



OV/サージ、UV、逆極性、接地喪失に対する保護機能と PMBus インターフェースを備えた 3V~80V、7A 電流リミッタ

MAX17616/MAX17616A

製品のハイライト

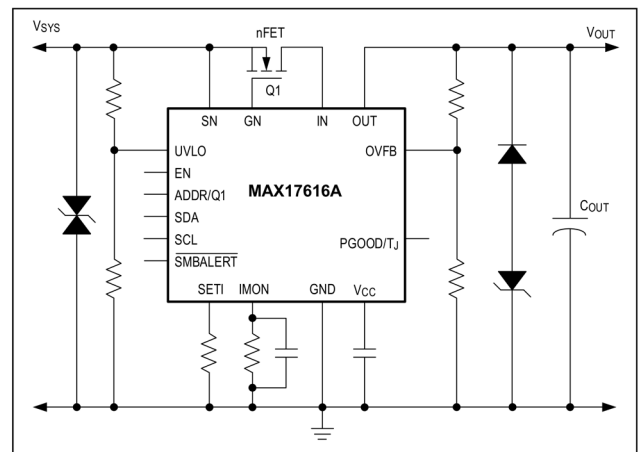
- 堅牢な保護機能によりシステムのダウンタイムを低減
 - 広い入力電源範囲：+3V~+80V（逆電流保護無効時）
 - 広い入力電源範囲：+3V~+75V（逆電流保護有効時）
 - プログラマブルな電流制限の精度（3A~7A、全温度範囲）：±3%
 - プログラマブルな電流制限の精度（2A~3A、全温度範囲）：±4%
 - プログラマブルな電流制限の精度（0.7A~2A、全温度範囲）：±7%
 - 入力電圧逆極性保護（外付け nFET 使用）
 - 応答時間が 100ns の高速な 2 段階逆電流保護（外付け nFET 使用）
 - 低 R_{ON} の内部 nFET（代表値 20mΩ）
 - 出力電圧逆極性耐性
 - 接地喪失保護
 - 許容短期的過負荷：200%
 - プログラマブルな過電圧サージ保護（MAX17616A）
- PMBus インターフェース
 - リアルタイムの動作条件モニタリングおよび電圧と電流の読出し
 - フォルト・レジストリのアクセスと管理
 - デバイスのオン/オフ制御
 - 電流制限モードの選択
 - 起動時突入電流制限値の選択
 - 短期的過電流の制限値と時間の選択
- 再利用性を最大限に高め再適格性確認の必要性を最小限に抑える柔軟な設計
 - 調整可能な UVLO および OVLO/OVFB スレッシュホールド
 - ±2%の精度の電流モニタリング読出し、IMON（3A~7A、+85°C まで）
 - プログラマブルな起動時突入電流制限値
 - プログラマブルな電流制限フォルト応答：連続モード、自動再試行モード、ラッチオフ・モード
 - ロジック・レベルのイネーブル入力（EN）
 - 外付け n 型電界効果トランジスタ（nFET）の保護付きゲート駆動

- パワー・グッド出力（PGOOD）
- プログラマブルな出力低電圧検出（OUTUV）
- ジャンクション温度のモニタリング（ T_J ）
- サーマル・フォールドバック電流制限
- ソリューションのフットプリントを縮小
 - 4.5mm × 5.75mm、23 ピン FCQFN パッケージ
 - 一般的使用条件での保護要件に対応する内蔵 nFET

主なアプリケーション

- 入力電圧と出力過電流に対する保護：
MAX17616/MAX17616A は、入力電圧フォルト時と出力過電流フォルト時には、負荷電流を遮断し、出力を入力から切り離します。
- 接地喪失保護：
グラウンド・パス上にある単一故障安全ヒューズが切れた場合など、接地喪失イベントが生じた場合には、MAX17616/MAX17616A は負荷電流を遮断し、出力を入力から切り離します。
- サージ保護：
MAX17616A は、入力電圧に過渡的なサージが発生している間は出力電圧制限レギュレーションを行い、接続されている負荷を短期的な入力電圧サージ・イベントから保護します。

簡略アプリケーション回路図



型番はデータシート末尾に記載されています。

※こちらのデータシートには正誤表が付属しています。当該資料の最終ページ以降をご参照ください。

目次

製品のハイライト.....	1
主なアプリケーション.....	1
簡略アプリケーション回路図.....	1
絶対最大定格.....	5
パッケージ情報.....	5
電気的特性.....	6
タイミング図.....	11
標準動作特性.....	12
ピン配置.....	17
端子説明.....	18
機能図.....	19
詳細説明.....	20
入力低電圧ロックアウト (UVLO).....	21
入力過電圧ロックアウト (OVLO).....	23
入力デバウンス保護.....	25
イネーブル.....	26
起動時突入電流制限 (I _{START}).....	26
電流制限スレッシュホールドの設定 (I _{LIM}).....	27
電流モニタリング (IMON).....	28
電流制限機能と短期過電流対応機能.....	28
電流制限タイプの選択.....	29
連続電流制限.....	30
自動再試行電流制限.....	30
ラッチオフ電流制限.....	32
短絡保護.....	33
逆電流保護.....	33
入力電圧のサージ除去と出力過電圧フィードバック・レギュレーション (OVFB).....	34
入力逆極性保護.....	37
出力逆極性保護.....	38
出力低電圧検出 (OUTUV).....	38
フォルト出力 (SMBALERT).....	39
リニア・レギュレータ (V _{CC}).....	40
逆保護用外付け nFET のゲート・ドライバ.....	40
接地喪失保護.....	40
パワー・グッド出力 (PGOOD/T _J).....	41
ダイ温度のモニタリング (PGOOD/T _J).....	41

サーマル・シャットダウン保護	41
PMBus インターフェース	41
デバイスのアドレス指定と逆保護 (Q1) のデコード	43
DIRECT データ・フォーマット	45
PMBus コマンド	45
OPERATION	47
CLEAR_FAULT	47
CAPABILITY	47
SMBALERT_MASK	48
VOUT_UV_FAULT_LIMIT	48
STATUS_BYTE	49
STATUS_WORD	49
STATUS_VOUT	50
STATUS_IOUT	50
STATUS_INPUT	51
STATUS_TEMPERATURE	51
STATUS_CML	52
STATUS_OTHER	52
STATUS_MFR_SPECIFIC	52
READ_VIN	53
READ_VOUT	53
READ_IOUT	53
READ_TEMPERATURE_1	54
PMBus_REVISION	54
MFR_ID	54
MFR_MODEL	54
MFR_REVISION	54
IC_DEVICE_ID	55
IC_DEVICE_REV	55
SET_CLMODE	55
SET_ISTART_RATIO	55
SET_TSTOC	56
SET_ISTLIM	56
フォルト管理	56
アプリケーション情報	62
IN コンデンサ	62
IN 端子のホット・プラグイン	62
入力ハード地絡	62

瞬時電圧低下応答.....	62
OUT コンデンサ.....	62
OUT 端子のホット・プラグイン.....	63
誘導性ハード地絡に備える OUT クランピング・ダイオード.....	63
レイアウトと放熱.....	63
ESD 保護.....	63
標準アプリケーション回路.....	64
型番.....	65

絶対最大定格

IN~GND	-0.3V~+85V	GN~SN.....	-0.3V~+10V
SN~GND (逆電流保護使用時)	-85V~+78V	GN~GND	-85V~+85V
SN~GND (逆電流保護なし)	-85V~+85V	IN~SN	-1V~+85V
OUT~GND	-85V~+85V	IN 電流 (DC)	8A
IN~OUT (DC)	-0.3V~+85V	連続消費電力 (T _A = +70°C、+70°C を超えると 36.5mW/°C で ディレーティング)	3469.7mW
UVLO、OVLO、OVFB、SMBALERT~GND	-0.3V~+33V	動作温度範囲.....	-40°C~+125°C
EN、PGOOD/T ₁ 、SDA、SCL、ADDR~GND	-0.3V~+6V	ジャンクション温度 (Note 1)	-40°C~+150°C
V _{CC} ~GND	-0.3V~+2V	保存温度	-65°C~+150°C
SETI、IMON~GND	-0.3V~(V _{CC} + 0.3)V	リード温度 (はんだ処理、10 秒)	+300°C
		はんだ処理温度 (リフロー)	+260°C

Note 1 : ジャンクション温度が+125°C を超えると、動作寿命が短くなります。

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

Package Code	F234A5F+1F
Outline Number	21-100606
Land Pattern Number	90-100213
THERMAL RESISTANCE, FOUR-LAYER BOARD	
Junction-to-Ambient (θ_{JA})	27.38°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})	1.81°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/en/design-center/package-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/en/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、 $V_{IN} = V_{SN} = 3V \sim 80V$ 、 $GN = OPEN$ 、 $UVLO$ 、 $OVLO/OVFB$ 、 EN 、 $IMON = OPEN$ 、 $PGOOD/T_J$ 、 $\overline{SMBALERT}$ 、 SDA 、 SCL 、 $ADDR = GND$ 、 $R_{SET1} = 2.13k\Omega$ 、 $V_{CC} = 2.2\mu F$ で GND に接続、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 。代表値は $V_{IN} = 48V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ での値です (Note 2 を参照) 。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Section						
IN Voltage Range	V_{IN}	Without Reverse Current Protection	3		80	V
		With Reverse Current Protection	3		75	
Shutdown IN Current	I_{INSHDN}	$V_{EN} = 0V$, $V_{OUT} = GND$, $T_A = +125^\circ C$		20	80	μA
		$V_{EN} = 0V$, $V_{OUT} = GND$, $T_A = +85^\circ C$		20	50	μA
Shutdown SN Current		$V_{EN} = 0V$, $V_{SN} = -80V$		-53	-105	μA
Shutdown IN to OUT Current		$V_{EN} = 0V$, $V_{IN} - V_{OUT} = 80V$		30	110	μA
Shutdown IN, GN, SN shorted		$V_{EN} = 0V$, $V_{OUT} = GND$, $T_A = +125^\circ C$		30	90	μA
		$V_{EN} = 0V$, $V_{OUT} = GND$, $T_A = +85^\circ C$		30	60	μA
Supply Current	I_{IN}			2	3	mA
Internal IN Undervoltage Trip level	$V_{INUVLOR}$	V_{IN} Rising	2.74	2.80	2.86	V
	$V_{INUVLOF}$	V_{IN} Falling	2.64	2.70	2.76	
Enable (EN)						
EN Input-Logic High	V_{ENH}		1.4			V
EN Input-Logic Low	V_{ENL}				0.4	V
EN Internal Pullup Voltage		$3V < V_{IN} < 80V$	1.3		2.05	V
EN Input Current		$V_{EN} = 5V$			20	μA
EN Pullup Current		$V_{EN} = 0V$	2.74	5	9.56	μA
V_{CC} (LDO)						
V _{CC} Output Voltage Range	V_{CC}	$1mA < I_{VCC} < 10mA$	1.7	1.8	1.86	V
V _{CC} UVLO	V_{CC_UVR}	V_{CC} rising	1.62	1.66	1.7	V
	V_{CC_UVF}	V_{CC} falling	1.54	1.58	1.62	
V _{CC} current limit	I_{VCC}		15	29	48	mA
Undervoltage Lockout (UVLO)						
UVLO Threshold		UVLO Rising	0.911	0.93	0.948	V
		UVLO Falling	0.882	0.90	0.918	
UVLO Leakage Current	I_{UVLO_LEAK}	$V_{UVLO} = 1V$, $T_A = +25^\circ C$	-100		+100	nA
Overvoltage Lockout (OVLO) (MAX17616 only)						
OVLO Threshold		OVLO Rising	0.911	0.93	0.948	V
		OVLO Falling	0.882	0.90	0.918	
OVLO Leakage Current	I_{OVLO_LEAK}	$V_{OVLO} = 1V$, $T_A = +25^\circ C$	-100		+100	nA

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SN} = 3V \sim 80V$ 、 $GN = OPEN$ 、 $UVLO$ 、 $OVLO/OVFB$ 、 EN 、 $IMON = OPEN$ 、 $PGOOD/T_J$ 、 $\overline{SMBALERT}$ 、 SDA 、 SCL 、 $ADDR = GND$ 、 $R_{SETI} = 2.13k\Omega$ 、 $V_{CC} = 2.2\mu F$ で GND に接続、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 。代表値は $V_{IN} = 48V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ での値です (Note 2 を参照)。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS	
Output Overvoltage Clamp (OVFB) (MAX17616A only)								
Overvoltage Clamp Reference	OVFB _{REF}			0.784	0.800	0.816	V	
Overshoot on OVFB		IN Slew Rate < 0.1V/ μ s	$C_{LOAD} = 4.7\mu F$, $I_{LIM} = 7A$, $I_{LOAD} = 1A$	0			mV	
		IN Slew Rate < 1V/ μ s	$C_{LOAD} = 4.7\mu F$, $I_{LIM} = 7A$, $I_{LOAD} = 1A$	0				
Current Limit and Monitoring (SETI and IMON)								
Current Limit Adjustment Range	I_{LIM}			0.7		7.0	A	
Current Limit Threshold Accuracy	I_{LIM_ACC}	$0.7A < I_{LIM} < 2A$		-7		+7	%	
		$2A \leq I_{LIM} < 3A$		-4		+4		
		$3A \leq I_{LIM} \leq 7A$		-3		+3		
Overcurrent Response Time	t_{SOC}	$I_{LIM} = 1A$, I_{OUT} step from 0.5A to 3A, Time to regulate I_{OUT} to Current Limit		20			μ s	
Short-Term Over Current Limit	I_{STLIM}			$2 \times I_{LIM}$			A	
Short-Term Over Current Limit Blanking Time	t_{STOC}			400			μ s	
Overcurrent Protection Threshold	I_{OCP}	(See Figure 16 in the Short Circuit Protection Section)	(See Note 3)	22	30	36	A	
Overcurrent Protection Response Time	t_{OCP}	$I_{LIM} = 7A$, I_{OUT} step from 3.5A to 40A, Time to turn off the switch once $I_{OUT} > I_{OCP}$		1			μ s	
IMON Accuracy	I_{MON_ACC}	$0.7A < I_{LIM} < 2A$		$I_{OUT} < I_{LIM}$		-6	+6	%
		$2A \leq I_{LIM} < 3A$		$I_{OUT} < I_{LIM}$		-3	+3	
		$3A \leq I_{LIM} \leq 7A$		$I_{OUT} < I_{LIM}$, $T_A = +125^\circ C$		-2.5	+2.5	
				$I_{OUT} < I_{LIM}$, $T_A = +85^\circ C$		-2	+2	
IMON Range				0		1.25	V	
SETI/IMON Current Ratio				21300			A/A	
SETI Clamp				1.59		1.81	V	
IMON Clamp				1.49		1.69	V	
SETI Fault				400			mV	
SETI Resistance		$I_{LIM} = 7A$		2.13			k Ω	
SETI Regulation Voltage				0.7			V	
SETI Range				0		1.4	V	

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SN} = 3V \sim 80V$ 、 $GN = OPEN$ 、 $UVLO$ 、 $OVLO/OVFB$ 、 EN 、 $IMON = OPEN$ 、 $PGOOD/T_J$ 、 $\overline{SMBALERT}$ 、 SDA 、 SCL 、 $ADDR = GND$ 、 $R_{SET1} = 2.13k\Omega$ 、 $V_{CC} = 2.2\mu F$ で GND に接続、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 。代表値は $V_{IN} = 48V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ での値です (Note 2 を参照)。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Reverse Current Protection							
Slow Reverse Current Blocking Threshold	V_{RIB_SLOW}	$(V_{IN} - V_{OUT})$ falling		-1	-5	-10	mV
Slow Reverse Current Blocking Response Time	t_{RIB_SLOW}	(See Figure 1), $CGN-SN = 20nF$			20	30	μs
Fast Reverse Current Blocking Threshold	V_{RIB_FAST}	$(V_{IN} - V_{OUT})$ falling		-70	-100	-130	mV
Fast Reverse Current Blocking Response Time	t_{RIB_FAST}	(See Figure 2), $CGN-SN = 20nF$			100	160	ns
Reverse Current Blocking Rising Threshold Voltage	V_{RIB_RISING}	$(V_{SN} - V_{OUT})$ Rising		70	100	130	mV
Reverse Output Current drawn from OUT	I_{OUT_REV}	$V_{SN} = 0V$, $V_{OUT} = 48V$, $IN = OPEN$				9	mA
Gate Drive (GN, SN)							
External Reverse Protection nFET Gate Drive Voltage	V_{GN_SN}	EN = High, No-Fault Condition	$V_{IN} \geq 10V$	6	6.5	7	V
Gate Active Pullup Current		EN = High, $V_{GN} = V_{SN}$, No Reverse Fault Condition		80	100	120	μA
Gate Pulldown Resistance		EN = High, External nFET OFF			60	120	Ω
		Always present			3		M Ω
Internal FET							
Internal nFET ON Resistance	R_{ON}	$I_{LOAD} = 100mA$			20	40	m Ω
Power Good Output (PGOOD/T_J)							
Logic-Low Voltage		$I_{SINK} = 1mA$				0.4	V
Leakage Current		$V_{PULLUP} = 5V$, $PGOOD/T_J$ Open-Drain OFF				1	μA
Junction Temperature Monitoring (PGOOD/T_J)							
Accuracy		$T_A = +25^\circ C$		-9		9	$^\circ C$
T _J voltage		$T_A = +25^\circ C$, $R_{TJ} = 10k\Omega$ to GND			652		mV
		$T_A = +125^\circ C$, $R_{TJ} = 10k\Omega$ to GND			854		
dV/dTemp		$T_A = +25^\circ C$ to $+125^\circ C$			2		mV/ $^\circ C$
T _J Current Limit				100		600	μA
Timing characteristics							
IN Debounce Time	t_{DEB}	Time from $V_{IN} > V_{UVLO_R}$ and Internal FET turn-on starts		0.9	1	1.1	ms
INUVLO Blanking Time	$t_{INUVLOBLANK}$	Power-up $\overline{SMBALERT}$ assertion blanking time			0.5		ms
EN Turn-On Time		Delay from $EN = 1$ for the part to turn on Internal FET (provided $V_{IN} > V_{UVLO_R}$)			2.5		ms
Internal nFET Turn-On Time	t_{ON_SWITCH}	From No Fault to $I_{OUT} = 1A$			150		μs

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SN} = 3V \sim 80V$ 、 $GN = OPEN$ 、 $UVLO$ 、 $OVLO/OVFB$ 、 EN 、 $IMON = OPEN$ 、 $PGOOD/T_J$ 、 $\overline{SMBALERT}$ 、 SDA 、 SCL 、 $ADDR = GND$ 、 $R_{SET1} = 2.13k\Omega$ 、 $V_{CC} = 2.2\mu F$ で GND に接続、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 。代表値は $V_{IN} = 48V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ での値です (Note 2 を参照)。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Delay between Internal nFET Turn-On and External nFET Turn-On	t_{DR}		90	100	110	μs	
The delay between Internal nFET Turn-OFF and External nFET Turn-OFF	t_{DF}		90	100	110	μs	
Undervoltage Lock Out Turn OFF Time	t_{OFF_UVLO}	V_{UVLO} falling from 1V to 0.8V		1		μs	
Overvoltage Lock Out Turn OFF Time	t_{OFF_OVLO}	V_{OVLO} rising from 0.8V to 1V		1		μs	
Undervoltage Lock Out Rising Edge Debounce Time	t_{DEB_UVLO}	V_{IN} rising		10		μs	
Overvoltage Lock Out Falling Edge Debounce Time	t_{DEB_OVLO}	V_{IN} falling		10		μs	
Auto Retry Tme	t_{RETRY}			800		ms	
Blanking Time	t_{BLANK}		21.8	24.0	26.4	ms	
Startup Timeout	t_{STO}		1080	1200	1320	ms	
Loss of Ground Switch Turn OFF Time		$C_{VCC} = 2.2\mu F$		100		ms	
ADC and Variables Read Out (PMBus)							
Resolution				12		bits	
V_{SN} , V_{OUT} Range			3		80	V	
V_{SN} , V_{OUT} Accuracy		$3V \leq V_{SN}$, $V_{OUT} \leq 12V$	-3.5		+3.5	%	
		$12V < V_{SN}$, $V_{OUT} < 80V$	-1.5		+1.5		
I_{OUT} Range			0.7		7.0	A	
I_{OUT} Accuracy		$0.7A \leq I_{OUT} < 2A$	$I_{OUT} < I_{LIM}$, $C_{IMON} = 100nF$	-6		+6	%
		$2A \leq I_{OUT} < 3A$	$I_{OUT} < I_{LIM}$, $C_{IMON} = 100nF$	-3		+3	
		$3A \leq I_{OUT} \leq 7A$	$I_{OUT} < I_{LIM}$, $C_{IMON} = 100nF$, $T_A = +125^\circ C$	-2.5		+2.5	
			$I_{OUT} < I_{LIM}$, $C_{IMON} = 100nF$, $T_A = +85^\circ C$	-2		+2	
True I_{OUT} Range = ADC Full Scale			0		1.25	V	
T_J Range			0		150	$^\circ C$	
T_J Accuracy		$T_A = +25^\circ C$	-9		+9	$^\circ C$	
Sampling Rate				2500		Hz	
PMBus Interface Specifications							
Clock Frequency	f_{CLK}	(See Note 3)			1000	kHz	
Bus Free Time between STOP and START	t_{BUF}		0.5			μs	

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = V_{SN} = 3V \sim 80V$ 、 $GN = OPEN$ 、 $UVLO$ 、 $OVLO/OVFB$ 、 EN 、 $IMON = OPEN$ 、 $PGOOD/T_J$ 、 $\overline{SMBALERT}$ 、 SDA 、 SCL 、 $ADDR = GND$ 、 $R_{SET1} = 2.13k\Omega$ 、 $V_{CC} = 2.2\mu F$ で GND に接続、 $T_A = -40^\circ C \sim +125^\circ C$ 。代表値は $V_{IN} = 48V$ 、 $T_A = +25^\circ C$ での値です (Note 2 を参照)。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Hold Time after Repeated Start Condition	$t_{HD;STA}$	After this period, the first clock is generated	0.26			μs
Repeated Start Condition Setup Time	$t_{SU;STA}$		0.26			μs
STOP Condition Setup Time	$t_{SU;STO}$		0.26			μs
Data Hold Time	$t_{HD;DAT}$	(See Note 4)	300			ns
Data Setup Time	$t_{SU;DAT}$		100			ns
Detect Clock Low Timeout	$t_{TIMEOUT}$	(See Note 5)	25		35	ms
Clock Low Period	t_{LOW}		0.5			μs
Clock High Period	t_{HIGH}	(See Note 6)	0.5			μs
Clock/Data Rise Time	t_R	(See Note 7)			120	ns
Clock/Data Fall Time	t_F	(See Note 7)			120	ns
Noise Spike Suppression Time	t_{SPIKE}	(See Note 8)	0		50	ns
Data, Clock, Input Low Voltage	V_{IL}				0.8	V
Data, Clock, Input High Voltage	V_{IH}		1.35		5.5	V
Data, Output Low Voltage	V_{OL}		0		0.4	V
SCL, SDA input current			-1		1	μA
Thermal Protection						
Thermal Foldback	$T_{J(FB)}$			150		$^\circ C$
Thermal Shutdown	T_J			165		$^\circ C$
Thermal Shutdown Hysteresis	$T_{J(HYS)}$			20		$^\circ C$

Note 2 : すべてのデバイスは $T_A = +25^\circ C$ で 100% 製品テストしています。動作温度範囲を超える制限値は設計により裏付けられており、製品テストは行っておりません。

Note 3 : これらの仕様については出荷テストを行っていませんが、設計により裏付けられています。

Note 4 : コントローラは、最小 f_{CLK} よりも低い周波数でクロックを駆動してはいけません。また、クロックの動作周波数は、デバイスによる断続的なクロックの延長があっても f_{CLK} の最小値を下回らないようにします。この制限は、バス・アイドル状態には適用されず、 $t_{LOW;SEXT}$ と $t_{LOW;MEXT}$ の制限とは独立です。

Note 5 : 転送に参与しているデバイスは、クロックのロー期間が 1 度でも $t_{TIMEOUT;MIN}$ の値を超過すれば、進行中の転送を中断し、バスを開放できます。トランザクション中にコントローラがこの条件を検出した場合、転送処理中の現データ・バイト中もしくはその後にストップ・コンディションを生成しなければなりません。デバイスがこの条件を検出すると、通信をリセットし、 $t_{TIMEOUT;MAX}$ 以内に新しいスタート・コンディションを受信できるようにしなければなりません。タイムアウト条件が確保されるのは、タイムアウトを行っているデバイスが CLK を $t_{TIMEOUT;MAX}$ 以上の期間ローに保持した場合のみです。

Note 6 : $t_{HIGH;MAX}$ は、コントローラがバス・アイドル条件を確実に検出できる簡単な手段として使用できます。クロックとデータ信号が $t_{HIGH;MAX}$ 以上の期間ハイであることを検出すれば、コントローラはバスが使用中でないと判断できます。

