

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel<sup>†</sup>障害保護付

## 概要

MAX4370は、マキシム社のDualSpeed/BiLevel<sup>†</sup>検出を使用したホットスワップアプリケーションの保護用サーキットブレーカICです。本コントローラはバックプレーン又は着脱可能カードに装備するように設計されており、メインシステム電源がオンの時にカード又は基板をラックに挿入したときに起こるスタートアップ損傷からシステムを保護するために使用します。カードの放電されたフィルタコンデンサは低インピーダンスであるため、メイン電源が一時的に落ち込むことがあります。MAX4370は、設定可能なスタートアップ期間中にインラッシュ電流を制御することによってこのスタートアップ状態を防ぎ、システムが安全に安定化することを可能にします。さらに、2つの内蔵コンパレータによって、通常動作中の過電流保護及びDualSpeed/BiLevel短絡保護を提供します。

MAX4370は、+3V~+12Vの単一電源に対する保護を提供します。内部チャージポンプが外部NチャンネルMOSFETパワースイッチ用に制御されたゲートドライブを生成します。MAX4370は障害条件が発生するとスイッチをオフにラッチし、この状態は外部リセット信号によりデバイスがクリアされるまで続きます。その他の特長としては、障害条件を表示するステータスピン、可変過電流応答時間及びパワーオンリセットコンパレータ等が挙げられます。

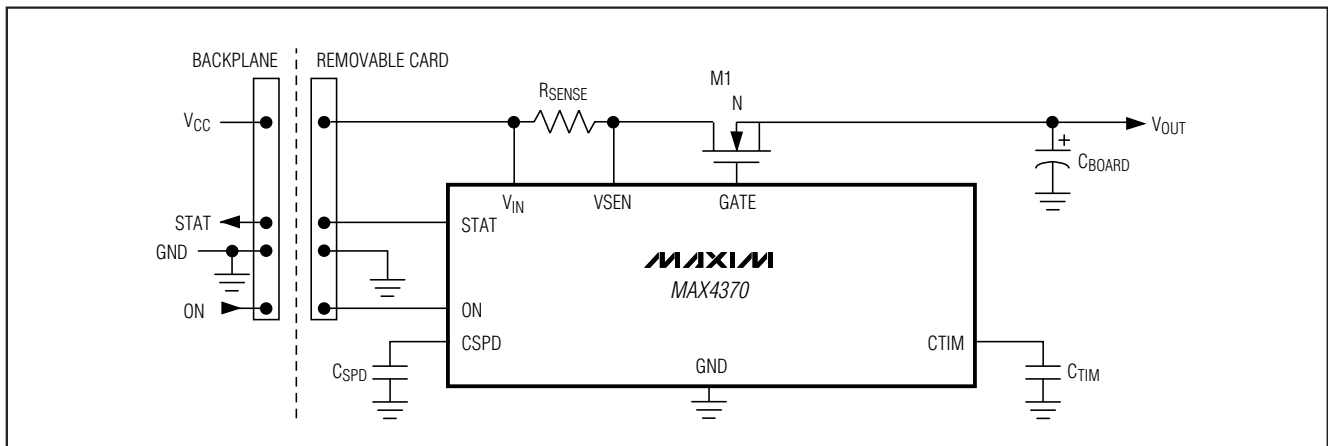
MAX4370は拡張工業用温度範囲(-40 ~ +85 )で規定されており、8ピンSOPパッケージで提供されています。

## アプリケーション

活線基板挿入

ソリッドステート回路ブレーカ

## 標準動作回路



DualSpeed/BiLevelはマキシム社の商標です。

† 特許出願中

## 特長

- ◆ 通常動作中のDualSpeed/BiLevel保護
- ◆ スタートアップ時にインラッシュ電流を制御
- ◆ バックプレーン又は着脱可能な基板に装備可能
- ◆ スタートアップ期間及び応答時間は設定可能
- ◆ 通電中のバックプレーンへの基板の着脱が安全
- ◆ +3V~+12V単一電源用の保護
- ◆ 障害条件の後でオフ状態にラッチ
- ◆ ステータス出力ピン
- ◆ 内部チャージポンプが外部NチャンネルMOSFETのゲートドライブを生成

## 型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX4370ESA	-40°C to +85°C	8 SO

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

# 電流検出ホットスワップコントローラ

## DualSpeed/BiLevel 障害保護付

MAX4370

### ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

$V_{IN}$ to GND.....	+15V	Current into Any Other Pin.....	±50mA
STAT to GND.....	-0.3V to +14V	Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ\text{C}$ )	
GATE to GND.....	-0.3V to ( $V_{IN} + 8.5\text{V}$ )	SO (derate 5.9mW/°C above +70°C).....	471mW
ON to GND (Note 1).....	-1V to +14V	Operating Temperature Range.....	-40°C to +85°C
CSPD to GND.....	-0.3V to the lower of ( $V_{IN} + 0.3\text{V}$ ) or +12V	Storage Temperature Range.....	-65°C to +150°C
VSEN, CTIM to GND.....	-0.3V to ( $V_{IN} + 0.3\text{V}$ )	Lead Temperature (soldering, 10sec).....	+300°C
Current into ON.....	±2mA		

**Note 1:** ON can be pulled below ground. Limiting the current to 2mA ensures that this pin is never lower than about -0.8V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

### ELECTRICAL CHARACTERISTICS

( $V_{IN} = +2.7\text{V}$  to +13.2V,  $T_A = -40^\circ\text{C}$  to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at  $V_{IN} = +5\text{V}$  and  $T_A = +25^\circ\text{C}$ .) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
<b>POWER SUPPLIES</b>							
Input Voltage Range	$V_{IN}$		2.7		13.2	V	
Supply Current	$I_Q$	ON = $V_{IN}$		0.6	1	mA	
<b>CURRENT CONTROL</b>							
Slow Comparator Threshold	$V_{SC,TH}$	$V_{IN} - V_{SEN}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	45	50	55	mV
			$T_A = T_{MIN}$ to $T_{MAX}$	43.5		56	
Slow Comparator Response Time	$t_{CSPD}$	CSPD = floating	10	20	40	μs	
		100nF on CSPD to GND	10	20	40	ms	
Fast Comparator Threshold	$V_{FC,TH}$	$V_{IN} - V_{SEN}$	180	200	220	mV	
Fast Comparator Response Time	$t_{FCD}$	10mV overdrive, from overload condition to GATE discharging		460		ns	
VSEN Input Bias Current	$I_{B,VSEN}$	$V_{SEN} = V_{IN}$		0.2	10	μA	
<b>MOSFET DRIVER</b>							
Start-Up Period (Note 3)	$t_{START}$	100nF on CTIM	21	31	41	ms	
		CTIM = floating		5.5		μs	
Gate Charge Current	$I_{GATE}$	$V_{GATE} = V_{IN}$ (Note 4)		100		μA	
Turn-Off Time	$t_{OFF}$	Time from current overload to $V_{GATE} < 0.1\text{V}$ , $C_{GATE} = 1000\text{pF}$ to GND (triggered by the fast comparator during normal operation)		60		μs	
Gate Discharge Current	$I_{GATE,DIS}$	During start-up (current regulation provided by fast comparator)		80		μA	
		During turn-off, triggered by a fault in normal operation or ON falling edge	75	225	550		
Maximum Gate Voltage		Measured with respect to $V_{IN}$ ; voltage at which internal clamp circuitry is triggered		6.7	7.5	V	
Minimum Gate Drive Voltage		$I_{GATE} = 8.5\mu\text{A}$ , measured above $V_{IN}$	$V_{IN} \geq 5\text{V}$	5		V	
			$V_{IN} \geq 2.7\text{V}$	2.7			
Gate Overvoltage Threshold		Start-up is initiated only if $V_{GATE}$ is less than this voltage	0.1			V	

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{IN} = +2.7V$  to  $+13.2V$ ,  $T_A = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $V_{IN} = +5V$  and  $T_A = +25^{\circ}C$ .) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>ON COMPARATOR</b>						
Threshold Voltage	$V_{TH,ON}$	$V_{IN} = 5V$ , rising threshold	0.575	0.6	0.625	V
Hysteresis	$V_{HYST}$			3		mV
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	$2.7V \leq V_{IN} \leq 13.2V$		0.1	1	mV/V
Propagation Delay	$t_{D,COMP}$	10mV overdrive		10		$\mu s$
Input Voltage Range	$V_{ON}$	Input can be driven to the absolute maximum limit without false output inversion	-0.1		13.2	V
Input Bias Current	$I_{B,ON}$			0.001	1	$\mu A$
ON Pulse Width Low	$t_{RESTART}$	To restart after a fault	20			$\mu s$
<b>DIGITAL OUTPUT (STAT)</b>						
Output Leakage Current		$V_{STAT} \leq +13.2V$			1	$\mu A$
Output Voltage Low	$V_{OL}$	$I_{SINK} = 1mA$			0.4	V
<b><math>V_{IN}</math> UNDERVOLTAGE LOCKOUT</b>						
Threshold	$V_{UVLO}$	Start-up is initiated when this threshold is reached at $V_{IN}$	2.25		2.67	V
Hysteresis	$V_{UVLO,HYST}$			100		mV
UVLO to Start-Up Delay	$t_{D,UVLO}$	Time which input voltage must exceed under-voltage lockout before start-up is initiated	100	150	200	ms

**Note 2:** All devices are 100% tested at  $T_A = +25^{\circ}C$ . All temperature limits are guaranteed by design.

**Note 3:** The start-up period ( $t_{START}$ ) is the time during which the slow comparator is ignored and the device acts as a current limiter by regulating the sense current with the fast comparator. It is measured from ON rising above 0.6V to STAT rising.

