

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ
同期整流器及び内部スイッチ付

概要

MAX1644は、PCカード、CPUドータカード及びデスクトップコンピュータのバス終端基板等のアプリケーションに最適な一定オフ時間PWMステップダウンDC-DCコンバータです。本製品は、高効率を実現し、部品点数を少なくするために内部同期整流を採用しています。外付ショットキダイオードは必要ありません。内部0.10 PMOSパワースイッチ及び0.10 NMOS同期整流器スイッチが、最大2Aの連続負荷電流を容易に供給することができます。MAX1644は、固定+3.3V又は+2.5V出力、あるいは可変出力(+1.1V ~ V_{IN})を生成します。効率は95%を達成しています。

MAX1644は、ユニークな電流モード一定オフ時間PWM制御方式を採用しています。この方式は、軽負荷動作で高効率を維持するためのIdle Mode™を含んでいます。設定可能な一定オフ時間構造は、スイッチング周波数を最大350kHzまで設定できるため、効率、出力スイッチングノイズ、部品サイズ及びコストでの最善のバランスを実現できます。本デバイスのその他の特長としては、スタートアップ時のサージ電流を制限する可変ソフトスタート、低ドロップアウト動作のための100%デューティサイクル、入力を出力から切り離して消費電流を1µA以下に低減する低電力シャットダウンモード等が挙げられます。MAX1644は、16ピンSSOPパッケージで提供されています。

アプリケーション

+5Vから+3.3V/+2.5Vへの変換

CPU I/O電源

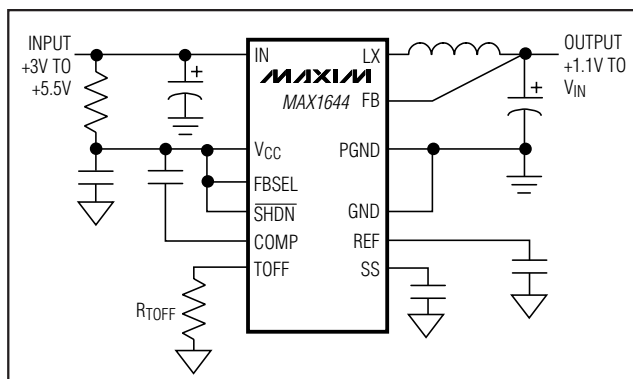
+3.3V PCカード及びカードバスアプリケーション

ノートブック及びサブノートブックコンピュータ

デスクトップコンピュータのバス終端基板

CPUドータカード電源

標準動作回路



Idle ModeはMaxim Integrated, Productsの商標です。

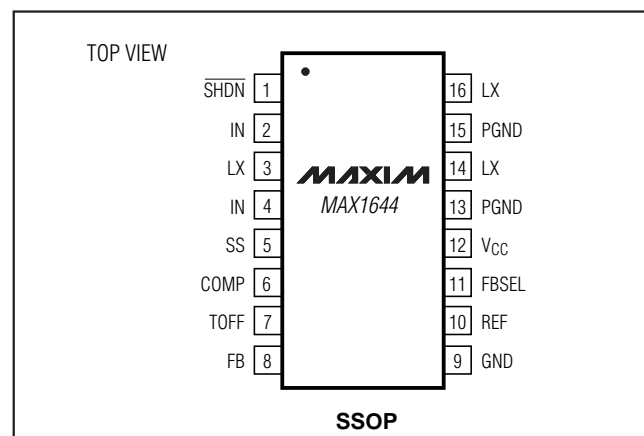
特長

- ◆ 出力精度：±1%
- ◆ 効率：95%
- ◆ 内部PMOS及びNMOSスイッチ
オン抵抗：70m ($V_{IN} = +4.5V$)
オン抵抗：100m ($V_{IN} = +3V$)
- ◆ 出力電圧：+3.3V又は+2.5V(ピン選択)
+1.1V ~ V_{IN} (可変)
- ◆ 入力電圧範囲：+3V ~ +5.5V
- ◆ 動作消費電流：360µA(max)
- ◆ シャットダウン電流：1µA以下
- ◆ 設定可能な一定オフ時間動作
- ◆ スwitchング周波数：350MHz(max)
- ◆ 軽負荷ではIdle Mode
- ◆ サーマルシャットダウン
- ◆ 可変ソフトスタートで突入電流を制限
- ◆ 低ドロップアウト動作中はデューティサイクルが100%
- ◆ 出力短絡保護
- ◆ パッケージ：16ピンSSOP

型番

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX1644EAE	-40°C to +85°C	16 SSOP