Note 7 : 立上がり時間と立下がり時間の測定限界は、次のように定義されます。

立上がり時間制限値 : $(V_{IL;MAX} - 0.15V) \sim (V_{IH;MIN} + 0.15V)$

立下がり時間制限値 : $(V_{IH;MIN} + 0.15V) \sim (V_{IL;MAX} - 0.15V)$

Note 8 : デバイスは、規定の最大値までのノイズ・スパイクを除去する手段を備えていなければなりません。

タイミング図

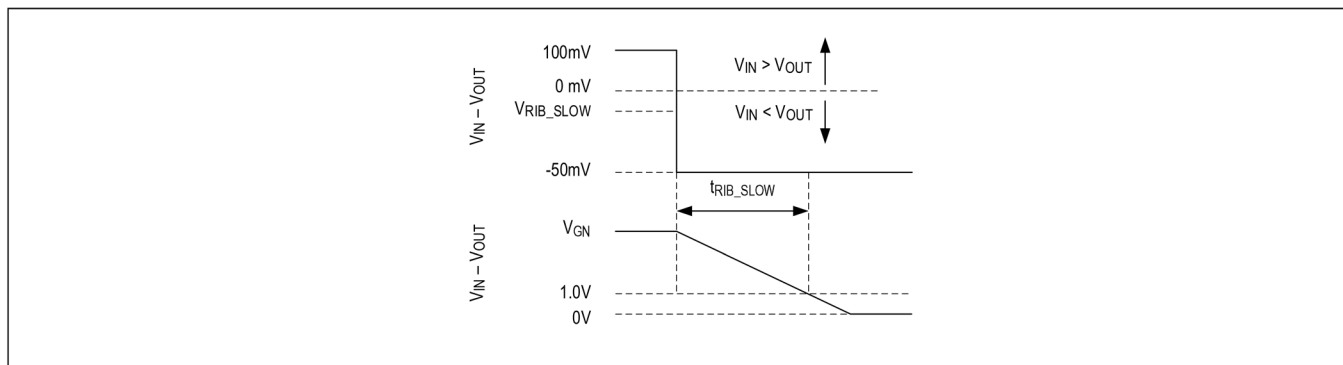


図 1. 低速逆電流ブロッキング応答時間

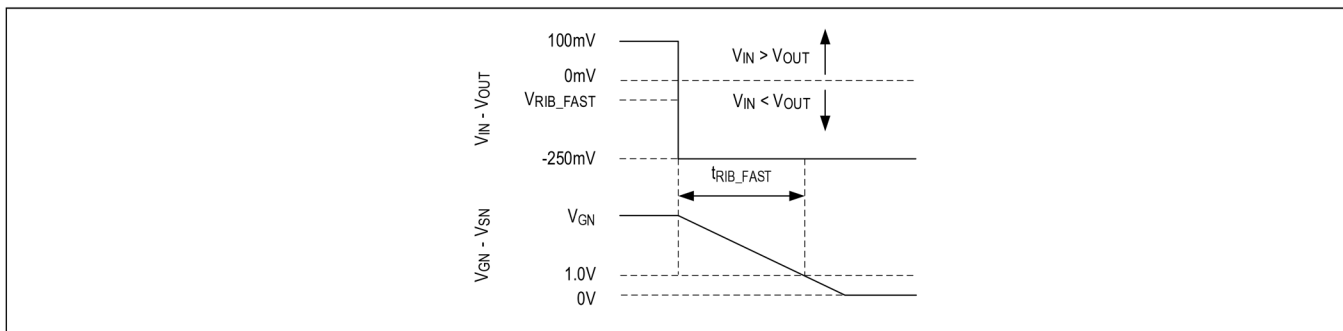
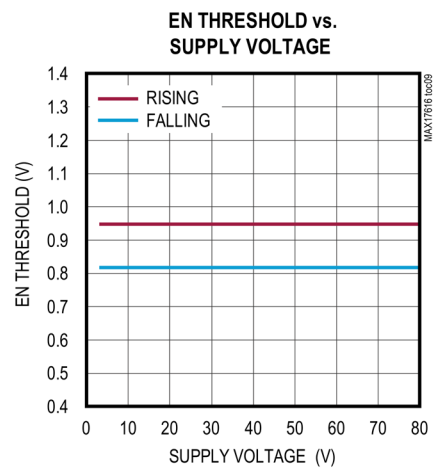
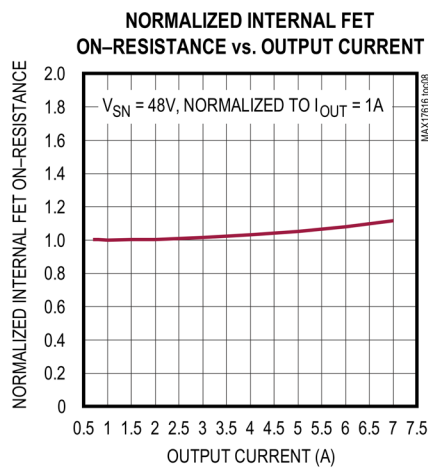
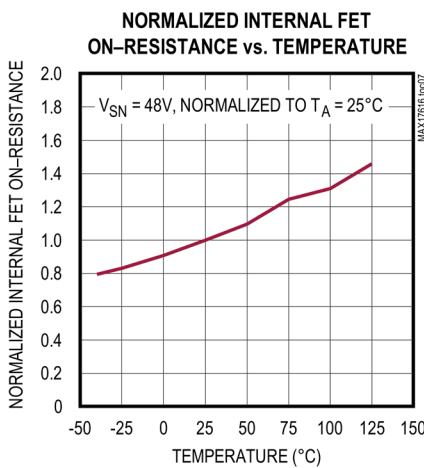
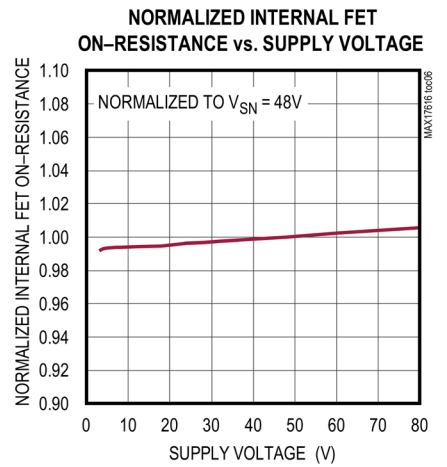
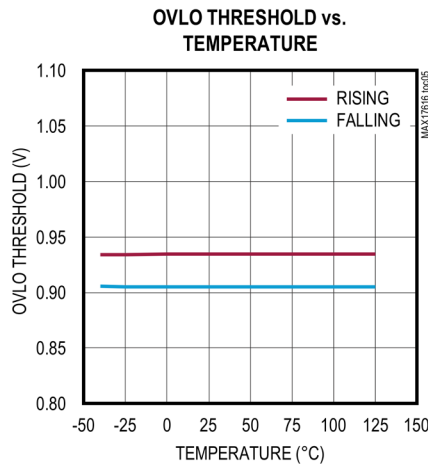
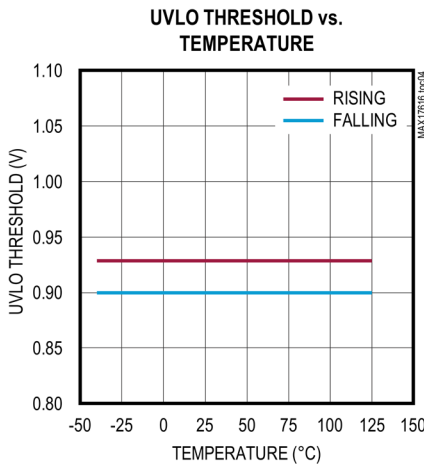
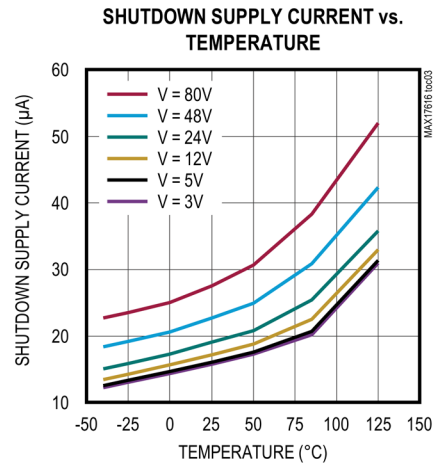
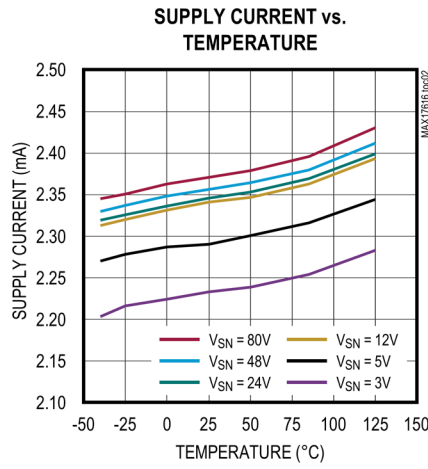
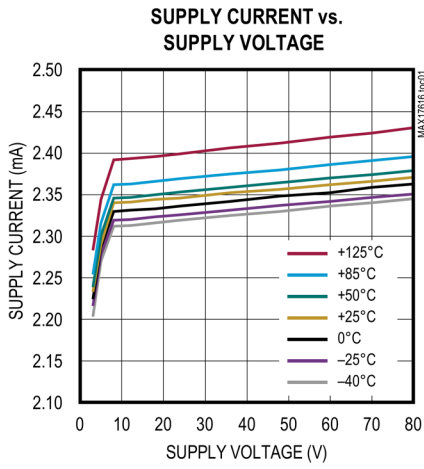
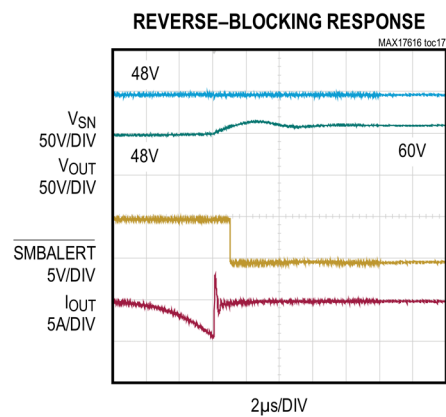
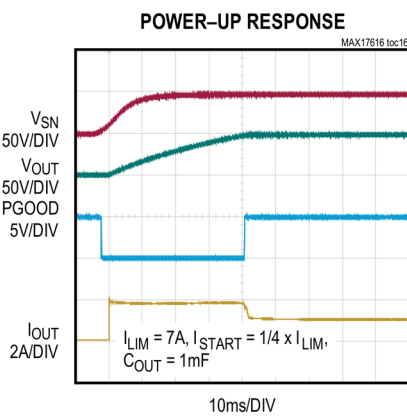
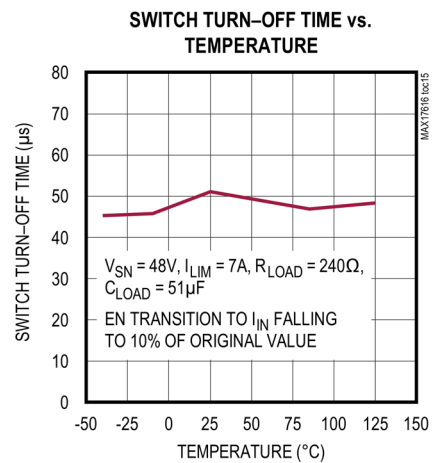
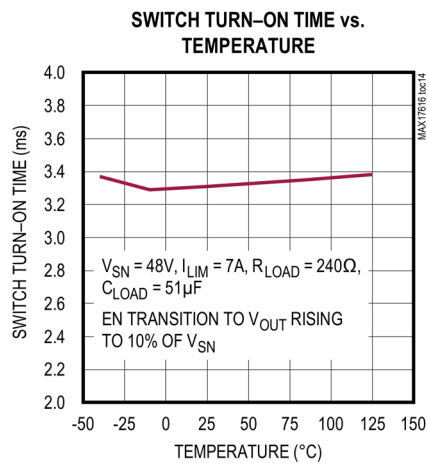
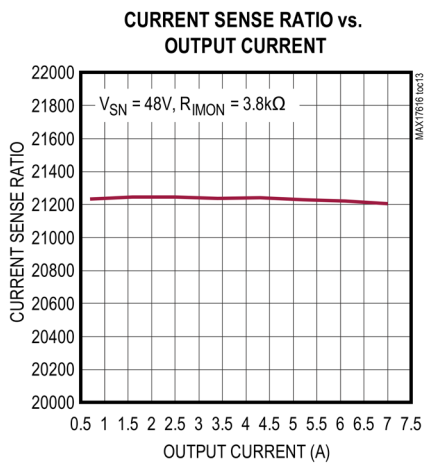
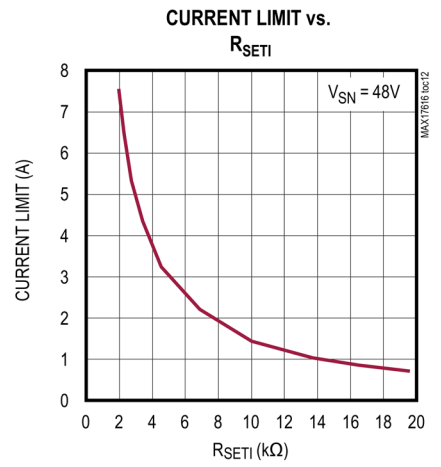
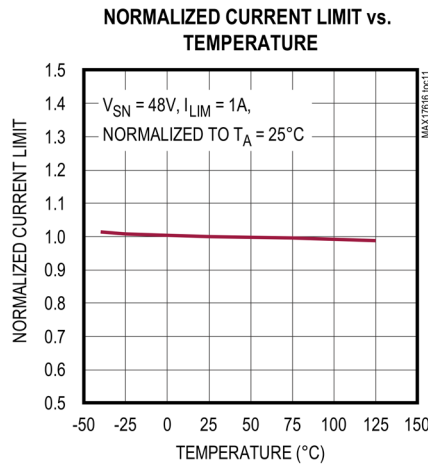
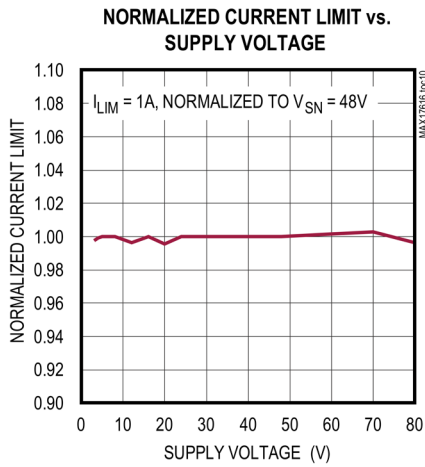


図 2. 高速逆電流ブロッキング応答時間

標準動作特性

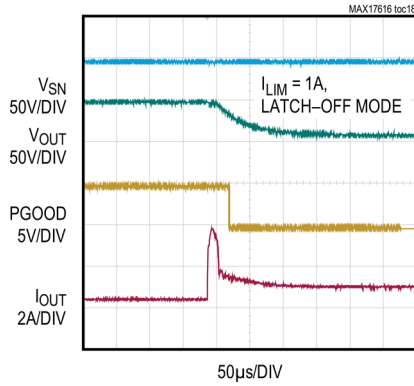


OV/サージ、UV、逆極性、接地喪失に対する保護機能と PMBus インターフェースを備えた 3V~80V、7A 電流リミッタ

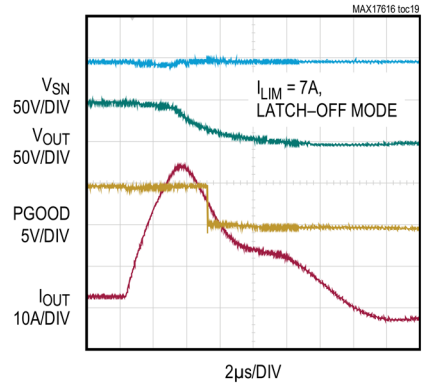


OV/サージ、UV、逆極性、接地喪失に対する保護機能と PMBus インターフェースを備えた 3V~80V、7A 電流リミッタ

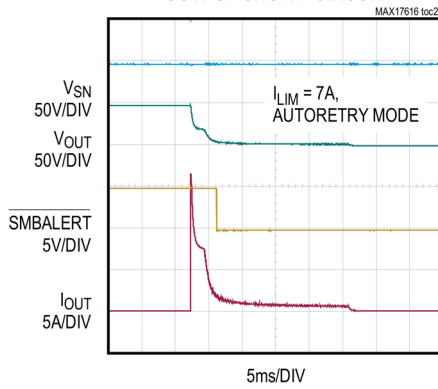
CURRENT LIMIT RESPONSE



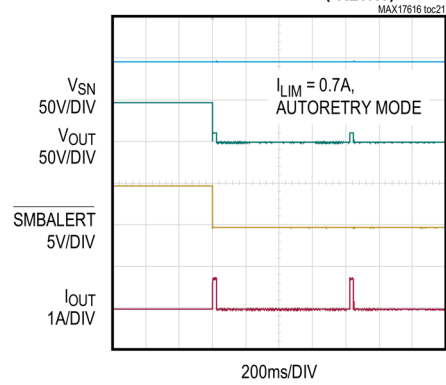
OUTPUT SHORT-CIRCUIT RESPONSE



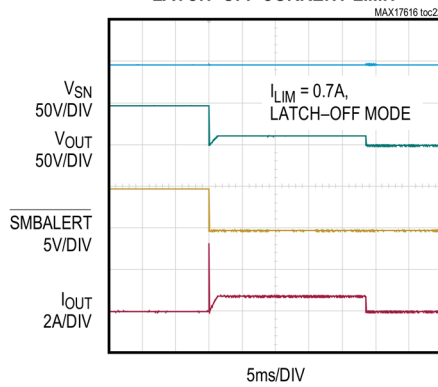
THERMAL FOLDBACK DUE TO OUTPUT SHORT-CIRCUIT



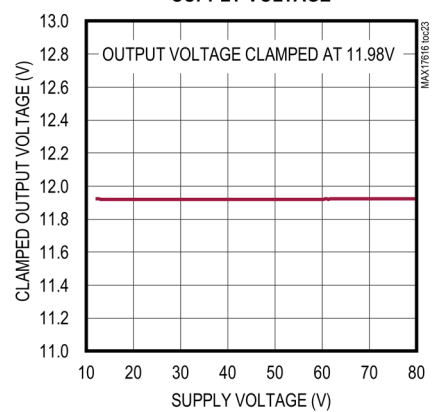
AUTORETRY TIME (t_RETRY)



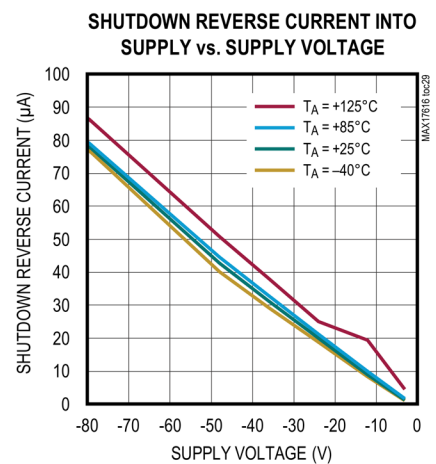
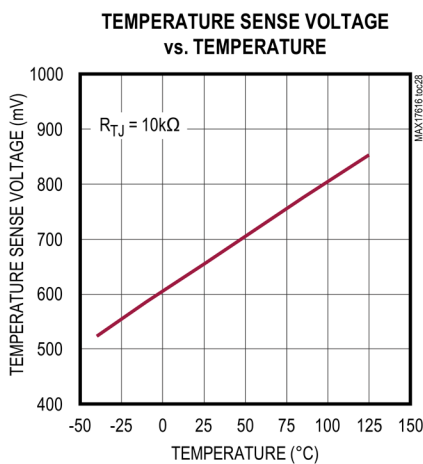
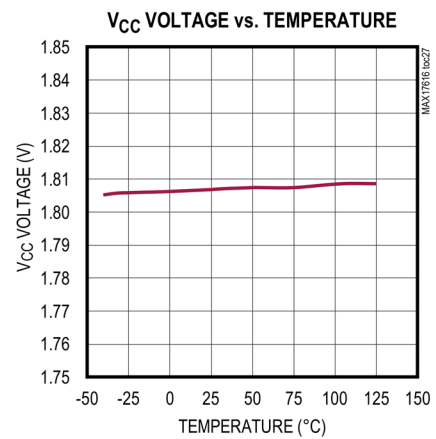
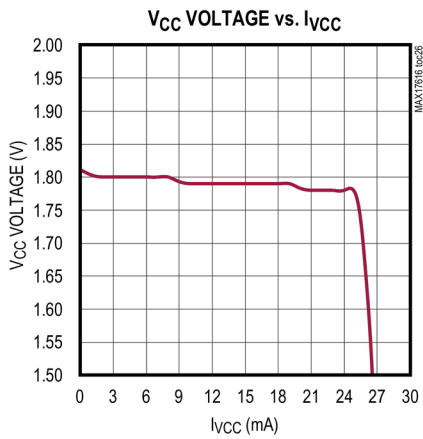
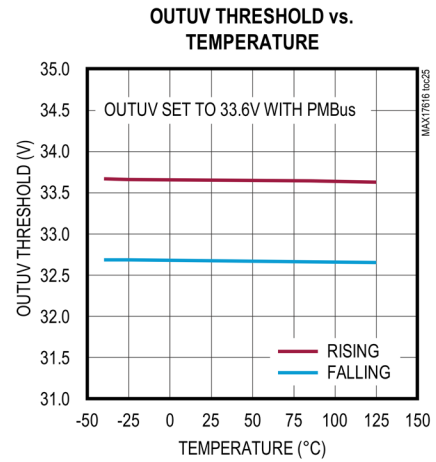
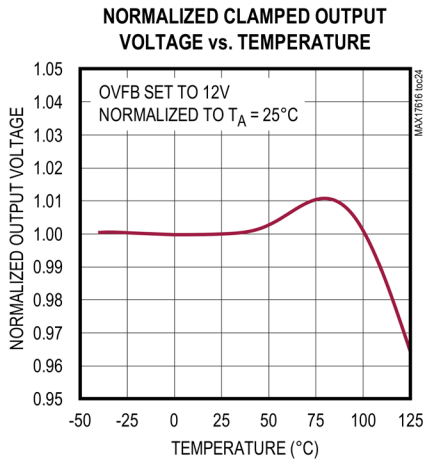
LATCH-OFF CURRENT LIMIT



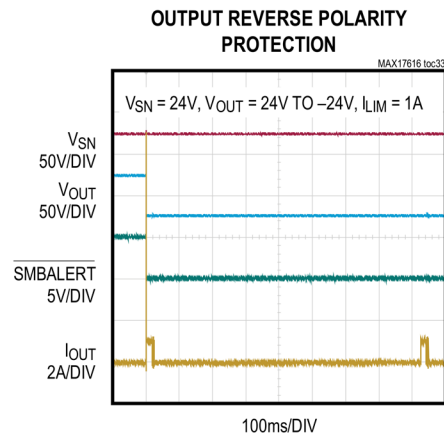
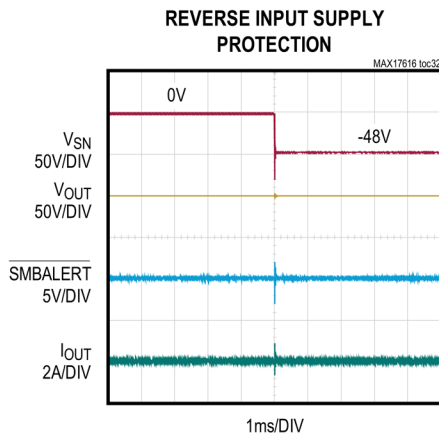
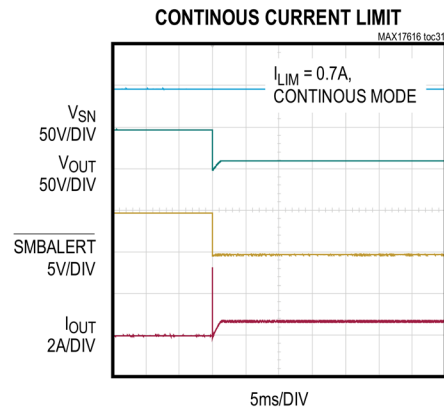
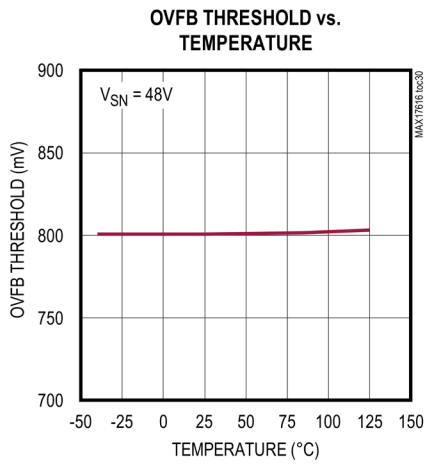
CLAMPED OUTPUT VOLTAGE vs. SUPPLY VOLTAGE



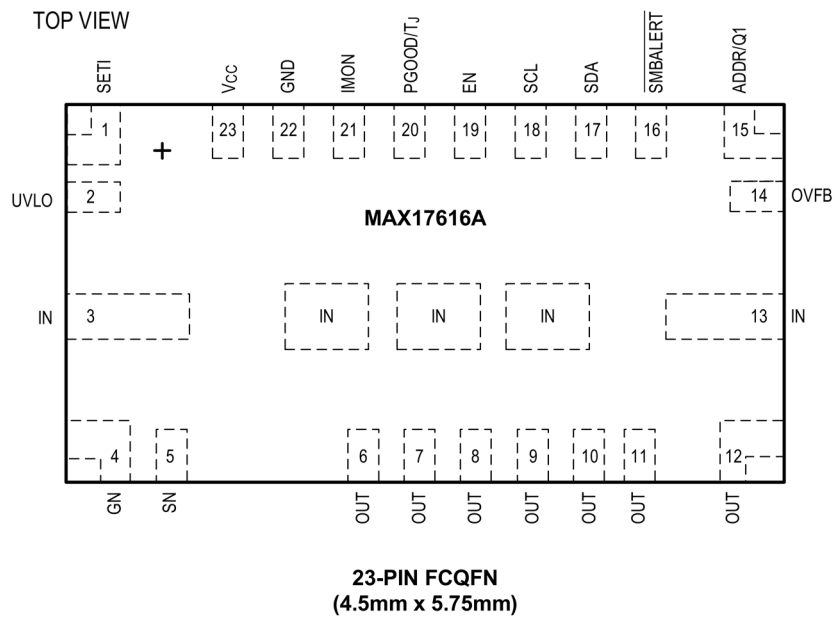
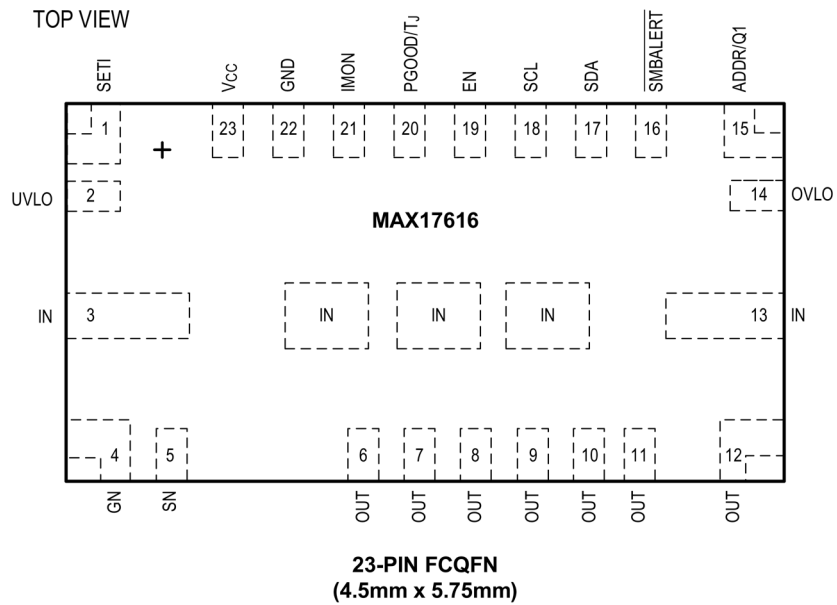
OV/サージ、UV、逆極性、接地喪失に対する保護機能と PMBus インターフェースを備えた 3V~80V、7A 電流リミッタ



