

## 特長

- 本質的に整合したLED電流
- 3.6V電源で最多6個のLEDをドライブ
- 外部ショットキ・ダイオードが不要
- 自動ソフトスタート
- 開放LED保護
- 高効率：81%(標準)
- 必要な出力コンデンサはわずか0.22 $\mu$ F
- 高さの低い(1mm)SOT-23パッケージ

## アプリケーション

- 携帯電話
- PDA、ハンドヘルド・コンピュータ
- デジタル・カメラ
- MP3プレイヤー
- GPSレシーバ

## 概要

LT<sup>®</sup>3465は、直列に接続された最多6個のLEDをリチウムイオン・バッテリーでドライブするように設計された昇圧DC/DCコンバータです。LEDを直列に接続すると同一のLED電流が供給されるので、バラスト抵抗が不要になります。他の競合デバイスでは外付けする必要のあるショットキ・ダイオードがこのデバイスでは内蔵されています。他の機能として、LEDの接続が切れたときの出力電圧制限、1つのピンによるシャットダウンと調光制御、および内蔵ソフトスタートが備わっています。

LT3465は1.2MHzでスイッチングを行うので、小型の外付け部品を使用することができます。固定周波数スイッチングにより、入力ノイズが小さくなり、出力コンデンサを小さくできます。3個～6個のLEDを使うアプリケーションには0.22 $\mu$ Fしか必要としません。

LT3465は高さの低い(1mm)6ピンSOT-23(ThinSOT<sup>™</sup>)パッケージで供給されます。

**LT**、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。  
ThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。

## 標準的応用例

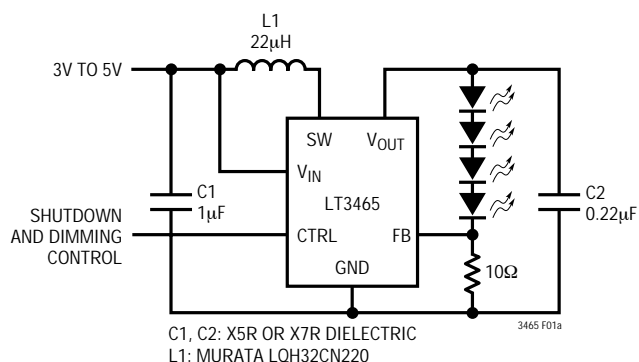
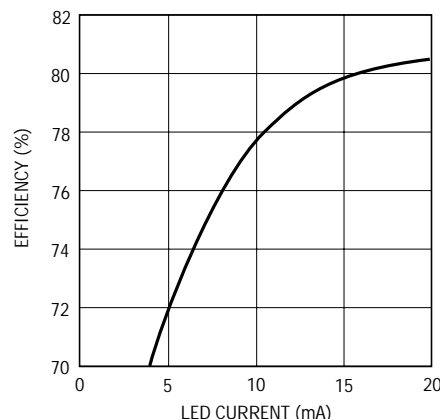


図1. リチウムイオン・バッテリーを使った4個の白色LED用ドライバ

## 変換効率



3465 F01b

# LT3465

## 絶対最大定格

(Note 1)

入力電圧 ( $V_{IN}$ ) .....	16V
SW電圧 .....	36V
FB電圧 .....	2V
CTRL電圧 .....	10V
動作温度範囲 (Note 2) .....	- 40 ~ 85
最大接合部温度 .....	125
保存温度範囲 .....	- 65 ~ 150
リード温度 (半田付け、10秒) .....	300

## パッケージ/発注情報

	ORDER PART NUMBER
	LT3465ES6
	S6 PART MARKING
	LTH2

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

## 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 $T_A = 25$  での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 3V$ 、 $V_{CTRL} = 3V$ 。

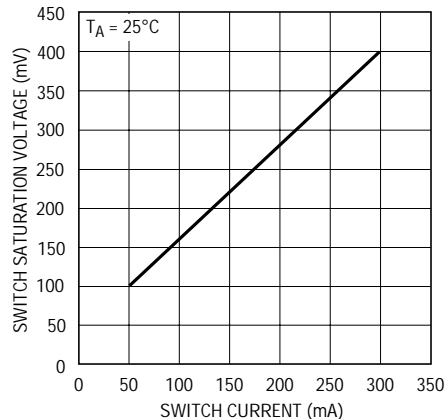
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Operating Voltage		2.7			V
Maximum Operating Voltage				16	V
Feedback Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	188	200	212	mV
FB Pin Bias Current		10	35	100	nA
Supply Current	Not Switching CTRL = 0V	1.9 2.0	2.6 3.2	3.3 5.0	mA $\mu\text{A}$
Switching Frequency		0.8	1.2	1.6	MHz
Maximum Duty Cycle		● 90	93		%
Switch Current Limit		● 225	340		mA
Switch $V_{CESAT}$	$I_{SW} = 250\text{mA}$		300		mV
Switch Leakage Current	$V_{SW} = 5V$		0.01	5	$\mu\text{A}$
$V_{CTRL}$ for Full LED Current		1.8			V
$V_{CTRL}$ to Shut Down Chip				50	mV
CTRL Pin Bias Current	$T_A = 85^\circ\text{C}$ $T_A = -40^\circ\text{C}$	48 40 60	60 50 75	72 60 90	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
Soft-Start Time			600		$\mu\text{s}$
Schottky Forward Drop	$I_D = 150\text{mA}$		0.7		V
Schottky Leakage Current	$V_R = 30V$			4	$\mu\text{A}$

