調光を実行します。それに加えて、2つのPWM調光法(外部PWMと内部PWM)があります。外部PWM調光は、提供されるPWM信号に依存します。この信号はPWMピンを直接駆動し、PWMピン電圧のデューティ比に基づいてシステムをオフ／オンします(つまり、スイッチングを停止／開始し、PWMTGによって出力コンデンサからLED負荷を遮断／再接続します)。内部PWM調光も利用可能です。

内部PWM調光は、内部A/Dコンバータを使用して、PWMピンの電圧を7ビットのデジタル表現に変換します。この変換には線形スケールが使用され、7ビット値が7.8mV(代表値)ごとに変化します。それぞれの値は、隣接する値から指数関数的に間隔をとった、固有のデューティ比に対応します。例えば、10%のデューティ比領域の近くで7.8mV(代表値)動かすと、デューティ比が9.6%から10%へ変化します。100%の領域の近くで同じように7.8mV(代表値)動かすと、デューティ比は96%から100%へ変化します。RPによって設定される多くのPWMTG調光サイクルの間、PWMピンの電圧は滑らかに上昇し続けるため、LED負荷に対するPWMデューティ比は指数関数的に増加します。これにより、幅広いPWM調光デューティ比で、調光精度および分解能が維持されます。

## アプリケーション情報

### はじめに

LT3950は、広範囲にわたるアプリケーションに対応する様々な機能を備えています。パッケージ・サイズが小さく、ピン数が少ないため、多くのピンが2つ以上の機能を実行します。LT3950の最も簡単なアプリケーションは、わずか数個のオフチップ部品で実現可能で、選択する設計項目はごくわずかです。ただし、このデバイスの機能をフルに利用するには、個々の機能がどのように連携するかをよく理解する必要があります。このデバイスに関する理解を助けるために、各機能について以下に詳しく説明し、アプリケーション回路の例をいくつか示します。

### LED 電流の設定

LED スtring を流れるフルスケール電流は、LED String に対して直列に接続される1個の抵抗 ( $R_{SENSE}$ ) を使用して簡単に設定できます。この検出抵抗はLED String のハイサイドに配置し、検出ピンISPおよびISNにケルビン接続します。このループは、CTRL ピンの電圧によってスケールされる、この検出抵抗両端の250mVの電圧降下を安定化します。これについては後述します。通常、0.5Wの抵抗を選択すれば十分です。このループは $R_{SENSE}$  両端の電圧を安定化するため、標準的なフルスケール負荷電流 ( $I_{FS}$ ) は次のように定義されます。

$$I_{FS} = \frac{1}{4R_{SENSE}} \text{ A}$$

最善の性能と保護を得るには、LED String 内の電位が最も高い箇所で検出し、外部PWM調光用PMOSのソースをISNに接続します。PWM調光用PMOSの詳細については後述します。なお、このループはLED電流をISP = 0Vまで調整できますが、グラウンド検出構成は推奨できません。詳細については、低電圧 (SEPIC) 起動のセクションを参照してください。

### CTRL ピンによる LED 電流の調整

CTRL ピンは、アナログ信号によるPWM調光の代替手段を提供します。検出抵抗の両端で安定化される電圧の値は、CTRL ピンを使用して調整できます。このピンの電圧が200mVから1.2Vへ変化するにつれて、検出抵抗両端の安定化された電圧降下は0Vから250mVへ変化します。CTRL ピンの電圧が200mVより低くなると、システムは電流を供給

しません。CTRL ピンの電圧が1.2Vを超えると、INTV<sub>CC</sub>に達するまで、システムはフルスケール電流を供給し続けます。CTRL ピンの影響を考慮に入れると、合計LED電流 ( $I_{LED}$ ) は次の式で計算されます。

$$I_{LED} = \frac{V_{CTRL} - 0.2V}{4R_{SENSE}} \text{ A}, 0.2V < V_{CTRL} \leq 1.2V$$

CTRL ピンは、最低値が100mVより低く、最高値が1.3Vより高いデジタル信号で駆動することにより、PWM用にも使用できることに注意してください。このPWM調光法では、高周波数のPWM信号は使用できません。CTRL ピンを駆動するPWMの周波数は、1kHz未満にする必要があります。それより高周波数のPWMには、PWMピンを使用します。これについては後述します。以下のグラフは、フルレンジのCTRL ピン電圧を示しています。

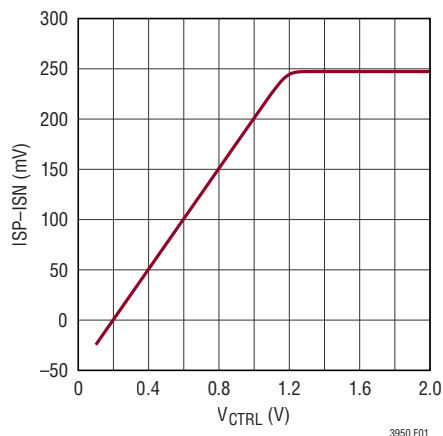


図1.  $V_{ISP-ISN}$  と CTRL ピンの電圧

### 出力レギュレーション電圧の設定

LT3950は、出力電流レギュレーションに加えて、出力電圧レギュレーション機能も備えています。FB ピンの電圧が1.2Vに近づくと、ループは電圧レギュレーション・モードに移行します。出力電圧を安定化すると、LED電流は減少し、設定値より低くなります。電圧レギュレーション・モードは、デバイスがオープンLEDおよび同種のイベントを問題なく管理できるように、主に安全機能として組み込まれています。

出力レギュレーション電圧を設定するには、以下に示すように、出力電圧とFBの間に抵抗分圧器を接続します。次式のように、 $R_{FB1}$  と  $R_{FB2}$  を選択して出力電圧を設定します。

## アプリケーション情報

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}}\right) \cdot 1.2V$$

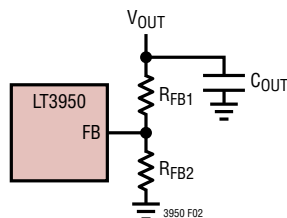


図2. 電圧帰還ネットワーク

分圧器は出力コンデンサにケルビン接続する必要があります。抵抗 $R_{FB1}$ および $R_{FB2}$ は、合計した値が1k~1Mになるように選択します。高ダイナミック・レンジ(>10,000:1)のPWM調光には、最大10Mの合計抵抗値が適切です。出力電圧がレギュレーション状態のとき、電流がフルスケールの10%より低くなると、 $\overline{FAULT}$ ピンでオープンLEDイベントが通知されます。

