

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

**MAX8688**

## 概要

MAX8688は、全機能内蔵のデジタル電源コントローラおよびモニタICであり、任意の既存POL(ポイントオブロード)電源との組み合わせで、完全なデジタルプログラム機能を提供します。リファレンス入力、フィードバック端子、および出力イネーブルに接続することによってMAX8688はPOLの制御を行い、出力電圧の完全なトラッキング、シーケンス管理、マージニング、および動的調整を行います。

MAX8688は、2個の差動アンプを備えた高精度な12ビットのアナログ-デジタルコンバータ(ADC)を搭載しており、電圧と電流の両方を高精度に監視することができます。12ビットのデジタル-アナログコンバータ(DAC)も内蔵しており、電源のマージニングに利用可能であるとともに、このクローズドループシステムを使用して、全温度範囲にわたって精度0.2%で出力電圧を動的に調整することができます。温度センサを内蔵しており、さらに高水準のシステム監視が可能です。

ユーザが設定可能なレジスタによって、遅延時間や遷移期間などの時間イベント、過電圧/低電圧、過電流、逆電流、温度過昇の各障害の監視、および警告の処理を柔軟かつ高精度に制御することができます。また、クローズドループ動作もプログラム可能であるため、MAX8688と任意の既存のPOLとの組み合わせで、優れた安定化精度と正確なマージニングの提供が保証されます。

MAX8688は、PMBus<sup>TM</sup>対応の通信プロトコルを使用して動作します。デバイスのプログラムは、このプロトコルを使用して行うか、または単純に、Maximのウェブサイトから入手可能な開発時間を大幅に短縮する無償のグラフィックユーザインターフェース(GUI)を使用して行います。設定完了後、結果はEEPROMに保存するか、または起動時にPMBus経由で部品にロードすることができます。これによって、MAX8688を使用して任意のPOLのリモート設定を行うことが可能になり、高コストなリコールやフィールドサービスが不要になります。また、高精度な電流測定および高分解能の電圧制御が可能であるため、モジュール間の電流シェアリングもサポートされます。MAX8688は最大127の異なるアドレスにプログラム可能であり、大規模システムに対応します。MAX8688は、省スペースな4mm x 4mmの鉛フリー、24ピンTQFNパッケージで提供されます。

## アプリケーション

テレコムネットワーキング  
DC-DCモジュールおよびPOL  
サーバ  
高信頼性インフラストラクチャ機器

PMBusはSMIF, Inc.の商標です。

**MAXIM**

## 特長

- ◆ PMBusインターフェースによるプログラム、モニタリング、アップ/ダウンのシーケンス制御、および正確な出力電圧の制御
- ◆ 電源、負荷、および温度の変動に対し、精度0.2%で出力電圧を制御
- ◆ 調整可能なモニタレートで出力電圧、出力電流、および温度を監視
- ◆ 電流測定：精度2.6%、温度補償オプションあり
- ◆ プログラム可能なソフトスタートおよびソフトストップの増減速度
- ◆ ハードワイヤードのアドレス端子による最大26個の電源制御、およびソフトウェアアドレス設定による127個のPOL制御
- ◆ POL電源のREFINおよびFB端末に対応
- ◆ 過電圧、低電圧、過電流、逆電流および温度過昇の各障害からPOLを保護：動作なし、ラッチ、リトライ(ヒップアップ)を選択可能
- ◆ オープンドレインのFLT信号による障害検出
- ◆ 外部クロックが不要であり正確なタイミング基準を提供する、マスター-スレーブ間クロッキングを使用可能
- ◆ 起動時の自動プログラムを実現する外部EEPROMインターフェース

## 型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX8688ALETG+	-40°C to +85°C	24 TQFN-EP*
MAX8688AHETG+	-40°C to +85°C	24 TQFN-EP*
MAX8688BLETG+	-40°C to +85°C	24 TQFN-EP*
MAX8688BHETG+	-40°C to +85°C	24 TQFN-EP*

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

\*EP = エクスポートドパッド

## 選択ガイド

PART	ACCURACY (%)	ENOUT POWER-UP DEFAULT STATE
MAX8688ALETG+	0.2	Low
MAX8688AHETG+	0.2	High
MAX8688BLETG+	0.4	Low
MAX8688BHETG+	0.4	High

ピン配置はデータシートの最後に記載されています。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

AVDD, DVDD to AGND	-0.3V to +4.5V
DGND to AGND	$\pm 0.3V$
RS+, RS-, ISN+, ISN- to AGND	-0.3V to +6V
RS_C, ISN_C, A1/SCLE, A2/SDAE, A3/ONOFF to AGND	-0.3V to $(V_{AVDD} + 0.3V)$
DACOUT to AGND	-0.3V to $(V_{AVDD} + 0.3V)$
REFO to AGND	-0.3V to +4.5V
Continuous Power Dissipation ( $T_A = +70^\circ C$ )	
24-Pin TQFN (derate $27.8\text{mW}/^\circ C$ above $+70^\circ C$ )	2222mW*

$\theta_{JA}$ (Note 1)	36°C/W
$\theta_{JC}$ (Note 1)	2.7°C/W
SCL, SDA, CLKIO, $\overline{RST}$ to DGND	-0.3V to +4.5V
ENOUT, $\overline{FLT}$ to DGND	-0.3V to +6V
Thermal Resistance from Junction to Exposed Pad	2.7°C/W
Operating Temperature	-40°C to +85°C
Junction Temperature	+150°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Soldering Temperature (reflow) (Note 2)	+260°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).

**Note 2:** Hand soldering not recommended.

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

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = T_J = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ ,  $V_{RS+} - V_{RS-} = 2V$ ,  $V_{RS-} = V_{AGND}$ , unless otherwise stated.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>GENERAL</b>						
AVDD/DVDD Operating Range			3.0	3.6		V
AVDD and DVDD Operating Supply Current		$V_{RS+} = V_{RS-} = V_{ISN+} = V_{ISN-} = V_{AGND}$		6.7	8.5	mA
AVDD UVLO		Rising	2.70	2.8	2.95	V
		Hysteresis		100		mV
<b>OUTPUT-VOLTAGE SENSING</b>						
Voltage Regulation Accuracy (2V Range, Table 8) (Note 4)		MAX8688A, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 1V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.2	+0.2		%
		MAX8688A, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 1V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.3	+0.3		
		MAX8688B, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 1V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.4	+0.4		
		MAX8688B, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 1V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.5	+0.5		
Voltage Regulation Accuracy (5.5V range, Table 8) (Note 4)		MAX8688A, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 2.5V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.3	+0.3		%
		MAX8688A, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 2.5V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.4	+0.4		
		MAX8688B, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 2.5V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.4	+0.4		
		MAX8688B, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$ , $V_{RS+} = 2.5V$ , $V_{RS-} = 0V$	-0.5	+0.5		
RS+, RS- Differential Mode Range			0	5.5		V

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = T_J = -40^{\circ}C$  to  $+85^{\circ}C$ ,  $V_{RS+} - V_{RS-} = 2V$ ,  $V_{RS-} = V_{AGND}$ , unless otherwise stated.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
RS- to AGND Differential Voltage			-250	+250		mV
RS+ Input Bias Current		2V range, $V_{RS+} = -0.25V$ to $+2V$	-10	+15		$\mu A$
		5.5V range, $V_{RS+} = -0.25V$ to $+5.5V$	-10	+60		
RS- Input Bias Current		2V or 5.5V range, $V_{RS-} = -0.25V$ to $+0.25V$	-10	0		$\mu A$
<b>OUTPUT CURRENT SENSE</b>						
Current-Sense Accuracy (Note 4)		$V_{ISN+} = 1V$ , $V_{ISN+} - V_{ISN-} = 20mV$ , $T_A = +25^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	-2.6	+2.6		%
		$V_{ISN+} = 1V$ , $V_{ISN+} - V_{ISN-} = 20mV$ , $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	-7	+7		
ISN+, ISN- Common-Mode Range			0	5.5		V
ISN+, ISN- Common-Mode Current-Sense Error		$V_{CM} = 0$ to $5.5V$ , $V_{DM} = 20mV$		0.9		%
ISN+, ISN- Differential Mode Range			-10	+40		mV
ISN+, ISN- Input Bias Current		$V_{ISN+}$ , $V_{ISN-}$ to $V_{AGND} = 0$ or $5.5V$	-20	+40		$\mu A$
<b>RS_C, ISN_C</b>						
RS_C, ISN_C Output Impedance				0.2		$k\Omega$
<b>TEMPERATURE SENSING</b>						
Temperature Sensing Accuracy		Exposed pad = $-40^{\circ}C$ to $+100^{\circ}C$		$\pm 3$		$^{\circ}C$
<b>CLKIO</b>						
CLKIO Input-Logic Low Voltage				0.8		V
CLKIO Input-Logic High Voltage			2.1			V
CLKIO Input Bias Current		$V_{CLKIO} = 0$ or $3.6V$	-1	+1		$\mu A$
CLKIO Input Clock Duty Cycle		$f_{CLKIO} = 100kHz$ to $2500kHz$	20	80		%
CLKIO Output Low Voltage		CLKIO in output mode, $I_{SINK} = 4mA$		0.4		V
CLKIO Output High Leakage		$V_{CLKIO} = V_{DVDD} = V_{AVDD} = 3.6V$	-1	+1		$\mu A$
CLKIO Input/Output Clock Rise Time		$R_{PULLUP} = 560\Omega$ , $C_{LOAD} = 20pF$		20		ns
CLKIO Input/Output Clock Fall Time		$R_{PULLUP} = 560\Omega$ , $C_{LOAD} = 20pF$		2		ns
CLKIO Pullup Voltage					DVDD	V
CLKIO Input Frequency	$f_{EXT\_CLK}$		100	2500		kHz
CLKIO Output Frequency Accuracy			0.95	1.00	1.05	MHz
<b>ENOUT, FLT OPEN-DRAIN LOGIC OUTPUTS</b>						
ENOUT, $\overline{FLT}$ Output Low Voltage		$I_{SINK} = 4mA$		0.4		V
ENOUT, $\overline{FLT}$ Output High Leakage		$V_{ENOUT} = V_{\overline{FLT}} = 5.5V$ , $V_{DVDD} = V_{AVDD} = 3.6V$	-1	+1		$\mu A$
ENOUT, $\overline{FLT}$ Pullup Voltage				5.5		V

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = T_J = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ ,  $V_{RS+} - V_{RS-} = 2V$ ,  $V_{RS-} = V_{AGND}$ , unless otherwise stated.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>DAC</b>						
DAC Resolution			12			bits
DAC Output-Voltage Range		No load	REF0 - 1 LSB			V
DAC Output-Voltage Slew Rate			0.6			V/ $\mu$ s
DAC Output Resistance			5			$\Omega$
DAC Driving Capability			2			mA
<b>ADC</b>						
ADC Resolution		MAX8688A	12			Bits
		MAX8688B	11			
<b>THREE-STATE ADDRESS PINS (A3/ONOFF, A2/SDAE, A1/SCLE)</b>						
Three-State Address Pins Input Low Voltage				0.3		V
Three-State Address Pins Input Low Threshold Hysteresis			50			mV
Three-State Address Pins Input High Voltage			AVDD - 0.4			V
Three-State Address Pins Input High Threshold Hysteresis			50			mV
Three-State Address Pins Input Bias Current		$V_{AVDD} = 3.6V$ , A3/ONOFF = A2/SDAE = A1/SCLE = AVDD or AGND	-12	+12		$\mu$ A
<b>THREE-STATE ADDRESS PINS (A2/SDAE (DATA) AND A1/SCLE (CLOCK) WITH EEPROM) (Note 5)</b>						
A2/SDAE, A1/SCLE Output Low Voltage		Output sink current = 100 $\mu$ A (Note 6)		0.3 x AVDD		V
A2/SDAE, A1/SCLE Output High Voltage		Output source current = 100 $\mu$ A (Note 7)	0.7 x AVDD			V
<b>THREE-STATE ADDRESS PIN (A3/ONOFF AS POL ON/OFF CONTROL)</b>						
Minimum A3/ONOFF Control Pulse Low Time	$t_{A3\_LOW}$		250			$\mu$ s
Minimum A3/ONOFF Control Pulse High Time	$t_{A3\_HIGH}$		750			$\mu$ s
<b>SCL, SDA SMBus™ SIGNALS</b>						
Maximum SMBus Speed			100			kHz
SCL, SDA Input Low Voltage	$V_{SMB\_IL}$	$V_{DVDD} = 3.0V$ to $3.6V$		0.8		V
SCL, SDA Input High Voltage	$V_{SMB\_IH}$	$V_{DVDD} = 3.0V$ to $3.6V$	2.1	$DVDD$		V
SCL, SDA Output Low Voltage	$V_{SMB\_OL}$	$V_{DVDD} = 3.0V$ to $3.6V$ at $I_{SINK} = 4mA$		0.4		V
SCL, SDA Input Leakage Per Device Pin	$I_{SMB\_ILEAK}$	$V_{DVDD} = 3.6V$ , $V_{SCL} = V_{SDA} = 0$ or $3.6V$	-1	+1		$\mu$ A

SMBusはIntel Corp.の商標です。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = T_J = -40^\circ C$  to  $+85^\circ C$ ,  $V_{RS+} - V_{RS-} = 2V$ ,  $V_{RS-} = V_{AGND}$ , unless otherwise stated.) (Note 3)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>RST INPUT</b>						
RST Input Low Voltage	$V_{RST\_IL}$	$V_{DVDD} = 3.0V$ to $3.6V$		0.8		V
RST Input High Voltage	$V_{RST\_IH}$	$V_{DVDD} = 3.0V$ to $3.6V$	2.1			V
RST Input Bias Current		$\bar{RST} = DVDD$ or $DGND$		10		$\mu A$
Minimum SMBus Interface Reset Pulse Width	$t_{SMB\_RST}$		1	455		$\mu s$
SMBus Interface Recovery Time After Interface Reset	$t_{SMB\_WAIT}$			15		$\mu s$
Minimum Reset Pulse Width	$t_{RST}$		565			$\mu s$
Recovery Time After Device Reset	$t_{RST\_WAIT}$		15			$\mu s$
<b>OTHER TIMING PARAMETERS</b>						
PMBus Command Response Time	$t_{PMB\_RSP}$		300			$\mu s$
Fault Response Time	$t_{FAULT\_RSP}$	Oversupply fault	5			ms
		Overcurrent fault	5			

**Note 3:** Production tested at  $T_A = +25^\circ C$  and  $T_A = +85^\circ C$ . Specifications from  $T_A = -40^\circ C$  to  $+25^\circ C$  are guaranteed by design, unless otherwise noted.

**Note 4:** Production tested at  $T_A = +85^\circ C$  only. All other temperatures are guaranteed by design.

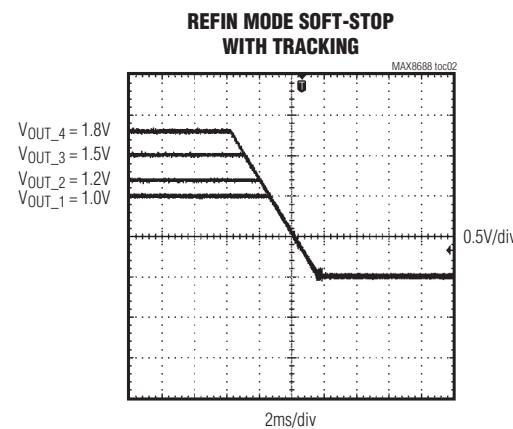
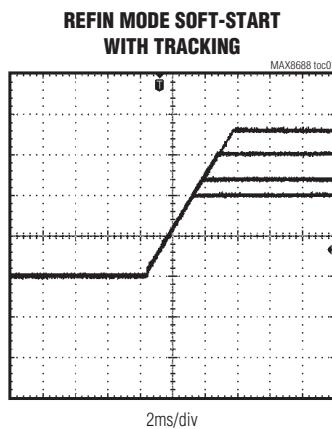
**Note 5:** When an EEPROM is connected to A2/SDAE and A1/SCLE, these pins cannot be hardwired to ground or supply. They must be connected through  $33k\Omega \pm 5\%$  resistors.

**Note 6:** Equivalent of having  $33k\Omega$  pulldown resistor to DGND.

**Note 7:** Equivalent of having  $33k\Omega$  pullup resistor to DVDD.

## 標準動作特性

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

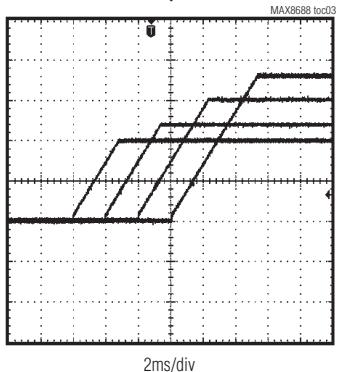


# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

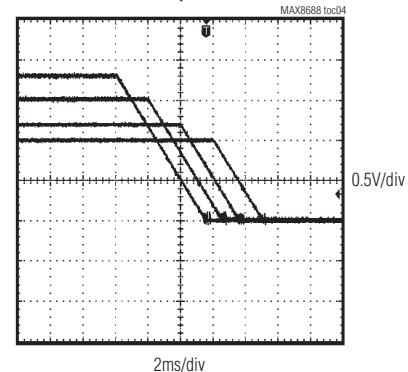
## 標準動作特性(続き)

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)

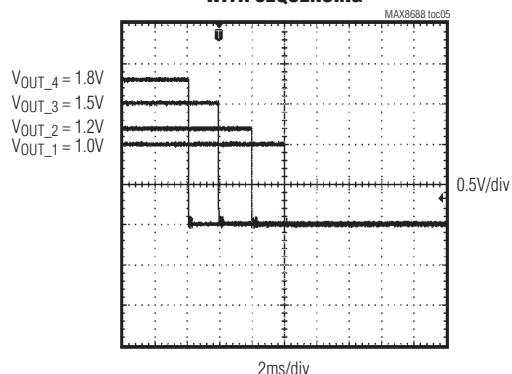
### REFIN MODE SOFT-START WITH SEQUENCING



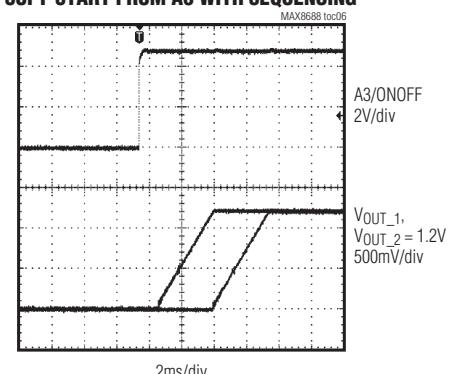
### REFIN MODE SOFT-STOP WITH SEQUENCING



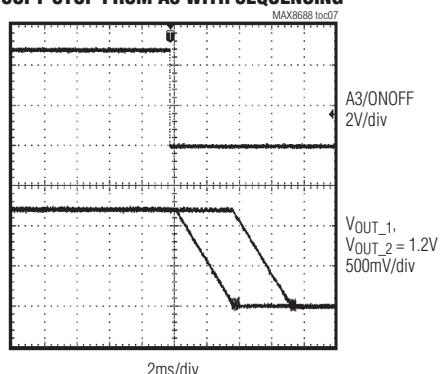
### REFIN MODE IMMEDIATE OFF WITH SEQUENCING



