

MAXIM

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

概要

ステップダウンレギュレータのMAX8505は、2.6V～5.5Vの入力電圧で動作し、最大3Aの電流、0.8V～0.85×VINの調整可能な出力電圧を生成します。2.6V～5.5Vのバイアス電圧を供給すれば入力電圧は2.25Vまで対応することができます。

MAX8505はパワー-MOSFETを内蔵し、1MHz/500kHzのスイッチング周波数で動作するため、コンパクトな設計にすることができます。電流モードパルス幅変調(PWM)による制御のために、セラミックまたはポリマーによる出力コンデンサの補償が簡単であり、優れた過渡応答特性が得られます。

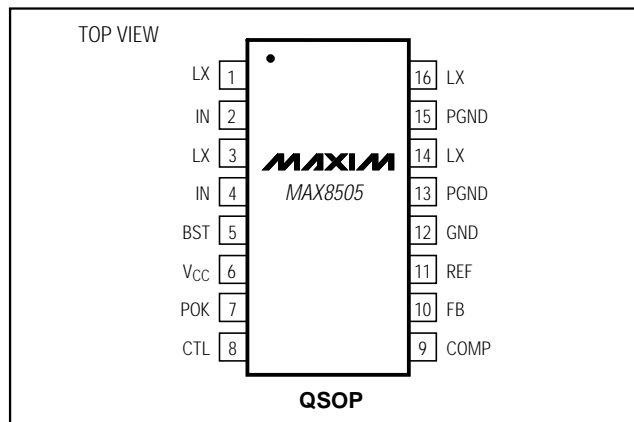
MAX8505は負荷、入力、及び温度変化に対して1%の精度を得ることができます。外付けコンデンサによって、ソフトスタートが調整可能です。ソフトスタートの期間には、電圧レギュレーションループが動作しており、このため、MAX8505の出力に接続されたマイクロプロセッサやASICのようなアクティブデバイスが急激な負荷電流ステップ変化を起こして、低電圧スレッシュホールド以下に下がっても、電圧の低下量を小さく抑えることができます。

MAX8505は電流制限、短絡、及び熱過負荷保護を備えているため、堅牢な設計を可能とします。オープンドレイン型のパワーOK(POK)が出力を監視します。

アプリケーション

µP/ASIC/DSP/FPGAのコア及びI/O用電源
チップセット用電源
サーバ、RAID、及びストレージシステム
ネットワーク及びテレコム機器

ピン配置



特長

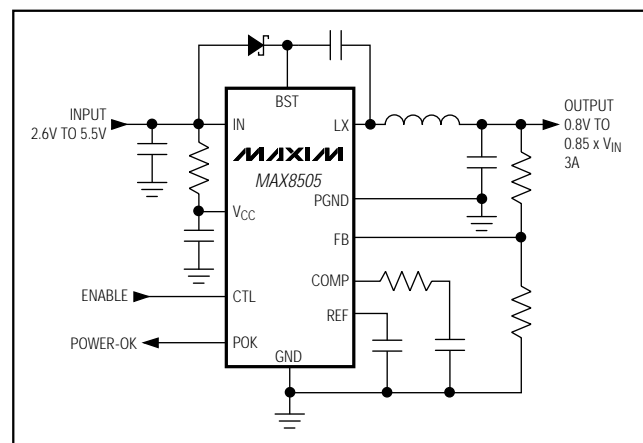
- ◆ 省スペース - 4.9mm x 6mmの実装面積、1µHのインダクタ、47µFのセラミック出力コンデンサ
- ◆ 入力電圧範囲
2.6V～5.5V
バイアス電圧を供給すれば2.25Vまで可能
- ◆ 出力電圧は3Aの負荷で0.8V～0.85×VIN
- ◆ セラミックまたはポリマーコンデンサの使用可能
- ◆ 負荷、入力、及び温度変動で±1%の出力精度
- ◆ 高速過渡応答
- ◆ ソフトスタート調整可能
- ◆ 電源オン時のソフトスタートが電圧低下を抑圧
- ◆ 出力電圧の監視を行うPOK出力

型番

PART	TEMP RANGE	PIN-PACKAGE
MAX8505EEE	-40°C to +85°C	16 QSOP

ファンクションダイアグラムはデータシートの最後に記載されています。

標準動作回路



パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

CTL, FB, IN, V_{CC} to GND-0.3V to +6V
 COMP, REF, POK to GND-0.3V to (V_{CC} + 0.3V)
 BST to LX-0.3V to +6V
 PGND to GND-0.3V to +0.3V
 Continuous Power Dissipation (T_A = +70°C)
 16-Pin QSOP (derate 12.5mW/°C above +70°C)1000mW

Operating Temperature Range
 MAX8505EEE-40°C to +85°C
 Storage Temperature Range-65°C to +150°C
 Junction Temperature+150°C
 Lead Temperature (soldering, 10s)+300°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.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

(V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = +3.3V, V_{FB} = 0.8V, V_{COMP} = 1.25V, C_{REF} = 0.01μF, T_A = 0°C to +85°C, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
IN AND V_{CC}							
IN Voltage Range	V _{IN}		2.25		V _{CC}	V	
V _{CC} Voltage Range	V _{CC}		2.6		5.5	V	
IN Supply Current	I _{IN}	Switching with no load	V _{IN} = 3.3V	6	10	mA	
			V _{IN} = 5.5V	10			
V _{CC} Supply Current	I _{CC}	Switching with no load	V _{CC} = 3.3V	3	10	mA	
			V _{CC} = 5.5V	6			
Total Shutdown Current into IN and V _{CC}	I _{SHDN}	V _{IN} = V _{CC} = V _{BST} - V _{LX} = 5.5V, V _{CTL} = 0V, V _{LX} = 0		20	50	μA	
V _{CC} Undervoltage Lockout Threshold	UVLO _{th}	When LX starts/stops switching	V _{CC} rising	2.40	2.55	V	
			V _{CC} falling	2.2	2.35		
REF							
REF Voltage	V _{REF}	I _{REF} = 0μA, V _{IN} = V _{CC} = 2.6V to 5.5V	0.792	0.800	0.808	V	
REF Shutdown Resistance		From REF to GND, V _{CTL} = 0V		13	100	Ω	
REF Soft-Start Current		V _{REF} = 0.4V	20	25	30	μA	
Soft-Start Ramp Time		Output from 0% to 100%, C _{REF} = 0.01μF to 1μF		32		ms/μF	
FB							
FB Regulation Voltage		V _{IN} = 2.6V to 5.5V	0.792	0.800	0.808	V	
FB Input Bias Current		V _{FB} = 0.7V		0.01	0.1	μA	
Maximum Output Current	I _{OUT_MAX}	V _{IN} = V _{CC} = 3.3V, V _{OUT} = 1.2V, L = 1μH/5.9mΩ (Note 1)	3			A	
FB Threshold for POK Transition		FB rising or falling	FB high	10.5	12	13.5	%
			FB low	-13.5	-12	-10.5	
FB to POK Delay		FB rising or falling		50		μs	
COMP							
COMP Transconductance		From FB to COMP	60	100	160	μS	
Gain from FB to COMP		V _{COMP} = 1.25V to 1.75V		80		dB	