ピン配置



2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

MAX1644

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V _{CC} , IN to GND	-0.3V to +6V	ESD Protection	±2kV
IN to V _{CC}	±0.3V	Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)	
GND to PGND	±0.3V	SSOP (derate 16.7mW/°C above +70°C;	
LX to PGND	-0.3V to (V _{IN} + 0.3V)	part mounted on 1 in. ² of 1oz. copper)	1.2W
All Other Pins to GND	-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	Operating Temperature Range	-40°C to +85°C
Continuous LX Output Current	2.5A	Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
REF Short Circuit to GND Duration	Continuous	Lead Temperature (soldering, 10sec)	+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} = +3.3V, FBSEL = GND, T_A = 0°C to +85°C, unless otherwise noted. Typical values are at T_A = +25°C.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage	V _{IN} , V _{CC}		3.0		5.5	V
Preset Output Voltage	V _{OUT}	V _{IN} = V _{CC} = 4V to 5.5V, FBSEL = unconnected	3.300	3.333	3.366	V
		V _{IN} = V _{CC} = 3V to 5.5V, FBSEL = V _{CC}	2.500	2.525	2.550	
		V _{IN} = V _{CC} = 3V to 5.5V, FBSEL = REF	1.089	1.100	1.111	
Adjustable Output Voltage Range		V _{IN} = V _{CC} = 3V to 5.5V, I _{LOAD} = 0, FBSEL = GND or REF	V _{REF}		V _{IN}	V
AC Load Regulation Error		FBSEL = GND		1		%
		FBSEL = REF, V _{CC} , or unconnected		2		
DC Load Regulation Error		FBSEL = GND		0.2		%
		FBSEL = REF, V _{CC} , or unconnected		0.4		
Dropout Voltage	V _{DO}	V _{IN} = V _{CC} = 3V, I _{LOAD} = 1A, FBSEL = V _{CC}			200	mV
Reference Voltage	V _{REF}		1.089	1.100	1.111	V
Reference Load Regulation	ΔV _{REF}	I _{REF} = -1μA to +10μA		0.5	1	mV
PMOS Switch On-Resistance	R _{ON, P}	I _{LX} = 0.5A	V _{IN} = 4.5V	70	150	mΩ
			V _{IN} = 3V	100	200	
NMOS Switch On-Resistance	R _{ON, N}	I _{LX} = 0.5A	V _{IN} = 4.5V	70	150	mΩ
			V _{IN} = 3V	100	200	
Current-Limit Threshold	I _{LIMIT}		2.5	2.9	3.3	A
Idle Mode Current Threshold	I _{IM}		0.25	0.45	0.65	A
Switching Frequency	f	(Note 1)			350	kHz
No-Load Supply Current	I _{IN} + I _{CC}	V _{FB} = 1.2V		240	360	μA
Shutdown Supply Current	I _{CC(SHDN)}	$\overline{\text{SHDN}}$ = GND		<1	3	μA
PMOS Switch Off-Leakage Current	I _{IN}	$\overline{\text{SHDN}}$ = GND			15	μA
Thermal Shutdown Threshold	T _{SHDN}	Hysteresis = 15°C		150		°C

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

MAX1644

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (continued)

($V_{IN} = V_{CC} = +3.3V$, $FBSEL = GND$, $T_A = 0^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Undervoltage Lockout Threshold	V_{UVLO}	V_{IN} falling, hysteresis = 40mV	2.5	2.6	2.7	V
FB Input Bias Current	I_{FB}	$V_{FB} = 1.2V$	0	80	200	nA
Off-Time Default Period	t_{OFF}	$R_{TOFF} = 150k\Omega$	1.13	1.33	1.53	μs
		$R_{TOFF} = 30.1k\Omega$	0.20	0.33		
		$R_{TOFF} = 499k\Omega$		4.3	5.6	
Off-Time Start-Up Period	t_{OFF}	$FB = GND$	$4 \cdot t_{OFF}$			μs
On-Time Period	t_{ON}		0.4			μs
SS Source Current	I_{SS}		3.5	5	6.5	μA
SS Sink Current	I_{SS}	$V_{SS} = 1V$	100			μA
\overline{SHDN} Input Current	$I_{\overline{SHDN}}$	$V_{\overline{SHDN}} = 0$ to V_{CC}	-0.5		0.5	μA
\overline{SHDN} Input Low Threshold	V_{IL}				0.8	V
\overline{SHDN} Input High Threshold	V_{IH}		2.0			V
FBSEL Input Current			-5		+5	μA
FBSEL Logic Thresholds		$FBSEL = GND$			0.2	V
		$FBSEL = REF$	0.9		1.3	
		$FBSEL = \text{unconnected}$	$0.7 \cdot V_{CC}$ - 0.2		$0.7 \cdot V_{CC}$ + 0.2	
		$FBSEL = V_{CC}$	$V_{CC} - 0.2$			

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

($V_{IN} = V_{CC} = +3.3V$, $FBSEL = GND$, $T_A = -40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$, unless otherwise noted. Typical values are at $T_A = +25^{\circ}C$.) (Note 2)

PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Voltage	V_{IN}		3.0		5.5	V
Preset Output Voltage	V_{OUT}	$I_{LOAD} = 0$ to 2A, $V_{FB} = V_{OUT}$	$V_{IN} = V_{CC} = 4V$ to 5.5V, $FBSEL = \text{unconnected}$		3.390	V
			$V_{IN} = 3V$ to 5.5V, $FBSEL = V_{CC}$	2.48	2.57	
			$V_{IN} = 3V$ to 5.5V, $FBSEL = REF$	1.08	1.12	
Adjustable Output Voltage		$V_{IN} = 3.0V$ to 5.5V, $I_{LOAD} = 0$, $FBSEL = GND$ or REF	V_{REF}		V_{IN}	V
Reference Voltage	V_{REF}		1.08		1.12	V
PMOS Switch On-Resistance	$R_{ON, P}$	$I_{LX} = 0.5A$	$V_{IN} = 4.5V$		150	m Ω
			$V_{IN} = 3V$		200	
NMOS Switch On-Resistance	$R_{ON, N}$	$I_{LX} = 0.5A$	$V_{IN} = 4.5V$		150	m Ω
			$V_{IN} = 3V$		200	
Current-Limit Threshold	I_{LIMIT}		2.3		3.5	A
Idle Mode Current Threshold	I_{IM}		0.2		0.7	A
No-Load Supply Current	$I_{IN} + I_{CC}$	$V_{FB} = 1.2V$			360	μA
FB Input Bias Current	I_{FB}	$V_{FB} = 1.2V$	0		250	nA
Off-Time Default Period	t_{OFF}	$R_{TOFF} = 150k\Omega$	1.03		1.63	μs

