

## 大型 PFET 向け 36V、 低損失デュアル PowerPath コントローラ

### 特長

- 大型および小型 Q<sub>G</sub> PFET をドライブするために特別に設計
- 電源 OR 接続ダイオードに代わる低損失デバイス
- 広い動作電圧範囲: 3.6V ~ 36V
- 動作温度範囲: -40°C ~ 125°C
- 逆バッテリー保護
- DC 電源の自動切り替え
- 低消費電流: 35μA/チャンネル
- 負荷電流分担
- MOSFET ゲート保護クランプ
- 切り替えスレッシュホールド・ポイントを設定するための高精度入力制御コンパレータ
- ユーザー指定のヒステリシスを制御するためのオープンドレイン帰還ポイント
- 最小の外付け部品
- 省スペース 10ピン MSOP パッケージ

### アプリケーション

- 高電流 PowerPath スイッチ
- 産業および車載アプリケーション
- 無停電電源
- ロジック制御パワースイッチ
- バッテリー・バックアップ・システム
- バッテリー・バックアップ付きエマージェンシー・システム

LT, LTC および LTM はリニアテクノロジー社の登録商標です。PowerPath はリニアテクノロジー社の商標です。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。

### 概要

LTC<sup>®</sup>4416/LTC4416-1 は、2セットの外付けPチャンネル MOSFET を制御することにより、電源切り替え回路向けに2つの理想に近いダイオード機能を提供します。これにより、複数の電源を高効率で OR 接続できるので、バッテリー寿命を延長し、自己発熱を低減できます。導通時の MOSFET の電圧降下は標準 25mV です。AC アダプタなどの補助電源を備えたアプリケーションの場合、補助電源が接続されると負荷が自動的にバッテリーから切断されます。

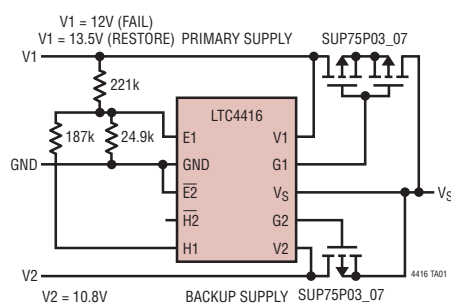
LTC4416 はソフト切り替え制御可能な2つの相互接続された PowerPath™ コントローラを搭載しています。「ソフトオフ」切り替えにより、出力電源における過度の電圧アンダーシュート(または V<sub>DRROOP</sub>) なしに2つの異なる電圧をユーザーが切り替えが可能です。また、LTC4416/LTC4416-1 は、順方向入力電圧が 25mV を超えるとゲートドライブ電流を大幅に増やす「高速オン」機能を搭載しています。LTC4416 の「高速オフ」機能は、センス電圧が入力電圧を 25mV 上回った場合に作動します。LTC4416-1 は、同じ条件で他の外付けPチャンネル・デバイスがイネーブル・ピンによって選択された場合に高速オフをイネーブルします。

動作電源電圧範囲が広いので、1~8セルのリチウムイオン・バッテリーで動作可能です。低消費電流(35μA/チャンネル)は負荷電流と無関係です。ゲート・ドライブは電圧クランプを搭載しているので、MOSFET を保護できます。

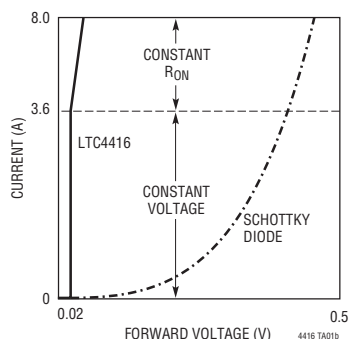
LTC4416/LTC4416-1 は高さの低い 10ピン MSOP パッケージで供給されます。

### 標準的応用例

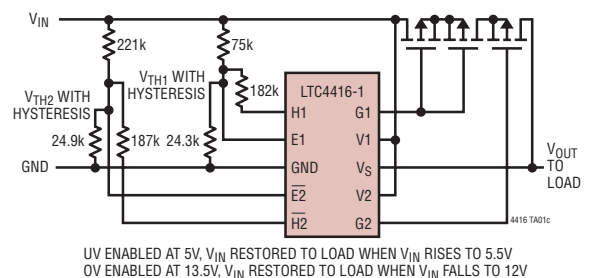
#### 自動 PowerPath 切り替え



#### LTC4416 とショットキ・ダイオードの順方向電圧降下



#### 低電圧および過電圧シャットダウン動作



# LTC4416/LTC4416-1

## 絶対最大定格

### (Note 1)

電源電圧 (V1, V2) .....	-14V ~ 40V
V1 または V2 から V <sub>S</sub> までの電圧 .....	-40V ~ 40V
入力電圧	
E1, E <sub>2</sub> .....	-0.3V ~ 40V
V <sub>S</sub> .....	-14V ~ 40V
出力電圧	
G1 .....	-0.3V から、V1 + 0.3V または V <sub>S</sub> + 0.3V のいずれか高い方まで
G2 .....	-0.3V から、V2 + 0.3V または V <sub>S</sub> + 0.3V のいずれか高い方まで
H1, H <sub>2</sub> .....	-0.3V ~ 7V
動作周囲温度範囲 (Note 2)	
LTC4416E .....	-40°C ~ 85°C
LTC4416I .....	-40°C ~ 125°C
動作接合部	
温度範囲 .....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲 .....	-65°C ~ 150°C
リード温度 (半田付け、10 秒) .....	300°C

## パッケージ/発注情報

<p>MS PACKAGE 10-LEAD PLASTIC MSOP T<sub>JMAX</sub> = 130°C, θ<sub>JA</sub> = 120°C/W</p>	
ORDER PART NUMBER	MS PART MARKING*
LTC4416EMS	LTCFC
LTC4416IMS	LTCFC
LTC4416EMS-1	LTCPS
LTC4416IMS-1	LTCPS
<small>発注情報 テープアンドリール: Add #TR 鉛フリー仕様: Add #PBF 鉛フリー仕様テープアンドリール: Add #TRPBF 鉛フリー仕様製品マーキング: <a href="http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/">http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/</a></small>	

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。  
\* 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。

## 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。V1 = V2 = 12V, E1 = 2V, E<sub>2</sub> = GND, GND = 0V。  
ピンに流れ込む電流は正で、ピンから流れ出す電流は負である。注記がない限り、全ての電圧は GND 基準。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>V1</sub> , V <sub>V2</sub> , V <sub>VS</sub>	Operating Supply Range	V1, V2 and/or V <sub>S</sub> Must be in This Range for Proper Operation	● 3.6		36	V
I <sub>QFL</sub>	Quiescent Supply Current at Low Supply While in Forward Regulation	V <sub>V1</sub> = 3.6V, V <sub>V2</sub> = 3.6V. Measure Combined Current at V1, V2 and V <sub>S</sub> Pins Averaged with V <sub>VS</sub> = 3.560V and V <sub>VS</sub> = 3.6V (Note 3)	●		70	μA
I <sub>QFH</sub>	Quiescent Supply Current at High Supply While in Forward Regulation	V <sub>V1</sub> = 36V, V <sub>V2</sub> = 36V. Measure Combined Current at V1, V2 and V <sub>S</sub> Pins Averaged with V <sub>VS</sub> = 35.960V and V <sub>VS</sub> = 36V (Note 3)	●		130	μA
I <sub>QRL</sub>	Quiescent Supply Current at Low Supply While in Reverse Turn-Off	V <sub>V1</sub> = 3.6V, V <sub>V2</sub> = 3.6V. Measure Combined Current at V1, V2 and V <sub>S</sub> Pins with V <sub>VS</sub> = 3.7V	●		70	μA
I <sub>QRH</sub>	Quiescent Supply Current at High Supply While in Reverse Turn-Off	V <sub>V1</sub> = 35.9V, V <sub>V2</sub> = 35.9V. Measure Combined Current at V1, V2 and V <sub>S</sub> Pins with V <sub>VS</sub> = 36V	●		130	μA
I <sub>QCL</sub>	Quiescent Supply Current at Low Supply with E1 and E <sub>2</sub> Active	V <sub>V1</sub> = 3.6V, V <sub>V2</sub> = 3.6V, V <sub>V1</sub> - V <sub>VS</sub> = 0.9V, V <sub>E1</sub> = 0V, V <sub>E2</sub> = 2V, V1 and V2 Measured Separately	●		30	μA
I <sub>QCH</sub>	Quiescent Supply Current at High Supply with E1 and E <sub>2</sub> Active	V <sub>V1</sub> = 36V, V <sub>V2</sub> = 36V, V <sub>V1</sub> - V <sub>VS</sub> = 0.9V, V <sub>E1</sub> = 0V, V <sub>E2</sub> = 2V, V1 and V2 Measured Separately	●		65	μA
I <sub>LEAK</sub>	V1, V2 and V <sub>S</sub> Pin Leakage Currents When Other Pin Supplies Power (Note 4)	V <sub>V1</sub> = V <sub>V2</sub> = 28V, V <sub>VS</sub> = 0V. Measure I <sub>VS</sub>	-10	-1	1	μA
		V <sub>V1</sub> = V <sub>V2</sub> = 14V, V <sub>VS</sub> = -14V. Measure I <sub>VS</sub>	-10	-1	1	μA
		V <sub>V1</sub> = V <sub>V2</sub> = 36V, V <sub>VS</sub> = 8V. Measure I <sub>VS</sub>	-10	-1	1	μA

