



I²C インターフェース、ダイナミック電圧スケーリング、 短絡保護機能を備えた 5A 昇圧コンバータ

MAX77371

概要

MAX77371 は超音波帯で動作する高性能昇圧コンバータで、入力電圧範囲は 2.5V~5.5V、設定可能なスイッチング電流制限は最大 5.0A です。この IC は、軽負荷時には超音波モード ($f_{sw} > 25\text{kHz}$) で動作し、負荷電流が高くなるとスキップ・モードや CCM モードの動作に移行します。強制 PWM モードで動作するように選択することもできます。

出力電圧は 4.5V~10.0V の広い範囲で調整できます。

MAX77371 は True Shutdown モードを備えており、EN ピンがローにプルダウンされると V_{IN} と V_{OUT} を切断します。また、短絡、過電流、過電圧、過熱の保護機能も搭載しています。MAX77371 は、20 パンプ、0.35mm ピッチのウェハ・レベル・パッケージ (WLP) を採用しています。

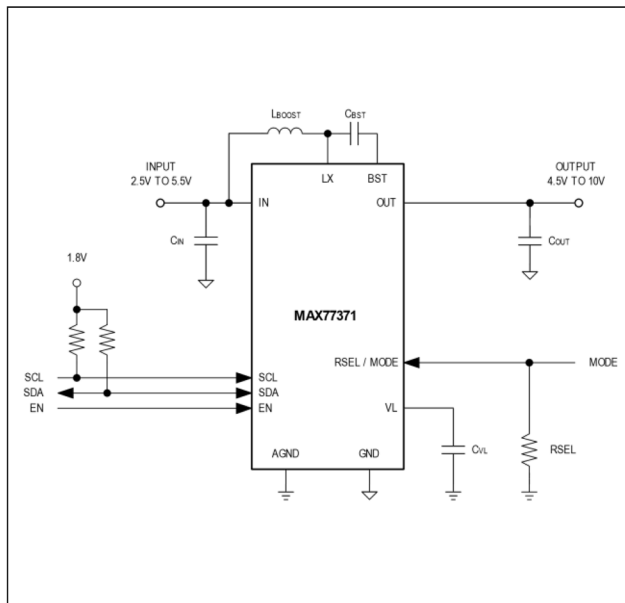
アプリケーション

- AR/VR レーザ・ドライバのバイアス
- ワイヤレス充電回路のバイアス

特長と利点

- 入力電圧範囲：2.5V~5.5V
- 出力電圧範囲：4.5V~10.0V
- サイクルごとのインダクタ電流制限：最大 5.0A
- ピーク効率：95%
- I²C シリアル・インターフェースで以下に対応：
 - ダイナミック電圧スケーリング (DVS)
 - モード設定
 - 電流制限の調整
- 超音波モード (USM、 $f_{sw} > 25\text{kHz}$) により、軽負荷動作時の可聴音響干渉を軽減
- スwitchング周波数：2MHz
- 強制 PWM (FPWM) 動作
- True Shutdown モード
 - 出力を入力から切断し、順方向／逆方向電流を遮断
- 出力短絡保護
- 過電流保護
- 過電圧保護
- サーマルシャットダウン保護
- パッケージ：
 - 20 パンプ WLP (1.89mm × 1.46mm、0.35mm ピッチ)
- 動作温度範囲：-40°C~+125°C

簡略アプリケーション回路図



型番は、データシートの末尾に記載しています。

絶対最大定格

IN~AGND	-0.3V~+6.0V
SDA、SCL~AGND	-0.3V~+2.0V
EN、RSEL~AGND	-0.3V~IN + 0.3V
VL~AGND	-0.3V~+2.2V
GND~AGND	-0.3V~+0.3V
OUT~GND	-0.3V~+17.8V
LX の実効値電流	-4.0A~+4.0A
LX~GND	-0.3V~OUT + 0.3V
BST~GND	-0.3V~LX + 2.0V

出力短絡持続時間	連続
連続消費電力 (T _A = +70°C) (+70°C を超えると 15.73mW/°C で ディレーティング)	1258.46mW
動作ジャンクション温度範囲	-40°C~+125°C
最高ジャンクション温度	+150°C
保管温度範囲	-65°C~+150°C
リード温度 (はんだ付け処理、10 秒)	+300°C
はんだ付け処理温度 (リフロー)	+260°C

Note 1: LX ピンは GND と OUT の間で内部クランプされています。これらのダイオードには、スイッチング遷移時に順方向バイアスをかけることができます。安全な動作のため、遷移中の最大 LX 電流は最大 RMS 電流定格以内になるようにします。

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、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でデバイスが正常に動作することを意味するものではありません。デバイスを長時間絶対最大定格状態に置くとデバイスの信頼性に影響を与えます。

パッケージ情報

Package Code	W201A1+1
Outline Number	21-100717*
Land Pattern Number	Refer to Application Note 1891
Thermal Resistance, Four Layer Board:	
Junction-to-Ambient (θ _{JA})	63.57°C/W
Junction-to-Case Thermal Resistance (θ _{JC})	N/A

*外形図に関してはアナログ・デバイセズ社にお問い合わせください。

電気的特性

(特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{OUT} = 7.0V、EN = ハイ、T_J = -40°C ~ +125°C、表 2 を参照。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage Range	V _{IN}	Guaranteed by output accuracy test	2.5		5.5	V
Input Voltage UVLO	V _{IN_UVLO}	V _{IN} rising	2.0	2.1	2.2	V
		V _{IN} falling	1.8	1.9	2.0	
Supply Current into IN	I _{Q_IN}	V _{EN} = V _{IN} , not switching when in skip mode, V _{OUT} = 4.5V to 10.0V, T _J = -40°C to +85°C, (Note 3)		15	30	μA
		V _{EN} = V _{IN} , not switching when in ultrasonic mode, V _{OUT} = 4.5V to 9.0V, T _J = -40°C to +85°C, (Note 3)		240		
Input Shutdown Current	I _{SD_IN}	V _{EN} = 0V, V _{OUT} = 0V, T _J = +25°C		100	200	nA
LX Maximum Duty Cycle	DC_MAX	T _J = +25°C (Note 4)		90		%
POWER SWITCHES						
High-Side R _{DS(on)}	R _{DS_H}			30	57	mΩ
Low-Side R _{DS(on)}	R _{DS_L}			30	57	mΩ
Load Switch	R _{DS_LSW}			30	57	mΩ
OUTPUT VOLTAGE						
Output Voltage Range	V _{OUT}	Guaranteed by output accuracy test. V _{OUT} > V _{IN} + 200mV	4.5		10.0	V
Output Accuracy	V _{OUT_ACC}	Measured when the part in FPWM (Note 5)	-1.0		+1.0	%
Output Accuracy in USM	V _{OUT_ACC_USM}	Measured when the part is in ultrasonic or skip mode at no load, V _{OUT} = 4.5V to 9.0V, T _J = -40°C to +85°C (Note 5)			+4	%
DC Load Regulation	ACC_LOAD	Load from 50mA to I _{OUT} at 80% of peak inductor current limit (5.0A setting)		-1.0		%
DC Line Regulation	ACC_LINE	Duty cycle varied from 25% to maximum		-1.0		%
Overvoltage Protection Threshold	V _{OVP}			17.2		V
Overvoltage Protection Release Threshold	V _{OVP_REL}			16.5		V
SWITCHING PERFORMANCE						
Switching Frequency	f _{SW}	V _{IN} = 2.5V to 5.5V, DC_MAX > DC > 22%, T _J = +25°C		2.0		MHz
LX t _{ON}	t _{ON}	V _{IN} = 3.3V, V _{OUT} = 5.0V (Note 6)	136	170	204	ns
		V _{IN} = 3.3V, V _{OUT} = 7.0V (Note 6)	211	264	317	
LX Minimum t _{ON}	t _{ON_MIN}	(Note 6)	40	50	60	ns
LX Minimum t _{OFF}	t _{OFF_MIN}			120		ns
LIGHT LOAD PERFORMANCE						
Ultrasonic Mode Minimum Switching Frequency	f _{USM}	V _{IN} = 2.5V to 5.5V, V _{OUT} - V _{IN} > 250mV	25	31	36	kHz
Zero Crossing Threshold	I _{ZX_LX}	Out of ultrasonic mode, operating in skip mode (Note 7)	75	150	225	mA
STARTUP						

