


# 同期整流式昇降圧 高電力白色LEDドライバ

## 特長

- 高効率:1セル・リチウムイオン・バッテリー電圧の全範囲で標準90%
- 広い $V_{IN}$ 範囲:2.7V~5.5V
- 最大500mAの連続出力電流
- ソフトスタート機能を搭載
- オープン/短絡LED保護
- LED電流マッチング:標準で2%以下
- 1MHzの固定周波数動作
- 低いシャットダウン電流:6 $\mu$ A
- 過熱保護機能
- 熱特性が改善された16ピン(4mm $\times$ 4mm)QFNパッケージ

## アプリケーション

- 携帯電話
- デジタルカメラ
- PDA
- 携帯機器

、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての名前やタイトルはそれぞれの所有者の商標または登録商標であることがあります。

## 概要

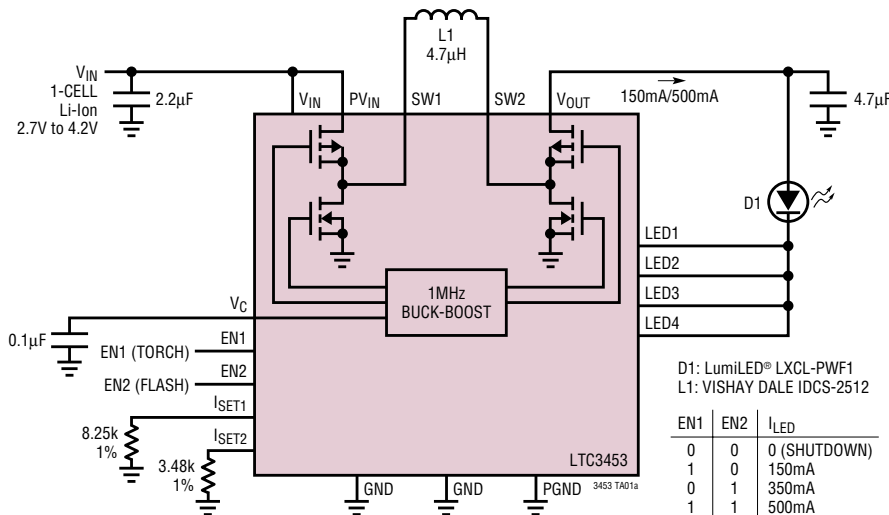
LTC<sup>®</sup>3453は、1セル・リチウムイオン・バッテリー入力から最大500mAの電流で最大4個の白色LEDをドライブするために最適化された同期整流式昇降圧DC/DCコンバータです。このレギュレータは入力電圧とLEDの最大順方向電圧に応じて、同期整流式降圧モード、同期整流式昇圧モード、昇降圧モードのいずれかで動作します。プログラムされた電流で最大順方向電圧降下を必要とするLEDを決定し、共通出力レールを安定化してドロップアウトを最小限に抑える独自のアーキテクチャを採用することにより、最適効率を達成します。リチウムイオン・バッテリーの使用可能な全範囲(2.7V~4.2V)にわたり、90%の効率を達成できます。

LED電流は、2本の電流設定抵抗と2つのイネーブル・ピンを使用して、(シャットダウンを含む)4つのレベルの1つにプログラム可能です。シャットダウン時には、消費電流がわずか6 $\mu$ Aになります。

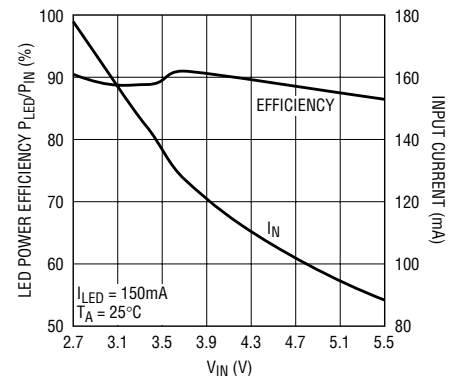
1MHzの高い固定周波数で動作するので、小型の外付けインダクタを使用可能です。LTC3453は、熱特性が改善された高さの低い(0.75mm)16ピン(4mm $\times$ 4mm)QFNパッケージで供給されます。

## 標準的応用例

トーチ/フラッシュLED用高効率ドライバ



トーチ・モードの効率と $V_{IN}$



LumiLEDはLumiLEDs Lighting LLCの登録商標です。

3453f

# LTC3453

## 絶対最大定格

(Note 1)

$V_{IN}$ 、 $PV_{IN}$ 、 $SW1$ 、 $SW2$ 、 $V_{OUT}$ の電圧 .....  $-0.3V \sim 6V$   
 $LED1 \sim LED4$ の電圧 .....  $-0.3V \sim (V_{OUT} + 0.3V)$  または  $6V$   
 $V_C$ 、 $EN1$ 、 $EN2$ 、  
 $I_{SET1}$ 、 $I_{SET2}$ の電圧 .....  $-0.3V \sim (V_{IN} + 0.3V)$  または  $6V$   
 $LED1 \sim LED4$ のピーク電流 .....  $250mA$   
 保存温度範囲 .....  $-65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$   
 動作温度範囲 (Note 2) .....  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$   
 接合部温度 (Note 3) .....  $125^{\circ}C$

## パッケージ/発注情報

<p>TOP VIEW</p> <p>16-LEAD (4mm x 4mm) PLASTIC QFN              EXPOSED PAD (PIN 17) IS PGND              MUST BE SOLDERED TO PCB</p> <p><math>T_{JMAX} = 110^{\circ}C</math>, <math>\theta_{JA} = 40^{\circ}C/W</math>, <math>\theta_{JC} = 2.6^{\circ}C/W</math></p>	ORDER PART NUMBER
	LTC3453EUF
	UF PART MARKING
	3453

