

保護機能付き高速150V ハイ・サイドNMOS静的スイッチ・ドライバ

特長

- 広い動作 V_{IN} : 3.5V~135V(絶対最大定格150V)
- 伝搬遅延35nsの高速ターンオンおよびターンオフ時間 を実現する1Ωのプルダウンと2.2Ωのプルアップ
- 100%のデューティ・サイクルを可能にする 内部チャージ・ポンプ
- 短絡保護
- 調整可能な電流トリップ閾値(LTC7000A)
- 電流モニタ出力(LTC7000A)
- 自動再起動タイマー
- オープンドレイン・フォルト・フラグ
- 調整可能なターンオン・スルーレート
- 3.5V~15Vのゲート・ドライバ電源
- 調整可能な V_{IN} 低電圧および過電圧ロックアウト (LTC7000A)
- 調整可能なドライバ電源 V_{CC} 低電圧ロックアウト
- 低シャットダウン電流: 1μA
- CMOS対応入力
- 熱特性が改善された高電圧対応 16ピンMSOPパッケージ
- オートモーティブ・アプリケーション向けのAEC-Q100に 適合

アプリケーション

- 静的スイッチ・ドライバ
- 負荷および電源スイッチ・ドライバ
- 電子バルブ・ドライバ
- 高周波数ハイ・サイド・ゲート・ドライバ

概要

LTC®7000A/LTC7000A-1は、最大135Vの入力電圧で動作する、高速ハイ・サイドNチャンネルMOSFETゲート・ドライバです。外部のNチャンネルMOSFETスイッチを完全にエンハンスするチャージ・ポンプが内蔵されており、スイッチを無期限にオンの状態にできます。

強力なドライバにより、非常に短い遷移時間で大きいゲート容量を簡単に駆動できるため、高周波数スイッチング・アプリケーションにも高速なターンオン／ターンオフ時間が必要な静的スイッチ・アプリケーションにも適しています。

スイッチ電流がプリセット値を超えたことを内蔵コンパレータが検知すると、フォルト・フラグがアサートされ、外付けのタイミング・コンデンサによって設定された時間の経過後にスイッチはオフになります。クールダウン期間の後、LTC7000A/LTC7000A-1は自動的に再試行します。

LTC7000A/LTC7000A-1は、熱特性が改善された16ピンMSOPパッケージを採用しています。

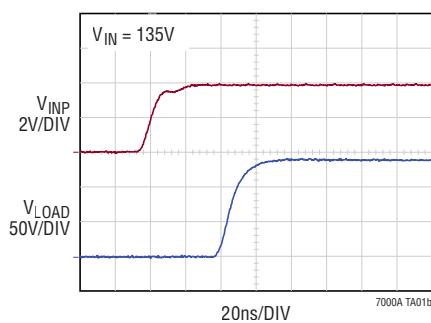
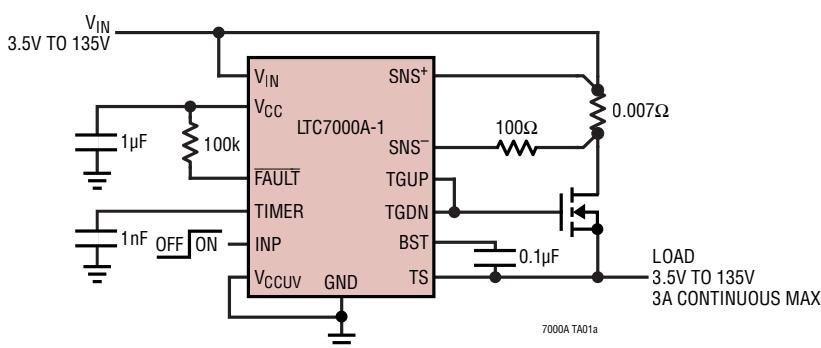
	LTC7000A	LTC7000A-1	LTC7000
Package	16-Lead MSOP MSE16	16-Lead MSOP MSE16(12)	16-Lead MSOP MSE16
High Voltage Pin Spacing	0.157mm	0.657mm	0.157mm
RUN/OVLO/I _{SET} /I _{MON} Pins	Yes	No	Yes
I _{MON} Enable after INP Rising	<1μsec	N/A	150μsec

全ての登録商標および商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

100%のデューティ・サイクルと過電流保護機能を 備えたハイ・サイド・スイッチ

ターンオン・トランジエント波形



目次

特長	1
アプリケーション	1
標準的応用例	1
概要	1
絶対最大定格	3
ピン配置	3
発注情報	3
電気的特性	4
代表的な性能特性	7
ピン機能	9
ブロック図	11
タイミング図	12
動作	12
アプリケーション情報	14
標準的応用例	24
パッケージの説明	28
標準的応用例	30
関連製品	30

絶対最大定格

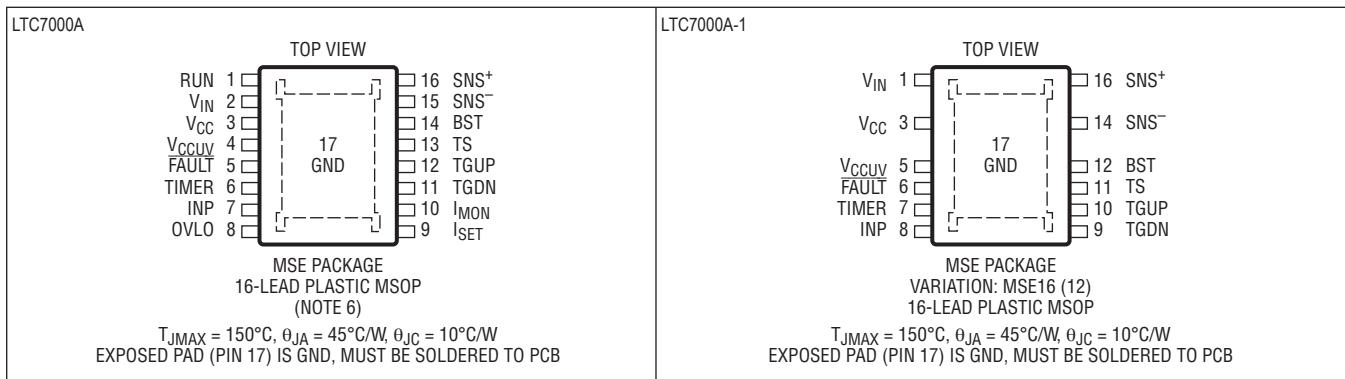
(Note 1)

電源電圧

V_{IN}	-0.3V～150V
$BST-TS$	-0.3V～15V
V_{CC}	-0.3V～15V
TS電圧	-6V～150V
BST 、 SNS^+ 、 SNS^- の各電圧	-0.3V～150V
$SNS^+ - SNS^-$	
連続	-0.3V～+0.3V
<1ms	-100mA～+100mA
INP 電圧	-6V～15V

ドライバ出力 $TGUP$ 、 $TGDN$	(Note 7)
$TIMER$ 、 $FAULT$ の各電圧.....	-0.3V～15V
V_{CCUV} 電圧.....	-0.3～6V
RUN 電圧 (LTC7000A)	-0.3V～150V
I_{SET} 、 I_{MON} 、 $OVLO$ 電圧 (LTC7000A)	-0.3V～6V
動作ジャンクション温度範囲 (Note 2, 3, 4)	
LTC7000AR、LTC7000AR-1	-40°C～150°C
保管温度範囲	-65°C～150°C
リード温度 (ハンダ処理、10秒)	
MSOPパッケージ	300°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕上げ	テープ&リール	製品マーキング*	パッケージの説明	温度範囲
LTC7000ARMSE#PBF	LTC7000ARMSE#TRPBF	7000A	プラスチック製 16 ピン MSOP	-40°C～150°C
LTC7000ARMSE-1#PBF	LTC7000ARMSE-1#TRPBF	7000A1	プラスチック製 16 ピン MSOP	-40°C～150°C
オートモーティブ製品**				
LTC7000ARMSE#WPBF	LTC7000ARMSE#WTRPBF	7000A	プラスチック製 16 ピン MSOP	-40°C～150°C
LTC7000ARMSE-1#WPBF	LTC7000ARMSE-1#WTRPBF	7000A1	プラスチック製 16 ピン MSOP	-40°C～150°C

更に広い動作温度範囲仕様のデバイスについては、弊社または弊社代理店までお問い合わせください。*温度グレードは出荷容器のラベルに表示されています。

テープ&リールの仕様。一部のパッケージは指定された販売チャネルを通じて500個単位のリールで供給され、製品番号末尾に '#TRPBF' という記号が付いています。

** このデバイスの各バージョンは、オートモーティブ・アプリケーションの品質と信頼性の条件に対応するよう管理された製造工程により提供されています。これらのモデルは '#W' というサフィックスで指定されます。オートモーティブ・アプリケーション向けには、上記のオートモーティブ・グレード製品のみを提供しています。特定製品のオーダー情報とこれらのモデル固有のオートモーティブ信頼性レポートについては、最寄りのアナログ・デバイセズまでお問い合わせください。

LTC7000A

電氣的特性

- は、仕様規定されている動作ジャンクション温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です (Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SNS+} = 10\text{V}$ 、 $V_{CC} = V_{BST} = 10\text{V}$ 、 $V_{TS} = \text{GND} = 0\text{V}$ 。

電気的特性

●は、仕様規定されている動作ジャンクション温度範囲にわたり適用される仕様であることを示します。それ以外の仕様は、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値です(Note 2)。特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SNS+} = 10\text{V}$ 、 $V_{CC} = V_{BST} = 10\text{V}$ 、 $V_{TS} = \text{GND} = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Output Gate Driver (TG)						
	TG Pull-Up Resistance	$V_{IN} = V_{BST} = 12\text{V}$	●	2.2	7	Ω
	TG Pull-Down Resistance	$V_{IN} = V_{BST} = 12\text{V}$	●	1	4	Ω
t_r	Output Rise Time	10% to 90%, $CL = 1\text{nF}$ 10% to 90%, $CL = 10\text{nF}$		13		ns
t_f	Output Fall Time	10% to 90%, $CL = 1\text{nF}$ 10% to 90%, $CL = 10\text{nF}$		13		ns
t_{PLH}	Input to Output Propagation Delay	V_{INP} Rising, $CL = 1\text{nF}$	●	35	70	ns
t_{PHL}		V_{INP} Falling, $CL = 1\text{nF}$	●	35	70	ns
Operation						
V_{IH}	Input Threshold Voltages	V_{INP} Rising V_{INP} Falling Hysteresis	● ●	1.7 1.3 400	2 1.6 1.8	V V mV
V_{IL}				1		$\text{M}\Omega$
	Input Pull-Down Resistance	$V_{INP} = 1\text{V}$				
	RUN and OVLO Pin Threshold Voltages	Rising Falling Hysteresis		1.16 1.05 110	1.21 1.10 1.15	V V mV
	RUN and OVLO Leakage Current	$V_{RUN} = 1.3\text{V}$, $V_{OVLO} = 1.3\text{V}$	●	-100	0	100
	TIMER Threshold Voltage	V_{TIMER} Rising to V_{FAULT} Going Low		1.25	1.3	1.35
	TIMER Early Warning Voltage	V_{FAULT} Going Low to (TG-TS) Going Low		75	100	125
	TIMER Pin Fault Pull-Up Current	$V_{TIMER} = 1.0\text{V}$, $I_{SET} = \text{OPEN}$	●	-115	-100	-80
	TIMER Pin Pull-Down Current	$V_{TIMER} = 0.6\text{V}$ $I_{SET} = \text{OPEN}$ $\Delta V_{SNS} = 0\text{mV}$		2.0	2.5	3.0
	FAULT Output Low Voltage	$I_{FAULT} = 1\text{mA}$	●	0.2	0.5	V
	FAULT Leakage Current	$V_{FAULT} = 5\text{V}$	●	-100	0	100
ΔV_{TH}	Current Sense Threshold Voltage $\Delta V_{SNS} = (V_{SNS+} - V_{SNS-})$	$I_{SET} = \text{OPEN}$ or LTC7000A-1 $V_{ISET} = 1.2\text{V}$ (LTC7000A Only) $V_{ISET} = 0\text{V}$ (LTC7000A Only)	●	22 54 15	30 60 20	mV mV mV
D	Retry Duty Cycle	$\Delta V_{SNS} = 200\text{mV}$ $C_{TIMER} = 1\text{nF}$	●		0.06	0.1
	I_{SET} (LTC7000A Only) and V_{CCUV} Pull-Up Current	$V_{ISET} = 1.0\text{V}$, $V_{CCUV} = 1.0\text{V}$		-11.3	-10	-8.7
	I_{MON} Output Voltage (LTC7000A Only)	$\Delta V_{SNS} = 60\text{mV}$, $V_{TIMER} = 0\text{V}$, $V_{INP} = 3.5\text{V}$ $\Delta V_{SNS} = 30\text{mV}$, $V_{TIMER} = 0\text{V}$, $V_{INP} = 3.5\text{V}$ $\Delta V_{SNS} = 0\text{mV}$, $V_{TIMER} = 0\text{V}$, $V_{INP} = 3.5\text{V}$	●	1.12 0.52 0	1.2 0.6 0.1	V V V
	Over-Current to TG Low Propagation Delay	ΔV_{SNS} Step 10mV to 50mV, $I_{SET} = \text{OPEN}$, $V_{TIMER} = V_{CC}$, $V_{INP} = 3.5\text{V}$			70	ns

電気的特性

Note 1: 上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えるとデバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くと、デバイスの信頼性と寿命に影響を与えることがあります。

Note 2: LTC7000A/LTC7000A-1は、 $T_J \approx T_A$ となるパルス負荷条件で試験されています。LTC7000AR/LTC7000AR-1は-40°C～150°Cの動作ジャンクション温度範囲で仕様規定されています。

ジャンクション温度が高いと動作寿命が低下します。動作寿命は125°Cを超えるジャンクション温度ではディレーティングされます。これらの仕様に整合する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱抵抗、およびその他の環境要因と共に、特定の動作条件によって決まります。

