

特長

- 低静止電流: 8 μ A(動作時)、6 μ A(シャットダウン時)
- MOSFETの限度までのサージ耐電圧
- 広い動作電圧範囲: 4V ~ 72V
- 過電流保護
- ゲート・クランプ電圧は 31.5V/50V の内部電圧または外部可変電圧を選択可能(表1)
- -60Vまでの逆入力保護
- 調整可能なオンしきい値
- MOSFETのストレスに応じて時間が短縮される調整可能なフォルト・タイム
- NチャンネルMOSFETを制御
- ラッチオフと再試行のオプション(表1)
- フォルト時の再試行デューティ・サイクルが低い(表1)
- 10ピンDFN(3mm \times 3mm)およびMSOPパッケージ

アプリケーション

- 自動車/航空電子機器/産業用機器のサージ保護
- 活線挿抜/活線挿入
- バッテリ駆動システム用のハイサイド・スイッチ
- 本質安全アプリケーション

概要

LTC[®]4380 低静止電流サージ・ストッパーは、高電圧トランジェントから負荷を保護します。外付けのNチャンネルMOSFETのゲート電圧をクランプして、自動車での負荷遮断などの過電圧状態時に出力電圧を安全な値に制限することにより、過電圧保護を実現します。12Vと24V/28Vのシステムに合わせて固定のゲート・クランプ電圧を選択できます。電圧が72Vまでのシステムでは、可変ゲート・クランプ・バージョンを使用してください。また、過電流保護回路も内蔵しています。

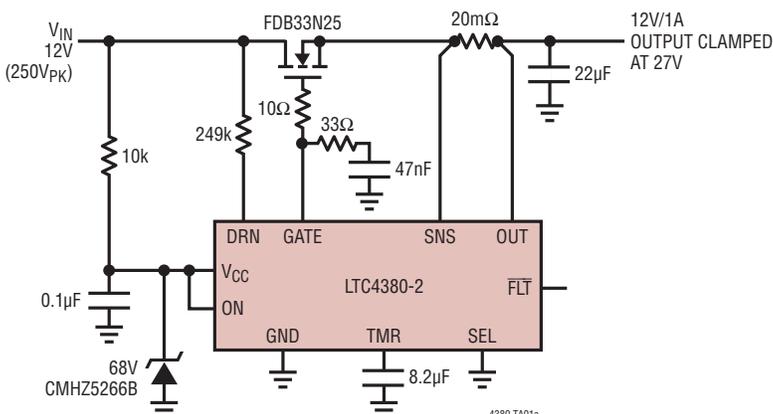
内蔵の乗算器によって V_{DS} と I_D に比例するTMRピン電流が発生するので、過電流状態と過電圧状態での動作時間は、どちらもMOSFETに加わるストレスに応じて制限されます。

GATEピンは逆入力保護のためバック・トゥ・バックMOSFETを駆動できるので、ショットキ・ダイオード・ソリューションの電圧降下および電力損失をなくすることができます。動作電流が8 μ Aと少ないので、常時オン・アプリケーションやバッテリー駆動アプリケーションで使用することができます。高精度のONピン・コンパレータは、低電圧(UV)状態になっていないか入力電源をモニタし、またシャットダウン入力としても機能するので、静止電流を6 μ Aに減らすことができます。

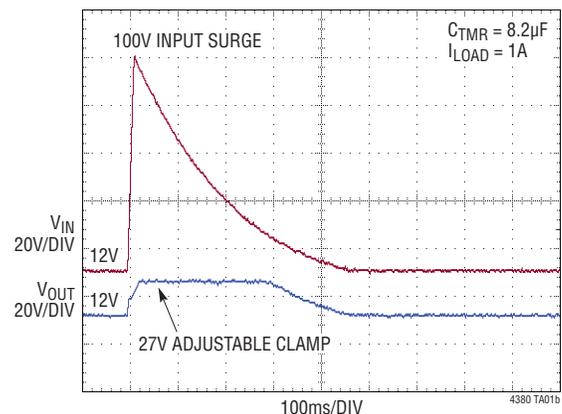
LT, LT, LTC, LTM, Linear Technology, LinearのロゴおよびLTspiceはリアテック/ロジージャの登録商標です。その他全ての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例

250Vの過電圧保護機能を備えた12V、1A電源



入力サージ発生時にサージ・ストッパーが出力を27Vに制限

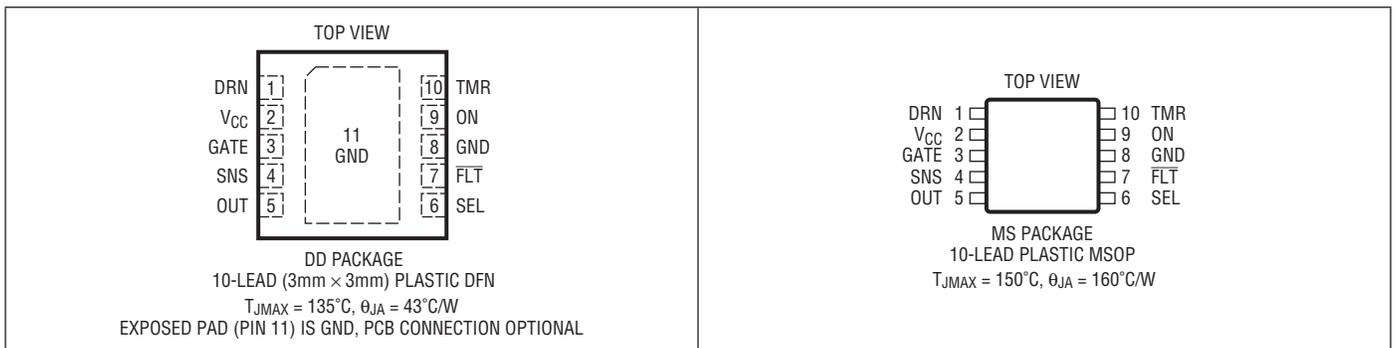


LTC4380

絶対最大定格 (Note 1, 2)

V_{CC} , ON, SEL.....	-60V ~ 80V	FLT.....	-0.3V ~ 80V
DRN (Note 3)、SNS、OUT		I_{DRN}	2.5mA
LTC4380-1/LTC4380-2.....	-0.3V ~ 53V	動作周囲温度範囲	
LTC4380-3/LTC4380-4.....	-0.3V ~ 80V	LTC4380C.....	0°C ~ 70°C
SNSとOUTの間.....	-5V ~ 5V	LTC4380I.....	-40°C ~ 85°C
GATE (Note 4)		LTC4380H.....	-40°C ~ 125°C
LTC4380-1/LTC4380-2.....	-0.3V ~ 53V	保存温度範囲.....	-65°C ~ 150°C
LTC4380-3/LTC4380-4.....	-0.3V ~ 86V	リード温度 (半田付け、10秒)	
GATEとOUT、 V_{CC} の間 (Note 4).....	-0.3V ~ 10V	MSOP.....	300°C
TMR.....	-0.3V ~ 5V		

ピン配置



発注情報

<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC4380#orderinfo>

無鉛仕上げ	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
LTC4380CDD-1#PBF	LTC4380CDD-1#TRPBF	LGHQ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC4380IDD-1#PBF	LTC4380IDD-1#TRPBF	LGHQ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC4380HDD-1#PBF	LTC4380HDD-1#TRPBF	LGHQ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC4380CMS-1#PBF	LTC4380CMS-1#TRPBF	LTGHR	10-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LTC4380IMS-1#PBF	LTC4380IMS-1#TRPBF	LTGHR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC4380HMS-1#PBF	LTC4380HMS-1#TRPBF	LTGHR	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC4380CDD-2#PBF	LTC4380CDD-2#TRPBF	LGHS	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC4380IDD-2#PBF	LTC4380IDD-2#TRPBF	LGHS	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC4380HDD-2#PBF	LTC4380HDD-2#TRPBF	LGHS	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC4380CMS-2#PBF	LTC4380CMS-2#TRPBF	LTGHT	10-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LTC4380IMS-2#PBF	LTC4380IMS-2#TRPBF	LTGHT	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC4380HMS-2#PBF	LTC4380HMS-2#TRPBF	LTGHT	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC4380CDD-3#PBF	LTC4380CDD-3#TRPBF	LGXZ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC4380IDD-3#PBF	LTC4380IDD-3#TRPBF	LGXZ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC4380HDD-3#PBF	LTC4380HDD-3#TRPBF	LGXZ	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC4380CMS-3#PBF	LTC4380CMS-3#TRPBF	LTGYD	10-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C

4380f

発注情報

無鉛仕上げ	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
LTC4380IMS-3#PBF	LTC4380IMS-3#TRPBF	LTGYD	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC4380HMS-3#PBF	LTC4380HMS-3#TRPBF	LTGYD	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LTC4380CDD-4#PBF	LTC4380CDD-4#TRPBF	LGYC	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	0°C to 70°C
LTC4380IDD-4#PBF	LTC4380IDD-4#TRPBF	LGYC	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 85°C
LTC4380HDD-4#PBF	LTC4380HDD-4#TRPBF	LGYC	10-Lead (3mm×3mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LTC4380CMS-4#PBF	LTC4380CMS-4#TRPBF	LTGYF	10-Lead Plastic MSOP	0°C to 70°C
LTC4380IMS-4#PBF	LTC4380IMS-4#TRPBF	LTGYF	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 85°C
LTC4380HMS-4#PBF	LTC4380HMS-4#TRPBF	LTGYF	10-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C

更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。

無鉛仕上げ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/tapeand reel/>をご覧ください。

一部のパッケージは、#TRMPBF接尾部を付けることにより、指定の販売経路を通じて500個入りのリールで供給可能です。

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{CC} = 12\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{CC}	Operating Voltage Range	LTC4380-1/LTC4380-2	●	4	80	V	
		LTC4380-3/LTC4380-4 (Note 6)	●	4	72	V	
V_{OUT}	Operating Voltage Range		●		72	V	
I_Q	Total Supply Current, ON (Note 5)	$V_{CC} = \text{OUT} = \text{SNS} = \text{DRN} = 12\text{V}$ C-Grade and I-Grade	●	8	11	μA	
		H-Grade	●		12	μA	
			●		20	μA	
		$V_{CC} = \text{OUT} = \text{SNS} = \text{DRN} = 4\text{V}$	●	22	28	μA	
			●		35	μA	
I_{CC}	V_{CC} Current, OFF	$\text{ON} = \text{OUT} = \text{SNS} = 0\text{V}$	●	6	10	μA	
	V_{CC} Current, ON	$V_{CC} = \text{OUT} = \text{SNS} = \text{DRN} = 12\text{V}$	●	7	9	μA	
			●		12	μA	
		$V_{CC} = \text{OUT} = \text{SNS} = \text{DRN} = 4\text{V}$	●	20	25	μA	
			●		30	μA	
I_{SNS}	SNS Current, ON	$V_{CC} = \text{OUT} = \text{SNS} = \text{DRN}$	●	0.5	1.4	μA	
I_{OUT}	OUT Current, ON OUT Current, OFF	$\text{SNS} = \text{OUT} = \text{DRN} = 12\text{V}$	●	1.5	2	μA	
		$\text{SNS} = \text{OUT} = \text{DRN} = 12\text{V}$, C-Grade and I-Grade	●	5	12	μA	
		H-Grade	●		80	μA	
I_R	Reverse Input Current	$V_{CC} = -60\text{V}$, ON Open, SEL = 0	●	-0.4	-2	mA	
		$V_{CC} = \text{ON} = \text{SEL} = -60\text{V}$	●	-1.2	-5	mA	
ΔV_{GATE}	GATE Drive (GATE – OUT)	SEL = SNS = OUT = V_{CC} $8\text{V} \leq V_{CC} \leq 30\text{V}$; $I_{GATE} = -1\mu\text{A}$, $0\mu\text{A}$	●	10	11.5	14	V
		$V_{CC} = 4\text{V}$; $I_{GATE} = -1\mu\text{A}$, $0\mu\text{A}$	●	5		8	V
ΔV_{CLAMP}	GATE Clamp to V_{CC} (GATE – V_{CC})	$\text{SNS} = \text{OUT} = 20\text{V}$, $I_{GATE} = 0\mu\text{A}$	●	12	13.5	14.5	V
V_{GATE}	GATE Clamp to GND	$V_{CC} = 30\text{V}$, SEL = 0V	●	30	31.5	33	V
		$V_{CC} = 60\text{V}$, SEL = V_{CC}	●	47.5	50	52.5	V
$I_{GATE(UP)}$	GATE Pull-Up Current	$V_{CC} = \text{GATE} = \text{OUT} = 12\text{V}$, SEL = 0V	●	-10	-20	-30	μA
		$V_{CC} = \text{GATE} = \text{OUT} = 24\text{V}$, SEL = V_{CC}	●	-12	-25	-35	μA
$I_{GATE(DN)}$	GATE Pull-Down Current Overcurrent Shutdown Input UV Fault Time Out	$\Delta V_{SNS} = 200\text{mV}$, GATE = 12V, OUT = 0V	●	50	100		mA
		ON = 0V, GATE = 20V	●	0.3	5		mA
		$V_{CC} = 2\text{V}$, GATE = 10V	●	2	5		mA
		TMR = 2V, GATE = 10V	●	1.5	3.5		mA
			●				

