



## 2 レベルの出力電圧選択機能を備えた 4 $\mu$ V<sub>RMS</sub> 超低ノイズ 1A LDO

MAX38913/MAX38914

### 概要

MAX38913/MAX38914 は、4 $\mu$ V<sub>RMS</sub> の低出力ノイズで最大 1A の負荷電流を供給する低ノイズ・リニア・レギュレータです。MAX38913/MAX38914 は、出力電圧を 2 つの別々のレベルの間で動的に変化させることができます。MAX38913/MAX38914 にはパススルー・モードがあり、イネーブルするとリニア・レギュレータを完全にバイパスします。

このレギュレータは、入力電圧範囲、温度、負荷の広い条件にわたって $\pm 1\%$ の出力精度を維持します。レギュレーション・モードでの無負荷自己消費電流は 1.37mA です。パススルー・モードでは、従来の LDO のドロップアウト・モードとは異なり、MAX38913/MAX38914 はほとんど自己消費電流を消費しません。MAX38913/MAX38914 は、最大 300 $\mu$ F の出力コンデンサを素早く放電する 6 $\Omega$  アクティブ放電機能を備えています。

MAX38913 では、両方の電圧選択に対して 33 通りの出力電圧を設定できます。MAX38914 には、2.3V と 2V の出力電圧レベルが事前プログラムされています。

MAX38913/MAX38914 は、省スペースの 12 バンプ WLP またはフル機能の 14 ピン TDFN (3mm  $\times$  3mm) のいずれかにパッケージされています。オプションのパワー OK 端子とパワーオン・リセット端子は 14 ピン TDFN バージョンで利用可能です。

### アプリケーション

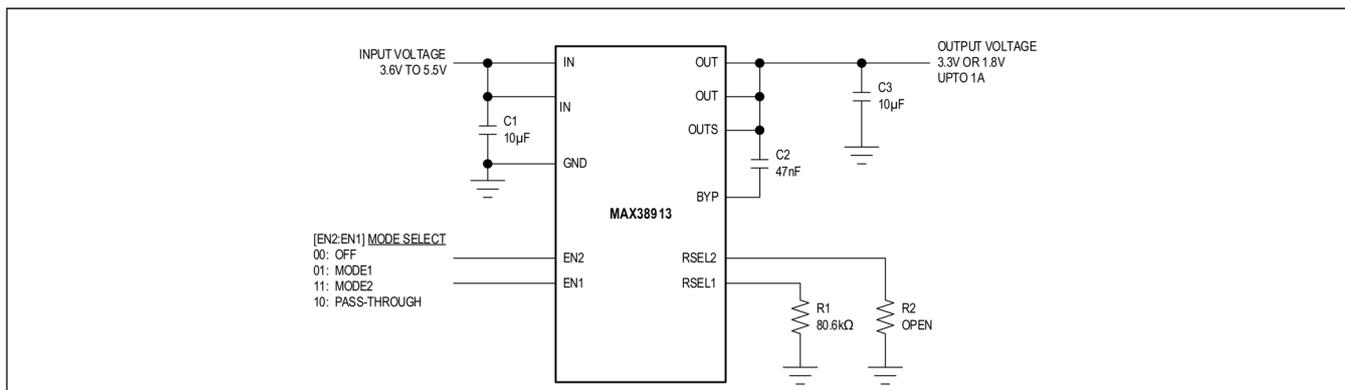
- イメージ・センサー
- ポータブル・センサー・アプリケーション
- SD メモリ・カード

型番は、データシートの末尾に記載しています。

### 特長と利点

- 柔軟な出力範囲を実現
  - 入力電圧範囲：1.8V~5.5V
  - 出力電圧範囲：0.6V~5.0V
  - 最大出力電流：1A
  - ドロップアウト：28mV (負荷電流 1A、電源電圧 5.0V 時)
  - ドロップアウト：33mV (負荷電流 1A、電源電圧 3.6V 時)
- 優れた DC および AC 性能
  - ライン、負荷、温度に対するレギュレーション：1%
  - 出力ノイズ：4 $\mu$ V<sub>RMS</sub> (10Hz~100kHz)
  - PSRR：75dB (10kHz 時)
- ハイレベルのシステム集積
  - パススルー機能内蔵
  - OUT で 6 $\Omega$  の高速アクティブ放電
  - 2 レベルのダイナミック電圧スケーリング。各オプションに 33 レベル設定でき、柔軟な構成が可能 (MAX38913)
  - プリ設定電圧レベル：2V、2.3V (MAX38914)
  - 4 $\mu$ F で安定 (最小容量)
  - 過電流および過熱保護
  - パワー OK / パワーオン・リセット出力
- 動作温度範囲：-40°C~+125°C
- パッケージ
  - 12 バンプ WLP (0.4mm ピッチ)
  - 14 ピン TDFN (3mm  $\times$  3mm)

## アプリケーション構成図



## 絶対最大定格

IN、OUT、OUTS $\sim$ GND	-0.3V $\sim$ +6V
BYP $\sim$ GND	-0.3V $\sim$ +2V
EN1、EN2、POK、PORB $\sim$ GND	-0.3V $\sim$ +6V
RSEL1、RSEL2 $\sim$ GND	-0.3V $\sim$ V <sub>IN</sub> + 0.3V
出力短絡時間	連続
連続消費電力 (T <sub>A</sub> = +70°C)	
WLP (+70°C を超えると 13.73mW/°C でディレーティング)	1096mW

TDFN (+70°C を超えると 24.4mW/°C でディレーティング)	1951.2mW
動作ジャンクション温度範囲	-40°C $\sim$ +125°C
最高ジャンクション温度	+150°C
保管温度範囲	-65°C $\sim$ +150°C
リード温度 (はんだ付け処理、10秒)	+300°C
はんだ付け処理温度 (リフロー)	+260°C

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。これらの規定はストレス定格のみを定めたものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。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に影響を与えます。

## パッケージ情報

## WLP

Package Code	N121E1+1
Outline Number	21-100500
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
<b>Thermal Resistance, Four-Layer Board:</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	72.82°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	N/A

## TDFN

Package Code	T1433+2C
Outline Number	21-0137
Land Pattern Number	90-0063
<b>Thermal Resistance, Single Layer Board:</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	54°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	8°C/W
<b>Thermal Resistance, Four Layer Board:</b>	
Junction to Ambient ( $\theta_{JA}$ )	41°C/W
Junction to Case ( $\theta_{JC}$ )	8°C/W

最新のパッケージ外形図とランド・パターン（フットプリント）に関しては、<https://www.analog.com/jp/design-center/packaging-quality-symbols-footprints/package-index.html> で確認してください。パッケージ・コードの「+」、「#」、「-」は RoHS 対応状況のみを示します。パッケージ図面は異なる末尾記号が示されている場合がありますが、図面は RoHS 状況に関わらず該当のパッケージについて図示しています。

パッケージの熱抵抗は、JEDEC 規格 JESD51-7 に記載の方法で 4 層基板を使用して求めたものです。パッケージの熱に対する考慮事項の詳細については、<https://www.analog.com/jp/technical-articles/thermal-characterization-of-ic-packages.html> を参照してください。

