

静止電流が85 μ Aの58V、2A、2.4MHz 降圧スイッチング・レギュレータ

特長

- 広い入力電圧範囲: 3.6V~58Vで動作
- 過電圧ロックアウトにより、80Vのトランジェントからデバイスを保護
- 最大出力電流: 2A
- 低リップル(15mV_{p-p}未満)のBurst Mode[®]動作
I_Q=85 μ A (12V入力/3.3V出力時)
- 調整可能なスイッチング周波数: 100kHz~2.4MHz
- 低シャットダウン電流: I_Q < 1 μ A
- キャッチ・ダイオード電流の検出により、短絡および入力過電圧からデバイスを保護
- 250kHz~2MHzの範囲で同期可能
- パワーグッド・フラグ
- 飽和スイッチ設計: 200m Ω のオン抵抗
- 過熱保護
- ソフトスタート機能
- 熱特性が改善された小型16ピンMSOPおよび3mm \times 4mm DFNパッケージ

アプリケーション

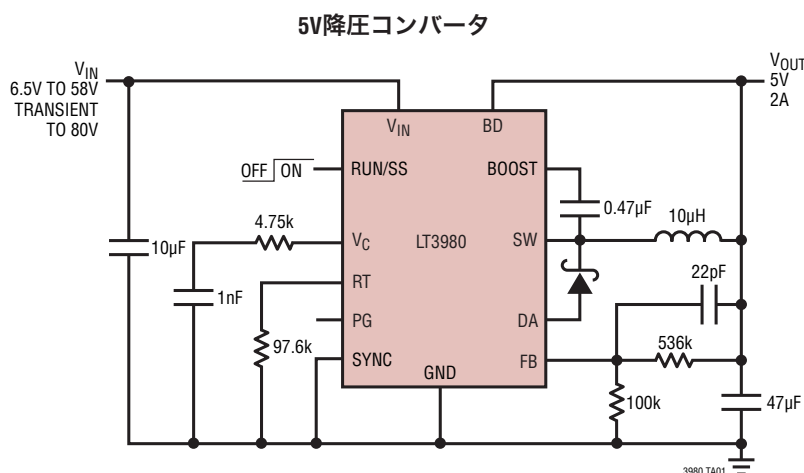
- 自動車用バッテリーのレギュレーション
- 分散電源のレギュレーション
- 産業用電源
- ACアダプタ・トランスのレギュレーション

概要

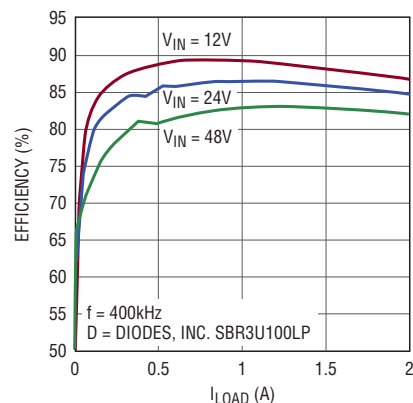
LT[®]3980は、最大58V(トランジェント時は80V)の入力電圧で使用可能な可変周波数(100kHz~2.4MHz)モノリシック降圧スイッチング・レギュレータです。高効率の200m Ω スイッチに加えて、昇圧ショットキ・ダイオードや必要な発振器、制御回路、ロジック回路を内蔵しています。高速トランジェント応答と優れたループ安定性を確保するため、電流モード方式が使用されています。キャッチ・ダイオード電流の検出(DAピン)により、高いスイッチング周波数を使用している場合でも入力電圧トランジェント時にデバイスを保護します。低リップルのBurst Mode動作により、標準的なアプリケーションでは出力リップルを15mV未満に抑えつつ、低出力電流時には高い効率を維持します。さらに、LT3980はV_{OUT}が3Vを超える場合に出力からバイアス電流を流すことにより、低出力電流時の効率をさらに向上させることができます。シャットダウンによって入力電源電流を1 μ A未満に低減するとともに、RUN/SSピンの抵抗とコンデンサによって出力電圧ランプを制御します(ソフトスタート)。出力電圧が設定出力電圧の91%に達すると、パワーグッド・フラグによって通知されます。LT3980は、熱抵抗を低く抑えるための露出パッドを備えた16ピンMSOPパッケージおよび3mm \times 4mm DFNパッケージで供給されます。

LT、**LT**、**LTC**、**LTM**、Linear Technology、Burst ModeおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例



効率 (V_{OUT}=5V)



LT3980

絶対最大定格

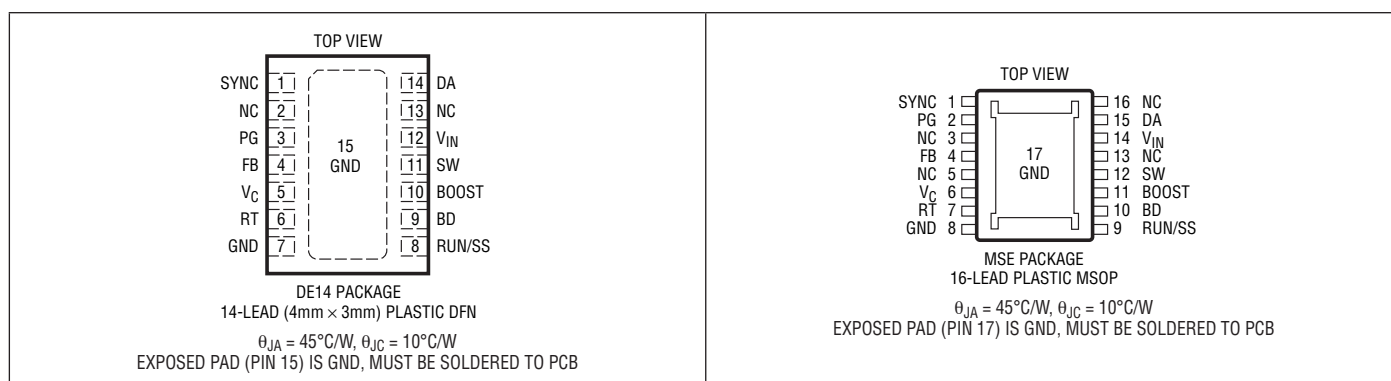
(Note 1)

V_{IN} 、RUN/SSの電圧 (Note 5).....	80V
BOOSTピンの電圧.....	75V
SWピンを超えるBOOSTピン電圧.....	30V
FB、RT、 V_C の電圧.....	5V
PG、BD、SYNCの電圧.....	25V

動作接合部温度範囲 (Note 2)