### REFIN MODE SOFT-START FROM A3 WITH SEQUENCING



### REFIN MODE SOFT-STOP FROM A3 WITH SEQUENCING

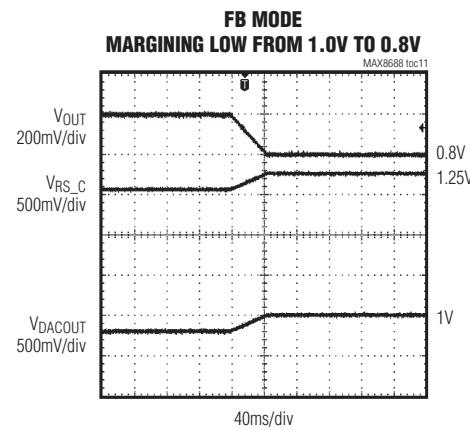
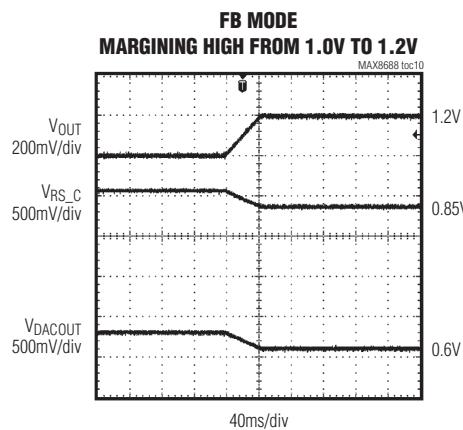
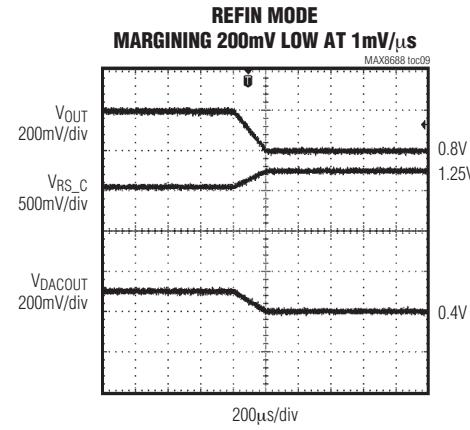
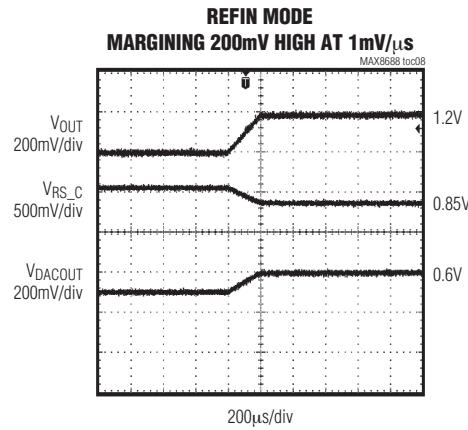


# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## 標準動作特性(続き)

( $V_{AVDD} = V_{DVDD} = 3.3V$ ,  $T_A = +25^\circ C$ , unless otherwise noted.)



# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## 端子説明

端子	名称	機能
1, 3	DVDD	デジタル電源入力(3.3V, typ)。外部でAVDDをDVDDに接続してください。DVDDとDGNDの間に0.1 $\mu$ Fのコンデンサを接続してください。
2	DGND	デジタルグランド。デバイスの近くでAGNDをDGNDに外部接続してください。
4	CLKIO	クロック入出力。ユーザ設定可能なクロック入力/出力信号です。システムコントローラがクロック入力を提供して、複数のMAX8688デバイスのタイムベースを同期化することができます。あるいは、1個のMAX8688が1MHzの出力クロックを他のMAX8688に提供して同期化を行うことも可能です。「MFR_MODE (D1h)」の項を参照してください。
5	$\overline{RST}$	アクティブローのSMBusインターフェースおよびデバイスのリセットライン。アクティブローのロジック入力です。「 $\overline{RST}$ の動作」の項を参照してください。
6	SDA	SMBusのデータライン
7	SCL	SMBusのクロックライン
8, 9	N.C.	接続なし。内部接続されていません。
10	ENOUT	オン/オフ信号オープンドレイン出力。標準的にPMBusコマンドまたはA3/ONOFF制御の下にPOL電源のオン/オフに使用します。「ENOUTの動作」および「MFR_MODE (D1h)」の項を参照してください。
11	$\overline{FLT}$	障害出力。アクティブローのオープンドレイン出力です。通常はシステムコントローラ/マスタの割込み入力に接続します。
12	A3/ONOFF	MFR_MODEコマンドを使用するデュアル機能3ステートのMAX8688スレーブアドレスID (アイデンティファイヤ、MSB)およびPOLオン/オフ制御。「MAX8688のアドレス割当て」および「A3/ONOFFの動作」の項を参照してください。
13	A2/SDAE	デュアル機能で3ステートのMAX8688スレーブアドレスIDおよびEEPROM用I <sup>2</sup> Cデータライン。「MAX8688のアドレス割当て」および「外部EEPROMインターフェース」の項を参照してください。
14	A1/SCLE	デュアル機能3ステートのMAX8688スレーブアドレスID (LSB)およびEEPROM用I <sup>2</sup> Cクロックライン。「MAX8688のアドレス割当て」および「外部EEPROMインターフェース」の項を参照してください。
15	DACOUT	内蔵12ビットDACのアナログ電圧出力。シャットダウン時にハイインピーダンスになるDC-DCモジュールのREFINまたはFBにDACOUTを接続してください。
16	AGND	アナロググランド。デバイスの近くでAGNDをDGNDに外部接続してください。
17	AVDD	アナログ電源入力(3.3V, typ)。外部でAVDDをDVDDに接続してください。AVDDとAGNDの間に0.1 $\mu$ Fのコンデンサを接続してください。
18	REFO	バッファ付きのリファレンス出力。REFOとグランドの間に1 $\mu$ Fのコンデンサを接続してください。
19	RS_C	$V_{SENSE}$ アンプ用のフィルタコンデンサ
20	RS-	DC-DC出力電圧の差動リモート検出入力のリターン。RS-を負荷のリターン端子に接続してください。
21	RS+	DC-DC出力電圧の差動リモート検出入力。出力を安定化する必要がある負荷の端子にRS+を接続してください。
22	ISN-	DC-DC出力電流の差動検出入力のリターン。ISN-を電流検出抵抗の負側端に接続してください(図3)。DCR検出の場合、ISN-をフィルタコンデンサC <sub>S</sub> のリターン端子に接続してください(図7)。
23	ISN+	DC-DC出力電流の差動検出入力。ISN+を電流検出抵抗の正側端に接続してください。DCR検出の場合、ISN+をフィルタの抵抗とコンデンサ(R <sub>S</sub> およびC <sub>S</sub> )の接合部に接続してください(図7)。
24	ISN_C	$I_{SENSE}$ アンプ用のフィルタコンデンサ接続
—	EP	エクスポートドパッド。最良の温度測定性能を得るために、EPをPOL用のAGNDプレーンに接続してください。EPをメインのグランド接続用に使用しないでください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

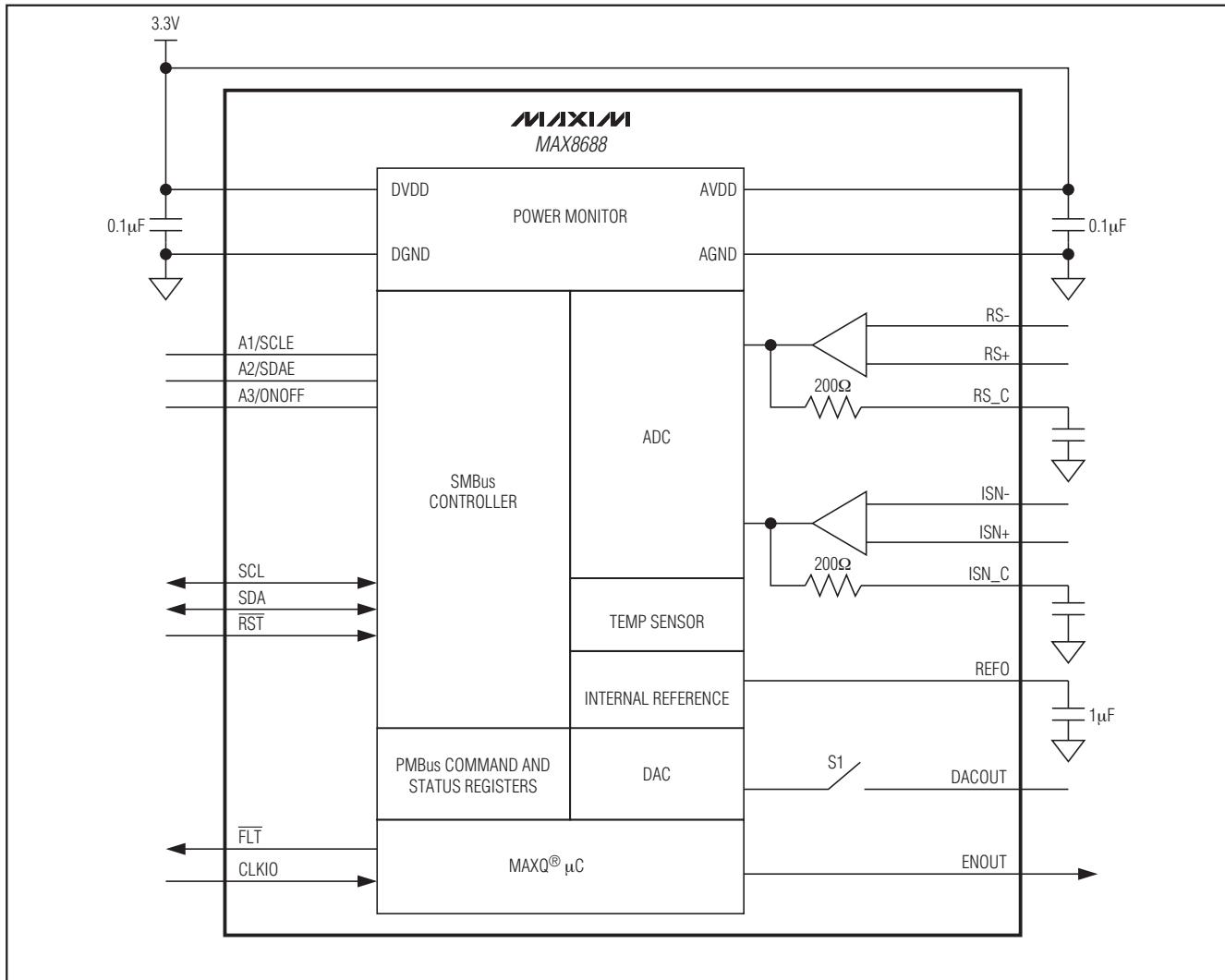


図1. MAX8688のファンクションダイアグラム

## 詳細

多くのアプリケーションにおいて、標準的に提供される1%という温度変化の仕様よりも大幅に高い精度でPOL電源の出力電圧を制御することが望されます。多くの設計では、ボード上の各電源の出力電圧、出力電流、および温度などの情報にアクセスして、システムの状態を監視するとともに、障害解析に役立つ障害情報をログに記録する必要があります。さらに、スタート、ストップの遅延、およびソフトスタートの立上り速度がプログラマ可能であるアプリケーションでは、ESD構造のラッチャップやストレスを回避するために、複数の電源のスタートアップとシャットダウンをシーケンス管理することが望されます。MAX8688は、内蔵の

PMBusインターフェースを通してマスタコントローラとインターフェース可能な超小型ICに必要機能を搭載することによって、これらの問題を解決します。最大127個のMAX8688が同一のPMBusバス上に存在可能であり、図2に示すように、システムコントローラからのコマンドの下にそれぞれが担当するPOLを制御します。電圧検出および電流検出のために、システムボード上の様々な位置に配置されるPOLから長いトレースを引く必要がなくなり、システム設計者にとってよりクリーンなレイアウトが得られる結果になります。したがって、POLを負荷の近くに配置することができ、短い電源プレーン距離で最高の過渡応答が実現されます。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

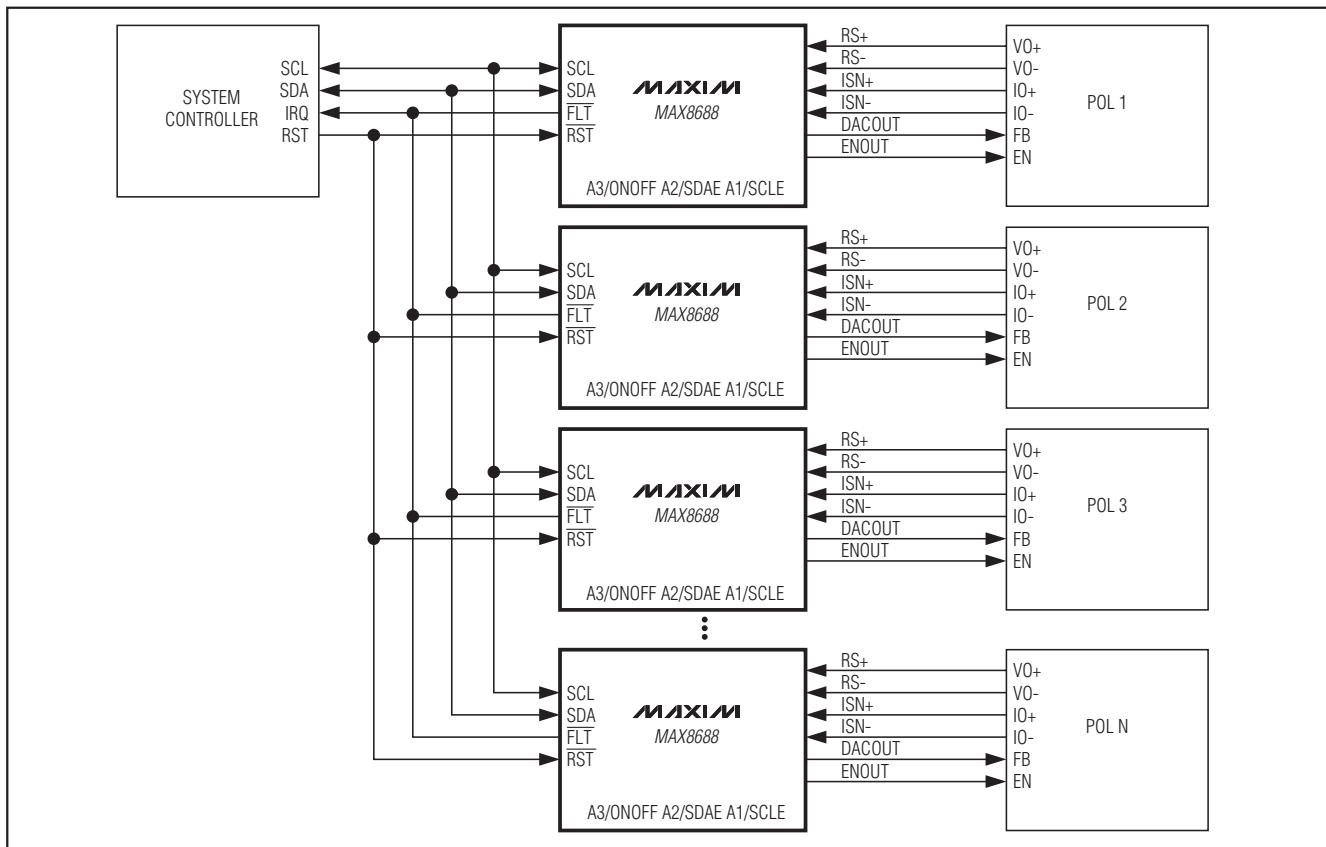


図2. 複数のMAX8688によるPOL電源の制御を示すシステムアプリケーション

## MAX8688の動作モード

### リファレンス入力(REFIN)モード

図3は、POLがリファレンス入力REFINを備えており、それに合わせてVO+とVO-各端子間の出力電圧が安定化されるアプリケーションにおける、MAX8688の一般的な使用方法を示しています。REFINアプリケーションでは、MAX8688のDACOUTがPOLのREFIN入力に接続されます。POLの出力電圧は、RS+とRS-を使用して検出されます。検出された電圧は、200Ωの内蔵抵抗およびRS\_Cに接続された外付けコンデンサによって適切にフィルタ処理され、正確な内部リファレンス電圧を使用する12ビットADCに多重送信されます。OPERATION ONコマンドまたはA3/ONOFFからのターンオン信号を受信すると、MAX8688は、制御対象のPOL用にプログラミングされたスタートアップ動作を開始します。

プログラムされたt<sub>ON\_DELAY</sub>時間の経過後、MAX8688のオープンドレイン出力ENOUTがアクティブになります。プログラムされたt<sub>ON\_RISE</sub>時間通り正確に、POLの出力電圧が目標のVOUT\_COMMAND値まで立ち上がります。これによって、複数の出力レールに対するトラッキングの実装が容易になります。目標の出力電圧に達すると、

MAX8688は、RS+およびRS-入力で取得されるPOL出力を連続的に監視して、DACOUT出力を一度に1 LSB (0.5mV)のインクリメント/デクリメントを行うことによって、電源、負荷、および温度による変動を±0.2%以内に安定化します。MAX8688の出力電圧補正速度は、MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATEパラメータによって最大10kHzまでプログラム可能です。要求された目標のPOL電圧に達すると、パラメータVOUT\_TRANSITION\_RATEによってあらかじめプログラムされたスルーレートで、POL電圧を容易に上方/下方マージンに遷移させることができます。これを達成するため、MAX8688は、プログラムされた遷移速度によって決まる適切なステップ数だけDACOUT出力をインクリメント/デクリメントします。さらに、POLの出力電圧端子と誤差アンプの反転入力の間に実装されている分圧器の比に等しい値に、ユーザがVOUT\_SCALE\_LOOPパラメータをプログラムする必要があります。これによって、DACOUTのステップ数とステップ当りの電圧インクリメント/デクリメントをMAX8688が正確に計算することができなり、プログラムされた立上り時間と遷移時間が達成されます。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

リファレンス電圧入力がMAX8688によって提供されるため、REFINモードはソフトスタート、ソフトストップ、およびマージニングの遷移についてPOLの完全な制御を提供します。ソフトスタート時( $t_{ON\_RISE}$ )およびマージニング時( $V_{OUT\_TRANSITION\_RATE}$ )のスルーレートは、POLの電流制限を考慮してプログラムする必要があります。高速過ぎるスルーレートは、過電流のためにPOLがトリップする原因になります。出力電圧のスルーレートを設定する際の一般的なガイドラインは、次式の通りです。

$$\text{SLEW RATE} \leq \frac{(I_{LIMIT} - I_{LOAD})}{C_{OUT}}$$

ここで、 $C_{OUT}$ はPOL出力の出力容量、 $I_{LOAD}$ はPOLが供給している負荷電流、 $I_{LIMIT}$ はPOLの電流制限の設定値です。OPERATION OFFコマンドまたはA3/ONOFFからのターンオフ信号を受信すると、MAX8688は制御対象のPOL用にプログラムされたシャットダウン動作を開始します。プログラムされた $t_{OFF\_DELAY}$ 時間の経過後、プログラムされた $t_{OFF\_FALL}$ 時間通り正確にMAX8688は出力電圧をゼロに立ち下げる、オープンドレインのENOUT出力をデアサートします。