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 $T_A = 25^{\circ}C$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = V_{OUT} = 3.6V$ 。(Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Input Supply Voltage		●	2.7	5.5	V	
Input DC Supply Current						
Normal Operation	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $R_{ISET1}    R_{ISET2} = 51.1k$ , $I_{LEDx} = 0$ (Note 4)		0.6	1	mA	
Shutdown	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ ; $V_{EN1} = V_{EN2} = 0V$		6	18	$\mu A$	
UVLO	$V_{IN} < UVLO$ Threshold		3	5	$\mu A$	
Undervoltage Lockout Threshold	$V_{IN}$ Rising	●	2	2.3	V	
	$V_{IN}$ Falling		1.6	1.9	V	
$V_{EN1,2}$ DC Threshold for Normal Operation	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{EN1,2}$ Rising	●	0.65	1	V	
$V_{EN1,2}$ DC Threshold for Shutdown ( $I_{LEDx} = 0$ )	$2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ , $V_{EN1,2}$ Falling	●	0.2	0.63	V	
$V_{EN1,2}$ Input Current		●	-1	1	$\mu A$	
$I_{SET1,2}$ Servo Voltage	$R_{ISET1,2} = 4.12k$ , $0^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$	●	788	800	812	mV
	$R_{ISET1,2} = 4.12k$ , $-40^{\circ}C \leq T_A \leq 85^{\circ}C$	●	780	800	812	mV
LED Output Current Ratio	$I_{LED} / (I_{SET1} + I_{SET2})$ , $I_{LEDx} = 75mA$ , $V_{LEDx} = 300mV$ , $2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$	●	365	384	403	mA/mA
		●	357	384	403	mA/mA
LED Output Current Matching	$(MAX - MIN) / [(MAX + MIN) / 2] \cdot 100\%$ , $I_{LEDx} = 75mA$ , $V_{LEDx} = 300mV$		2	6	%	
LED Pin Drain Voltage	$V_{IN} = 3.6V$ , $I_{LEDx} = 75mA$		130		mV	
Regulated Maximum $V_{OUT}$	$V_{LEDx} = 0V$	●	4.4	4.5	4.6	V
PMOS Switch $R_{ON}$	Switches A and D, @ 100mA		0.3		$\Omega$	
NMOS Switch $R_{ON}$	Switches B and C, @ 100mA		0.25		$\Omega$	
Forward Current Limit	Switch A		1125	1612	2100	mA
Reverse Current Limit	Switch D		200		mA	
PMOS Switch Leakage	Switches A and D	●		1	$\mu A$	
NMOS Switch Leakage	Switches B and C	●		1	$\mu A$	
Oscillator Frequency			0.9	1	1.1	MHz
Soft-Start Time			0.65		ms	

## 電気的特性

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: LTC3453Eは0°C~70°Cの温度範囲で仕様に適合することが保証されている。-40°C~85°C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。

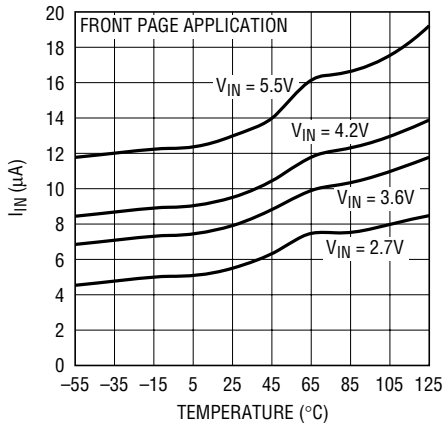
Note 3:  $T_J$ は周囲温度 $T_A$ および消費電力 $P_D$ から次式にしたがって計算される。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA} \text{ } ^\circ\text{C/W})$$

