

## 特長

- マルチモード・チャージポンプにより、最大91%の効率を達成
- スルーレート制限付きスイッチングにより、伝導および放射ノイズ(EMI)を低減
- 最大250mAの総出力電流
- 64段階のリニア輝度制御付きの9つの28mAユニバーサル電流源
- 2線I<sup>2</sup>C™インターフェイスを使用して電流源ごとにオン/オフ、輝度、点滅、グラデーションを個別に制御
- 電流リファレンスを内蔵
- 設定可能なENUピンにより、非同期LEDオン/オフ制御が可能
- 1倍、1.5倍、2倍モードで動作可能な低ノイズ・チャージポンプにより、最適な効率を達成\*
- 自動または強制モード切り替え
- ソフトスタート機能により、突入電流を制限
- 短絡/熱保護機能
- 3mm×3mmの20ピンQFNプラスチック・パッケージ

## アプリケーション

- QVGA+ディスプレイ付きビデオ電話

## 概要

LTC<sup>®</sup>3219は、高集積マルチディスプレイLEDドライバです。このデバイスは高効率で低ノイズのチャージポンプを内蔵し、9個のユニバーサルLED電流源に電力を供給することができます。LTC3219は5個の小さいセラミック・コンデンサを使用するだけで、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。

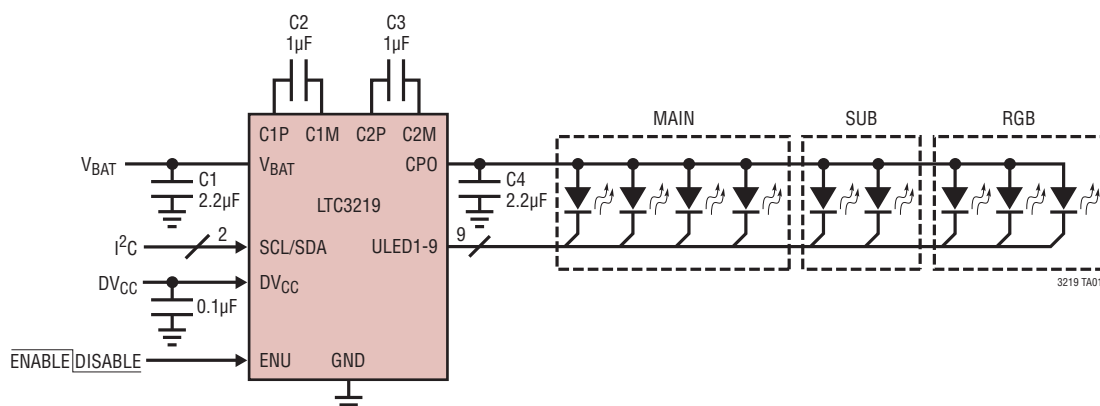
最大ディスプレイ電流は内蔵の高精度電流リファレンスによって設定されます。I<sup>2</sup>Cシリアル・インターフェイスを介して、すべての電流源に対して調光、オン/オフ、点滅、グラデーションを個別に制御します。また、6ビット・リニアDACを使用して、ユニバーサルLED電流源ごとに輝度を調整することができます。

LTC3219のチャージポンプは、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るたびに、自動的に昇圧モードに切り替わります。最初のドロップアウトで1.5倍モードに切り替わり、次のドロップアウトで2倍モードに切り替わります。また、I<sup>2</sup>Cポートを介してデータレジスタが更新されるたびに1倍モードにリセットされます。

LT、LT、LTC、LTMはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。\*6411531を含む米国特許によって保護されています。

## 標準的応用例

4 LEDのメイン、2 LEDのサブ、およびRGB



# LTC3219

## 絶対最大定格

(Note 1, 4)

$V_{BAT}$ ,  $DV_{CC}$ ,  $CPO$  .....  $-0.3V \sim 6V$

ULED1~ULED9 .....  $-0.3V \sim 6V$

SDA, SCL, ENU .....  $-0.3V \sim (DV_{CC} + 0.3V)$

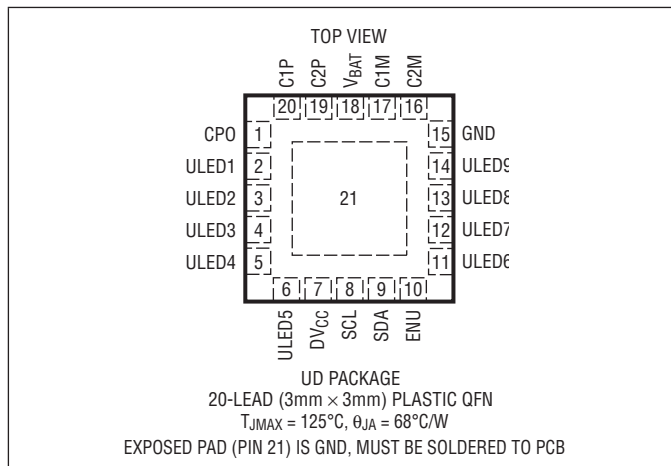
$I_{CPO}$  (Note 2) ..... 250mA

CPO短絡時間 ..... 無期限

動作温度範囲 (Note 3) .....  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$

保存温度範囲 .....  $-65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$

## 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
LTC3219EUD#PBF	LTC3219EUD#TRPBF	LCJV	20-Lead (3mm × 3mm) Plastic QFN	$-40^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$

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、弊社へお問い合わせください。  
非標準の鉛ベース仕上げの製品の詳細については、弊社へお問い合わせください。

鉛フリー製品の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/tapeandree/> をご覧ください。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^{\circ}C$ での値。注記がない限り、 $V_{BAT} = 3.6V$ 、 $DV_{CC} = 3V$ 、 $ENU = "H"$ 、 $C1/C4 = 2.2\mu F$ 、 $C2 = C3 = 1\mu F$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{BAT}$ Operating Voltage	●	2.9		5.5	V
$I_{VBAT}$ Operating Current	$I_{CPO} = 0$ , 1x Mode $I_{CPO} = 0$ , 1.5x Mode $I_{CPO} = 0$ , 2x Mode		0.4 1.7 2.1		mA mA mA
$V_{BAT}$ UVLO Threshold			1.5		V
$DV_{CC}$ Operating Voltage	●	1.5		5.5	V
$DV_{CC}$ UVLO Threshold			1		V
$V_{BAT}$ Shutdown Current			3.2		$\mu A$
$DV_{CC}$ Shutdown Current	●			1	$\mu A$

### Universal LED Current, 6-Bit Linear DACs, ULED = 1V

Full-Scale LED Current	●	25	28	31	mA
Minimum LED Current	Data Code = 1		0.51		mA
LED Current Matching	Any Two Outputs		2		%
Blink Rate Period	REG 11, D3 and D4		1.25 2.5		s s
ULED Up/Down Gradation Ramp Times	REG11, D1 and D2		0.24 0.48 0.96		s s s

3219fa

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{BAT} = 3.6\text{V}$ 、 $DV_{CC} = 3\text{V}$ 、 $ENU = \text{“H”}$ 、 $C1/C4 = 2.2\mu\text{F}$ 、 $C2 = C3 = 1\mu\text{F}$ 。

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Gradation Period	REG11, D1 and D2	●	0.325		s
				0.45	s
			0.65		s
				0.9	s
		●	1.30		s
				1.8	s
$V_{OL}$ General Purpose Output Mode (GPO)	$I_{OUT} = 1\text{mA}$ , Single Output Enabled		10		mV

## Charge Pump (CPO)

1x Mode Output Impedance			1			Ω
1.5x Mode Output Impedance	V <sub>BAT</sub> = 3V, V <sub>CPO</sub> = 4.2V (Notes 5, 7)		5.2			Ω
2x Mode Output Impedance	V <sub>BAT</sub> = 3V, V <sub>CPO</sub> = 4.8V (Notes 5, 7)		6.2			Ω
CPO Regulation Voltage	1.5x Mode, I <sub>CPO</sub> = 20mA		4.53			V
	2x Mode, I <sub>CPO</sub> = 20mA		5.04			V
Clock Frequency		●	0.65	0.85	1.05	MHz