## 標準的性能特性

●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。  $V_1 = V_2 = 12\text{V}$ ,  $E_1 = 2\text{V}$ ,  $\bar{E}_2 = \text{GND}$ ,  $\text{GND} = 0\text{V}$ 。  
ピンに流れ込む電流は正で、ピンから流れ出す電流は負である。注記がない限り、全ての電圧はGND基準。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>PowerPath コントローラ</b>						
$V_{FR}$	PowerPath Switch Forward Regulation Voltage	$V_{V1}, V_{V2} - V_{VS}, 3.6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ , $C_{G1} = C_{G2} = 3\text{nF}$	●	10	40	mV
$V_{RTO}$	PowerPath Switch Reverse Turn-Off Threshold Voltage	$V_{V1}, V_{V2} - V_{VS}, 3.6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ , $C_{G1} = C_{G2} = 3\text{nF}$	●	-40	-10	mV
$V_{FO}$	PowerPath Switch Forward Fast-On Voltage Comparator Threshold	$V_{V1}, V_{V2} - V_{VS}, 6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ , $C_{G1} = C_{G2} = 3\text{nF}, I_{G1}, I_{G2} > 500\mu\text{A}$	●	50	125	mV

## G1, G2 コントローラ

$I_{G(\text{SRC})}$	GATE Active Forward Regulation Source Current	(Note 5)		-9	-2	$\mu\text{A}$	
$I_{G(\text{SNK})}$	Sink Current	(Note 6)		15	200	$\mu\text{A}$	
$I_{G(\text{FO})}$	Sink Current During Fast-On	(Note 7)		500		$\mu\text{A}$	
$I_{G(\text{OFF})}$	Source Current During Fast-Off	(Note 12)			-500	$\mu\text{A}$	
$V_{G(\text{ON})}$	G1 and G2 Clamp Voltage	Apply $I_{G1} = I_{G2} = 2\mu\text{A}$ , $V_{V1} = V_{V2} = 12\text{V}$ , $V_{VS} = 11.8\text{V}$ , Measure $V_{V1} - V_{G1}$ or $V_{V2} - V_{G2}$	●	7.4	8.25	9.1	V
$V_{G(\text{OFF})}$	G1 and G2 Off Voltage	Apply $I_{G1} = I_{G2} = -30\mu\text{A}$ , $V_{V1} = V_{V2} = 12\text{V}$ , $V_{VS} = 12.2\text{V}$ , Measure $V_{V1} - V_{G1}$ or $V_{V2} - V_{G2}$	●		0.350	0.920	V
$t_{G(\text{ON})}$	G1 and G2 Turn-On Time	$V_{GS} < -6\text{V}$ , $C_G = 17\text{nF}$ (Note 8)	●			60	$\mu\text{s}$
$t_{G(\text{OFF})}$	G1 and G2 Turn-Off Time	$V_{GS} > -1.5\text{V}$ , $C_G = 17\text{nF}$ (Note 9)	●			30	$\mu\text{s}$
$t_{E(\text{OFF})}$	Enable Comparator Turn-Off Delay	(Note 14) LTC4416-1 Only	●			6	$\mu\text{s}$

## H1 および H2 オープンドレイン・ドライバ

$I_{H(\text{OFF})}$	H1 and $\bar{H}2$ Off Current	$3.6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ (Note 10)	●	-1	1	$\mu\text{A}$
$V_{H(\text{ON})}$	H1 and $\bar{H}2$ On Voltage	$3.6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ (Note 10)	●		100	mV
$t_{H(\text{ON})}$	H1 and $\bar{H}2$ Turn-On Time	(Note 11)			5	$\mu\text{s}$
$t_{H(\text{OFF})}$	H1 and $\bar{H}2$ Turn-Off Time	(Note 11)			10	$\mu\text{s}$

E1 および  $\bar{E}2$  イネーブル入力コンパレータ

$V_{REF}$	E1 and $\bar{E}2$ Input Threshold Voltage	$3.6\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ , $-40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ $4\text{V} \leq V_{V1}, V_{V2} \leq 36\text{V}$ , $-40^\circ\text{C}$ to $125^\circ\text{C}$		1.180	1.215	1.240	V
$I_E$	E1 and $\bar{E}2$ Input Leakage Current	$0\text{V} \leq V_{E1}, V_{E2} \leq 1.5\text{V}$	●	-100	100	nA	
$I_{G(\text{ENOFF})}$	Source Current When Other Channel Enabled (Note 13) LTC4416 LTC4416-1			-9	-3	$\mu\text{A}$	
				-500		$\mu\text{A}$	

**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回復不可能な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:** LTC4416Eは  $0^\circ\text{C}$  ~  $85^\circ\text{C}$  の範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C}$  ~  $85^\circ\text{C}$  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。LTC4416Iは  $-40^\circ\text{C}$  ~  $125^\circ\text{C}$  の動作温度範囲で保証されている。

**Note 3:** この電流は、外付けPチャネルMOSFETをLTC4416に接続して順方向レギュレーションで動作した場合に観察される電源電流と同じになる。

**Note 4:** 9つの順列のうち3つのみを示す。この仕様は、 $V_S$  または  $V_2$  を通じて電力を供給した場合と同じである。この仕様は、 $V_1$ 、 $V_2$ 、および  $V_S$  の互いの電圧差が28V以内である場合にのみ有効である。

**Note 5:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $G_1$  と  $G_2$  を9Vに強制する。 $G_1$  または  $G_2$  でソース電流を測定する場合、 $V_S$  を12Vに設定する。

**Note 6:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $G_1$  と  $G_2$  を9Vに強制する。 $G_1$  または  $G_2$  でシンク電流を測定する場合、 $V_S$  を11.96Vに設定する。

**Note 7:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $G_1$  と  $G_2$  を9Vに強制する。 $G_1$  または  $G_2$  でシンク電流を測定する場合、 $V_S$  を11.875Vに設定する。

**Note 8:** このイベントをトリガするには、 $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $V_S$  を12.2Vから11.8Vにステップ変化させる。 $G_1$  と  $G_2$  の電圧の初期値は  $V_{G(\text{OFF})}$  である。

**Note 9:** このイベントをトリガするには、 $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $V_S$  を11.8Vから12.2Vにステップ変化させる。 $G_1$  と  $G_2$  の電圧の初期値は  $V_{G(\text{ON})}$  である。