Note 4: スイッチング周波数で供給されるゲート電荷により動作時消費電流は増える。

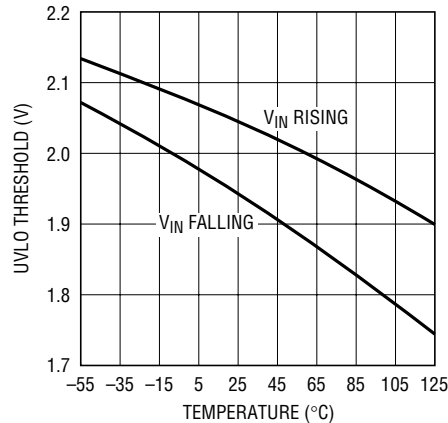
## 標準的性能特性

シャットダウン時の入力DC電源電流と温度



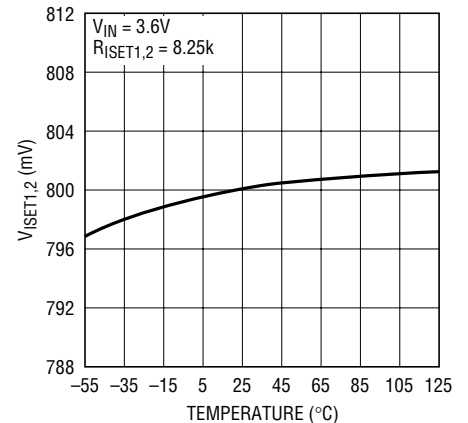
3453 G01

低電圧ロックアウト・スレッシュホールドと温度



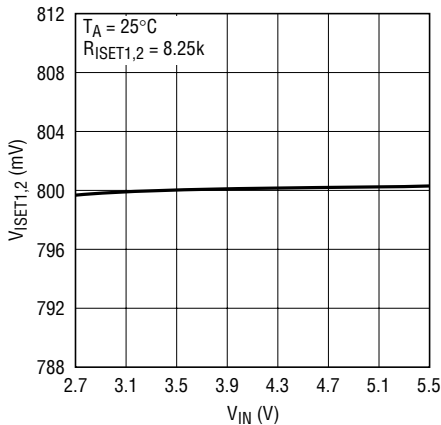
3453 G02

I<sub>SET1,2</sub>サーボ電圧と温度



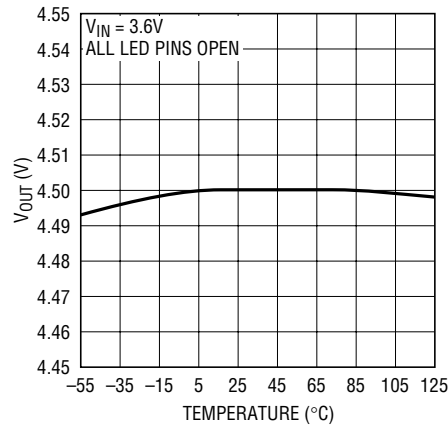
3453 G04

I<sub>SET1,2</sub>サーボ電圧とV<sub>IN</sub>



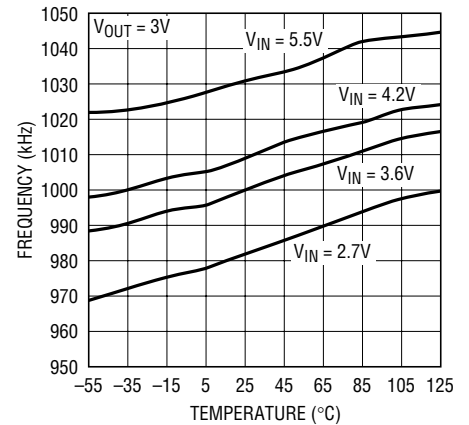
3453 G05

安定化された最大V<sub>OUT</sub>と温度



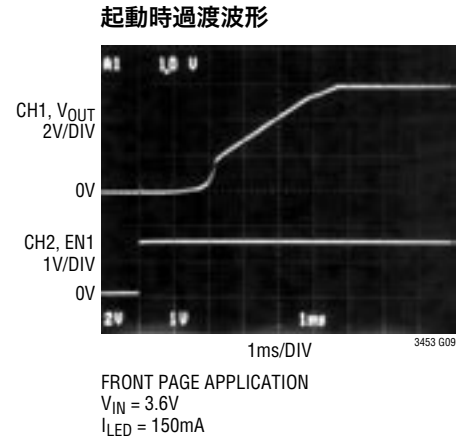
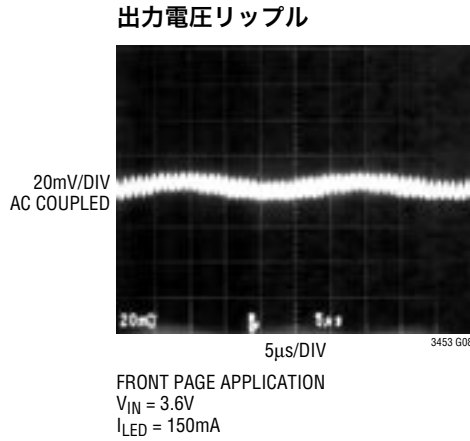
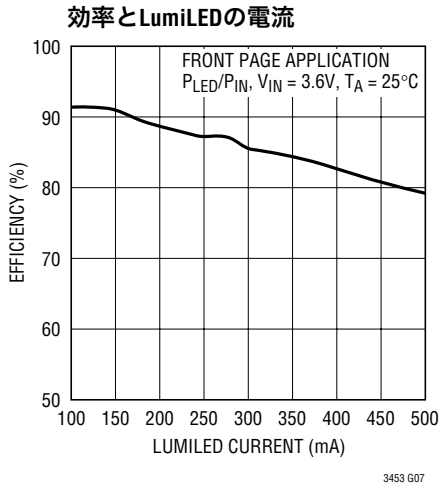
3453 G06

発振器周波数と温度



3453 G07

## 標準的性能特性



## ピン機能

V<sub>IN</sub> (ピン1): 信号電圧入力電源ピン ( $2.7V \leq V_{IN} \leq 5.5V$ )。GNDに接続するバイパス・コンデンサとして2.2µF以上のセラミック・コンデンサを推奨します。PV<sub>IN</sub> (ピン16)に接続します。

EN1 (ピン2): I<sub>SET1</sub>電流のイネーブル入力ピン。

I<sub>SET1</sub> (ピン3): 白色LED電流プログラミング・ピン。グラウンドに接続した抵抗により、各電流源出力が  $I_{LED} = 384(0.8V/R_{ISET1})$  にプログラムされます。この電流量が、(EN2/I<sub>SET2</sub>も使われている場合) EN2/I<sub>SET2</sub>によって設定される電流量に追加されます。

LED1~LED4 (ピン4、6、7、9): 白色LEDの電流バイアスのための個別低ドロップアウト電流源の出力。各白色LEDをV<sub>OUT</sub>と個別のLEDxピンのあいだに接続します。未使用のLEDx出力はV<sub>OUT</sub>に接続します。

GND (ピン5とピン8): 信号グラウンド・ピン。PGND (露出パッド)に接続します。

I<sub>SET2</sub> (ピン10): 白色LED電流プログラミング・ピン。グラウンドに接続した抵抗により、各電流源出力が  $I_{LED} = 384(0.8V/R_{ISET2})$  にプログラムされます。この電流量が、(EN1/I<sub>SET1</sub>も使われている場合) EN1/I<sub>SET1</sub>によって設定される電流量に追加されます。

EN2 (ピン11): I<sub>SET2</sub>電流のイネーブル入力ピン。

V<sub>C</sub> (ピン12): 内蔵誤差アンプの出力の補償ポイント。GNDに接続する補償コンデンサとして0.1µF以上のセラミック・コンデンサを推奨します。

V<sub>OUT</sub> (ピン13): 降圧/昇圧出力ピン。GNDに接続するバイパス・コンデンサとして4.7µFのセラミック・コンデンサを推奨します。

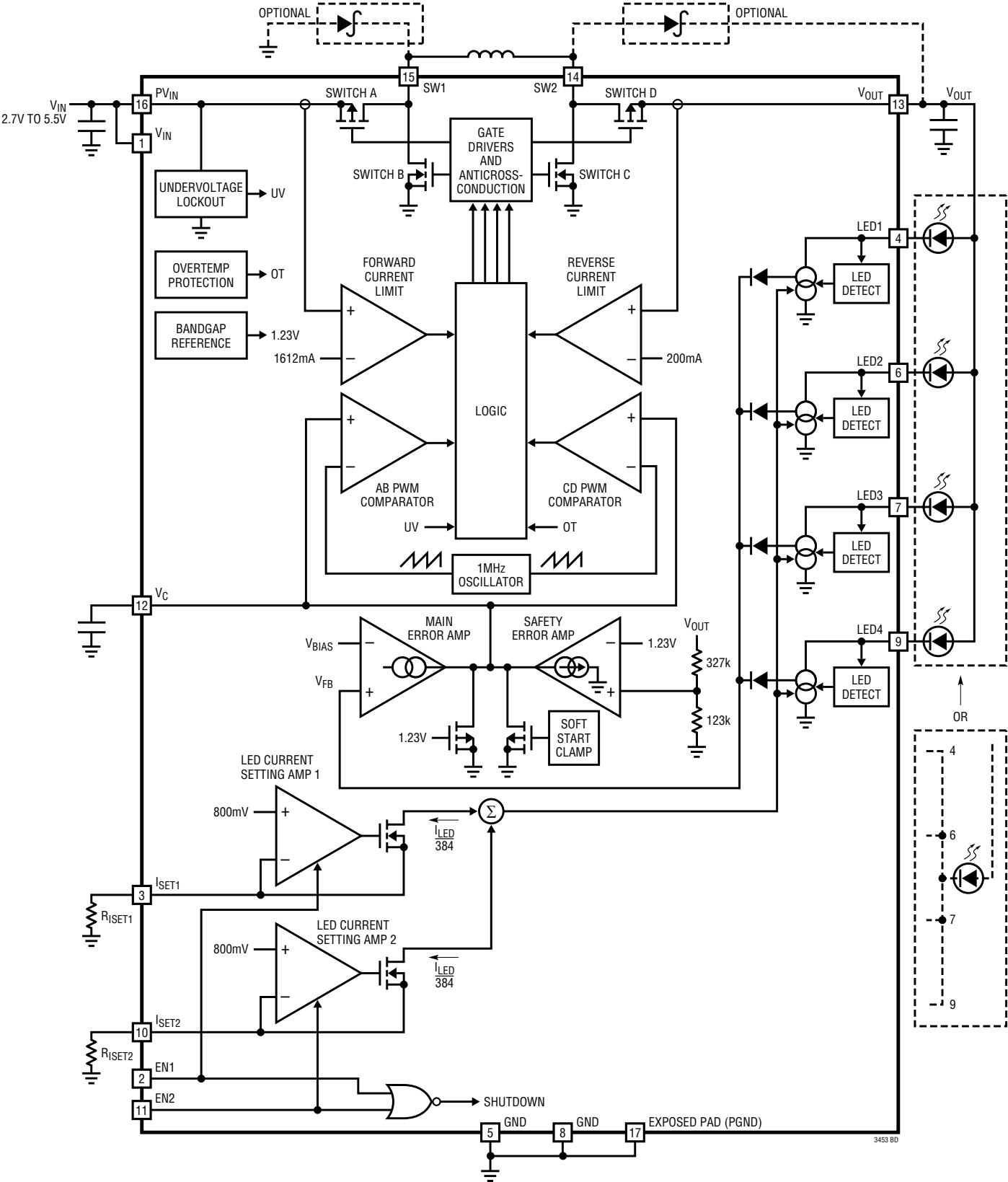
SW2 (ピン14): スイッチング・ノード・ピン。内蔵パワー・スイッチのCとDに接続します。外付けのインダクタをSW1とSW2のあいだに接続します。推奨値は4.7µHです。