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = +3.3V$, $V_{FB} = 0.8V$, $V_{COMP} = 1.25V$, $C_{REF} = 0.01\mu F$, $T_A = 0^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
COMP Clamp Voltage, Low		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$, $V_{FB} = 0.9V$	0.45	0.75	1.00	V	
COMP Clamp Voltage, High		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$, $V_{FB} = 0.7V$	1.7	1.9	2.1	V	
COMP Shutdown Resistance		From COMP to GND, $V_{CTL} = 0V$		13	100	Ω	
LX (All LX Outputs Connected Together)							
LX On-Resistance, High		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 3.3V$		38	74	m Ω	
		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 2.6V$		42			
LX On-Resistance, Low		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 3.3V$		38	74	m Ω	
		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 2.6V$		42			
LX Current-Sense Transresistance	R_T	From LX to COMP	0.068	0.086	0.104	Ω	
LX Current-Limit Threshold		Sourcing, <i>Typical Application Circuit</i>	4.6	5.6	6.6	A	
		Sinking, $V_{IN} = V_{CC} = 2.6V$ to $5.5V$	-4.3	-2.6	-1.0		
LX Leakage Current		$V_{IN} = V_{CC} = 5.5V$, $V_{CTL} = 0$	LX = 5.5V		100	μA	
			LX = 0V	-100			
LX Switching Frequency		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V$, $5.5V$	CTL = V_{CC}	0.85	1	1.15	MHz
			CTL = $2/3V_{CC}$	0.44	0.5	0.56	
LX Minimum Off-Time		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	95	110	135	ns	
LX Maximum Duty Cycle		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V$, $5.5V$	500kHz	90	94	%	
			1MHz	84	89		
LX Minimum Duty Cycle		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V$, $5.5V$	500kHz	5	8	%	
			1MHz	10	15		
SLOPE COMPENSATION							
Slope Compensation		Extrapolated to 100% duty cycle	245	300	400	mV	
BST							
BST Shutdown Supply Current		$(V_{BST} - V_{LX}) = V_{IN} =$ $V_{CC} = 5.5V, V_{CTL} = 0$	$V_{LX} = 5.5V$		10	μA	
			$V_{LX} = 0V$		10		
			LX open		10		
CTL							
CTL Input Threshold		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V$, $3.3V, 5.5V$	For 1MHz	80		% of V_{CC}	
			For 500kHz	55	70		
			For shutdown		45		
CTL Input Current		$V_{CTL} = 0V$ or $5.5V$, $V_{IN} = V_{CC} = 5.5V$	-1		+1	μA	
POK (Power-OK)							
POK Output Voltage, Low		$V_{FB} = 0.6V$ or $1.0V$, $I_{POK} = 2mA$		25	100	mV	
POK Leakage Current		$V_{POK} = 5.5V$		0.001	1	μA	
POK Fault Delay Time		From FB to POK, any threshold	25	50	100	μs	
THERMAL SHUTDOWN							
Thermal-Shutdown Threshold		When LX stops switching	T_J rising		+170	$^\circ C$	
Thermal-Shutdown Hysteresis					20	$^\circ C$	

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = +3.3V$, $V_{FB} = 0.8V$, $V_{COMP} = 1.25V$, $C_{REF} = 0.01\mu F$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
IN AND V_{CC}						
IN Voltage Range	V_{IN}		2.25		V_{CC}	V
V _{CC} Voltage Range			2.6		5.5	V
IN Supply Current	I_{IN}	Switching with no load $V_{IN} = 3.3V$			10	mA
V _{CC} Supply Current	I_{CC}	Switching with no load $V_{CC} = 3.3V$			10	mA
Total Shutdown Current into IN and V _{CC}	I_{SHDN}	$V_{IN} = V_{CC} = V_{BST} - V_{LX} = 5.5V$, $V_{CTL} = 0V$, $V_{LX} = 0$			50	μA
V _{CC} Undervoltage Lockout Threshold	UVLO _{th}	When LX starts/stops switching	V _{CC} rising		2.55	V
			V _{CC} falling	2.2		
REF						
REF Voltage	V_{REF}	$I_{REF} = 0\mu A$, $V_{IN} = V_{CC} = 2.6V$ to $5.5V$	0.791		0.808	V
REF Shutdown Resistance		From REF to GND, $V_{CTL} = 0V$			100	Ω
REF Soft-Start Current		$V_{REF} = 0.4V$	20		30	μA
FB						
FB Regulation Voltage	V_{FB}	$V_{IN} = 2.6V$ to $5.5V$	0.791		0.808	V
FB Input Bias Current		$V_{FB} = 0.7V$			0.1	μA
Maximum Output Current	I_{OUT_MAX}	$V_{IN} = V_{CC} = 3.3V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $L = 1\mu H/5.9m\Omega$ (Note 1)	3			A
FB Threshold for POK Transition		FB rising or falling	FB high	10.5	13.5	%
			FB low	-13.5	-10.5	
COMP						
COMP Transconductance		From FB to COMP	60		160	μS
COMP Clamp Voltage, Low		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$, $V_{FB} = 0.9V$	0.45		1.00	V
COMP Clamp Voltage, High		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$, $V_{FB} = 0.7V$	1.7		2.1	V
COMP Shutdown Resistance		From COMP to GND, $V_{CTL} = 0V$			100	Ω
LX (All LX Outputs Connected Together)						
LX On-Resistance, High		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 3.3V$			74	m Ω
LX On-Resistance, Low		$V_{IN} = V_{BST} - V_{LX} = 3.3V$			74	m Ω
LX Current-Sense Transresistance	R_T	From LX to COMP	0.068		0.104	Ω
LX Current-Limit Threshold		Sourcing, <i>Typical Application Circuit</i>	4.6		5.6	A
		Sinking, $V_{IN} = V_{CC} = 2.6V$ to $5.5V$	-4.3		-1.0	
LX Leakage Current		$V_{IN} = V_{CC} = 5.5V$, $V_{CTL} = 0$	LX = 5.5V		100	μA
			LX = 0V	-100		
LX Switching Frequency		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	CTL = V_{CC}	0.85	1.15	MHz
			CTL = $2/3 \times V_{CC}$	0.44	0.56	
LX Minimum Off-Time		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	95		135	ns

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = +3.3V$, $V_{FB} = 0.8V$, $V_{COMP} = 1.25V$, $C_{REF} = 0.01\mu F$, $T_A = -40^\circ C$ to $+85^\circ C$, unless otherwise noted.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
LX Maximum Duty Cycle		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	500kHz	90		%
			1MHz	84		
LX Minimum Duty Cycle		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	500kHz		8	%
			1MHz		15	
SLOPE COMPENSATION						
Slope Compensation		Extrapolated to 100% duty cycle	245		406	mV
BST						
BST Shutdown Supply Current		$(V_{BST} - V_{LX}) = V_{IN} = V_{CC} = 5.5V, V_{CTL} = 0$	$V_{LX} = 5.5V$		10	μA
			$V_{LX} = 0V$		10	
			LX open		10	
CTL						
CTL Input Threshold		$V_{IN} = V_{CC} = 2.6V, 3.3V, 5.5V$	For 1MHz	80		% of V_{CC}
			For 500kHz	55	70	
			For shutdown		45	
CTL Input Current		$V_{CTL} = 0V$ or $5.5V, V_{IN} = V_{CC} = 5.5V$	-1		+1	μA
POK (Power-OK)						
POK Output Voltage, Low		$V_{FB} = 0.6V$ or $1.0V, I_{POK} = 2mA$			100	mV
POK Leakage Current		$V_{POK} = 5.5V$			1	μA
POK Fault Delay Time		From FB to POK, any threshold	25		100	μs