## 電气的特性

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $V_{OUTS} = V_{OUT}$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 、 $C_{BYP} = 10nF$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ 、 $V_{EN1} = V_{EN2} = 3.6V$ 、代表値は  $T_J = +25^{\circ}C$  での値です。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	$V_{IN}$	Guaranteed by output accuracy		1.8		5.5	V
Input Undervoltage Lockout	$V_{IN\_UVLO}$	$V_{IN}$ rising, 50mV hysteresis		1.7	1.75	1.8	V
Output Voltage Range	$V_{OUT}$	Guaranteed by output accuracy		0.6		5	V
Output Capacitance	$C_{OUT}$	Necessary for loop stability		4	10		$\mu F$
Shutdown Supply Current	$I_{IN\_SD}$	$V_{EN1} = V_{EN2} = 0V$	$T_J = +25^{\circ}C$		0.2	1	$\mu A$
			$T_J = +125^{\circ}C$		1.2		
Current Limit	$I_{LIM}$	$V_{OUTS} = 0V$ , $V_{IN} - V_{OUT} = 500mV$		1.15	1.4	1.65	A
Current-Limit Response Time	$t_{LIM}$				3		$\mu s$
BYP Capacitor Range	$C_{BYP}$	Necessary for regulator to remain stable		10		100	nF
BYP Soft-Start Current	$I_{BYP}$	From BYP to GND during startup, $V_{OUTS} = 0V$		40	50	60	$\mu A$
EN Input Threshold	$V_{IH}$	$V_{IN} = 1.8V$ to 5.5V	$V_{EN1}$ , $V_{EN2}$ rising		0.8	1.2	V
	$V_{IL}$	$V_{IN} = 1.8V$ to 5.5V	$V_{EN1}$ , $V_{EN2}$ falling	0.4	0.7		
EN Input Falling Edge Delay	$t_{EN\_DELAY}$	From $V_{EN1}$ or $V_{EN2}$ falling to mode change		1	2	4	$\mu s$
EN Input Leakage Current	$I_{EN\_LK}$	$V_{EN1} = V_{EN2} = 5.5V$	$T_J = +25^{\circ}C$	-1	0.001	1	$\mu A$
			$T_J = +125^{\circ}C$		0.01		
Input Reverse Current Threshold	$I_{IN\_RTH}$	$V_{OUT} = 3.6V$ , when $V_{IN}$ falls to 0V			400		mA
Thermal Shutdown Threshold	$T_{SD}$	$T_J$ when output turns off	$T_J$ rising		165		$^{\circ}C$
		$T_J$ when output turns on	$T_J$ falling		150		
POK and PORB Threshold		$V_{OUT}$ when POK and PORB switch	$V_{OUT}$ rising	88	91	94	%
			$V_{OUT}$ falling		88		
POK and PORB Output Voltage, Low	$V_{OL}$	$I_{POK} = I_{PORB} = 1mA$	$I_{POK} = I_{PORB} = 1mA$		10	100	mV
POK and PORB Leakage	$I_{POK\_LK}$ , $I_{PORB\_LK}$	$V_{POK} = V_{PORB} = 5.5V$	$T_J = +25^{\circ}C$	-0.1	0.001	+0.1	$\mu A$
			$T_J = +125^{\circ}C$		0.01		
RSEL Detection Accuracy (MAX38913)		Use the nearest 1% resistor from <a href="#">Table 1</a>		-1		+1	%
RSEL Pin Capacitance (MAX38913)	$C_{IN\_RSEL}$	When Hi-Z				2	pF
RSEL Acquisition Time (MAX38913)	$t_{RSEL\_ACQ}$	From $V_{IN} > V_{IN\_UVLO}$ to RSEL capture		240	600	1320	$\mu s$
<b>EN2 = LOW and EN1 = HIGH (MODE 1); EN2 = HIGH, EN1 = HIGH (MODE 2)</b>							
Supply Current	$I_Q$	$I_{OUT} = 0mA$			1.37	2	mA

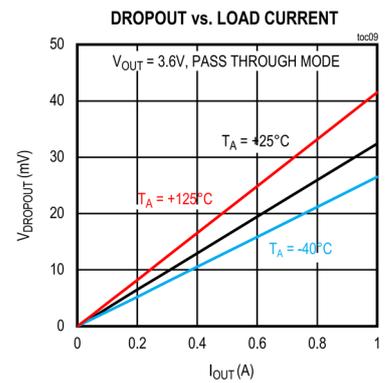
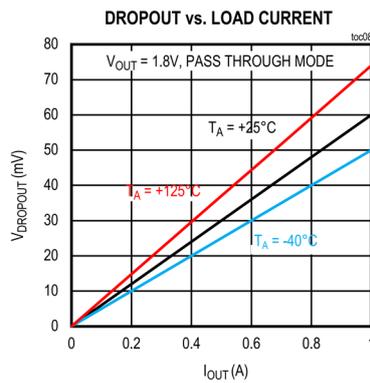
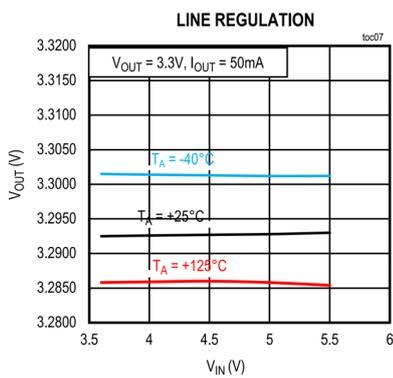
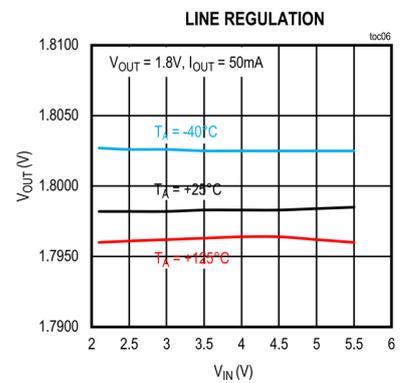
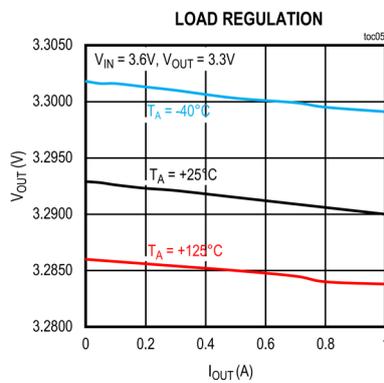
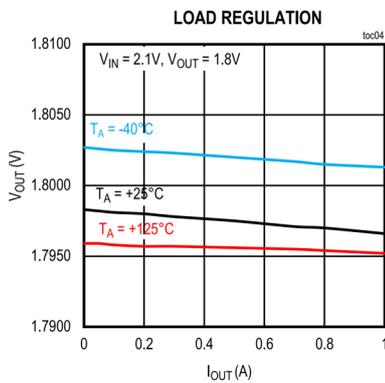
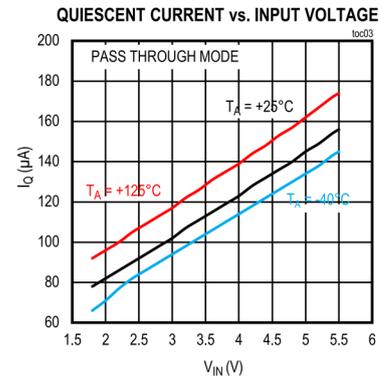
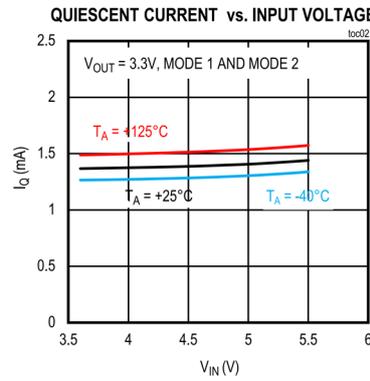
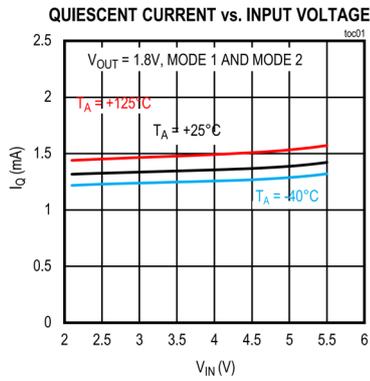
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $V_{OUTS} = V_{OUT}$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 、 $C_{BYP} = 10nF$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ 、 $V_{EN1} = V_{EN2} = 3.6V$ 、代表値は  $T_J = +25^{\circ}C$  での値です。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Output Accuracy	ACC	$I_{OUT}$ from 0.1mA to 1A, $V_{OUT} + 0.3V < V_{IN} < 5.5V$ , $V_{IN} < 1.8V$ , $V_{OUT}$ from 0.6V to 5.0V	-1		1	%	
Load Regulation	ACC <sub>LOAD_REG</sub>	$I_{OUT}$ from 100 $\mu$ A to 1A		0.09		%	
Load Transient		$I_{OUT} = 50mA$ to 1A to 50mA, $t_{RISE} = t_{FALL} = 0.1\mu s$ , <a href="#">Note 1</a>		50		mV	
Line Regulation	ACC <sub>LINE_REG</sub>	$V_{IN}$ from $V_{OUT} + 0.3V$ to 5.5V, $I_{OUT} = 100mA$		0.1		%	
Line Transient		$V_{IN} = V_{OUT} + 0.3V$ to 5.0V, $I_{OUT} = 100mA$ , $t_{RISE} = t_{FALL} = 1\mu s$		3		mV	
Power-Supply Rejection Ratio	PSRR	$V_{IN} = 2.1V$ , $V_{OUT} = 1.8V$ , $I_{OUT} = 100mA$	$f = 1kHz$		75	dB	
			$f = 10kHz$		75		
			$f = 100kHz$		60		
			$f = 1MHz$		50		
Output Noise		$I_{OUT} = 100mA$ , $f = 10Hz$ to 100kHz	$C_{BYP} = 47nF$		4.05	$\mu V_{RMS}$	
Dropout Voltage	$V_{DO}$	$I_{OUT} = 1A$	$V_{IN} = 5.0V$ , WLP		28	mV	
			$V_{IN} = 3.6V$ , TDFN		48		
			$V_{IN} = 3.6V$ , WLP		33		100
			$V_{IN} = 2.5V$ , TDFN		57		
			$V_{IN} = 2.5V$ , WLP		42		160
			$V_{IN} = 1.8V$ , TDFN		85		
			$V_{IN} = 1.8V$ , WLP		64.2		300
<b>EN2 = HIGH and EN1 = LOW (PASS-THROUGH MODE)</b>							
Supply Current	$I_Q$	$I_{OUT} = 0mA$	$T_J = +25^{\circ}C$		115	$\mu A$	
Short-Circuit Protection Current limit	$I_{LIM}$	$V_{OUT} = 0V$			2	A	
Pass-Through Switch ON Resistance	$R_{PT}$	$V_{OUT} = 1.8V$ , $I_{OUT} = 100mA$			0.06	$\Omega$	
<b>EN2 = LOW and EN1 = LOW (SHUTDOWN MODE/ACTIVE DISCHARGE)</b>							
Active Discharge Resistance	$R_{DIS}$	$I_{OUT} = 100mA$ , $V_{EN1} = V_{EN2} = 0V$		2	6	14	$\Omega$