Note 3: ジャンクション温度(T_J (°C))は、次式を使って周囲温度(T_A (°C))と消費電力(P_D (W))から計算します。

$$T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$$

ここで θ_{JA} は 45°C/W です。

Note 4: このICには一時的な過負荷からデバイスを保護するための過熱保護機能が搭載されています。この保護機能が動作するときは、ジャンクション温度が最大定格を超えていません。仕様規定された絶対最大動作ジャンクション温度を超える温度での動作は、デバイスの信頼性を損なったり、デバイスに恒久的な損傷を生じさせたりする可能性があります。

Note 5: 動作時の電源電流は、スイッチング周波数で供給されるゲート電荷によって増加します。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

Note 6: 高電圧でピンの沿面距離やクリアランスが懸念されるアプリケーションには、MSE16(12)のバリエーション・パッケージを使用してください。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

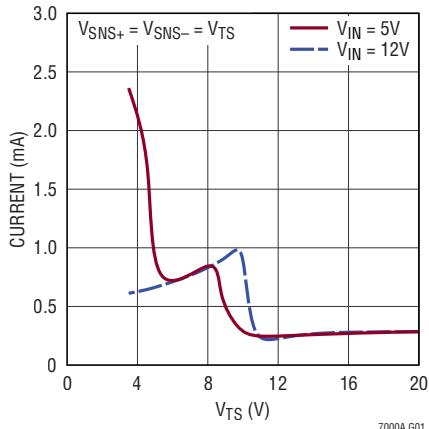
Note 7: これらのピンには電圧も電流も印加しないでください。接続するには容量性負荷のみにしてください。それ以外の場合、恒久的な損傷が生じる可能性があります。

Note 8: 総電源電流は、V_{IN}、SNS⁺、SNS⁻、TS の各ピンへの電流の合計です。

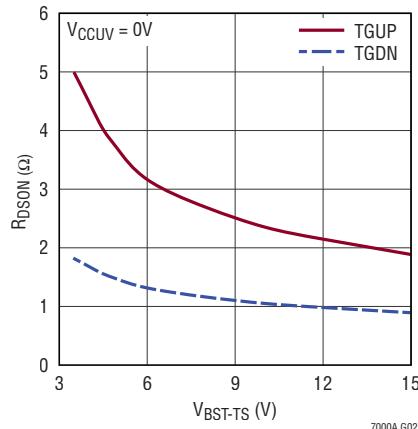
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

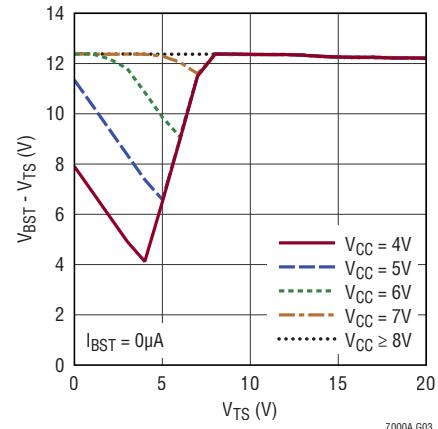
総電源電流と V_{IN} 電圧の関係



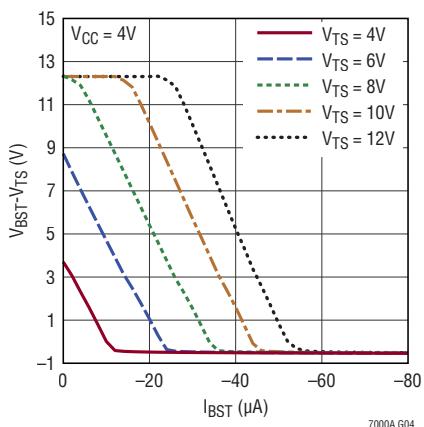
ドライバのオン抵抗と V_{BST-TS} 電圧の関係



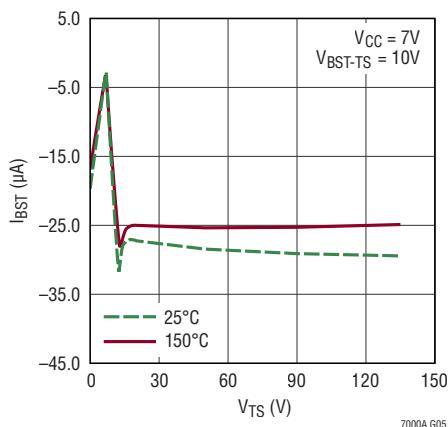
チャージ・ポンプの無負荷時出力電圧と V_{TS} の関係



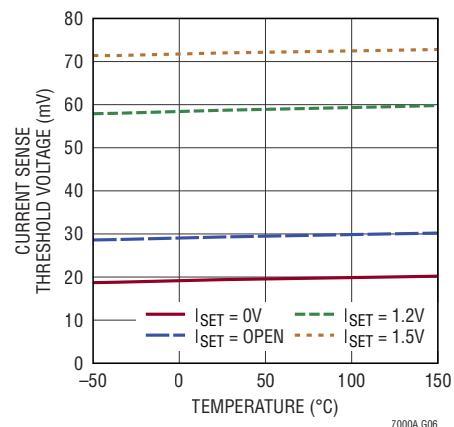
チャージ・ポンプの負荷レギュレーション



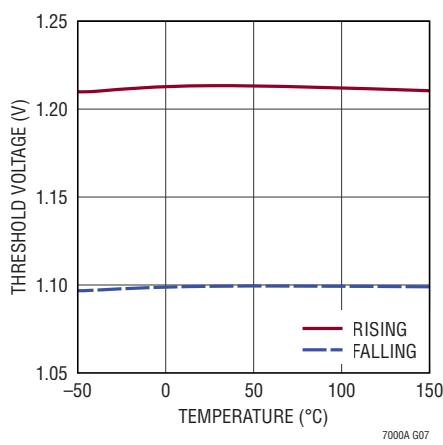
チャージ・ポンプの出力電流と V_{TS} の関係



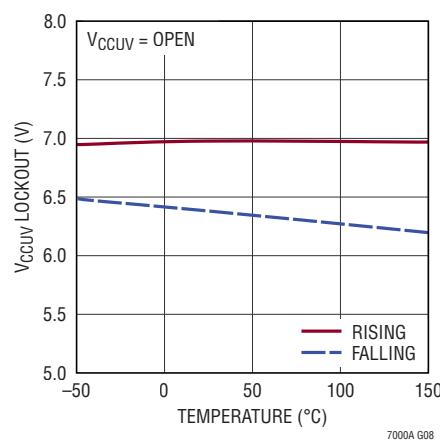
ΔV_{TH} と温度の関係



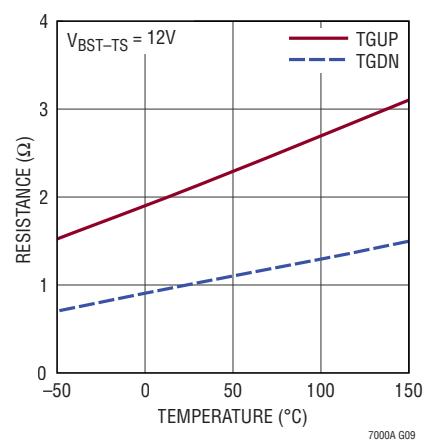
RUN および OVLO の閾値電圧と温度の関係



V_{CCUV} ロックアウトと温度の関係



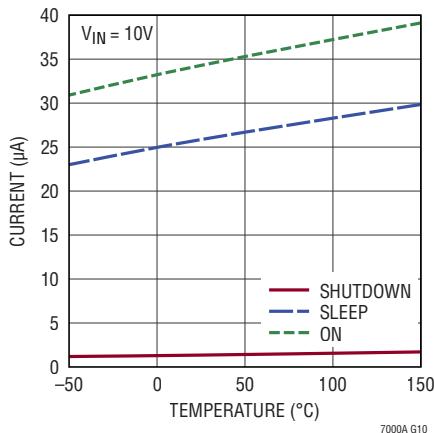
ドライバのオン抵抗と温度の関係



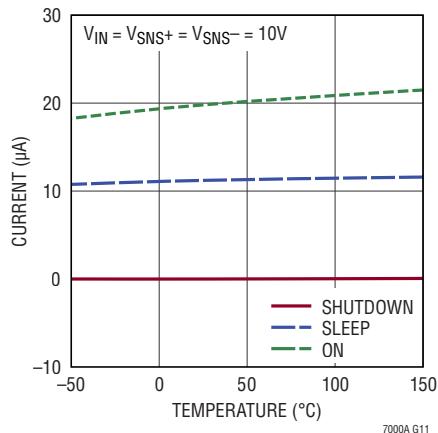
代表的な性能特性

特に指定のない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

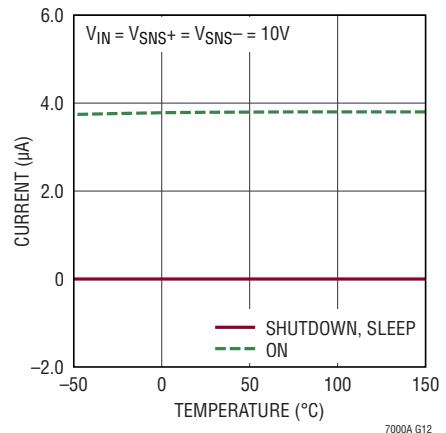
V_{IN} 電源電流と温度の関係



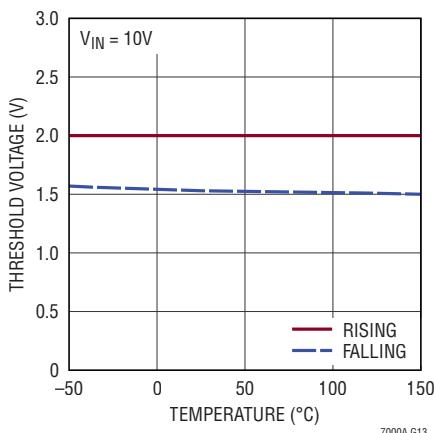
SNS^+ 電源電流と温度の関係



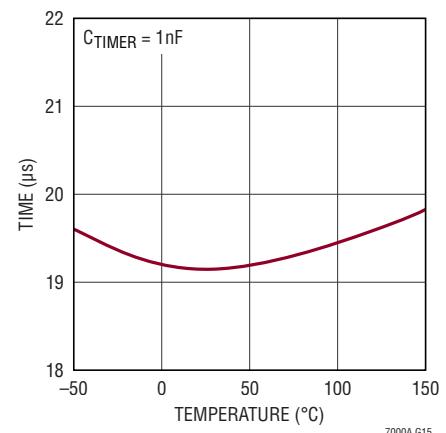
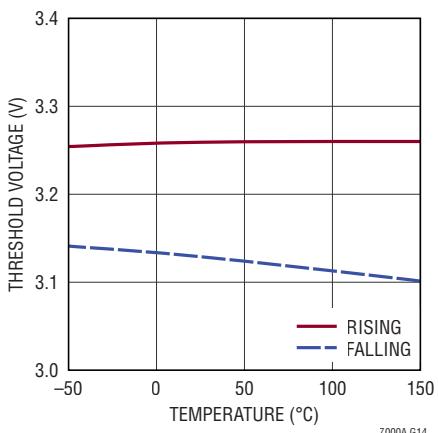
SNS^- 電源電流と温度の関係



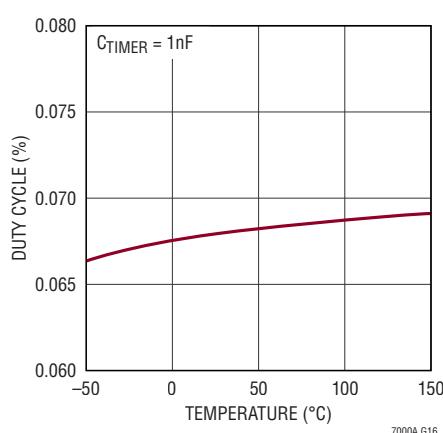
入力閾値電圧と温度の関係



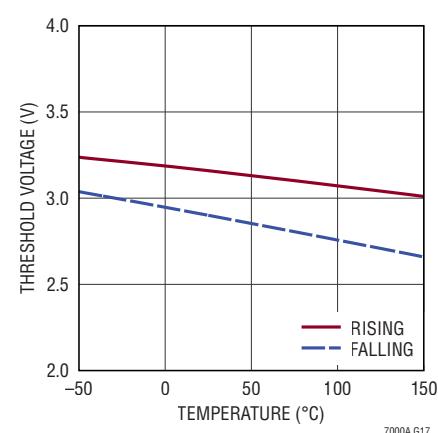
SNS^+ FAULT 閾値と温度の関係



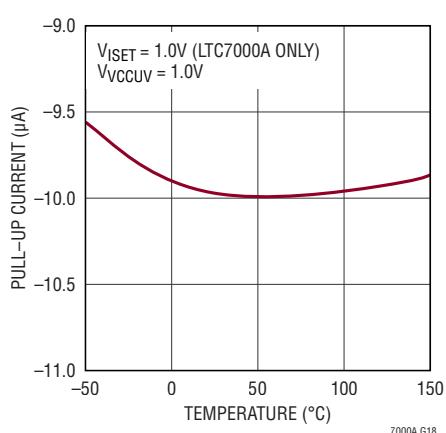
再試行デューティ・サイクルと温度の関係



V_{BST-TS} フローティングUVLO電圧と温度の関係



I_{SET} および V_{CCUV} のプルアップ電流と温度の関係



ピン機能 (LTC7000A/LTC7000A-1)

RUN (ピン1／非該当) : 実行制御入力。このピンの電圧が1.21Vを超えると通常動作が可能になります。このピンを0.7V未満にするとLTC7000Aはシャットダウンされ、静止電流が約1μAに減少します。抵抗分圧器を使用して入力電源に接続し、低電圧ロックアウトを設定することもできます。

V_{IN} (ピン2／ピン1) : 主電源ピン。0.1μF以上のバイパス・コンデンサをこのピンとGNDの間に接続してください。

V_{CC} (ピン3／ピン3) : 内部LDOの出力および、ゲート・ドライバと内部回路用の電源。このピンは、1.0μF以上の低ESRセラミック・コンデンサを用いてGNDとデカッピングします。V_{CC}ピンを他の用途に使用しないでください。外付けの高効率電源でV_{CC}をオーバードライブすることで、より高い電圧を外部MOSFETに供給することが必要とされる高周波数スイッチング・アプリケーションに使用できます。V_{CC}ピンはV_{IN}より高い電圧に接続しないでください。