OV/サージ、UV、逆極性、接地喪失に対する保護機能と PMBus インターフェースを備えた 3V~80V、7A 電流リミッタ



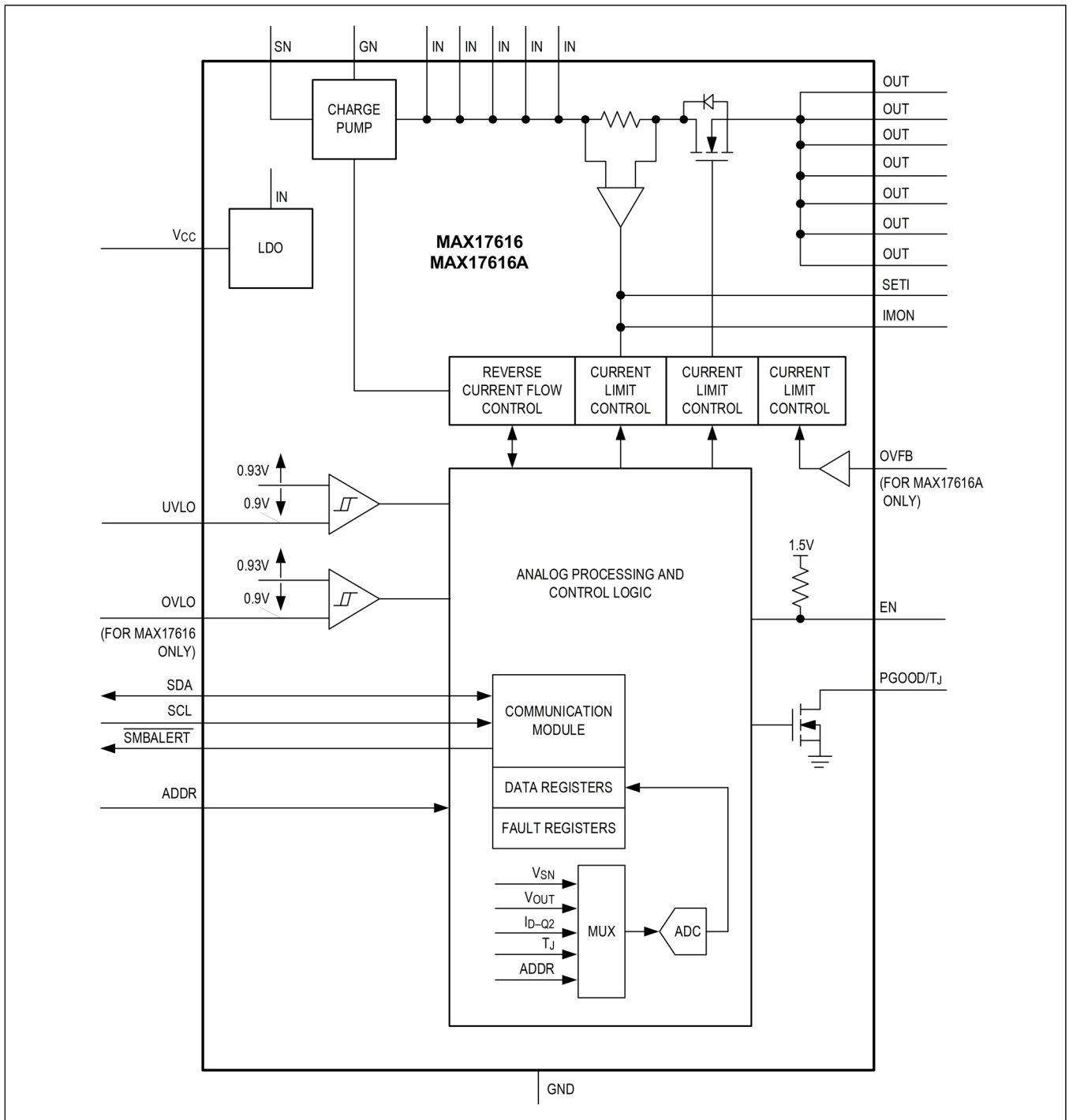
ピン配置



端子説明

端子		名称	機能
MAX17616	MAX17616A		
1	1	SETI	電流制限調整ピン。SETI と GND の間に抵抗を接続して電流制限値を設定します。 電流制限スレッシュホールドの設定 (I_{LIM}) のセクションを参照してください。SETI には 30pF を超えるコンデンサは接続しないでください。
2	2	UVLO	入力低電圧ロックアウト (UVLO) 調整ピン。SN/IN と GND の間に抵抗分圧器を接続して、UVLO スレッシュホールドを設定します。UVLO 機能を使用しない場合は、UVLO スレッシュホールドより高い電圧に UVLO を接続します。
3, 13	3, 13	IN	入力端子。ホット・プラグイン・アプリケーションについては アプリケーション情報 のセクションを参照してください。
4	4	GN	外付け逆保護 nFET のゲート・ドライバ出力。外付け nFET を使用しない場合は、SN 端子と GN 端子を IN に接続します。
5	5	SN	外付け逆保護 nFET のリターンおよび入力電圧検出ピン。 標準アプリケーション回路 に示すように、外付け nFET のソースに接続します。外付け nFET を使用しない場合は、SN 端子と GN 端子を IN に接続します。
6-12	6-12	OUT	出力ピン。出力ケーブルが長い場合、または誘導性負荷の場合は、 アプリケーション情報 のセクションを参照してください。
14	-	OVLO	OVLO 調整ピン。SN/IN と GND の間に抵抗分圧器を接続して、OVLO スレッシュホールドを設定します。OVLO を GND に接続すると、OVLO 機能が無効化されます。
-	14	OVFB	出力電圧クランプ機能用の出力電圧フィードバック・ピン。OUT と GND の間に抵抗分圧器を接続して、出力電圧クランプ・スレッシュホールドを設定します。使用しない場合は OVFB を GND に接続します。 入力電圧のサージ除去と出力過電圧フィードバック・レギュレーション (OVFB) のセクションを参照してください。
15	15	ADDR/Q1	SMBus デバイスのアドレス設定および逆保護 FET 有無の設定用ピン ADDR と GND の間に抵抗を接続してデバイス・アドレスを設定します。 デバイスのアドレス指定と逆保護 (Q1) のデコード のセクションを参照してください。
16	16	$\overline{\text{SMBALERT}}$	アクティブ・ローの SMBus インターフェース・ライン。ロジック出力ピン。 フォルト出力 (SMBALERT) のセクションを参照してください。
17	17	SDA	SMBus のデータ・ライン。
18	18	SCL	SMBus のクロック・ライン。
19	19	EN	アクティブ・ハイのイネーブル入力。内部で 1.5V にプルアップされています。未接続のままにすると常時オン動作します。
20	20	PGOOD/T _J	オープン・ドレインのパワー・グッド出力またはダイ温度モニタ出力。 PGOOD 機能を使用する場合は、PGOOD/T _J を外部バイアス電圧にプルアップします。 PGOOD は次の条件でハイにプルアップされます。 <ul style="list-style-type: none"> V_{OUT} が OUTUV の立上がりスレッシュホールドを超過し、(V_{IN} - V_{OUT}) < V_{FA} の条件が満たされる場合。 PGOOD は次の条件でローにプルダウンされます。 <ul style="list-style-type: none"> V_{OUT} が OUTUV の立下がりスレッシュホールドより低下した場合。 このピンは、ダイ温度のモニタリングにも使用できます。PGOOD/T _J と GND の間に 10kΩ~20kΩ の抵抗を接続して、デバイスの温度を計測します。詳細については、 ダイ温度のモニタリング (PGOOD/T_J) のセクションを参照してください。
21	21	IMON	電流モニタリングの出力ピン。IMON と GND の間に抵抗を接続して、電流モニタの読出しを設定します。IMON と GND の間に 100nF のセラミック・コンデンサを接続します。 電流モニタリング (IMON) のセクションを参照してください。
22	22	GND	グランド・ピン。すべての制御信号に対するリファレンス・ピン。
23	23	V _{CC}	内部 LDO の出力。最小 2.2μF/0603 の低 ESR セラミック・コンデンサを V _{CC} と GND の間に接続します。

機能図



詳細説明

MAX17616/MAX17616A は、入力電圧フォルトおよび出力過電流フォルトからシステムを保護するための、極めて汎用的かつプログラマブルな保護領域を備えています。オン抵抗が低い（代表値 20mΩ）内蔵 nFET により、（正極性）入力電圧フォルトに対し、最大+80V（逆電流保護なし）/+75V（逆電流保護あり）まで保護します。このデバイスは、外付けの分圧器によって設定可能な低電圧ロックアウト（UVLO）スレッシュホールドを備えています。MAX17616 はプログラマブルな過電圧ロックアウト（OVLO）機能を備えています。MAX17616A は OVFB ピンによって設定可能な出力電圧クランプ機能を備えており、入力の過渡的なサージ発生時に出力電圧を制限するレギュレーションを行います。入力低電圧保護機能と過電圧保護機能（MAX17616）/出力電圧クランプ機能（MAX17616A）は 3V~80V の動作範囲全域で設定できます。

入力の逆極性保護は、デバイスが制御する外付け nFET を使用して行います。逆極性電圧保護の能力は、動作中の負荷バス電圧（V_{OUT}）と外付け nFET の電圧ブロック能力に依存します。例えば、V_{OUT}=30V で-55V の入力電圧範囲まで保護する場合、定格 85V の外付け nFET が必要となります。外付け nFET は、オプションの逆電流保護にも必要となります。逆保護用の外付け nFET（Q1）を使用する場合、デバイスは Q1 をオフにすることによって負荷から電源への逆電流の発生を防止します。逆電流スレッシュホールドと逆電流保護機能の順方向バイアスの特性は、ORing（OR 結合）や電力マルチプレクサのアプリケーションに適した理想ダイオード機能を示すように調整します。逆極性保護と逆電流保護が不要な場合は、SN ピンと GN ピンを IN に接続する必要があります。このデバイスは、出力端子間の誤配線によって出力に逆極性が印加されてしまった場合でも耐性があります。

このデバイスの電流制限は、SETI ピンと GND の間に抵抗を接続することによって設定します。電流制限は 0.7A~7.0A の範囲でプログラムできます。デバイスを通過する電流が、設定した電流制限値以上になると、内部 nFET の抵抗が変化して電流が制限されます。このデバイスには、連続モード、自動再試行モード、ラッチオフ・モードの 3 つの電流制限動作モードがあります。更に、このデバイスにはプログラマブルな起動時の突入電流制限機能があり、容量性もしくは負性インピーダンスの出力負荷に電源から突入電流が流れるのを防止します。

IMON ピンには、通常動作時にデバイス電流に比例する電流が発生します。IMON 抵抗を（IMON と GND の間に）配置すると、IMON ピンの電圧はデバイス電流に比例した電圧になります。この電圧をモニタリング・システムによって読み出すことで、デバイスの瞬時電流を記録することができます。IMON と GND の間には 100nF のセラミック・コンデンサを配置します。

デバイスは、コントローラの監視システムによるイネーブル入力 EN を制御することでオンまたはオフに動作を変更できます。これによってコントローラの監視システムは、接続された負荷への電力供給をオンまたはオフに変更できます。

このデバイスは接地喪失保護機能を備えており、接地喪失フォルト・イベントが発生した場合、例えば、冗長安全アプリケーションで安全接地用ヒューズが切れた場合、デバイスの動作を安全にオフにできます。

このデバイスは、動作やフォルトに関する信号を示すステータス通知信号（SMBALERT）を備えています。また、パワー・グッド信号（PGOOD/T_I）も備えており、監視システムが下流の負荷をイネーブル/ディスエーブルするために使用できます。PGOOD/T_I はオープン・ドレイン・ピンであり、適切なシステム・インターフェースへの外付けプルアップ抵抗が必要です。

このデバイスには、プログラマブルな出力低電圧検出スレッシュホールドがあり、出力電圧が OUTUV を下回った後、立上がりスレッシュホールドを再び超えた時の再起動の応答を制御します。このデバイスは、消費電力が過剰になることを防ぐ内部サーマル・シャットダウン保護機能も備えています。

PMBus 対応のシリアル・ペリフェラル・インターフェースがあり、コマンドによりデバイスの制御とシステム・レベルのパラメータの確認が可能です。

入力低電圧ロックアウト (UVLO)

このデバイスの UVLO 調整範囲は 3V~79V です。UVLO ピンに外付けの抵抗分圧器を図 3 に示すように接続して、UVLO スレッシュホールド電圧を調整します。次式を用いて UVLO 電圧を調整できます。バッテリー電源など低バイアス電流のアプリケーションでは、R1 の推奨値は 2.2MΩ です。

$$V_{UVLO} = V_{UVLO_RISING} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right)$$

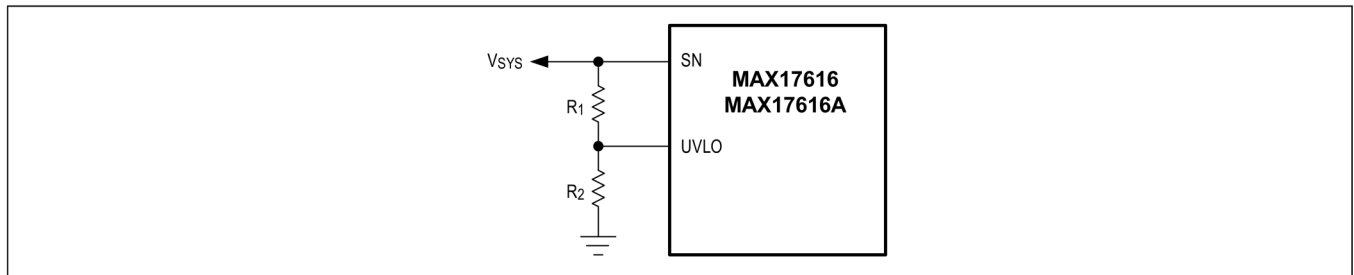


図 3. 調整可能な入力 UVLO

UVLO ピンには 30mV (代表値) のヒステリシスが存在するため、低電圧状態への出入りが決定論的に行われます。UVLO ピンの電圧が 0.9V (代表値) より低くなったとき、内蔵の nFET がオフになり、SMBALERTがローにアサートされます。外付けの nFET が使用されている場合は、100μs の遅延時間 (t_{DF}) 後に nFET がオフになります。低電圧条件が解除され、UVLO ピンの電圧が 0.93V (代表値) より高くなったとき、デバイスは低電圧ロックアウト立上がりエッジ・デバウンス時間 (t_{DEB_UVLO}) だけ待った後にスイッチをオンにするプロセスを開始します。先に内蔵の nFET がオンになり、100μs の遅延時間 (t_{DR}) が経過した後に、外付けの nFET がオンになります。また、SMBALERTのアサートが解除されます。UVLO ピンは無接続のままにしないでください。

UVLO ピンの電圧が立上がりスレッシュホールドより高く上昇し、立下がりスレッシュホールドより低下したときの、低電圧による代表的なオン・シーケンスとオフ・シーケンスを示します。詳細は、[図 4](#)を参照してください。

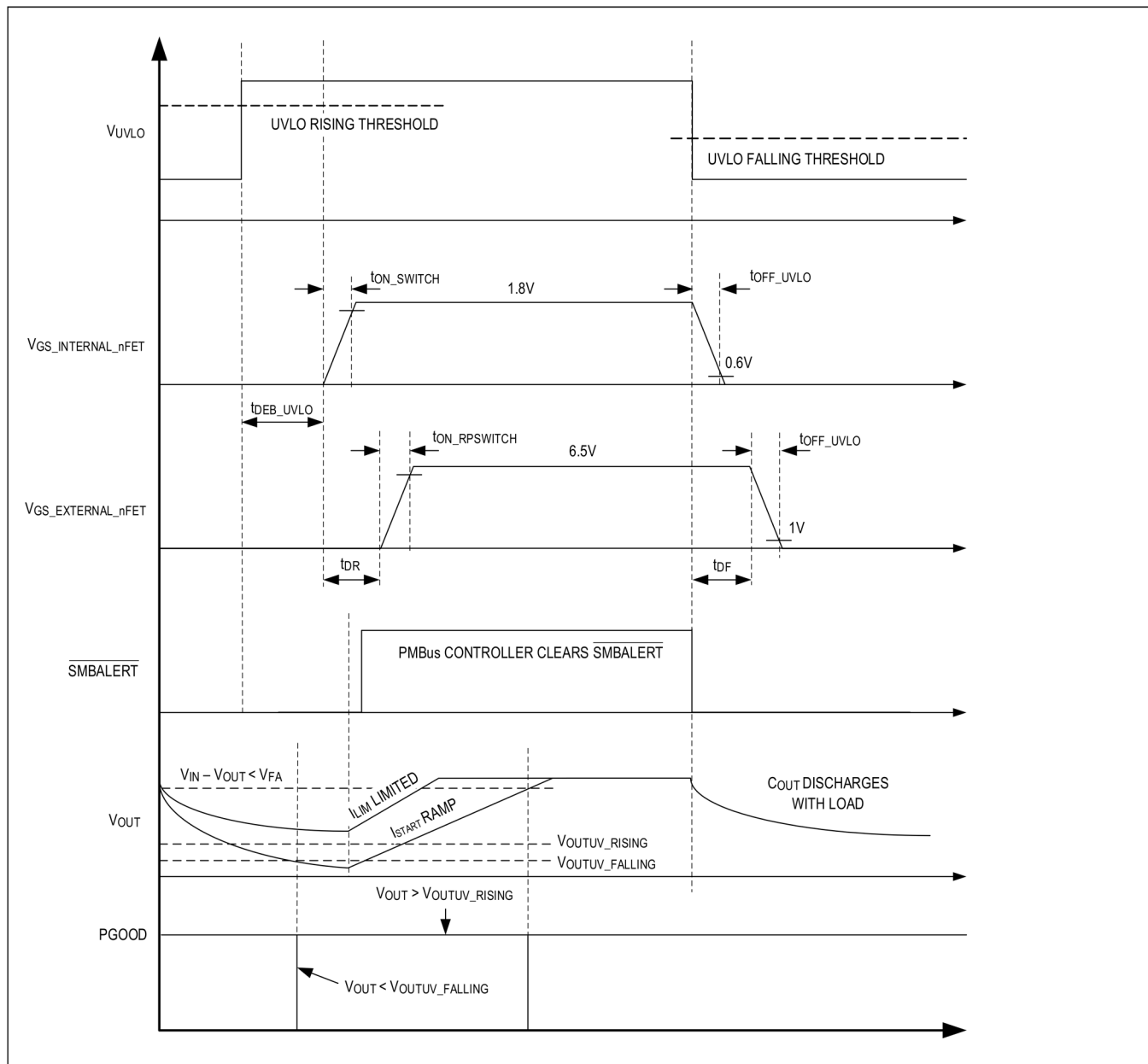


図 4. 入力低電圧フォルトのタイミング図

入力過電圧ロックアウト (OVLO)

MAX17616 の OVLO 調整範囲は 3.5V～80V です。OVLO ピンに外付けの抵抗分圧器を図 5 に示すように接続して、OVLO スレッシュホールド電圧を調整します。次式を用いて OVLO 電圧を調整できます。バッテリー電源など低バイアス電流のアプリケーションでは、R3 の推奨値は 2.2M Ω です。

$$V_{OVLO} = V_{OVLO_RISING} \times \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right)$$

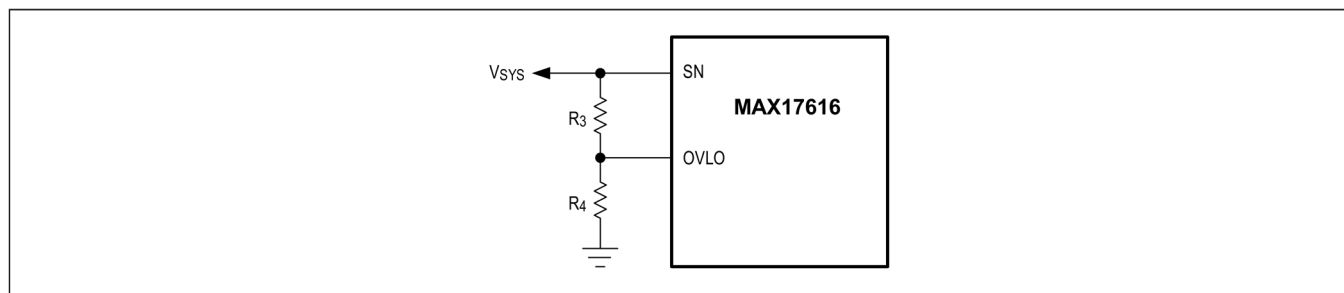


図 5. 調整可能な入力 OVLO

OVLO ピンには 30mV (代表値) のヒステリシスが存在するため、過電圧状態への出入りが決定論的に行われます。OVLO ピンの電圧が 0.93V (代表値) より低くなったとき、内蔵の nFET がオフになり、 $\overline{\text{SMBALERT}}$ がローにアサートされます。外付けの nFET が使用されている場合は、100 μs の遅延時間 (t_{dF}) 後に nFET がオフになります。過電圧条件が解除され、OVLO ピンの電圧が 0.9V (代表値) より低下したとき、MAX17616 は過電圧ロックアウトからの立上がり (ロックからの解除) エッジ・デバウンス時間 (t_{DEB_OVLO}) だけ待った後スイッチをオンにするプロセスを開始します。先に内蔵の nFET がオンになり、100 μs の遅延時間 (t_{dR}) が経過した後に、外付けの nFET がオンになります。また、 $\overline{\text{SMBALERT}}$ のアサートが解除されます。OVLO 機能を使用しない場合、OVLO ピンは GND に接続する必要があります。OVLO ピンは無接続のままにしないでください。

OVLO ピンの電圧が立上がりスレッシュホールドより高く上昇し、立下がりスレッシュホールドより低下したときの、過電圧による代表的なオフ・シーケンスとオン・シーケンスを示します。詳細は、図 6 を参照してください。

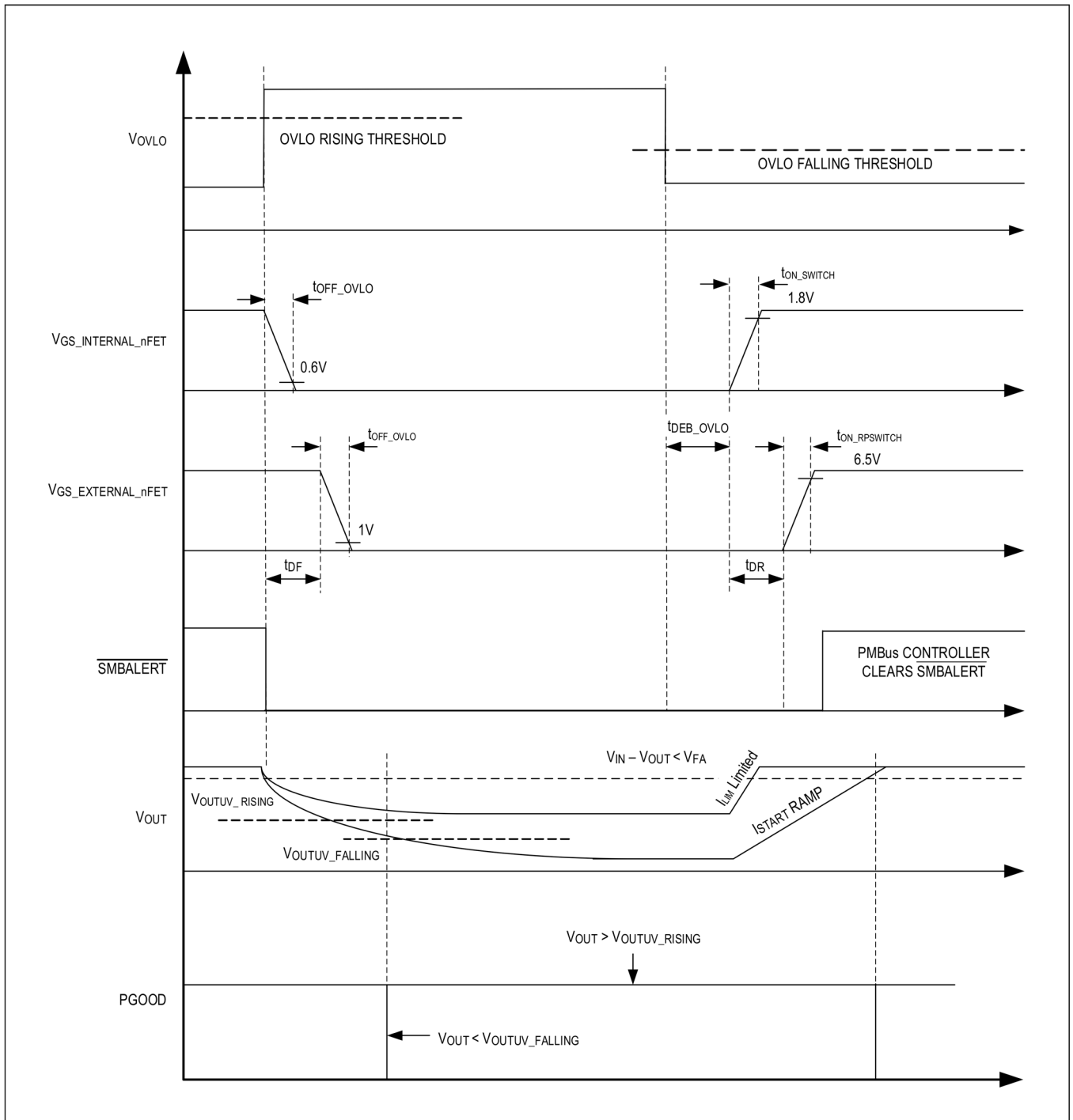


図 6. 入力過電圧フォルトのタイミング図

入力デバウンス保護

このデバイスには入力デバウンス保護機能があります。デバウンス時間 (t_{DEB}) より長い時間、 V_{IN} の電圧が立上がりスレッショルド $V_{IN_UVLO(R)}$ より高くなった場合のみ、デバイスは動作を開始 (nFET をオン) します。 t_{DEB} が経過する前に、IN ピンの電圧が立下がりスレッショルド $V_{IN_UVLO(F)}$ より低下すると、デバイスはオフのままになります。デバイスが EN によってオンになっている場合は、 $t_{DEB} + EN$ オン時間が常に存在します。代表的な入力パワーアップのタイミング・シーケンスを図 7 に示します。