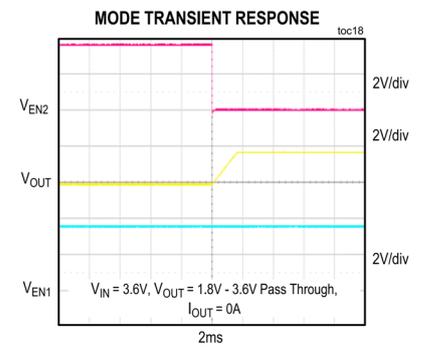
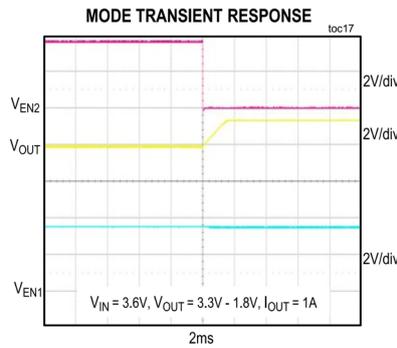
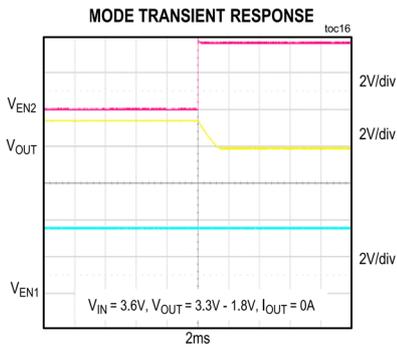
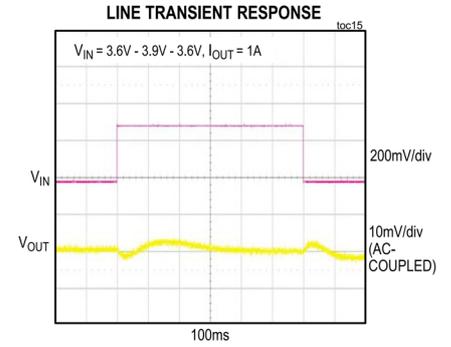
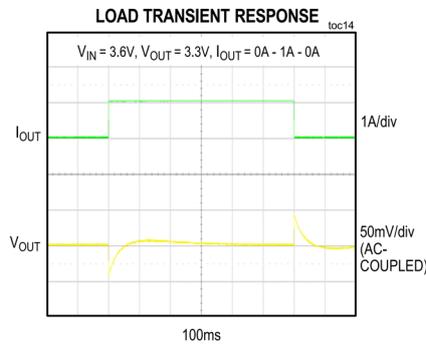
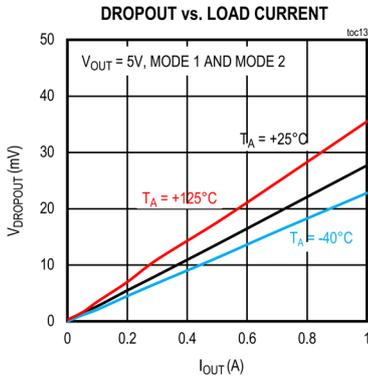
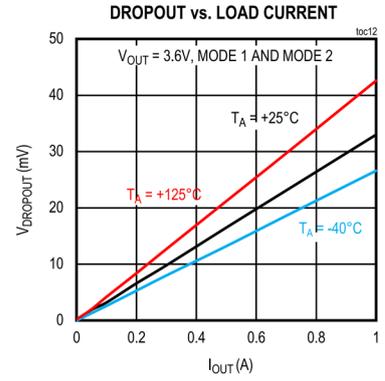
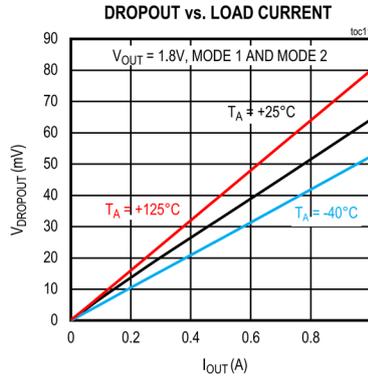
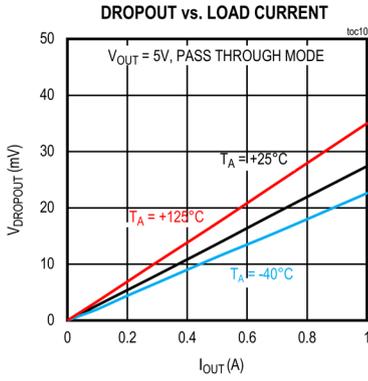
**Note 1:** 負荷過渡応答は、 $T_A = +25^{\circ}C$  であるものとします。 $T_J$ が $+25^{\circ}C$  であるという前提ではありません。

標準動作特性

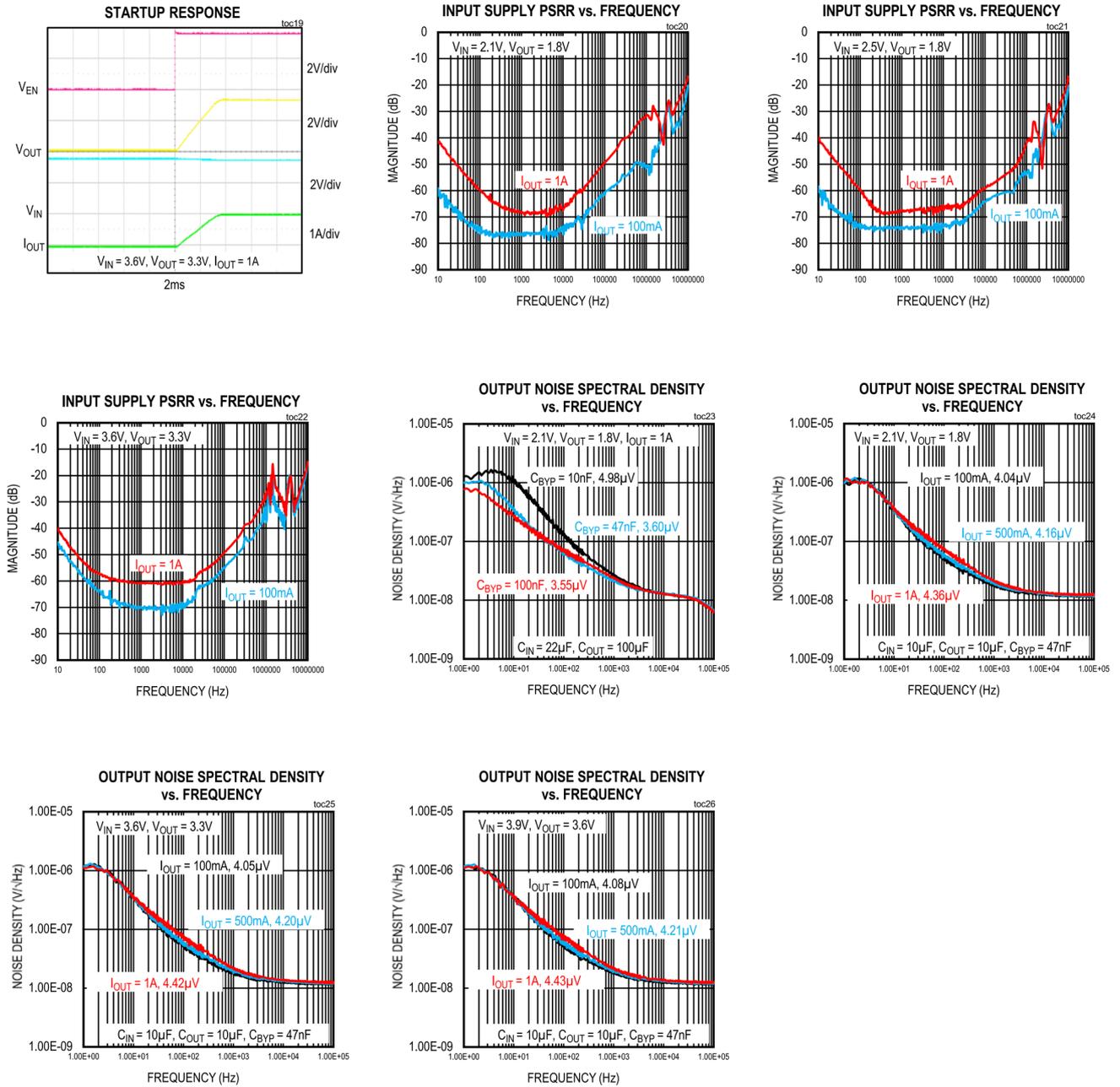
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ 、 $C_{BYP} = 47nF$ 。)