LT3980E.....	-40°C~125°C
LT3980I.....	-40°C~125°C
LT3980H.....	-40°C~150°C
保存温度範囲.....	-65°C~150°C
リード温度 (半田付け、10秒) (MSEのみ).....	300°C

ピン配置



発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング*	パッケージ	温度範囲
LT3980EDE#PBF	LT3980EDE#TRPBF	3980	14-Lead (3mm x 4mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3980IDE#PBF	LT3980IDE#TRPBF	3980	14-Lead (3mm x 4mm) Plastic DFN	-40°C to 125°C
LT3980EMSE#PBF	LT3980EMSE#TRPBF	3980	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3980IMSE#PBF	LT3980IMSE#TRPBF	3980	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 125°C
LT3980HMSE#PBF	LT3980HMSE#TRPBF	3980	16-Lead Plastic MSOP	-40°C to 150°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。*温度グレードは出荷時のコンテナのラベルで識別されます。
非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。
鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。
テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandreeel/> をご覧ください。

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $V_{RUN/SS} = 10\text{V}$ 、 $V_{BOOST} = 15\text{V}$ 、 $V_{BD} = 3.3\text{V}_o$ (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Minimum Input Voltage		●	3	3.6	V	
V_{IN} Overvoltage Lockout		●	58	61.5	64	V
Quiescent Current from V_{IN}	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$		0.01	0.5	μA	
	$V_{BD} = 3\text{V}$, Not Switching		20	35	60	μA
	$V_{BD} = 0$, Not Switching		70	120	160	μA

3980fa

電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{IN} = 10\text{V}$ 、 $V_{RUN/SS} = 10\text{V}$ 、 $V_{BOOST} = 15\text{V}$ 、 $V_{BD} = 3.3\text{V}_o$ (Note 2)

PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
Quiescent Current from BD	$V_{RUN/SS} = 0.2\text{V}$		0.01	0.5	μA	
	$V_{BD} = 3\text{V}$, Not Switching	55	82	115	μA	
	$V_{BD} = 0$, Not Switching		1	5	μA	
Feedback Voltage			782	798	mV	
		●	770	805	mV	
FB Pin Bias Current (Note 3)	$V_{FB} = 0.8\text{V}$, $V_C = 1.2\text{V}$	●	10	40	nA	
FB Voltage Line Regulation	$4\text{V} < V_{IN} < 56\text{V}$		0.002	0.01	%/V	
Error Amp g_m			500		μmho	
Error Amp Gain			1800			
V_C Source Current			60		μA	
V_C Sink Current			60		μA	
V_C Pin to Switch Current Gain			3.87		A/V	
V_C Clamp Voltage			2		V	
Switching Frequency	$R_T = 8.66\text{k}$		1.95	2.25	2.55	MHz
	$R_T = 29.4\text{k}$		0.86	1.07	1.27	MHz
	$R_T = 187\text{k}$		195	225	255	kHz
Minimum Switch Off-Time		●	140	230	nS	
Switch Current Limit	Duty Cycle = 5%		3.3	4	4.9	A
Switch V_{CESAT}	$I_{SW} = 2\text{A}$		540		mV	
DA Pin Current to Pause OSC			1.9	2.4	3	A
Boost Schottky Reverse Leakage	$V_{BD} = 0\text{V}$		0.02	2	μA	
Minimum Boost Voltage (Note 4)		●	1.7	2.2	V	
BOOST Pin Current	$I_{SW} = 2\text{A}$		40	55	mA	
RUN/SS Pin Current	$V_{RUN/SS} = 2.5\text{V}$		6	10	μA	
RUN/SS Input Voltage High				2.5	V	
RUN/SS Input Voltage Low		●	0.4		V	
PG Threshold Offset from Feedback Voltage	V_{FB} Rising	●	50	65	80	mV
PG Hysteresis			14		mV	
PG Leakage	$V_{PG} = 5\text{V}$		0.1	1	μA	
PG Sink Current	$V_{PG} = 0.4\text{V}$	●	200	700	μA	
SYNC Threshold			0.575	0.675	0.775	V
SYNC Pin Bias Current	$V_{SYNC} = 0\text{V}$		0.1		μA	

Note 1: 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

Note 2: LT3980Eは $0^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。LT3980Iの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の温度範囲で保証されている。LT3980Hの仕様は $-40^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ の全動作温度範囲で保証されている。高い接合部温度は動作寿命に悪影響を及ぼす。接合部温度が 125°C を超えると、動作寿命は短くなる。

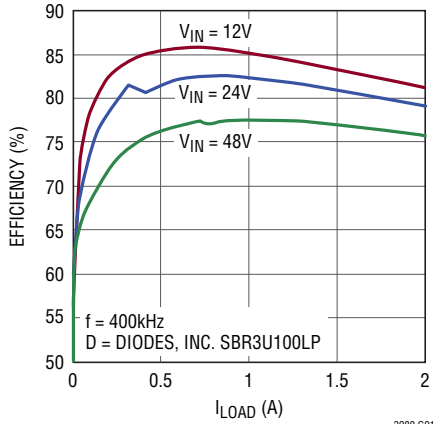
Note 3: バイアス電流はFBピンに流れ込む。

Note 4: これはスイッチが完全に飽和するのを保証するのに必要な、昇圧コンデンサの両端の最小電圧である。

Note 5: V_{IN} ピンとRUN/SSピンの絶対最大電圧は、繰り返さない1分間の過渡の場合は80V、連続動作では60Vである。

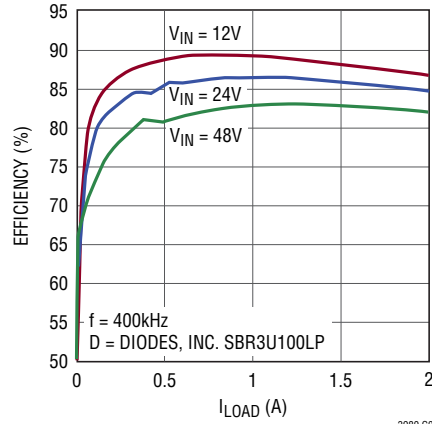
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

効率 ($V_{OUT} = 3.3\text{V}$)



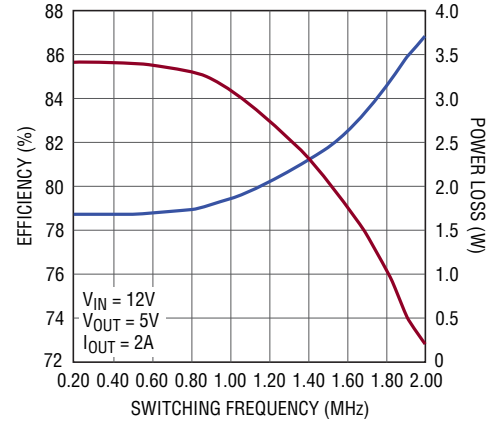
3980 G01

効率 ($V_{OUT} = 5\text{V}$)