V_{CCUV} (ピン4／ピン5) : V_{CC}電源低電圧ロックアウト。このピンに抵抗を接続すると、ゲート・ドライブの低電圧ロックアウトのリファレンスを設定できます。0.4V～1.5Vの範囲のこのピンの電圧は7倍されて、ゲート・ドライブ(V_{CC}ピン)の低電圧ロックアウトになります。グラウンドに短絡するとゲート・ドライブの最小UVLOが3.5Vに設定されます。オープンのままになるとゲート・ドライブのUVLOは7.0Vになります。

FAULT (ピン5／ピン6) : オープン・ドレイン・フォルト出力。TIMERピンの電圧が1.3Vのフォルト閾値に達すると、このピンがローに低下します。これは、過電流状態のためにパス・トランジスタがオフになろうとしていることを示します。標準的なプルダウン・インピーダンスは200Ωです。FAULTピンは、過電流状態とTIMERクールダウン期間が終了するまで、高インピーダンス状態にはなりません。TIMERピンが3.5Vを超えた場合、TIMER機能は無効化されます。この状態でVTGUP-TS信号がハイになると、このピンはローにプルダウンされます。

TIMER (ピン6／ピン7) : フォルト・タイマー入力。TIMERピンとGNDの間にタイミング・コンデンサCTを接続すると、フォルト警告、フォルト・ターンオフ、再試行期間の時間を設定できます(アプリケーション情報のセクションを参照)。TIMERピンが3.5Vを超える電圧に接続されると、過電流状態となり直ちにTGDNピンがTSに引き下げられます。INPピンがローになり再度ハイになることで、フォルト状態がリセットされるまでTGUPが再度ハイになることはありません。

INP (ピン7／ピン8) : 入力信号。GND基準のCMOS対応入力で、TGDNピンとTGUPピンの状態を設定します(アプリケーション情報のセクションを参照)。INPにはGNDへの1MΩのプルダウン抵抗が内蔵されており、起動トランジエントの間、TGDNをTSに引き下げ続けます。

OVLO (ピン8／非該当) : 過電圧ロックアウト入力。抵抗分圧器を使用して入力電源に接続すると、過電圧ロックアウトのレベルを設定できます。このピンの電圧が1.21Vを超えると、TGDNがTSに引き下げられます。このピンの電圧が1.11Vを下回ると通常動作が再開されます。OVLOをトリガするとフォルト状態の原因となります。OVLOを使用しない場合にはGNDに接続する必要があります。

I_{SET} (ピン9／非該当) : 電流トリップ閾値の設定。このピンとGNDの間に抵抗を接続すると、ピーク電流閾値が設定されます。このピンの電圧(0.4V～1.5Vに内部でクランプ)は20分の1に分圧されて電流コンパレータのリファレンスとなります。ピーク電流を最小(20mV ΔV_{TH})にするにはGNDに短絡します。正確なピーク電流(30mV ΔV_{TH})を実現するにはオープンのままにします。

I_{MON} (ピン10／非該当) : 電流モニタ。GNDを基準としたこのピンの電圧は、検出抵抗の電圧を20倍したものになります。このピンの範囲は0V～1.5Vです。

TGDN (ピン11／ピン9) : 大電流ゲート・ドライバ・プルダウン。このピンはTSにプルダウンされます。最も高速のターンオフを実現するには、このピンを外部のハイ・サイドMOSFETのゲートに直結します。

ピン機能 (LTC7000A/LTC7000A-1)

TGUP(ピン12／ピン10): 大電流ゲート・ドライバ・プルアップ。このピンはBSTにプルアップされます。ゲート・ドライブの遷移速度を最大にするには、このピンをTGDNに接続します。このピンと外部MOSFETのゲートの間に抵抗を接続すると、ターンオン時の突入電流を制御できます。[アプリケーション情報](#)のセクションを参照してください。

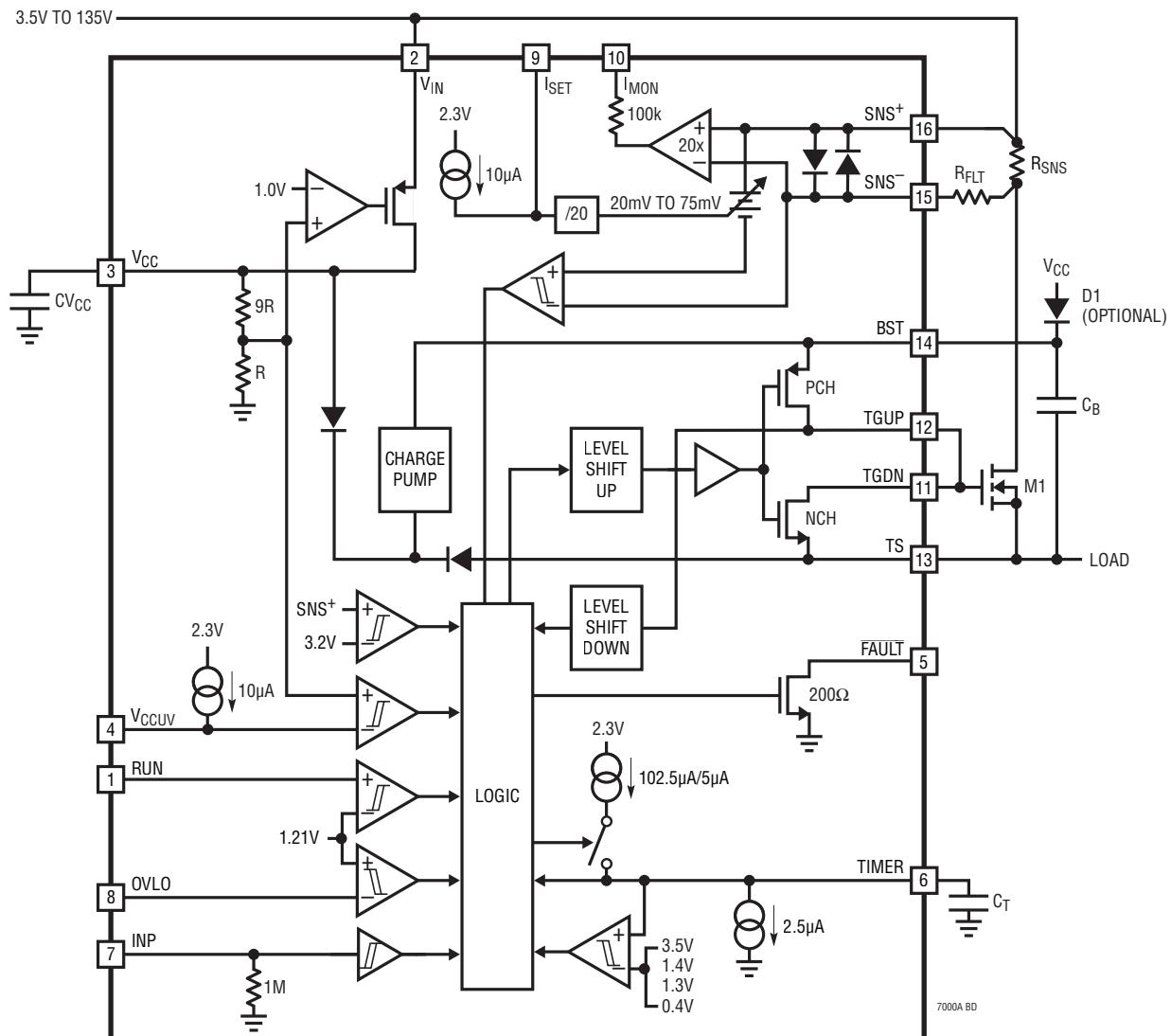
TS(ピン13／ピン11): トップ(ハイ・サイド)のソース接続、または、グラウンド基準のアプリケーションで使用する場合はGND。

BST(ピン14／ピン12): ハイ・サイド・ブートストラップ電源。0.1 μ F以上の外部コンデンサをこのピンとTSの間に接続してください。このピンの電圧振幅は12V～(V_{IN} + 12V)です。

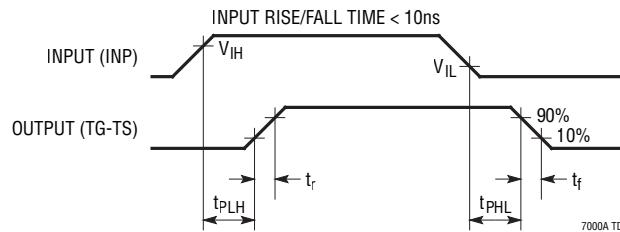
SNS⁻(ピン15／ピン14)、SNS⁺(ピン16／ピン16): 電流検出コンパレータ入力。外部MOSFETのドレインに直列に検出抵抗を接続すると、ピーク電流が設定できます。100 Ω 以上の抵抗を使用してSNS⁻ピンを検出抵抗に接続してください。SNS⁺ピンから検出抵抗にはケルビン接続を使用します。電流コンパレータ・トリップ閾値電圧 ΔV_{TH} は、ISETの電圧の20分の1です。トリップ閾値は、最小20mV、最大75mVに内部クランプされています。ISETがオープンまたは2.0Vより大きい場合、 ΔV_{TH} は内部で30mVに設定されます。

GND(露出パッド・ピン17): グラウンド。定格の電気的性能および熱性能を得るために、露出パッドはPCBにハンダ付けする必要があります。

ブロック図



タイミング図



動作 (ブロック図のセクションを参照)

LTC7000A/LTC7000A-1は、グラウンド基準の低電圧デジタル信号であるINPを受けて、ドレイン電圧がグラウンドよりも最大150Vも高くなることがあるハイ・サイド・パワーMOSFETの駆動と保護を高速に行うよう設計されています。LTC7000A/LTC7000A-1は、12Vのブートストラップされた電源電圧($V_{BST}-V_{TS}$)を使用して、35nsの伝搬遅延および高速の立上がり／立下がり時間で1nFの負荷を駆動できます。ゲート駆動電圧が高いため、外部MOSFETのオン抵抗に関連する外部の電力損失が低減されています。強力なドライバは高速のターンオンおよびターンオフ時間を備えているだけでなく、高電圧での誘導性負荷の駆動時に発生する高スルーレートのトランジエントが存在する場合に、TGUPおよびTGDNを必要な状態のTS電圧に保持します。

過電流保護

LTC7000A/LTC7000A-1は、ハイ・サイドのNチャンネルMOSFETを過電流状態から保護します。この保護は、外部MOSFETのドレインに直列接続された外部検出抵抗の電圧をモニタリングし、この検出抵抗の電圧 ΔV_{SNS} が電流コンパレータの閾値電圧 ΔV_{TH} をタイミング・コンデンサ C_T で設定された時間だけ超えた場合にTGDNをTSに引き下げて外部MOSFETをオフにすることで行います。 I_{SET} がオープンの状態で過電流状態を検出する場合、 ΔV_{TH} は30mVという低い値に内部設定されているため、より低い値の検出抵抗を使用することで電流検出に関連する外部の伝導損失を最小限に抑えることができます。 I_{SET} とグラウンドの間に抵抗を接続すると、 ΔV_{TH} を20mV～75mVに設定できます。

調整可能なフォルトおよび過電流タイマーは、TIMERピンとグラウンドの間にコンデンサ C_T を接続することで有効化され、短時間の過電流トランジエントの間も負荷が機能し続けることができると同時に、MOSFETに大電流が長時間流れないようにします。MOSFETのターンオフが発生する恐れがある場合には、外部フォルト・フラグを使用できます。TIMERピンを V_{CC} に接続すると高速ターンオフ・モードが使用でき、過電流によってTGDNが直ちにTSに引き下げられます。

電流モニタ (LTC7000Aのみ)

LTC7000Aは、 I_{MON} ピンにグラウンド基準の電圧を出力します。この電圧は、TGUPがハイの場合に SNS^+ と SNS^- の間に接続された外部検出抵抗を流れる電流を反映したものです。 I_{MON} の電圧は、 SNS^+ ピンと SNS^- ピンの間の電圧差を20倍したもので、グラウンドを基準として0V～1.5Vの範囲です。 I_{MON} の出力電圧は出力インピーダンスが100kΩで、INPがローの場合は、100kΩの抵抗でグラウンドにプルダウンされます。

V_{CC} 電源

MOSFET用ドライバと内部回路の電力は、 V_{CC} ピンから供給されます。この V_{CC} ピンの電圧は、 V_{IN} に接続された内蔵のPチャンネルLDOで生成されます。高効率の外部電源を使用して V_{CC} をオーバードライブすることで、より高い電力を外部MOSFETに供給することが必要とされる高周波数スイッチング・アプリケーションに適用できます。 V_{CC} は V_{IN} より高い電圧にしないでください。高い電圧にするとLTC7000A/LTC7000A-1に恒久的な損傷を与える可能性があります。

動作 (ブロック図のセクションを参照)

内蔵チャージ・ポンプ

LTC7000A/LTC7000A-1には、MOSFETのゲート・ドライブを100%のデューティ・サイクルで駆動できるチャージ・ポンプが内蔵されています。このチャージ・ポンプは、BST-TSの電圧を12Vにレギュレーションし、外部MOSFETのオン抵抗に関連する外部の電力損失を低減します。充電源として、チャージ・ポンプはTSまたはV_{CC}の高いほうの電圧を使用します。

起動およびシャットダウン

RUNピン(LTC7000Aのみ)の電圧が0.7V未満の場合、LTC7000Aはシャットダウン・モードになります。このモードでは、すべての内部回路が無効化されDC電源電流は約1μAに減少します。RUNピンの電圧が0.7Vを超えると、V_{IN}に接続された内蔵LDOがイネーブルされてV_{CC}を10Vにレギュレーションします。V_{IN}の電圧が10Vより低い場合には、LDOはドロップアウトで動作し、V_{CC}はV_{IN}に追従します。RUNピンの電圧が1.21Vを超えると、入力回路がイネーブルされ、TGUPおよびTGDNをTSを基準として高電圧に駆動できるようになります。LTC7000A-1にはRUNピンはありません。LTC7000A-1のV_{IN}と入力回路に接続されたLDOは、V_{IN}が3.5Vより高くなるとイネーブルされます。