LTC4380

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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{CC} = 12\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
ΔV_{SNS}	Current Limit Sense Voltage (SNS – OUT)	$V_{CC} = 12\text{V}, 24\text{V}, \text{OUT} = 6\text{V}, 12\text{V}$	● 44	50	55	mV
		$V_{CC} = 12\text{V}, 24\text{V}, \text{OUT} = 0\text{V}$	● 42	62	95	mV
I_{SEL}	SEL Input Current	$SEL = 0\text{V to } 80\text{V}$	●		± 0.1	μA
V_{SEL}	SEL Input Threshold		● 0.4		3	V
I_{ON}	ON Input Current	$V_{ON} = 1\text{V}$	●	-1	-2	μA
V_{ON}	ON Input Threshold	ON Rising	● 0.99	1.05	1.1	V
$V_{ON(HYST)}$	ON Input Hysteresis			45		mV
I_{FLT}	FLT Leakage Current	$\overline{FLT} = 80\text{V}$	●		2	μA
$V_{\overline{FLT}(LOW)}$	\overline{FLT} Output Low	$I_{SINK} = 0.1\text{mA}$	●	0.1	0.5	V
		$I_{SINK} = 3\text{mA}$	●	1	4	V
ΔV_{DRN}	DRN Voltage (DRN – OUT)	$I_{DRN} = 0.1\text{mA}, \text{OUT} = \text{SNS} = 12\text{V}$	● 0.7	1.5	2.5	V
$V_{DS(MAX)}$	Overvoltage V_{DS} Threshold (DRN – OUT)	$\text{TMR} = 0.8\text{V}, I_{DRN} = 2\mu\text{A}$	● 0.6	0.7	0.8	V
		$\text{SNS} = \text{OUT} = 12\text{V}$	● 0.3		1.0	V
$I_{TMR(DN)}$	TMR Pull-Down Current	$\text{TMR} = 0.8\text{V}$	● 1.25	2	2.75	μA
$I_{TMR(UP,COOL)}$	TMR Pull-Up Current, Cool Down	$\text{TMR} = 2\text{V}$	● -1	-2	-3	μA
$I_{TMR(UP)}$	TMR Pull-Up Current, Overvoltage	$\text{TMR} = 0.8\text{V}, \text{OUT} = 11\text{V}, V_{DS} = 1.1\text{V}, \Delta V_{SNS} = 0\text{mV}$	● -0.8	-1.6	-2.4	μA
		$\text{OUT} = 28\text{V}, \text{TMR} = 0.8\text{V}$	●			
	Small OV, Light Load	$I_{DRN} = 0.1\text{mA}, \Delta V_{SNS} = 10\text{mV}$	● -3.5	-6.7	-11.6	μA
	High OV, Light Load	$I_{DRN} = 1\text{mA}, \Delta V_{SNS} = 10\text{mV}$	● -13	-30	-61	μA
	Small OV, Heavy Load	$I_{DRN} = 0.1\text{mA}, \Delta V_{SNS} = 40\text{mV}$	● -10	-20	-30	μA
	High OV, Heavy Load	$I_{DRN} = 1\text{mA}, \Delta V_{SNS} = 40\text{mV}$	● -60	-120	-180	μA
$V_{TMR(F)}$	TMR Pull-Up Current, Overcurrent	$\text{TMR} = 0.8\text{V}$	●			
		$I_{DRN} = 0\text{mA}, \text{OUT} = 11\text{V}$	● -4	-6	-9	μA
	Small OV, Light Load	$I_{DRN} = 0\text{mA}, \text{OUT} = 0\text{V}$	● -17	-27	-34	μA
	High OV, Light Load	$I_{DRN} = 0.1\text{mA}, \text{OUT} = 11\text{V}$	● -16	-27	-38	μA
	Small OV, Heavy Load	$I_{DRN} = 1\text{mA}, \text{OUT} = 11\text{V}$	● -80	-142	-200	μA
	High OV, Heavy Load	$I_{DRN} = 0.1\text{mA}, \text{OUT} = 0\text{V}$	● -35	-50	-60	μA
D	Retry Duty Cycle; Overvoltage, LTC4380-2/LTC4380-4	$\Delta V_{SNS} = 40\text{mV}, I_{DRN} = 5\mu\text{A}, \text{OUT} = 28\text{V}, V_{CC} = 29\text{V}$	●	2.8	3.5	%
		$\Delta V_{SNS} = 40\text{mV}, I_{DRN} = 500\mu\text{A}, \text{OUT} = 28\text{V}, V_{CC} = 80\text{V}$	●	0.1	0.2	%
$t_{ON(ON)}$	Turn-On Propagation Delay	$\text{ON Steps from } 0\text{V to } 1.5\text{V}, \text{OUT} = \text{SNS} = 0\text{V}$	●	5	25	ms
		$\text{ON Steps from } 1.5\text{V to } 0\text{V}, \text{OUT} = \text{SNS} = V_{CC}$	●	1	5	μs
$t_{OFF(OC)}$	Overcurrent Turn-Off Propagation Delay	ΔV_{SNS} Steps from $0\text{V to } 200\text{mV}, \text{OUT} = 6\text{V}$	●	2	4	μs
		ΔV_{SNS} Steps from $0\text{V to } 200\text{mV}, \text{OUT} = 0\text{V}$	●	2	4	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恐れがある。

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GND基準。

Note 3: 内部クランプにより、DRNピンはOUTピンおよびSNSピンより10V以上高い電圧に制限される。

Note 4: 内部クランプにより、GATEピンはOUTピンまたは V_{CC} ピンより10V以上高い電圧、あるいはGNDピンより50V以上 ($SEL = V_{CC}$) または31.5V以上 ($SEL = \text{GND}$) 高い電圧に制限される (LTC4380-1/LTC4380-2)。このピンをクランプ電圧より高い電圧に駆動するとデバイスを損傷する恐れがある。

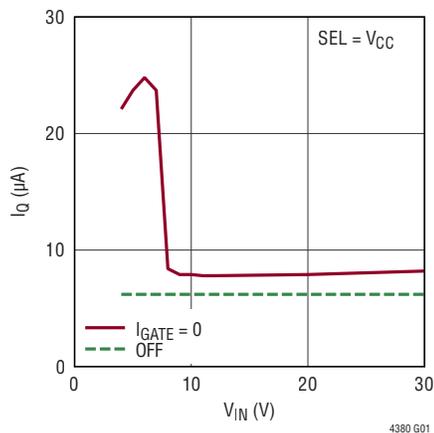
Note 5: 全電源電流は、 V_{CC} 、OUT、SNS、DRNの各ピンに流れ込む電流の合計。