降圧モードのように、負荷電圧がグラウンドを直接基準にしない構成で固定電圧モード制御を使用するには、レベル・シフタが必要になる場合があります。降圧モードおよび昇降圧モード構成で出力電圧制御を実現する回路の例を以下に示します。

$$V_{OUT} = 2 \cdot \left( V_{BE} + 1.2 \frac{R_{FB1}}{R_{FB2}} \right)$$

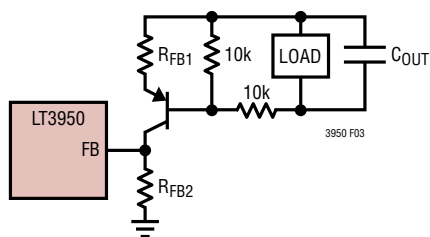


図3. レベル・シフタを使用する電圧帰還ネットワーク

## FB過電圧ロックアウト

出力電圧レギュレーションによる安全機能の一環として、FBピンの電圧が1.3V(代表値)に達するかまたは超えた場

合、スイッチングは停止し、PWMTGがハイになって遮断用PMOSがオフになり、 $\overline{FAULT}$ ピンに障害が通知されます。

## スイッチング周波数とPWM調光信号発生器の周波数の設定

LT3950のスイッチング周波数を設定するには、1個の抵抗を $R_T$ ピンとグラウンドの間に接続します。以下の表に、一般的な $R_T$ 抵抗値とそれに対応するスイッチング周波数を示します。 $R_T$ ピンにはこの抵抗以外何も接続しないでください。

表1.  $R_T$ 値の選択とスイッチング周波数

$R_T$ Value (k $\Omega$ )	Switching Frequency (MHz)
402	0.3
301	0.4
237	0.5
191	0.6
162	0.7
140	0.8
121	0.9
107	1
97.6	1.1
80.6	1.2
76.8	1.3
73.2	1.4
66.5	1.5
61.9	1.6
57.6	1.7
52.3	1.8
48.7	1.9
45.3	2

起動中、特に2MHz動作では、十分なスイッチ・オフ時間を確保するためにスイッチング周波数が低下します。このため、オフ時間中にインダクタに最小限の電圧がかかっているとき、インダクタ電流が電流制限より低くなることがあります。この状態は、起動時または障害の発生後、出力電圧がまだ低いときに発生します。起動中、または障害発生後の再起動時には、スイッチング周波数が公称値の約40%まで下がり、16サイクルごとに段階的に上昇します。詳細については、ソフトスタートに関するセクションを参照してください。



## アプリケーション情報

PWM調光信号発生器のクロックには、2つの設定方法があります。スイッチング周波数に対して独立した自走クロックを使用する場合は、RPピンとグラウンドの間に抵抗を接続します。スイッチング周波数がRTピンの抵抗に従って設定されるのと同じように、PWM調光の周波数はRPピンの抵抗に従って設定されます。

表 2. R<sub>p</sub> 値の選択と PWM 調光周波数

R <sub>p</sub> Value (k $\Omega$ )	PWM Dimming Frequency (Hz)
634	100
274	200
162	300
107	400
75	500

もう1つの方法として、PWM調光クロックをスイッチング・クロックにロックすることもできます。これを行うには、RPピンをそのままINTV<sub>CC</sub>に接続します。このモードでは、PWMクロックの周波数はスイッチング・クロックの周波数を4096で割った値になります。

### パルス幅変調(PWM)調光

パルス幅変調(PWM)は、高ダイナミック・レンジのLED負荷調光を可能にします。PWM調光の使用時には、目的のLED電流に比例するデューティ比のパルス・トレインによって負荷を制御します。オン期間中、デバイスは通常どおり動作します。オフ期間中、デバイスはスイッチングを停止します。デバイスがスイッチングを停止している間、補償ノードは高インピーダンスになり、補償コンデンサ電圧の変化を最小限に抑えます。これにより、次のオン期間が来たときにトランジェントのセトリング時間が短くなります。これに加えて、LT3950はオプションの負荷遮断機能を備えています。負荷を遮断すると、出力コンデンサが負荷に電流を流し続けるのを止めるため、ターンオフが非常に高速になります。また、出力コンデンサの状態が負荷の影響を受けにくくなるため、オンに戻ったときのトランジェントのセトリング時間も短縮されます。

外部負荷遮断機能を使用するには、負荷に対して直列にPMOSを接続し、PMOSのソース側にISNノード、ドレイン側にLED負荷を接続します。PMOSのゲートはPWMTGピンに接続します。PWMTGピンの電圧はV<sub>ISP</sub>とV<sub>ISP</sub> - 7.5Vの間で変動し、PMOSのオフとオンを切り替えます。この構成は、サポートされるすべての電力段トポロジで機能します。電力

段トポロジの詳細については、アプリケーション回路の例を参照してください。

PWMピンは、2つのPWM調光モードに使用できます。1つのモードは外部PWMモードです。このモードでは、マイクロプロセッサなどの他のデバイスが生成するデジタル信号によってPWMピンを駆動します。このPWM信号はデバイスを直接制御します。この信号がハイのときは、デバイスは動作します。この信号がローのときは、デバイスは動作せず、外部PMOSを使用している場合は負荷を遮断します。PWMピンをINTV<sub>CC</sub>に接続すると、中断のない連続的な動作を実行します。反対に、PWMピンをグラウンドに接続すると、システムは無制限にアイドル状態のままになります。オン時間が1 $\mu$ sより短い場合は、低Q<sub>G</sub> (<10nC) のMOSFETを使用し、VCピンのR<sub>C</sub>には低い値またはゼロを使用します。外部PWMは、最大20,000:1の調光ダイナミック・レンジをサポートします。

もう1つのPWM調光モードは、内部PWMモードです。内部PWM調光の使用時には、PWMピンのアナログ電圧によってPWMTG信号のデューティ比を制御します。内部PWM調光の電圧範囲は、PWMピンの電圧で0.2V~1.2Vです。内部PWM信号発生器は、PWMピンの電圧を7ビットのデジタル表現に変換します。この変換を実行するA/Dコンバータ(ADC)は、各コードの幅が約7.8mVの線形スケールを使用します。各7ビット・コードは、固有のデューティ比の値に対応します。デューティ比の値は、指数関数的に間隔をとっています。言い換えると、7ビット・コードの値が1増えるたびに、デューティ比は一定のスケール・ファクタで乗算されます。デューティ比の対数スケールとPWMピン電圧のグラフを以下に示します。

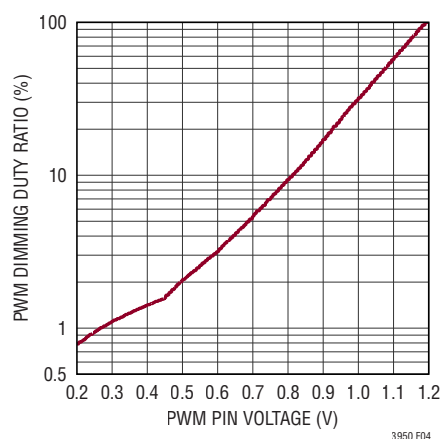


図 4. PWM のデューティ比

## アプリケーション情報

### スイッチング周波数の同期

LT3950を外部クロックに同期させるには、そのクロック信号でSYNC/SPRDピンを駆動します。システムの内部クロックが外部クロック周波数から10%以内になるように、RT抵抗を選択します。RTで設定される周波数は、外部クロックの周波数にできるだけ近づくことを推奨します。

### スペクトラム拡散周波数変調

すべてのスイッチング・コンバータと同様に、LT3950は若干の電磁干渉(EMI)を発生します。スペクトラム拡散周波数変調を有効にすると、この干渉は大幅に減衰します。スペクトラム拡散周波数変調で達成できる減衰量は、スイッチング周波数やプリント基板(PCB)の形状などの条件の影響を受けます。業界で広く使われている各種のテストを使用して、これらの影響を定量化できます。