(特に指定のない限り、V_{IN} = 3.3V、V_{OUT} = 7.0V、EN = ハイ、T_J = -40°C ~ +125°C、表 2 を参照。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
Soft-Start Rate	dV/dt	V _{IN} = 3.3V, V _{OUT} from 5.0V to 10.0V, in boost mode, C _{OUT_EFF} = 10μF, T _J = +25°C			1.0		V/ms
ENABLE, RSEL, ACTIVE DISCHARGE							
Required Select Resistor Accuracy	ACC _{RSEL}	Use the resistor from the RSEL Selection table		-1		+1	%
Select Resistor Detection Time	t _{RSEL}	C _{RSEL} < 2pF, (Note 8)			600	1320	μs
Active Discharge Resistance	R _{DIS}	Between OUT and GND			100	200	Ω
Enable Input Leakage	I _{LEAK_EN}	T _J = +25°C, V _{EN} = 5.5V			1	150	nA
Enable Voltage High Threshold	V _{IH}	V _{EN} rising, LX begins switching			0.8	1.2	V
Enable Voltage Low Threshold	V _{IL}	V _{EN} falling, LX stops switching		0.4			V
RSEL/MODE High Threshold	V _{IH}	V _{MODE} rising			0.8	1.2	V
RSEL/MODE Low Threshold	V _{IL}	V _{MODE} falling		0.4			V
PROTECTION							
Inductor Peak Current Limit	I _{PEAK_LX}	V _{OUT} = 7.0V (Note 7)	Default OTP recipe	4.5	5.0	5.5	A
			Default OTP recipe	3.6	4.0	4.4	
Short Circuit Current Limit	I _{SC}	V _{IN} > V _{OUT}		560	700	890	mA
Thermal Shutdown Threshold	T _{SHUT_R}	T _J rising			165		°C
	T _{SHUT_F}	T _J falling			150		
SDA AND SCL I/O STAGE							
SCL, SDA Input High Voltage	V _{IH}	SCL, SDA pulled to 1.2V or 1.8V		0.8			V
SCL, SDA Input Low Voltage	V _{IL}	SCL, SDA pulled to 1.2V or 1.8V				0.4	V
SCL, SDA Input Leakage Current	I _{SCL_SDA_LKG}	SCL, SDA pulled to 1.2V or 1.8V, V _{SCL} = V _{SDA} = 0V and 2.0V		-10		+10	μA
SDA Output Low Voltage	V _{OL}	Sinking 20mA				0.4	V
SCL, SDA Pin Capacitance	C _{IN}	SCL, SDA pulled to 1.2V or 1.8V			10		pF
Fall Time from V _{IH} to V _{IL}	t _{FALL} (Note 9)					120	ns
I ² C Enable Time	t _{I2C_EN}	EN = high to first I ² C command			900		μs
I ² C-COMPATIBLE INTERFACE TIMING (STANDARD, FAST, AND FAST-MODE PLUS) (Note 9)							
Clock Frequency	f _{SCL}			0		1000	kHz
Hold Time (REPEATED) START Condition	t _{HD_STA}			0.26			μs
SCL Low Period	t _{LOW}			0.5			μs
SCL High Period	t _{HIGH}			0.26			μs
Setup Time (REPEATED) START Condition	t _{SU_STA}			0.26			μs

(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $V_{OUT} = 7.0V$ 、 $EN = \text{ハイ}$ 、 $T_J = -40^{\circ}C \sim +125^{\circ}C$ 、表 2 を参照。)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Data Hold Time	t_{HD_DAT}		0			ns
Data Setup Time	t_{SU_DAT}		50			ns
Setup Time for STOP Condition	t_{SU_STO}		0.26			μs
Bus Free Time Between STOP and START Conditions	t_{BUF}		0.5			μs
Pulse Width of Suppressed Spikes	t_{SP}	Maximum pulse width of spikes that must be suppressed by the input filter		50		ns

Note 2 : 仕様規定された動作温度範囲および電源電圧範囲における制限値は、設計、特性評価、および製品テストにより確保されています。また、製品テストは室温でのみ実施しています。

Note 3 : 計測はテスト・モードで実施しています。

Note 4 : LX 周波数の計測により確保されます。LX のオンタイムは V_{IN} に従って変動するため、最大デューティサイクルは入力電圧の関数となります。

Note 5 : これには、負荷、ライン・レギュレーション、および出力電圧リップルの影響は含まれません。

Note 6 : 遅延は含まれません。

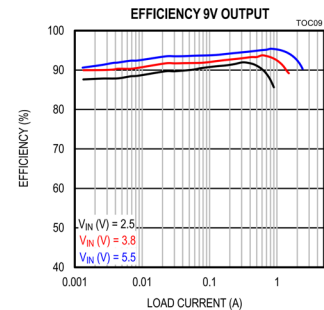
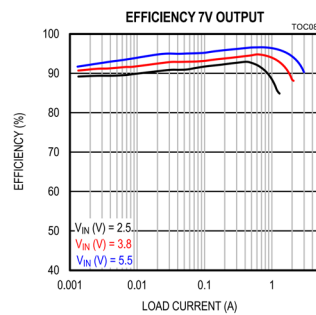
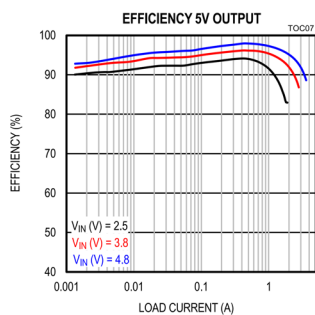
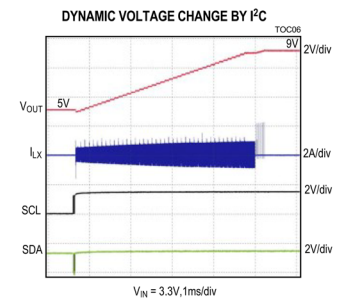
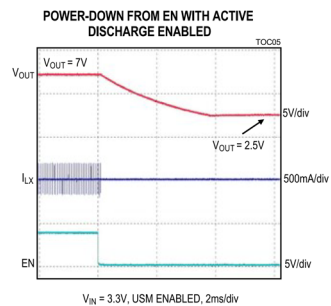
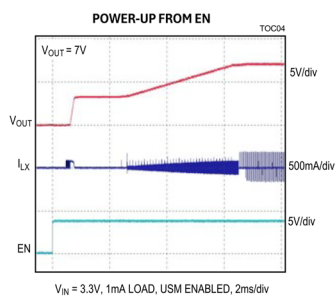
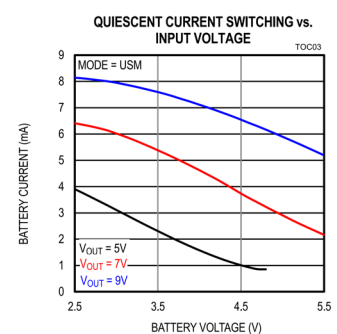
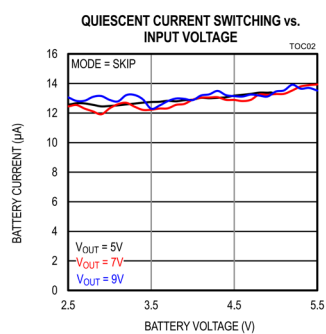
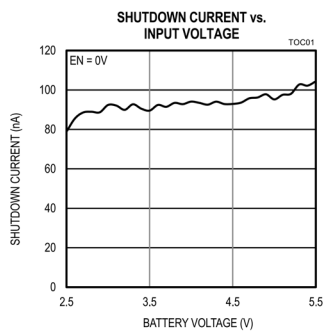
Note 7 : これは静的な測定結果です。伝搬遅延のため、実際のピーク電流制限値は V_{IN} と L に依存します。