Note 6: 動作電圧はGATEの最大電圧である86Vに制限される。

標準的性能特性

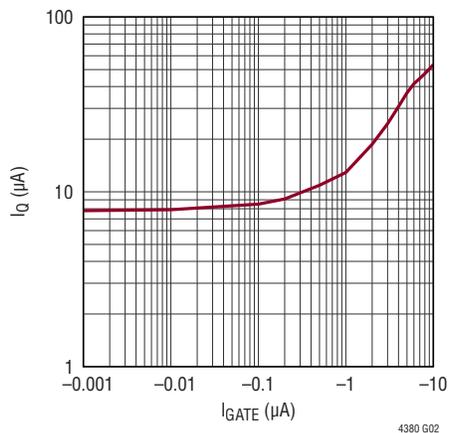
注記がない限り、 $V_{CC} = 12V$ 。

全電源電流 (I_Q) と入力電圧



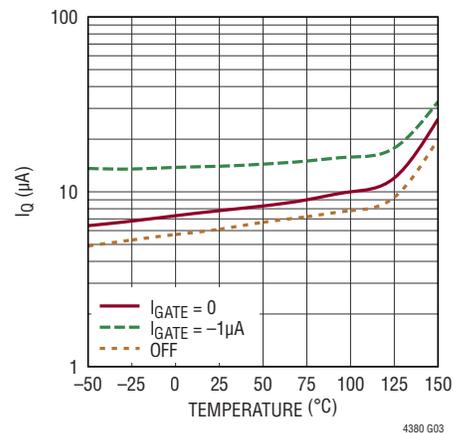
4380 G01

全電源電流 (I_Q) とゲート漏れ電流



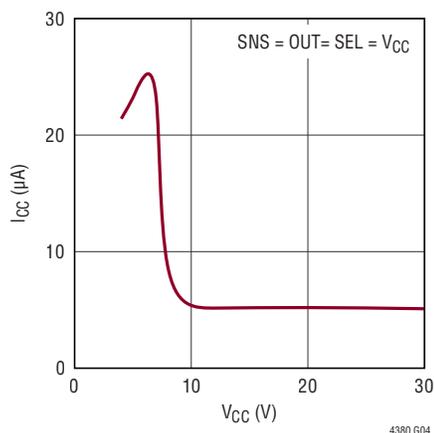
4380 G02

全電源電流 (I_Q) と温度



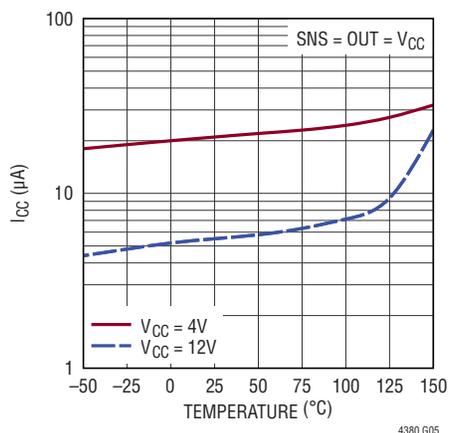
4380 G03

電源電流 (I_{CC}) と電源電圧



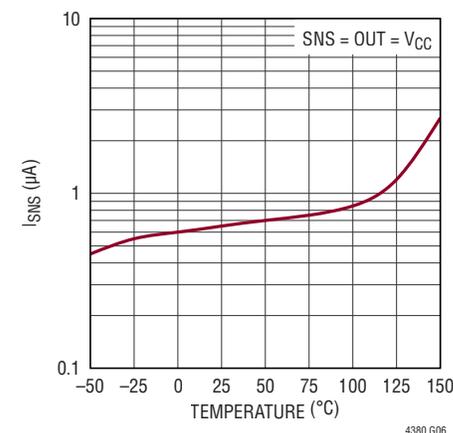
4380 G04

電源電流 (I_{CC}) と温度



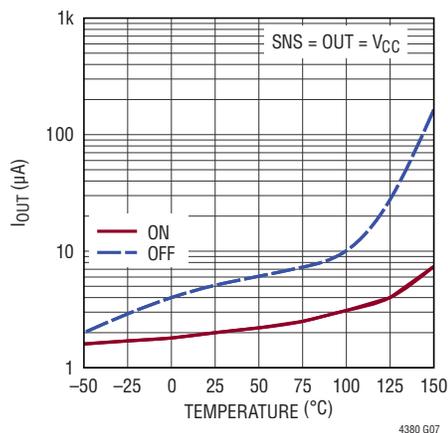
4380 G05

I_{SNS} と温度



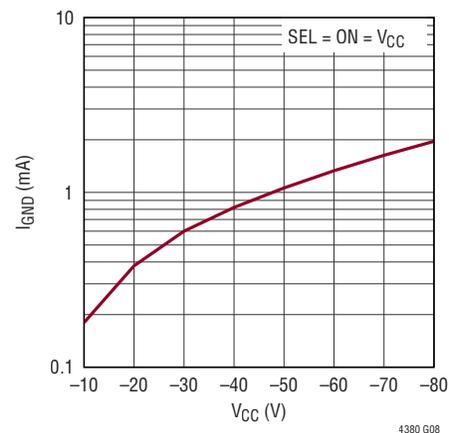
4380 G06

出力ピンの電流と温度



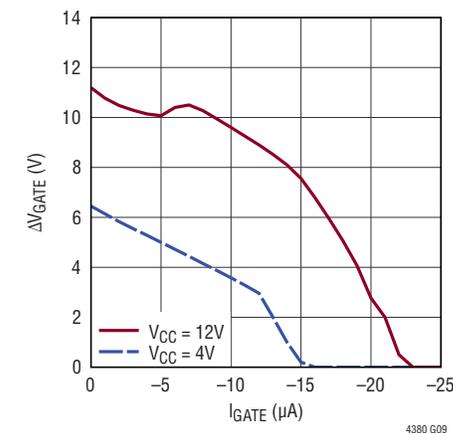
4380 G07

逆電流と逆電圧



4380 G08

ゲート駆動電圧とゲート電流



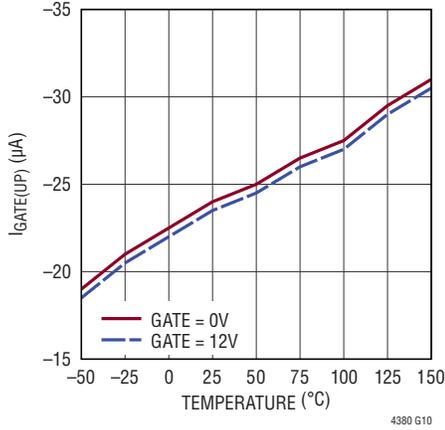
4380 G09

LTC4380

標準的性能特性

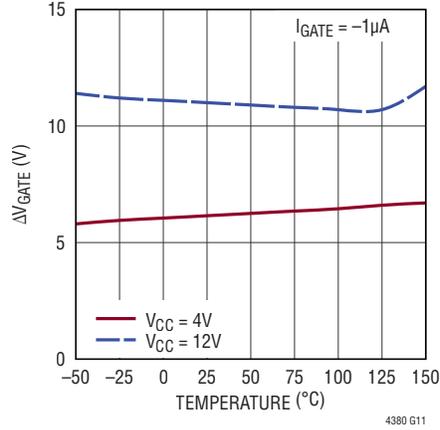
注記がない限り、 $V_{CC} = 12V$ 。

ゲートのプルアップ電流と温度



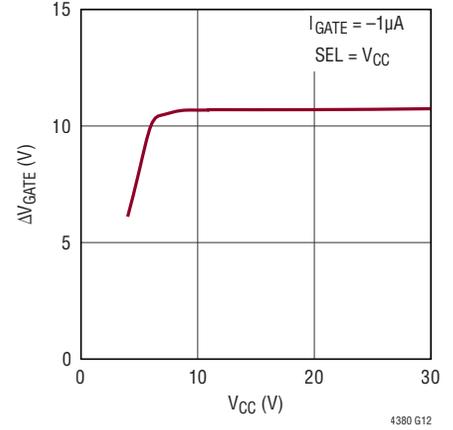
4380 G10

ゲート駆動電圧と温度



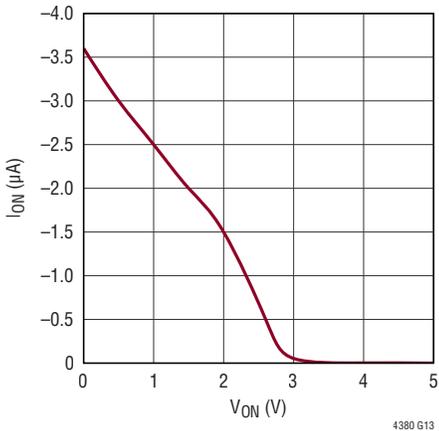
4380 G11

ゲート駆動電圧と電源電圧



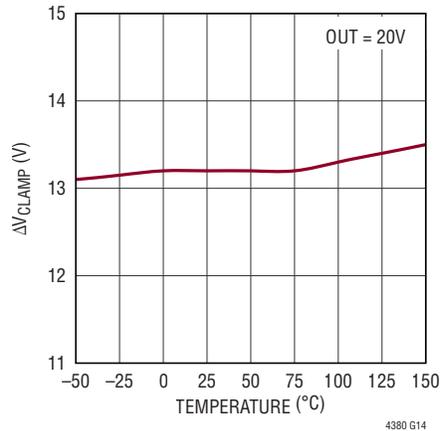
4380 G12

ONピンの電流と電圧



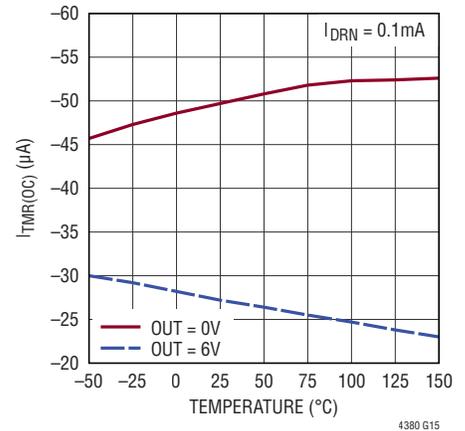
4380 G13

V_{CC} に対するゲートの
クランプ電圧と温度



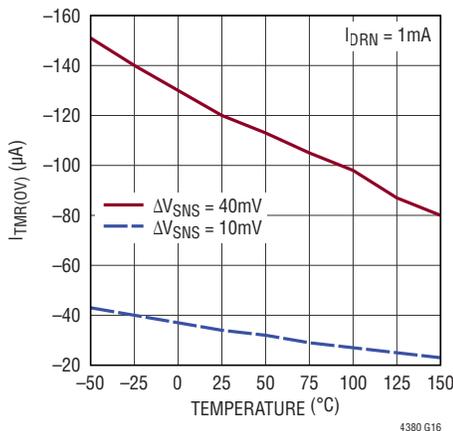
4380 G14

TMRピンの電流と温度



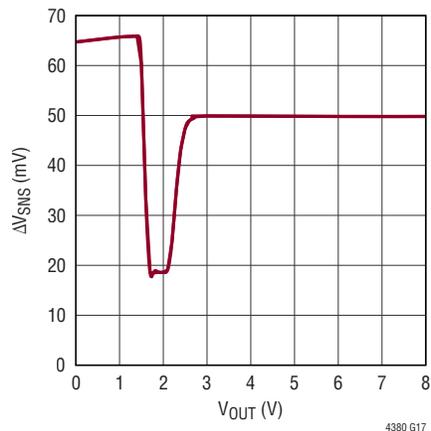
4380 G15

TMRピンの電流と温度



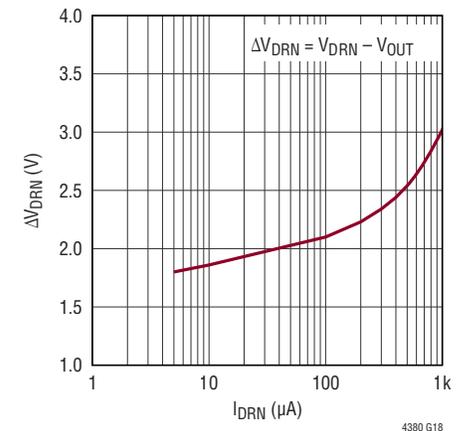
4380 G16

電流制限と出力電圧



4380 G17

DRNピンの電圧と電流



4380 G18

ピン機能

DRN : 外付けMOSFETのドレイン/ソース間検出ピン。DRNピンの電圧はOUTピンの電圧に追従します。その結果として外付け抵抗 R_{DRN} を流れるDRNピンの電流は、外付けMOSFETの V_{DS} に比例します。DRNピンの電流と ΔV_{SNS} (SNS – OUT)は内部で乗算され、MOSFETの電力損失にほぼ比例するTMRピン電流が生成されます。このため、より重大なフォルトの発生時により短時間でタイムアウトすることにより、SOAの要件が緩和されます。 R_{DRN} は、ピーク入力電圧時に電流を1mAに制限するように選択します。このピンを使用しない場合は、OUTピンに接続してください。

露出パッド : 露出パッド。開放のままでも、デバイスのグラウンド(GND)に接続してもかまいません。

FLT : フォルト出力。このオープンドレインのロジック出力ピンは、TMRピンの電圧が1.215Vのフォルトしきい値に達した後、“L”になります。この出力は、電源電圧が長い時間高いレベルに留まっている(電圧フォルト)かデバイスが過電流状態にある(電流フォルト)ために、MOSFETがオフしていることを示しています。フォルト出力のシンク電流供給能力は最大3mAです。使用しない場合は、開放のままにします。

GATE : NチャネルMOSFETのゲート駆動ピン。GATEピンの電圧は20 μ Aの内部チャージポンプによって高くなり、OUTピンより11.5V高い電圧に安定化されます。アンプはGATEピンを制御して、MOSFETを流れる電流を制限します。GATEピンは過電圧状態時にクランプされるので、出力電圧を間接的に制限します。固定電圧バージョンであるLTC4380-1/LTC4380-2の場合、クランプ電圧はSEL = 0Vのとき31.5Vに設定され、SEL = V_{CC} のときは50Vに設定されます。LTC4380-3およびLTC4380-4は内部ゲート・クランプ機能のない可変バージョンです。レギュレーション・モードではない場合、GATEピンの電圧は V_{CC} より13.5V高い電圧に制限されます。電流制限アンプを補償するため、このピンには47nF以上の容量と33 Ω の直列抵抗を接続する必要があります。出力短絡時に外付けMOSFETを損傷しないようにするため、GATEピンの電圧もOUTピンより17V高い電圧に内部でクランプされます。

GND : デバイスのグラウンド。

ON : オン制御入力。LTC4380は、このピンを1.05Vより高くすることによりオンすることができます。あるいは、このピンを開放したままにすると、1Mの内部抵抗によってデバイスをオンすることができます。このピンの電圧をしきい値より低くするとデバイスはオフし、電源電流は6 μ Aまで減少します。外付けプル

アップ抵抗を使用しない場合は、このピンのグラウンドへの漏れ電流を1 μ A以下に制限します。ONピンの電圧を80Vまで高くするか、GNDより60V低い電圧まで低くしても損傷することはありません。

OUT : 出力電圧検出ピン。このピンは、電流検出抵抗の出力端子で出力電圧を検出します。内部クランプにより、GATEピンとOUTピンの間の電圧は17Vに制限されます。OUTピンは、22 μ F以上のコンデンサをできるだけ近づけて接続し、バイパスしてください。

SEL : LTC4380-1およびLTC4380-2のゲート・クランプ電圧選択ピン。内部ゲート・クランプ電圧を31.5Vに設定するには、SELピンをGNDに接続します。ゲート・クランプ電圧を50Vに設定する場合は、 V_{CC} またはOUTに接続します。SELピンの電圧を80Vまで高くするか、GNDより60V低い電圧まで低くしても損傷することはありません。LTC4380-3およびLTC4380-4では、SELをGNDに接続します。

