

リモートアンテナ電流検出  
アンプおよびスイッチ

## 概要

高電圧でハイサイド電流検出スイッチのMAX16913/MAX16913Aは、故障発生によるシステムの損傷を防ぐために電流制限を内蔵しています。MAX16913/MAX16913Aの入力電圧範囲は5V~18Vと広く、車載アプリケーションでのリモート無線周波数の低雑音アンプ(LNA)に仮想電源を供給するのに理想的です。

MAX16913/MAX16913Aは負荷電流を監視し、検出負荷電流に比例したアナログ出力電圧を提供します。電流検知に加えて、正確な内部の電流制限回路は入力電源を過負荷と短絡状態の両方から保護します。短絡、オープン負荷状態またはバッテリーへの短絡状態が存在する場合、2個のオープンドレインの障害表示器出力はマイクロプロセッサに通知します。MAX16913Aの場合、オープン負荷スレッシュホールドは抵抗分圧器を使用して外部で調整することができます。

障害ブランキング機能は、例えばホットスワップした場合に容量性負荷の初期充電によって引き起こされる瞬時的な障害を無視するために、回路をイネーブルしてシステムに対する誤報を防ぎます。ダイの温度が+150°C (min)を超えると、内蔵の熱過負荷保護がスイッチをオフにします。MAX16913/MAX16913Aは、内蔵のスイッチがオンになるたびにバッテリーへの短絡を検出する機能も備えています。これらのデバイスはアクティブハイの制御入力を持っており、デバイスを小電力シャットダウンモードに入るようにします。

MAX16913/MAX16913Aは16ピンのQSOPパッケージで提供され、-40°C~+105°Cの温度範囲で動作します。

## アプリケーション

リモートLNA仮想電源

車載用の安全と情報エンタテインメント

## 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	OPEN-LOAD THRESHOLD
MAX16913GEE+	-40°C to +105°C	16 QSOP	Internally Set
MAX16913GEE/V+*	-40°C to +105°C	16 QSOP	Internally Set
MAX16913AGEE+	-40°C to +105°C	16 QSOP	Externally Adjustable
MAX16913AGEE/V+*	-40°C to +105°C	16 QSOP	Externally Adjustable

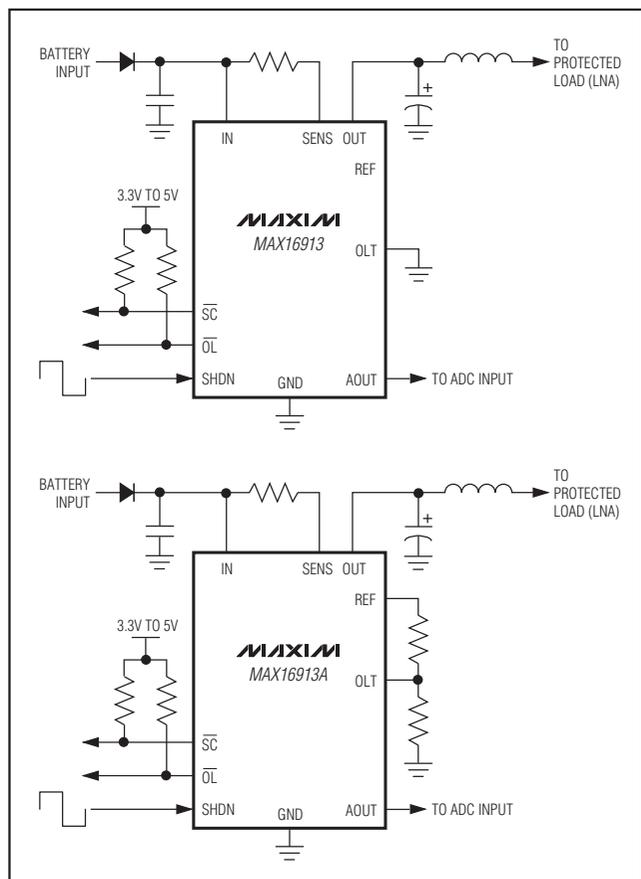
+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠のパッケージを表します。

\*Vは車載認定製品を表します。

## 特長

- ◆ マイコン(μC)制御下での仮想電源のオン/オフ
- ◆ アナログ電流測定出力
- ◆ 可変の電流制限(最大340mA)
- ◆ オープン負荷および短絡状態の検出
- ◆ オープンドレインの障害信号(SCとOL)を装備
- ◆ スタートアップ時に過電流をブランキング
- ◆ 熱シャットダウン
- ◆ AEC-Q100に適合(Vバージョンのみ)
- ◆ 動作温度範囲: -40°C~+105°C

## 標準動作回路



ピン配置はデータの最後に記載されています。

# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

MAX16913/MAX16913A

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

IN to GND .....	-0.3V to +42V
OUT to GND .....	-0.3V to +42V
SENS to IN .....	-0.3V to +0.3V
SC, OL, SHDN, OLT, AOUT to GND .....	-0.3V to +6.0V
Current into Any Pin Except OUT and SENS .....	±20mA
Current into SENS and OUT .....	±340mA
Continuous Power Dissipation (T <sub>A</sub> = +70°C)	
16-Pin QSOP (derate 18.2mW/°C above +70°C)....	1454.5mW

Junction-to-Case Thermal Resistance (θ <sub>JC</sub> ) (Note 1) .....	25°C/W
Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ <sub>JA</sub> ) (Note 1) .....	55°C/W
Operating Temperature Range .....	-40°C to +105°C
Junction Temperature .....	-40°C to +150°C
Storage Temperature Range .....	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s) .....	+300°C

**Note 1:** Package thermal resistances were obtained using the method described in JEDEC specification JESD51-7, using a four-layer board. For detailed information on package thermal considerations, refer to [japan.maxim-ic.com/thermal-tutorial](http://japan.maxim-ic.com/thermal-tutorial).

