

## 3mm×3mm QFNパッケージの メイン/カメラLEDコントローラ

### 特長

- 自動モード切換えによって高効率を達成する  
低ノイズ・チャージポンプ
- マルチモード動作:1倍/1.5倍/2倍
- 個別のフルスケール電流設定抵抗
- 最大500mAの総出力電流
- 1線によるメインLED  
およびカメラLEDのイネーブル/輝度制御(8段階の輝度)
- メイン・ディスプレイの64:1の輝度制御範囲を実現
- 4つの25mA低損失メインLED出力
- 1つの400mA低損失カメラLED出力
- 低ノイズ固定周波数動作\*
- 低いシャットダウン電流:3μA
- 内部ソフトスタートにより、起動時  
およびモード切換え時の突入電流を制限
- オープン/短絡LED保護
- インダクタなし
- 3mm×3mm 16ピン・プラスチックQFNパッケージ

### アプリケーション

- 携帯電話/DSC/PDA向けマルチLEDライト電源

LT, LTC, LTM, Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。  
\*6411531を含む米国特許によって保護されています。

### 概要

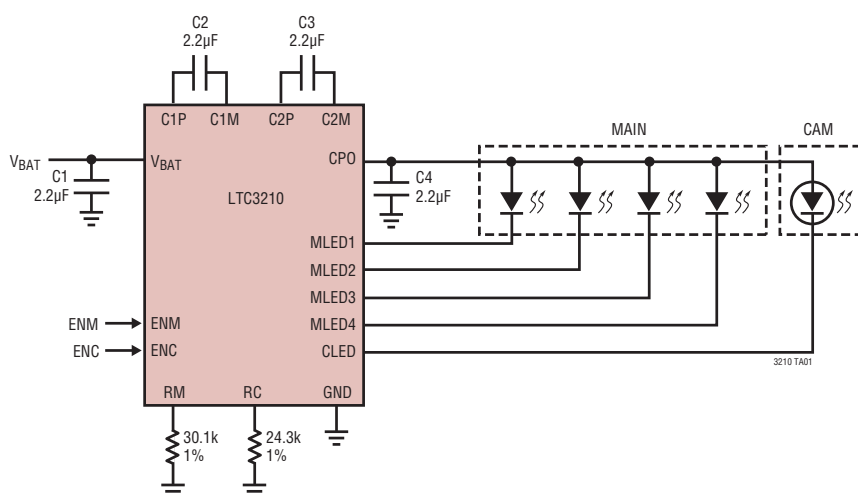
LTC<sup>®</sup>3210は、4個のメインLEDと1個のカメラ・ライト用高電流カメラLEDをドライブするために設計された低ノイズ・チャージポンプDC/DCコンバータです。LTC3210は4個の小型セラミック・コンデンサと2本の電流設定抵抗を使用するだけで、完全なLED電源および電流コントローラを構成することができます。

ソフトスタート回路を搭載しているため、起動時およびモード切換え時に過度の突入電流を防ぎます。スイッチング周波数が高いので、小型の外付けコンデンサを使用可能です。メインおよびカメラ用のフルスケール電流は、2本の外付け抵抗で個別に設定されます。シャットダウン・モードと電流出力レベルは、2つのロジック入力によって選択されます。

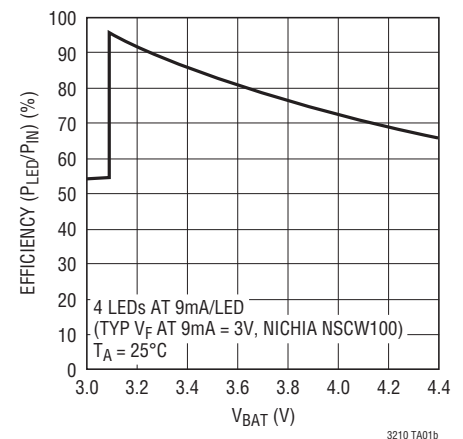
LEDを流れるフルスケール電流は外付け抵抗で設定されます。ENMとENCをトグルして、内蔵のカウントとDACを介してLED電流を調整することができます。ENMとENCの両方が150μs(標準)の期間“L”を維持すると、このデバイスはシャットダウンします。

チャージポンプは、LED電流源の電圧に基づいて効率を最適化します。このデバイスは1倍モードで起動し、いずれかのイネーブルされたLED電流源がドロップアウト状態になり始めると自動的に昇圧モードに切り換わります。LTC3210は3mm×3mm 16ピンQFNパッケージで供給されます。

### 標準的応用例



4個のメインLEDディスプレイの  
効率とV<sub>BAT</sub>の電圧



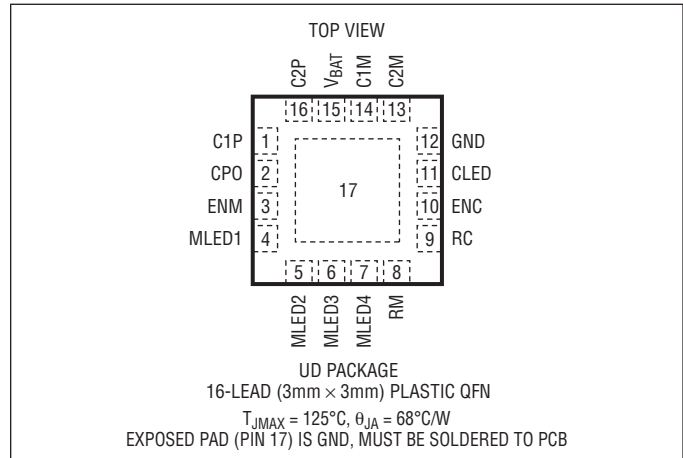
3210fb

# LTC3210

## 絶対最大定格 (Note 1)

V <sub>BAT</sub> , CPO-GND間	-0.3V~6V
ENM, ENC	-0.3V~(V <sub>BAT</sub> +0.3V)
I <sub>CPO</sub> (Note 2)	600mA
I <sub>MLED1</sub> ~I <sub>MLED4</sub>	30mA
I <sub>CLED</sub> (Note 2)	450mA
CPOの短絡時間	無期限
動作温度範囲 (Note 3)	-40°C~85°C
保存温度範囲	-65°C~125°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
LTC3210EUD#PBF	LTC3210EUD#TRPBF	LBXH	16-Lead (3mm × 3mm) Plastic QFN	-40°C to 85°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。  
非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。  
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreeel/> をご覧ください。

## 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<sub>A</sub> = 25°Cでの値。注記がない限り、V<sub>BAT</sub> = 3.6V、C1 = C2 = C3 = C4 = 2.2μF、RM = 30.1k、RC = 24.3k、ENM = “H”。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>BAT</sub> Operating Voltage		● 2.9		4.5	V
I <sub>V<sub>BAT</sub></sub> Operating Current	I <sub>CPO</sub> = 0, 1x Mode, MLED LSB Setting I <sub>CPO</sub> = 0, 1.5x Mode I <sub>CPO</sub> = 0, 2x Mode		0.375 2.5 4.5		mA mA mA
V <sub>BAT</sub> Shutdown Current	ENM = ENC = LOW	●	3	6	μA
<b>MLED1, MLED2, MLED3, MLED4 Current</b>					
LED Current Ratio (I <sub>MLED</sub> /I <sub>RM</sub> )	I <sub>MLED</sub> = Full Scale	● 463	515	567	A/A
LED Dropout Voltage	Mode Switch Threshold, I <sub>MLED</sub> = Full Scale		100		mV
LED Current Matching	Any Two Outputs, I <sub>MLED</sub> = Full Scale		1		%
MLED Current, 3-Bit Exponential DAC	1 ENM Strobe (FS) 2 ENM Strobes 3 ENM Strobes 4 ENM Strobes 5 ENM Strobes 6 ENM Strobes 7 ENM Strobes (FS/64)		20 10 5 2.5 1.25 0.625 0.312		mA mA mA mA mA mA mA