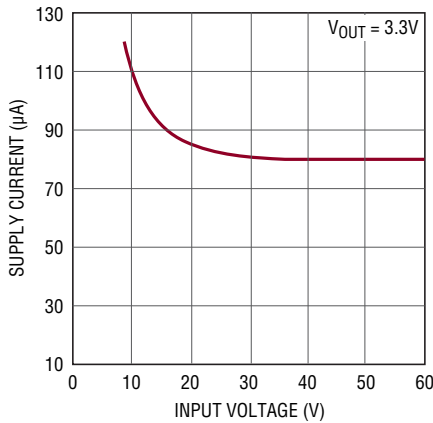
3980 G02

効率とスイッチング周波数



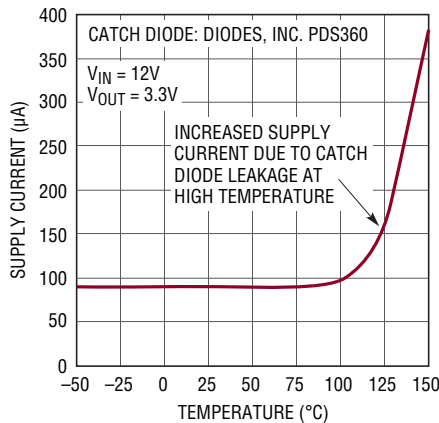
3980 G03

無負荷時消費電流



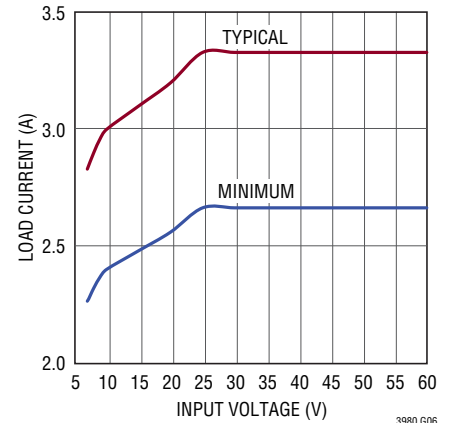
3980 G04

無負荷時消費電流



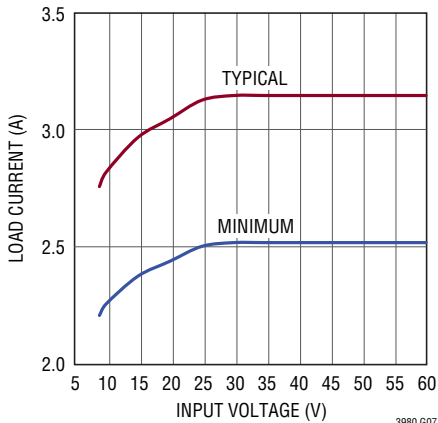
3980 G05

最大負荷電流 ($V_{OUT} = 3.3\text{V}$)



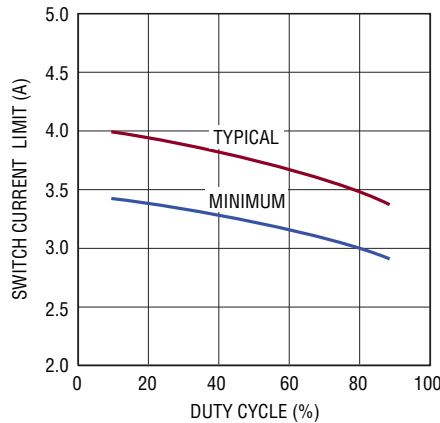
3980 G06

最大負荷電流 ($V_{OUT} = 5\text{V}$)