保護回路

LTC7000A/LTC7000A-1を使用する場合、**絶対最大定格**のセクションで仕様規定された定格を超えることのないよう注意してください。付加的な防護策として、LTC7000A/LTC7000A-1は過熱シャットダウン機能を内蔵しています。ジャンクション温度が約180°Cに達すると、LTC7000A/LTC7000A-1はサーマル・シャットダウン・モードに入り、TGDNの電圧はTSの電圧まで低下します。デバイスが160°C

未満に冷却すると、TGDNは高い電圧に戻ることができます。過熱レベルの出荷テストは行っていません。LTC7000A/LTC7000A-1は、150°Cより低い温度で起動するよう設計されています。

更に、LTC7000A/LTC7000A-1は、V_{IN}、V_{CC}、または(V_{BST}-V_{TS})が適切な動作範囲にない場合にTGUPがBSTに引き上げられないようにする保護機能を備えています。V_{IN}とグラウンドの間に抵抗分圧器を使用することで(LTC7000Aのみ)、RUNピンとOVLOピンが高精度の入力電源過電圧／低電圧ロックアウトとして機能できます。RUNが1.11V未満に低下するかOVLOが1.21Vを超えた場合、TGDNはTSに引き下げられます。このように構成することで、スイッチングを入力電源電圧の特定範囲に限定できます。また、V_{IN}が3.5V未満に低下した場合、内部の低電圧検出器がTGDNをTSに引き下げます。

V_{CC}には、TGDNをTSに引き下げる低電圧ロックアウト機能があり、これはV_{CCUV}ピンで設定できます。V_{CCUV}が開放の場合、TGDNはV_{CC}が7.0Vより大きくなるまでTSに引き下げられます。V_{CCUV}とグラウンドの間に抵抗を接続することで、V_{CC}の立上がりの低電圧ロックアウトを3.5V～10.5Vに調整できます。

BSTとTSの間のフローティング電圧が3.1V(代表値)未満の場合にTGDNをTSに引き下げる、追加の低電圧ロックアウトも内蔵されています。

アプリケーション情報

入力段

LTC7000A/LTC7000A-1はCMOS 対応入力の閾値を備えており、INPに接続された低電圧デジタル信号で、標準的なパワー MOSFETを駆動できます。LTC7000A/LTC7000A-1には、INPに接続された入力バッファをバイアスする電圧レギュレータが内蔵されており、入力閾値($V_{IH} = 2.0V$, $V_{IL} = 1.6V$)が V_{CC} の変化に影響されないようにすることができます。 V_{IH} と V_{IL} の間には400mVのヒステリシスがあるため、ノイズ発生による誤動作は生じません。ただし、特に高周波数や高電圧アプリケーションの場合は、INPをノイズを拾いやさしいものから遠ざけるように注意する必要があります。

INPにはグラウンドとの間に $1M\Omega$ のプルダウン抵抗も内蔵されており、起動時やその他の未知のトランジエント発生時にTGDNをTSに引き下げます。シャットダウン時($V_{RUN} < 0.7V$)は、内蔵の $1M\Omega$ プルダウン抵抗はディスエーブルされ、INPは高インピーダンスになります。

INPの絶対最大定格は $-6V \sim +15V$ であるため、信号駆動のINPの電圧が通常の電源とグラウンドの範囲外に逸脱することがあっても許容できます。長いPCBパターンをルーティングされ高速の立上がり／立下がり時間で駆動される信号が、電源より高い電圧やグラウンドより低い電圧に誘導的にリンクングすることは珍しいことではありません。

出力段

LTC7000A/LTC7000A-1の出力段の簡略化した図を図1に示します。プルダウン・デバイスは $R_{DS(ON)}$ が 1Ω (代表値)のNチャンネルMOSFETで、プルアップ・デバイスは $R_{DS(ON)}$ が 2.2Ω (代表値)のPチャンネルMOSFETです。プルアップ・ピンとプルダウン・ピンは分離されているため、高速のターンオ

フを維持しながらもターンオン・トランジェントを制御できます。

LTC7000A/LTC7000A-1の強力な出力段(1Ω のプルダウンと 2.2Ω のプルアップ)は、外部MOSFETの駆動時の遷移損失を最小限に抑え、パワーMOSFETから駆動回路に戻るまで高電圧トランジエントと高周波数トランジエントが結合している場合でも、MOSFETをINPで指示される状態に維持します。

$R_{DS(ON)}$ はゲートのオーバードライブ($V_{GS} - V_{TH}$)に反比例するため、TGUPとTGDNの大きなゲート駆動電圧は、外部MOSFETの伝導損失を低減します。

SNS⁺ピンとSNS⁻ピン

SNS⁺とSNS⁻は、ハイ・サイドの電流コンパレータおよび電流モニタへの入力です。これらのピンのコモン・モード動作電圧範囲は3.5V～150Vで、他の電圧とは無関係です。SNS⁺は電流コンパレータおよび電流モニタへの電力供給も行い、非シャットダウン時でINPがハイの場合に約 $21\mu A$ の電流を供給します。SNS⁻は、非シャットダウン時でINPがハイの場合、約 $4\mu A$ のバイアス電流を供給します。SNS⁺が3.2V(代表値)を下回る場合(最小値は3.5V)、フォルト状態となり、調整可能なフォルト・タイマーが過電流フォルトの場合と同じようにイネーブルされます。通常、SNSピンは外部MOSFETのドレイン側に接続されます。ただし、フォルト・タイマーの終了前にソース電圧が3.5Vを超える限り、SNSピンを外部MOSFETのソース側に接続することもできます。フォルト・タイマーおよびフォルト・フラグのセクションを参照してください。

図2に示すように、フィルタ抵抗 R_{FLT} をSNS⁻ピンに直列に接続する必要があります。SNS⁻ピンは、電流検出機能と電流モニタリング機能に影響する $4\mu A$ のバイアス電流を受け

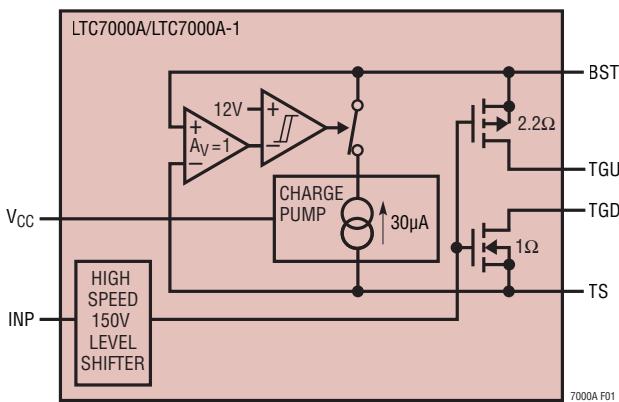


図1. 出力段の簡略図

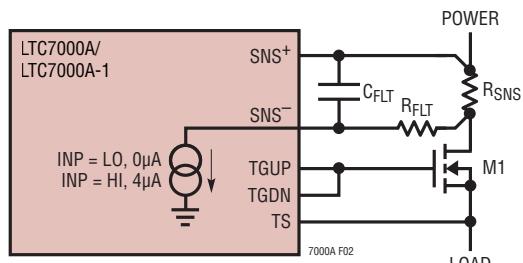


図2. 検出ピンのフィルタリング

アプリケーション情報

入れる点に注意してください。短絡した場合の堅牢性を確保するために、RFLTは、RSNS(最小 100Ω)よりも2000倍以上大きいことが必要です。短絡時にSNS⁺ピンとSNS⁻ピンに流れる電流は、電源電圧、RSNS、外部MOSFETのR_{DSON}、タイマーの容量値、RFLTの値に依存します。

ISETピン(LTC7000Aのみ)

電流コンパレータには20mV～75mVで調整可能な閾値 ΔV_{TH} があり、ISETピンとグラウンドの間に抵抗を接続して設定できます。ISETピンは内部の10μA電流源でバイアスされます。ISETをフローティング状態にすると、電流コンパレータの閾値電圧は正確に30mVとなり、検出抵抗の値を下げることができるため外部消費電力を低減できます。ISETとグラウンドの間に40kΩ～150kΩの抵抗を接続すると、検出閾値電圧を20mV～75mVの値に設定できます。特定の検出閾値電圧のための抵抗値は、図3または次式を使用して選択できます。

$$R_{ISET} = \frac{\Delta V_{TH}}{0.5\mu A}$$

ここで、 $20\text{mV} < \Delta V_{TH} < 75\text{mV}$ です。

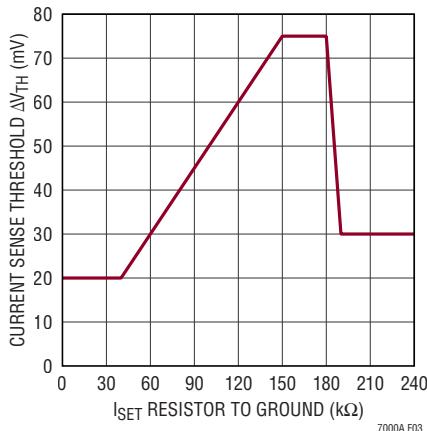


図3. R_{ISET}の選択

フォルト・タイマーおよびフォルト・フラグ

LTC7000A/LTC7000A-1は、調整可能なフォルト・タイマーを内蔵しています。TIMERピンとグラウンドの間にコンデンサを接続すると、過電流フォルト状態の場合に外部MOSFETがオフになるまでの遅延時間を設定できます。同じコンデンサで、外部MOSFETがオンに戻るまでのクール

ダウン時間も設定できます。フォルト状態が検出されると、100μAの電流がTIMERピンを充電します。TIMERピンの電圧が1.3Vに達すると、FAULTピンがローに引き下げられ、フォルト状態を検出したことを示して電力損失が差し迫っていることを警告します。TIMER電圧が1.4Vの閾値を超えると、TGDNは直ちにTSに引き下げられ外部MOSFETがオフになります。過電流が発生した場合の外部MOSFETのオン時間TOVER_CURRENTは、次式のようになります。

$$T_{OVER_CURRENT} = \frac{1.4V \cdot C_{TIMER}}{100\mu A} + 1.5\mu s$$

過電流が発生したことで生成される警告時間TWARNINGは、次式で表されます。

$$T_{WARNING} = \frac{0.1V \cdot C_{TIMER}}{100\mu A} + 1.5\mu s$$

TIMERが1.4Vに達する前に過電流フォルト状態が解消された場合、TIMERは2.5μAの電流によって放電されます。TIMERが1.3Vに達し(Faultがローになります)、過電流フォルト状態が解消した場合、TIMERは2.5μAの電流で放電され、TIMERが0.4VになるとFAULTはリセットされます。オン時間と警告時間を図4に図示します。

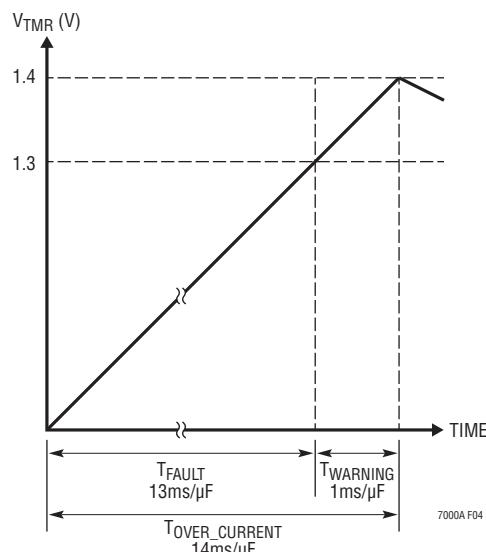


図4. フォルト・タイマーのトリップ点

アプリケーション情報

クールダウン時間と再起動

TIMERが1.4Vに達すると直ちにTGDNは過電流フォルト状態のTSに引き下げられ、TIMERピンは2.5μAの電流で放電を開始します。TIMERが0.4Vになると、TIMERは2.5μAの電流で充電します。TIMERが1.4Vになると、再び2.5μAの電流で放電を開始します。このパターンを32回繰り返し、再試行する前に長いクールダウン・タイマー時間(T_{COOL_DOWN})を形成します(図5参照)。

INPがローに下がると、TGDNはTSに引き下げられ、TIMERは内部の100kΩ抵抗でローにプルダウンされます。クールダウン中にINPがローに下がると、タイマー・カウンタはリセットされます。その後INPがハイになると、TGUPがBSTに引き上げられ、フォルト・タイマーはその時点の値で始まるTIMER電圧で再度アクティブ化します。

クールダウン時間の最後(TIMERが32回目に0.4V未満に低下したとき)に、LTC7000A/LTC7000A-1が再試行し、TGUPをBSTに引き上げて外部MOSFETをオンにします。その後FAULTピンは高インピーダンス状態になります。クールダウン・タイマーの合計時間は次式のようになります。

$$T_{COOL_DOWN} = \frac{63 \cdot 1.0V \cdot C_{TIMER}}{2.5\mu A}$$

再試行のデューティ・サイクル(パーセント表示)は、一次的には C_T と独立で、次式で表されます。

$$D = \frac{100 \cdot T_{OVER_CURRENT}}{T_{OVER_CURRENT} + T_{COOL_DOWN}}$$

自動再試行を無効にするには、TIMERコンデンサと並列に100kΩの抵抗を接続します。なお、過電流フォルトからターンオフまでの時間は7%増加し、FAULTピンはローのままになってフォルトが発生したことを示します。LTC7000A/LTC7000A-1を再試行させ、フォルト・フラグをクリアするには、INP信号がローに下がりその後ハイに戻る必要があります。

いくつかの標準的な値のタイマー・コンデンサに対する代表的なターンオフ時間とクールダウン時間を表1に示します。

表1. 代表的なコンデンサに対するフォルト時間

C_{TIMER} (nF)	$T_{OVER_CURRENT}$ (μs)	T_{COOL_DOWN} (s)	Retry Duty Cycle %
<0.1	~3	0.0005	~0.6
1	16	0.025	0.06
10	142	0.250	0.06
100	1402	2.500	0.06

