

MAX15303

InTune自動補償内蔵、 6AデジタルPoL DC-DCコンバータ

概要

MAX15303は、スイッチングMOSFETを内蔵した全機能内蔵、フレキシブル、高効率、6AデジタルPoL（ポイントオブロード）コントローラです。このデバイスは、高度なパワーマネージメントとテレメトリ機能を備えています。PID（比例/積分/微分）ベースのデジタルパワーレギュレータとは異なり、このデバイスはMaximの特許取得済みInTune™自動補償、状態空間制御アルゴリズムを使用しています。InTune制御方式は、小信号および大信号応答の両方に有効で、デューティサイクルの飽和作用を考慮しています。これらの性能によって高速ループ過渡応答が実現し、競合製品のデジタルコントローラに比べて出力コンデンサの数を減らすことができます。

システム効率を最大限に高め全体の部品数を削減するため、このデバイスはMaximのBabyBuckレギュレータを使用しています。BabyBuckは外部バイアス電源を不要にします。システムの柔軟性を最大限に高めるため、BabyBuckは2つの異なるモードに設定することができます。

このデバイスは、設計者の設計時間を最小化するように設計されています。自動補償によって外部補償回路が不要になり、マニュアルでの補償回路の再設計を必要とせずに出カインダクタおよびコンデンサを変更することが可能です。内蔵のPMBus™対応シリアルバスインタフェースは、監視と障害管理用の監視回路コントローラとの通信を可能にします。パワーマネージメント機能を完備しているため、複雑で高価なシーケンシングおよびモニタリングICは不要です。基本的なDC-DC変換動作は、ピン設定を介して設定することが可能で、ユーザー設定ファームウェアが不要です。これによって、基板レベルのシステムエンジニアリングが完了する前に電源サブシステムの迅速な開発が可能となります。Maximは、このデバイスを設定するためのサポートハードウェアおよびソフトウェアを提供しています。

MAX15303はエクスポーズドパッドを備えた40ピンTQFNパッケージ(6mm x 6mm)で提供され、-40℃～+85℃の温度範囲で動作します。

InTuneはMaxim Integrated Products, Inc.の商標です。

PMBusはSMIF, Inc.の商標です。

Maximの該当特許：7498781、7880454、7696736、7746048、7466254、798613、7498781、8,120,401、8,014,879

利点および特長

- InTune自動補償によって設計を簡素化/迅速化
 - 安定性を確保しながらトランジェント性能を最適化
 - 状態空間補償によって出力容量を低減して高速過渡応答を実現
- そのままで動作するため迅速なプロトタイプ作成が可能
 - ピンによる設定に対応：出力電圧、SMBusアドレス、スイッチング周波数、電流制限
- 使いやすいPMBusインタフェースによる設定、制御、および監視
 - フレキシブルなシーケンスおよび障害管理
 - 電圧ポジショニングをサポート
 - 設定可能なソフトスタートおよびソフトストップ時間
 - 固定周波数動作：300kHz～1000kHz
- 高集積によって小型ソリューションサイズを実現
 - ハイスайдおよびローサイドMOSFET内蔵
 - 自己バイアス出力用の効率的なBabyBuckレギュレータ内蔵
 - プリバイアス出力への起動
- 通信およびコンピューティングシステム向けに最適化された性能
 - 差動リモート検出により全温度範囲（-40℃～+85℃）で±1.25%の出力電圧精度
 - 広い入力範囲：4.5V～14V
 - 出力電圧範囲：0.5V～5.25V
 - 外部同期

アプリケーション

- サーバ
- ストレージシステム
- ルータ/スイッチ
- 基地局機器
- パワーモジュール

型番および標準動作回路はデータシートの最後に記載されています。

This product is subject to a license from Power-One, Inc., related to digital power technology patents owned by Power-One, Inc. This license does not extend to merchant market stand-alone power-supply products.



Absolute Maximum Ratings

PWR to PGND	-0.3V to +18V
PVIN to PGND	-0.3V to +18V
LX to PGND	-2V to the minimum of +26V or ($V_{BST} + 0.3V$)
LXSNS to SGND	-2V to +14V
INSNS to SGND	-0.3V to +14V
OUTP, OUTN, DCRP, DCRN to SGND	-0.3V to +5.5V
3P3 to SGND	-0.3V to the minimum of +4V or ($V_{GDRV} + 0.3V$)
GDRV to SGND	-0.3V to the minimum of +12V or ($V_{PWR} + 0.3V$)
LBI to PGND	-0.3V to ($V_{PWR} + 0.3V$)
LBO to PGND	($V_{3P3} - 0.3V$) to ($V_{GDRV} + 0.3V$)
BST to LX	-0.3V to +12V
BST to PGND	-0.3V to +26V
BST to GDRV	-0.3V to +26V
1P8 to DGND	-0.3V to +2.2V

CIO, SET, PG, ADDR0, ADDR1, SYNC, TEMPX, SALRT to DGND	-0.3V to +4V
EN, SCL, SDA to DGND	-0.3V to +4V
PGND to SGND	-0.3V to +0.3V
DGND to SGND	-0.3V to +0.3V
Electrostatic Discharge (ESD) Rating	
Human Body Model (HBM)	±3500V
Machine Model	±200V
Junction Temperature	+125°C
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation ($T_A = +70^\circ\text{C}$)	
TQFN (derate 37mW/°C above +70°C)	2963mW
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (soldering, 10s)	+300°C
Soldering Temperature (reflow)	+260°C

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.

Package Thermal Characteristics (Note 1)

TQFN

Junction-to-Ambient Thermal Resistance (θ_{JA})	27°C/W	Junction-to-Case Thermal Resistance (θ_{JC})	1.7°C/W
--	--------	---	---------

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 www.maximintegrated.com/jp/thermal-tutorial.

Electrical Characteristics

(All settings = factory default, $V_{PWR} = V_{PVIN} = V_{INSNS} = 12V$, $V_{SGND} = V_{DGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 600kHz$. Specifications are for $T_A = T_J = -40^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$, typical values are at $T_A = T_J = +25^\circ\text{C}$. See the [Typical Operating Circuit](#), unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
INPUT SUPPLY						
Input Voltage Range	V _{PWR}		4.5		14	V
Input Supply Current	I _{PWR}	BabyBuck bias supply, driver not switching	10			mA
		Linear mode bias supply, driver not switching	24	50		
Input Overvoltage-Lockout Threshold	V _{OVLO(PWR)}	Input rising	14.3	15.2	16.0	V
Input Undervoltage-Lockout Threshold	V _{UVLO(PWR)}	Rising edge	3.8	4.1	4.4	V
		Hysteresis	0.24			
BIAS REGULATORS						
3P3 Output Voltage	V _{3P3}	I _{LOAD(3P3)} = 0mA	3.3			V
1P8 Output Voltage	V _{1P8}	I _{LOAD(1P8)} = 0mA	1.80			V
STARTUP/SHUTDOWN TIMING						
Firmware Initialization	t ₁	From V _{IN} > V _{UVLO(PWR)} , until ready to enable (Figure 2)	25			ms

Electrical Characteristics (continued)

(All settings = factory default, $V_{PWR} = V_{PVIN} = V_{INSNS} = 12V$, $V_{SGND} = V_{DGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 600kHz$. Specifications are for $T_A = T_J = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, typical values are at $T_A = T_J = +25^{\circ}C$. See the [Typical Operating Circuit](#), unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Programmable t_{ON_DELAY}	t_2	(Figure 2, Note 10)	1			ms
Minimum Programmable Turn-On Rise Time	t_3	(Figure 2, Note 10)	1			ms
Adaptive Tuning Time	t_4	From $V_{OUT} = V_{OUT}$ command to assertion of power good (PG) (Figure 2)		12		ms
OUTPUT VOLTAGE						
Programmable Output Voltage Range	V_{OUT}	Measured from OUTP to OUTN (Notes 4 and 10)	0.5		5.25	V
LX Bias Current	I_{LX}	Not switching, current out of device pin		200		μA
Allowable Duty-Cycle Range		(Note 10)	5		95	%
Regulation Set-Point Accuracy (Note 3)		$V_{OUT} > 0.8V, -40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$	-1.26		+1.26	%
		$V_{OUT} \leq 0.8V, -40^{\circ}C \leq T_A \leq +85^{\circ}C$	-1.95		+1.95	
V_{OUT} Sense Bias Current	I_{OUTP}	Current flowing into OUTP		50		μA
	I_{OUTN}	Current flowing out of OUTN		35		μA
DCR Sense Bias Current	I_{DCRP}	Current flowing into DCR,		120		nA
	I_{DCRN}	$V_{DCRP} - V_{DCRN} = 150mV$		4		μA
PWM CLOCK (Note 3)						
Switching-Frequency Range	f_{SW}	Note 10	300		1000	kHz
Switching-Frequency Set-Point Accuracy			-5		+5	%
External Clock to SYNC Frequency Range	f_{SYNC}		300		1000	kHz
Minimum Allowable SYNC Duty Cycle				40		%
Maximum Allowable SYNC Duty Cycle				60		%
PROTECTION (Note 3)						
Overcurrent Fault-Threshold Accuracy		$T_A = +25^{\circ}C$, exclusive of sensor error		± 3		%
Output Overvoltage-Fault Threshold		Output rising		115		% V_{OUT}
Output Undervoltage-Fault Threshold		Output falling		85		% V_{OUT}
Thermal-Shutdown Threshold Accuracy				± 20		$^{\circ}C$
Thermal-Shutdown Hysteresis				20		$^{\circ}C$
Power-Good Threshold		V_{OUT} rising		90		% V_{OUT}
		V_{OUT} falling		85		

Electrical Characteristics (continued)

(All settings = factory default, $V_{PWR} = V_{PVIN} = V_{INSNS} = 12V$, $V_{SGND} = V_{DGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 600kHz$. Specifications are for $T_A = T_J = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, typical values are at $T_A = T_J = +25^{\circ}C$. See the [Typical Operating Circuit](#), unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
STARTUP/SHUTDOWN TIMING						
Firmware Initialization	t ₁	From V _{IN} > V _{UVLO} (PWR), until ready to enable (Figure 2)		25		ms
Programmable TON_DELAY, TOFF_DELAY Range	t ₂	Minimum delay (Figure 2)		1		ms
		Maximum delay (Figure 2)		145		
TON_DELAY, TOFF DELAY Resolution		Delay timing step size		0.6		ms
TON_DELAY, TOFF DELAY Command Accuracy (Note 10)		Command value sent vs. read back			±0.3	ms
TON_DELAY, TOFF DELAY Timing Accuracy		Command read-back value vs. actual delay time		±0.8		ms
Programmable TON_RISE, TOFF_FALL Range	t ₃	Minimum (Figure 2)		1		ms
		Maximum (Figure 2)		255 x t _{RR}		
TON_RISE, TOFF_FALL Resolution	t _{RR}	Ramp timing step size (varies with VOUT_COMMAND)		0.4 - 1.0		ms
TON_RISE, TOFF_FALL Command Accuracy (Note 10)		Command value sent vs. read back			±0.5	ms
TON_RISE, TOFF_FALL Timing Accuracy		Command read back value vs. actual ramp duration		±10		µs
Adaptive Tuning Time	t ₄	From end of soft-start ramp to PG assertion (varies with FREQUENCY_SWITCH (Figure 2)		12		ms
Temperature-Measurement Accuracy		External		±5		°C
		Internal		±5		
DIGITAL I/O						
Power-Good Logic-High Leakage Current		Open-drain output mode, open-drain connected to 5.5V, V _{3P3} = 3.3V			10	µA
Output Logic-High		CMOS mode, I _{SOURCE} = 4mA	V _{3P3} - 0.4		V _{3P3}	V
Output Logic-Low		I _{SINK} = 4mA			0.4	V
Input Bias Current			-1		+1	µA
Rise/Fall Slew Rate		C _{LOAD} = 15pF		2		ns
EN, SYNC Input-Logic Low Voltage		Input voltage falling			0.8	V
EN, SYNC Input-Logic High Voltage		Input voltage rising	2			V

Electrical Characteristics (continued)

(All settings = factory default, $V_{PWR} = V_{PVIN} = V_{INSNS} = 12V$, $V_{SGND} = V_{DGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 600kHz$. Specifications are for $T_A = T_J = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, typical values are at $T_A = T_J = +25^{\circ}C$. See the [Typical Operating Circuit](#), unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
EN, SYNC Input Leakage Current			-10		+10	μA
SMBus (Note 3)						
SDA, SCL Input Logic-Low Voltage		Input voltage falling			0.8	V
SDA, SCL Input Logic-High Voltage		Input voltage rising	2			V
SDA, SCL, $\overline{SALRT}$ Logic-High Leakage Current		V_{SCL} , $V_{SDA} = 0V$, and $V_{\overline{SALRT}}$ tested at 0V and 3.3V			10	μA
SDA, SCL, $\overline{SALRT}$ Logic-Low Output Voltage		$I_{SINK} = 4mA$			0.4	V
PMBus Operating Frequency	f_{SMB}			400		kHz
Bus Free Time (STOP - START)	t_{BUF}		1.3			μs
START Condition Hold Time from SCL	$t_{HD:STA}$		0.6			μs
START Condition Setup Time from SCL	$t_{SU:STA}$		0.6			μs
STOP Condition Setup Time from SCL	$t_{SU:STO}$		0.6			μs
SDA Hold Time from SCL	$t_{HD:DAT}$		300			ns
SDA Setup Time from SCL	$t_{SU:DAT}$		100			ns
SCL Low Period	t_{LOW}		1.3			μs
SCL High Period	t_{HIGH}		0.6			μs
THERMAL PROTECTION						
Gate-Driver Thermal-Shutdown Threshold	T_{SHDN}	Hysteresis = $+20^{\circ}C$		150		$^{\circ}C$
INTEGRATED SWITCHING MOSFETs						
High-Side nMOS On-Resistance	R_{ONH}			40	60	m Ω
Low-Side nMOS On-Resistance	R_{ONL}			20	30	m Ω
Maximum Allowable High-Side nMOS Average Current		$V_{OUT} = 1.8V$			4.3	A
Maximum Allowable Low-Side nMOS Average Current		$V_{OUT} = 1.8V$			6.0	A
V_{GDRV} Undervoltage Lockout		GDRV falling	3.6	3.85	4.1	V
		GDRV rising	3.7	3.94	4.2	
V_{GDRV} Output	V_{GDRV}	$I_{LOAD} = 1mA$ to $100mA$, $V_{IN} = 6V$ to $14V$	4.5	5.0	5.5	V

Electrical Characteristics (continued)

(All settings = factory default, $V_{PWR} = V_{PVIN} = V_{INSNS} = 12V$, $V_{SGND} = V_{DGND} = V_{PGND} = 0V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $f_{SW} = 600kHz$. Specifications are for $T_A = T_J = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, typical values are at $T_A = T_J = +25^{\circ}C$. See the [Typical Operating Circuit](#), unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
BabyBuck REGULATOR						
BabyBuck Oscillator Frequency			1	2	3.4	MHz
nMOS On-Resistance				4.5	9.5	Ω
nMOS On-Resistance				2.0	4.0	Ω
Current-Sense Resistance	R_{CSP}	LBI to GDRV resistor	0.65	1.1	1.6	Ω
Current Limit	I_{LIM}			491	900	mA
Dropout Voltage	V_{DO}	$I_{LOAD} = 100mA$, $V_{IN} = 4.9V$		256		mV
Foldback Current Limit	I_{LIMFB}	$V_{GDRV} = 0V$		20		mA
Full Current Limit	I_{LIMF}	$V_{GDRV} = 4V$		182		mA
BOOTSTRAP CIRCUIT						
BST Charging Switch $R_{DS(ON)}$		$V_{GDRV} = 5V$, $LX = 0V$ (pulldown state), $I_{BST} = 100mA$		1.61		Ω
BST to LX Supply Current		$V_{GDRV} = 0V$, $LX = 0V$ (pulldown state), $V_{BST} = 5V$		250		μA

Note 2: Limits are 100% production tested at $T_A = +25^{\circ}C$. Maximum and minimum limits over temperature are guaranteed through correlation using statistical quality control (SQC) methods. Typical values are expressed as factory-default values also for configurable specifications within a range.