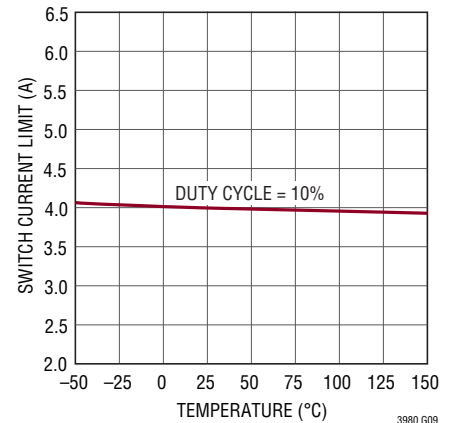
3980 G07

スイッチ電流制限



3980 G08

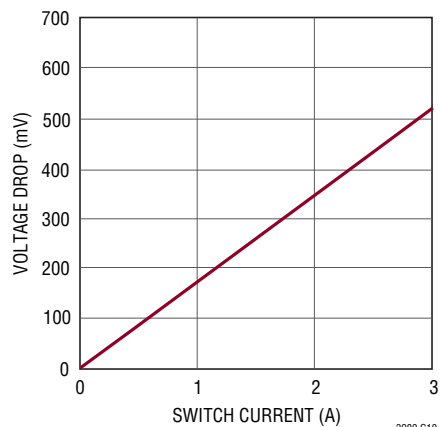
スイッチ電流制限



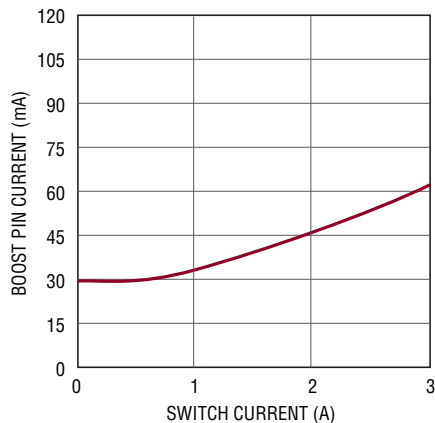
3980 G09

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

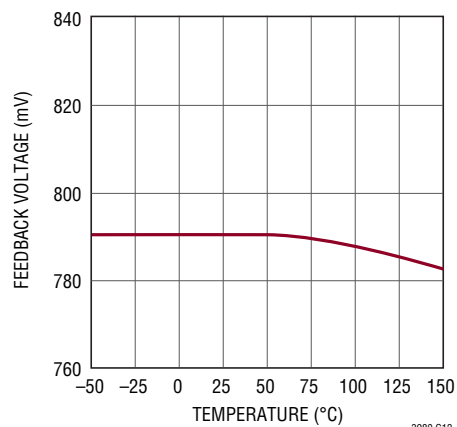
スイッチの電圧降下



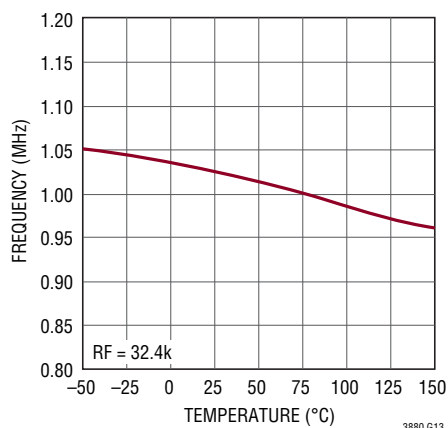
BOOSTピンの電流と
スイッチ電流



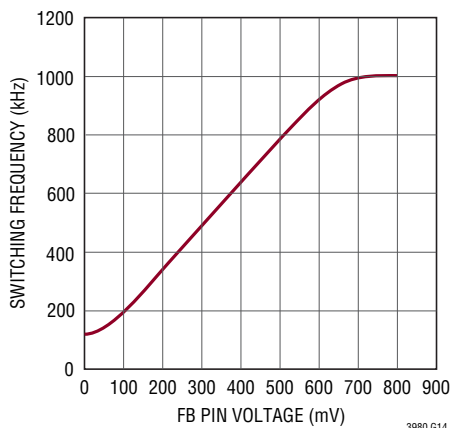
帰還電圧



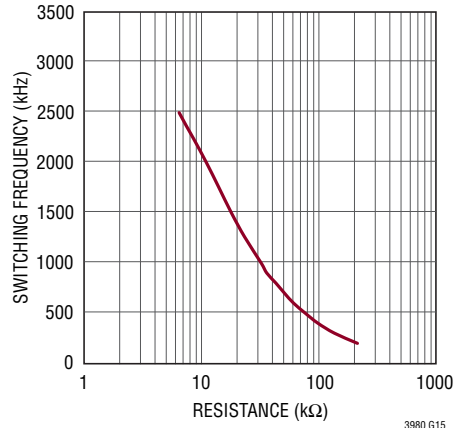
スイッチング周波数



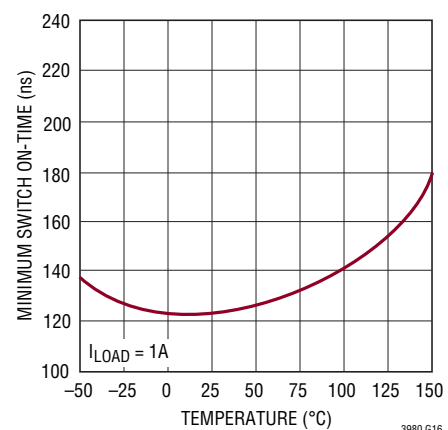
周波数フォールドバック



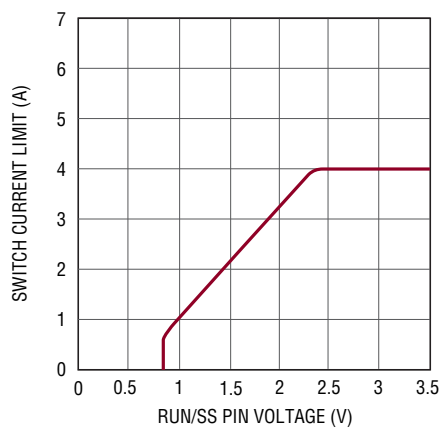
R_T と周波数



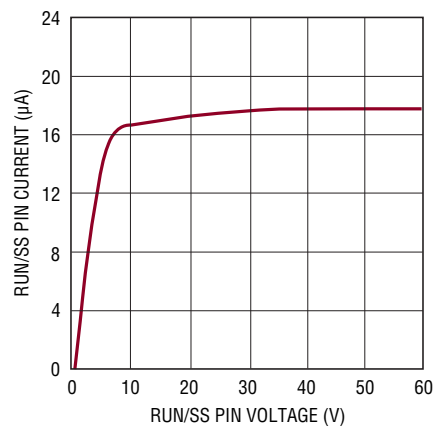
スイッチの最小オン時間



ソフトスタート



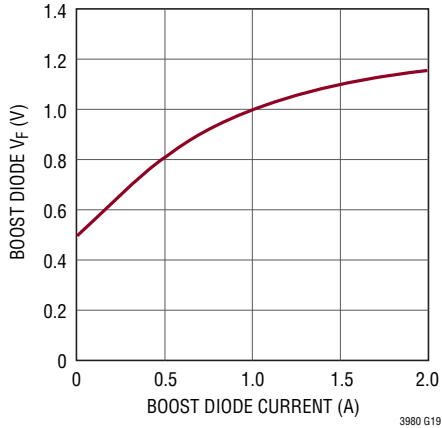
RUN/SSピンの電流



LT3980

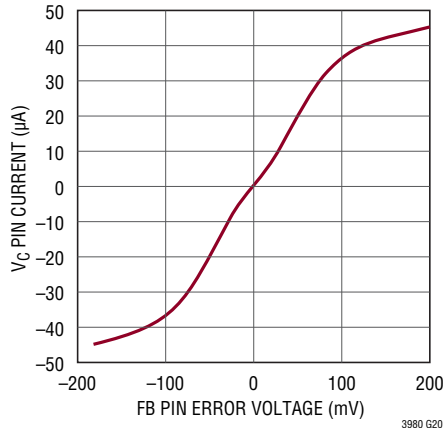
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

昇圧ダイオード



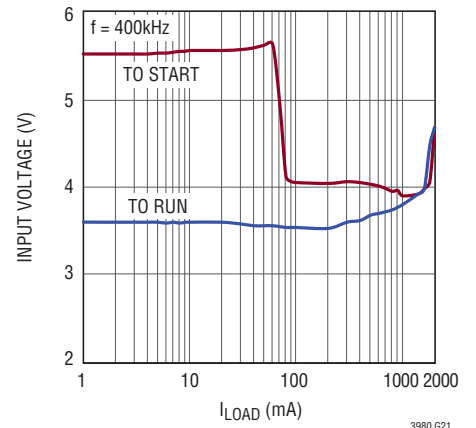
3980 G19

誤差アンプの出力電流



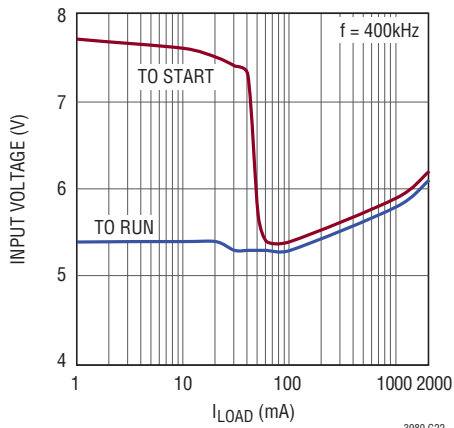
3980 G20

最小入力電圧 ($V_{OUT} = 3.3\text{V}$)