**Note 10:**  $H_1$  と  $H_2$  を2Vに強制する。 $H_1$  と  $H_2$  のオフ電流を測定する場合は、 $E_1$  と  $\bar{E}2$  を1.5Vに強制する。 $H_1$  と  $H_2$  のオン電圧を測定する場合は、 $H_1$  と  $H_2$  を1mAに強制する。

**Note 11:**  $H_1$  と  $H_2$  を2Vに強制する。 $t_{S(\text{ON})}$  を測定する場合は、 $E_1$  と  $\bar{E}2$  を1.3Vから1.1Vにステップ変化させる。 $t_{S(\text{OFF})}$  を測定する場合は、 $E_1$  と  $\bar{E}2$  を1.1Vから1.3Vにステップ変化させる。

**Note 12:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $G_1$  と  $G_2$  を9Vに強制する。 $G_1$  または  $G_2$  でソース電流を測定する場合は、 $V_S$  を12.05Vに設定する。

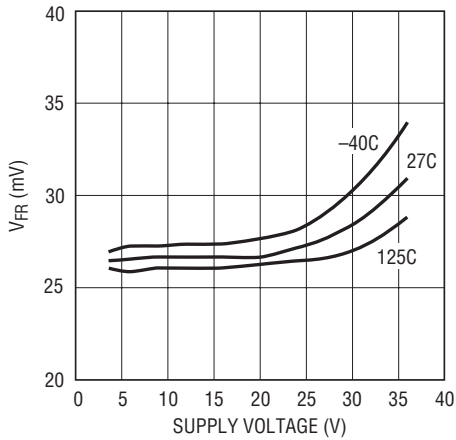
**Note 13:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $G_1$  と  $G_2$  を9Vに強制する。チャネルが非選択状態のときに、 $G_1$  または  $G_2$  でソース電流を測定する場合は、 $V_S$  を12Vに設定する。

**Note 14:**  $V_1$  と  $V_2$  を12Vに保ち、 $V_S$  を11.96Vとし、 $G_1$  と  $G_2$  に4kの抵抗を接続して9Vにする。チャネルをディスエーブルしてからゲート信号が"H"に引き上げられ始めるまでの遅延を測定する。

# LTC4416/LTC4416-1

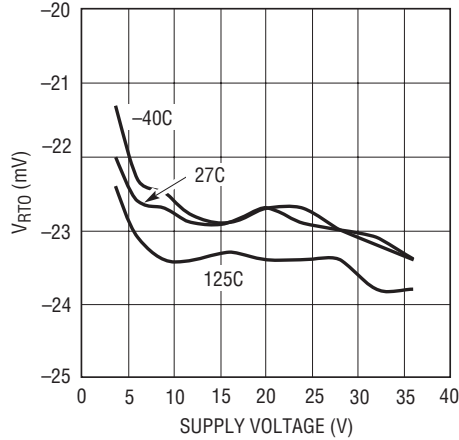
## 標準的性能特性

$V_{FR}$ と温度および電源電圧



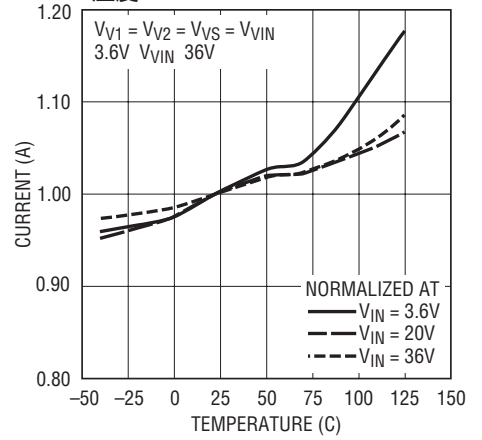
4416 G01

$V_{RTO}$ と温度および電源電圧



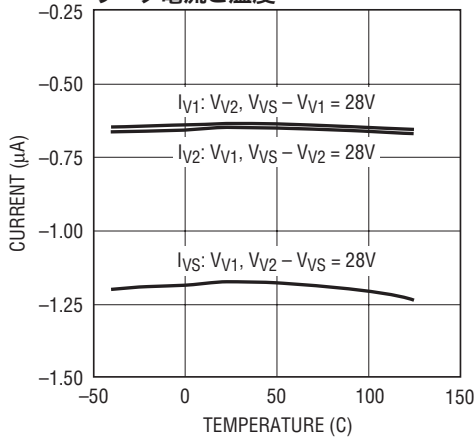
4416 G02

正規化された静止電源電流と温度



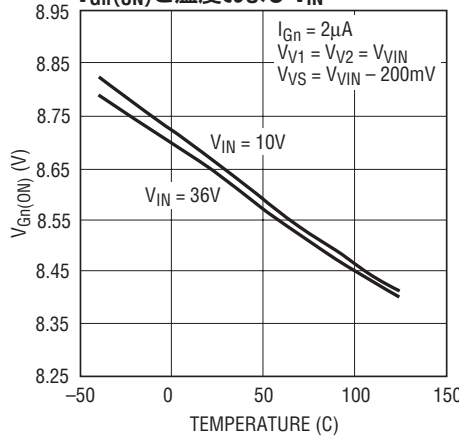
4416 G03

V1ピン、V2ピン、およびVSピンのリーク電流と温度



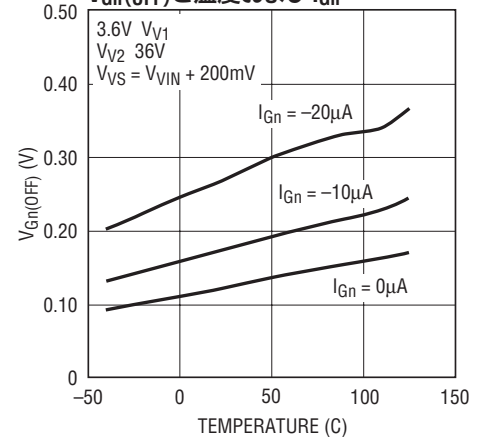
4416 G04

$V_{Gn(ON)}$ と温度およびVIN



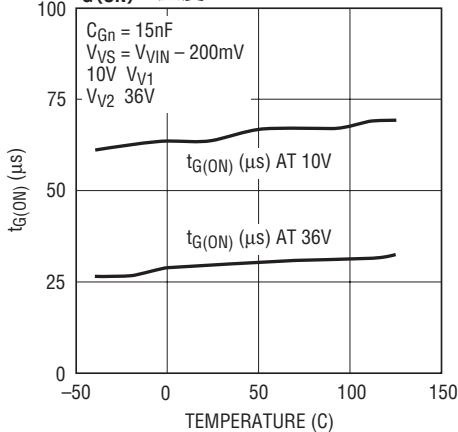
4416 G05

$V_{Gn(OFF)}$ と温度およびIGn



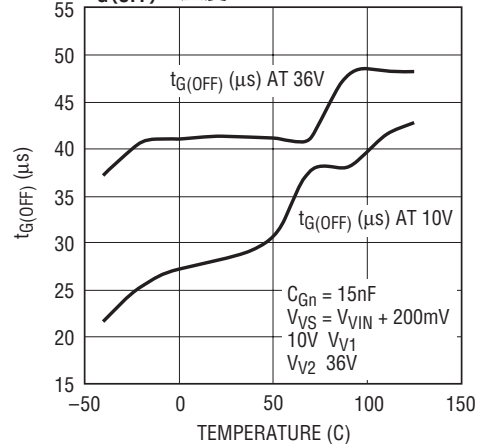
4416 G06

$t_{G(ON)}$ と温度



4416 G07

$t_{G(OFF)}$ と温度



4416 G08

## ピン機能

**H1 (ピン1) :** E1 ピンのオープンドレイン・コンパレータ出力。E1 > V<sub>REF</sub> の場合、H1 ピンは高インピーダンスになり、そうでない場合、このピンは接地されます。このピンで許容される最大電圧は、7V です。このピンは、外付け抵抗ネットワークを接続したヒステリシスの設定をサポートしています。

