LTC1647-1/ LTC1647-2/LTC1647-3

デュアル・ホットスワップ コントローラ

特長

- **電源の入ったバックプレーンに対し ボードを安全に挿入/引抜き可能**
- **プログラム可能な電子回路ブレーカ**
- **FAULT出力表示**
- プログラム可能な供給電圧上昇レート
- 外部MOSFETスイッチ用ハイサイド・ドライブ
- 2.7V～16.5Vの範囲で供給電圧を制御
- 低電圧ロックアウト

アプリケーション

- ボードの活線挿入
- 電子回路ブレーカ
- ポータブル・コンピュータのデバイス・ベイ
- ホットプラグ・ディスク・ドライブ

、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。Hot Swapはリニアテクノロジー社の商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

概要

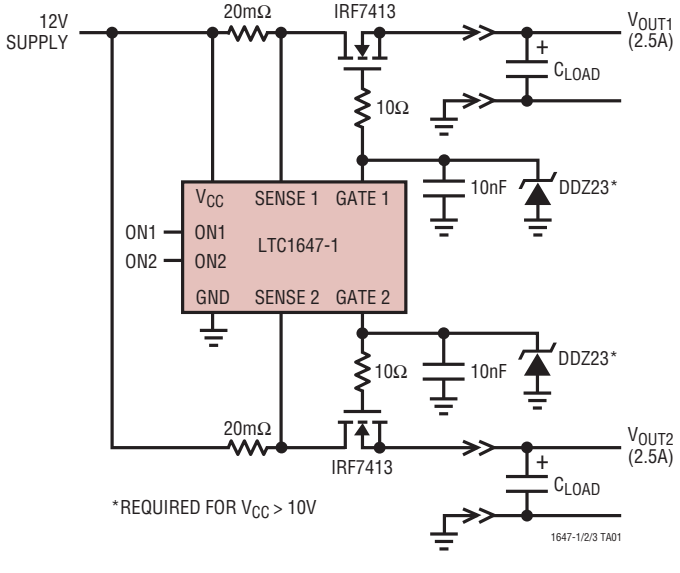
LTC®1647-1/LTC1647-2/LTC1647-3は、電源の入ったバックプレーンに対し安全な挿入、引抜きを可能にするデュアル・ホットスワップ™(活線挿抜)コントローラです。

外付けNチャネルFETを使用し、ボードへの供給電圧を徐々に増加させるプログラミングが可能です。ハイサイドスイッチ・ドライバは2.7V～16.5Vの電圧を供給するためにMOSFETのゲートを制御します。プログラム可能な回路ブレーカにより過負荷や短絡から保護します。ONピンはボード電源を制御したり、フォールトをクリアするのに使用されます。

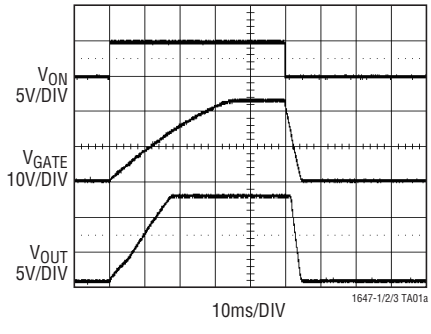
LTC1647-1は、共通のV_{CC}ピン、独立したONピンを備えたデュアル・ホットスワップ・コントローラで、SO-8パッケージで供給されます。LTC1647-2はLTC1647-1と類似していますがONピンでフォールト・ステータス・フラグが自動リトライと結合されており、同じくSO-8パッケージで供給されます。LTC1647-3は各チャネルに独立したV_{CC}ピン、ONピン、および$\overline{FAULT}$ステータス・ピンを備えて、16ピン細型SSOPパッケージで供給されます。

標準的応用例

マザーボードに搭載したデュアルHot Swapコントローラ



オン/オフ・シーケンス



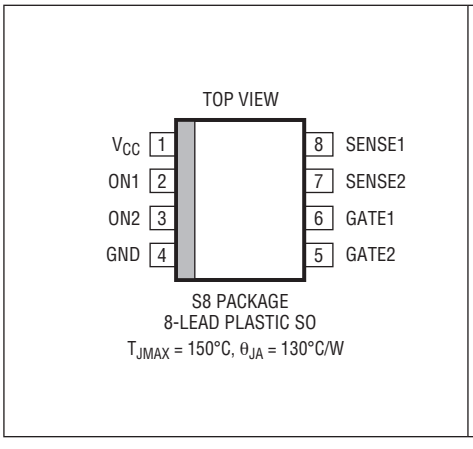
絶対最大定格

(Note 1)

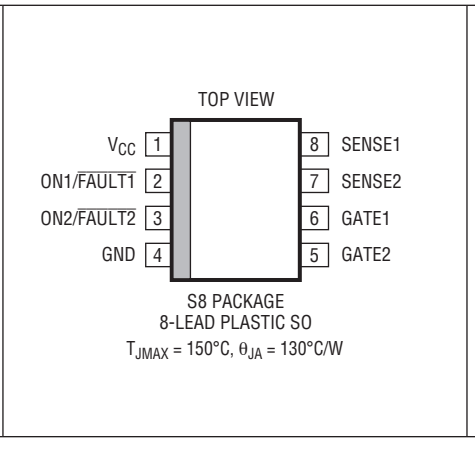
電源電圧(V_{CC}) 17V
入力電圧(SENSE) .....–0.3V～(V_{CC}+0.3V)
入力電圧 (ON) .....–0.3V～17V
出力電圧($\overline{FAULT}$) .....–0.3V～17V
出力電圧(GATE) .....内部で制限されている (Note 3)

動作温度範囲
Cグレード.....0°C～70°C
Iグレード.....–40°C～85°C
保存温度範囲.....–65°C～150°C
リード温度(半田付け、10秒).....300°C

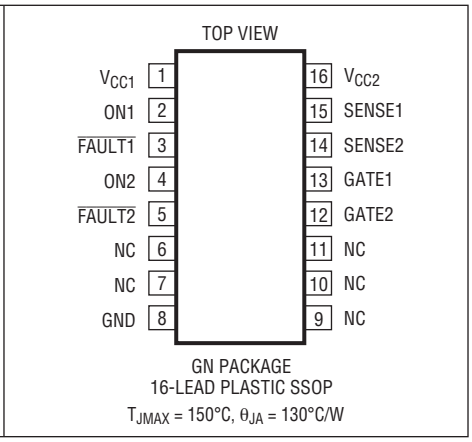
ピン配置



S8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC SO
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W



S8 PACKAGE
8-LEAD PLASTIC SO
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W



GN PACKAGE
16-LEAD PLASTIC SSOP
T_{JMAX} = 150°C, θ_{JA} = 130°C/W

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
LTC1647-1CS8#PBF	LTC1647-1CS8#TRPBF	16471	8-Lead (4mm × 3mm) Plastic SO	0°C to 70°C
LTC1647-1IS8#PBF	LTC1647-1IS8#TRPBF	16471I	8-Lead (4mm × 3mm) Plastic SO	–40°C to 85°C
LTC1647-2CS8#PBF	LTC1647-2CS8#TRPBF	16472	8-Lead (4mm × 3mm) Plastic SO	0°C to 70°C
LTC1647-2IS8#PBF	LTC1647-2IS8#TRPBF	16472I	8-Lead (4mm × 3mm) Plastic SO	–40°C to 85°C
LTC1647-3CGN#PBF	LTC1647-3CGN#TRPBF	16473	16-Lead Plastic SSOP	0°C to 70°C
LTC1647-3IGN#PBF	LTC1647-3IGN#TRPBF	16473I	16-Lead Plastic SSOP	–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。 *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。

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/tapeandreel/ 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℃での値。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{CC}	V_{CCX} Supply Range	Operating Range	●	2.7		16.5	V
I_{CC}	V_{CC} Supply Current (Note 4)	ON1, ON2 = V_{CC1} = V_{CC2}, I_{CC} = I_{CC1} + I_{CC2}	●		1.0	6	mA
I_{CCX}	V_{CCX} Supply Current (Note 5, LTC1647-3)	ONX = V_{CCX}, I_{CCX} Individually Measured, V_{CC1} = 5V, V_{CC2} = 12V or V_{CC1} = 12V, V_{CC2} = 5V	●		0.5	5	mA
V_{LKO}	V_{CCX} Undervoltage Lockout	Coming Out of UVLO (Rising V_{CCX})	●	2.30	2.45	2.60	V
V_{LKH}	V_{CCX} Undervoltage Lockout Hysteresis				210		mV
V_{CB}	Circuit Breaker Trip Voltage	V_{CB} = V_{CCX} – V_{SENSEX}	●	40	50	60	mV
I_{CP}	GATEX Output Current	ONX High, $\overline{FAULTX}$ High, V_{GATE} = GND (Sourcing) ONX Low, $\overline{FAULTX}$ High, V_{GATE} = V_{CC} (Sinking) ONX High, $\overline{FAULTX}$ Low, V_{GATE} = 15V (Sinking)	●	6	10 50 50	14	µA µA mA
ΔV_{GATE}	External MOSFET Gate Drive	(V_{GATE} – V_{CC}), V_{CC1} = V_{CC2} = 5V (V_{GATE} – V_{CC}), V_{CC1} = V_{CC2} = 12V	● ●	10 10	13 15	17 19	V V
V_{ONHI}	ONX Threshold High		●	1.20	1.29	1.38	V
V_{ONLO}	ONX Threshold Low		●	1.17	1.21	1.25	V
V_{ONHYST}	ONX Hysteresis				70		mV
I_{IN}	ONX Input Current	ON = GND or V_{CC}	●		±1	±10	µA
V_{OL}	$\overline{FAULTX}$ Output Low Voltage (LTC1647-2, LTC1647-3)	I_O = 1mA, V_{CC} = 5V I_O = 5mA, V_{CC} = 5V	●		 0.8	0.4	V V
I_{LEAK}	$\overline{FAULTX}$ Output Leakage Current (LTC1647-3)	No Fault, $\overline{FAULTX}$ = V_{CC} = 5V			±1	±10	µA
t_{FAULT}	Circuit Breaker Delay Time	V_{CCX} – V_{SENSEX} = 0 to 100mV			0.3		µs
t_{RESET}	Circuit Breaker Reset Time	ONX High to Low, to $\overline{FAULTX}$ High	●		50	100	µs
t_{ON}	Turn-On Time	ONX Low to High, to GATEX On			2		µs
t_{OFF}	Turn-Off Time	ONX High to Low, to GATEX Off			1		µs

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。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可能性がある。

Note 2: デバイスのピンに流れ込む電流は全て正。デバイスのピンから流れ出す電流は全て負。注記がない限り、全ての電圧はグランドを基準にしている。

Note 3: GATEピンの内部ツェナー・ダイオードは、チャージポンプ電圧を標準28Vの最大動作電圧にクランプする。内部ツェナー・ダイオード電圧を超えて外部からGATEピンをオーバードライブするとデバイスに損傷を与えるおそれがある。GATE容量は最大V_{CC}で0.15µFより小さくなければならない。GATEピンのもっと低いクランプ電圧が望ましい場合、外部ツェナー・ダイオードを使う。

Note 4: 全消費電流I_{CC}はV_{CC1}とV_{CC2}が内部で(LTC1647-1、LTC1647-2)または外部で(LTC1647-3)接続された状態で測定される。

Note 5: LTC1647-3では個別の消費電流I_{CCX}が測定される。2つの電源(V_{CC1}のV_{CC2})の低い方はそのチャネルの電流を担う。高い方の電源はそのチャネルの電流に加えてチャージポンプとバイアス・ジェネレータの追加消費電流を担う。