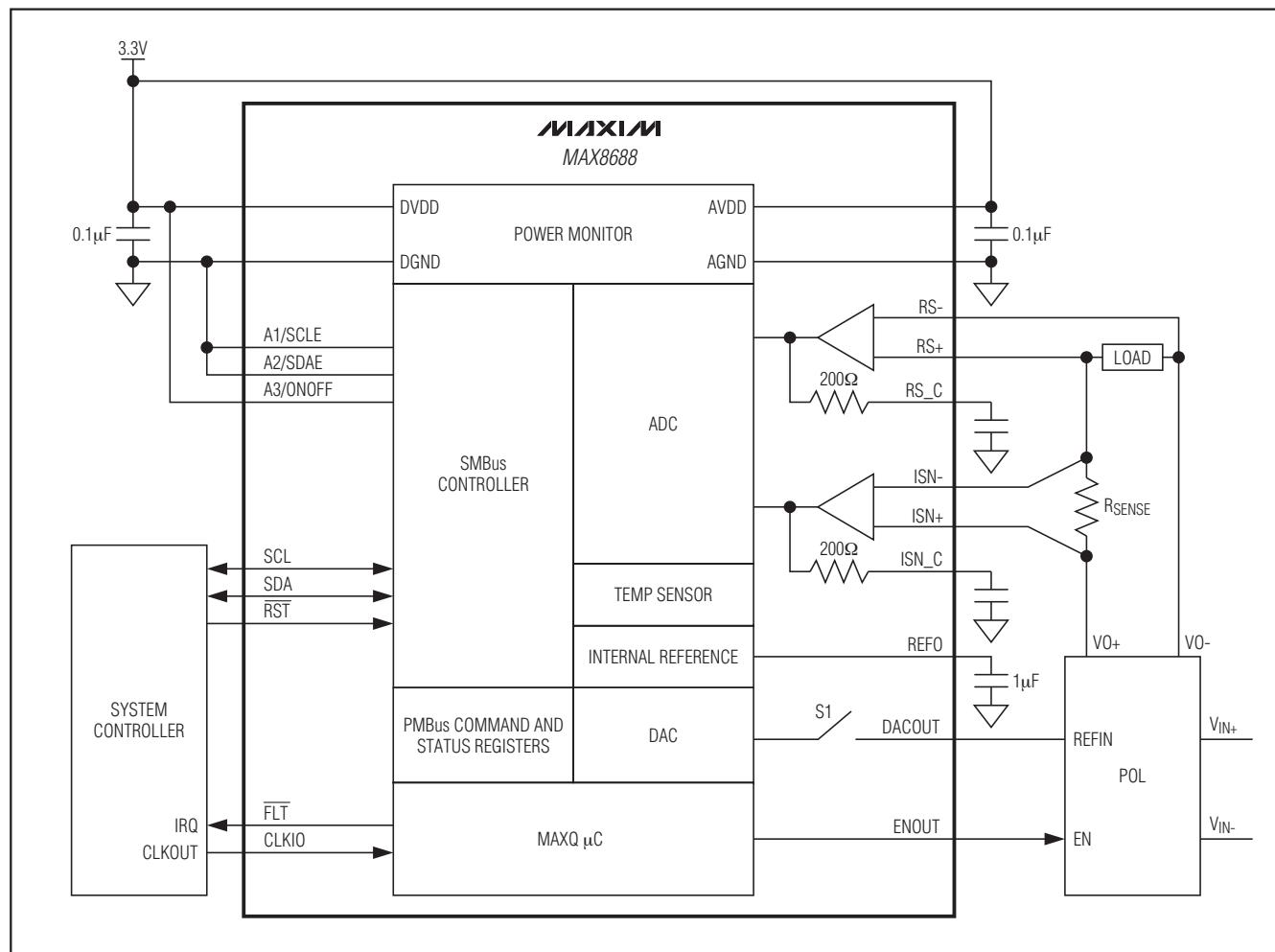


図3. 標準システムアプリケーション—REFINモード

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

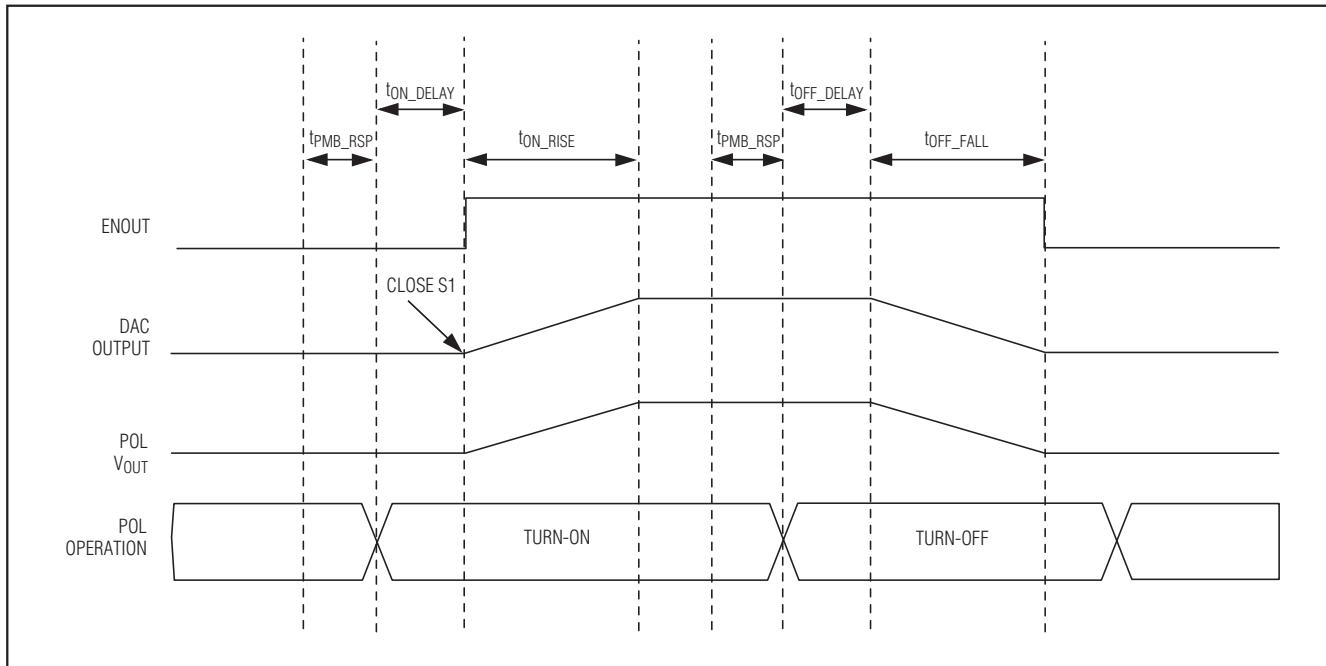


図4. REFINモードのタイミング

## フィードバック(FB)モード

REFIN入力を利用することができないアプリケーションでは、図5に示すように、MAX8688は抵抗 $R_{FB}$ を通してPOL誤差アンプの反転入力およびフィードバック端子(FB)に接続されます。定常動作時、MAX8688はDACOUTを一度に1 LSB (0.5mV)ずつ、必要に応じて上下に調整することによって、電源、負荷、および温度による変動に対して、RS+とRS-間で測定されるPOL電圧を0.2%の精度で制御します。この動作モードをFBモードと呼びます。MAX8688によるPOL誤差アンプのリファレンス電圧に対する制御が行われないため、このモードではPOLのソフトスタートの設定に依存して必要なソフトスタート時間を実現します。OPERATION ONコマンドまたはA3/ONOFFからのターンオン信号を受信すると、MAX8688は制御対象のPOL用にプログラムされたスタートアップ動作を開始します。プログラムされた $t_{ON\_DELAY}$ 時間の経過後、MAX8688のオープンドレインのENOUT出力がアクティブになります。POLがゼロから命令された出力電圧まで立ち上がるためのソフトスタート時間は、 $t_{ON\_RISE}$ パラメータを使用してMAX8688に入力する必要があります。

$t_{ON\_RISE}$ の期間中、MAX8688はS1スイッチをオープンにしておくことによって、DACOUTをハイインピーダンス状態に保ちます。これによって、DACOUTの電圧をPOLのFB端子の電圧と等しくすることができます。

$t_{ON\_RISE}$ の遅延時間の最後で、内部のDAC出力がDACOUTで測定される外部電圧に初期化され、スイッチS1が閉じられます。POLがソフトスタートを完了して所定の出力電圧にセッティングしている場合、DAC出力はPOLのFB電圧の定常状態値に初期化されます。そのため、スイッチS1が閉じられたときには、抵抗 $R_{FB}$ の両側の電圧が等しくなります。これらの条件下では、DACOUTからFB端子に流れる電流はゼロであり、出力電圧の揺動は発生しません。これ以後、MAX8688はDACOUTの電圧を調整して、正確な出力電圧の制御を提供します。FBモードの場合、ユーザが $t_{ON\_DELAY}$ および $t_{ON\_RISE}$ の各パラメータを与える必要があります。これらのパラメータが設定されていない場合(デフォルト値はゼロ)、S1が早く閉じてしまって電圧モニタの初期誤差の原因となります。

OPERATION OFFコマンドまたはA3/ONOFFからのターンオフ信号を受信すると、MAX8688は、制御対象のPOL用にプログラムされているシャットダウン動作を開始します。プログラムされた $t_{OFF\_DELAY}$ 時間の経過後、MAX8688はオープンドレインのENOUT出力をデアサートし、POLをオフにします。

FBモードの場合、次式に基づいて $R_{FB}$ の値を選択します。

$$R_{FB} = R_1 \times \frac{\Delta V_{DAC}}{\Delta V_O}$$

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

ここで、 $R_1$ は上側のフィードバック分圧抵抗、 $\Delta V_O$ は必要な出力電圧の変化量、 $\Delta V_{DAC}$ はユーザが許容するDACOUT出力電圧の変化量です。POL出力電圧調整のためのDACOUT電圧の推奨動作範囲は30mV～2Vです。 $\Delta V_{DAC}$ は、定常状態におけるPOLのFB端子電圧( $V_{FB}$ )と、DACOUTの電圧制限との差であることに注意してください。次の例はこれを最も良く示すものです。

$V_{FB} = 0.6V$ のPOLを含むアプリケーションを考えます。POLの出力電圧 1Vに対して、希望するマージニングが $\pm 10\%$ であるとします。分圧器抵抗  $R_1 = 10k\Omega$ を持つPOLの場合、 $R_{FB}$ は次のように算出されます。

$$R_{FB} = 10k\Omega \times \frac{(0.6V - 0.03V)}{0.1V} = 57k\Omega$$

$R_{FB}$ をこの値にすることによって、MAX8688はPOL出力電圧の上方マージンを10%とすることができます。

次式を使用して、下方マージンの条件を調べておくと役に立ちます。

$$\Delta V_O = R_1 \times \frac{\Delta V_{DAC}}{R_{FB}} = 10k\Omega \times \frac{(2.0V - 0.6V)}{57k\Omega} = 0.245V$$

したがって、 $57k\Omega$ の抵抗の場合の有効マージング範囲は $+10\% \sim -24.5\%$ ということになります。

$V_{OUT\_TRANSITION\_RATE}$ パラメータは、FBモードでは効果がないことに注意してください。FBモード動作時におけるマージングの遷移時間は、 $MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATE$ パラメータ、 $R_{FB}$ 、および $R_1$ の関数であり、次式で与えられます。

$$t_{FB} = \frac{R_{FB}}{R_1} \times \frac{\Delta V_{OUT}}{MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATE}$$

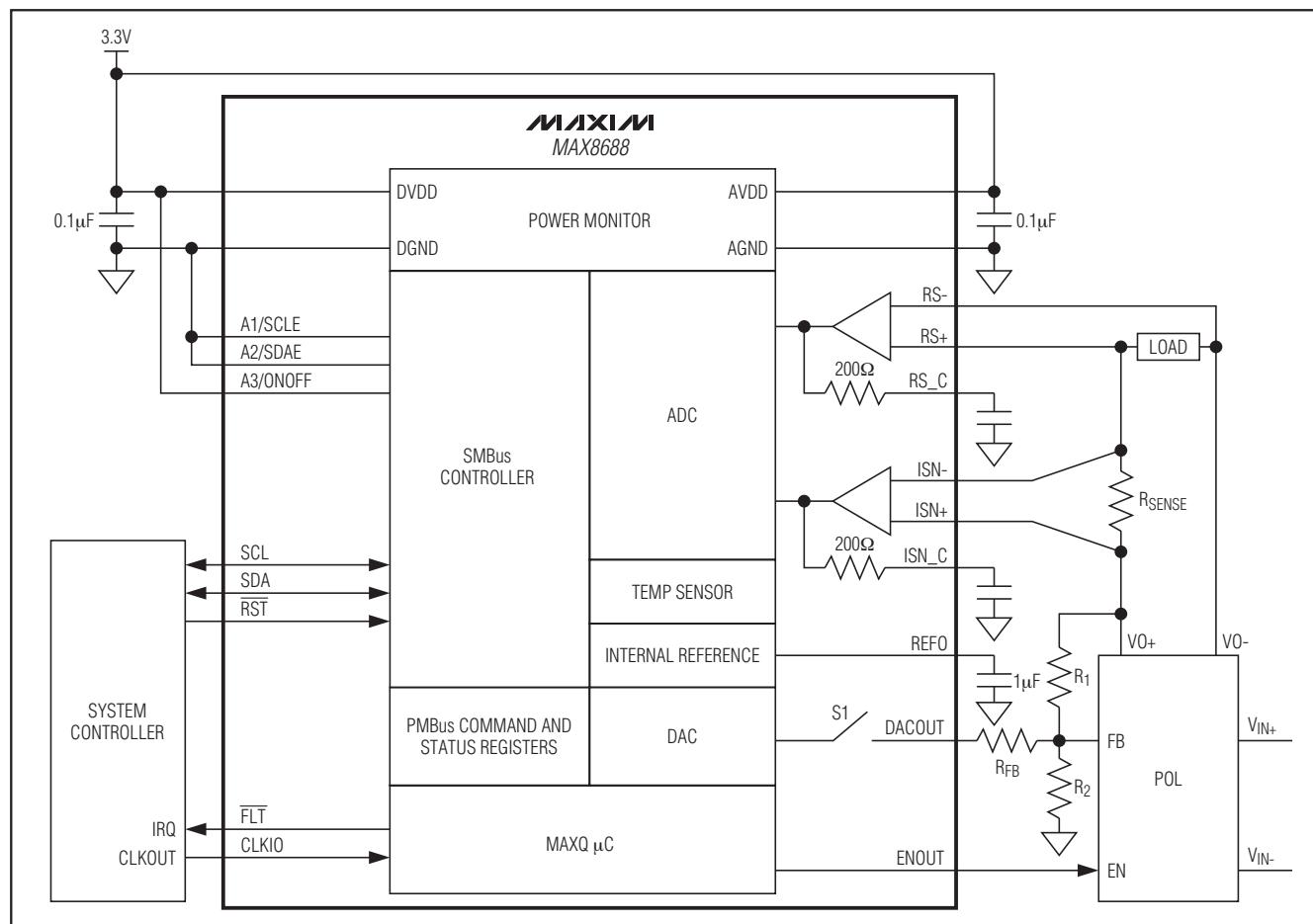


図5. 標準システムアプリケーション—フィードバックモード

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

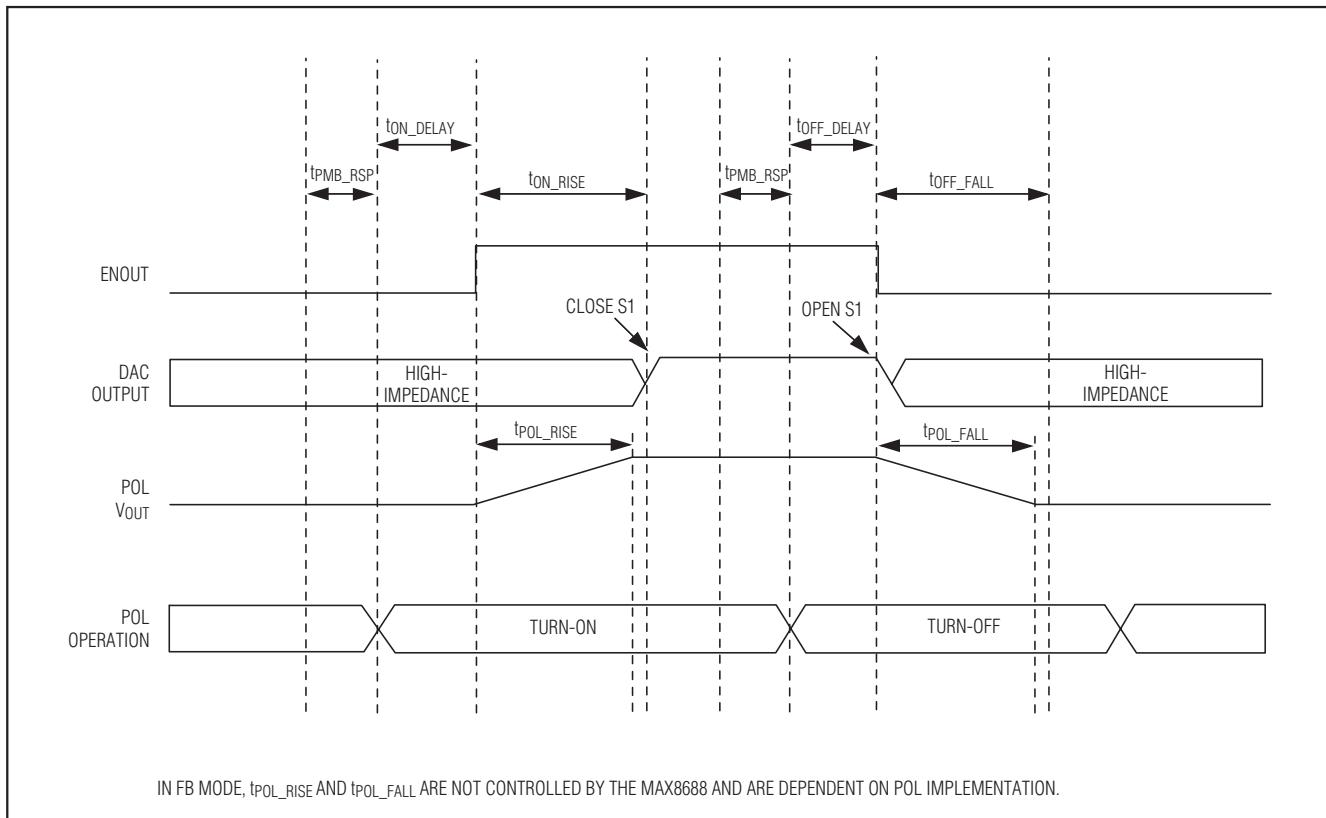


図6. フィードバックモードのタイミング

## 電流検出

ISN+およびISN-は、MAX8688の電流検出アンプの入力です。これらの端子には、図3および図5に示すように、電流検出抵抗などの電流検出素子を接続することができます。検出された電流に比例する電圧が、 $200\Omega$ の内蔵抵抗およびISN\_Cに接続された外付けコンデンサによって適切にフィルタ処理され、正確な内部リファレンス電圧を使用する12ビットADCに多重送信されます。PMBusのIOUT\_SCALEコマンドでスケール係数をプログラムして、検出された電圧情報を電流に変換することができます。MAX8688は、ISN+とISN-入力の間における $+40mV/-10mV$ の電流検出範囲に対応します。電流検出信号のコモンモード電圧範囲は、0~5.5Vにすることができます。MAX8688が逆電流を検出した場合、FLT