(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ 、 $C_{BYP} = 47nF$ 。)

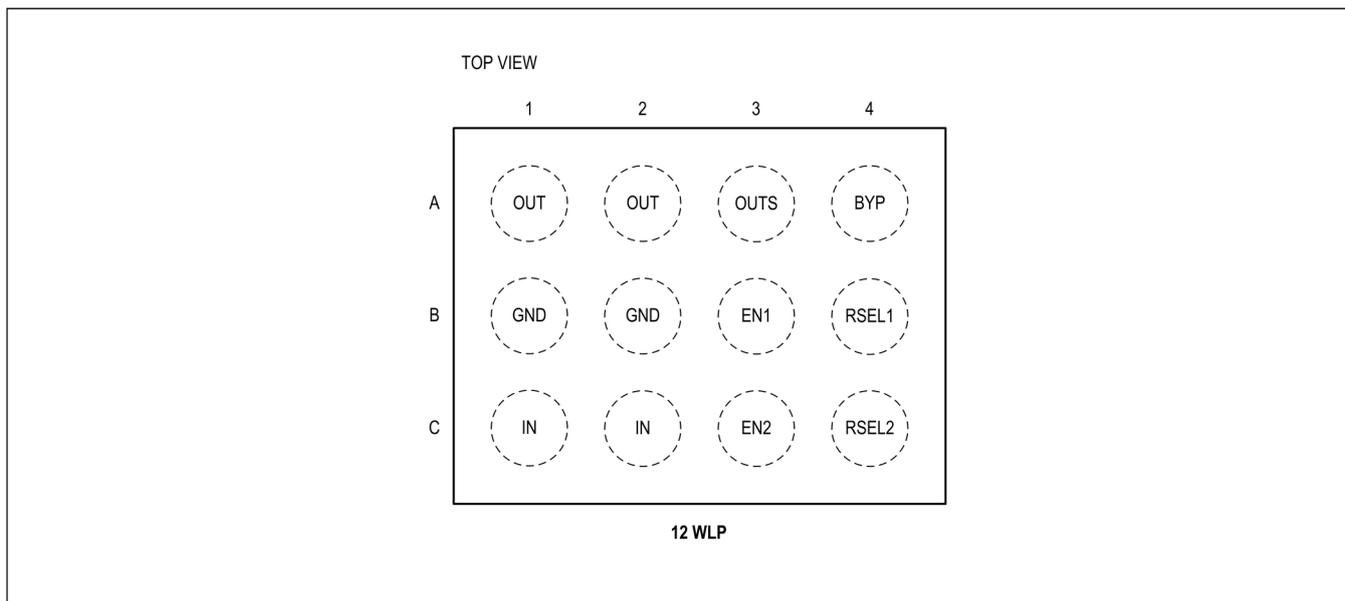


(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 、 $T_A = +25^{\circ}C$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 10\mu F$ 、 $C_{BYP} = 47nF$ 。)