**E1 (ピン2) :** LTC4416 のコンパレータのイネーブル入力。V<sub>REF</sub> よりも高い“H”信号によって、V1 経路がイネーブルされます。その後、理想ダイオードの動作は、G1 ピンに接続された PFET を制御することによって V1 経路をオンにするかどうかを決定します。PFET が DC 電流をブロックするように適切に構成されていれば、E1 信号を“L”に駆動すると、V1 経路は「ソフトオフ」を実行します。E1 入力が 1.5V を超えると、内部電流シンクによって E1 ピンの電圧が引き下げられます。

**E1 (ピン2) :** LTC4416-1 のコンパレータのイネーブル入力。V<sub>REF</sub> よりも高い“H”信号によって、V1 経路がイネーブルされます。その後、理想ダイオードの動作は、G1 ピンに接続された PFET を制御することによって V1 経路をオンにするかどうかを決定します。E1 信号が“L”に駆動されると、「高速オフ」機能がイネーブルされて G1 ゲートが“H”に引き上げられることによって、V1 経路が素早くディスエーブルされます。E1 入力が 1.5V を超えると、内部電流シンクによって E1 ピンの電圧が引き下げられます。

**GND (ピン3) :** グランド。このピンは、内部回路全体に電源リターン経路を提供します。

**E2 (ピン4) :** LTC4416 のコンパレータのイネーブル入力。V<sub>REF</sub> よりも低い“L”信号によって、V2 経路がイネーブルされます。その後、理想ダイオードの動作は、G2 ピンに接続された PFET を制御することによって V2 経路をオンにするかどうかを決定します。PFET が DC 電流をブロックするように適切に構成されていれば、E2 信号を“H”に駆動すると、V2 経路は「ソフトオフ」を実行します。E2 入力が 1.5V を超えると、内部電流シンクによって E2 ピンの電圧が引き下げられます。

**E2 (ピン4) :** LTC4416-1 のコンパレータのイネーブル入力。V<sub>REF</sub> よりも低い“L”信号によって、V2 経路がイネーブルされます。その後、理想ダイオードの動作は、G2 ピンに接続された PFET を制御することによって V2 経路をオンにするかどうかを決定します。E2 信号が“H”に駆動されると、「高速オフ」機能がイネーブルされて G2 ゲートが“H”に引き上げられることによって、V2 経路が素早くディスエーブルされます。E2 入力が 1.5V を超えると、内部電流シンクによって E2 ピンの電圧が引き下げられます。

**H2 (ピン5) :** E2 ピンのオープンドレイン・コンパレータ出力。E2 > V<sub>REF</sub> の場合、H2 ピンは高インピーダンスになり、そうでない場合、このピンは接地されます。このピンで許容される最大電圧は、7V です。このピンは、外付け抵抗ネットワークを接続したヒステリシスの設定をサポートしています。

**G2 (ピン6) :** 第2Pチャンネル MOSFET パワースイッチのゲート駆動ピン。このピンは、V2 が V<sub>S</sub> よりも高い場合、V2 ピンと V<sub>S</sub> ピン間の 25mV の順方向レギュレーション電圧 (V<sub>FR</sub>) を維持するように第2パワー・コントローラから指示されます。V2 が V<sub>S</sub> よりも低い場合は、G2 ピンが V<sub>S</sub> ピンの電圧に引き上げられ、第2Pチャンネル・パワースイッチはオフになります。

**V2 (ピン7) :** 第2入力電源電圧。第2パワー・コントローラおよびバンドギャップ・リファレンスに電力を供給します。V2 は、第2内部パワー・コントローラの2つの電圧検出入力のうちの1つです(第2内部パワー・コントローラのもう1つの入力は、V<sub>S</sub> ピンです)。この入力には、通常、第2(バックアップ)電源から電力が供給されます。負荷トランジエントを抑制する必要がある場合、0.1μF ~ 10μF の範囲のコンデンサを使用してこのピンをグラウンドにバイパスできます。

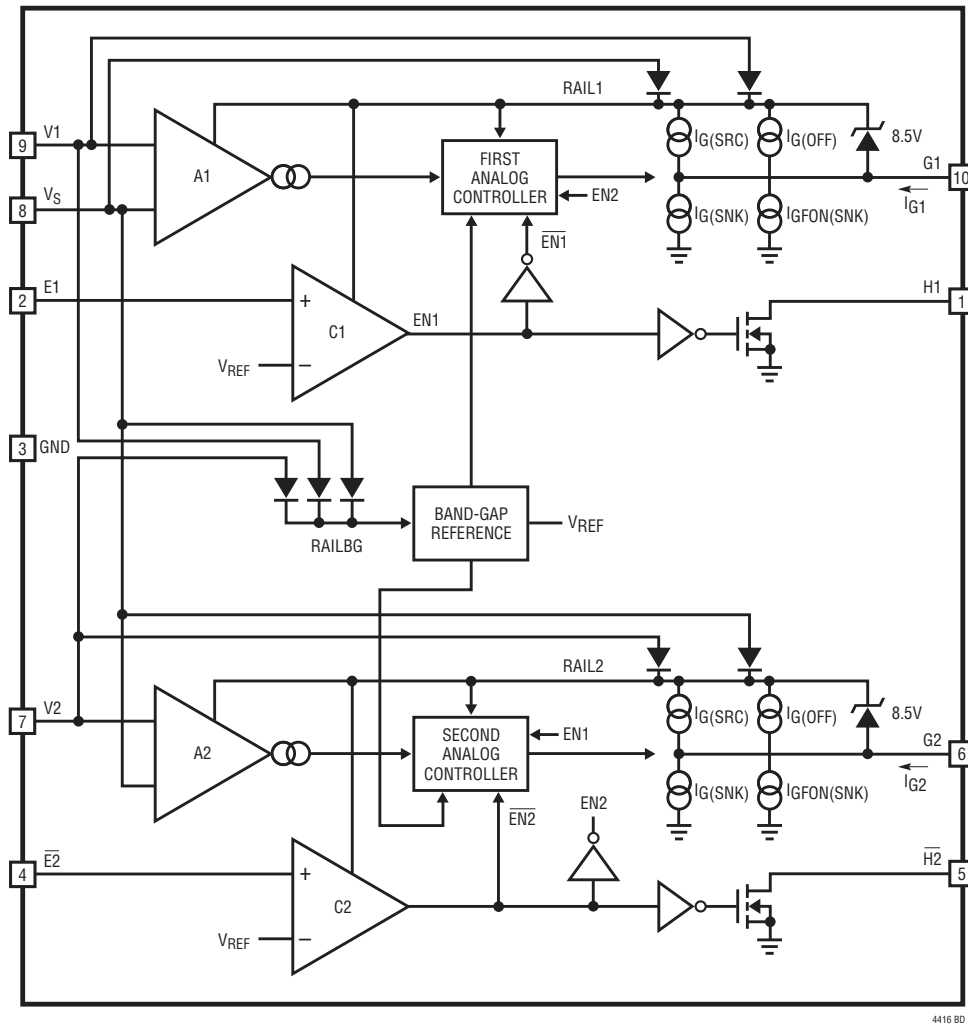
**Vs (ピン8) :** 電力検出入力ピン。第1パワー・コントローラと第2パワー・コントローラの両方、およびバンドギャップ・リファレンスの内部回路に電力を供給します。このピンは、両方の内部アナログ・コントローラの電圧検出入力でもあります(第1コントローラのもう1つの入力は V1 ピンであり、第2コントローラのもう1つの入力は V2 ピンです)。この入力には、負荷にも電流を供給する補助電源から電力を供給することもできます。