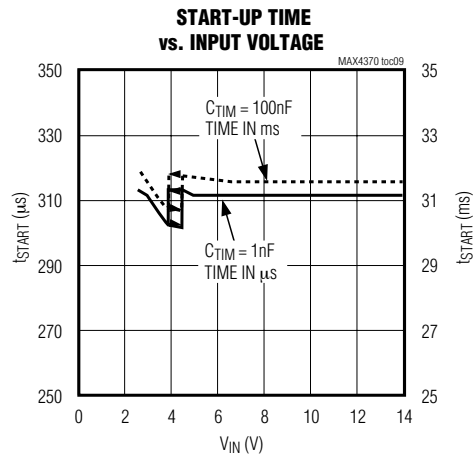
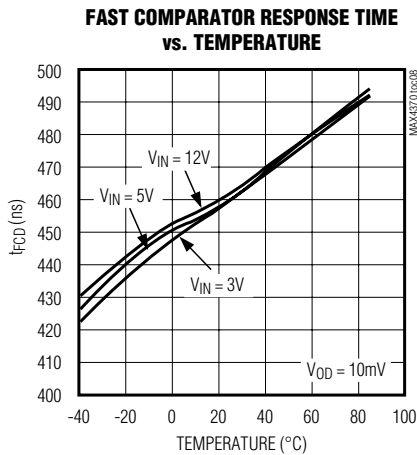
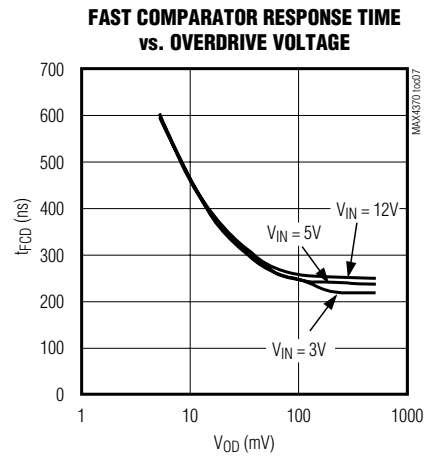
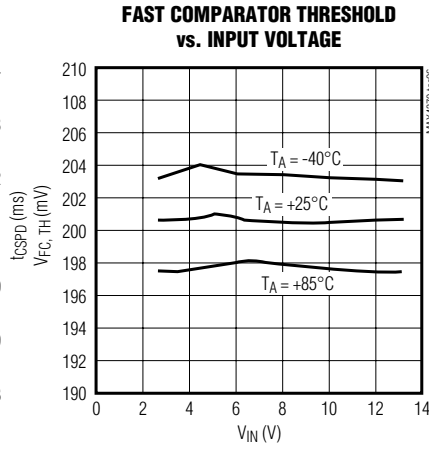
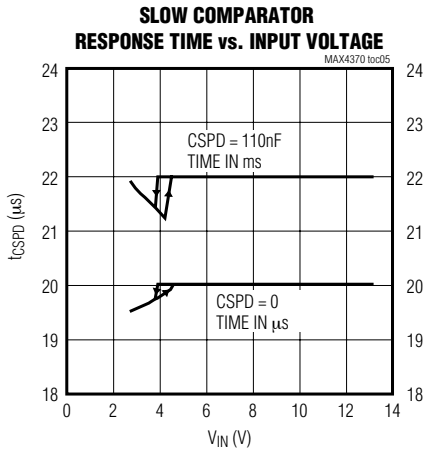
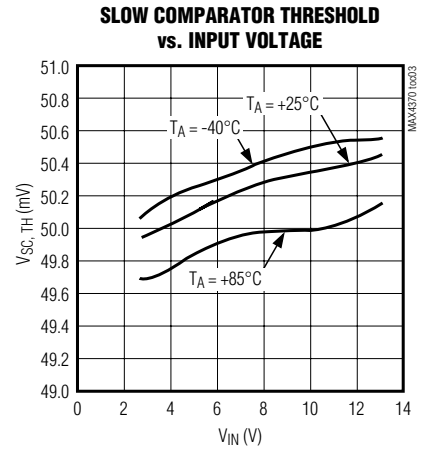
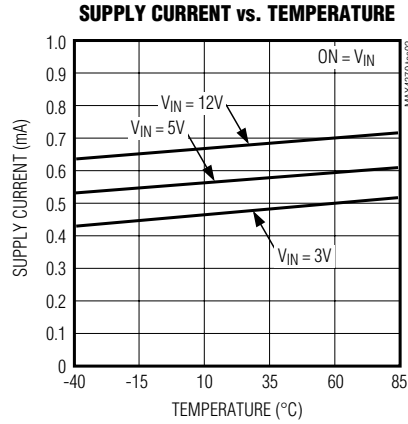
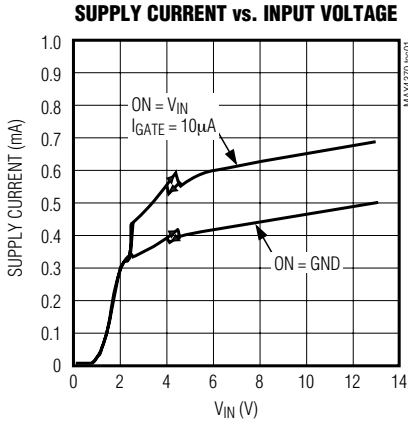
**Note 4:** The current available at GATE is a function of  $V_{GATE}$  (see Typical *Operating Characteristics*.)

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel 障害保護付

MAX4370

## 標準動作特性

(Circuit of Figure 7,  $V_{IN} = 5V$ ,  $R_{SENSE} = 100m\Omega$ ,  $M1 = FDS6670A$ ,  $C_{BOARD} = 470\mu F$ ,  $C_{GATE} = 0$ ,  $R_S = 0$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

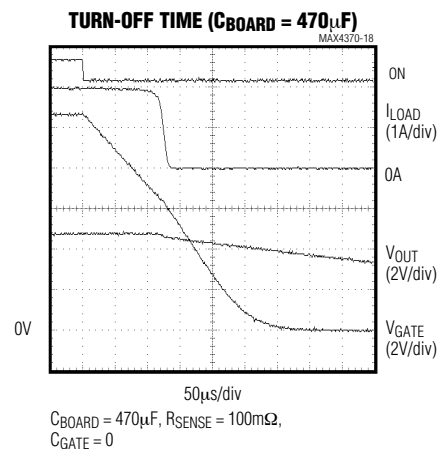
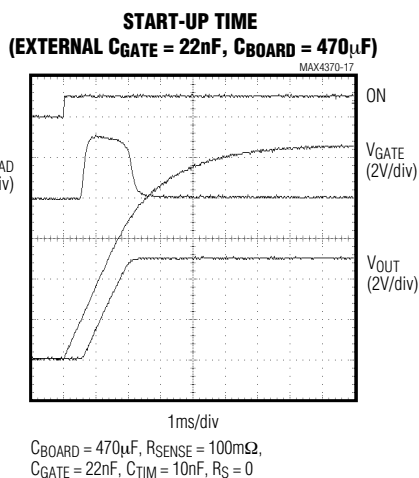
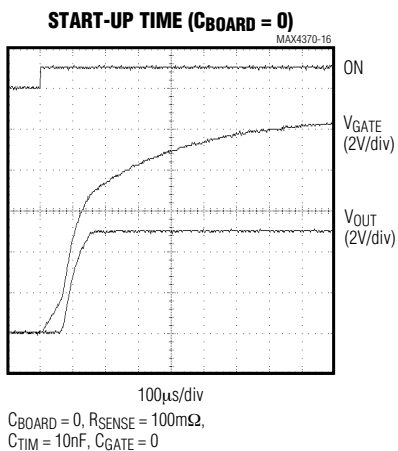
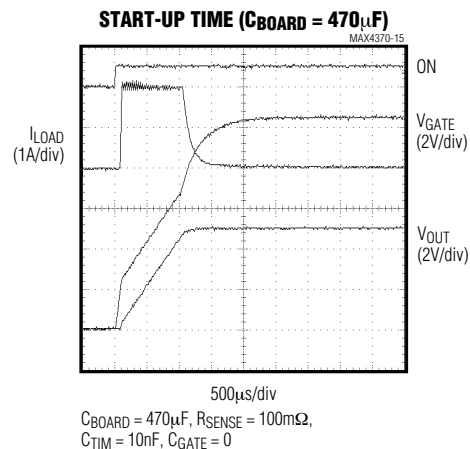
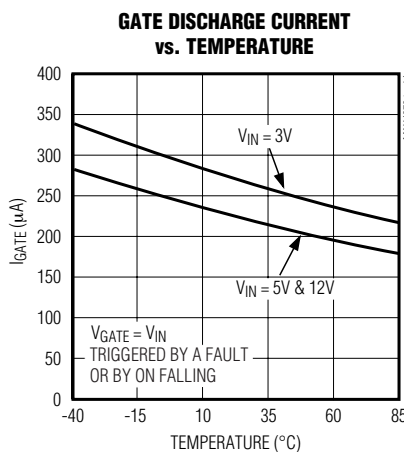
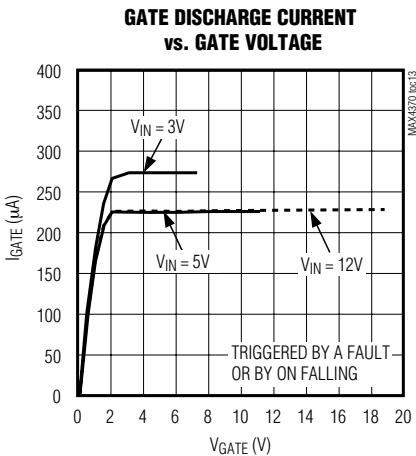
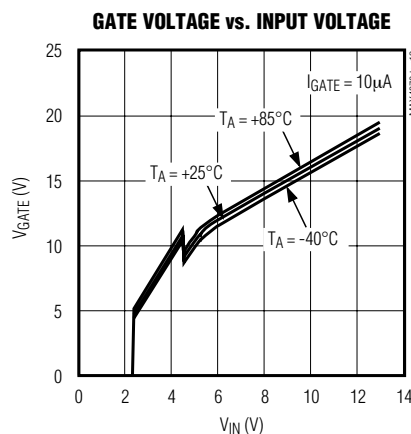
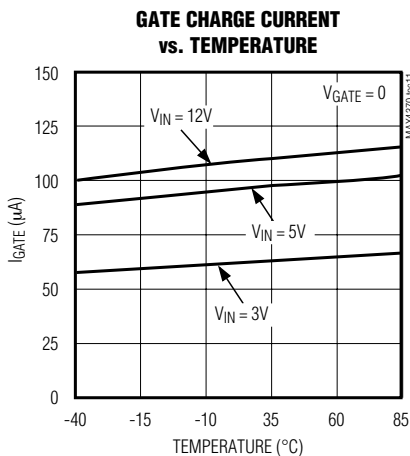
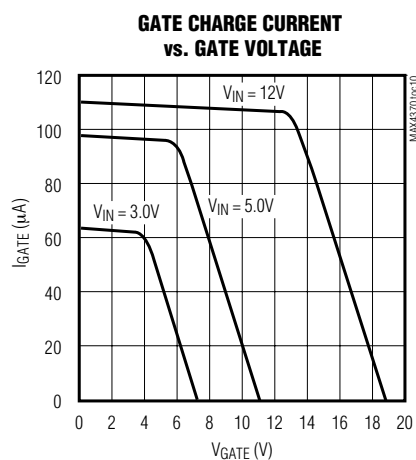


# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 7,  $V_{IN} = 5V$ ,  $R_{SENSE} = 100m\Omega$ ,  $M1 = FDS6670A$ ,  $C_{BOARD} = 470\mu F$ ,  $C_{GATE} = 0$ ,  $R_S = 0$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



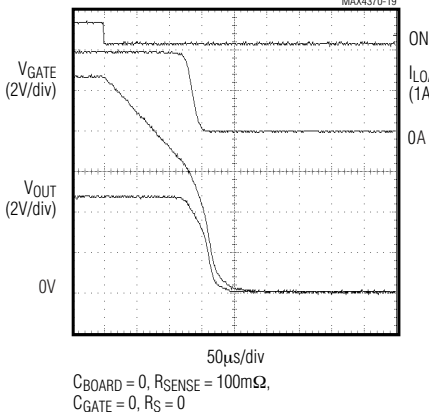
# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel 障害保護付

MAX4370

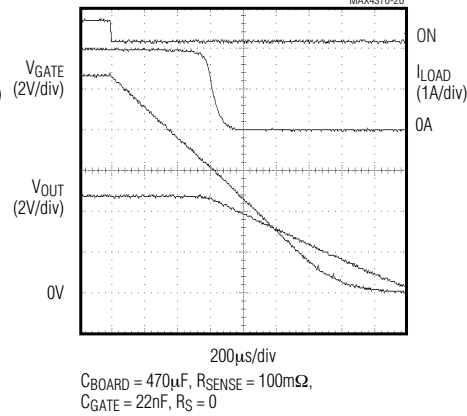
## 標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 7,  $V_{IN} = 5V$ ,  $R_{SENSE} = 100m\Omega$ ,  $M1 = FDS6670A$ ,  $C_{BOARD} = 470\mu F$ ,  $C_{GATE} = 0$ ,  $R_S = 0$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

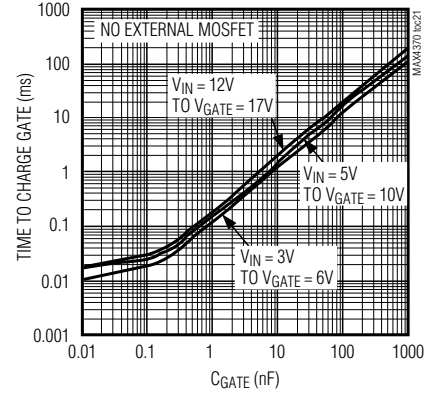
**TURN-OFF TIME ( $C_{BOARD} = 0$ )**



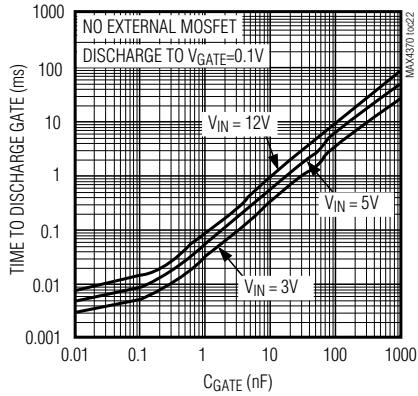
**TURN-OFF TIME  
(EXTERNAL  $C_{GATE} = 22nF$ ,  $C_{BOARD} = 470\mu F$ )**



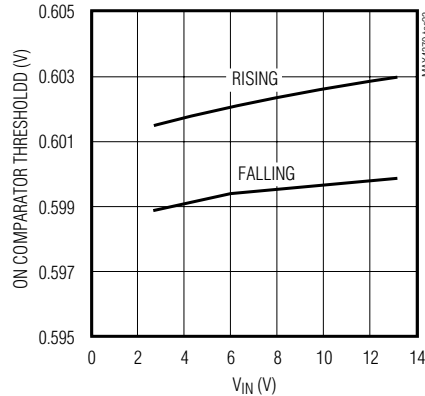
**TIME TO CHARGE GATE  
vs.  $C_{GATE}$**



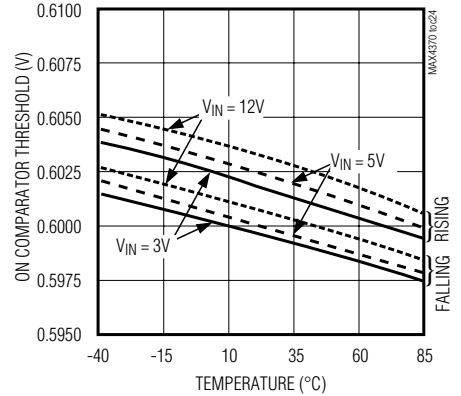
**TIME TO DISCHARGE GATE  
vs.  $C_{GATE}$**



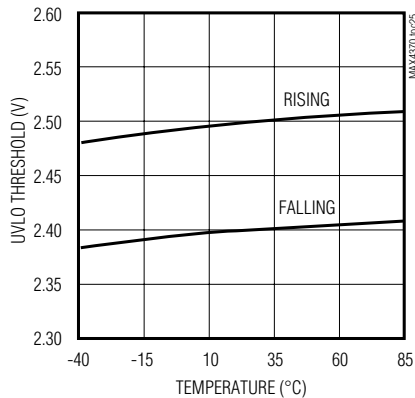
**ON COMPARATOR THRESHOLD  
vs. INPUT VOLTAGE**



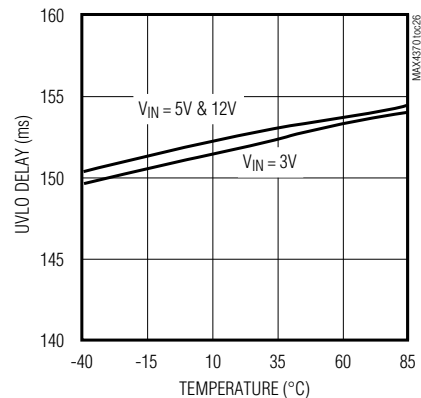
**ON COMPARATOR THRESHOLD  
vs. TEMPERATURE**