Note 3: Design guaranteed by bench characterization. Limits are not production tested.

Note 4: The settable output voltage range is 0.6V to 5.0V. This range expands to 0.5V to 5.25V when the voltage-margining function is enabled.

Note 5: Can go to 0% or 100% during a transient.

Note 6: Once the device locks onto an external synchronizing clock, the tolerance on the capture range is $\pm 10\%$.

Note 7: See the [Voltage Tracking](#) section.

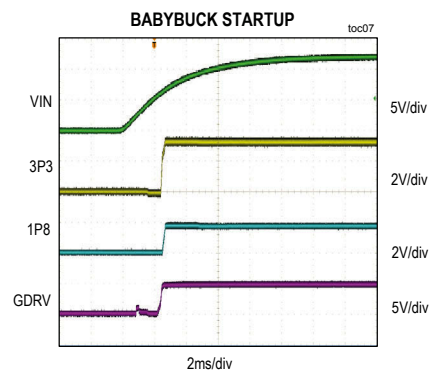
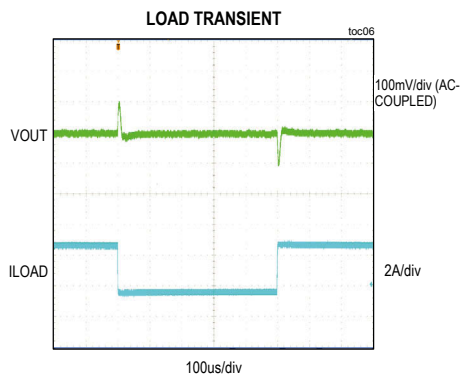
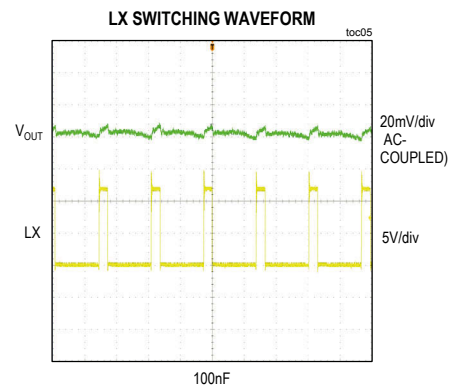
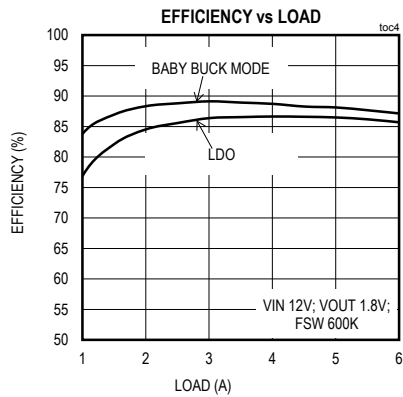
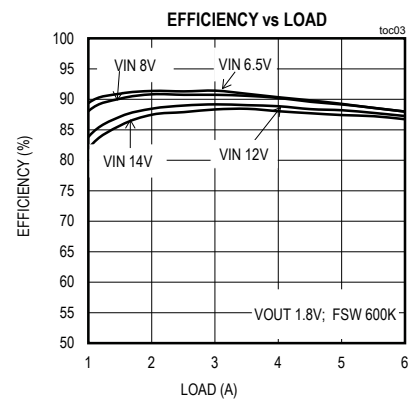
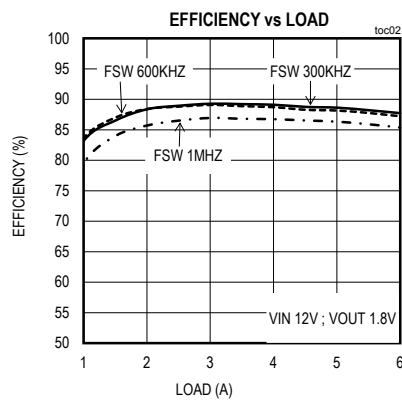
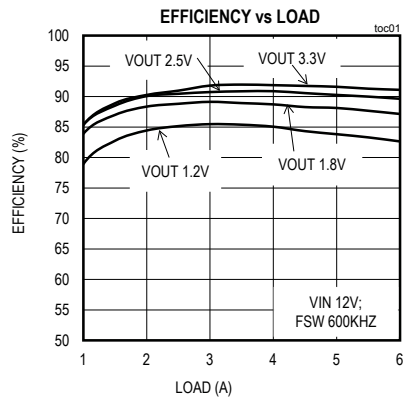
Note 8: Excluding tracking mode.

Note 9: Voltage-regulation accuracy is power-stage dependent; adherence to all data sheet design recommendations is required to achieve specified accuracy.

Note 10: Customer-programmable parameters.

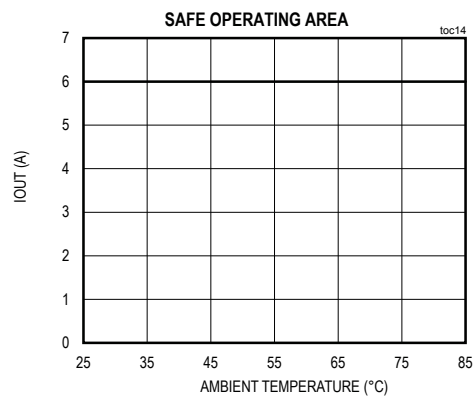
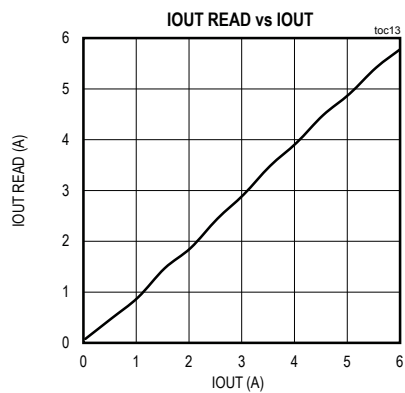
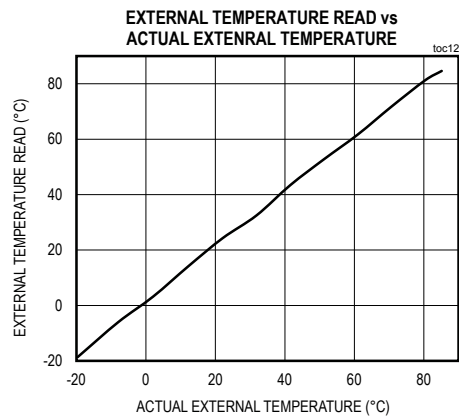
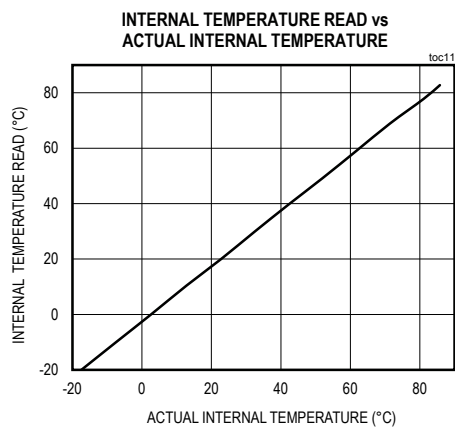
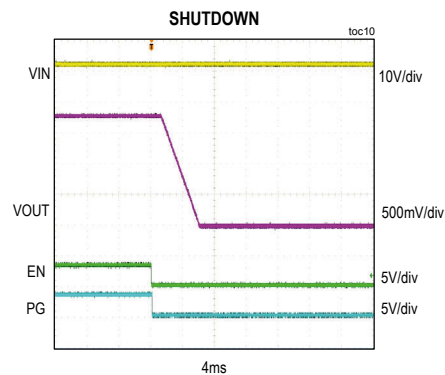
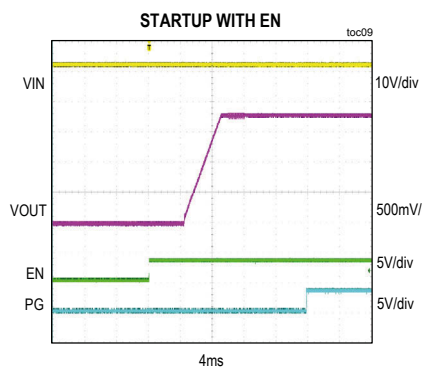
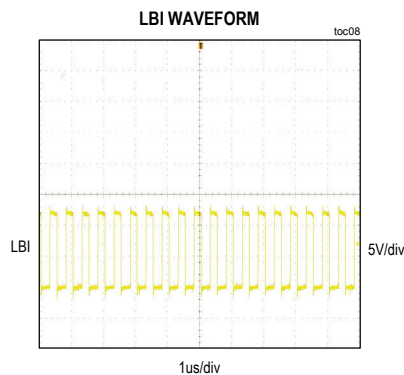
標準動作特性

($T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.2\text{V}$, $f_{SW} = 600\text{kHz}$, unless otherwise noted. See the *Typical Operating Circuit* and Application 1 in Table 8).

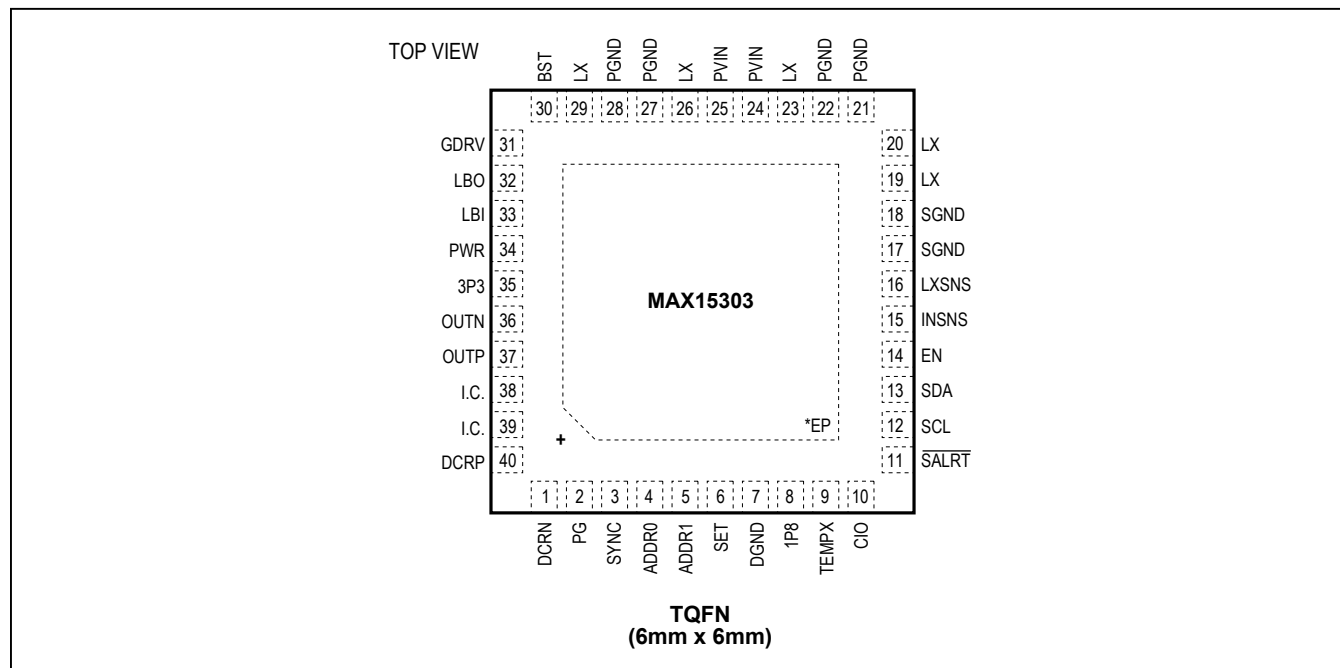


標準動作特性(続き)

($T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{OUT} = 1.2\text{V}$, $f_{SW} = 600\text{kHz}$, unless otherwise noted. See the *Typical Operating Circuit* and Application 1 in Table 8).