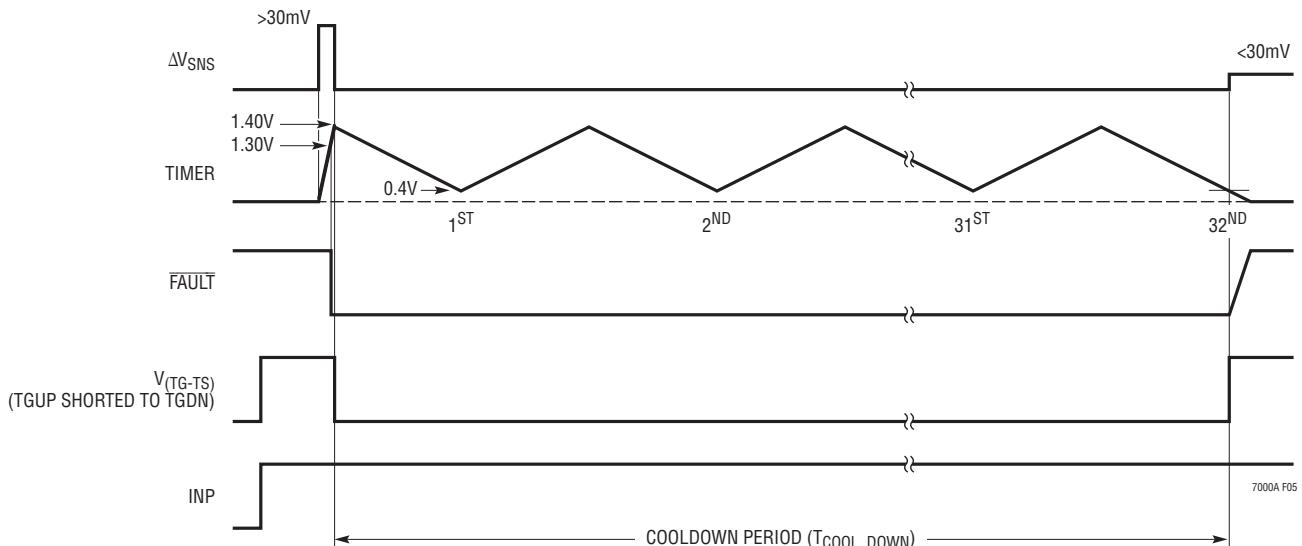


図5. 自動再試行クールダウン・タイマーのサイクル

アプリケーション情報

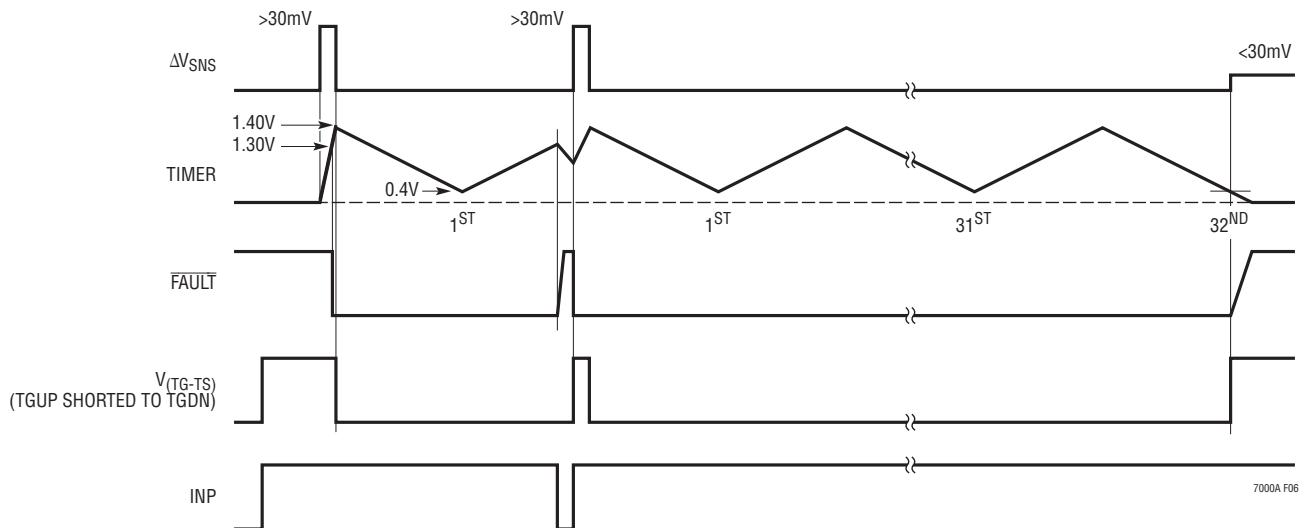


図6. INPがローに下がることによる自動再試行

高速ターンオフ・モード

TIMER ピンが V_{CC} または 3.5V より大きい他の電源に接続されている場合(絶対最大定格 15V)、過電流が発生すると直ちに TGDN が TS に引き下げられて、LTC7000A/LTC7000A-1 は、INP 信号がローに下がりその後ハイに戻るまでその状態を維持します。高速ターンオフ・モードでは、 ΔV_{SNS} の過電流ステップから TG がローになるまでの代表的な遅延時間は約 70ns であるため、非常に高速な短絡事象を検出できます。また、TIMER ピンが 3.5V より高い電圧に接続されている場合、FAULT 信号は再定義されてハイ・サイド・プルアップ($V_{TGUP} - V_{TS}$)の反転状態になります。FAULT 信号は、このアプリケーションにおいて、ハイ・サイド MOSFET からレベル・シフト・ダウンされた低電圧デジタル情報として用いることができます。このアプリケーションには、この信号を使用して、冗長なパワー MOSFET をターンオフする前に $V_{TGUP} - V_{TS}$ がローになるまで待機することもできます。

ハイ・サイド電流モニタ出力(LTC7000Aのみ)

LTC7000A にはハイ・サイド電流モニタ出力があります。SNS⁺ ピンと SNS⁻ ピンの間で検出されるハイ・サイド差動電圧(ΔV_{SNS})は、20 倍されてグラウンド基準で I_{MON} ピンに生じます。これにより MOSFET 電流のモニタリングとレギュレーションに適したものになります。I_{MON} は、 ΔV_{SNS} が 0mV から 75mV に変化するのに伴って 0V から 1.5V の動作範囲となっています。I_{MON} ピンは公称出力インピーダンスが 100k Ω の電圧出力で、抵抗性の負荷には対応できません。電流モニタの出力が可能となるのは、INP 信号が 0.5 μ s(代表値)間

ハイになった後でのみです。これ以外の場合は、I_{MON} ピンはグラウンドに引き下げられます。I_{MON} 回路のブロック図を図7に示します。トランジンピーダンス・アンプの g_m は、その後段に 100k Ω の抵抗が内蔵されているため、処理ごとの変化を最小限に抑えます。

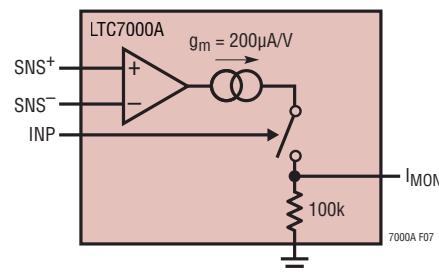


図7. I_{MON} のブロック図

RUN ピンおよび外部入力過電圧／低電圧ロックアウト (LTC7000Aのみ)

RUN ピンには 2 通りの閾値電圧レベルがあります。RUN を 0.7V 未満に引き下げると、LTC7000A は低静止電流シャットダウン・モード(I_Q が約 1 μ A)になります。RUN ピンが 1.21V を超えると、デバイスがイネーブルされます。図8 は、RUN ピンをロジックから駆動する構成例です。

RUN ピンと OVLO ピンは、 V_{IN} とグラウンドの間の抵抗分圧器により、 V_{IN} 電源での高精度な低電圧(UVLO)および過電圧(OVLO)ロックアウトとして構成できます。特定の V_{IN} 電圧の条件を満たすには、図9 のようなシンプルな抵抗分圧

アプリケーション情報

器を使用できます。RUNが1.11Vより低いかOVLOが1.21Vより高い場合は、TGDNがTSに引き下げられ外部MOSFETはオフになります。OVLOピンが外部MOSFETをオンまたはオフにする遅延時間はおよそ2.5μsです。RUNピンが1.11V未満に低下してから外部MOSFETをオフにする遅延時間はおよそ3.5μsです。

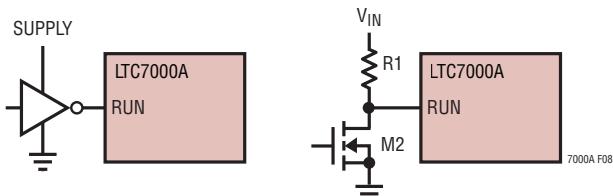


図8. RUNピンとロジックのインターフェース

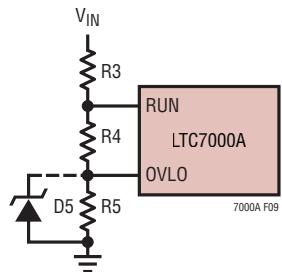


図9. 可変UVおよびOVロックアウト

R3 – R4 – R5の分圧器を流れる電流はLTC7000Aのシャットダウン時電流、スリープ時電流およびアクティブ時電流にそのまま上乗せされるので、この電流がアプリケーション回路全体の消費電流に与える影響を最小限に抑えるように注意してください。シャットダウン時とスリープ時の自己消費電流に対する影響を低く抑えるために、MΩ単位の抵抗値が必要になることがあります。抵抗値の選定は、まずV_{IN}から取り出せる許容直流電流から、R3+R4+R5の合計値(R_{TOTAL})を決定します。R3、R4、R5の個々の値は、次式で計算できます。

$$R5 = R_{TOTAL} \cdot \frac{1.21V}{\text{Rising } V_{IN} \text{ OVLO Threshold}}$$

$$R4 = R_{TOTAL} \cdot \frac{1.21V}{\text{Rising } V_{IN} \text{ UVLO Threshold}} - R5$$

$$R3 = R_{TOTAL} - R5 - R4$$

高精度の外部OVLOを必要としないアプリケーションでは、OVLOピンをグラウンドに直結する必要があります。このようなアプリケーションでは、上述の式でR5 = 0Ωとする外部UVLOとしてRUNピンを使用できます。

同様に、高精度のUVLOを必要としないアプリケーションでは、RUNピンをV_{IN}に接続できます。この場合、UVLOの閾値は、[電気的特性](#)の表に示すように、内部V_{IN}のUVLO閾値で制限されます。OVLOの抵抗値は、R3 = 0Ωとして、先の式を用いて計算できます。

OVLOピンは、その絶対最大定格である6Vを超えてはならないことに注意してください。OVLOピンの電圧が6Vを超えないようにするためにには、次の関係式を満たす必要があります。

$$V_{IN(MAX)} \cdot \left(\frac{R5}{R3 + R4 + R5} \right) < 6V$$

OVLOに対するV_{IN(MAX)}の関係が満たされない場合、ロッカウト設定抵抗の他に5Vのツエナー・ダイオードをOVLOとグラウンドの間に外付けする必要があります。

ブートストラップ電源(BST-TS)

BSTとTSの間に接続された外部のブートストラップ・コンデンサC_Bは、MOSFETドライバのゲート駆動電圧を供給します。LTC7000A/LTC7000A-1は、BST-TS電源を内部チャージ・ポンプで充電し続けるため、最大100%のデューティ・サイクルが可能です。ハイ・サイド外部MOSFETをオンにする場合は、ドライバがMOSFETのゲート・ソース間にC_Bの電圧を印加します。これによってハイ・サイドMOSFETがエンハンスされ、オンになります。MOSFETのソースであるTSの電圧はV_{IN}まで上昇し、BSTピンがこれに追従します。ハイ・サイドMOSFETがオンの場合、BSTの電圧は入力電源の値を超え、V_{BST} = V_{IN} + 12Vとなります。昇圧コンデンサC_Bは、外部MOSFETをオンにするための電荷を供給しますが、外部MOSFETを完全にオンにするには少なくとも10倍の電荷が必要です。外付けMOSFETをオンにするための電荷は、ゲート電荷Q_Gと呼ばれ、通常は外付けMOSFETのデータシートで規定されています。ゲート電荷は、5nC～数百nCの範囲の値になる可能性があり、使用する外付けMOSFETのゲート駆動レベルおよびタイプに影響されます。ほとんどのアプリケーションでは、C_Bのコンデンサ値を0.1μFにすれば

アプリケーション情報

十分です。ただし、 C_B についての次式の関係が満たされることが必要です。

$$C_B > \frac{\text{External MOSFET } Q_G}{1V}$$

BST-TS 電源を充電する内部チャージ・ポンプは、約 $30\mu A$ の電流を BST ピンに出力します。内部チャージ・ポンプを使用して最初のパワーアップから外部のブートストラップ・コンデンサ C_B を充電する時間が目的のアプリケーションにおいて十分でない場合、図 10 に示すように、逆方向電圧定格が V_{IN} より高く逆方向リークの少ないシリコン・ダイオード D1 を V_{CC} と BST の間に接続する必要があります。 V_{CC} と BST の間にシリコン・ダイオードを外付けする必要が生じるのは、次式の関係が満たされない場合です。

$$\text{BST diode required if power-up to INP going high} < \frac{C_B \cdot 12V}{30\mu A} \approx 40\text{ms}$$

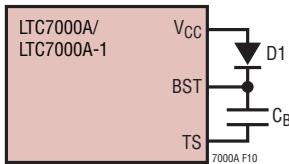


図 10. 外部 BST ダイオード

V_{CC} と BST の間にシリコン・ダイオードを外付けする理由となるもう 1 つのケースは、外部 MOSFET のスイッチング周波数が非常に高く BST-TS 電源が追従できない場合です。 V_{CC} と BST の間にシリコン・ダイオードを外付けする必要が生じるのは、次式の関係が満たされない場合です。

$$\text{BST diode required if switching frequency} > \frac{30\mu A}{2 \cdot \text{MOSFET } Q_G} \approx 500\text{Hz}$$

V_{CC} と BST の間にショットキー・ダイオードを用いることはできません。活性時のショットキー・ダイオードの逆リーク電流は、チャージ・ポンプが相殺できる電流よりも大きくなるためです。

低リークのシリコン・ダイオードには、例えば次のようなものがあります。

- MMBD1501A – Fairchild Semiconductor
- CMPD3003 – Central Semiconductor

V_{CC} 生成

V_{CC} ピンは MOSFET ゲート・ドライバと内部回路に電力を供給します。LTC7000A/LTC7000A-1 は、 V_{IN} 電源ピンから V_{CC} に電力を供給できる P チャンネル低ドロップアウトレギュレータ (LDO) を内蔵しています。また、 V_{CC} は外部電源から駆動することもできます。内部 P チャンネル LDO を使用して V_{CC} に電力供給を行う場合、最低 $1.0\mu F$ の低 ESR セラミック・コンデンサを使用して安定性を確保する必要があります。また、LDO は、LTC7000A/LTC7000A-1 の一部のピン (FAULT、INP、または TIMER) を選択的にバイアスすることを除き、他の回路には接続することはできません。