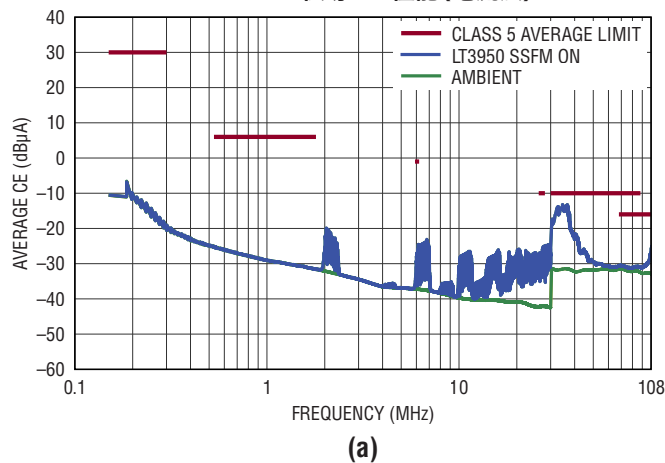
内部スペクトラム拡散周波数変調を有効にするには、SYNC/SPRDピンをINTV<sub>CC</sub>に接続します。変調波形は、正および負のピークにステップがある三角波です。変調周波数は約9kHzで、スイッチング周波数の範囲は設定値の100~125%です。標準的なLT3950のEMIテスト結果を図5に示します。

### 最大デューティ比

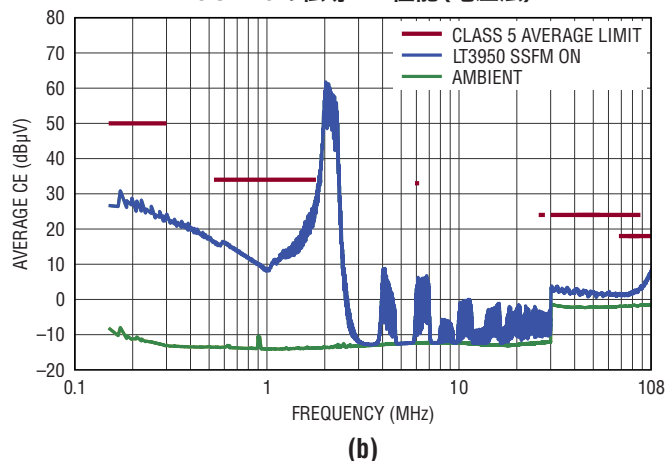
LT3950はスイッチを使用してV<sub>IN</sub>とグラウンドの間にインダクタを接続するため、デューティ比を100%にすると、負荷に流れる電流はゼロになります。この状況を防ぐため、このデバイスは最小オフ時間を適用します。この時間中は、負荷やデマンド電流に関係なくスイッチはオフになり、インダクタ電流が負荷に流れます。したがって、デューティ比は100%には達しません。最大デューティ比は周波数によって異なります。同じ最小オフ時間では、高周波数の信号ほど最大デューティ比は小さくなります。昇圧構成および連続導通モード(CCM)では、低周波数の場合、デバイスのデューティ比は95%(すなわち、V<sub>ISP</sub>/V<sub>IN</sub> = 60/3、デバイスの最大範囲)に達することがあります。一方、2MHzなどの高周波数では、デバイスの最大デューティ比は約90%です。CCMでの任意の周波数の最大デューティ比は、次式で与えられます。

$$D_{\text{MAX}} = 1 - f_{\text{SW}} \cdot 50\text{ns}$$

CISPR25の伝導EMI性能(電流法)



CISPR25の伝導EMI性能(電圧法)



CISPR25の放射EMI性能

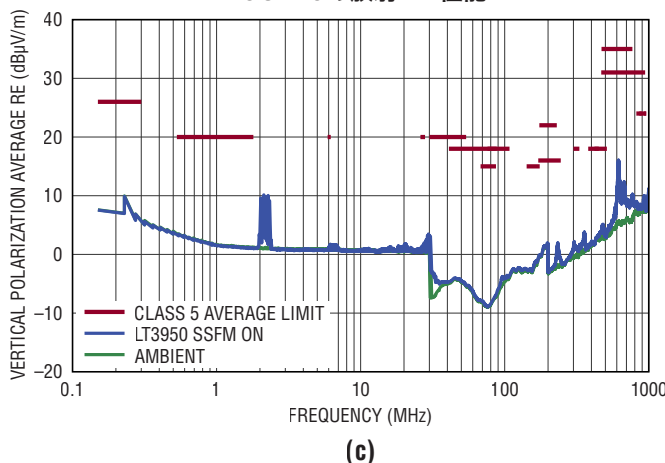


図5. LT3950の代表的なEMI (V<sub>IN</sub> = 12V、V<sub>LED</sub> = 25V、I<sub>LED</sub> = 330mA、2MHz)



## アプリケーション情報

### 最大スイッチ電流と最大負荷電流

電流制限は重要なシステム・パラメータです。パワー・スイッチを流れる最大瞬間電流を制限することにより、スイッチと外付け部品の損傷を防ぎます。適切に設計されたシステムでは、LED 負荷を駆動する最大スイッチ電流とスイッチ電流制限の間にマージンがあります。LT3950 の電流制限はデューティ比によって変化しません。また、このデバイスは十分な傾き補償を備えています。このため、ラインおよび負荷過渡応答中に電流制限に達しても、低調波発振を起こしません。昇圧および昇降圧電力段の最大 LED 電流を設定する際に役立つ経験則を以下に示します。この式は、電流リップルを平均電流の約 30% に制限するインダクタを選択することを前提にしています。インダクタの選択の詳細については、外付け部品の選択のセクションを参照してください。

$$I_{LED,MAX(30\%ripple)} \approx 1.4A \cdot \frac{V_{IN}}{V_{ISP}}$$

昇圧および昇降圧モードのトポロジでは、平均スイッチ電流と平均 LED 電流の関係は、 $V_{ISP}$  に対する  $V_{IN}$  の比によって表されます。降圧トポロジでは、平均 LED 電流は平均インダクタ電流にほぼ等しくなります。このため、降圧トポロジでは可能な最大の LED 電流が供給されます。ピーク瞬間スイッチ電流は、平均 LED 電流にピーク to ピーク・リップル電流の 1/2 を加算した値になります。これにより、降圧モードの電流制限について次の結果が得られます。

$$I_{LED,MAX(BUCK)} = 1.4A$$

電力段トポロジの詳細については、後述するアプリケーション回路の例を参照してください。

### ループ補償

ループ補償は、通常は VC ピンとグラウンドの間に接続される RC 回路の形式をとります。PCB の面積が非常に限られている場合、1 個のコンデンサで安定性の条件を満たすことができます。直列抵抗を追加すると、応答速度が向上し、位相余裕も回復できます。標準的な補償方式の回路図を以下に示します。