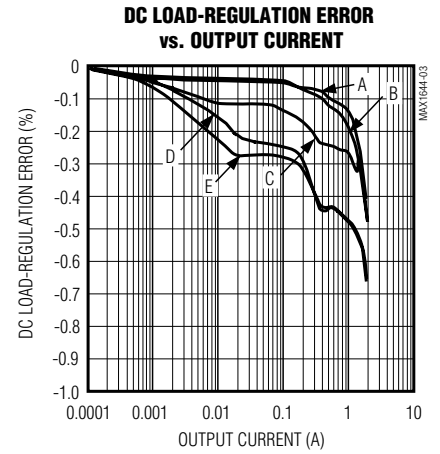
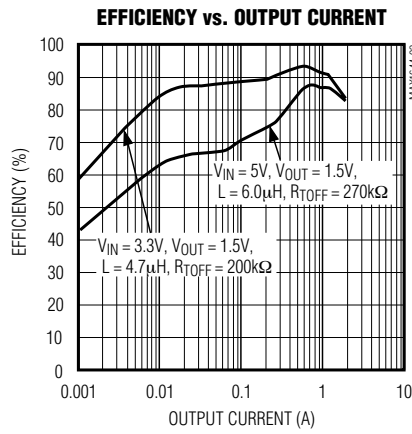
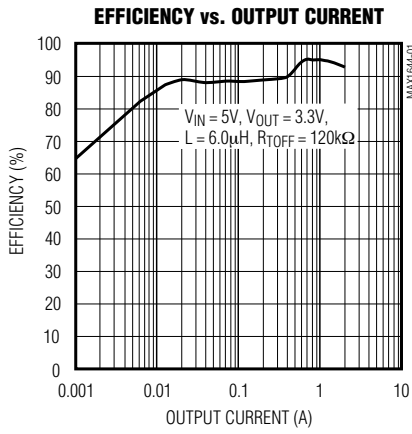
Note 1: Recommended operating frequency, not production tested.

Note 2: Specifications from $0^{\circ}C$ to $-40^{\circ}C$ are guaranteed by design, not production tested.

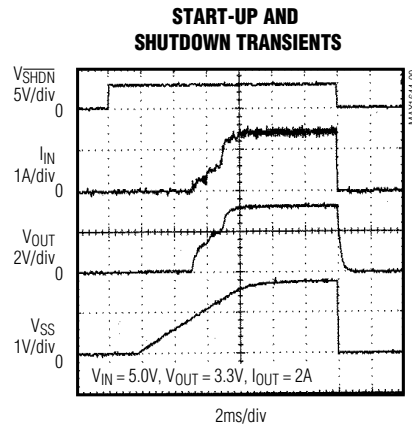
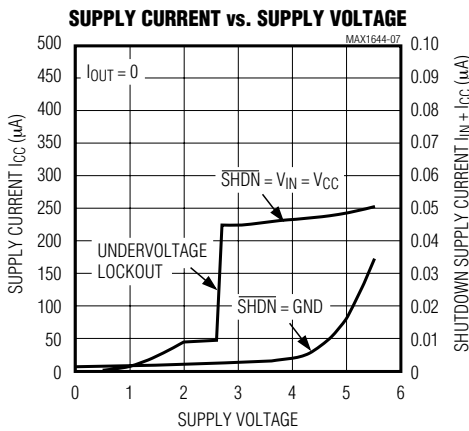
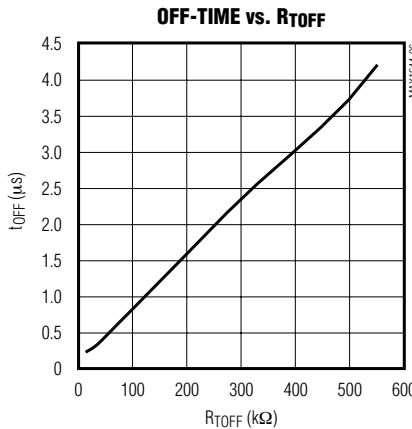
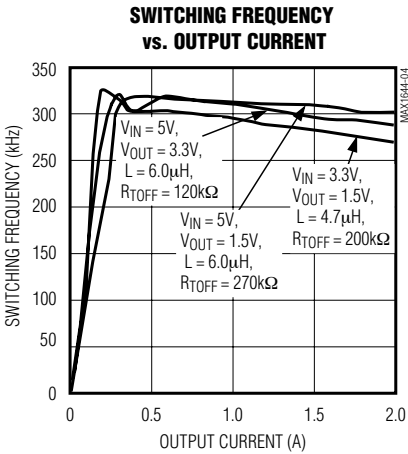
2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

標準動作特性

(Circuit of Figure 1, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)



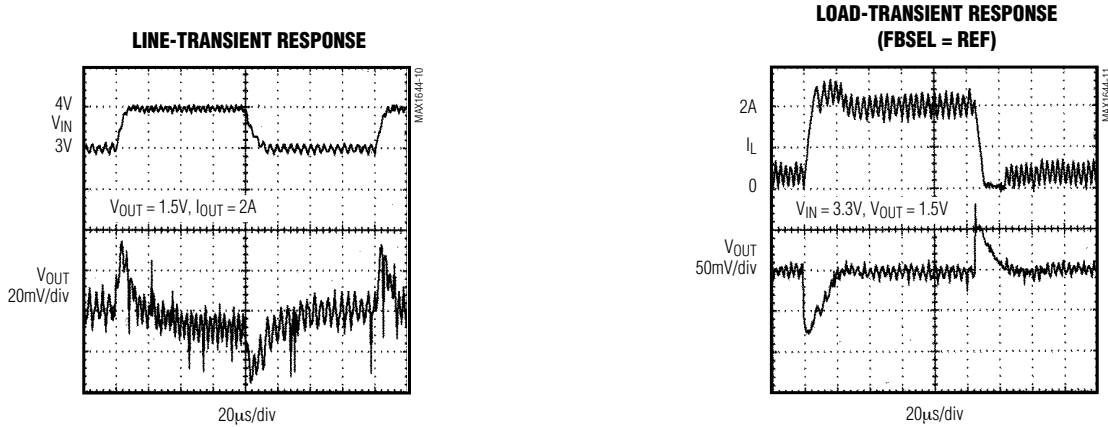
- A: $V_{IN} = 3.3V, V_{OUT} = 1.5V, L = 4.7\mu H, R_{TOFF} = 200k\Omega, FBSEL = GND$
- B: $V_{IN} = 3.3V, V_{OUT} = 1.5V, L = 4.7\mu H, R_{TOFF} = 200k\Omega, FBSEL = REF$
- C: $V_{IN} = 5V, V_{OUT} = 3.3V, L = 6.0\mu H, R_{TOFF} = 120k\Omega, FBSEL = OPEN$
- D: $V_{IN} = 5V, V_{OUT} = 1.5V, L = 6.0\mu H, R_{TOFF} = 270k\Omega, FBSEL = GND$
- E: $V_{IN} = 5V, V_{OUT} = 1.5V, L = 6.0\mu H, R_{TOFF} = 270k\Omega, FBSEL = REF$