内部 P チャンネル LDO を使用して V_{CC} に電力供給を行い、外部シリコン・ダイオードを V_{CC} と BST の間に接続する場合、外部 MOSFET のスイッチング周波数が高くなりすぎないよう注意してください。内部 LDO が追従できなくなる可能性があります。内部 LDO は 200mV のドロップアウトで 1mA を供給できるのみです。シリコン・ダイオードを V_{CC} と BST の間に接続している場合に内部 LDO が確実に動作し続けるようにするには、次の関係が保たれている必要があります。

$$\text{Maximum switching frequency with internal LDO} < \frac{1\text{mA}}{2 \cdot \text{MOSFET } Q_G} \approx 20\text{kHz}$$

ゲート電荷がより高いアプリケーションの場合、 V_{CC} と BST 間にシリコン・ダイオードを外付けする必要があり、また、 V_{CC} は高効率の外部電源で駆動することができます。 V_{CC} は V_{IN} より高い電圧にしないでください。高い電圧にすると LTC7000A/LTC7000A-1 に恒久的な損傷を与える可能性があります。

V_{CC} 低電圧コンパレータ

LTC7000A/LTC7000A-1 の V_{CC} には、TGDN を TS に引き下げる調整可能な定電圧ロックアウト (UVLO) があり、 V_{CCUV} ピンとグラウンドの間に抵抗 (R_{VCCUV}) を使用することで容易に設定できます。 R_{VCCUV} および内部の $10\mu A$ 電流源によって V_{CCUV} に生成された電圧が、 V_{CC} UVLO を設定します。立上がり V_{CC} UVLO は、内部で $3.5V \sim 10.5V$ の範囲に制限されています。 V_{CCUV} が解放の場合、立上がり V_{CC} UVLO は内部で $7.0V$ に設定されます。特定の立上がり V_{CC} UVLO のための代表的な抵抗値は、図 11 または次式を使用して選択できます。

$$R_{VCCUV} = \frac{\text{Rising } V_{CC} \text{ UVLO}}{70\mu A}$$

アプリケーション情報

ここで、 $3.5V < V_{CC} \text{ UVLO} < 10.5V$ です。

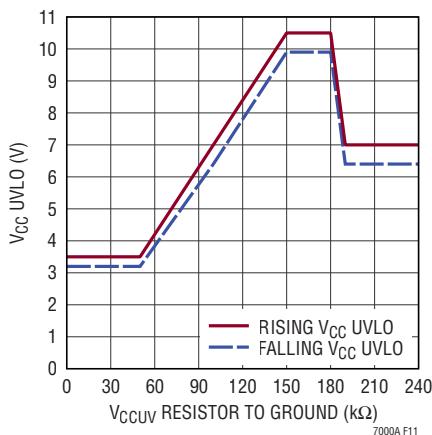


図11. V_{CCUV}の抵抗値の選択

MOSFETの選択

高電圧アプリケーションでMOSFETを選択する場合に最も重要なパラメータは、ブレーカダウン電圧BV_{DSS}、オン抵抗R_{DSON}、安全動作領域SOAです。

オフ状態のMOSFETは、入力電源の全入力範囲に加え、誘導性負荷を駆動する場合に発生する可能性のあるリンクギングも印加されます。

R_{DSON}の低いMOSFETを用いると、外部の伝導損失を最小限に抑えることができます。多くの高電圧MOSFETは閾値電圧が高く(通常V_{TH} ≥ 5V)、R_{DSON}はMOSFETの(V_{GS}-V_{TH})に直接関係するため、LTC7000A/LTC7000A-1の10Vを超える最大ゲート駆動能力は、外部の高電圧MOSFETに関連する外部伝導損失を最小限に抑えるのに最適なソリューションとなります。

SOAは、Nチャンネル・パワーMOSFETのデータシートの代表的な性能特性のグラフで規定されています。SOAのグラフは、パワーMOSFETに損傷を加える原因となることなくそのパワーMOSFETの時間指定された動作で許容される、電圧と電流の間の関係を示します。LTC7000A/LTC7000A-1および過電流トリップ・ポイント(R_{SNS}およびR_{ISET})とTIMERコンデンサは、アプリケーション用に選択されたMOSFETのSOA範囲内に収まるように選択する必要があります。

ターンオン時の突入電流制限

大容量のバイパス・コンデンサを持つ複雑な電気システムのような大きな容量性負荷を駆動するには、図12に示す回路を用いて電力を供給する必要があります。TGUPからパワーMOSFETへのフルアップ・ゲート駆動は、RC遅延ネットワークであるR_GとC_Gを通ります。これにより、MOSFETのターンオン時の上昇率が大きく低減されます。MOSFETのソース電圧はゲート電圧に追従するため、負荷はグラウンドから滑らかに給電されます。そのため、ソース電源からの突入電流が大幅に低減し、負荷のトランジメント時の上昇率が減少するため、敏感な電気的負荷をより緩やかにアクティベート化できるようになります。MOSFETのターンオフはR_C遅延ネットワークの影響は受けません。MOSFETゲートのプルダウンはTGDNピンから直接行われるためです。コンデンサC_Gの電圧定格は、外部MOSFETおよびC_{LOAD}と同じかそれよりも高いことが必要です。

C_Gを外部MOSFETのゲートに追加すると高周波数の振動を引き起こす可能性があることに注意してください。アプリケーションでC_Gを使用する場合は必ず、図12に示すように、振動を減衰するために低消費電力で低い抵抗値の抵抗(10Ω)をC_Gに直列に接続する必要があります。または、低抵抗を外部MOSFETのゲートに直列に接続することもできます。

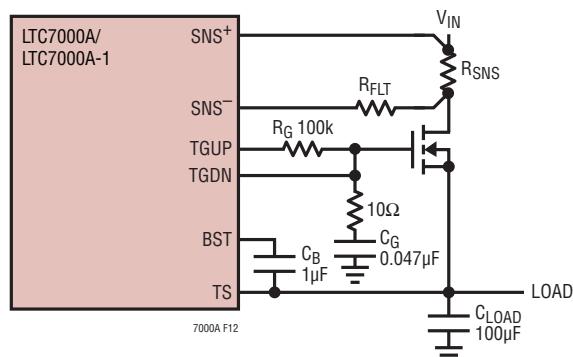


図12. 大きい容量性負荷の給電

突入電流を制限するためのR_GとC_Gの値は、次式で計算できます。

$$I_{IN_RUSH} = \frac{0.7 \cdot 12V \cdot C_{LOAD}}{R_G \cdot C_G}$$

アプリケーション情報

図12に示した値の場合、突入電流は次のようにになります。

$$I_{IN_RUSH} \cong \frac{0.7 \cdot 12V \cdot 100\mu F}{100k\Omega \cdot 0.047\mu F} \cong 180mA$$

同様に、図12に示す回路の負荷の上昇率はおおよそ次のようになります。

$$\frac{\Delta V_{LOAD}}{\Delta T} \cong \frac{0.7 \cdot 12V}{R_G \cdot C_G} \cong 2V/ms$$

図12の回路にC_Gを追加する場合、MOSFETのゲートとコンデンサC_Gの両方を充電できるよう、ブートストラップ・コンデンサC_Bの値を増加する必要があります。C_Gを使用する場合に維持されなくてはならないC_Bの関係式は次の通りです。

$$C_B > \frac{MOSFET\ Q_G}{1V} + 10 \cdot C_G$$

オプションでTSに使用するショットキー・ダイオード

誘導性負荷(インダクタ、長い配線、複合的な負荷など)に接続されているMOSFETをオフにする場合、この誘導性負荷の電流が完全に放電されるまで、TSピンをグラウンド未満に引き下げることができます。TSピンは-6Vまでの電圧を許容できますが、電圧定格が少なくとも負荷電圧に等しいショットキー・ダイオードをオプションでTSとグラウンドの間に接続して、LTC7000A/LTC7000A-1のTSピンを通じて負荷が放電されることを防止する必要があります。図13を参照してください。

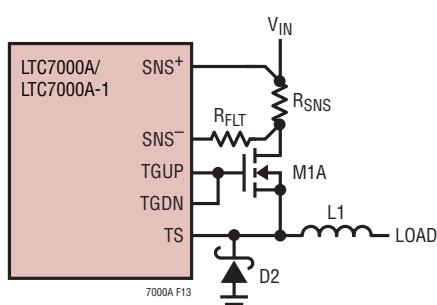


図13. オプションのショットキー・ダイオードの使用

逆電流保護

外部MOSFETがオフでV_{IN}電圧が負荷電圧より低下した場合に、負荷からV_{IN}への逆放電が生じるのを防止するため、図14に示すように、外部NチャンネルMOSFETを2個使用して連続的な配置で接続する必要があります。スペースを節約する設計には、Vishay/Siliconix Si7956DPなどのデュアルNチャンネル・パッケージを選択するのが最適です。

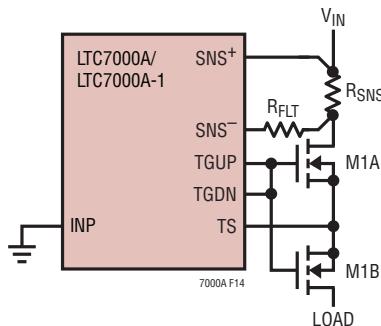


図14. V_{IN}の電圧低下からの負荷の保護

設計例

設計例として、次の仕様の高速電源スイッチを考えてみます。V_{IN} = V_{LOAD} = 8V～135V、I_{LOAD} = 3A、最大負荷時の室温での挿入損失 < 0.5W、1μFの負荷の出力立ち上がり時間は1V/μs(1Aの突入電流)、負荷が短絡された場合、直ちにMOSFETをオフ。

最初に選択する項目はNチャンネルMOSFETです。IRF7815PBFは、十分なブレーカダウン電圧(BV_{DSS_MIN} = 150V)と3A負荷に対し十分な連続電流定格(I_{D_MAX} = 4.1A)を備えると共に、オン抵抗は電力損失仕様を満たせるだけの低い値(R_{DS(ON)_MAX} = 43mΩ)となっているため、IRF7815PBFを選択します。

MOSFETのデータシートを調べると、V_{GS}とR_{DS(ON)}の関係を示す代表的な性能グラフに、MOSFETのV_{GS}が8.0V未満になるとR_{DS(ON)}が急激に増加していることが示されています。デフォルトのV_{CC UVLO}は7.0Vであるため、抵抗(R_{VCCUV})をV_{CCUV}とグラウンドの間に接続してV_{CC}

アプリケーション情報

UVLOを8.0Vに増加する必要があります。 R_{VCCUV} の値は、次式のように計算され最も近い標準値に丸められます。

$$R_{VCCUV} = \frac{8.0V}{70\mu A} = 113k\Omega$$

電流検出抵抗の値 R_{SNS} を次に計算します。LTC7000A-1には電流検出閾値 ΔV_{TH} が定まっており、代表値は30mV、最小値は22mVです。最小3Aの負荷電流を供給するために、以下の R_{SNS} の計算では最小の仕様値である $\Delta V_{TH} = 22mV$ を使用します。

$$R_{SNS} = \frac{22mV}{3A} = 7.3m\Omega$$

最も近い標準値は7mΩです。 R_{SNS} の消費電力は63mWなので、適切なマージンを保つために0.25Wより大きい電力定格を選択します。

次にチェックする項目は、挿入損失仕様が満たされていることを確認することです。挿入損失は次式で与えられます。

$$\begin{aligned} P_{LOSS} &= I_{LOAD}^2 \cdot (R_{DS(ON)}(MAX) + R_{SNS}) \\ &= 3A^2 \cdot (0.043\Omega + 0.007\Omega) = 0.45W \end{aligned}$$

これは0.5W未満という設計仕様を満たします。

1μF負荷への1V/μsの高速出力スルーレート仕様は、抵抗 R_G をTGUPピンと直列にMOSFETのゲートに接続し、

TGDNとコンデンサ C_G をMOSFETゲートのグラウンドに接続することで満たすことができます。 R_G と T_G の値は次式で計算できます。

$$R_G \cdot C_G \approx \frac{0.7 \cdot 12V}{1V/\mu s} = 8.4\mu s$$

C_G の電圧定格はMOSFETの BV_{DSS} と同じであることが必要です。 C_G の良好な選択はAVX 06032C471KAT2Aで、容量は470pF、電圧定格は200Vです。したがって、 R_G は17.8kΩと計算されます。

ブートストラップ・コンデンサ C_B は、MOSFETのデータシートで仕様規定されているゲート電荷と C_G から次のように計算できます。

$$\begin{aligned} C_B &> \frac{Q_G}{1V} + 10 \cdot C_G = \frac{30nC}{1V} + 10 \cdot 470pF \\ &\cong 0.33nF. 100nF will be used. \end{aligned}$$

短絡時の仕様を満たすため、TIMERピンを V_{CC} に接続して、過電流状態になった場合に直ちに(約70ns)MOSFETをオフにできるようにする必要があります。MOSFETは過電流状態によりオフになると、INPがローに下がりその後ハイに戻るまでオンには戻りません。

全体の回路を図15に示します。

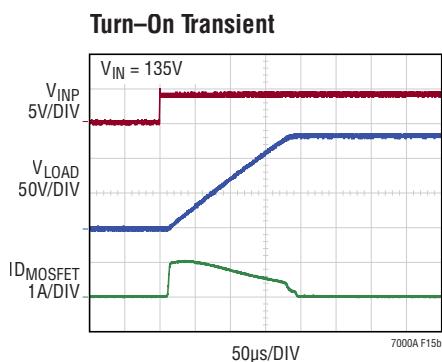
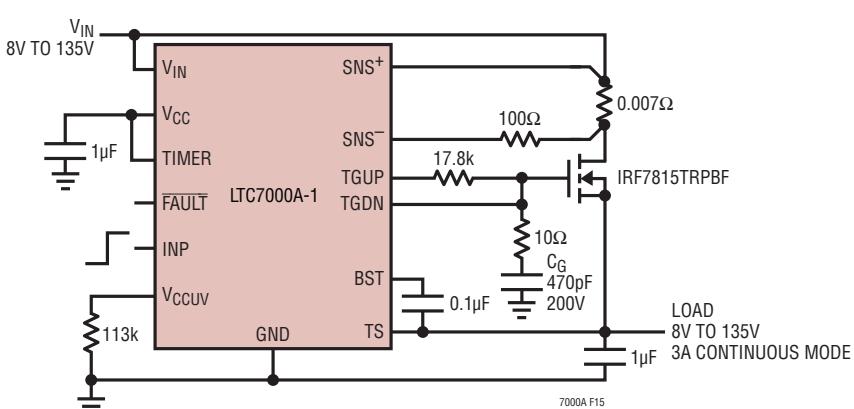