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<sub>IN</sub> = +9V to +18V, T<sub>A</sub> = T<sub>J</sub> = T<sub>MIN</sub> to T<sub>MAX</sub>, unless otherwise noted. Typical values are at T<sub>A</sub> = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>						
Operating Input Voltage Range	V <sub>IN</sub>		5		18	V
Quiescent Supply Current	I <sub>CC</sub>	V <sub>SHDN</sub> < 0.4V		0.6	1.2	mA
Shutdown Supply Current	I <sub>SD</sub>	V <sub>SHDN</sub> > 1.7V, T <sub>A</sub> = +25°C			5	μA
(V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> ) to V <sub>AOUT</sub> Gain	A <sub>V</sub>	V <sub>AOUT</sub> /(V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> )		13		V/V
AOUT Maximum Voltage		(V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> ) > 300mV		4.3		V
AOUT Zero-Current Output Voltage		(V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> ) = 0	340	400	460	mV
AOUT Voltage		I <sub>LOAD</sub> = I <sub>SC</sub> , (V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> ) = 100mV	1.5	1.7	1.9	V
		I <sub>LOAD</sub> = 2 × I <sub>SC</sub> , (V <sub>IN</sub> - V <sub>SENS</sub> ) = 200mV	2.7	3	3.3	
AOUT Output Impedance	Z <sub>AOUT</sub>			5		kΩ
Switch Dropout Voltage	V <sub>D</sub>	Measured between SENS and OUT while sourcing 100mA			0.6	V
Thermal Shutdown Threshold	T <sub>SHDN</sub>	Temperature rising	+150	+164		°C
Thermal Shutdown Hysteresis	T <sub>HYST</sub>			15		°C
Reference Output Voltage	V <sub>REF</sub>		2.7	3	3.3	V
Reference Output Impedance	Z <sub>REF</sub>			5		kΩ
<b>THRESHOLDS</b>						
Open-Load Current Threshold	I <sub>OL</sub>	R <sub>SENSE</sub> = 1Ω (VOLT = 0.66V for the MAX16913 only)	10	20	30	mA
Nominal Open-Load Threshold Setting Range	V <sub>OLR</sub>	(MAX16913A only)	10		50	mV
Short-Circuit Voltage Threshold	V <sub>SC</sub>	R <sub>SENSE</sub> = 1Ω	87	100	110	mV
Voltage between IN and SENS	V <sub>LIM</sub>	At current limit, V <sub>IN</sub> = 14V	173	200	225	mV
Overvoltage Shutdown Threshold	V <sub>OVLO</sub>	V <sub>IN</sub> rising	18	21	24	V
Overcurrent Blanking Time	t <sub>BLANK</sub>		100	200		ms
Retry Time	t <sub>RETRY</sub>		1500	3000		ms

# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

MAX16913/MAX16913A

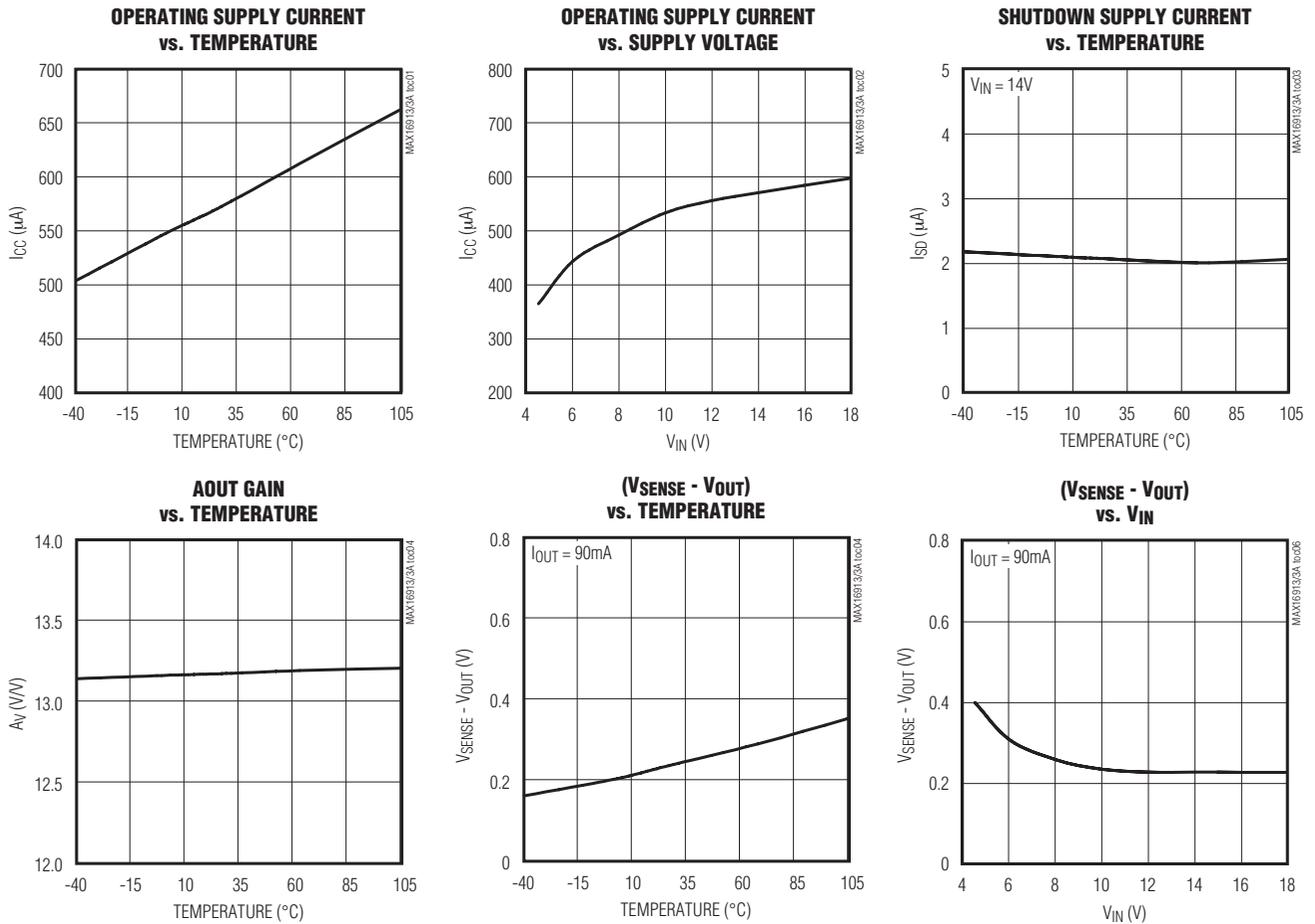
## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{IN} = +9V$  to  $+18V$ ,  $T_A = T_J = T_{MIN}$  to  $T_{MAX}$ , unless otherwise noted. Typical values are at  $T_A = +25^\circ C$ .)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>LOGIC LEVELS</b>						
$\overline{SC}$ , $\overline{OL}$ Output-Voltage Low	$V_{OL}$	Sink current = 1mA			0.4	V
$\overline{SC}$ , $\overline{OL}$ Output-Leakage Current	$I_{LEAK}$	$V_{SC} = V_{OL} = 5V$		0.01		$\mu A$
SHDN Input Low Voltage	$V_{IL}$				0.4	V
SHDN Input High Voltage	$V_{IH}$		1.7			V
<b>TIMING</b>						
Startup Response Time	$t_{ST}$	SHDN falling edge to 90% of $V_{IN}$ , no load		100		$\mu s$

## 標準動作特性

( $V_{IN} = 14V$ ,  $R_{SENSE} = 1\Omega$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