## SDA, SCL, ENU

$V_{IL}$		●		$0.3 \cdot DV_{CC}$	V
$V_{IH}$		●	$0.7V \cdot DV_{CC}$		V
$I_{IH}$	SDA, SCL, ENU = $DV_{CC}$	●	-1	1	$\mu\text{A}$
$I_{IL}$	SDA, SCL, ENU = 0V	●	-1	1	$\mu\text{A}$
$V_{OL}$ , Digital Output Low (SDA)	$I_{PULLUP} = 3\text{mA}$	●	0.12	0.4	V

## Serial Port Timing (Notes 6, 7)

$t_{SCL}$	Clock Operating Frequency			400	kHz
$t_{BUF}$	Bus Free Time Between Stop and Start Condition		1.3		$\mu\text{s}$
$t_{HD,STA}$	Hold Time After (Repeated) Start Condition		0.6		$\mu\text{s}$
$t_{SU,STA}$	Repeated Start Condition Setup Time		0.6		$\mu\text{s}$
$t_{SU,STO}$	Stop Condition Setup Time		0.6		$\mu\text{s}$
$t_{HD,DAT(OUT)}$	Data Hold Time		0	900	ns
$t_{HD,DAT(IN)}$	Input Data Hold Time		0		ns
$t_{SU,DAT}$	Data Setup Time		100		ns
$t_{LOW}$	Clock Low Period		1.3		$\mu\text{s}$
$t_{HIGH}$	Clock High Period		0.6		$\mu\text{s}$
$t_f$	Clock Data Fall Time		20	300	ns
$t_r$	Clock Data Rise Time		20	300	ns
$t_{SP}$	Spike Suppression Time		50		ns

**Note 1:** 絶対最大定格はそれを超えるとデバイスに永続的な損傷を与える可能性がある値。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。

**Note 3:** LT3219は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 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。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ 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:** このデバイスには、短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護機能がアクティブなとき、接合部温度は $125^\circ\text{C}$ を超える。規定された最高動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの劣化または故障が生じる恐れがある。

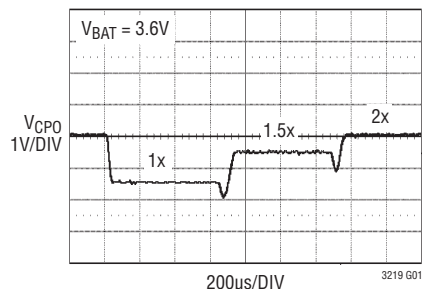
**Note 5:** 1.5倍モードの出力インピーダンスは、 $(1.5V_{BAT} - V_{CPO})/I_{OUT}$ として定義される。2倍モードの出力インピーダンスは、 $(2V_{BAT} - V_{CPO})/I_{OUT}$ として定義される。

**Note 6:** すべての値は、 $V_{IH}$ レベルと $V_{IL}$ レベルを基準にしている。

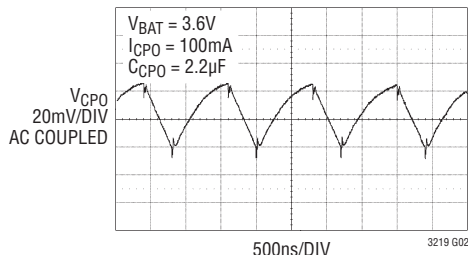
**Note 7:** 設計によって保証されている。

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

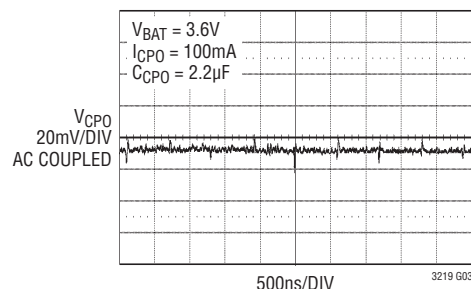
モード・スイッチの  
ドロップアウト時間



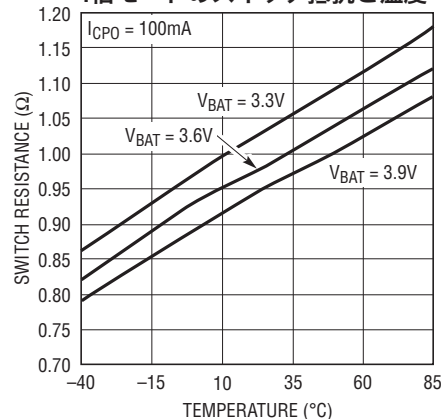
1.5倍モードのCP0リップル



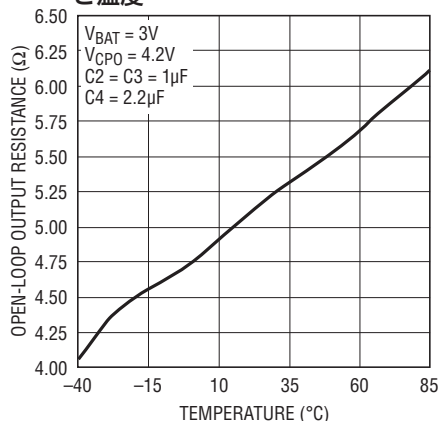
2倍モードのCP0リップル



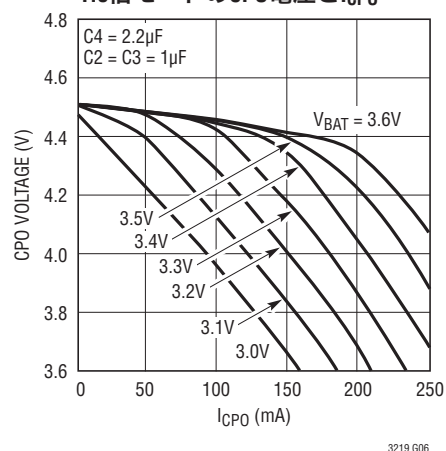
1倍モードのスイッチ抵抗と温度



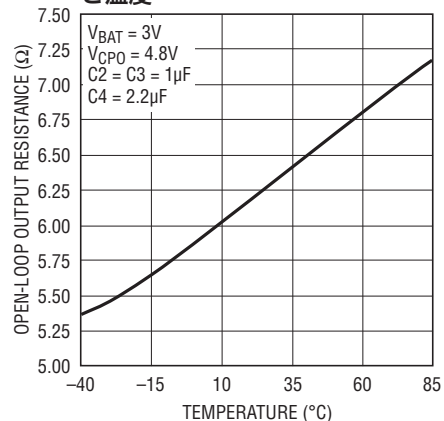
1.5倍モード・チャージポンプの開  
ループ出力抵抗( $1.5V_{BAT} - V_{CPO}$ )/ $I_{CPO}$   
と温度



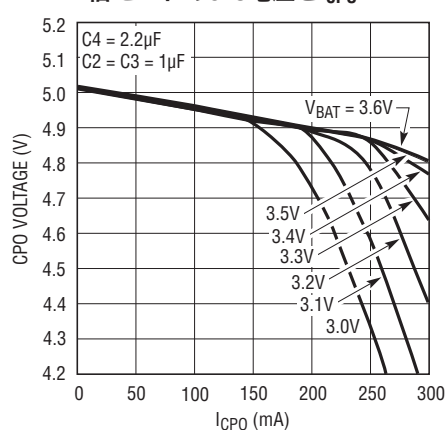
1.5倍モードのCP0電圧と $I_{CPO}$



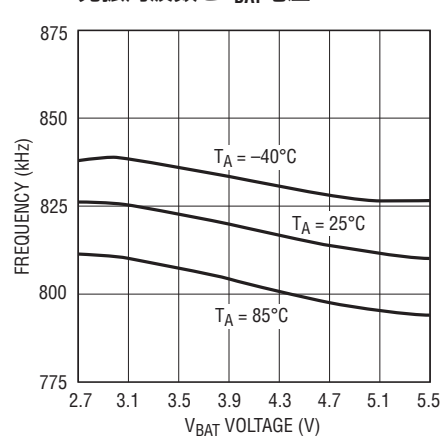
2倍モード・チャージポンプの  
開ループ出力抵抗( $2V_{BAT} - V_{CPO}$ )/ $I_{CPO}$   
と温度