図15. 設計例

アプリケーション情報

PC ボード・レイアウト時の考慮事項

1. LTC7000A/LTC7000A-1 パッケージの裏面の露出パッドを、ボードのグランド・プレーンに直接ハンダ付けします。
2. SNS⁺ピンを電流検出抵抗にケルビン接続します。
3. TS のパターンは短く幅広にすることによって抵抗を制限します。
4. C_Bはチップの近くに接続する必要があります。
5. PC ボード・レイアウトには常に、外部 MOSFET のゲートと直列に抵抗を接続するオプションを入れてください。高周波の振動は設計によって決まりますが、直列の減衰抵抗を追加するオプションにより、PC ボードの設計を何度もやり直さずに済みます。

抗を追加するオプションにより、PC ボードの設計を何度もやり直さずに済みます。

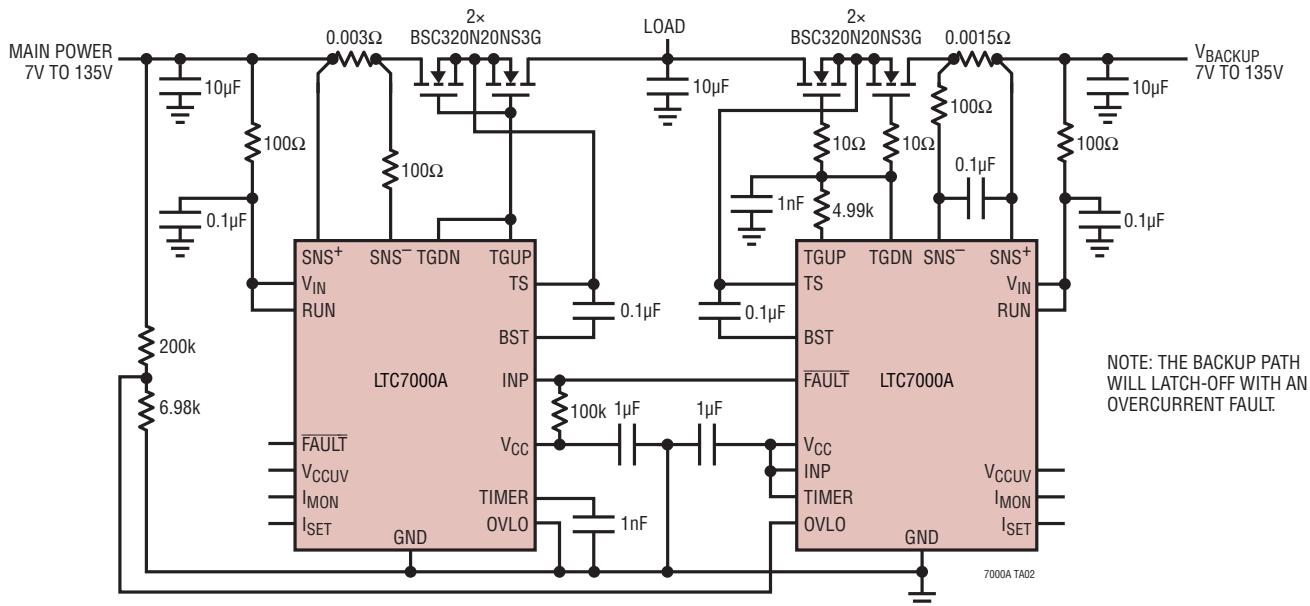
ピンの沿面距離とクリアランス

より高電圧のアプリケーションでは、MSE16 パッケージでは PC ボード・パターン上で高電圧ピンと低電圧ピンの間に十分なクリアランスを確保できない可能性があります。クリアランスが必要となるアプリケーションでは、MSE16(12) パッケージに収められた LTC7000A-1 を使用できます。MSE16(12) パッケージでは、すべての隣接する高電圧ピンと低電圧ピンの間でピンが取り除かれ、0.657mm のクリアランスが確保されているため、ほとんどのアプリケーションに使用できます。詳細については、IPC-2221 に記載されているプリント回路基板の設計標準を参照してください。

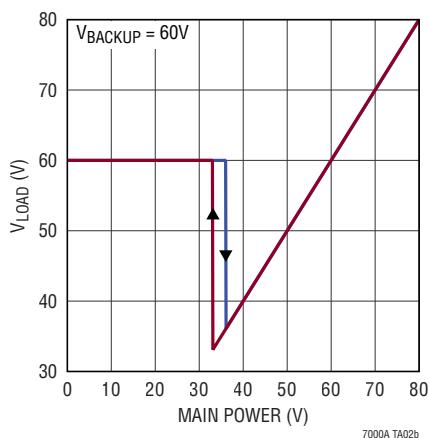
LTC7000A

標準的応用例

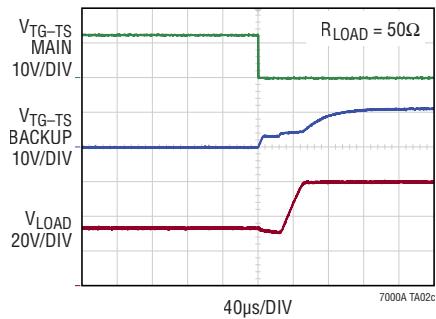
シートスルー保護された冗長な電源スイッチオーバー



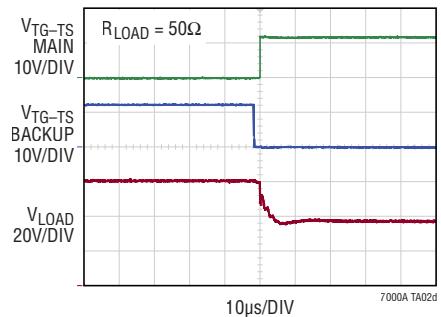
V_{LOAD} を主電源電圧の関係



V_{MAIN} の33Vへの立下がり

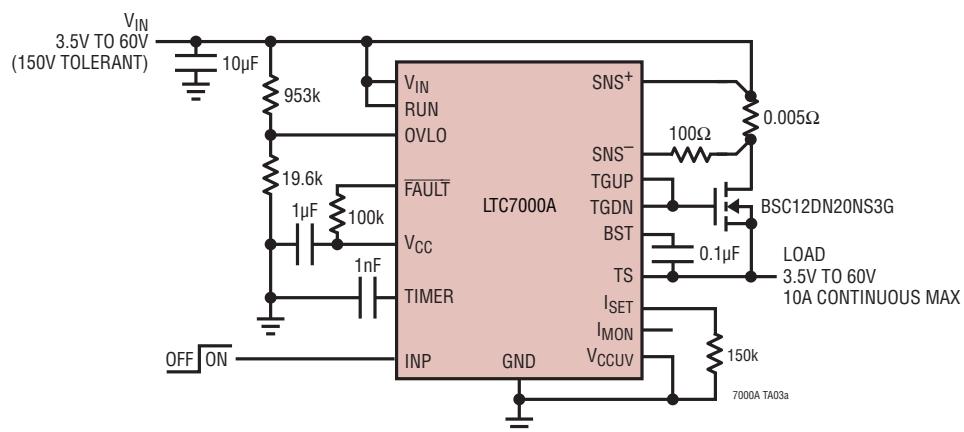


V_{MAIN} の36Vへの立上がり

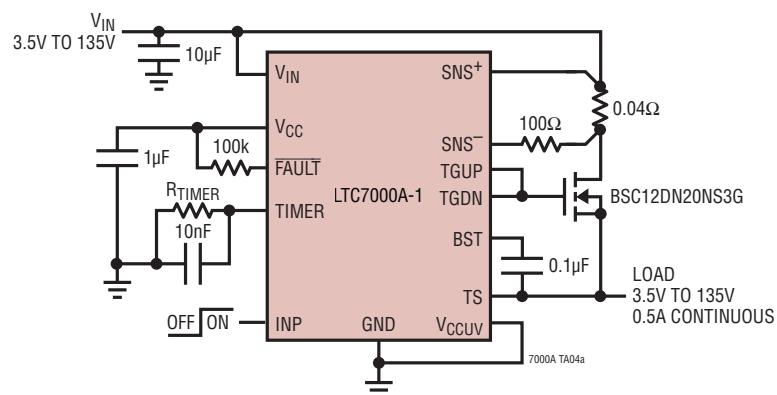
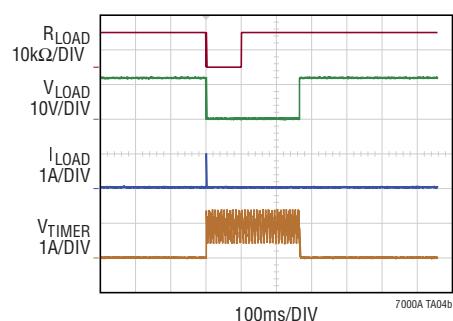
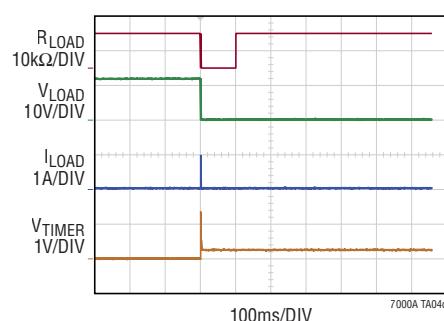


標準的応用例

入力過電圧保護と過電流保護を備えたハイ・サイド・スイッチ

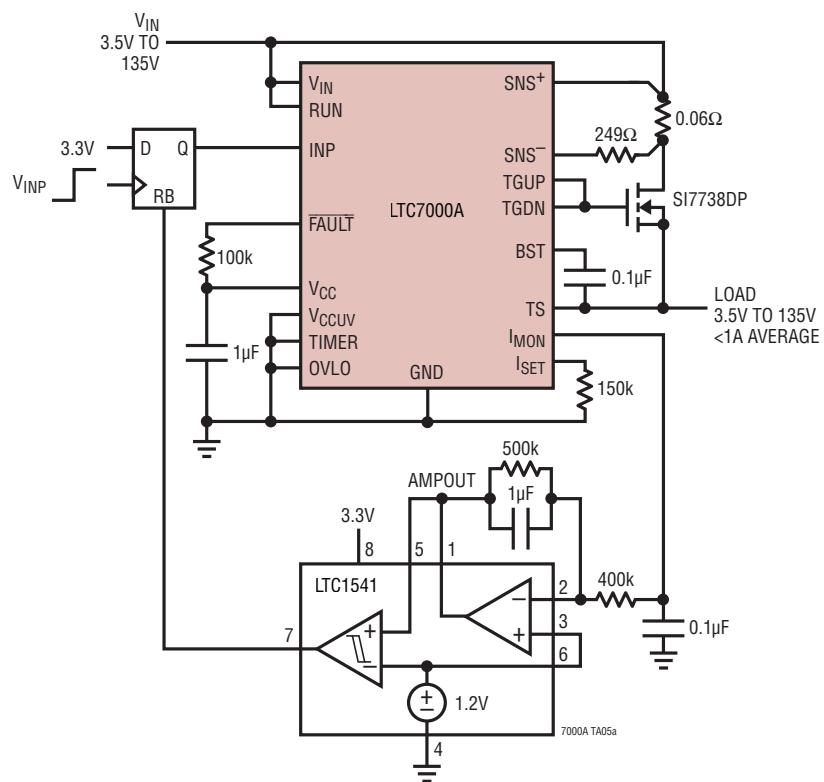


過電流保護とフォルト・ラッчикオフを備えたハイ・サイド・スイッチ

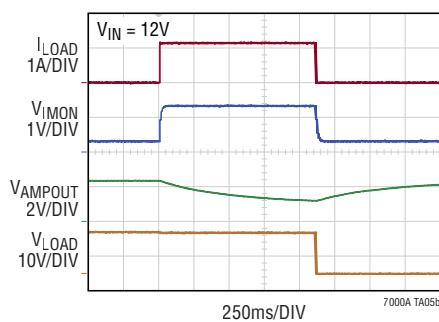
 $R_{\text{TIMER}} = \text{OPEN}$
12Ω/100ms LOAD PULSE $R_{\text{TIMER}} = 100\text{k}$
12Ω/100ms LOAD PULSE