2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

標準動作特性(続き)

(Circuit of Figure 1, $T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)



端子説明

端子	名称	機能
1	SHDN	シャットダウン制御入力。SHDNをローにすると、リファレンス、制御回路及び内部MOSFETがディセーブルされます。ハイにするか、 V_{CC} に接続すると通常動作になります。
2, 4	IN	内部PMOSパワースイッチの電源電圧入力。
3, 14, 16	LX	PMOSパワースイッチ及びNMOS同期整流器スイッチのドレイン接続。このノードと出力フィルタコンデンサ及び負荷の間にインダクタを接続して下さい。
5	SS	ソフトスタート。SSとGNDの間にコンデンサを接続すると、スタートアップ時の突入電流が制限されます。
6	COMP	積分器補償。COMPと V_{CC} の間にコンデンサを接続することによって積分器の補償を行います。「積分器アンプ」を参照。
7	TOFF	オフ時間選択入力。一定オフ時間動作中のPMOSパワースイッチのオフ時間を設定します。TOFFとGNDの間に抵抗を接続することにより、PMOSスイッチのオフ時間を調節して下さい。
8	FB	固定出力及び可変動作の両モードのフィードバック入力。出力に直接接続すると固定電圧動作になり、抵抗分圧器に接続すると可変動作モードになります。
9	GND	アナロググランド
10	REF	リファレンス出力。REFは $1\mu\text{F}$ のコンデンサでGNDにバイパスして下さい。
11	FBSEL	フィードバック選択入力。AC負荷レギュレーションエラー及び出力電圧を選択します。設定手順については、表2を参照して下さい。
12	V_{CC}	アナログ電源電圧入力。内部アナログ回路に電源を供給します。 V_{CC} は 10Ω と $2.2\mu\text{F}$ のローパスフィルタでバイパスして下さい。図1を参照。
13, 15	PGND	電源グランド。内部でNMOS同期整流器スイッチに接続されています。

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

詳細

MAX1644同期電流モード一定オフ時間PWM DC-DCコンバータは、+3V~+5.5Vの入力電圧を+3.3V又は+2.5Vの固定電圧、あるいは+1.1V~ V_{IN} の可変出力電圧にステップダウンします。本デバイスは最大2Aの連続負荷電流を供給します。0.1 PMOSパワースイッチと0.1 NMOS同期整流器スイッチからなる内部スイッチが効率を改善して、部品点数を減らす一方、外部ショットキダイオードを不要にします。

MAX1644は重負荷において一定オフ時間モードで動作し、軽負荷においてはマキシム社独自のアイドルモードで動作することにより、動作を最適化しています。一定オフ時間制御回路は単一の抵抗によってスイッチング周波数を最大350kHzまで設定できるため、効率、スイッチングノイズ、部品サイズ及びコストでの最善のバランスを実現できます。低ドロップアウト条件において、本製品はデューティサイクル100%モードで動作します。このモードにおいてはPMOSスイッチが常にオン状態に留まります。アイドルモードはサイクルをスキップして遷移及びゲートチャージ損失を低減することにより、軽負荷効率を改善します。

電源を安定化電源から得ている場合、一定オフ時間PWM構造は実質的に一定周波数動作を提供します。この構造は、ライン及び負荷トランジェントに迅速に応答するという本質的な利点を持っています。

MAX1644の電流モード一定オフ時間PWM構造は、PMOSスイッチのオン時間を一定なオフ時間に対して変化させることにより出力電圧を制御します。オン時間を増加させると、ピークインダクタ電流及びパルス毎に負荷に移行するエネルギーが増加します。

動作モード

PMOSスイッチを流れる電流が動作モードを決定します。負荷電流が0.2A以上の時に一定オフ時間モードになり、負荷電流が0.2A以下の時にアイドルモードになります。電流検出は、電流検出 I^2R 損失を排除する独自の構造によって行われています。

一定オフ時間モード

一定オフ時間動作は、PMOSスイッチを流れる電流がアイドルモードスレッショルド電流(0.4A、これは負荷電流として0.2Aに対応)を超えている時に起こります。このモードにおいては、各オフ時間の最後にレギュレーションコンパレータがPMOSスイッチをターンオンすることにより、デバイスを連続導電モードに維持します。PMOSスイッチは出力が安定化状態になるか、電流リミットに達するまでオン状態に留まります。PMOS

スイッチはいったんターンオフすると、設定されたオフ時間(t_{OFF})だけオフ状態に留まります。出力が安定化レベルから著しく外れて低下した場合(約 $V_{FB}/4$)、PMOSスイッチは t_{OFF} の約4倍の間オフ状態に留まります。NMOS同期整流器はPMOSスイッチがターンオフした後少し経ってからターンオンして、PMOSスイッチが再びターンオンする少し前までオン状態に留まります。