SW1 (ピン15): スイッチング・ノード・ピン。内蔵パワー・スイッチのAとBに接続します。外付けのインダクタをSW1とSW2のあいだに接続します。推奨値は4.7µHです。

PV<sub>IN</sub> (ピン16): パワー電圧入力電源ピン。V<sub>IN</sub> (ピン1)に接続します。

露出パッド (ピン17): パワー・グラウンド・ピン。GND (ピン8)に接続し、最適な熱性能を得るためPCBのグラウンドに半田付けします。

ブロック図



3453f

## 動作

### 昇降圧DC/DCコンバータ

LTC3453にはリニアテクノロジー社独自の昇降圧DC/DCコンバータが採用されており、LEDをドライブするのに必要な出力電圧を発生します。このアーキテクチャでは、4個の内蔵パワー・スイッチを適切に切り替えることにより、入力電圧が出力電圧に比べて高くても、低くても、等しくても、高効率の低ノイズ動作が可能です。V<sub>C</sub>ピンに現われる誤差アンプの出力電圧によりスイッチのデューティ・サイクルが決まります。V<sub>C</sub>ピンはフィルタのかかった信号なので、製造時に微調整された1MHzのスイッチング周波数よりはるかに下の周波数も除去します。同期スイッチはR<sub>DS(ON)</sub>が小さくゲート電荷が少ないので、高い効率で高周波パルス幅変調制御を実現します。同期整流スイッチのBとDの両端にショットキー・ダイオードを接続する必要はありませんが、もし接続すれば、ブレイク-ビフォア-メイク時間(標準20ns)中の電圧降下が小さくなりますので、大きな負荷ではピーク効率が標準で1%~2%ほど改善されます。

4つの内部パワー・スイッチがインダクタ、V<sub>IN</sub>、V<sub>OUT</sub>およびGNDにどのように接続されているかを簡略化して図1に示します。昇降圧の動作領域を制御電圧V<sub>C</sub>の関数として図2に示します。出力スイッチは適切に位相が制御されるので動作領域間の移行は連続的におこなわれ、さらにフィルタ処理されるのでユーザーには見えません。V<sub>IN</sub>がV<sub>OUT</sub>に近づくと降圧/昇圧領域に達し、そこでは4スイッチ領域の導通時間は通常150nsです。図1と図2を参照しながら、V<sub>C</sub>の上昇につれて出会うさまざまな動作領域について説明します。

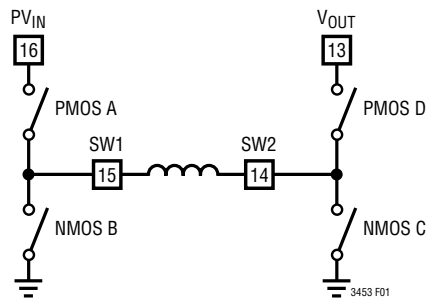


図1. 内部パワー・スイッチの簡略図

### 降圧モード (V<sub>IN</sub> > V<sub>OUT</sub>)

降圧モードではスイッチDは常にオンしており、スイッチCは常にオフしています。図2を参照すると、制御電圧V<sub>C</sub>が電圧V1を超すとスイッチAはサイクルごとにオンし始めます。スイッチAのオフ時間のあいだ、同期整流スイッチBは周期の残りの部分でオンします。スイッチAとスイッチBは通常の同期式降圧レギュレータと同様に交互に導通します。制御電圧が上昇するにつれ、降圧モードのコンバータの最大デューティ・サイクルが次式で与えられるDC<sub>BUCK|max</sub>に達するまで、スイッチAのデューティ・サイクルが増加します。

$$DC_{BUCK|max} = 100\% - DC_{4SW}$$

ここで、DC<sub>4SW</sub>は「4スイッチ」領域のデューティ・サイクル(%)に等しくなります。

$$DC_{4SW} = (150ns \cdot f) \cdot 100\%$$

ここで、fは動作周波数(Hz)です。この点を超すと「4スイッチ」領域(つまり降圧/昇圧領域)に達します。

### 降圧/昇圧つまり4スイッチ・モード (V<sub>IN</sub>がV<sub>OUT</sub>にほぼ等しい)

図2を参照すると、制御電圧V<sub>C</sub>が電圧V2を超しているとき、スイッチ・ペアADはデューティ・サイクルDC<sub>BUCK|max</sub>のあいだ動作し続け、スイッチ・ペアACがフェーズインを開始します。スイッチ・ペアACがフェーズインするにしたがって、スイッチ・ペアBDがフェーズアウトします。V<sub>C</sub>電圧が電圧V3で降圧/昇圧範囲の端に達すると、スイッチ・ペアACはスイッチ・ペアBDを完全にフェーズアウトして、昇圧領域がデューティ・サイクルDC<sub>4SW</sub>で開始されます。