ピン配置表

LTC1647-1のピン配置

PIN	DESCRIPTION	PIN	DESCRIPTION
1	V_{CC}	5	GATE2
2	ON1	6	GATE1
3	ON2	7	SENSE2
4	GND	8	SENSE1

LTC1647-1にはFAULT状態表示機能がない。

LTC1647-2のピン配置

PIN	DESCRIPTION	PIN	DESCRIPTION
1	V_{CC}	5	GATE2
2	ON1 and $\overline{FAULT1}$ (Internally Tied Together)	6	GATE1
3	ON2 and $\overline{FAULT2}$ (Internally Tied Together)	7	SENSE2
4	GND	8	SENSE1

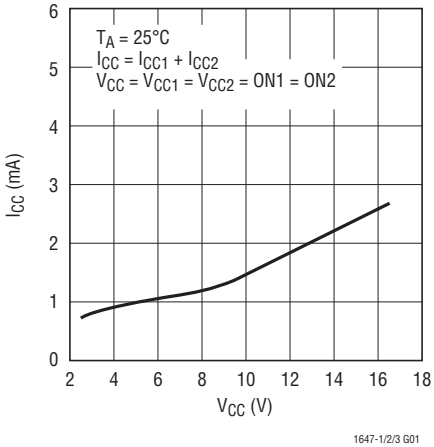
自動再トライ機能を使う場合、ONX/$\overline{FAULTX}$は抵抗を介してドライバに接続する必要がある。

LTC1647-3のピン配置

PIN	DESCRIPTION	PIN	DESCRIPTION
1	V_{CC}	9	NC
2	ON1	10	NC
3	$\overline{FAULT1}$	11	NC
4	ON2	12	GATE2
5	$\overline{FAULT2}$	13	GATE1
6	NC	14	SENSE2
7	NC	15	SENSE1
8	GND	16	V_{CC2}