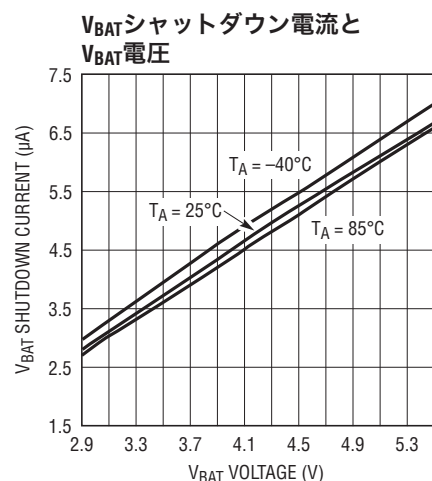
2倍モードのCP0電圧と $I_{CPO}$



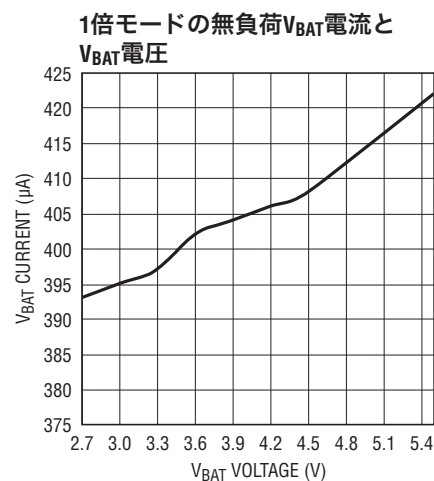
発振周波数と $V_{BAT}$ 電圧



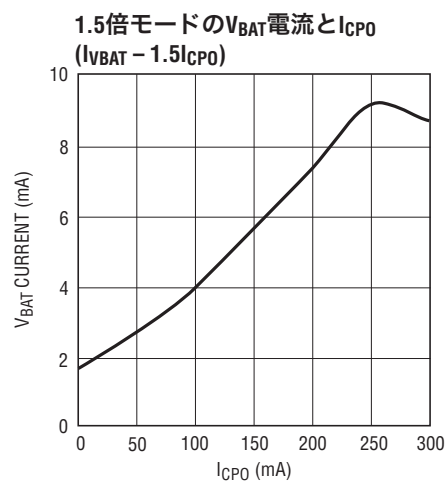
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



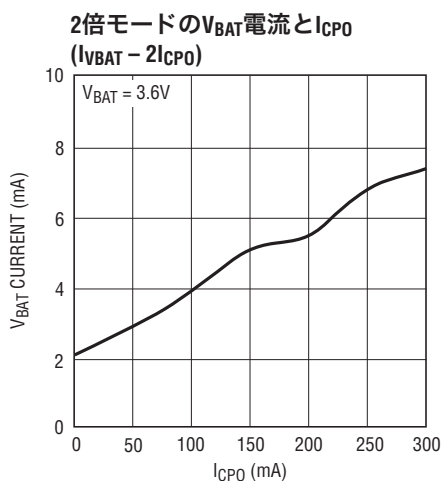
3219 G10



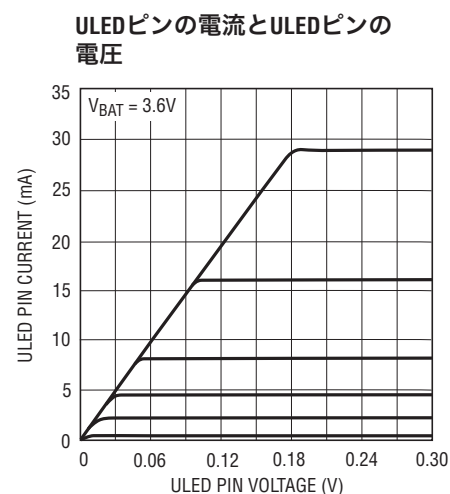
3219 G11



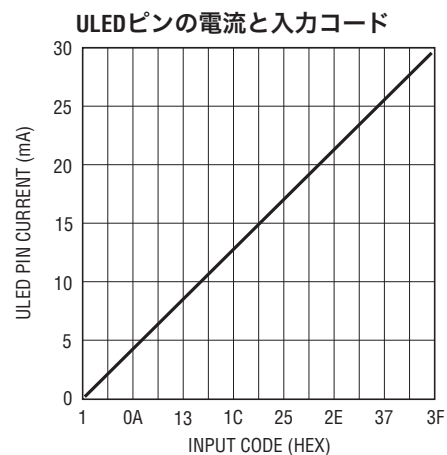
3219 G12



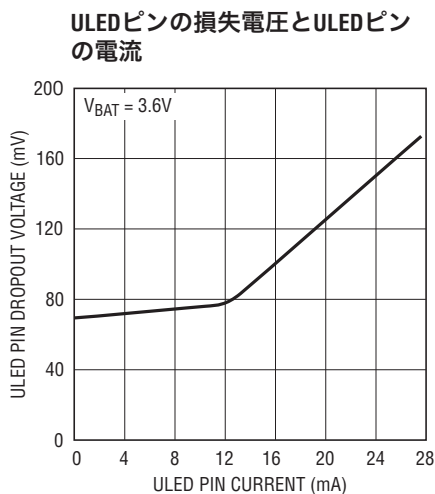
3219 G13



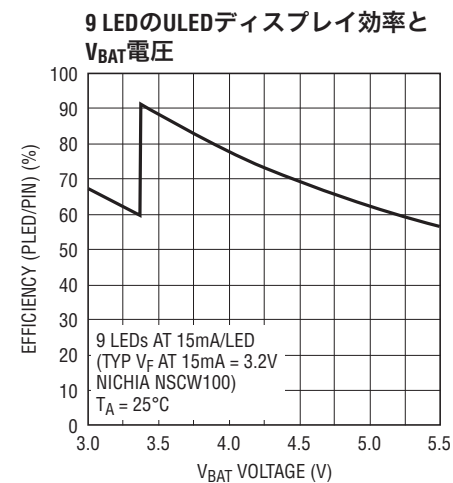
3219 G14



3219 G15



3219 G16



3219 G17

## ピン機能

**CP0 (ピン1):**すべてのLEDの電力供給に使用するチャージポンプ出力。X5RまたはX7Rの2.2 $\mu$ Fセラミック・コンデンサでグラウンドに接続します。

**ULED1~ULED9 (ピン2~6、ピン11~14):**LEDドライブ用電流源出力。LED電流は、ソフトウェア制御と内蔵6ビット・リニアDACにより0mAから28mAまで64段階の設定が可能です。各出力は、対応するデータ・レジスタREG1~REG9を0に設定することによってディスエーブルすることができます。ULED1~ULED9は、I<sup>2</sup>C制御のオープンドレイン出力としても使用できます。使用しない出力はグラウンドに接続します。

**DV<sub>CC</sub> (ピン7):**デジタル入出力ライン全体の電源電圧。このピンによってLTC3219のロジック・リファレンス・レベルが設定されます。低電圧ロックアウト・スレッシュホールドより低く設定されると、DV<sub>CC</sub>はデータ・レジスタをリセットします。これは起動後にデバイスをリセットするために推奨される方法です。X5RまたはX7Rの0.1 $\mu$ Fセラミック・コンデンサでグラウンドに接続します。