のアサートによってPOL出力に負の障害電流が流れていることを示します。

図7に示すように、スイッチング電源の出力インダクタ(DCR)のDC抵抗値も、電流検出素子として機能します。 $R_S$ と $C_S$ によって形成されるRCフィルタは、 $Lo/DCR$ の時定数の約10倍の時定数で設計されています。これらの条件下においては、 $C_S$ 両端間のDC電圧は、出力インダクタを流れる平均電流(本質的には出力負荷電流)とDCRの積に等しくなります。図に示すように、 $R_S$ と等しい値の抵抗 $R_{BIAS}$ を電流検出経路に配置することによって、 $R_S$ 両端間での入力バイアス電流の電圧降下の影響を相殺します。MAX8688は、電流検出素子の抵抗値に対する温度補償係数を提供します。「MFR\_IOUT\_TEMP\_COEFF (DCh)」の項を参照してください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

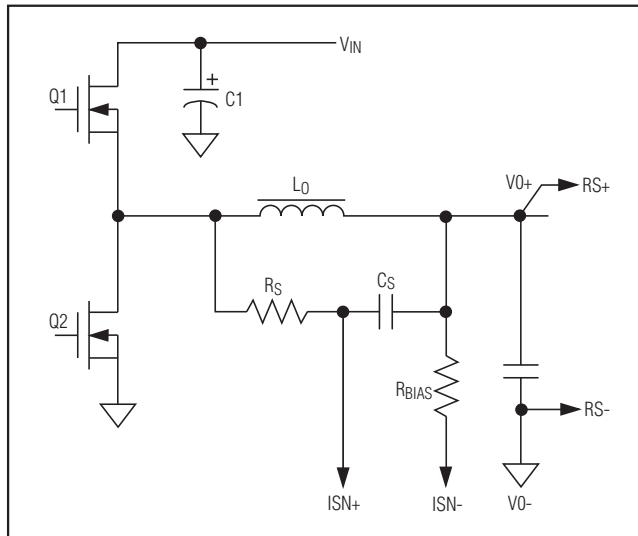


図7. DCR検出

## 温度検出

MAX8688はPOLのすぐ近くに配置されることを想定しています。MAX8688のチップ上に搭載された温度センサがダイの温度を検出し、その温度は、接合部とケース間の熱抵抗によってMAX8688のエクスポートパッドの温度と関連づけられます。MAX8688のエクスポートパッドをPOLの放熱グランドプレーンに接続して、POLの温度とMAX8688によって測定される温度との関係を取得するために、POL基板の特性を求ることができます。この情報を使用して、MAX8688の温度過昇障害の設定を行うことができます。

## 外部EEPROMインターフェース

MAX8688は、A1/SCLEおよびA2/SDAEに接続されたEEPROMと通信可能です。MAX8688は、書き込みの場合は「1010 0000」のアドレスバイトで、また読み込みの場合は「1010 0001」のアドレスバイトでEEPROMとの通信を行います。2バイトのデータ値に対しては、最上位バイトが低位オフセットに格納され、最下位バイトが高位オフセットに格納されます。

リセット時、MAX8688は設定EEPROMが存在するかどうかを調べます。このデバイスは、接続されているEEPROMのSIGNATUREバイトを検索します。SIGNATUREバイトが存在する場合、有効な設定EEPROMが存在するものと判断して、接続されているEEPROMからの設定情報の読み取りを開始します。スレーブアドレス情報が存在する場合は、アドレスA3:A1端子によってすでに設定されているスレーブアドレス情報よりも優先されます。

表1に、MAX8688が予期している設定情報の内容とオフセットを示します。この情報は参考用にのみご利用ください。適切に設定された実際に動作するMAX8688を使用して、その状態をEEPROMに保存し、できる限り少ないフィールド数(スレーブアドレスなど)に変更を限定することが推奨されます。

「予約済み」(reserved)になっているフィールドの一部は、状態がEEPROMに保存される際に、0以外のデータを含んでいる可能性があります。これらの位置については、EEPROMからの復元時に無視されるか、またはそのつど再計算されます。一部の予約済みフィールドについては、適切な動作タイミングを保証するために0より大きな値を設定する必要があります。

温度、電圧、および電流の各値の保存には、それぞれに対応するPMBusコマンドで使用する形式とは異なる内部表現形式が使用されます。EEPROMの内部表現形式の詳細については、次の表1を参照してください。

たとえば、VOUT\_COMMAND = 3.0V, m = 19995, b = 0, R = -1という情報をEEPROMに保存します。最初に、PMBusコマンドの値、5998を計算します。電圧範囲が2Vの場合、変換は必要ありません。したがって、17hをオフセット14に、6Ehをオフセット15に書き込みます。電圧範囲が5.5Vの場合、EEPROMに格納される値 = 5998/2.75 = 2181になります。したがって、オフセット14に08hを、オフセット15に85hを書き込みます。

この変換は、EEPROMとの間で設定情報の復元または保存が行われる際に、MAX8688によって自動的に行われることに注意してください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

表1. EEPROMの内容

OFFSET (BYTES)	VALUES (Note 8)	PMBus COMMAND	NOTES
0	MFR_TEMPERATURE_PEAK	D6h	Note 9
2	MFR_VOUT_PEAK	D4h	Note 10
4	MFR_IOUT_PEAK	D5h	Note 11
6	MFR_STATUS_WORD (set to 0)	D8h	—
8–13	Reserved (set to 0)	—	—
14	VOUT_COMMAND	21h	Note 10
16	VOUT_SCALE_LOOP	29h	—
18	TON_RISE	61h	—
10	TON_DELAY	60h	—
22	MFR_TICK_RELOAD This value equals to 0FE84h when using the internal clock, else computed as 65535 – MFR_MODE[15:8]	D1h	—
24	VOUT_MARGIN_HIGH	25h	Note 10
26	VOUT_MARGIN_LOW	26h	Note 10
28	MFR_VOUT_CORRECTION_RATE	D2h	—
30	MFR_SAMPLE_RATE	D3h	—
32	VOUT_OV_FAULT_LIMIT	40h	Note 10
34	VOUT_OV_WARN_LIMIT	42h	Note 10
36	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	44h	Note 10
38	VOUT_UV_WARN_LIMIT	43h	Note 10
40	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	46h	Note 11
42	IOUT_OC_WARN_LIMIT	4Ah	Note 11
44	OT_FAULT_LIMIT	4Fh	Note 9
46–53	Reserved (set to 0)	—	—
54	MFR_MODE Must match MFR_TICK_RELOAD setting	D1h	—
56	MFR_FAULT_RETRY	DAh	—
58	MFR_FAULT_RESPONSE	D9h	—
60–63	Reserved (set to 1)	—	—
64–71	Reserved (set to 0)	—	—
72	OT_WARN_LIMIT	51h	Note 9
74	IOUT_SCALE	38h	—
76	TOFF_DELAY	64h	—
78	VOUT_TRANSITION_RATE	27h	—
80	Reserved (set to 0)	—	—
82	MFR_FILTER_MODE	D7h	—
84	MFR_SET_ADDRESS Low byte: SMBus slave address, high byte: reserved	DBh	—
86	TOFF_FALL	65h	—
88	MFR_IOUT_TEMP_COEFF	DCh	—
90	Reserved (set to 0)	—	—
92–125	Reserved (set to 0)	—	—
126	SIGNATURE (set to 4453h)	N/A	—

Note 8 : 2バイト値の場合、最上位バイトが最初に(低位オフセットに)書き込まれ、最下位バイトが最後に(高位オフセットに)書き込まれます。

Note 9 : 温度値をEEPROMに格納する場合、PMBusの値に3010 (10進)を加算してください。

Note 10 : 電圧値をEEPROMに格納する場合、2Vモードでは変換は不要です。5.5Vモードの値については、PMBusの値を2.75で除算してください。

Note 11 : 電流値をEEPROMに格納する場合、PMBusの値にIOUT\_SCALEを乗算して、37.24で除算してください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

マスタコントローラが存在しないか、または必要ないアプリケーションにおいて、A1/SCLEおよびA2/SDAEを使用してMAX8688と外部のシリアルSOT23 EEPROM (Atmel AT24C01Aなど)とをインターフェースさせる方法を図8に示します。ユーザはGUIを使用して個々のMAX8688デバイスを選択し、必要なすべての出力電圧の設定およびシーケンス管理/トラッキング情報の設定を行うことができます。設計の完了後、STORE\_DEFAULT\_ALLコマンドを使用することによって結果を外部のEEPROMに保存することができ、パワーオンリセット時にその設定がMAX8688上に復元されます。EEPROMは、製造環境においてボードの組立て前にあらかじめプログラムすることも可能です。A3/ONOFF

を制御信号として使用して、OPERATIONコマンドと同様にPOLのオン/オフを行うことができます。

## MAX8688の動作

リセット(パワーオンリセットまたはデバイスリセットパルスをRSTに印加)時に、MAX8688は図9に示す初期化処理を実行します。

初期化後、MAX8688は常にPMBusを監視して、適宜PMBusコマンドを実行します。さらに、POLに対してオンが命じられた場合、MAX8688は、POLの出力電圧、電流、および温度もMFR\_SAMPLE\_RATEで監視します。システムコントローラは、様々な問合せおよびステータスコマンドの発行によってPOLの動作状態を監視します。

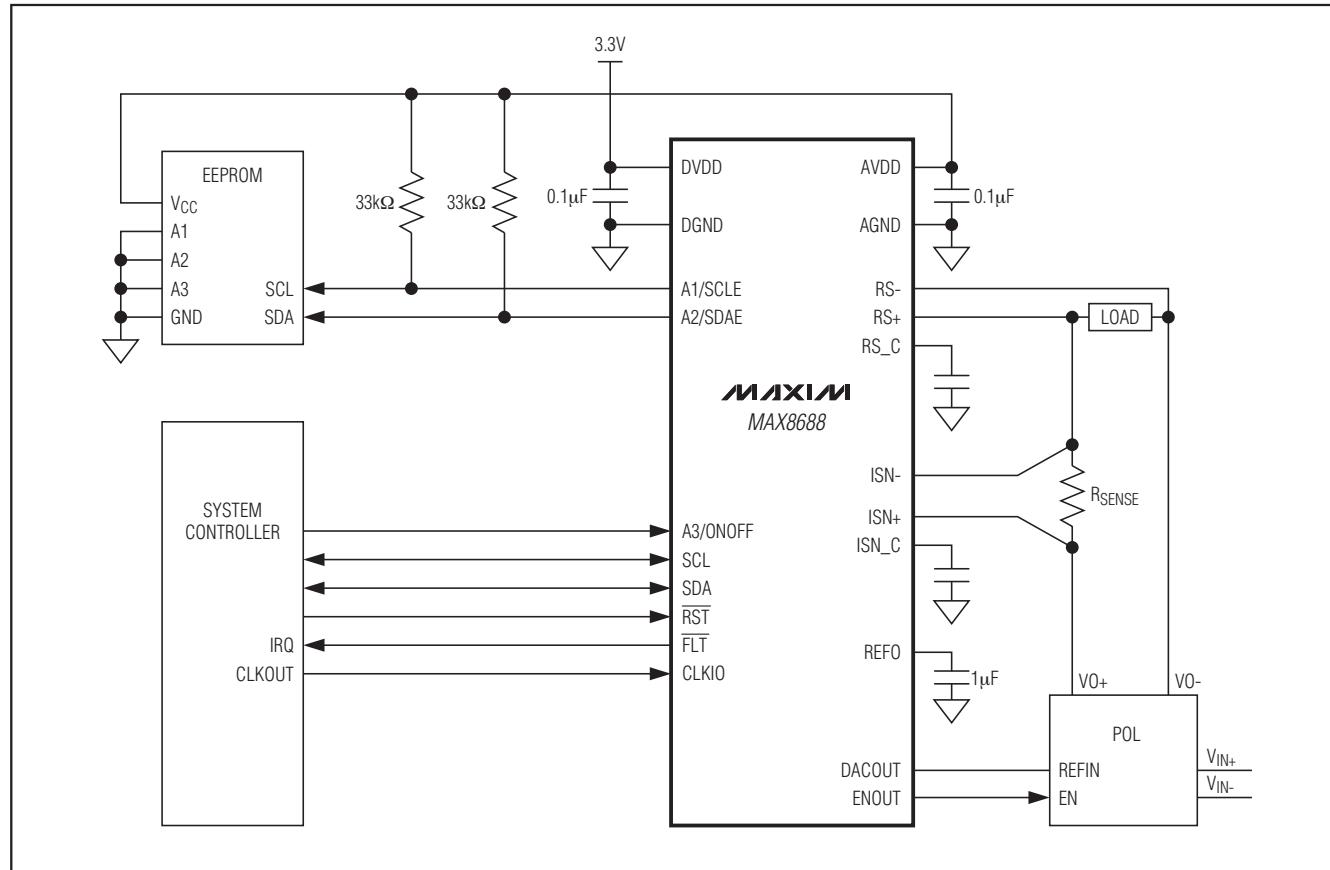


図8. 外部EEPROMを使用する標準システムアプリケーション

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

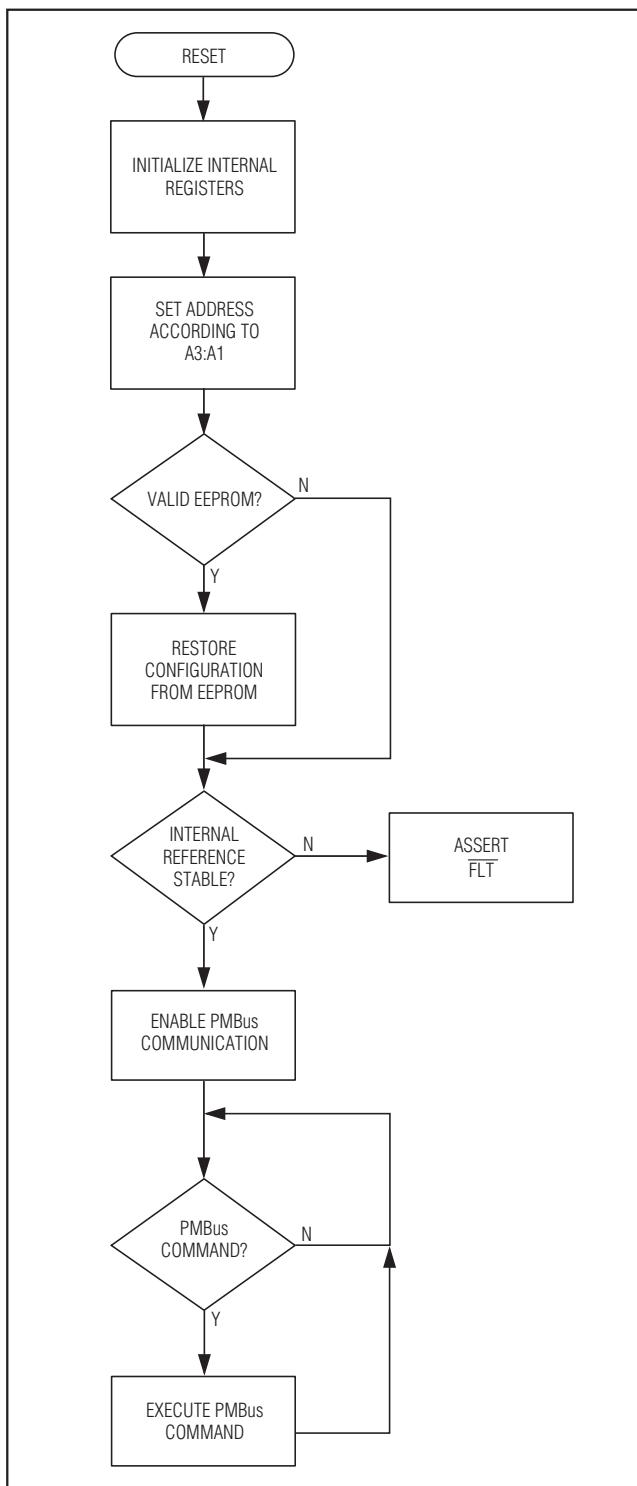


図9. MAX8688の初期化

## RSTの動作

$\overline{\text{RST}}$ 信号を使用して、 $\overline{\text{RST}}$ のパルス幅に応じてSMBusインターフェースまたはMAX8688のリセットを行うことができます。SMBusインターフェースをリセットする場合、 $t_{\text{SMB\_RST}}$ の間 $\overline{\text{RST}}$ 信号をローに維持します。これによってSMBusインターフェースがリセットされ、未完了のPMBusコマンドまたはその時点までに受信した部分的なコマンドがあれば消去されます。その他のMAX8688の内部レジスタはSMBusリセットの影響を受けません。ホストコントローラが $t_{\text{RST}}$ の間アクティブローのパルスを $\overline{\text{RST}}$ に印加した場合、MAX8688はデバイスリセットされ、初期化処理が繰り返されます。

## ENOUTの動作

既知でかつ制御されたPOLの起動状態を保証するため、MAX8688は、工場出荷時に特定のENOUT初期起動状態にプログラムされます。POLには、アクティブハイイネーブルとアクティブローイネーブルの2種類があります。デフォルトでは、MAX8688は初期起動状態がオフ状態であると想定します。適正な動作のためには、POLのオン状態を設定する必要があります。ENOUTのアクティブ状態の設定は、MFR\_MODEコマンドのENOUT Polarity Selectを使用して行います。

表2. ENOUTのアクティブ状態

ENOUT DEFAULT STARTUP STATE	ENOUT POLARITY SELECT	ENOUT ACTIVE STATE
0 (Low)	0	Active High
0 (Low)	1	Active Low
1 (High)	0	Active Low
1 (High)	1	Active High

## MAX8688のアドレス割当て

MAX8688のアドレスは、次に説明する3種類の方法のいずれかで割り当てることができます。

- 1) A3:A2:A1によるハードウェア
- 2) EEPROMからの復元
- 3) システムコントローラによるMFR\_SET\_ADDRESSコマンドの使用