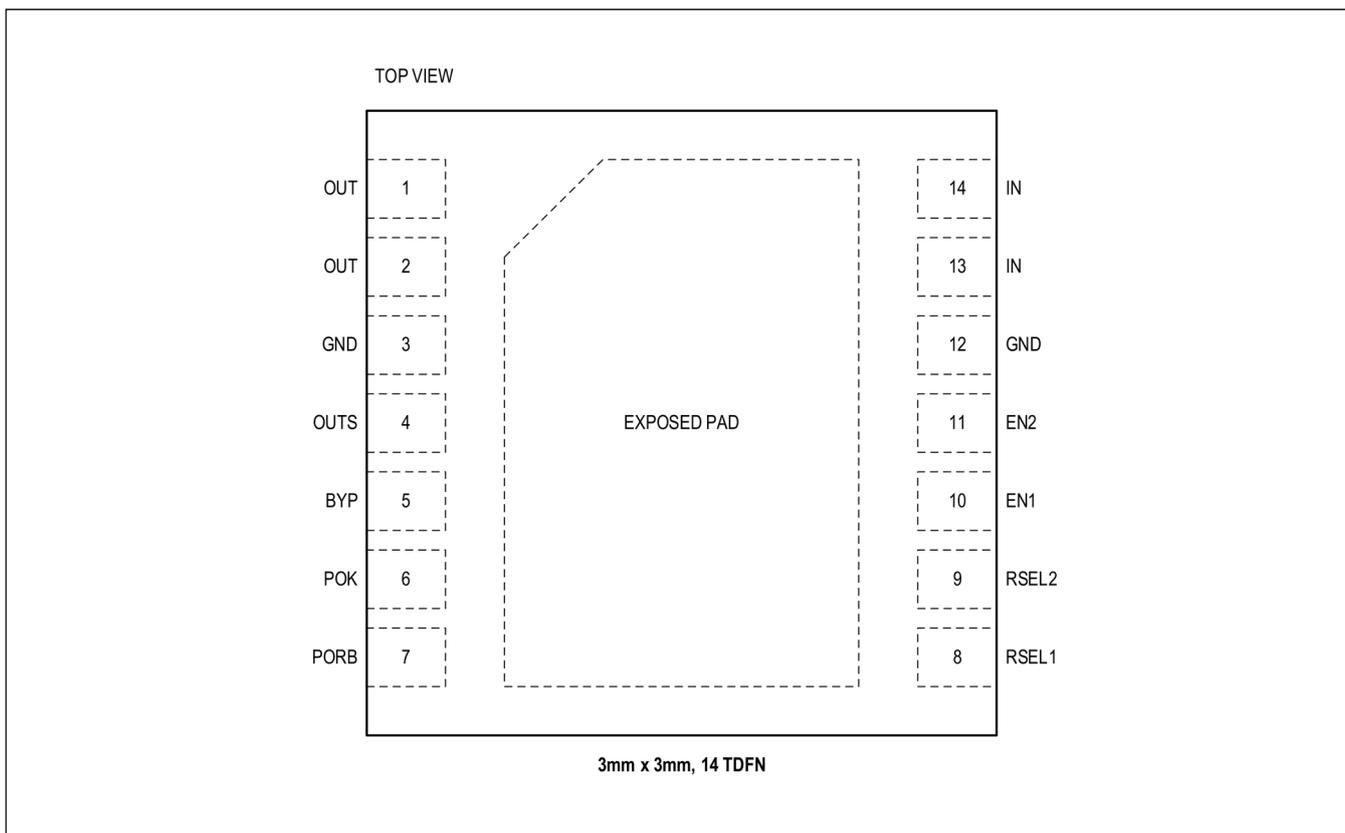


ピン配置

WLP



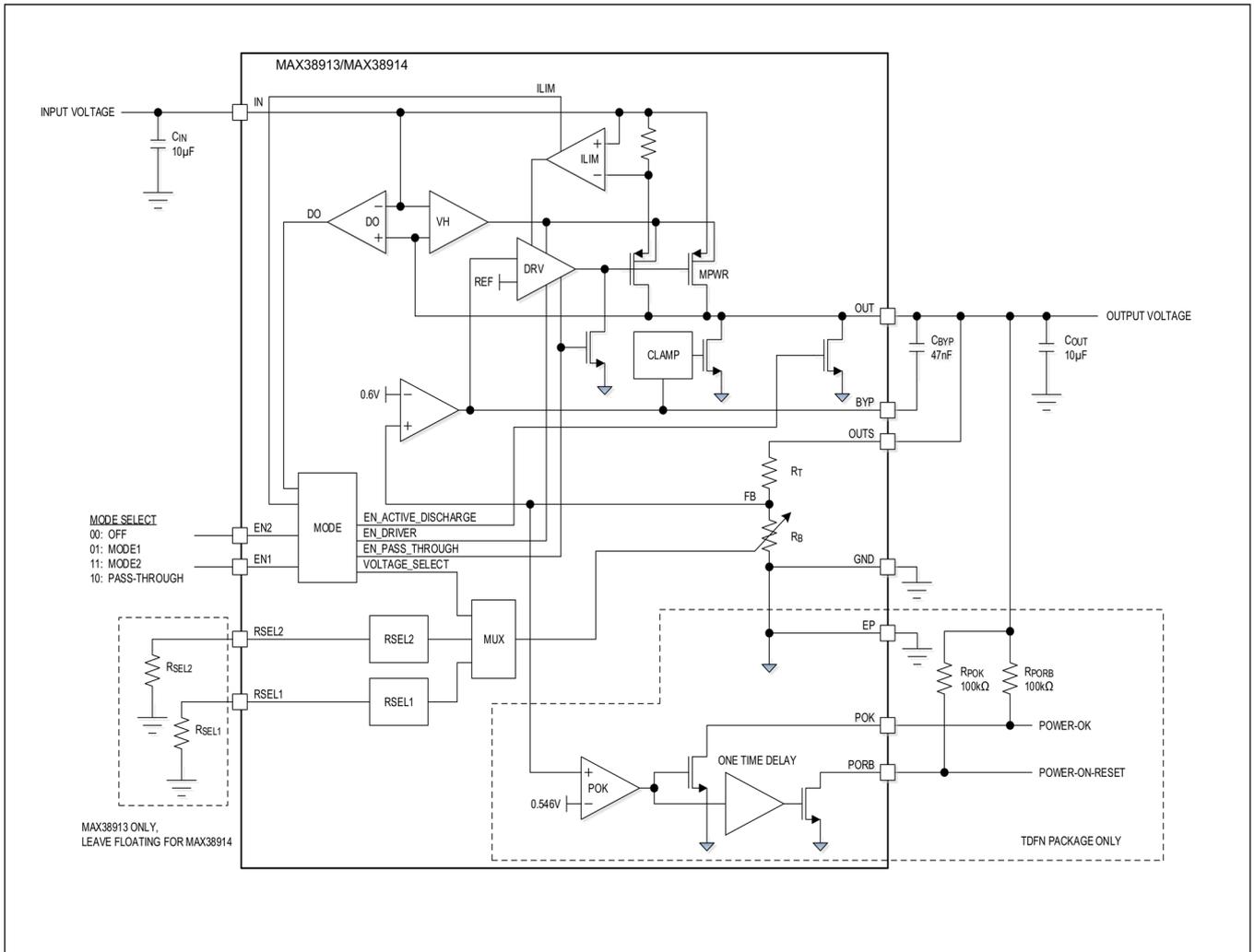
TDFN



## 端子説明

端子		名称	機能
WLP	WLP		
A1, A2	1, 2	OUT	レギュレータ出力。安定化された出力電圧で最大 1A の負荷電流を供給します。10 $\mu$ F (実効 4 $\mu$ F 以上) で ESR が 0.03 $\Omega$ 未満のコンデンサを OUT と GND の間に接続します。
B1, B2	3, 12, EXPOSED PAD	GND	レギュレータ GND。出力電圧はこれらの端子の電圧を基準に安定化されます。IN および OUT との間にバイパス・コンデンサを接続します。これらの端子には、OUT が低い電圧に遷移するときに電流が流れます。
A3	4	OUTS	出力電圧検出入力。正確な出力レギュレーションを適用する必要がある点に接続します。
A4	5	BYP	バイパス・コンデンサ入力。10nF~100nF のコンデンサを OUT と BYP の間に接続し、レギュレータのフィードバック・ノイズをフィルタリングし、出力遷移のスルー・レートを制御します。
-	6	POK	パワーOK 出力。POK と OUT または別の電源との間にプルアップ抵抗を接続し、出力がレギュレーションを達成したことを示すアクティブ・ハイの信号を作成します。この出力はシャットダウン時にはローになります。
-	7	PORB	パワーオン・リセット。PORB と OUT または別の電源との間にプルアップ抵抗を接続してアクティブ・ハイの信号を作成し、この信号によって、出力が 10ms 間レギュレーションを達成するまでロジック回路をリセット状態に保ちます。この出力はシャットダウン時にはローになります。
B4	8	RSEL1	出力電圧の選択。 $\pm 1\%$ の抵抗を RSEL1 と GND の間に接続して、MAX38913 のモード 1 での出力レギュレーション電圧を設定します。MAX38914 では無接続のままとします。
C4	9	RSEL2	出力電圧の選択。 $\pm 1\%$ の抵抗を RSEL2 と GND の間に接続して、MAX38913 のモード 2 での出力レギュレーション電圧を設定します。MAX38914 では無接続のままとします。
B3	10	EN1	イネーブル入力 1。EN1 端子と EN2 端子を使用して動作モードを設定します。  EN2, EN1 = 00 : デバイスはディスエーブルされます。出力は 6 $\Omega$ のアクティブ放電回路を介して GND に短絡されます。  EN2, EN1 = 01 : デバイスはモード 1 でレギュレーション状態となります。 EN2, EN1 = 10 : デバイスはパススルー・モードになります。出力が入力に短絡されます。 EN2, EN1 = 11 : デバイスはモード 2 でレギュレーションします。
C3	11	EN2	イネーブル入力 2。EN2 端子と EN1 端子を使用して動作モードを設定します。  EN2, EN1 = 00 : デバイスはディスエーブルされます。出力は 6 $\Omega$ のアクティブ放電回路を介して GND に短絡されます。  EN2, EN1 = 01 : デバイスはモード 1 でレギュレーションとなります。 EN2, EN1 = 10 : デバイスはパススルー・モードになります。出力が入力に短絡されます。 EN2, EN1 = 11 : デバイスはモード 2 でレギュレーションします。
C1, C2	13, 14	IN	レギュレータ入力。10 $\mu$ F (実効 4 $\mu$ F 以上) で ESR が 0.03 $\Omega$ 未満のコンデンサを IN と GND の間に接続します。

簡略化したブロック図



## 詳細説明

### MAX38913/MAX38914 の概要

MAX38913/MAX38914 は、4 $\mu$ VRMS の低出力ノイズで最大 1A の負荷電流を供給する低ノイズ・リニア・レギュレータです。このデバイスは、ライン、負荷、温度の条件にわたって $\pm 1\%$ という優れた出力精度を示します。MAX38913/MAX38914 は、出力電圧を 2 つの別々のレベルの間で動的に変化させることができます。出力電圧レベル間のスルー・レートは、BYP 端子に接続したコンデンサにより決定します。MAX38913/MAX38914 は、ソフトスタート機能とパススルー・モードを備えており、後者をイネーブルするとリニア・レギュレータを完全にバイパスして OUT を IN と短絡します。MAX38913/MAX38914 は、高速アクティブ放電機能も備えており、デバイスがシャットダウン中に OUT 端子を GND に接続します。オプションのステータス出力端子であるパワーOK とパワーオン・リセット (PORB) は、TDFN パッケージのモデルにのみ備えられており、これらの端子に接続した他のデバイスにシーケンス制御する柔軟性が追加されます。MAX38913/MAX38914 は過電流保護と加熱保護の機能を備えており、小型で省スペースの WLP と TDFN のパッケージで提供されます。MAX38913/MAX38914 の動作温度範囲は $-40^{\circ}\text{C}\sim+125^{\circ}\text{C}$ です。

### 動作モード

MAX38913/MAX38914 には、レギュレーション、パススルー、シャットダウンの動作モードがあります。モードは、EN1 端子と EN2 端子の状態に基づいて選択されます。

MAX38913 では、レギュレーション・モード (モード 1 とモード 2) の出力電圧は、RSEL 入力で選択されるレベルに安定化されます (図 1 を参照)。EN2 がロジック・ロー、EN1 がロジック・ハイのとき、デバイスは RSEL1 端子で選択されるレベルに安定化されます (モード 1)。EN2 と EN1 が共にロジック・ハイのとき、デバイスは RSEL2 端子で選択されるレベルに安定化されます (モード 2)。RSEL1 端子と RSEL2 端子は VIN が UVLO の立上がりスレッショルドを超えた時点で読み取られます。デバイスは、VIN が UVLO 立下がりスレッショルドより下回るまで、RSEL1 と RSEL2 の値を保持します。出力電圧レギュレーション・レベルは 33 通りを選択できます。様々な出力電圧レベルの選択については、[出力電圧の選択](#)のセクションを参照してください。