アイドルモード

軽負荷においては、デバイスはパルスをスキップするアイドルモードに切り換えることによって効率を改善します。アイドルモード動作は、PMOSスイッチを流れる電流がアイドルモードスレッショルド電流より少ない時に起こります。アイドルモードは、スイッチを流れる電流が0.4Aに達するまでPMOSを強制的にオン状態に維持します。これによって、軽負荷の効率を劣化させる不必要なスイッチングを最小限に抑えます。アイドルモードにおいては、デバイスは断続導電動作をします。電流検出回路がNMOS同期スイッチを流れる電流を監視し、電流が逆転する前にターンオフします。これにより、電流が出力フィルタからインダクタ及びNMOSスイッチを通してグラウンドに流れるのを防ぎます。デバイスの動作モードが切り換わる時、回路の挙動に大きな変化はありません。

100%デューティサイクル動作

入力電圧が出力電圧の近くにまで低下するとデューティサイクルが増加して、ついにはPMOS MOSFETが連続的にオンになります。デューティサイクルが100%の時のドロップアウト電圧は、出力電流と内部PMOSスイッチ及びインダクタの寄生抵抗のオン抵抗の積です。PMOSスイッチは、電流リミットに達するまでは連続的にオン状態に留まります。

シャットダウン

\overline{SHDN} をロジックレベルローにすると、MAX1644は低電力シャットダウンモードになり、消費電流が $1\mu A$ 以下に低下します。シャットダウン中は全ての回路及び内部MOSFETがターンオフして、LXノードがハイインピーダンスになります。 \overline{SHDN} をロジックレベルハイにするか、 V_{CC} に接続すると通常動作になります。

加算コンパレータ

加算コンパレータの入力で次の3つの信号が加算されます(図1)。即ち、リファレンス電圧を基準とする出力電圧エラー信号、積分された出力電圧エラー補正信号及び検出されたPMOSスイッチ電流の3つです。積分されたエラー信号は、COMPピンに外付コンデンサを持つ

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

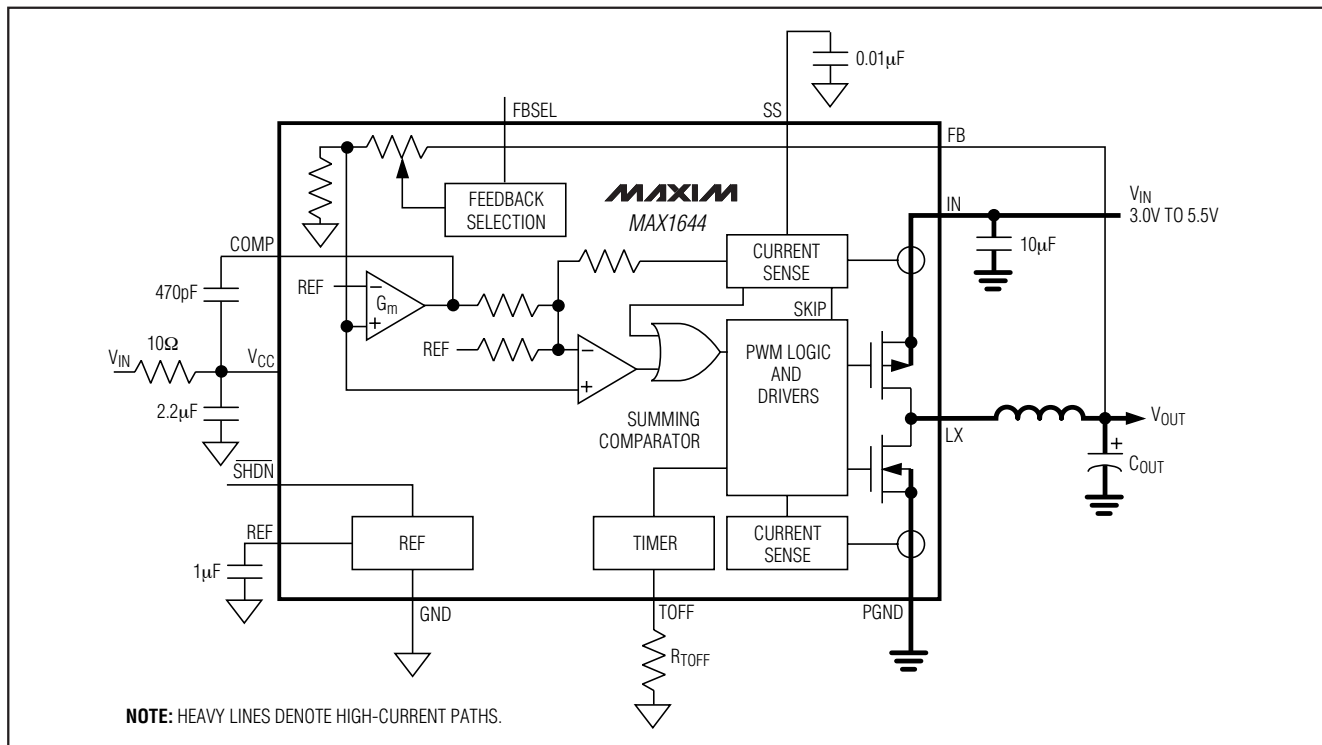


図1. ファンクションダイアグラム

トランスコンダクタンスアンプによって提供されます。この積分器は、高ゲインのエラーアンプを必要とせずに高いDC精度を提供します。COMPにコンデンサを接続することによって全体的なループ応答が変わります(「積分器アンプ」の項を参照)。

同期整流

同期整流機能のないステップダウンレギュレータの場合、インダクタが放電している時の電流経路は外部ショットキダイオードによって提供されます。ショットキダイオードを低抵抗NMOS同期スイッチで置き換えると、導電損失が減って効率が改善されます。

貫通電流(シュートスルー)を防ぐため、NMOS同期整流器スイッチはPMOSパワースイッチがターンオフした後短いディレイを経てからターンオンします。一定オフ時間モードにおいては、同期整流器はPMOSパワースイッチがターンオンする直前にターンオフします。両方のスイッチがオフである時、インダクタ電流はNMOSスイッチの内部ボディダイオードを流れます。内部ボディダイオードの順方向電圧は、比較的高くなっています。