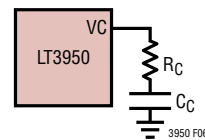


図6. 標準的な補償回路

通常は 1nF のコンデンサと 10kΩ の抵抗で十分です。これはあらゆるアプリケーションの出発点に適しています。セトリング時間が長すぎたり、リングングが大きすぎたり、ループの不安定な状態が続いたりする場合は、以下の手順を試してください。

まず最初に、特に過渡応答のリングングまたは不足減衰が発生する場合は、補償抵抗  $R_C$  を小さくするか、取り除いてみます。補償抵抗を小さくすると、セトリング時間が長くなり、PWM 調光などの負荷ステップからの偏差が大きくなります。

次に、補償コンデンサ  $C_C$  のサイズを大きくします。これにより、ドミナント (低周波数) ポールの周波数が低くなるため、ユニティ・ゲイン周波数が低くなります。十分に大きい補償コンデンサを使用すれば、通常はループを安定化できます。補償コンデンサを大きくすると、ラインおよび負荷アクティビティに対する過渡応答が低速になります。補償コンデンサの容量を多少変えてもループが安定しない場合は、代わりに出力コンデンサを大きくするか、またはインダクタを小さくして、負荷ポールと右半分のプレーン・ゼロを分離することを検討してください。

### 外付け部品の選択

#### 入力コンデンサと出力コンデンサの選択

入力コンデンサと出力コンデンサは、電力段に過渡電流を供給します。これらのコンデンサの配置と選択は、過渡電流の条件に従う必要があります。X7R タイプのセラミック・コンデンサを選べば、通常は入力コンデンサと出力コンデンサの両方に適しています。X7R は他の多くの材料に比べて温度と DC バイアス電圧の影響を受けにくいのですが、電圧ストレスによる容量のデレーティングの影響を考慮に入れる必要があります。経験則から、一般にアプリケーションが要求する電圧よりも電圧定格が約 60% 高いコンデンサを選択することを推奨します。

入力コンデンサの値を決める際に考慮すべき主要なパラメータは、スイッチング周波数、出力電流、インダクタのリップル電流、および許容できる入力電圧リップルです。一般に、昇圧、昇降圧モード、および SEPIC コンバータに必

## アプリケーション情報

要な入力コンデンサの値は、降圧モード・コンバータの場合より小さくなります。次式を使用して、入力コンデンサの値を見積もることができます。インダクタの選択のセクションの説明に従ってインダクタを選択する場合は、次式の量  $i_{L(RIPPLE)}/i_{L(DC)}$  の値として15%を使用します。その他の計算ではリップル・ピーク to ピーク電流の半分の値をインダクタの平均電流(DC電流との比率)として使用します。

$$C_{IN(BOOST)} > \frac{i_{LED} t_{SW} \frac{i_{L(RIPPLE)}}{i_{L(DC)}} \frac{V_{LED(MAX)}}{V_{IN(MIN)}}}{\Delta V_{IN(MAX)}}$$

2MHzでスイッチングする昇圧コンバータには、通常は2.2μFの入力コンデンサで十分です。

$$C_{IN(BUCK)} > \frac{i_{LED} t_{SW}}{\Delta V_{IN(MAX)}}$$

2MHzの降圧構成の場合、2.2μFの入力コンデンサを使用すれば、 $i_{LED} = 0.3A$ では入力電圧リップルを100mV未満に抑えることができます。追加マージンの確保を推奨します(例えば、上記の式から1.5μFの結果が得られた場合、2.2μFの入力コンデンサを選択します)。

降圧モード構成では、スイッチがオフのときにショットキー・ダイオードを介して戻る電流のために、入力コンデンサのパルス電流が大きくなります。降圧コンバータの場合、ショットキー・ダイオードとICの露出パッドのできるだけ近くにコンデンサを配置する必要があります。また、コンデンサのリップル電流定格を考慮に入れる必要があります。最大の信頼性を実現するには、低ESRおよびESLで十分なリップル電流定格を持つコンデンサを選択します。次式を使用して、降圧コンバータでの入力コンデンサ電流の実効値を推定できます。

$$i_{CIN(RMS)} = i_{LED} \cdot \sqrt{\frac{V_{LED}}{V_{IN}} \left(1 - \frac{V_{LED}}{V_{IN}}\right)}$$

出力コンデンサの選択は、負荷と電力段の構成によって決まります。例えば、昇圧または昇降圧モードのコンバータには、同じ条件では降圧モードのコンバータよりはるかに大きな出力コンデンサが必要です。昇圧および昇降圧モード構成でも、降圧モードの場合の入力コンデンサと同様に、低ESRおよび低ESLのコンデンサが必要です。同じリップル

電圧では、スイッチング周波数が低くなるのに比例してコンデンサの値は大きくなります。LED負荷の等価抵抗は一般に小さいため、電圧リップルを更に低減するには、大きなコンデンサが必要になります。適切な出力コンデンサの値は、2.2μF～47μFになりそうです。出力コンデンサの選択の出発点として、アプリケーションの例を使用できます。高品質のセラミック・コンデンサの供給元を表3に示します。

表3. コンデンサ・メーカー

MANUFACTURER	WEBSITE
MURATA	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
TDK	<a href="http://www.tdk.com">www.tdk.com</a>
KEMET	<a href="http://www.kemet.com">www.kemet.com</a>
TAIYO YUDEN	<a href="http://www.t-yuden.com">www.t-yuden.com</a>
AVX	<a href="http://www.avx.com">www.avx.com</a>

## ショットキー整流器の選択

ショットキー・ダイオードには、逆ブレイクダウン電圧定格が60V以上で、平均順方向電流定格がLED電流の設定値より大きく、多少余裕があるものを選択します。低等価容量(約350pFまたはそれ以下)の整流器を推奨します。等価容量が大きかったり、PCBレイアウトの質が低かったりすると、LT3950のEMI軽減機能に悪影響を与えます。低周波数のPWM調光(<200Hz)に使用する場合は、逆もれ電流に注意してください。逆もれ電流によって出力コンデンサが放電することがあります。これにより、ターンオン・トランジェントの影響が長く続き、PWM調光の最大ダイナミック・レンジを低下させることがあります。逆もれ電流は温度と共に増加することに注意してください。多くのLT3950アプリケーションには、NXP PMEG6020で十分です。表4に、いくつかの推奨部品メーカーのリストを示します。

表4. ショットキー整流器メーカー

VENDOR	WEBSITE
On Semiconductor	<a href="http://www.onsemi.com">www.onsemi.com</a>
Diodes, Inc.	<a href="http://www.diodes.com">www.diodes.com</a>
Central Semiconductor	<a href="http://www.centralsemi.com">www.centralsemi.com</a>
NXP	<a href="http://www.nxp.com">www.nxp.com</a>

## アプリケーション情報

### インダクタの選択

LT3950に使用するインダクタには、飽和電流定格が1.7Aより大きいものを選択し、追加マージンを確保することを推奨します。インダクタの値は、所定の入力電圧および出力電圧とスイッチング周波数での目的のリプル電流に基づいて選択します。ピークtoピーク・リプルを約30%に制限する場合は、以下の式を使用してインダクタを選択します。

$$L_{\text{BOOST}} > \frac{t_{\text{SW}} V_{\text{IN}}^2}{0.3 i_{\text{LED}} V_{\text{LED}}} \left( 1 - \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{LED}}} \right)$$

$$L_{\text{BUCK}} > \frac{t_{\text{SW}} V_{\text{LED}}}{0.3 i_{\text{LED}}} \left( 1 - \frac{V_{\text{LED}}}{V_{\text{IN}}} \right)$$