## 電气的特性

●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、 $V_{\text{BAT}} = 3.6\text{V}$ 、 $C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 2.2\mu\text{F}$ 、 $R_M = 30.1\text{k}$ 、 $R_C = 24.3\text{k}$ 、 $\text{ENM} = \text{“H”}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>Unused MLED Detection</b>						
Test Current	MLED Tied to CPO	●	4		16	$\mu\text{A}$
Threshold Voltage	$V_{\text{CPO}} - V_{\text{MLED}}$	●	0.5		1.5	V
<b>CLED Current</b>						
LED Current Ratio ( $I_{\text{CLED}}/I_{\text{RC}}$ )	$I_{\text{CLED}} = \text{Full Scale}$	●	6750	7500	8250	A/A
LED Dropout Voltage	Mode Switch Threshold, $I_{\text{CLED}} = \text{Full Scale}$			500		mV
CLED Current, 3-Bit Linear DAC	1 ENC Strobe (FS) 7 ENC Strobes (FS/7)			380 54		$\text{mA}$ $\text{mA}$
<b>Charge Pump (CPO)</b>						
1x Mode Output Voltage	$I_{\text{CPO}} = 0\text{mA}$			$V_{\text{BAT}}$		V
1.5x Mode Output Voltage	$I_{\text{CPO}} = 0\text{mA}$			4.55		V
2x Mode Output Voltage	$I_{\text{CPO}} = 0\text{mA}$			5.05		V
1x Mode Output Impedance				0.5		$\Omega$
1.5x Mode Output Impedance	$V_{\text{BAT}} = 3.4\text{V}$ , $V_{\text{CPO}} = 4.6\text{V}$ (Note 4)			3.15		$\Omega$
2x Mode Output Impedance	$V_{\text{BAT}} = 3.2\text{V}$ , $V_{\text{CPO}} = 5.1\text{V}$ (Note 4)			3.95		$\Omega$
CLOCK Frequency				0.8		MHz
Mode Switching Delay				0.4		ms
<b>CPO Short Circuit Detection</b>						
Threshold Voltage		●	0.4		1.3	V
Test Current	CPO = 0V, ENM = ENC = Low	●	10		30	mA
<b>ENC, ENM</b>						
$V_{\text{IL}}$		●			0.4	V
$V_{\text{IH}}$		●	1.4			V
$I_{\text{IH}}$	ENM = ENC = 3.6V	●	10	15	20	$\mu\text{A}$
$I_{\text{IL}}$	ENM = ENC = 0V	●	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>ENC, ENM Timing</b>						
$t_{\text{PW}}$	Minimum Pulse Width	●	60			ns
$t_{\text{SD}}$	Low Time to Shutdown (ENC and ENM = Low)	●	50	150	250	$\mu\text{s}$
$t_{\text{EN}}$	Current Source Enable Time (ENC or ENM = High) (Note 5)	●	50	150	250	$\mu\text{s}$
<b>RM, RC</b>						
$V_{\text{RM}}$ , $V_{\text{RC}}$		●	1.16	1.20	1.24	V
$I_{\text{RM}}$ , $I_{\text{RC}}$		●			70	$\mu\text{A}$

**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。また、絶対最大定格状態が長時間続くと、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:** 長期電流密度制限に基づく。10秒以内の絶対最大条件で10%以下の動作デューティ・サイクルを仮定している。連続動作の最大電流は300mA。

**Note 3:** LTC3210Eは $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 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。

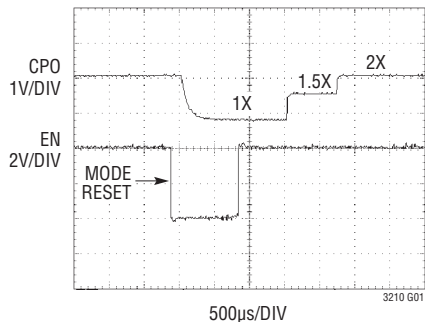
**Note 4:** 1.5倍モードの出力インピーダンスは、 $(1.5V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ として定義される。2倍モードの出力インピーダンスは、 $(2V_{\text{BAT}} - V_{\text{CPO}})/I_{\text{OUT}}$ として定義される。

**Note 5:** デバイスがシャットダウンされていた場合、バンドギャップ・イネーブル時間があるため、初期イネーブル時間は約100 $\mu\text{s}$ 長くなる。

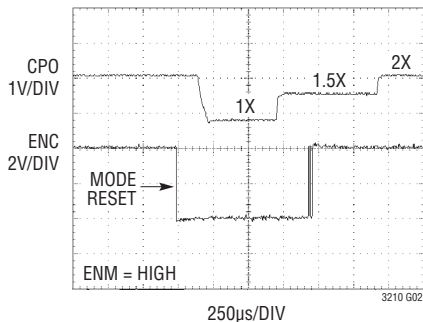
# LTC3210

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

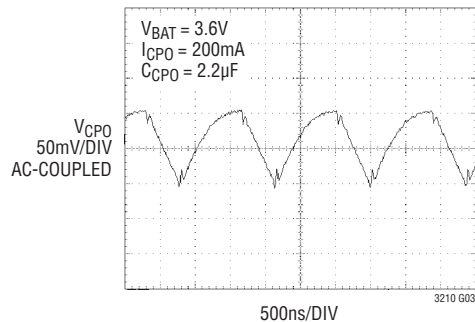
シャットダウンからの  
ドロップアウト時間



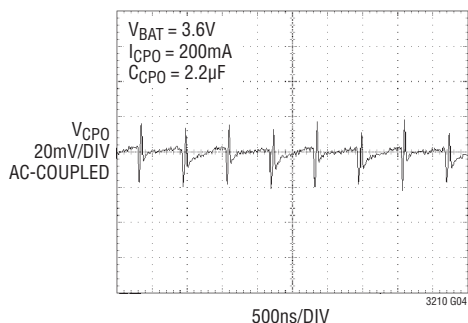
イネーブル時の  
ドロップアウト時間



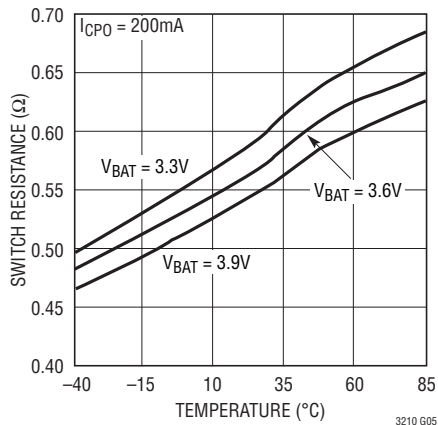
1.5倍モードのCPOリップル



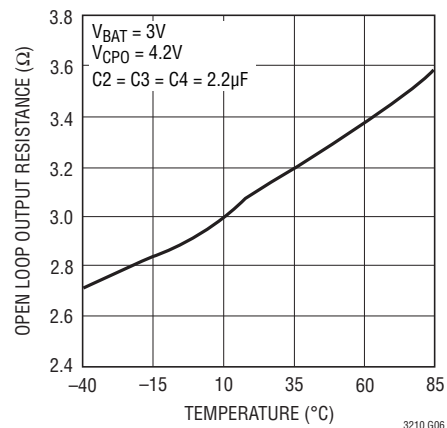
2倍モードのCPOリップル



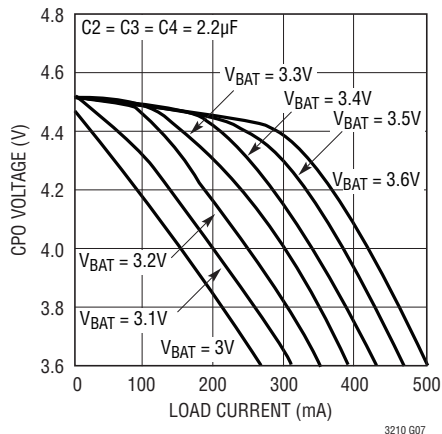
1倍モードのスイッチ抵抗と温度



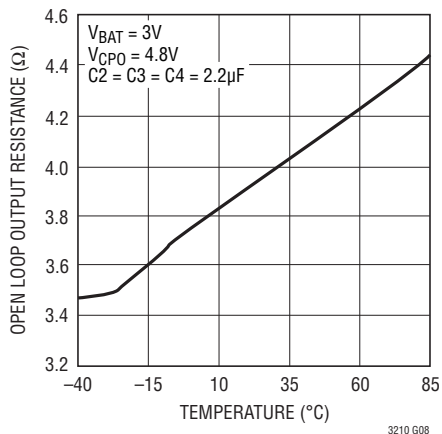
1.5倍モードのチャージポンプの  
開ループ出力抵抗と温度  
( $(1.5V_{BAT} - V_{CPO})/I_{CPO}$ )