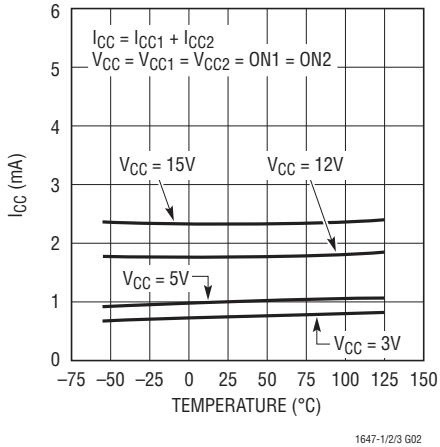
標準的性能特性

I_{CC}とV_{CC}



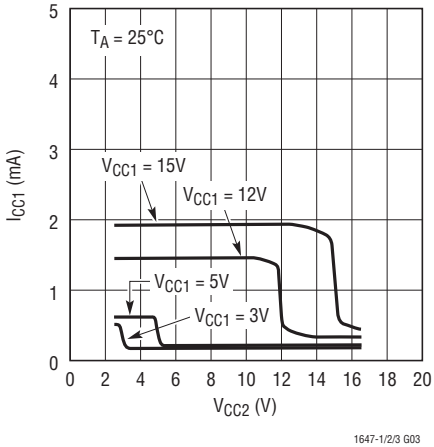
1647-1/2/3 G01

I_{CC}と温度



1647-1/2/3 G02

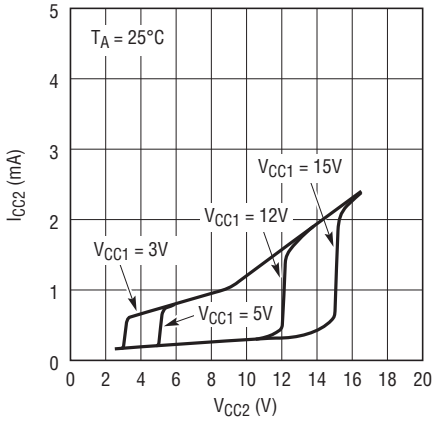
I_{CC1}とV_{CC2}



1647-1/2/3 G03

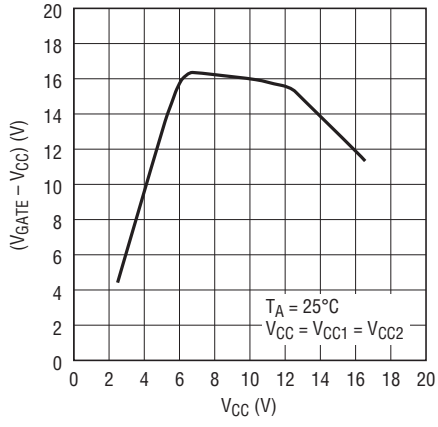
標準的性能特性

I_{CC2}とV_{CC2}



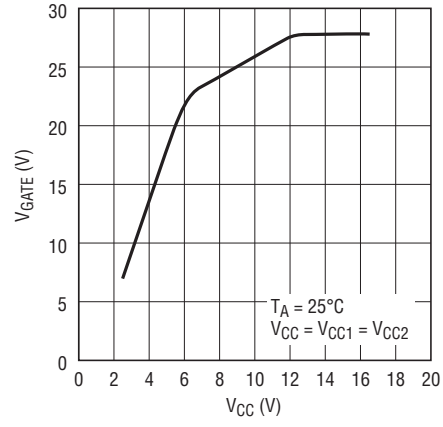
1647-1/2/3 G04

(V_{GATE}–V_{CC})とV_{CC}



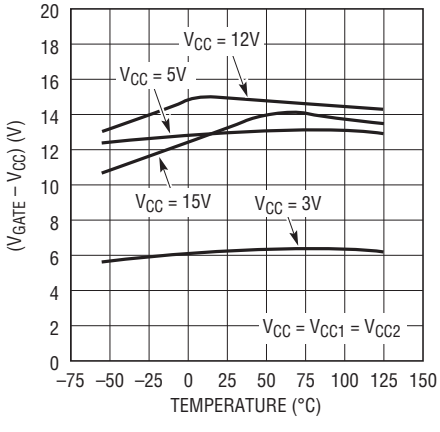
1647-1/2/3 G05

V_{GATE}とV_{CC}



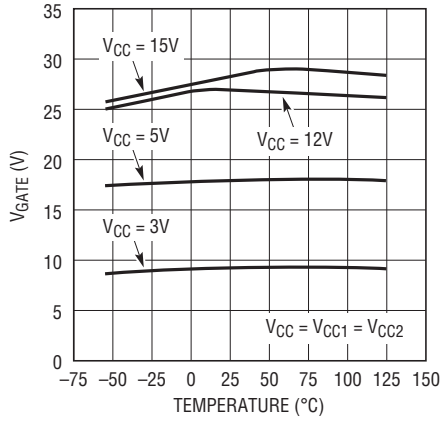
1647-1/2/3 G06

(V_{GATE}–V_{CC})と温度



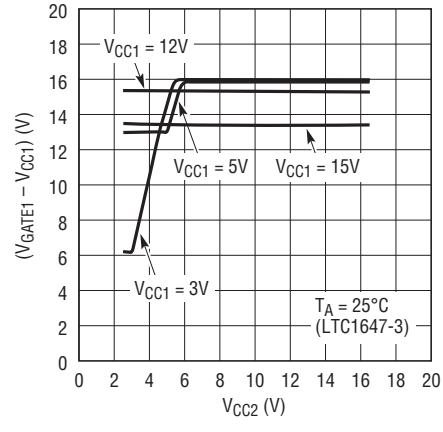
1647-1/2/3 G07

V_{GATE}と温度



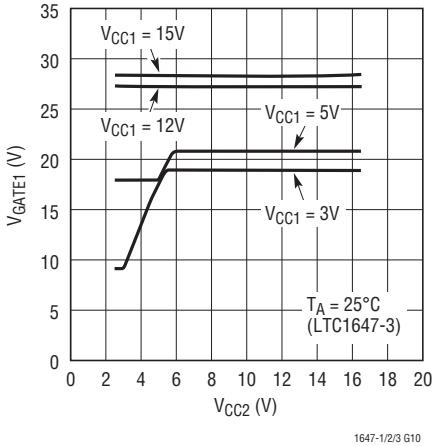
1647-1/2/3 G08

(V_{GATE1}–V_{CC1})と温度



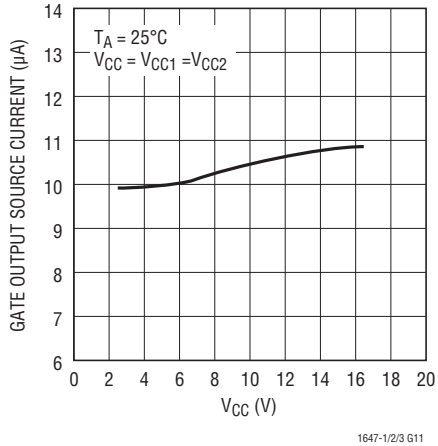
1647-1/2/3 G09

V_{GATE1}とV_{CC2}



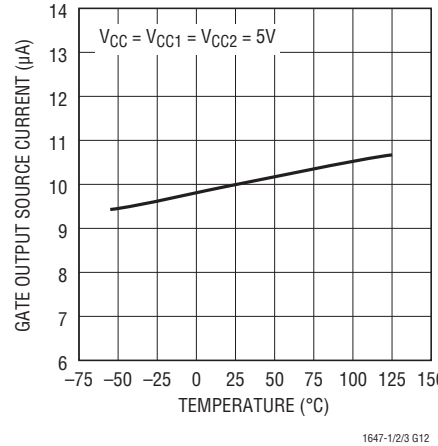
1647-1/2/3 G10

GATE出力のソース電流とV_{CC}



1647-1/2/3 G11

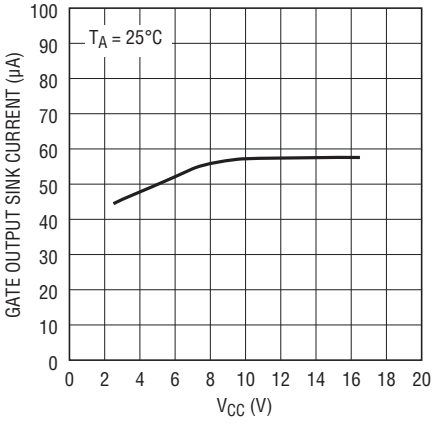
GATE出力のソース電流と温度



1647-1/2/3 G12

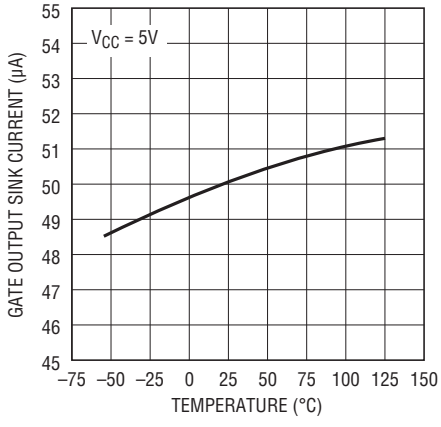
標準的性能特性

GATE出力のシンク電流とVCC



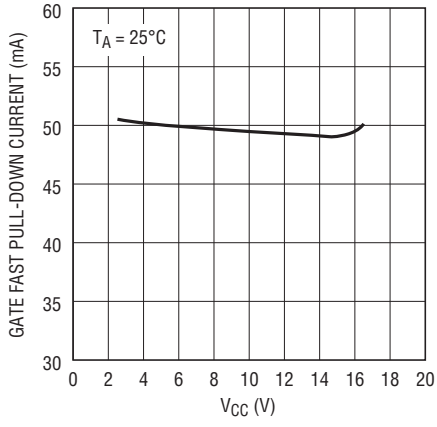
1647-1/2/3 G13

GATE出力のシンク電流と温度



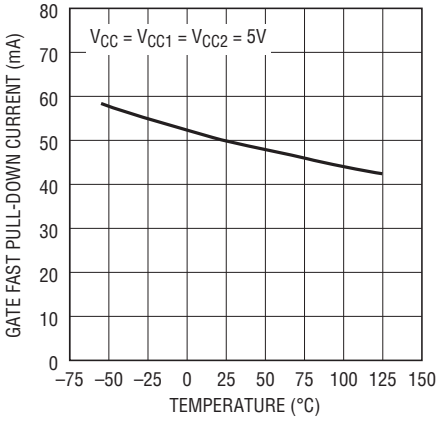
1647-1/2/3 G14

GATEの高速プルダウン電流とVCC



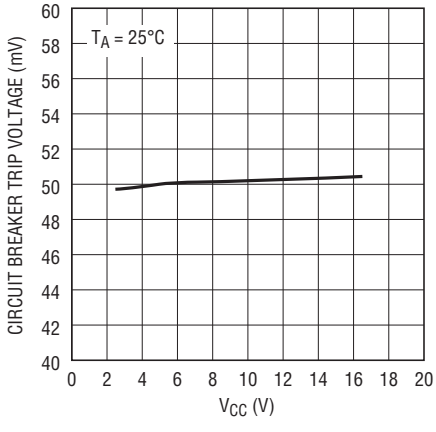
1647-1/2/3 G15

GATEの高速プルダウン電流と温度



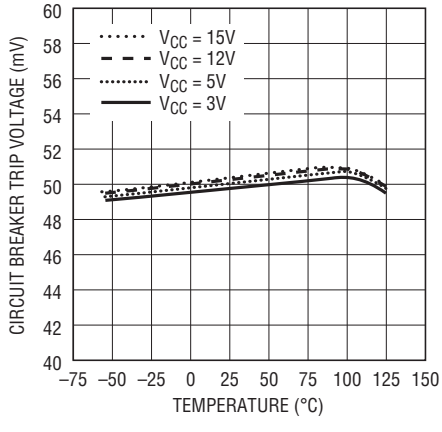
1647-1/2/3 G16

回路ブレーカのトリップ電圧とVCC



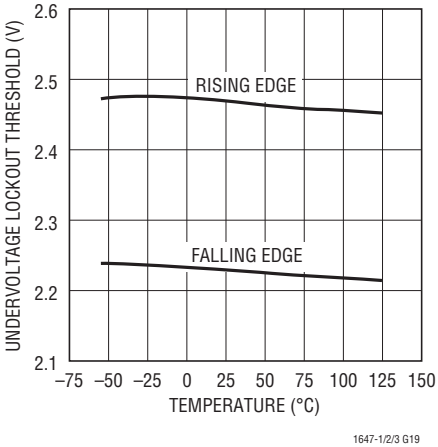
1647-1/2/3 G17

**回路ブレーカの
トリップ電圧と温度**



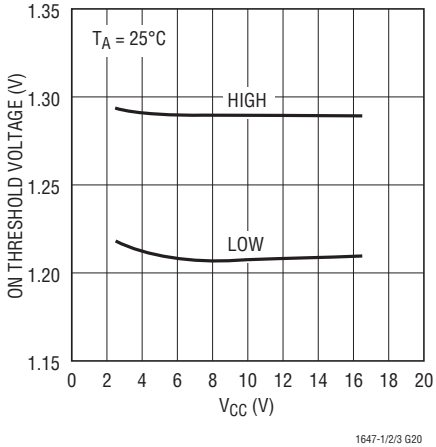
1647-1/2/3 G18

**低電圧ロックアウト・
スレッショルドと温度**



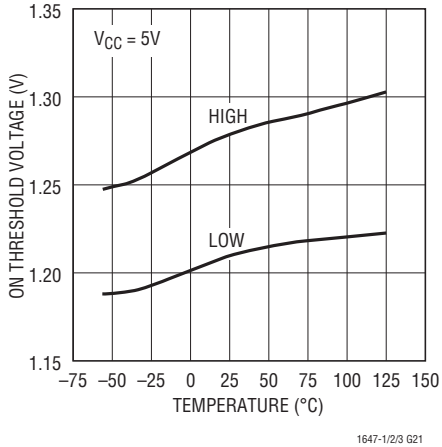
1647-1/2/3 G19

ONスレッショルド電圧とVCC



1647-1/2/3 G20

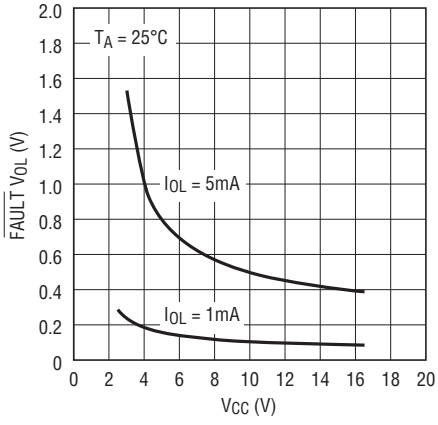
ONスレッショルド電圧と温度



1647-1/2/3 G21

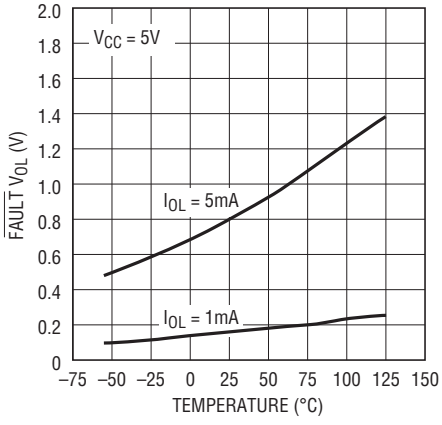
標準的性能特性

$\overline{FAULT}$ V_{OL}とV_{CC}



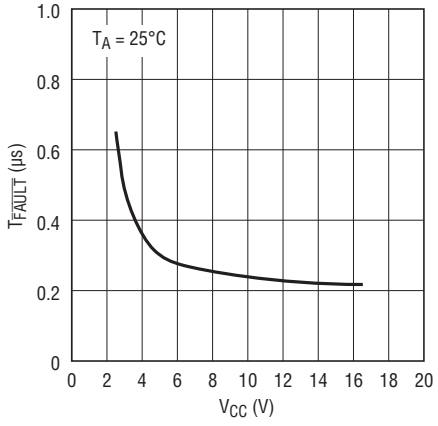
1647-1/2/3 G22

$\overline{FAULT}$ V_{OL}と温度



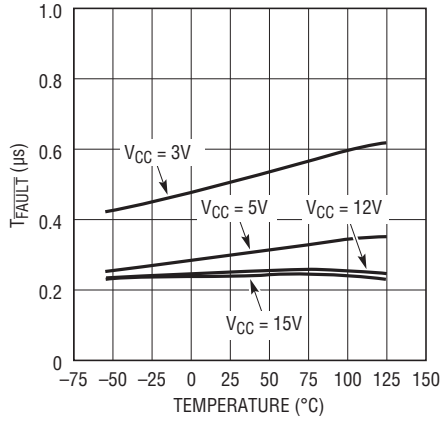
1647-1/2/3 G23

t_{FAULT}とV_{CC}



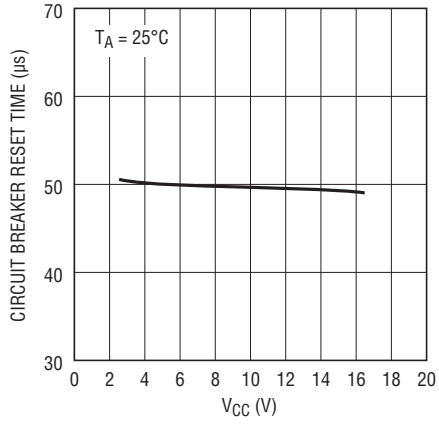
1647-1/2/3 G24

t_{FAULT}と温度



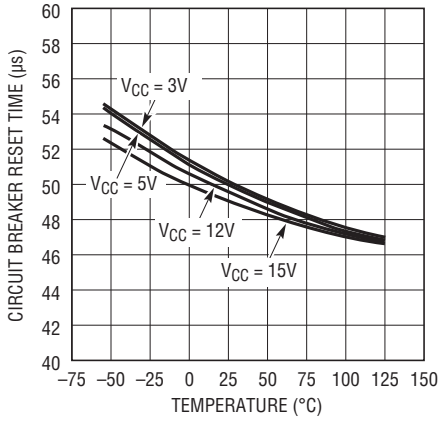
1647-1/2/3 G25

回路ブレーカのリセット時間とV_{CC}



1647-1/2/3 G26

回路ブレーカの
リセット時間と温度



1647-1/2/3 G27

ピン機能

V_{CC1}(LTC1647-3): チャネル1の正電源入力。通常動作の電源電圧範囲は2.7V～16.5Vです。消費電流(I_{CC1})は標準1mAです。チャネル1の低電圧ロックアウト(UVLO)回路は、V_{CC1}の電源電圧がV_{LKO}(標準2.45V)を超えるまでGATE1をディスエーブルします。GATE1はUVLOがアクティブでなくなるまでグランド電位に保たれます。ON1が"H"で、V_{CC1}がUVLOスレッショルド電圧を超えると、GATE1は10μAの電流ソースによって"H"になります。V_{CC1}が($V_{LKO}-V_{LKH}$)より下に下がると、GATE 1は直ちにグランドに引き下げられます。内部リファレンスと共通チャージポンプは2つのV_{CC}入力の高い方(V_{CC1}またはV_{CC2})から給電されます。

V_{CC2}(LTC1647-3): チャネル2の正電源入力。機能の説明についてはV_{CC1}を参照してください。

V_{CC}: LTC1647-1とLTC1647-2の共通正電源入力。V_{CC1}とV_{CC2}は内部で一緒に接続されています。

GND: デバイスのグランド。

ON1: チャネル1のON入力。ON1ピンのスレッショルドは1.29Vに設定されており、70mVのヒステリシスをもっています。チャネル1のUVLOと回路ブレーカがアクティブではないと、ON1のロジック"H"が10μAのチャージポンプ電流ソースをイネーブルし、GATE1ピンをV_{CC1}より上に引き上げます。ON1ピンが"L"に引き下げられると、GATE1ピンは50μAの電流シンクによってGNDに引き下げられます。

ON1をt_{RESET}時間(50μs)より長く"L"にすると、チャネル1の電子回路ブレーカがリセットされます。ON1が"L"から"H"に遷移すると、通常のGATE1プルアップ・シーケンスが再スタートします。

ON2: チャネル2のON入力。機能の説明についてはON1を参照してください。

$\overline{FAULT1}$: チャネル1のオープン・ドレインのフォールト状態出力。回路ブレーカがV_{CC1}とSENSE1の間に接続されたセンス抵抗両端に50mVを超える電圧を検出すると、0.3μs(t_{FAULT})後に$\overline{FAULT1}$ピンが"L"になります。$\overline{FAULT1}$が"L"になると、GATE 1も"L"になります。ON1が少なくともt_{RESET}の時間"L"に引き下げられるまで$\overline{FAULT1}$は"L"に留まります。

$\overline{FAULT2}$: チャネル2のオープン・ドレインのフォールト状態出力。機能の説明については$\overline{FAULT1}$を参照してください。