SNS : 電流検出入力。電流検出抵抗の入力端子に接続します。電流制限アンプがGATEピンを制御して、電流検出電圧を50mVに制限します。この電圧は、OUTの電圧が1.5Vより低くなる重大なフォルト発生時には62mVに増加します。過電流状態時にはTMRピンの電流が固定値の7 μ A増加して、タイムの時間が短くなります。出力電圧が1.5Vより低くなる重度の短絡状態では、追加電流が27 μ Aに増加して、MOSFETでの電力損失が減少します。 ΔV_{SNS} (SNS – OUT)は5V未満に制限する必要があります。このピンを使用しない場合は、OUTピンに接続してください。

TMR : フォルト・タイマ入力。このピンとグラウンドの間にコンデンサを接続して、フォルトによるターンオフ時間および冷却期間を設定します。フォルト状態時の充電電流は、MOSFETの電力損失により変動します。TMRピンの電圧が1.215Vに達すると、MOSFETはオフになり、FLTは“L”になります。ゲートがオフになると、デバイスは直ちに冷却期間に入り、TMRピンには2 μ Aのプルアップ電流およびプルダウン電流が流れます。冷却期間が終了すると、LTC4380-2とLTC4380-4は直ちに再起動するのに対して、LTC4380-1とLTC4380-3は、ONピンが一瞬(100 μ sより長く)“L”になるか、電源を入れ直すまでオフのままです。

V_{CC} : 正の電源電圧入力。通常動作では、正電源の入力範囲は4V ~ 80Vです。逆バッテリー状態では、グラウンドより最大60V低い電圧になってもデバイスは損傷せずに済みます。入

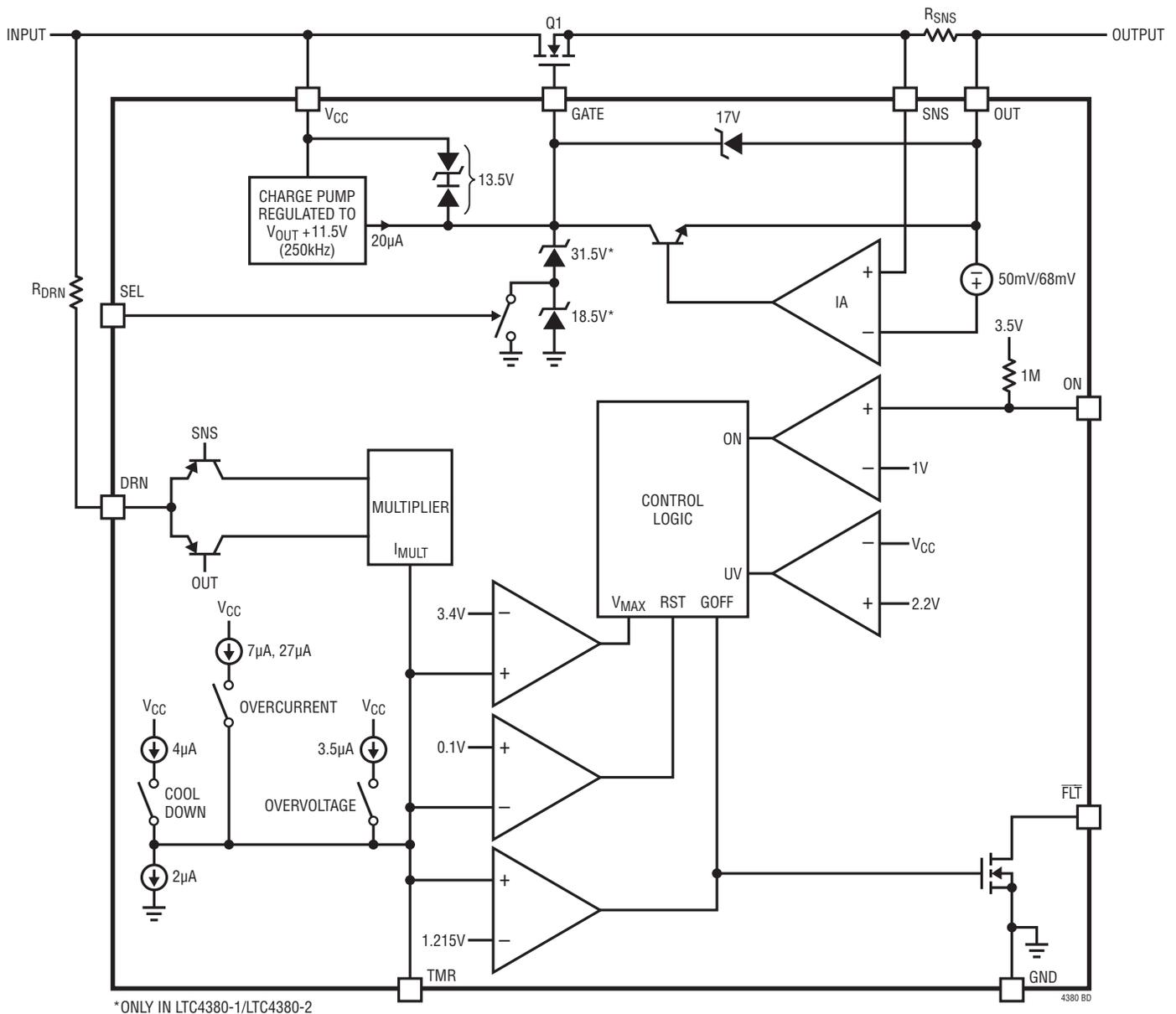
LTC4380

ピン機能

力電圧が80Vを超えると予想されるアプリケーションでは、 V_{CC} ピンをツェナー・ダイオード・クランプにより保護するか、短時間のスパイクの場合には簡単なRCフィルタで保護することができます。また、LTC4380-1/LTC4380-2では、GATEピンのクランプ電圧を内部クランプ電圧(31.5Vまたは50V)より

低い値に調整する方法として、ツェナー・ダイオードによる V_{CC} ピンのクランプを使用することもできます。可変バージョンのLTC4380-3/LTC4380-4では、ゲート・クランプ回路を内蔵していないので、 V_{CC} ピンにツェナー・ダイオードを接続することが、GATEピンの電圧を制限する唯一の方法です。

ブロック図



動作

LTC4380は、外付けNチャンネルMOSFETをパス・デバイスとして駆動する低静止電流のサージ・ストッパーです。通常動作では、20 μ Aのチャージポンプ(「ブロック図」参照)がMOSFET(Q1)を“H”に駆動し、完全に導通させて入力から負荷までの低インピーダンス経路を実現します。MOSFETのゲートはツェナー・スタックによりグラウンドにクランプされます。入力電圧が上昇して、出力電圧がゲート・クランプ電圧に近づくと、出力はゲート・クランプ電圧より低いしきい値電圧に実質的に制限され、入力サージは遮断されて負荷に到達しないようになります。

LTC4380-1およびLTC4380-2の場合は、次の2つの内部ゲート・クランプ電圧(グラウンドに対するゲートの電圧)があります。1つは31.5Vで、12Vシステムでの使用に合わせて出力を約27Vに制限します。もう1つは50Vで、24Vおよび28Vシステムでの使用に合わせて出力を約45Vに制限します。クランプ電圧はSELピンを使用して選択できます。ゲートとグラウンドの間のクランプの他に、GATEピンはV_{CC}ピンの電圧より13.5V高い電圧にも制限されます。

LTC4380-3およびLTC4380-4の場合はグラウンドとの間に内部ゲート・クランプが存在せず、ゲート・ピンの電圧は、V_{CC}ピンより13.5V高い電圧に制限されるだけです。したがって、V_{CC}ピンとグラウンドの間に接続されているツェナー・ダイオードは、過電圧発生時にV_{CC}ピンとGATEピンの両方の電圧をクランプします。

負荷電流を制限するのは電流制限アンプ(IA)であり、MOSFETのソースと直列の検出抵抗を使用して電流をモニタします。電流制限しきい値は50mVで、出力電圧が3V未満の場合は62mVまで上昇します。

MOSFETのストレスはタイマによりモニタされます。その電流はQ1のV_{DS}およびI_Dの関数です。V_{DS}はDRNピンのR_{D_{DRN}}によりモニタされますが、I_DはR_{SNS} 両端の電圧降下を検出することによりモニタされます。タイマを使用すると、短時間のトランジェント発生時に負荷が動作を継続できる上に、車両での負荷遮断などの持続過電圧、出力過負荷、出力短絡による損傷からMOSFETを保護することができます。

乗算器は、MOSFETでの電力損失に応じてタイマの時間を設定します。電力損失が大きいほどタイマの時間は短くなるので、MOSFETを安全動作領域(SOA)内に維持しやすくなります。

タイマがストレスにตอบสนองするのは、起動時、電圧制限時、および電流制限時です。TMRピンの電流はタイミング・コンデンサC_{TMR}で積分され、TMRピンの電圧が1.215Vまで充電されると、MOSFETはオフします。この時点でLTC4380-1とLTC4380-3はラッチオフしますが、電源を入れ直すか、ONピンを100 μ s以上“L”にすればリセットすることができます。LTC4380-2およびLTC4380-4では、TMRピンが冷却段階に入るので、MOSFETの温度が周囲と同じになるのを待てば自動的に再起動することができます。TMRピンは3.4V~1.215Vの範囲内で緩やかな充放電による電圧の増減を15回繰り返して、最後のサイクルでグラウンド電位まで放電します。TMRピンの電圧が100mVのしきい値に達すると、MOSFETはオンに戻ります。C_{TMR}の容量1 μ Fにつき10ms以上ONピンを“L”にすれば、冷却の間隔は短くすることができます。

タイマをリセットする以外に、ONピンはオン/オフ制御や低電圧の検出に使用します。ONピンのしきい値は1.05Vです。

オープンドレインのFLTピンは、タイマがフォルトによってオフになると必ず“L”になります。また、電源を入れ直してリセットするか、ONピンを100 μ s以上“L”にしてリセットするか、LTC4380-2とLTC4380-4の場合はTMRピンが放電して電圧が100mVになると、“H”に戻ります。

表1. LTC4380のオプション

LTC4380	ゲートのクランプ	フォルト時の動作
-1	GNDに対して31.5V/50Vの内部クランプ	ラッチオフ
-2	GNDに対して31.5V/50Vの内部クランプ	自動再試行
-3	可変の外部クランプ	ラッチオフ
-4	可変の外部クランプ	自動再試行

アプリケーション情報

電源トランジェントや出力の過負荷が発生すると、LTC4380は負荷に供給される電圧と電流を制限します。NチャンネルMOSFETは、通常動作時には入力から負荷までの低抵抗経路を形成しますが、過電圧状態時には、クランプ状態のゲート電圧より低いしきい値電圧に出力を制限します。フォルト・タイムの合計時間は短時間のフォルトを乗り切るために設定されていますが、長時間のフォルトが生じた場合は、出力を遮断してMOSFETを損傷から保護します。

起動

出力を約27Vに制限する12V、1Aのアプリケーションを図1に示します。V_{CC} ≥ 4VおよびON ≥ 1.05Vの初期条件で電源を投入した場合は、固定の20μA電流源により、GATEピンがC2とQ1のゲート端子の充電を開始するまでに、約10msの遅延が生じます。Q1はソース・フォロワとして動作し、I_{GATE(UP)}/C2の割合で出力を上昇させます。負荷容量C_Lを流れる突入電流は、次式により与えられます。

$$I_{INRUSH} = I_{GATE(UP)} \cdot \frac{C_L}{C_2}$$

ここで、I_{GATE(UP)}は標準で20μAです。

最終的にGATEピンはV_{IN} ≈ V_{OUT}となるレベルまで充電され、充電が停止するのは、ΔV_{GATE} (V_{GATE} - V_{OUT})がそのレギュレーション点である11.5Vに達して、Q1が完全に導通した場合だけです。