アドレス割当ての順序を図10に示します。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

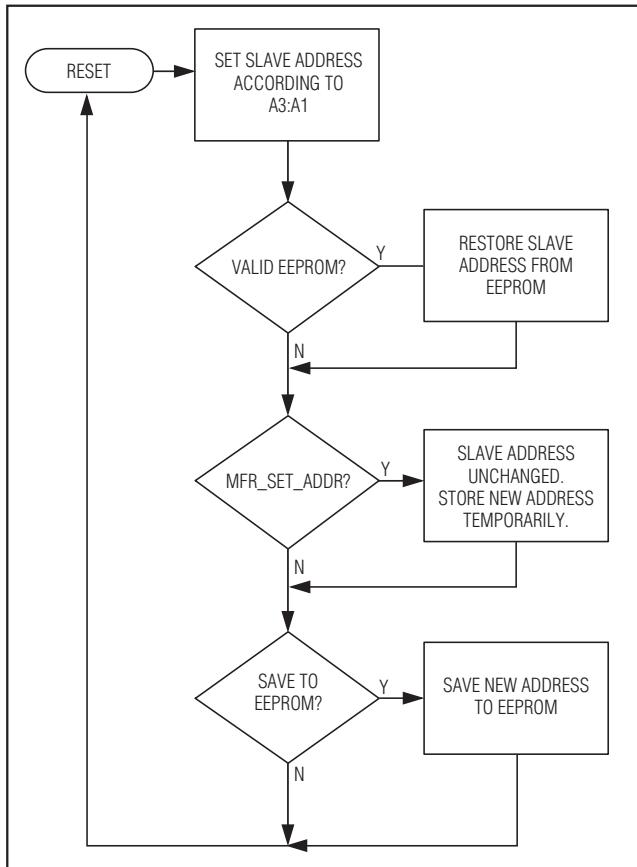


図10. MAX8688のアドレス割当て

MAX8688は、デバイスリセット時にA3:A2:A1のアドレス端子を読み取り、表3に従って自己のアドレスを決定します。

たとえば、スレーブアドレスが010 0101 (25h)になるようにMAX8688を設定するには、A3:A2:A1 = H:L:Zに設定します。また、MAX8688はブロードキャストアドレス(00h)にも応答します。結果のアドレスが00hになるようにアドレス端子を設定することも可能ですが、そのようなアドレスを持つMAX8688はブロードキャストアドレスにのみ反応することになります。同じバス上に他のPMBusデバイスも存在する場合、これは望ましくない結果を生みます。したがって、ハードワイヤアドレス端子の選択肢としては、 $3^3 - 1 = 26$ 通りのアドレスが選択可能です。

有効なSIGNATUREバイトを持つEEPROMがMAX8688に接続されている場合、MAX8688はそのEEPROMからスレーブアドレスの復元も行おうと試みます。これはアドレス端子によって設定されたアドレスよりも優先されます。これによって、有効なスレーブアドレスの合計は127個になります(アドレス00hは通常はブロードキャスト用アドレスです)。EEPROMから取得した

表3. MAX8688のA3:A1によるアドレス割当て

A3/ONOFF	A2/SDAE	A1/SCLE	ADDRESS
L	L	L	00h*
L	L	Z	01h**
L	Z	L	02h
L	Z	Z	03h
Z	L	L	04h
Z	L	Z	05h
Z	Z	L	06h
Z	Z	Z	07h
L	L	H	09h
L	Z	H	0Bh
Z	L	H	0Dh
Z	Z	H	0Fh
L	H	L	12h
L	H	Z	13h
Z	H	L	16h
Z	H	Z	17h
L	H	H	1Bh
Z	H	H	1Fh
H	L	L	24h
H	L	Z	25h
H	Z	L	26h
H	Z	Z	27h
H	L	H	2Dh
H	Z	H	2Fh
H	H	L	36h
H	H	Z	37h
H	H	H	3Fh

\*アドレス00hはブロードキャスト用に予約されています。

\*\*外部EEPROMを接続した場合、網掛けのアドレスは利用不可となります。

アドレスのビット7に1がセットされている場合、それは無効なアドレスであり、MAX8688はアドレス端子によって設定されたアドレスを引き続き使用します。EEPROMがA2/SDAEおよびA1/SCLEに接続されている場合、これらの端子はロジックハイまたはロジックローのいずれかになるため、結果としてこのシナリオにおいては、A3:A2:A1端子によって設定可能なアドレスの数は $2^3 - 1 = 7$ 個になります。

さらに、MAX8688にEEPROMが接続されている場合、システムコントローラからMFR\_SET\_ADDRESSコマンドで新しいアドレスを送信することによって、MAX8688のスレーブアドレスを変更することもできます。ただし、新しいアドレスは直ちに有効にはなりません。まず、新しいアドレスをEEPROMに格納する必要があります。その後、デバイスリセットを適用することによってMAX8688にアドレス割当ての手続きを行わせて、EEPROMから新しいアドレスを読み取らせます。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## A3/ONOFFの動作

MAX8688に対するアドレス情報の提供に加えて、A3/ONOFFは、OPERATIONコマンドと同様にPOLのオンまたはオフを行う制御信号としても使用可能です。A3/ONOFFをPOLの制御に使用するためには、MFR\_MODEコマンドのA3 Control Enableビットを設定します。

A3制御がイネーブルされている場合、MAX8688がOPERATION ONコマンドを受信した場合と同様に、A3/ONOFFをローからハイに遷移させることによってPOLがオンになります。A3/ONOFFをハイからローに遷移させると、MAX8688がOPERATION OFFコマンド(ソフトオフ、シーケンス管理付き)を受信した場合のように、POLのソフトオフが開始されます。A3制御がイネーブルされている間も、MAX8688は引き続きPMBusのOPERATIONコマンドに応答します。A3/ONOFF入力を検出するには、A3/ONOFF信号のパルス幅は、 $t_{A3\_LOW}$ および $t_{A3\_HIGH}$ という検出のための要件を満たしている必要があります。この制御がディセー

ブルされている場合(0にクリアされている場合)、MAX8688はA3/ONOFFの状態を無視して、OPERATIONコマンドによる指示のみに従って機能します。

MAX8688がアドレス設定を読み取ってラッチするまでの間は、MAX8688のA3/ONOFFのデュアル機能は、システムイネーブル信号をA3/ONOFFから絶縁しておく必要があります。図11に、A3/ONOFF設定の3つの可能な状態の内の1つの実装例を示します。それぞれの場合において、システムイネーブル信号(MAX8688\_EN)は3ステートバッファの入力に印加され、MAX8688がA3/ONOFFアドレス設定を読み取ってラッチするための時間の間、制御入力信号(HIZ\_EN)によってバッファの出力がハイインピーダンス状態に維持されます。この時間の経過後、制御信号HIZ\_ENがローになり、システムイネーブル信号をMAX8688のA3/ONOFF端子に印加することが可能になります。 $t_{A3\_LOW}$ の経過後、MAX8688\_EN信号がローからハイに遷移して、その結果、各MAX8688がPOLのスタートアップ動作を開始します。

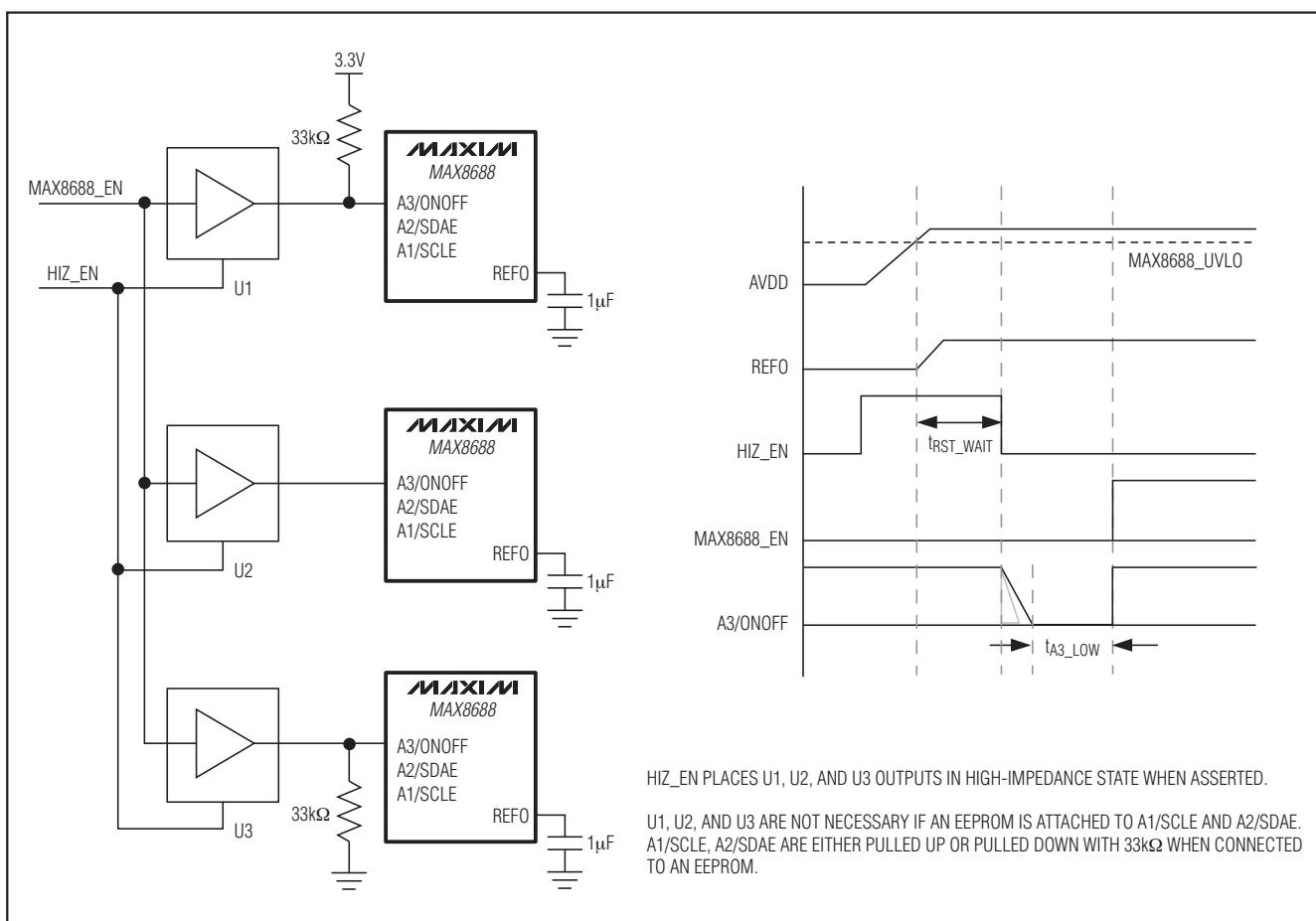


図11. A3/ONOFFをアドレスおよびオン/オフ制御信号の両方に使用するアプリケーション図

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## PMBusデジタルインターフェース

ソフトウェアの視点からは、MAX8688はPMBusコマンドのサブセットを実行可能なPMBusデバイスに見えます。PMBus 1.0準拠のデバイスは、トランスポートプロトコルとしてSMBus version 1.1を使用して、SMBusのスレーブアドレスに応答します。このデータシートでは、SMBusの物理層を使用したPMBus通信の電気的特性に言及する際にSMBusという用語を使用します。PMBusという言葉は、PMBusコマンドプロトコルに言及する際に使用します。

MAX8688は、5種類の標準SMBusプロトコル(ワード書込み、ワード読取り、バイト書込み、バイト読取り、およびバイト送信(図12~15参照))を使用して、出力電圧および警告/障害スレッショルドのプログラム、監視したデータの読取り、およびすべてのメーカー独自のコマンドへのアクセス提供を行います。

MAX8688はグループコマンドもサポートしています。グループコマンドは、2個以上のPMBusデバイスにコマンドを送信するために使用します。すべてのデバイスが同じコマンドを受信する必要はありません。しかし、どの1つのデバイスに対しても、1つのグループコマンドパケットで2個以上のコマンドを送信することはできません。STATUS\_BYTEコマンドのように、受信側デバイスが応答してデータを返すことを要求するコマンドには、グループコマンドを使用してはいけません。MAX8688がこのプロトコルを通してコマンドを受信した場合、ストップ条件の検出後、直ちに受信したコマンドの実行を開始します。

データワードが送信される際には、下位バイトが最初に送信され、上位バイトが最後に送信されます。いずれのバイト内でも、最上位ビット(MSB)が最初に送信され、最下位ビット(LSB)が最後に送信されます。

### WRITE BYTE FORMAT

S	ADDR	W	A	COMMAND	A	DATA	A	P
	7 BITS			8 BITS		8 BITS		

SLAVE ADDRESS

COMMAND BYTE:  
SELECTS WHICH  
COMMAND PARAMETER  
TO WRITE TO

DATA BYTE: DATA FOR THE COMMAND  
SET BY THE COMMAND BYTE

### READ BYTE FORMAT

S	ADDR	W	A	COMMAND	A	SR	ADDR	R	A	DATA	NA	P
	7 BITS			8 BITS			7 BITS			8 BITS		

SLAVE ADDRESS

COMMAND BYTE:  
SELECTS WHICH  
COMMAND PARAMETER  
TO READ FROM

SLAVE ADDRESS:  
REPEATED DUE TO  
CHANGE IN DATA-FLOW  
DIRECTION

DATA BYTE: DATA FOR THE COMMAND  
SET BY THE COMMAND BYTE

### WRITE WORD FORMAT

S	ADDR	W	A	COMMAND	A	DATA0	A	DATA1	A	P
	7 BITS			8 BITS		8 BITS		8 BITS		

SLAVE ADDRESS

COMMAND BYTE:  
SELECTS WHICH  
COMMAND PARAMETER  
TO WRITE TO

DATA BYTE: DATA FOR THE COMMAND SET BY THE  
COMMAND BYTE

### READ WORD FORMAT

S	ADDR	W	A	COMMAND	A	SR	ADDR	R	A	DATA0	A	DATA1	NA	P
	7 BITS			8 BITS			7 BITS			8 BITS		8 BITS		

SLAVE ADDRESS

COMMAND BYTE:  
SELECTS WHICH  
COMMAND PARAMETER  
TO READ FROM

SLAVE ADDRESS:  
REPEATED DUE TO  
CHANGE IN DATA-FLOW  
DIRECTION

DATA BYTE: DATA FOR THE COMMAND SET BY THE  
COMMAND BYTE

### SEND BYTE FORMAT

S	ADDR	W	A	COMMAND	A	P
	7 BITS			8 BITS		

SLAVE ADDRESS

COMMAND BYTE: SEND  
COMMAND WITH NO DATA

S = START CONDITION.  
SR = REPEATED START CONDITION.  
P = STOP CONDITION.  
■ = SLAVE TRANSMISSION.

図12. SMBusプロトコル

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

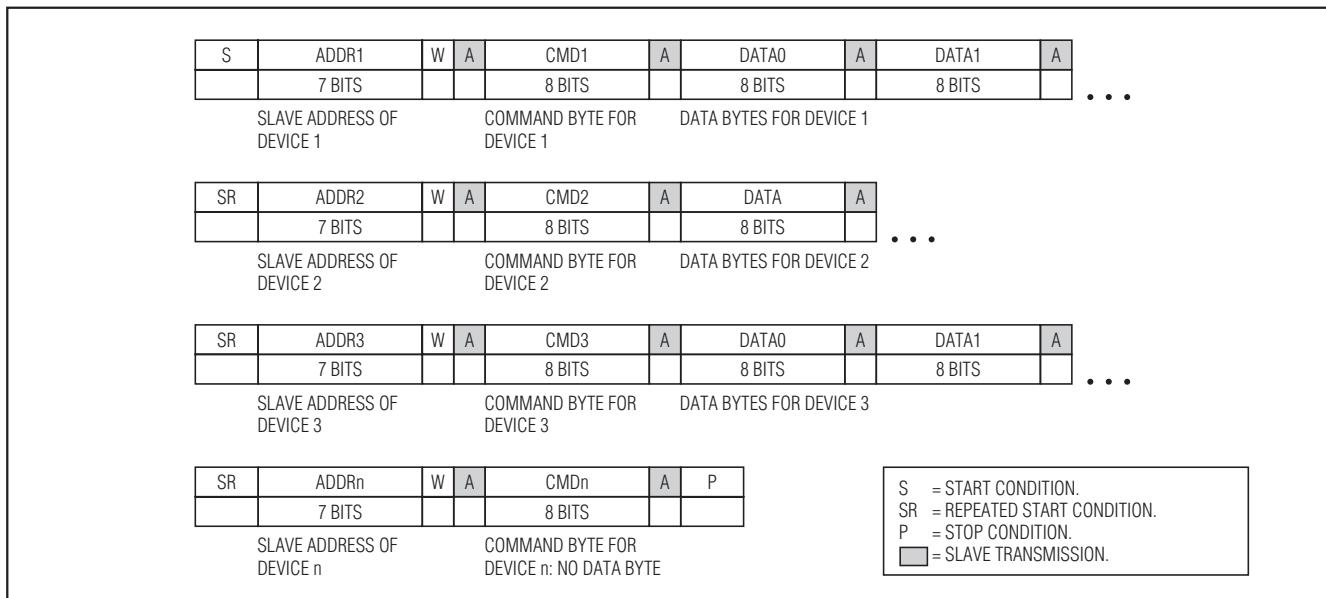


図13. SMBusグループコマンドプロトコル

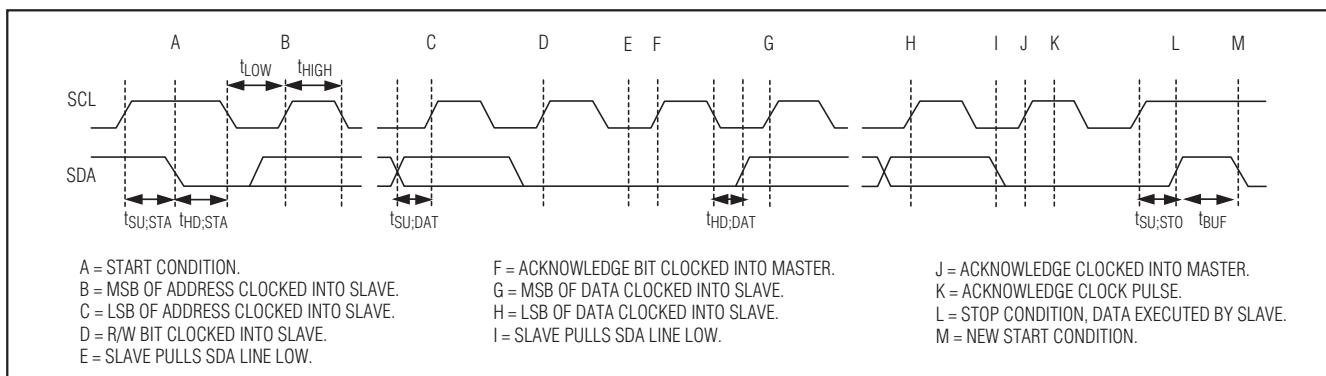


図14. SMBus書き込みタイミング図

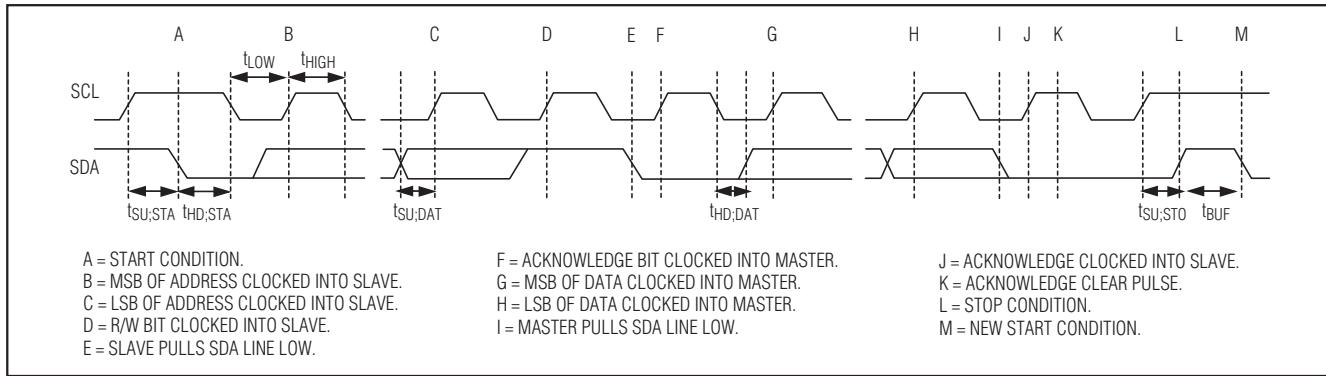


図15. SMBus読み取りタイミング図

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

MAX8688のSMBusインターフェースは、パケット誤り検査(PEC)をサポートしていません。また、35msのタイムアウトもサポートしていません。したがって、MAX8688のSMBusインターフェースをリセットするためには、ホストコントローラがt<sub>SMB\_RST</sub>の間RSTをローに維持する必要があります。これによってSMBusインターフェースがリセットされます。「RSTの動作」の項をご覧ください。