Note 8 : RSEL の値を特定するために必要な時間です。起動時間に加算されます。

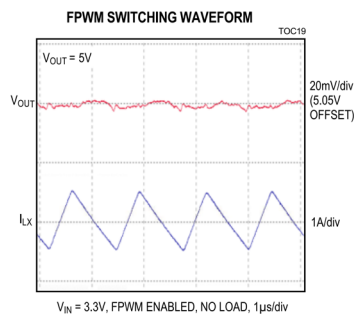
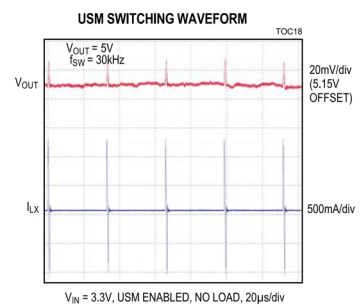
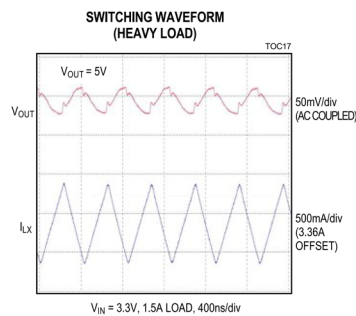
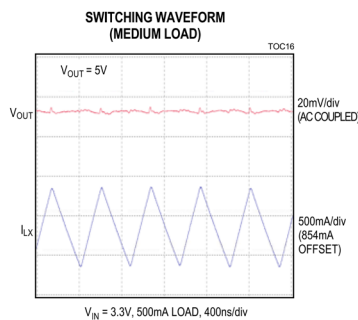
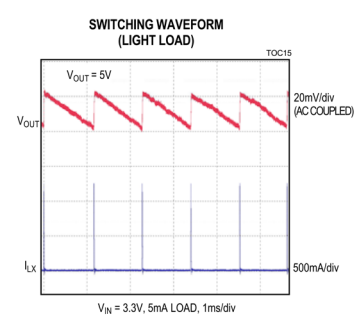
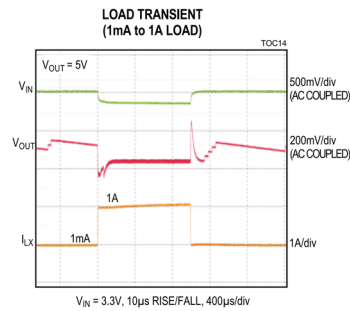
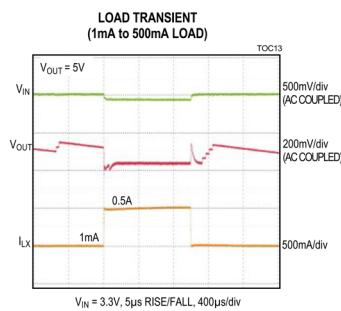
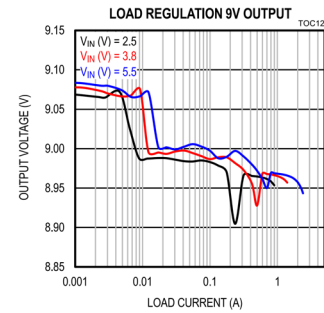
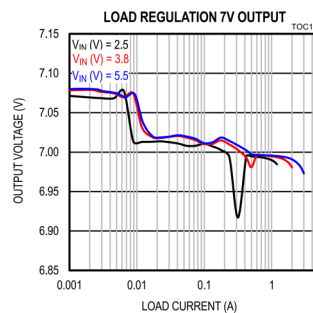
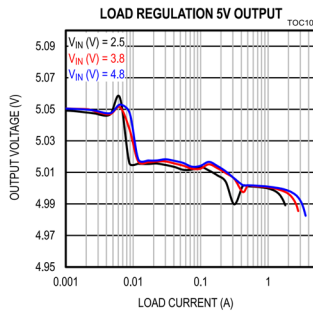
Note 9 : 設計ガイドラインのみ。製品テストの対象外です。

標準動作特性

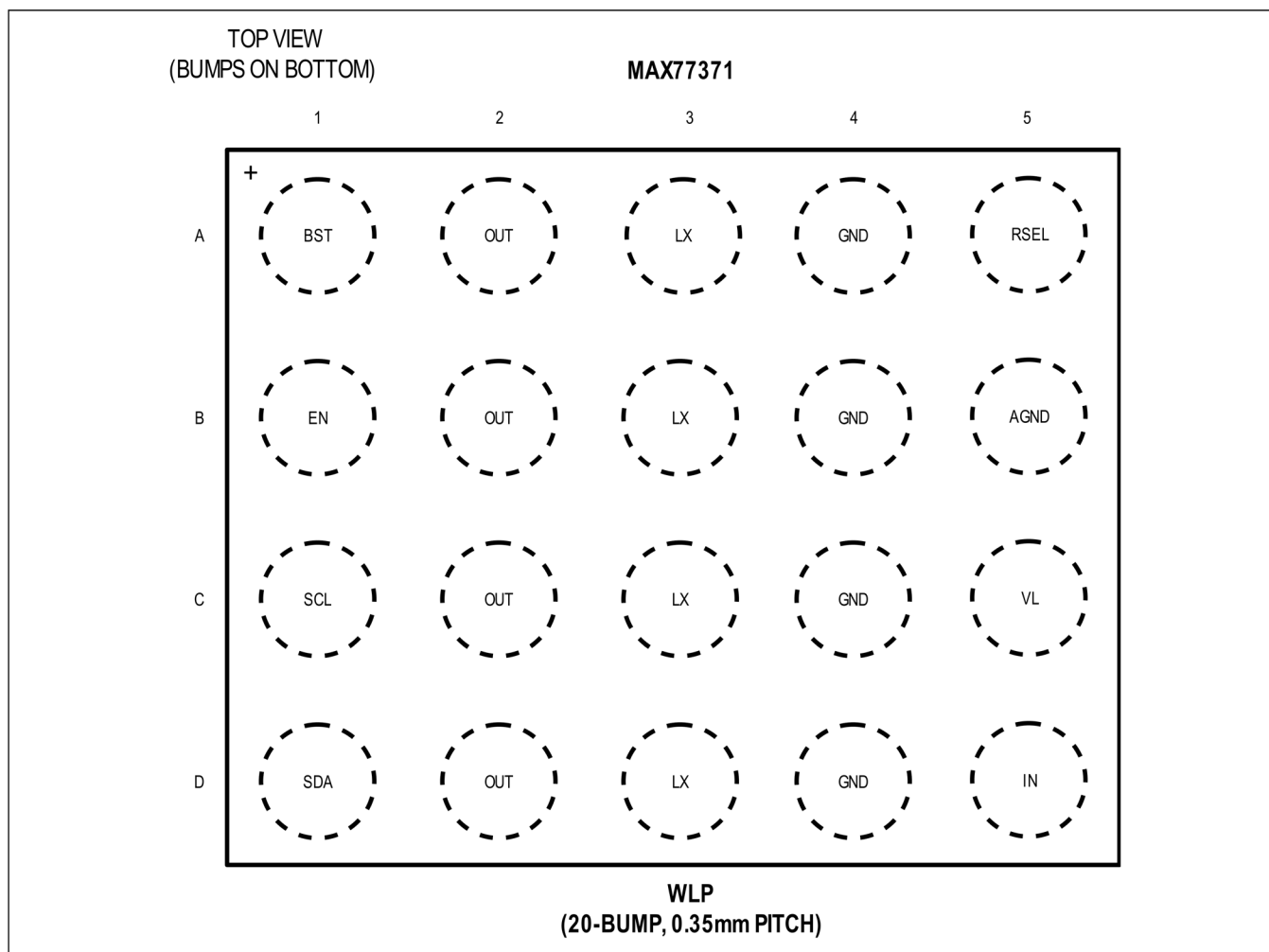
(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $V_{OUT} = 7V$ 、 $I_{PEAK} = 5A$ 、 $L = CIGW252012TMR47ML$ (0.47 μH)、モード=スキップ。)