Note 1: Under normal operating conditions, COMP moves between 1.25V and 2.15V as the duty cycle changes from 10% to 90% and peak inductor current changes from 0 to 3A. Maximum output current is related to peak inductor current, inductor value input voltage, and output voltage by the following equations:

$$I_{OUT_MAX} = \frac{I_{LIM} - (1-D) \times t_S \times V_{OUT} / 2L}{1 + (1-D) \times t_S \times (R_{NLS} + R_L) / 2L}$$

where V_{OUT} = output voltage; I_{LIM} = current limit of high-side switch; t_S = switching period; R_L = ESR of inductor; R_{NLS} = on-resistance of low-side switch; L = inductor. Equations for I_{LIM} and D are shown as follows:

$$I_{LIM} = I_{LIM_DC100} + V_{SW} \frac{1-D}{R_T}$$

where I_{LIM_DC100} = current limit at $D = 100\%$; R_T = transresistance from LX to COMP; V_{SW} = slope compensation (310mV $\pm 20\%$); D = duty cycle:

$$D = \frac{V_{OUT} + I_O(R_{NLS} + R_L)}{V_{IN} + I_O(R_{NLS} - R_{NHS})}$$

where V_{OUT} = output voltage; V_{IN} = input voltage; I_O = output current; R_L = ESR of inductor; R_{NHS} = on-resistance of high-side switch; R_{NLS} = on-resistance of low-side switch. See the *Typical Application Circuit* for external components.

Note 2: Specifications to $-40^\circ C$ are guaranteed by design and not production tested.

Note 3: LX has internal clamp diodes to PGND and IN pins 2 and 4. Applications that forward bias these diodes should take care not to exceed the IC's package power dissipation limits.

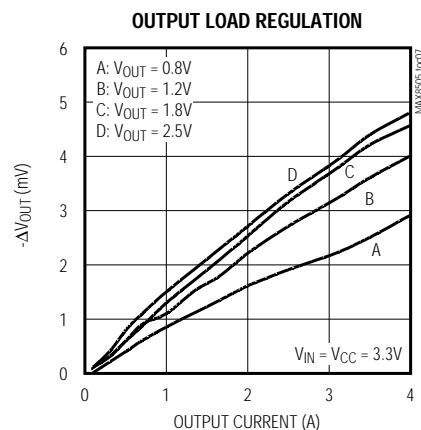
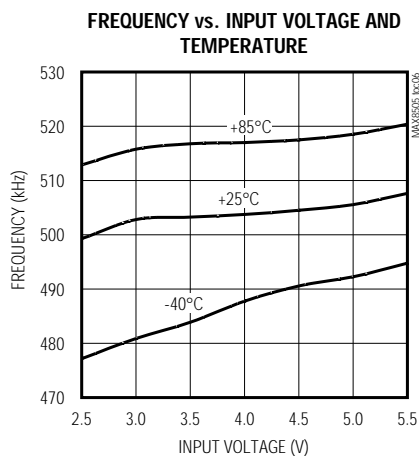
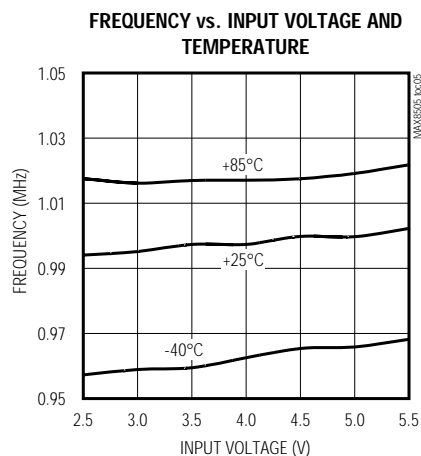
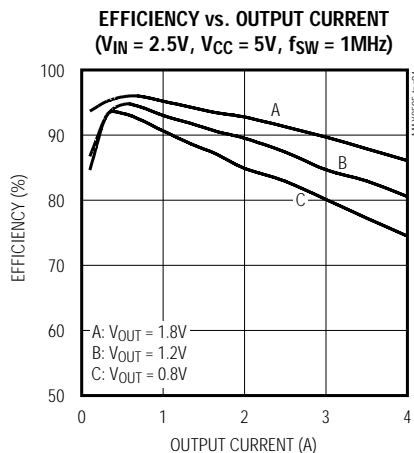
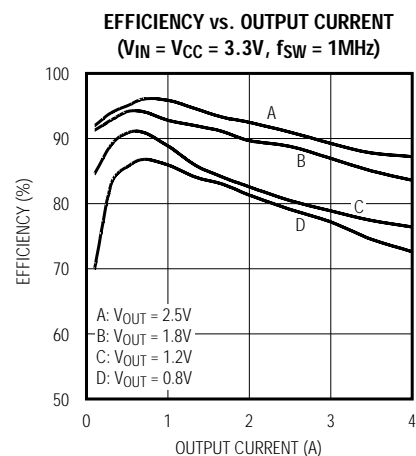
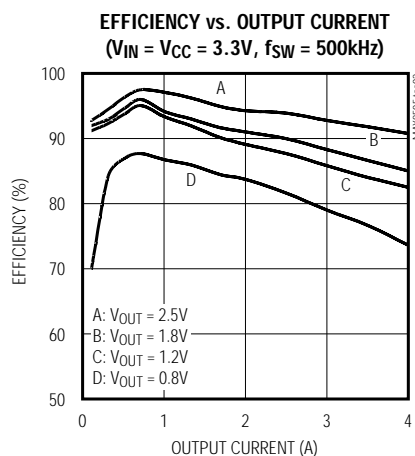
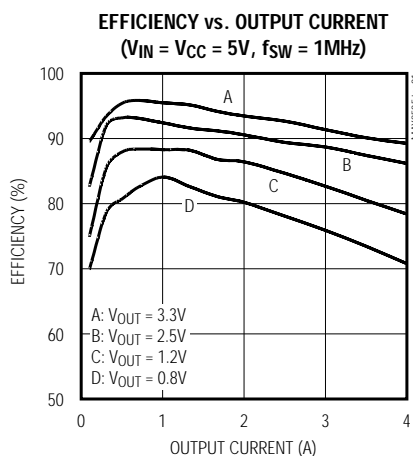
Note 4: When connected together, the LX output is designed to provide 3.5A_{RMS} current.

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

標準動作特性

(Typical values are at $V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = 5V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_{OUT} = 3A$, and $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