Note 1: 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスの寿命に影響を及ぼす値。

Note 2: LT3465Eは、0 ~ 70 の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。- 40 ~ 85 の動作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。

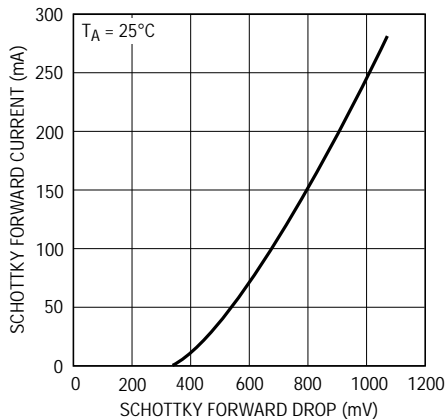
標準的性能特性

スイッチ飽和電圧 ( $V_{CESAT}$ )



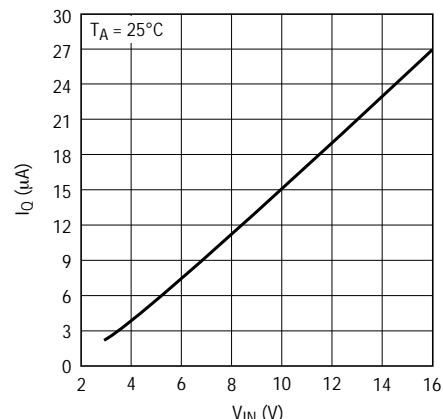
3465 G01

ショットキの順方向電圧降下



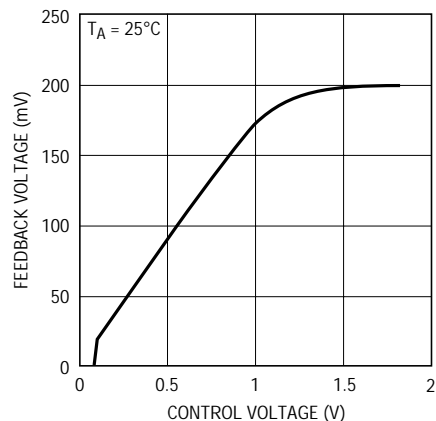
3465 G02

シャットダウン時消費電流 (CTRL = 0V)