ピン配置



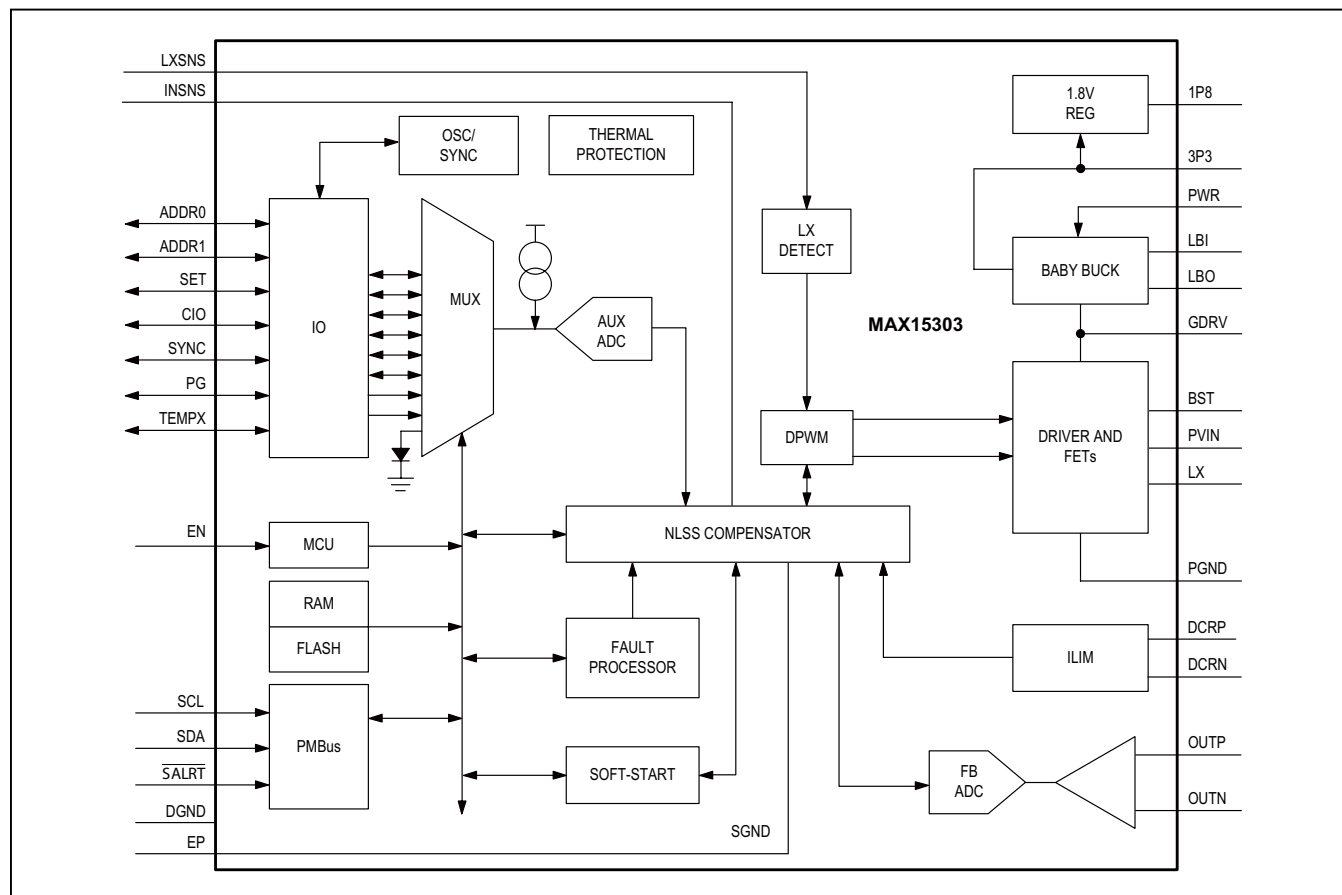
端子説明

端子	名称	機能
1	DCRN	出力電流差動検出の負入力。インダクタまたは電流検出素子の負側に接続してください。
2	PG	オープンドレインのパワーグッドインジケータ。ソフトスタートが完了したとき、電圧が安定化に達したとき、およびInTune較正が正常に完了した後に、PGはハイにアサートします。
3	SYNC	外部スイッチング周波数同期入力。SYNCとSGND間に抵抗を接続して、DC-DCコンバータのスイッチング周波数を設定します(表3を参照)。このデバイスは、SYNCに印加された外部クロックへの同期も可能です。
4	ADDR0	SMBusアドレス選択入力0。ADDR1とともに使用して、デバイスに固有のSMBusアドレスを割り当てます。
5	ADDR1	SMBusアドレス選択入力1。ADDR0とともに使用して、デバイスに固有のSMBusアドレスを割り当て、デバイスの電流制限を設定します。
6	SET	出力電圧設定入力。SETとSGND間に抵抗を接続して、出力電圧を設定します。この端子をグランドに短絡すると、トラッキングモードが選択されます(表1を参照)。
7	DGND	デジタルグランド。エクスポーズドパッド(EP)に接続してください。
8	1P8	内蔵1.8Vレギュレータ出力。1P8は内部デジタル回路の電源レールです。10μFのセラミックコンデンサで1P8端子をDGNDに接続してください。この端子をデバイスの外部の回路への給電に使用することはできません。
9	TEMPX	外部温度センサー用の接続。TEMPXとSGND間にnpnトランジスタ接合部を接続して、PCB上の任意のポイントの温度を測定します。温度検出接合部と並列に、100pFのセラミックコンデンサを配置してください。
10	CIO	設定可能な入出力端子。SETがSGNDに接続されてトラッキングモードが選択されている場合、これは電圧トラッキング入力です。トラッキングモード時以外は、CIOをグランドに接続する必要があります。

端子説明(続き)

端子	名称	機能
11	$\overline{\text{SALRT}}$	SMBusアラート。SMBusマスターへの割込み。オープンドレインの出力で、SMBusの相互動作が必要なときにローになります。
12	SCL	SMBusクロック入力
13	SDA	SMBusデータ入出力
14	EN	イネーブル入力。未接続のままにしないでください。デフォルトでは、ENをハイに駆動すると出力安定化がイネーブルされ、ENをローに駆動すると出力安定化がディセーブルされます。
15	INSNS	パワートレイン入力レール検出。DC-DCコンバータの入力電源を監視します。入力レールとINSNS端子間に2k Ω の直列抵抗を接続してください。
16	LXSNS	スイッチングノード検出入力。スイッチングノードとLXSNS端子間に2k Ω の直列抵抗を接続してください。
17, 18	SGND	アナロググランド。エクスポートパッド(EP)に接続してください。
19, 20, 23, 26, 29	LX	スイッチングノード。出力インダクタのハイサイドに直接接続してください。
21, 22, 27, 28	PGND	電源グランド。短く太いPCBトレースを使用して、SGNDおよびDGNDに接続してください。
24, 25	PVIN	パワー段の電源入力。4.5V~14Vの電源に接続してください。PWRと同じ電圧に接続する必要があります。
30	BST	ブートストラップコンデンサ接続。BSTとスイッチングノード間に0.22 μF のセラミックコンデンサを接続してください。
31	GDRV	ゲートドライバ電源。2.2 μF のセラミックコンデンサでGDRVをPGNDに接続してください。
32	LBO	BabyBuckスイッチングノード2。設定については、「BabyBuckゲートドライバレギュレータ」の項を参照してください。
33	LBI	BabyBuckスイッチングノード1。設定については、「BabyBuckゲートドライバレギュレータ」の項を参照してください。
34	PWR	バイアス回路の電源入力。4.5V~14Vの電源に接続してください。PVINと同じ電圧に接続する必要があります。
35	3P3	内蔵3.3Vレギュレータ出力。3P3は内部アナログ回路の電源レールです。4.7 μF のセラミックコンデンサで3P3をSGNDに接続してください。この端子をデバイスの外部の回路への給電に使用することはできません。
36	OUTN	出力電圧差動検出の負入力。負荷のグランド側に接続してください。
37	OUTP	出力電圧差動検出の正入力。負荷の出力電圧側に接続してください。
38, 39	I.C.	内部接続。これらの端子をエクスポートパッド(EP)に接続してください。
40	DCRP	出力電流差動検出の正入力。インダクタまたは電流検出素子の正側に接続してください。
—	EP (SGND)	エクスポートパッドおよびアナロググランド。EPには、デバイスのアナロググランドと熱伝導の経路という2つの目的があります。放熱性能を最大化するために、大面積のグランドプレーンに接続してください。「PCBレイアウトのガイドライン」の項を参照してください。

ファンクションダイアグラム



詳細

MAX15303は、POLアプリケーション用の高性能デジタルPWMコントローラを内蔵した革新的な、PMBus準拠の、ミックスドシグナルパワーマネージメントICです。このデバイスは、MaximのInTune自動補償デジタルPWM制御ループに基づいています。このデバイスは、デジタル電源管理ドメインとデジタル電力変換ドメインの最適な分割によって、起動時間を最小化し、バイアス電流を削減します。このデバイスは、80以上の標準およびメーカー固有のPMBusコマンドをサポートします。

このデバイスは、適応型補償手法を使用して、広範囲のタイミング、電圧、電流、温度、および外付け部品のパラメータの変動を処理します。内部で最適化されたゲート駆動を備えた内蔵MOSFETや、内部回路ブロックのバイアスおよびMOSFETゲート駆動用のスイッチモードBabyBuckバイアスレギュレータを含む効率最適化手法によって、デバイスの性能がさらに向上しています。

このデバイスのBabyBuckは、1つの入力電源(V_{PWR})によるデジタル、アナログ、およびドライバブロックの自己バイアスに使用される内蔵パワーコンバータです。このデバイスは、ミックスドシグナル設計手法のみを使用して、効率的に高精度で電源システムを制御します。デバイスの設定や初期化にソフトウェアは不要です。さらに、SMBusインタフェースを介して標準PMBusコマンドを使用して多数の動作機能を監視および設定することができるため、設計しやすく柔軟性が向上します。

制御ループは、ハウスキーピング、電源監視、および障害管理の各ブロックとは分離されています。制御ループのパラメータは、内蔵の不揮発性フラッシュメモリに保存されます。内蔵のマイクロコントローラによって、SMBusインタフェースを使用した動作状態の監視が可能です。デジタルパルス幅変調器(DPWM)制御ループは専用のステートマシンを使用して実装されているため、制御ループ内にDSPやMCUはありません。この分割によって、チップアーキテクチャは性能を最適化しながら消費電力を最小限に抑えることが可能です。

「ファンクションダイアグラム」は、デジタル状態空間補償器(モデル予測)コントローラ、マイクロコントローラユニット(MCU)、DPWM、PLLベースのマスタタイミグ発生器、およびPMBusシリアル通信ポートを使用したコントローラの実装を示します。

状態空間コントローラとDPWM

このデバイスは、デジタルDPWM制御方式を使用して出力電圧を安定化します。従来のPWMレギュレータ(アナログとデジタルの両方)は、離散的な時間の性質と根軌跡図、ボード線図、およびナイキスト線図の線形モデルに基づく、DC-DCコンバータの古典的な制御方式を使用しています。これらの線形時不変近似は、小信号に対して十分に機能します。しかし、大きい過渡によってデューティサイクルの飽和が発生した場合、クローズドループの性能が低下して(オーバーシュートの増大)、出力過渡が「低速化」する可能性があります(長いセトリグ時間)。これらの外乱時により厳密な安定化性能が求められる場合が増えています。このデバイスは、モデル予測に基づくフィードバック設計を使用してDPWMを補償することによってこの問題に対処します。

このデバイスは、制御プラントの状態空間モデル(状態推定器)を自動的に構築します(図1)。内部モデルは、それ以外の方法では利用不可能な状態制御変数へのアクセスを提供します。状態制御変数は、適切な制御値の設定に使用されます。特定の入出力間ステップダウン比とPWMスイッチング周波数に対して、デバイスはそのアプリケー

ション用の補償係数を設定します。出力インエーブル時、またはPMBusコマンドに対応して、デバイスはInTune較正を実行します。この較正中、いくつかのパワートレインパラメータ値が測定され、抽出したパラメータを使用してコンバータの帯域幅と過渡応答を最適化するための内部モデルが作成されます。

状態空間補償器ブロックは、DPWMブロックに対してデューティサイクルコマンドを生成します。DPWMブロックはドライバに対して必要なPWM出力を生成します。

BabyBuckゲートドライバレギュレータ

このデバイスは、ゲート駆動用の電圧電源とコントローラ給電用の内部デジタル電源の両方を生成するバイアス電源を内蔵しています。このBabyBuckはBabyBuckモードとLDOモードの2つのオプションを備えているため、特定のシステム要件に応じたデバイスの最適な設定が可能です。

BabyBuckモードでは、内蔵レギュレータは小型(1008サイズ)、低コストのインダクタを使用する2出力スイッチングレギュレータとして設定されます。スイッチング電源は、より高い入力電圧をより低いバイアス電源およびゲート駆動電圧に効率的に変換します。BabyBuckモードは、全体的システム効率の向上のため通常はより高い入力電圧(7V以上)とともに使用されます。BabyBuckモードを6.5V以下の入力電圧で使用することはできません。デバイスをBabyBuckモードに設定するには、PWRを入力電圧(PVIN)に接続し、推奨インダクタをLBIとLBO間に接続します。

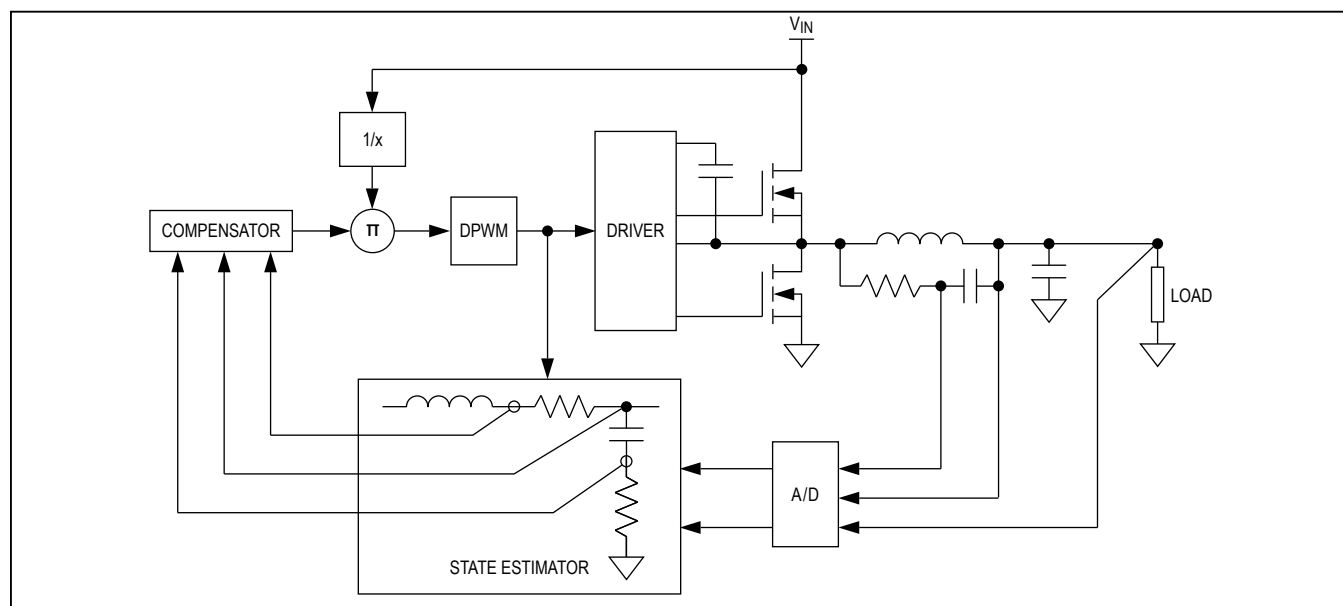


図 1. 状態空間コントローラの概念

LDOモードでは、デバイスは入力電圧をリニアにゲート駆動およびバイアス電圧に安定化するようにBabyBuckを再設定します。LDOモードは、通常はより低い入力電圧(5V~9V)とともに使用されるか、またはBabyBuckインダクタを不要にしたい場合に使用されます。しかし、より高い入力電圧で使用することも可能です。デバイスをLDOモードに設定するには、PWRを入力電圧(PVIN)に接続し、100kΩの抵抗をPWRとLBI間に接続します。LBOは未接続のままにします。

温度検出

このデバイスは、内部および外部の両方の温度測定を提供します。内部と外部の両方の温度は、それぞれPMBusコマンドREAD_TEMPERATURE_1およびREAD_TEMPERATURE_2を介してユーザーに報告されます。内部温度は、デバイスのシリコン接合部で直接測定されます。外部温度は、TEMPX端子を介して標準2N3904トランジスタのベース-エミッタ接合を使用して測定されます。この手法は、センサーの較正が不要なため広く採用されています。あらゆるPN接合を温度センサーとして使用することができます。2N3904、2N2222トランジスタ、およびマイクロプロセッサ、FPGA、およびASICに内蔵されたサーマルダイオードは、温度センサーとして一般的に使用されます。高精度の温度測定値を確保するため、[図7](#)に示すように、100pFのフィルタコンデンサを接続してください。