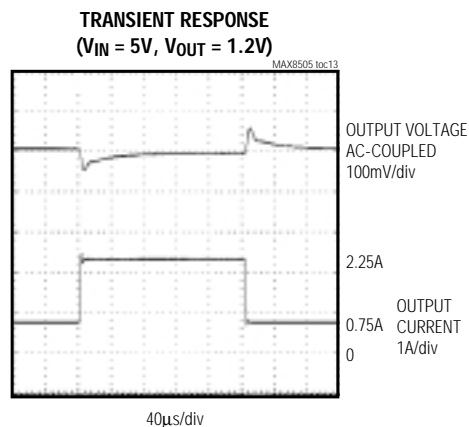
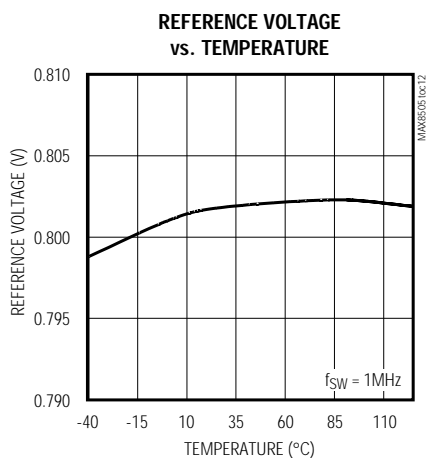
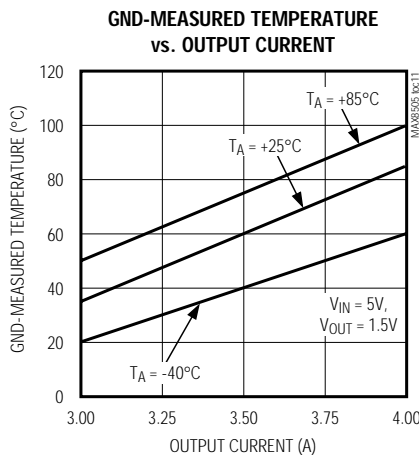
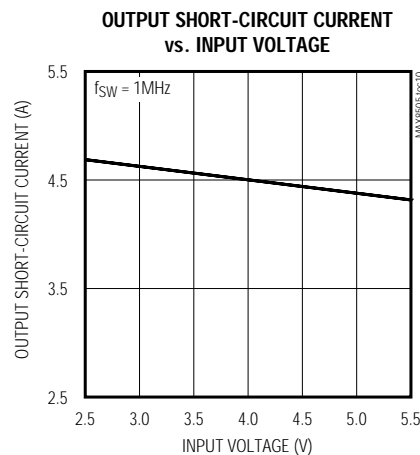
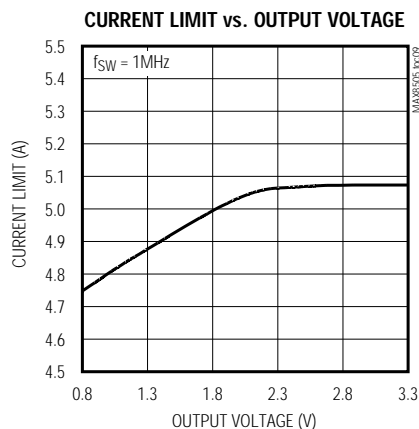
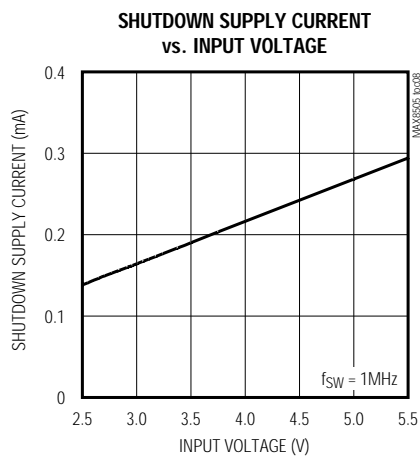


パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

標準動作特性(続き)

(Typical values are at $V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = 5V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_{OUT} = 3A$, and $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)

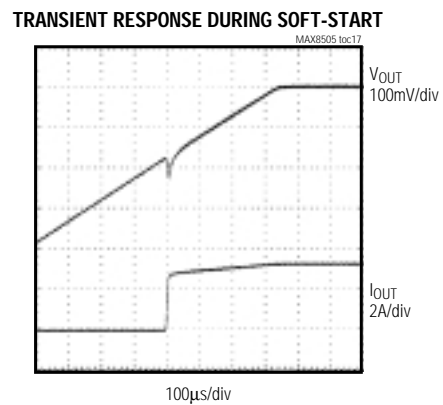
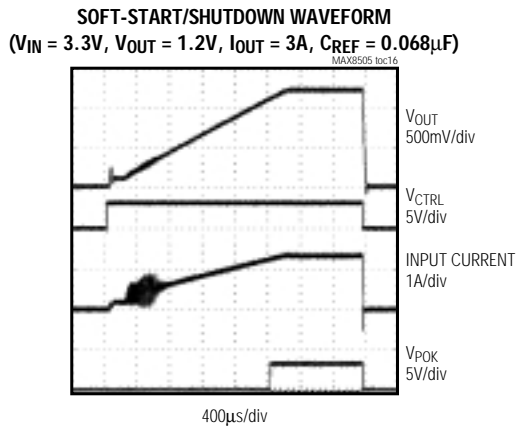
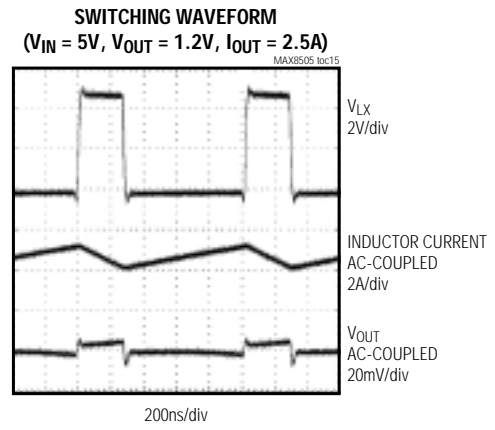
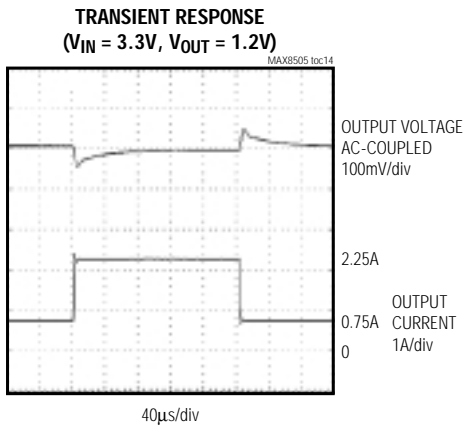


パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

標準動作特性(続き)

(Typical values are at $V_{IN} = V_{CC} = V_{CTL} = 5V$, $V_{OUT} = 1.2V$, $I_{OUT} = 3A$, and $T_A = +25^\circ C$, unless otherwise noted.)



パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

端子説明

端子	名称	機能
1, 3, 14, 16	LX	インダクタを接続する端子。インダクタはこれらの端子とレギュレータ出力の間に接続してください。すべてのLX端子は外部と一緒に接続しなければなりません。LX端子からPGNDに3300pFのセラミックコンデンサを接続してください。
2, 4	IN	電源入力端子。電圧範囲は2.6V ~ 5.5Vです。この端子に2つの22 μ Fセラミックコンデンサを接続しGNDに落としてください。すべてのIN端子は外部で接続されなければなりません。
5	BST	ブートストラップを行う電圧入力端子であり、ハイサイドドライバに電源を供給します。この端子とLX間に0.1 μ Fのコンデンサを接続してください。IN端子から外付けショットキダイオードを介して充電します。
6	V _{CC}	ローサイドドライバの電源及びゲート駆動用電源。10 Ω の抵抗でデカップルし0.1 μ FでGNDへバイパスしてください。
7	POK	パワーOK出力。FB端子が0.8V \pm 12%の範囲から外れたら、ウィンドウコンパレータのオープンドレイン出力がPOKをローにプルします。
8	CTL	出力を制御する端子。この端子をGNDに落とすと、レギュレータはオフとなります。この端子をV _{CC} にするとレギュレータは1MHzで動作し、2/3V _{CC} に設定すると500kHzで動作します。
9	COMP	レギュレートループの補償端子。この端子とGND間に直列RC回路を接続してください。出力がシャットダウンされている、またはUVLOを超えていない、またはサーマルシャットダウンの場合は、この端子はGNDに強制されます。
10	FB	フィードバック入力端子。この端子は0.8Vのようにレギュレーションが行われます。出力電圧の設定は出力端子に外部から抵抗分圧器を接続して行ってください。
11	REF	ソフトスタートの時間は、この端子にコンデンサを接続して設定してください。回路がシャットダウンする場合は、この端子は0Vとなります。
12	GND	グラウンド端子。
13, 15	PGND	パワーグラウンド端子。この端子を一点でGNDに接続してください。