初期パワーアップ中は (ホット・プラグイン、制御された入力電圧スルー・レートなどいずれの場合も)、入力電圧が $INUVLOR$ (最大 2.86V) を交差した後、 $INUVLO$ ブランキング時間 ($t_{INUVLOBLANK}$) = 500 μ s (代表値) まで入力電圧が UVLO ピンで設定された電圧に達しなければ、デバイスは UVLO フォルトを発生して $SMBALERT$ をローにアサートします。

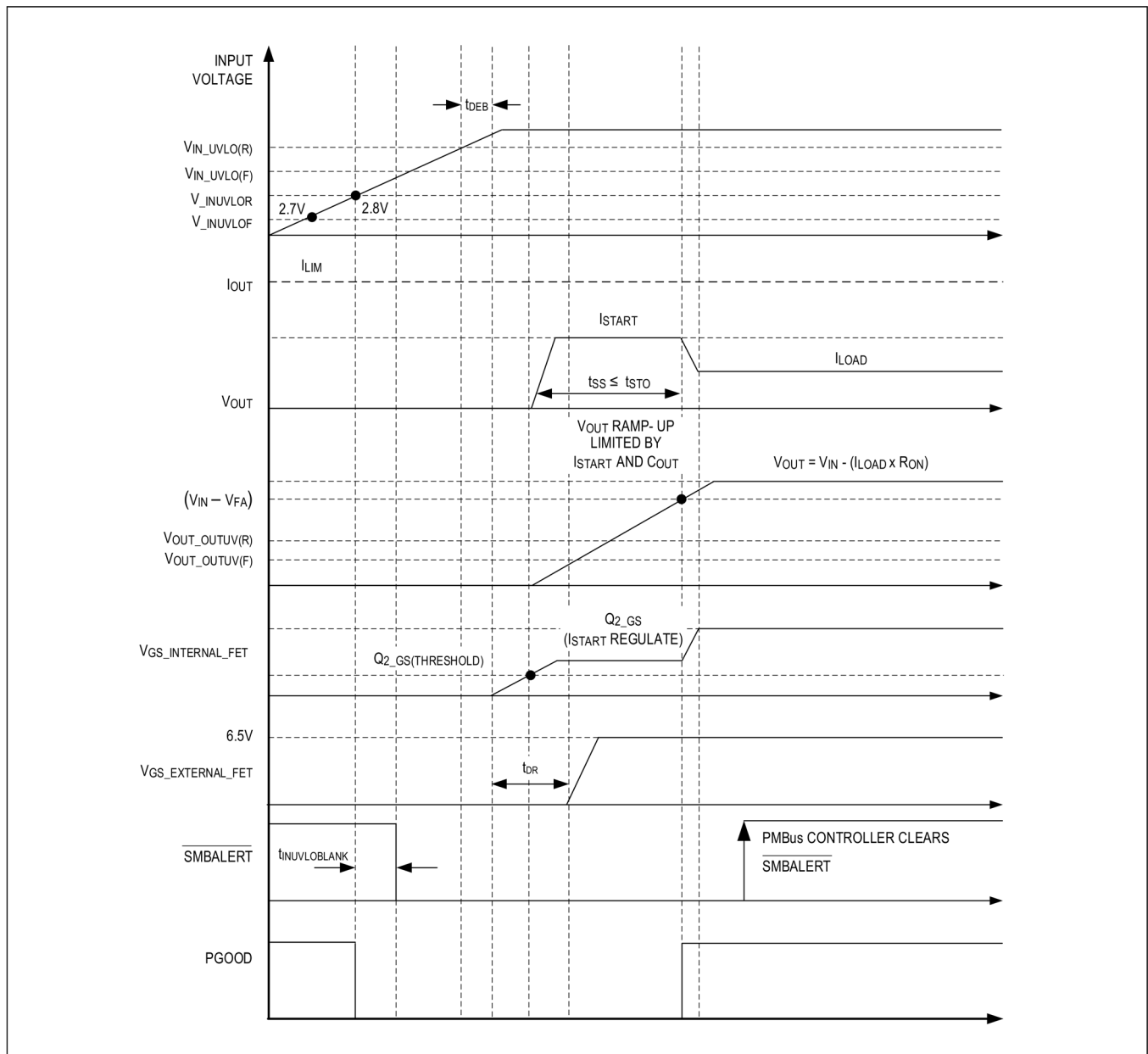


図 7. 入力パワーアップのタイミング図

イネーブル

MAX17616/MAX17616A は、イネーブル入力ピン (EN) を使用してオンやオフを行い、接続された負荷への給電を制御することができます。OPERATION コマンドは、EN ピンと共に、デバイスをオンまたはオフにする機能を持ちます。ラッチオフ・モードにおいて、フォルト状態をリセットし、デバイスの動作を再開するためには、EN ピンを $10\mu\text{s}$ 以上 0.4V 未満にプルダウンする必要があります。EN 端子は内部で 1.5V にプルアップされていて、オープンにしておくと常時オン・オプションになります。

図 8 および図 9 に、EN を用いたターンオン制御とターンオフ制御を示します。

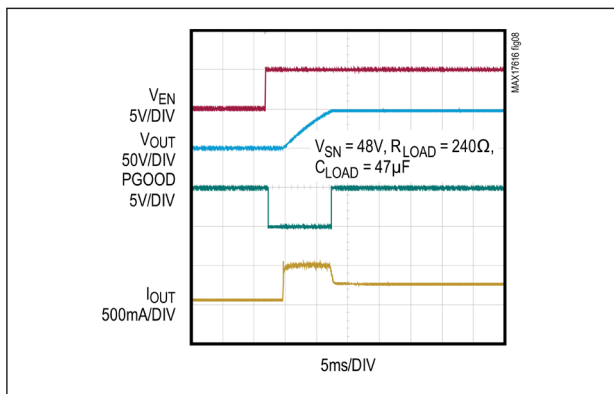


図 8. EN ピンによるターンオン制御

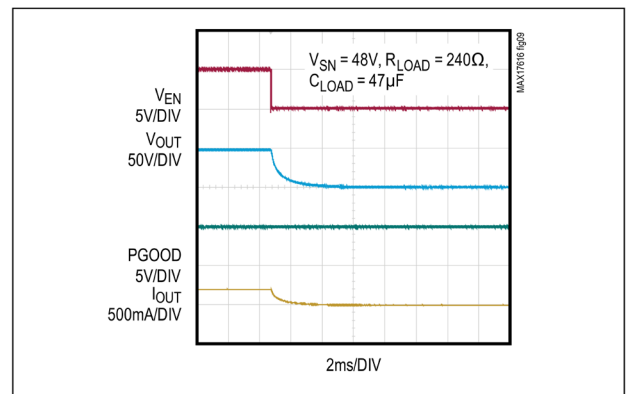


図 9. EN ピンによるターンオフ制御

起動時突入電流制限 (I_{START})

このデバイスにはプログラマブルな起動時の突入電流制限機能があり、大きな容量性の負荷に電源から突入電流が流れるのを防止します。起動タイムアウト時間中 (t_{STO})、 $V_{OUT} < V_{IN} - V_{FA}$ である間は、出力に供給される電流は I_{START} に制限されます。タイムアウト時間 t_{STO} は、POR、EN、UVLO、OVLO のいずれかによってターンオフ・イベント後に再起動が行われる場合に適用されます。 t_{STO} の間に出力が $(V_{IN} - V_{FA})$ のレベルまで充電されなかった場合は、デバイスはオフになり、通常動作を再開するためには、選択されている CLMODE にかかわらず IN または EN をトグルする必要があります。

I_{START} は SET_I_{START_RATIO} コマンドを使用して設定します。起動中の突入電流制限値 (I_{START}) は次のように計算されます。

$$I_{START} = I_{LIM} \times I_{START_RATIO}$$

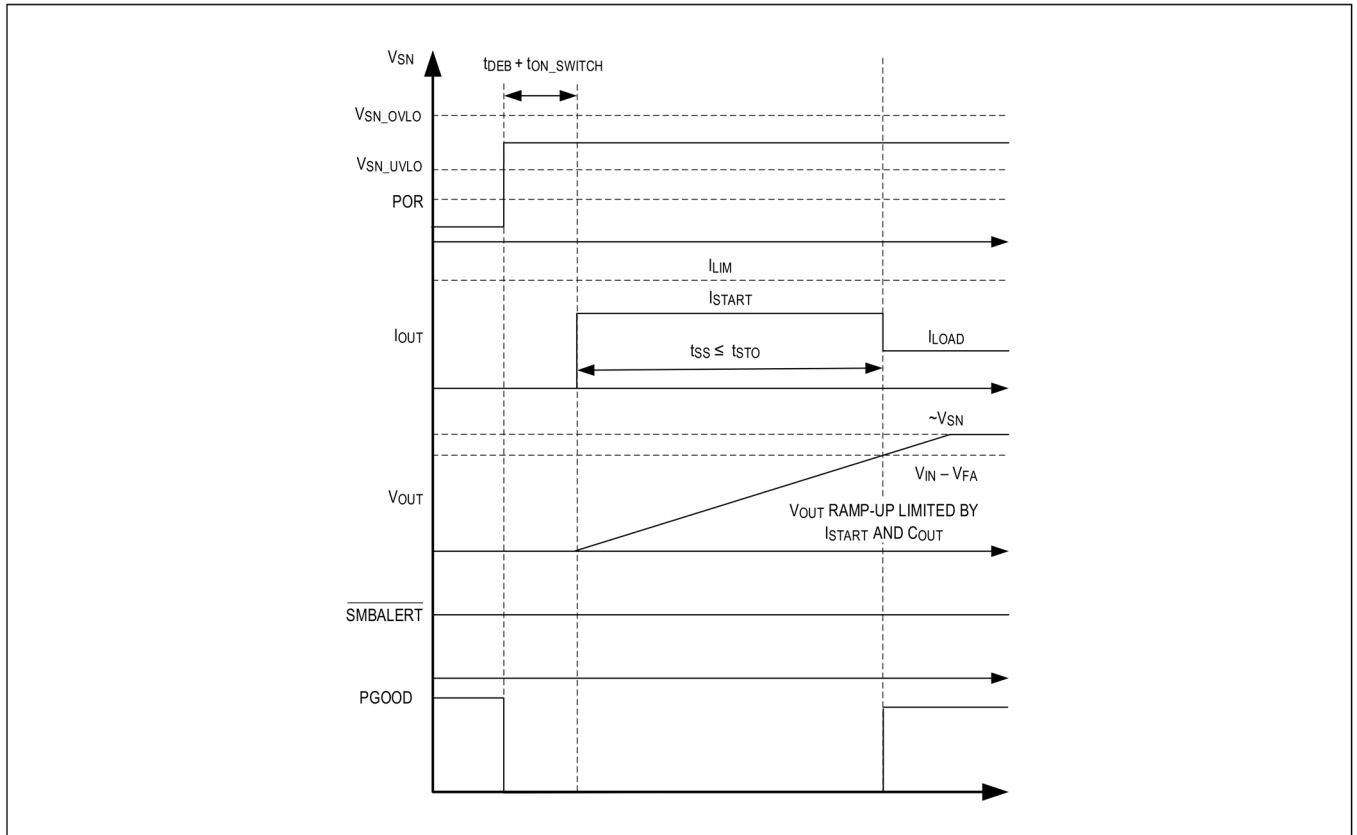
ここで、 I_{LIM} は SETI ピンを使用して設定した電流制限値、 I_{START_RATIO} は (1/16、1/8、1/4、1/2、1) のいずれかの値です。

大きい容量性負荷に対する起動時間は、次の式を使用して計算できます。

$$t_{SS} = \frac{V_{IN} \times C_{OUT}}{I_{START}}$$

ここで、 t_{SS} は必要な起動充電時間 (単位: 秒) です。

図 10 は、パワーアップ中の代表的な起動タイミング・シーケンスを示しています。

図 10. I_{START} のタイミング図

ソフトスタート期間中、PGOOD はローにアサートされたままになります。出力電圧の上昇中に、内蔵 nFET 両端の電圧降下 (IN ピンと OUT ピンの間で計測) が内部スレッシュホールドの V_{FA} より低くなると、PGOOD のアサートが解除されます。

電流制限スレッシュホールドの設定 (I_{LIM})

デバイスに電流制限スレッシュホールドを設定するには、SETI と GND の間に抵抗を接続します。電流設定抵抗を計算するには次の式を用います。

$$R_{SETI}(k\Omega) = \frac{14910}{I_{LIM}(mA)}$$

ここで、I_{LIM} は目的の電流制限値で単位は mA です。

1.86kΩ 未満の R_{SETI} は使用しないでください。表 1 には様々な抵抗値に対する電流制限スレッシュホールドを示しています。

表 1. 電流制限スレッシュホールドとの抵抗値の関係

R _{SETI} (kΩ)	CURRENT LIMIT I _{LIM} (A)
21.0	0.7
14.7	1
7.32	2
4.87	3
3.65	4
2.94	5
2.43	6
2.10	7

SETI が無接続のままである場合、 $V_{SETI} \geq 1.5V$ となり、電流レギュレータには全く電流が流れません。デバイスは最初に SETI ピンをチェックし、シャットダウン状態から脱します。SETI ピンに配置された抵抗が $1k\Omega$ 未満の場合、スイッチはオフのままになり SMBALERT がアサートされます。図 11 に、負荷ステップ・イベント時の SETI の応答を示します。

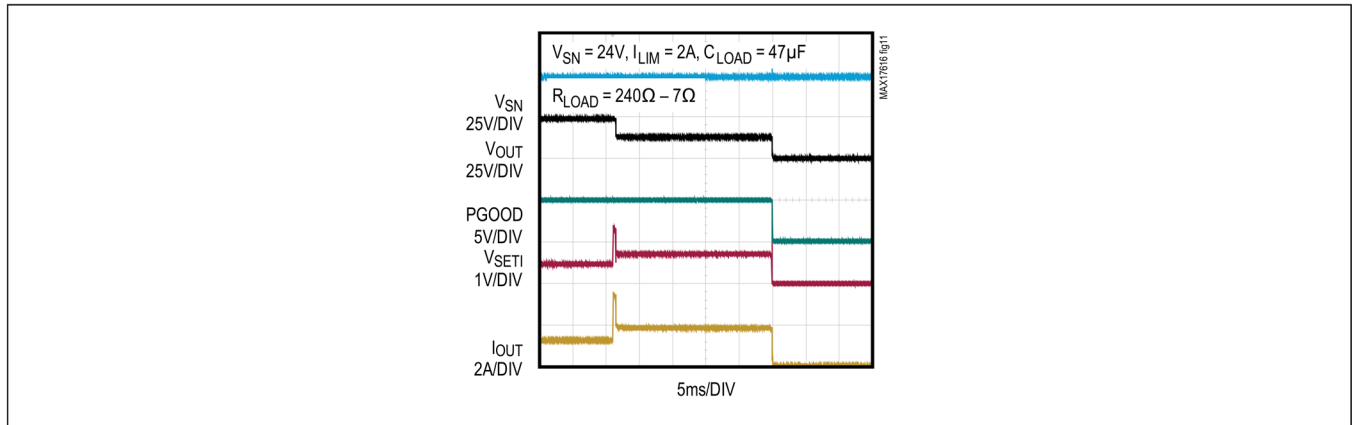


図 11. 負荷ステップ・イベント時の SETI の応答

電流モニタリング (IMON)

このデバイスは、内蔵 nFET を流れる負荷電流をモニタするための専用の IMON ピンを備えています。

IMON ピンと GND の間に $100nF$ のセラミック・コンデンサを接続します。IMON と GND の間に抵抗 (R_{IMON}) を接続して、デバイス電流をモニタします。次式を使用して、モニタ用抵抗 R_{IMON} を計算します。

$$R_{IMON} = \frac{26625}{I_{LIM}(mA)}$$

ここで、 R_{IMON} は IMON と GND の間の抵抗 (単位: $k\Omega$) です。

IMON ピンの電圧 (V_{IMON}) は、次の式を使用して計算できます。

$$V_{IMON} = \frac{I_{nFET}}{21300} \times R_{IMON}$$

ここで、 I_{nFET} は内蔵 FET を流れる負荷電流です。

電流制限機能と短期過電流対応機能

このデバイスは短期過電流許容能力 (I_{STLIM}) を備えており、通常動作中の短期的な過負荷電流のある負荷電流プロファイルに対応できます。 I_{STLIM} は、SETI ピンでの電流制限の設定値 (I_{LIM}) の 2 倍に設定されており、短期過電流時間 (t_{STOC}) は $400\mu s$ に設定されています。

- 1) 負荷電流が t_{STOC} 未満の時間、 I_{LIM} を超過しても、 I_{STLIM} より低くとどまっていれば、デバイスは電流を制限せず、通常動作を継続します。
- 2) 負荷電流が I_{LIM} を超過し、 I_{STLIM} より低い状態が t_{STOC} より長い時間継続した場合、あるいは負荷電流が I_{STLIM} を超過し、 I_{OCP} より低い場合には、デバイスは約 $100\mu s$ 以内に電流を設定された電流制限値 (I_{LIM}) に制限します。

デバイスが電流制限 (I_{LIM}) 状態になると、デバイスの動作は電流制限タイプの選択のセクションに記載の電流制限モードによって決まります。

短期過電流制限値は SET_I STLIM コマンドを使用して設定し、短期過電流時間は SET_TSTOC コマンドを使用して設定します。

図 12 は、電流制限と短期過電流のタイミング図です。

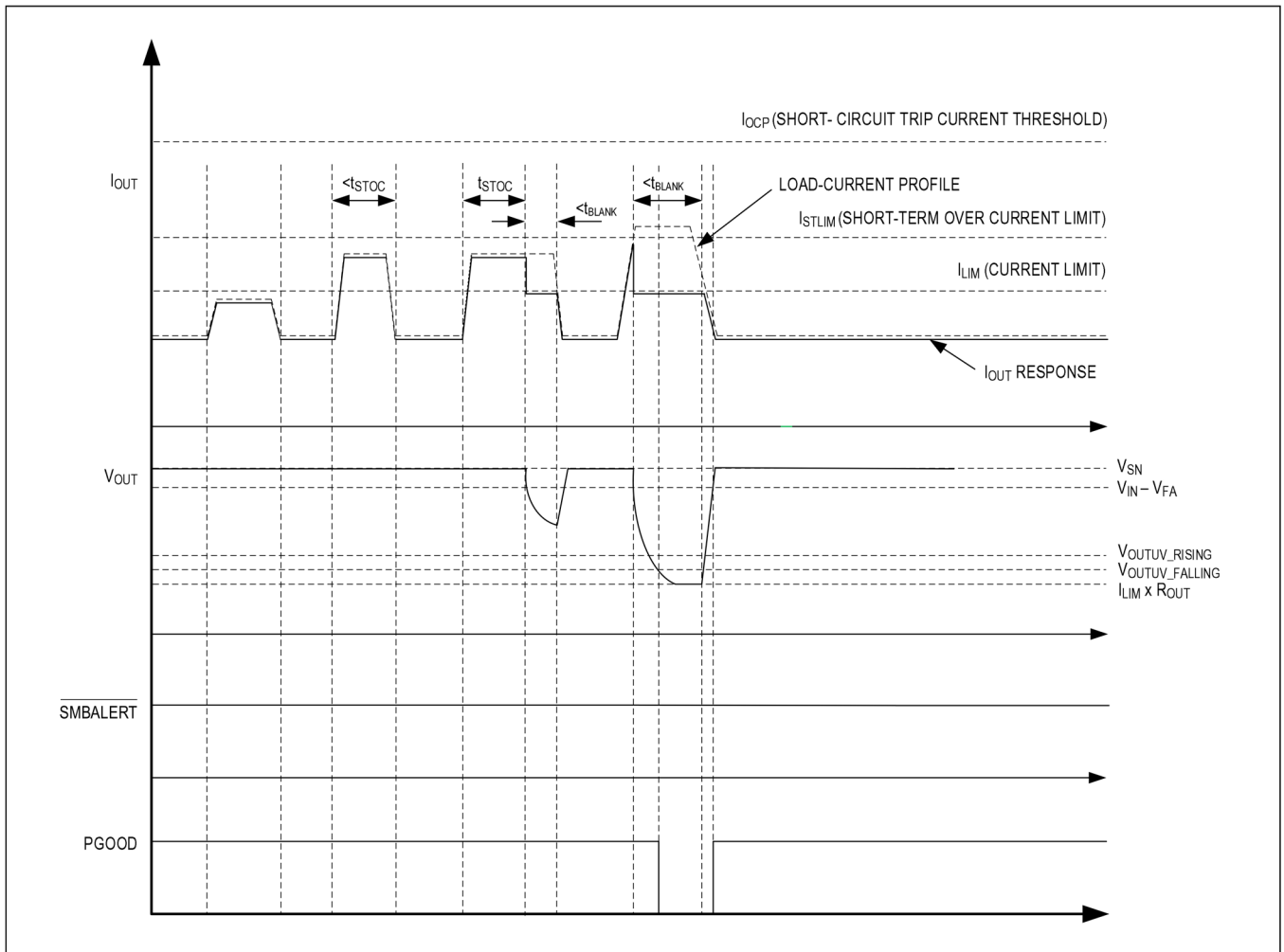


図 12. 電流制限と短期過電流のタイミング図

電流制限タイプの選択

MAX17616/MAX17616A では、連続モード、自動再試行モード、ラッチオフ・モードの3つの電流制限モードを選択できます。電流制限モードは、PMBus の SET_CLMODE コマンドでプログラムされます。(VIN - VOUT < VFA) の条件が t_{STO} 以内に成立しなければ、選択されている CLMODE にかかわらずデバイスはラッチオフ状態に入ります。

連続電流制限

連続電流制限モードでは、デバイスは連続的に電流を制限します。電流制限が t_{BLANK} 時間より長く続くと、 $\overline{SMBALERT}$ がアサートされ、内部スイッチでの電圧降下が V_{FA} より低くなるとデアサートされます。図 13 に連続電流制限モードの代表的な動作を示します。

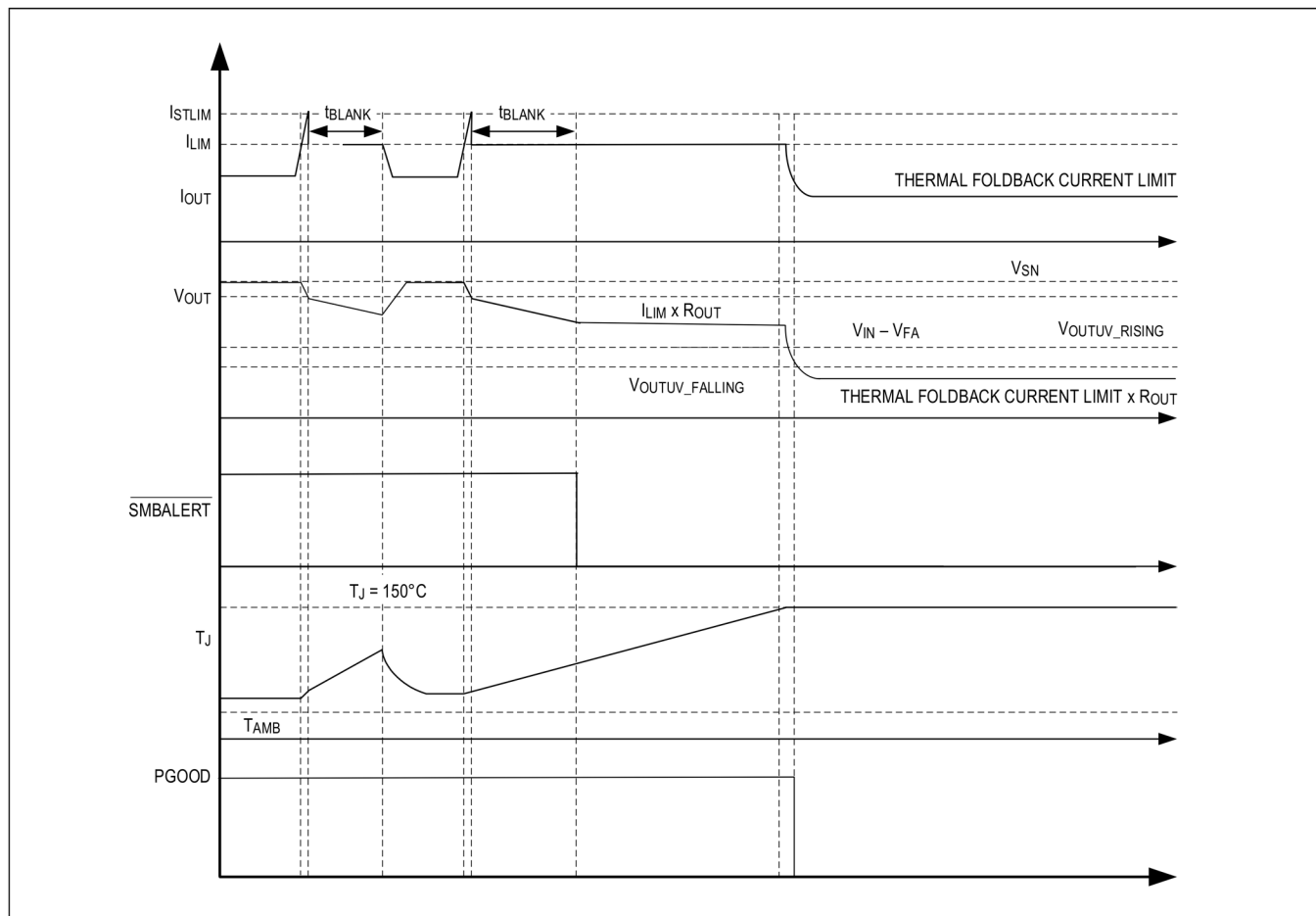


図 13. 連続モード時のフォルト・タイミング図

自動再試行電流制限

自動再試行電流制限モードでは、内部で固定されている自動再試行時間 (t_{RETRY}) 後に再起動動作を試みます。ブランキング・タイマー時間 (t_{BLANK}) が経過しても過電流条件が継続していれば、内蔵の自動再試行タイマーが起動されます。 t_{BLANK} が経過する前に過電流状態が解消していれば、ブランキング・タイマーはリセットします。 t_{RETRY} の間、スイッチはオフのままです。 t_{RETRY} が経過すると、デバイスは I_{LIM} で動作を再開します。フォルトが存在している場合は、このサイクルを繰り返し、 $\overline{SMBALERT}$ はアサートされたままになります。過電流状態が終了すると、スイッチはオン状態を続けます。電流制限が t_{BLANK} 時間より長く続くと、 $\overline{SMBALERT}$ がアサートされ、内部スイッチでの電圧降下が V_{FA} より低くなるとデアサートされます。