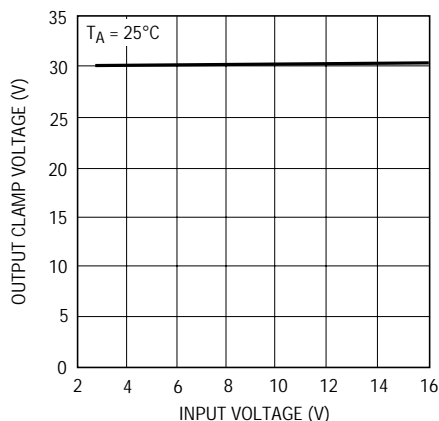
3465 G03

$V_{FB}$ と $V_{CTRL}$



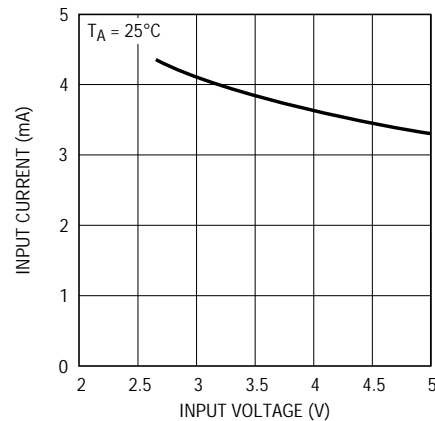
3465 G04

開放回路出力クランプ電圧



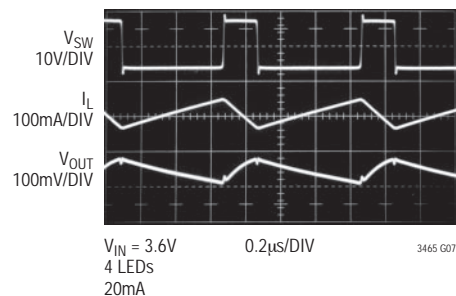
3465 G05

出力開放時の入力電流



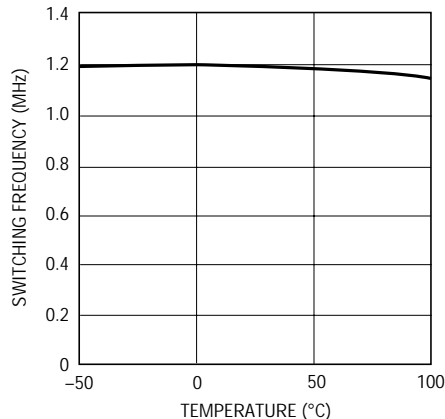
3465 G06

スイッチング波形



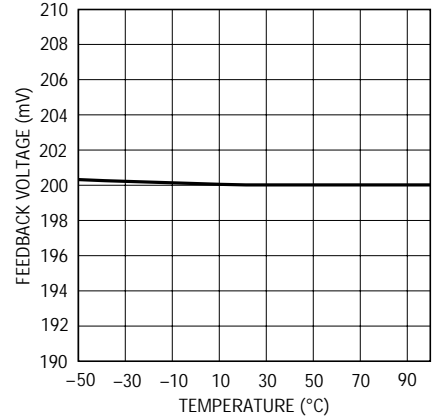
3465 G07

スイッチング周波数



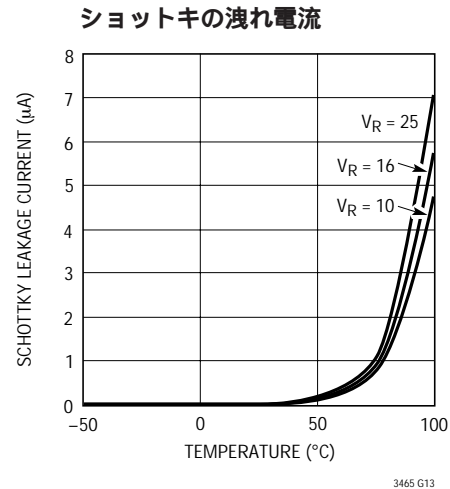
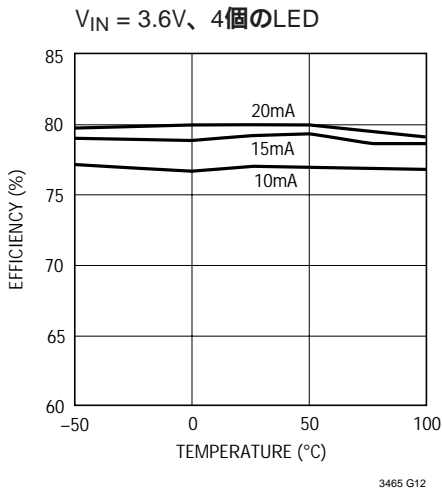
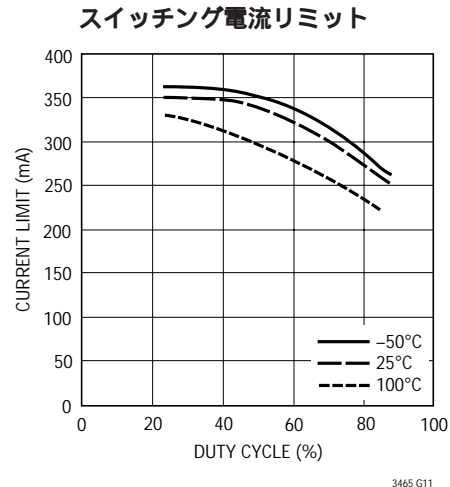
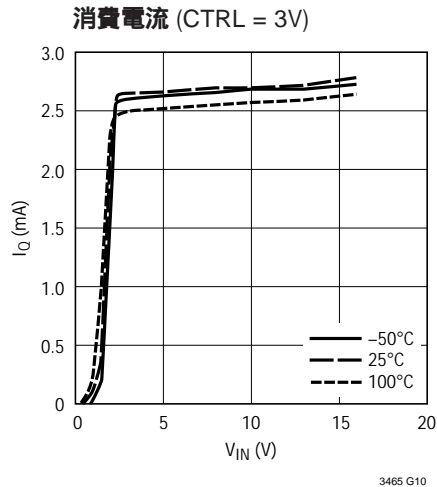
4365 G08

帰還電圧



3465 G09

## 標準的性能特性



## ピン機能

V<sub>OUT</sub> (ピン1) : 出力ピン。出力コンデンサとLEDに接続します。このピンと出力コンデンサ間のトレースを小さくしてEMIを抑えます。

GND (ピン2) : グランド・ピン。ローカル・グランド・プレーンに直接接続します。

FB (ピン3) : 帰還ピン。リファレンスの電圧は200mVです。LEDと抵抗をこのピンに接続します。LED電流は抵抗値とCTRLピンの電圧で決まります。

$$I_{LED} \approx \frac{200\text{mV}}{R_{FB}} \text{ When } V_{CTRL} > 1.5\text{V}$$

$$I_{LED} \approx \frac{V_{CTRL}}{5 \cdot R_{FB}} \text{ When } V_{CTRL} < 1\text{V}$$

CTRL (ピン4) : 調光制御とシャットダウン用ピン。このピンをグランドに接続するとデバイスがシャットダウンします。V<sub>CTRL</sub>が約1.5Vを超えると、フルスケールのLED電流が発生します。V<sub>CTRL</sub>が1Vより低くなると、LED電流が減少します。