SENSE1: チャネル1の回路ブレーカの電流検出入力。負荷電流はV_{CC1}とSENSE1の間に接続されたセンス抵抗によってモニタされます。センス抵抗両端の電圧が50mV(V_{CB})を超えると、回路ブレーカがトリップします。回路ブレーカをディスエーブルするにはSENSE1をV_{CC1}に接続します。最適性能を得るには、V_{CC}ピンとSENSEピンから電流センス抵抗の間にケルビン検出の接続方法を使います。

SENSE 2: チャネル2の回路ブレーカの電流検出入力。機能の説明についてはSENSE1を参照してください。

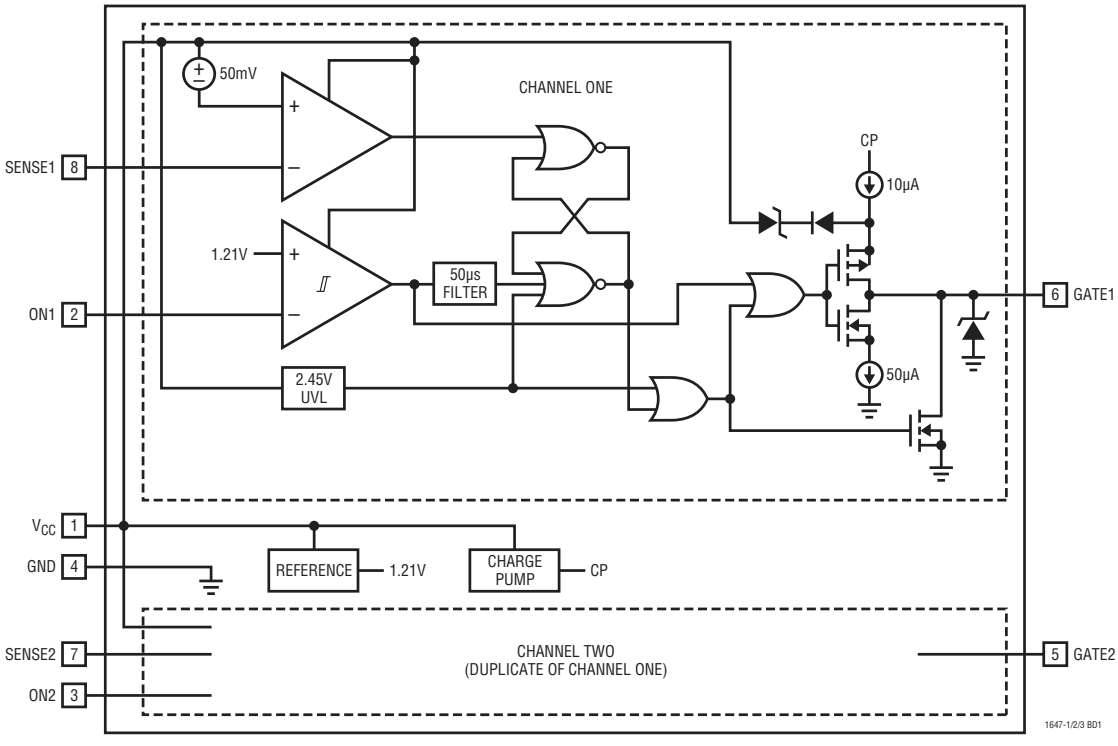
GATE1: チャネル1のNチャネルMOSFETのゲート・ドライブ出力。内部チャージポンプが5V電源から少なくとも10Vのゲート・ドライブを保証します。GATE1には2個のツェナー・クランプが内蔵されています。一方のツェナー・ダイオードはGATE 1をV_{CC}の約15V上にクランプし、他方のツェナー・ダイオードはGATE1をGNDの約28V上にクランプします。GATE1の立上り時間はGATE1とGNDの間に接続された外部コンデンサおよびチャージポンプによって与えられる内部10μA電流ソースによって設定されます。GATE1の立下り時間は、ON1が"L"であれば、50μAの電流シンクによって設定されます。回路ブレーカがトリップするか、または電源電圧がUVLOスレッショルドに達すると、50mA電流シンクが直ちにGATE1を"L"に引き下げます。電源電圧(V_{CC1})が10Vを超える場合、GATE1からGNDに23Vの外付けツェナー・ダイオードを接続する必要があります。

GATE2: チャネル2のNチャネルMOSFETのゲート・ドライブ出力。機能の説明についてはGATE 1を参照してください。

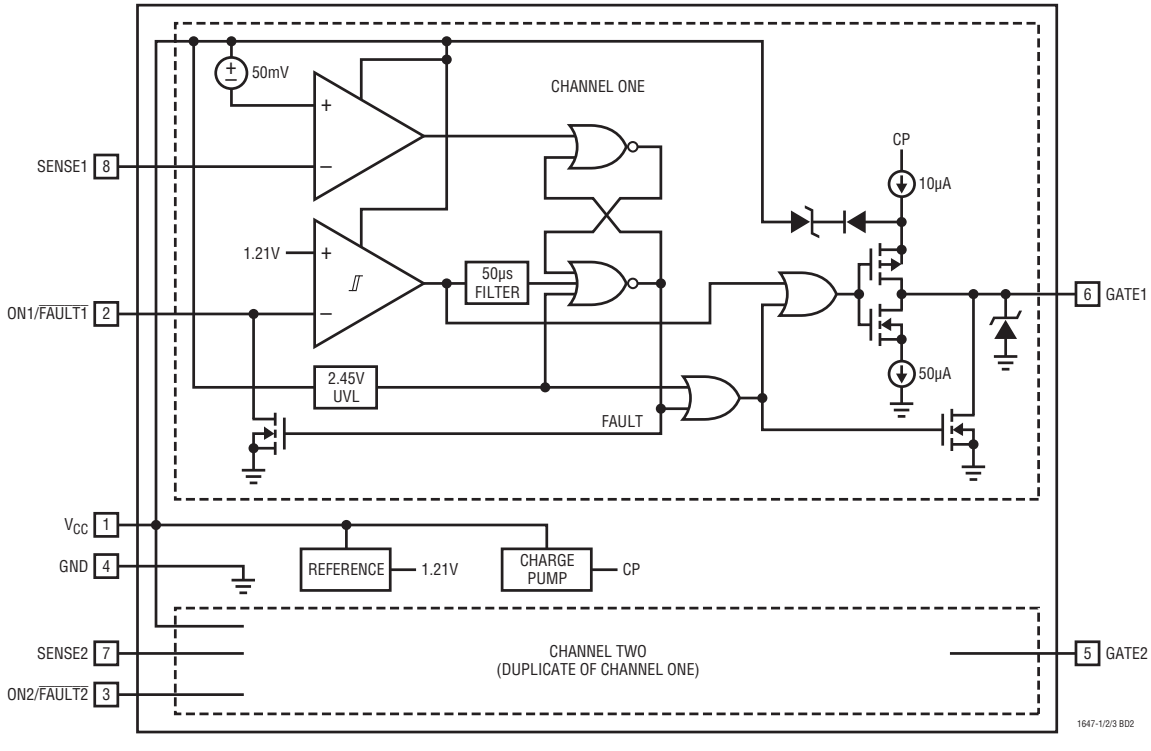
NC: 接続なし。

ブロック図

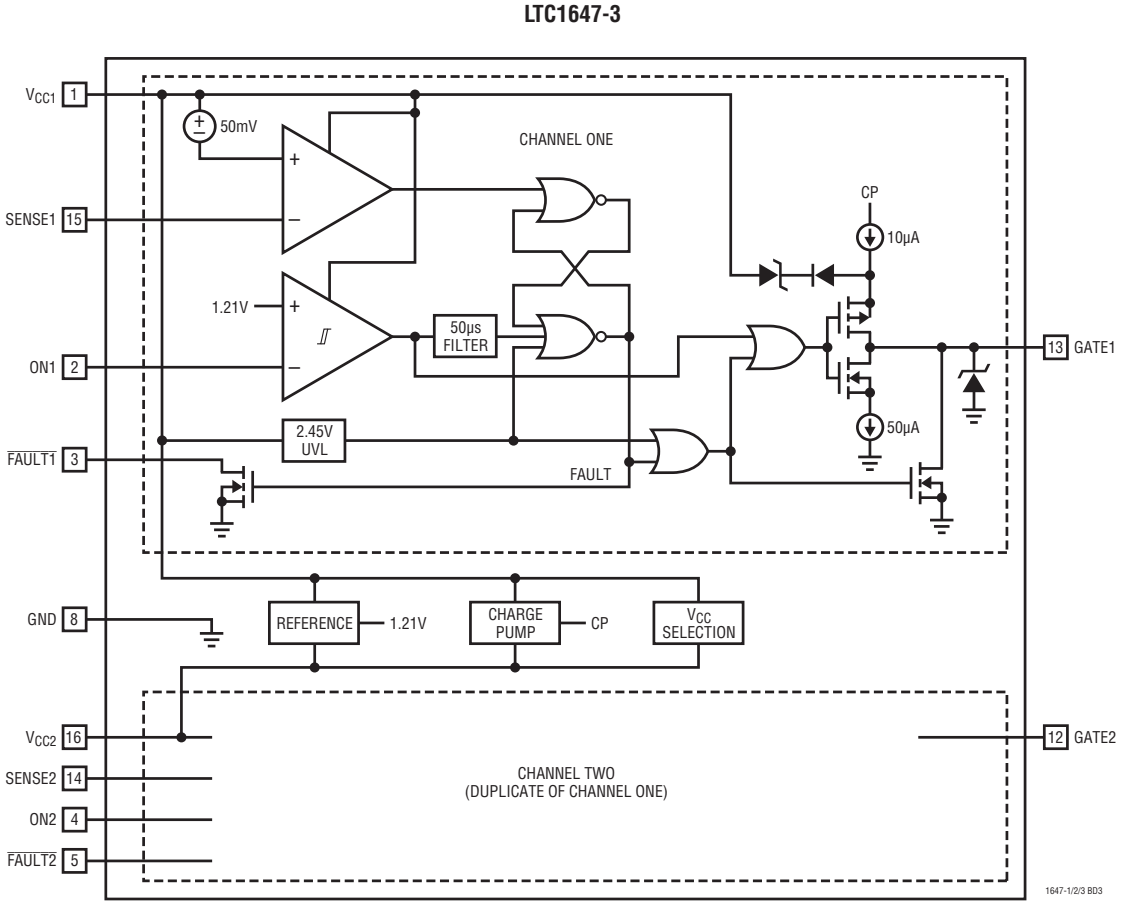
LTC1647-1



LTC1647-2



ブロック図



アプリケーション情報

V_{CC}選択回路

LTC1647-3は各チャネルに別個の電源入力(V_{CC1}とV_{CC2})を備えています。リファレンスとチャージポンプ回路は2つの電源のうち電圧の高い方から消費電流を引き出します。内部のV_{CC}選択回路が検出を行い、自動的に電源接続を行います。これにより、3Vチャネルは、他のチャネルが5Vのとき、標準MOSFETのゲートのオーバードライブを与えることができます。内部ツェナー・ダイオードがGATEをV_{CC}の約15V上にクランプします。

両方の電源が一緒に結合されると(LTC1647-1とLTC1647-2の場合は内部で、LTC1647-3の場合は外部で)、リファレンスとチャージポンプ回路は両方のピンから等しい電流を引き出します。