熱抵抗

ジャンクションと周囲の間の熱抵抗(θ_{JA})はICのリードを間近に囲む銅箔の面積に強く依存します。MAX1644

評価キットの銅箔面積は3.2cm²で、空気の流れがない時の熱抵抗は60 /Wです。IC上に空気の流れがあると、ジャンクションから周囲への熱抵抗がかなり減少します。放熱をよくするため、ICに接続されている銅箔面積が、大電流ピンの間で均等に分配されるようにして下さい。

電力消費

MAX1644の電力消費は、主に2つのパワースイッチの導電損失です。制御部の消費電流と内部スイッチのゲート容量の充電/放電に使われる平均電流に起因する電力消費は、300kHzで30mW以下です。この数値は、デバイスがアイドルモードに入ってスイッチング周波数が減少すると共に減少します。2つのパワースイッチを合わせた導電損失は、次式で計算されます。

$$P_D = I_{LOAD}^2 \cdot R_{ON}$$

これだけの電力を放熱するために必要なジャンクションから周囲への熱抵抗は、次式で計算されます。

$$\theta_{JA} = (T_{J(MAX)} - T_{A(MAX)}) / P_D$$

ここで、

θ_{JA} = ジャンクションから周囲への熱抵抗

$T_{J(MAX)}$ = 最大許容ジャンクション温度

$T_{A(MAX)}$ = 最大周囲温度

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

MAX1644

設計手順

標準的なアプリケーションにおいては、表1の推奨部品定数に従って下さい。その他のアプリケーションの場合は、以下の手順に従って下さい。

- 1) 希望のPWMモードスイッチング周波数を選択します。最初の値としては300kHzが好適です。
- 2) 入力電圧、出力電圧及びスイッチング周波数の関数として一定オフ時間を選択します。
- 3) オフ時間の関数として R_{TOFF} を選択します。
- 4) 出力電圧、オフ時間及びピーク間インダクタ電流の関数としてインダクタを選択します。

表1. 推奨部品定数

$$(I_{OUT} = 2A, f_{PWM} = 300kHz)$$

V _{IN} (V)	V _{OUT} (V)	L (μH)	R _{TOFF} (kΩ)
5	3.3	6.0	120
5	2.5	6.8	180
5	1.8	6.8	240
5	1.5	6.0	270
3.3	2.5	3.3	82
3.3	1.8	4.7	180
3.3	1.5	4.7	200

表2. 出力電圧及びAC負荷レギュレーションの選択

PIN		OUTPUT VOLTAGE (V)	AC LOAD-REGULATION ERROR (%)
FBSEL	FB		
V _{CC}	Output Voltage	2.5	2
Unconnected	Output Voltage	3.3	2
REF	Resistor Divider	Adjustable	2
GND	Resistor Divider	Adjustable	1

出力電圧の設定

MAX1644の出力は、2つの固定出力電圧(2.5V又は3.3V)の間で選択できます。この場合のAC負荷レギュレーションエラーは2%です。また、リファレンス電圧(公称1.1V)~V_{IN}の間の可変出力も可能です。この場合のAC負荷レギュレーションエラーは1%又は2%です。固定電圧にするには、FBを出力電圧に接続し、FBSELをV_{CC}(出力電圧2.5V)に接続するかあるいは未接続(出力電圧3.3V)にしておいて下さい。内部抵抗分圧器が出力電圧を分割して、分割された電圧が内部リファ

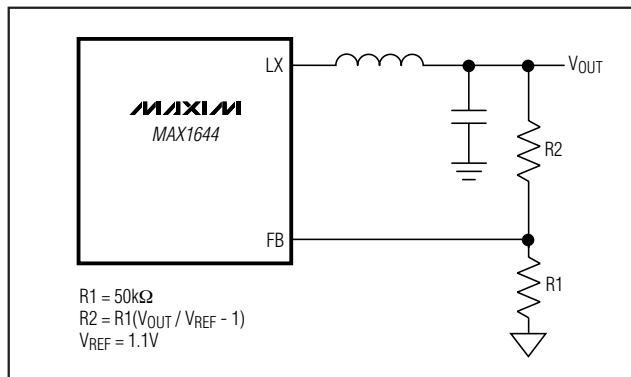


図2. 可変出力電圧

レンス電圧に等しくなるように制御します。2.5Vと3.3V以外の出力電圧にする時、あるいはAC負荷レギュレーションをさらに正確にする時は、FBSELをGND(1%レギュレーション)又はREF(2%レギュレーション)に接続し、FBを出力電圧とグランドの抵抗分圧器に接続して下さい(図2)。可変出力電圧の場合、V_{FB}がV_{REF}に等しい時にレギュレーションが維持されます。R1には50kΩを選択して下さい。R2は次式で与えられます。

$$R2 = R1 \left(\frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

ここで、V_{REF}の標準値は1.1Vです。

スイッチング周波数とオフ時間の設定

MAX1644のPWMモードスイッチング周波数は設定可能になっており、入力・出力電圧及びTOFFとGNDの間に接続されたR_{TOFF}の値によって設定されます。R_{TOFF}は、PWMモードにおいてPMOSパワースイッチのオフ時間を設定します。PWMモード(I_{OUT} > 0.2A)における希望のスイッチング周波数にしたがって、次式でオフ時間を選んで下さい。

$$t_{OFF} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT} - V_{PMOS})}{f_{PWM}(V_{IN} - V_{PMOS} + V_{NMOS})}$$