表5. インダクタ・メーカー

VENDOR	WEBSITE
Sumida	<a href="http://www.sumida.com">www.sumida.com</a>
Würth Elektronik	<a href="http://www.we-online.com">www.we-online.com</a>
Coiltronics	<a href="http://www.cooperet.com">www.cooperet.com</a>
Vishay	<a href="http://www.vishay.com">www.vishay.com</a>
Coilcraft	<a href="http://www.coilcraft.com">www.coilcraft.com</a>

### パワーPMOSの選択

PWMTGに使用するPMOSには、ドレイン-ソース電圧定格が65Vより高いものを選択し、追加マージンを確保することを推奨します。ゲート-ソース電圧定格が10Vより高いものを選択します。ドレイン電流定格は、設定された最大LED電流が導通するのに十分な大きさで、多少余裕があるようにします。7.5VのPWMTG駆動電圧がPMOSデバイスを完全に導通するようにします。PMOSを選択する際は、大きな電流定格がゲート電荷( $Q_g$ )に与える影響を考慮に入れる必要があります。 $Q_g$ が高い(>20nC) PMOSでは、ターンオンとターンオフが低速になり、PWM調光の最大ダイナミック・レンジが低下することがあります。

### LED障害イベント

LT3950は、システムが障害に対処できるように、各種の障害検出および通知機能を備えています。LT3950は多くの自己保護機能を備えていますが、外部に通知される障害のタイプは4つだけです。これらのうち3つの障害(LED短絡、過電圧および過電流)は、発生するとスイッチングが停止し、PWM調光のセクションの説明に従って外部PMOSを使用している場合、負荷が出力コンデンサから遮断されます。こ

こでFAULTピンがアサートされます。この動作はクロック・サイクルの終了を待たずに実行されます。LEDオープン障害が発生した場合は、FAULTピンがアサートされるだけで、スイッチは通常どおり動作を続けます。各タイプの障害についてまとめた表が、このセクションの最後にあります。

過電流障害の検出には、電流プログラミング検出抵抗が使用されます。検出抵抗両端の電圧降下が700mV(代表値)より大きくなると、過電流イベントが通知されます。

過電流障害では負荷に流れ込む実際の電流が検出され、LED短絡障害では負荷電圧が検出されます。これにより、ストリング内の1個または2個のLEDの短絡など、限られた障害の検出が可能となります。LT3950はFBピンの電圧を検出し、(起動中を除いて)電圧が300mVより低くなると、LED短絡障害を通知します。LED短絡障害検出機能を使用するには、FBピンに抵抗分圧器が接続されている必要があることに注意してください。

LEDオープン障害を通知するには、負荷電流がフルスケールの10%より低いときにFBピンの電圧が1.2Vに近づく必要があります。LEDオープン障害検出機能を使用するには、FBピンに抵抗分圧器が接続されている必要があることに注意してください。

過電圧障害は、FBピンの電圧が1.3Vを超えたときに発生します。LEDオープン障害と同様に、過電圧障害保護機能を利用するには、FBピンに抵抗分圧器が接続されている必要があります。

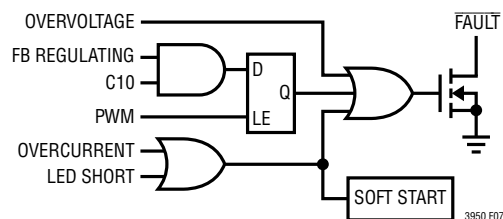


図7. 障害ロジック

4タイプの障害のうちどれが発生しても、FAULTプルダウンがオンになります。FAULTピンにはオープンドレイン出力があるため、このピンが動作するには、FAULTピンとINTV<sub>CC</sub>、V<sub>IN</sub>、または外部電源の間に抵抗を接続する必要があります。オープンドレイン出力により、複数のデバイスを一緒にwired-OR接続して、1本のデジタルI/Oピンで複数のデバイスの障害を検出するなど、柔軟な構成が可能となります。



## アプリケーション情報

LEDオープン障害を除き、通知対象の障害のうちどれが発生しても、スイッチングは中断されます。短絡LED障害と過電流障害は、クールダウン期間をトリガします。この期間の経過後、システムはEN/UVLOピンによってオンになった直後と同じようにソフトスタートを開始します。ソフトスタートのプロセスが障害なく正常に完了すると、FAULT信号はディassertされます。ソフトスタート中は、内部PWMと外部PWMのどちらの場合も、ソフトスタートが完了するか、またはLEDを流れる電流がフルスケール値の10%に達するまで、PWM調光ロジック・ロー状態は無視されます。

表 6.

CONDITION (TYP.)	TYPE OF FAULT
FB Pin > 1.3V	Overvoltage
1.17V < FB pin < 1.3V and $V_{ISP-ISN} < 25\text{mV}$	Open LED
FB pin < 300mV	Short LED
$V_{ISP-ISN} > \sim 700\text{mV}$	Overcurrent

### ソフトスタート

起動時の電流サージを防ぐため、LT3950は内部ソフトスタート機能を使用します。この機能は電流制限とスイッチング周波数の両方に影響を与えます。起動時には、システムはゼロ電流制限に近い状態で約40%の $f_{SW}$ でスイッチングします。クロックの動作と共に両方の制約は緩和され、約 $1800 \cdot T_{SW(NOM)}$ 後に通常動作に移行します。このプロセスが完了するのに1800サイクルかかるわけではありません。上記の値は、ソフトスタート機能によって適用されるクロック周波数の低下を考慮に入れたものです。 $f_{SW}$ は16サイクルごとに調整され、合計1,024サイクルがソフトスタートに消費されます。

LED障害のセクションで説明した、特定の障害によってトリガされるクールダウン期間は、少なくとも $32,768 \cdot T_{SW(NOM)}$ の間続きます。クールダウン期間の終わりに、システムは再起動を試み、初めて電源投入されたときと同じようにソフトスタートを開始します。

初めてのソフトスタートか、障害状態からのソフトスタートかを問わず、LT3950は最初のPWM調光パルスが到着するまで待機してからシステムをパワーオンし始めます。PWMパルスは、外部ソースまたは内部PWM調光信号発生器から発信されます。最初のPWMパルスが到着すると、ソフトスタートが開始され、システムが安定状態に達するまで続きます。システムがソフトスタートを終了するか、少なくともフルスケール電流の10%が検出抵抗を流れていることを観察する

まで、PWMロー・ロジック状態は無視され、デバイスは連続的に動作します。いずれかの障害条件によってデバイスが再びソフトスタートを開始した場合、デバイスがソフトスタート・プロセスを正常に終了するまで、FAULTピンはassertされたままになります。