**SCL (ピン8):**I<sup>2</sup>Cシリアル・ポートのクロック入力。SCLのロジックレベルはDV<sub>CC</sub>を基準にしています。

**SDA (ピン9):**シリアル・ポートのデータ入力。シリアル・データはクロックごとに1ビットずつシフトされ、LTC3219を制御します。このロジックレベルはDV<sub>CC</sub>を基準にしています。

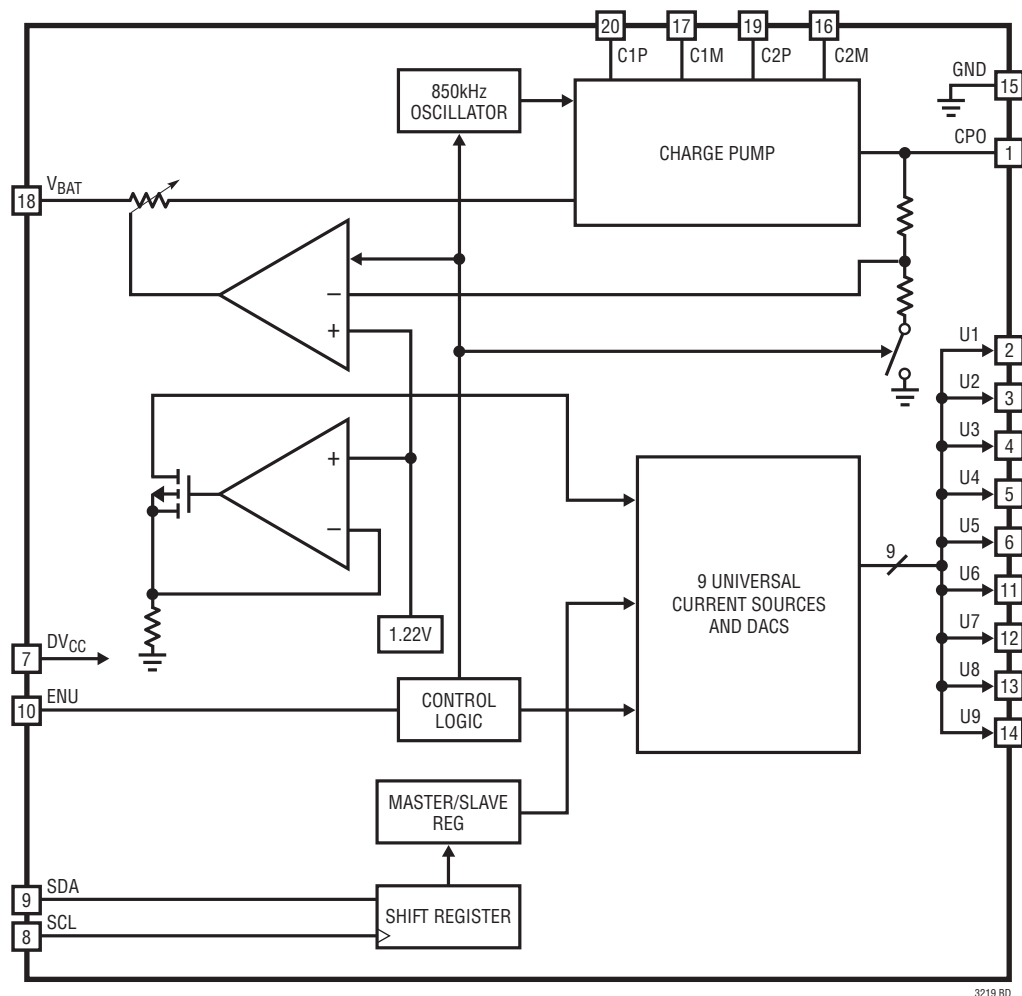
**ENU (ピン10):**入力ピン。選択済みのULED出力のイネーブルまたはディスエーブルに使用します。このピンが“L” (ディスエーブル) から“H” (イネーブル) に切り替わると、LTC3219は選択済みのLEDを発光させます。ENUが選択された出力を制御しており、他の出力がイネーブルされている場合、チャージポンプはENUの立ち下がりエッジで1倍モードにリセットされます。ENUが選択された出力を制御しており、他の出力がアクティブでない場合、デバイスはイネーブル状態からシャットダウン状態になります。ENUのロジックレベルはDV<sub>CC</sub>を基準にしています。使用しない場合には、このピンはグラウンドに接続します。

**GND (ピン15、21):**システム・グラウンド。ピン15と露出パッド (ピン21) はグラウンド・プレーンに接続してください。

**C1P、C2P、C1M、C2M (ピン20、19、17、16):**チャージポンプのフライング・コンデンサ用ピン。X5RまたはX7Rの1 $\mu$ Fセラミック・コンデンサをC1PとC1Mの間およびC2PとC2Mの間に接続します。

**VBAT (ピン18):**デバイス全体の電源電圧。このピンは、1個の2.2 $\mu$ Fの低ESRセラミック・コンデンサを使用してバイパスします。

## ブロック図



3219 BD



## 動作

### パワーマネージメント

LTC3219は、スイッチトキャパシタ型チャージポンプを使用して、CPOを入力電圧の2倍の5.04Vまで昇圧します。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>がCPOに直結されます。このモードでは、効率を最大にできノイズを最小限に抑えることができます。LTC3219は、LEDの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過ぎて設定された電流を供給できなくなると、ドロップアウトが生じます。ドロップアウトが検出されると、LTC3219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4.53Vまで到達しようとし、次の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ます。CPO電圧はV<sub>BAT</sub>の2倍の5.04Vまで到達しようとし、次の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ます。CPO電圧はV<sub>BAT</sub>の2倍の5.04Vまで到達しようとし、次の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ます。

2フェーズの非重複クロックによってチャージポンプのスイッチが起動されます。2倍モードでは、フライング・コンデンサがV<sub>BAT</sub>から1つおきのクロック・フェーズで充電され、CPO電圧のリプルが最小限に抑えられます。1.5倍モードでは、最初のクロック・フェーズでフライング・コンデンサは直列に充電され、2番目のクロック・フェーズではV<sub>BAT</sub>に並列に重ねられます。このフライング・コンデンサの充放電は850kHzの固定周波数で繰り返されます。

各LEDの電流源によって供給される電流は、対応するDACによって制御されます。各DACはI<sup>2</sup>Cポートを介して設定されます。

### 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の場合、V<sub>BAT</sub>とCPOが小電流スイッチで接続されます。このため、V<sub>BAT</sub>はCPOの出力コンデンサを緩やかに充電し、大きな充電電流の発生を防止します。

またLTC3219は、チャージポンプにソフトスタート機能を備えており、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生じるのを防止します。CPOピンに供給される電流は、125μs(標準)にわたって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わりの開始時に発生します。

### チャージポンプの能力

LTC3219が1.5倍モードと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<sub>OL</sub>)から利用可能な電流量を求めることができます(図1)。

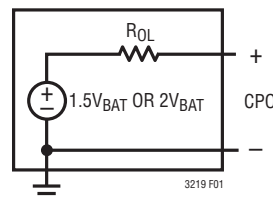


図1. 等価開ループ

R<sub>OL</sub>は、スイッチング期間、1/(2f<sub>OSC</sub> • C<sub>FLY</sub>)、内部スイッチ抵抗、スイッチング回路の非重複期間など、いくつかの要素に依存します。ただし、所定のR<sub>OL</sub>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<sub>BAT</sub> – CPO、2倍モードでは2V<sub>BAT</sub> – CPO)に正比例します。3.1Vの電源でLEDをドライブする例について考えてみます。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倍モードのアドバンテージ電圧は3.1V • 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1から、1.5倍モードの利用可能な電流は次式で求められます。

$$I_{OUT} = \frac{1.5V_{BAT} - V_{CPO}}{R_{OL}} \quad (1)$$

2倍モードでは、利用可能な電流は次式で求められます。

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

この場合のアドバンテージ電圧は3.1V • 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<sub>OL</sub>値が大きくなりますが、利用可能な最大電流が大幅に向上します。



## 動作

### モードの切り替え

LTC3219は、1つの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、次いで2倍モードに切り替わります。アクティブな電流源の電圧が低下し過ぎて設定された電流を供給できなくなると、ドロップアウトが生じます。モードが切り替わるのは、ドロップアウトが発生してから約400 $\mu$ s経過してからです。この遅延により、LEDの温度が上がって最終的な順方向電圧値に到達できます。

ENUの立ち下がりエッジおよび各点滅期間の後、グラデーションがランプダウンし終わると、I<sup>2</sup>Cポートを介してレジスタが更新されるたびに1倍モードに自動的に戻ります。

このデバイスは、REG0に適切なビットを書き込むことによって、1倍、1.5倍、2倍モードの動作に強制することができます。この機能はCPOから負荷への電力供給に使用することができます。自動的なモード切替えはディスエーブルされています。

非設定の電流源はドロップアウトに影響を与えません。また、ENUで制御された電流源は、ENUが“L”のときにはドロップアウトに影響を与えません。

### ユニバーサル電流源 (ULED1~ULED9)

28mAのユニバーサル電流源を9個備えています。各電流源には電流制御用に6ビットのリニアDACがあります。出力電流の範囲は64段階で0からフルスケールまでです。

オールゼロのデータ・ワードが書き込まれると、各電流源はディスエーブルされます。各電流源の消費電流はゼロまで減少します。使用しない出力はグランドに接続します。

ULED1~ULED9は汎用出力(GPO)として使用することもできます。GPO出力はI<sup>2</sup>C制御のオープンドレイン・ドライバとして使用できます。GPOモードは、REG1~REG9のビット6とビット7をロジック1に設定することにより選択されます。GPOモードでドロップアウト検出がディスエーブルされると、出力がグランドまで振幅してもモードは切り替わりません。