電子回路ブレーカ

LTC1647の各チャネルは電子回路ブレーカを備えており、過度の負荷電流と短絡から保護します。図1に示されているように、負荷電流はセンス抵抗R1によってモニタされます。回路ブレーカのスレッショルド(V_{CB})は50mVで、約300nsの応答時間(t_{FAULT})を示します。V_{CC}とSENSEの間の電圧がt_{FAULT}より長い時間V_{CB}を超えると、回路ブレーカがトリップし、直ちに50mAの電流シンクでGATEを"L"に引き下げます。MOSFETはオフし、$\overline{FAULT}$は"L"になります。回路ブレーカは少なくともt_{RESET}(50µs)の間ONピンを"L"に引き下げることによりクリアされます。これらのイベントのタイミング図を図2に示します。

センス抵抗R1の値は次式で与えられます。

$$R1 = V_{CB}/I_{TRIP}\ (\Omega)$$

アプリケーション情報

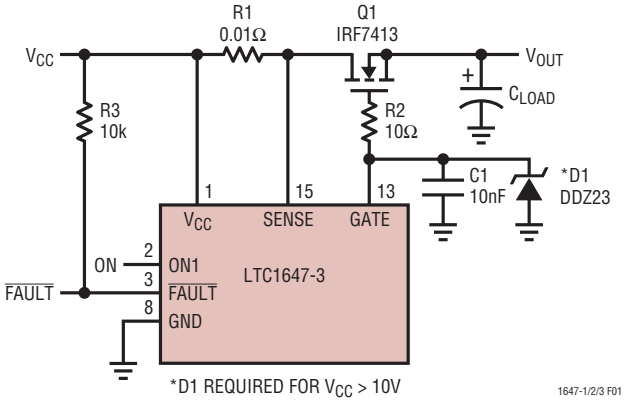


図1. 電流制御回路

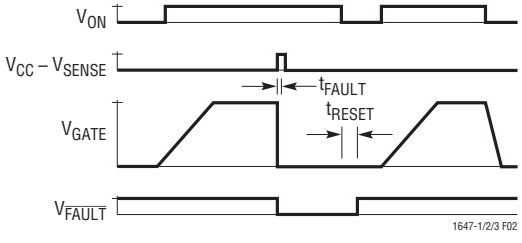


図2. 電流フォールトのタイミング

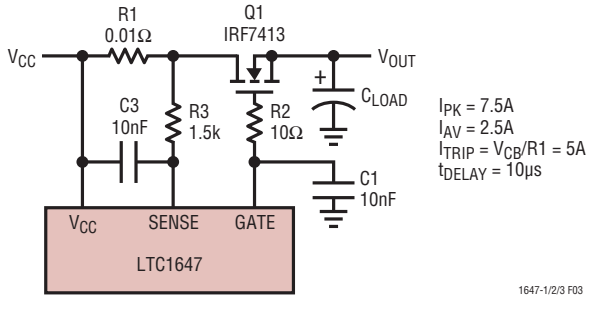
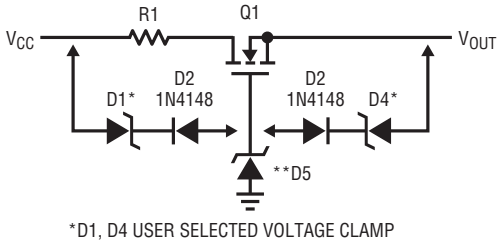


図3. 電圧リップル/グリッチのフィルタによる除去



*D1, D4 USER SELECTED VOLTAGE CLAMP
1N4688 (5V)
1N4692 (7V): LOGIC-LEVEL MOSFET
1N4695 (9V)
1N4702 (15V): STANDARD-LEVEL MOSFET
**D5 DDZ23 (23V) REQUIRED FOR V_{CC} > 10V
1647-1/2/3 F04

図4. オプションのゲート・クランプ

ここで、V_{CB}は回路ブレーカのトリップ電圧(50mV)、I_{TRIP}は回路ブレーカがトリップする負荷電流の値です。正しく動作するように、センス抵抗とV_{CC}ピンおよびSENSEピンの間にはケルビン検出のレイアウト手法を強く推奨します。

回路ブレーカのトリップ電圧の許容誤差は20%です。5%のセンス抵抗と組み合わせると合計許容誤差は25%です。したがって、最大動作電流の125%以上のトリップ電流I_{TRIP}に基づいてR1を計算します。リップル電流の影響を無視しないでください。これは負荷電流の最大DC成分を増やします。リップル電流はいくつかの要因から生じますが、最悪の要因はスイッチング電源です。

負荷側のスイッチング・レギュレータはいくらかのリップル電流をバックプレーンから引き出そうと試みますが、この電流はセンス抵抗を通過します。同様に、バックプレーンに給電しているスイッチング・レギュレータからの出力リップルがセンス抵抗を通り、負荷コンデンサへ流れ込みます。

V_{OUT}ラインをフィルタするか、またはRCフィルタをSENSEピンに追加してリップル電流の影響を最小に抑えます。1µH～10µHの直列インダクタンスをQ1とC_{LOAD}の間に挿入すると、ほとんどの場合リップル電流の抑止に適切です。代わりに、R3とC3で構成されるフィルタ(図3)は、応答時間を代価として、単純にSENSEピンからのリップル成分を除去します。遅延の増加は次のとおりです。

$$t_{DELAY} = -R3 \bullet C3 \bullet \ln[1-(V_{CB}/R1-I_{AV})/(I_{PK}-I_{AV})]$$

パワーMOSFETの選択

パワーMOSFETは2つに分類されます。標準的MOSFET(V_{GS} = 10Vで$R_{DS(ON)}$が規定されている)およびロジック・レベルMOSFET(V_{GS} = 5Vで$R_{DS(ON)}$が規定されている)です。V_{GS}の絶対最大定格は、標準的MOSFETの場合、標準で20Vです。ロジック・レベルMOSFETの最大定格は低く、製造元および製品番号に依存して、8V～16Vの範囲で変化します。いくつかのロジック・レベルMOSFETの最大V_{GS}定格は20Vです。LTC1647は標準MOSFETを主にターゲットにしています。低電源電圧のアプリケーションにはロジック・レベルのMOSFETを使います。V_{CC}の関数としてのGATEのオーバードライブは「標準的性能特性」の曲線で示されています。低いGATEオーバードライブを望むなら、図4に示されているように、ツェナー・ダイオードに直列にダイオードをGATEとV_{CC}の間またはGATEとV_{OUT}の間に接続します。V_{CC1}またはV_{CC2}の入力電源電圧が10Vを超える場合は、図1と図4に示されるように、

アプリケーション情報

対応するGATE1ピンまたはGATE2ピンとGNDの間に、24Vのツェナー・ダイオードを接続することを推奨します。

外部パス・トランジスタのV_{DS}をV_{CC}の小さなパーセンテージにするため、このパス・トランジスタの$R_{DS(ON)}$を低くする必要があります。V_{CC} = 3.3Vでは、$V_{DS}+V_{CB}$ = 0.1Vは最大負荷電流で3%の誤差を生じます。このため、MOSFETの選択は非常に低い$R_{DS(ON)}$のものに限られます。V_{CC}電圧が高いと、$R_{DS(ON)}$の要件を緩和することができます。MOSFETパッケージの熱特性(P_DとT_J)により$R_{DS(ON)}$の値が制約を受けることがあります。

電源のランピング

電力経路にMOSFET Q1を配置してV_{OUT}を制御します(図1)。R1はフォールト検出を与え、R2はMOSFETの高周波発振を防ぎます。制御された速度で(dV/dt = 10µA/C1)パス・トランジスタのゲートをランプさせることにより、ボードがコネクタに挿入されるとき主バックプレーンから流れる過渡サージ電流($I = C_{LOAD}•dV/dt = 10µA•C_{LOAD}/C1$)が安全な値に制限されます。

電源がV_{CC}に最初に与えられると、GATEピンが"L"に引き下げられます。ONピンの"L"から"H"への遷移によりGATEのランプアップが開始されます。GATEの立上りdV/dtは10µA/C1によって設定されます(図5)。ここで、C1はGATEとGNDの間の全外部容量です。V_{OUT}のランプアップ時間は$t = (V_{CC}•C1)/10µA$に等しくなります。

ONピンの"H"から"L"への遷移により、勾配が−50µA/C1のGATEのランプダウンが開始されます。電源バイパス・コンデンサが負荷を通して放電するのに時間を要するので、このランプダウン速度は通常適切です。

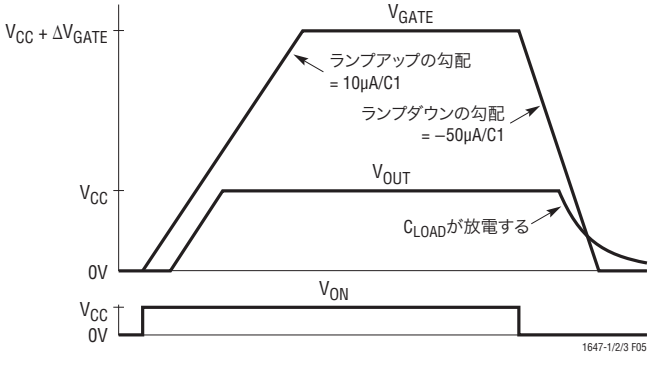


図5. ONによる電源のターンオン/ターンオフ

ONピンがV_{CC}に接続されていると、またはV_{CC}が最初に与えられる前に"H"に引き上げられていると、V_{CC}が低電圧ロックアウト・スレッショルド(V_{LKO})より上に上昇するまで、GATEは"L"に保たれます(図6)。スレッショルドを超えると、GATEは10µA/C1の制御された速度でランプします。電源が切断されると、Q1のボディ・ダイオードがV_{CC}をV_{OUT}の約700mV下に保持します。GATE電圧はV_{CC}で決まる速度で垂下します。V_{CC}が$V_{LKO}-V_{LKH}$より下に下がると、LTC1647はUVLOに移行し、GATEはGNDに引き下げられます。