MAX38914 では、レギュレーション・モード (モード 1 とモード 2) の出力電圧は、工場ですべて事前プログラムされたレベルに安定化されます (図 2 を参照)。EN2 がロジック・ロー、EN1 がロジック・ハイのとき、デバイスはモード 1 に対応して事前プログラムされたレベルに安定化されます。EN2 と EN1 が共にロジック・ハイのとき、デバイスはモード 2 に対応して事前プログラムされたレベルに安定化されます。

どちらのレギュレーション・モードでも、デバイスは優れたトランジェント、電源電圧変動除去比 (PSRR)、出力ノイズ性能を示します。MAX38913/MAX38914 は、2 つのレギュレーション・レベルの間での動的な遷移を必要とするアプリケーションに向けて最適化されています。2 つのレギュレーション・レベルの間での上昇と下降の両遷移方向のスルー・レートは、CBYP により決定します。スルー・レートは、次式で計算されます。

$$\frac{dV_{OUT}}{dt} = \frac{I_{BYP\_SLEW}}{C_{BYP}} = \frac{50\mu A}{C_{BYP}}$$

出力コンデンサが大きく、出力負荷電流が小さい場合、レギュレーション・モードで出力電圧を高いレベルから低いレベルに急激に変えるには、MAX38913/MAX38914 は高い電流をグランドに流す必要があります。例えば、 $C_{BYP} = 47\text{nF}$  で  $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$  の場合、電圧変動時の出力レギュレーションを保つために、デバイスが 106.4mA の電流を引き込んでいれば、出力電圧は安定します。

$$I = I_{BYP\_SLEW} \times \left(\frac{C_{OUT}}{C_{BYP}}\right) = 50\mu A \times \left(\frac{100\mu\text{F}}{47\text{nF}}\right) = 106.4\text{mA}$$

出力電圧を低いレベルから高いレベルに変動させるのは、システムが定電流動作モードに置かれているときに行うことを推奨します。これは、 $I_{OUT}$  が主に  $C_{OUT}$  充電電流によって決まるので、遷移中に電流制限のトリップが生じないようにするためです。この遷移の間のデバイスの出力電流は、次式のようになります。

$$I_{OUT} = I_{BYP\_SLEW} \times \left(\frac{C_{OUT}}{C_{BYP}}\right) + I_{LOAD}$$

異なる 2 つの電圧の間での電圧遷移中には、負荷電流を定常的に保つことを推奨します。

EN2 端子がロジック・ハイ、EN1 端子がロジック・ローに設定されると、デバイスはパススルー動作モードに遷移します。図 1 にモード遷移を示します。

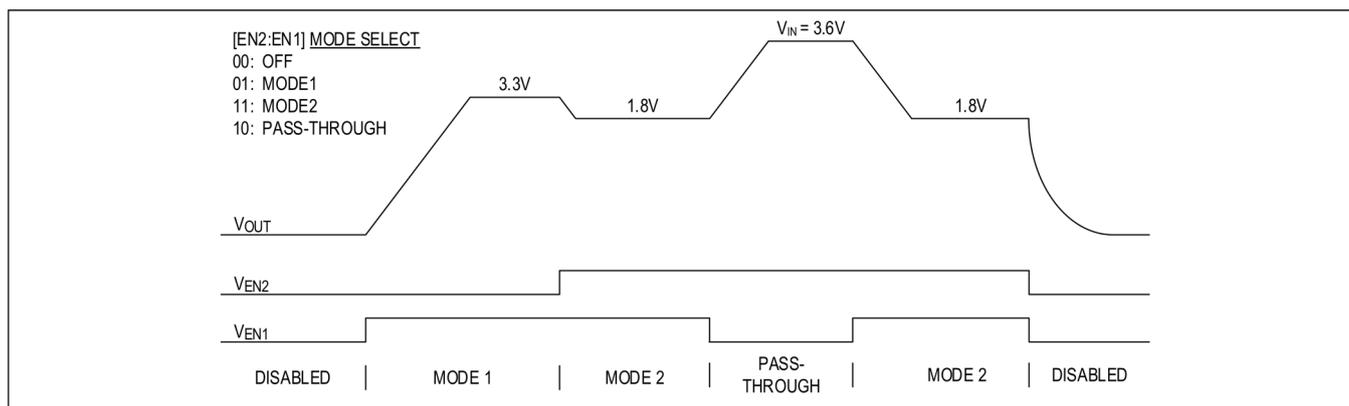


図 1. 動作モード (MAX38913)

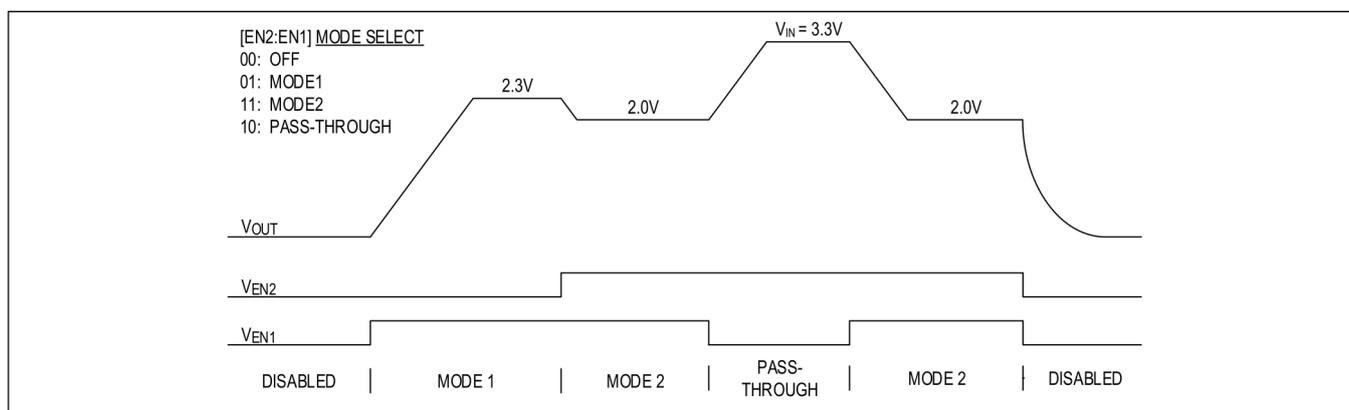


図 2. 動作モード (MAX38914)

## パススルー・モード

MAX38913/MAX38914 はパススルー・モードを備えており、このモードでは出力通過デバイスがハードウェア的にオンになり、出力を入力に短絡します。このモードでは自己消費電流が 115 $\mu$ A まで低下します。電流制限回路を動作させるため、コントローラはオンの状態を保ちます。

出力電圧のスルー・レートは、パススルー・モードとレギュレーション・モードで常に同等です。スルー・レートは、アプリケーションで使用される  $C_{BYP}$  コンデンサによって決まり、次式で計算されます。

$$\frac{dV_{OUT}}{dt} = \frac{I_{BYP\_SLEW}}{C_{BYP}} = \frac{50\mu A}{C_{BYP}}$$

デバイスがパススルー・モードに入出力する遷移では、レギュレータは電圧遷移動作が完了するまでイネーブルされています。電圧遷移動作が完了すると、電力節約のためにコントローラがディスエーブルされますが、電流制限検出はオンのままです。パススルー・モードでの電流制限は、約 2A のレベルです。

パススルー・モードで電流制限回路がトリップすると、レギュレータがイネーブルされ、フィードバックをローに保持して出力電力をドロップアウトに戻すように安定化しようと試みます。負荷電流はドロップアウト時の電流制限値 (約 1.4A) 以内に保持します。電流制限中は、デバイスがサーマル・シャットダウンになるのが通常です。ダイ温度が +150°C ~ +165°C の範囲で変動するのに合わせて出力がオフします。

出力の過負荷が除去されると、レギュレータは、 $C_{BYP}$  により決定する定格出力電圧スルー・レートで出力電圧を上昇させようとします。出力バス・デバイスがドロップアウト・レベルに達すると、出力制限回路がリセットし、デバイスはパススルー・モード動作に復帰します。