自動再試行機能により、過電流状態または短絡状態の場合のシステム電力を削減できます。 t_{BLANK} の間スイッチがオンである場合、電源電流は電流制限値に維持されます。 t_{RETRY} の間は、スイッチに電流は流れません。したがって、平均出力電流は、設定された電流制限値に比べてはるかに小さくなります。平均出力電流は次の式で計算できます。

$$I_{LOAD} = I_{LIM} \times \frac{t_{BLANK}}{t_{RETRY} + t_{BLANK}}$$

24ms (代表値) の t_{BLANK} と 800ms (代表値) の t_{RETRY} を仮定すると、デューティ・サイクルは 2.9% になり、全時間スイッチがオンであった場合と比較して 97.1% の電力削減となります。図 14 に自動再試行電流制限モードの代表的な動作を示します。

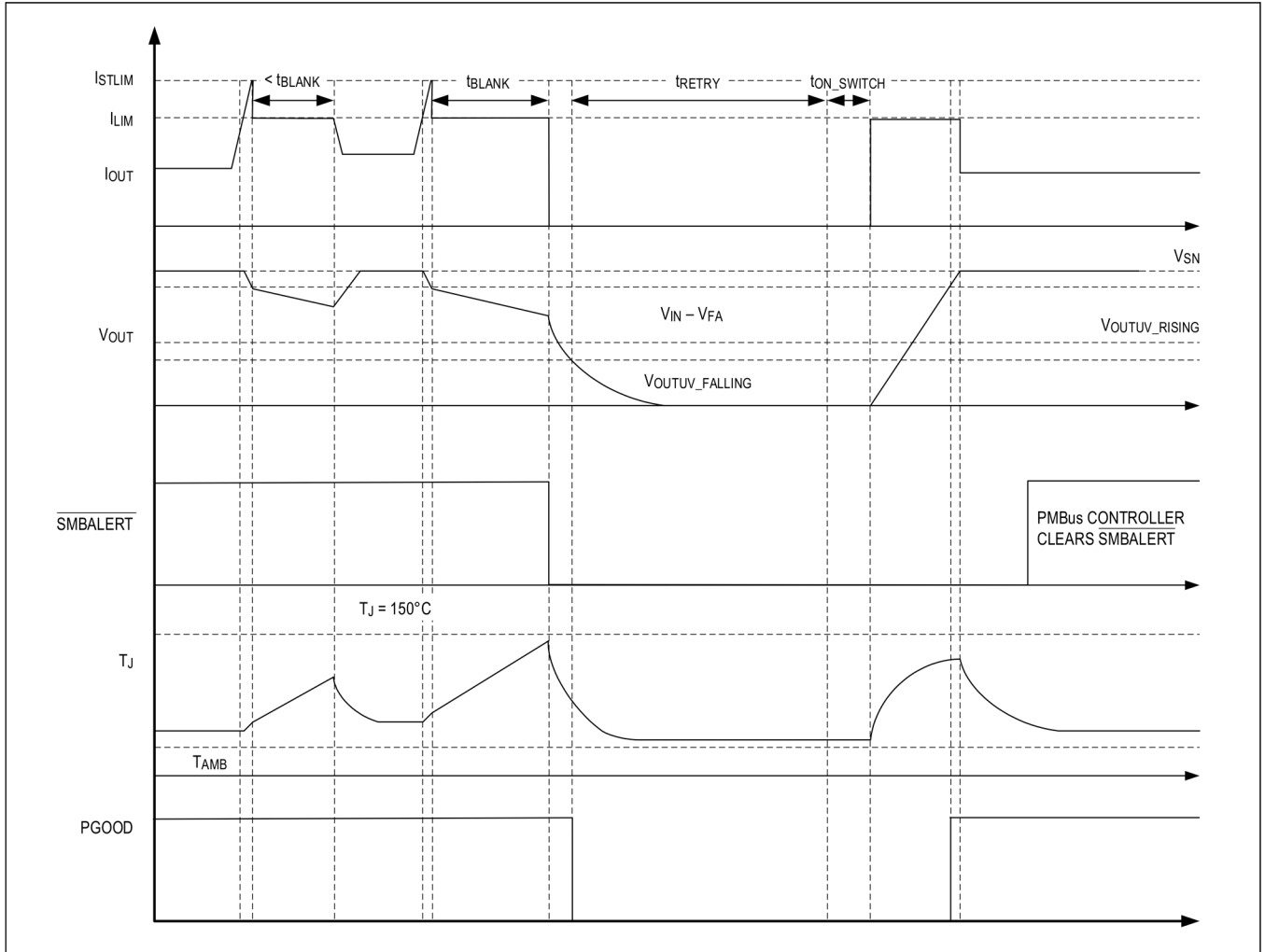


図 14. 自動再試行モード時のフォルト・タイミング図

ラッチオフ電流制限

ラッチオフ電流制限モードでは、過電流イベントがブランキング・タイマー時間 (t_{BLANK}) より長く続くと、デバイスはラッチされオフのままになります。 t_{BLANK} が経過する前に過電流状態が解消していれば、ブランキング・タイマーはリセットします。

デバイスの動作は、OPERATION コマンドを送信することでリセットされます。図 15 はラッチオフ電流制限モードの代表的な動作を示します。

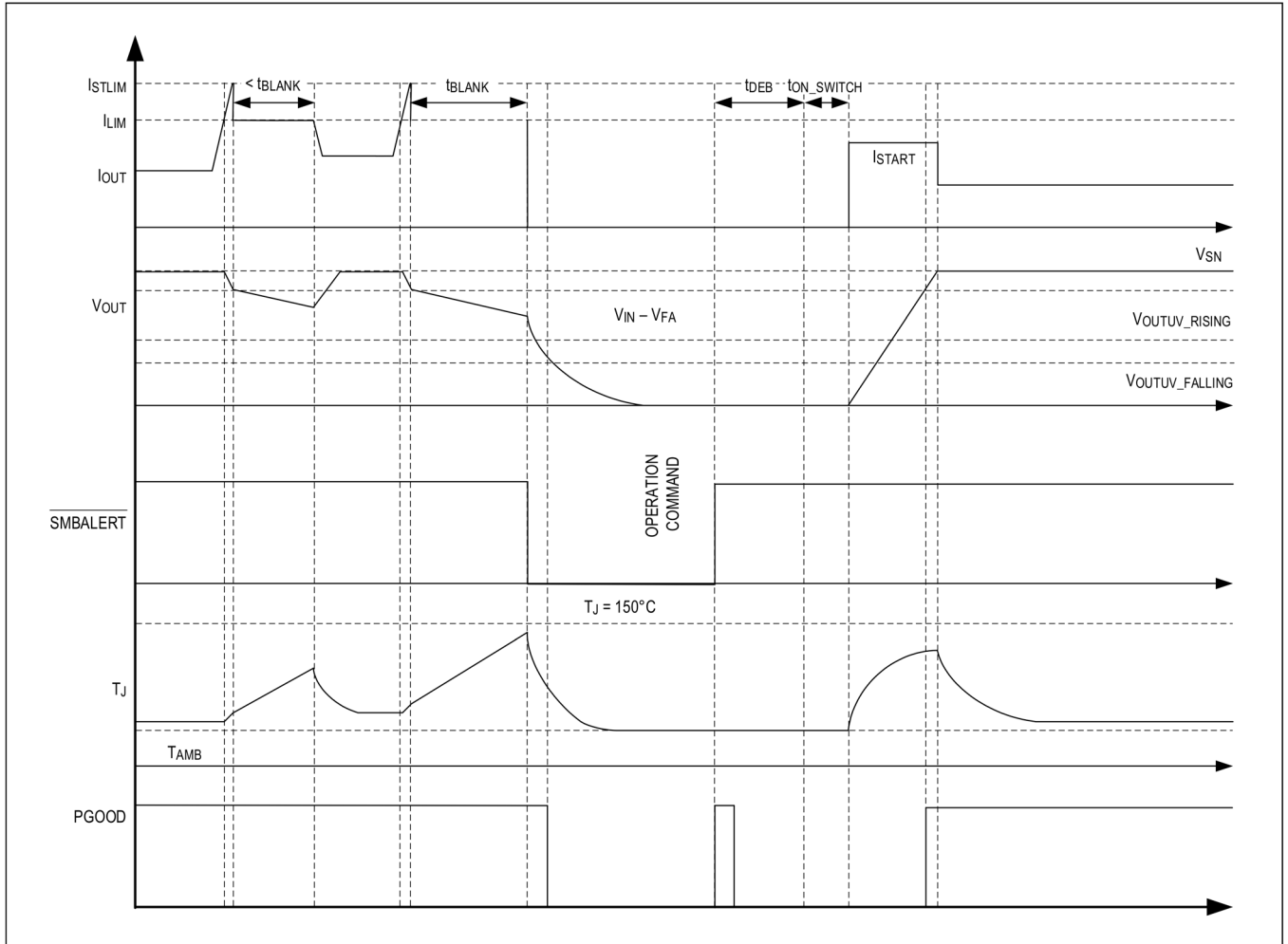


図 15. ラッチオフ・モード時のフォルト・タイミング図

短絡保護

出力短絡イベントの間、デバイスを通る電流は極めて急速に増加します。このデバイスは高速トリップ電流コンパレータを備えており、出力短絡時のピーク電流を制限できます。この高速トリップ電流コンパレータは、内蔵 nFET を流れる電流が I_{OCP} を超過すると、 $1\mu\text{s}$ (t_{DELAY1}) 以内に内蔵 nFET をオフにします。 I_{OCP} は 30A (代表値) に内部設定されています。200 μs (t_{DELAY2}) の遅延時間後、デバイスはオン状態に戻り、出力電流を設定された電流制限値に制限し、上述の電流制限モードの各セクションで説明したように動作します。図 16 には、電流が I_{OCP} スレッシュホールドを超過したときのシステム挙動を図示しています。

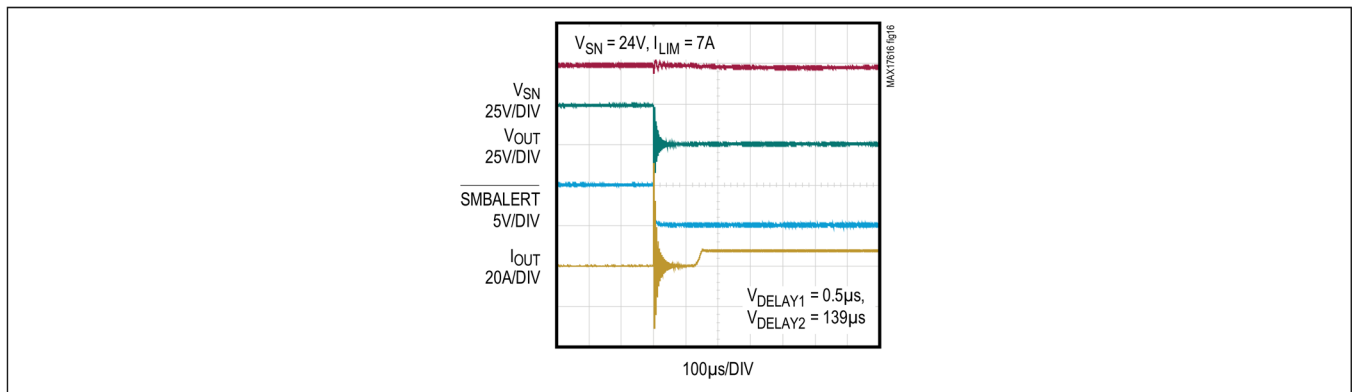


図 16. 短絡応答

逆電流保護

逆電流保護機能は、外付け nFET を用いる場合に有効化されます。デバイスは、OUT ピンから IN ピンへの逆電流の流れを防止します。

逆電流状態が検出された場合 ($V_{IN} - V_{OUT} < V_{RIB}$)、外付け nFET はオフになります。逆電流状態が解消されると ($(V_{SN} - V_{OUT}) > V_{RIB_RISING}$)、外付け nFET は $t_{ON_RPSWITCH}$ の経過後にオンに戻ります。逆電流状態が唯一のフォルトである場合 (UVLO、OVLO、サーマル・フォルト、順方向過電流フォルトのいずれも存在しない場合) は、内部 nFET はオン状態を維持します。それ以外の場合は、内部 nFET もオフになります。図 17 に、低速または高速逆電流状態の代表的な動作を示します。

デバイスには、逆電流保護用に、低速 (代表値 20 μs) と高速 (代表値 100ns) の応答時間を持つ 2 つの逆電流スレッシュホールドがあります。低速逆電圧のスレッシュホールドは -5mV (代表値) で、高速側の値は -100mV (代表値) です。この機能により、ノイズの多い環境でも安定した動作が実現できると同時に、入力短絡や OUT ピンでのホット・プラグインなどの厳しいフォルトに対する高速保護が可能です。逆電流状態時には、SMBALERT ピンはアサートされません。

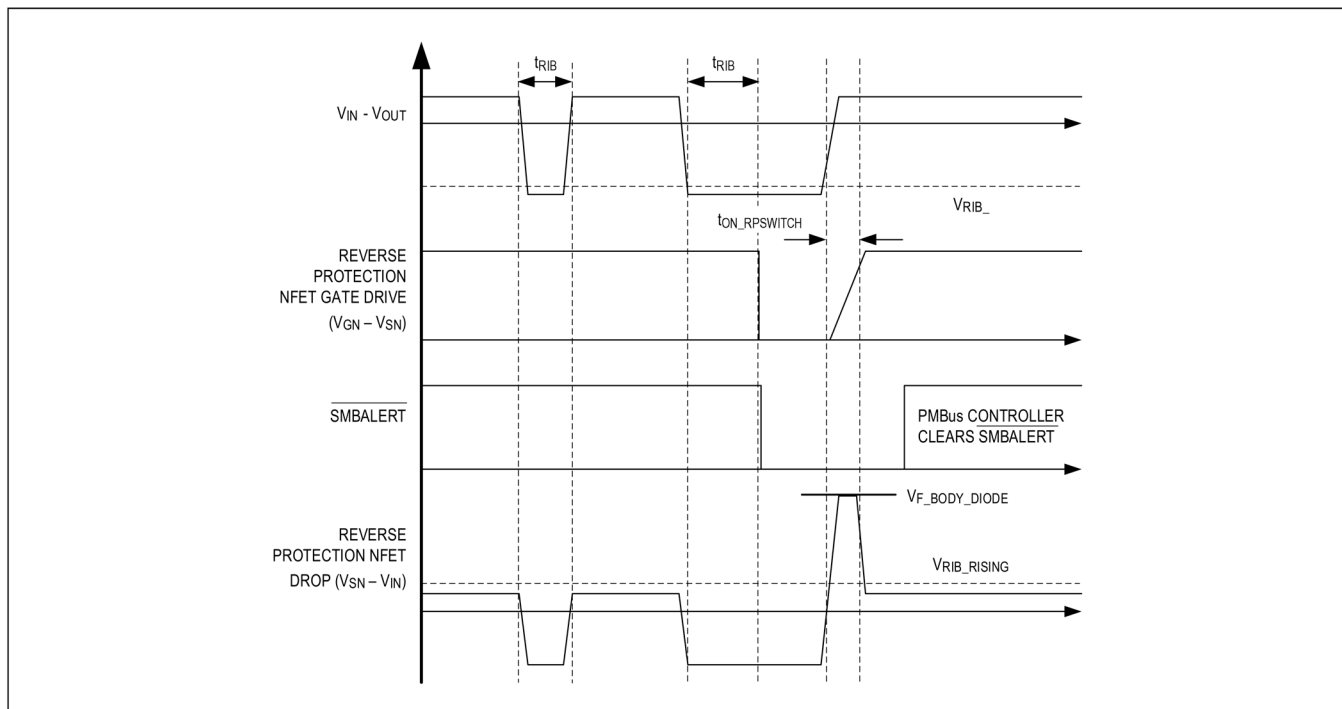


図 17. 逆電流フォルトのタイミング図

入力電圧のサージ除去と出力過電圧フィードバック・レギュレーション (OVFB)

MAX17616A はサージ保護機能を備えており、入力電圧のサージ・イベント中に出力電圧を設定された電圧に制限します。入力電圧のサージがスレッシュホルドを超えると、出力過電圧フィードバック・ループ (OVFB) が内蔵制御 nFET のドレイン-ソース間抵抗を調整して出力電圧を制限します。過電圧クランプ機能の簡略化した内部ブロック図を図 18 に示します。

OVFB 状態用のタイマーはありません。負荷条件に応じて、無期限に OUT を IN より低く安定化します。

1. 他の条件 (過電流やサーマル・フォールドバックなど) が発生しない限り、デバイスは OVFB モードで動作を継続します。このことは、 $(V_{IN} - V_{OUT})$ が V_{FA} を超過した場合でも、OVFB 状態のみである限りは成立します。
2. OVFB 状態は t_{BLANK} をトリガする可能性があり (結果的にサーマル・フィードバック状態が発生した場合)、 t_{BLANK} 経過後にデバイスは設定された CLMODE に従って動作します。OVFB スレッシュホルドがトリガされると、STATUS_VOUT レジスタの $V_{OUT_OV_WARNING}$ ビットがハイにセットされ、SMBALERT がアサートされます。

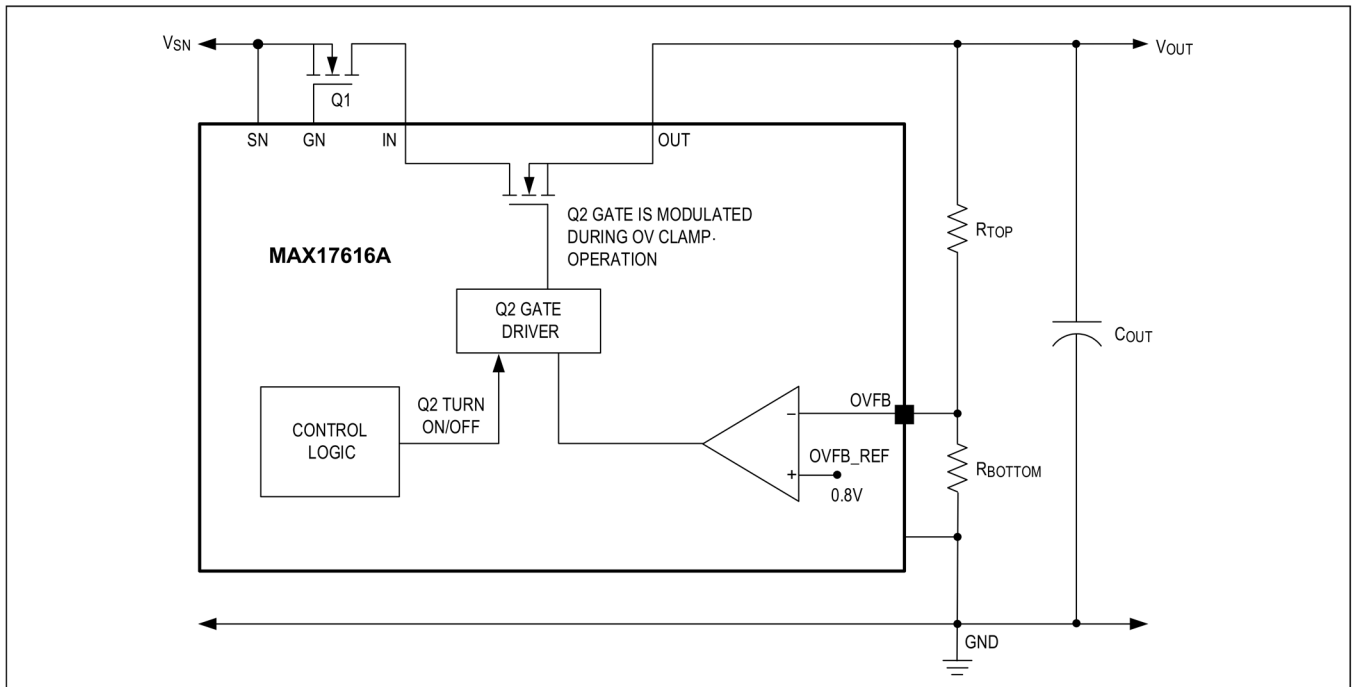


図 18. OVFB による過電圧クランプ

代表的な過電圧クランプ動作とリカバリ・シーケンスを図 19 に示します。

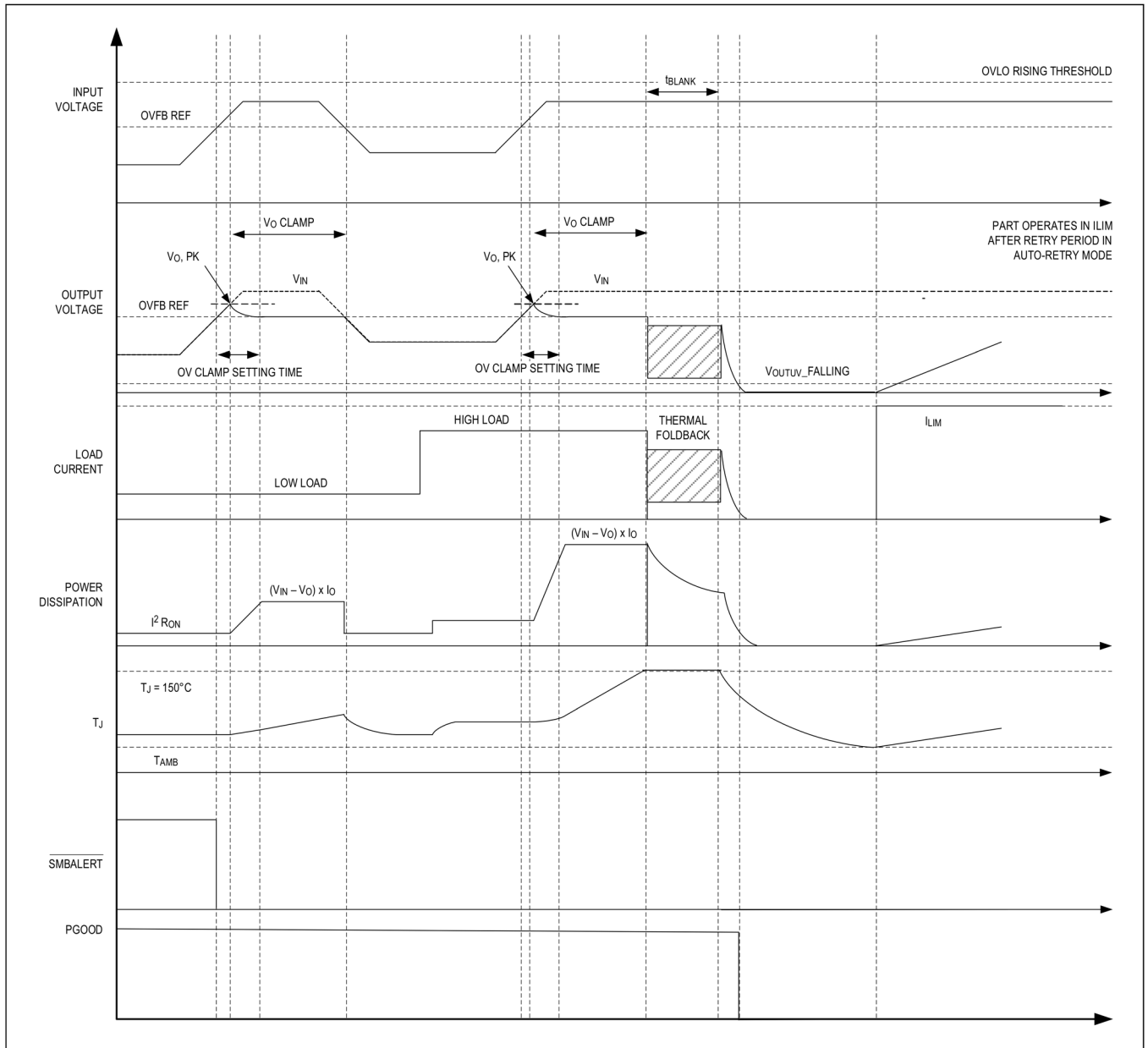


図 19. 過電圧クランプ動作とリカバリ

図 20 は、入力サージ・イベント中の MAX17616A の過電圧クランプ応答を示しています。

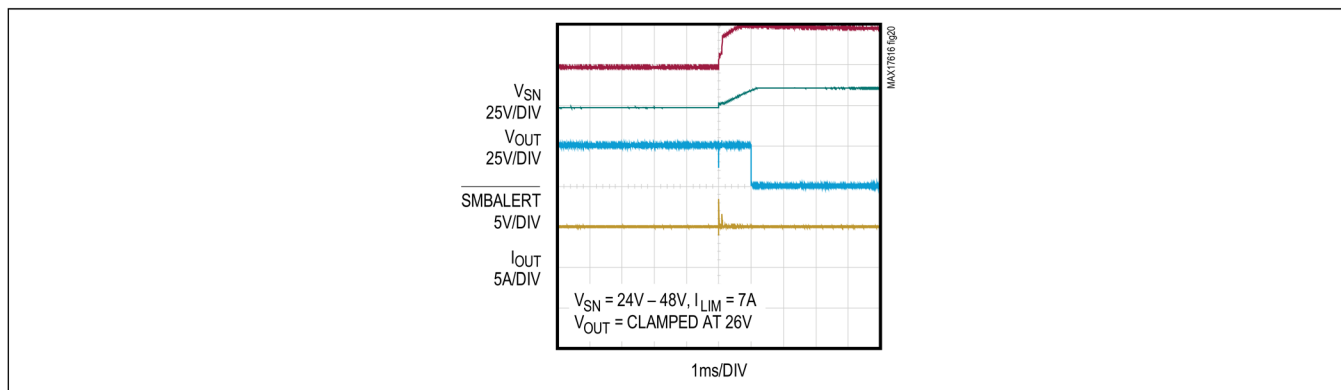


図 20. 過電圧クランプ応答

入力逆極性保護

入力の逆極性保護は、MAX17616/MAX17616A が制御する外付け nFET を使用して実現されます。入力電源端子への配線の誤りにより、デバイスの入力ピンに負の電圧が印加されてしまう場合があります。標準アプリケーション回路に示すように、外付け nFET (Q1) のソースを SN ピンに、ドレインを IN ピンに、ゲートを GN ピンに接続してください。入力逆極性電圧フォルトが発生すると、この外付け nFET がオフになって負荷を保護します。外付け nFET は、オプションの逆電流保護にも必要となります。逆極性保護と逆電流保護が不要な場合は、SN ピンと GN ピンを IN ピンに接続する必要があります。