**UVLO THRESHOLD VOLTAGE  
vs. TEMPERATURE**



**UVLO DELAY vs. TEMPERATURE**



# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## 端子説明

端子	名称	機能
1	V <sub>IN</sub>	電源電圧入力。2.7V~13.2Vに接続してください。
2	V <sub>SEN</sub>	電流検出抵抗電圧入力。R <sub>SENSE</sub> はV <sub>IN</sub> とV <sub>SEN</sub> の間に接続されます。
3	GATE	ゲート駆動出力。外部NチャンネルMOSFETのゲートに接続してください。
4	GND	グラウンド
5	CSPD	低速コンパレータの速度設定。フローティングのままにするか、又はCSPDとGNDの間にタイミングコンデンサを接続してください。「低速コンパレータの応答時間」を参照してください。
6	CTIM	スタートアップタイムの設定。フローティングのままにするか、又はCTIMとGNDの間にタイミングコンデンサを接続してください。「スタートアップタイミングコンデンサ」を参照してください。
7	STAT	ステータス出力(オープンドレイン)。ハイの時に、スタートアップが障害なしに完了したことを示します。表1を参照。
8	ON	ONコンパレータ入力。ハイに接続すると通常動作になり、ローに接続するとMOSFETが強制的にオフになります。コンパレータのスレッシュホールドV <sub>TH,ON</sub> = 0.6Vであるため、シャットダウン機能を正確に制御できます。障害の後でリスタートするには、ONを少なくとも20μsの間パルス的にローにしてからハイにしてください。

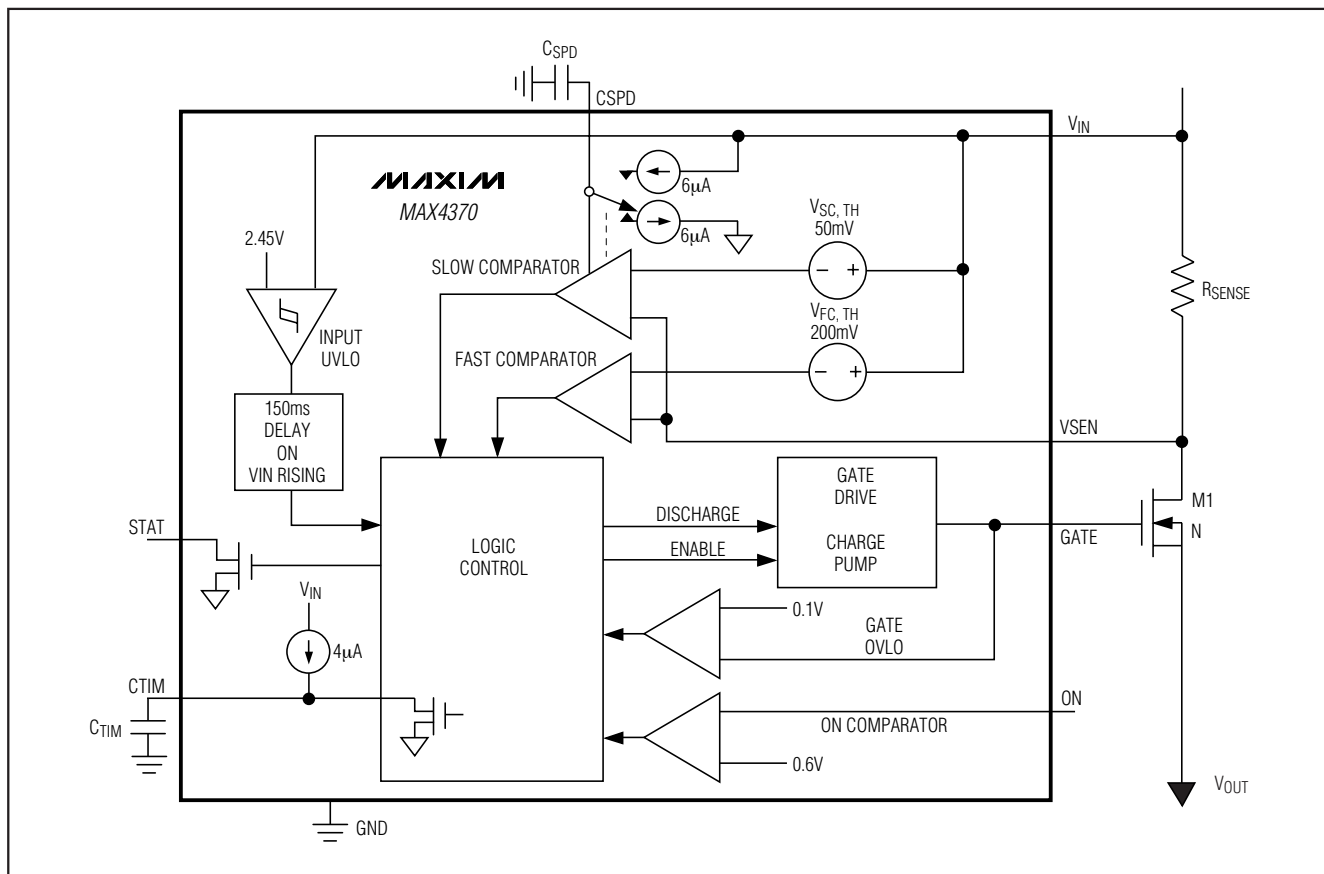


図1. ファンクションダイアグラム

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## 詳細

MAX4370は、メインシステム電源がオンの状態でカード又は基板がラックに挿入されるホットスワップアプリケーション用に設計されたサーキットブレーカICです。通常の場合、通電状態のバックプレーンにカードが差し込まれると、カードの放電したフィルタコンデンサが低インピーダンスなためにメイン電源が一時的に落ち込むことがあります。MAX4370はバックプレーン又は着脱可能なカードに装備するように設計されており、インラッシュ電流の制限及び短絡保護を提供します。これは、外部NチャネルMOSFETのゲート駆動用のチャージポンプ、外部電流検出抵抗及び2つの内蔵コンパレータによって実現されています。図1に、本デバイスのファンクションダイアグラムを示します。

低速コンパレータの応答時間及びスタートアップタイムは、外部コンデンサによって調節できます。タイミング部品はオプションです(タイミング部品がない場合、本製品は「Electrical Characteristic」に示すように公称値に設定されます)。

## スタートアップ期間

CTIMがスタートアップ期間を設定します。このモードは $V_{IN}$ に最初に電源が印加されたとき(ONが $V_{IN}$ に接続されている場合)、あるいはONの立上がりエッジで始まります。さらに、 $V_{IN}$ の電圧は150msの間低電圧ロックアウトを上回っていることが必要です(「低電圧ロックアウト」を参照)。

スタートアップ中、低速コンパレータはディセーブルされ、電流制限は次の2つの方法で行われます。

- 1) 外部MOSFETのゲート電圧を制御することにより、負荷への電流増加を低速にすること。
- 2) 外部電流検出抵抗の両端の電圧を制御することにより、負荷への電流を制限すること。

他のサーキットブレーカICと異なり、MAX4370ホットスワップコントローラは、スタートアップ時に過電流が発生した場合に電流を完全にオフにしないでプリセットレベルに制御します。

スタートアップモードにおいて、ゲート駆動電流は $100\mu\text{A}$ に制限されており、ゲート電圧が上がるにつれて減少します(「標準動作特性」を参照)。これにより、MAX4370はゆっくりとMOSFETをエンハンスしていきます。高速コンパレータが過電流を検出すると、ゲート電圧は $80\mu\text{A}$ の固定電流で一時的に放電され、この放電は検出抵抗( $R_{SENSE}$ )を流れる負荷電流がスレッシュホールド以下に減少するまで続きます。これにより、スタートアップ中のターンオン電流が効果的に制御されます。

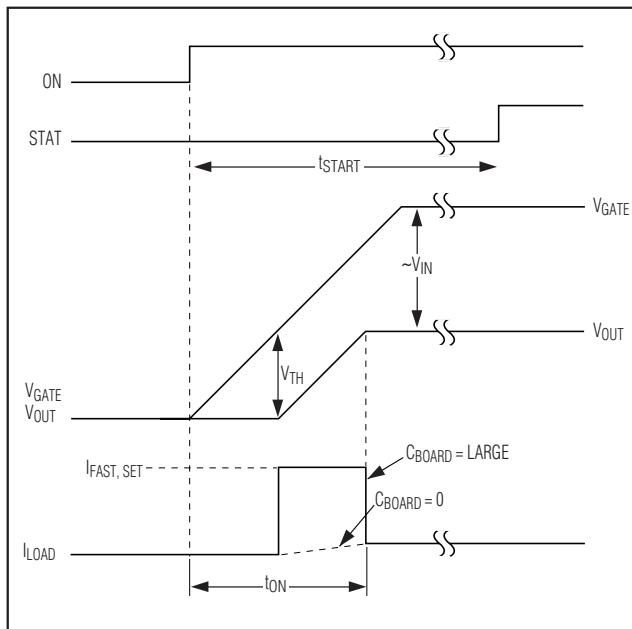


図2. スタートアップ波形

図2にスタートアップ波形を示します。障害条件が存在しないと、スタートアップ期間の最後にSTATがハイになります。

## 通常動作(DualSpeed/BiLevel)

通常動作(スタートアップ期間が終了した後)における保護は、障害条件が発生した時に外部MOSFETをターンオフすることによって与えられます。DualSpeed/BiLevel障害保護機能は、スレッシュホールドと応答時間の異なる2つのコンパレータを使用して負荷電流を監視します。