過電流フォルトに対する保護

LTC4380は、短絡や過大な負荷電流から保護する調整可能な電流制限回路を備えています。OUTピンの電圧が3Vより高い場合は、過電流状態の間GATEピンが制御され、SNSピンとOUTピン間の電流検出電圧(ΔV_{SNS})が50mVに制限されます。OUTピンの電圧が1.5V未満となるような重度の短絡が出力で発生した場合、電流検出電圧は62mVです。したがって、出力電流はΔV_{SNS}/R_{SNS}に制限されます。電流制限回路は、C_Lが異常に大きい場合や電流制限が異常に低い値に設定されている場合など、極端な場合には起動ランプ・レートを制御し、C_Lの突入電流を意図的に低減して、前に計算した値より小さくすることができます。

過電圧フォルトに対する保護

LTC4380は、入力が過電圧状態になると出力電圧を制限します。図1に示すLTC4380-1/LTC4380-2では、内部クランプにより、GATEピンの電圧はSELピンの状態に応じて31.5Vまたは50Vに制限されます。図に示すようにSELピンを接地した場合、GATEピンは31.5Vでクランプされます。Q1のしきい値電圧を5Vとすると、これによって出力は約26.5Vに制限されます。SELピンを“H”に接続すると、GATEピンは50Vでクランプされ、出力は約45Vに制限されます。

また、GATEピンの電圧は、内部の20μA電流源のコンプライアンス電圧により、V_{CC} + 13.5Vに制限されます。LTC4380-3/LTC4380-4では、GATEピンのクランプ回路は完全に切り離されており、残っているのはV_{CC} + 13.5Vのコンプライアンス制限回路だけです。この仕組みにより、V_{CC}を4V ~ 72Vの範囲にクランプすれば、GATEピンの電圧を実質的に18V ~ 86Vの任意の電圧にクランプすることができます。

V_{CC}ピン

V_{CC}ピンの動作電圧範囲は4V ~ 80Vに及びます。入力電圧が80Vを超える場合は、フィルタまたはクランプによりV_{CC}ピンを保護する必要があります。80Vを超える短時間のスパイクやトランジェントの場合は、V_{CC}ピンを保護する手段としてフィルタが最も賢明です。図1のR1とC1がフィルタになります。LTC4380はI_{CC}が少ないので、R1には最大20kを使用することが可能であり、それによって動作電圧範囲の下限を大幅に損なうことはありません。自動車の負荷遮断などの長時間のサージでは、C1が極端に大きくなるので、ツェナー・ダイオードD1がV_{CC}の電圧を制限する最も効果的な手段です。68Vのツェナー・ダイオードを使用すると、LTC4380-1および

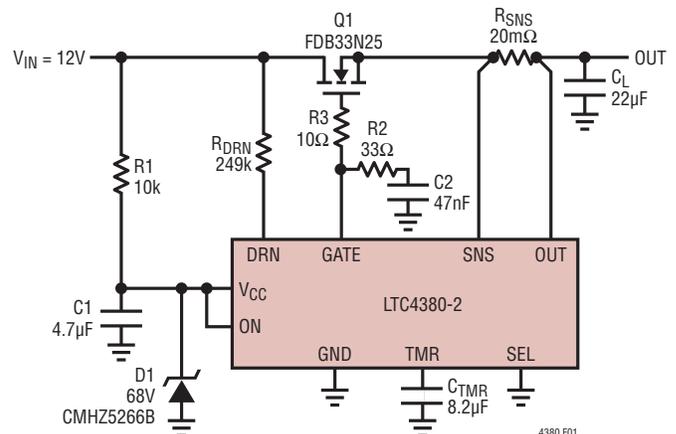


図1. 12V/1A、出力を27Vに制限

アプリケーション情報

LTC4380-2 デバイスでは、GATE ピンの内部クランプが D1 によって無効にならないことが保証されます。LTC4380-3 および LTC4380-4 では、V_{CC} の動作電圧範囲は 4V ~ 72V です。GATE ピンの電圧は V_{OUT} + 11.5V に安定化されるので、目的の出力クランプ効果を実現すると同時に、V_{CC} ピンの電圧を 4V ~ 72V の範囲内に維持するように D1 を選択します。

フォルト・タイマの概要

過電圧状態、過電流状態、および Q1 の V_{DS} が高い状態は、調整可能なフォルト・タイマにより時間が制限されます。TMR ピンのコンデンサ C_{TMR} は、FLT ピンにフォルト状態が通知されるまでの遅延時間と、Q1 がオフになるまでの遅延時間を設定します。また、C_{TMR} は、LTC4380-2 および LTC4380-4 の自動再試行バージョンでは、Q1 がオンに戻るまでができるまでの冷却時間も設定します。LTC4380-1 および LTC4380-3 では、タイマの遅延時間が終了すると、単純にラッチオフします。

フォルトの時間計測は、デバイスがオン状態の場合には入力電源が投入されたらすぐに始まります。あるいは、電源投入後デバイスがオンしたときも始まります。MOSFET 両端の電圧が 0.7V より高い場合は、1.5μA の電流が発生して TMR ピンの電圧が上昇します。タイマは MOSFET Q1 での電力損失に応じて変化する追加電流により加速します。この電力損失は、MOSFET 両端の電圧 (V_{DS}) と MOSFET を流れる電流 (I_D) の積です。V_{DS} はドレイン・ピンの抵抗 R_{DRN} 両端の電圧降下から推測されるのに対して、ΔV_{SNS} は I_D を表します。

最初の電源投入時には 1.5μA のパイロット電流が TMR ピンのコンデンサを充電します。これは、入力電源電圧が、少なくとも短時間は出力電圧より 0.7V 以上高いからです。出力電圧が上昇して入力電源電圧の 0.7V 以内になると、プルアップ電流はなくなり、内部の 2μA 電流源が TMR ピンのコンデンサを放電します。コンデンサのサイズは、初期起動時間を乗り切って正常に起動できる大きさにする必要があります。

持続的なフォルトが発生すると、タイマ電流が TMR ピンを 1.215V まで充電します。この時点で、FLT ピンは“L”になってフォルト状態を示し、GATE ピンは“L”になって MOSFET をオフします。フォルトによるオフの後、タイマは冷却段階に入ります。LTC4380-1/LTC4380-3 は、この冷却期間が終了しても手動でリセットされるまでオフのままですが、LTC4380-2/LTC4380-4 は自動的に再起動します。

過電圧時のフォルト・タイマの動作

過電圧状態時は MOSFET の V_{DS} が 0.7V を超えているので、主に V_{DS} と I_D の関数として変化する電流により、TMR ピンは 0V から 1.215V まで充電されます。V_{DS} は、DRN ピンの抵抗 R_{DRN} を流れる電流から推測されるのに対して、SNS ピンと OUT ピンの間の電圧 (ΔV_{SNS}) は MOSFET の電流 I_D を表します。

TMR ピンの電流は次式で与えられます。

$$I_{TMR} = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{A} + 0.0917 \left[\frac{\sqrt{A}}{V} \right] \cdot \Delta V_{SNS} \cdot \sqrt{R_{DRN}}$$

ここで、1.5 · 10⁻⁶A は TMR ピンの最小電流であり、0.0917√A/V は乗算器の利得項です。

ΔV_{SNS} と I_{DRN} について代入すると、次のようになります。

$$I_{TMR} = 1.5 \cdot 10^{-6} \text{A} + 0.0917 \left[\frac{\sqrt{A}}{V} \right] \cdot I_D \cdot \sqrt{V_{DS}} \frac{R_{SNS}}{\sqrt{R_{DRN}}}$$

TMR の電圧が 1.215V に達すると、FLT ピンは“L”になり、MOSFET はオフして、長時間の冷却が可能になります。出力クランプの開始からオフまでの全経過時間は次式で表されます。

$$t_{TMR} = V_{TMR(F)} \cdot \frac{C_{TMR}}{I_{TMR}}$$

I_{TMR} は V_{DS} と I_D の関数なので、オフするまでに過電圧状態で費やした正確な時間は、入力波形と負荷電流により異なります。

過電流時のフォルト・タイマの動作

TMR ピンの挙動は、過電圧の場合と基本的に同じです。LTC4380 が出力電流を安定化しているときに過電流状態が発生すると、主に MOSFET の電力損失に応じて変化する電流によって、TMR ピンは 0V から 1.215V まで充電されます。可変電流の他に 27μA が加わることで、出力が 1.5V より低い低インピーダンスの短絡時にはタイムアウトが早まります。この追加電流は、V_{OUT} が 3V を超えると 7μA に減少します。

V_{OUT} が 1.5V より低いときの TMR ピンの電流は次式で与えられます。

アプリケーション情報

$$I_{TMR} = (27 + 1.5) \cdot 10^{-6} \text{A} + 0.0917 \left[\frac{\sqrt{A}}{V} \right] \cdot I_D \cdot \sqrt{V_{DS}} \frac{R_{SNS}}{\sqrt{R_{DRN}}}$$

ここで、 $27 \cdot 10^{-6} \text{A}$ は過電流状態での追加の TMR 電流です。

また、 V_{OUT} が 3V より高い場合は次のようになります。

$$I_{TMR} = (7 + 1.5) \cdot 10^{-6} \text{A} + 0.0917 \left[\frac{\sqrt{A}}{V} \right] \cdot I_D \cdot \sqrt{V_{DS}} \frac{R_{SNS}}{\sqrt{R_{DRN}}}$$

ここで、 $7 \cdot 10^{-6} \text{A}$ は過電流状態での追加の TMR 電流です。

TMR の電圧が 1.215V に達すると、 \overline{FLT} ピンは“L”になり、MOSFET はオフして、長時間の冷却が可能になります。出力クランプの開始からオフまでの全経過時間は次式で表されます。

$$t_{TMR} = V_{TMR(F)} \cdot \frac{C_{TMR}}{I_{TMR}}$$

I_{TMR} は V_{DS} と I_D の関数なので、オフするまで過電流状態で費やした正確な時間は、入力波形、出力電圧、および出力電流がレギュレーション状態になるまでに必要な時間により異なります。

冷却段階

冷却動作は、過電圧によって開始された場合も過電流によって開始された場合も同じです。冷却段階の間、タイマは 1.215V から 3.4V まで $2\mu\text{A}$ で充電し続け、その後 1.215V に戻るまで $2\mu\text{A}$ で放電します。このサイクルを 14 回繰り返し、15 回目のサイクルで TMR ピンはグランド電位まで低下します。全冷却時間は次式で与えられます。

$$t_{COOL} = C_{TMR} \frac{15 \cdot 4.37\text{V} + (1.215\text{V} - 0.1\text{V})}{2\mu\text{A}}$$

この時点まで LTC4380-1/LTC4380-3 と LTC4380-2/LTC4380-4 の動作は同じです。ただし、冷却段階の最後の動作はまったく異なります。

冷却段階の最後で、TMR ピンの電圧が 100mV のリセットしきい値を超えるときに、LTC4380-1/LTC4380-3 はラッチオフしたままであり、 \overline{FLT} は“L”のままです。ON ピンを 100 μs 以上“L”にするか、電源を入れ直せば、デバイスを再起動することができます。C_{TMR} の容量 1 μF につき 10ms 以上 ON ピンを“L”にすれば、冷却段階はいつでも中断することができます。LTC4380-1/LTC4380-3 は、ON ピンが“H”になると再起動します。LTC4380-2/LTC4380-4 は、冷却段階の最後に ON ピンの状態 (H/L) を切り替えずに自動的に再試行します。また、C_{TMR} の容量 1 μF につき 10ms 以上 ON ピンを“L”にすれば、冷却段階を中断することができます。

どちらのバージョンの場合も、 \overline{FLT} ピンはシャットダウン時には“H”になり、V_{CC} に最初に電源が投入された時点で“H”状態はクリアされます。 \overline{FLT} を“L”に設定している場合は、C_{TMR} の容量 1 μF につき 10ms 以上 ON ピンを“L”にすれば、冷却段階時にリセットすることができます。