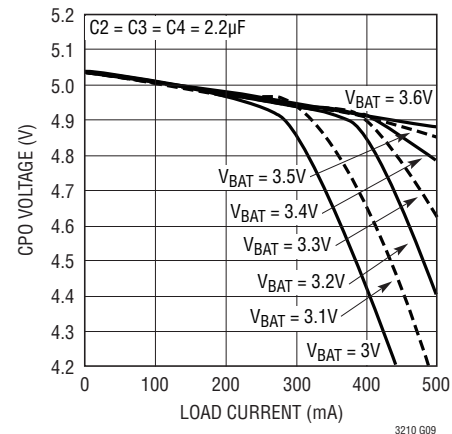
1.5倍モードのCPO電圧と負荷電流



2倍モードのチャージポンプの  
開ループ出力抵抗と温度  
( $(2V_{BAT} - V_{CPO})/I_{CPO}$ )



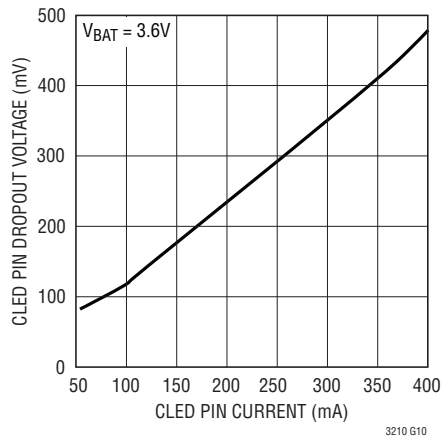
2倍モードのCPO電圧と負荷電流



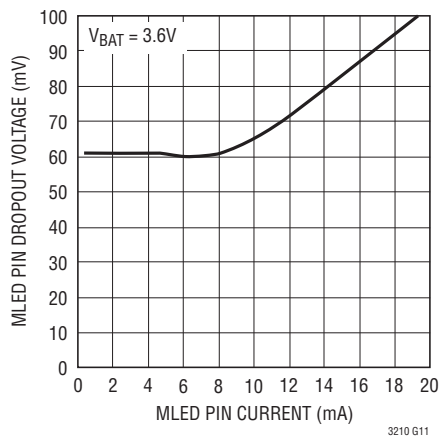
3210fb

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

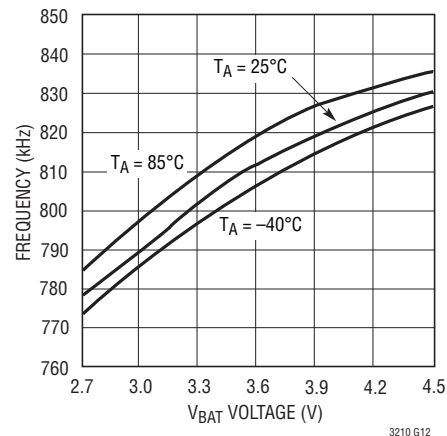
**CLEDピンの損失電圧と  
CLEDピンの電流**



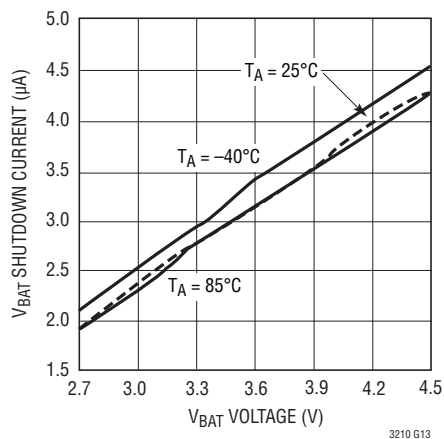
**MLEDピンの損失電圧と  
MLEDピンの電流**



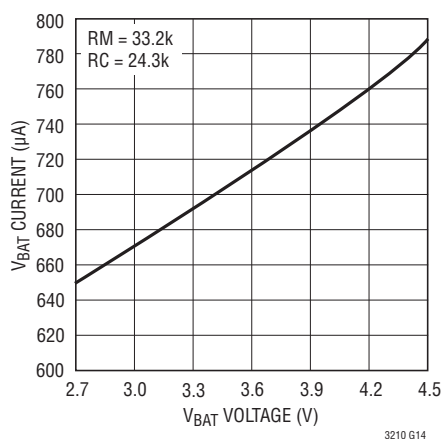
**発振器周波数と $V_{BAT}$ の電圧**



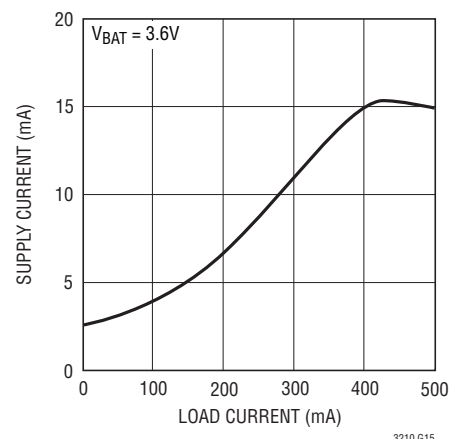
**$V_{BAT}$ のシャットダウン電流と  
 $V_{BAT}$ の電圧**



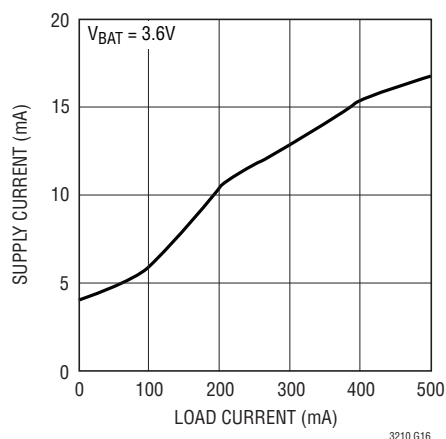
**1倍モードの無負荷での $V_{BAT}$ の  
電流と $V_{BAT}$ の電圧**



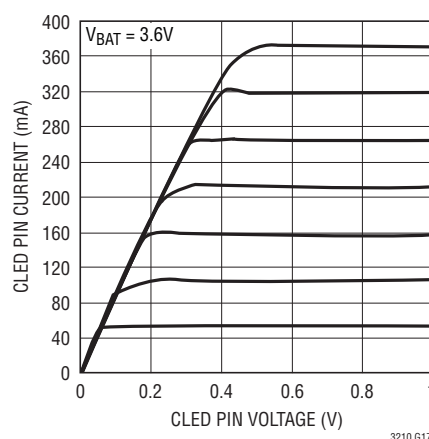
**1.5倍モードの消費電流と $I_{CPO}$   
( $I_{VBAT} = 1.5I_{CPO}$ )**