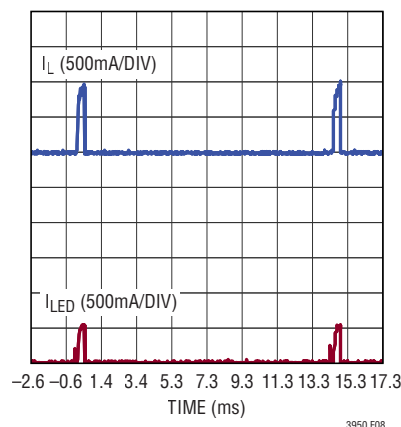


図 8. LED 短絡一時中断モード

### EN/UVLOピンの使用

EN/UVLOピンには2つの動作モードがあります。1つのモードでは、ハイ(1.4Vより高い)またはロー(1Vより低い)に駆動されるとイネーブル・ピンとして機能し、デバイスのオンとオフを切り替えます。もう1つのモードでは、高精度の外部低電圧ロックアウト(UVLO)に使用されます。この機能を使用するには、EN/UVLOピンを $V_{IN}$ ピンとグラウンドの間の抵抗分圧器に接続します。目的の最小動作 $V_{IN}$ 値を設定するための抵抗を選択します。

$$V_{IN(FALLING)} = 1.25V \cdot \left( 1 + \frac{R_{UV1}}{R_{UV2}} \right)$$

$$V_{IN(RISING)} = 1.28V \cdot \left( 1 + \frac{R_{UV1}}{R_{UV2}} \right) + 2\mu A \cdot R_{UV1}$$

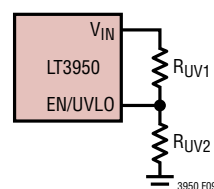


図 9.  $V_{IN}$  の低電圧セットポイントの設定

## アプリケーション情報

EN/UVLO 閾値には、オン状態とオフ状態の間の発振を防ぐためのヒステリシス・ウィンドウがあります。EN/UVLO ピンの電圧が下降時閾値 (1.25V、代表値) より低くなると、スイッチングは停止し、ソフトスタートはリセットされ、PWM 調光のセクションの説明に従って外部 PMOS を使用している場合、負荷が出力コンデンサから遮断されます。

### 低電圧 (SEPIC) 起動

SEPIC のような特定の電力段トポロジでは、ISP と ISN がいずれも 0V に近い (または 0V の) 状態でデバイスを起動しなければならないことがあります。この条件の処理は、定常状態の動作とは異なります。ISN が約 2.5V より低い場合、ISP と ISN には、CTRL ピンによって定義されるオフセットの設定値を使用せず、代わりに約 85mV (代表値) の固定オフセットを使用します。これにより、デバイスは妥当な時間で起動します。ISN < 2.5V (代表値) の場合、LED オープン障害と LED 短絡障害はデシユールになります。エラーアンプは 0V の入力コモンモード電圧を許容しますが、ローサイド検出は使用しないでください。LED 電流検出アンプの精度は、ISN の電圧が 4V より高いときに最も高くなります。それだけでなく、ISP は外付けの遮断用 PMOS のドライバに正電源レールを提供します。したがって、LED 電流のローサイド検出の使用は推奨できません。V<sub>ISN</sub> < 4V の場合、フルスケールの閾値精度はディレーティングされます。

### サーマル・シャットダウンの計画

LT3950 は、内部温度が 170°C を超えると自動的にシャットダウンします。このシャットダウンは、常にデバイスの動作領域の外側になることが確認されています。サーマル・シャットダウンの影響は、特定の負荷障害の影響とよく似ています。すなわち、スイッチングは停止し、ソフトスタートはリセットされ、PWM 調光のセクションの説明に従って外部 PMOS を使用している場合、負荷が出力コンデンサから遮断されます。

LT3950 の露出パッドはグラウンドであり、温度管理を助けるために多くのビアを使用して、状態の良い大きなグラウンド・プレーンにハンダ付けする必要があります。大電力の動作には、簡単な電氣的接続だけでは不十分で、良好な熱伝導性が必要です。

### PCB レイアウトのガイドラインと知識

プリント基板 (PCB) のレイアウトは、あらゆる電源アプリケーションの性能に大きな影響を与えます。IC と外部の間の適切な電氣的および熱的接続が、システムの成功を左右します。あらゆるアプリケーションの PCB で、熟考した詳細なレイアウトを軽視してはなりません。

パッケージ底面の露出グラウンド・パッドは、IC からグラウンドへの唯一の経路です。露出パッドが正常に機能するには、適切な高品質のハンダ処理によってグラウンド・プレーンに接続される必要があります。RT、補償ネットワーク、PWM または CTRL の分圧器などのアナログ機能のグラウンド接続は、露出パッドにケルビン接続する必要があります。入力および出力コンデンサと LED 負荷には、独立した電源グラウンドが必要です。INTV<sub>CC</sub> のバイパス・コンデンサも、できるだけ専用のグラウンドに接続してください。

適切な電力プレーンとグラウンド・プレーンは、IC と外部の間に電氣的接続と熱的接続の両方を提供します。LT3950 のどのようなアプリケーションにも、少なくとも 1 つのグラウンド・プレーンが必要です。グラウンド・プレーンは、他のパターンによって分断されない、連続した非常に広い銅シートでなければなりません。ビアを介して部品をグラウンド・プレーンに接続する場合は、できるだけ充填ビアを使用します。このようなグラウンド・プレーンに IC の露出パッドを接続します。露出パッドのエリアに収まる、できるだけ多くのビアを使用して接続します。できるだけ充填ビアを使用してください。露出パッド接続用の特定のレイアウトをコピーするのではなく、PCB メーカーの仕様に従って、できるだけ多くのビアを使用します。

露出パッドのハンダ処理以外に、電力経路の残りの部分にも、適切で堅牢なレイアウトが必要です。V<sub>IN</sub> 用と負荷の接続用には、幅の広いパターンを使用します。検出抵抗は IC の近くに配置し、ISP と ISN のパターンはできるだけ互いに近づけて配線します。ISP と ISN から検出抵抗までの経路を別々にせず、できるだけ両方の経路を並べて配線することを強く推奨します。SW ノードのパターンの総面積を最小限に抑えます。そのために、出力コンデンサと外付けキャッチ・ダイオードはできるだけ IC の近くに配置します。最後に、外部