**V1 (ピン9) :** 第1入力電源電圧。第1パワー・コントローラとバンドギャップ・リファレンスに電力を供給します。V1 は、第1内部パワー・コントローラの2つの電圧検出入力のうちの1つです(第1内部パワー・コントローラのもう1つの入力は、V<sub>S</sub> ピンです)。この入力には、通常、第1(主)電源から電力が供給されます。負荷トランジエントを抑制する必要がある場合、0.1μF ~ 10μF の範囲のコンデンサを使用してこのピンをグラウンドにバイパスできます。

**G1 (ピン10) :** 第1Pチャンネル MOSFET パワースイッチのゲート駆動ピン。このピンは、V1 が V<sub>S</sub> よりも高い場合に、V1 ピンと V<sub>S</sub> ピン間の 25mV の順方向レギュレーション電圧 (V<sub>FR</sub>) を維持するように第1パワー・コントローラから指示されます。V1 が V<sub>S</sub> よりも低い場合は、G1 ピンが V<sub>S</sub> ピンの電圧に引き上げられ、第1Pチャンネル・パワースイッチはオフになります。



## ブロック図



4416 BD

## 動作

内部回路ブロックを示す「ブロック図」を参照すると、動作をよく理解することができます。LTC4416/LTC4416-1は、以下の3つの部分に分かれています。

1. A1、C1、「第1アナログ・コントローラ」、G1ドライバ、およびH1出力ドライバで構成されるチャンネル1コントローラ
2. バンドギャップ・リファレンス
3. A2、C2、「第2アナログ・コントローラ」、G2ドライバ、およびH2出力ドライバで構成されるチャンネル2コントローラ

これら3つの部分には、レールと呼ばれる内部で生成される専用の電源があります。RAIL1は、チャンネル1コントローラに電力を供給します。RAIL2は、チャンネル2コントローラに電力を供給します。内部RAILBGは、バンドギャップ・リファレンスに電力を供給します。内部RAIL1は、V1とVsのうちの高い方の電圧から電力を得ます。内部RAIL2は、V2とVsのうちの高い方の電圧から電力を得ます。RAILBGは、V1、V2、およびVsのうちの最も高い電圧から電力を得ます。3つの部分は、全てGNDピンに接続された共通グラウンドを共有しています。

4416fa

## 動作

バンドギャップ・リファレンスは、チャンネル1コントローラとチャンネル2コントローラで使用される内部バイアス電流を供給します。バンドギャップ・リファレンスは、コンパレータC1およびC2が使用する高精度電圧リファレンス( $V_{REF}$ )も供給します。 $V_1$ 、 $V_2$ 、または $V_S$ のいずれかに最小動作電圧が存在する間、バンドギャップ・リファレンスに電力が供給されます。

C1コンパレータとC2コンパレータは、E1入力と内部 $V_{REF}$ 信号間、およびE2入力と内部 $V_{REF}$ 信号間の固定された比較をそれぞれ提供します。これらのコンパレータの出力は、H1およびH2オープンドレイン出力で直接示されます。H1とH2の出力ステータスは、 $V_{V1} - V_{VS}$ および $V_{V2} - V_{VS}$ の間の相対電圧差にはそれぞれ依存しません。 $V_{E1}$ が $V_{REF}$ よりも低い場合、H1オープンドレイン出力は、GNDに接続されて低インピーダンスになります。 $V_{E2}$ が $V_{REF}$ よりも低い場合、H2オープンドレイン出力は、GNDに接続されて低インピーダンスになります。

A1回路およびA2回路は、両方ともハイサイド・トランスコンダクタンス・アンプおよびコンパレータとして機能します。アナログ・コントローラが完全にイネーブルされると、A1とA2の動作は完全に同じになります。G1電流との関係を図1に示します。

$V_{V1} - V_{VS} < V_{RTO}$ である場合、A1が逆ターンオフ状態をアクティブにし、 $I_{G1}$ 電流が $I_{G(OFF)}$ になります。 $V_{RTO} < V_{V1} - V_{VS} < V_{FR}$ である場合、A1はクラスA出力として動作し、 $I_{G1}$ 電流は $I_{G(SRC)}$ に固定されます。電圧 $V_{V1} - V_{VS}$ が順方向レギュレーション電圧( $V_{FR}$ )に近づくと、 $I_{G(SNK)}$ 電流は $V_{V1} - V_{VS}$ に比例するようになります。 $V_{V1} - V_{VS} > V_{FON}$ である場合、A1が高速オン状態( $t_{G(ON)}$ )をアクティブにし、 $I_{G1}$ 電流が $I_{G(FON(SNK))}$ に設定されます。

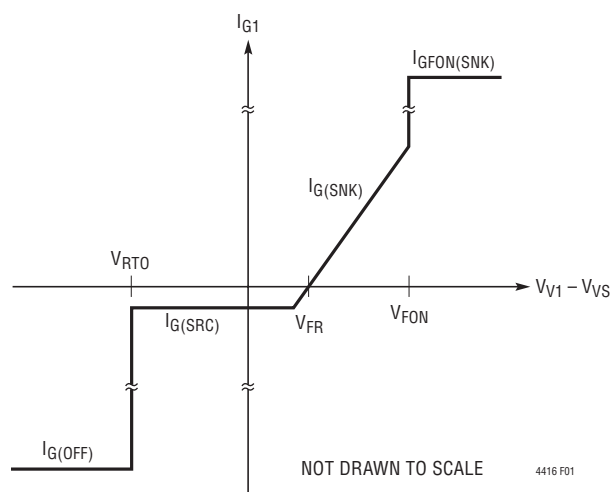


図1.  $I_{G1}$ と $V_{V1} - V_{VS}$

## LTC4416の動作

LTC4416アナログ・コントローラの動作モードを制御できる点が、2個のPowerPathコントローラを使用した単純な回路の動作とは異なっています。表1では、このアナログ・コントローラのさまざまな動作モードを説明しています。

表1.LTC4416の動作モード

E1	E2	動作モード	$I_{G(OFF)1}$	$I_{G(OFF)2}$
1	0	Load Sharing	Enabled	Enabled
1	Sense	$V_1$ is Less Than $V_2$	Enabled	
Sense	0	$V_1$ is Greater Than $V_2$		Enabled
0	X	Channel 1 Disabled. Do Not Use	Disabled	
X	1	Channel 2 Disabled. Do Not Use		Disabled
0	1	Both Channels Disabled	Disabled	Disabled

LTC4416には、6つの動作モードがあります。各動作モードは、E1入力ピンとE2入力ピンの構成によって決まります。

### 負荷シェアリング動作

負荷シェアリング・モードでは、LTC4416は2つの独立したPowerPathコントローラに構成されます。このモードは、第1アナログ・コントローラと第2アナログ・コントローラの両方を完全にイネーブルすることで、実現されます。両方のチャンネルで、図1に示すゲート駆動が実現されます。

### $V_1$ が $V_2$ よりも低い場合の動作

チャンネル1が完全にイネーブルされます。 $V_{V1} - V_{VS} < V_{RTO}$ である場合、チャンネル1が、図1に示す $I_{G1}$ 電流を全て実現します。

$V_{E2}$ が $V_{REF}$ しきい値を超えた場合、チャンネル2は「ソフトオフ・モード」になります。つまり、G2は、 $I_{G(SRC)}$ 電流または $I_{G(OFF)}$ 電流のどちらかを供給するのではなく、 $I_{G(SRC)}$ 電流のみを供給します。

$V_{E2}$ が $V_{REF}$ しきい値を下回った場合、チャンネル2が完全にイネーブルされ、G2がアクティブになって、図1に示す $I_{G1}$ 出力電流を実現します。

# LTC4416/LTC4416-1

## 動作

### V1がV2よりも高い場合の動作

$V_{E1}$ が $V_{REF}$ しきい値を下回った場合、チャンネル1は「ソフトオフ・モード」になります。つまり、 $G1$ は、 $I_G$  (SNK) 電流または  $I_{GFON}$  (SNK) 電流を供給するのではなく、 $I_G$  (SRC) 電流のみを供給します。