電源トランジェント保護

LTC4380 は 72V までの電圧で動作することがテストされ、最大 80V の電圧で損傷を受けないことが保証されています。それでも、80V を超える電圧トランジェントによって永久的な損傷を受ける恐れがあります。短絡状態の間、電源トレースや関連した配線を流れる電流が大きく変化すると、誘導性の電圧トランジェントが生じ、これが 80V を超えることがあります。電圧トランジェントを最小限に抑えるには、短く幅の広いトレースを使用することにより、電源トレースの寄生インダクタンスを最小限に抑えます。V_{CC} ピンに RC フィルタを取り付けるのは、電圧スパイクに対する効果的な手段です。

V_{CC} ピンに加わるトランジェントを 80V 未満に制限するもう 1 つの方法は、図 1 に示す小型ツェナー・ダイオード D1 と抵抗 R1 を使用することです。サージ発生時、ツェナー・ダイオードはピンの電圧を、また、抵抗はダイオードに流れる電流をそれぞれ安全なレベルに制限します。ただし、R1 と C1 により、V_{CC} ピンのフィルタ通過後の電圧が 80V 未満にとどまる場合には、D1 を省略してもかまいません。V_{CC} ピンと直列に R1 を挿入すると、LTC4380 の V_{CC} に流れるわずかな電流と D1 の漏れ電流により R1 の両端に追加の電圧降下が発生するので、V_{IN} に必要な最小電圧はやや大きくなります。

全バルク容量が 22 μF 以上の低 ESR 電解コンデンサまたはセラミック・コンデンサを MOSFET Q1 のソース・ピンの近くに配置することが必要です。

アプリケーション情報

MOSFETの選択

LTC4380はNチャンネルMOSFETを駆動して負荷電流を流します。MOSFETの重要な特性は、オン抵抗 $R_{DS(ON)}$ 、ドレイン/ソース間最大電圧 $V_{(BR)DSS}$ 、しきい値電圧、および安全動作領域(SOA)です。

ドレイン/ソース間の最大許容電圧は電源電圧のピーク値より高い必要があります。過電圧状態のときに出力がオフになるかグラウンドに短絡した場合は、全電源電圧がMOSFETの両端に加わります。

V_{CC} が8Vより高いアプリケーションでは、MOSFETのゲート駆動電圧はOUTピンの電圧より10V～14V高いことが保証されます。このため、標準的なしきい値電圧のNチャンネルMOSFETを使用することができます。定常状態の V_{CC} が8Vより低いシステムでは、ゲート駆動電圧がわずかに5Vまで低下することがあるので、ロジック・レベルのMOSFETが必要です。

MOSFETのSOAは全てのフォルト状態を包含する必要があります。通常動作では、MOSFETは完全にオン状態であり、損失する電力はごくわずかです。ただし、過電圧フォルト時または過電流フォルト時には、GATEピンは出力電圧を制限するようクランプされるか、MOSFETを流れる電流を安定化するように制御されます。いずれの場合も、MOSFETの両端には大電流と大きな電圧降下が同時に存在して、多大な電力を損失します。フォルト・タイマ・コンデンサをどう選択するかと併せて、MOSFETのSOA曲線を注意深く検討する必要があります。

MOSFET内でのトランジェント・ストレス

過電圧発生時、LTC4380はパスMOSFETのゲート電圧をクランプして、出力電圧を許容可能なレベルに制限します。負荷回路はこの期間を通して動作を継続することができますが、唯一の代償としてMOSFETパス・デバイス内に電力損失を生じます。MOSFETの電力損失(つまりストレス)は、入力電圧波形、出力電圧、および負荷電流の関数です。MOSFETにはこのストレスに耐えるサイズが必要です。

トランジェントに関するほとんどの規格では、図2に示す基本的な波形を使用します。この波形は、 t_r の立ち上がり時間で直線的に増加し、ピーク電圧 V_{PK} に達してから時定数 τ で指数関数的に減衰して V_{IN} に戻る構成になっています。自動車の一般的なトランジェント規格の定数は、 $t_r = 10\mu s$ 、 $V_{PK} = 80V$ 、および $\tau = 1ms$ です。負荷遮断と呼ばれるサージ状態でよく使用される定数は、 $t_r = 5ms$ 、 $V_{PK} = 60V$ 、および $\tau = 200ms$ です。

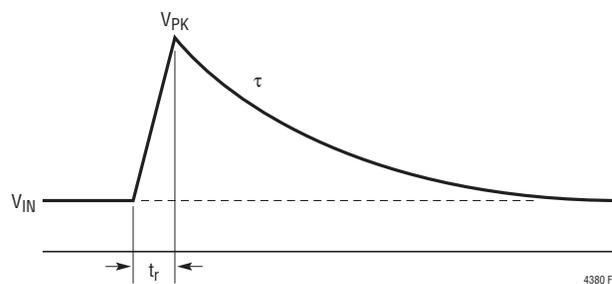


図2. 基本的なトランジェント波形

MOSFETのストレスはデバイス内部で消費される電力に起因します。100ms以上の長時間のサージでは、ストレスがパッケージからの熱伝達に左右される度合いが増します。つまり、これはデバイスのパッケージングと実装、およびヒートシンクの熱質量の問題です。これを解析するには、MOSFETの熱モデルを使用してシミュレーションを行うのが最適です。

100ms未満の短時間のトランジェントの場合、MOSFETの耐久性は、MOSFET固有の特性である安全動作領域(SOA)の問題になります。SOAにより、与えられた任意の V_{DS} と I_D の条件でMOSFETの接合部温度を最大定格まで上昇させるのに必要な時間が定量化されます。MOSFETのSOAは「ワットの2乗掛ける秒(P^2t)」を単位として表すことができます。この数値はどんな種類のデバイスでも100ms未満の時間では本質的に一定で、DC動作条件では無限に上昇します。正確に描かれたSOAグラフの線を歪めるのは、ダイのバルク温度以外の破壊メカニズムなので、 I_D と V_{DS} の全ての組み合わせに対して P^2t が同じというわけではありません。特に、 V_{DS} が最大定格に近づくとも P^2t が劣化する傾向があり、一定の電圧を超えるとデバイスによってはエネルギー吸収の役にたたなくなります。

トランジェント・ストレスの計算

与えられた任意のアプリケーションに適したMOSFETを選択するには、動作を中断することのないSOAストレスの計算またはシミュレーションを入力トランジェントごとに行う必要があります。そうすれば、計算された最大ストレスに耐える適切なSOAをもったデバイスを容易に選択できます。基本的なトランジェント波形の P^2t は以下のように計算されます(図3)。

アプリケーション情報

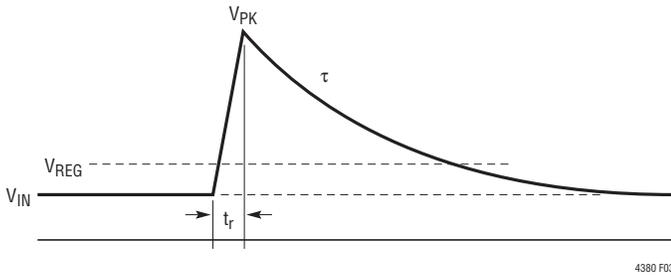


図3. 基本的なトランジェント波形に耐えるのに必要な安全動作領域

次のように置くと、

$$a = V_{REG} - V_{IN}$$

$$b = V_{PK} - V_{IN}$$

(V_{IN} = 公称入力電圧)

次の結果が得られます。

$$P^2t = I_{LOAD}^2 \cdot \left[\frac{1}{3} t_r \frac{(b-a)^3}{b} + \frac{1}{2} \tau \left(2a^2 \ln \frac{b}{a} + 3a^2 + b^2 - 4ab \right) \right]$$

トランジェントの条件が $V_{PK} = 100V$ 、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{REG} = 27V$ 、 $t_r = 10\mu s$ 、 $\tau = 1ms$ で、負荷電流が $3A$ の場合、 P^2t は $18W^2s$ です。これは DPAK パッケージの MOSFET で対応できます。他のトランジェント波形の P^2t は、MOSFET の電力の 2 乗を時間で積分して求めます。LTspice[®] を使用すると、より複雑なトランジェントの場合や過電圧フォルトと過電流フォルトが同時に存在する場合、更には MOSFET のピーク温度上昇の場合にタイム動作のシミュレーションを行うことができます。

短絡ストレスの計算

SOA のストレスは短絡条件の場合も計算する必要があります。短絡の P^2t は次式で与えられます。

$$P^2t = \left(\Delta V_{DS} \cdot \frac{\Delta V_{SNS}}{R_{SNS}} \right)^2 \cdot t_{TMR} \quad [W^2s]$$

ここで、 ΔV_{DS} は MOSFET 両端の電圧、 ΔV_{SNS} は電流制限しきい値、 t_{TMR} は過電流タイマの間隔です。

$V_{IN} = 15V$ 、 $\Delta V_{DS} = 12V$ ($V_{OUT} = 3V$)、 $\Delta V_{SNS} = 50mV$ 、 $R_{SNS} = 12m\Omega$ 、 $R_{DRN} = 100k\Omega$ 、および $C_{TMR} = 68nF$ の場合、 P^2t は $24.5W^2s$ で、前の例で計算したトランジェント SOA より多少大きい値です。

突入電流の制限と GATE ピンの補償

LTC4380 では、GATE ピンの電圧のスルーレートを制御することにより、負荷容量への突入電流を制限します。GATE とグラウンドの間に外付けコンデンサ $C2$ を接続して突入電流を低減することができますが、代償としてターンオフ時間が長くなります。ゲート・コンデンサは次のように設定します。

$$C2 = I_{GATE(UP)} \cdot \frac{C_L}{I_{INRUSH}}$$

LTC4380 では、 $47nF$ 以上の容量 ($C2$) と 33Ω の抵抗 ($R2$) を GATE ピンで直列に接続し、過電流発生時に電流制限アンプを安定化する必要があります。また、 $C2$ は MOSFET の自己導通も制限します。 10Ω の抵抗 $R3$ を MOSFET のゲートに接続して、寄生発振を抑えます。

自動車のコールド・クランク・ライドスルー

コールド・クランク発生時、バッテリーの電位は最大 $40ms$ にわたって $12V$ の公称値からわずか $3V$ に低下します。LTC4380 が正常に動作するには、 V_{CC} ピンの電圧が $4V$ 以上が必要です。このデバイスは静止電流要件が厳しいので、図4に示すように、妥当な値の RC フィルタを V_{CC} ピンに接続して、コールド・クランクを乗り切ることができます。

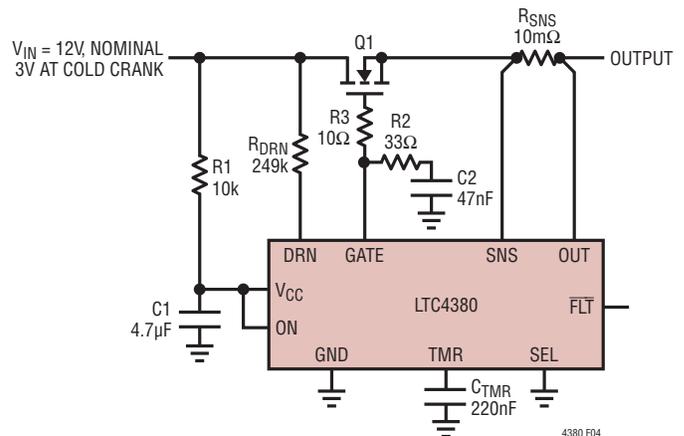


図4. 自動車のコールド・クランク・ライドスルー

アプリケーション情報

電源電流 (I_{CC}) を無視すると、コールド・クランク終了時の V_{CC} の電位は次式で与えられます。

$$V_{CC} = (V_{IN(NOM)} - V_{IN(LOW)}) \cdot e^{\frac{-t}{R_1 \cdot C_1}} + V_{IN(LOW)}$$

ここで、 $V_{IN(NOM)}$ はコールド・クランクが始まる前の入力電圧、 $V_{IN(LOW)}$ はコールド・クランク中の最小入力電圧、 t はコールド・クランクの持続時間です。

R_1 (10k Ω) と C_1 (4.7 μ F) を組み合わせることにより、入力電圧が40msにわたって12Vから3Vに低下した後、 V_{CC} は6.8Vまで低下します。この時間中、GATEは“H”を維持し、MOSFETをオンに保って出力に電流を供給し続けます。