詳細

MAX8505は3Aの出力電流を可能とする高効率ステップダウンレギュレータです。この製品はPWMモードにおいて500kHzまたは1MHzという固定の高い周波数で動作するため、外部に接続する部品の大きさを小さくすることができます。MAX8505は入力電圧2.6V ~ 5.5Vまでの電源で動作し、出力電圧は0.8V ~ 0.85 \times V_{IN}の範囲で生成することができます。

コントローラブロックの機能

MAX8505ステップダウンコンバータはPWM電流モード制御方式を使用します。オープンループ型コンパレータが電圧フィードバック誤差信号と、増幅した電流検出信号とスロー補償傾斜波の和との間で比較を行います。内部クロックの各立上りエッジで、内蔵ハイサイドMOSFETがオンとなり、この状態はPWMコンパレータがトリップするまで続きます。このオンとなっている期間、インダクタに流れる電流が増大していき、電流を出力しつつ、インダクタにエネルギーを蓄積します。電流モードのフィードバックシステムがピーク電流を出力電圧誤差信号の関数としてレギュレートします。インダクタ電流の平均値はインダクタ電流のピーク値とほとんど同じなので、回路はスイッチモードのトランスコンダクタアンプのような動作をします。内部ループの

安定性を保ち、インダクタ電流が階段波状となることを防ぐために、スロー補償傾斜波がメインPWMコンパレータに加算されます。サイクルの後半において、内蔵のハイサイドNチャンネルMOSFETがオフとなり、その後、内蔵のローサイドNチャンネルMOSFETがオンとなります。インダクタは蓄積していたエネルギーを負荷電流として供給しながら、電流を減らしていきます。インダクタ電流が負荷電流を超えた時に出力コンデンサが電荷を蓄積し、インダクタ電流が小さくなった時に放電することによって負荷にかかる電圧を平滑します。インダクタ電流が電流制限値を超える(「電流制限」の項を参照)過負荷の状態ではハイサイドMOSFETはクロックの立上りエッジでオンとはならず、インダクタ電流が小さくなるまでローサイドMOSFETがオンのままです。

電流検出

内部の電流検出アンプが、ハイサイドMOSFETのオン抵抗とインダクタ電流によって作られる電圧(R_{DS(ON)} \times I_{LX})に比例した電流信号を発生します。増幅された電流検出信号と内部スロー補償信号が加算されて、コンパレータの反転入力信号となります。PWMコンパレータは、この加算された値が電圧エラーアンプからのフィードバック電圧を超える値となったら、内部のハイサイドMOSFETをオフとします。

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

電流制限

MAX8505はハイサイド及びローサイドの電流制限を行います。ハイサイドの電流制限回路はインダクタのピーク電流を監視し、ローサイド電流制限回路はインダクタの谷(valley)電流を監視します。電流制限スレッシュホールドはハイサイド側が6A(typ)であり、ローサイド側が3.8A(typ)です。ハイサイドMOSFETがオンの間にインダクタ電流がハイサイドの電流制限値を超えれば、ハイサイドMOSFETがオフとなり、同期整流器がオンとなります。インダクタ電流はローサイドMOSFETがオンとなっている間、連続的に監視されています。次のクロックサイクルが始まる時に、インダクタ電流がなおローサイドの電流制限値を超えていれば、ハイサイドMOSFETはオンとされず、ローサイドMOSFETはそのままオンを続け、インダクタ電流は出力に放電され続けます。インダクタ電流がローサイド電流制限値以下となると、ハイサイドMOSFETは次のサイクルでオンとします。最低のオンデューティサイクルの間のインダクタ電流がハイサイド電流制限値以内であれば、次のクロックサイクルで通常の動作が再開されます。そうでない場合は電流制限の動作が続行されます。

V_{CC}のデカップリング

スイッチング周波数を高くすることと、厳密に出力精度を1%に保つために、V_{CC}は10Ωの抵抗でINとデカップルし、GNDに対して0.1μFのコンデンサでバイパスしてください。コンデンサは可能な限りV_{CC}の近くに置いてください。

ブートストラップ(BST)

ハイサイドNチャンネルスイッチのゲート駆動電圧はブートストラップ用コンデンサを使った昇圧回路によって作られます。ブートストラップ用コンデンサはBST端子とLXの間に接続します。ローサイドのNチャンネルMOSFETがオンであるとき、それはLXをグランド電位に強制し、ダイオードD1を通してコンデンサをV_{IN}に充電します。ローサイドNチャンネルMOSFETがオフし、ハイサイドNチャンネルMOSFETがオンになるとLXはV_{IN}に強制されます。D1はコンデンサがV_{IN}に向かって放電することを防ぐため、ブートストラップ用コンデンサの電圧はV_{IN}よりも高い電圧に昇圧されます。このため、よりハイサイドドライバに必要な電圧を与えます。D1にはショットキダイオードを使用してください。

周波数選択/イネーブル(CTL)

MAX8505は500kHzまたは1MHzで動作させる周波数選択回路を持っています。動作周波数は制御信号CTLを

使って選択します。この端子は入力電圧に比例する3つの入力スレッシュホールド電圧を持っています。CTLをGNDに接続すると、それはイネーブル端子として機能し、出力をオフに切り替えます。CTL入力が $>0.8 \times V_{CC}$ に設定されると、MAX8505は1MHzで動作し、 $0.55 \times V_{CC}$ から $0.7 \times V_{CC}$ までの電圧とすると、500kHzで動作します。CTL入力が $<0.45 \times V_{CC}$ の場合には本製品はシャットダウンされます。

ソフトスタート

起動時に流れる入力過渡電流を小さくするために、調整可能なソフトスタート機能が用意されています。ソフトスタート時間は次の式によって与えられます：

$$t_{SOFT_START} = C_{REF} \times \frac{0.8V}{25\mu A}$$

スイッチングノイズに対する影響を減少させるために、最低0.01μFのコンデンサをREFに接続することを推奨します。

パワーOK(POK)

MAX8505は、レギュレートされた出力電圧がその公称値の $\pm 12\%$ 以内になっていることを示すオープンドレイン型POKを備えています。もし、出力電圧が、この範囲を超えた場合は、POK出力はグランド電位に強制されます。このコンパレータはどちらのスレッシュホールドにもヒステリシスを持たないため、50μsの遅延時間を持たせることによって、POK出力がステート間でチャタリングを起こさないようにしてあります。POKは抵抗を通してV_{IN}または5.5V以下の他の電源に接続してください。

UVLO

V_{CC}が+2.25V以下に低下すると、UVLO回路がスイッチング動作を止めます。V_{CC}が+2.35V以上になるとUVLOは解除されて、ソフトスタートシーケンスが開始されます。