V<sub>IN</sub> (ピン5) : 入力電源ピン。X5RまたはX7Rのタイプの1µFセラミック・コンデンサを使ってローカルにバイパスします。

SW (ピン6) : スイッチ・ピン。インダクタをここに接続します。

ブロック図

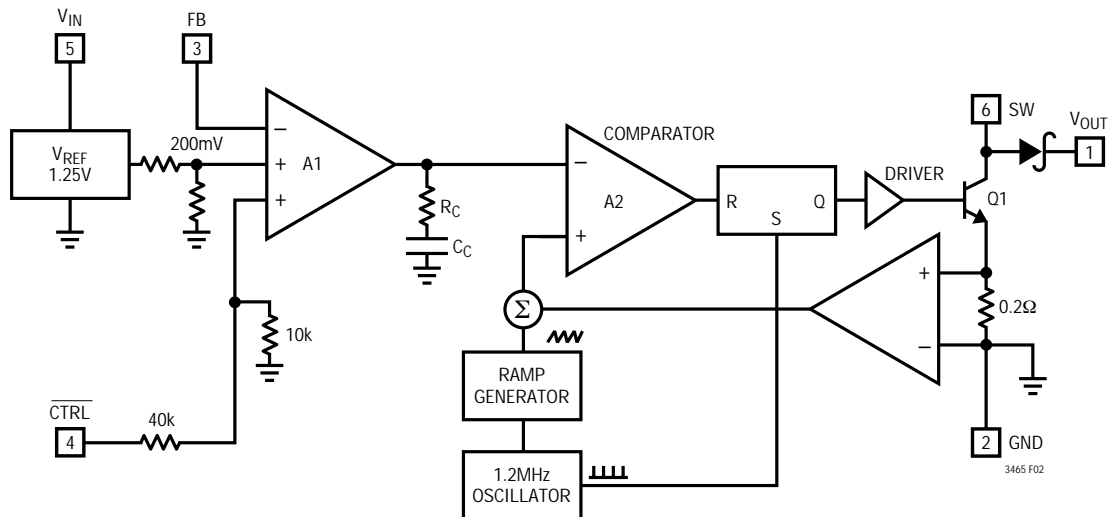


図2 . LT3465のブロック図

アプリケーション情報

動作

LT3465は固定周波数の電流モード制御方式を使って、すぐれたライン・レギュレーションとロード・レギュレーションを実現します。図2のブロック図を参照すると動作をよく理解できます。発振器の各サイクルの開始点で、SRラッチがセットされ、パワー・スイッチQ1をターンオンします。スイッチ電流に比例した電圧が安定化ランプに加算され、その和がPWMコンパレータA2のプラス端子に与えられます。この電圧がA2のマイナス入力のレベルを超すと、SRラッチがリセットされ、パワー・スイッチをターンオフします。A2のマイナス入力のレベルは誤差アンプA1によって設定され、帰還電圧と200mVのリファレンス電圧の差を単に増幅したものです。このようにして、誤差アンプは正しいピーク電流レベルを設定し、出力を安定化された状態に保ちます。誤差アンプの出力が上がると、出力に供給される電流が増えます。誤差アンプの出力が下がると、供給される電流が減ります。リファレンス電圧を調節するには、CTRLピンの電圧を使います。

最小出力電流

LT3465はパルス・スキップなしに3個のLEDの連鎖を1.5mAのLED電流でドライブすることができます。電流がさらに減少すると、デバイスはパルス・スキップを開始します。このため、低周波数のリップルがいくらか生じます。ただし、LED電流は平均ベースではゼロまで安定化されたままです。図3の写真は1.5mAの負荷で3個の白色LEDをドライブしている回路動作の細部を示しています。

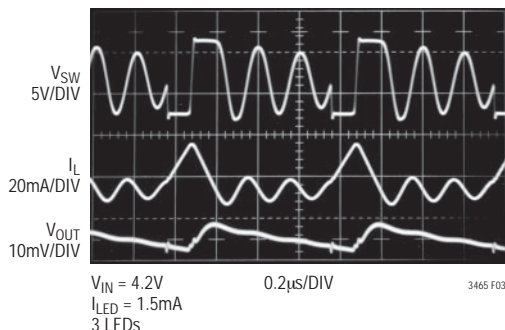


図3 . スイッチング波形

## アプリケーション情報

ピーク・インダクタ電流は40mAより小さく、レギュレータは不連続モードで動作します。つまり、インダクタ電流は放電フェーズのあいだにゼロに達します。インダクタ電流がゼロに達した後、スイッチとダイオードの容量と結合したインダクタによって形成されるLCタンク電流に起因するリングングがSWピンに現われます。このリングングは害を及ぼしません。スイッチの遷移に比べて、このリングングにははるかに小さなスペクトル・エネルギーしか含まれていません。リングングはインダクタの両端に300 Ωの抵抗を接続して減衰させることができます。ただし、このために効率は低下します。

### インダクタの選択

LT3465のほとんどのアプリケーションには、22μHのインダクタを推奨します。サイズが小さく効率が高いことは重要ですが、インダクタは1.2MHzでコア損失が少なく、DCR(銅線抵抗)が小さいことが必要です。この種類に属するいくつかの小型インダクタを表1に示します。異なったインダクタの効率の比較を図4に示します。