**2倍モードの消費電流と $I_{CPO}$   
( $I_{VBAT} = 2I_{CPO}$ )**



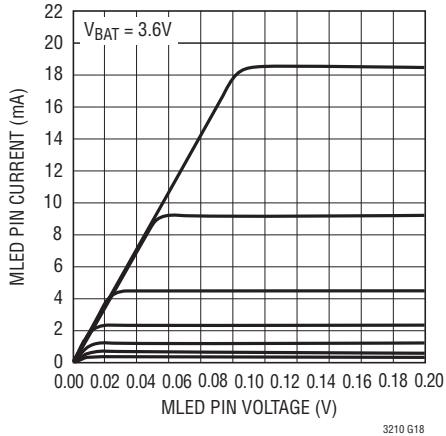
**CLEDピンの電流とCLEDピンの電圧**



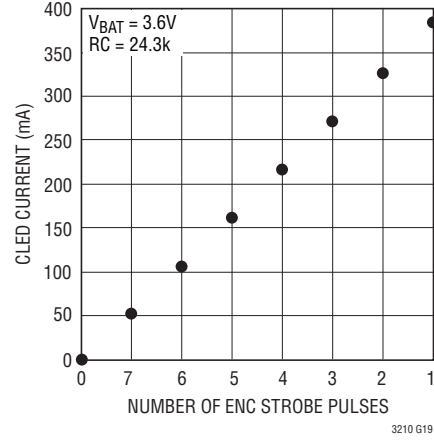
# LTC3210

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

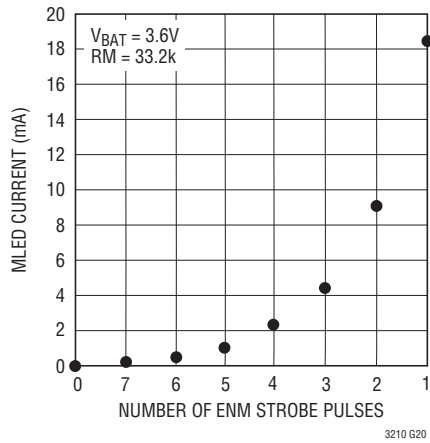
MLEDピンの電流と  
MLEDピンの電圧



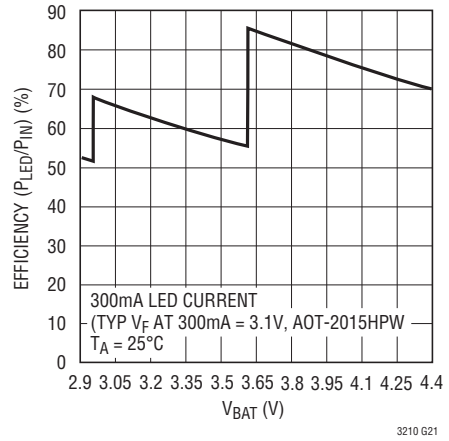
CLEDの電流とENCの  
ストローク・パルス



MLEDの電流とENMの  
ストローク・パルス



効率と $V_{BAT}$ の電圧



## ピン機能

**C1P、C2P、C1M、C2M (ピン1、16、14、13) :** チャージポンプのフライング・コンデンサ用ピン。C1PとC1Mの間、およびC2PとC2Mの間に2.2 $\mu$ FのX5RまたはX7Rセラミック・コンデンサを接続してください。

**CPO (ピン2) :** すべてのLEDに電力を供給するために使用するチャージポンプ出力。このピンは、ENM入力とENC入力を使用してイネーブルまたはディスエーブルします。2.2 $\mu$ FのX5RまたはX7Rセラミック・コンデンサをグラウンドに接続する必要があります。

**ENM、ENC (ピン3、10) :** 入力。ENMピンとENCピンはLED出力電流をプログラムするために使用します。各入力は、内部3ビットDACをフルスケールから1LSBまでデクリメントするために7回までストローブされます。ストローブが続く場合、カウンタは1LSBで停止します。このピンは、必要な最後のストローブの立ち上がりエッジ後に“H”に保つ必要があります。データは150 $\mu$ s (標準)の遅延の後に転送されます。ENMピンまたはENCピンを“L”に保つとLED電流が0に設定され、150 $\mu$ s (標準)後にカウンタがクリアされます。両方の入力が150 $\mu$ s (標準)よりも長く“L”に保たれると、デバイスはシャットダウンされます。ENCが“L”になるかデバイスがシャットダウンされると、チャージポンプ・モードは常に1倍にリセットされます。

**MLED1、MLED2、MLED3、MLED4 (ピン4、5、6、7) :** 出力。MLED1からMLED4まではメインLED用の電流源出力です。LEDはCPO(アノード)とMLED1~4(カソード)の間に接続します。各LED出力への電流は、ENM入力と、RMとGNDの間に接続されるプログラミング抵抗を介して設定されます。4つのLED出力は、各々CPOに直接接続することによってディスエーブルできます。CPOに直接接続した各LED出力には10 $\mu$ Aの電流が流れます。

**RM、RC (ピン8、9) :** LED電流のプログラミング抵抗ピン。RMピンとRCピンは1.2Vにサーボ制御されます。これらの各ピンとGNDの間に接続される抵抗は、CLEDとMLEDの電流レベルを設定するために使われます。12k以下の抵抗を接続すると、LTC3210は過電流シャットダウン・モードになります。

**CLED (ピン11) :** 出力。CLEDはカメラLED用電流源出力です。LEDは、CPO(アノード)とCLED(カソード)の間に接続します。LED出力への電流は、ENC入力と、RCとGNDの間に接続されるプログラミング抵抗を介して設定されます。

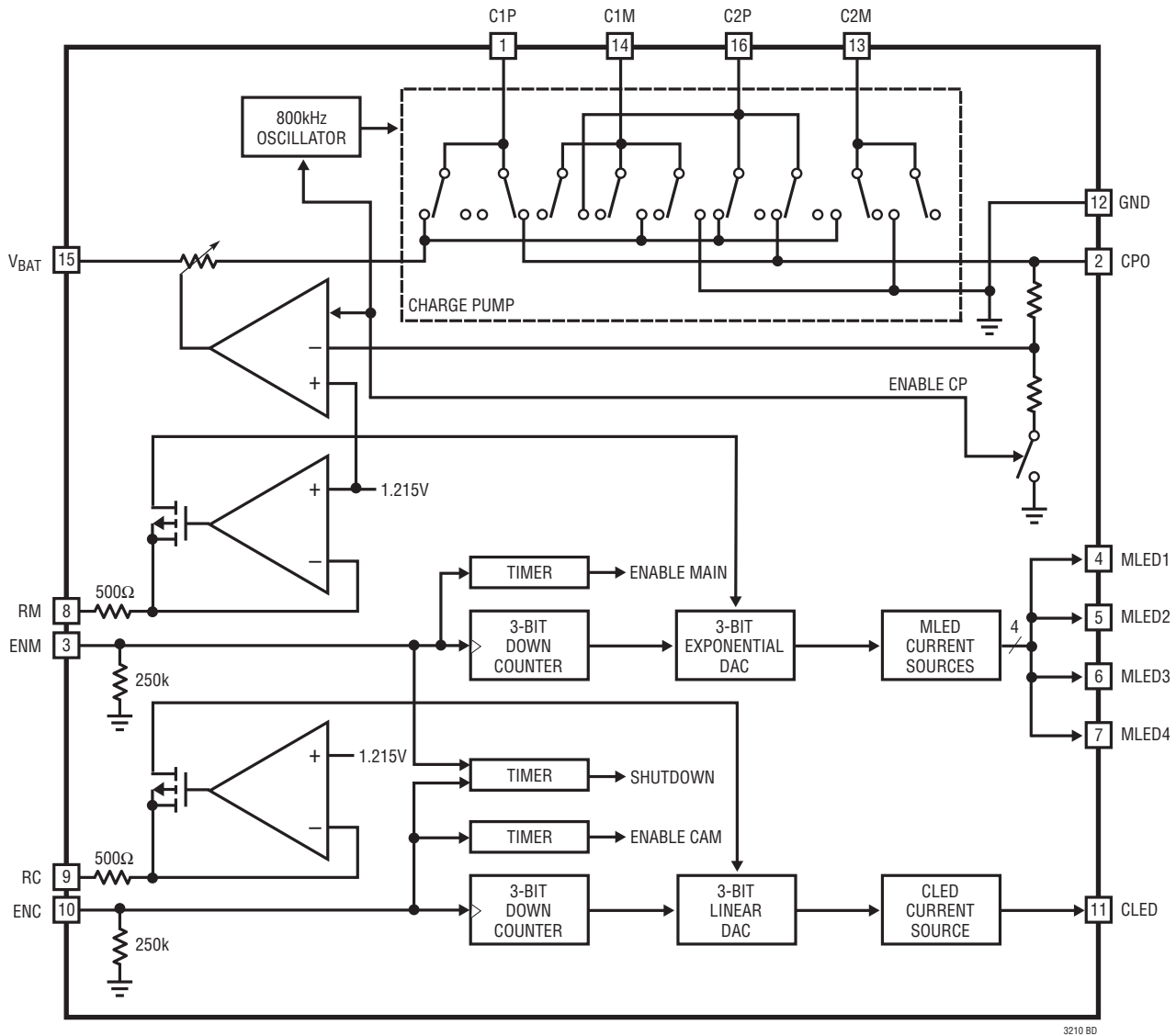
**GND (ピン12) :** グラウンド。このピンは、低インピーダンスのグラウンド・プレーンに接続する必要があります。