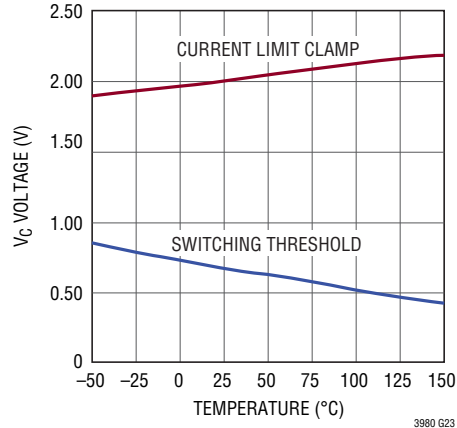
3980 G21

最小入力電圧 ($V_{OUT} = 5\text{V}$)



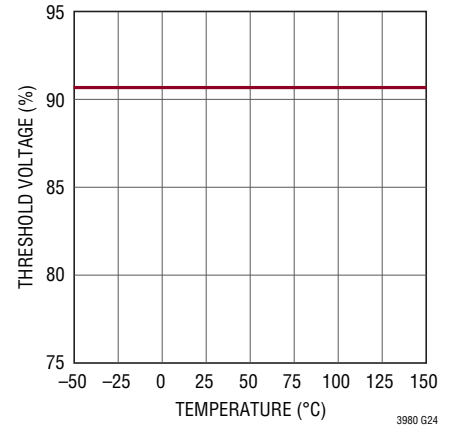
3980 G22

V_C 電圧



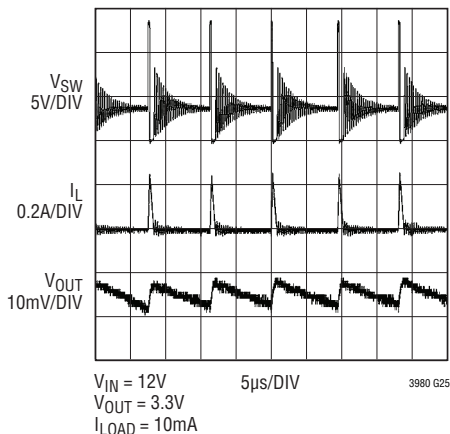
3980 G23

パワーグッド・スレッシュホールド



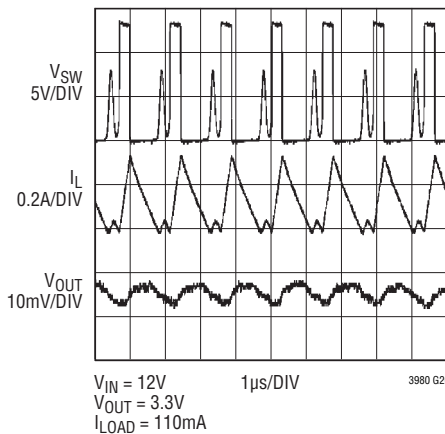
3980 G24

スイッチング波形: Burst Mode動作



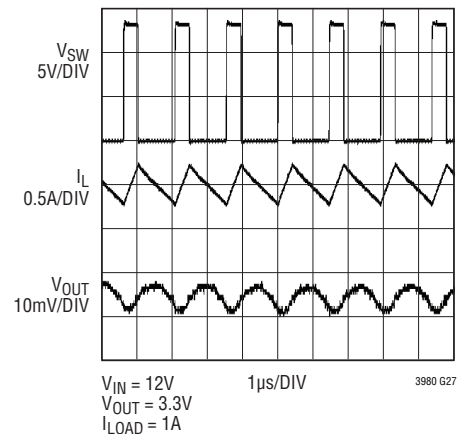
3980 G25

スイッチング波形: Burst Mode動作から最大周波数への遷移



3980 G26

スイッチング波形: 最大周波数の連続動作



3980 G27

3980fa

ピン機能 (DFN、MSOP)

SYNC (ピン1/ピン1) :これは外部クロック同期入力です。低出力負荷での低リップルBurst Mode動作では、このピンを接地します。パルス・スキップ・モードを選択するには、0.8Vより高い電圧に接続してください。同期させるにはクロック・ソースに接続します。クロックのエッジの立ち上がり時間と立ち下がり時間は1 μ sより速くします。このピンを使用しない場合はGNDに接続します。「アプリケーション情報」の「同期」のセクションを参照してください。

NC (ピン2、13/ピン3、5、13、16) :接続なし。これらのピンは内部回路には接続しません。

PG (ピン3/ピン2) :PGピンは内部コンパレータのオープン・コレクタ出力です。PGはFBピンが最終安定化電圧の9%以内に入るまで“L”に保たれます。PG出力はV_{IN}が3.6Vを超え、RUN/SSが“H”のとき有効です。

FB (ピン4/ピン4) :LT3980はそのFBピンを0.790Vに安定化します。帰還抵抗分割器のタップをこのピンに接続します。

V_C (ピン5/ピン6) :V_Cピンは内部誤差アンプの出力です。このピンの電圧がピーク・スイッチ電流を制御します。制御ループを補償するため、RCネットワークをこのピンからグラウンドに接続します。

RT (ピン6/ピン7) :発振器抵抗用入力。このピンからグラウンドに抵抗を接続してスイッチング周波数を設定します。

GND (ピン7、15/ピン8、17) :グラウンド。露出パッドはPCBに半田付けする必要があります。

RUN/SS (ピン8/ピン9) :RUN/SSピンはLT3980をシャットダウン・モードにするのに使います。グラウンドに接続するとLT3980がシャットダウンします。通常動作時は2.5V以上の電圧に接続します。シャットダウン機能を使用しない場合はこのピンをV_{IN}ピンに接続します。RUN/SSはソフトスタート機能も提供します。「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