2N3904がTEMPX端子に接続された場合、デバイスは外部温度情報を温度フォルトおよび電流測定の温度補償(tempco)に使用します。外部温度測定を使用していないか測定値が範囲外の場合、デバイスは内部温度を温度補償および熱障害保護に使用します。外部温度測定をディセーブルするには、TEMPXをグラウンドに接続します。

デバイスの温度フォルトスレッショルドは、PMBusインタフェースを介して設定します。サーマルシャットダウンスレッショルドのデフォルト値は+115℃です。デフォルトの過熱応答は、シャットダウンして、フォルトが存在しなくなったときに再起動するというものです。上昇中の温度がOT_FAULT_LIMITを通過したときにフォルトが発生し、OT_WARN_LIMITを下回ったときにクリアされることに注意してください。OT_WARN_LIMITは、常にOT_FAULT_LIMITより低い値に設定してください。温度フォルト時の動作として、デバイスはシャットダウンしてPGをローに駆動します。

安定化および監視機能

このデバイスは、予期せぬシステム障害からレギュレータと負荷を保護する複数の回路によって給電対象のシステムの信頼性を向上させます。デバイスは、入力電圧、出力電圧と電流、および内部/外部温度を継続的に監視します。監視対象のパラメータの特定の条件に対するアラートを提供するようにデバイスを設定可能です。これらのパラメータに対するスレッショルドおよび応答には出荷時のデフォルト値がありますが、PMBusインタフェースを介して設定することもできます。電源の状態は、PMBusマスターによっていつでも問い合わせ可能です。

レギュレータのパラメータ

出力電圧、スイッチング周波数、および電流検出抵抗値などのデバイスの主要な動作パラメータは、抵抗を使用して設定可能です。これによって、柔軟性が提供されるとともに、デバイスが明確に定義された「そのまま動作する」状態であることが確保されます。端子の設定は、電力が最初に印加されたときにのみサンプリングされます(デバイスは起動後の抵抗の設定変更を無視します)。この初期動作状態から、ユーザーはPMBusコマンドを使用してパラメータを変更することができます。これらの変更は不揮発性メモリに保存することができるため、その後はお客様が保存した固有の設定状態でデバイスを起動させることが可能です。しかし、PMBus設定前に安全な初期動作を提供するため、選択した値を常にピン設定または抵抗設定によって適用することが推奨されます。

ピン設定は、適切なデバイス端子とSGND間に抵抗を接続することによって設定します。デバイスは起動時に抵抗値を読み取り、この後の各項で示す表に従ってコマンドパラメータを設定します。設定端子を未接続またはグラウンドに接続することによって、外付け部品数を削減することができます。この場合があることに注意してください。

出力電圧の選択

SET端子は、初期出力電圧を確立するために使用され、[表1](#)に示すように、ハイまたはローへのピン設定または抵抗を介してSGNDに接続することによって出力電圧を選択することができます。SET端子は起動時に1回のみ読み取られ、その後の出力電圧の変更に使用することはできないことに注意してください。SETをグラウンドに短絡するとデバイスはトラックモードに移行することに注意してください。詳細についてはトラックモードの段落を参照してください。デバイスはSETのオープン回路を障害状態と判断し、負荷を保護するために出力電圧を0Vに設定します。

所望の出力電圧が表1に含まれていない場合は、抵抗を使用して近似の初期出力電圧を設定した後、VOUT_COMMANDを送信して正確な所望の出力電圧に設定してください。

出力電圧は、0.5V～5.25Vの範囲(マーギニングを含む)の任意の電圧に設定することが可能ですが、DC-DCコンバータへの入力電圧(V_{PWR})が、最大デューティサイクルの仕様に従った量だけ出力電圧より高いという条件を満たす必要があります。

デバイスの出力電圧は、動作中にいくつかのPMBusコマンドを介して動的に変更することができます。出力電圧は動作中に制限なしで低減することができます。出力電圧はRDIVの設定によって決定される許容電圧の上限より20%高い値まで増大させることができます。RDIVの設定は、出力がイネーブルされたときの設定された出力電圧によって決定されます。表5に、個々のRDIV設定値を設定する電圧範囲を示します。例として、出力電圧が1.2Vにピン設定されている場合、RDIVは起動時に0.65572に設定されます。出力電圧は、0.65572のRDIVの範囲の上限より15%高い値、すなわち1.723Vまで増大させることができます。出力電圧は1.723V以上に設定することが可能ですが、実際の電源出力はより低い電圧にクランプされる可能性があります。

スイッチング周波数の設定

スイッチング周波数は、表3に従ってSYNCとSGND間の外付け抵抗によって、またはPMBusのFREQUENCY_SWITCHコマンドを送信することによって、300kHz～1MHzに調整可能です。SYNC端子は起動時に1回のみ読み取られ、その後のスイッチング周波数の変更には使用することはできないことに注意してください。デバイスはSYNCのオープン回路を障害状態と判断し、ほとんどのアプリケーションで一般的に使用されるスイッチング周波数を選ぶとしてスイッチング周波数を575kHzに設定します。575kHzは通常のピン設定可能な周波数ではないため、ユーザーが読み取ったスイッチング周波数が575kHzだった場合、SYNCの抵抗がオープン回路になっていることが分かります。スイッチング周波数は、動作中に300kHz～475kHzの範囲の周波数および476kHz～1000kHzの範囲の周波数に変更することができます。動作中のスイッチング周波数は475kHzより上または下のいずれかに維持される必要があり、絶対にこの周波数を通過してはいけません。それをすると、予測不可能な動作になる可能性があります。ユーザーは、デバイスをディセーブルし、スイッチング周波数を変更した後、再びデバイスをイネーブルすることによって、475kHzのスイッチング境界を超えることができます。

ガイドラインとして、より低い周波数の使用によって効率を向上させることができるのに対し、より高い周波数を選

表1. 端子抵抗の設定を使用した出力電圧の設定

R _{SET} (k Ω)	OUTPUT VOLTAGE (V)
0 to 4.3	Track mode
5 to 5.2	0.6
6.1 to 6.3	0.7
7 to 7.3	0.75
8.1 to 8.4	0.8
9.4 to 9.7	0.85
10.8 to 11.2	0.9
12.5 to 12.9	0.95
14.5 to 14.9	1
17.6 to 18	1.05
21.2 to 21.8	1.1
25.8 to 26.4	1.2
31.2 to 32	1.5
37.9 to 38.7	1.8
43.7 to 44.7	2.5
50.5 to 51.7	3.3
58.4 to 59.6	5
67.4 to Open	0

択すると物理的サイズおよび外付けフィルタインダクタとコンデンサの値を小さくすることができます。

外部同期

このデバイスは、入力および出力電圧ライン上のビートノイズ除去または入力電圧リップルの最小化のために、外部クロックとの同期が可能です。同期は、クロック源をSYNC端子に接続することによって実現されます。入力クロック信号は300kHz～1MHzの範囲である必要があり、安定している必要があります(「[Electrical Characteristics \(電気的特性\)](#)」の表のSYNC Frequency Drift Tolerance (SYNCの周波数ドリフトの許容値)の仕様を参照)。デバイスは、デバイスがイネーブルされた後のクロックの立上りエッジに同期します。外部クロックとの同期に成功した後の通常動作中に外部クロック信号が失われた場合、デバイスは自動的にPMBusコマンドのFREQUENCY_SWITCH変数内に設定された周波数でスイッチングします。起動時にデバイスがSYNCのピン設定抵抗値を読み取ろうとしているときに外部クロックがあると、デバイスは同期周波数を検出することができず、FREQUENCY_SWITCHに適切な周波数を書き込みません。しかし、イネーブル時にもまだクロックがあると、デバイスは適切な周波数を読み取って、FREQUENCY_SWITCHを実際のクロック周波数で上書きします。

表2. インターリーブの設定

SMBus ADDRESS	PHASE DELAY (°)
xxxx000b	0
xxxx001b	60
xxxx010b	120
xxxx011b	180
xxxx100b	240
xxxx101b	300
xxxx110b	90
xxxx111b	270

起動時にクロックがない場合、デバイスはピン設定抵抗値を読み取って、表3に従ってFREQUENCY_SWITCHに周波数を書き込みます。起動後のイネーブル前に外部クロックがSYNCに印加された場合、デバイスのイネーブル時にデバイスはFREQUENCY_SWITCHを外部クロック周波数で上書きします。デバイスのイネーブル前に外部クロックが印加されない場合、デバイスは最初に設定されていたFREQUENCY_SWITCHの値を維持します。デバイスのイネーブル後にクロックをSYNCに印加すると、ICはクロックに同期しますが、FREQUENCY_SWITCHの値は更新されません。適切な同期を実現するには、外部クロックはデバイスに電力を印加する前に印加することができますが、デバイスをイネーブルする前に印加する必要があります。デバイスのイネーブル後は、外部クロック周波数を変更しないでください。

このデバイスは、外部SYNC入力とのインターリーブをサポートします。デフォルトの位相遅延はピン設定可能で、表2に示すように、7ビットのSMBusアドレスによって決定されます。位相遅延は、出力がディセーブルされている間にPMBusのINTERLEAVEコマンドを送信することによっても変更可能です。動作中は位相遅延を変更しないでください。設定される位相遅延は、SYNCクロック信号の立上りエッジと、デバイスのPWMパルスのセンターとの間です。デバイスのPWMパルスはデュアルエッジ変調されるため、PWMパルスのセンターが基準点に使用されます。

SMBusアドレスの選択

ADDR0およびADDR1端子は、表4aに示すように、組み合わせてSMBusアドレスの設定に使用します。SMBus仕様では、網掛けのアドレスを使用しないように推奨していることに注意してください。PMBusアドレスは、起動後に変更することはできません。SMBusアドレスによって、

表3. スイッチング周波数抵抗の設定(SYNC)

R _{SYNC} (kΩ)	SWITCHING FREQUENCY (kHz)
0 to 4.3	575
5 to 5.2	300
6.1 to 6.3	350
7 to 7.3	400
8.1 to 8.4	450
9.4 to 9.7	500
10.8 to 11.2	550
12.5 to 12.9	600
14.5 to 14.9	650
17.6 to 18	700
21.2 to 21.8	750
25.8 to 26.4	800
31.2 to 32	850
37.9 to 38.7	900
43.7 to 44.7	950
50.5 to 51.7	1000
58.4 to Open	575

外部同期クロックとのインターリーブ用のデフォルトの位相遅延も設定されることに注意してください。ADDR1の抵抗は、デフォルトのIOUT_CAL_GAINも設定します。

IOUT_CAL_GAINの選択

このデバイスは、起動時のデフォルトのピン設定されたIOUT_CAL_GAINをユーザーが設定することができます。IOUT_CAL_GAINは電流検出素子の抵抗値で、パワーインダクタのDCRまたは個別部品の電流検出抵抗のいずれかの場合があります。デバイスの実際の過電流トリップポイントは、IOUT_CAL_GAIN、電流検出素子の実際の抵抗値、およびIOUT_OC_FAULT_LIMITの値の関数です。過電流トリップポイントの設定の詳細については、出力過電流保護の段落を参照してください。IOUT_CAL_GAINの設定は、表4bに記載されたようにADDR1とSGND間に抵抗を接続するピン設定によって行います。PMBusを介してこのパラメータを設定することによって、より高精度なIOUT_CAL_GAINの値を実現することができます。ADDR1はPMBusアドレスとIOUT_CAL_GAINの両方の設定に使用されることに注意してください。ユーザーは、表4aおよび表4bに従って、最初に所望のPMBusアドレスを決定し、次に適切なADDR1の抵抗を選択してください。

表4a. ADDR0、ADDR1の抵抗接続によって設定されるSMBusアドレス

DCR	R _{ADDR1} (kΩ)				
4mΩ →	0 to 4.3	5 to 5.2	6.1 to 6.3	7 to 7.3	8.1 to 8.4
8mΩ →	9.4 to 9.7	10.8 to 11.2	12.5 to 12.9	14.5 to 14.9	17.6 to 18
12mΩ →	21.2 to 21.8	25.8 to 26.4	31.2 to 32	37.9 to 38.7	43.7 to 44.7
16mΩ →	50.5 to 51.7	58.4 to 59.6	67.4 to 68.8	85.7 to 87.5	113.8 to 116.2
20mΩ →	138.6 to 141.4	167.3 to 170.7	202.9 to 207.1	234.6 to 239.4	271.2 to Open
R _{ADDR0} (kΩ)	SMBus 7-BIT DEVICE ADDRESS				
0 to 4.3	0x0A	0x22	0x3A	0x52	0x6A
5 to 5.2	0x0B	0x23	0x3B	0x53	0x6B
6.1 to 6.3	0x0C	0x24	0x3C	0x54	0x6C
7 to 7.3	0x0D	0x25	0x3D	0x55	0x6D
8.1 to 8.4	0x0E	0x26	0x3E	0x56	0x6E
9.4 to 9.7	0x0F	0x27	0x3F	0x57	0x6F
10.8 to 11.2	0x10	0x28	0x40	0x58	0x70
12.5 to 12.9	0x11	0x29	0x41	0x59	0x71
14.5 to 14.9	0x12	0x2A	0x42	0x5A	0x72
17.6 to 18	0x13	0x2B	0x43	0x5B	0x73
21.2 to 21.8	0x14	0x2C	0x44	0x5C	0x74
25.8 to 26.4	0x15	0x2D	0x45	0x5D	0x75
31.2 to 32	0x16	0x2E	0x46	0x5E	0x76
37.9 to 38.7	0x17	0x2F	0x47	0x5F	0x77
43.7 to 44.7	0x18	0x30	0x48	0x60	0x78
50.5 to 51.7	0x19	0x31	0x49	0x61	0x79
58.4 to 59.6	0x1A	0x32	0x4A	0x62	0x7A
67.4 to 68.8	0x1B	0x33	0x4B	0x63	0x7B
85.7 to 87.5	0x1C	0x34	0x4C	0x64	0x7C
113.8 to 116.2	0x1D	0x35	0x4D	0x65	0x7D
138.6 to 141.4	0x1E	0x36	0x4E	0x66	0x7E
167.3 to 170.7	0x1F	0x37	0x4F	0x67	0x7F
202.9 to 207.1	0x20	0x38	0x50	0x68	0x7F
234.6 to Open	0x21	0x39	0x51	0x69	0x7F

注：SMBus仕様では網掛けのアドレスを使用しないように推奨しています。

表4b. ADDR1の抵抗接続によって設定されるIOUT_CAL_GAIN

R _{ADDR1} (kΩ)	IOUT_CAL_GAIN (mΩ)
0 to 8.4	4
9.4 to 18	8
21.2 to 44.7	12
50.5 to 116.2	16
138.6 to Open	20