(特に指定のない限り、 $V_{IN} = 3.3V$ 、 $V_{OUT} = 7V$ 、 $I_{PEAK} = 5A$ 、 $L = CIGW252012TMR47ML$ ($0.47\mu H$)、モード=スキップ。)



ピン配置



端子説明

端子	名称	機能	タイプ
A1	BST	ハイサイド MOSFET を駆動するブートストラップ・ピン。LX ピンと BST ピンの間には、ループ・インダクタンスを最小限に抑えた状態で 100nF のコンデンサを接続してください。	Power
A2, B2, C2, D2	OUT	出力ピン。OUT と GND の間にセラミック・コンデンサを接続します。	Power
A3, B3, C3, D3	LX	スイッチング・ノード・ピン。LX と入力電源ノードの間にインダクタを接続します。	Power
A4, B4, C4, D4	GND	電源グラウンド・ピン。システムの GND に接続します。	Ground
A5	RSEL/MODE	設定およびモード選択ピン。RSEL と GND の間に抵抗を接続して目的の設定を選択します。デバイスが動作を開始すると、RSEL 回路はディスエーブルされ、このピンはデジタル入力に設定されます。パワーアップ後にこのピンをハイに駆動すると、強制 PWM モードが有効になります。このピンをローにするか、ローのままに保持すると、起動時に設定された、軽負荷時に効率的な動作モードに戻ります（表 2 参照）。このピンの合計容量が 2pF 未満になるように注意を払ってください。駆動信号は、V _{IN} より高くはできません。また、外部信号ドライバが、非常に低いインピーダンスの RSEL 抵抗を駆動するには十分な能力を持っていない可能性があります。その場合は、I ² C インターフェースを通じて強制 PWM 動作を使用する必要があります。	Analog/Digital
B1	EN	入力ピンのイネーブル。このピンを 1.2V より高くすると、昇圧コンバータがイネーブルされます。0.4V より低くするとデバイスはディスエーブルされ、True Shutdown モードに入ります。この機能を使わない場合は、IN に接続してください。駆動信号は、V _{IN} より高くはできません。	Digital
B5	AGND	アナログ・グラウンド・ピン。システムの GND に接続します。	Ground
C1	SCL	オープン・ドレインの I ² C クロック入力ピン。1.2V または 1.8V のシステムの V _{IO} 電源レールにプルアップしてください。	Digital
C5	VL	1.8V 内部レギュレータの出力ピン。このピンと GND の間には 1.0μF のコンデンサを接続してください。	Power
D1	SDA	オープン・ドレインの I ² C データ・ピン。1.2V または 1.8V のシステムの V _{IO} 電源レールにプルアップしてください。	Digital
D5	IN	入力ピン。IN とグラウンドの間には 22μF のセラミック・コンデンサを接続してください。アプリケーション固有の要件によって、追加の容量が必要になる場合があります。	Power

OTP オプション

MAX77371A は、RSEL 機能および外部 RSEL 抵抗によってデフォルト機能を選択できます。MAX77371P の RSEL 機能は無効化されており、デフォルト機能は不揮発性メモリに事前設定されています（表 1 参照）。どちらのデバイスも同じ I²C アドレス（0x20）、7 ビット表示を使用します。

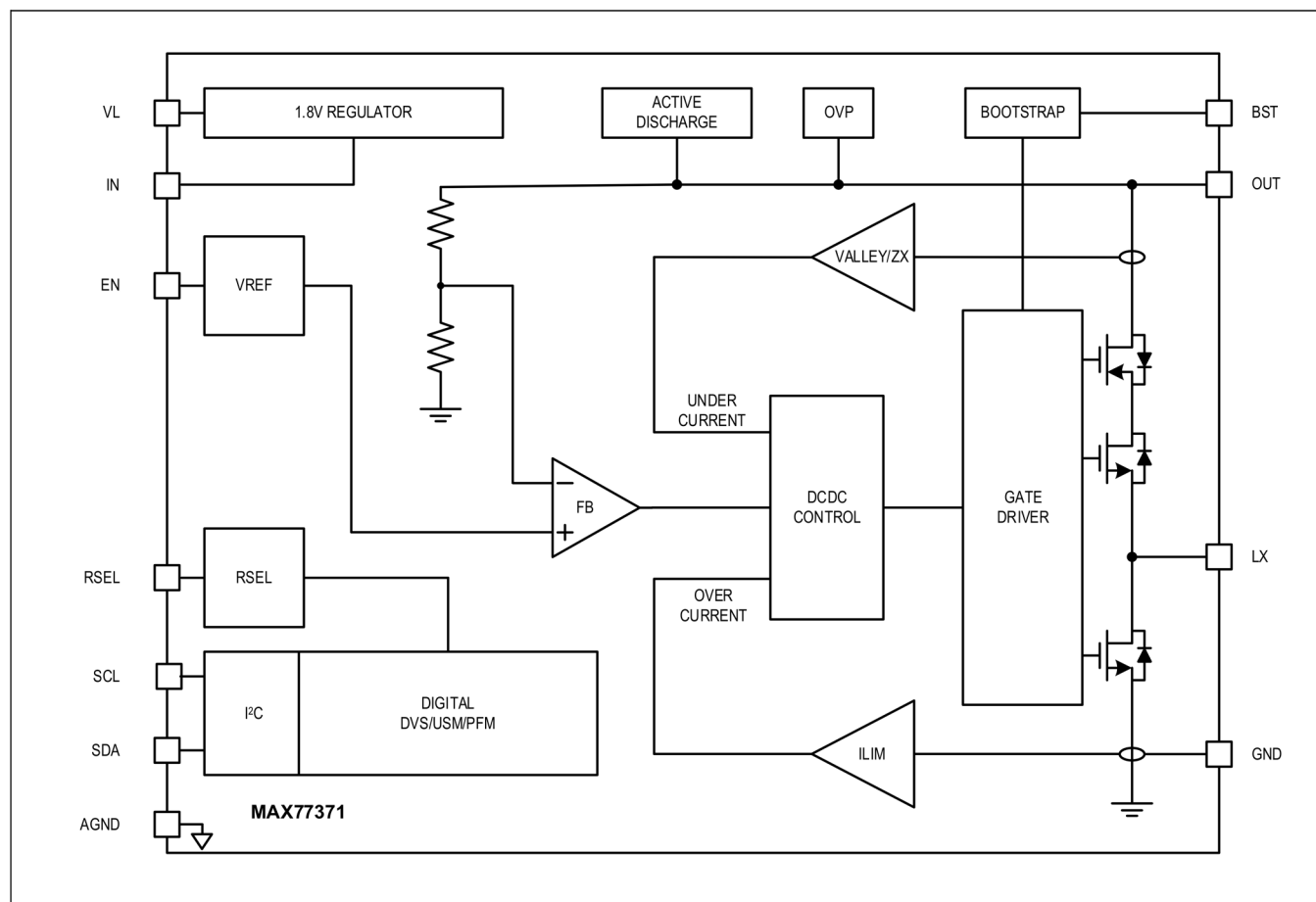
表 1. OTP オプション表

FEATURES	PART NUMBER	PART NUMBER
	MAX77371AAWP+	MAX77371PAWP+
I ² C Address	0 x 20*	0 x 20*
ILIM	RSEL**	5A
USM	RSEL**	No
V _{OUT}	RSEL**	5.1V