表1. 推奨インダクタ

PART NUMBER	DCR (Ω)	CURRENT RATING (mA)	MANUFACTURER
LQH32CN220	0.71	250	Murata 814-237-1431 www.murata.com
ELJPC220KF	4.0	160	Panasonic 714-373-7334 www.panasonic.com
CDRH3D16-220	0.53	350	Sumida 847-956-0666 www.sumida.com
LB2012B220M	1.7	75	Taiyo Yuden 408-573-4150 www.t-yuden.com
LEM2520-220	5.5	125	Taiyo Yuden 408-573-4150 www.t-yuden.com

### コンデンサの選択

セラミック・コンデンサはサイズが小さいので、LT3465のアプリケーションに最適です。X5RとX7Rのタイプは、Y5VやZ5Uなど他のタイプ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推奨します。

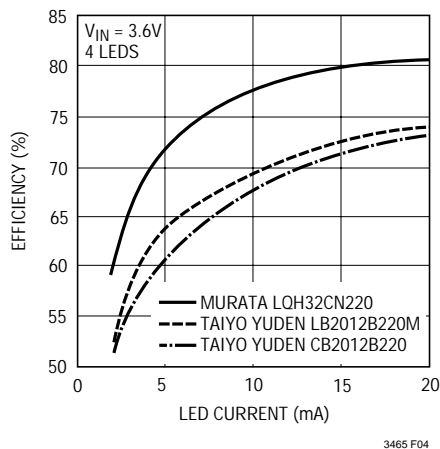


図4. 異なったインダクタの効率の比較

ほとんどのLT3465のアプリケーションでは、1μFの入力コンデンサと0.22μFの出力コンデンサで十分です。

表2. 推奨セラミック・コンデンサ・メーカー

MANUFACTURER	PHONE	URL
Taiyo Yuden	408-573-4150	www.t-yuden.com
Murata	814-237-1431	www.murata.com
Kemet	408-986-0424	www.kemet.com

### ソフトスタート機能

LT3465は回路の起動時に入力電流を制限するソフトスタート回路を内蔵しています。回路起動時の波形を図5に示します。

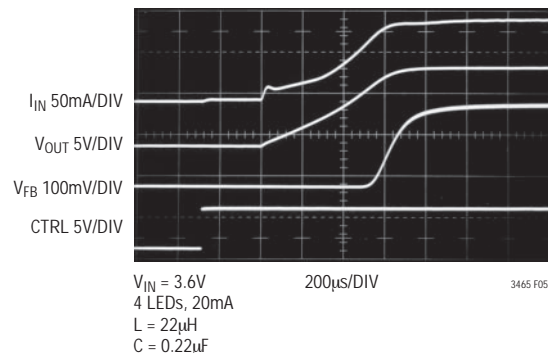


図5. 起動波形

## アプリケーション情報

### 突入電流

LT3465はショットキ・ダイオードを内蔵しています。電源電圧が $V_{IN}$ ピンに加わると、 $V_{IN}$ と $V_{OUT}$ の電圧差によって突入電流が発生し、入力からインダクタとショットキ・ダイオードを通して流れ、出力コンデンサを $V_{IN}$ に充電します。LT3465に内蔵されているショットキ・ダイオードが耐えられる最大電流は1Aです。突入電流のピークが1Aより小さくなるようにインダクタとコンデンサの値を選択します。ピーク突入電流は次式から計算できます。

$$I_p = \frac{V_{IN} - 0.6}{L \cdot \omega} \cdot \exp\left[-\frac{\alpha}{\omega} \cdot \text{tg}^{-1}\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)\right] \cdot \sin\left[\text{tg}^{-1}\left(\frac{\omega}{\alpha}\right)\right]$$

$$\alpha = \frac{r + 1.5}{2 \cdot L}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{1}{L \cdot C} - \frac{(r + 1.5)^2}{4 \cdot L^2}}$$

ここで、Lはインダクタンス、rはインダクタの抵抗値、Cは出力の容量です。DCRの低いインダクタの場合(このアプリケーションでは普通そうになっています)、ピーク突入電流の計算は次のように簡略化することができます。

$$I_p = \frac{V_{IN} - 0.6}{L \cdot \omega} \cdot \exp\left(-\frac{\alpha}{\omega} \cdot \frac{\pi}{2}\right)$$

部品選択のいくつかの場合について、ピーク突入電流を表3に示します。

表3 . 入力ピーク電流

$V_{IN}$ (V)	r ( $\Omega$ )	L ( $\mu$ H)	C ( $\mu$ H)	$I_p$ (A)
5	0.5	22	0.22	0.38
5	0.5	22	1	0.70
3.6	0.5	22	0.22	0.26
5	0.5	33	1	0.60