$V_{E1}$ が $V_{REF}$ しきい値を超えると、チャンネル1が即座に完全にイネーブルされ、 $G1$ がアクティブになって、図1に示した出力電流を実現します。

チャンネル2が完全にイネーブルされます。 $V_{V1} - V_{VS} < V_{RTO}$ である場合、チャンネル2が、図1に示す  $I_{G2}$  電流を全て実現します。

### チャンネル1をディスエーブルする

LTC4416は、 $E1$ を接地し、 $\bar{E}2$ を不定状態のままにすることでチャンネル1をディスエーブルするには設計されていません。これが発生した場合、チャンネル2のPowerPathコントローラの逆ターンオフが機能しなくなります。LTC4416が電氣的に損傷することはありません。

### チャンネル2をディスエーブルする

LTC4416は、 $\bar{E}2$ を“H”に接続し、 $E1$ を不定状態のままにすることでチャンネル2をディスエーブルするには設計されていません。これが発生した場合、チャンネル1のPowerPathコントローラの逆ターンオフが機能しなくなります。LTC4416が電氣的に損傷することはありません。

### 両方のチャンネルをディスエーブルする

LTC4416の両方のチャンネルをディスエーブルすると、 $G1$ と $G2$ の電流は両方とも  $I_G$  (SRC) に設定されます。

### LTC4416-1の動作

LTC4416-1は、過電圧保護/低電圧保護のため、または他の電圧入力の状態にかかわらず、どちらかの電圧経路を高速でオフにする必要がある場合のために設計されています。LTC4416-1には、LTC4416に実装されているソフトオフ機能が実装されていません。 $E1$ と $\bar{E}2$ が非アクティブになると、それらの各チャンネルの  $I_G$  電流が強制的に  $I_G$  (OFF) になります。表2では、 $E1$  入力および  $\bar{E}2$  入力の動作を説明しています。「アクティブ」という用語は、 $V_{Vn} - V_{VS}$  の値にかかわらず、 $Gn$  ピンに対して  $I_G$  (OFF) 電流が強制されることを意味しています。「イネーブル」という用語は、 $V_{Vn} - V_{VS} < V_{RTO}$  である場合にのみ、 $I_G$  (OFF) 電流が  $Gn$  ピンに供給されることを意味しています。

表2. LTC4416-1の動作モード

E1	E2	動作モード	$I_G$ (OFF)1	$I_G$ (OFF)2
0	X	Undervoltage Protection	Active	
X	1	Overvoltage Protection		Active
1	X	Channel 1 PowerPath	Enabled	
X	0	Channel 2 PowerPath		Enabled

## アプリケーション情報

### LTC4416

LTC4416は、主要な3つのアプリケーションをサポートするように設計されています。最初の2つのアプリケーションは、 $V1$ が主電源、 $V2$ がバックアップ電源であることを前提にしています。1番目のアプリケーションでは、 $V1$ 電源は通常  $V2$ よりも低くなります。2番目のアプリケーションでは、 $V1$ 電源は通常  $V2$ よりも高くなります。3番目のアプリケーションは、 $V1$ と $V2$ の値が比較的同じである場合に、負荷シェアリングのケースに対処します。

### V1がV2よりも低い

図2に、このケースの外付け抵抗の構成を示します。

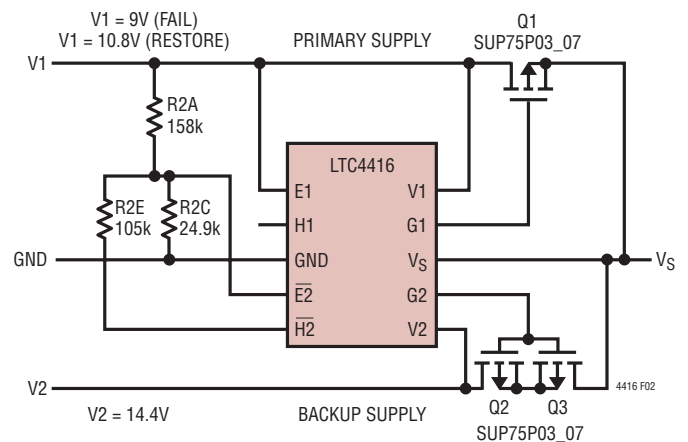


図2



## アプリケーション情報

この構成は、V1を12V電源、V2電源を4セル・リチウムイオン・バッテリー・パックにして使用されます。V1が12Vになると、E2によって、G2がV2に強制されることにより、Q2AとQ2Bを介したV2電源とV<sub>S</sub>の接続がディスエーブルされ、H2がオープン状態になります。E1がV<sub>REF</sub>よりも高い電圧に接続されて、V1とV<sub>S</sub>の間の経路がアクティブになります。E1入力を接地することによって、V<sub>S</sub>出力を完全に遮断できます。LTC4416は、V1、V2、およびV<sub>S</sub>のうち、最も高い電圧から電力を受け取ります。この構成では、V1電源が9V未満に低下するまで、V1からV<sub>S</sub>に電力が供給されます。

V1が9V未満に低下すると、H2ピンの電圧がGNDに近づき、G2の電圧がV2を下回るV<sub>CLAMP</sub>に低下し、G1がV<sub>S</sub>の電圧レベルに上昇します。V2は、V1が10.8Vを超えて上昇するまでV<sub>S</sub>に電流を供給します。H1出力は、E1入力にV<sub>REF</sub>の電圧レベル未満に低下するまでオープン状態になります。

V1のV<sub>FAIL</sub>は、次式で決定されます。

$$V_{\text{FAIL}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{R2A + R2C}{R2C}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{158\text{k} + 24.9\text{k}}{24.9\text{k}} = 8.98\text{V}$$

V1のV<sub>RESTORE</sub>は、次式で決定されます。

$$V_{\text{RESTORE}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{(R2A + (R2C \parallel R2E))}{R2C \parallel R2E}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{158\text{k} + (24.9\text{k} \parallel 105\text{k})}{24.9\text{k} \parallel 105\text{k}} = 10.81\text{V}$$

### V1がV2よりも高い

図3に、このケースの外付け抵抗の構成を示します。

この構成は、V1を12V電源、V2電源を3セル・リチウムイオン・バッテリー・パックにして使用されます。V1が16Vになると、E1によってV1電源が主電源としてイネーブルされ、V1 > V2になるため、V2電源がディスエーブルされます。E1 > V<sub>REF</sub>になると、H1出力がオープン状態になります。H1を接地し、強制的にE2 > V<sub>REF</sub>にすることによって、V<sub>S</sub>出力を完全に遮断できます。LTC4416は、V1、V2、およびV<sub>S</sub>のうち、最も高い電圧から電力を受け取ります。この構成では、V1電源が12V未満に低下するまで、V1からV<sub>S</sub>に電力が供給されます。

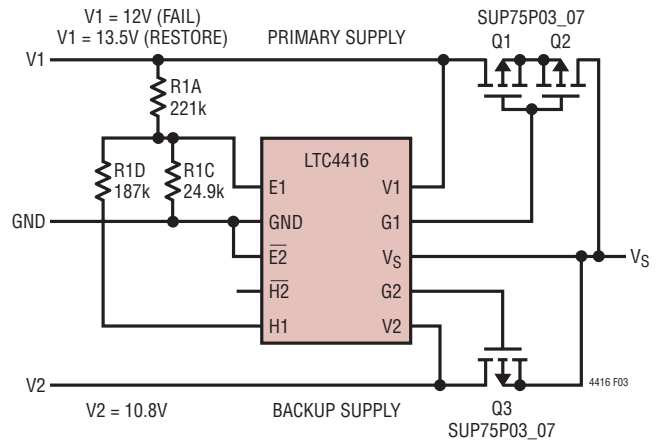


図3

V1が12V未満に低下すると、H1ピンの電圧がGNDに近づき、G2の電圧がV2を下回るV<sub>CLAMP</sub>に低下し、G1がV1の電圧レベルに上昇します。V2は、V1が13.5Vを超えて上昇するまでV<sub>S</sub>に電流を供給します。E2入力がV<sub>REF</sub>の電圧レベルを超えるまで、H2出力はGNDに短絡されます。