* 7 ビット表示。

** デフォルト機能は RSEL で選択。

機能図



詳細説明

MAX77371 は入力電圧範囲が 2.5V~5.5V の超音波帯動作昇圧コンバータです。RSEL と GND の間に外付け抵抗を 1 つ接続するか、I²C でアクセス可能なレジスタを使用して、出力電圧を 4.5V~10.0V の範囲で調整できます。本 IC は、ユーザ選択または負荷条件に応じて、超音波モード (USM)、スキップ・モード、不連続導通モード、および連続導通モード (CCM) で動作します。超音波モードでは、軽負荷時でも IC のスイッチング周波数を 25kHz より高く保持し、可聴周波数領域に入らないようにします。本 IC は、FPWM モードを有効化することにより、負荷レベルによらず CCM モードで動作することができます。サイクルごとのスイッチ電流制限、サーマルシャットダウン、過電圧保護、短絡保護の機能を備えており、システムおよびデバイス自体を保護します。

動作

RSEL 設定の機能を用いることにより、本 IC を自動スキップ・モード、または自動超音波モードに設定できます。自動スキップ・モードでは、軽負荷時にスイッチング周波数を低くすることで効率が向上します。自動超音波モードでは、25kHz の最低スイッチング周波数が適用されます。超音波モードは、I²C でアクセス可能なレジスタによっても制御できます。

本 IC は、FPWM モードの動作が可能です。このモードでは、負荷レベルによらず、約 2.0MHz のほぼ一定のスイッチング周波数にできます。RSEL/MODE ピンを通じて、または I²C でアクセス可能なレジスタを使用することで、このモードを制御できます。

スキップ・モード

スキップ・モードでは、MAX77371 はスイッチング・サイクルをスキップすることにより、より高いスレッシュホールド（公称 2%）で出力電圧を安定化します。これにより、軽負荷条件でのスイッチング損失を低減し、効率を向上させます。

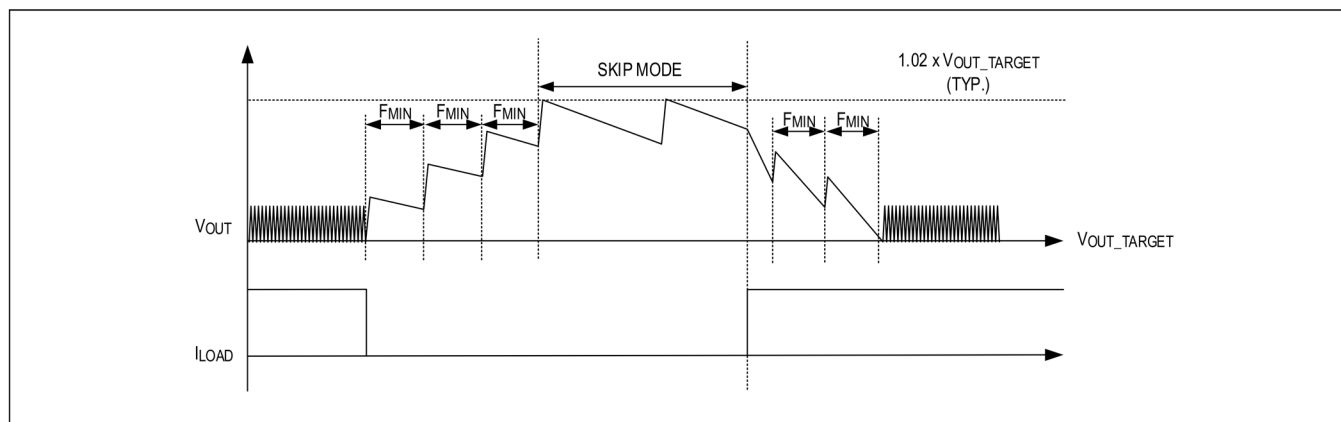


図 1. スキップ・モード動作

超音波モード

本 IC は、30kHz（代表値）のスイッチング周波数でシームレスにコンバータが動作する超音波モード（USM）を備えており、軽負荷動作時に可聴音響ノイズによる干渉が発生しないようにします。USM 回路は最低スイッチング周波数をクランプすることにより動作します。負荷電流が減少すると、スイッチング周波数は 30kHz（代表値）に達するまで低下します。この時点で USM が有効となります。USM では、IC は 30kHz（代表値）でスイッチングし、出力電圧が目標出力電圧より 2%高い値に達するまでこれを続けます。その後、デバイスは約 30kHz（代表値）でスイッチングを続け、インダクタ電流が 0A を交差した後も昇圧放電サイクルを維持します。これにより出力コンデンサは入力側に放電します。この追加サイクルは出力電圧を増加させないために必要です。