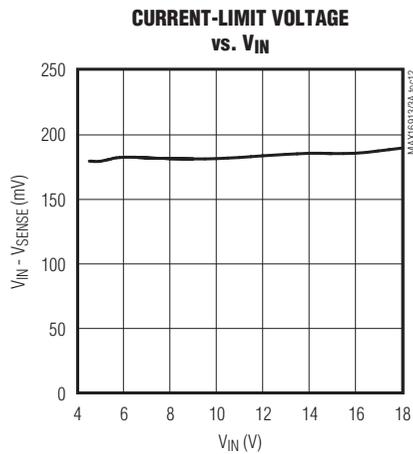
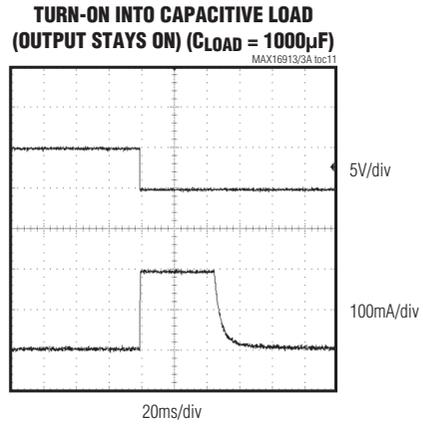
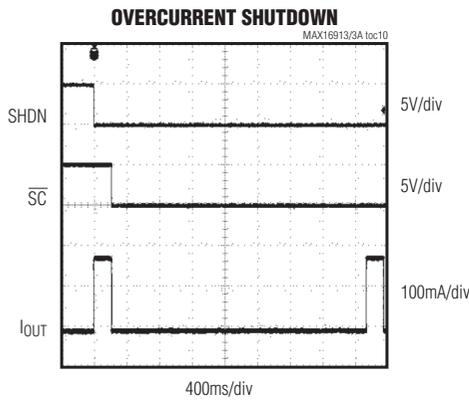
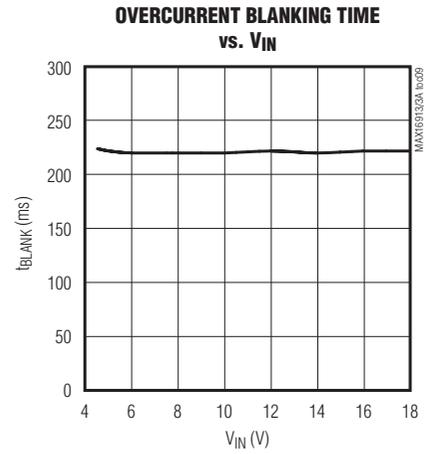
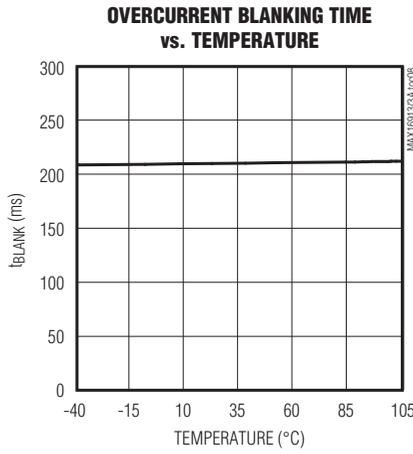
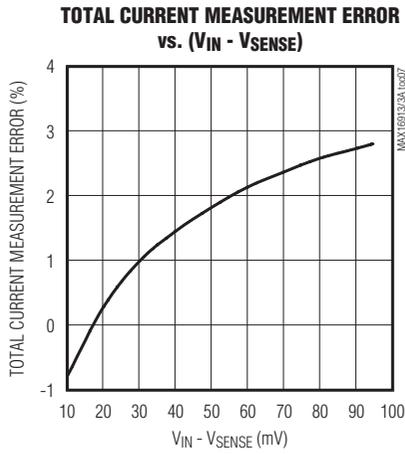


# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

MAX16913/MAX16913A

## 標準動作特性(続き)

( $V_{IN} = 14V$ ,  $R_{SENSE} = 1\Omega$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)





# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

## 詳細

高電圧でハイサイドの電流検出スイッチのMAX16913/MAX16913Aは電流制限を内蔵しており、障害発生時のシステムの故障を防止します。MAX16913/MAX16913Aの入力電圧範囲は5V~18Vと広く、車載アプリケーションでのリモート無線周波数の低雑音アンプ(LNA)に仮想電源を提供するのに理想的です。ハイサイドの電流監視は被測定負荷のグランド経路を妨害することではなく、これらのデバイスは特に広範囲の高電圧バッテリー駆動システムに役立ちます。

MAX16913/MAX16913Aはハイサイド電流検出アンプによって負荷電流を監視し、AOUTにその電流に比例したアナログ出力電圧を提供します。

このデバイスは、ハイサイド電流検出アンプ、内蔵スイッチ、+3Vのバンドギャップリファレンスおよび2つのオープンドレイン障害表示器出力を組み合わせています。これらの機能により、回路短絡、バッテリーへの短絡および熱保護付きのリモート電源回路の設計が可能になります。MAX16913Aの場合、オープン負荷スレッショルドは抵抗分圧器を使用して外部で調整することができます。

障害ブランキング機能は、たとえば電源オン時に容量性負荷の初期充電によって引き起こされる瞬時的な障害を無視するために、回路をイネーブルしてシステムに対する誤報を防ぎます。

MAX16913/MAX16913Aは、デバイスを小電力シャットダウンモードに入れるためのアクティブハイの制御入力(SHDN)を持っています。

## 電流検出アンプ

内蔵の電流検出アンプは、 $V_{IN}$ と $V_{SENS}$ 間の電圧を増幅する差動アンプです。検出抵抗(0.65Ω min~4.7Ω max)の $R_{SENSE}$ は、 $V_{IN}$ と $V_{SENS}$ の両端に接続します。負荷電流が検出抵抗を通過すると、その両端に電圧降下が発生します。電流検出アンプはこの電圧を増幅します。

電流検出アンプは、13V/V (typ)の内部で固定されたゲインを備えています。次の式は、電流検出アンプの出力電圧(AOUT)と負荷電流の関係を示します。

$$I_{LOAD}(A) = \frac{(V_{IN} - V_{SENS})(V)}{R_{SENSE}(\Omega)}$$
$$V_{AOUT}(V) = [A_V(V/V) \times (V_{IN} - V_{SENS})(V)] + 0.4V$$

AOUTは、5kΩの出力インピーダンスを持った内蔵バッファの出力です。

AOUT電圧は、外部回路の損傷を避けるために、通常は4.3Vに固定されています。

## 負荷保護

MAX16913/MAX16913Aは外部検出抵抗によって負荷電流を監視し、以下の機能を実行します。

- 監視電流がオープン負荷電流よりも小さい場合、デバイスはオープン負荷の信号を出力します(「オープン負荷」の項を参照)。
- 監視電流が短絡電流( $I_{SC}$ )より大きい場合、デバイスは短絡モードに入ります(「短絡」の項を参照)。