BD (ピン9/ピン10) :このピンは昇圧ショットキー・ダイオードのアノードに接続されています。また、BDは電流を内部レギュレータに供給します。

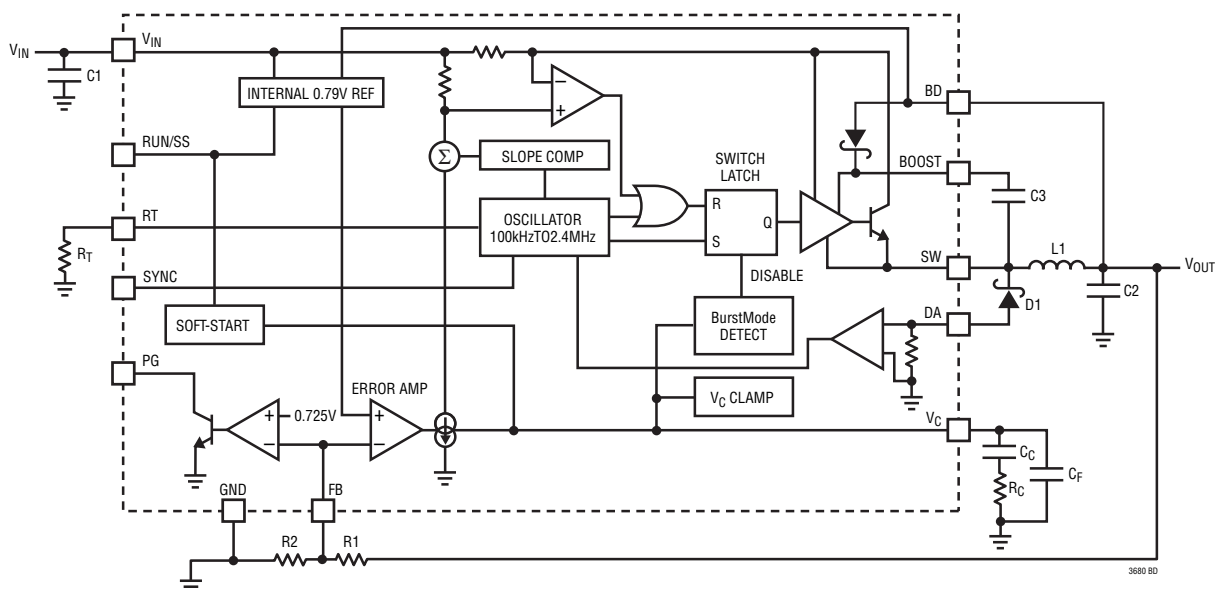
BOOST (ピン10/ピン11) :このピンは入力電圧より高いドライブ電圧を内蔵バイポーラNPNパワー・スイッチに与えるのに使います。

SW (ピン11/ピン12) :SWピンは内部パワー・スイッチの出力です。このピンは、インダクタ、キャッチ・ダイオードおよび昇圧コンデンサに接続します。

V_{IN} (ピン12/ピン14) :V_{IN}ピンはLT3980の内部レギュレータおよび内部パワー・スイッチに電流を供給します。このピンはローカルにバイパスする必要があります。

DA (ピン14/ピン15) :このピンは、キャッチ・ダイオード電流を測定し、過電流状態時には発振器を一時停止させます。

ブロック図



3980fa

動作

LT3980は固定周波数の電流モード降圧レギュレータです。RTによって周波数が設定された発振器により、RSフリップ・フロップがイネーブルされ、内部のパワー・スイッチがオンします。アンプおよびコンパレータは V_{IN} ピンとSWピンの間を流れる電流をモニタし、この電流が V_C の電圧によって決まるレベルに達するとスイッチをオフします。誤差アンプはFBピンに接続された外部抵抗分割器を通して出力電圧を測定し、 V_C ピンをサーボ制御します。誤差アンプの出力が増加すると出力に供給される電流が増加します。誤差アンプの出力が減少すると供給される電流が減少します。 V_C ピンのアクティブ・クランプによって電流制限がおこなわれます。 V_C ピンはRUN/SSピンの電圧にもクランプされます。ソフトスタートは外付けの抵抗とコンデンサを使ってRUN/SSピンに電圧ランプを発生させて実現します。

内部レギュレータが制御回路に電力を供給します。このバイアス・レギュレータは通常 V_{IN} ピンから電力供給を受けますが、3Vを超える外部電圧にBDピンが接続されると、バイアス電力は外部ソース（普通は安定化された出力電圧）から供給されます。これにより、効率が改善されます。RUN/SSピンを使ってLT3980をシャットダウンすると、出力が切断され、入力電流が0.5 μ A未満に減少します。

スイッチ・ドライバは入力またはBOOSTピンのどちらかで動作します。外付けのコンデンサとダイオードを使って入力電源より高い電圧をBOOSTピンに発生させます。これにより、ドライバは内部バイポーラNPNパワー・スイッチを完全に飽和させ、高い効率で動作させることができます。

効率をさらに上げるため、LT3980は軽負荷状態では自動的にBurst Mode動作に切り替わります。バーストとバーストの間では、出力スイッチの制御に関連する全ての回路がシャットダウンし、標準的アプリケーションでは入力電源電流が75 μ Aに減少します。

FBピンの電圧が低いと発振器はLT3980の動作周波数を下げます。この周波数フォールドバックは起動時および過負荷時の出力電流を制御するのに役立ちます。さらに、LT3980はDAピンを流れるキャッチ・ダイオード電流をモニタし、過電流状態では発振器を一時停止してインダクタ電流を安全なレベルに保ちます。

FBピンが安定化電圧値の91%になるとトリップするパワーグッド・コンパレータがLT3980には備わっています。PG出力はオープン・コレクタ・トランジスタであり、出力が安定しているときはオフしているので、外部抵抗によりPGピンを“H”に引き上げることができます。LT3980がイネーブルされていて V_{IN} が3.6Vを超えている限り、パワーグッドは有効です。

LT3980は過電圧保護機能を備えており、 V_{IN} が標準61.5V（最小58V）を超えるとスイッチングをディスエーブルします。スイッチングがディスエーブルされると、LT3980は最大62Vまでの入力電圧に安全に耐えることができます。

アプリケーション情報

FB抵抗ネットワーク

出力電圧は出力とFBピンの間に接続した抵抗分割器を使ってプログラムします。次式に従って1%抵抗を選択します。

$$R1 = R2 \left(\frac{V_{OUT}}{0.79V} - 1 \right)$$

参照名については「ブロック図」を参照してください。

スイッチング周波数の設定

LT3980には固定周波数PWMアーキテクチャが使われており、RTピンからグラウンドに抵抗を接続して100kHz～2.4MHzの範囲でスイッチングするようにプログラムすることができます。望みのスイッチング周波数に必要なRTの値を図1に示します。