## PMBusプロトコルのサポート

MAX8688は、Power System Management Protocol Specification Part II - Command Language Revision 1.0で定義されているコマンドのサブセットをサポートしています。詳細な仕様およびPMBusコマンドの完全なリストについては、[www.PMBus.org](http://www.PMBus.org)で提供されているPMBus仕様のPart IIを参照してください。この文書では、サポートしているPMBusコマンドおよびそれに対応するMAX8688の動作について説明します。

別途指定のない限り、すべてのデータ値はDIRECT形式で表現されます。要求されるビット数よりもデータの分解能が低い場合は、別途指定のない限り、常にデータが右詰めされ(下位ビットのみが有意)、上位ビットは

ゼロで埋められます。たとえば、2バイト値を使用してMAX8688が返すのが12ビットのデータのみである場合、MAX8688は、上位4ビットをゼロで埋めて下位12ビットでデータを返します。PMBus仕様で「PMBusデバイス」と記述されている部分は、すべてPOLデバイスとの組み合わせで動作するMAX8688を指すものとします。コマンドがPMBusデバイスのオンまたはオフを要求する場合でも、MAX8688は常にオンのままでPMBusマスターとの通信を続行して、適宜MAX8688がPOLデバイスにコマンドを転送します。

## データ形式

出力電圧または関連パラメータ(過電圧スレッショルドなど)の命令または読み取りのための電圧データは、DIRECT形式で表現されます。DIRECT形式データは2バイト長で、2の補数形式のバイナリ値です。DIRECT形式のデータは、パラメータ値の送信または読み取りを行う任意のコマンドと組み合わせて使用することができます。DIRECT形式では、1つの方程式と定義された係数を使用して希望の値を計算します。MAX8688が使用する係数を表4に示します。

表4. MAX8688のPMBusコマンド一覧

	COMMAND CODE	COMMAND NAME	TRANSACTION TYPE	NO. OF BYTES	m	b	R
1	01h	OPERATION	R/W Byte	1	—	—	—
2	03h	CLEAR_FAULTS	Send Byte	0	—	—	—
3	11h	STORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	0	—	—	—
4	12h	RESTORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	0	—	—	—
5	21h	VOUT_COMMAND	R/W Word	2	19995	0	-1
6	25h	VOUT_MARGIN_HIGH	R/W Word	2	19995	0	-1
7	26h	VOUT_MARGIN_LOW	R/W Word	2	19995	0	-1
8	27h	VOUT_TRANSITION_RATE	R/W Word	2	256	0	0
9	29h	VOUT_SCALE_LOOP	R/W Word	2	128	0	0
10	38h	IOUT_SCALE	R/W Word	2	1	0	1
11	40h	VOUT_OV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	19995	0	-1
12	42h	VOUT_OV_WARN_LIMIT	R/W Word	2	19995	0	-1
13	43h	VOUT_UV_WARN_LIMIT	R/W Word	2	19995	0	-1
14	44h	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	19995	0	-1
15	46h	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	23109	0	-2
16	4Ah	IOUT_OC_WARN_LIMIT	R/W Word	2	23109	0	-2
17	4Fh	OT_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	-7612	335	-3

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

表4. MAX8688のPMBusコマンド一覧(続き)

	COMMAND CODE	COMMAND NAME	TRANSACTION TYPE	NO. OF BYTES	m	b	R
18	51h	OT_WARN_LIMIT	R/W Word	2	-7612	335	-3
19	60h	TON_DELAY	R/W Word	2	1	0	1
20	61h	TON_RISE	R/W Word	2	1	0	3
21	64h	TOFF_DELAY	R/W Word	2	1	0	1
22	65h	TOFF_FALL	R/W Word	2	1	0	3
23	78h	STATUS_BYTE	Read Byte	1	—	—	—
24	8Bh	READ_VOUT	Read Word	2	19995	0	-1
25	8Ch	READ_IOUT	Read Word	2	23109	0	-2
26	8Dh	READ_TEMPERATURE_1	Read Word	2	-7612	335	-3
27	98h	PMBUS_REVISION	Read Byte	1	—	—	—
28	99h	MFR_ID	Read Word	2	—	—	—
29	9Ah	MFR_MODEL	Read Word	2	—	—	—
30	9Bh	MFR_REVISION	Read Word	2	—	—	—
31	D0h	MFR_SMB_LOOPBACK	R/W Word	2	—	—	—
32	D1h	MFR_MODE	R/W Word	2	—	—	—
33	D2h	MFR_VOUT_CORRECTION_RATE	R/W Word	2	—	—	—
34	D3h	MFR_SAMPLE_RATE	R/W Word	2	—	—	—
35	D4h	MFR_VOUT_PEAK	R/W Word	2	19995	0	-1
36	D5h	MFR_IOUT_PEAK	R/W Word	2	23109	0	-2
37	D6h	MFR_TEMPERATURE_PEAK	R/W Word	2	7612	335	-3
38	D7h	MFR_FILTER_MODE	R/W Word	2	—	—	—
39	D8h	MFR_FAULT_STATUS	Read Word	2	—	—	—
40	D9h	MFR_FAULT_RESPONSE	R/W Word	2	—	—	—
41	DAh	MFR_FAULT_RETRY	R/W Word	2	—	—	—
42	DBh	MFR_SET_ADDRESS	R/W Word	2	—	—	—
43	DCh	MFR_IOUT_TEMP_COEFF	R/W Word	2	6888	0	-5

MAX8688は、メーカー独自コマンドを除いて、すべてのパラメータにDIRECT形式を使用しています。メーカーコマンドのデータ形式に関する詳細を参照してください。

## 受信したDIRECT形式の値の解釈

ホストシステムは次の方程式を使用して、PMBusデバイス(この場合はMAX8688)から受信した値をV、A、°C、その他の単位の読み値に適宜変換します。

$$X = \frac{1}{m} (Y \times 10^{-R} - b)$$

ここで、Xは計算結果である適切な単位(A、V、°Cなど)の実世界の値、m (傾きの係数)は2バイトの2の補数形式の整数、YはPMBusデバイスから受信した2バイトの2の補数形式の整数、b (オフセット)は2バイトの2の補数形式の整数、そしてR (指数)は1バイトの2の補数形式の整数です。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## DIRECT形式の値の送信

値を送信する場合、ホストは次式を使用してYを求める必要があります。

$$Y = (mX + b) \times 10^R$$

ここで、

Yは、以下の単位に送信される2バイトの2の補数形式の整数です。

m (傾きの係数)は、2バイトの2の補数形式の整数です。  
Xは転送のために変換する必要がある、AやVなどの単位の実世界の値です。

b (オフセット)は、2バイトの2の補数形式の整数です。

そして、

R (指数)は、1バイトで2の補数形式の整数と等価な10進値です。

次の例で、ホストがMAX8688に対して値の送信および取得を行う方法を示します。

表4から、以下のパラメータで使用する係数は次のようになります。

VOUT\_COMMAND:  $m = 19995, b = 0, R = -1$

READ\_VOUT:  $m = 19995, b = 0, R = -1$

ホストがPOLに対して3.0Vの出力電圧を要求する場合、該当するVOUT\_COMMANDの値は次のようになります。

$$Y = (mX + b) \times 10^R$$

$$Y = (19995 \times 3.0 + 0) \times 10^{-1} = 5998.5 \text{ (10進)} \\ = 176Eh \text{ (16進)}$$

逆に、ホストがREAD\_VOUTコマンドで176Ehという値を受信した場合、これは次と等しくなります。

$$X = \frac{1}{m} (Y \times 10^{-R} - b)$$

$$X = \frac{1}{19995} (176Eh \times 10^{(-1)} - 0) \\ = 59980/19995 = 2.999750$$

これは3.0Vから0.0083%の範囲内です。

電源および電力変換器は、一般的に、自分の出力がどのような形でグランドに接続されているかを知る方法を備えていません。電源内部では、すべての出力電圧を正として扱うのが最も一般的です。したがって、PMBusデバイスの出力電圧および出力電圧関連のパラメータは、すべて正の値として命令および報告が行われます。システムにとって必要である場合、特定の出力が負であると判断するのはシステムに依存します。

出力電圧関連のコマンドは、すべて2バイトのデータを使用します。

## 障害の管理および報告

障害/警告をリアルタイムでホストに報告するために、MAX8688はオープンドレインのFLT端子をアサートして、STATUS\_BYTEおよびMFR\_FAULT\_STATUS各レジスタの該当ビットをそれぞれ設定します。FLTのアサートを認識したホストまたはシステムマネージャには、複数のMAX8688に対するポーリングを行って障害/警告情報を取得することが求められます。Manufacturer Fault StatusレジスタのMFR\_FAULT\_STATUSによって、障害/警告に関するさらに詳細な情報が提供されます。障害/警告は、次の条件のいずれか1つが発生したときにクリアされます。

- CLEAR\_FAULTSコマンドの受信。
- OPERATIONコマンドによるENOUT命令の発行またはA3/ONOFFのオフ後のオン。
- $t_{RST}$ より長時間にわたるRST信号のアサートによるMAX8688の内部的リセット。
- MAX8688に対するバイアス電力の除去と再印加。

MAX8688は、Manufacturer Fault Responseコマンド(MFR\_FAULT\_RESPONSE)に従って障害条件に対応します。このコマンドバイトによって、MAX8688がそれぞれの特定の障害にどのように対応するかが決まります。

さらに、MAX8688は次のエラー条件にも対応します。

- 1) 内部リファレンスが動作しない場合、FLTがアサートされます。この障害をクリアするためには、MAX8688がデバイスリセットを行う必要があります。
- 2) サポートしていないコマンドに対してMAX8688はNACKで応答します。
- 3) ホストが不十分なデータ(バイト数が不足)を送信した場合、MAX8688はCMLビットをセットしてFLTをアサートします。
- 4) ホストが多すぎるデータ(バイト数が過多)を送信した場合、MAX8688はCMLビットをセットしてFLTをアサートします。

書き込み専用コマンドに対して読み取り要求が発行されると、読み取り動作が中断されて警告が発行されます。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## PMBusコマンド

MAX8688がサポートしているPMBusコマンドの一覧を表4に示します。

## OPERATION (01h)

OPERATIONコマンドは、ENOUTとの組み合わせで、ENOUTの極性選択の設定に従ってPOLのオン/オフを行うために使用します。OPERATIONコマンドは、POLの出力電圧を上方または下方マージン電圧に設定するためにも使用します。後続のOPERATIONコマンドまたはA3/ONOFF (イネーブルされている場合)の状態変化によってPOLに別の状態への遷移が命じられるまで、POLはコマンド動作モードのままになります。

有効なOPERATIONコマンドバイトの値を表5に示します。

OPERATIONコマンドは、出力の変更を命じられたときにMAX8688がどのように対応するかを制御します。コマンドバイトが00hの場合、MAX8688は直ちにPOLをオフにして、ターンオフ遅延や立下り時間がプログラムされていても無視します。コマンドバイトに40hがセットされている場合、MAX8688はプログラムされたターンオフ遅延および立下り時間に従ってパワーダウンを行います。

表5の中で、Act On Faultというのは、出力が上方マージンのときに出力過電圧警告または出力過電圧障害が検出された場合、MAX8688がこれを警告または障害として扱い、警告リミットまたは障害応答コマンドでプログラムされた通りに対応することを意味します。同様に、出力が下方マージンのときに出力低電圧警告または出力低電圧障害が検出された場合、MAX8688はこれを適格な警告/障害イベントとして扱い、警告/障害リミットまたは障害応答コマンドでプログラムされた通りに対応します。

表5に示されていないコマンド値はすべて無効なコマンドです。MAX8688が表5に記載されていないデータバイトを受信した場合、それを無効なデータとして扱い、通信障害を宣言して(CMLビットをセットしてFLTをアサート)、「障害の管理および報告」の項で説明したように対応します。

OPERATIONのデフォルト値は00hです。

## 表5. OPERATIONコマンドバイト

COMMAND BYTE	POL ON OR OFF	MARGIN STATE
00h	Immediate off (no sequencing)	—
40h	Soft-off (with sequencing)	—
80h	On	Margin off (Nominal)
98h	On	Margin low (Act On Fault)
A8h	On	Margin high (Act On Fault)

## CLEAR\_FAULTS (03h)

CLEAR\_FAULTSコマンドは、セットされている障害ビットをクリアするために使用します。このコマンドは、STATUS\_BYTEおよびMFR\_FAULT\_STATUSの各レジスタのすべてのビットを同時にクリアします。また、FLTをアサートします。

CLEAR\_FAULTSコマンドでは、障害状態でラッチオフしているPOLは再起動されません。障害条件でのENOUTの状態はこのコマンドの影響を受けず、OPERATIONコマンドまたはA3/ONOFFによって命令された場合にのみ変化します。

CLEAR\_FAULTSコマンドの実行後も依然として障害が存在する場合、障害ビットが再びセットされ、通常の方法でホストに通知されます。

このコマンドは書き込み専用です。このコマンドにはデータバイトは存在しません。

## STORE\_DEFAULT\_ALL (11h)

STORE\_DEFAULT\_ALLコマンドは、A1/SCLEおよびA2/SDAEに接続された外部I<sup>2</sup>C EEPROMデバイスに設定情報を保存するようMAX8688に命令します。保存中にエラーが発生した場合、FLTがアサートしてCMLビットに1がセットされます。

POLの動作中にSTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドを使用しても構いません。ただし、設定の保存中はMAX8688はPMBusコマンドに応答しません。ENOUTの状態は維持されます。

このコマンドは書き込み専用です。このコマンドにはデータバイトは存在しません。

EEPROMの内容については、「外部EEPROMインターフェース」の項を参照してください。

## RESTORE\_DEFAULT\_ALL (12h)

RESTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドは、A1/SCLEおよびA2/SDAEに接続された外部I<sup>2</sup>C EEPROMデバイスから設定情報を復元するようMAX8688に命令します。RESTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドは、POLがオフのときにのみ実行することができます。それ以外の場合には、通信障害が発生(CML = 1)してFLTがアサートします。復元中にエラーが発生した場合、FLTがアサートしてCMLビットが1にセットされます。

STATUS\_BYTEおよびMFR\_FAULT\_STATUSの値はRESTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドによって復元されません。このコマンドは書き込み専用です。このコマンドにはデータバイトは存在しません。

EEPROMの内容については、「外部EEPROMインターフェース」の項を参照してください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## VOUT\_COMMAND (21h)

VOUT\_COMMANDコマンドは、OPERATIONコマンドまたはA3/ONOFFがイネーブルされている場合のその遷移を使用してPOLにオンを命令したとき、POLの出力を変化させる目標値となる電圧をMAX8688にロードします。POLがオンになった後は、VOUT\_COMMANDを変更してもPOLの出力電圧には影響しません。MAX8688がPOLを新しいVOUT\_COMMAND電圧に調整するのは、新しいターンオンコマンドを受信した場合のみです。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は、入力範囲が2.048Vの場合は0～2.048V、入力範囲が5.5Vの場合は0～5.5Vです。

VOUT\_COMMANDのデフォルト値は00hです。

## VOUT\_MARGIN\_HIGH (25h)

VOUT\_MARGIN\_HIGHコマンドは、OPERATIONコマンドに上方マージンがセットされたときに、POLの出力を変化させる目標値となる電圧をMAX8688にロードします。POLがすでに上方マージンで動作している場合、VOUT\_MARGIN\_HIGHを変更しても出力電圧には影響しません。MAX8688がPOLを新しいVOUT\_MARGIN\_HIGH電圧に調整するのは、新しい上方マージンOPERATIONコマンドを受信した場合のみです。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_MARGIN\_HIGHのデフォルト値は00hです。

## VOUT\_MARGIN\_LOW (26h)

VOUT\_MARGIN\_LOWコマンドは、OPERATIONコマンドに下方マージンがセットされたときに、POLの出力を変化させる目標値となる電圧をMAX8688にロードします。POLがすでに下方マージンで動作している場合、VOUT\_MARGIN\_LOWを変更しても出力電圧には影響しません。MAX8688がPOLを新しいVOUT\_MARGIN\_LOW電圧に調整るのは、新しい下方マージンOPERATIONコマンドを受信した場合のみです。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_MARGIN\_LOWのデフォルト値は00hです。

## VOUT\_TRANSITION\_RATE (27h)

VOUT\_TRANSITION\_RATEコマンドは、上方マージン、下方マージン、およびマージンオフ(オン)のOPERATIONモードの間でPOLが変更を命令されたときに、POLの出力電圧を変化させる速度をmV/μsで設定します。この命令された変化速度は、POLがオンまたはオフを命令された場合には適用されません。その場合は、t<sub>ON\_RISE</sub>およびt<sub>OFF\_FALL</sub>が適用されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～128mV/μsです。

VOUT\_TRANSITION\_RATEのデフォルト値は0mV/μsです。

VOUT\_TRANSITION\_RATEを0にクリアすると、VOUT\_TRANSITION\_RATEは無視され、たとえOPERATIONコマンドで命令されても電圧出力は変化しません。VOUT\_TRANSITION\_RATEに07FFFhをセットすると、できるだけ高速で電圧出力が調整されます。VOUT\_TRANSITION\_RATEパラメータの結果として、遷移中にDACが範囲外の値(有効範囲は0～4090)を出力するとCMLフラグがセットされ、FLTがアサートされて警告を発行します。

VOUT\_TRANSITION\_RATEコマンドはREFINモードにのみ適用され、フィードバックモードでは無視されます。

## VOUT\_SCALE\_LOOP (29h)

標準的なアプリケーションでは、図16に示すように、電力変換器の出力電圧が抵抗分圧器を通して検出されます。抵抗分圧器は、出力電圧V<sub>OUT</sub>を低減またはスケーリングします。