### LED電流と調光制御

LED電流は帰還抵抗(図1のR1)と帰還基準電圧によって制御されます。

$$I_{LED} = V_{FB}/R_{FB}$$

CTRLピンは「標準的性能特性」に示されているように帰還基準電圧を制御します。1.8Vを超えるCTRLの場合、帰還基準電圧は200mVとなり、全LED電流が流れます。CTRLの電圧が200mV ~ 1.5Vのとき、CTRLピンを調光制御に使用することができます。正確なLED電流を得るには精密抵抗を使用します(1%抵抗を推奨します)。R<sub>FB</sub>の選択のための式と表を下に示します。

$$R_{FB} = 200\text{mV}/I_{LED-Full} \quad (1)$$

表4 . R<sub>FB</sub>抵抗値の選択

FULL $I_{LED}$ (mA)	R1 ( $\Omega$ )
5	40.0
10	20.0
15	13.3
20	10.0

フィルタをかけたPWM信号は可変DC電圧とみなすことができます。これを使って、調光制御のCTRL電圧ソースを調節することができます。回路を図6に示します。R1C1のコーナー周波数はPWM信号の周波数より低くします。R1はCTRLピンの内部インピーダンス(50k)よりはるかに小さくする必要があります。

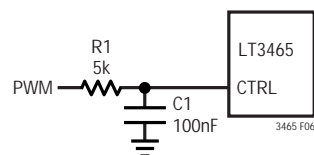


図6 . フィルタ処理されたPWM信号を使った調光制御

## アプリケーション情報

### 開放回路保護

LT3465は開放保護回路を内蔵しています。出力が開放状態の場合( LEDが回路から取り外されたか、LEDが故障したとき)、 $V_{OUT}$ は30Vにクランプされます。すると、LT3465は非常に低い周波数でスイッチングして、入力電流を最小に抑えます。出力が開放状態のときの $V_{OUT}$ と入力電流が「標準的性能特性」に示されています。

### 基板レイアウトの検討事項

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が必要です。最大効率を得るため、スイッチの立上り時間と立下り時間はできるだけ短くします。電磁干渉(EMI)の問題を防ぐには、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。 $C_{OUT}$ は $V_{OUT}$ ピンに隣接して配置します。

スイッチング・レギュレータの下には常にグランド・プレーンを使ってプレーン間の結合を最小に抑えます。さらに、帰還抵抗 $R_1$ のグランド接続はGNDピンに直接接続し、他の部品と共有しないようにして、クリーンなノイズの無い接続とします。推奨部品配置を図7に示します。

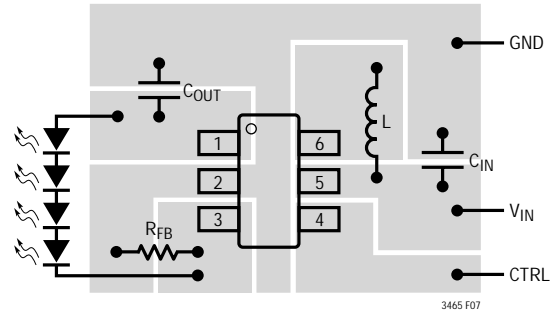
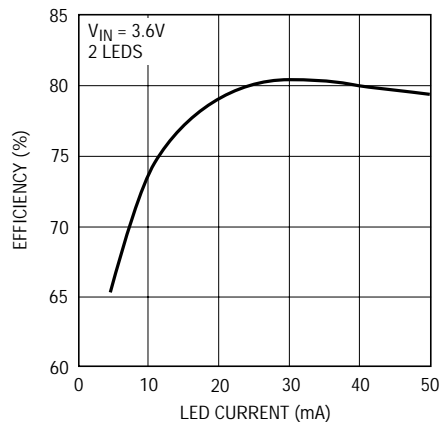
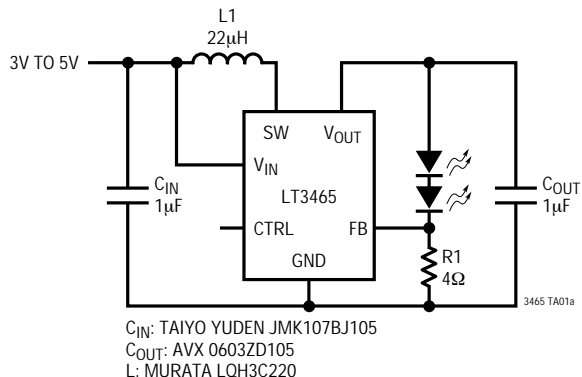


図7.推奨部品配置



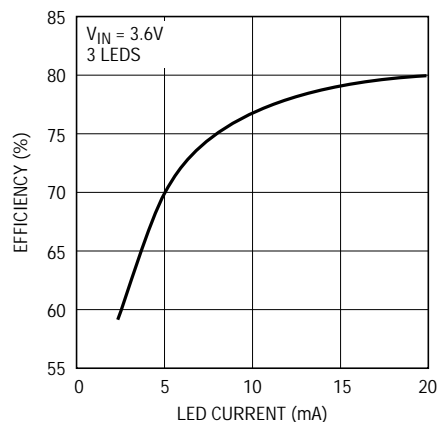
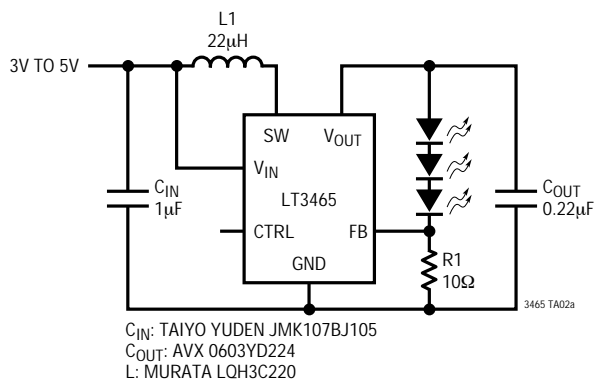
標準的応用例