標準的応用例

平均電流トリップ

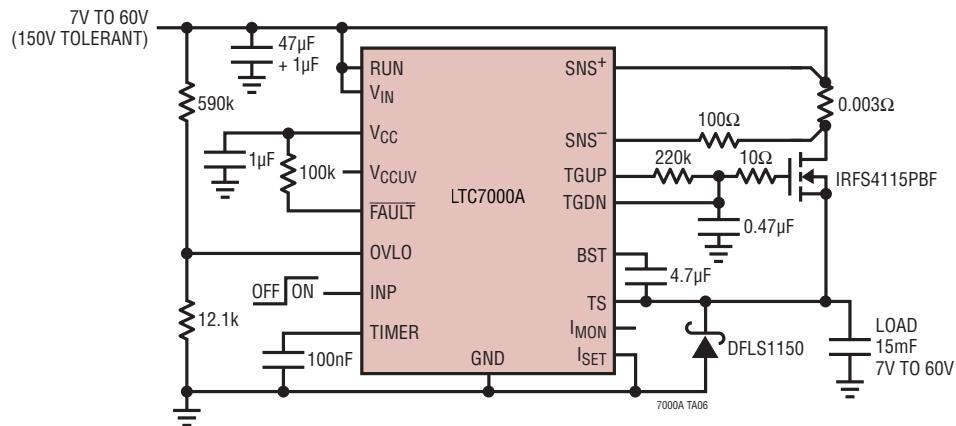


Response to 1.2A Load Step

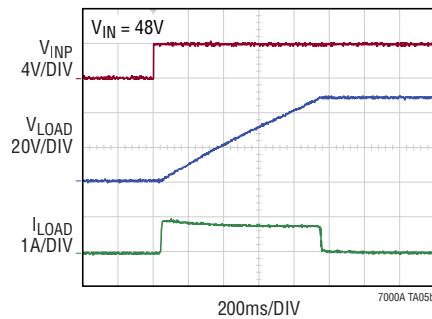


標準的応用例

自動試行、突入電流制御、OVLOを備えたハイ・サイド・スイッチ

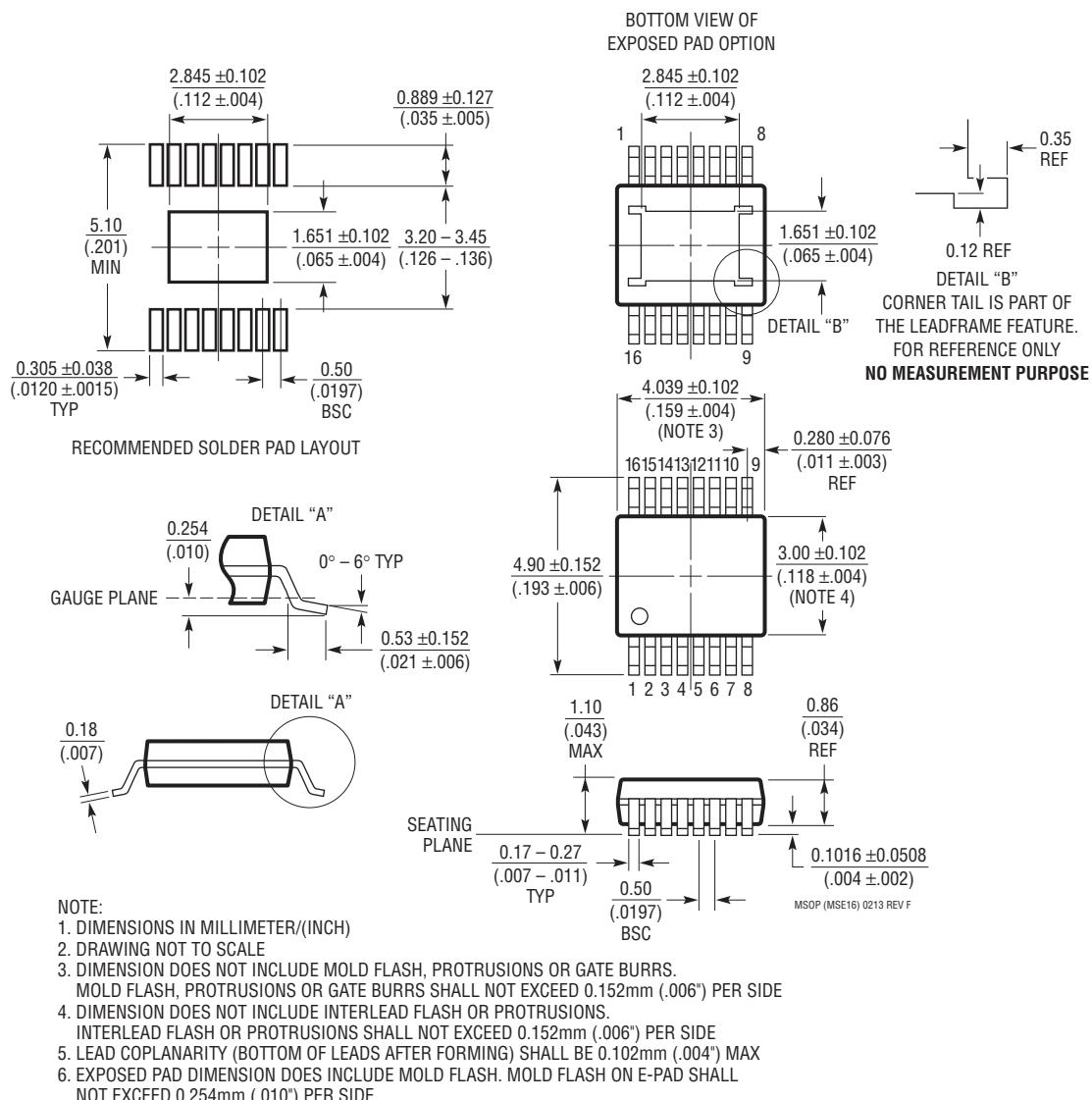


ターンオン応答

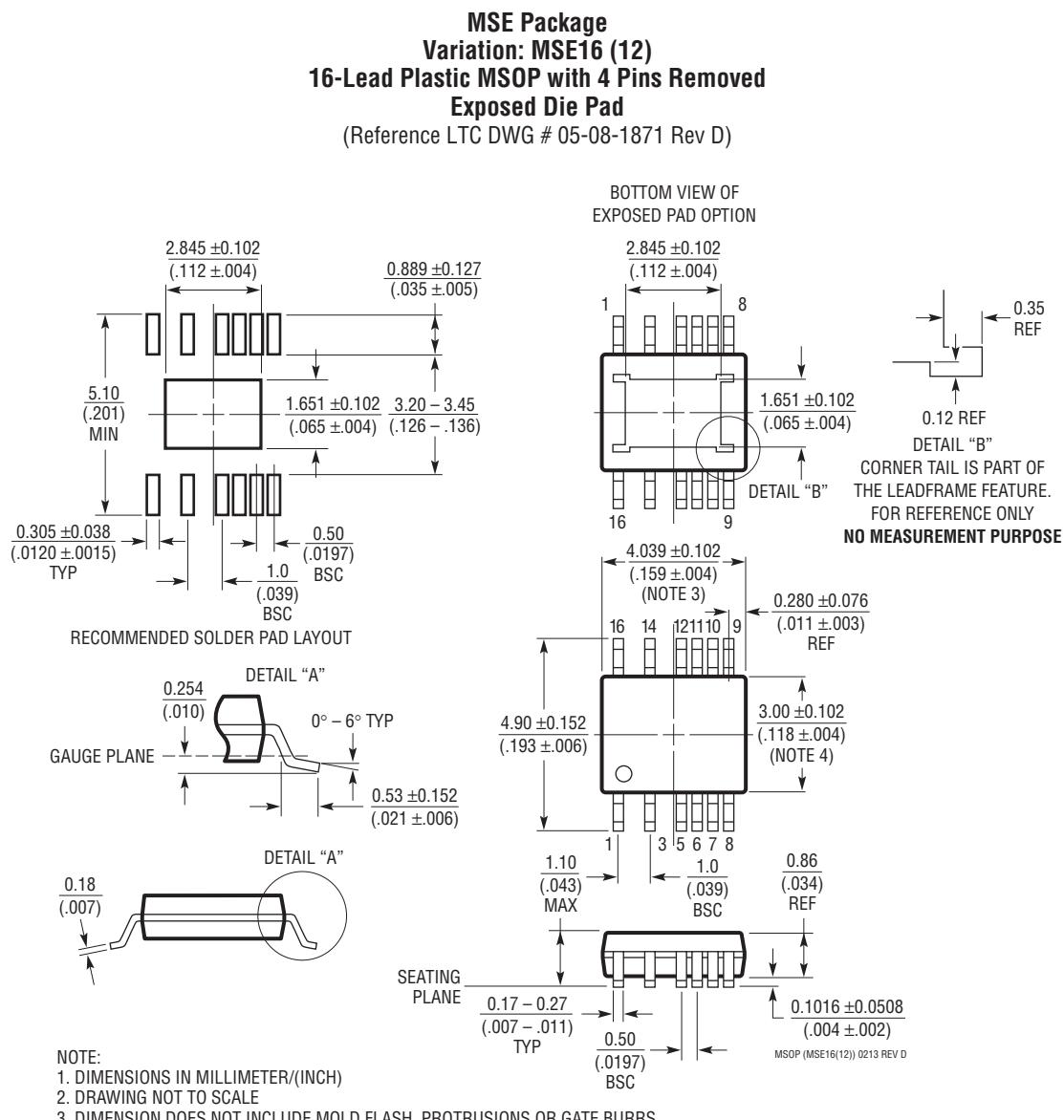


パッケージの説明

**MSE Package
16-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad**
(Reference LTC DWG # 05-08-1667 Rev F)



パッケージの説明

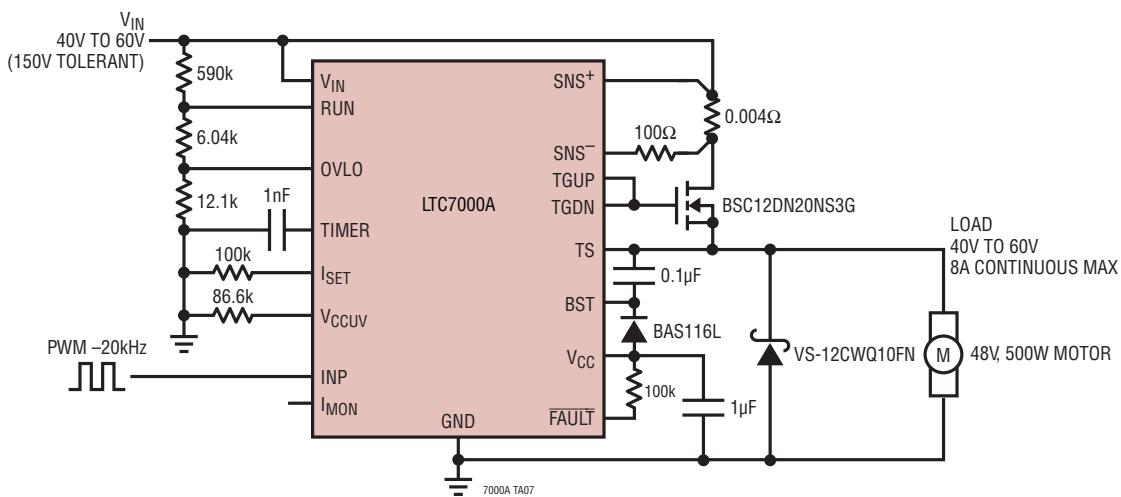


NOTE:

1. DIMENSIONS IN MILLIMETER/(INCH)
2. DRAWING NOT TO SCALE
3. DIMENSION DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS.
MOLD FLASH, PROTRUSIONS OR GATE BURRS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
4. DIMENSION DOES NOT INCLUDE INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS.
INTERLEAD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.152mm (.006") PER SIDE
5. LEAD COPLANARITY (BOTTOM OF LEADS AFTER FORMING) SHALL BE 0.102mm (.004") MAX
6. EXPOSED PAD DIMENSION DOES INCLUDE MOLD FLASH. MOLD FLASH ON E-PAD SHALL NOT EXCEED 0.254mm (.010") PER SIDE.

標準的応用例

保護機能付きモータ・ドライバ



関連製品

製品番号	概要	注釈
LTC7001	高速150Vハイ・サイドNMOS静的スイッチ・ドライバ	3.5V~150V動作、I _Q = 35μA、ターンオン(C _L = 1nF) = 35ns、内蔵チャージ・ポンプ
LTC4440/ LTC4440-5/ LTC4440A-5	高速高電圧ハイ・サイド・ゲート・ドライバ	最大100Vの電源電圧、8V ≤ V _{CC} ≤ 15V、2.4Aピークのプルアップ／1.5Ωピークのプルダウン
LTC7138	高効率150V 250mA/400mAの同期整流式降圧レギュレータ	パワーMOSFET内蔵、4V ≤ V _{IN} ≤ 150V、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ V _{IN} 、I _Q = 12μA、MSOP-16 (12)
LTC7103	105V、2.3A、低EMI同期整流式降圧レギュレータ	4.4V ≤ V _{IN} ≤ 105V、1V ≤ V _{OUT} ≤ V _{IN} 、I _Q = 2μA、固定周波数:200kHz~2MHz、5mm × 6mm QFN
LTC7801	150V低I _Q 、同期整流式降圧DC/DCコントローラ	4V ≤ V _{IN} ≤ 140V、150Vの絶対最大定格、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ 60V、I _Q = 40μA、PLL固定周波数:320kHz~2.25MHz
LT1910	保護機能付きハイ・サイドMOSFETドライバ	8V~48V動作、ΔV _{SNS} = 65mV、I _Q = 110μA、ターンオン(C _L = 1nF) = 220μs、内蔵チャージ・ポンプ
LTC4367	100V過電圧、低電圧、逆電源保護	2.5V ≤ V _{IN} ≤ 60V、最大100VまでのV _{OUT} 保護、-40Vの逆電圧保護、MSOP-8、3mm × 3mm DFN-8
LTC4368	双方向回路ブレーカを備える100V過電圧、低電圧、逆電源保護コントローラ	2.5V ≤ V _{IN} ≤ 60V、最大100VまでのV _{OUT} 保護、-40Vの逆電圧保護、MSOP-8、3mm × 3mm DFN-8
LTC4364	理想ダイオードを備えたサージ・ストップ	4V~80V動作、ΔV _{SNS} = 50mV、I _Q = 425μA、ターンオン(C _L = 1nF) = 500μs、内蔵チャージ・ポンプ
LTC7860	高効率スイッチング・サージ・ストップ	4V~60V動作、ΔV _{SNS} = 95mV、I _Q = 370μA、PMOSドライバ
LTC4231	マイクロパワー・ホット・スワップ・コントローラ	2.7V~36V動作、ΔV _{SNS} = 50mV、I _Q = 4μA、ターンオン(C _L = 1nF) = 1ms、内蔵チャージ・ポンプ
LTC3895	150V低I _Q 、同期整流式降圧DC/DCコントローラ	PLL固定周波数:50kHz~900kHz、4V ≤ V _{IN} ≤ 140V、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ 60V、I _Q = 40μA
LTC4380	低静止電流サージ・ストップ	4V~80V動作、ΔV _{SNS} = 50mV、I _Q = 8μA、ターンオン = 5ms、内蔵チャージ・ポンプ
LTC3639	高効率150V 100mAの同期整流式降圧レギュレータ	パワーMOSFET内蔵、4V ≤ V _{IN} ≤ 150V、0.8V ≤ V _{OUT} ≤ V _{IN} 、I _Q = 12μA、MSOP-16 (12)