- 1) 低速コンパレータ。このコンパレータは応答時間が外部設定( $20\mu\text{s}$  ~ 数秒)で、スレッシュホールド電圧は固定 $50\text{mV}$ です。低速コンパレータは小振幅の一時的な電流グリッチを無視します。過電流条件が長く継続すると、障害が検出されてMOSFETゲートが放電されます。
- 2) 高速コンパレータ。このコンパレータは固定応答時間で、スレッシュホールド電圧が $200\text{mV}$ と高くなっています。高速コンパレータは、短絡等の大振幅イベントを検出した後直ちにMOSFETをターンオフします。

いずれの場合も、障害を検出すると、ステータスピン(STAT)がローになり、MAX4370はオフにラッチされた状態に留まります。図3に障害条件の後の波形を示します。

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

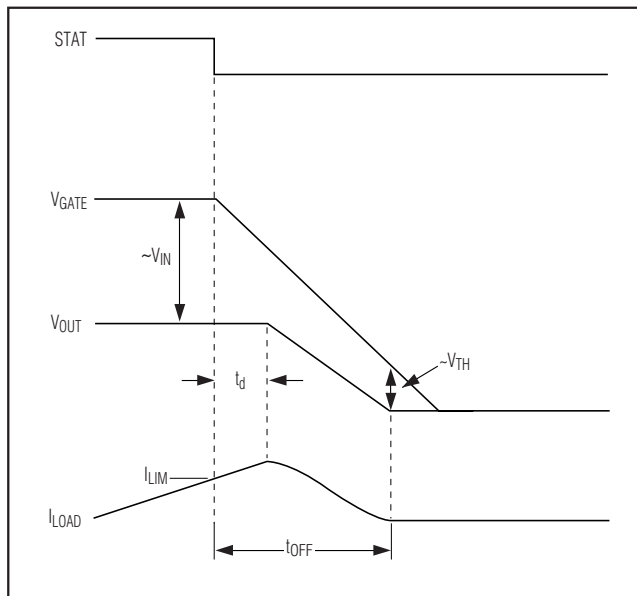


図3. 障害条件への応答

## 低速コンパレータ

低速コンパレータは、スタートアップ時は外部MOSFETがターンオンしていても、ディセーブルされます。これにより、カードを差し込んだ時に基板コンデンサ( $C_{BOARD}$ )を充電する、通常より大きなインラッシュ電流が無視されます。

通常動作時(スタートアップ完了後)に低速コンパレータが過電流を検出すると、ゲート容量を $200\mu\text{A}$ の電流で放電することにより、外部MOSFETがターンオフされます。低速コンパレータのスレッシュホールドは $50\text{mV}$ に設定されており、デフォルトディレーは $20\mu\text{s}$ (CSPDがフローティングのとき)です。これにより、電源グリッチ及びノイズを無視できます。応答時間は、CSPDに外付コンデンサを付けることにより延長できます(図8)。

過電流条件が連続的でない時、スレッシュホールドよりも高い期間とスレッシュホールドよりも低い期間の差が $20\mu\text{s}$ (又は外部設定値)よりも大きくないとデバイスはトリップしません。電流がスレッシュホールドよりも高い時、CSPDは $6\mu\text{A}$ の電流ソースで充電されます。電流がスレッシュホールドよりも低い時、CSPDは $6\mu\text{A}$ の電流ソースで放電されます。CSPDがトリップポイントの $1.2\text{V}$ まで充電されると、障害が検出されます。デューティサイクルが $50\%$ よりも大きいパルス電流(即ち、電流がスレッシュホールドレベルを超えている時間が $50\%$ 以上)は、たとえ電流が低速コンパレータの設定応答時間より長い間スレッシュホールドを上回ることがなくても障害条件と見なされます。

障害条件が検出されると、STATピンがローになり、デバイスはラッチモードになります。GATE電圧放電速度は、ゲート容量及びGATEにおける外部容量に依存します。

## 高速コンパレータ

高速コンパレータは、動作モードによって異なる挙動を示します。スタートアップ時、高速コンパレータはシンプルな電流レギュレータの一部となります。検出された電流がスレッシュホールド( $V_{FC,TH} = 200\text{mV}$ )を上回ると、ゲートは $80\mu\text{A}$ の電流ソースで放電されます。検出された電流がスレッシュホールド以下に低下すると、チャージポンプは再びオンになります。高速コンパレータとチャージポンプの伝播遅延のため、検出された電流はスレッシュホールドの近くで上下します。ゲート電圧はほぼ鋸歯状になり、負荷電流は $20\%$ のリップルを示します。このリップルは、GATEとGNDの間にコンデンサを追加することによって低減できます。 $C_{BOARD}$ が完全に充電されると、負荷電流は通常動作レベルまで低下します。検出された電流がスタートアップタイムの終了後もまだ高い場合、MOSFETゲートは完全に放電されます。

通常動作(スタートアップ後)において、高速コンパレータは緊急オフスイッチとして使用されます。負荷電流が高速コンパレータのスレッシュホールドに達すると、デバイスはGATEを $200\mu\text{A}$ の電流で放電することによって直ちにMOSFETを強制的にオフにします。著しい電流過負荷又は完全短絡があった時にこの状態になります。ゲート容量が $1000\text{pF}$ 、ゲート電圧が $12\text{V}$ として、MOSFETは $60\mu\text{s}$ 以内にオフになります。ターンオン時間を長くするためにGATEとGNDの間に容量を追加すると、ターンオフ時間も長くなります。

## ラッチモード及びリセット

MAX4370のMOSFETドライバは障害条件の後ラッチオフされた状態になり、ONピンに負方向のパルスが来てリセットされるまでこの状態に留まります。障害後に再スタートするには、ONを $20\mu\text{s}(\text{min})$ の間パルス的にローにしてから、ハイにしてください。スタートアップ中に、ONの負方向のエッジが発生すると、MOSFETが強制的にターンオフされ、デバイスはラッチモードになります。再スタートするには、ONを $20\mu\text{s}(\text{min})$ の間ローにしてください。

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## ステータス出力

ステータス出力は、デバイスが以下に挙げる状態の時にローになるオープンドレイン出力です。

- 1) スタートアップ時
- 2) 強制オフ(オン = GND)
- 3) 過電流状態
- 4) ラッチオフ

STATは、デバイスが通常モードで障害条件が存在しない時にだけハイになります(表1)。図4にSTATのタイミング図を示します。

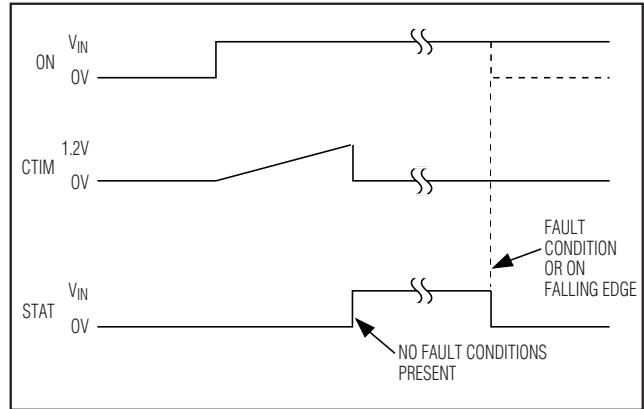


図4. ステータス出力(STAT)タイミング図

## 過/低電圧ロックアウト

低電圧ロックアウトは、 $V_{IN}$ の入力電圧がロックアウトスレッシュホールド(2.25V min)を超えた状態が少なくとも150ms続くまで、MAX4370が外部MOSFETをターンオンするのを防ぎます。低電圧ロックアウトは、外部MOSFETのゲート駆動電圧が不十分になるのを防ぎます。150msのタイムアウトは、基板が完全にバックプレーンに差し込まれ、 $V_{IN}$ の安定を保証します。 $V_{IN}$ においてUVLOを下回る電圧トランジェントが発生すると、デバイスがリセットされてスタートアップシーケンスが始まります。

本デバイスは、障害条件の後で放電が完了していない場合にデバイスが再スタートするのを防ぐゲート過電圧ロックアウトも備えています。再スタートするには、 $V_{GATE}$ が0.1Vより低く放電されている必要があります。MAX4370は出力電圧を監視しないため、基板容量がまだ充電状態である時にでもスタートアップシーケンスを開始できます。

## ゲート過電圧保護

新世代のMOSFETは、ゲート・ソース電圧( $V_{GS}$ )の絶対最大定格が $\pm 8V$ になっています。これらのMOSFETを保護するため、MAX4370は内部ツェナーダイオードによってゲート・ドレイン( $V_{GD}$ )を+7.5Vに制限しています。負の $V_{GD}$ に対する保護は施されていません。