**V<sub>BAT</sub> (ピン15) :** 電源電圧。このピンは、2.2 $\mu$ F以上の低ESRセラミック・コンデンサを使ってバイパスする必要があります。

**露出パッド (ピン17) :** 最適な熱性能と電気的性能を得るには、このパッドを低インピーダンスのグラウンド・プレーンに直接接続する必要があります。

# LTC3210

## ブロック図



3210 BD

## 動作

### パワー・マネージメント

LTC3210は、スイッチト・キャパシタ・チャージポンプを使用してCPOを入力電圧の2倍まで昇圧し、5.1Vにしています。このデバイスは1倍モードで起動します。このモードではV<sub>BAT</sub>は直接CPOに接続されています。また、このモードでは効率を最大にしてノイズを最小に抑えることができます。LTC3210は、LED用電流源がドロップアウト状態になるまで1倍モードを維持します。電流源の電圧が低下してプログラムされた電流を供給できなくなると、ドロップアウト状態になります。ドロップアウトが検出されると、LTC3210は1.5倍モードに切り替わります。その後CPO電圧は上昇し始め、V<sub>BAT</sub>の1.5倍の4.6Vに到達しようとしています。次にドロップアウトが検出されるとデバイスは2倍モードに切り替わり、CPO電圧はV<sub>BAT</sub>の2倍の5.1Vに到達しようとしています。このデバイスは、シャットダウンされるかENCが“L”になると1倍モードにリセットされます。

チャージポンプのスイッチは、2フェーズの非重複クロックを使って起動します。2倍モードではフライング・コンデンサが1つおきのクロック・フェーズでV<sub>BAT</sub>から充電され、入力電流のリプルとCPO電圧のリプルを最小に抑えます。1.5倍モードでは、フライング・コンデンサは最初のクロック・フェーズで直列に充電され、2番目のクロック・フェーズではV<sub>BAT</sub>に並列に積み重ねられます。このフライング・コンデンサの充放電は800kHzの固定周波数で繰り返されます。

### LEDの電流制御

MLED電流は、プログラム可能な4つの電流源によって供給されます。ENMピンをストローブすることによって、8種類の電流設定(0mA~20mA、RM = 30.1k)を利用することができます。ストローブの各立ち上がりエッジは、指数DACを制御する3ビット・ダウン・カウンタをデクリメントします。望みの電流値に達するとENMは“H”に保たれます。さらに150μs(標準)後には

出力電流がプログラム値に変わります。LSBに達するとカウンタは停止します。出力がイネーブルされてENMが“L”になると、出力電流が0に設定されます。ENMが“L”に設定されてから150μs(標準)以内にストローブが開始されれば、カウンタはカウントダウンを続けます。150μs(標準)を過ぎるとカウンタはリセットされます。

CLED電流は、プログラム可能な電流源によって供給されます。ENCピンをストローブすることによって、8種類のリニア電流設定(0mA~380mA、RC = 24.3k)を利用することができます。ストローブの各立ち上がりエッジは、3ビット・リニアDACを制御する3ビット・ダウン・カウンタをデクリメントします。望みの電流値に達するとENCは“H”に保たれます。さらに150μs(標準)後には出力電流がプログラム値に変わります。LSBに達するとカウンタは停止します。出力がイネーブルされてENCが“L”になると、出力電流が0に設定されます。ENCが“L”に設定されてから150μs(標準)以内にストローブが開始されれば、カウンタはカウントダウンを続けます。150μs(標準)を過ぎるとカウンタはリセットされます。

フルスケール出力電流は以下の式により算出します。

$$\text{MLEDのフルスケール出力電流} \\ = (1.215\text{V}/(\text{RM}+500)) \cdot 515$$

$$\text{CLEDのフルスケール出力電流} \\ = (1.215\text{V}/(\text{RC}+500)) \cdot 7500$$

ENMとENCの両方が150μs(標準)“L”に保たれると、デバイスはシャットダウンされます。タイミング情報については図1を参照してください。

ENCは立ち下がりエッジでモードを1倍にリセットします。

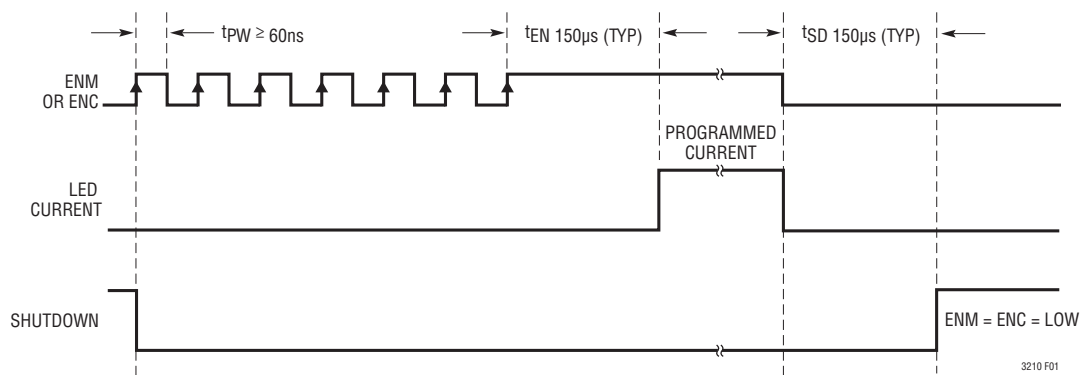


図1. 電流プログラミングおよびシャットダウンのタイミング図

## 動作

### ソフトスタート

最初に、このデバイスがシャットダウン状態にあるときは、 $V_{BAT}$ とCPOが小電流スイッチで接続されます。このため $V_{BAT}$ はCPO出力のコンデンサを緩やかに充電し、大きな充電電流の発生を抑えることができます。

また、LTC3210はチャージポンプにソフトスタート機能を採用しており、昇圧モードに切り替わったときに過度の突入電流や電源の垂下が発生しないようにしています。CPOピンで得られる電流は150 $\mu$ s(標準)の間、直線的に上昇します。ソフトスタートは、1.5倍モードと2倍モードへの切り替え開始時に発生します。