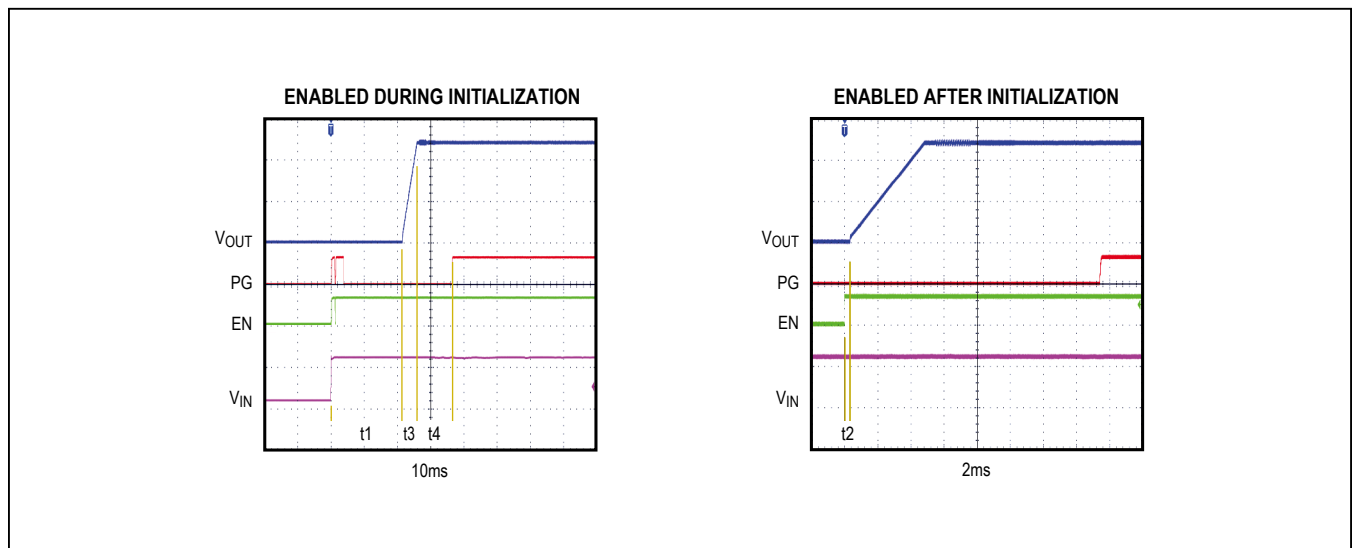


図 2. 起動タイミング図

内蔵バイアスレギュレータ

デバイスのアナログ回路は、内蔵3.3Vレギュレータ(3P3)によって給電されます。このデバイスは、内部デジタル回路への給電用の1.8Vレールを生成するバイアスレギュレータ(1P8)も内蔵しています。4.7 μ Fのセラミックコンデンサ(X5R以上)で、3P3端子をSGNDに接続してください。10 μ Fのセラミックコンデンサ(X5R以上)で、1P8をDGNDに接続してください。これらの内蔵レギュレータは、外部回路への給電用には設計されていません。

入力電圧フィードフォワード

このデバイスは、入力電圧フィードフォワード手法を使用して優れたライン安定化を提供します。入力電圧フィードフォワードおよびテレメトリ用に、2k Ω の直列抵抗を介してINSNS端子をパワートレイン入力電圧に接続してください。INSNSの電圧は4 μ sに1回サンプリングされます。

INSNSの電圧がPMBusのVIN_UV_FAULT_LIMITスレッショルド(デフォルトは4V)以下またはVIN_ON、VIN_OFFリミット(デフォルトはそれぞれ立上り時6Vと立下り時5.5V)以下の場合、デバイスはDC-DC変換をイネーブルしません。ユーザーはPMBusのREAD_VINコマンドを使用して入力電圧の測定値を読み取ることができます。

出力オン/オフ制御

このデバイスは、ハードウェアイネーブル入力(EN端子)およびPMBusイネーブル機能の両方を備えています。イネーブル機能の出荷時のデフォルトは、ハードウェアEN端子のロジックハイレベルへのアサートまたはPMBusのイネーブルコマンドの送信のいずれかによってデバイスをイネーブル可能です。イネーブル機能は、PMBusのON_OFF_

CONFIGコマンドを使用して変更することができます(詳細についてはPMBus仕様を参照してください)。

デバイスの初期化

このデバイスは、内部バイアス電源および外部電源電圧を監視するパワーオンリセット回路を内蔵しています。全電源がそれぞれのUVLOスレッショルド以上の場合、以下のセルフテストシーケンスが開始されます。

- 1) セルフテストおよびメモリのCRCチェックを実行する。
- 2) 抵抗の設定を読み取り、それによってコマンド値と作業メモリの設定を行う。
- 3) 起動の妨げとなる障害がないことを確認する。
- 4) 有効な出力イネーブル条件(ハードウェアまたはPMBusコマンド)を待ち始める。

読み取り対象のピン設定抵抗値の特定の組合せに応じて、起動および初期化プロセスには約25msかかります。初期化が完了するまで、デバイスは出力安定化をイネーブルしません。

出力電圧シーケンス

複数のMAX15303デバイスまたは他のPMBus制御のICを使用するシステムでは、個々の電源にそれぞれ異なるターンオン/ターンオフ遅延および出力立上り/立下り時間を設定することによって出力電圧シーケンスを実現することができます。その後、結合したEN信号を使用するか、またはPMBusのグループコマンドプロトコルを使用することによって、全電源に対して同時にオン(またはオフ)が命令されます。

このデバイスは、図3に示すソフトスタートおよびソフトストップ機能をサポートしています。PMBusのTON_RISEおよびTOFF_FALLコマンドは、ソフトスタートとソフトストップのランプ時間を決定します。TON_DELAYコマンドは、有効なイネーブル状態から出力電圧ランプ開始までの時間を設定します。同様に、TOFF_DELAYコマンドは有効なイネーブル状態が失われてから0Vへの出力ランプダウン開始までの時間を設定します。TON_DELAYのデフォルト設定は最小値の1msで、TON_RISEのデフォルト設定は5msです。

ターンオンおよびターンオフの出力電圧スルーレートは、それぞれVOUT_COMMAND/TON_RISEおよびVOUT_COMMAND/TOFF_FALLによって与えられます。高dV/dtによる過度の突入電流を防ぐため、TON_RISEおよびTOFF_FALLを少なくとも1msに設定することが推奨されます。出力電圧ランプアップは、入力電圧、出力電圧、または出力のプリバイアス電圧に関係なく、300mV以上まで単調に立ち上がります。ソフトスタートランプアップの完了後、デバイスはInTune校正プロセスを開始することに注意してください。

プリバイアスのある起動

このデバイスは、プリバイアス出力電圧状態へのソフトスタートをサポートします。プリバイアス状態は、電源の出力がイネーブルされる前にすでに電源の出力に電圧があるときに発生します。これは、事前に充電された出力コンデンサによって、または負荷IC内の寄生ESDダイオードが出力を別のシステム電源レールにプルアップすることによって発生します。ENがアサートされたとき、デバイスは出力にプリバイアス電圧があるか確認します。プリバイアス電圧が200mV以下の場合、プリバイアスはないものとして通常の起動が行われます。プリバイアスが200mV以上で、出力の目標セットポイント以下の場合、図4に示すように、デバイスはプリバイアス電圧から安定化セットポイントまで出力電圧をランプアップします。プリバイアスがVOUT_OV_FAULT_LIMITの値を上回っている場合、デバイスはソフトスタートを試みません。

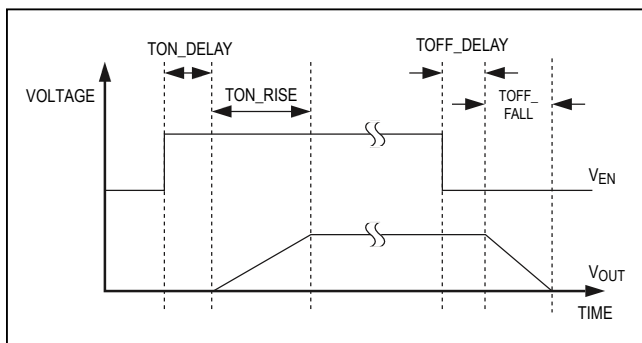


図3. ターンオン/ターンオフ遅延およびソフトスタート/ソフトストップ時間

イネーブル時にプリバイアスが検出された場合、デバイスはプリバイアス電圧レベルをレジスタに保存し、ディセーブル時に出力電圧ランプダウンをプリバイアス電圧で終了します。このレジスタはユーザーアクセスができません。

電圧トラッキング

このデバイスは、基準入力に対する出力の電圧トラッキングをサポートします。トラッキングモードを選択するには、SET端子をSGNDに接続します。デバイスの出力は、プリセットされた比率でV_{TRACK}電圧に追従します。比率は、内蔵のフィードバック分圧器(RDIV)と、トラッキング対象の電源とSGND間に配置される外付けの抵抗分圧器(R1、R2)によって決定されます(図5)。外付けの抵抗分圧器のセンタータップをCIO入力に接続してください。

トラッキングモードでは、V_{OUT}は

$$V_{OUT} = \frac{V_{TRACK}}{RDIV} \times \frac{R1}{R1 + R2}$$

またはVOUT_COMMANDによって決定される出力セットポイント電圧(V_{OUT(SET)})の、いずれか低い方に安定化されます。上記の式が示すように、抵抗分圧器の分圧比RR = R1/(R1 + R2)を動作時RDIVと等しくなるように選択した場合、出力電圧はトラッキング電圧に一致して追従します(図6a)。その他のすべての場合、V_{OUT}はRRとRDIVの比に応じてレシオメトリックに追従します(図6b)。ICは、表5に示すように、出力セットポイント電圧に基づいて自動的にRDIVを選択します。たとえば、VOUT_COMMANDによってV_{OUT(SET)}を1.6Vに設定した場合、RDIVは0.54247に設定されます。トラッキングモードでのデフォルトのRDIVの値は0.20272で、5Vの出力電圧の設定に対応することに注意してください。高信頼性の電圧トラッキングを実現するため、デバイスの起動後はVOUT_COMMANDを変更せず、動作時RDIVの変化(表5)を発生させないことを推奨します。そのようなVOUT_COMMANDの変更が必要になった場合は、新しいV_{OUT(SET)}を(STORE_USER_ALL_COMMANDを使用して)デバイスのメモリに保存し、入力電力をオフ/オンして新しいRDIVの動作値を設定して

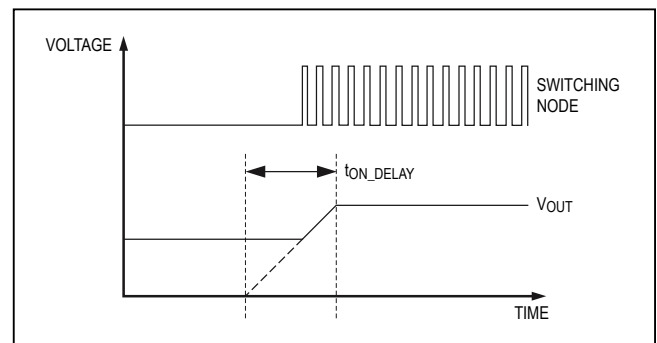


図4. プリバイアス出力への起動

ください。簡素化のため、R1を10kΩに固定し、次式を使用してR2を決定してください。

$$R2 = 10k \times \left(\frac{V_{TRACK}}{R_{DIV} \times V_{OUT}} - 1 \right)$$

最高の電圧安定化を実現するため、最終的なV_{OUT}のトラッキング目標電圧が、V_{OUT_COMMAND}によって決定される出力セットポイント電圧(デフォルトは5V)よりわずかに高くなるようにRRを設定してください。図6に示すように、出力電圧ランプはV_{OUT_COMMAND}の値に達するまでV_{TRACK}入力に追従します。継続的なレシオメトリックトラッキングが必要なアプリケーションの場合は、V_{OUT_COMMAND}を所望のV_{OUT}トラッキング目標以上に設定するか、5.0Vのデフォルト値のままにしてください。この場合、外付け抵抗の許容誤差によって安定化の精度がわずかに低下します。

出力電圧マーージニング

このデバイスは、電圧マーージニングをサポートします。電圧マーージニングを使用すると、電源の変化に関するエンド機器

の設計マーージンをテストすることができます。マーージンセットポイントコマンド(V_{OUT_MARGIN_HIGH}およびV_{OUT_MARGIN_LOW})はデフォルトでV_{OUT_COMMAND}の±5%に設定されますが、PMBusインタフェースを介して変更することができます。出力電圧マーージニングは、OPERATIONコマンドによって制御されます。

表5. V_{OUT}の関数としての必要な分圧比(RDIV)

V _{OUT_COMMAND} (V)	RDIV
< 0.55	0.99547
0.55 to < 0.95	0.88222
0.95 to < 1.15	0.76897
1.15 to < 1.502	0.65572
1.502 to < 1.815	0.54247
1.815 to < 2.295	0.42922
2.295 to < 3.117	0.31597
3.117 to < 5.5	0.20272

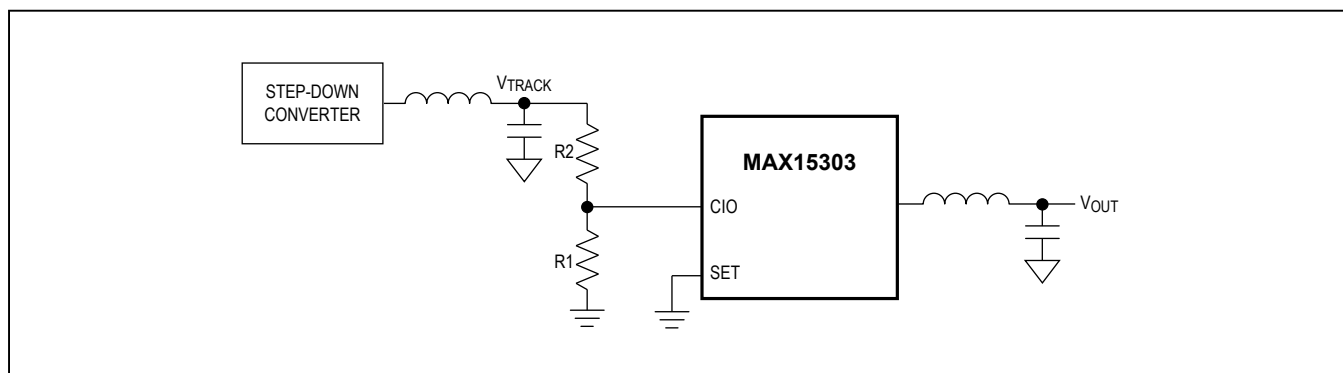


図 5. トラッキングモードの設定

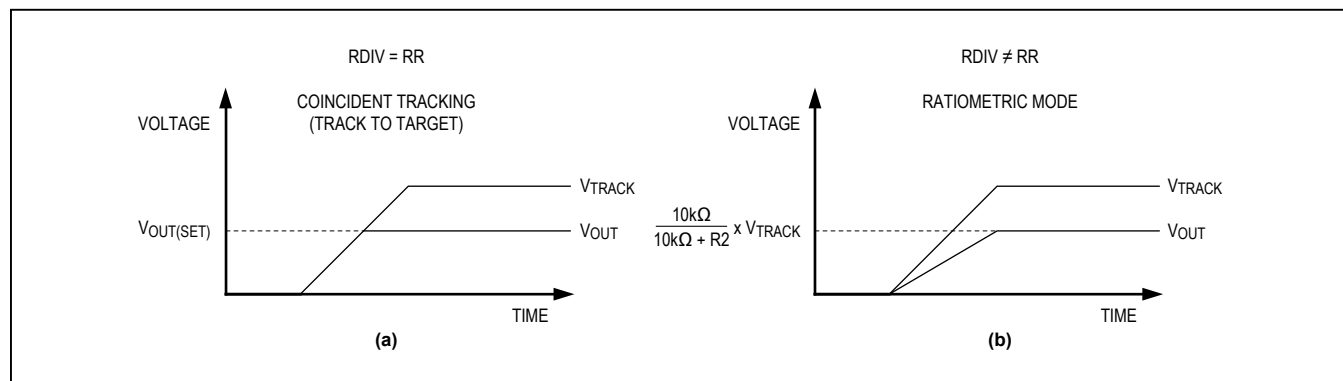


図 6. トラッキング

出力電圧範囲とフォルトリミット

このデバイスは、出力低電圧および過電圧保護を備えています。PMBusのVOUT_OV_FAULT_LIMITはデフォルトでVOUT_COMMANDの115%に設定され、VOUT_UV_FAULT_LIMITは85%に設定されます。これらのスレッショルドはPMBusを介して変更可能で、0V～ADCのフルスケール値またはVOUT_MAXのいずれか低い方の範囲で任意の値に設定することができます (VOUT_MAXはデフォルトでVOUT_COMMANDの110%に設定されます)。