## バイパス

BYP と OUT の間に接続したコンデンサは、リファレンス、帰還抵抗、レギュレータの入力段のノイズをフィルタリングし、高速なフィードバック経路となって過渡応答を改善します。0.01 $\mu$ F のコンデンサにより、約 32Hz で入力ノイズをロールオフします。スタートアップと遷移の間の出力電圧のスルー・レートも BYP コンデンサによって決定します。0.01 $\mu$ F のコンデンサであれば、スルー・レートは 5V/ms になります。このスタートアップ・レートにより、スタートアップ時には 50mA のスルー電流が入力から流れ、10 $\mu$ F の出力容量を充電します。BYP コンデンサの値を 0.01 $\mu$ F から 0.1 $\mu$ F に調整すると、次式のようにスルー・レートを変更できます。

$$\begin{aligned} \text{Slew Rate} &= \frac{50\mu\text{A}}{C_{\text{BYP}}} \\ &= (5\text{V/ms}) \times \left(\frac{0.01\mu\text{F}}{C_{\text{BYP}}}\right) \end{aligned}$$

ここで、 $C_{BYP}$  の単位は  $\mu$ F です。

出力ノイズは約 1.0 $\mu$ VRMS の改善があるもののほぼ一定を保つので、10nF より大きい BYP コンデンサを選択する主な目的は、ソフトスタートあるいは遷移を低速にし、突入電流を最小化することです。

BYP は低周波フィルタ・ノードであるので、リークの影響を受けやすいことに注意してください。BYP に約 10nA のリーク電流があると、出力に測定可能なレベルの不正確が生じるため、避けるべきです。

## イネーブル (EN)

MAX38913/MAX38914 には、2つのイネーブル入力 (EN1、EN2) があります。両方のイネーブル端子をローにするとデバイスがシャットダウンします。シャットダウン時には、出力電圧が 6 $\Omega$  のアクティブ放電回路を介してグラウンドにプルダウンされます。このモードでは、デバイスは入力電源から 0.2 $\mu$ A の電流を消費します。EN2 がロジック・ロー、EN1 がロジック・ハイのとき、デバイスはモード 1 動作に対応して安定化します。EN2 と EN1 が共にロジック・ハイのとき、デバイスはモード 2 動作に対応して安定化します。EN2 端子がロジック・ハイ、EN1 端子がロジック・ローに設定されると、デバイスはパススルー動作モードに遷移します。RSEL1 と GND の間に接続した抵抗によって、モード 1 動作時の出力レギュレーション電圧が決定します。同様に、RSEL2 端子と GND の間の抵抗によって、モード 2 動作時の出力レギュレーション電圧が決定します。モード 1 動作とモード 2 動作の出力電圧が出荷時に設定されているデバイスの場合には、RSEL1 端子と RSEL2 端子の機能は無効であり、フローティング状態にする必要があります。MAX38913/MAX38914 が適切な状態をラッチできるためには、イネーブル信号は少なくとも 2 $\mu$ s の間安定していることが必要です。出力電圧の遷移中は、イネーブル信号の状態を変更してはいけません。

## アクティブ放電

MAX38913/MAX38914 がシャットダウン・モードに置かれると、OUT 端子は 6 $\Omega$  のアクティブ放電回路を介してグラウンドにプルダウンされます。

## パワーOK (POK) とパワーオン・リセット (PORB)

パワーOK (POK) 機能は、出力電圧を監視し、レギュレーション状態にあることを通知します。POK 端子はオープン・ドレインであり、他のデバイスにデバイスのレギュレーション状態を通知してシーケンス処理に使用するためには、外部電源へのプルアップ抵抗が必要です。外部プルアップ電源電圧が、受信側のデバイスについて有効なロジック・レベルになっているかどうかを確認してください。プルアップ抵抗の範囲は 10k $\Omega$ ~200k $\Omega$  です。下限は POK トランジスタのプルダウン強度によって決まり、上限は POK 端子の最大リーク電流により決まります。デバイスがシャットダウン状態の間は、信号はローになります。

スタートアップ中は POK がローに駆動されます。出力電圧が POK の立上がりスレッショルド (レギュレーション目標値の 91%) に達すると、POK がリリースされてプルアップされます。レギュレーション中に出力電圧が一時的に POK 立下がりスレッショルドを下回ると、POK 信号がローに駆動されて、出力電圧がレギュレーションを外れて低下したことを示します。シャットダウン時には、出力電圧が POK の立下がりスレッショルド (レギュレーション目標値の 88%) を下回ると、POK 信号がローになります。POK 信号は出力電圧の遷移中も有効です。

PORB は、出力電圧が安定的なレギュレーションに入ったことを示すオープン・ドレインの信号です。この信号を使用すると、10ms の間レギュレーション状態になるまでシステムをリセットしておくことができます。この信号はシャットダウン時にはローになります。PORB には 10k $\Omega$ ~200k $\Omega$  の範囲のプルアップ抵抗が必要です。

## 保護

MAX38913/MAX38914 は、電流制限保護と過熱負荷保護の回路により、回路の限界を超える条件から完全に保護されています。出力が GND に短絡すると、出力コンデンサが短絡経路から放電した後は、出力電流が 1.4A に制限されます。このような条件では、デバイスの温度が急速に上昇します。ジャンクション温度が +165°C に達すると、過熱保護回路が出力デバイスを遮断します。デバイスの温度が +150°C まで下がると、レギュレータはレギュレーションを再開します。フォルトが継続している場合には、ジャンクション温度が +150°C ~ +165°C の範囲で変化しながら出力がオンとオフを繰り返します。このようなフォルト条件下や +125°C を超えるジャンクション温度での連続的な動作は、長期的な信頼性が低下する可能性があるため、推奨しません。MAX38913/MAX38914 は、出力電圧が入力より高いときの逆電流保護機能を備えています。MAX38913/MAX38914 には逆電圧検出器が内蔵されており、IN が OUT より低くなると、レギュレータを遮断し、ボディ・ダイオード接続を開放して、逆電流が流れるのを防止します。逆電流は通過素子であるボディ・ダイオードを流れ、特に高い電流レベルにおいて消費電力や長期的信頼性への影響があることから、望ましくありません。システム中でデバイスが過度な熱にさらされて、ダイ温度が望ましくないレベルまで上昇したときにも、過熱保護がトリガされます。

## 低電圧ロックアウト (UVLO)

MAX38913/MAX38914 の低電圧ロックアウト (UVLO) 回路は入力電圧のグリッチに高速に反応し、レールが UVLO 立下がりスレッショルドを下回ると、デバイスの出力をディスエーブルします。ほとんどのアプリケーションでは、ローカルな入力容量で過渡的なブラウンアウト条件を防止します。パワーアップ時に入力電圧が UVLO 立上がりスレッショルドを超過すると、デバイスがレディになります。V<sub>IN</sub> が立上がり UVLO スレッショルドを超えると、RSEL1 と RSEL2 の値が取得されます。

V<sub>IN</sub> のパワーアップ中、MAX38913/MAX38914 は、入力電圧が UVLO 立上がりスレッショルドを超えた後に出力電圧のソフトスタートを開始します。これにより、適切な V<sub>OUT</sub> のランプ・アップとレギュレーション状態への遷移が確保されます。ドロップアウト状態に入るのを防止するため、V<sub>OUT</sub> のソフトスタート・レートは V<sub>IN</sub> のスルー・レートと同等以下の速度にします。状況によっては、V<sub>IN</sub> のトランジェントによってレギュレータがドロップアウトする場合があります。再度 V<sub>IN</sub> が上昇を開始し、デバイスがドロップアウト状態から脱すると、出力がオーバーシュートする可能性があります。イネーブル信号を使用することや、大きい C<sub>BYP</sub> でソフトスタート時間を長くすることによって、この状況を避けられます。

## 出力電圧の選択

MAX38913 の出力電圧レベルは、表 1 に従って RSEL1 端子および RSEL2 端子とグランドの間にかかる抵抗値を選択することによって選択します。モード 1 の出力電圧は、RSEL1 端子と GND の間に接続した抵抗によって決まります。同様に、RSEL2 端子の抵抗がモード 2 の出力電圧を決定します。

MAX38914 では、モード 1 には 2.3V、モード 2 には 2V の出力電圧が工場で事前プログラムされています。出力電圧が工場で事前プログラムされている場合、内部の RSEL1 と RSEL2 の回路はディスエーブルされており、これらの端子はフローティング状態にする必要があります。

表 1. RSEL の値と出力電圧の関係 (MAX38913)

R <sub>RSEL1</sub> OR R <sub>RSEL2</sub> (k $\Omega$ )	V <sub>OUT</sub> IN MODE 1 OR MODE 2 (V)
OPEN	1.8
909	0.6
768	0.7
634	0.8
536	0.95
453	1
383	1.2
324	1.35
267	1.5
226	1.75
191	1.85
162	2
133	2.5
113	2.7

95.3	3
80.6	3.3
66.5	3.45
56.2	3.55
47.5	3.6
40.2	3.75
34	3.85
28	3.9
23.7	3.95
20	4.0
16.9	4.2
14	4.4
11.8	4.5
10	4.55
8.45	4.6
7.15	4.65
5.9	4.8
4.99	5
Short	3.5