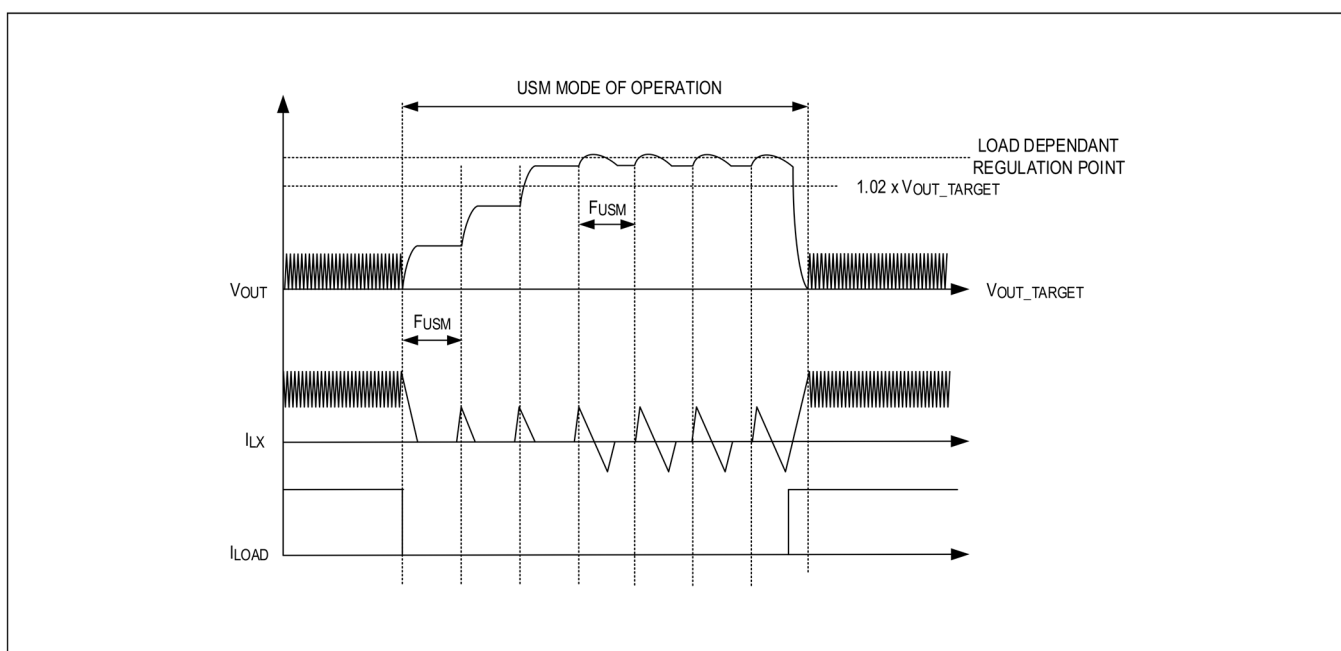


図 2. 超音波モード動作

強制 PWM および連続導通モード

強制 PWM モードは、ピン（RSEL/MODE）を通じて、または I²C でアクセス可能なレジスタを使用することで有効化できます。強制 PWM モードでは、全負荷範囲にわたり約 2MHz のほぼ一定のスイッチング周波数を維持します。負荷電流が減少すると、内部エラー・アンプの出力が減少することでインダクタのピーク電流が低下し、供給電力が減少します。ハイサイド FET は、FET を流れる電流が負になってもオフになりません。これにより、重負荷時のスイッチング周波数を維持します。

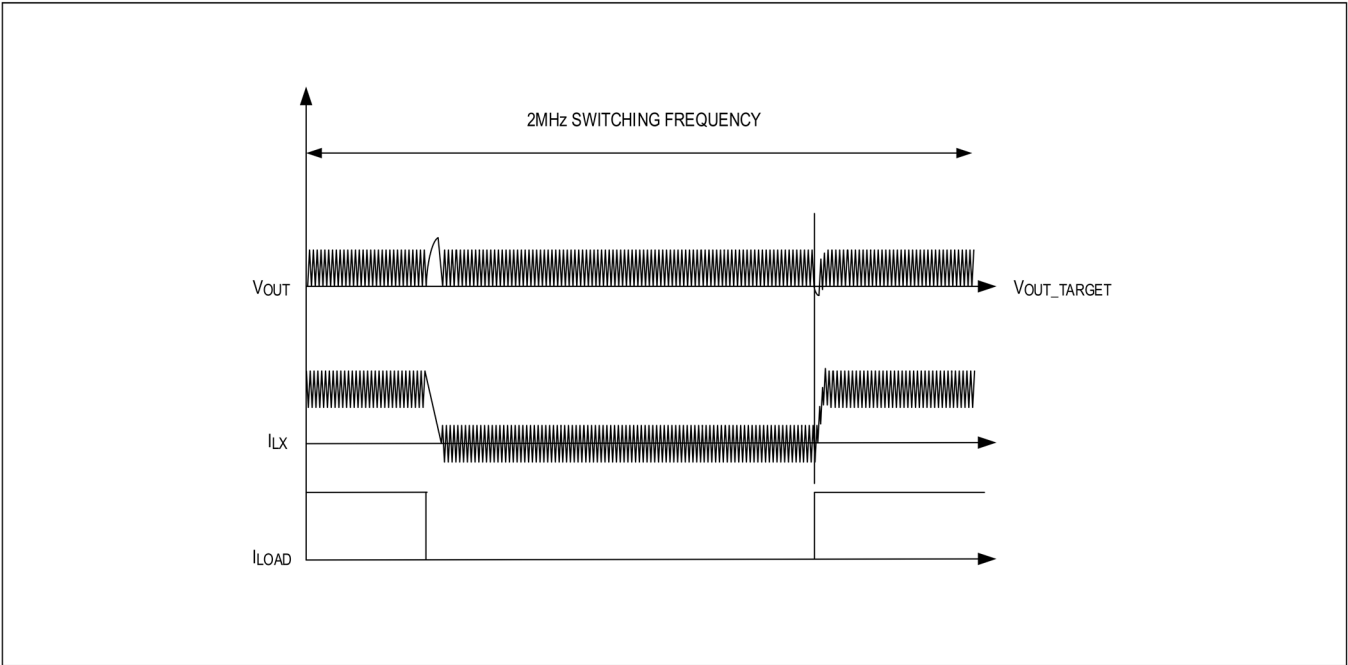


図 3. 強制 PWM 動作

設定の選択

本 IC は、1 個の抵抗で出力を選択する独自の方法を採用しており、RSEL と GND の間に接続した抵抗を使用して様々なデバイス設定を選択できます。単一の RSEL を使用することで、次のような利点があります。

- 2つの抵抗を使用する一般的なフィードバック接続に対して、1つの抵抗しか必要としないため、コストの低減とサイズの小型化が可能。
- 動作中にフィードバック抵抗列での電力損失が発生しないため、高い効率を得られる。
- ユーザは在庫管理システムに本製品を 1つ登録するだけで済み、標準的な 1%抵抗を 1つ変えるだけで、出力電圧が異なる複数のプロジェクトに使用可能。

表 2. RSEL の表

OUTPUT VOLTAGE (V)	ILIM (A)	DCM MODE	RSEL (Ω)*
4.5	5.0	USM	OPEN
5.0	5.0	USM	100000
5.5	5.0	USM	86600
6.0	5.0	USM	75000
6.5	5.0	USM	64900
7.0	5.0	USM	56200
7.5	5.0	USM	48700
8.0	5.0	USM	42200
8.5	5.0	USM	36500
9.0	5.0	USM	30900
10.0	5.0	Skip	26100

OUTPUT VOLTAGE (V)	ILIM (A)	DCM MODE	RSEL (Ω)*
4.5	4.0	USM	2870
5.0	4.0	USM	2490
5.5	4.0	USM	2150
6.0	4.0	USM	1870
6.5	4.0	USM	1620
7.0	4.0	USM	1400
7.5	4.0	USM	1210
8.0	4.0	USM	1050
8.5	4.0	USM	909
9.0	4.0	USM	768
10.0	4.0	Skip	649
Special Trim**	—	—	Short to Ground

*RSEL ピンには標準的な 1%抵抗を使用。

** Special Trim については、アナログ・デバイセズの販売代理店にお問い合わせください。

MAX77371GAWP+と MAX77371PAWP+の各バージョンでは、RSEL 機能は無効化されています。OTP により、デフォルトの出力電圧は 5.0V、ピーク電流は 5.0A、動作モードはスキップ・モードに設定されています。RSEL/MODE ピンは MODE 機能としてのみ使用します。このピンは起動時にトライステートになっており、FPWM の有効化には使用できません。起動が完了すると、MODE ピンをハイ/ローにできるようになり、FPWM 動作への、または FPWM 動作からのモード変更が可能です。I²C インターフェースを使用して、デフォルト設定を読み出したり、設定を変更したりできます。

アクティブ放電

本 IC は、アクティブ放電機能の設定が可能です。アクティブ放電機能は、デフォルトで有効化されており (OUT_DIS = 0)、I²C を通じて無効化 (OUT_DIS =1) することができます。アクティブ放電機能により、昇圧レギュレータがオフになったときに内部 100Ω 抵抗を通じて短時間で V_{OUT} から PGND へ放電することができます。昇圧レギュレータは EN をローにすることにより、オフにできます。

アクティブ放電が有効化されている場合の出力電圧の放電レートは、出力容量、外部負荷、内部アクティブ放電抵抗の関数です。アクティブ放電が無効化されている場合の出力電圧の放電レートは、出力容量と外部負荷の関数です。

イネーブルとディスエーブル

本 IC は、入力電圧が UVLO スレッショルドを上回り、EN ピンが 1.2V より高いとイネーブルされます。EN ピンが 0.4V を下回ると IC は True Shutdown モードに入ります。この機能を使用しない場合は、EN を IN に接続してください。EN 駆動信号は、V_{IN} より高くはできません。