### 点滅

各ユニバーサル出力(ULED1~ULED9)は、I<sup>2</sup>Cポートを介して1.25秒または2.5秒の周期の点滅で0.156秒または0.625秒間点灯するように設定できます。点滅速度はREG11により選択され、ULED出力はREG1~REG9により選択されます。点滅速度とグラデーション速度は独立しています。点滅によって、チャージポンプは各周期後に1倍モードにリセットされます。点滅の詳細と設定の例については、「アプリケーション・ノート111」を参照してください。

### グラデーション

ユニバーサルLED出力ULED1~ULED9は、I<sup>2</sup>Cポートを介して電流のランプアップとランプダウンの速度を0.24秒、0.48秒、0.96秒に設定することができます。これらの出力は、点滅またはグラデーションを個別にイネーブルすることができます。グラデーション時間はREG11により設定され、ULED出力はREG1~REG9により選択されます。ランプの方向はREG0により制御されます。UPビットを“H”に設定するとグラデーションはランプアップし、このビットを“L”に設定するとグラデーションはランプダウンします。

グラデーションがディスエーブルされると、LEDの出力電流は設定値に保たれます。グラデーション・タイマがディスエーブルされた場合、グラデーション・イネーブル・ビットをクリアする必要があります。グラデーションがランプダウンを終了すると、チャージポンプは1倍モードにリセットされます。

グラデーションの設定の詳細と例については、「アプリケーション・ノート111」を参照してください。

### 外部イネーブル制御(ENU)

ENUピンを使用して、I<sup>2</sup>Cポートに再アクセスすることなくLTC3219をイネーブルまたはディスエーブルすることができます。これは、マイクロコントローラを起動することなく電話の着信を知らせるのに便利かもしれません。ENUは、選択済みのディスプレイをすべて独立して制御するように設定することができます。LEDディスプレイは、ENUを使用して、REG1~REG9の適切なデータ・ビット、REG10とREG11の適切な制御ビットを設定することによって制御されます。

## 動作

ENUピンを使用するには、最初にI<sup>2</sup>Cポートを所期のLED出力を選択するように設定する必要があります。ENUが“H”のとき、REG10とREG11の設定値に従って選択されたディスプレイがイネーブルされます。ENUが“L”のときは、選択されたディスプレイはオフします。他のディスプレイがイネーブルするように設定されていないと、デバイスはシャットダウンします。

グラデーションは、ENUピンによって制御するようにあらかじめ設定することもできます。レジスタには必要に応じてグラデーションの種類ごとにデータが書き込まれ、UPビットは無視されます。レジスタはENUが“L”のときに設定されます。ENUが“H”に設定されると、デバイスがイネーブルされ、選択されたLEDはランプアップします。ENUが“L”に設定されると、選択されたLED出力は電流がゼロになるまでランプダウンし、その後デバイスはシャットダウンします。シャットダウンの必要がある場合、チャージポンプは強制モードにはなりません。

ENUピンを使用しない場合には、グラウンドに接続します。ENUが使用され、他のULED出力がアクティブの場合、ENUは立ち下がりエッジでチャージポンプを1倍モードにリセットします。ENU制御の設定の詳細と例については、「アプリケーション・ノート111」を参照してください。

### シャットダウン電流

シャットダウンは、すべての電流源のデータ・ビットにゼロが書き込まれた場合、DV<sub>CC</sub>が低電圧ロックアウト電圧以下に設定された場合、またはENUが“L”に切り替わった場合（他のすべての出力はディスエーブル）に生じます。チャージポンプを自動モードにする必要もあります。

LTC3219はシャットダウン電流が非常に低くなるように設計されていますが、シャットダウン時にV<sub>BAT</sub>から

約3.2μA流れます。DV<sub>CC</sub>が“L”になると、内部ロジックによりLTC3219はシャットダウン状態になります。ただし、DV<sub>CC</sub>を基準としているすべてのロジック信号(SCL、SDA、ENU)は、これらのピンの絶対最大定格に違反しないように、DV<sub>CC</sub>またはそれを下回る値(グラウンド等)である必要があります。

### EMIの低減

フライング・コンデンサ・ピンC1M、C1P、C2M、C2Pでは、伝導および放射ノイズを低減するため、スルーレートが制御されています。

### シリアル・ポート

マイクロコントローラ互換のI<sup>2</sup>Cシリアル・ポートには、LTC3219のすべてのコマンド入力と制御入力があります。SDA入力のデータはSCLの立ち上りエッジでロードされます。D7が最初にロードされ、D0が最後にロードされます。12個のデータ・レジスタと、アドレス・レジスタおよびサブアドレス・レジスタが1個ずつあります。すべてのアドレス・ビットがクロックによってアドレス・レジスタに入力されると、アクノリッジが発生します。次いでサブアドレス・レジスタにデータが書き込まれ、続いてデータ・レジスタに書き込まれます。各データ・レジスタにはサブアドレスがあります。データ・レジスタにデータが書き込まれると、ストップ・ビットの後にロード・パルスが生成されます。このロード・パルスによって、データ・レジスタ内のすべてのデータがDACレジスタに転送されます。ストップ・ビットは、すべてのデータ・マスタ・レジスタにデータが書き込まれるまで遅延させることができます。この時点でLED電流の値は新たな設定値に変更されます。シリアル・ポートはスタティック・ロジック・レジスタを使用するので、動作させるのに最小速度の制限はありません。

## 動作

### I<sup>2</sup>Cインターフェイス

LTC3219は、標準I<sup>2</sup>C 2線インターフェイスを使用してホスト(マスタ)と通信します。バスの信号のタイミング関係をタイミング図(図2)に示します。2本のバスライン(SDAとSCL)は、バスが使用されていないとき“H”にする必要があります。これらのラインには、外付けのプルアップ抵抗またはLTC1694 SMBusアクセラレータなどの電流源が必要です。

LTC3219は受信するだけの(スレーブ)デバイスです。

### LTC3219で使用するライト・ワード・プロトコル

1	7	1	1	8	1	8	1	1
S	Slave Address	Wr	A	*Sub-Address	A	Data Byte	A	P**

S = START条件, Wr = 書き込みビット = 0, A = アクノリッジ,

P = STOP条件

\*サブアドレスは最初の4ビット(D0, D1, D2, D3)のみを使用する

\*\*STOPはすべてのデータ・レジスタが書き込まれるまで遅延させることができる

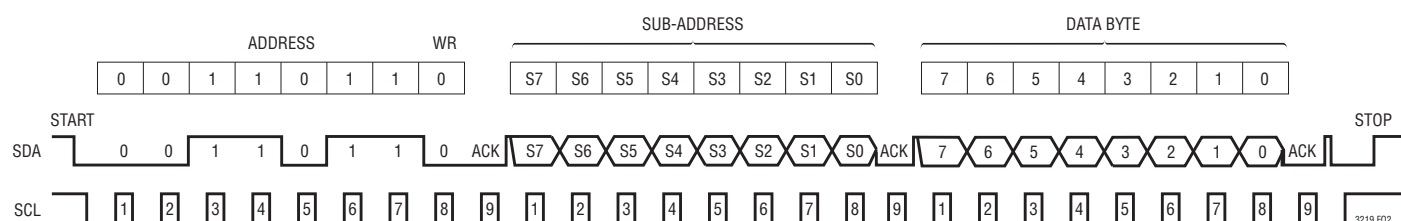


図2. ビット割り当て

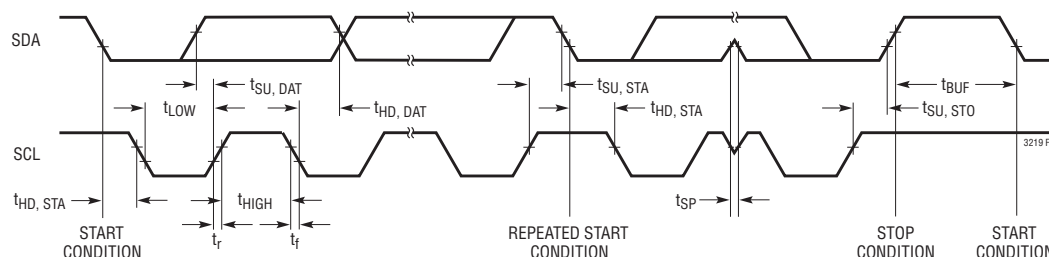


図3. タイミング・パラメータ

## 動作

サブアドレス・バイト

MSB				LSB				Register	Function
7	6	5	4	3	2	1	0		
X	X	X	X	0	0	0	0	REG0	COMMAND
X	X	X	X	0	0	0	1	REG1	ULED1
X	X	X	X	0	0	1	0	REG2	ULED2
X	X	X	X	0	0	1	1	REG3	ULED3
X	X	X	X	0	1	0	0	REG4	ULED4
X	X	X	X	0	1	0	1	REG5	ULED5
X	X	X	X	0	1	1	0	REG6	ULED6
X	X	X	X	0	1	1	1	REG7	ULED7
X	X	X	X	1	0	0	0	REG8	ULED8
X	X	X	X	1	0	0	1	REG9	ULED9
X	X	X	X	1	0	1	0	REG10	ENU
X	X	X	X	1	0	1	1	REG11	B/G/ENU