PMBusコマンドは、実際のPOLの出力電圧を指定するものであり、制御回路への入力電圧を指定するのではありません。MAX8688が命令された電圧(3.3Vなど)と、制御回路の入力における電圧(たとえば2.0Vのリファレンス電圧に合わせて3.3Vを除算した値)の間のマッピングを行うことができるようになりますために、VOUT\_SCALE\_LOOPコマンドを使用します。

$$VOUT\_SCALE\_LOOP = \frac{R2}{R1+R2}$$

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～1.0です。m、b、Rによる表現方式の制約から、指定した値は1/128の倍数に丸められます。したがって、最適な動作を保証するためには、回路設計者ができる限り1/128の倍数に近い値を選択することによって丸め誤差を回避して、V<sub>OUT</sub>の最終的な精度を保証する必要があります。

この値は無次元数です。

VOUT\_SCALE\_LOOPのデフォルト値は00hです。

VOUT\_SCALE\_LOOPコマンドはフィードバックモードでは無視されます。

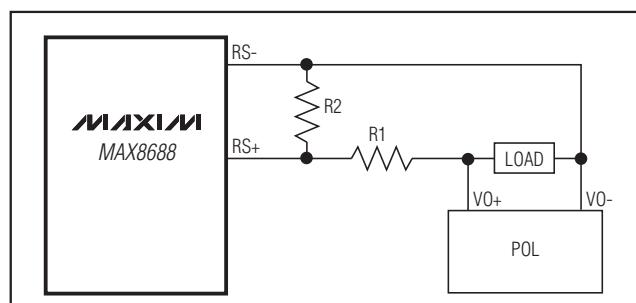


図16. VOUT\_SCALE\_LOOP

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## IOUT\_SCALE (38h)

IOUT\_SCALEコマンドは、検出された電流値に対する、電流検出端子における電圧の比の値を設定するために使用します。固定の電流検出抵抗を使用しているデバイスの場合、その抵抗値と同じ値になります。

IOUT\_SCALE係数の単位はmΩです。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0.5mΩ～5mΩです。

IOUT\_SCALEのデフォルト値は0mΩです。

## VOUT\_OV\_FAULT\_LIMIT (40h)

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITコマンドは、出力過電圧障害の原因となる、RS+とRS-の間で測定される出力電圧の値を設定します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITのデフォルト値は00hです。

VOUT\_OV\_FAULT\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのVOUT\_OVビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのVOUT\_OV\_FAULTビットをセットします。
- 3) MFR\_FAULT\_RESPONSEレジスタのVOUT\_OV\_FAULT\_RESPONSEビットで指定されている対応を行います。
- 4) FLTのアサートを通してホストに通知します。

## VOUT\_OV\_WARN\_LIMIT (42h)

VOUT\_OV\_WARN\_LIMITコマンドは、出力高電圧警告の原因となる、RS+とRS-の間で測定される出力電圧の値を設定します。この値は、通常はVOUT\_OV\_FAULT\_LIMITの出力過電圧スレッショルドより低い値になります。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_OV\_WARN\_LIMITのデフォルト値は00hです。

VOUT\_OV\_WARN\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのOTHERビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのVOUT\_OV\_WARNビットをセットします。
- 3) FLTのアサートを通してホストに通知します。

## VOUT\_UV\_WARN\_LIMIT (43h)

VOUT\_UV\_WARN\_LIMITコマンドは、出力低電圧警告の原因となる、RS+とRS-の間で測定される出力電圧の値を設定します。この値は、通常はVOUT\_UV\_FAULT\_LIMITの出力低電圧障害スレッショルドより高い値になります。

この警告は、起動時に出力電圧がプログラムされた電圧に達するまでマスクされており、またターンオフ時にPOLがディセーブルされているときもマスクされます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_UV\_WARN\_LIMITのデフォルト値は00hです。

VOUT\_UV\_WARN\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのOTHERビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのVOUT\_UV\_WARNビットをセットします。
- 3) FLTのアサートを使用してホストに通知します。

## VOUT\_UV\_FAULT\_LIMIT (44h)

VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITコマンドは、出力低電圧障害の原因となる、RS+とRS-の間で測定される出力電圧の値を設定します。

この障害は、起動時に出力電圧がプログラムされた電圧に達するまでマスクされており、またターンオフ時にPOLがディセーブルされているときもマスクされます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITのデフォルト値は00hです。

VOUT\_UV\_FAULT\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのOTHERビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのVOUT\_UV\_FAULTビットをセットします。
- 3) MFR\_FAULT\_RESPONSEレジスタのVOUT\_UV\_FAULT\_RESPONSEビットで指定されている対応を行います。
- 4) FLTのアサートを使用してホストに通知します。

## IOUT\_OC\_FAULT\_LIMIT (46h)

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITコマンドは、過電流検出器が過電流障害状態を示す原因となる、ISN+とISN-の間で測定される出力電流の値(単位：A)を設定します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～50/IOUT\_SCALEアンペア(A)です。

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITのデフォルト値は00hです。

IOUT\_OC\_FAULT\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのIOUT\_OCビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのIOUT\_OC\_FAULTビットをセットします。
- 3) MFR\_FAULT\_RESPONSEレジスタのIOUT\_OC\_FAULT\_RESPONSEビットで指定されている対応を行います。

- 4)  $\overline{FLT}$ のアサートを使用してホストに通知します。

## IOUT\_OC\_WARN\_LIMIT (4Ah)

IOUT\_OC\_WARN\_LIMITコマンドは、出力過電流警告の原因となる、ISN+とISN-の間で測定される出力電流の値(単位：A)を設定します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITと同じです。

IOUT\_OC\_WARN\_LIMITのデフォルト値は00hです。

IOUT\_OC\_WARN\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- 1) STATUS\_BYTEのOTHERビットをセットします。
- 2) MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのIOUT\_OC\_WARNビットをセットします。
- 3)  $\overline{FLT}$ のアサートを使用してホストに通知します。

## OT\_FAULT\_LIMIT (4Fh)

OT\_FAULT\_LIMITコマンドは、温度過昇障害が検出されるチップ上の温度センサの温度(単位：°C)を設定します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は-142.5°C～+395.4°Cです。

OT\_FAULT\_LIMITのデフォルト値は00hです。

OT\_FAULT\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセットします。
- MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのOT\_FAULTビットをセットします。
- MFR\_FAULT\_RESPONSEレジスタのOT\_FAULT\_RESPONSEビットで指定されている対応を行います。
- $\overline{FLT}$ のアサートを使用してホストに通知します。

## OT\_WARN\_LIMIT (51h)

OT\_WARN\_LIMITコマンドは、温度過昇警告が検出されるチップ上の温度センサの温度(単位：°C)を設定します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はOT\_FAULT\_LIMITと同じです。

OT\_WARN\_LIMITのデフォルト値は00hです。

OT\_WARN\_LIMITを超えた場合、MAX8688は以下を実行します。

- STATUS\_BYTEのTEMPERATUREビットをセットします。
- MFR\_FAULT\_STATUSレジスタのOT\_WARNビットをセットします。
- $\overline{FLT}$ を通してアサートを使用してホストに通知します。

## TON\_DELAY (60h)

TON\_DELAYは、スタート条件の受信(有効なOPERATIONコマンドまたはイネーブルされている場合A3/ONOFFによる)から、POLの出力電圧が立ち上がり始めるまでの時間(単位：ms)を設定します。TON\_DELAYの間、TON\_DELAYが経過するまでPOLがディセーブルされます(ENOUTがアサートされます)。また、TON\_DELAYの間は低電圧障害および警告がマスクされます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～3276.7msです。

TON\_DELAYのデフォルト値は0msです。

## TON\_RISE (61h)

TON\_RISEは、POLの出力電圧が立ち上がり始めてから、電圧がレギュレーション帯域に入るまでの時間(単位：ms)を設定します。TON\_RISEの間は、電圧、電流、および温度関連の障害および警告がマスクされます。その一方で、MAX8688は引き続きPMBusコマンドに応答します。TON\_RISEパラメータの結果として、直接TON\_RISE中にDACが範囲外の値(有効範囲0～4090)を出力すると、CMLフラグがセットされ、 $\overline{FLT}$ がアサートされて警告を発行します。

フィードバックモードでは、MAX8688はソフトスタートの間DAC上のS1スイッチをオープンのままにします。TON\_RISE時間の経過を待った後、DAC出力がDACOUTのフィードバックと等しくなるように調整してから、S1を閉じます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。REFINモードでは、TON\_RISEパラメータは16ビットの値であり、有効な値は0.01ms～32.767msです。FBモードでは、TON\_RISEは14ビットの値であり、有効な値は0.01ms～16.383msです(上位2ビットは無視されます)。

TON\_RISEのデフォルト値は0.01msです。この最小値より小さな値を設定すると、デフォルトの0.01msに戻ります。

## TOFF\_DELAY (64h)

TOFF\_DELAYは、ストップ条件の受信(ソフトオフOPERATIONコマンドまたはイネーブルされている場合A3/ONOFFによる)から、POLが出力へのエネルギー伝達を終了するまでの時間(単位：ms)を設定します。

OPERATIONコマンドを通して即座にオフする命令を受けた場合、TOFF\_DELAYの値は無視されます。A3/ONOFF(イネーブルされている場合)を通してオフを命令された場合、TOFF\_DELAYパラメータが使用されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～3276.7msです。

TOFF\_DELAYのデフォルト値は0msです。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## TOFF\_FALL (65h)

TOFF\_FALLコマンドは、ターンオフ遅延時間の終了から出力電圧がゼロに抑えられるまでの時間(単位: ms)を設定します。このコマンドは、制御された速度で出力電圧を減少させることができる十分な電流のシンクが可能な出力を備えたデバイスにのみ使用できることに注意してください。

OPERATIONコマンドを通して即座にオフする命令を受けた場合、TOFF\_FALLの値は無視されます。ソフトオフのOPERATIONコマンドまたはA3/ONOFF (イネーブルされている場合)を通してオフを命令された場合、TOFF\_FALLパラメータが使用されます。TOFF\_FALLパラメータの結果として、直接TOFF\_FALL中にDACが範囲外の値(有効範囲0~4090)を出力すると、CMLフラグがセットされ、FLTがアサートされて警告を発行します。

フィードバックモードではこの値は使用されません。MAX8688は、TOFF\_DELAY経過後直ちにENOUTをディセーブルして、DACのスイッチをオープンします。2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0.01ms ~32.767msです。

TOFF\_FALLのデフォルト値は0.01msです。この最小値より小さな値を設定すると、デフォルトの0.01msに戻ります。

## STATUS\_BYTE (78h)

STATUS\_BYTEコマンドは、最も重大な障害をまとめた1バイトの情報を返します。MAX8688では、ステータス情報はバイナリです。値が1の場合、障害または警告が発生したことを示し、0の場合は発生していないことを示します。サポートされていない機能に相当するビットについては0が報告されます。

## 表6. STATUS\_BYTEのメッセージ内容

BIT NUMBER	STATUS BIT NAME	MEANING
7	BUSY	A fault was declared because the device was busy and unable to respond. <b>(The MAX8688 does not support the BUSY bit. This bit always returns 0).</b>
6	OFF	This bit is asserted if ENOUT is presently disabling the POL, regardless of the reason, including simply not being enabled.
5	VOUT_OV	An output overvoltage fault has occurred.
4	IOUT_OC	An output overcurrent fault has occurred.
3	VIN_UV	An input undervoltage fault has occurred. <b>(The MAX8688 does not support the VIN_UV bit. This bit always returns 0).</b>
2	TEMPERATURE	A temperature fault or warning has occurred.
1	CML	A communication, memory, or logic fault has occurred.
0	OTHER	A fault or warning not listed in bits [7:1] has occurred. See the <i>MFR_FAULT_STATUS (D8h)</i> section for more information.

STATUS\_BYTEは、RESTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドによって復元することはできません。STATUS\_BYTEのメッセージ内容を表6に示します。

このコマンドは読み取り専用です。

STATUS\_BYTEのデフォルト値は40hです(POLはオフ)。

## READ\_VOUT (8Bh)

READ\_VOUTコマンドは、RS+とRS-の間で実際に測定された(命令された値ではない)出力電圧を返します。フィルタモードがイネーブルされている場合、フィルタ後の値が返されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

READ\_VOUTのデフォルト値は00hです。

## READ\_IOUT (8Ch)

READ\_IOUTコマンドは、ISN+とISN-の間で測定された出力電流(単位: A)を返します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITと同じです。

READ\_IOUTのデフォルト値は00hです。

## READ\_TEMPERATURE\_1 (8Dh)

MAX8688は、ただ1つの温度の読み値のREAD\_TEMPERATURE\_1のみをサポートしています。MAX8688は実際にチップ上で測定された温度(単位: °C)を返します。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はOT\_FAULT\_LIMITと同じです。

READ\_TEMPERATURE\_1のデフォルト値は00hです。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## PMBUS\_REVISION (98h)

PMBUS\_REVISIONコマンドは、MAX8688が準拠しているPMBus仕様のリビジョンを返します。

このコマンドには1バイトのデータがあります。ビット[7:5]は、MAX8688が準拠しているPMBus仕様Part Iのリビジョンを示します。ビット[4:0]は、MAX8688が準拠しているPMBus仕様Part IIのリビジョンを示します。許容される値を表7に示します。

このコマンドは読み取り専用です。

PMBUS\_REVISIONのデフォルト値は00hであり、MAX8688がPart I Rev 1.0およびPart II Rev 1.0に準拠していることを示します。

**表7. PMBusのリビジョンデータバイトの内容**

BITS [7:5]	PART I REVISION	BITS [4:0]	PART II REVISION
000	1.0	00000	1.0

## MFR\_ID (99h)

MFR\_IDコマンドは、MAX8688のメーカーIDを返します。

MFR\_IDのデフォルト値は4D01hです。

このコマンドは読み取り専用です。

## MFR\_MODEL (9Ah)

MFR\_MODELコマンドはMAX8688のモデル番号を返します。

**表8. MFR\_MODEのビット定義**

BIT	BIT NAME	DESCRIPTION
15:8	Input Clock Time Factor	This is equivalent to the number of external clock cycles provided to CLKIO in 100 $\mu$ s - 2. MFR_MODE[15:8] = fEXT_CLK/10kHz - 2 where fEXT_CLK is the frequency of the external clock. For example, when fEXT_CLK = 1MHz, fEXT_CLK/10kHz = 100, MFR_MODE[15:8] = 100 - 2 = 98. Valid external input clock range is from 100kHz (MFR_MODE[15:8] = 8) to 2.5MHz (MFR_MODE[15:8] = 248).  These bits are ignored if the internal clock source is selected as the time base (Clock Source Select bit = 0)
7	Clock Out Enable	The Clock Out Enable bit allows the output of a 1MHz reference clock to CLKIO for synchronizing multiple MAX8688s. Setting this bit to 1 enables the 1MHz output on CLKIO. When this bit is cleared to 0, no reference clock is outputted.
6	A3 Control Enable	Setting this bit to 1 enables A3/ONOFF to function as a POL ON/OFF input control. Clearing this bit to 0 ignores the A3/ONOFF state and the MAX8688 is controlled by the OPERATION command alone. See the A3/ONOFF Operation section.

MFR\_MODELのデフォルト値は4101hです。

このコマンドは読み取り専用です。

## MFR\_REVISION (9Bh)

MFR\_REVISIONコマンドは、MAX8688のリビジョン番号が含まれたASCII文字列をブロック読み取りコマンドで読み取ります。

MFR\_REVISIONのデフォルト値は3201hです。

このコマンドは読み取り専用です。

## MFR\_SMB\_LOOPBACK (D0h)

MFR\_SMB\_LOOPBACKコマンドは、MAX8688が以前に受信したデータワードを返します。SMBusマスターはこのコマンドを使用してMAX8688にデータワードを書き込んだ後、そのデータワードを取り出します。マスターが同一のワードを読み取れば、有効な通信チャネルが確立されています。

書き込みMFR\_SMB\_LOOPBACKコマンドと読み取りMFR\_SMB\_LOOPBACKコマンドの間に別のコマンドが送信された場合、MAX8688は最後に受信したコマンドデータワードを返すことに注意してください。

## MFR\_MODE (D1h)

MFR\_MODEコマンドは、メーカー固有のコマンドをサポートするようにMAX8688の設定に使用します。MFR\_MODEコマンドの説明を表8に示します。

MFR\_MODEのデフォルト値は00hです。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

表8. MFR\_MODEのビット定義(続き)

BIT	BIT NAME	DESCRIPTION
5	EEPROM Lock Enable	The EEPROM Lock Enable bit is used to protect external EEPROM data from being overwritten. When this bit is set to 1, the STORE_DEFAULT_ALL command is ignored. The RESTORE_DEFAULT_ALL command is still valid. When this bit is cleared to 0, the STORE_DEFAULT_ALL command initiates a store configuration operation to the EEPROM attached to A1/SCLE and A2/SDAE.
4	Correction Bypass Enable	Correction Bypass Enable. Setting this bit to 1 disables a correction algorithm made to voltage, current, and temperature readings. Clearing this bit to 0 applies a correction algorithm to voltage, current, and temperature measurement, thus resulting in high-accuracy readings. For optimal operation, this bit should be cleared to 0.
3	Input Range Select	<p>The Input Range Select bit determines the input range of RS+ and RS-. Setting this bit to 1 extends the input range to 5.5V. Clearing this bit to 0 sets the input range to 2.048V.</p> <p>Prior to setting any voltage-related values, the user application must first configure the desired input range. All voltage-related commands use the selected input range to convert the commanded value into internal register values.</p> <p>It is not recommended to change the input range selection while the POL is operating, since all voltage-related commands continue to refer to the input range that was in use when the commanded voltage was received. This results in unpredictable and catastrophic operation.</p>
2	ENOUT Polarity Select	The ENOUT Polarity Select bit selects the ENOUT active-on polarity. Setting this bit to 1 configures the ENOUT asserted on-state the same as the default startup state. Clearing this bit to 0 configures the ENOUT deasserted off-state the same as the default startup state. In effect, writing a 1 to this bit means that the asserted state of ENOUT is the default startup state. See the <i>ENOUT Operation</i> section.
1	Feedback Mode Select	The Feedback Mode Select bit determines the MAX8688 operation mode. When this bit is set to 1, the MAX8688 operates in the feedback mode while when cleared to 0, the MAX8688 operates in the REFIN mode.
0	Clock Source Select	The Clock Source Select bit determines the MAX8688 reference clock time source. When the Clock Source Select bit is set to 1, an external clock must be supplied to CLKIO and is used as the MAX8688 reference clock. When this bit is cleared to 0, an internal clock is used.

## MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATE (D2h)

MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATEコマンドは、電圧がレギュレーション帯域に入った後、MAX8688がDACOUTの1 LSB (0.5mV)を調整する周波数(Hz)を設定します。

補正レート =  $10\text{kHz}/\text{MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATE}$   
 2バイトのデータは正の整数形式です。有効な値は1～65535です。この値を0に設定すると、レギュレーション帯域におけるDACOUTの調整がディセーブルされます。

MFR\_VOUT\_CORRECTION\_RATEのデフォルト値は10であり、1kHzの補正レートに相当します。

## MFR\_SAMPLE\_RATE (D3h)

MFR\_SAMPLE\_RATEコマンドは、POLの出力電圧、出力電流、および温度の障害/警告条件の監視を行う周波数(Hz)を設定します。

監視サンプルレート =  $10\text{kHz}/\text{MFR\_SAMPLE\_RATE}$

2バイトのデータは正の整数形式です。有効な値は1～65535です。この値を0に設定すると、すべての障害/警告の監視がディセーブルされます。

MFR\_SAMPLE\_RATEのデフォルト値は50で、これは200Hzのサンプルレートに相当します。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## MFR\_VOUT\_PEAK (D4h)

MFR\_VOUT\_PEAKコマンドは、RS+とRS-の間で実際に測定された(命令された値ではない)最大の出力電圧(単位: V)を返します。フィルタモードがイネーブルされている場合、瞬間的な値を返すのではなく、フィルタ後の出力電圧が返されます。この値を0にリセットするには、データ値を0にしてこのコマンドへの書き込みを行ってください。このコマンドによってその他の値を書き込んだ場合、以後のピーク更新のための比較に使用されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はVOUT\_COMMANDと同じです。

MFR\_VOUT\_PEAKのデフォルト値は0です。

## MFR\_IOUT\_PEAK (D5h)

MFR\_IOUT\_PEAKコマンドは、ISN+とISN-の間で実際に測定された最大の出力電流(単位: A)を返します。この値を0にリセットするには、データ値を0にしてこのコマンドへの書き込みを行ってください。このコマンドによってその他の値を書き込んだ場合、以後のピーク更新のための比較に使用されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はIOUT\_OC\_FAULT\_LIMITと同じです。

MFR\_IOUT\_PEAKのデフォルト値は00hです。

## MFR\_TEMPERATURE\_PEAK (D6h)

MFR\_TEMPERATURE\_PEAKコマンドは、チップ上で実際に測定された最大の温度(単位: °C)を返します。この値を最小値にリセットするには、データ値を0FFFFhにしてこのコマンドへの書き込みを行ってください。このコマンドによってその他の値を書き込んだ場合、以後のピーク更新のための比較に使用されます。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値はOT\_FAULT\_LIMITと同じです。

MFR\_TEMPERATURE\_PEAKのデフォルト値は00hです。

## MFR\_FILTER\_MODE (D7h)

MFR\_FILTER\_MODEコマンドは、V<sub>OUT</sub>のサンプル数とサンプル遅延を設定するために使用します。

## 表9. MFR\_FILTER\_MODEのビット定義

BITS	BIT NAME	DESCRIPTION
15:8	Sample Delay	The upper byte defines the time interval between each sample. The sampling delay is 1.75µs + MFR_FILTER_MODE[15:8] x 250ns.
7:0	Sample Count	The lower byte defines the number of samples to acquire in each monitoring sequence. The number of samples is determined by 2 <sup>^</sup> MFR_FILTER_MODE[7:0].

フィルタリングがイネーブルされている場合(MFR\_FILTER\_MODE[7:0]が0以外)は常に、電圧関連の読み値は、全サンプル数にわたる平均値として計算されます。障害および警告のリミットを平均値と比較して、障害/警告が発生したかどうかの判定が行われます。Sample Delayビットの値(MFR\_FILTER\_MODE[15:8])によって、連続する電圧読取りの間の時間が設定されます。フィルタがディセーブルされている場合(MFR\_FILTER\_MODE[7:0] = 0)は、Sample Delayビットの値が無視されることに注意してください。

MFR\_FILTER\_MODEのデフォルト値は00h (1 Sample Countビットで遅延なし)です。フィルタ処理の進行中は、PMBusコマンドは無視されます。

## MFR\_FAULT\_STATUS (D8h)

警告または障害条件が検出された場合、MAX8688はMFR\_FAULT\_STATUSレジスタ内の該当するビットに1をセットして、FLTのアサートを使用してホストに通知します。STATUS\_BYTEはMFR\_FAULT\_STATUS[7:0]から算出されます。

## 表10. MFR\_FAULT\_STATUSのビット定義

BIT	FAULT/WARNING BIT NAME
15	Reserved. Read returns 0.
14	OT_WARN
13	OT_FAULT
12	IOUT_OC_WARN
11	IOUT_NC_FAULT
10	VOUT_UV_WARN
9	VOUT_UV_FAULT
8	VOUT_OV_WARN
7	Reserved. Read returns 0.
6	OFF
5	VOUT_OV_FAULT
4	IOUT_OC_FAULT
3	Reserved. Read returns 0.
2	TEMPERATURE. Set when either OT_WARN or OT_FAULT is set.
1	CML
0	OTHER. Set when any bit (other than those temperature related bits) in the high byte is set.

このレジスタは、CLEAR\_FAULTSコマンドの項ですでに説明した障害/警告のクリア方法のいずれかによって、STATUS\_BYTEレジスタとともに0にクリアされます。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

IOUT\_NC\_FAULTは、反対方向の電流が検出されたときに1がセットされます。

MFR\_FAULT\_STATUSコマンドの値は、RESTORE\_DEFAULT\_ALLコマンドによって復元することはできません。

このコマンドは読み取り専用です。

## MFR\_FAULT\_RESPONSE (D9h)

MFR\_FAULT\_RESPONSEコマンドは、MAX8688がサポートする個々の障害条件に対する対応を指定します。各障害について、その特定の障害にMAX8688がどのように対応すべきかを示す2個の対応ビットが用意されています。また、障害が発生した際の条件を記録するためにも使用されます。

STORE\_PEAK機能は、EEPROM Lock Enableビットの状態に関係なく、障害検出時にピーク値(MFR\_VOUT\_PEAK、MFR\_IOUT\_PEAK、およびMFR\_TEMPERATURE\_PEAK)をEEPROM(存在する場合)に格納するために使用されます。STORE\_PEAKビットに1をセットすると、格納機能がイネーブルされます。

## 表11. MFR\_FAULT\_RESPONSEのビット定義

BITS	FAULT RESPONSE BIT NAME
15	STORE_PEAK
14:10	Reserved
9:8	NC_FAULT_RESPONSE[1:0]
7:6	OT_FAULT_RESPONSE[1:0]
5:4	IOUT_OC_FAULT_RESPONSE[1:0]
3:2	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE[1:0]
1:0	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE[1:0]

障害条件に対するMAX8688の対応方法を表12に説明しています。障害への対応の際にENOUTをデアサートする必要がある場合は、直ちにENOUTがデアサートされます。その一方で、DAC出力が緩やかに低下します。障害ビットは、「障害の管理および報告」の項の説明のとおりにクリアされます。

障害条件が原因でENOUTがデアサートされた場合、POLは変更を指示されるまでオフのままになります。

MFR\_FAULT\_RESPONSEのデフォルト値は00hです。

## 表12. 障害対応の選択肢

RESPONSE [1:0]	FAULT RESPONSE OPTION
11	Reserved. Same response as 00 except this option also stores peak data to EEPROM if enabled.
10	Set the corresponding fault bit in the fault status register, assert $\overline{FLT}$ , shutdown the POL (deasserted ENOUT), and restart the POL every T ( $\mu$ s), where T is set in the MFR_FAULT_RETRY register. Store peak data to EEPROM if enabled.
01	Set the corresponding fault bit in the fault status register, assert $\overline{FLT}$ , and shutdown the POL. Store peak data to EEPROM if enabled.
00	Set the corresponding fault bit in the fault status register, assert $\overline{FLT}$ , and continue operation without any action.

## MFR\_FAULT\_RETRY (DAh)

MFR\_FAULT\_RETRYコマンドは、障害対応の内容が、指定された間隔でPOLを再起動するというものである場合に、POLの再起動間の時間を設定します。このコマンドは、リトライの遅延時間を100 $\mu$ sの倍数で設定します。このコマンドの値は、遅延リトライを必要とするすべての障害対応に使用されます。

遅延リトライ時間 = MFR\_FAULT\_RETRY[15:0]  $\times$  100 $\mu$ s  
2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0～3.2768sです。MFR\_FAULT\_RETRY = 00hの場合、MAX8688は次に利用可能な時間にPOLを再起動します。MFR\_FAULT\_RETRYのデフォルト値は00hです。

## MFR\_SET\_ADDRESS (DBh)

MFR\_SET\_ADDRESSコマンドは、MAX8688のスレーブアドレスを変更するために使用します。デフォルトでは、MAX8688のアドレスは、リセット時に表3にしたがってA3:A1によって設定されます。リセット後は、MFR\_SET\_ADDRESSコマンドによってスレーブアドレスを変更することができます。「MAX8688のアドレス割当て」の項をご覧ください。

このコマンドには2バイトのデータがあります。スレーブアドレスは、最初のデータバイトのビット[6:0]に格納されます。最初のデータバイトのビット7は0にする必要があります。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

MAX8688

## MFR\_IOUT\_TEMP\_COEFF (DCh)

MFR\_IOUT\_TEMP\_COEFFコマンドは、電流検出抵抗 $R_{SENSE}$ の温度係数(単位: ppm/°C)を設定します。電流検出抵抗両端の電圧読み値は、次式によって温度補償されます。

$$\text{温度補償} =$$

$$\text{MFR_IOUT_TEMP_COEFF}[15:0] \times 14.518 \text{ ppm/}^{\circ}\text{C}$$

実際には基板上の物理的な位置が違うため、MAX8688によって測定される温度は使用している電流検出素子の温度とは異なる可能性があることに注意してください。電流検出素子の温度係数をMAX8688にプログラムする際には、これを考慮に入れる必要があります。プログラムする必要があるPPM値を確定するために、基板の特性評価が必要になる場合があります。

2バイトのデータはDIRECT形式です。有効な値は0~4000ppm/°Cです。

MFR\_IOUT\_TEMP\_COEFFのデフォルト値は00h(0ppm/°C)です。

## 性能について

MAX8688は、周期的にタスクリストを調べて必要なタスクを実行するタスクスケジューラと考えることができます。MFR\_SAMPLE\_RATEでサポートされている最高の周波数でPOLを監視したくなるかも知れませんが、それを行った場合、システムコントローラとの通信やDACOUT電圧の調整など、他のタスクを実行するためのリソースが奪われてしまうことに注意してください。これは、MFR\_SAMPLE\_RATEおよびMFR\_FILTER\_MODEの各パラメータの数値を増大させる場合にも当てはまります。何をメリットとするかはアプリケーションによって異なるため、すべての条件において満足すべき解を処方することは不可能です。したがって、特定のシステムニーズに基づいて最適な設定を導くことがシステム設計者に求められます。

## グラフィックユーザインターフェース(GUI)

MAX8688の評価キットには、ソフトウェアの開発を不要にして、大規模なシステムの設定を短時間で行うためのシンプルでユーザフレンドリな方法を提供する、無償のGUIが付属しています。設定が完了した後、結果を外部のEEPROMに保存して起動時にMAX8688の設定に使用するか、またはマスタコントローラによってPMBusを通して起動時にMAX8688にロードすることが

可能です。図17に示すGUIの画面コピーにはプログラム可能なパラメータが表示されており、MAX8688の強力な機能セットを推測することができます。これらのパラメータ値は、PMBusおよびMAX8688がサポートしているメーカー固有コマンドのデータバイトとして機能します。GUIの詳細な使用法については、MAX8688の評価キットを参照してください。

## PCBについて

MAX8688のためのPCBレイアウトはシンプルです。良好なPCBレイアウトのための以下のガイドラインに従うことによって、正確な電圧と電流の測定および電圧レギュレーションを容易に達成することができます。

- 1) AVDD、DVDD、REF0、RS\_C、およびISN\_C用のICカップリングおよびフィルタコンデンサは、できる限りIC端子の近くに配置してください。外部EEPROMを使用する場合は、MAX8688の近くに配置して、短い直結のトレースで相互に接続してください。
- 2) 正確な電流検出を行うため、ISN+およびISN-から電流検出抵抗へのトレースにはケルビン接続を使用してください。DCR検出の場合(「電流検出」の項を参照)、ケルビン接続を使用してPOLの出力インダクタ端子間にRCフィルタを接続してください。RCフィルタのコンデンサからISN+およびISN-へは差動ペアのトレースを配線してください。
- 3) POLの出力電圧検出を正確に行うため、POLの出力電圧電源プレーン上の希望するリモート検出ポイントからMAX8688のRS+およびRS-への差動ペアトレースには、ケルビン接続を使用してください。
- 4) MAX8688のアナロググランド(AGND)およびデジタルグランド(DGND)をICの位置でグランドプレーンに接続してください。他のすべてのグランド接続をこのグランドプレーンに終端させてください。このグランドプレーンを、ノイズの少ないPOLのアナロググランドプレーンに接続して、POLへのリファレンス電圧がスイッチングノイズの影響を受けないようにしてください。シングルポイント(スター)グランド手法を使用して、POLのアナロググランドプレーンをPOLの熱放散電源グランドプレーンに接続してください。最良の温度測定性能を得るため、MAX8688をできる限りPOLの近くに配置してください。
- 5) サンプルレイアウトについては、MAX8688の評価キットを参照してください。

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

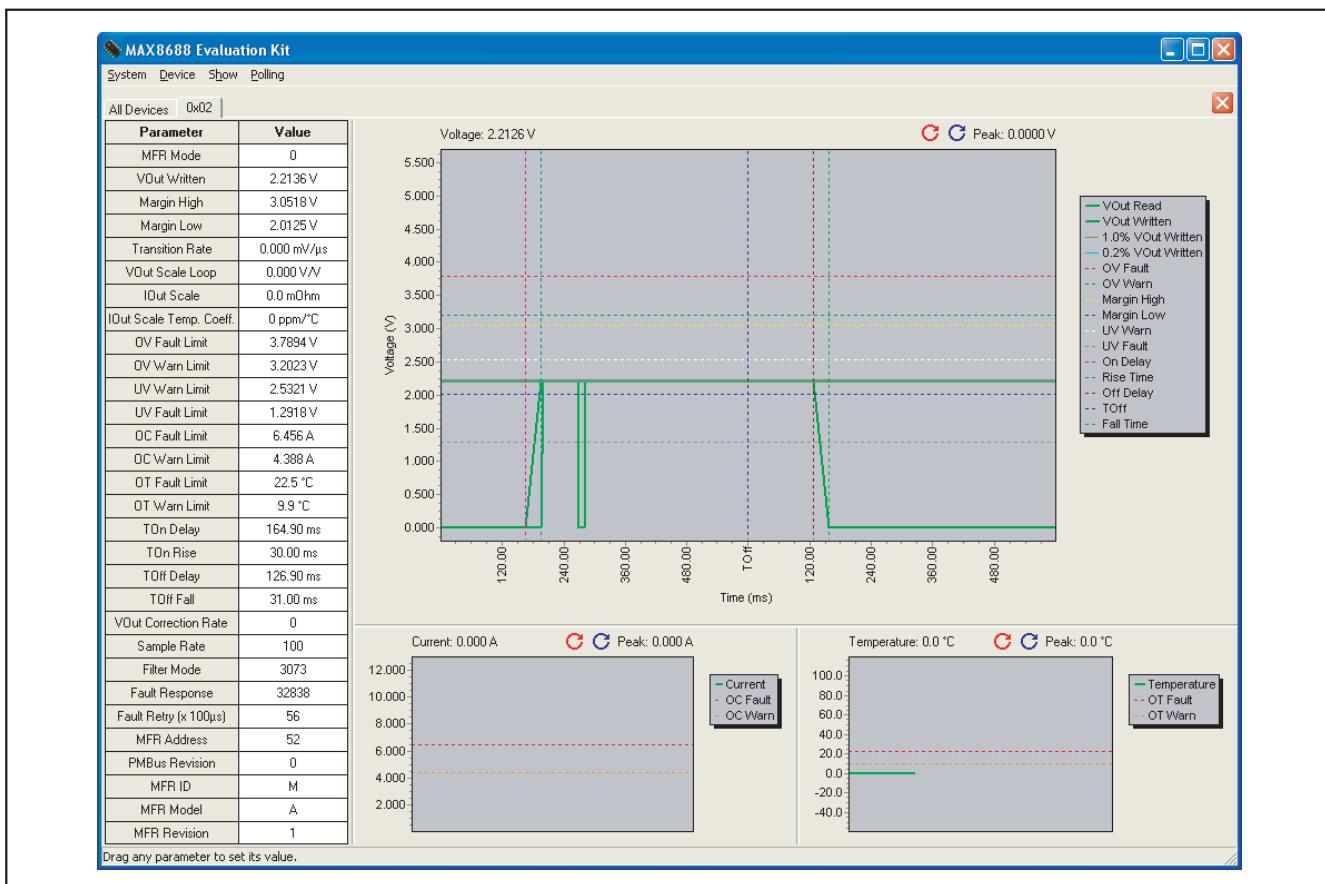
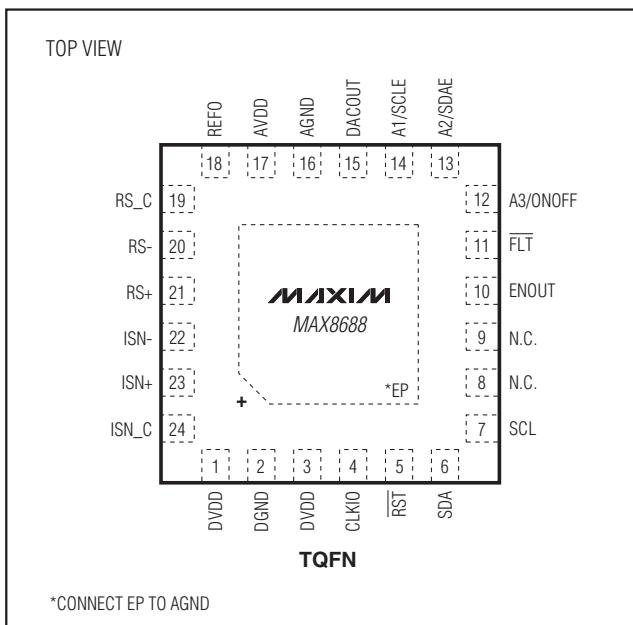


図17. MAX8688用のグラフィックユーザインターフェース

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## ピン配置



## パッケージ

最新のパッケージ図面情報およびランドパターンは、[japan.maxim-ic.com/packages](http://japan.maxim-ic.com/packages)を参照してください。なお、パッケージコードに含まれる「+」、「#」、または「-」はRoHS対応状況を表したものでしかありません。パッケージ図面はパッケージそのものに関するものでRoHS対応状況とは関係がなく、図面によってパッケージコードが異なることがある点を注意してください。

パッケージタイプ	パッケージコード	ドキュメントNo.
24 TQFN-EP	T2444+4	<b>21-0139</b>

**MAX8688**

# PMBusインターフェース付き デジタル電源コントローラ/モニタ

## 改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	1/08	初版	—
1	12/09	「概要」、「型番」、「Absolute Maximum Ratings (絶対最大定格)」、「標準動作特性」、「Electrical Characteristics (電気的特性)」、「端子説明」、および「ピン配置」を更新。	1-8, 37

マキシム・ジャパン株式会社 〒141-0032 東京都品川区大崎1-6-4 大崎ニューシティ 4号館 20F TEL: 03-6893-6600

Maximは完全にMaxim製品に組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は隨時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。

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

© 2009 Maxim Integrated Products

MaximはMaxim Integrated Products, Inc.の登録商標です。