### チャージポンプの能力とレギュレーション

レギュレーションは、CPOピンの電圧を検出し、誤差信号に基づいてチャージポンプの能力を調節することによって行われます。CPOレギュレーション電圧は内部的に設定され、表1に示すようにチャージポンプのモードに依存します。

表1. チャージポンプ出力のレギュレーション電圧

チャージポンプのモード	レギュレーション後の $V_{CPO}$
1.5x	4.55V
2x	5.05V

LTC3210が1.5倍モードまたは2倍モードのいずれかで動作する場合、チャージポンプをテブナンの等価回路としてモデル化し、実効入力電圧と実効開ループ出力抵抗( $R_{OL}$ )から利用可能な電流量を求めることができます(図2)。

$R_{OL}$ は、スイッチング項( $1/(2f_{OSC} \cdot C_{FLY})$ )、内部スイッチ抵抗、スイッチング回路の非重複期間などを含むいくつかの要因に依存します。ただし、所定の $R_{OL}$ に対し、利用可能な電流量はアドバンテージ電圧(1.5倍モードでは $1.5V_{BAT}-CPO$ 、2倍モードでは $2V_{BAT}-CPO$ )に正比例します。3.1Vの電源で白色LEDをドライブする例について考えてみましょう。LEDの順方向電圧が3.8Vで、電流源が100mVを必要とする場合、1.5

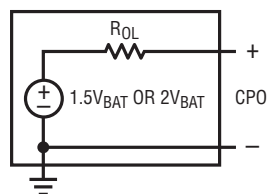


図2. チャージポンプのテブナン等価回路

倍モードのアドバンテージ電圧は $3.1V \cdot 1.5 - 3.8V - 0.1V$ 、つまり750mVです。入力電圧が3.2Vに上昇するとアドバンテージ電圧は900mVに跳ね上がり、利用可能な能力が20%向上することに注目してください。

図2から、1.5倍モードで利用できる電流は次式で与えられます。

$$I_{OUT} = \frac{(1.5V_{BAT} - V_{CPO})}{R_{OL}}$$

2倍モードで利用できる電流は次式で与えられます。

$$I_{OUT} = \frac{(2V_{BAT} - V_{CPO})}{R_{OL}}$$

この場合のアドバンテージ電圧は $3.1V \cdot 2 - 3.8V - 0.1V = 2.3V$ になることに注意してください。2倍モードでは $R_{OL}$ 値が大きくなりますが、利用可能な電流が大幅に増加します。

温度の関数として示した標準的 $R_{OL}$ 値を図3と図4に示します。

### シャットダウン電流

シャットダウン・モードではすべての回路がオフされ、LTC3210には $V_{BAT}$ 電源から微小電流が流れます。さらに、CPOは $V_{BAT}$ に弱く接続されます。LTC3210は、ENMピンとENCピンが両方とも“L”になると、150 $\mu$ s(標準)でシャットダウン・モードになります。ENMとENCには250kの内部プルダウン抵抗が備わっているため、ドライバが高インピーダンス状態になるとシャットダウン状態になります。

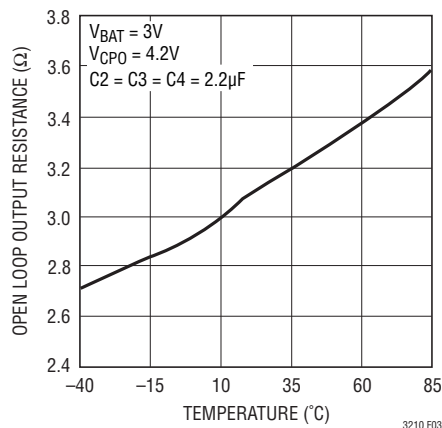


図3. 1.5倍モードの標準的 $R_{OL}$ と温度

## 動作

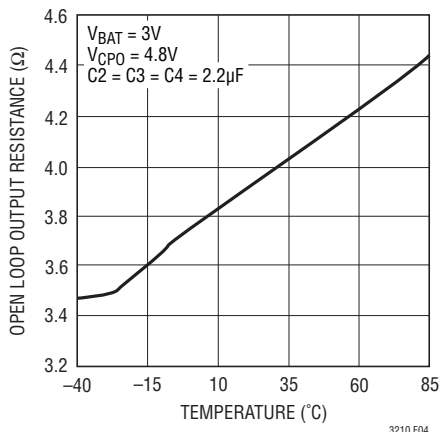


図4. 2倍モードの標準的\$R\_{OL}\$と温度

## 熱保護

LTC3210は過温度保護機能を搭載しています。内部ダイ温度が150°C付近になるとサーマル・シャットダウンが発生します。サーマル・シャットダウンが発生すると、ダイ温度が約15°C低

下するまで、すべての電流源とチャージポンプがディスエーブルされます。このサーマル・シャットダウンのサイクルは、フォールトが修復されるまで繰り返されます。

## モードの切り替え

LTC3210は、LEDピンでドロップアウト状態が検出されるたびに、1倍モードから1.5倍モードに自動的に切り替わり、続いて2倍モードに切り替わります。電流源の電圧が低下してプログラムされた電流を供給できなくなると、ドロップアウト状態になります。ドロップアウトの検出からモードの切り替えまでの時間は通常0.4msです。

デバイスは、シャットダウン時 (ENM = ENC = “L”) または ENC の立ち下がりエッジで1倍モードにリセットされます。内部コンパレータにより、メイン・スイッチは、CPOピンの電圧がV<sub>BAT</sub>ピンの電圧以下に減衰するまで1倍モードでV<sub>BAT</sub>とCPOを接続できません。

## アプリケーション情報

V<sub>BAT</sub>、CPOのコンデンサの選択

LTC3210に使用するコンデンサの種類と値は、レギュレータ制御ループの安定性、出力リップル、チャージポンプの能力、最小起動時間など、いくつかの重要なパラメータを決定します。

ノイズやリップルを減らすために、CV<sub>BAT</sub>とCCPOには、ともに等価直列抵抗 (ESR) の小さなセラミック・コンデンサを使用することを推奨します。タンタル・コンデンサやアルミ・コンデンサは ESR が大きいので推奨しません。

CCPOの値は、与えられた負荷電流に対する出力リップルの大きさを直接制御します。CCPOのサイズを大きくすると出力リップルは減少しますが、起動電流が大きくなります。1.5倍モードのピーク・トゥ・ピーク出力リップルの概算値は次式で与えられます。

$$V_{\text{RIPPLE(P-P)}} = \frac{I_{\text{OUT}}}{(3f_{\text{OSC}} \cdot C_{\text{CPO}})} \quad (3)$$

ここで、f<sub>OSC</sub>はLTC3210の発振器周波数(標準値は800kHz)、CCPOは出力の蓄電コンデンサです。

2倍モードではクロックの両方のサイクルで負荷電流が供給されるので、出力リップルが非常に小さくなります。

出力コンデンサの種類と値は、ともにLTC3210の安定性に大きく影響する可能性があります。ブロック図に示すように、LTC3210は制御ループを使ってチャージポンプの能力を調節し、必要な出力電流に合わせます。このループの誤差信号は出力コンデンサに直接保存されます。この出力コンデンサは制御ループのドミナント・ポールとしての役割も果たします。リングングや不安定な動作を防ぐには、出力コンデンサがすべての条件下で少なくとも1.3μFの容量を維持することが重要です。

さらに、出力コンデンサのESRが大きすぎると (ESR > 100mΩ) ループの安定性を低下させる傾向があります。多層セラミック・チップ・コンデンサは一般に非常にすぐれたESR特性をもっており、密な基板レイアウトと組み合わせると、非常に良好な安定性が得られます。CCPOの値が出力リップルの大きさを制御するのと同様に、CV<sub>BAT</sub>の値は入力ピン (V<sub>BAT</sub>) に現れるリップルの大きさを制御します。LTC3210の入力電流は、チャージポンプが入力充電フェーズあるいは出力充電フェーズのどちらであっても比較的一定ですが、クロックの非重複