内部スイッチがオンになるたびにバッテリーへの短絡検出も実行します(「バッテリーへの短絡検出」を参照)。さらに、熱シャットダウンはMAX16913/MAX16913Aを過熱から保護します(「熱シャットダウン」の項を参照)。2つのオープンドレイン出力(OLとSC)は、デバイスの状態を示します(表1を参照)。

## オープン負荷

負荷電流がオープン負荷電流スレッショルド以下に低下すると、OL出力はローを強制出力します。オープン負荷状態は内部のスイッチをオフにしません。MAX16913は内部固定のオープン負荷スレッショルドを持っており、MAX16913Aは可変のオープン負荷スレッショルドを持っています。

MAX16913の場合、 $V_{IN} - V_{SENS}$ が20mV (typ)以下になると、デバイスはオープン負荷の信号を出力します。

MAX16913Aの場合、REF、オープン負荷スレッショルド調整端子(OLT)およびGND間に抵抗分圧器を使用して、オープン負荷スレッショルドを設定します(「オープン負荷スレッショルドの選択」の項を参照)。

## 短絡

負荷電流が短絡電流スレッショルド( $I_{SC}$ )に達すると、 $t_{BLANK}$ タイマがカウントを開始します。この期間、負荷電流は短絡電流スレッショルドの2倍の値( $2 \times I_{SC}$ )に制限されます。 $t_{BLANK}$ の間短絡状態が続く場合、SCはローを強制出力し、内蔵のスイッチをオフにします。ブランキング時間( $t_{BLANK}$ )が経過する前に短絡状態がなくなった場合、タイマはリセットされます。スイッチが $t_{BLANK}$ の終わりでオフにされる場合、ブランキング時間が経過した直後に再試行タイマ( $t_{RETRY}$ )がスタートします。その時間の間スイッチはオフのままになります。スイッチは $t_{RETRY}$ の終わりで再びオンになります。依然として故障が存在する場合、このサイクルを繰り返します。故障が取り除かれた場合、スイッチはオンのままになります。SCはこのサイクルの間はローのままになります。スイッチがオフの場合の再試行の間は、スイッチを通過する電流はゼロになります(図1を参照)。負荷電流が $I_{SC}$ より大きくても $2 \times I_{SC}$ のスレッショルドに達して

# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

MAX16913/MAX16913A

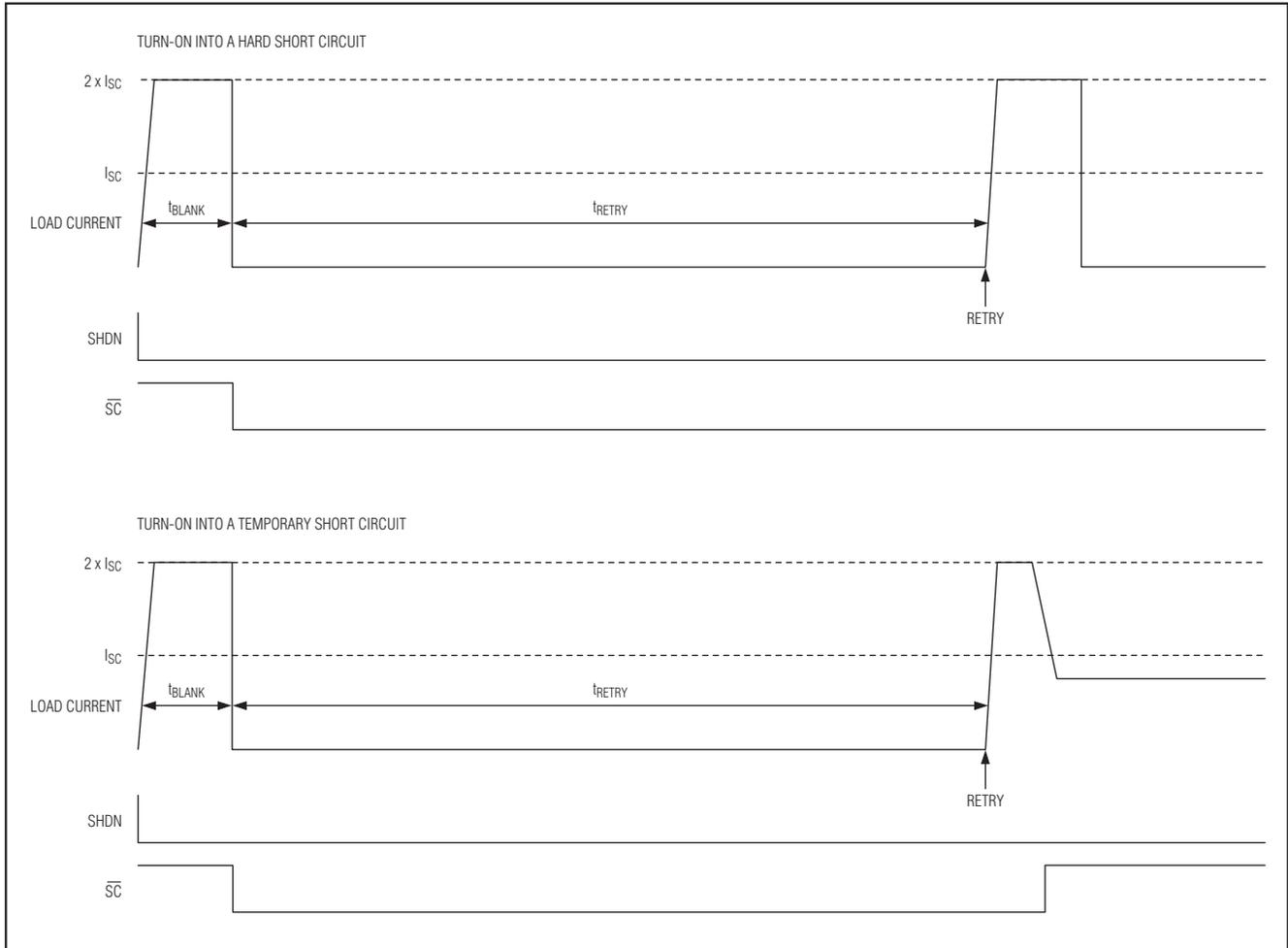


図1. 短絡のタイミング図

いない場合、依然として $t_{BLANK}$ タイマはカウントを開始します(図2を参照)。INとSENS両端の抵抗は、 $100\text{mV}/R_{SENSE}$  ( $\Omega$ )の標準値に $I_{SC}$ を設定します。プランキング時間と再試行時間は、それぞれ $100\text{ms}$  (min)と $1500\text{ms}$  (min)の固定値を持っています。

## バッテリーへの短絡検出

OUTがシステム内の故障のためにバッテリーに短絡することが起こる可能性があります。MAX16913/MAX16913Aは、スイッチがオンする前にOUT電圧とIN電圧を比較することによってこの障害を検出します。再試行時間の終わりあるいは熱シャットダウン状態が収まったような場合に、毎回スイッチがオンになってバッテリーへの短絡検出が実行されます。この時点でデバイスが障害を検出する場合、スイッチはオフのままとなり、 $\overline{SC}$ と $OL$ はローを強制出力します(表1を参照)。

## 熱シャットダウン

熱シャットダウン回路はデバイスを過熱から保護します。ジャンクション温度が $+150^\circ\text{C}$  (min)を超えると、スイッチは直ちにオフになります(表1を参照)。スイッチは、デバイス温度が約 $15^\circ\text{C}$  (typ)低下した後に再びオンになります。

## シャットダウン(SHDN)

MAX16913/MAX16913Aは、デバイスを小電力シャットダウンモードにするためのアクティブハイの制御入力(SHDN)を備えています。SHDNがハイに駆動されるとデバイスはオフになり、わずか $5\mu\text{A}$  (max)のシャットダウン電流を消費します。

# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

MAX16913/MAX16913A

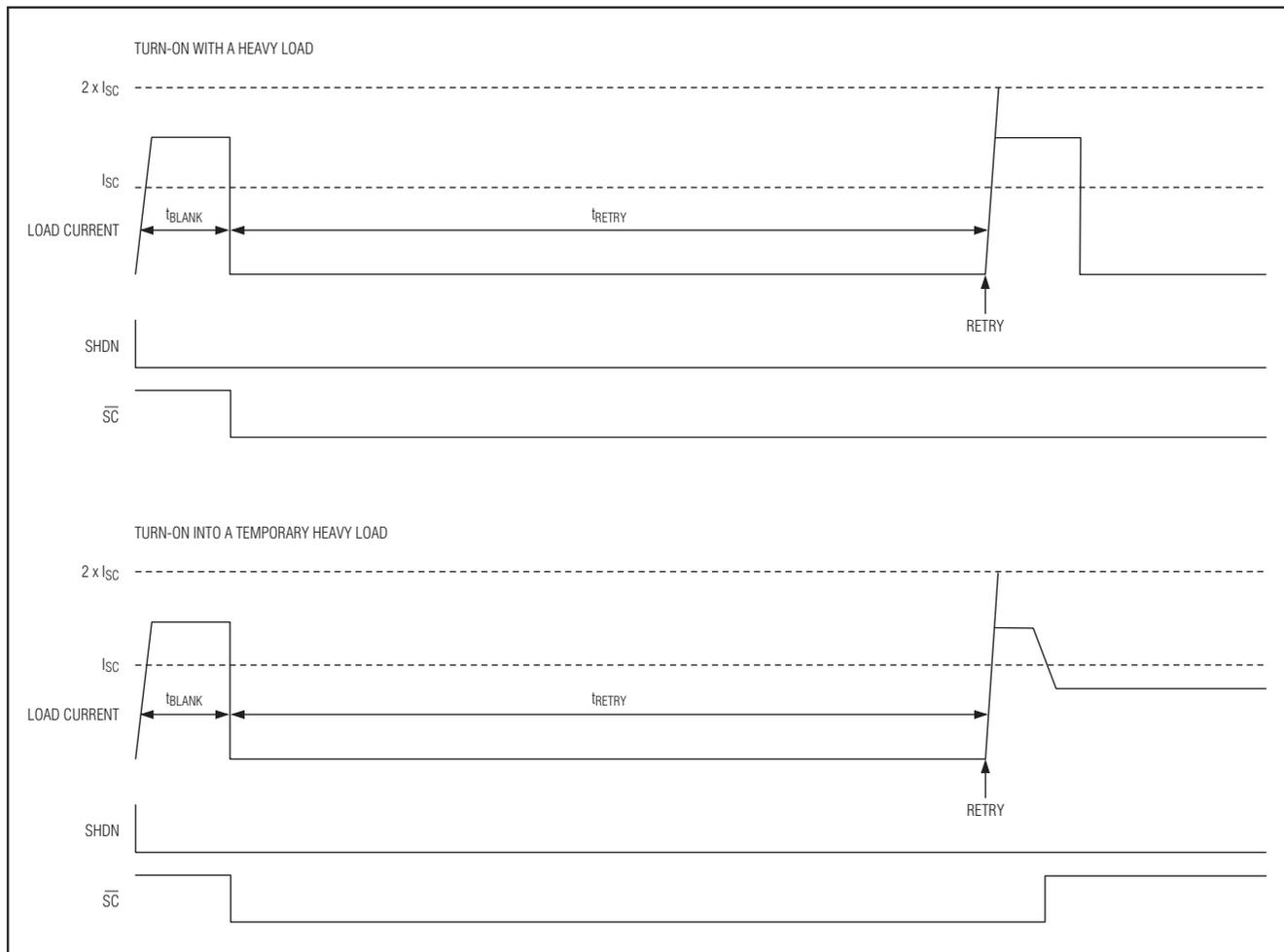


図2. 過電流のタイミング図

## 低電圧および過電圧ロックアウト

MAX16913/MAX16913Aは低電圧回路(UVLO)も備えており、スタートアップおよび電圧低下状態の間に入力電圧が約4.25Vより下がった場合に誤ったスイッチ動作を防ぎます。4.25V以下の入力電圧は、内部のチャージポンプとスイッチをオフすることによって、

表1. ステータスの真理値表

SC	OL	VAOUT	DEVICE STATUS
0	0	0.4V	OUT Short-to-Battery
0	1	Cycling While Autoretrying	Short-Circuit Condition
1	0	0.4V	Open-Load Condition
1	1	$(V_{IN} - V_{SENS}) \times 13 + 0.4V$	Normal Operation

デバイスの動作を禁止します。これらのデバイスは、+21V (typ)の過電圧ロックアウト(OVLO)スレッシュホールドも備えています。 $V_{IN}$ が $V_{OVLO}$ よりも高い場合、デバイスは直ちにスイッチと内部のチャージポンプをオフにします。

## 内部リファレンス

MAX16913/MAX16913Aは、全電源電圧および温度に渡って安定な+3Vのバンドギャップリファレンス出力を備えています。MAX16913Aの場合、リファレンス出力はオープン負荷スレッシュホールドを設定する抵抗分圧器に接続されます。内部リファレンスの出力インピーダンスは5kΩ (typ)です。

## アプリケーション情報

### 検出抵抗の選択

理想的には、最大負荷電流は検出抵抗両端でフルスケールの検出電圧を発生します。電流検出アンプの出力電圧は次式で与えられます。

$$V_{AOUT} (V) = [(V_{IN} - V_{SENS})(V) \times A_V(V/V)] + 0.4(V)$$

ここで、 $V_{AOUT}$ は電流検出アンプの出力電圧で、 $A_V$ は13V/V (typ)の電流検出アンプ利得です。 $R_{SENSE}$ の最大値は、INとSENSの両端の差動電圧が最小フルスケール検出電圧(87mV)以上にならないように計算してください。

$$R_{SENSE}(\Omega) = \frac{V_{DIFF(MIN)}(V)}{I_{LOAD(FULL-SCALE)}(A)}$$

ここで、最大負荷電流では最低は $V_{DIFF(MIN)} = V_{IN} - V_{SENS} = 87mV$ です。

0.65Ωの最小抵抗値および4.7Ωの最大抵抗値の範囲で、電流検出アプリケーション用に指定された抵抗値を使用してください。 $I_{SENSE}$ が大きな高周波成分を持っている場合は、インダクタンスを小さくしてください。巻線抵抗は最も大きなインダクタンスを持っていますが、金属皮膜抵抗の方が少し良好です。低インダクタンスの金属皮膜抵抗も使用できます。金属皮膜または巻線抵抗の場合のように、コアの周りに螺旋状に巻かれた抵抗の代わりに、1Ω以下の値では直線状の金属バンドを使用できます。 $R_{SENSE}$ を流れる大電流によって検出電圧に誤差が生じるため、配線パターン抵抗の寄生を防止してください。

### オープン負荷スレッショルドの選択

MAX16913Aの場合は、REF、OLTおよびGND間の抵抗分圧器がオープン負荷スレッショルドを設定します。図3を参照してください。

次式を使用して所望のオープン負荷スレッショルドを設定してください。

$$\frac{R_2(k\Omega)}{(R_1+R_2)(k\Omega)} = \frac{(R_{SENSE}(\Omega) \times I_{OL}(A) \times A_V(V/V)) + 0.4V}{V_{REF}(V)}$$