このデバイスは、継続的に出力電圧を監視します。電圧が保護リミットを超えると、デバイスはVOUT_OV_FAULT_RESPONSEまたはVOUT_UV_FAULT_RESPONSEコマンドによって規定された動作に適切に従います。デフォルトでは、過電圧フォルトが発生すると再試行を試みずに直ちにシャットダウンし、低電圧フォルトは無視されます。フォルト応答コマンドはいつでも変更可能ですが、出力がディセーブルされたときにのみフォルト応答コマンドの変更が有効になります。

出力過電流保護

MAX15303は、出力インダクタの抵抗値(またはその他の抵抗性検出素子)の両端の電圧を監視し、出力電流監視および過負荷保護を提供します。電流検出素子の電圧信号がIOUT_CAL_GAINの値で除算され、出力電流(単位: A)が求められます。IOUT_CAL_GAINの値は、最初は表4bに従ってADDR1の抵抗値によって設定されますが、できる限りインダクタのDCR (または抵抗性検出素子の抵抗)に近い値に設定してください。IOUT_CAL_GAINの値を較正することによって、より高精度の出力電流測定を実現することができます。IOUT_CAL_GAINの較正の詳細については、アプリケーションノート5601「Current Calibration Procedure for InTune Digital Power」を参照してください。

過電流フォルトスレッショルドは、IOUT_OC_FAULT_LIMITコマンドによって設定され、デフォルト値は8Aです。過電流状態に対するデフォルトのフォルト応答は、両方の内蔵MOSFETをオフにし、700ms待った後、レギュレータを再始動します。このプロセスが、フォルト状態が持続しなくなるまで無期限に繰り返されます。このフォルト応答動作は、PMBusのIOUT_OC_FAULT_RESPONSEコマンドを使用して変更することができます。

フォルト処理

このデバイスは、入力電圧、出力電圧、出力電流、および内部と外部の両方の温度を監視します。フォルトスレッショルドおよび応答は出荷時に設定されていますが、PMBusコマンドを使用して変更することができます。各

パラメータのフォルト検出は、PMBusを介して個別にイネーブルまたはディセーブルすることができます。デフォルトのリミットは、表6に示す通りです。フォルト状態に対する応答は、PMBusを介して変更することができます。フォルトスレッショルドおよびフォルト応答の設定の詳細については、アプリケーションノート5816「MAX15303 PMBus Command Set User's Guide」を参照してください。

不揮発性PMBusメモリ

このデバイスは、PMBusの設定値を保存するための3つの不揮発性メモリバンクを内蔵しています。第1のバンクはMAXIMストアで、全デフォルトコマンド設定の読み取り専用のコピーが含まれます。次のバンクは読み書きアクセス可能なDEFAULTストアで、機器メーカーの優先的または推奨設定の格納を目的とします。第3のバンクは読み書きアクセス可能なUSERストアで、エンドユーザーの個人設定の保存を目的とします。

デバイスのイネーブル時、端子設定可能なコマンド値とUSERストアの内容の組合せが作業メモリにロードされます。編集されてUSERメモリに保存されたコマンド値は、それに対応する端子設定値より優先されます。

機器メーカーは、DEFAULTおよびUSERストアにメーカーの優先的または推奨コマンド値の複製コピーが確実に保存されるようにしてください。これによって、エンドユーザーはいつでも好きなときにDEFAULTメモリを復元してUSERストアに保存し、機器をメーカーの当初の設定に戻すことができますようになります。

メーカーがコマンド単位でレギュレータの設定を保存してロックすることができるように、特殊なセキュリティコマンドおよび機能が内蔵されています。これらのセキュリティ機能を説明したアプリケーションノートについては、Maximまでお問い合わせください。

表6. フォルト状態

FAULT CONDITION	DEFAULT THRESHOLD	RANGE
V _{IN} Overvoltage	14V	0 to 14.7V
V _{IN} Undervoltage	4.2V	0 to 14.7V
V _{OUT} Overvoltage	VOUT_COMMAND x 115%	0 to 5.5V
V _{OUT} Undervoltage	VOUT_COMMAND x 85%	0 to 5.5V
I _{OUT} Overcurrent	8A	0 to 8.97A
Overtemperature	115°C	-40°C to +150°C

温度検出

このデバイスは、自分自身の内部温度の検出に加えて、リモート温度検出をサポートします。デバイスは、内部およびTEMPX入力での ΔV_{BE} 測定を使用して温度を計算します。この手法は、センサーの較正が不要なため広く採用されています。あらゆるPN接合を温度センサーとして使用することができます。2N3904、2N2222トランジスタ、およびマイクロプロセッサ、FPGA、およびASICに内蔵されたサーマルダイオードは、温度センサーとして一般的に使用されます。高精度の温度測定値を確保するため、図7に示すように、100pFのフィルタコンデンサを接続してください。

デバイス温度およびサーマルフォルトスレッショルドは、PMBusインタフェースを介して設定されます。サーマルシャットダウンスレッショルドのデフォルト値は+115℃です。温度フォルトスレッショルドを超えると、デバイスはシャットダウンしてPGがローになります。

パワーグッド(PG)

PGはオープンドレインのパワーグッド出力で、デバイスが安定化出力電圧を負荷に供給する準備ができていることを示すために使用されます。起動時およびフォルト状態時、PGはローに保持されます。出力がランプアップしてPOWER_GOOD_ONスレッショルド以上の電圧に達し、InTune較正が正常に完了した後、PGはハイにアサートされます。出力安定化電圧がPOWER_GOOD_OFFスレッショルドを下回った場合、PGはデアサートされます。

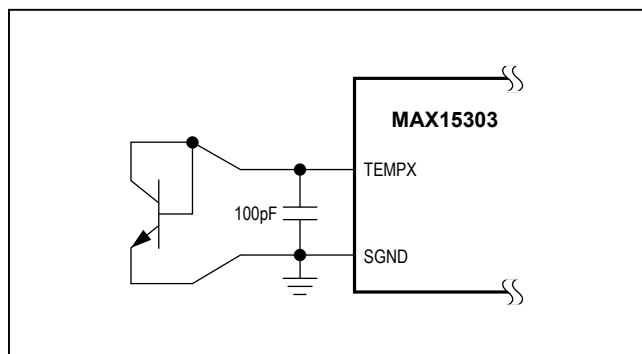


図 7. npn トランジスタの 2N3904 による温度検出

PMBusデジタルインタフェース

MAX15303はPMBus対応デバイスで、多数の標準PMBusコマンドを内蔵しています。PMBus 1.2準拠のデバイスは、System Management Bus (SMBus)バージョン2.0をトランスポートプロトコルとして使用し、SMBus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物理層を使用したPMBus通信の電気的特性を指すものとしてSMBusという用語を使用しています。PMBusという用語は、PMBusコマンドプロトコルを示すものとして使用しています。

このデバイスは、6つの標準SMBusプロトコル(Write Byte (バイト書込み)、Read Byte (バイト読取り)、Write Word (ワード書込み)、Read Word (ワード読取り)、Write Block (ブロック書込み)、およびRead Block (ブロック読取り))を使用して、出力電圧と警告/フォルトスレッショルドの設定、監視データの読取り、および全メーカー固有コマンドへのアクセス提供を行います。

また、このデバイスはグループコマンドもサポートします。グループコマンドは、複数のPMBusデバイスにコマンドを送信するために使用されます。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、1つのグループコマンドパケットで任意の1つのデバイスに送信することができるのは1つのコマンドまでです。グループコマンドは、STATUS_BYTEコマンドのように受信側デバイスがデータによって応答する必要があるコマンドには使用することができません。デバイスがこのプロトコルを介してコマンドを受信した場合、STOP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。

データワードの伝送時には、下位バイトが先に送信され、上位バイトが後から送信されます。任意のバイト内では、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。PMBusコマンドのサポートの詳細については、お問い合わせください。

サポートしているPMBusコマンド

このデバイスは、表7に示す標準PMBusコマンドをサポートします。デバイスのPMBusコマンドの詳細については、アプリケーションノート5816「MAX15303 PMBus Command Set User's Guide」を参照してください。

図8に示すように、各共有バスに対して1組のプルアップ抵抗(SCLおよびSDAに対してそれぞれ1つ)が必要です。

表7. PMBusコマンド要約

COMMAND CODE	COMMAND NAME	SMBus TRANSFER TYPE	# OF DATA BYTES	MIN	MAX	DEFAULT VALUE	UNITS
0x01	OPERATION	R/W Byte	1	—	—	0x40	—
0x02	ON_OFF_CONFIG	R/W Byte	1	—	—	0x16	—
0x03	CLEAR_FAULTS	Send Byte	0	—	—	—	—
0x10	WRITE_PROTECT	R/W Byte	1	—	—	0	—
0x11	STORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	0	—	—	—	—
0x12	RESTORE_DEFAULT_ALL	Send Byte	0	—	—	—	—
0x15	STORE_USER_ALL	Send Byte	0	—	—	—	—
0x16	RESTORE_USER_ALL	Send Byte	0	—	—	—	—
0x19	CAPABILITY	Read Byte	1	—	—	0xA0	—
0x20	VOUT_MODE	Read Byte	1	—	—	0x14	—
0x21	VOUT_COMMAND	R/W Word	2	0.5	5.25	SET pin resistor setting	V
0x22	VOUT_TRIM	R/W Word	2	—	—	0	V
0x23	VOUT_CAL_OFFSET	R/W Word	2	—	—	0	V
0x24	VOUT_MAX	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND + 10%	V
0x25	VOUT_MARGIN_HIGH	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND + 5%	V
0x26	VOUT_MARGIN_LOW	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND - 5%	V
0x27	VOUT_TRANSITION_RATE	R/W Word	2	—	—	0.1	mV/μs
0x28	VOUT_DROOP	R/W Word	2	—	—	0	mΩ
0x33	FREQUENCY_SWITCH	R/W Word	2	300	1000	SYNC pin resistor setting	kHz
0x35	VIN_ON	R/W Word	2	4	12	6	V
0x36	VIN_OFF	R/W Word	2	4	12	5.5	V
0x37	INTERLEAVE	R/W Word	2	—	—	See Table 2	—
0x38	IOUT_CAL_GAIN	R/W Word	2	—	—	ADDR1 pin resistor setting	mΩ
0x39	IOUT_CAL_OFFSET	R/W Word	2	—	—	0	A
0x40	VOUT_OV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND + 15%	V
0x41	VOUT_OV_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0x80	—
0x44	VOUT_UV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND - 15%	V
0x45	VOUT_UV_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0x00	—
0x46	IOUT_OC_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	8	A
0x47	IOUT_OC_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0xBF	—
0x4F	OT_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	115	°C
0x50	OT_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0xC0	—
0x51	OT_WARN_LIMIT	R/W Word	2	—	—	95	°C

表7. PMBusコマンド要約(続き)

COMMAND CODE	COMMAND NAME	SMBus TRANSFER TYPE	# OF DATA BYTES	MIN	MAX	DEFAULT VALUE	UNITS
0x55	VIN_OV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	14	V
0x56	VIN_OV_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0xC0	—
0x59	VIN_UV_FAULT_LIMIT	R/W Word	2	—	—	4.2	V
0x5A	VIN_UV_FAULT_RESPONSE	R/W Byte	1	—	—	0xC0	—
0x5E	POWER_GOOD_ON	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND - 10%	V
0x5F	POWER_GOOD_OFF	R/W Word	2	—	—	VOUT_COMMAND - 15%	V
0x60	TON_DELAY	R/W Word	2	—	—	5	ms
0x61	TON_RISE	R/W Word	2	—	—	5	ms
0x64	TOFF_DELAY	R/W Word	2	—	—	1	ms
0x65	TOFF_FALL	R/W Word	2	—	—	5	ms
0x78	STATUS_BYTE	Read Byte	1	—	—	—	—
0x79	STATUS_WORD	Read Word	2	—	—	—	—
0x7A	STATUS_VOUT	Read Byte	1	—	—	—	—
0x7B	STATUS_IOUT	Read Byte	1	—	—	—	—
0x7C	STATUS_INPUT	Read Byte	1	—	—	—	—
0x7D	STATUS_TEMPERATURE	Read Byte	1	—	—	—	—
0x7E	STATUS_CML	Read Byte	1	—	—	—	—
0x88	READ_VIN	Read Word	2	—	—	—	V
0x8B	READ_VOUT	Read Word	2	—	—	—	V
0x8C	READ_IOUT	Read Word	2	—	—	—	A
0x8D	READ_TEMPERATURE_1	Read Word	2	—	—	—	°C
0x8E	READ_TEMPERATURE_2	Read Word	2	—	—	—	°C
0x94	READ_DUTY_CYCLE	Read Word	2	—	—	—	%
0x95	READ_FREQUENCY	Read Word	2	—	—	—	kHz
0x98	PMBUS_REVISION	Read Byte	1	—	—	0x22	—
0x99	MFR_ID	R/W Block	8	—	—	null	—
0x9A	MFR_MODEL	R/W Block	13	—	—	null	—
0x9B	MFR_REVISION	R/W Block	7	—	—	null	—
0x9C	MFR_LOCATION	R/W Block	8	—	—	null	—
0x9D	MFR_DATE	R/W Block	6	—	—	null	—
0x9E	MFR_SERIAL	R/W Block	13	—	—	null	—
0xAD	IC_DEVICE_ID	Read Block	8	—	—	"MAX15303"	—
0xAE	IC_DEVICE_REV	Read Word	2	—	—	<firmware revision>	—

表7. PMBusコマンド要約(続き)