## アプリケーション情報

期間中はゼロに下がります。この非重複期間は短いので(約35ns)、これらの欠落部分(「ノッチ」)は入力電源ラインをわずかに乱すだけです。タンタルのようにESRが大きいコンデンサでは、ESRが大きいために入力ノイズも大きくなることに注意してください。したがって、ESRを小さくするために、セラミック・コンデンサの使用を推奨します。図5に示すように、非常に小さな直列インダクタを介してLTC3210に電力を供給することにより、入力ノイズをさらに減らすことができます。10nHのインダクタを使用すれば高速電流ノッチが除去されるので、入力電源への電流負荷がほぼ一定になります。コストを下げるために、約1cm(0.4")のPC基板のトレースを使って10nHのインダクタをPC基板上に作るすることができます。

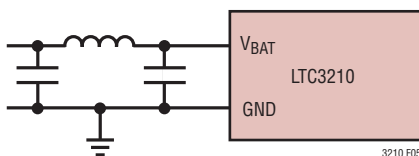


図5. 入力ノイズの低減に使われた10nHのインダクタ(約1cmの基板トレース)

### フライング・コンデンサの選択

**警告:** フライング・コンデンサの電圧はLTC3210の起動時に反転することがあるので、フライング・コンデンサにはタンタルあるいはアルミのような有極性コンデンサは絶対に使わないでください。フライング・コンデンサには必ずセラミック・コンデンサを使ってください。

フライング・コンデンサはチャージポンプの能力を制御します。定格出力電流を得るために、各フライング・コンデンサには少なくとも1.6μFの容量が必要です。温度上昇や電圧上昇に伴うコンデンサの容量低下率は、コンデンサの材質によって異なります。たとえば、X7Rの素材で作られたセラミック・コンデンサの容量は-40°C~85°Cの温度範囲でほとんど変わりませんが、Z5UまたはY5Vタイプのコンデンサの容量は同じ温度範囲でかなり低下します。また、電圧係数が非常に大きい場合もあり、定格電圧を印加すると60%以上容量が低下することがあります。したがって、異なるコンデンサを比較するときは、仕様に定める容量値を比較するよりも、多くの場合、所定のケース寸法で利用できる容量を比較する方が適切です。たとえば、0603ケースに入った1μF、10VのY5Vセラミック・コンデンサと、同じケースで供給される0.22μF、10VのX7Rコンデンサでは、すべての定格電圧範囲と定格温度範囲にわたって1μFのY5Vコンデンサの方が0.22μFのX7Rコンデンサより容量が大

きいとはかぎりません。すべての温度と電圧にわたって最小容量を確保するためにはどの値のコンデンサが必要かを決定するには、コンデンサの製造元のデータシートを調べる必要があります。

セラミック・コンデンサの製造元とその連絡先を表2に示します。

表2. 推奨するコンデンサの製造元

AVX	<a href="http://www.avxcorp.com">www.avxcorp.com</a>
Kemet	<a href="http://www.kemet.com">www.kemet.com</a>
Murata	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
Taiyo Yuden	<a href="http://www.t-yuden.com">www.t-yuden.com</a>
Vishay	<a href="http://www.vishay.com">www.vishay.com</a>

### レイアウトに関する検討事項とノイズ

LTC3210はスイッチング周波数が高く過渡電流も大きいので、基板のレイアウトには注意が必要です。適切なグランド・プレーンを確保してすべてのコンデンサへの配線を短くすれば性能が向上し、あらゆる条件で適正なレギュレーションを実現することができます。

フライング・コンデンサ・ピンC1P、C2P、C1M、C2Mにはエッジ・レートの高い波形が現われます。これらのピンのdv/dtが大きい場合は、隣接するプリント配線との間にエネルギーの容量性結合を生じる可能性があります。また、フライング・コンデンサがLTC3210の近くに配置されていない(つまり、ループで囲まれた面積が大きい)場合は、磁界が発生する可能性もあります。容量性のエネルギー転移を防ぐには、フェラデー・シールドを使うことができます。これは、敏感なノードとLTC3210のピンの上に配置する接地されたプリント配線です。高品質のACグランドを確保するには、これをLTC3210まで伸びた切れ目のないグランド・プレーンに戻します。

LTC3210のPC基板レイアウト設計は、以下のガイドラインに従う必要があります。

- 露出パッドは、放熱およびノイズ対策用のメッキされたスルーホール・ビアを使って、切れ目のない低インピーダンスのグランド・プレーンに接続された大きな銅プレーンに半田付けする必要があります。
- 入力コンデンサと出力コンデンサはデバイスの近くに配置する必要があります。

## アプリケーション情報

- フライイング・コンデンサはこのデバイスの近くに配置し、各ピンからコンデンサのパッドへ伸びるトレースの幅をできるだけ広くする必要があります。
- インダクタンスを最小にして大きな電流に対応できるように、 $V_{BAT}$ とCPOのトレースは幅を広くする必要があります。
- 放熱性を確保するために、LEDのパッドを大きくして別のメタル層に接続する必要があります。
- RMピンとRCピンはノイズと容量に対して敏感です。抵抗は、ライン幅をできるだけ小さくしてデバイスの近くに配置する必要があります。

### 電力効率

白色LEDドライバ・チップの電力効率( $\eta$ )を計算するには、LEDの電力を入力電力と比較します。これら2つの数値の差が、チャージポンプまたは電流源で失われた電力を表します。数学的に表すと、電力効率は次式で与えられます。

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}}$$

LTC3210の効率は、その動作モードによって異なります。LTC3210はパス・スイッチとして動作し、LEDピンでドロップアウトが検出されるまで $V_{BAT}$ をCPOに接続します。この機能により、与えられた入力電圧とLEDの順方向電圧に対して最適な効率が得られます。スイッチとして動作する場合の効率は次のように近似されます。

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot I_{BAT})} = \frac{V_{LED}}{V_{BAT}}$$

これは、入力電流がLED電流の合計に非常に近くなるためです。

中程度以上の出力電力におけるLTC3210の消費電流は無視できる程度なので、上の式は有効です。

いずれかのLEDピンでドロップアウトが検出されると、LTC3210はチャージポンプを1.5倍モードでイネーブルします。

1.5倍昇圧モードの効率は、実効入力電圧が実際の入力電圧の1.5倍あるリニア・レギュレータの効率に似ています。これは、1.5倍チャージポンプの入力電流が負荷電流の約1.5倍だからです。理想的な1.5倍チャージポンプでは、電力効率は次式で与えられます。

$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot (1.5) \cdot I_{LED})} = \frac{V_{LED}}{(1.5 \cdot V_{BAT})}$$

同様に、2倍昇圧モードの効率は、実効入力電圧が実際の入力電圧の2倍あるリニア・レギュレータの効率に似ています。理想的な2倍チャージポンプでは、電力効率は次式で与えられます。

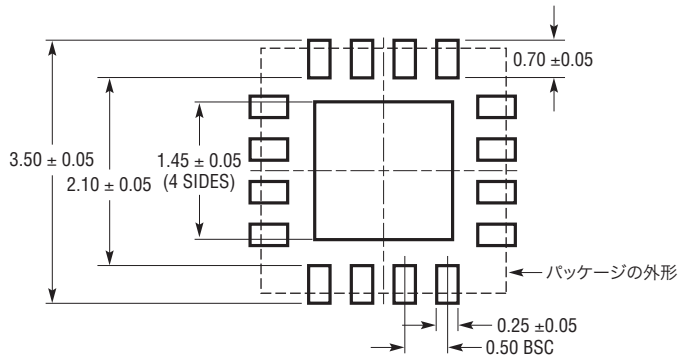
$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{(V_{LED} \cdot I_{LED})}{(V_{BAT} \cdot (2) \cdot I_{LED})} = \frac{V_{LED}}{(2 \cdot V_{BAT})}$$