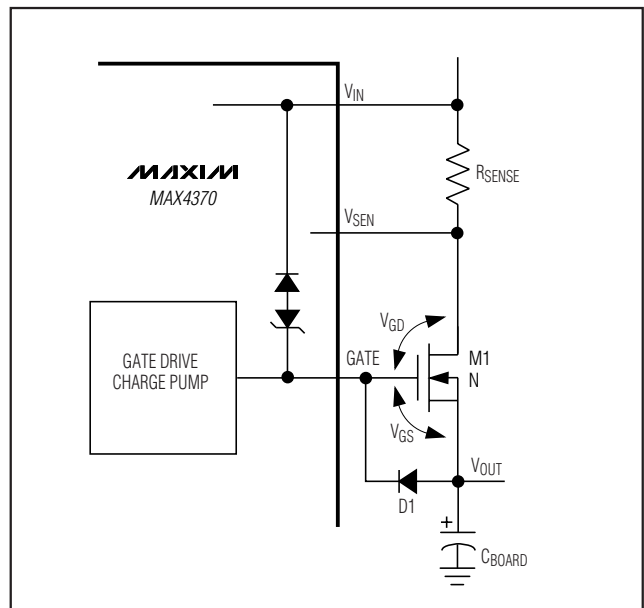


図5. 外部ゲート・ソース保護

GATEが出力電圧よりも速くGNDに放電される可能性がある時は、図5に示すように外付小信号保護ダイオード(D1)を使用してください。

表1. ステータス出力の真理値表

PART IN START-UP	ON PIN	OVERCURRENT CONDITION ON $V_{IN}$	PART IN LATCHED-OFF MODE DUE TO OVERCURRENT CONDITION	STAT PIN (STATUS)
Yes	X	X	X	Low
No	Low	X	X	Low
No	High	Yes	X	Low
No	High	No	Yes	Low
No	High	No	No	High

X = 任意

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

## アプリケーション情報

### 部品の選択

#### NチャネルMOSFET

外部NチャネルMOSFETは、アプリケーションの電流レベルに応じて選択してください。完全負荷における電圧降下を小さくしてMOSFETの電力消費を制限するため、MOSFETは $R_{DS(ON)}$ が十分に小さなものを選んでください。 $R_{DS(ON)}$ が大きいと、基板がパルスのな負荷を持っている時に出力リップルが生じたり、完全負荷において外部低電圧リセットモニタをトリガする可能性があります。スタートアップ時に基板上の短絡状態に許容するようにデバイスの電力定格を選んでください(「MOSFETの熱的考慮」を参照)。

MOSFETは、シングルショットのパルスであればパッケージの定格よりも高い電力消費に耐えることができます。又、インラッシュ電流制限はゲートdV/dtを制限することで部分的に達成されているため、ゲート容量の小さなMOSFETを使う必要はありません。表2は推奨メーカー及び部品です。

#### 検出抵抗

低速コンパレータのスレッシュホールド電圧は50mVに設定されています。最大通常動作電流を超える電流レベルにて、50mVの電圧降下を生じる検出抵抗を選んでください。標準的に、過負荷電流は通常負荷電流の1.2~1.5倍に設定してください。高速コンパレータのスレッシュホールドは200mVに設定されています。これにより、障害電流リミットは過負荷電流リミットの4倍に設定されます。

検出抵抗の電力定格については、過負荷電流を許容することを条件にして選んでください(表3)。

$$P_{SENSE} = (I_{OVERLOAD})^2 \cdot R_{SENSE}$$

#### スタートアップタイミングコンデンサ( $C_{TIM}$ )

スタートアップ期間( $t_{START}$ )は、 $C_{TIM}$ に接続されたコンデンサによって決まります。これにより、MOSFETを完全にターンオンするために許される最大時間が決まります。

表2. 部品メーカー

COMPONENT	MANUFACTURER	PHONE	INTERNET
Sense Resistors	Dale-Vishay	402-564-3131	www.vishay.com
	IRC	704-264-8861	www.ircct.co
MOSFETs	Fairchild	888-522-5372	www.fairchildsemi.com
	International Rectifier	310-322-3331	www.irf.com
	Motorola	602-244-3576	www.mot-sps.com/ppd/

$C_{TIM}$ をフローティングのままにすると、 $t_{START}$ としてデフォルト値の約5.5 $\mu$ sが選択されます。これは最小値でもあります(この値は制御されておらず、又、浮遊容量に依存します)。これより長いタイミングは図6に示すようにコンデンサの値によって決まります。次式が関係式です。

$$t_{START}(ms) = 0.31 \cdot C_{TIM}(nF)$$

$t_{START}$ タイマは、MOSFETがエンハンスされ、負荷コンデンサが完全に充電されるように設定してください。

スタートアップシーケンスを完了する方法は2つあります。ケースAは、電流制限機能を使用せず、ゲートdV/dtを制限することによってMOSFETをゆっくりターンオンするスタートアップシーケンスです。ケースBは、電流制限機能を使用し、大インラッシュ電流を防ぎながらできるだけ速くMOSFETをターンオンします。

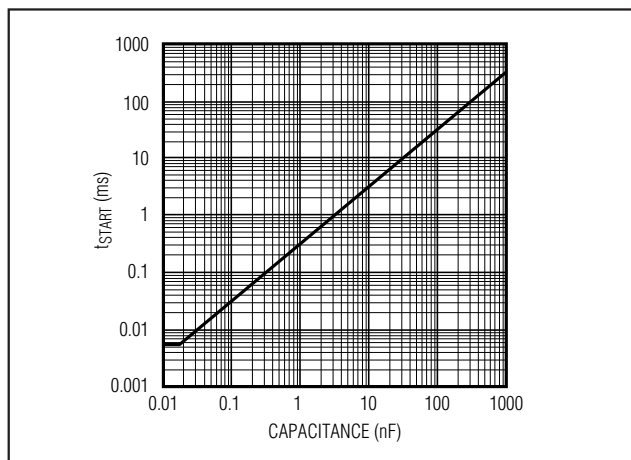


図6. スタートアップ期間対 $C_{TIM}$

表3. 電流レベル対 $R_{SENSE}$

$R_{SENSE}$ ( $m\Omega$ )	OVERLOAD THRESHOLD SET BY SLOW COMPARATOR (A)	FAULT CURRENT THRESHOLD SET BY FAST COMPARATOR (A)
10	5	20
50	1	4
100	0.5	2

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

ケースA：低速ターンオン(過電流なし)

高速コンパレータの電流リミットに達することなく、MOSFETがターンオンする場合が2つあります。

- 1) 基板容量( $C_{BOARD}$ )が小さいと、インラッシュ電流が小さくなります。
- 2) GATEの容量が大きいと、MOSFETはゆっくりとターンオンします。

いずれの場合も、ターンオン( $t_{ON}$ )はMOSFETをエンハンスするために必要な電荷によってのみ決定されます。実質的には、ゲート充電電流の小ささが出力電圧 $dV/dt$ を制限します。この時間は、GATEとGNDの間に外付コンデンサを接続することによって延長できます(図7を参照)。外部ゲート容量がMOSFETのゲート容量よりも大幅に大きい場合、ターンオン時間はこの外部ゲート容量によってほぼ決まります。表4に、GATEに外付コンデンサがある状態とない状態で推奨MOSFETをエンハンスするために必要なタイミングを示します。図2及び図3に、関係する波形及びタイミング図を示します(「標準動作特性」の「 $C_{BOARD} = 0$ の時のスタートアップ時間及び外部 $C_{GATE}$ があるときのスタートアップ時間」を参照)。ゲート容量が大きいと、ターンオフ時間も長くなることに注意してください。

外付ゲートコンデンサなしでMAX4370を使用する場合には、 $R_S$ は必要ありません。 $R_S$ は、 $C_{GATE}$ が大きくて $C_{BOARD}$ が小さいときに発生するMOSFETのソース発振を防ぎます。

ケースB：高速ターンオン(電流リミット付)

$V_{OUT}$ における基板コンデンサ( $C_{BOARD}$ )が大きいアプリケーションにおいては、インラッシュ電流に起因する

$R_{SENSE}$ 両端の電圧降下が高速コンパレータのスレッシュホールド( $V_{FC,TH} = 200mV$ )を超えます。この場合、 $C_{BOARD}$ を充電する電流は一定とみなすことができ、ターンオン時間は次式で決まります。

$$t_{ON} = C_{BOARD} \cdot V_{IN}/I_{FAST,SET}$$

ここで、最大負荷電流 $I_{FAST,SET} = V_{FC,TH}/R_{SENSE}$ です。図2に、電流レギュレーションがある時のターンオントランジェントの波形及びタイミング図を示します(「標準動作特性」の「 $C_{BOARD} = 470\mu F$ の時のスタートアップ時間」を参照)。この条件で動作しているとき、外付ゲートコンデンサは必要ありません。GATEに外付コンデンサを付けると安定化電流のリプルが減少しますが、ゲートディレイ( $t_d$ )が長くなるためにターンオフ時間が長くなります(図3)。

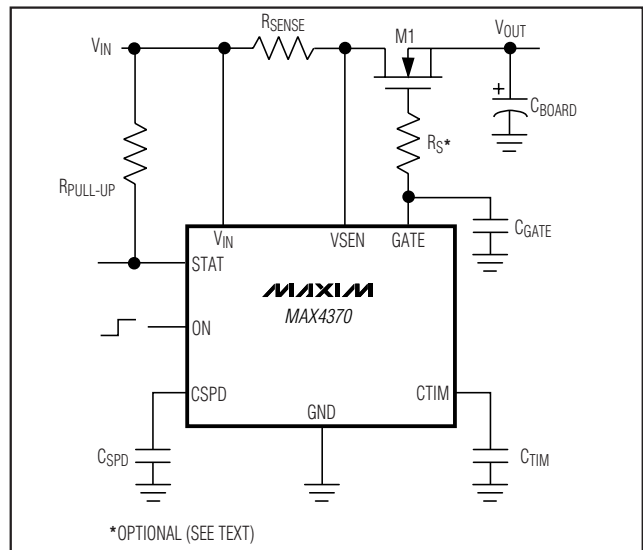


図7. 外付ゲートコンデンサ使用時の動作

表4. MOSFETのターンオン時間(電流リミットなしのスタートアップ)