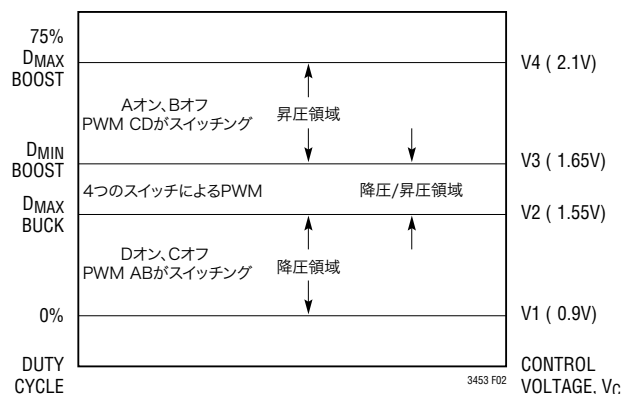


図2. スイッチの制御と制御電圧 (V<sub>C</sub>)

## 動作

4スイッチ領域が始まる入力電圧 $V_{IN}$ は次式で与えられます。

$$V_{IN} = V_{OUT} / [1 - (150\text{ns} \cdot f)]$$

また、4スイッチ領域が終わる入力電圧 $V_{IN}$ は次式で与えられます。

$$V_{IN} = V_{OUT} / (1 - DC_{4sw}) = V_{OUT} \cdot [1 - (150\text{ns} \cdot f)]$$

### 昇圧モード ( $V_{IN} < V_{OUT}$ )

昇圧モードでは、スイッチAは常にオンしており、スイッチBは常にオフしています。図2を参照すると、制御電圧 $V_C$ が電圧 $V_3$ より高いとスイッチCとスイッチDは、標準的昇圧レギュレータと同様、交互に導通します。コンバータの最大デューティ・サイクルは標準88%に制限されており、 $V_C$ が $V_4$ を超すとこのリミット値に達します。

### 順方向電流制限

PMOSスイッチAを通して $V_{IN}$ から供給される電流が1612mA(標準)を超すと、スイッチAは直ちにオフします。スイッチBとスイッチDは、できるだけ高速に順方向インダクタ電流を安全に放電するため、そのサイクルの残り時間のあいだオンします。

### 逆方向電流制限

PMOSスイッチDを通して $V_{OUT}$ から逆方向に供給される電流が200mA(標準)を超すと、スイッチDは直ちにオフします。スイッチAとスイッチCは、できるだけ高速に逆方向インダクタ電流を安全に放電するため、そのサイクルの残り時間のあいだオンします。

### 低電圧ロックアウト

高い $R_{DS(ON)}$ でパワー・スイッチが動作するのを防ぐため、LTC3453には低電圧ロックアウトが内蔵されています。入力電源電圧が約1.9Vより低くなると、4つのパワー・スイッチと(低電圧ブロックを除く)すべての制御回路がオフします。低電圧ブロックには数マイクロアンペアしか流れません。

### 過熱保護機能

LTC3453の接合部温度がどんな理由であれ130°Cを超すと、4つのスイッチすべてが直ちにオフします。過熱保護回路には11°Cのヒステリシスがあります。

### ソフトスタート

LTC3453には内部で固定されたソフトスタート機能が備

わっており、起動時またはシャットダウンから抜け出す時に作動します。 $V_C$ ノードの電圧をまずクランプし、その電圧が0.9Vから2.1Vまで直線的に上昇するのに0.65msを要するように徐々に解除することにより、ソフトスタートが実現されます。これには、 $V_C$ が降圧領域から降圧/昇圧領域を通過して昇圧領域まで遷移するあいだ、デューティ・サイクルの変化率を制限する効果があります。ソフトスタートが一旦タイムアウトすると、シャットダウンするか、低電圧状態または過熱状態にならないかぎり、ソフトスタートはリセットできません。

### メイン誤差アンプ

メイン誤差アンプはソースとシンク的能力をもったトランスコンダクタンス・アンプです。メイン誤差アンプの出力は $V_C$ ピンに接続されているコンデンサをGNDにドライブします。このコンデンサにより、安定化ループの支配的ポールが設定されます。(コンデンサの値の選択に関しては、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。)誤差アンプは4つのLED電流源のすべてを監視する独自回路から帰還信号を得て、どのLEDに対して安定化ループを閉じるか決定します。

### セーフティ誤差アンプ

セーフティ誤差アンプはシンク能力だけもったトランスコンダクタンス・アンプです。通常動作ではループの安定化に影響を与えません。ただし、LEDピンのどれかがオープンすると出力電圧が上昇を続け、セーフティ誤差アンプがやがて安定化ループの制御を引き継ぎ、 $V_{OUT}$ の暴走を防ぎます。これが起きる $V_{OUT}$ のスレッシュホールドは約4.5Vです。

### LED電流設定アンプとイネーブル回路

LTC3453には2つのLED電流設定アンプが内蔵されており、外付けの2本の電流設定抵抗および2本のイネーブル・ピンと関連して動作し、LED電流を(シャットダウンを含む)4つのレベルのどれかに設定します。4つのLED電流源の出力はすべて同じレベルに設定されます。両方のイネーブル入力がロジック“L”のとき、LTC3453はシャットダウンし、降圧/昇圧はディスエーブルされ、すべてのLED電流はゼロになります。シャットダウン時の入力電源電流は標準で6 $\mu$ Aです。どちらのイネーブル入力もロジック“H”だと、降圧/昇圧はLEDが抵抗 $R_{ISET1}$ および/または $R_{ISET2}$ によってプログラムされた電流でバイアスされるように出力電圧を制御します。

## 動作

個々にイネーブルされると、各LED電流設定アンプは出力LED電流を次の値にプログラムします。

$$I_{LED} = 384 (0.8V/R_{ISET1,2})$$

両方のイネーブル入力がロジック“H”だと、設定電流は内部で加算され、出力LED電流は次式で与えられます。

$$I_{LED} = 384 [0.8V/(R_{ISET1} \parallel R_{ISET2})]$$

このようにして、低電流LEDトーチや高電流LEDカメラ・フラッシュなどのアプリケーションに最適な3つの異なる(ゼロではない)電流レベルを設定することができます。

### LED電流源

各LEDピンは低ドロップアウト用に特に設計された電流源によってドライブされます。LTC3453には独自のアー

キテクチャが採用されており、4個のLEDの中のどれがプログラムされた電流で最大の順方向電圧降下を必要としているかを決定してから、このLEDに基づいて、降圧/昇圧安定化ループを閉じる帰還電圧を発生します。これにより、すべてのLEDを安定化するのに必要な最小出力電圧となるので、最高のLED電力効率を得られます。「基準LED」のLEDピンに現れる電圧は75mAの電流で標準130mVになります。