### 熱管理

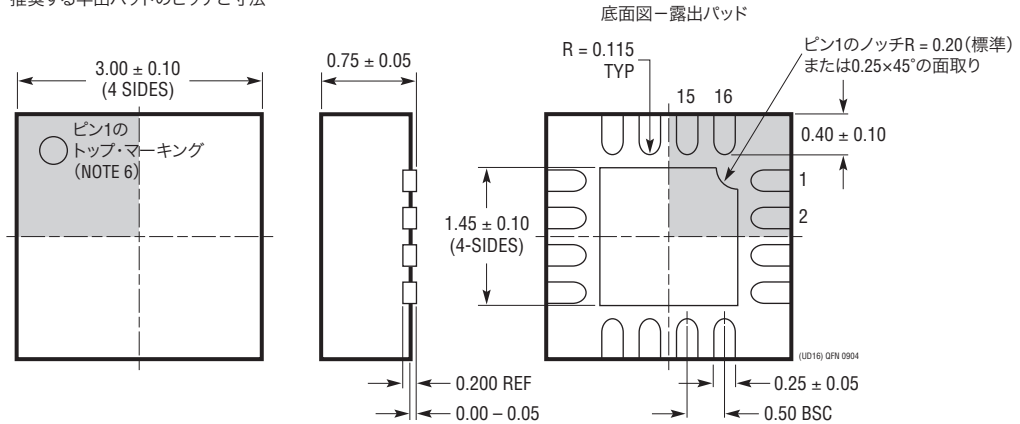
入力電圧が高く出力電流が最大の場合は、LTC3210内の電力損失がかなり大きくなる可能性があります。接合部温度が約150°Cを超えると、サーマル・シャットダウン回路が出力電流源とチャージポンプを自動的に非アクティブにします。最大接合部温度を下げるために、PC基板に対して良好な熱接続を行うことを推奨します。露出パッドをグランド・プレーンに接続し、デバイスの下に切れ目のないグランド・プレーンを確保すると、パッケージとPC基板の熱抵抗を大幅に減らすことができます。

## パッケージ

### UDパッケージ 16ピン・プラスチックQFN (3mm×3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1691)



推奨する半田パッドのピッチと寸法



NOTE:

1. 図面はJEDECのパッケージ外形MO-220バリエーション (WEED-2) 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上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

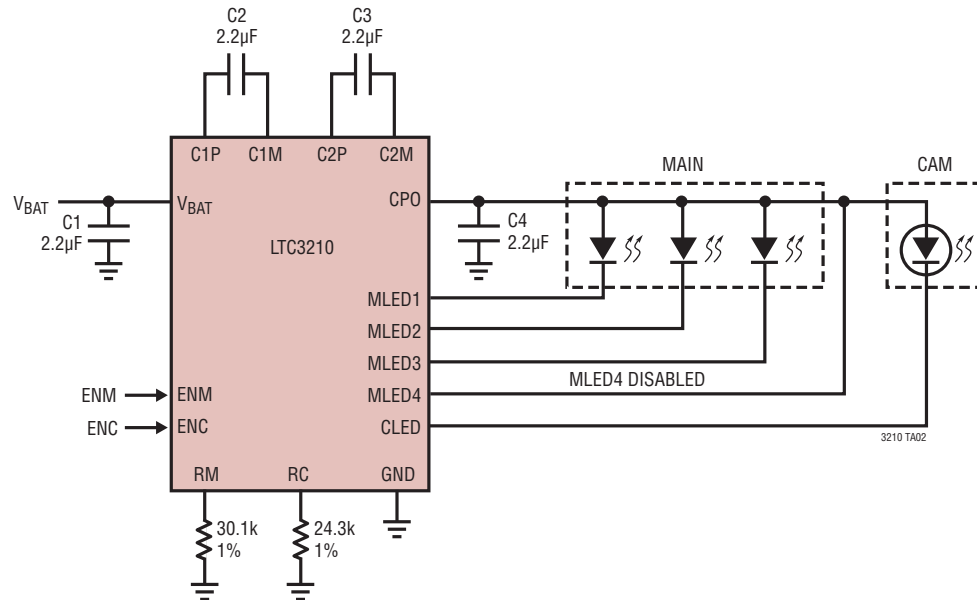
## 改訂履歴 (Rev Bよりスタート)

Rev	日付	概要	ページ番号
B	6/10	Note 3を更新	3

# LTC3210

## 標準的応用例

3個のメインLEDと1個のカメラLED



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1618	定電流、1.4MHz、1.5A昇圧コンバータ	$V_{IN}: 1.6V \sim 18V$ , $V_{OUT(MAX)} = 36V$ , $I_Q = 1.8mA$ , $I_{SD} < 1\mu A$ , MSパッケージ
LTC3205	250mA、1MHz、マルチディスプレイLEDコントローラ	$V_{IN}: 2.8V \sim 4.5V$ , $V_{OUT(MAX)} = 5.5V$ , $I_Q = 50\mu A$ , $I_{SD} < 1\mu A$ , QFNパッケージ
LTC3206	400mA、800kHz、マルチディスプレイLEDコントローラ	$V_{IN}: 2.8V \sim 4.5V$ , $V_{OUT(MAX)} = 5.5V$ , $I_Q = 50\mu A$ , $I_{SD} < 1\mu A$ , QFNパッケージ
LTC3208	ソフトウェアで設定可能な高電流マルチディスプレイLEDコントローラ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , $V_{OUT(MAX)} = 5.5V$ , $I_Q = 250\mu A$ , $I_{SD} < 3\mu A$ , 17の電流源 (MAIN, SUB, RGB, CAM, AUX), 5mm×5mm QFNパッケージ
LTC3209-1/ LTC3209-2	600mAメイン/カメラ/AUX LEDコントローラ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , $I_Q = 400\mu A$ , 効率: 最大94%, 4mm×4mm QFN-20パッケージ
LTC3210-1	64段階の輝度制御が可能なメイン/カメラLEDコントローラ	6ビットDACによるメインLEDの輝度制御と3ビットDACによるカメラLEDの輝度制御, 3mm×3mm QFNパッケージ
LTC3214	500mAカメラLEDチャージポンプ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , シングル出力, 3mm×3mm DFNパッケージ
LTC3215	700mA、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
LTC3216	個別のフラッシュ/トーチ電流制御付き、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
LTC3217	600mA、低ノイズ、マルチLEDカメラ・ライト	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.4V$ , $I_Q = 400\mu A$ , 4個の100mA出力, QFNパッケージ
LTC3440/LTC3441	600mA/1.2A ( $I_{OUT}$ )、2MHz/1MHz同期整流式昇降圧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/DFNパッケージ
LTC3443	600mA/1.2A ( $I_{OUT}$ )、600kHz同期整流式昇降圧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
LTC3453	1MHz、800mA同期整流式昇降圧高電力LEDドライバ	$V_{IN(MIN)}: 2.7V \sim 5.5V$ , $V_{IN(MAX)}: 2.7V \sim 4.5V$ , $I_Q = 2.5mA$ , $I_{SD} < 6\mu A$ , QFNパッケージ
LT3467/LT3467A	ソフトスタート機能搭載、1.1A ( $I_{SW}$ )、1.3MHz/2.1MHz、高効率昇圧DC/DCコンバータ	$V_{IN}: 2.4V \sim 16V$ , $V_{OUT(MAX)} = 40V$ , $I_Q = 1.2mA$ , $I_{SD} < 1\mu A$ , ThinSOTパッケージ
LT3479	3A、42V、3.5MHz昇圧コンバータ	$V_{IN}: 2.5V \sim 24V$ , $V_{OUT(MAX)} = 40V$ , $I_Q = 2\mu A$ , $I_{SD} < 1\mu A$ , DFNおよびTSSOPパッケージ

3210fb