REG0、コマンド・バイト、サブアドレス = 0000

MSB				LSB			
D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Unused	Reserved	Reserved	Reserved	Force2x	Force1p5	Quick Write	UP
UP	0	Gradation counts down					
	1	Gradation counts up					
Quick Write	0	Normal write to each register					
	1	Quick write, REG1 data is written to all nine universal registers					
Force1p5	1	Forces charge pump into 1.5x mode					
	0	Enables mode logic to control mode charges based on dropout signal					
Force2x	1	Forces charge pump into 2x mode					
	0	Enables mode logic to control mode changes based on dropout signal					
Force1x		D2 (Force1p5x) = 1 } D3 (Force2x) = 1 } Forces Charge Pump Into 1x Mode					
Reserved	X						
Reserved	X						
Reserved	X						
Unused	X						

注:X = ドントケア

## 動作

### データ・バイト

REG1～REG9、点滅/グラデーション機能付きユニバーサルLEDの6ビット・リニアDACのデータ。

前掲の表より、サブアドレス = 0001～1001

ULED Mode Enable Bits			LED Current Data					
MSB			LSB					
	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
Normal	0	0	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Blink Enabled	0	1	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Gradation Enabled	1	0	D5	D4	D3	D2	D1	D0
GPO Mode (Gradation/Blink/Dropout Off)	1	1	D5	D4	D3	D2	D1	D0

### REG10、ENU

ビットD0～D7を“H”に設定すると、ULED出力がENUによって制御されます。

レジスタ・サブアドレス = 1010

MSB							LSB
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
ULED8	ULED7	ULED6	ULED5	ULED4	ULED3	ULED2	ULED1

### REG11、グラデーション時間および点滅時間

ビットD0を“H”に設定すると、ULED9がENUによって制御され、ビットD1～D4によってグラデーション時間と点滅時間が制御されます。

グラデーション・ランプ時間は、電流がランプする時間です。

グラデーション周期は、グラデーション・タイマをスタートさせて終了させるまでに必要な合計時間です。

サブアドレス = 1011

Blink Times and Period				Gradation Ramp Times and Period				ENU Select
D4	D3	On-Time	Period	D2	D1	Ramp Time	Period	D0
0	0	0.625s	1.25s	0	0	Disabled	Disabled	ULED9
0	1	0.156s	1.25s	0	1	0.24s	0.325s	
1	0	0.625s	2.5s	1	0	0.48s	0.65s	
1	1	0.156s	2.5s	1	1	0.96s	1.30s	

## 動作

### バスの速度

I<sup>2</sup>Cポートは最大400kHzの速度で動作するように設計されています。ポートにはタイミング遅延が内蔵されており、I<sup>2</sup>Cに準拠したマスタ・デバイスからアドレス指定されると適正に動作することが保証されます。バスが損傷した場合でもグリッチを抑制するように設計された入力フィルタも備えています。

### START条件とSTOP条件

バス・マスタはSTART条件を送って通信開始をスレーブ・デバイスに知らせます。

START条件は、SCLが“H”の間にSDAを“H”から“L”に遷移させることにより生成されます。マスタはスレーブとの通信を終了したら、SCLが“H”の間にSDAを“L”から“H”に遷移させることによってSTOP条件を送信します。この後、バスは別のI<sup>2</sup>Cデバイスと自由に通信できます。

### バイトのフォーマット

LTC3219に送られる各バイトは8ビット長で、その後にLTC3219からアクノリッジ・ビットを返すための追加のクロック・サイクルが続く必要があります。データは最上位ビット (MSB) を先頭にしてLTC3219に送られます。

### アクノリッジ

アクノリッジ信号はマスタとスレーブ間のハンドシェイクに使用されます。スレーブ (LTC3219) によって生成されるアクノリッジ (アクティブ“L”) は、情報の最新のバイトが受信されたことをマスタに知らせます。アクノリッジに関連したクロック・パルスはマスタによって生成されます。マスタはアクノリッジ・クロック・サイクルの間にSDAラインを解放 (“H”) にします。スレーブ・レシーバは、アクノリッジ・クロック・パルスの間SDAラインをプルダウンし、このクロック・パルスが“H”の間SDAラインが安定して“L”に保たれるようにする必要があります。

### スレーブ・アドレス

LTC3219は、製造時に0011011に設定されている7ビット・アドレスにだけ応答します。LTC3219は書き込み専用デ

バイスなので、アドレス・バイトの8番目のビット (R/W) はLTC3219がアドレスを認識できるように0にする必要があります。このため、アドレスは事実上、最下位ビットが0で8ビットの長さになります。正しい7ビット・アドレスが与えられてもR/Wビットが1の場合には、LTC3219は応答しません。

### バスの書き込み動作

START条件と7ビットのアドレス、それに続く書き込みビットR/W = 0によって、マスタはLTC3219との通信を開始します。アドレスがLTC3219のアドレスと一致すると、LTC3219はアクノリッジを返します。次いで、マスタは書き込まれるデータ・レジスタの最上位のサブアドレス・バイトを供給します。LTC3219は再度アクノリッジを返し、次いで、最上位ビットを先頭にデータ・バイトが供給されます。このサイクルは、必要なデータ・レジスタのすべてが書き込まれるまで繰り返されます。任意の数のデータ・ラッチに書き込むことができます。各データ・バイトは、アクノリッジが返されると内部のホールディング・ラッチに転送されます。データ・バイトがすべてLTC3219に転送された後、マスタはSTOP条件を使用して通信を終了することができます。代わりに、マスタはREPEAT-START条件を開始し、I<sup>2</sup>Cバス上の別のチップをアドレス指定することもできます。このサイクルは無期限に継続可能で、LTC3219は受信した有効データの最後の入力を記憶します。バス上のすべてのチップがアドレス指定されて有効データが送られると、グローバルなSTOP条件を送ることができ、LTC3219は受信したデータを使用してすべてのレジスタを更新します。

状況によっては、I<sup>2</sup>Cバスのデータが損傷することがあります。このような場合、LTC3219は受信した最後の完全なデータセットだけを保存することによって適切に応答します。たとえば、LTC3219が正常にアドレス指定され、データを受信中にSTOP条件が誤って発生したと仮定します。LTC3219はこのSTOP条件を無視し、新しいSTART条件、正しいアドレス、サブアドレス、新しいデータセット、STOP条件が送信されてくるまで応答しません。



## 動作

同様に、LTC3219が以前にアドレス指定され有効なデータが送られてきているのにSTOPで更新されない場合、1つの例外を除いて、REPEAT-STARTが何回発生したかに関係なく、バス上に現れたどのSTOPにも応答します。REPEAT-STARTが発生し、LTC3219がそのアドレスと最初のバイトを正常にアクノリッジする場合、新しいデータのすべてのバイトを受信してアクノリッジするまでLTC3219はSTOPに応答しません。

## アプリケーション情報

### V<sub>BAT</sub>、C<sub>PO</sub>コンデンサの選択

LTC3219に使用されるコンデンサの種類と値によって、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が決定されます。

ノイズやリップルを低減するため、C<sub>V<sub>BAT</sub></sub>とC<sub>CPO</sub>のどちらも等価直列抵抗(ESR)が小さいセラミック・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が大きいため推奨できません。

C<sub>CPO</sub>の値によって、与えられた負荷電流に対する出力リップルの大きさが直接制御されます。C<sub>CPO</sub>のサイズを大きくすると、起動電流が増えた場合に出力リップルが減少します。1.5倍モードのピーク-ピーク間出力リップルは次式で概算されます。