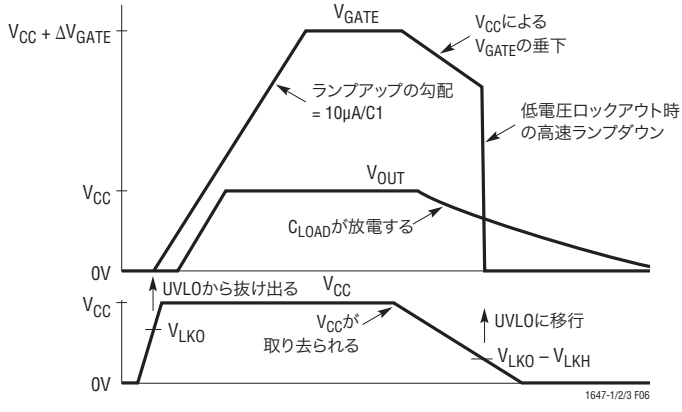


図6. V_{CC}による電源のターンオン / ターンオフ

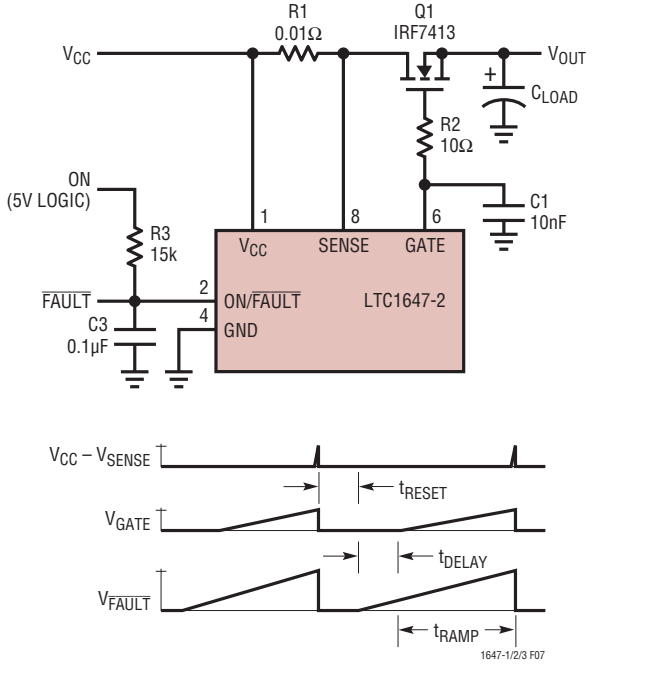


図7. 自動再試行のシーケンス

アプリケーション情報

自動再試行

LTC1647-2とLTC1647-3は、フォールト状態発生後に電子回路ブレーカの自動リセットが可能になるように設計されています。これは、図7に示されているように、ON/$\overline{\text{FAULT}}$ピン(LTC1647-2)または一緒に結線されたONピンと$\overline{\text{FAULT}}$ピン(LTC1647-3)を抵抗(R3)を通して"H"に引き上げることにより実現されます。フォールトが発生すると、自動再試行シーケンスが開始されます。回路ブレーカがトリップすると、$\overline{\text{FAULT}}$がONピンを"L"に引き下げます。t_{RESET}の時間が経過した後、$\overline{\text{FAULT}}$がリセットし、R3がONピンを引き上げます。C3はONピンの電圧がV_{IH}を超えるまでGATEのターンオンを遅らせます。遅延時間は次のとおりです。

$$t_{DELAY} = -R3 \bullet C3 \bullet \ln[1-(V_{IH}-V_{OL})/(V_{ON}-V_{OL})]$$

GATEはQ1が導通するまで10µA/C1でランプアップします。V_{OUT}が依然GNDに短絡していると、このサイクルが繰り返されます。ランプ時間は約$t_{RAMP} = V_{TH} \bullet C1/10mA$です。ここで、$V_{TH}$は外部MOSFETのスレッショルド電圧です。

電源の入った回路への挿入

電源の入っているバックプレーンまたはデバイス・ベイに回路基板を挿入すると、基板上のバイパス・コンデンサが充電されるとき、大きな過渡電流がバックプレーンまたはデバイス・ベイの電源バスから電源バイパス・コンデンサに流れることがあります。この過渡電流により、コネクタ・ピンが損傷を受け、電源バスにグリッチが生じることがあるため、システム内の他の基板がリセットしたり誤動作したりすることがあります。

LTC1647は制御された状態で2個の正電源をオン/オフするように設計されているので、電源の入っているバックプレーンまたはデバイス・ベイに対して回路基板の安全な挿抜が可能です。LTC1647は、図8に示されているように、コネクタの前または後に配置することができます。スタガPCBコネクタは回路基板を挿抜するときピン接続のシーケンスを定めることができます。代わりに、プロセッサの制御により制御信号を発生することもできます。

リンギング

技術的に優れた方法は、どんな回路でも電源レールをバイパスすることを要求します。各電源レールに接続する値の大きなバルク・バイパス・コンデンサ1個または複数個に加えて、多くの場合、バイパス・コンデンサをアクティブ・デバイスの電源接続箇所に配置します。電源が突如接続された場合、大きなバイパス・コンデンサは電圧の立上がり速度を下げて、電源バイパス・コンデンサに対抗するリード配線やトレースのインダクタンスの寄生共振を強く減衰させます。

ドータボードに実装されたLTC1647のホットスワップ回路に対しては、その逆が当てはまります。ほとんどの場合、MOSFETスイッチの電力が供給される側(V_{CC})には電源バイパス・コンデンサが存在しません。ボードをバックプレーンのコネクタに差し込むとき突然生じる接続状態により、LTC1647のV_{CC}ラインに高速の立上りエッジが加わります。

上昇速度を遅くして寄生共振を強く減衰させるためのバルク容量は存在しません。代わりに、高速エッジが、ワイヤーハーネス、バックプレーン、および回路基板の寄生インダクタンスと、MOSFETの容量の組合せによって形成される共振回路を励起します。ピーク電圧は理論上は入力電源の2倍に上昇しますが、実際には、電圧に依存するMOSFETの容量の影響によって2.5倍に達することがあります。

LTC1647の絶対最大V_{CC}電位は17Vなので、入力が6.8Vを超えるどんな回路もリンギングに関して綿密に調べます。十分バイパスされたバックプレーンも疑ってみます。回路基板のわずか10nHのトレース・インダクタンスが、V_{CC}の過電圧を生じるのに十分なリンギングを発生することがあります。

同軸ケーブルまたはプローブをV_{CC}とGNDに接続し、回路基板をバックプレーンに繰返し挿入し、高速ストレージ・オシロスコープ(LECROY 9314AL DSOなど)を使ってリンギングをチェックします。V_{CC}のリード線の長さを変えて得られた12Vアプリケーションの標準的結果を図9aと図9bに示します。ピーク振幅は22Vに達し、その過程でESD保護ダイオードを破壊しています。

リンギングを除去する2つの方法があります。クリッピングとスナッビングです。過渡電圧サプレッサはピーク電圧を安全なレベルに制限する効果的な手段です。ON Semiconductorの1SMA12CAT3の追加による図9の波形に対する効果を図10に示します。

異なるRCネットワークを使ったスナッビングの効果を図11aと図11bに示します。バイアスされたMOSFETC_{OSS}の10倍～100倍のコンデンサ値を選択し、Rは最良の減衰を与えるように選択します(寄生インダクタンスの値に依存して1Ω～50Ω)。

アプリケーション情報

電源のグリッチ

バックプレーン上のLTC1647のホットスワップ回路は、過負荷/短絡保護とともに挿抜時のパワーアップ/パワーダウンのシーケンスを与えるのに一般に使われます。電源のランプアップ時に短絡が発生すると、回路ブレーカがトリップします。部分的に強化されたMOSFET（Q1）は、電源グリッチを生じることなしに簡単に切断されます。

電源が接続された後、短絡が発生すると（図12）、センス抵抗R1と完全に導通状態のQ1の$R_{DS(ON)}$が無制限に近い電流のための低インピーダンス経路を与えます。LTC1647はGATEピンを数マイクロ秒で放電しますが、この放電時間の間150アンペア程度の電流がV_{CC}電源から流れます。この電流スパイクが電源にグリッチを生じ、V_{CC}が低落します（図12aと図12b）。

過負荷からの回復時に、電源によってはオーバーシュートを生じることがあります。この電源に接続されている他のデバイスがリセットしたり誤動作したりすることがあり、オーバーシュートが部品を損傷することもあります。Q1のソースに直列なインダクタ（1µH～10µH）は短絡のdi/dtを制限し、それによってピーク電流と電源グリッチを制限します（図12aと図12b）。電源のバイパス容量を増やすことによってもV_{CC}グリッチの大きさが減少します。

V_{ID}パワー・コントローラ

LTC1647の2つのホットスワップ・チャネルはポータブル・コンピュータのV_{ID}パワー・コントロールに最適です。デバイス・ベイのインタフェース（1394 PHYやUSB）のシステム側にLTC1647-2を使ったアプリケーションを図13に示します。コントローラが各デバイス・ベイに周辺装置が存在することを検出し、LTC1647を制御します。タイミング波形がイベントの以下のシーケンスを示しています。t1で低電圧ロックアウトから上昇し、GATE 1がランプアップします。t2では、R1で負荷電流のフォールトが発生します。t3で、R5/C3の遅延で回路ブレーカがリセットします。t4/t5で、コントローラがRCの遅延でデバイスの電源をオン/オフします。t6で、デバイスが低電圧ロックアウトになります。

図13でC6が接続されていないと、$\overline{FAULT2}$とON2は似た波形になります。t7でONシーケンスが開始されます。t8では、R7で負荷のフォールトが検出され、$\overline{FAULT2}$が“L”になります。再試行の間の時間間隔を伸ばすことをコントローラが望むなら、コントローラはON2をt9で“L”に引き下げることができます（$t9 - t8 < 0.4 \bullet t_{RESET}$）。t10/t11で、コントローラは新しいパワーアップ/パワーダウンのシーケンスを開始します。

アプリケーション情報

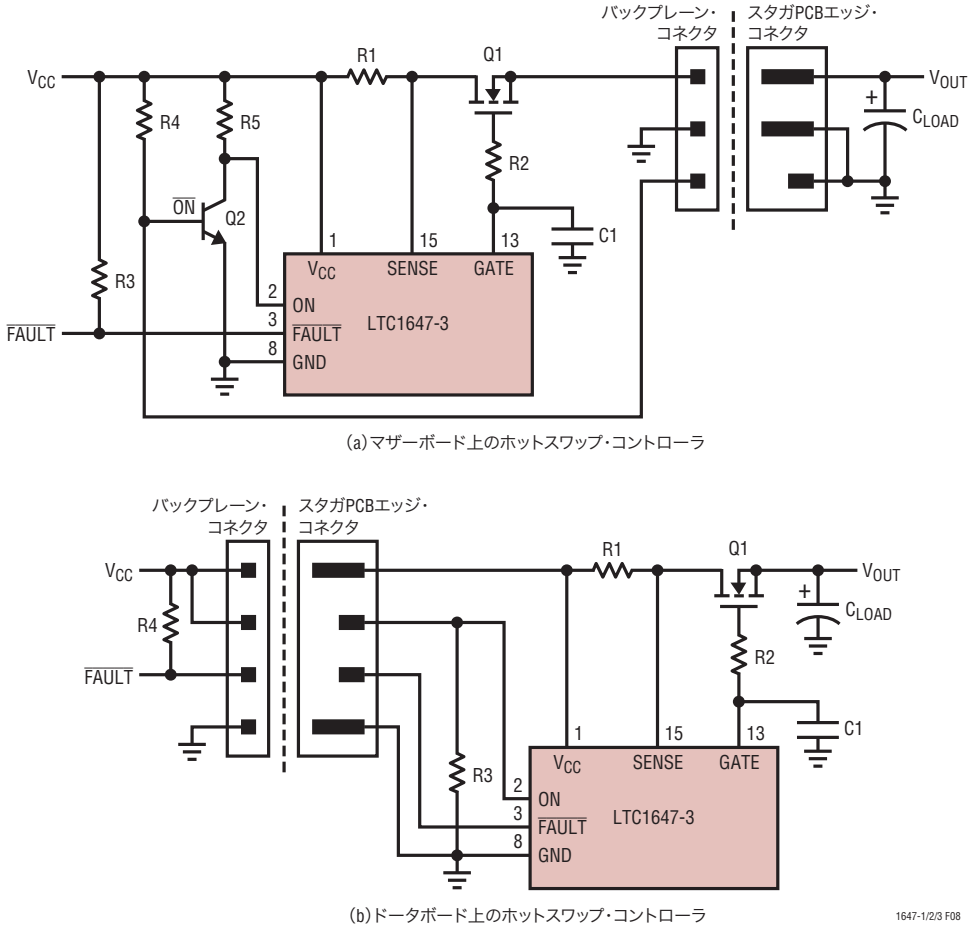
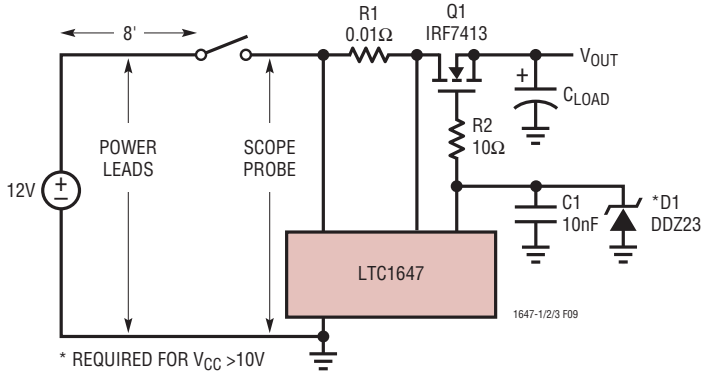
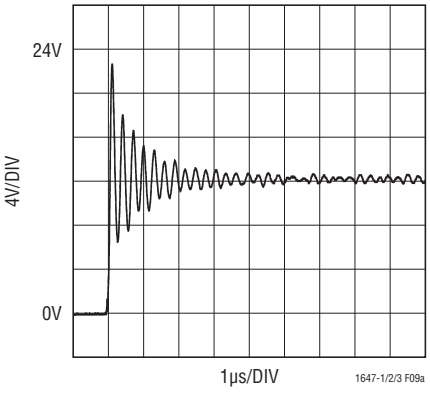