V1のV<sub>FAIL</sub>は、次式で決定されます。

$$V_{\text{FAIL}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{R1A + R1C}{R1C}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{221\text{k} + 24.9\text{k}}{24.9\text{k}} = 12.07\text{V}$$

V1のV<sub>RESTORE</sub>は、次式で決定されます。

$$V_{\text{RESTORE}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{(R1A + (R1C \parallel R1D))}{R1C \parallel R1D}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{221\text{k} + (24.9\text{k} \parallel 187\text{k})}{24.9\text{k} \parallel 187\text{k}} = 13.51\text{V}$$

### 負荷シェアリング

図4に、このケースの構成を示します。

この構成は、V1とV2が比較的同じ電圧である場合に使用されます。このケースでは、LTC4416は相互接続された2つの理想ダイオード・コントローラとして機能します。V<sub>S</sub>には、2つの電源(V1およびV2)のうち、電圧の高い方が供給されます。V1とV2が全く同じである場合は、V<sub>S</sub>の電流の50%が各電源から供給されます。2つの電源の電圧差が100mVよりも大きい場合、V1とV2のうちの高い方から負荷に100%供給されます。

# LTC4416/LTC4416-1

## アプリケーション情報

ユーザーは、E1とE2を使用して、それらをデジタル・コントローラに接続することによって、2つの電源のどちらかかをディスエーブルすることを選択できます。E1が“L”になると、V1はVsに電流を供給しなくなります。E2が“H”になると、V2はVsに電流を供給しなくなります。E1が“L”になり、E2が“H”になると、Vsはディスエーブルされます。

図5に、シャットダウン・オプションを使用しない同じアプリケーションを示します。このアプリケーションは、損失が図4の1/2であり、5Vレール用に構成されています。

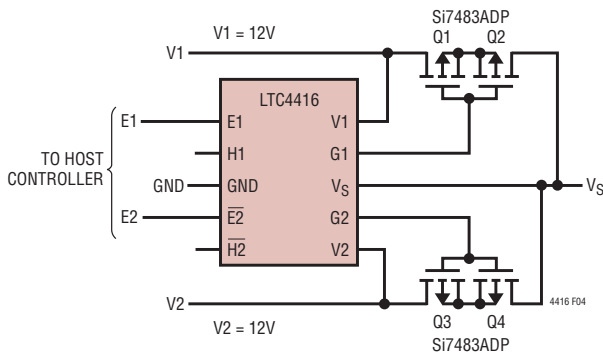


図4

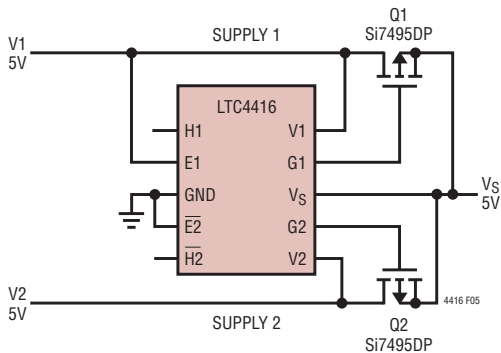


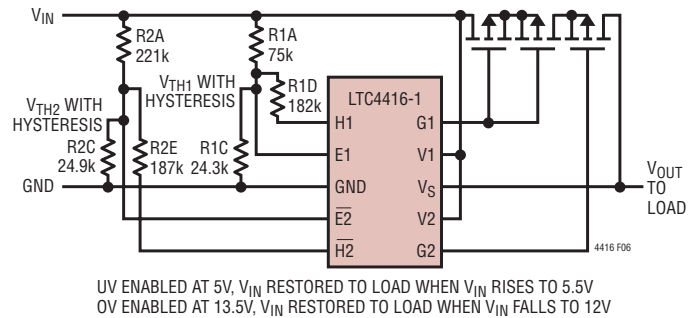
図5. 電流分担用のデュアルPowerPath

### LTC4416-1

LTC4416-1は、「ソフトオフ」機能を使用しないで、LTC4416の3つのアプリケーションを全てサポートします。2つの設計の相違点は、LTC4416-1が、チャンネルがディスエーブルされたときに負荷を電源から高速にオフにすることだけです。負荷状態で電源が一定量の電圧変動を許容できない場合、または負荷が急速な入力電源の変動から保護されている場合、この高速ターンオフ機能をディスエーブルします。

### 低電圧および過電圧シャットダウン

入力電圧が低すぎる場合または高すぎる場合に負荷への電力供給をディスエーブルするアプリケーション回路について、図6を参照してください。VINが0Vから開始されると、VINが5.5Vに達するまで、負荷と出力の間がディスエーブルされません。電源電圧が13.5Vを超えるまで、V1経路がイネーブルされ、入力に負荷が接続されたままになります。この電圧で、V2経路はディスエーブルされます。入力電圧が低下して12Vになり、V2経路がイネーブルされると、電圧源が負荷に再接続されます。最終的に、電圧が5V未満に低下すると、負荷が入力電源から除去されます。



UV ENABLED AT 5V, VIN RESTORED TO LOAD WHEN VIN RISES TO 5.5V  
OV ENABLED AT 13.5V, VIN RESTORED TO LOAD WHEN VIN FALLS TO 12V

図6

### 低電圧

$$V_{\text{FAIL}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{R1A + R1C}{R1C}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{75\text{k} + 24.3\text{k}}{24.3\text{k}} = 4.99\text{V}$$

$$V_{\text{RESTORE}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{(R1A + (R1C \parallel R1D))}{R1C \parallel R1D}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{75\text{k} + (24.3\text{k} \parallel 182\text{k})}{24.3\text{k} \parallel 182\text{k}} = 5.497\text{V}$$

## アプリケーション情報

### 過電圧

$$V_{\text{FAIL}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{R2A + R2C \parallel R2E}{R2C \parallel R2E}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{221\text{k} + 24.9\text{k} \parallel 187\text{k}}{24.9\text{k} \parallel 187\text{k}} = 13.51\text{V}$$

$$V_{\text{RESTORE}} = V_{\text{ETH}} \cdot \frac{R2A + R2C}{R2C}$$

$$= 1.222\text{V} \cdot \frac{221\text{k} + 24.9\text{k}}{24.9\text{k}} = 12.07\text{V}$$

ここでは、並行して動作する過電圧および低電圧ロックアウト回路を示しています。電圧経路のどちらか1つのみを使用し、それ以外の部品を取り除くことによって、過電圧ロックアウトまたは低電圧ロックアウトのいずれかの回路を構成できます。過電圧保護用に構成されたLTC4416-1について、図7を参照してください。入力電圧がグランド未満に低下しない場合は、トランジスタQ1を削除できます。

この構成では、LTC4416ではなくLTC4416-1を使用する必要があります。これは、LTC4416-1が、過電圧または低電圧状態を検出した場合に高速にオフになるためです。図6の回路構成を使用した2つのデバイスのトランジェント応答の比較について、図8を参照してください。LTC4416は、「高速オフ」機能がイネーブルされていないため、過電圧状態または低電圧状態で、素早くオフになりません。このため、出力電圧が目的の範囲を超えて変動します。