### LED検出回路

必要なLED出力が3つ以下の場合、未使用の出力はV<sub>OUT</sub>に接続します。各LEDピンには内部にLED検出回路が備わっており、出力が不要であれば出力電流源をディセーブルして電力を節約します。30μAの小さな電流を使って起動時にLEDの存在を検出します。

## アプリケーション情報

### 部品の選択

#### インダクタの選択

LTC3453は高周波動作なので、小型表面実装インダクタを使用できます。インダクタ電流リップルは一般に最大インダクタ電流(IP)の20%~40%に設定されます。与えられたリップルに対してインダクタンスの項は以下のよう

$$L > \frac{V_{IN(MIN)}^2 \cdot (V_{OUT} - V_{IN(MIN)}) \cdot 100\%}{f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \%Ripple \cdot V_{OUT}^2},$$

$$L > \frac{V_{OUT} \cdot (V_{IN(MAX)} - V_{OUT}) \cdot 100\%}{f \cdot I_{OUT(MAX)} \cdot \%Ripple \cdot V_{IN(MAX)}}$$

ここで、f = 動作周波数(Hz)

%Ripple = 許容インダクタ電流リップル(%)

V<sub>IN(MIN)</sub> = 最小入力電圧(V)

V<sub>IN(MAX)</sub> = 最大入力電圧(V)

V<sub>OUT</sub> = 出力電圧(V)

I<sub>OUT(MAX)</sub> = 最大出力負荷電流

高効率を実現するには、フェライトなどの高周波用コア材のインダクタを選択して、コア損失を減らします。I<sup>2</sup>R損失を減らすため、インダクタはESR(等価直列抵抗)が小さく、飽和せずにピーク・インダクタ電流を流すことができるものにします。モールド型チョークコイルやチップ・インダクタのコアは一般に1Aより大きなピーク・インダクタ電流を担うのに十分ではありません。放射ノイズを抑えるには、トロイド、壺型コア、またはシールドされたボビン・インダクタを使用します。白色LEDのアプリケーションには4.7μHのインダクタ値を推奨します。部品のサプライヤについては表1のリストを参照してください。

表1. インダクタの製造元

SUPPLIER	WEB SITE
Coilcraft	www.coilcraft.com
Cooper/Coiltronics	www.cooperet.com
Murata	www.murata.com
Sumida	www.japanlink.com/sumida
Vishay-Dale	www.vishay.com



## アプリケーション情報

### 入力コンデンサの選択

$V_{IN}$ ピンはデバイスの電源電圧なので、少なくとも $2.2\mu\text{F}$ の低ESRバイパス・コンデンサをグラウンドに接続することを推奨します。部品のサプライヤについては表2のリストを参照してください。

表2. コンデンサの製造元

SUPPLIER	WEB SITE
AVX	www.avxcorp.com
Sanyo	www.sanyovideo.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
TDK	www.component.tdk.com

### 出力コンデンサの選択

コンデンサのバルク値はサイクルごとにコンデンサの充電によって生じるリップルを減らすように設定します。充電による定常リップルは以下の式で与えられます。

$$\% \text{Ripple}_{\text{Boost}} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{OUT}} - V_{\text{IN(MIN)}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{OUT}}^2 \cdot f} \%$$

$$\% \text{Ripple}_{\text{Buck}} = \frac{I_{\text{OUT(MAX)}} \cdot (V_{\text{IN(MAX)}} - V_{\text{OUT}}) \cdot 100}{C_{\text{OUT}} \cdot V_{\text{IN(MAX)}} \cdot V_{\text{OUT}} \cdot f} \%$$

ここで、 $C_{\text{OUT}}$  = 出力フィルタ・コンデンサ (F)

出力容量はコンバータの過渡応答を処理するために通常何倍も大きくします。目安として、所期の過渡応答を維持するには、コンバータのユニティゲイン帯域幅に対する動作周波数の比だけ出力容量を上記の計算値から増やす必要があります。

リップルの他の成分は出力コンデンサのESR (等価直列抵抗) によって生じます。出力電圧リップルを下げるには低ESRのコンデンサを使います。表面実装アプリケーションには、太陽誘電、TDK、AVXのセラミック・コンデンサ、AVXのTPSシリーズのタンタル・コンデンサ、または三洋電機のPOSCAPを推奨します。白色LEDのアプリケーションには $4.7\mu\text{F}$ のコンデンサ値を推奨します。部品のサプライヤについては表2のリストを参照してください。

### オプションのショットキー・ダイオード

同期スイッチのBとDの両端にショットキー・ダイオードを接続する必要はありませんが、接続すればNMOSからPMOSに遷移する際のブレイク-ビフォア-メイク時間 (標準 $20\text{ns}$ ) 中の電圧降下が小さくなり、効率が改善されます。MBRM120T3または同等のショットキー・ダイオードを使用してください。通常の整流ダイオードは回復時間が遅くて効率が低下するので使用しないでください。

### 帰還ループの補償

LTC3453には電圧モードのPWM制御が備わっています。出力利得の制御は動作領域 (降圧、昇圧、降圧/昇圧) にしたがって変化しますが、通常は15を超えることはありません。出力フィルタは次式で与えられるダブル・ポール応答特性を示します。

$$f_{\text{FILTER\_POLE}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L} \cdot C_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

ここで、 $C_{\text{OUT}}$ は出力フィルタ・コンデンサです。

出力フィルタのゼロは次式で与えられます。

$$f_{\text{FILTER\_ZERO}} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{ESR}} \cdot C_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

ここで、 $R_{\text{ESR}}$ はコンデンサの等価直列抵抗です。

昇圧モードで面倒なのは右半平面 (RHP) のゼロで、次式で与えられます。

$$f_{\text{RHPZ}} = \frac{V_{\text{IN}}^2}{2 \cdot \pi \cdot I_{\text{OUT}} \cdot L \cdot V_{\text{OUT}}} \text{ Hz}$$

ループ利得は通常RHPゼロ周波数より前でロールオフします。

簡単なタイプIの補償ネットワークを組み込んでループを安定化することができますが、代償として帯域幅が減少し、過渡応答速度が低下します。適切な位相マージンを確保するには、ループはLCのダブル・ポールより1桁下の周波数でクロスオーバーする必要があります。