EN がローになると、スイッチングを停止し、出力は 4.0ms の間放電できるようになり、4.0V (公称) を下回るとアクティブ放電回路が停止します。

起動

本 IC の起動シーケンスは、EN がロジック・ハイに遷移するか、EN が IN に接続されている場合は入力電圧が立上がり UVLO スレッショルドを超えると開始します。最初に、RSEL を取得します。通常、これには 600μs かかります。次に、LX ピンが数サイクルの間ローになり、BST コンデンサが適切に充電されます。この後、出力が、入力電圧レベルに達するまでの間 700mA の一定値で直線的に充電されます。続いて、内部リファレンスが出力レベルに追従するとすぐに昇圧レギュレータがオンになり、昇圧レギュレータのソフトスタート・ルーチンが開始されます。IC は、1V/ms の上昇率でソフトスタートを実行し、出力コンデンサに流れる突入電流を制御します。直線的に充電されている間に出力が過負荷になった場合、デバイスはヒカップ・モードに入り、起動を約 7.0ms 間停止してから改めて起動を試行します。

低電圧ロックアウト

動作中に入力電圧が UVLO の立下がりスレッショルドを下回ると、IC は直ちに出力をディスエーブルします。EN がハイのままになっている状態で入力電圧が UVLO の立上がりスレッショルドを上回ると、IC は起動の手順を自動的に再開します。

負荷の遮断

本 IC は、負荷の遮断機能を備えており、シャットダウン時やフォルト状態のときに出力を入力から完全に遮断します。

アプリケーション情報

インダクタの選択

インダクタには、最大スイッチング電流制限のスレッショルド (ILIM) 以上の飽和電流定格 (ISAT) を持つものを選択します。一般的に、飽和電流が小さく DCR 定格が高いものは物理的なサイズが小さくなります。DCR の値が大きいとコンバータの効率は低下します。インダクタの実効値電流の定格 (IRMS) (温度が顕著に上昇する電流値) は、予想される最大負荷条件に基づいて選択します。選択するインダクタの値は、ピーク・インダクタ・リップル電流 (I_{PEAK}) が ILIM より低くなり、コンバータがレギュレーションを維持できるようにします。様々な範囲の出力電圧に対して推奨されるインダクタを表 3 に示しています。

表 3. インダクタと出力コンデンサの選択

OUTPUT VOLTAGE RANGE (V)	RECOMMENDED INDUCTANCE VALUE (nH)	EFFECTIVE OUTPUT CAPACITANCE REQUIRED (μF)
4.5 to 5.5	330	15
5.0 to 9.0	470	15 at 5.0V 10 at 7.0V 8 at 9.0V
9.0 to 10.0	680	7 at 10.0V

*例えば、必要な実効容量は、22μF の X5R コンデンサ (0603 サイズ) を 4 個使用して得られます。

入力コンデンサの選択

ほとんどのアプリケーションでは、動作電圧で 7μF 以上の実効容量を維持する公称 10V 22μF のセラミック入力コンデンサ (CIN) を使用します。実効 CIN とは、動作時のコンバータ入力から見た実際の容量値です。これより大きな値を用いるとコンバータのデカップリングは向上しますが、電源接続時の突入電流が増加します。CIN は、入力電源から流れる電流のピーク値を減少させ、またシステムのスイッチング・ノイズを低減します。CIN およびそれと直列の PCB パターンによる ESR/ESL は、コンバータのスイッチング周波数以下の周波数に対し、非常に低い値 (例えば < 15mΩ + < 2nH) とする必要があります。CIN の選択にあたっては、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、AC リップルと温度による変動、DC バイアス特性に特別の注意を払ってください。小型、低 ESR、小さな温度係数といった特長があるため、X7R 誘電体を使用するセラミック・コンデンサを強く推奨します。最大周囲温度が 85°C 未満のアプリケーションでは、X5R 誘電体セラミック・コンデンサも推奨します。すべてのセラミック・コンデンサは、DC バイアス電流によって定格値より容量が低下します (DC バイアスの上昇に伴い実効容量が減少)。一般的に、ケース・サイズの小さなコンデンサはケース・サイズの大きなものに比べディレーティングが著しくなります (0603 のケース・サイズの方が 0402 より高性能)。メーカーのデータシートを参照し、慎重に実効容量を検討してください。詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

出力コンデンサの選択

コンバータの安定動作のために、十分な出力容量 (C_{OUT}) が必要です。様々な出力電圧の目標値に対して最低限必要な実効出力容量を表 3 に示しています。実効的な C_{OUT} とは、動作時のコンバータ出力から見た実際の容量値です。値が大きい (必要な最低実効値より大きい) ほど負荷過渡応答は向上しますが、ソフトスタート時の入力サージ電流が増加し出力電圧が変化します。出力リップルと負荷過渡応答の条件を満たすためには、出力のフィルタ・コンデンサの ESR がコンバータのスイッチング周波数以下の周波数に対し十分に小さい値であることが必要です。全負荷状態から無負荷状態に移しながら同時にインダクタのエネルギーを吸収するには、出力容量が十分に高いことが必要です。ほとんどのアプリケーションでは、C_{OUT} には 22μF (25V_{DC}) のコンデンサを 4 個使用することを推奨します。C_{OUT} の選択にあたっては、コンデンサの電圧定格、初期許容誤差、AC リップルと温度による変動、DC バイアス特性に特別の注意を払ってください。小型、低 ESR、小さな温度係数といった特長があるため、X7R 誘電体を使用するセラミック・コンデンサを強く推奨します。最大周囲温度が 85°C 未満のアプリケーションでは、X5R 誘電体セラミック・コンデンサも推奨します。すべてのセラミック・コンデンサは、DC バイアス電流によって定格値より容量が低下します (DC バイアスの上昇に伴い実効容量が減少)。一般的に、ケース・サイズの小さなコンデンサはケース・サイズの大きなものに比べディレーティングが著しくなります (0603 のケース・サイズの方が 0402 より高性能)。メーカーのデータシートを参照し、慎重に実効容量を検討してください。詳細については、チュートリアル 5527 を参照してください。

ブートストラップ・コンデンサの選択

MAX77371 は、ハイサイド FET のゲート駆動電圧を供給するブートストラップ回路を備えており、BST ピンと SW ピンの間に小型の外付けセラミック・コンデンサが必要です。このセラミック・コンデンサの推奨値は 100nF です。

RSEL 抵抗の選択

RSEL ピンと GND の間の抵抗は、内蔵 ADC で値を正確に読み取れるよう、許容誤差を±1%にしてください。

PCB レイアウト時のガイドライン

スイッチング電力損失を低く抑え、ノイズの少ない安定した動作を実現するには、回路基板のレイアウトに注意を払うことが極めて重要です。PCB の設計時には以下のガイドラインに従ってください。

- 入力コンデンサ (C_{IN}) は IN ピンの、出力コンデンサ (C_{OUT}) は OUT ピンの直近に配置します。本 IC は高速 LX エッジを伴う高スイッチング周波数で動作するため、この配置は入力側と出力側の電流ループの寄生インダクタンスを最小限に抑えるために重要です。この寄生インダクタンスは大きな電圧スパイクを発生させ、内部スイッチング MOSFET を損傷するおそれがあります。
- LX パターンを別の 1 つの層に配線する場合、十分な数のビアを用いて、パターンのインピーダンスを最小限に抑えるようにします。配線パターンのインピーダンスを更に低減するには、LX のパターンを複数の層に配線することを推奨します。更に、LX のパターン面積が過剰とならないようにしてください。このノードの電圧は非常に早く切り替わります。また、面積が増えると放射エミッションが増加します。
- GND バンプは、バンプに隣接して配置されたビアを介して PCB の低インピーダンス・グランド・プレーンに接続します。GND の島はホット・ループを遮るおそれがあるため、GND の島を形成することのないようにしてください。
- 電源パターンと負荷の接続は短く広くします。これはコンバータの効率を確保するために必要です。セラミック・コンデンサの DC 電圧ディレーティングを無視しないようにして、容量値を選択してください。詳細については、[出力コンデンサの選択](#)のセクションとチュートリアル 5527 を参照してください。