熱保護

熱過負荷保護は本製品で消費される総合電力を制限します。接合部の温度がT_J = +170℃を超えると、熱センサが本製品をシャットダウンにし、チップが冷めるようにします。接合部の温度が20℃冷却されると熱センサは、再び本製品の電源をオンとするので、過負荷状態が続いていれば、パルス的な出力となります。サーマルシャットダウンが解除されると、ソフトスタートシーケンスが新しく始まります。

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

設計手法

デューティサイクル

下に示す式はインダクタと内部スイッチの損失を考慮したデューティサイクルの計算式を示しています：

$$D = \frac{V_{OUT} + I_{OUT}(R_{NLS} + R_L)}{V_{IN} + I_{OUT}(R_{NLS} - R_{NHS})} = \frac{V_{OUT} + I_{OUT}(R_{NLS} + R_L)}{V_{IN}}$$

この式は $R_{NLS} = R_{NHS}$ を仮定しています。

また、 V_{OUT} = 出力電圧、 V_{IN} = 入力電圧、 I_{OUT} = 出力電流(最大3A)、 R_L = インダクタのESR、 R_{NHS} = ハイサイドスイッチのオン抵抗、及び R_{NLS} = ローサイドスイッチのオン抵抗です。

出力電圧の選択

MAX8505の出力電圧は500kHzの場合で0.8Vから入力電圧の85%まで、1MHzの場合で入力電圧の80%まで調整することができます。これは抵抗分圧器(R2とR3)を出力とFB端子間に接続して行います(「標準動作回路」参照)。最良の結果を得るためには、R3を50k以下とし、下の式を使ってR2の値を決めてください。

$$R2 = R3 \times \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

ここで $V_{REF} = 0.8V$ です。

インダクタの設計

インダクタを選定する場合の重要なパラメータはインダクタ値(L)とピーク電流(I_{PEAK})です。以下に示す式はLIRと表現した定数を含みますが、それは最大DC負荷電流に対するピークトゥピークのAC電流(リップル電流)の比を表します。LIRの値が大きいほど、小さいインダクタンス値となりますが、損失とリップル値が増加します。負荷電流に対するリップル電流の比を20%から30%程度とする(LIR = 0.20 ~ 0.30)ことが部品の大きさと損失の間の良い妥協点となります。

$$L = \frac{V_{OUT} \times (1-D)}{I_{OUT} \times LIR \times f_S}$$

ここで f_S はスイッチング周波数であり、

$$LIR = 2 \times \frac{(I_{PEAK} - I_{OUT})}{I_{OUT}}$$

飽和電流の値は少なくともピークのインダクタ電流となるインダクタを選定してください。また、インダクタ電流が電流制限値を超えないよう確認してください。

選定した動作周波数で低損失を示すインダクタを選定してください。

出力コンデンサの設計と出力リップル

出力コンデンサを選択する重要なパラメータはコンデンサの値、ESR、ESL、及び必要とする電圧定格です。これらは全体の安定性、出力リップル電圧、及びDC-DCコンバータの過渡応答に影響を及ぼします。出力リップルは出力コンデンサに蓄積された電荷の変動、コンデンサの持つESR、及びコンデンサのESLによる電圧降下によって起こります。出力コンデンサの値、ESR、ESLによって生じる出力リップルを以下の計算式を用いて計算してください：

$$V_{RIPPLE} = \sqrt{V_{RIPPLE(C)}^2 + V_{RIPPLE(ESR)}^2 + V_{RIPPLE(ESL)}^2}$$

ここで、出力コンデンサの値、ESR、ESLによって生じる出力リップル値のそれぞれは、以下の式によります：

$$V_{RIPPLE(C)} = \frac{I_{P-P}}{8 \times C_{OUT} \times f_S}$$

$$V_{RIPPLE(ESR)} = I_{P-P} \times ESR$$

$$V_{RIPPLE(ESL)} = \frac{I_{P-P}}{t_{ON}} \times ESL \quad \text{または} \quad \frac{I_{P-P}}{t_{OFF}} \times ESL$$

またはどちらか大きい方の値を取ります。

ESRが出力電圧リップルの主因となります。

ピークトゥピークのインダクタ電流、 I_{P-P} は次の式で表されます：

$$I_{P-P} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{f_S \times L} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

これらの式を用いてコンデンサの値を最初に決め、最終値は試作品かまたは評価回路で試験してから決定してください。概してリップル電流を小さくすると出力リップル電圧が小さくなります。インダクタのリップル電流はインダクタ値によって決まるので、出力電圧リップルはインダクタンスを大きくすると小さくなります。コンバータのスイッチング周波数におけるESRとESLを小さくするためには、セラミックコンデンサを使用してください。セラミックコンデンサのESLは小さいので、それによって生じるリップル電圧は無視することができます。負荷の過渡応答は選定された出力コンデンサに依存します。負荷の過渡時には出力はすぐに $ESR \times I_{LOAD}$ だけ変化します。コントローラが応答する前は、出力は大きく偏移しますが、これはインダクタと出力コン

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

デンサの値に依存して決まります。短時間(「標準動作特性」におけるTRANSIENT RESPONSE(過渡応答)を参照)の後、コントローラは、出力電圧がその設定値となるよう調整して、復帰させます。コントローラの応答時間は閉ループの帯域幅、インダクタの値、及びトランスコンダクタンスアンプのスルーレートによって決まります。帯域幅が広いほど、応答が速く、出力がその設定値から大きく外れることを防ぎます。

入力コンデンサの設計

入力コンデンサは入力電源から引き出される電流のピーク値を下げ、IC内部のスイッチングノイズを減らします。スイッチング周波数における入力コンデンサのインピーダンスは、高周波のスイッチング電流が入力電源に流れるのではなく、入力コンデンサに分流するように、電源のインピーダンスに比べて小さくしなければなりません。信号源のインピーダンスが高ければ、より大きい値を持つ入力コンデンサを必要とします。入力コンデンサはスイッチング電流から生じるリップル電流の要件を満たす必要があります。入力リップル電流のRMS値は次の式で表すことができます：

$$I_{\text{RIPPLE}} = I_{\text{LOAD}} \times \sqrt{\frac{V_{\text{OUT}} \times (V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})}{V_{\text{IN}}^2}}$$

ここで、 I_{RIPPLE} は入力RMSリップル電流です。

いかなる条件においても、MAX8505の絶対最大定格電圧値を超えることがないように、十分に余裕のある入力バイパスコンデンサを使ってください。入力電源がMAX8505の近くに配置されていない場合には、大容量のバイパスコンデンサが必要となるかもしれません。

補償設計

大部分の電圧モードコントローラの場合、インダクタと出力コンデンサによって形成される二重ポールは大きい位相シフトを持つため、コントロールループを安定させるためには、精巧な補償回路を必要とします。MAX8505のコントローラは電流モード制御方式を採用しており、必要とする電流を、外部インダクタを通すことにより出力電圧を調整するので、インダクタとコンデンサで形成される二重ポールをなくすことができ、補償回路の設計が非常に簡単になります。簡単なタイプ1の補償では1個の補償抵抗(R_1)と補償コンデンサ(C_8)によって安定した広帯域のループを形成します(「標準動作回路」を参照してください)。

内部トランスコンダクタンスエラーアンプがコントロールループを補償します。ポールとゼロのペアが形成されるように直列に接続した抵抗とコンデンサをCOMP(エラーアンプの出力)とGND間に接続してください。外部イン

ダクタ、内部電流検出回路、出力コンデンサ、及び外部の補償回路がループの安定性を決定します。インダクタと出力コンデンサは性能、大きさ、及びコストに基づいて選択してください。そして、その後で補償抵抗とコンデンサでコントロールループの安定性を最適化してください。「標準動作回路」に示された部品の値は、広範囲の入出力電圧にわたって安定な動作を可能とします。