COMMAND CODE	COMMAND NAME	SMBus TRANSFER TYPE	# OF DATA BYTES	MIN	MAX	DEFAULT VALUE	UNITS
0xD0	ADAPTIVE_MODE	R/W Word	2	—	—	0x024B	—
0xD3	FEEDBACK_EFFORT	R/W Word	2	—	—	0.5	—
0xD5	LOOP_CONFIG	R/W Word	2	—	—	0x0100	—
0xDB	COMP_MODEL	R/W Block	6	—	—	0.025, 0.41666, 1.0	—
0xE0	MANUF_CONF	R/W Block	32	—	—	0	—
0xE1	MANUF_LOCK	Write Word	2	—	—	0	—
0xE2	MANUF_PASSWD	R/W Word	2	—	—	0	—
0xE3	USER_CONF	R/W Block	32	—	—	0	—
0xE4	USER_LOCK	Write Word	2	—	—	0	—
0xE5	USER_PASSWD	R/W Word	2	—	—	0	—
0xE6	SECURITY_LEVEL	Read Byte	1	—	—	0x00	—
0xE7	DEADTIME_GCTRL	R/W Block	19	—	—	See PMBus Application Note	—
0xE8	ZETAP	R/W Word	2	—	—	1.5	—
0xEA	RESTORE_MAXIM_ALL	Send Byte	0	—	—	—	—
0xF8	EXT_TEMP_CAL	R/W Block	6	—	—	0.0040, -8, 0.0038	none °K, 1/°

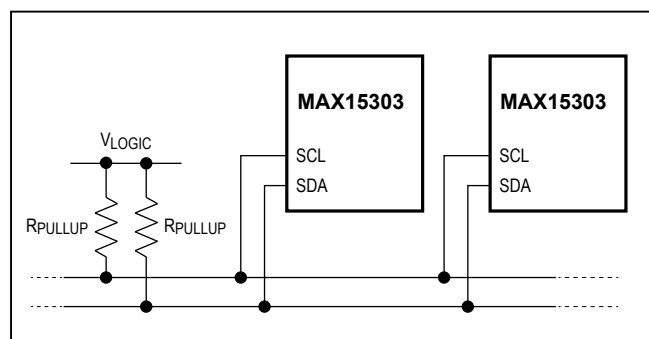


図 8. SMBus マルチデバイス構成

SMBus 2.0仕様および「[Electrical Characteristics](#)」の表のSDAの保証駆動能力を調べて、プルアップ抵抗の値を決定してください。

設計手順

以下の各段落では、MAX15303に基づく電源の設計の詳細について説明します。最初のステップは、デバイスがシステムレベルの入力および出力電圧範囲に適合することの確認です。これらの要件に適合する場合、詳細設計を開始することができます。

最大出力電流

このデバイスの内蔵スイッチングFETは、最大許容出力電流を6Aに制限します。一部の極端な動作条件では、最大許容出力電流が6A以下になる場合があります。ハイスайдnMOSの平均は、「[Electrical Characteristics](#)」の表の4.3Aの制限以下である必要があります。この4.3Aの最大平均電流の制限は、非常に高デューティサイクルの場合にのみ6A動作を禁じるものであることに注意してください。MAX15303の最大出力電流は、6Aまたは次式で定義される値のいずれか低い方です。

$$I_{OUTMAX} < 4.3A \times V_{IN}/V_{OUT}$$

スイッチング周波数の選択

バックコントローラの出カフィルタ選択の最初のステップは、所望のPWMのスイッチング周波数(f_{sw})の選択です。このデバイスは、スイッチング周波数を300kHz~1MHzの範囲で調整する機能を備えています。スイッチング周波数を選択する際には、効率とソリューションサイズのトレードオフが必要になります。効率を高めるには、低い周波数を選択します。外付けフィルタ部品を小型化し、過渡応答を向上させるには、より高い周波数を使用します。また、 f_{sw} の選択に当たってはシステムの周波数要件も考慮して、

スイッチング周波数の高調波がシステムの動作に干渉しないようにしてください。デバイスのスイッチング周波数は、表3に従ってSYNC端子の接続によって設定します。

スイッチング周波数は、コントローラがディセーブルされているときはいつでも、PMBusコマンドのFREQUENCY_SWITCHを介して変更することができます。デフォルト値の600kHzは、効率、小型サイズ、および良好な過渡応答の間の適切なバランスを提供します。

インダクタの選択

このデバイスとともに動作するインダクタを選択するには、インダクタンス値(L)、インダクタ飽和電流(I_{SAT})、および最大DC抵抗(DCR)の、3つの主要なインダクタのパラメータを指定する必要があります。

- 1) インダクタ値の選択：InTune技術を使用した自動補償のため、ピークトゥピークインダクタリップル電流(LIR)が最大動作電流(I_{OUTMAX})の20%~40%になるようにインダクタを選択します。低いLIR比を使用すると、インダクタ値が大きくなります。通常、特定のパッケージタイプに対してインダクタの抵抗はインダクタンスに比例するため、より低いLIR値を選ぶとDCR損失が増大し効率が低下します。高い値のLIRを使うとRMS電流が増大するため、やはり効率が低下します。Maximは、ピークトゥピークリップルと最大動作電流の比率を約30% (LIR = 0.3)にすることを推奨します。

次に、LIR、f_{SW}、V_{IN}、V_{OUT}、およびI_{OUTMAX} (最大DC負荷電流)を使用して、次式を使って公称インダクタ値を計算することができます。

$$L = \frac{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} f_{SW} I_{OUT} LIR}$$

$$0.2 \leq LIR \leq 0.4$$

この範囲内でのインダクタの正確な値は重要ではなく、サイズ、コスト、および効率の間でトレードオフを行うために調整することができます。インダクタンスが大きいほど、RMS電流が減少することによって効率が向上します。インダクタの値が小さいほど、サイズとコストが最小化されます。また、インダクタの値が小さいと過渡応答も向上しますが、ピーク電流が増大するため効率が低下します。

- 2) 選択したインダクタの飽和電流定格(I_{SAT})は、ユーザー定義の電流制限を上回っている必要があります。大きい負荷トランジェントが発生した場合に適切なマージンを提供するため、I_{SAT}は一般にI_{LIM} + LIR/2 +10%以上になるように選択してください。この要件を満たす

ため、I_{SAT}が十分に高いインダクタを選択することが重要ですが、このパラメータによって通常は一定のサイズのインダクタを使用することが強制されます。

- 3) 最後に、全体的な効率の損失を低減するため、DCR (DC直列抵抗)が最小のインダクタを選択してください。インダクタのDCRの選択の詳細については、電流検出の選択の段落を参照してください。

出力コンデンサの選択

このデバイスは、低ESRの出力コンデンサとの動作に最適化されています。これらのコンデンサは、通常はX5RまたはX7Rの誘電体を使用しています。高ESRのコンデンサを追加することもできますが、システムの性能に対する利点はわずかです。出力コンデンサの要件は、次の2つの検討事項によって決まります。

- 1) 出力リップル電圧
- 2) 負荷電流過渡エンベロープ

どちらの要件も、全セラミック出力コンデンサによって容易に達成されます。

総出力電圧リップルは出力コンデンサのESRと容量の関数で、通常は出力電圧の約1%になるように選択されます。標準アプリケーションの場合、リップル電圧は容量によって大部分が決まります。下記の式によって、最小出力容量と最大許容ESRを計算します。

$$ESR_{MAX} = \frac{V_{RIPPLE}}{\Delta I}$$

$$C_{OUTMIN} = \frac{\Delta I}{8 \times V_{RIPPLE} \times f_{SW}}$$

ここで、ΔIは次のとおりです。

$$\Delta I = \frac{V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN} \times f_{SW} \times L}$$

ワーストケースの出力電圧リップルは、次のとおりです。

$$V_{RIPPLE} = \Delta I \times \left(\frac{1}{8 \times C_{OUT} \times f_{SW}} + ESR \right)$$

通常は10mΩ以下のESRが必要です。2つまたはそれ以上の100μFのセラミックコンデンサを並列に使用することによって、通常は十分に良好なリップル電圧を実現することができます。

全セラミック出力コンデンサを使用する場合、負荷電流過渡エンベロープがコンデンサ選択の主な検討事項となります。

負荷トランジェントが小さい設計では、より少ないコンデンサを使用することが可能で、より大きい負荷トランジェントをとまなう設計では、出力の「落ち込み」および「サージ」を防止するため、より大きい負荷容量が必要になります。高速過渡中に許容可能な出力電圧の変動によって、出力容量が決まります。下記の2つの式によって、負荷トランジェントによる電圧落ち込みおよびサージの要件を満たすために必要な最小容量を計算します。

$$C_{OUT} = \frac{L \times \Delta I^2}{2 \times \Delta V_{SAG} \times (V_{IN} - V_O)} + \frac{\Delta I_O}{2 \times \pi \times BW \times \Delta V_{SAG}}$$

$$C_{OUT} = \frac{L \times \Delta I^2}{2 \times \Delta V_{SOAR} \times V_O} + \frac{\Delta I_O}{2 \times \pi \times BW \times \Delta V_{SOAR}}$$

ここで、BWは電源のクロスオーバー周波数(単位: Hz、このデバイスの場合約 $f_{SW}/10$)で、 C_{OUT} は出力容量です。

電源の補償

ほとんどの電源設計とは異なり、このデバイスは補償回路の設計とテストが不要です。このデバイスは出力フィルタの共振周波数を自動的に測定し、この情報を使用して適切な補償パラメータを設定します。このデバイスは、出力フィルタのコーナー周波数が下記の要件を満たす場合に安定動作します。

$$45 \leq f_{SW}/f_{LC} \leq 90$$

ここで、

$$f_{LC} \doteq 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

したがって、

$$\frac{1}{L} \left(\frac{45}{2\pi f_{SW}} \right)^2 \leq C \leq \frac{1}{L} \left(\frac{90}{2\pi f_{SW}} \right)^2$$

ほとんどの600kHzデバイスPOL設計は、100μF~500μFの範囲のセラミック出力コンデンサを使用することによって条件を満たすことが可能で、追加の電解コンデンサは不要です。InTune適応型補償は、広範囲の出力インダクタおよびコンデンサの使用が可能です。

入力コンデンサの選択

入力フィルタコンデンサは、電力ソースから流れるピーク電流を低減するとともに、スイッチング回路が原因で発生する入力のノイズおよび電圧リップルを軽減します。入力コンデンサの値を選択することによって、次のようにリップル電圧(ΔV)を制限します。

$$C_{IN} \geq \frac{I_{OUT} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)}{f_{SW} \times \Delta V}$$

ここで、 ΔV は必要な入力リップル電圧です。この計算は、元の V_{IN} ソースへの適度なインダクタンスの存在を前提としています。そのため、この計算はDC-DCコンバータの入力で低ソースインピーダンスを提供します。必要な容量はデューティサイクルが50%のときに最大で、デューティサイクルの増加または減少とともに低減します。

入力コンデンサは、スイッチング電流によって課せられるリップル電流の要件(I_{RMS})に適合する必要がある、それは次式によって定義されます。

$$I_{RMS} = I_{LOAD(MAX)} \frac{\sqrt{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

I_{RMS} は、入力電圧が出力電圧の2倍に等しいとき($V_{IN} = 2V_{OUT}$)最大値となるため、 $I_{RMS(MAX)} = I_{LOAD(MAX)}/2$ です。タンタル以外のコンデンサ(セラミック、アルミ、ポリマー、またはOS-CON)は堅牢性が高く、非常にローインピーダンスの電源からシステムに給電される場合に発生する大きい突入電流に耐えることができるため、ほとんどのアプリケーションでは入りにタンタル以外のコンデンサが適しています。さらに、2つ(またはそれ以上)のより小さい値の低ESRコンデンサを並列に接続することによって、高周波数ノイズの低減が可能です。

電流検出の選択

このデバイスは、無損失DCR電流検出を使用して全体の消費電力を低減し効率を向上させます。無損失検出は、[図9](#)に示すように、インダクタ両端に直列RC回路を接続することによって構成されます。抵抗およびコンデンサは、時定数がインダクタおよびそのDCRと等しくなるように選択してください。

$$R_L C_L = \frac{L}{DCR}$$

インダクタのメーカーによって提供される標準のインダクタンス値およびDCRの値を使用してください。抵抗の値は2kΩに設定してください。高精度で低温係数のC0Gセラミックコンデンサを C_L に使用してください。ノイズおよびDC誤差によってDCRPとDCRNの差動電流検出信号が劣化しないことを確保するために、データシートに記載されたPCBレイアウトのガイドラインを十分に遵守してください。RCネットワークはインダクタの近くに配置して、コンデンサ両端の電圧をケルビン検出してください。

無損失検出を使用して生成される最大検出電圧は、次のとおりです。

$$V_{DCRP} - V_{DCRN} = DCR \times I_{OUT(MAX)}$$

最大電流検出電圧が10mV～150mVの範囲になるようにDCRを選択してください。電流検出電圧を高くすると測定SN比が向上しますが、消費電力が増大します。

インダクタと出力コンデンサ間に配置した電流検出抵抗の両端で検出を行うことによって、より高精度の電流検出を実現することができます。専用の電流検出抵抗は、インダクタ両端での検出よりも高精度の抵抗値と低い温度係数を提供します。電流検出抵抗を使用する場合、DCRPをインダクタと電流検出抵抗間のノードに接続してください。DCRNを電流検出抵抗と出力コンデンサ間のノードに接続してください。抵抗の両端で必ずケルビン検出を使用してください。

高精度の電流検出を実現するため、デバイスのIOUT_CAL_GAINを電流検出素子の抵抗値と等しい値に設定してください。デフォルトのIOUT_CAL_GAINは、ADDR1とSGND間に接続するピン設定抵抗によって設定されることに注意してください。このデフォルトのIOUT_CAL_GAINは、PMBusを介して変更することができます。IOUT_CAL_GAINが実際の電流検出抵抗値と一致するように設定されていない場合、実際の負荷電流は測定された電流からIOUT_CAL_GAINとDCRの比率によって増減されます。この場合、実際の負荷電流は次のとおりです。

$$I_{LOAD} = READ_IOUT \times IOUT_CAL_GAIN / DCR$$

一例として、IOUT_CAL_GAINが10mΩにピン設定され、実際のインダクタDCRが20mΩで、PMBusのREAD_IOUTコマンドが3Aを返した場合、実際の負荷電流は1.5Aです。

ブーストコンデンサ

このデバイスは、ブートストラップ回路を使用してハイサイドMOSFETのターンオンに必要なゲート-ソース間電圧を生成します。ハイサイドnMOSはICに内蔵されているため、すべての設計に対してブーストコンデンサを固定にすることができます。MAX15303のブーストコンデンサは、0.22μFの低ESRセラミックコンデンサにしてください。

温度測定の実選

抵抗値と温度の関係の変動にデバイスが適応できるように、このデバイスの外部温度検出トランジスタは電流検出素子(インダクタまたは電流検出抵抗)の近くに配置してください。100pFのコンデンサをTEMPXとSGND間に配置することによって、ノイズを低減し温度測定の精度を向上

させることができます。TEMPXおよびSGNDのトランジスタへの接続は、ケルビン検出にしてください。デバイスのデフォルトの温度測定パラメータは、Fairchild MMBT3904とともに使用するために設計されています。他のトランジスタを使用する場合は、メーカーに問い合わせ適切なパラメータを入手してください。デフォルトの温度係数の設定は、銅の熱係数である3800ppm/℃です。この値は、銅の巻線を使用したインダクタに適合します。電流検出抵抗を使用する場合は、抵抗の値に合わせて温度係数を変更してください。デフォルトの温度測定パラメータは、PMBusコマンドのEXT_TEMP_CALを介して変更することができます。