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

ここで、f<sub>OSC</sub>はLTC3219の発振周波数(標準850kHz)、C<sub>CPO</sub>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ことより、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の両方がLTC3219の安定性に大きく影響することがあります。「ブロック図」に示すように、LTC3219は制御ループを使用し、必要な出力電流に

### クイック書き込み

REG0のビット1を“H”に設定することにより、レジスタREG1～REG9に並列に書き込むことができます。このビットが“H”に設定されていると、REG1への次の書き込みシーケンスで、すべてのユニバーサルLEDレジスタであるREG1～REG9にデータが書き込まれます。

合わせるようにチャージポンプの能力を調節します。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、制御ループの支配的ポールとしての役割も果たします。リングングや不安定性を防ぐには、出力コンデンサがすべての状態で少なくとも1.6μFの容量を維持することが重要で、ESRを80mΩ以下にする必要があります。

積層セラミック・チップ・コンデンサには、一般に非常に優れたESR特性があります。密なボード・レイアウトとMLCCを組み合わせると非常に良い安定性が得られます。C<sub>CPO</sub>の値によって出力リップルの大きさが制御されるのと同様、C<sub>V<sub>BAT</sub></sub>の値によって入力ピンV<sub>BAT</sub>に現れるリップルの大きさが制御されます。チャージポンプが入力充電フェーズまたは出力充電フェーズのどちらであってもLTC3219への入力電流は比較的一定ですが、クロックの非重複期間中はゼロに低下します。非重複期間は短い(約25ns)ので、これらの欠けた部分「ノッチ」は入力電源ラインをわずかに乱すだけです。タンタルのようなESRが大きいコンデンサでは、入力ノイズが大きくなることに注意してください。したがって、ESRが小さいセラミック・コンデンサを推奨します。図4に示すように、非常に小さな直列インダクタを通してLTC3219に電力供給することにより、入力ノイズをさらに低減することができます。10nHのインダクタによって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はほぼ一定になります。コストを下げるため、約1cmのPC基板トレースを使用して、10nHのインダクタをPC基板上に作ることもできます。



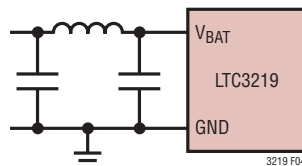


図4. 入力ノイズの低減に使用される10nHのインダクタ  
(約1cmの基板トレース)

### 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LTC3219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またはアルミのような有極性コンデンサは決して使用しないでください。フライング・コンデンサには必ずセラミック・コンデンサを使用してください。

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、各フライング・コンデンサには少なくとも1 $\mu$ Fの容量が必要です。コンデンサは材質が異なると、温度や電圧が上昇するに従って異なった速度で容量を失います。たとえば、X7Rの素材で作られたセラミック・コンデンサは-40°C~85°Cで容量のほとんどを維持しますが、Z5UまたはY5Vタイプのコンデンサは同じ範囲でかなりの容量を失います。Z5UおよびY5Vのコンデンサは電圧係数も非常に劣り、定格電圧が印加されると60%以上の容量を失うことがあります。したがって、異なったコンデンサを比較するときは、規定容量値を比較するより、所定のケース寸法に対して得られる容量を比較する方が多くの場合適切です。たとえば、定格電圧および定格温度の全条件にわたって、0603ケースに入った、1 $\mu$ F、10VのY5Vセラミック・コンデンサでは、同じケースで供給される0.22 $\mu$ F、10VのX7Rよりも大きな容量が得られるとは限りません。最小容量を全温度および全電圧にわたって確保するにはどの値のコンデンサが必要かを判断するには、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1に示します。

表1. 推奨するコンデンサの製造販売元

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>

### レイアウトの検討事項とノイズ

LTC3219はEMIを最小限に抑えるように設計されています。LTC3219によって高いスイッチング周波数と過渡電流が生じるので、ボード・レイアウトには注意が必要です。適切なグランド・プレーンと、すべてのコンデンサへの配線を短くすることにより性能が向上し、あらゆる条件で適正なレギュレーションが得られます。

フライング・コンデンサのC1P、C2P、C1M、C2Mの各ピンの波形はエッジ・レートが制限されています。これらのピンのdv/dtが大きい場合、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が生じる可能性があります。フライング・コンデンサがLTC3219の近くに配置されていないと(つまり、ループで囲まれた面積が大きいと)、磁界が発生することがあります。容量性のエネルギー転移を防ぐには、ファラデー・シールドを使用することができます。これは、敏感なノードとLTC3219のピンの間の接地されたPCBトレースです。高品質のACグランドを確保するには、それをLTC3219まで連続して伸びる、しっかりとしたグランド・プレーンに戻します。

## アプリケーション情報

### 電力効率

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つの数値の差は、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、電力効率は次式で求められます。

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} \quad (4)$$

LTC3219の効率は動作しているモードに応じて変動します。LTC3219はパス・スイッチとして動作し、 $I_{LED}$ ピンでドロップアウトが検出されるまでは $V_{BAT}$ をCPOに接続するというのを思い出してください。この機能により、所定の入力電圧とLEDの順方向電圧に対して可能な最適効率を得られます。スイッチとして動作しているとき、効率は次のように近似されます。

$$\eta = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{BAT} \cdot I_{BAT}} = \frac{V_{LED}}{V_{BAT}} \quad (5)$$

これは入力電流がLED電流の合計に非常に近くなるからです。

中程度の出力電力から高い出力電力では、LTC3219の消費電流は無視できるので、上式は有効です。

いずれかのLEDピンでドロップアウトが検出されると、LTC3219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倍昇圧モードでの効率は、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。それは、1.5倍チャージポンプの入力電流は負荷電流の約1.5倍だからです。理想的な1.5倍チャージポンプでは、電力効率は次式で求められます。

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

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、電力効率は次式で求められます。

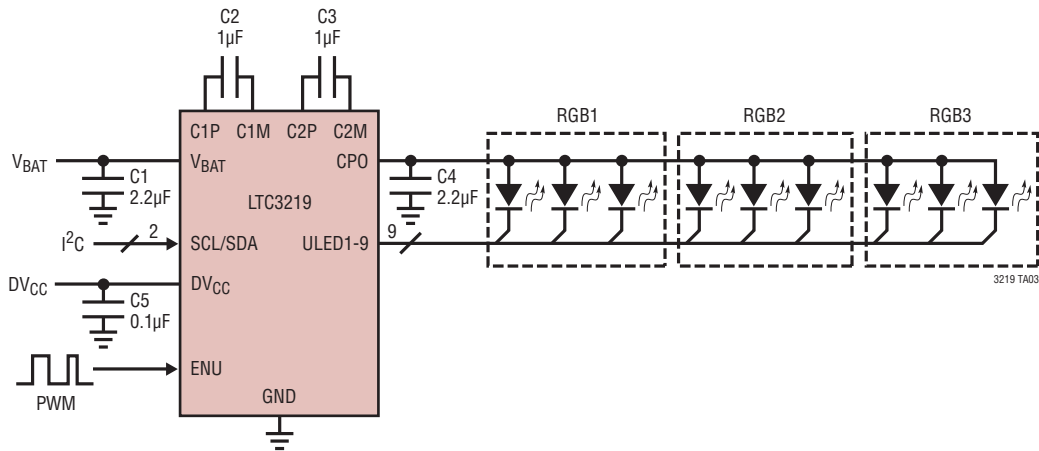
$$\eta_{IDEAL} = \frac{P_{LED}}{P_{IN}} = \frac{V_{LED} \cdot I_{LED}}{V_{BAT} \cdot 2 \cdot I_{LED}} = \frac{V_{LED}}{2 \cdot V_{BAT}}$$