SWITCHING FREQUENCY (MHz)	RT VALUE (kΩ)
0.1	432
0.2	215
0.3	137
0.4	97.6
0.5	76.8
0.6	60.4
0.7	51.1
0.8	43.2
0.9	35.7
1.0	32.4
1.2	24.9
1.4	20
1.6	16.2
1.8	14
2.0	11

図1. スwitchング周波数とRTの値

動作周波数のトレードオフ

動作周波数の選択は、効率、部品サイズ、損失電圧、および最大入力電圧の間のトレードオフになります。高周波数動作の利点は小さい値のインダクタとコンデンサを使用できることです。不利な点は、効率が下がり、最大入力電圧が下がり、損失電圧が大きくなることです。任意のアプリケーションの最大許容スイッチング周波数 ($f_{SW(MAX)}$) は次のように計算することができます。

$$f_{SW(MAX)} = \frac{V_D + V_{OUT}}{t_{ON(MIN)} (V_D + V_{IN} - V_{SW})}$$

ここで、 V_{IN} は標準入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 V_D はキャッチ・ダイオードの電圧降下(約0.5V)、 V_{SW} は内部スイッチの電圧降下(最大負荷で約0.5V)です。この式は、高い V_{IN}/V_{OUT} 比を安全に実現するには、スイッチング周波数を下げる必要があることを示しています。また、次のセクションで示されているように、周波数を下げると、損失電圧を下げることはできません。入力電圧範囲がスイッチング周波数に依存する理由は、LT3980のスイッチには有限の最小オン時間と最小オフ時間があるためです。スイッチは最小約200nsオンし、最小約200nsオフすることができます。これは、最小と最大のデューティ・サイクルが次のようになることを意味します。

$$DC_{MIN} = f_{SW} t_{ON(MIN)}$$

$$DC_{MAX} = 1 - f_{SW} t_{OFF(MIN)}$$

ここで、 f_{SW} はスイッチング周波数、 $t_{ON(MIN)}$ は最小スイッチ・オン時間(約200ns)、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間(約200ns)です。これらの式は、スイッチング周波数が低下するにつれ、デューティ・サイクルの範囲が拡大することを示しています。

スイッチング周波数の選択が適切だと、適切な入力電圧範囲が可能になり(次のセクションを参照)、インダクタとコンデンサの値が小さく保たれます。

入力電圧範囲

LT3980のアプリケーションの最大入力電圧は、スイッチング周波数、 V_{IN} ピンとBOOSTピンの絶対最大定格、および動作モードに依存します。

LT3980は最大58Vまでの入力電圧で動作することができ、最大80Vまでの電圧に安全に耐えることができます。 V_{IN} が61V(標準)(最小58V、最大64V)を超えている間は、LT3980がスイッチをオフに保ち、出力が安定しない可能性があることに注意してください。

スイッチング周波数は次式に従って選択します。

$$V_{IN(MAX)} = \frac{V_{OUT} + V_D}{f_{SW} t_{ON(MIN)}} - V_D + V_{SW}$$

アプリケーション情報

ここで、 $V_{IN(MAX)}$ は標準の最大動作入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 V_D はキャッチ・ダイオードの電圧降下(約0.5V)、 V_{SW} は内部スイッチの電圧降下(最大負荷で約0.5V)、 f_{SW} は(R_T によって設定される)スイッチング周波数、 $t_{ON(MIN)}$ は最小スイッチ・オン時間(約200ns)です。スイッチング周波数が高いほど最大動作入力電圧が下がることに注意してください。逆に、高い入力電圧で安全な動作を実現するには、スイッチング周波数を低くする必要があります。

スイッチング周波数に関係なく、58Vまでの入力電圧を許容できます。このモードでは、LT3980はインダクタ電流を問題なく維持するために(スイッチング・パルスをスキップする)パルス・スキップ動作を行う可能性があります。

最小入力電圧は、LT3980の約3.6Vの最小動作電圧またはその最大デューティ・サイクルのどちらかによって決まります(前のセクションの式を参照)。デューティ・サイクルによる最小入力電圧は次のとおりです。

$$V_{IN(MIN)} = \frac{V_{OUT} + V_D}{1 - f_{SW} t_{OFF(MIN)}} - V_D + V_{SW}$$

ここで、 $V_{IN(MIN)}$ は最小入力電圧、 $t_{OFF(MIN)}$ は最小スイッチ・オフ時間(200ns)です。スイッチング周波数が高いほど、最小入力電圧が高くなることに注意してください。損失電圧を下げる場合、低いスイッチング周波数を使います。

インダクタの選択

与えられた入力電圧と出力電圧に対して、インダクタの値とスイッチング周波数によってリップル電流が決まります。リップル電流 ΔI_L は V_{IN} または V_{OUT} が高いほど増加し、インダクタンスが高いほど、またスイッチング周波数が高いほど減少します。リップル電流を選択するには次式を出発点にします。

$$\Delta I_L = 0.4(I_{OUT(MAX)})$$

ここで、 $I_{OUT(MAX)}$ は最大出力負荷電流です。十分な出力電流を保証するには、ピーク・インダクタ電流はLT3980のスイッチ電流制限値(I_{LIM})よりも小さくなければなりません。ピーク・インダクタ電流は次のようになります。

$$I_{L(PEAK)} = I_{OUT(MAX)} + \Delta I_L / 2$$

ここで、 $I_{L(PEAK)}$ はピーク・インダクタ電流、 $I_{OUT(MAX)}$ は最大出力負荷電流、 ΔI_L はインダクタ・リップル電流です。LT3980のスイッチ電流制限値(I_{LIM})は、低デューティ・サイクルでは4Aですが、直線的に低下してDC = 0.8では3Aになります。最大出力電流はインダクタ・リップル電流に応じて変化します。

$$I_{OUT(MAX)} = I_{LIM} - \Delta I_L / 2$$

十分な最大出力電流($I_{OUT(MAX)}$)を実現するインダクタ・リップル電流を必ず選択してください。

最大 V_{IN} で最大インダクタ・リップル電流が発生します。リップル電流が規定された最大値を超えないようにするには、次式に従ってインダクタの値を選択します。

$$L = \left(\frac{V_{OUT} + V_D}{f_{SW} \Delta I_L} \right) \left(1 - \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN(MAX)}} \right)$$

ここで、 V_D はキャッチ・ダイオードの電圧降下(約0.4V)、 $V_{IN(MAX)}$ は最大入力電圧、 V_{OUT} は出力電圧、 f_{SW} は(R_T によって設定された)スイッチング周波数、 L はインダクタの値です。