リチウムイオン・バッテリーで2個の白色LEDをドライブ



3465 TA01b

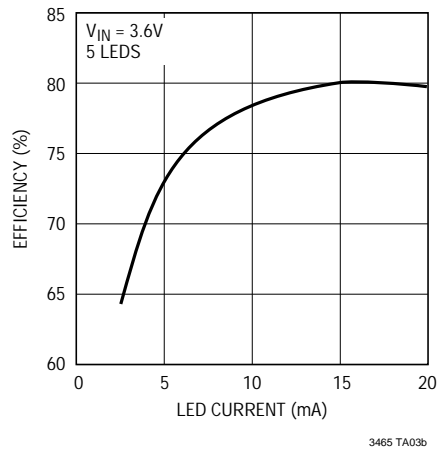
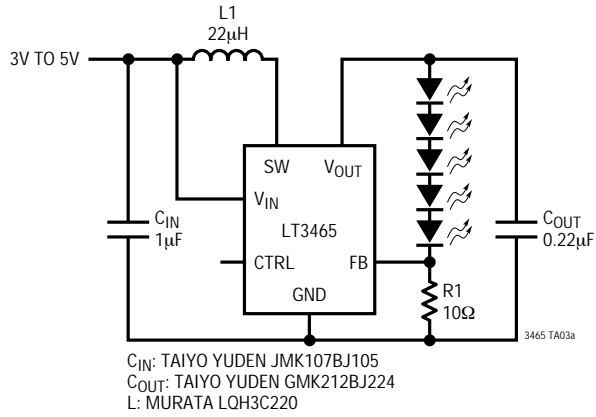
リチウムイオン・バッテリーで3個の白色LEDをドライブ



3465 TA02b

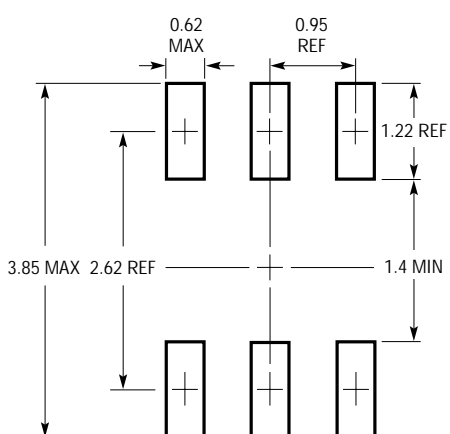
## 標準的応用例

### リチウムイオン・バッテリーで5個の白色LEDをドライブ

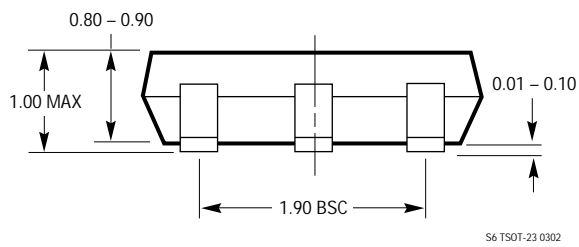
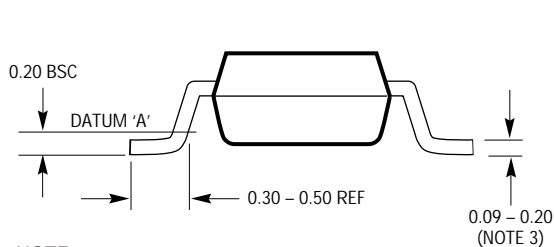
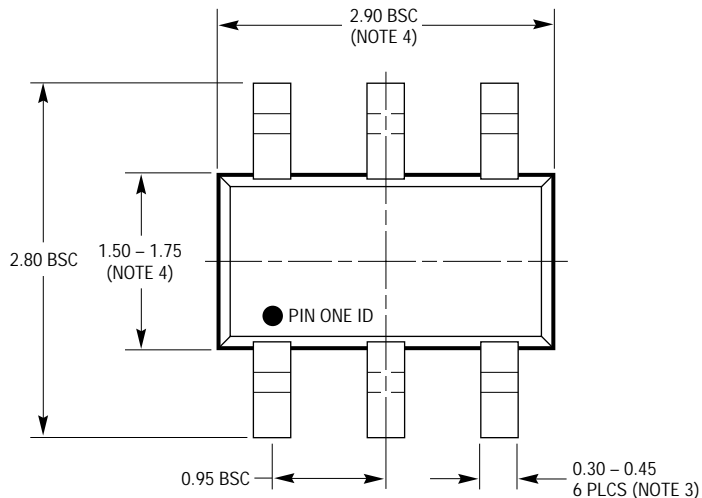