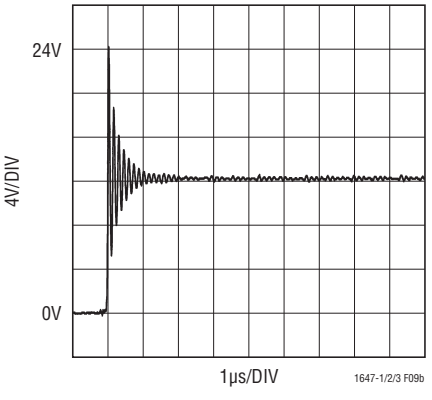
図8. スタガピン接続

アプリケーション情報





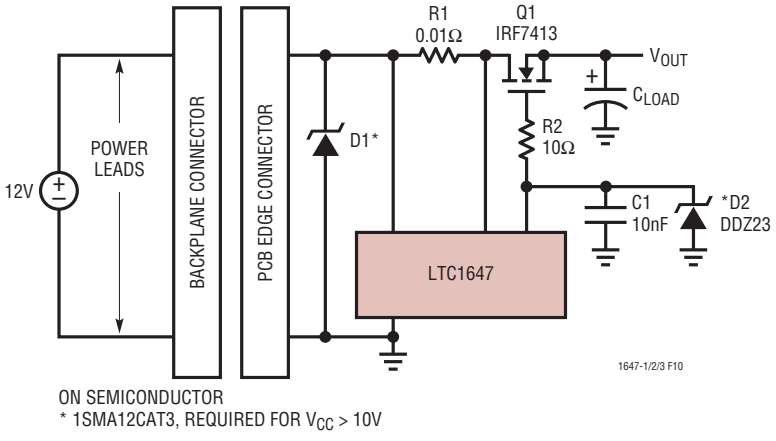
9a. 減衰されないVCC波形(48"のリード線)

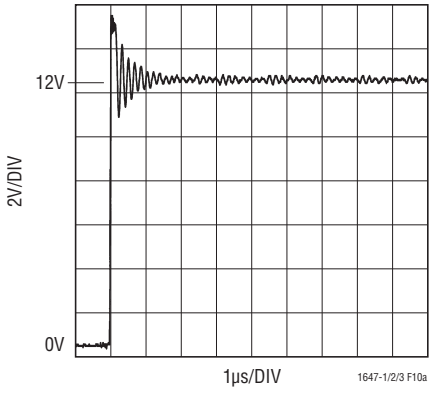


9b. 減衰されないVCC波形(8"のリード線)

図9. リンギングの実験

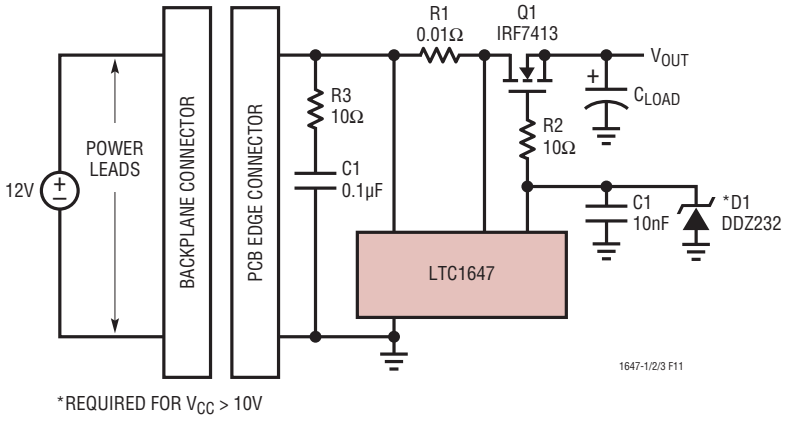
アプリケーション情報

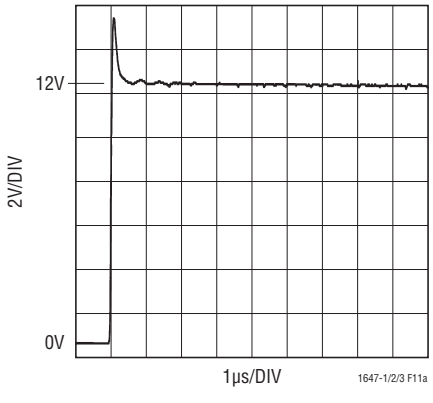




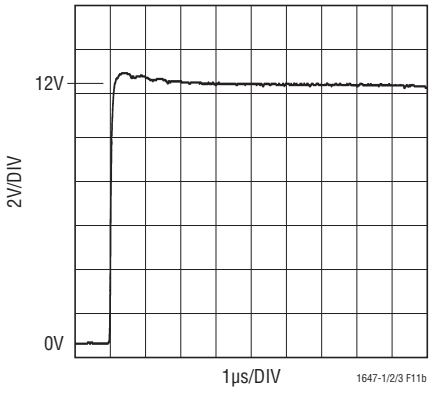
過渡サプレッサによって
クランプされたVCC波形

図10. 過渡サプレッサによるクランプ





11a. スナバによって減衰されたVCC波形(15Ω、6.8nF)



11b. スナバによって減衰されたVCC波形(10Ω、0.1µF)

図11. スナバによる「修復」

アプリケーション情報

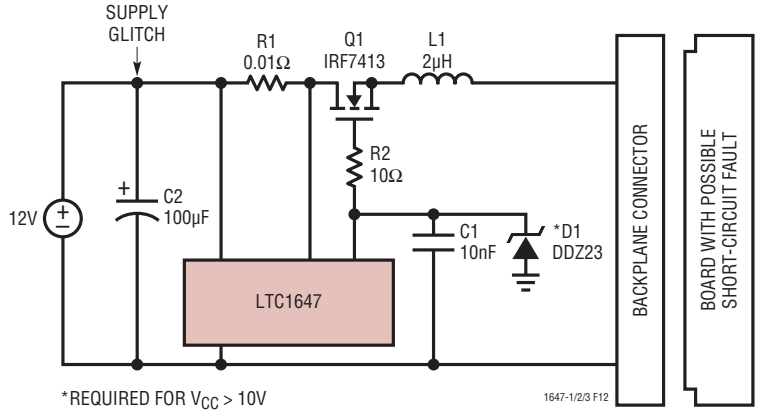
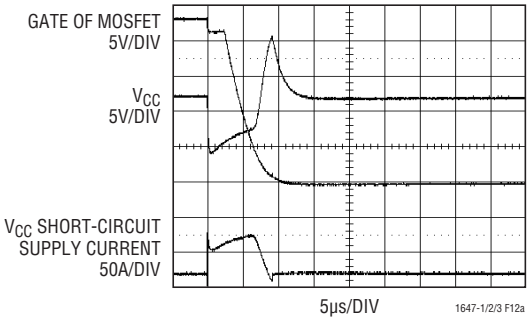
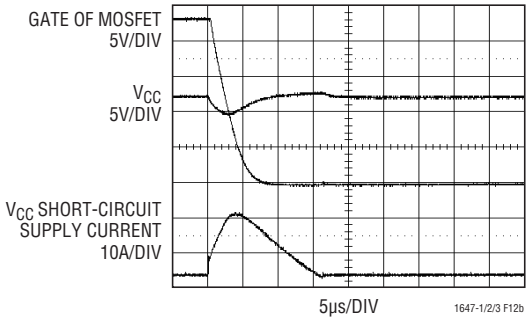


図12. 電源グリッチ



12a. 制限なしの短絡時のV_{CC}電源電流グリッチ



12b. 制限なしのV_{CC}電源グリッチ

アプリケーション情報

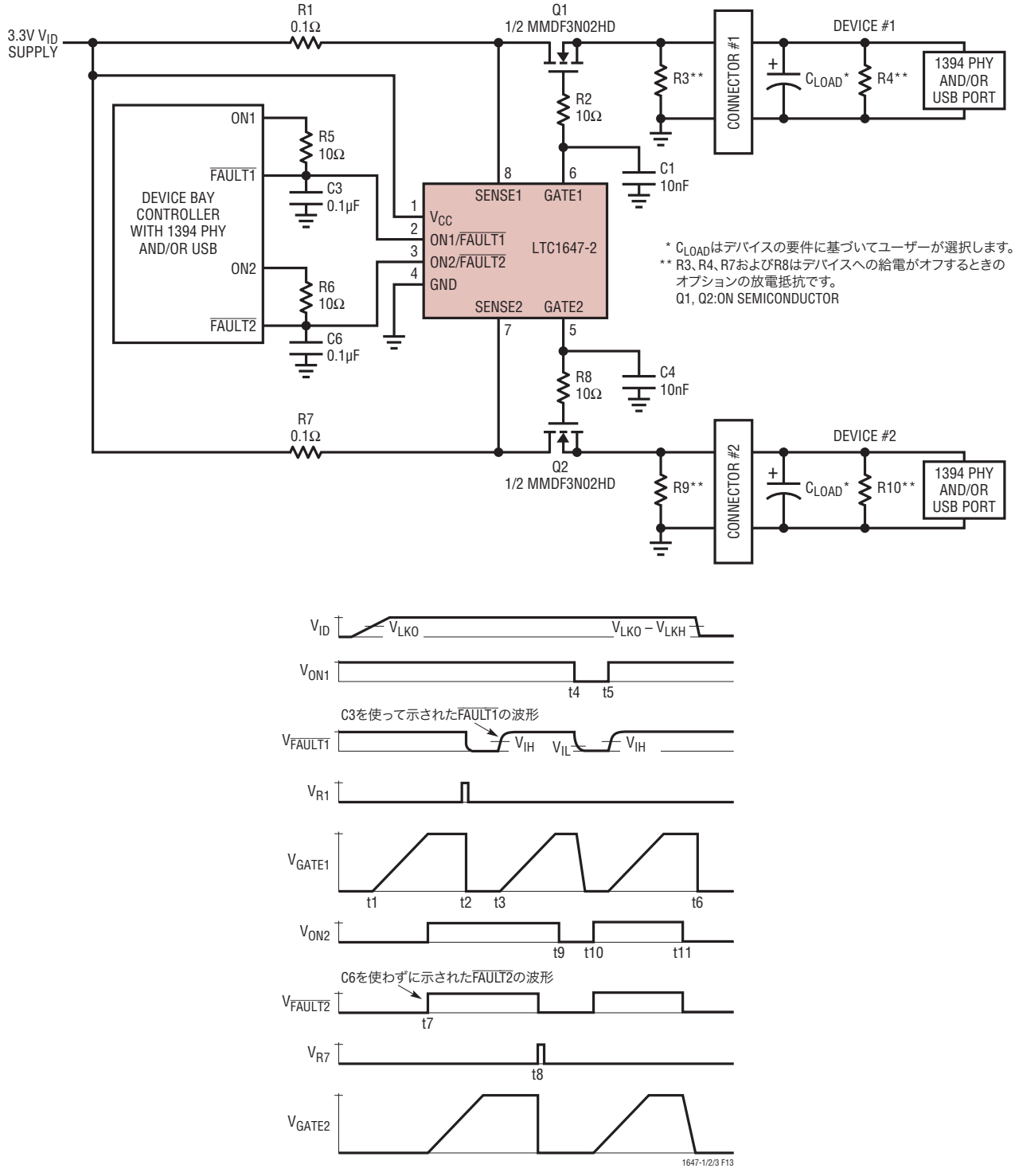
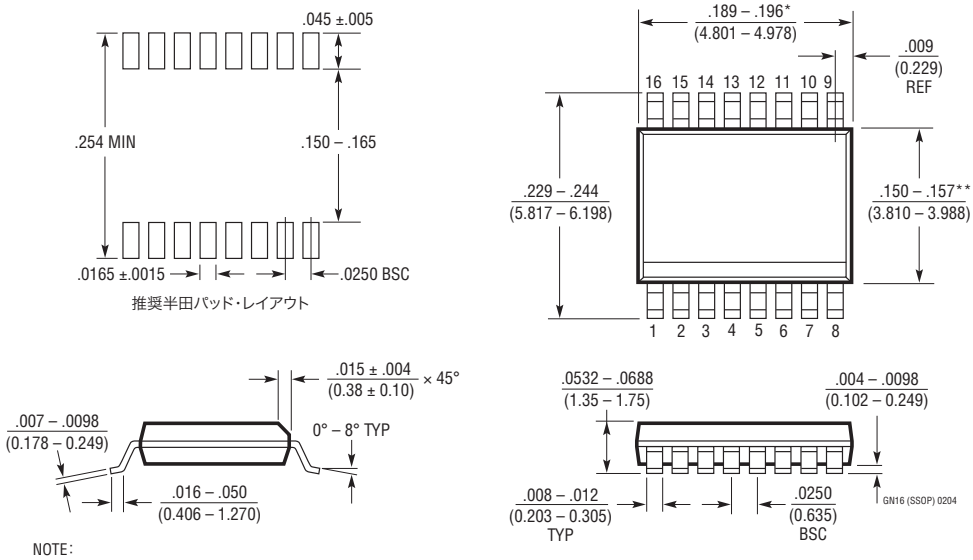