## アプリケーション情報

タイプIの補償を備えた誤差アンプのユニティゲイン周波数は次式で与えられます。

$$f_{UG} = \frac{g_m}{2 \cdot \pi \cdot C_{VC}}$$

ここで $g_m$ は誤差アンプのトランスコンダクタンス(標準1/5.2k)で、 $C_{VC}$ は $V_C$ ピンからGNDに接続した外付けコンデンサです。白色LEDのアプリケーションには0.1 $\mu$ F以上のコンデンサ値を推奨します。

### 高電流のためのLED出力の並列接続

3個以下のLEDの場合、2つ以上のLED出力ピンを並列に接続して高い出力電流を得ることができます。LumiLEDなど非常にハイパワーのLEDの場合、このデータシートの表紙のアプリケーションに示されているように、最大合計出力電流を得るため4つの出力全部を並列に接続することができます。

### 最大LED電流

「動作」のセクションで説明されているように、両方のイネーブル・ピンがロジック“H”のとき出力LED電流は次の値に等しくなります。

$$I_{LED} = 384 [0.8V / (R_{ISET1} \parallel R_{ISET2})]$$

最大連続出力電流は500mAに制限されていますので、これにより次式の値に等しい $R_{ISET1}$ と $R_{ISET2}$ の並列の組み合わせの最小リミットが設定されます。

$$R_{MIN} = (R_{ISET1} \parallel R_{ISET2})_{MIN} = 4(384[0.8V/500mA]) = 2458\Omega$$

LTC3453は安全にこの電流を連続して供給することができますが、外部LEDはこの高レベルの連続電流に対して定格が規定されていないかもしれません。高い電流レベルは、LEDカメラのフラッシュなど、一般にパルスを使うアプリケーションのためのものです。これは、 $R_{ISET}$ 抵抗の1つを使って高い電流をプログラムし、適当なイネーブル・ピンにパルスを加えることにより実現されます。

### LEDの輝度変更

連続的に変えられるLEDの輝度コントロールは $I_{SET}$ ピンの片方または両方に直接インタフェースすることにより実現することができます。電圧DAC、電流DAC、簡単なポテンショメータまたはPWM入力を使った4つの方法を図3に示します。イネーブルピンに直接PWM信号を与えて輝度をコントロールすることは推奨しません。こうすると、LTC3453がシャットダウン状態から出たり入ったりトグルして動作が不安定になるからです。

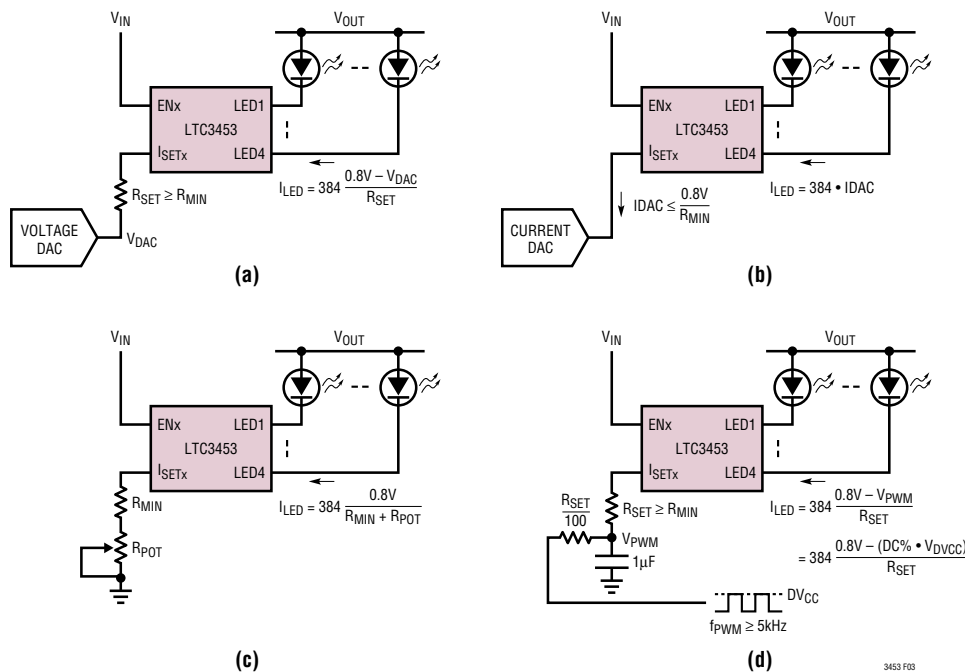


図3. 起動コントロールの方法(a) 電圧DACを使用、(b) 電流DACを使用、(c) ポテンショメータを使用、(d) PWM入力を使用

3453F

## アプリケーション情報

### 使用されない出力

使用されるLEDピンが3つ以下の場合、使用されないLEDxピンはV<sub>OUT</sub>に接続します。LTC3453はどの電流源出力が使用されていないか検出して、対応する出力電流をオフし、電力を節約します。後になって白色LEDにスイッチが入れられるのを検出するため、さらに起動時に使用されない出力と使用される出力を区別するため、小さなトリクル電流(約30μA)が使用されていない出力に流されます。

### LED故障モード

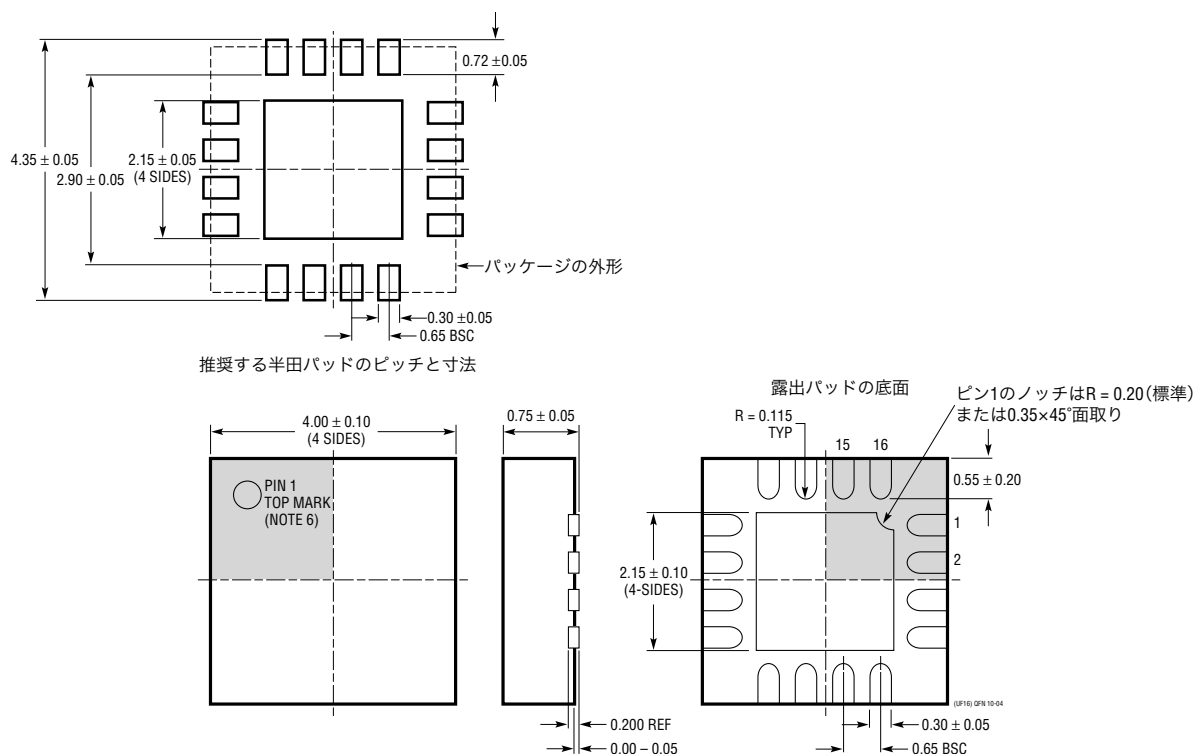
個々のLEDが短絡すると、それをバイアスしている電流源がオフして電力を節約します。これは以前説明したのと同じ動作です(LEDxピンをV<sub>OUT</sub>に接続することによ