パッケージ寸法

S6パッケージ  
6ピン・プラスチックTSOT-23  
(Reference LTC DWG # 05-08-1636)



IPC CALCULATORを  
使った推奨半田パッド・レイアウト



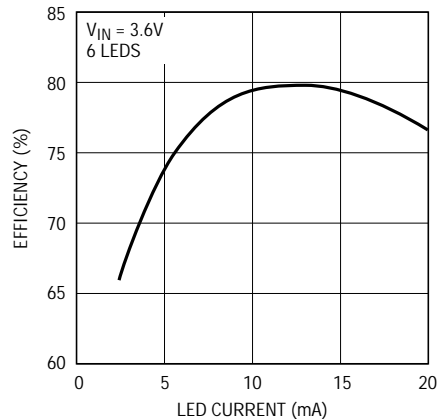
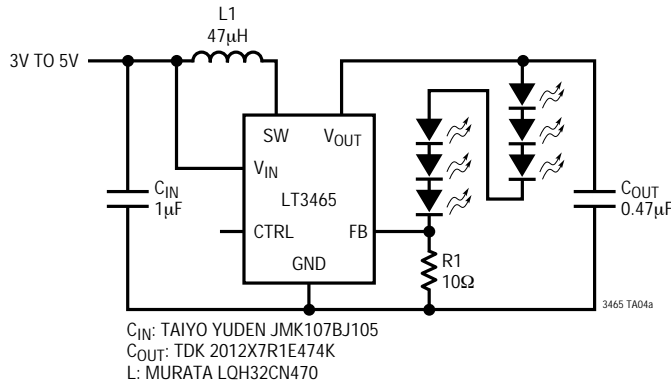
S6 TSOT-23 0302

NOTE :

1. 寸法はミリメートル
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはメッキを含む
4. 寸法にはモールドのバリやメタルのバリを含まない
5. モールドのバリは0.254mmを超えてはならない
6. JEDECパッケージ参照番号はMO-193

## 標準的応用例

### リチウムイオン・バッテリーで6個の白色LEDをドライブ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1618	定電流、定電圧、1.4MHz、高効率昇圧レギュレータ	最大16個のLED、 $V_{IN}$ : 1.6V ~ 18V、 $V_{OUT(MAX)}$ : 34V、 $I_Q$ : 1.8mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、10ピンMS
LT1932	定電流、1.2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ	最大8個の白色LED、 $V_{IN}$ : 1V ~ 10V、 $V_{OUT(MAX)}$ : 34V、 $I_Q$ : 1.2mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、ThinSOT
LT1937	定電流、1.2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ	最大4個の白色LED、 $V_{IN}$ : 2.5V ~ 10V、 $V_{OUT(MAX)}$ : 34V、 $I_Q$ : 1.9mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、ThinSOT、SC70
LTC®3200-5	低ノイズ、2MHz、安定化されたチャージ・ポンプ白色LEDドライバ	最大6個の白色LED、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 4.5V、 $I_Q$ : 8mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、ThinSOT
LTC3200	低ノイズ、2MHz、安定化されたチャージ・ポンプ白色LEDドライバ	最大6個の白色LED、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 4.5V、 $I_Q$ : 8mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、10ピンMS
LTC3201	低ノイズ、1.7MHz、安定化されたチャージ・ポンプ白色LEDドライバ	最大6個の白色LED、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 4.5V、 $I_Q$ : 6.5mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、10ピンMS
LTC3202	低ノイズ、1.5MHz、安定化されたチャージ・ポンプ白色LEDドライバ	最大8個の白色LED、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 4.5V、 $I_Q$ : 5mA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、10ピンMS
LTC3404	600mA ( $I_{OUT}$ )、1.4MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 6V、 $V_{OUT(MIN)}$ : 0.8V、 $I_Q$ : 10µA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、MS8
LTC3405 LTC3405A	300mA ( $I_{OUT}$ )、1.5MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 $V_{IN}$ : 2.7V ~ 6V、 $V_{OUT(MIN)}$ : 0.8V、 $I_Q$ : 20µA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、ThinSOT
LTC3406 LTC3406B	600mA ( $I_{OUT}$ )、1.5MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 $V_{IN}$ : 2.5V ~ 5.5V、 $V_{OUT(MIN)}$ : 0.6V、 $I_Q$ : 20µA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、ThinSOT
LTC3412	2.5A ( $I_{OUT}$ )、4MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 $V_{IN}$ : 2.5V ~ 5.5V、 $V_{OUT(MIN)}$ : 0.8V、 $I_Q$ : 60µA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、TSSOP16E
LTC3440	600mA ( $I_{OUT}$ )、2MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	95%の効率、 $V_{IN}$ : 2.5V ~ 5.5V、 $V_{OUT(MIN)}$ : 2.5V、 $I_Q$ : 25µA、 $I_{SHDN}$ : <1µA、10ピンMS