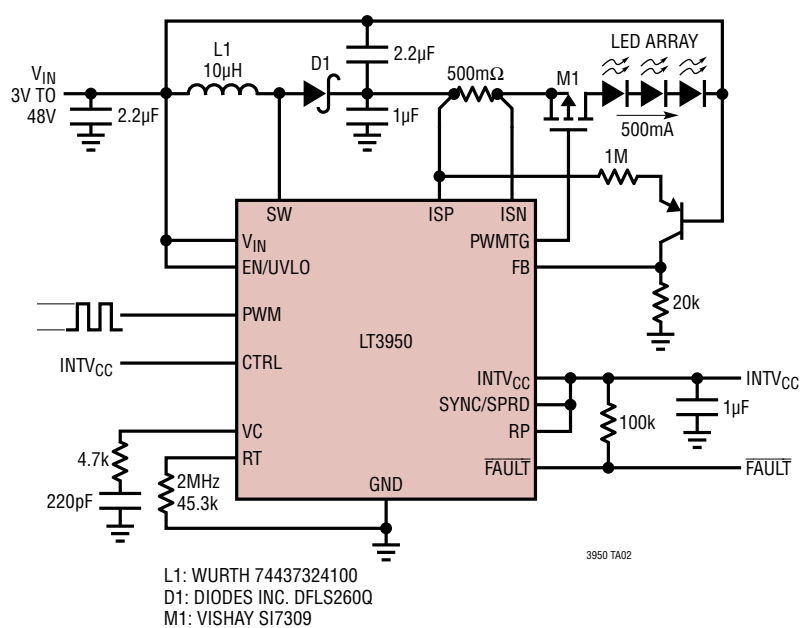
PMOSスイッチを使用する場合は、幅の広いパターンを使って接続します。ただし、外部PMOSのゲートは幅の狭いパターンで接続する必要があります。外部PMOSのゲートを除いて、電力経路内でのビアの使用はできるだけ避けてください。どうしてもビアを使用する必要がある場合は、多数の(10個を超える)ビアを平行に配置します。

LT3950は電磁干渉(EMI)を軽減するための技術を採用していますが、放射ノイズと伝導ノイズを抑制するには、適切なPCBレイアウトが必要です。SWノードの面積を最小限に

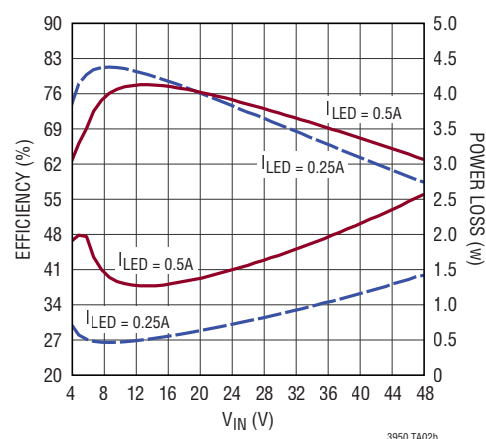
抑えることで、スイッチに発生する容量が小さくなり、スイッチング・イベント中に発生する電流スパイクが低減します。いわゆるホット・ループの面積を最小限に抑えないと、EMI性能が大幅に低下します。出力コンデンサとキャッチ・ダイオードは、ICのSWピンのできるだけ近くに配置し、ホット・ループを最小限に抑えます。ホット・ループの詳細については、アナログ・デバイセズのアプリケーション・ノートAN136およびAN139を参照してください。