### 熱管理

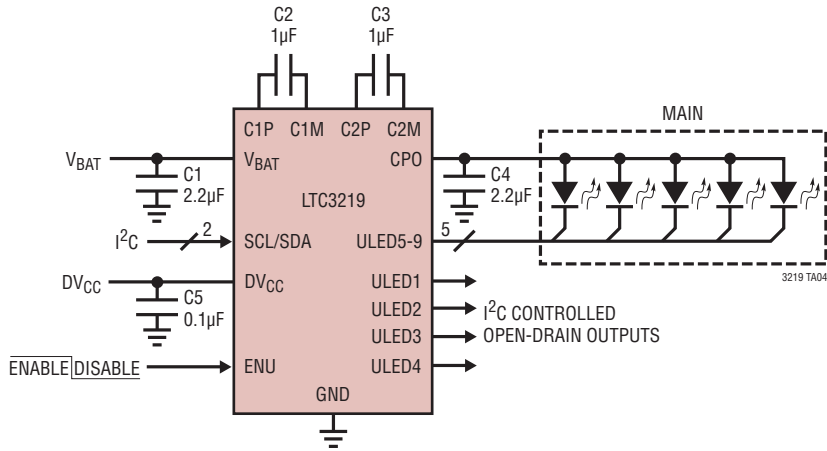
入力電圧が高く、出力電流が最大の場合、LTC3219内の電力消費がかなり大きくなる場合があります。接合部温度が約150°Cを超えると、サーマル・シャットダウン回路が出力電流源とチャージポンプを自動的に停止します。最大接合部温度を下げるため、PC基板に十分な熱接続を行うことを推奨します。露出パッドをグランド・プレーンに接続し、デバイスの下にしっかりとしたグランド・プレーンを確保すると、パッケージとPC基板の熱抵抗を大幅に低減することができます。

標準的応用例

3つのRGB LED群

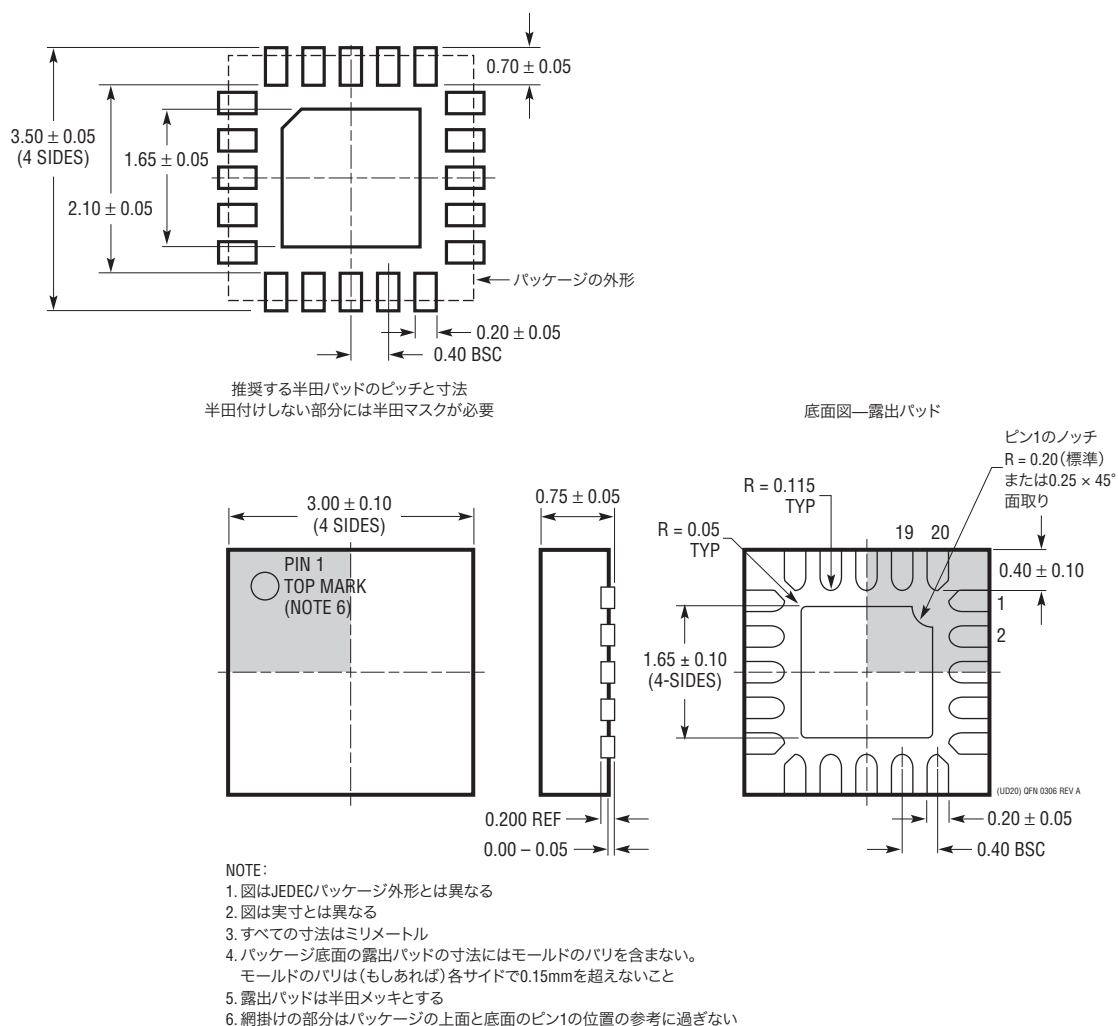


5 LEDのメイン、4つの汎用オープンドレイン出力



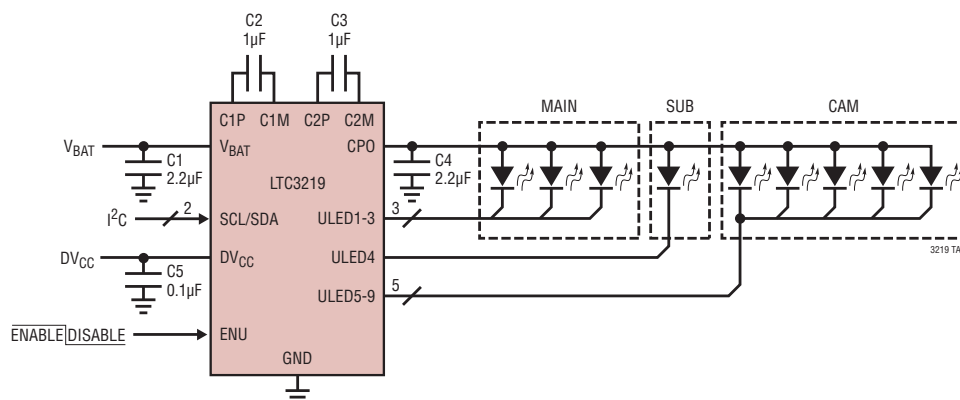
## パッケージ寸法

**UDパッケージ**  
**20ピン・プラスチックQFN (3mm × 3mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1720 Rev A)



## 標準的応用例

3 LEDのメイン、1 LEDのサブ、および5 LEDのカメラ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
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
LTC3207	600mAユニバーサル・マルチ出力LED/カメラ・ドライバ	$V_{BAT}: 2.9V \sim 5.5V$ , 12のユニバーサル個別制御LEDドライバ、1つのカメラ・ドライバ、4mm×4mm 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(メイン、サブ、RGB、カメラ、補助)、5mm×5mm QFNパッケージ
LTC3209-1/ LTC3209-2	600mAメイン/カメラ/補助LEDコントローラ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , $I_Q = 400mA$ , 最大94%の効率、4mm×4mm QFN-20パッケージ
LTC3210	3mm×3mm QFNパッケージのメイン/カメラLEDコントローラ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , $I_Q = 400\mu A$ , メインおよびカメラLEDの3ビットDAC輝度制御、3mm×3mm QFN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	メインLEDの6ビットDAC輝度制御とカメラLEDの3ビット輝度制御、3mm×3mm QFNパッケージ
LTC3210-2	32段階の輝度制御が可能なメイン/カメラLEDコントローラ	4つのメインLEDをドライブ、3mm×3mm QFNパッケージ
LTC3210-3	32段階の輝度制御が可能なメイン/カメラLEDコントローラ	3つのメインLEDをドライブ、3mm×3mm QFNパッケージ
LTC3212	RGB LEDドライバおよびチャージポンプ	RGB LEDをドライブ、25mA/LED×3, $V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , 2mm×3mm DFN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	独立したフラッシュ/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・チャージポンプ	$V_{IN}: 2.9V \sim 4.4V$ , $I_Q = 400\mu A$ , 4つの100mA出力、QFNパッケージ
LTC3218	400mA、1線のカメラLEDチャージポンプ	91%の効率, $V_{IN}: 2.9V \sim 4.5V$ , 2mm×3mm DFNパッケージ、ハイサイド電流センス
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	$V_{IN}: 2.7V \sim 5.5V$ , $V_{IN(MAX)}: 2.7V \sim 4.5V$ , $I_Q = 2.5mA$ , $I_{SD} < 6\mu A$ , QFNパッケージ

3219fa