り、起動時に出力を最初から使用しないように指定した場合)。効率は実質的に影響を受けません。

どれか1個のLEDがオープンすると、それが、プログラムされた電流で動作するため最大の順方向電圧降下を必要としているLEDとして現れるので、制御ループは最初その電流源帰還信号によって安定化しようと試みます。このためV<sub>OUT</sub>が高くドライブされます。オープンしたLEDはそのプログラムされた電流を流しませんから、V<sub>OUT</sub>は補助制御ループによって電圧を制限する必要があります。この故障モードでは、LTC3453はV<sub>OUT</sub>を4.5Vに制限します。他のLEDは正しくプログラムされた電流にバイアスされたままですが、回路全体の効率は低下します。

## パッケージ寸法

UFパッケージ  
16ピン・プラスチックQFN(4mm×4mm)  
(Reference LTC DWG # 05-08-1692)



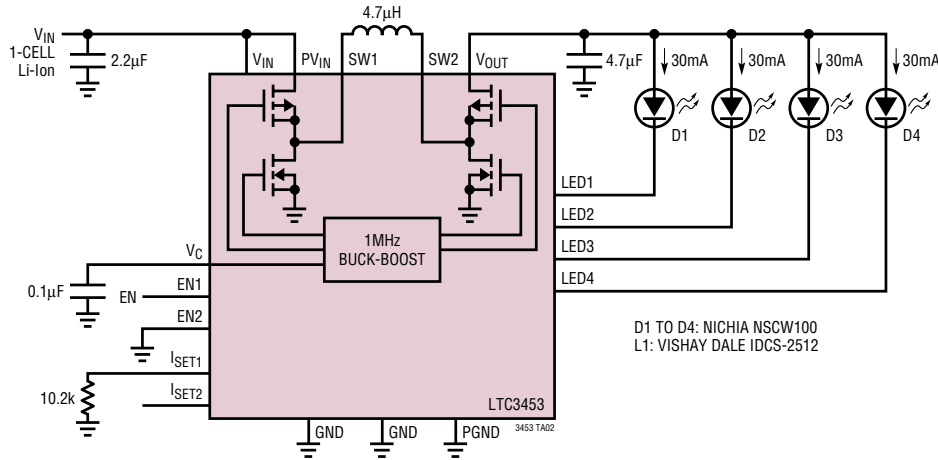
#### NOTE:

1. 図面はJEDECのパッケージ外形MO-220のバリエーション(WGGC)に適合
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mm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

3453F

## 標準的応用例

4個の白色LED用高効率ドライバ



## 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	$V_{IN}: 1.6V \sim 18V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、 $I_Q = 1.8mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MS10パッケージ/EDDパッケージ
LT1930/LT1930A	1A ( $I_{SW}$ )、1.2MHz/2.2MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}: 2.6V \sim 16V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、 $I_Q = 4.2mA/5.5mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOTパッケージ
LT1932	固定電流、1.2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ	$V_{IN}: 1V \sim 10V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、 $I_Q = 1.2mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOT™パッケージ
LT1937	固定電流、1.2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ	$V_{IN}: 2.5V \sim 10V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、 $I_Q = 1.9mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOTパッケージ/SC70パッケージ
LTC3205	高効率、マルチディスプレイLEDコントローラ	$V_{IN}: 2.8V \sim 4.5V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 6V$ 、 $I_Q = 50\mu A$ 、 $I_{SD} < 2\mu A$ 、24ピンQFNパッケージ
LTC3216	独立したフラッシュ/タッチ電流付き1A低ノイズ高電流LEDチャージポンプ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.4V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 5.5V$ 、 $I_Q = 300\mu A$ 、 $I_{SD} < 2.5\mu A$ 、DFNパッケージ
LTC3440/LTC3441	600mA/1.2A ( $I_{OUT}$ )、2MHz/1MHz、同期式降圧/昇圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}: 2.4V \sim 5.5V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 5.25V$ 、 $I_Q = 25\mu A/50\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MS-10パッケージ/DFNパッケージ
LTC3443	600mA/1.2A ( $I_{OUT}$ )、600kHz、同期式降圧/昇圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}: 2.4V \sim 5.5V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 5.25V$ 、 $I_Q = 28\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、DFNパッケージ
LT3465/LT3465A	定電流、1.2MHz/2.7MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、内蔵ショットキー・ダイオード付き	$V_{IN}: 2.7V \sim 16V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 34V$ 、 $I_Q = 1.9mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、ThinSOTパッケージ
LT3466	デュアル固定電流、2MHz、高効率白色LED昇圧レギュレータ、内蔵ショットキー・ダイオード付き	$V_{IN}: 2.7V \sim 24V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、 $I_Q = 5mA$ 、 $I_{SD} < 16\mu A$ 、DFNパッケージ
LT3479	3A多機能DC/DCコンバータ、ソフトスタートと突入電流制限付き	$V_{IN}: 2.5V \sim 24V$ 、 $V_{OUT(MAX)} = 40V$ 、 $I_Q = 6.5mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、DFNパッケージ/TSOPPパッケージ