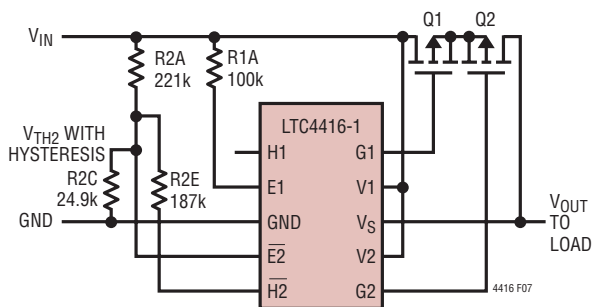


図7. 過電圧保護用に構成されたLTC4416-1

図9に、図8と比較して非常に小さい時間スケールで、急速に変化する入力電圧を示します。LTC4416では、急激なプルアップ電流を加える前に、 $t_{\text{E(OFF)}}$ 時間が必要になります。ゲート電圧は、最小電流が500 $\mu\text{A}$ の $I_{\text{G(OFF)}}$ によって“H”に引き上げられます。ゲートの放電時間は、回路の外付けFETの容量および初期ゲート-ソース間電圧によって決まります。合計遅延時間は、次式から求められます。

$$t_{\text{DELAY}} = t_{\text{E(OFF)}} + t_{\text{DISCHARGE}}$$

$$= t_{\text{E(OFF)}} + \frac{C_{\text{GS}} \cdot \Delta V}{I_{\text{G(OFF)}}$$

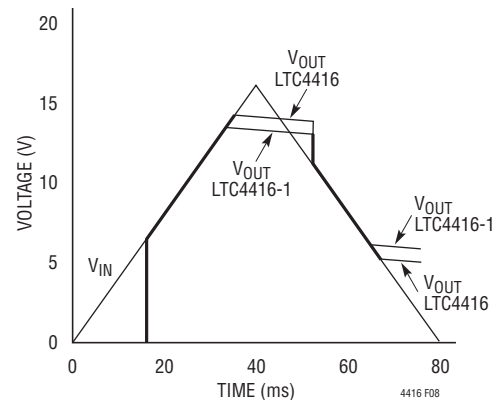


図8. VOUTに大容量コンデンサを接続した軽負荷時のLTC4416とLTC4416-1のトランジェント応答

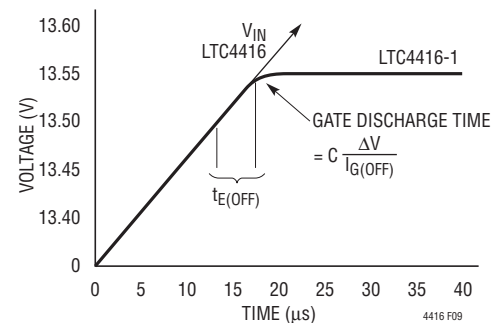
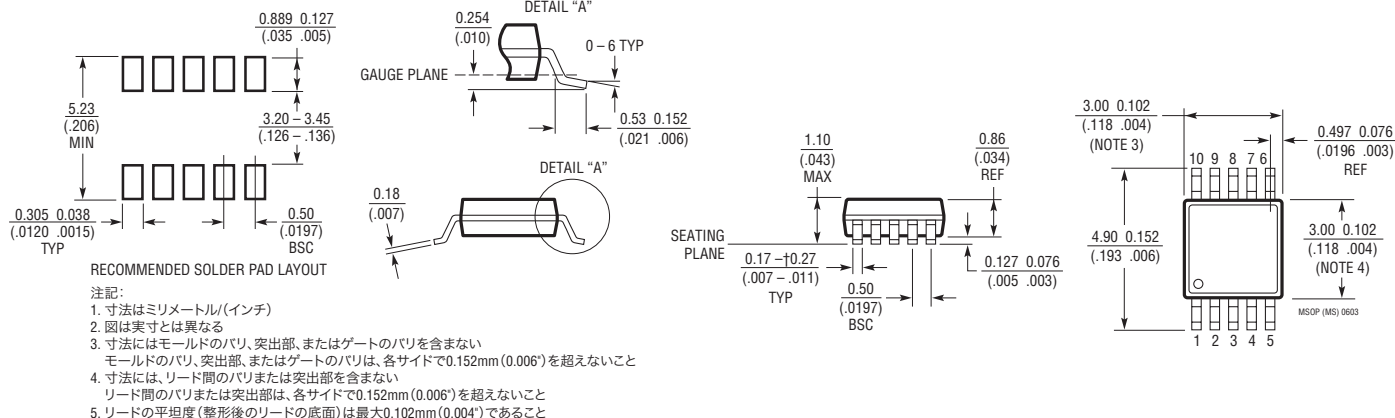


図9. LTC4416-1のトランジェント応答の急速な入力電圧上昇部分の拡大図

# LTC4416/LTC4416-1

## パッケージ

### MS Package 10-Lead Plastic MSOP (Reference LTC DWG # 05-08-1661)



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1473	デュアル PowerPath スイッチ・ドライバ	最高 30V の電源の切り替えと絶縁
LTC1479	デュアル・バッテリー・システム用 PowerPath コントローラ	2つのバッテリー、DC 電源、チャージャ、およびバックアップのための完全な電源経路の管理
LTC1558/ LTC1559	プログラム可能な出力付きバックアップ・バッテリー・コントローラ	1.2V NiCd ボタン・セルから可変バックアップ電圧を生成、昇圧コンバータ内蔵
LT <sup>®</sup> 1579	300mA デュアル入力スマートバッテリー・バックアップ・レギュレータ	デュアル入力で出力レギュレーションを維持、ドロップアウト電圧: 0.4V、出力電流: 300mA
LTC1733/ LTC1734	モノリシック・リニア・リチウムイオン・バッテリーチャージャ	温度レギュレーション、外付けの MOSFET/センス抵抗不要
LTC1998	2.5μA、精度 1% のプログラム可能なバッテリー電圧検出器	トリップ電圧とヒステリシスを調整可能、ThinSOT™
LTC4055	USB パワー・コントローラとリチウムイオン・リニア・チャージャ	自動バッテリー切り替え、温度レギュレーション、AC アダプタおよび USB 電源から充電、4mm×4mm QFN パッケージ
LTC4066	USB パワー・コントローラおよびバッテリー・チャージャ	1セル・リチウムイオン・バッテリーを USB ポートから直接充電、温度レギュレーション、50mΩ の理想ダイオード、4mm×4mm の QFN-24 パッケージ
LTC4085	理想ダイオード・コントローラおよびリチウムイオン・チャージャ付き USB パワーマネージャ	1セル・リチウムイオン・バッテリーを USB ポートから直接充電、温度レギュレーション、200mΩ の理想ダイオード (50mΩ 未満のオプションあり)、4mm×3mm DFN-14 パッケージ
LTC4354	負電圧ダイオード OR コントローラおよびモニタ	パワー・ショットキ・ダイオードの代替、80V 動作
LTC4410	ThinSOT の USB パワー・マネージャ	バッテリー充電と USB 周辺機器が同時に動作可能
LTC4411	SOT-23 理想ダイオード	2.6A の順方向電流、28mV の安定化順方向電圧
LTC4412HV	MSOP パッケージの 36V 低損失 PowerPath コントローラ	動作温度範囲: -40°C ~ 125°C、DC ソースの自動切り替え
LTC4413	3mm×3mm DFN パッケージのデュアル 2.6A、2.5V ~ 5.5V 理想ダイオード	オン抵抗: 100mΩ、逆リーク電流: 1μA、安定化順方向電圧: 28mV
LTC4414	大型 PFET 用 36V 低損失 PowerPath コントローラ	大きな Q <sub>G</sub> の PFET を駆動、電源 OR 接続ダイオードに代わる低損失デバイス、AC/DC アダプタ電圧範囲: 3.5V ~ 36V、MSOP-8 パッケージ

ThinSOT はリニアテクノロジー社の商標です。

4416fa

12

リニアテクノロジー株式会社

〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6紀尾井町パークビル8F

TEL 03-5226-7291 • FAX 03-5226-0268 • [www.linear-tech.co.jp/LTC4416](http://www.linear-tech.co.jp/LTC4416)

LT0507 REV A • PRINTED IN JAPAN

**LINEAR**  
TECHNOLOGY

© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2005