逆極性電圧保護の能力は、動作中の負荷バス電圧 (V_{OUT}) と外付け nFET の電圧ブロック能力に依存します。例えば、 $V_{OUT} = 30V$ で $-55V$ の入力電圧まで保護する場合、定格 85V の外付け nFET が必要となります。デバイスは、ゲート・ドライブ (GN) に 6.5V (代表値) を供給します。図 21 に、 $V_{OUT} = 0V$ および $V_{SN} = -24V$ での MAX17616 の逆極性保護を示します。図 22 に、 $V_{OUT} = +24V$ および $V_{SN} = -24V$ での MAX17616 の逆極性保護を示します。

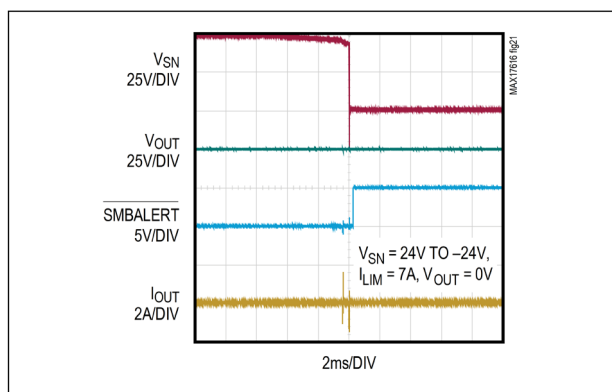


図 21. $V_{OUT} = 0V$ および $V_{SN} = -24V$ での入力逆極性保護

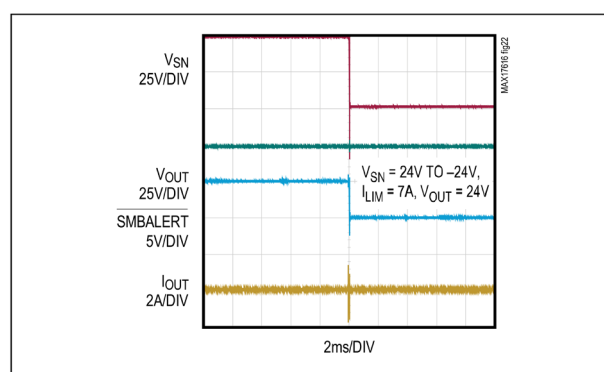


図 22. $V_{OUT} = +24V$ および $V_{SN} = -24V$ での入力逆極性保護

出力逆極性保護

MAX17616/MAX17616A はデバイス自体と入力電力接続を、偶発的な逆極性接続による逆出力電圧から保護します。逆出力電圧は、誘導性負荷や出力端子間の活線負荷の誤配線により、OUT ピンと GND ピンの間に生じる可能性があります。

図 23 に $V_{OUT} = -24V$ および $V_{SN} = 24V$ での MAX17616 の出力逆極性保護を、図 24 に $V_{OUT} = -24V$ および $V_{SN} = 0V$ での応答を示します。デバイスは、 $-(85 - V_{IN})V$ までの回路の負出力電圧に対して保護が可能です。図 25 に出力逆極性フォルト状態からの回復特性を示します。

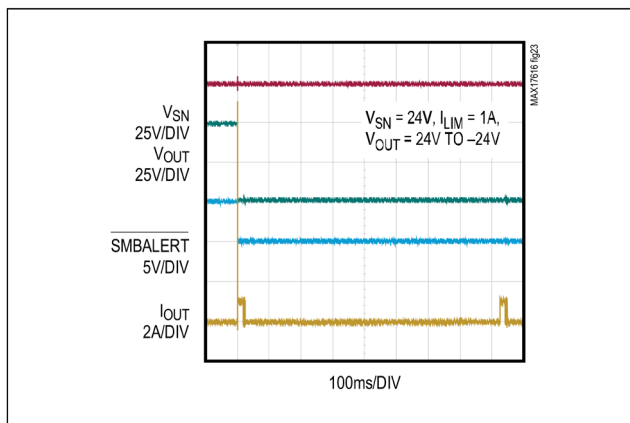


図 23. $V_{OUT} = -24V$ および $V_{SN} = 24V$ での自動再試行モード時の出力逆極性保護

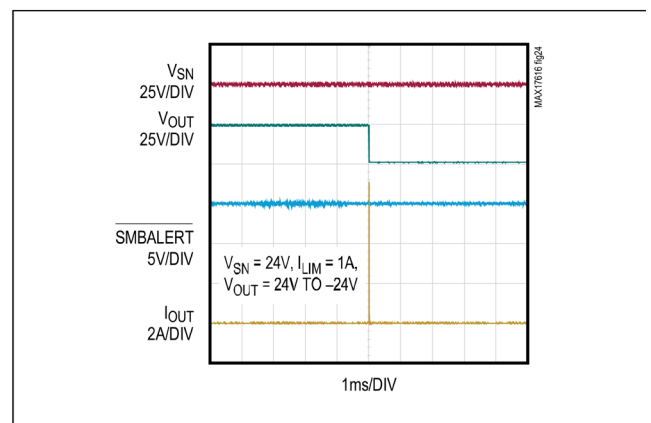


図 24. $V_{OUT} = -24V$ および $V_{SN} = 0V$ での自動再試行モード時の出力逆極性保護

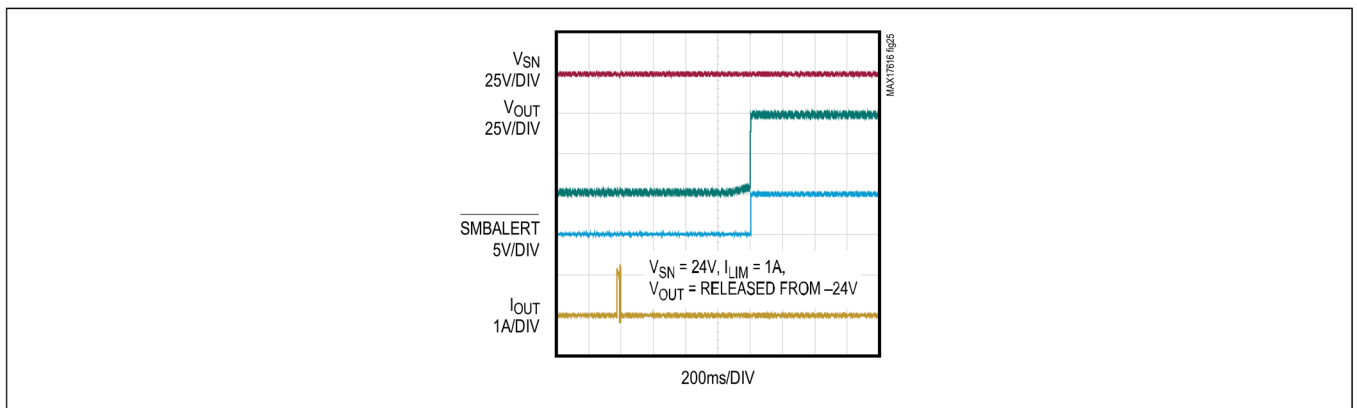


図 25. $V_{OUT} = -24V$ の初期条件および $V_{SN} = 24V$ での出力逆極性フォルトからの回復特性

出力低電圧検出 (OUTUV)

このデバイスは、プログラマブルな出力低電圧検出スレッショルド (OUTUV) を備えています。OUT ピンの電圧が何らかのフォルト状態によって OUTUV の立下がりスレッショルド未満に低下すると、内部制御ロジックはソフトスタート動作で再起動サイクルを実行します。何らかのフォルト状態の間、出力電圧が OUTUV 立下がりスレッショルドより低くならなければ、再起動サイクルはソフトスタート動作なしで実行されます。これは、設定された OUTUV スレッショルド未満には出力電圧が放電されないような過渡的な入力電源のフォルト状態において特に有用で、この場合デバイスはソフトスタート・サイクルを経ずに回復します。

このデバイスの OUTUV 調整範囲は 3.5V~64.8V (代表値) です。OUTUV の立上がりスレッショルドは、VOUT_UV_FAULT_LIMIT コマンドを使用して設定できます。OUTUV の立下がりスレッショルドは、立上がりスレッショルドより 3%低い値です。

フォルト出力 (SMBALERT)

このデバイスには、オープン・ドレインのフォルト信号 **SMBALERT** があります。このフォルト信号には、外付けのプルアップ抵抗とバイアス電源が必要です。**SMBALERT** ピンは、次に示すフォルト状態のときにローになります。

- ソフトスタート時に、 t_{STO} の終了時点で $(V_{IN} - V_{OUT}) > V_{FA}$ である場合。
- 過電流状態と短絡状態で、電流制限超過が t_{BLANK} 期間を超えたとき。
- 逆電流条件で、逆保護用の外付け nFET がオフになったとき。
- サーマル・シャットダウン。
- 入力 UVLO。
- 入力 OVLO。

デバイスが検出した上記のフォルト条件がクリアされたとき、**SMBALERT** はデアサートされます。PMBus コントローラは、CLEAR_FAULT コマンドの送信によって意図的に **SMBALERT** 信号をクリアする必要があります。

表 2 は、様々な動作条件における nFET の状態とフォルト信号の状態を示しています。

表 2. フォルト時の FET の状態

CONDITION	EXTERNAL nFET STATUS	INTERNAL nFET STATUS	SMBALERT STATUS
EN Disabled	OFF	OFF	High
Normal Operation (No Fault)	ON	ON	High
Input UVLO	OFF	OFF	Low
Input OVLO	OFF	OFF	Low
Soft Start (During I_{START}/t_{STO} period)	ON	ON	High
Output Overcurrent	ON	Regulate	Low (After t_{BLANK})
Short Circuit	OFF	OFF	Low
Reverse current with No Other Fault	OFF	ON	Low
Over Voltage Clamp	ON	Regulate	Low
Loss of Ground	OFF	OFF	High
Output Undervoltage	ON	ON	High at power-up until $(V_{IN} - V_{OUT}) > V_{FA}$. Low after power-up. [†]
Thermal Regulation	ON	Regulate	High (Automatically low after t_{BLANK} due to current regulation)
Thermal Shutdown	OFF	OFF	Low
SETI Grounded (First Power ON)	OFF	OFF	Low
$(V_{IN} - V_{OUT}) > V_{FA}$ at the end of t_{STO} (during startup)	OFF	OFF	Low
PMBus Fault	OFF	OFF	Low

[†] OUTUV フォルト時の **SMBALERT** の挙動。

出力電圧が **VOUT_UV_FAULT_LIMIT** レジスタで設定された値より低下したとき、次の操作が必要です。

- **SMBALERT** を遅延なくローにプルダウンする。
- STATUS_BYTE のビット 0 をハイにする。
- STATUS_WORD のビット 0 とビット 15 をハイにする。
- STATUS_VOUT のビット 5 をハイにする。
- PGOOD ローにプルダウンする。

スタートアップ時には、 $(V_{IN} - V_{OUT}) < V_{FA}$ が成立するまでは出力低電圧フォルトのアサートは動作しません。この場合、 $(V_{IN} - V_{OUT}) < V_{FA}$ の条件が満たされるまでは、**SMBALERT** はアサートされず、どのビットもセットされません。しかし、**PGOOD** はスタートアップ・フェーズでも有効です。これは、MAX17616/MAX17616A の出力電圧が動作を開始できるほどの健全な状態であることを下流の回路が確認するには、**PGOOD** 信号に頼る必要があるからです。

リニア・レギュレータ (V_{CC})

MAX17616/MAX17616A には、 V_{IN} から V_{CC} に電力を供給する低ドロップアウト (LDO) レギュレータが内蔵されています。この LDO は、パワーアップ時または **EN** がトグルされたときに動作します。代表的な V_{CC} の出力電圧は 1.8V です。 V_{CC} は、2.2 μ F の低 ESR セラミック・コンデンサを使用して **GND** にバイパスしてください。

逆保護用外付け nFET のゲート・ドライバ

このデバイスは、逆保護用外付け nFET を駆動する内蔵のゲート・ドライバ回路を備えています。このゲート・ドライバは、ゲート端子とソース端子の間の偶発的な短絡から内部で保護されています。デバイスは、ゲート・ドライブ (**GN**) に 6.5V (代表値) を供給します。**EN** ピンのデアサートもしくは **PMBus** インターフェースからの **OPERATION** コマンドによってデバイスの動作がディスエーブルされたとき、ゲート・ドライブは外付け nFET のゲート端子とソース端子の間で受動的な抵抗として機能します。

逆保護機能を使用せず外付け nFET を実装しない場合には、**SN** 端子と **GN** 端子を **IN** ピンに接続します。

接地喪失保護

このデバイスは、接地喪失イベント時に、内部 nFET および外付け nFET をオフにして負荷を保護します。接地喪失イベントは、システム制御のグラウンド・リファレンスと MAX17616/MAX17616A 周辺の IC グラウンド・ネットワークの間の断線が原因で発生する場合があります。この機能があることで、接地喪失イベントから保護するための外部回路を追加する必要がなくなります。[標準アプリケーション回路](#) に示すように、信号ピン (**EN**、**IMON**、**SMBALERT**、**PGOOD**) の保護には追加部品が必要です。[図 26](#) に接地喪失イベント時の代表的な動作を示します。

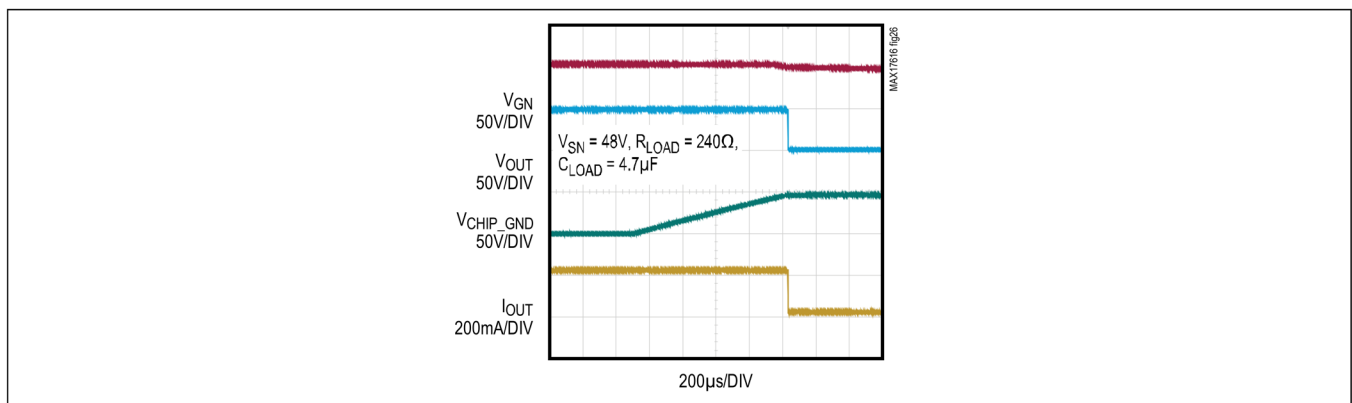


図 26. 接地喪失時の負荷電流の瞬時低下

パワー・グッド出力 (PGOOD/T_J)

このデバイスは PGOOD コンパレートを備えており、下流の負荷のインエーブル/ディスエーブルのために出力電圧の状態をモニタします。このオープン・ドレインのパワー・グッド出力には、外付けのプルアップ抵抗とバイアス電源が必要です。PGOOD は以下の説明のように機能します。

- 1) PGOOD は、出力電圧が OUTUV 立上がりスレッシュホールドより高くなり、 $(V_{IN} - V_{OUT}) < V_{FA}$ の条件が満たされるとハイになる。
- 2) PGOOD は、出力電圧が OUTUV の立下がり閾値を下回るとローになる。
- 3) システムのパワーアップ時には、PGOOD は $V_{OUT} > V_{OUTUV}$ かつ $(V_{IN} - V_{OUT}) < V_{FA}$ であればハイになり、それ以外の条件ではローになる。

ダイ温度のモニタリング (PGOOD/T_J)

このデバイスにはダイ温度モニタリングの機能があります。PGOOD/T_J と GND の間に 10kΩ~20kΩ の抵抗を接続して、内部ダイ温度を PGOOD/T_J ピンでモニタします。

PGOOD/T_J ピンは、ダイ (ホットスポット) 温度が 25°C で 652mV、+125°C で 854mV の電圧を示し、温度勾配は 2mV/°C です。ダイ (ホットスポット) 温度は次の式を使用して表現されます。

$$V_{TJ} = (T_{DIE} - 25^{\circ}\text{C}) \times 2\text{mV} + 652\text{mV}$$

$$T_{DIE} = \frac{V_{TJ} - 652\text{mV}}{2\text{mV}} + 25^{\circ}\text{C}$$

ここで、

T_{DIE} はダイ温度、

V_{TJ} は PGOOD/T_J ピンの電圧です。

サーマル・シャットダウン保護

このデバイスには、過熱から保護するためのサーマル・シャットダウン機能と、サーマル・フォールドバック電流制限制御機能があります。ジャンクション温度が 150°C (代表値) に達すると、電流制限値が内部で低下し、これによって内部 nFET の消費電力を低減させ、ジャンクション温度を約 150°C に安定化します。ジャンクション温度が +165°C (代表値) を超える過酷な状況の場合は、デバイスがオフになり、SMBALERT ピンをアサートします。ジャンクション温度が 20°C (代表値) 低下するとデバイスはサーマル・シャットダウンを終了し通常動作を再開します。ただし、ラッチオフ・モードの場合は、デバイスはラッチオフ状態を継続します。

PMBus インターフェース

このデバイスは PMBus インターフェースを備えています。ソフトウェアの観点では、このデバイスは PMBus コマンドのサブセットを実行可能です。トランスポート・プロトコルには SMBus バージョン 3.1 を使用し、SMBus のデバイス・アドレスに応答します。このデータシートでは、SMBus という用語は SMBus 物理層を使用した PMBus 通信の電気的特性を指します。PMBus という用語は PMBus コマンド・プロトコルを指します。このデバイスは、モニタするデータ、警告/フォルトの読出しや、メーカー固有のコマンドへのアクセス用に、標準的な SMBus プロトコル (図 27 を参照) を使用します。

図 27 では以下の略号を使用します。

S: スタート・コンディション

Sr: 反復スタート・コンディション

P: ストップ・コンディション

R: バイト読出し

W: バイト書込み

A: アクノリッジ・ビット

N: ノット・アクノリッジ・ビット

転送されたバイトをデバイスが正常に受信すると、アクノリッジ・ビットがアクティブ・ローになります。受信デバイスがバス・コントローラである場合は、最終バイト読出しのアクノリッジ・ビットはハイになり、N (ノット・アクノリッジ) ビットで表されます。

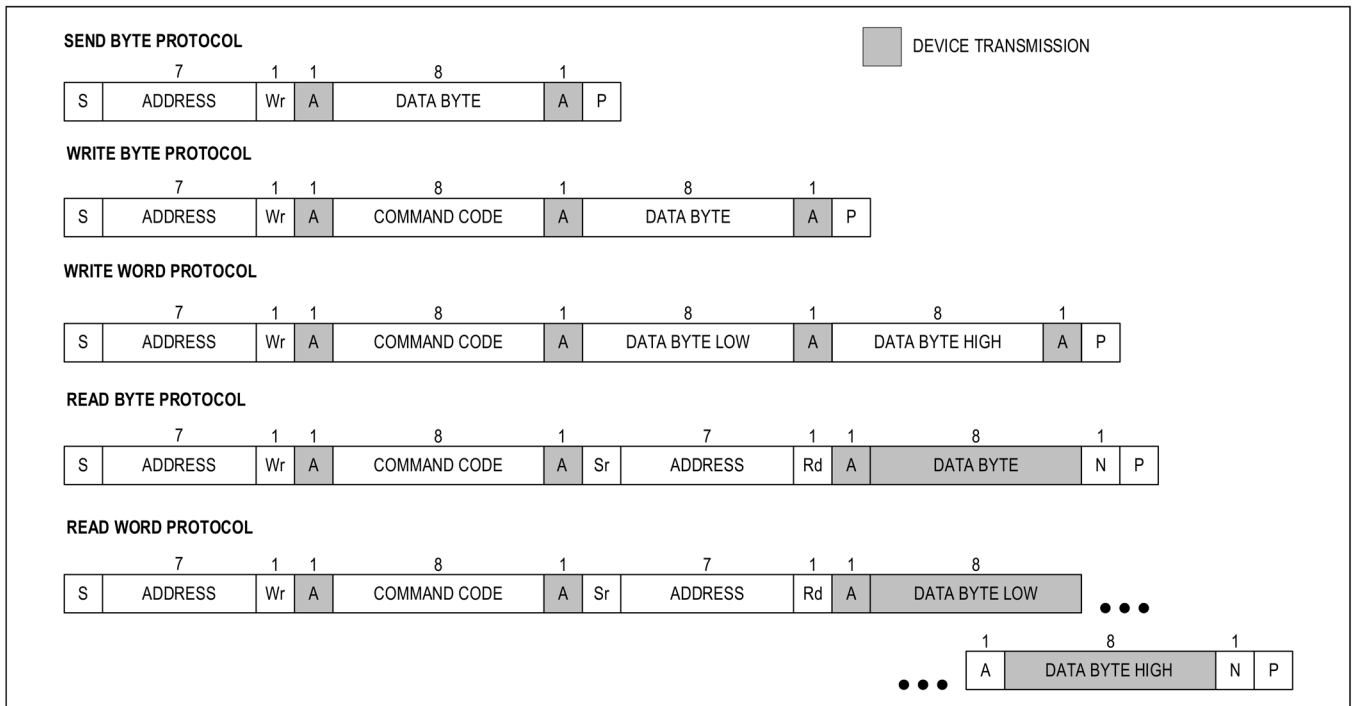


図 27. SMBus コマンド・プロトコル

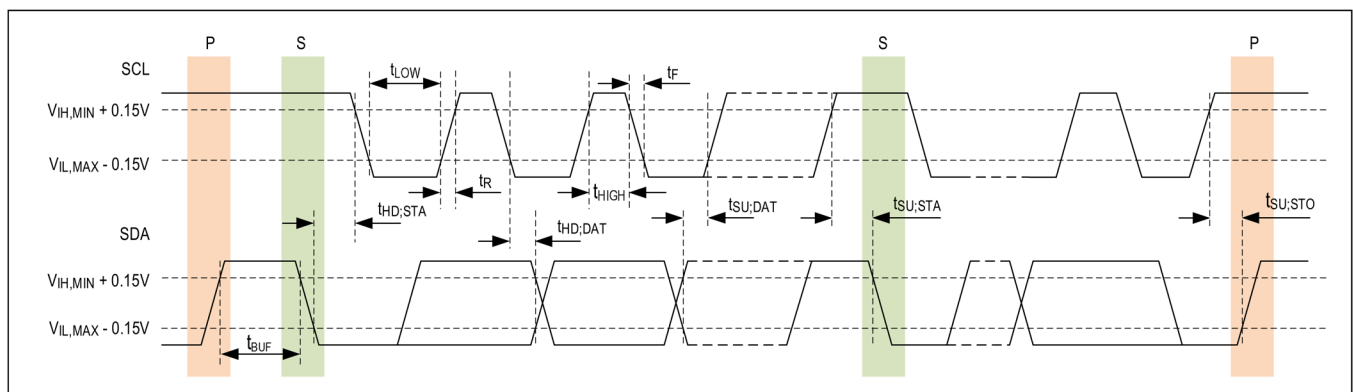


図 28. SMBus タイミングの計測

コントローラに電源が上流から供給されるパワー・ディストリビューション・アーキテクチャでは、デバイスを初期化すると制御コマンドや読出しコマンドを受け付けるようになります (図 29 を参照)。このようなアーキテクチャでは、コントローラからデバイスのイネーブルやオン/オフができます。

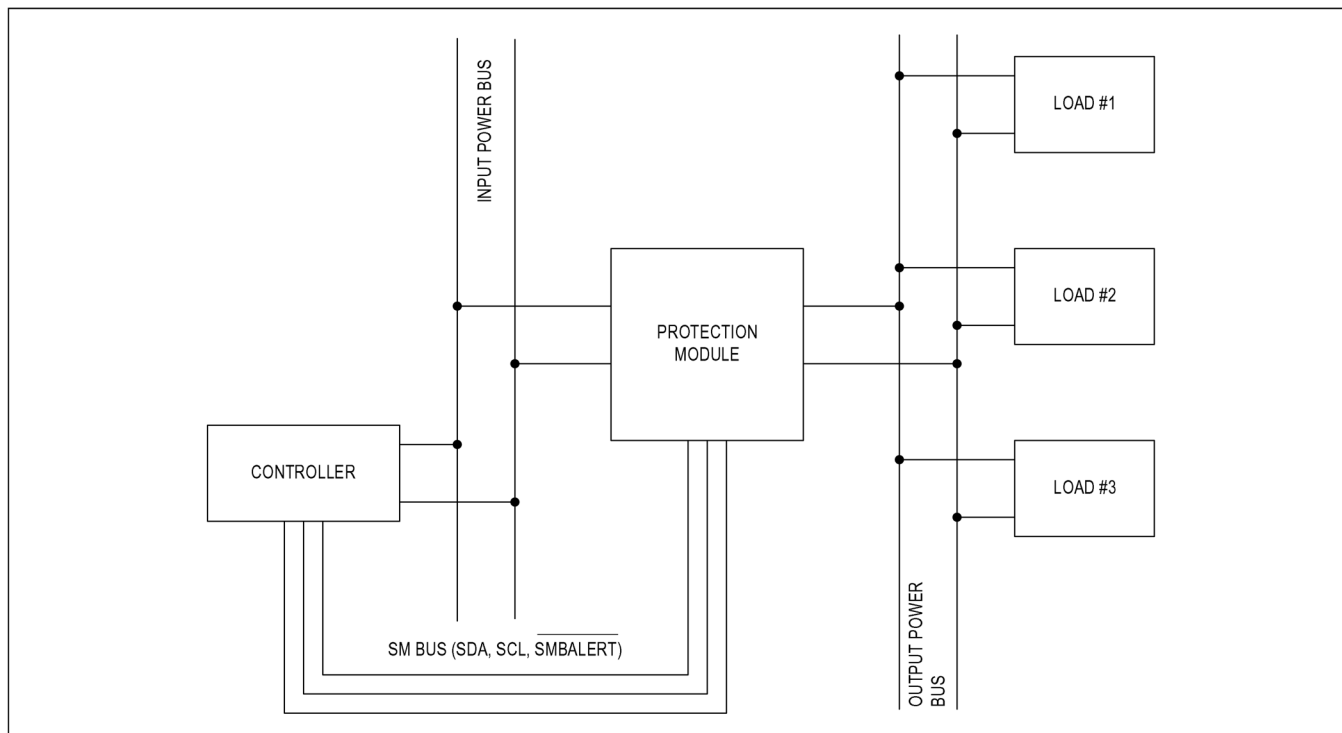


図 29. システム・アーキテクチャ

デバイスのアドレス指定と逆保護 (Q1) のデコード

ADDR/Q1 ピンを使用して、デバイスの物理 PMBus アドレスを設定します。PMBus アドレスは 7 ビットです。上位 3 ビット (MSB) は **001**[†] に設定されており、下位の 4 ビットをこのピンで設定できます。初期パワーアップ・シーケンスの中で、ADDR/Q1 ピンに 10 μ A/400 μ A の電流が流れ、ADDR/Q1 の電圧を検出してピンに接続されている抵抗の値を得ます。ADDR/Q1 ピンは、外付けの逆保護 nFET (Q1) を使用しているか否かを設定するためにも使用します。アドレスは、抵抗の値に基づいて表 3 (PMBus アドレス設定用の抵抗値) に示すように設定されます。