レジスタ・マップ

ユーザ・レジスタ

シャットダウン時にレジスタはリセットされます。

ADDRESS	NAME	MSB							LSB
User Registers									
0x00	GLOBAL 1[7:0]	FPWM_EN	USM_EN	–	–	–	OUT_DIS	ILIM_SELECT	SLEW_RATE
0x02	VOUT_SELECT[7:0]	VOUT[7:0]							

レジスタの詳細

GLOBAL 1 (0x0)

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
Field	FPWM_EN	USM_EN	–	–	–	OUT_DIS	ILIM_SELECT	SLEW_RATE
Reset	0x0	0b0	–	–	–	0b0	0b0	0b0
Access Type	Write, Read	Write, Read	–	–	–	Write, Read	Write, Read	Write, Read

ビットフィールド	ビット	説明	デコード
FPWM_EN	7	強制 PWM モードを有効化	0x0: FPWM mode is set by the RSEL/MODE pin 0x1: FPWM mode is enabled regardless of the state of the RSEL/MODE pin
USM_EN	6	超音波モードを有効化*	0x0: Ultra-sonic mode is disabled. 0x1: Ultra-sonic mode is enabled.
OUT_DIS	2	出力放電	0x0: Enable 0x1: Disable
ILIM_SELECT	1	ILIM の設定*	0x0: 4A 0x1: 5A
SLEW_RATE	0	DVS 時のスルー・レート・オプション	0x0: 1.0V/ms 0x1: 5.0V/ms

*デフォルト機能は RSEL で選択

VOUT_SELECT (0x2)

BIT	7	6	5	4	3	2	1	0
Field	VOUT[7:0]							
Reset	0x0							
Access Type	Write, Read							

ビットフィールド	ビット	説明	デコード
VOUT	7:0	出力電圧の選択 100mV の分解能、 デフォルト値は RSEL で選択	0x0: Reserved 0x1: Reserved ... 0x1D: 4.5V 0x1E: 4.6V 0x54: 10V 0x55: Reserved ... 0xFF: Reserved

I²C アドレス

表 4 に I²C のアドレスを示します。

表 4. I²C アドレス

7-BIT ADDRESS	8-BIT WRITE ADDRESS	8-BIT READ ADDRESS
0 x 20, 0b 010 0000	0 x 40, 0b 0100 0000	0 x 41, 0b 0100 0001
0 x 28, 0b 010 1000	0 x 50, 0b 0101 0000	0 x 51, 0b 0101 0001

デフォルトのデバイスの PC アドレスは 0 x 20 (7 ビット表示) で、OTP に設定されています。
バリエーション・デバイスの PC アドレスは 0 x 28 (7 ビット表示) で、OTP に設定されています。

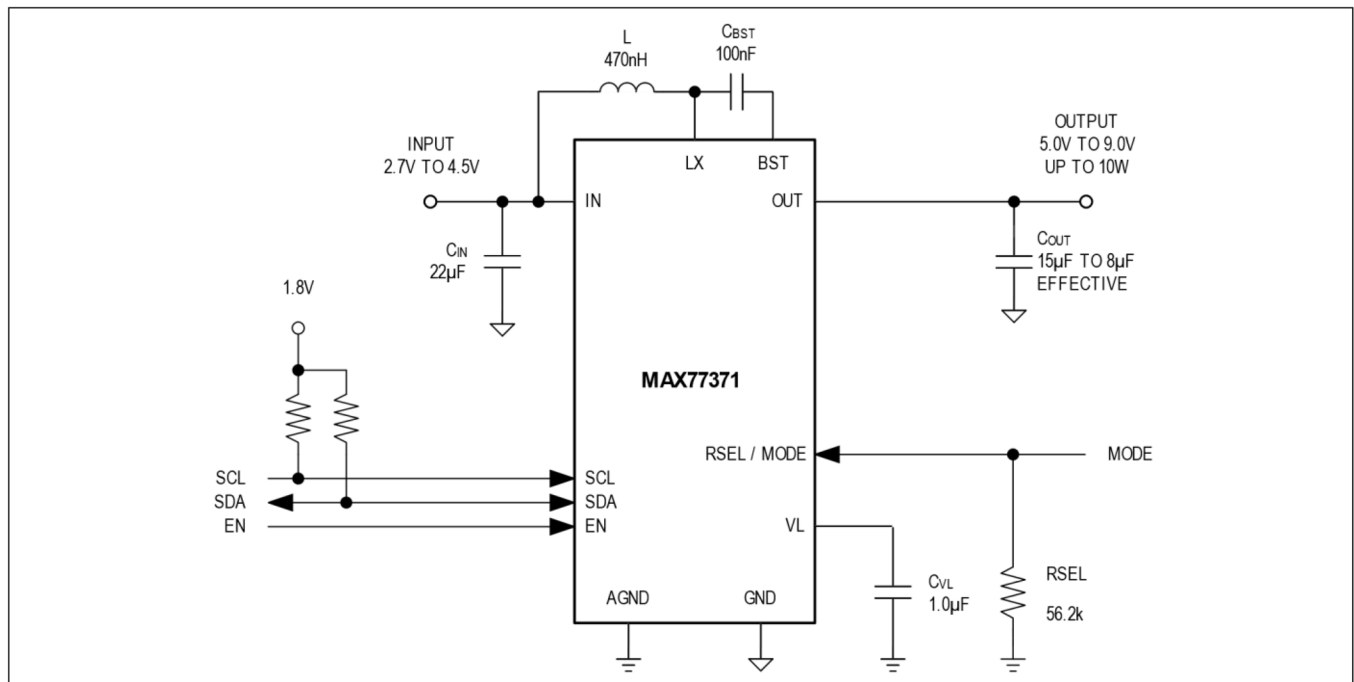
I²C インターフェースのガイドライン

I²C インターフェースは、デバイスがイネーブルされてから 900μs 後にアクティブになります。出力電圧のスケールリングは、デバイスのレギュレーションがデフォルトの目標レベルに達した後に有効になります。デフォルトのレギュレーション・ポイントに達する前に、PC から動作モード、電流制限値、スルー・レートを変更することは推奨しません。MAX77371 のディスエーブル、または UVLO 保護によってリセットされる時には、I²C でアクセス可能なランタイム・レジスタはデフォルト値にリセットされます。デフォルト値は表 5 に示す設定になっています。

表 5. MAX77371PAWP+のデフォルトの I²C レジスタ値

REGISTER BITFIELD	DEFAULT SETTING
SLEW_RATE	1.0V/ms
ILIM_SELECT	5A
OUT_DIS	Enabled
USM_EN	Disabled
FPWM_EN	Disabled
VOUT	5.1V

標準アプリケーション回路



型番

PART NUMBER	TEMP RANGE	PACKAGE	OPTIONS
MAX77371AAWP+T	-40°C to +125°C	WLP	Table 1
MAX77371PAWP+T	-40°C to +125°C	WLP	Table 1

+は鉛 (Pb) フリー/RoHS 準拠パッケージを表します。

T = テープ&リール。

改訂履歴

版数	改訂日	説明	改訂ページ
0	1/25	初版発行	–
1	3/25	電氣的特性の表、動作のセクション、型番の表を更新	3–5, 10, 18
2	4/25	レジスタの詳細のセクションを更新	15, 16