逆入力保護

自動車用アプリケーションのように逆入力電圧の可能性がある場合は、負荷を保護するためにブロッキング・ダイオードがよく使用されます。このダイオードは追加の電力損失を生じ、熱を発生し、使用可能な電源電圧範囲を狭めます。コールド・クランク発生時、ダイオード両端にさらに電圧降下が生じることは特に望ましくありません。

LTC4380はデバイス自体に損傷を生じることなく逆電圧に耐えるように設計されています。 V_{CC} 、ON、SELの各ピンはGNDより最大60V低いDC電圧に耐えることができます。バック・トゥ・バックMOSFETを使用して、Q1のボディ・ダイオードを通る逆電流経路を遮断し、負荷を保護することができます。図5を参照してください。

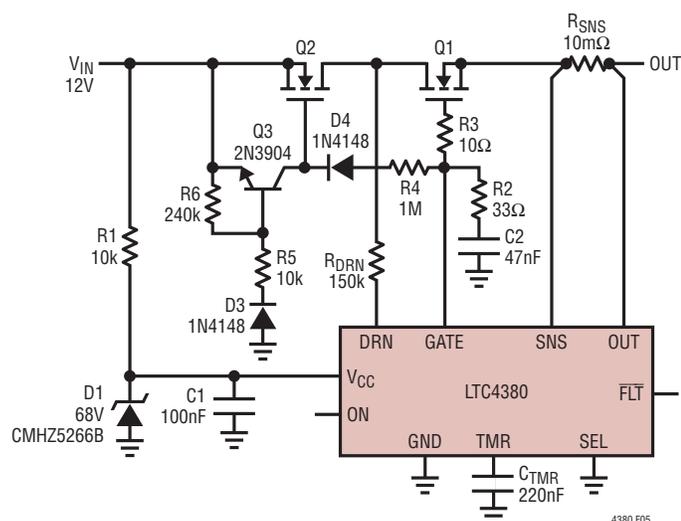


図5. NチャネルMOSFETによる逆入力保護機能を備えた過電圧保護回路

シャットダウン

ONピンの電圧を1.05Vのシャットダウンしきい値より低くすることにより、LTC4380をシャットダウンして低電流モードにすることができます。静止電流は6 μ Aまで減少します。図8に示すように、入力電源とONピンの間にツェナー・ダイオードを外付けして低電圧ロックアウトを実装することができます。UVしきい値は、ツェナー電圧とシャットダウンしきい値電圧の和です。

ONピンの電圧を80Vまで高くするか、GNDより最大60V低い電圧まで低くしても損傷することはありません。このピンを開放状態のままにすると、内部の抵抗によってこのピンの電圧が上昇し、デバイスをオンすることができます。このデバイスをオンしやすくするプルアップ・デバイスを使用しない場合は、このピンの漏れ電流が1 μ Aを超えないように制限してください。

レイアウトに関する検討事項

高精度な電流検出を達成するため、電流検出抵抗 (図5の R_{SNS}) に対してはケルビン接続を使用してください。トレースが適切な温度を保つようにするための1オンスの銅箔の最小トレース幅はアンペア1個当たり0.02インチです。アンペア1個当たり0.03インチ以上の幅を推奨します。1オンスの銅には約530 $\mu\Omega$ /□のシート抵抗があることに注意してください。大電流アプリケーションでは小さな抵抗が大きな誤差を生じることがあります。

設計例

設計例として、以下の仕様のアプリケーションを取り上げます。 $V_{IN} = 5V \sim 14V$ (DC) で、トランジェント電圧は150V、減衰時間定数 (τ) は400ms、 $V_{OUT} \leq 27V$ 、電流制限値 (I_{LIM}) は5Aとし、コールド・クランク時は40msにわたり3Vに低下するとします。

図6の27V出力クランプの場合は、SELピンを接地します。D1として68Vのツェナー・ダイオードを選択すると、150Vのサージが発生したとき、 V_{CC} ピンの電圧は80V未満に制限されます。 V_{IN} が5Vのとき、 V_{CC} ピンの必要最小電圧は4Vです。また、 V_{CC} ピンの入力電流は40 μ A未満です。正常な動作を保証するための R_1 の最大値は次のとおりです。

$$R_1 = \frac{\text{Minimum } V_{IN} - \text{Minimum } V_{CC}}{\text{Supply Current}} = \frac{5V - 4V}{40\mu A} = 25k\Omega$$

あらゆる条件に適合するように、 R_1 には10k Ω を選択します。

アプリケーション情報

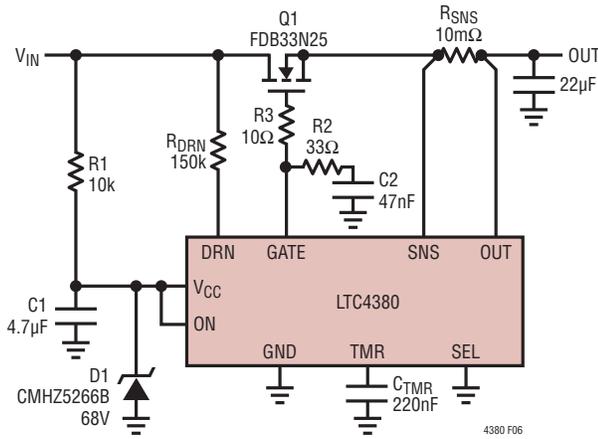


図6. 設計例

トランジェント時にR1からD1に流れる最大電流は次のように計算されます。

$$I_{D1} = \frac{150V - 68V}{10k\Omega} = 8.2mA$$

CMHZ5266Bは無期限の場合は500mW、1秒では1Wに対応できます。

12Vから3Vに低下するコールド・クランク時に40msの間動作するには、VCCピンの電圧が4V以上が必要です。C1の値は次式で計算できます。

$$C1 = \frac{-40ms}{10k\Omega \cdot \ln\left(\frac{1}{9}\right)} = 1.82\mu F$$

デバイスの電源電流や他の条件に対応するため、4.7µFを選択します。

C1 = 4.7µFおよびR1 = 10kΩを使用することにより、パルス幅が10msより短く最大200Vの高電圧トランジェントはVCCピンで除去されます。長時間のサージはD1によって抑えられます。

次に、電流制限しきい値が50mVの場合、検出抵抗(RSNS)の値を計算します。

$$R_{SNS} = \frac{50mV}{I_{LIM}} = \frac{50mV}{5A} = 10m\Omega$$

RDRNは、最大の過電圧トランジェント発生時にDRNピンに流れ込む1mAの電流を発生させるため、次のようにして選択します。

$$R_{DRN} = \frac{150V - 27V}{1mA} = 123k\Omega$$

十分な余裕を見込むため、150kΩを選択します。

次に、TMRピンの電圧がゲートのオフしきい値である1.215Vに達する前に出力を起動するようにCTMRを選択します。

$$C_{TMR} = \frac{I_{TMR(UP)} \cdot t_{INRUSH}}{V_{TMR}}$$

ここで、

$$\begin{aligned} t_{INRUSH} &= \frac{V_{IN} \cdot C2}{I_{GATE(UP)}} = V_{IN} \frac{C_{LOAD}}{I_{INRUSH}} \\ &= \frac{14V \cdot 47nF}{20\mu A} = 32.9ms \end{aligned}$$

ITMR(UP) ≈ 1.5µAです。VTMRの電圧上昇を0.4Vに制限するため、次のようになります。

$$C_{TMR} = \frac{1.5\mu A \cdot 32.9ms}{0.4V} \approx 123nF$$

あらゆる条件に対応するため、220nFを選択します。

VCC = 14Vでの出力短絡に耐えるように、パス・トランジスタ(Q1)を選択します。VOUT = 0Vの重度な出力短絡の場合、過電流フォルトの合計時間は次のようになります。