全アドレスのうち、00h はバスに接続されている全デバイスに向けたブロードキャスト用に予約されているため、同じバス上では 15 個のデバイスを別のデバイス・アドレスで設定できます。

このピンによって設定されるアドレスについては表 3 を参照してください。逆保護 nFET (Q1) の有無は PMBus 物理アドレスでは示されていないことに注意してください。24.3 Ω ~1.87k Ω の抵抗での設定結果は、3.16k Ω ~86.6k Ω の抵抗による設定と同じ PMBus アドレスになります。

[†] デフォルトのアドレス空間は、001.0001~001.1111 になります。

MSB=000 は、予約済みの ARA アドレス 000.1100 との競合を避けるために除外されています。

表 3. PMBus アドレス設定用の抵抗値

RESISTOR VALUE E96 1% [Ω]	LOW NIBBLE IN DECIMAL FORMAT	PMBus ADDRESS	EXTERNAL REVERSE PROTECTION nFET Q1
RESERVED FOR BROADCAST		0000000	-
24.3	1	0010001	No
78.7	2	0010010	No
147.0	3	0010011	No
226.0	4	0010100	No
309.0	5	0010101	No
402.0	6	0010110	No
499.0	7	0010111	No
604.0	8	0011000	No
732.0	9	0011001	No
866.0	10	0011010	No
1000	11	0011011	No
1210	12	0011100	No
1400	13	0011101	No
1620	14	0011110	No
1870	15	0011111	No
3160	1	0010001	Yes
5760	2	0010010	Yes
9090	3	0010011	Yes
12400	4	0010100	Yes
16200	5	0010101	Yes
20000	6	0010110	Yes
24300	7	0010111	Yes
28700	8	0011000	Yes
34800	9	0011001	Yes
41200	10	0011010	Yes
48700	11	0011011	Yes
56200	12	0011100	Yes
64900	13	0011101	Yes
75000	14	0011110	Yes
86600	15	0011111	Yes

DIRECT データ・フォーマット

このデバイスは、入力電圧、出力電圧、出力電流、温度の提示用に DIRECT データ・フォーマットを使用します。DIRECT フォーマットは、次のように任意の値に使用できます。

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

ここで、

X は実際の値。

Y はバス上で送信される 2 の補数形式の 2 バイト整数。

m は傾き係数で、2 の補数形式の 2 バイト整数。

b はオフセットで、2 の補数形式の 2 バイト整数。

R は指数部で、2 の補数形式の 1 バイト整数。

出力データは 2 バイト・ワードで、その中の最初の 12 ビットに Y 値が含まれており、上記の式と以下の係数を使用して実際の値に変換できます。

	UNIT	m	R	b	MAX ERROR ¹
V _{IN} or V _{OUT}	V	512	-1	-18	3.5% @ 3V
I _{OUT} ²	A	5845	-1	80	6% @ 0.7A
Die Temperature	°C	71	-1	19653	9°C @ 25°C

¹ アナログ読み出し、ADC 変換 (10 ビット ENOB)、DIRECT 変換の誤差を含みます。

² 電流は IMON ピンの電圧として測定されます。対象範囲は 124.8mV～1.25V で、これは R_{IMON} = 3.8kΩ とすると 0.7A～7A に対応します。

PMBus コマンド

このデバイスは、Power System Management Protocol Specification Part II – Command Language Revision 1.3.1 に定義されたコマンドの以下に示すサブセットをサポートしています。PMBus コマンドの完全なリストと詳細仕様については、pmbus.org で入手できる PMBus 仕様の Part II を参照してください。

表 4. MAX17616 と MAX17616A で使用できる PMBus コマンド

コマンド・コード	コマンド名	コマンドの説明	トランザクション・タイプ	バイト数	スケーリング・ファクタ (N)
01h	OPERATION	動作ステータスの読みまたは書き込み。	R/W Byte	1	–
03h	CLEAR_FAULTS	セットされたフォルト・ビットをクリアします。このコマンドは、すべてのステータス・レジスタの全ビットを同時にクリアします。	Send Byte	0	–
19h	CAPABILITY	デバイスの機能を読み出します。	Read Byte	1	–
1Bh	SMBALERT_MASK	SMBALERT のフォルト・マスクを書き込みます。	Block Write-Block Read Process Call	1	–
44h	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	出力低電圧フォルト・スレッシュホールドの読みまたは書き込み。	R/W Byte	1	–
78h	STATUS_BYTE	デバイスの動作ステータスを伝える 1 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–

コマンド・コード	コマンド名	コマンドの説明	トランザクション・タイプ	バイト数	スケーリング・ファクタ (N)
79h	STATUS_WORD	フォルト状態の概要を示す 2 バイトの情報を返します。	Read Word	2	–
7Ah	STATUS_VOUT	出力電圧のステータスに関する 1 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–
7Bh	STATUS_IOUT	出力電流のステータスに関する 1 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–
7Ch	STATUS_INPUT	入力ステータスに関する 1 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–
7Dh	STATUS_TEMPERATURE	温度のステータスに関する 1 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–
7Eh	STATUS_CML	通信ステータスに関する情報を読み出します。	Read Byte	1	–
80h	STATUS_MFR_SPECIFIC	特定のフォルト状態に関する 2 バイトの情報を返します。	Read Byte	1	–
88h	READ_VIN	SN ピンの入力電圧の計測値を返します。	Read Word	2	See Note 1
8Bh	READ_VOUT	OUT ピンの出力電圧の計測値を返します。	Read Word	2	See Note 1
8Ch	READ_IOUT	出力電流の計測値を返します。	Read Word	2	See Note 1
8Dh	READ_TEMPERATURE_1	温度の計測値を返します。	Read Word	2	See Note 1
98h	PMBus_REVISION	デバイスが対応している PMBus 仕様のリビジョンを返します。	Read Byte	1	–
99h	MFR_ID	メーカーID (ASCII) を返します。	Read Byte	6	–
9Ah	MFR_MODEL	製品番号 (ASCII) を返します。	Read Byte	10	–
9Bh	MFR_REVISION	製品リビジョン文字または番号 (ASCII) を返します。	Read Byte	3	–
C4h	SET_CLMODE	フォルト時の応答モードの読出しまたは書込み。	R/W Byte	1	–
C5h	SET_ISTART_RATIO	ISTART_RATIO 値の読出しまたは書込み。	R/W Byte	1	–
C6h	SET_TSTOC	短期過電流制限時間の読出しまたは書込み。	R/W Byte	1	–
C7h	SET_ISTLIM	短期過電流制限値の読出しまたは書込み。	R/W Byte	1	–
ADh	IC_DEVICE_ID		Read Byte	10	
A Eh	IC_DEVICE_REV		Read Byte	3	

Note 1 : DIRECT データ・フォーマットのセクションを参照してください。

OPERATION

- コマンド・コード：01h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：1/8
- プロトコル：バイト読出し／バイト書込み

OPERATION コマンドは、EN ピンがハイの状態でのコントローラの動作ステータスを設定するのに使用します。OPERATION コマンドは、PMBus デバイスの出力および PMBus へのコマンドの送信をオンまたはオフに切り替えます。

EN PIN	BIT NUMBER		DEVICE STATE/ RESPONSE	INTERNAL CIRCUITRY OF MAX17616/MAX17616A	PMBus INTERFACE	Q1/Q2 STATUS
	7	[6:0]	ON/OFF			
LOW	X	XX	OFF	Low I _Q mode; Control circuits OFF	Disabled	OFF
HIGH	0	XX	OFF	Normal operation	Active	OFF
HIGH	1	XX	ON	Normal operation	Active	Operation enabled

デバイスをサポートされていないような方法で設定または動作させようとする OPERATION コマンドのデータ・バイトを PMBus デバイスが受信した場合、デバイスはそれを無効データとして扱い、通信フォルトを発生しなければなりません。

ビット[6:0]は内部で 0000000 に設定します。ビット[7]はデフォルトでは 1 に設定します。

CLEAR_FAULT

- コマンド・コード：03h
- データ・バイト数：N/A
- 使用するビット数：N/A
- プロトコル：バイトの送信

CLEAR_FAULTS コマンドは、セットされたフォルト・ビットをクリアするために使用します。このコマンドは、すべてのステータス・レジスタの全ビットを同時にクリアします。同時に、デバイスが SMBALERT \bar 信号をアサートしている場合、デバイスはその SMBALERT \bar ピンの信号出力を無効に（クリア、解放）します。

CLEAR_FAULTS コマンドが、フォルト状態によってラッチオフされたユニットを再起動することはありません。フォルト状態によってシャットダウンされたユニットは、再起動されます。

フォルト・ビットがクリアされた後もフォルトが存在している場合は、そのフォルト・ビットが再度設定され、通常の方法でホストに通知されます。

このコマンドは書込み専用です。このコマンドにはデータ・バイトはありません。

CAPABILITY

- コマンド・コード：19h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：4/8
- プロトコル：バイト読出し

このコマンドは、ホスト・システムがデバイスの主要機能について判断する手段を提供します。CAPABILITY コマンドは、以下の表に示すように、デバイスに関する情報を返します。

ビット	説明	意味	デフォルト値
7	パケット・エラー・チェック	パケット・エラー・チェック (PEC) がサポートされている場合、このビットが1にセットされます。	1
6:5	最大バス速度	00 : 100kHz 01 : 400kHz 10 : 1MHz 11 : 予備	10
4	<u>SMBALERT</u>	デバイスに <u>SMBALERT</u> ピンがあり、SMBus アラート応答プロトコルをサポートしている場合、このビットが1にセットされます。	1
3:0	-	サポートされていません。	0000

SMBALERT_MASK

- コマンド・コード : 1Bh
- データ・バイト数 : 1
- 使用するビット数 : 8/8
- プロトコル : ブロック書込み-ブロック読出しプロセス呼び出し

SMBALERT_MASK コマンドは、警告またはフォルト状態によって SMBALERT 信号がアサートされるのを防止するために使用できます。

このコマンドのフォーマットは、[図 30](#) に示すもので、1つまたは複数のステータス・ビットが SMBALERT 信号をアサートするのを防止するために使用されます。マスク・バイト内のビットは、対応するステータス・レジスタ内のビットと一致します。例えば、STATUS_TEMPERATURE コマンド・コードがマスク・バイト 0100000b で送信されると、過熱警告状態による SMBALERT のアサートが防止されます。

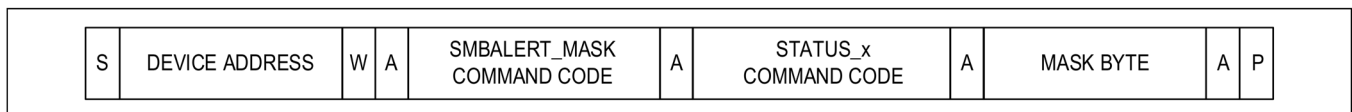


図 30. ブロック書込み-ブロック読出しプロセス呼び出し

VOUT_UV_FAULT_LIMIT

- コマンド・コード : 44h
- データ・バイト数 : 1
- データ・フォーマット : bit_field
- プロトコル : バイト読出し/バイト書込み

VOUT_UV_FAULT_LIMIT コマンドは、出力の低電圧スレッショルドの電圧を設定または取得します。OUTUV スレッショルドの値の設定については、次の表を参照してください。

ビット	説明	意味	デフォルト値
7:5	NA		
4:2	公称電圧の選択	000 5V 001 9V 010 12V 011 24V 100 36V 101 48V 110 60V 111 72V	000
1:0	PGOOD の立上がりスレッショルドの選択	00 -10% 01 -20% 10 -30%	00

OUTUV の立下がりスレッショルドは、自動的に立上がりスレッショルドより 3% 低く設定されます。

STATUS_BYTE

- コマンド・コード：78h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：6/8
- プロトコル：バイト読出し

STATUS_BYTE コマンドは、ユニットのフォルト状態の概要に関する 1 バイトの情報を返します。このバイトの情報に基づき、適切なステータス・レジスタを読み出すことで、ホストはより多くの情報を得ることができます。

STATUS_BYTE メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	名称	意味
7	BUSY	デバイスがビジーで応答できないためフォルトが発せられた。不使用。予約済みビット。
6	OFF	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含め、理由の如何に関わらずユニットが出力に電力を供給していない場合にアサートされます。
5	VOUT_OV_FAULT	出力過電圧フォルトが発生した。不使用。
4	IOUT_OC_FAULT	出力過電流フォルトが発生した。
3	VIN_UV_FAULT	入力低電圧フォルトが発生した。
2	TEMPERATURE	温度フォルトまたは警告が発生した。
1	CML	通信、メモリ、またはロジックのフォルトが発生した。
0	NONE OF ABOVE	ビット[7:1]に記載されていないフォルトまたは警告が発生した。

STATUS_WORD

- コマンド・コード：79h
- データ・バイト数：2
- 使用するビット数：11/16
- プロトコル：ワード読出し

STATUS_WORD コマンドは、ユニットのフォルト状態の概要に関する 2 バイトの情報を返します。これらのバイトの情報に基づき、適切なステータス・レジスタを読み出すことで、ホストはより多くの情報を得ることができます。

STATUS_WORD メッセージの内容を次の表に示します。

バイト	ビット	名称	意味
LOW	7	BUSY	デバイスがビジーで応答できないためフォルトが発せられた。不使用。予約済みビット。
	6	OFF	このビットは、単にイネーブルされていない場合も含め、理由の如何に関わらずユニットが出力に電力を供給していない場合にアサートされます。
	5	VOUT_OV_FAULT	出力過電圧フォルトが発生した。不使用。
	4	IOUT_OC_FAULT	出力過電流フォルトが発生した。
	3	VIN_UV_FAULT	入力低電圧フォルトが発生した。
	2	TEMPERATURE	温度フォルトまたは警告が発生した。
	1	CML	通信、メモリ、またはロジックのフォルトが発生した。
	0	NONE OF ABOVE	ビット[7:1]に記載されていないフォルトまたは警告が発生した。

バイト	ビット	名称	意味
HIGH	7	V _{OUT}	出力電圧フォルトまたは警告が発生した。
	6	I _{OUT} /P _{OUT}	出力電流または出力電力のフォルトまたは警告が発生した。
	5	INPUT	入力電圧、入力電流、入力電力のいずれかのフォルトまたは警告が発生した。
	4	MFR	メーカー固有のフォルトまたは警告が発生した。
	3	POWER_GOOD	サポートされていません。常に 0。
	2	FANS	サポートされていません。常に 0。
	1	OTHER	サポートされていません。常に 0。
	0	STARTUP	起動 (STARTUP) 中 (V _{OUT} が V _{IN} - V _{FA} に達するまで) にアサートされ、起動が完了すると 0 に設定される。

注: I_{OUT_OC_FAULT} と I_{OUT/P_OUT} ビットがセットされるのは t_{STOC} の遅延時間が経過した後に限ります。

STATUS_VOUT

- コマンド・コード: 7Ah
- データ・バイト数: 1
- 使用するビット数: 2/8
- プロトコル: バイト読出し

STATUS_VOUT コマンドは、ユニットの出力電圧フォルト状態の概要に関する 1 バイトの情報を返します。STATUS_VOUT メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	名称	意味
7	VOUT_OV_FAULT	サポートされていません。常に 0。
6	VOUT_OV_WARNING	出力レギュレーション・イベントが発生した (OVFB タイプのデバイスでのみ有効)。
5	VOUT_UV_WARNING	出力が OUTUV スレッシュホールドよりも低下した。
4	VOUT_UV_FAULT	サポートされていません。常に 0。
3	VOUT_MAX_WARNING	サポートされていません。常に 0。
2	TON_MAX_FAULT	サポートされていません。常に 0。
1	TOFF_MAX_WARNING	サポートされていません。常に 0。
0	VOUT Tracking Error	サポートされていません。常に 0。

STATUS_IOUT

- コマンド・コード: 7Bh
- データ・バイト数: 1
- 使用するビット数: 2/8
- プロトコル: バイト読出し

STATUS_IOUT コマンドは、出力電流に関連するフォルト状態に関する 1 バイトの情報を返します。

STATUS_IOUT メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	意味
7	出力過電流フォルトが発生した。
6	出力過電流と低電圧のフォルトが同時に発生した。 (出力過電流 = デバイスが電流制限動作に入った、低電圧フォルト = UVLO フォルト)。
5	出力過電流警告が発生した ($I_{LIM} < I_{OUT} < I_{STLIM}$)。不使用。
4	サポートされていません。常に 0。
3	サポートされていません。常に 0。
2	サポートされていません。常に 0。
1	サポートされていません。常に 0。
0	サポートされていません。常に 0。

注：過電流フォルトの間、ビット[7:6]をセットするのは t_{STOC} の遅延時間経過後でなければなりません。過電流フォルトの間、ビット[5]をセットするのは出力電流が I_{LIM} を超過した後でなければなりません。

STATUS_INPUT

- コマンド・コード：7Ch
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：2/8
- プロトコル：バイト読出し

STATUS_INPUT コマンドは、ユニットの入力フォルト状態の概要に関する 1 バイトの情報を返します。STATUS_INPUT メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	名称	意味
7	VIN_OV_FAULT	入力過電圧フォルトが発生した。
6	VIN_OV_WARNING	サポートされていません。常に 0。
5	VIN_UV_WARNING	サポートされていません。常に 0。
4	VIN_UV_FAULT	入力低電圧フォルトが発生した。
3	Unit Off for Insufficient Input Voltage	サポートされていません。常に 0。
2	IIN_OC_FAULT	サポートされていません。常に 0。
1	IIN_OC_WARNING	サポートされていません。常に 0。
0	PIN_OP_WARNING	サポートされていません。常に 0。

STATUS_TEMPERATURE

- コマンド・コード：7Dh
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：1/8
- プロトコル：バイト読出し

STATUS_TEMPERATURE コマンドは、ユニットの温度フォルト状態の概要に関する 1 バイトの情報を返します。

STATUS_TEMPERATURE メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	名称	意味
7	OT_FAULT	過熱フォルトが発生した。
6	OT_WARNING	サポートされていません。常に 0。
5	UT_WARNING	サポートされていません。常に 0。
4	UT_FAULT	サポートされていません。常に 0。
3	Reserved	サポートされていません。常に 0。
2	Reserved	サポートされていません。常に 0。
1	Reserved	サポートされていません。常に 0。
0	Reserved	サポートされていません。常に 0。

STATUS_CML

- コマンド・コード：7Eh
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：5/8
- プロトコル：バイト読出し

STATUS_CML コマンドは、通信に関連するフォルト状態に関する 1 バイトの情報を返します。STATUS_CML メッセージの内容を次の表に示します。

ビット	意味
7	無効なコマンドまたはサポートされていないコマンドを受信した。
6	無効なデータまたはサポートされていないデータを受信した。
5	パケット・エラー・チェックに失敗した。
4	メモリ・エラーを検出した。
3	サポートされていません。
2	サポートされていません。
1	この表に記載されているもの以外の通信フォルトが発生した。
0	サポートされていません。

STATUS_OTHER

- コマンド・コード：7Fh
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：0/8
- プロトコル：バイト読出し

このコマンドは、SMBALERTを最初にアサートしたデバイスを特定するために使用します。サポートされていません。今後の使用に備え、常に 0 を返します。

STATUS_MFR_SPECIFIC

- コマンド・コード：80h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：4/8
- プロトコル：バイト読出し

STATUS_MFR_SPECIFIC コマンドは、次の表に示す特定のフォルト状態に関する 1 バイトの情報を返します。

ビット	意味
7	SETI ピンのフォルト。
6	IMON ピンのフォルト。サポートされていません。
5	ソフトスタートのフォルト。
4	不使用。
3	出力短絡フォルトが発生した。
2	逆電流フォルトが発生した。
1	サポートされていません。常に 0。
0	サポートされていません。常に 0。

注：ビット[7:6]をセットするのは、過電流フォルト後、 t_{STOC} の遅延時間経過後でなければなりません。

READ_VIN

- コマンド・コード：88h
- データ・バイト数：2
- データ・フォーマット：DIRECT
- プロトコル：ワード読出し

READ_VIN コマンドは、SN ピンで測定した入力電圧を返します。2つのデータ・バイトは DIRECT フォーマットでエンコードされています。

入力電圧範囲は 3V～80V です。入力電圧のスケールリングについては、[DIRECT データ・フォーマットのセクション](#)を参照してください。

READ_VOUT

- コマンド・コード：8Bh
- データ・バイト数：2
- データ・フォーマット：DIRECT
- プロトコル：ワード読出し

READ_VOUT コマンドは、OUT ピンでの実際の出力電圧の測定値を返します。2つのデータ・バイトは DIRECT フォーマットでエンコードされています。

出力電圧範囲は 3V～80V です。出力電圧のスケールリングについては、[DIRECT データ・フォーマットのセクション](#)を参照してください。

READ_IOUT

- コマンド・コード：8Ch
- データ・バイト数：2
- データ・フォーマット：DIRECT
- プロトコル：ワード読出し

READ_IOUT コマンドは、内部制御 nFET を流れる電流の測定値を返します。2つのデータ・バイトは DIRECT フォーマットでエンコードされています。

出力電流の範囲は 0A～7A です。出力電流のスケールリングについては、[DIRECT データ・フォーマットのセクション](#)を参照してください。

READ_TEMPERATURE_1

- コマンド・コード：8Dh
- データ・バイト数：2
- データ・フォーマット：DIRECT
- プロトコル：ワード読出し

READ_TEMPERATURE_1 コマンドは、出力温度の測定値（°C）を返します。2つのデータ・バイトは DIRECT フォーマットでエンコードされています。

温度範囲は-40°C～+150°Cです。温度のスケールリングについては、[DIRECT データ・フォーマットのセクション](#)を参照してください。

PMBus_REVISION

- コマンド・コード：98h
- データ・バイト数：N/A
- 使用するビット数：N/A
- プロトコル：バイト読出し

PMBus_REVISION コマンドは、デバイスが対応する PMBus のリビジョンを書込みまたは読出しします。

このコマンドは1バイトのデータを伴います。ビット[7:4]はデバイスが対応している PMBus 仕様 Part I のリビジョンを示します。ビット[3:0]はデバイスが対応している PMBus 仕様 Part II のリビジョンを示します。このコマンドは 33h を返し、これは Part I と Part II の Revision 1.3 に対応します。

MFR_ID

- コマンド・コード：99h
- データ・バイト数：6
- プロトコル：バイト読出し

MFR_ID コマンドは、メーカーID（ユニットのメーカーの名称、略称、または特定できるシンボル）の設定または読出しに使用します。各メーカーが識別子を選択します。MFR_ID は通常、製造時に1回だけセットされます。

MAX17616/MAX17616A の MFR_ID は「0x 05 4D 41 58 49 4D」です。

MFR_MODEL

- コマンド・コード：9Ah
- データ・バイト数：10
- プロトコル：バイト読出し

MFR_MODEL コマンドは、メーカーのモデル番号の設定または読出しに使用します。MFR_MODEL は通常、製造時に1回だけセットされます。

MAX17616 のモデル番号は「0x 09 4D 41 58 31 37 36 31 36 20」です。

MAX17616A のモデル番号は「0x 09 4D 41 58 31 37 36 31 36 41」です。

MFR_REVISION

- コマンド・コード：9Bh
- データ・バイト数：3
- プロトコル：バイト読出し

MFR_REVISION コマンドは、メーカーのリビジョン番号の設定または読出しに使用します。各メーカーは、リビジョン番号用に自社で選択したフォーマットを使用します。MFR_REVISION は通常、製造時またはデバイスが後のリビジョンに更新されたときに設定されません。

MAX17616/MAX17616A のモデル・リビジョンは「02 30 31」です。

IC_DEVICE_ID

- コマンド・コード：ADh
- データ・バイト数：10
- プロトコル：バイト読出しのみ

IC_DEVICE_ID コマンドは、メーカーのモデル番号の読出しに使用します。

MAX17616 のモデル番号は「0x 09 4D 41 58 31 37 36 31 36 20」です。

MAX17616A のモデル番号は「0x 09 4D 41 58 31 37 36 31 36 41」です。

IC_DEVICE_REV

- コマンド・コード：AEh
- データ・バイト数：3
- プロトコル：バイト読出しのみ

IC_DEVICE_REV コマンドは、メーカーのリビジョン番号の読出しに使用します。各メーカーは、リビジョン番号用に自社で選択したフォーマットを使用します。

MAX17616/MAX17616A のモデル・リビジョンは「02 30 31」です。

SET_CLMODE

- コマンド・コード：C4h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：2/8
- プロトコル：バイト読出し／バイト書込み

SET_CLMODE モード・コマンドは、フォルト時の動作モードの設定に使用します。自動再試行モードの場合、[7:6]を 0b10 に設定します。ラッチ・モードの場合、ビット[7:6]を 0b00 に設定します。連続モードの場合、ビット[7:6]を 0b01 に設定します。

ビット[5:0]は 0 に設定します。ビット[7:6]のデフォルト値は 0b10 です。

SET_ISTART_RATIO

- コマンド・コード：C5h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：4/8
- プロトコル：バイト読出し／バイト書込み