ここで、

t_{OFF} = 設定されたオフ時間

V_{IN} = 入力電圧

V_{OUT} = 出力電圧

V_{NMOS} = 内部NMOSパワースイッチの両端の電圧降下

V_{PMOS} = 内部PMOS同期整流器スイッチの両端の電圧降下

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

$f_{PWM} = \text{PWMモード}(I_{OUT} > 0.2A)$ における
スイッチング周波数

次式で R_{TOFF} を計算して下さい。

$$R_{TOFF} = (t_{OFF} - 0.07\mu s)(150k / 1.26\mu s)$$

R_{TOFF} の推奨値は39k ~ 470k で、対応するオフ時間は0.4 μ s ~ 4 μ sです。

インダクタの選択

インダクタンス値(L)、ピーク電流(I_{PEAK})及びDC抵抗(R_{DC})の3つの重要なインダクタパラメータを指定する必要があります。次式に含まれている定数LIRは、インダクタのピーク間AC電流(リップル電流)と最大DC負荷電流の比です。LIRの値が大きいと、インダクタを小型化できますが、損失及びリップルが大きくなります。サイズと損失の間の適当な妥協点は、リップル電流と負荷電流の比として約25%(LIR = 0.25)です。この場合、ピークインダクタ電流がDC負荷電流の1.125倍になります。

$$L = \frac{V_{OUT} \cdot t_{OFF}}{I_{OUT} \cdot LIR}$$

ここで、

I_{OUT} = 最大DC負荷電流

LIR = ピーク間ACインダクタ電流とDC負荷電流の比(0.25 typ)です。

前の式を使用した場合、完全負荷時のピークインダクタ電流は1.125 x I_{OUT} です。そうでない場合は、ピーク電流は次式で計算できます。

$$I_{PEAK} = I_{OUT} + \frac{V_{OUT} \cdot t_{OFF}}{2 \cdot L}$$

飽和電流が少なくともピークインダクタ電流と同等のインダクタを選んで下さい。損失を最小限に抑えるため、DC抵抗の低いインダクタを選んで下さい。

コンデンサの選択

入力コンデンサは、ピーク電流と電圧ソースにおけるノイズを低減します。低ESR、低ESLコンデンサをINから5mm以内に配置して下さい。RMS入力リップル電流の必要条件及び電圧定格にしたがって入力コンデンサを選んで下さい。

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

出力フィルタコンデンサは出力電圧リップル、出力負荷過渡応答及びフィードバックループの安定性に影響します。MAX1644が安定に動作するには、最小出力リップル電圧 $V_{RIPPLE} = 2\% \cdot V_{OUT}$ であることが必要です(負荷レギュレーションの設定を2%とした場合)。

出力コンデンサの最小ESRは次式で与えられます。

$$ESR > 2\% \cdot \frac{L}{t_{OFF}}$$

安定動作のためには、適正な出力フィルタコンデンサが必要です。出力コンデンサを選択する場合には、以下を確認して下さい。

$$C_{OUT} (t_{OFF}/V_{OUT}) \cdot (64\mu FV/\mu s)$$

AC負荷レギュレーション設定が1%の時、 C_{OUT} の必要条件は2倍になり、出力コンデンサの最小ESRは半分になります。

積分器アンブ

内部トランスコンダクタンスアンブが出力DC精度を微調整します。トランスコンダクタンスアンブは、COMPと V_{CC} の間のコンデンサ C_{COMP} で補償されています。安定動作のためには、以下の条件を満たすものを選んで下さい。

$$C_{COMP} = 470pF$$

コンデンサ値が大きければ、平均出力電圧が一定に維持されますが、出力電圧の変化に対するループ応答が遅くなります。コンデンサ値が小さいと、出力電圧の変化に対するループ応答が速くなりますが、安定性が低下します。最適の性能が得られるコンデンサ値を選んで下さい。

ACループゲインの設定

MAX1644の可変出力電圧モードが選択されている場合、AC負荷レギュレーションエラーとして1%又は2%を選択できます(表2)。固定出力電圧モード(FBSELを V_{CC} に接続、あるいは未接続)においては、自動的に2%に設定されます。負荷レギュレーションエラーの設定が2%の場合、出力フィルタコンデンサの必要条件が減り、小型で安価なコンデンサを使用することができます。負荷レギュレーションエラーとして1%を選択すると、過渡負荷エラーが低減しますが、より大きなコンデンサが必要になります。

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

MAX1644

ソフトスタート

ソフトスタートは、スタートアップ時及びシャットダウン解除時に内部電流リミットをゆっくりと増加させることにより入力サージ電流を減少させる機能です。SSとGNDの間に配置された充電コンデンサ C_{SS} が、内部電流リミットの変化速度を設定します。パワーアップ時、低電圧ロックアウト(2.6V typ)の解除時、又はSHDNピンがハイに引き上げられた後、5 μ Aの定電流ソースがソフトスタートコンデンサを充電してSSの電圧が上昇します。SSの電圧が約0.7Vよりも低い時、電流リミットはゼロに設定されます。電圧が0.7Vから約1.8Vに増加するに従い、電流リミットは0から2.9Aに調節されます。ソフトスタートコンデンサの両端の電圧の時間変化は次式で表されます。

$$V_{SS} = \frac{5\mu A \cdot t}{C_{SS}}$$

ソフトスタート電流リミットは、ソフトスタートピンSSの電圧に依存して次式のように変化します。

$$I_{LIMIT} = (V_{SS} - 0.7V) \cdot 2.7A/V \quad (V_{SS} > 0.7V)$$

ソフトスタートコンデンサの両端の電圧が1.8Vに達すると、定電流ソースは充電を停止します(図3)。

回路レイアウト及びグラウンディング

MAX1644の出力パワーレベル、高効率及び低ノイズ特性を十分に発揮させるには、良好なレイアウトが必要です。良好なレイアウトは、グランドプレーンの使用、適切な部品配置及び適切なトレース幅による適正な配線によって得られます。以下の項目は重要度の高いものから先に列挙されています。