安定性、または過渡応答を改善する補償回路をカスタマイズするために、単純化したループ利得を次式で表すことができます：

$$A_{\text{VOL}} = \frac{V_{\text{FB}}}{V_{\text{OUT}}} \times g_{\text{mERR}} \times R_{\text{OERR}} \times \left(\frac{s \times C_{\text{COMP}} \times R_{\text{COMP}} + 1}{(s \times C_{\text{COMP}} \times R_{\text{COMP}} + 1) \times (s \times C_{\text{PARA}} \times R_{\text{COMP}} + 1)} \right) \times \frac{R_{\text{L}}}{R_{\text{T}}} \times \left(\frac{s \times C_{\text{OUT}} \times R_{\text{ESR}} + 1}{s \times C_{\text{OUT}} \times R_{\text{L}} + 1} \right)$$

ここで、

g_{mERR} (COMPトランスコンダクタンス) = 100 μmho

R_{OERR} (トランスコンダクタンスアンプの出力抵抗) = 20M

C_{COMP} (COMP端子における補償用コンデンサ)

R_{T} (電流検出用トランス抵抗) = 0.086

C_{PARA} (COMP端子における寄生容量) = 10pF

R_{L} (負荷抵抗)

C_{OUT} (出力コンデンサ)

R_{ESR} (C_{OUT} の持つ直列抵抗)

$s = j2\pi f$

補償回路を設計する場合、過渡応答を高速化し、システムを安定化させるためには、適切な帯域幅(f_c)を選ぶ必要があります。この帯域幅はスイッチング周波数の1/10を超えてはなりません。妥当な出発点として、まず100kHzとしてください。この帯域幅を用いて次の式に従って C_{COMP} を計算してください：

$$R_{\text{COMP}} = \frac{I_{\text{OUT}} \times R_{\text{T}} \times (R_3 + R_2) \times 2\pi \times f_c \times C_{\text{OUT}}}{V_{\text{OUT}} \times g_{\text{mERR}} \times R_2}$$

ここで、 R_2 と R_3 はフィードバック抵抗です。

C_{COMP} の値は R_{L} と C_{OUT} によって形成されるポールを相殺できるように、次式を使って計算します；

$$C_{\text{COMP}} = R_{\text{L}} \times \frac{C_{\text{OUT}}}{R_{\text{COMP}}}$$

パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

アプリケーション情報

プリント基板のレイアウトの考察

ノイズのない安定な動作を得るためにはプリント基板のレイアウトを注意深く行うことが重要です。特にスイッチング電力段には、特に注意を要します。優れたプリント基板のレイアウトとするためには、以下のガイドラインに従ってください：

- 1) デカップリングコンデンサは出来る限りICの近くに配置してください。電源グランド面(PGNDに接続される)と信号グランド面(GNDに接続される)を分離してください。
- 2) 入力及び出力コンデンサは電源グランド面に接続してください。他のすべてのコンデンサは信号グランド面に接続してください。

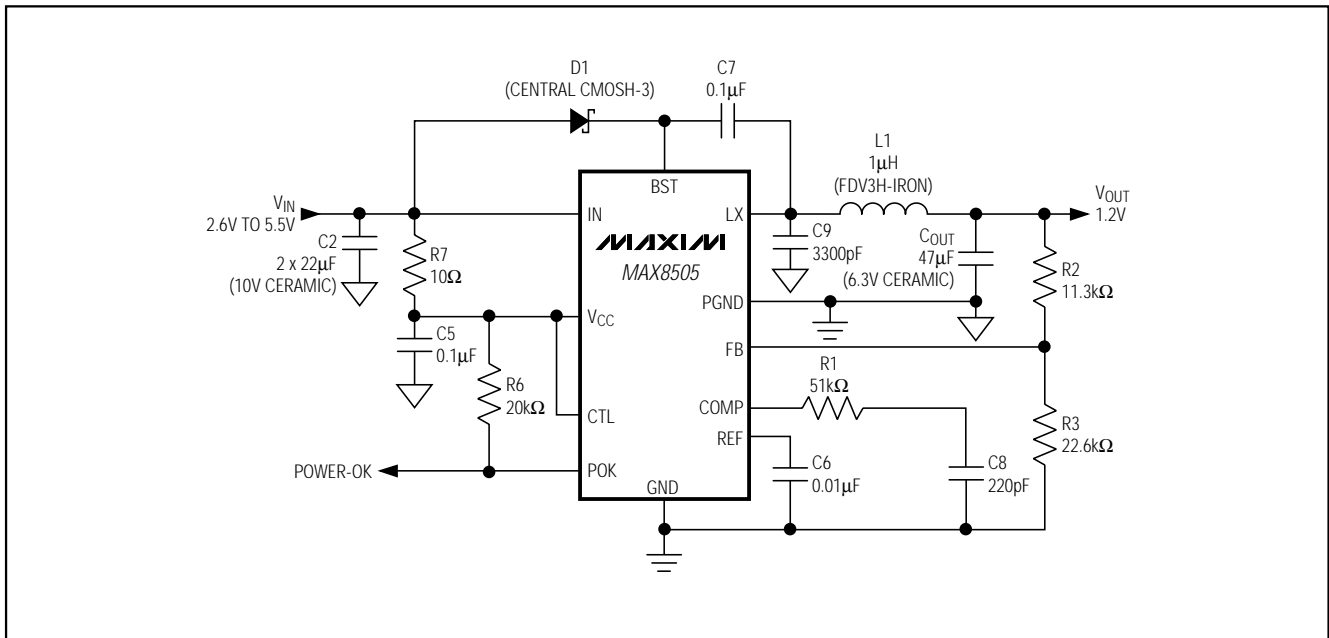
- 3) 大電流が流れる配線はできる限り短く太くしてください。スイッチング電流が流れる配線をできる限り短くし、ハイサイドMOSFET、ローサイドMOSFET、及び入力コンデンサで形成されるループ面積を最小化してください。スイッチング電流が流れる配線にはビア(via)しないでください。
- 4) 可能であれば、さらに効率と長期信頼性を改善するために、IN、LX、及びPGNDは別々に大きな銅の領域に接続してICを冷却してください。
- 5) すべてのフィードバック用の接続は短く直接的となるようにしてください。フィードバック用の抵抗はできる限りICの近くに配置してください。
- 6) 高速で動作するスイッチングノードは感度の高いアナログ領域(FB、COMP)から遠ざけてください。

チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 3352

PROCESS: BICMOS

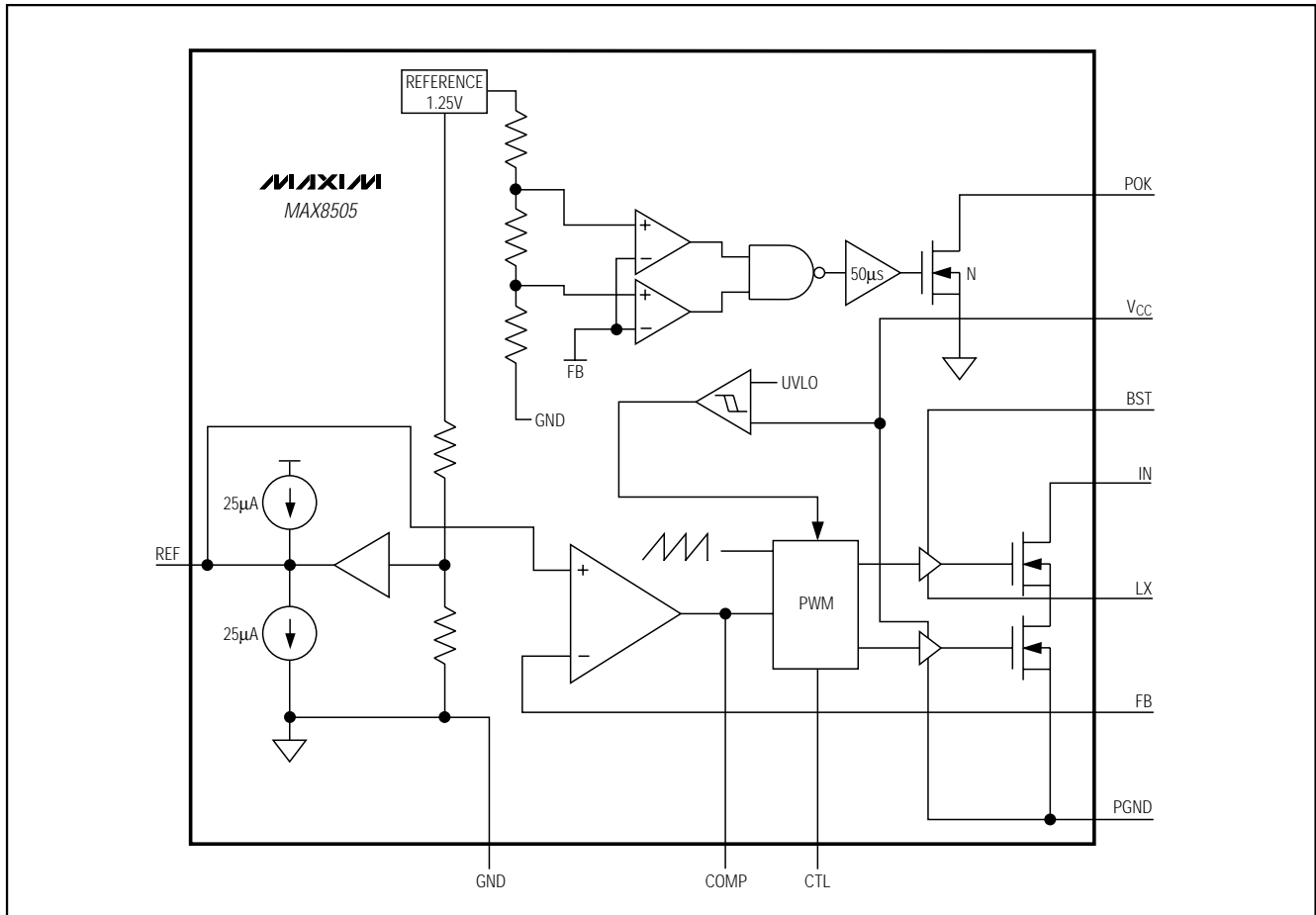
標準動作回路



パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

ファンクションダイアグラム



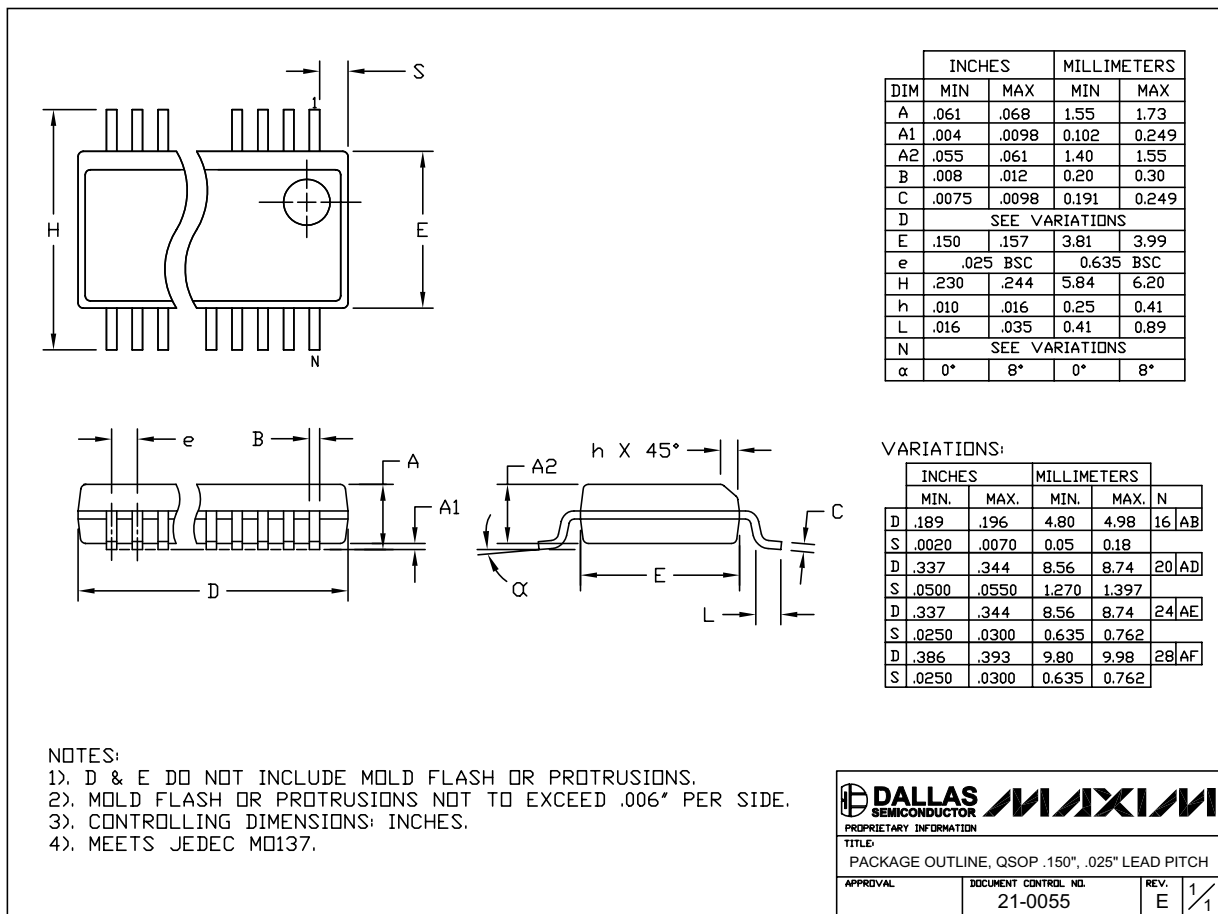
パワーOK付、3A、1MHz、1%精度、 スイッチ内蔵ステップダウンレギュレータ

MAX8505

QSOP:EPS

パッケージ

(このデータシートに掲載されているパッケージ仕様は、最新版が反映されているとは限りません。最新のパッケージ情報は、<http://japan.maxim-ic.com/packages>をご参照下さい。)



販売代理店

マキシム・ジャパン株式会社

〒169-0051 東京都新宿区西早稲田3-30-16(ホリゾン1ビル)
 TEL. (03)3232-6141 FAX. (03)3232-6149

マキシムは完全にマキシム製品に組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。マキシム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。

Maxim Integrated Products, 120 San Gabriel Drive, Sunnyvale, CA 94086 408-737-7600 _____ 15