電流制限の設定

このデバイスは、インダクタDCR電流検出または電流検出抵抗を利用した電流保護を提供します。電流検出素子の選択の詳細については、前の段落で説明しています。測定された電流がIOUT_FAULT_LIMITに等しいとき、デバイスはPMBusのIOUT_OC_FAULT_RESPONSEの設定によって定義された電流フォルトの動作を行います。最も高精度の電流検出を実現するため、PMBusを介してIOUT_CAL_GAINを電流検出素子と等しい値に設定してください。ピン設定されたIOUT_CAL_GAINの値のみを使用する場合は、RADDR1の抵抗を次のように選択してください。

$$IOUT_CAL_GAIN \geq DCR \times I_{OUT(MAX)} / 8A$$

出力電圧リモート検出

コモンモードノイズ感受性を低減するため、このデバイスは2つの専用の入力(OUTPおよびOUTN)を使用して出力差動電圧の検出を行います。この検出回路は、フィードバックループの一部です。出力電圧はこれらの2つの入力を介してデバイスに直接接続され、外付けの抵抗分圧器は不要です。検出信号内に誘導されるノイズを最小限に抑えるため、OUTP

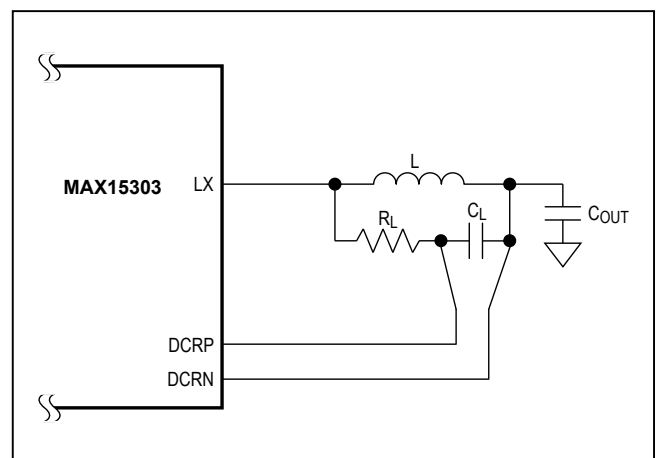


図9. 無損失 DCR 電流検出

およびOUTN端子へのPCBトレースは、所望の安定化検出ポイントへの差動ペアとして配線してください。100pF～1000pFのコンデンサをOUTPとOUTN間に直接配置することによって、ノイズを最小限に抑えることができます。

BabyBuckの部品の選択

このデバイスは、内部回路への給電および外部MOSFETのゲート駆動電圧供給用のDC-DCスイッチングレギュレータを内蔵しています。ドライバ回路を内蔵した競合製品は、リニアレギュレータを使用してこれらの電圧を供給するため、約6V以上の入力電圧で動作する場合に大幅な効率の損失につながります。特許出願中のBabyBuck回路は、標準アプリケーションでの全体的効率を全負荷時で1%以上、軽負荷状態で10%以上向上させます。

BabyBuckは、LBIとLBO間に接続された小型(1008サイズ)の低電流インダクタを使用します(図10)。BabyBuckには、飽和定格が少なくとも200mAの10μHのインダクタが推奨されます。2.2μFのセラミックコンデンサをGDRVとPGND間に接続してください。

効率が重要ではないアプリケーションの場合、インダクタを省略することが可能で、BabyBuckは自動的にリニアレギュレータとして動作します(図11)。この構成では、2.2μFのセラミックコンデンサでGDRVをPGNDに接続し、100kΩの抵抗を介してLBIをPWRに接続してください。PWRは常に1μFのセラミックコンデンサでPGNDに接続してください。

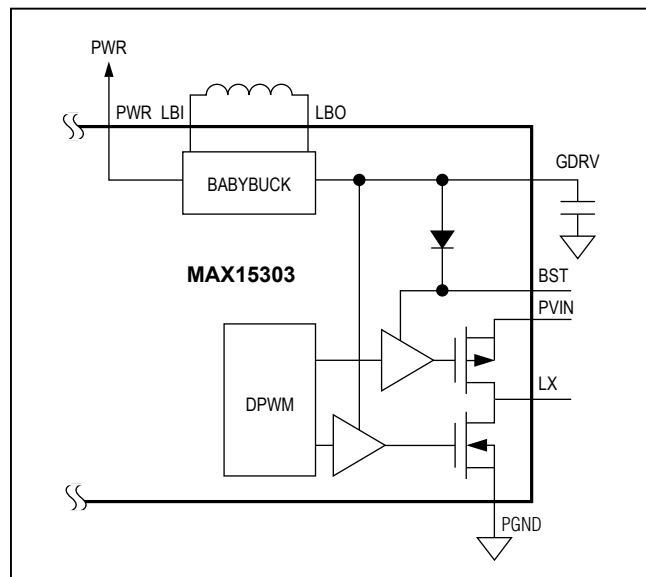


図 10. スイッチングレギュレータによるゲートドライバへの給電

PMBusアドレスとプルアップの選択

表4aに従ってADDR0およびADDR1の抵抗を選択し、選択したPMBusアドレスを設定してください。ADDR1の抵抗によってデフォルトのIOUT_CAL_GAINも設定されることに注意してください。他に同じPMBusアドレスのICがないことを確認してください。

SDAおよびSCLはオープンコレクタ入力/出力のため、2.5Vまたは3.3Vにプルアップする必要があります。適切なプルアップ抵抗の値および位置は、バス上の他のデバイス数、バスの総容量、バス上の各コンポーネントの駆動能力など、いくつかのシステムレベルの要件によって決まります。

設計例

標準動作回路の部品の値については、表8を参照してください。追加の例およびレイアウトの詳細については、MAX15303の評価キットを参照してください。

アプリケーション情報

PCBレイアウトのガイドライン

クリーンで安定した動作を実現するために、注意深いPCBレイアウトが非常に重要です。スイッチングパワー段には特に注意が必要です。MAX15303の評価キットは、動作することが分かっているレイアウトを提供します。要約すると、最高の放熱性能と信号完全性を実現するために、以下のガイドラインに従ってください。

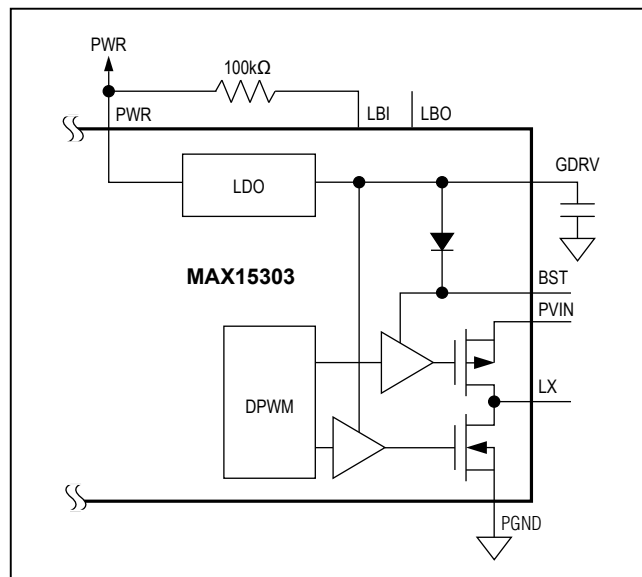


図 11. リニアレギュレータによるゲートドライバへの給電

- 1) 抵抗を使用してコマンド値を設定する場合は、そのリターン端子をSGNDに接続してください。
- 2) 電源グランドプレーン(PGNDに接続)、デジタルリターン(DGNDに接続)、およびアナロググランドプレーン(SGND)を、デバイスの近くの1点で接続してください。
- 3) セラミックデカップリングコンデンサで、GDRVをPGNDに、3P3をSGNDに、1P8をDGNDに接続してください。コンデンサはできる限り端子の近くに配置してください。
- 4) PVINから入力コンデンサを通してPGNDへの大電流ループの長さを最小限に抑えてください。これを実現するには、2つの入力コンデンサを使用して、MAX15303の評価キットのデータシートに記載されたようにそれらを配置するのが最良の方法です。
- 5) 内蔵スイッチングMOSFETからの電力の除去に役立てるため、LX端子の位置およびその周辺から出力インダクタまで、およびPGND上に十分な銅領域を設けてください。放熱性能のためのLXの銅面積と電磁放射の間の適切なバランスを維持してください。
- 6) 高速スイッチング端子(BSTおよびLX)は、敏感な検出入力(OUTP、OUTN、DCRP、DCRN、TEMPX)から遠ざけて配線してください。
- 7) DCRP / DCRNおよびOUTP / OUTNのトレースは、差動ペアとして配線してください。

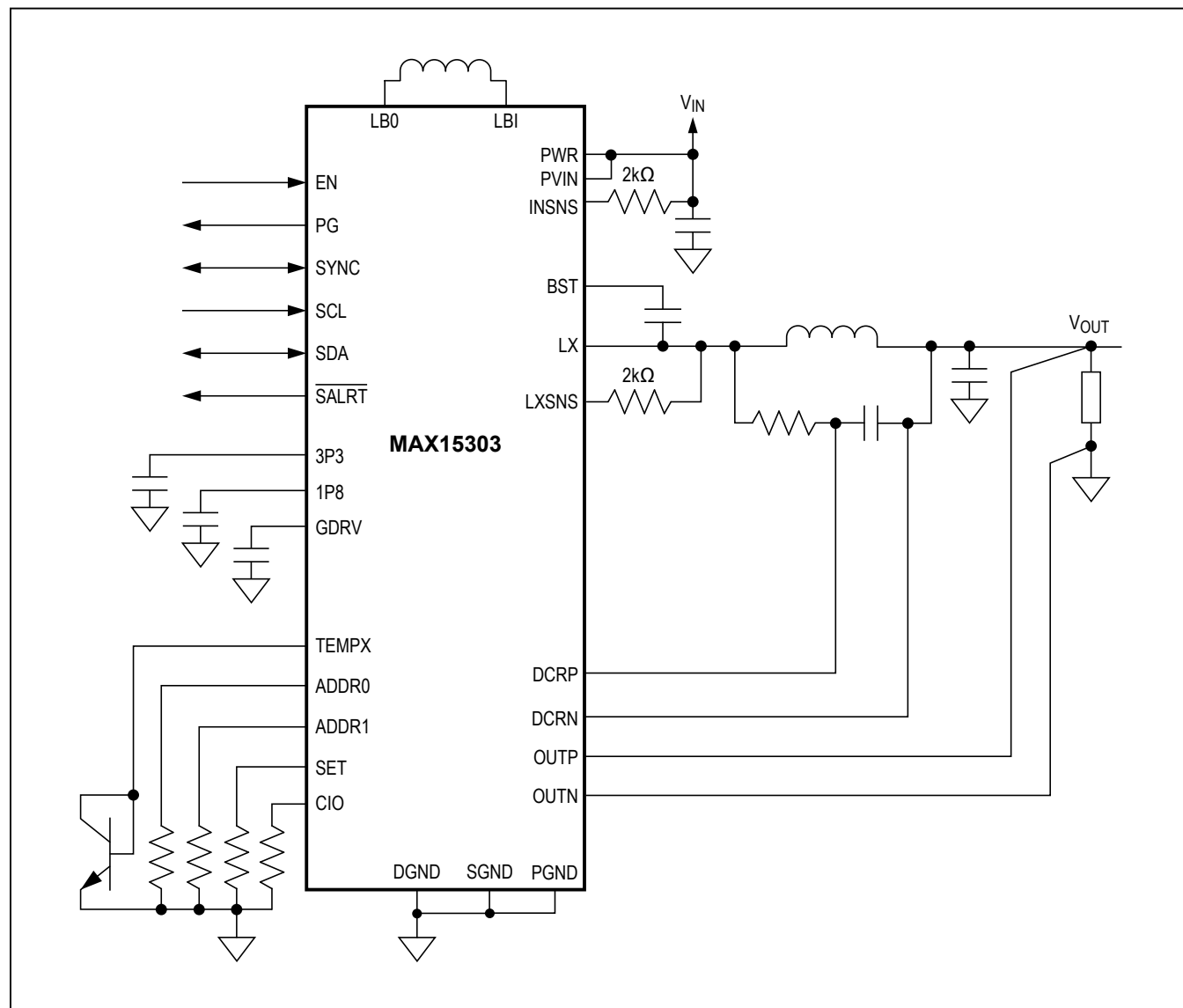
熱的レイアウト

MAX15303は、内部の半導体接合部から熱を除去するためのエクスポーズドパッドを備えた小型40ピンTQFNパッケージ(6mm x 6mm)で提供されます。エクスポーズドパッドは、デバイスのパッケージの真下でPCB上の銅にはんだ付けする必要があり、 θ_{JA} が約40°C/Wに低減されます。デバイスの温度が+115°Cを超えて上昇すると、デバイスはシャットダウンします(このスレッシュホールドはPMBusコマンドを使用して変更可能です)。このデバイスの推奨レイアウト方法を示す評価キットが利用可能です。

表8. 標準部品値

COMPONENT	APPLICATION 1
Input Supply	12V
Output Voltage	3.3V
R _{SET}	51.1kΩ
Output Current	6A
R _{ADDR1}	5.1kΩ for PMBus 0x30 and IOUT_CAL_GAIN = 4mΩ
R _{ADDR0}	44.2kΩ for PMBus address 0x30
Switching Frequency	600kHz
R _{SYNC}	12.7kΩ
Inductor L1	1.8μH, 4mΩ, Würth 7447798180
Inductor L2	10μH, Würth 74479889310, 10μH, TDK NLCV25T-100K
R _{FILTER}	2kΩ
C _{FILTER}	0.22μF
Output Capacitance	2 x 100μF, X5R, 1206, 6.3V
Input Capacitance	3 x 47μF, X5R, 1210, 16V

標準動作回路



型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE	FIRMWARE
MAX15303AA00+CM	-40°C to +85°C	40 TQFN-EP*	4196

+は鉛(Pb)フリー/RoHS準拠パッケージを表します。

*EP = エクスPOSEドパッド

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(フットプリント)は www.maximintegrated.com/jp/packaging 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に注意してください。

パッケージ タイプ	パッケージ コード	外形図 No.	ランド パターンNo.
40 TQFN-EP	T4066M-5	21-0141	90-0055

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	3/14	初版	—
1	1/15	「利点および特長」の項を更新	1



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 Integratedは完全にMaxim Integrated製品に組み込まれた回路以外の回路の使用について一切責任を負いかねます。回路特許ライセンスは明言されていません。Maxim Integratedは随時予告なく回路及び仕様を変更する権利を留保します。「Electrical Characteristics (電気的特性)」の表に示すパラメータ値(min、maxの各制限値)は、このデータシートの他の場所で引用している値より優先されます。

Maxim Integrated 160 Rio Robles, San Jose, CA 95134 USA 1-408-601-1000

32