## アプリケーション情報

### 入力コンデンサと出力コンデンサ

MAX38913/MAX38914 は、入出力端子に等価直列抵抗 (ESR) が低いセラミック・コンデンサを使用して安定動作するように設計されています。このような種類のアプリケーションでは、X7R 誘電体の多層セラミック・コンデンサ (MLCC) がよく使用され、温度範囲にわたって容量が比較的安定しているため、推奨されます。しかし、有効容量は動作 DC 電圧、AC 電圧リップル、温度などに依存するため、コンデンサのデータシートを適宜確認する必要があります。MAX38913/MAX38914 は、入力点と出力点の両方に 10 $\mu$ F (有効容量 4 $\mu$ F) の X7R セラミック・コンデンサを配置した動作を対象に、設計および特性評価されています。パターンの寄生成分を最小化するため、これらのコンデンサは入力端子と出力端子のそれぞれにできるだけ近づけて配置する必要があります。安定性に起因する最大出力容量の制限はありません。

### 熱に関する考慮事項

MAX38913/MAX38914 の性能を最適化するため、デバイスの電力消費と PCB の熱設計に特に配慮します。レギュレータの消費電力は入出力間の電圧差と負荷条件に依存します。これは次式で計算できます。

$$\text{Loss}(W) = (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \times I_{\text{LOAD}}$$

与えられた目標出力電圧に対して入力電圧を注意深く選択することにより、最適な消費電力を実現できます。デバイスの主な熱伝導経路は、パッケージの露出パッドを通る経路です。この結果、サーマル・パッドをデバイス下の銅パッド領域にはんだ付けする必要があります。PCB のサーマル・パッド内にメッキ処理のサーマル・ビアを配置し、システム中の複数の GND 層の間で熱が伝達するようにします。はんだの空隙を最小化するため、このビアはキャップ処理します。消費電力の最大値は、ジャンクション温度の最大値を +125°C 未満に保った状態での、デバイスのジャンクションから周囲への熱抵抗によって決まります。パッケージの熱特性は、[パッケージ情報の](#)セクションに示しています。

3.3V  $V_{\text{IN}}$ 、2.5V  $V_{\text{OUT}}$  で、負荷電流が 700mA の条件での一次消費電力は次のようになります。

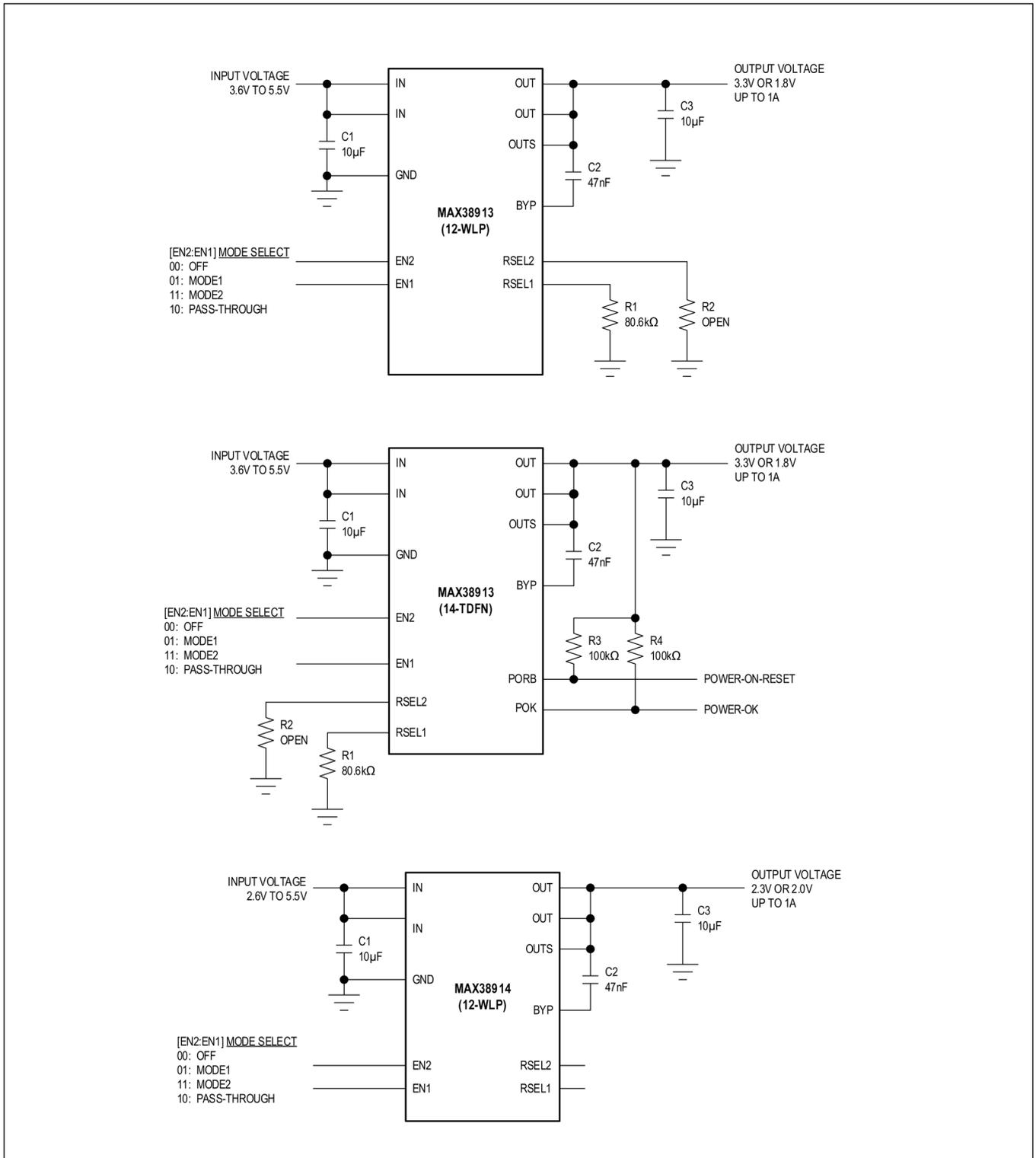
$$\begin{aligned} P_{\text{DIS}}(W) &= (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}}) \times I_{\text{LOAD}} \\ &= (3.3V - 2.5V) \times 0.7A \end{aligned}$$

$$= 0.56W$$

MAX38913AATD+の場合、この消費電力によるジャンクション温度 ( $T_J$ ) の上昇は、次式で見積もれます。

$$\begin{aligned} T_J &= (P_{DIS} \times \theta_{JA}) + 25^\circ C \\ &= (0.56W \times 41^\circ C/W) + 25^\circ C \\ &= 47.96^\circ C \end{aligned}$$

標準アプリケーション回路



## 型番

PART NUMBER	TEMP RANGE	PACKAGE	FEATURE
MAX38913AANC+	-40°C to +125°C	12- WLP 1.93mm x 1.34mm x 0.5mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 selected by RSEL1 and RSEL2
MAX38913AANC+T	-40°C to +125°C	12- WLP 1.93mm x 1.34mm x 0.5mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 selected by RSEL1 and RSEL2
MAX38913AATD+	-40°C to +125°C	14-TDFN 3mm x 3mm x 0.75mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 selected by RSEL1 and RSEL2
MAX38913AATD+T	-40°C to +125°C	14-TDFN 3mm x 3mm x 0.75mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 selected by RSEL1 and RSEL2
MAX38914AANC+	-40°C to +125°C	12- WLP 1.93mm x 1.34mm x 0.5mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 pre-programmed by the factory to 2.3V and 2V
MAX38914AATD+*	-40°C to +125°C	14-TDFN 3mm x 3mm x 0.75mm	Four modes of operation, output voltage in MODE 1 and MODE 2 pre-programmed by the factory to 2.3V and 2V.

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠パッケージを表します。

T = テープ&リール。

\*発売予定の製品 - 発売時期についてはお問い合わせください。

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	4/21	市場投入のためのリリース	-
1	6/22	絶対最大定格、ピン配置、端子説明、簡略化したブロック図、図 1、イネーブル (EN) セクション、出力電圧の選択のセクション、熱に関する考慮事項のセクション、標準アプリケーション回路、型番を更新。MAX38913 の概要のセクションを追加。	2, 7-12, 14-16
2	10/22	簡略化したブロック図、型番の表を更新。	10, 17
3	4/23	概要、特長と利点、パッケージ情報、電気的特性、標準動作特性、端子説明、簡略化したブロック図、動作モード、出力電圧の選択、入力コンデンサと出力コンデンサのセクション、標準アプリケーション回路、型番を更新。MAX38914 をデータシートに追加。	1-19