( $C_{BOARD} = 0$ 、負荷電流なしでターンオン、2Aの障害電流でターンオフ)

DEVICE	$C_{GATE}$ (nF)	MOSFET TURN-ON ( $t_{ON}$ )			MOSFET TURN-OFF ( $t_{OFF}$ )		
		$V_{IN} = 3V$	$V_{IN} = 5V$	$V_{IN} = 12V$	$V_{IN} = 3V$	$V_{IN} = 5V$	$V_{IN} = 12V$
Fairchild FDS6670A	0	220 $\mu s$	160 $\mu s$	190 $\mu s$	70 $\mu s$	130 $\mu s$	145 $\mu s$
	22	2.3ms	2ms	3.2ms	540 $\mu s$	1.1ms	1.95ms
International Rectifier IRF7401	0	175 $\mu s$	130 $\mu s$	160 $\mu s$	75 $\mu s$	130 $\mu s$	160 $\mu s$
	22	1.9ms	1.8ms	3.5ms	540 $\mu s$	1.1ms	2ms
Motorola MMSF5N03HD	0	101 $\mu s$	74 $\mu s$	73 $\mu s$	33 $\mu s$	67 $\mu s$	85 $\mu s$
	22	2ms	1.8ms	3.2ms	470 $\mu s$	1ms	1.95ms

Electrical characteristics as specified by the manufacturer's data sheet:

FDS6670A:  $C_{ISS} = 3200pF$ ,  $Q_T(MAX) = 50nC$ ,  $R_{DS(ON)} = 8.2m\Omega$

IRF7401:  $C_{ISS} = 1600pF$ ,  $Q_T(MAX) = 48nC$ ,  $R_{DS(ON)} = 22m\Omega$

MMSF5N03HD:  $C_{ISS} = 1200pF$ ,  $Q_T(MAX) = 21nC$ ,  $R_{DS(ON)} = 40m\Omega$

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

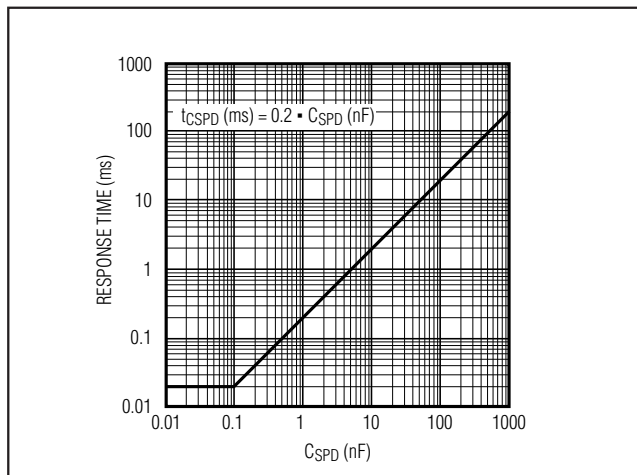


図8. 低速コンパレータの応答時間対C<sub>SPD</sub>

実際のターンオン時間は、ケースAとケースBのいずれか長い方によって決まります。出力電圧をセリングするために十分な時間を保証するため、スタートアップタイム( $t_{START}$ )を $2 \cdot t_{ON}$ 以上に設定してください。又、デバイスのパラメータ変動も考慮に入れてください。

低速コンパレータの応答時間(C<sub>SPD</sub>)

低速コンパレータのスレッシュホールドは50mVに設定されています。さらに、この時間はCSPDに接続された外付コンデンサによって決まります(図8)。

このピンをフローティングのままにすると、最小応答時間の20 $\mu$ s(typ)に設定されます。この時間は内部で決定されているため、CSPDの浮遊容量(100pFまで)には影響されません。

低速コンパレータの応答時間は、通常動作の負荷トランジェントよりも長く設定してください。

## ONコンパレータ

MAX4370のON/OFF機能は、ONコンパレータによって制御されています。これは、温度監視(図9)又は予備の低電圧ロックアウトとして使用できる高精度電圧コンパレータです。このコンパレータのスレッシュホールド電圧は0.6V、ヒステリシスは3mV(typ)に設定されています。

ONコンパレータは、入力電圧( $V_{ON}$ )がスレッシュホールド電圧を超えるとスタートアップを開始し、電圧がスレッシュホールドよりも低く下がるとMOSFETをターンオフします。ONコンパレータは、障害条件の後でMAX4370をリセットするために使用することもできます。

ONコンパレータの入力及びSTAT出力は、 $V_{IN}$ に関係なく最大14Vまでプルアップすることができます。

アプリケーションによっては、リードをずらしたコネクタを使用することが有用です。図10において、全て

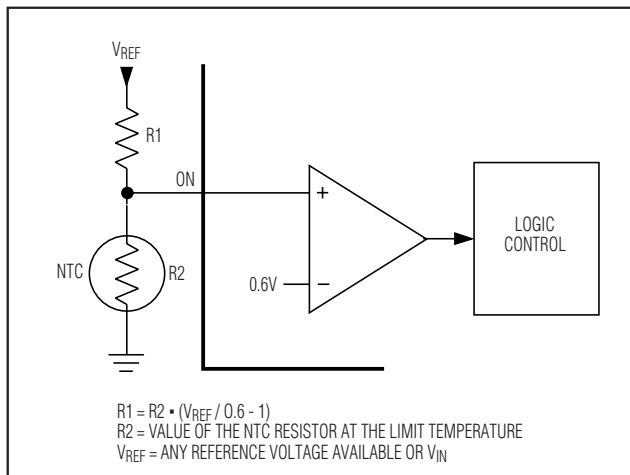


図9. 温度監視及び保護

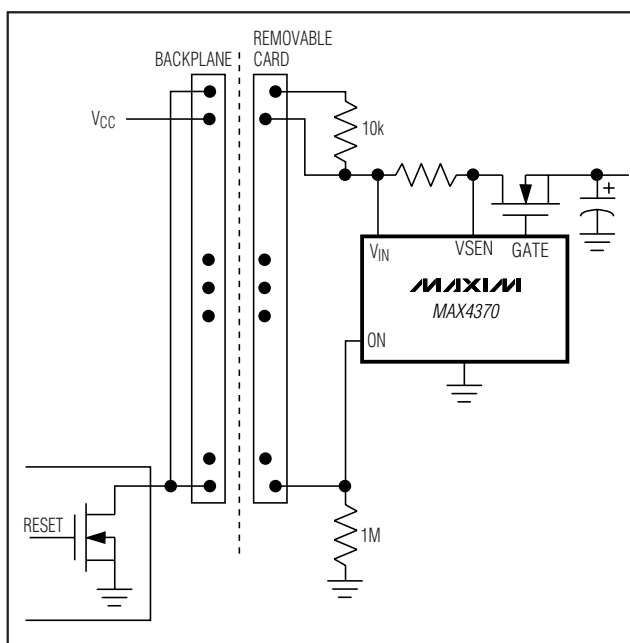


図10. フェイルセーフコネクタ

の接続が完了した後で初めてONピンは着脱可能基板を強制的にパワーアップします。

## MAX4370をバックプレーン上で使用する場合

MAX4370をバックプレーン上で使用することにより、着脱可能カードの挿入時に電圧を安定化できます。これにより、カードがホットスワップ保護機能を内蔵していなくても、入力容量の異なる複数のカードを同じスロットに挿入することが可能になります。

MAX4370の電流制限機能は、CTIMによって設定されるスタートアップ期間中に作動します。 $V_{IN}$ がカード上のトレースでONに接続されていれば、スタートアップ期間をトリガすることができます。 $t_{START}$ がタイムアウトに

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

なった時には負荷容量が充電されていなければなりません。さもないと障害条件が検出されます。固定CTIMでスタートアップを保証するためには、 $t_{START}$ が基板容量を充電するために必要な時間よりも長いことが必要です。最大負荷容量は次式で計算されます。

$$C_{BOARD} < t_{START} \cdot I_{FAST,SET}/V_{IN}$$

## 入力トランジェント

インラッシュ及び障害条件の発生中、 $V_{IN}$ における電圧はUVLOよりも高いことが必要です。基板上で短絡状態が発生すると、障害電流が高速コンパレータの電流リミットよりも大きくなる可能性があります。ゲート電圧は直ちに放電されますが、 $V_{GS} < V_{TH}$ になるまではMOSFETが完全にオフではないことに注意してください。メインシステム電源がUVLOよりも低く落ち込むと、MAX4370は電源が回復した時に強制的にデバイスを再スタートします。メインシステム電源には、過剰な電圧降下を生じずにこの障害電流を供給する能力が必要です。

MOSFETは非常に短時間でターンオフされるため、 $di/dt$ はかなり大きくなります。障害の除去に起因する電圧トランジェントを制限するには、外部カードに電源を供給するバックプレーンのインダクタンスがかなり小さくなければなりません。