- 1) スイッチド電流及び大電流のグランドループを最小限に抑えて下さい。入力コンデンサのグランド、出力コンデンサのグランド及びPGNDを一緒にまとめて接続して下さい。

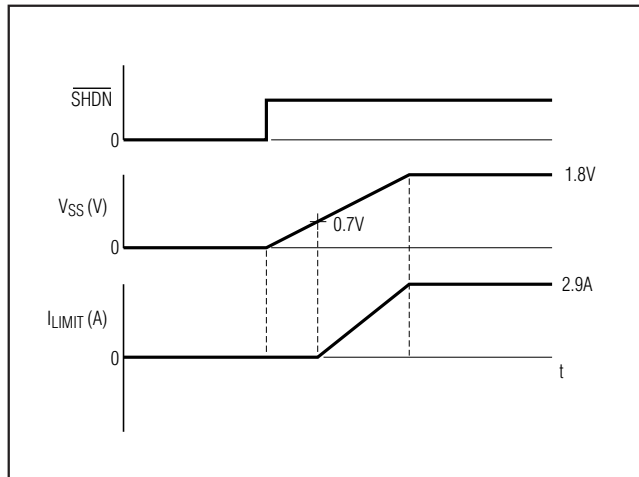


図3. ソフトスタートリミットの時間変化

- 2) 入力フィルタコンデンサはINから5mm以内に接続して下さい。接続する銅トレースには大電流が流れるため、少なくとも2mm、できれば5mm幅にして下さい。
- 3) LXノードの部品同士はできるだけ近くに一緒にまとめて配置して下さい。これにより、抵抗性損失及びスイッチング損失及びノイズが減少します。
- 4) 最適の性能を得るにはグランドプレーンが必須です。殆どのアプリケーションにおいては回路は複層基板に配置されますが、4層以上の銅箔層の活用を推奨します。最上層と最下層は相互接続に使用し、内部の層はとぎれのないグランドプレーンにして下さい。

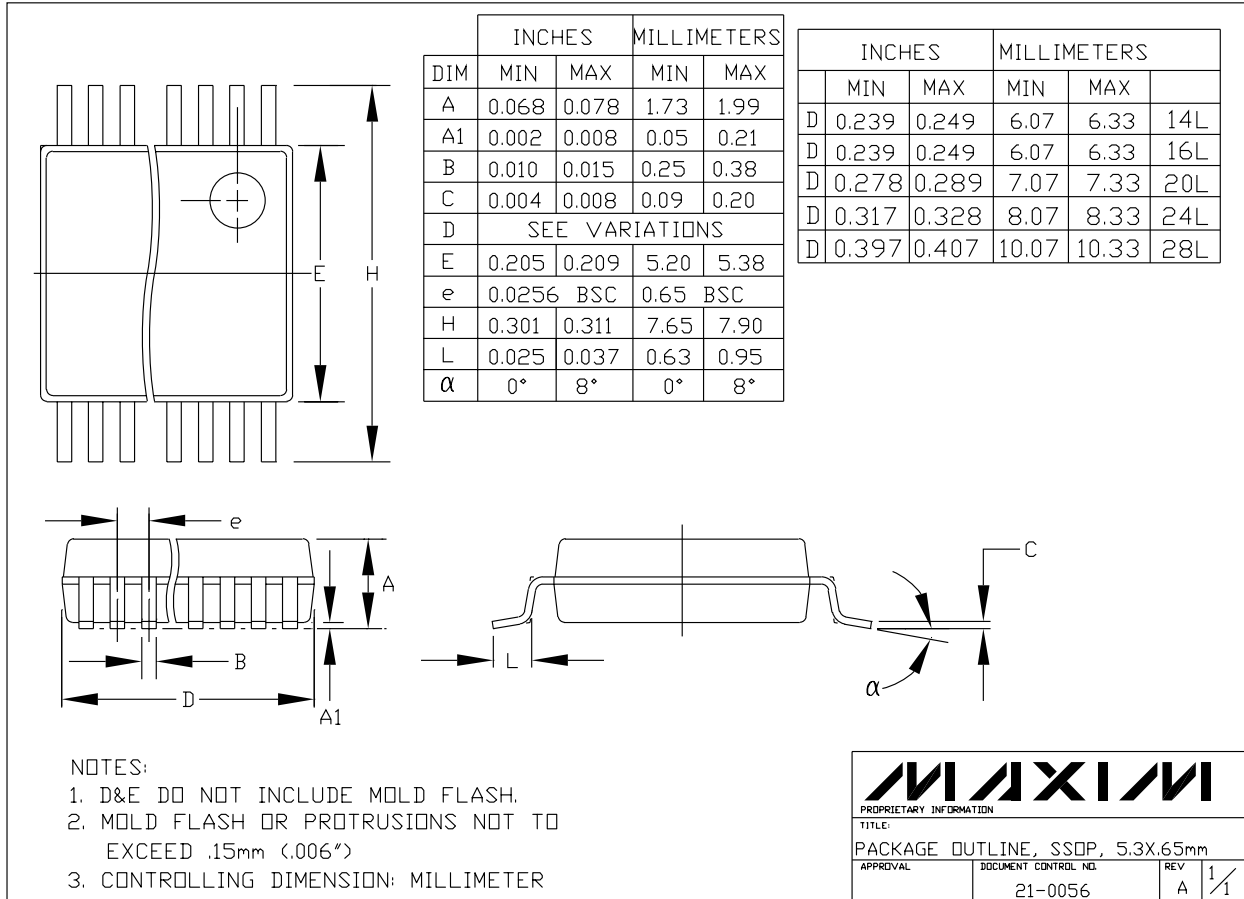
チップ情報

TRANSISTOR COUNT: 1758

2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

パッケージ

MAX1644



2A、低電圧ステップダウンレギュレータ 同期整流器及び内部スイッチ付

MAX1644

NOTES