## 標準的応用例

スペクトラム拡散周波数変調を備える5W昇降圧モードLEDドライバ

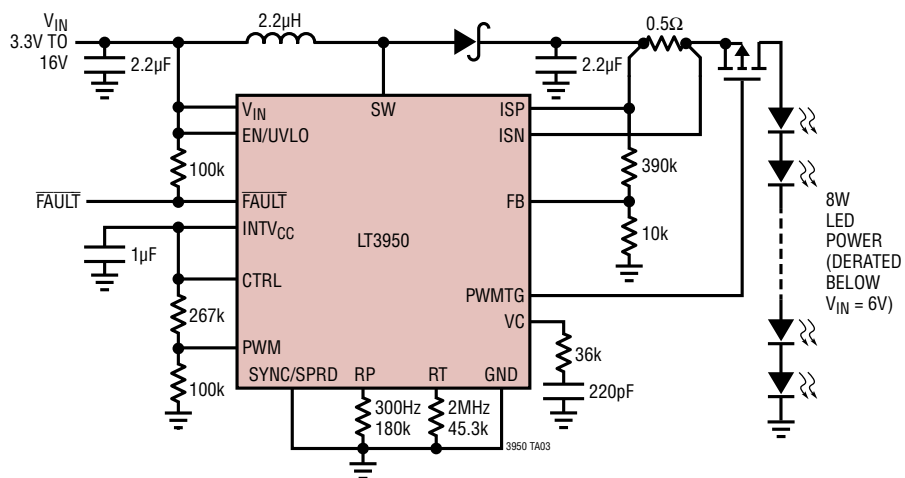


効率と電力損失



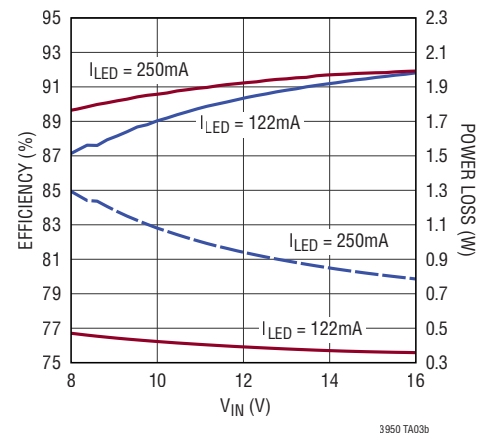
## 標準的応用例

### 内部10%PWM調光機能付き8W昇圧LEDドライバ



L1: WURTH 74437321022  
D1: DIODES INC. DFSL260Q  
M1: VISHAY SI7309

### 効率

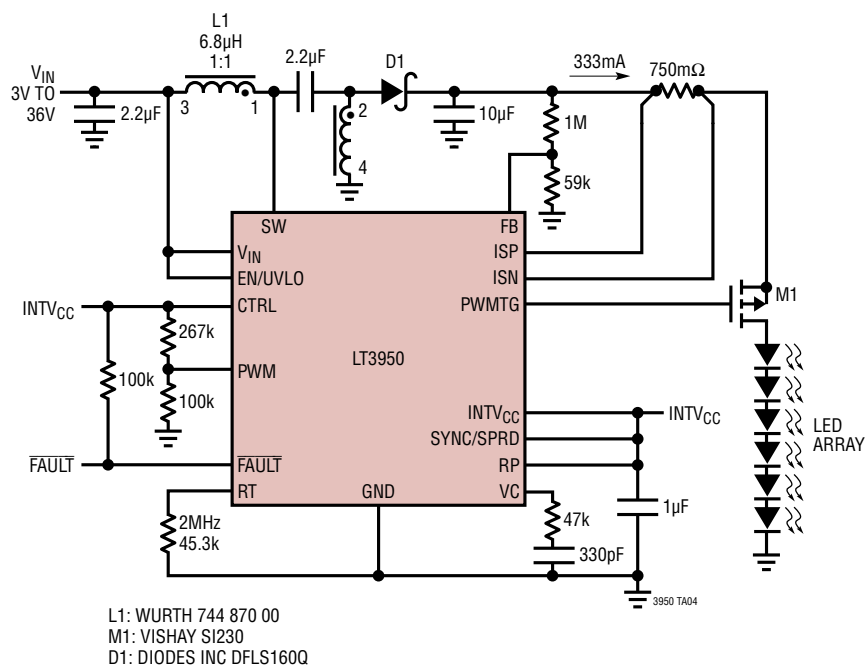


3950 TA03b

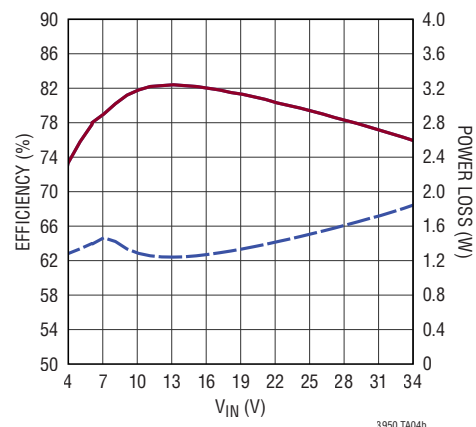


# 標準的応用例

## 内部10%PWM 調光機能付き5W SEPIC LEDドライバ

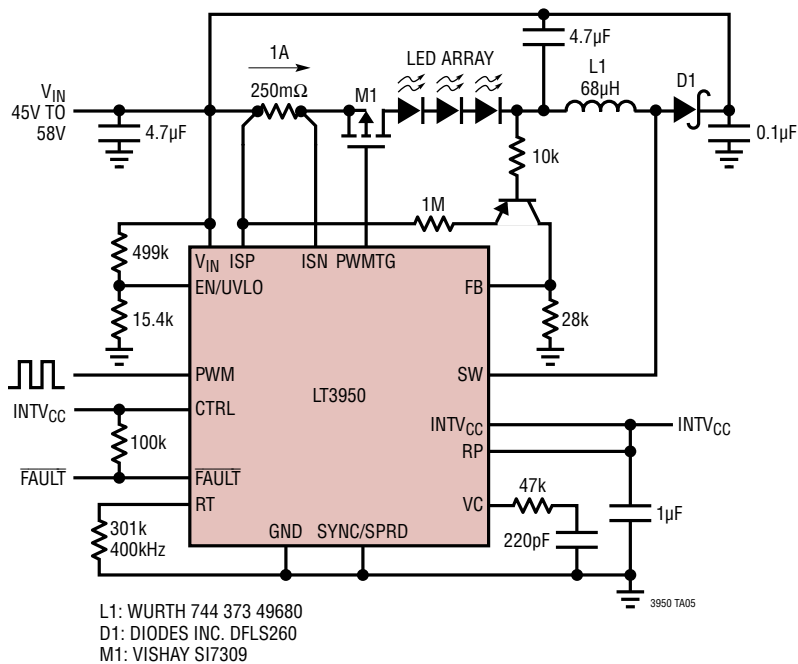


効率

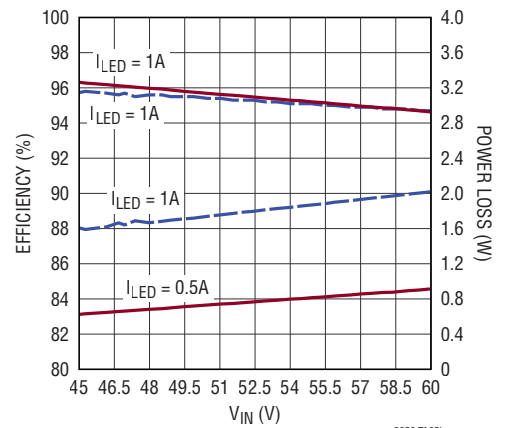


## 標準の応用例

36W 降圧モード LED ドライバ

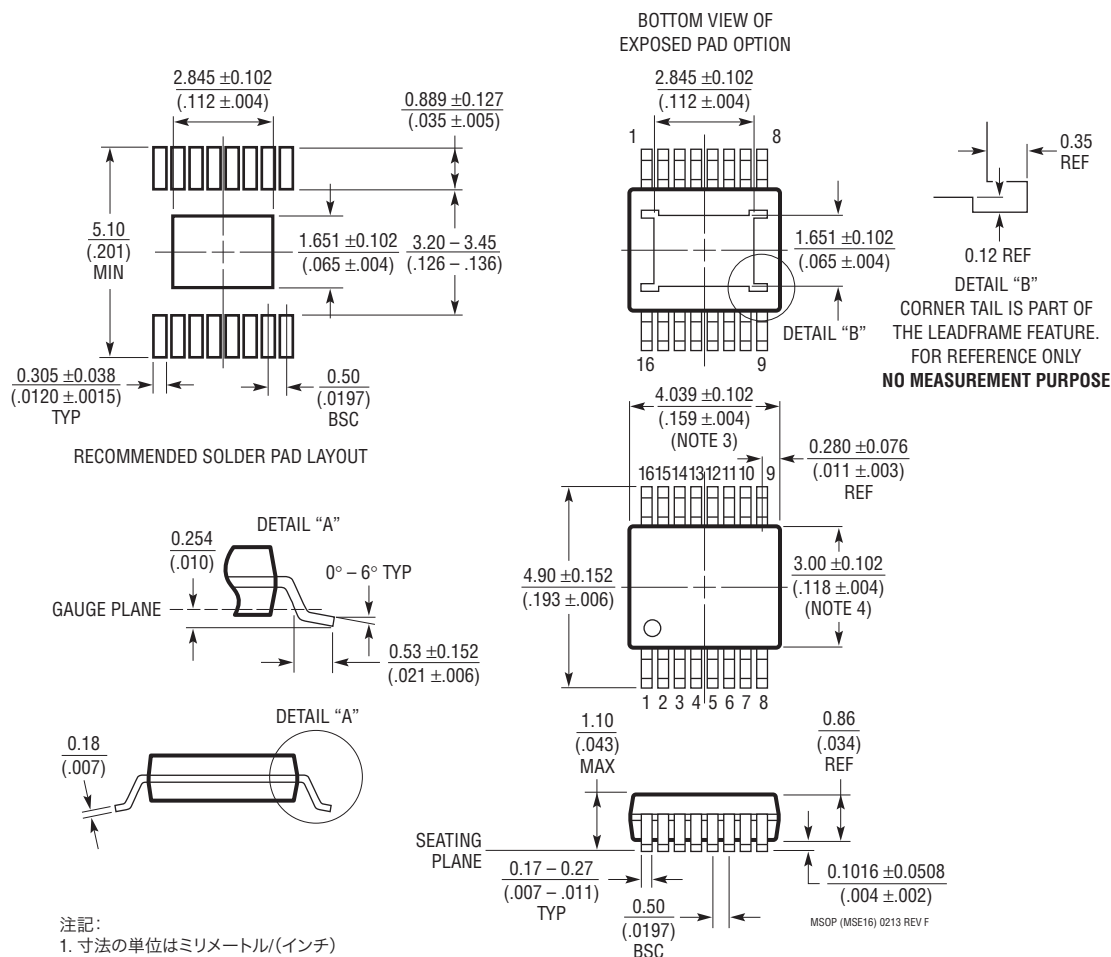


効率



## パッケージ

**MSE Package**  
**16-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1667 Rev F)



注記:

1. 寸法の単位はミリメートル(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、ゲートのバリを含まない  
モールドのバリ、突出部、ゲートのバリは、各サイドで0.152mm (0.006インチ)を超えない
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない  
リード間のバリと突出部は、各サイドで0.152mm (0.006インチ)を超えない
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インチ)である
6. 露出パッドの寸法にはモールドのバリを含む。露出パッド上のモールドのバリは、各サイドで0.254mm (0.010インチ)を超えない