## MOSFETの熱的考慮

通常動作中、MOSFETは殆ど電力を消費しません。これは、完全にターンオンされており、 $R_{DS(ON)}$ が最小限であるためです。通常動作における電力消費は、 $P_D = (I_{LOAD})^2 \cdot R_{DS(ON)}$ です。ターンオン及びターンオフの過渡的状態においてはかなりの電力が消費されます。設計の際は、基板上で連続的な短絡障害が存在する最悪の条件を考慮に入れる必要があります。2つのケースを考慮してください。

- 1) デバイスが障害後にラッチされた状態になった時のシングルターンオン
- 2) 障害後に外部回路が連続的な自動再試行を強制する場合

MOSFETのメーカーは、パッケージの規格化過渡的熱抵抗( $r_{JA}(t)$ 又は $r_{JC}(t)$ )を含めているのが普通です。これは、スタートアップ時間及び再試行デューティサイクル( $d = t_{START}/t_{RETRY}$ )によって決定されます。次式により、必要な過渡的熱抵抗を計算できます。

$$R_{JA}(t) = (T_{J,MAX} - T_A)/P_{D,MAX}(t)$$

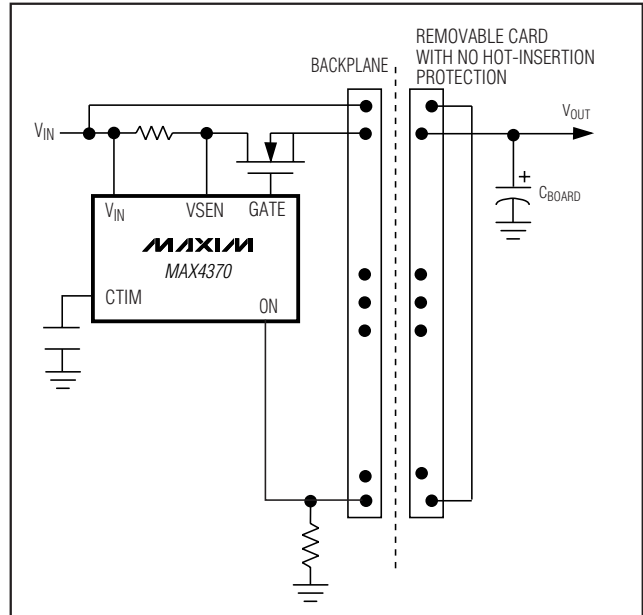


図11. MAX4370をバックプレーンで使用する場合

ここで、 $P_{D,MAX}(t) = V_{IN} \cdot I_{FAULT}$ であり、これにより  $R_{JA} = R_{JA}(t)/r_{JA}(t)$  となります。 $R_{JA}$ は、連続負荷がある時のレイアウト又はヒートシンクによる熱抵抗です。

## レイアウト上の考慮

本スイッチの出力障害条件に対する応答時間の速さを最大限に活用するには、全てのトレースをできるだけ短くし、大電流トレースの寸法を大きくして望ましくない寄生インダクタンスの影響を低減することが重要です。MAX4370は、カードのコネクタの近くに配置してください。グランドプレーンを使用することにより、インピーダンス及びインダクタンスを小さくしてください。

電流検出抵抗のトレースをできるだけ短くし(10mm以下)、ケルビン接続を使用して正確な電流検出を保証してください(図12)。

出力が短絡していると、外部MOSFETの両端の電圧降下が大きくなります。このため、スイッチの電力消費が増加し、チップ温度も高くなります。表面実装パッケージで放熱をよくするには、パッケージの直下の基板の両面に2つの銅パッドを配置してください。ビアを通じてこれら2つのパッドをグランドプレーンに接続し、大きな銅取付パッドを基板の上面に取り付けてください。

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

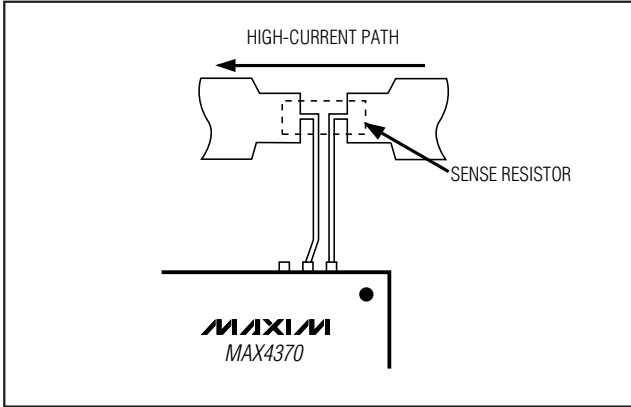
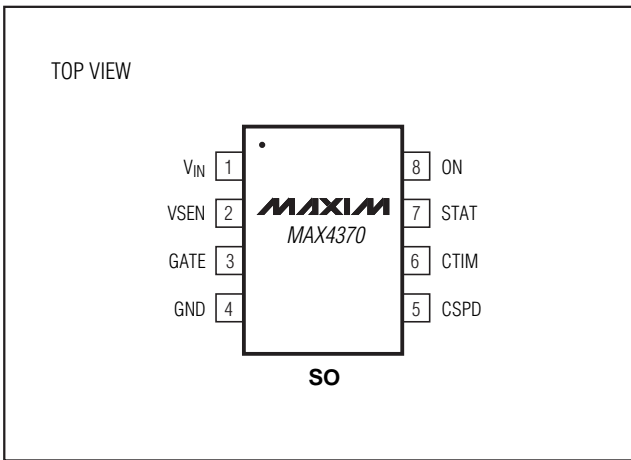


図12. 電流検出抵抗用のケルビン接続

## ピン配置



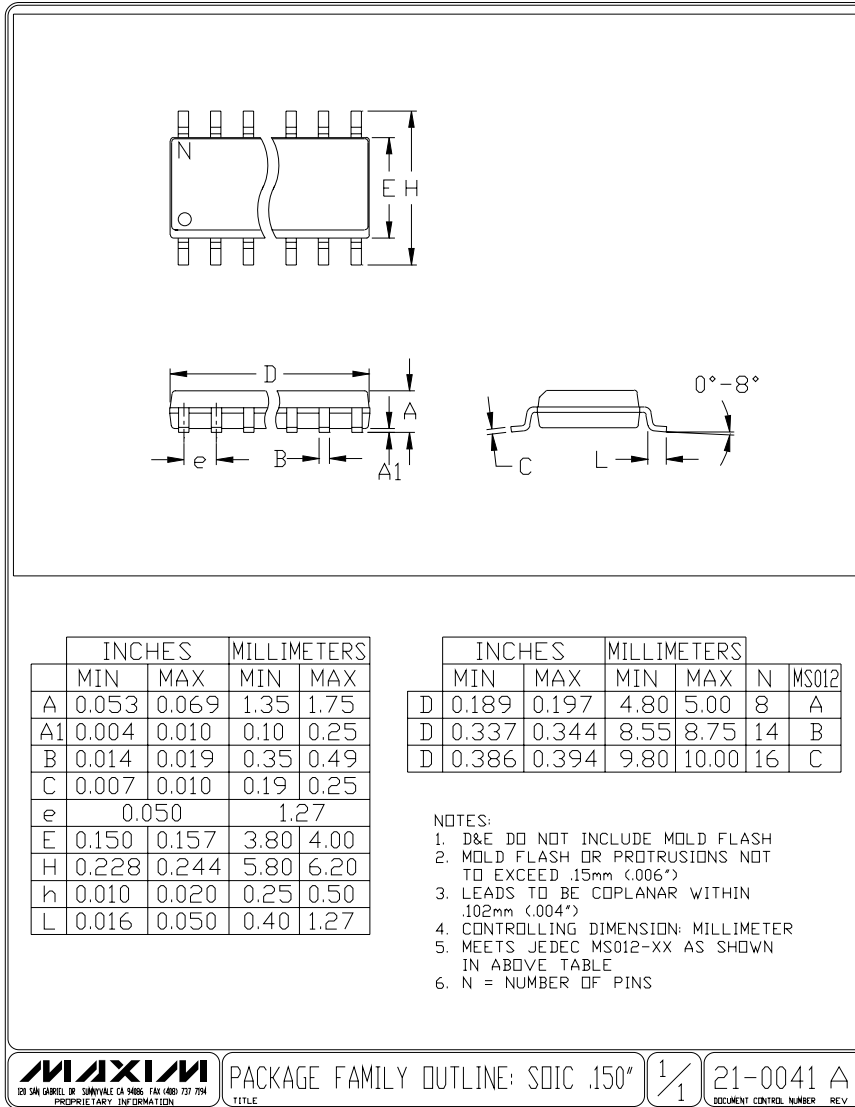
## チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1792

# 電流検出ホットスワップコントローラ DualSpeed/BiLevel障害保護付

MAX4370

パッケージ



販売代理店

## マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16(ホリゾン1ビル)  
 TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシム社では全体がマキシム社製品で実現されている回路以外の回路の使用については責任を持ちません。回路特許ライセンスは明言されていません。マキシム社は随時予告なしに回路及び仕様を変更する権利を保留します。

16 **Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600**

© 1999 Maxim Integrated Products

**MAXIM** is a registered trademark of Maxim Integrated Products.