図13. V_{ID}パワー・コントローラおよびフォールト状態と再試行のシーケンス

パッケージ

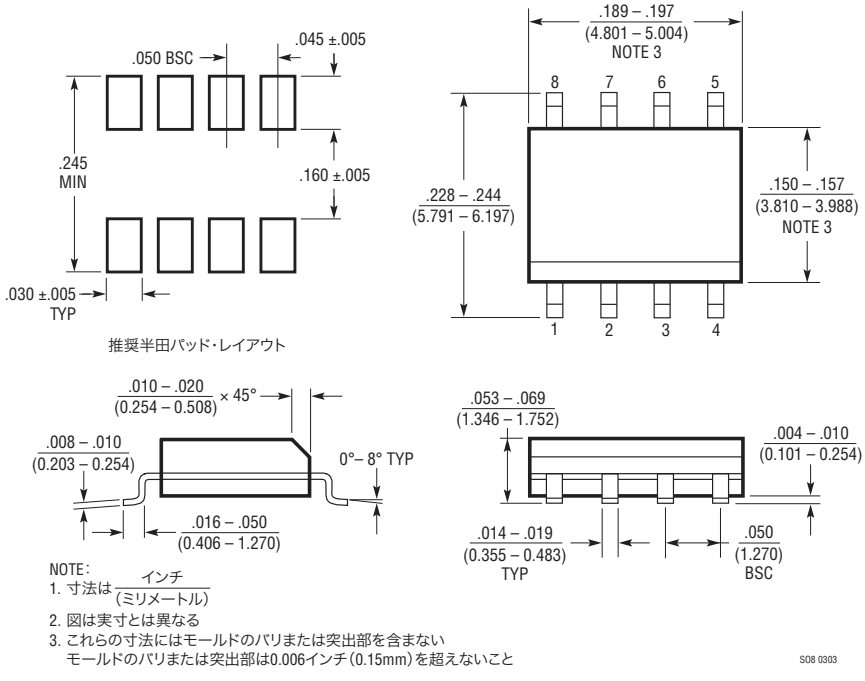
GNパッケージ
16ピン・プラスチックSSOP(細型0.150インチ)
(Reference LTC DWG # 05-08-1641)



NOTE:
1. 標準寸法:インチ
2. 寸法は $\frac{\text{インチ}}{(\text{ミリメートル})}$
3. 図は実寸とは異なる

* 寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは各サイドで0.006"(0.152mm)を超えないこと
** 寸法にはリード間のバリを含まない
リード間のバリは各サイドで0.010"(0.254mm)を超えないこと

S8パッケージ
8ピン・プラスチック・スモール・アウトライン(細型0.150インチ)
(Reference LTC DWG # 05-08-1610)



NOTE:
1. 寸法は $\frac{\text{インチ}}{(\text{ミリメートル})}$
2. 図は実寸とは異なる
3. これらの寸法にはモールドのバリまたは突出部を含まない
モールドのバリまたは突出部は0.006インチ(0.15mm)を超えないこと

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	10/10	「標準的応用例」の回路の差し替え	1
		「発注情報」セクションの更新	2
		「ピン機能」セクションのGATE1の説明を改訂	8
		「アプリケーション情報」セクションの図1、4、6、7、8、9、10、11、12を更新	11、12、15～18
		「アプリケーション情報」セクションの図12aと12bの説明を更新	14
		「標準的応用例」の図14の改訂と「関連製品」のリストの更新	20

リニアテクノロジー・コーポレーションがここで提供する情報は正確かつ信頼できるものと考えておりますが、その使用に関する責務は一切負いません。また、ここに記載された回路結線と既存特許とのいかなる関連についても一切関知いたしません。なお、日本語の資料はあくまでも参考資料です。訂正、変更、改版に追従していない場合があります。最終的な確認は必ず最新の英語版データシートでお願いいたします。

標準的応用例

2電源のホットスワップ

LTC1647-3を使って2つの別個の電源を個別に制御することができます。アプリケーションによっては、2電源の間のシーケンシングが必要です。たとえば、一方の電源がパワーアップする前に他方の電源を最初にランプアップさせ、この同じ電源をパワーダウン時には最後にランプダウンさせる必要があることがあります。ON1ピンとON2ピンを使って2個のパス・トランジスタの間の遅延をどのようにプログラムするかを図4の回路は示しています(時間イベントのt1とt4)。シーケンシングが重要ではない場合は両方のチャネルが同時にスイッチングされることをt5とt7は示しています。

アプリケーションによっては、片方のチャネルにフォールトが生じると両方のチャネルがオフすることが必要です。これはR3/R4とR7/R8の交差$\overline{\text{FAULT}}$/SENSE構成を使って図14で実現されています。

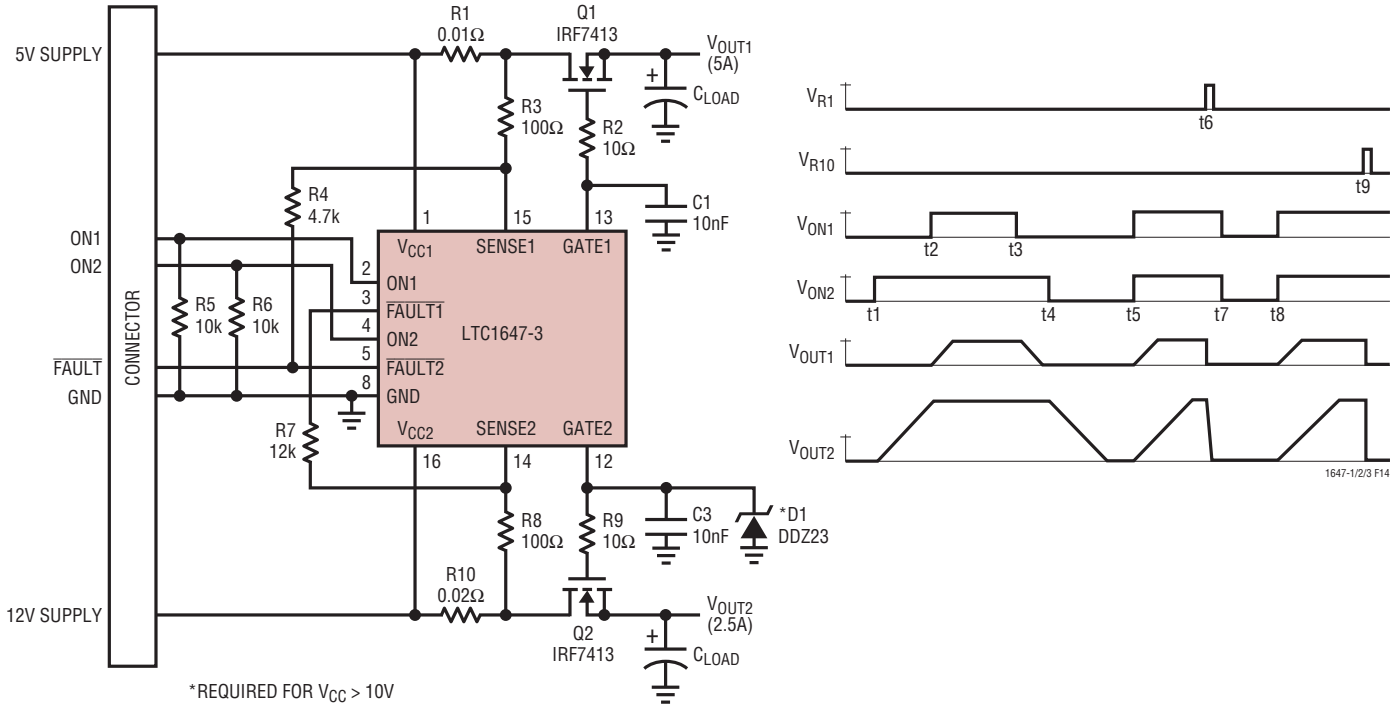


図14. 2電源のホットスワップ

関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC1421	2チャネル・ホットスワップ・コントローラ	24ピン、3V～12Vで動作、–12Vをサポート
LTC1422	ホットスワップ・コントローラ、SO-8パッケージ	プログラム可能な遅延付きシステム・リセット出力
LT1640AL/LT1640AH	SO-8入り負電圧ホットスワップ・コントローラ	–10V～–80Vで動作
LT1641	SO-8入り高電圧ホットスワップ・コントローラ	9V～80Vで動作
LT1642	フォールト保護付きホットスワップ・コントローラ	16.5Vまで動作、33Vまで保護
LTC1643L/LTC1643H	PCIバスのホットスワップ・コントローラ	3.3V、5Vおよび±12V、細型16ピンSSOP
LT1645	2チャネル・ホットスワップ・コントローラ	1.2V～12Vで動作、電源シーケンシング

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

LT 1010 REV A • PRINTED IN JAPAN

© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 1999