ここで、 $I_{OL}$ は所望のオープン負荷電流スレッショルドで、 $A_V$ は電流検出アンプの利得(13V/V typ)、そして $V_{REF}$ はリファレンス電圧(+3V typ)です。内部リファレンスの出力インピーダンス(5kΩ)が $R_1$ と $R_2$ の合計と比較して無視できるように、 $R_1$ と $R_2$ の合計は十分大きい必要があり、可変オープン負荷スレッショルドの精度に対して最小の影響となる必要があります。

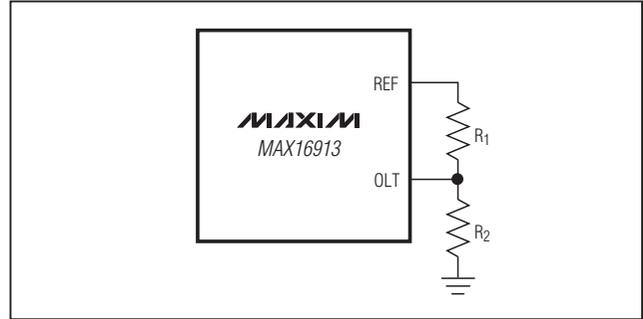


図3. オープン負荷スレッショルドの選択

たとえば、1Ωの検出抵抗を使用して10mAのオープン負荷スレッショルドを設定するには、次式を用いて $R_1$ と $R_2$ の値を計算してください。

$$\frac{R_2(k\Omega)}{(R_1+R_2)(k\Omega)} = \frac{(1\Omega) \times 0.01(A) \times 13(V/V) + 0.4V}{3(V)} = 0.177$$

$R_1 = 470k\Omega$ に選び、 $R_2$ を計算して101kΩとなります。

### 入力コンデンサ

瞬時的な出力短絡状態の間に入力電圧が低下するのを制限し、INのライン上のインダクタンスによる過渡現象からデバイスを保護するために、IN~GND間に低漏れ電流のセラミックコンデンサを接続してください。たとえば、入力インダクタンス(すべての浮遊インダクタンスを含む)が20μHあると推定される場合、少なくとも0.1μFのセラミックコンデンサを使用してください。コンデンサ値が大きいほど、入力での電圧アンダースhootを低減します。

### 出力コンデンサ

入力コンデンサに対する類似の方法を用いると、出力コンデンサは、出力のどのような直列インダクタンスに対してもデバイスを過渡現象から保護します。「Absolute Maximum Ratings (絶対最大定格)」で指定されているように、どのような場合でもOUT端子の電圧は-0.3V以下にはなりません。コンデンサだけではOUTでの大きな負の過渡現象を避けるのに十分でない場合は、グラウンドより負になる過渡現象をクランプするためにショットキーダイオードを使用する必要があります。100μHの出力直列インダクタでは、電位の問題を排除するために220μFの出力コンデンサが必要です。より大きなインダクタ値またはより小さいコンデンサでは、ショットキークランプダイオードが必要です。

# リモートアンテナ電流検出 アンプおよびスイッチ

## レイアウトと熱損失

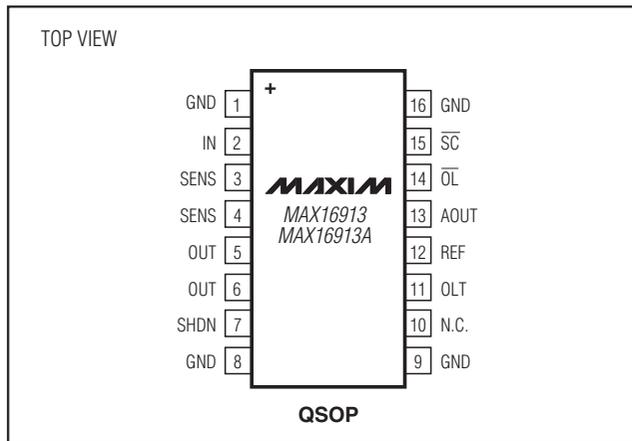
出力の短絡状態に対するスイッチの応答時間を最適化するためには、すべての配線パターンをできるだけ短くして、好ましくない寄生インダクタンスの影響を減らすことが非常に重要です。入出力コンデンサをできるだけデバイスに近接(5mm以下)して配置してください。

INとOUTは、広くて短い配線パターンで電源バスに接続する必要があります。消費電力は通常動作では低く、

パッケージの温度変化は最小になります。最大の電源電圧の場合に出力が連続してグランドに短絡する場合、短絡の間に消費される総電力は、保護によって強制されるデューティサイクルによって削減されるため、デバイスは保護されます。

$$P_{(MAX)} = \frac{V_{IN(MAX)} \times I_{OUT(MAX)} \times t_{BLANK}}{t_{RETRY} + t_{BLANK}}$$

## ピン配置



## チップ情報

PROCESS: BiCMOS

## パッケージ

最新のパッケージ情報とランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)をご参照ください。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
16 QSOP	E16-8F	<b>21-0112</b>

## 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

Maximは完全にMaxim製品に組み込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maximは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

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