$$t_{OC} = \frac{220nF \cdot 1.215V}{30.5\mu A} = 8.76ms$$

Q1の電力損失は次のとおりです。

$$P = \frac{14V \cdot 68mV}{10m\Omega} = 95.2W$$

更に、P²t = 79.4W²Sです。

出力の過負荷またはソフト短絡の間、OUTピンの電圧は3V以上に維持できます。VOUT = 3Vのとき、過電流フォルトの合計時間は次のようになります。

$$t_{OC} = \frac{220nF \cdot 1.215V}{9.75\mu A} = 27.4ms$$

Q1の電力損失は次のとおりです。

$$P = \frac{(14V - 3V) \cdot 50mV}{10m\Omega} = 55W$$

更に、P²t ≈ 83W²Sです。

これらの条件は、FDB33N25の安全動作領域内に十分入ります。

アプリケーション情報

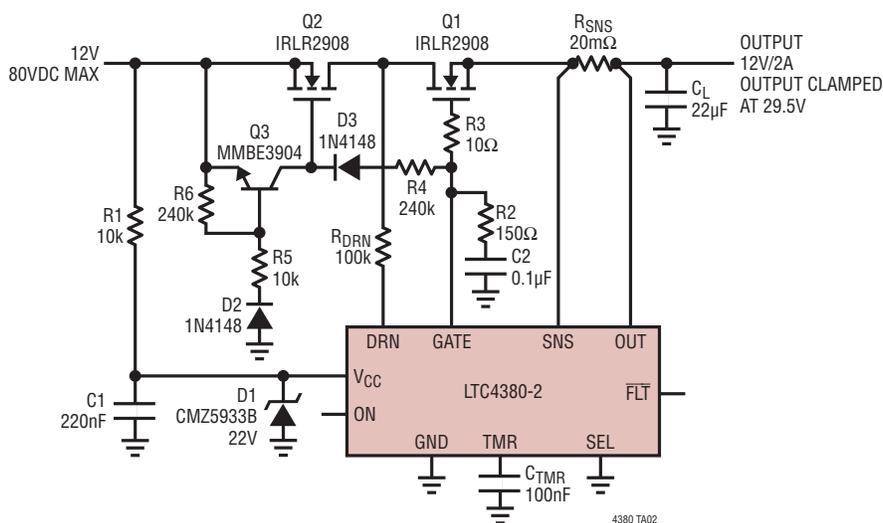


図7. 過電流保護機能を備えた12Vハイサイド・スイッチ

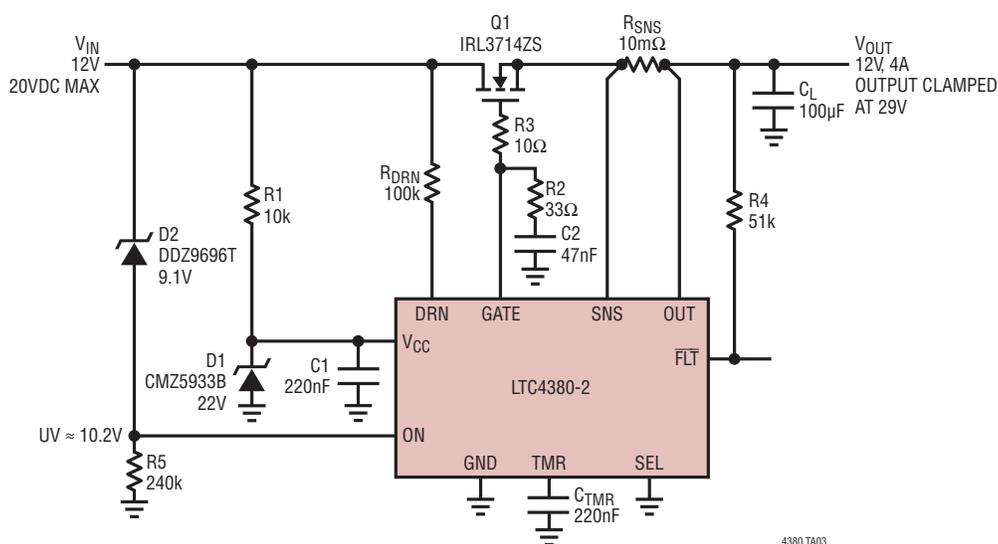


図8. 入力UV検出機能を備えた12V Hot Swapコントローラ

アプリケーション情報

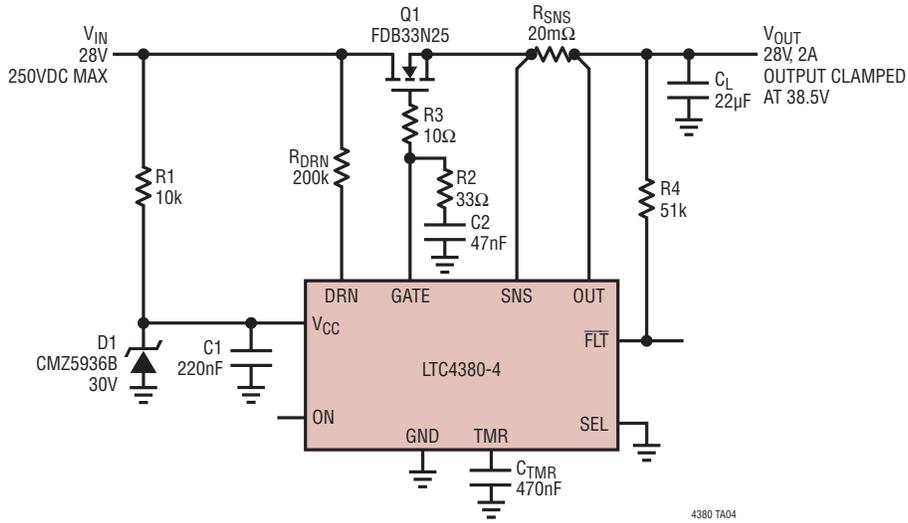


図9. 出力を40V未満にクランプした28Vサージ・ストッパー

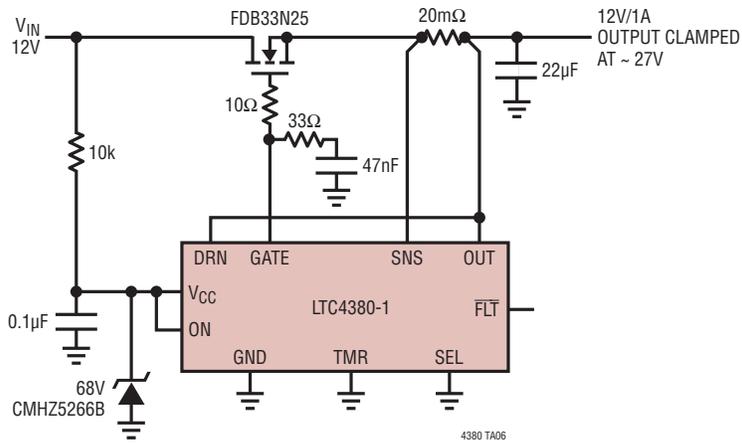
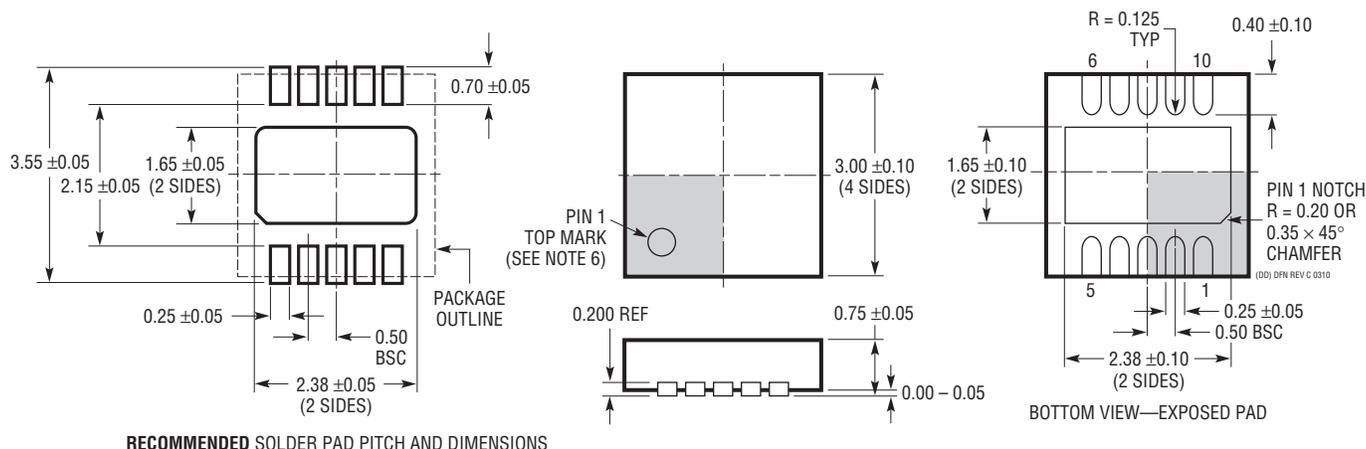


図10. フォルト・タイマをディスエーブルした12Vサージ・ストッパー

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/product/LTC4380#packaging> を参照してください。

DD Package 10-Lead Plastic DFN (3mm × 3mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1699 Rev C)

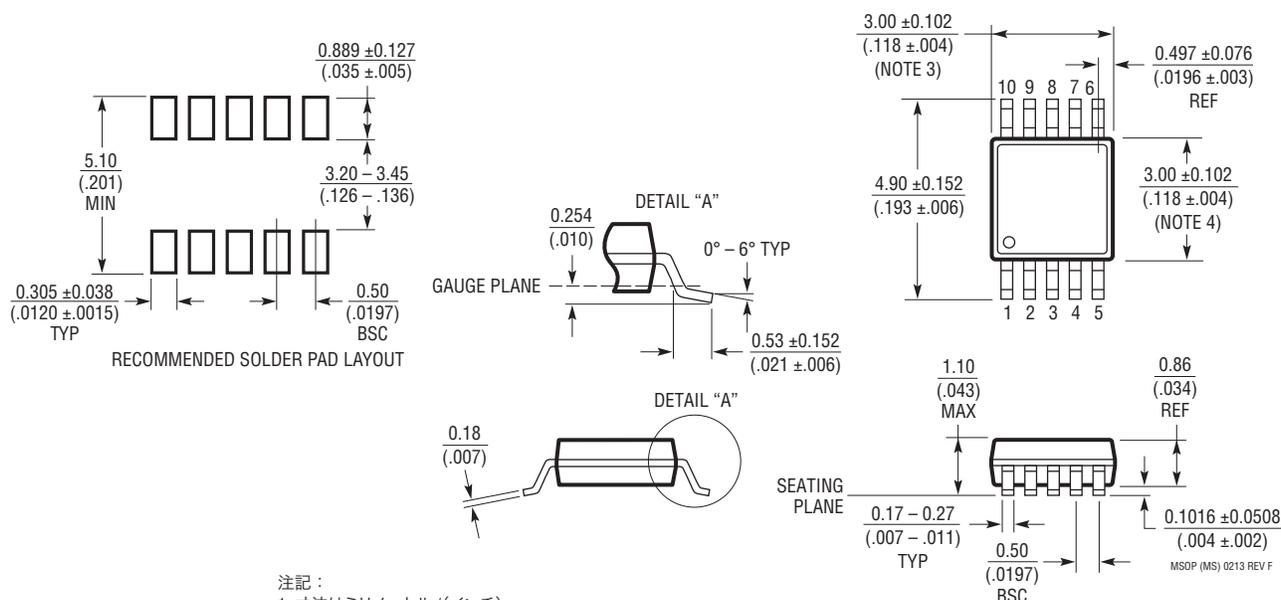


RECOMMENDED SOLDER PAD PITCH AND DIMENSIONS

注記:

1. 図は JEDEC のパッケージ外形 M0-229 のバリエーション (WEED-2) になる予定
バリエーションの指定の現状については LTC の Web サイトのデータシートを参照
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まないモールドのバリは (もしあれば) 各サイドで 0.15mm を超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 灰色の部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

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



注記:

1. 寸法はミリメートル (インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない
モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで 0.152mm (0.006") を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない
リード間のバリまたは突出部は、各サイドで 0.152mm (0.006") を超えないこと
5. リードの平坦度 (整形後のリードの底面) は最大 0.102mm (0.004") であること

標準的応用例

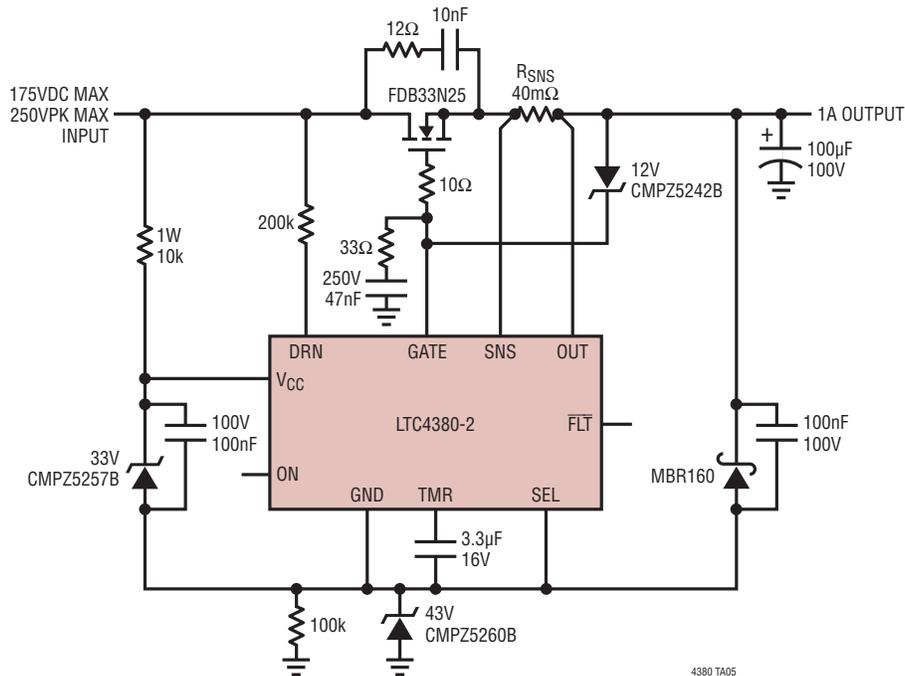


図 11. 48Vフローティング・サージ・ストッパー

関連製品

製品番号	説明	注釈
LT4356	電流制限回路を内蔵したサージ・ストッパー	動作電圧: 4V ~ 80V、保護電圧: 100V、DFN-12、MSOP-10、および SO-16 パッケージ
LTC4359	理想ダイオード・コントローラ	動作電圧: 4V ~ 80V、入力保護電圧: -40V、DFN-8、MSOP-8 パッケージ
LTC4361	過電圧/過電流保護コントローラ	動作電圧: 2.5V ~ 5.5V、保護電圧: 80V、TSOT-8 および DFN-8 パッケージ
LT4363	電流制限回路を内蔵したサージ・ストッパー	動作電圧: 4V ~ 80V、保護電圧: 100V 超、DFN-12、MSOP-12、および SO-16 パッケージ
LTC4364	理想ダイオードを内蔵したサージ・ストッパー	動作電圧: 4V ~ 80V、保護電圧: -40V ~ 100V 超、DFN-14、MSOP-16、および SO-16 パッケージ
LTC4365	過電圧、低電圧、逆入力保護コントローラ	動作電圧: 2.5V ~ 34V、保護電圧: -40V ~ 60V、DFN-8 および TSOT-8 パッケージ
LTC4366	高電圧サージ・ストッパー	動作電圧: 9V ~ 500V 超、フローティング構成、TSOT-8 および DFN-8 パッケージ
LTC4367	過電圧、低電圧、逆入力保護コントローラ	動作電圧: 2.5V ~ 60V、保護電圧: -40V ~ 100V、DFN-8 および MSOP-8 パッケージ
LTC7860	スイッチング・サージ・ストッパー	動作電圧: 3.5V ~ 60V、保護電圧: 100V 超、MSOPE-12 パッケージ