SET_ISTART_RATIO コマンドは、SETI ピン抵抗を使用して設定された電流制限値 (ILIM) の関数として、起動時の電流制限率を設定します。以下の表を参照して、電流制限率を設定します。

BIT [7:3]	BIT [3:0]	CURRENT LIMIT DURING START-UP
XXXXX	000	I_{LIM}
XXXXX	001	$I_{LIM} \times 1/2$
XXXXX	010	$I_{LIM} \times 1/4$ [Default selection]
XXXXX	011	$I_{LIM} \times 1/8$
XXXXX	100	$I_{LIM} \times 1/16$

SET_TSTOC

- コマンド・コード：C6h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：2/8
- プロトコル：バイト読出し／バイト書込み

SET_TSTOC モード・コマンドは、短期過電流制限時間を設定するために使用します。t_{STOC} の設定については、以下の表を参照してください。

BIT [7:2]	BIT [1:0]	t _{STOC}
XXXXXX	00	400μs [Default selection]
XXXXXX	01	1ms
XXXXXX	10	4ms
XXXXXX	11	24ms

SET_ISTLIM

- コマンド・コード：C7h
- データ・バイト数：1
- 使用するビット数：2/8
- プロトコル：バイト読出し／バイト書込み

SET_ISTLIM モード・コマンドは、短期過電流制限率を設定するために使用します。ISTLIM の設定については、以下の表を参照してください。

BIT [7:2]	BIT [1:0]	ISTLIM
XXXXXX	00	1.25:1
XXXXXX	01	1.50:1
XXXXXX	10	1.75:1
XXXXXX	11	2.00:1 [Default selection]

フォルト管理

フォルト／警告をコントローラにリアルタイムで通知するため、MAX17616 と MAX17616A はオープン・ドレインの $\overline{\text{SMBALERT}}$ ピンをアサートし、STATUS_WORD レジスタの適切なビットをセットします。 $\overline{\text{SMBALERT}}$ は、SMBus のアラート応答アドレス (ARA) と組み合わせて使用します。

コントローラは、 $\overline{\text{SMBALERT}}$ のアサートを認識すると、アラート応答アドレス (ARA) によって全デバイスにアクセスすることが求められます。 $\overline{\text{SMBALERT}}$ をローに引き下げたデバイスだけが、アラート応答アドレスに対してアクノリッジを返します。ホストは、修正されたバイト受信動作を行います。デバイス送信デバイスにより提供された 7 ビットのデバイス・アドレスを、該当バイトの上位から 7 ビットに配置します。8 番目のビットはゼロでも 1 でも構いません。

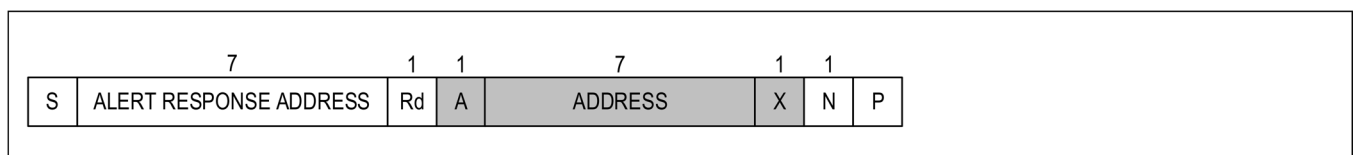


図 31. ARA に対する 7 ビット・アドレス指定デバイス応答

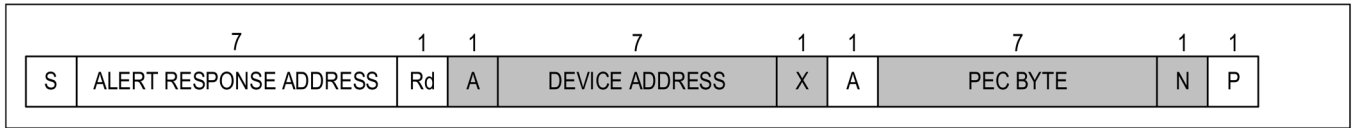


図 32. ARA に対する PEC 付きの 7 ビット・アドレス指定デバイス応答

複数のデバイスが $\overline{\text{SMBALERT}}$ をローに引き下げた場合、優先度が最も高い（アドレスが最も低い）デバイスが、デバイス・アドレス転送時に標準のアービトレーションによって通信の権利を獲得します。このデバイスは、そのアドレスへの応答でコントローラからアノリッジ・ビットを受信した後に、 $\overline{\text{SMBALERT}}$ 信号に対するプルダウンを停止しなければなりません。ホストは、メッセージ転送が完了したときに $\overline{\text{SMBALERT}}$ がまだローであることを検知した場合、再び ARA を読み出す必要があると認識します。 $\overline{\text{SMBALERT}}$ 信号を実装していないホストは、定期的に ARA にアクセスする場合があります。

フォルト/警告は、CLEAR_FAULTS コマンドを受信するとクリアされます。

フォルトのマッピングについては、以下の表を参照してください。

COMMAND	BIT	NAME	INPUT UVLO	INPUT OVLO	OUTPUT UVLO	OVFB	OUTPUT OVERCURRENT (VFA)	REVERSE CURRENT	SHORT CIRCUIT (I _{OUT} > OCP)	THERMAL SHUTDOWN	SETI FAULT	PMBUS FAULT	OTHER
STATUS WORD	15	V _{OUT}			x	x							
	14	I _{OUT} /P _{OUT}					x						
	13	INPUT	x	x									
	12	MFR						x	x		x		
	11	POWER_GOOD											NOT USED
	10	FANS											NOT USED
	9	OTHER											NOT USED
	8	UNKNOWN											NOT USED
	7	BUSY											NOT USED
	6	OFF											
	5	V _{OUT} _OV_FAULT											
	4	I _{OUT} _OC_FAULT						x					
	3	V _{IN} _UV_FAULT	x										
	2	TEMPERATURE								x			
	1	CML										x	
0	NONE OF ABOVE		x	x	x			x	x		x		
STATUS BYTE	7	BUSY											NOT USED
	6	OFF											
	5	V _{OUT} _OV_FAULT											

COMMAND	BIT	NAME	INPUT UVLO	INPUT OVLO	OUTPUT UVLO	OVFB	OUTPUT OVERCURRENT (VFA)	REVERSE CURRENT	SHORT CIRCUIT (IOUT > OCP)	THERMAL SHUTDOWN	SETI FAULT	PMBUS FAULT	OTHER
	4	IOUT_OC_FAULT					x						
	3	VIN_UV_FAULT	x										
	2	TEMPERATURE								x			
	1	CML										x	
	0	NONE OF ABOVE		x	x	x		x	x		x		
STATUS VOUT	7	VOUT_OV_FAULT											
	6	VOUT_OV_WARNING				x							
	5	VOUT_UV_WARNING			x								
	4	VOUT_UV_FAULT											NOT USED
	3	VOUT_MAX_MIN											NOT USED
	2	TON_MAX_FAULT											NOT USED
	1	TOFF_MAX_WARNING											NOT USED
	0	VOUT Tracking Error											NOT USED
STATUS INPUT	7	VIN_OV_FAULT		x									
	6	VIN_OV_WARNING											NOT USED
	5	VIN_UV_WARNING											NOT USED
	4	VIN_UV_FAULT	x										
	3	Unit Off For Insufficient Input Voltage											NOT USED
	2	IIN_OC_FAULT (Input Overcurrent Fault)											NOT USED
	1	IIN_OC_WARNING (Input Overcurrent Warning)											NOT USED
	0	PIN_OP_WARNING (Input Overpower Warning)											NOT USED

COMMAND	BIT	NAME	INPUT UVLO	INPUT OVLO	OUTPUT UVLO	OVFB	OUTPUT OVERCURRENT (V _{FA})	REVERSE CURRENT	SHORT CIRCUIT (I _{OUT} > OCP)	THERMAL SHUTDOWN	SETI FAULT	PMBUS FAULT	OTHER
STATUS IOUT	7	Output overcurrent fault					x						After T _{BLANK}
	6	Output overcurrent and low-voltage fault			x								Set when Output overcurrent and Output undervoltage
	5	Output overcurrent warning											NOT USED
	4	Output undercurrent fault											NOT USED
	3	Current share fault											NOT USED
	2	The device is operating in power-limiting mode											NOT USED
	1	Output overpower fault											NOT USED
	0	Output overpower warning											NOT USED
STATUS MFR SPECIFIC	7	SETI fault									x		
	6	Not Used											NOT USED
	5	Not Used											NOT USED
	4	Not Used											NOT USED
	3	Output Short Circuit							x				
	2	Reverse Current						x					
	1	RFU											NOT USED
	0	RFU											NOT USED
STATUS TEMPERATURE	7	OT_FAULT (Overtemperature Fault)								x			

COMMAND	BIT	NAME	INPUT UVLO	INPUT OVLO	OUTPUT UVLO	OVFB	OUTPUT OVERCURRENT (VFA)	REVERSE CURRENT	SHORT CIRCUIT (I _{OUT} > OCP)	THERMAL SHUTDOWN	SETI FAULT	PMBUS FAULT	OTHER
COMMAND	6	OT_WARNING (Overtemperature Warning)											NOT USED
	5												
	4												
	3												
	2												
	1												
	0												
STATUS CML	7	Invalid or Unsupported Command Received											
	6	Invalid or Unsupported Data Received											
	5	Packet Error Check Failed											
	4	Memory Error Detected											
	3	—											
	2	— (Reserved, per PMBus specification)											
	1	A communication fault other than the ones listed in this table has occurred											
	0	—											
STATUS OTHER	7	—											
	6	—											
	5	—											
	4	—											
	3	—											
	2	—											
	1	—											

COMMAND	BIT	NAME	INPUT UVLO	INPUT OVLO	OUTPUT UVLO	OVFB	OUTPUT OVERCURRENT (VFA)	REVERSE CURRENT	SHORT CIRCUIT (I _{OUT} > OCP)	THERMAL SHUTDOWN	SETI FAULT	PMBUS FAULT	OTHER
	0	First to assert $\overline{\text{SMBALERT}}$											Not Supported. For future use.
$\overline{\text{SMBALERT}}$	Pin	Assert $\overline{\text{SMBALERT}}$ Open-Drain to Low status	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
t _{BLANK} for $\overline{\text{SMBALERT}}$		Blanking Time before pulling $\overline{\text{SMBALERT}}$ Low	0s	0s	0s	0s	t _{BLANK}	0s	0s	0s	0s	0s	

アプリケーション情報

IN コンデンサ

負荷電流の突然の変動時に入力電圧を維持するために、IN ピンと GND の間に 1μF のコンデンサを接続することを推奨します。

IN 端子のホット・プラグイン

多くの電力アプリケーションでは、放射エミッションを低減し ESD 能力を強化するために入力フィルタリング・コンデンサが必要です。ホット・プラグイン・アプリケーションでは、ケーブルの寄生容量と入力コンデンサによって、電源ケーブルが入力端子に接続されたときにオーバーシュートやリングングを引き起こします。

この作用により、供給電圧の 2 倍もの電圧が保護デバイスにかかります。工業用アプリケーションでは、システムをこうした状況から保護するために、トランジェント電圧抑制回路 (TVS) がよく使用されます。保護能力を高めるには、サージ電圧を最大 80V までに制限できる TVS を入力端子の近くに配置する必要があります。

入力ハード地絡

多くのシステム・アプリケーションでは入力短絡保護が必要です。このデバイスは、逆方向電流が OUT ピンに流入し IN ピンから流出するのを検知し、外付け nFET をオフにします。逆方向電流の大きさは、入力回路のインダクタンスと IN ピン近くに配置された容量に依存します。

瞬時電圧低下応答

MAX17616/MAX17616A には、入力電源ブラウンアウト・テスト時の瞬時電圧低下からの高速回復機能があります。ブラウンアウト・フォルトからの回復時、デバイスは、内部 nFET をオンにするのに 150μs (代表値)、外付け nFET をオンにするのに 100μs (代表値) を要します。図 33 に、瞬時電圧低下と回復応答の特性を示します。

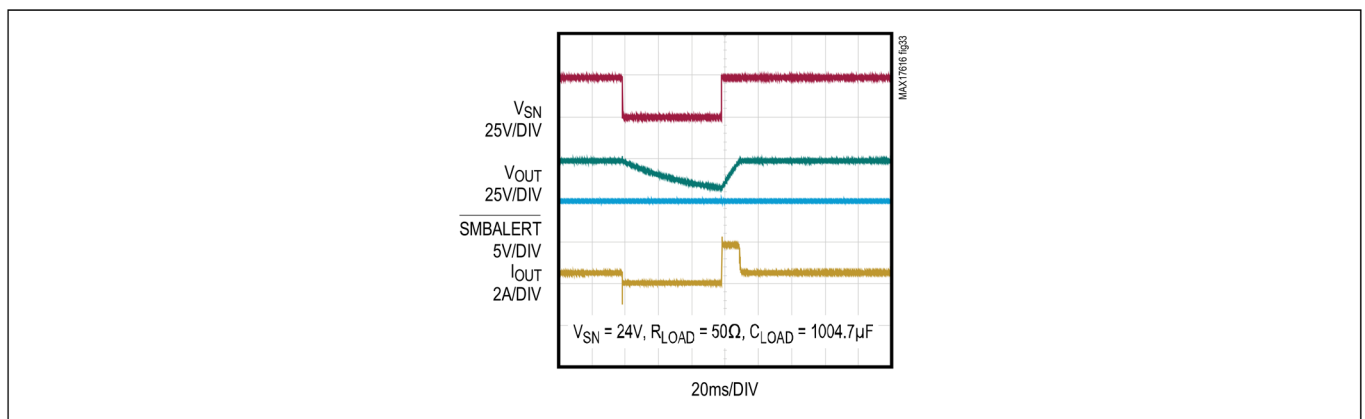


図 33. 瞬時電圧低下応答

OUT コンデンサ

接続可能な最大容量性負荷 (C_{MAX}) は、電流制限設定値 (I_{LIM} (A))、起動タイムアウト (t_{STO} (ms))、入力電圧 (V_{SN} (ms)) の関数です。 C_{MAX} は次の式を用いて計算できます。

$$C_{MAX} \text{ (mF)} = \frac{I_{LIM} \times t_{STO}}{V_{SN}}$$

例えば、 $V_{SN} = 24V$ 、 $t_{STO} \text{ (typ)} = 1200ms$ 、 $I_{LIM} = 1A$ の場合、 C_{MAX} は 50mF です。

出力コンデンサ値が C_{MAX} を超えると、過電流状態を誤ってトリガする可能性があります。なお、上の式では、OUT ピンからは負荷電流が流れていないことを前提としている点に注意してください。負荷電流が流れると、コンデンサの充電電流がオフセットされることにより充電時間が長くなり、それによって過電流状態と誤判定する可能性が生じます。

実際のアプリケーションでは、 C_{MAX} の値はプリント基板 (PCB) の熱性能によって制限されます。熱設計が不十分な場合、デバイスのサーマル・フォールドバック電流制限が必要以上に早く開始され、充電可能な最大容量が更に制限されることになる可能性があります。そのため、大きなコンデンサ・バンクを充電するには PCB の良好な熱設計が必須です。

OUT 端子のホット・プラグイン

一部のアプリケーションでは、入力電圧の有無によらず、デバイスの OUT 端子に外部から電圧が供給される場合があります。こうした条件下では、デバイスは、逆方向電流が OUT ピンに流入し IN ピンから流出するのを検知し、外付け nFET をオフにします。ケーブルの寄生インダクタンスと入出力コンデンサによって、外部から電圧が OUT 端子にかかるときにオーバーシュートやリングングが発生します。これにより、供給電圧の 2 倍もの電圧が保護デバイスにかかり、デバイスの損傷につながる可能性があります。過電圧状態でも、端子での電圧が絶対最大定格を超過しないように維持することを推奨します。

誘導性ハード地絡に備える OUT クランピング・ダイオード

誘導性負荷や長いケーブルがあり、突然の地絡からの保護を要するアプリケーションには、出力クランプを推奨します。このクランプは、標準アプリケーション回路に示すように、TVS とダイオードで実現できます。これは、出力短絡イベント時の誘導性キックバックによる OUT ピンの負方向のスパイクを、安全動作領域にクランプするために必要なものです。V_{INMAX} の最大入力電圧に対する TVS の負の最大クランピング電圧は、IN ピンと OUT ピン間の電圧が 80V を超えることのないようにするため、(80 - V_{INMAX})V に制限されます。

レイアウトと放熱

入出力コンデンサはデバイスのできるだけ近くに配置します。IN 端子と OUT 端子は、短く幅の広いパターンで電源バスに接続することが必要です。通常動作中は、消費電力は小さくパッケージの温度変化はわずかです。

定常的な通常動作時の消費電力は次のように計算できます。

$$P_{SS} = I_{OUT}^2 \times R_{ON}$$

様々な動作温度での R_{ON} の値については、電気的特性の表と標準動作特性を参照してください。内層のグランド・プレーンに適切に放熱するため、露出パッドとグランド・プレーン間にサーマル・ビアを使用します。

ESD 保護

IN での ±2kV (代表値) (HBM) ESD にはコンデンサは不要です。すべてのピンに ±2kV (HBM) ESD の保護があります。外付け nFET を用いるアプリケーションでは、IN コンデンサのセクションを参照してください。

図 34 は人体モデル、図 35 はこれが低いインピーダンスに向けて放電する際に発生する電流波形を示しています。このモデルは対象とする ESD 電圧まで充電された 100pF のコンデンサで構成され、1.5kΩ の抵抗を介してデバイスに放電されます。

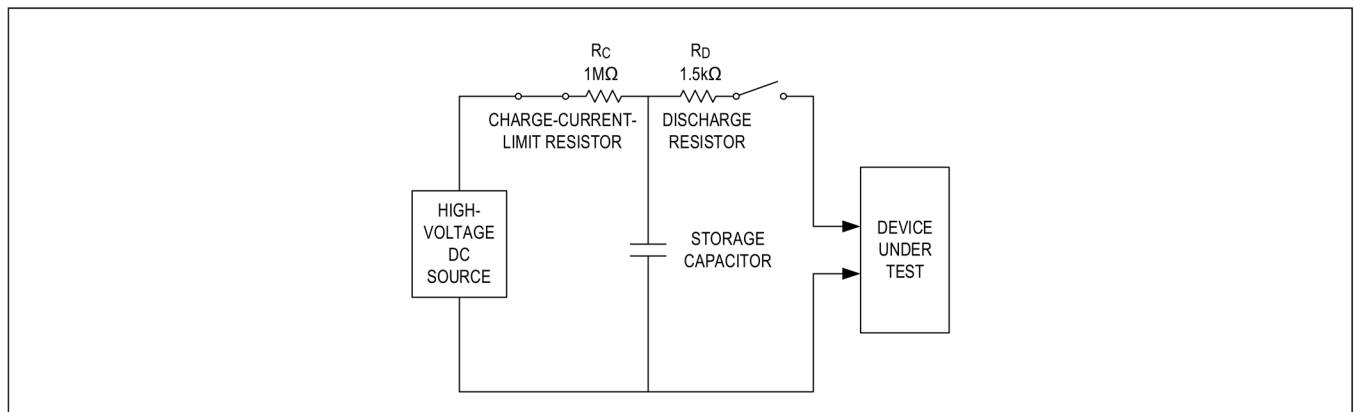


図 34. 人体モデルによる ESD 試験モデル

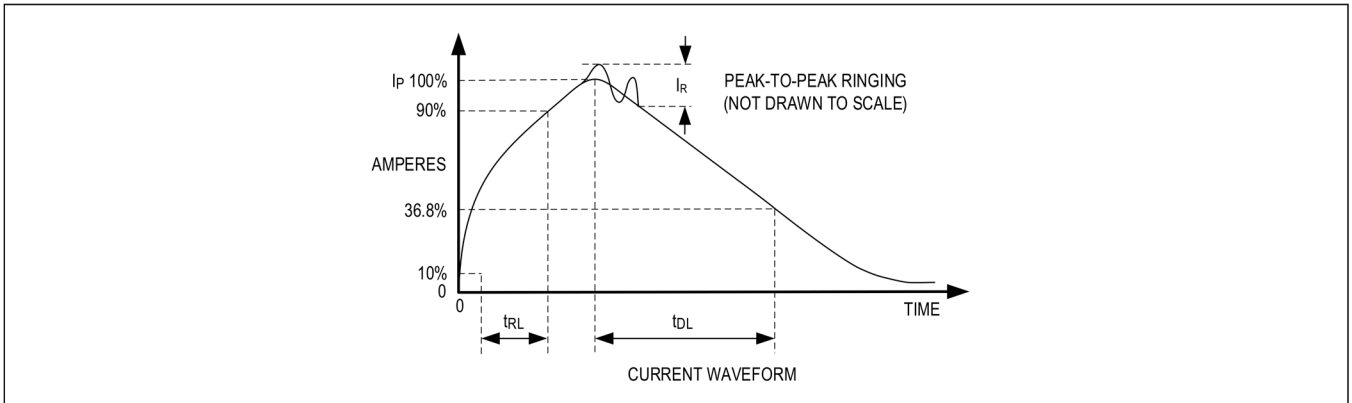
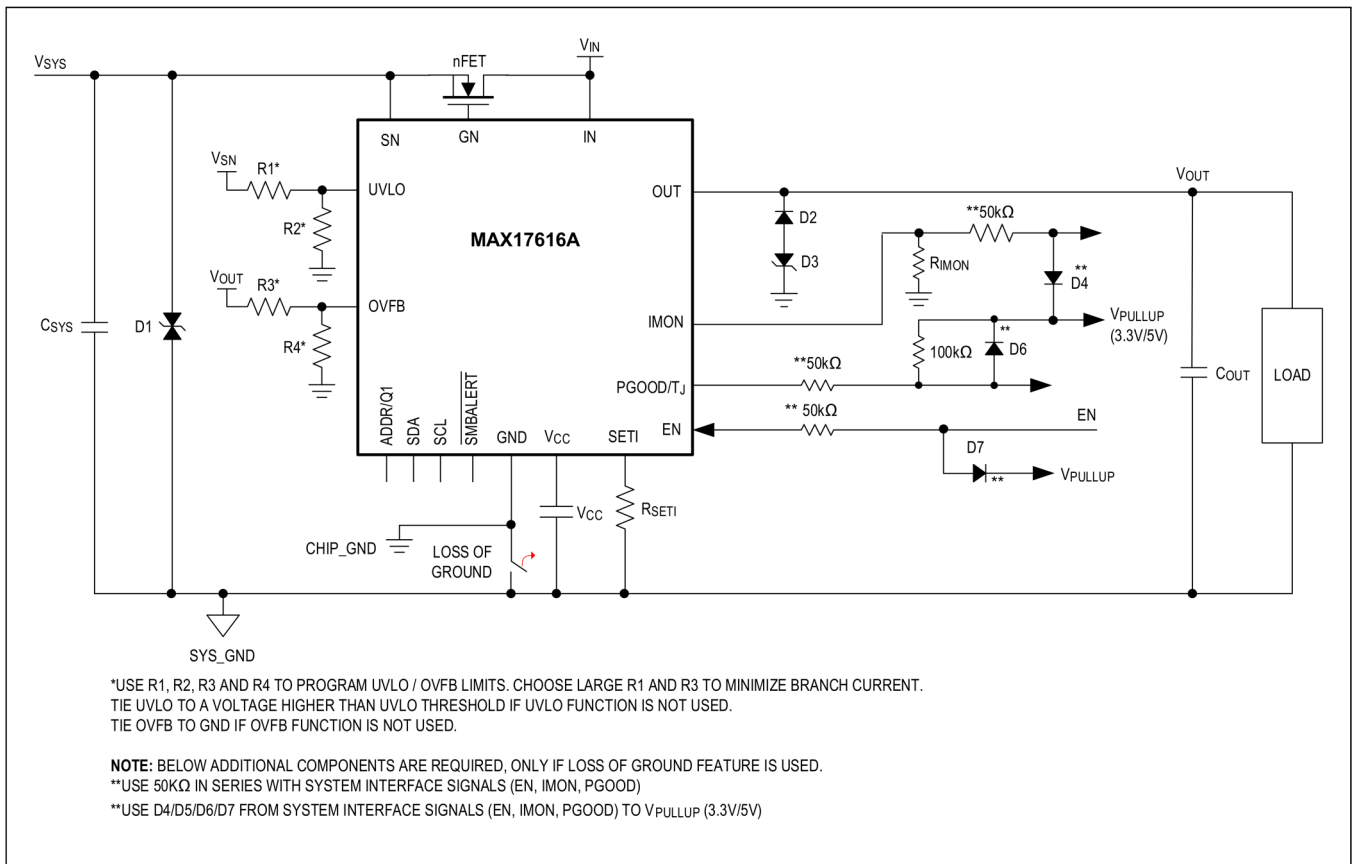


図 35. 人体モデルの電流波形

標準アプリケーション回路

MAX17616A アプリケーション回路



型番

PART NUMBER	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	FEATURES
MAX17616AFD+	-40°C to +125°C	23-Pin FCQFN	PMBus, OVLO
MAX17616AFD+T	-40°C to +125°C	23-Pin FCQFN	PMBus, OVLO
MAX17616AAFD+	-40°C to +125°C	23-Pin FCQFN	PMBus, OVFB
MAX17616AAFD+T	-40°C to +125°C	23-Pin FCQFN	PMBus, OVFB

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠のパッケージであることを示します。

T=テープ&リール。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	10/24	初版発行	-

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2025年1月28日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2025年1月25日

製品名：MAX17616/MAX176161A

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：18頁の表、UVLOピンの説明欄の内容。

【誤】

「SN/INとGNDの間に抵抗分圧器を接続して、UVLOスレッシュホールドを設定します。」

【正】

「SNとGNDの間に抵抗分圧器を接続して、UVLOスレッシュホールドを設定します。」

この製品のデータシートに間違いがありましたので、お詫びして訂正いたします。
この正誤表は、2025年1月28日現在、アナログ・デバイセズ株式会社で確認した誤りを記したものです。
なお、英語のデータシート改版時に、これらの誤りが訂正される場合があります。

正誤表作成年月日：2025年1月25日

製品名：MAX17616/MAX176161A

対象となるデータシートのリビジョン(Rev)：Rev.0

訂正箇所：18頁の表、OVLOピンの説明欄の内容。

【誤】

「SN/IN と GND の間に抵抗分圧器を接続して、OVLO スレッシュホールドを設定します。」

【正】

「SN と GND の間に抵抗分圧器を接続して、OVLO スレッシュホールドを設定します。」