インダクタのRMS電流と飽和電流の定格は最大負荷電流よりも大きくなければなりません。フォールト状態(起動時または短絡時)や高入力電圧(> 40V)で堅牢な動作を実現するには、飽和電流を3.5Aより大きくします。高い効率を保つには、直列抵抗(DCR)が0.1Ωより小さく、コア材が高周波アプリケーション向けのものにします。適しているタイプと製造元のリストを表1に示します。

表1. インダクタの製造元

VENDOR	URL	PART SERIES	TYPE
Murata	www.murata.com	LQH55D	Open
TDK	www.component.tdk.com	SLF10145	Shielded
Toko	www.toko.com	D75C D75F	Shielded Open
Sumida	www.sumida.com	CDRH74 CR75 CDRH8D43	Shielded Open Shielded
NEC	www.nec-tokin.com	MPLC073 MPBI0755	Shielded Shielded
Vishay	www.vishay.com	IHLP2525CE01	Shielded

アプリケーション情報

もちろん、このように簡単なデザイン・ガイドでは、個々のアプリケーションに最適のインダクタを常に提供できるとは限りません。インダクタの値を大きくすると最大負荷電流がわずかに増加し、出力電圧リップルが減少します。負荷が2Aより小さい場合、インダクタの値を小さくして高いリップル電流で動作させることができます。この場合、物理的に小さいインダクタを使うことができます。あるいはDCRの小さいものを使って効率を上げることができます。このデータシートの「標準的性能特性」のセクションのいくつかのグラフには、いくつかのよく使われる出力電圧に対して、入力電圧とインダクタ値の関数としての最大負荷電流が示されています。インダクタンスが小さいと不連続モード動作になることがあります。問題はありますが最大負荷電流がさらに減少します。最大出力電流と不連続モード動作の詳細については、「アプリケーションノート44」を参照してください。最後に、50%を超えるデューティ・サイクルでは ($V_{OUT}/V_{IN} > 0.5$)、低調波発振を防ぐために必要な最小インダクタンスがあります。AN19を参照してください。

入力コンデンサ

X7RまたはX5Rタイプのセラミック・コンデンサを使ってLT3980回路の入力をバイパスします。Y5Vタイプは温度や印加される電圧が変化すると性能が低下するので使用しないでください。10 μ F～22 μ Fのセラミック・コンデンサはLT3980をバイパスするのに適しており、容易にリップル電流に対応できます。低いスイッチング周波数を使うと、大きな入力容量が必要になることに注意してください。入力電源のインピーダンスが高い場合や、長い配線やケーブルによる大きなインダクタンスが存在する場合、追加のバルク容量が必要になることがあります。これには性能がそれほど高くない電解コンデンサを使うことができます。

降圧レギュレータには入力電源から高速の立ち上がり立ち下がりに伴うパルス電流が流れます。その結果LT3980に生じる電圧リップルを減らし、非常に高い周波数のこのスイッチング電流を狭いローカル・ループに閉じ込めてEMIを最小限に抑えるために入力コンデンサが必要です。10 μ Fのコンデンサはこの役目を果たしますが、それがLT3980とキャッチ・ダイオードの近くに配置される場合に限られます（「PCBレイアウト」のセクションを参照）。入力セラミック・コンデンサに関する

もう1つの注意点はLT3980の最大入力電圧定格に関するものです。入力セラミック・コンデンサは、トレースやケーブルのインダクタンスと結合して質の良い（減衰しにくい）タンク回路を形成します。LT3980の回路を給電中の電源に差し込むと、入力電圧に公称値の2倍のリングングが生じて、LT3980の電圧定格を超えるおそれがあります。この状況は容易に避けられません（「安全な活線挿入」のセクションを参照）。

スペースに敏感なアプリケーションでは、LT3980の入力のローカル・バイパスに4.7 μ Fのセラミック・コンデンサを使うことができます。ただし、入力容量が低いと、入力電圧リップルと入力電圧リップルが増加し、他の回路にノイズが結合することがあります。また、電圧リップルが大きくなると、LT3980の最小動作電圧が約3.7Vに上がります。

出力コンデンサと出力リップル

出力コンデンサには2つの基本的な機能があります。インダクタとともに、出力コンデンサはLT3980が生成する方形波をフィルタ処理してDC出力を生成します。この機能では出力コンデンサが出力リップルを決定するので、スイッチング周波数でのインピーダンスが低いことが重要です。2番目の機能は、過渡負荷に電流を供給してLT3980の制御ループを安定させるためにエネルギーを蓄積することです。セラミック・コンデンサの等価直列抵抗 (ESR) は非常に小さいので、最良のリップル性能を与えます。次の値が出発点として適当です。

$$C_{OUT} = \frac{100}{V_{OUT} f_{SW}}$$

ここで、 f_{SW} の単位はMHz、 C_{OUT} は μ Fで表した推奨出力容量です。X5RまたはX7Rのタイプを使ってください。この選択により、出力リップルが小さくなり、過渡応答が良くなります。補償ネットワークもループ帯域幅を保つように調整するならば、もっと大きな値のコンデンサを使って過渡性能を改善することができます。スペースとコストを節約するため、もっと小さな値の出力コンデンサを使うこともできますが、過渡性能が低下します。「周波数補償」のセクションを参照して、適切な補償ネットワークを選択します。

アプリケーション情報

コンデンサを選択するときは、データシートを注意深く調べて、動作条件(加えられる電圧や温度)での実際の容量を確認してください。物理的に大きなコンデンサまたは電圧定格が高いコンデンサが必要なことがあります。高性能タンタル・コンデンサや電解コンデンサを出力コンデンサに使うことができます。ESRが小さいことが重要なので、スイッチング・レギュレータ用のものを選択します。製造元によってESRが規定されている必要があり、0.05Ω以下のものにします。このタイプのコンデンサはセラミック・コンデンサより大きく、容量も大きくなります。これはESRを小さくするためコンデンサを大きくする必要があるので、コンデンサの製造元のリストを表2に示します。

表2. コンデンサの製造元

VENDOR	URL	PART SERIES	COMMANDS
Panasonic	www.panasonic.com	Ceramic, Polymer, Tantalum	EEF Series
Kemet	www.kemet.com	Ceramic, Tantalum	T494, T495
Sanyo	www.sanyovideo.com	Ceramic, Polymer, Tantalum	POSCAP
Murata	www.murata.com	Ceramic	SOT-23
AVX	www.avxcorp.com	Ceramic, Tantalum	SOT-23
Taiyo Yuden	www.taiyo-yuden.com	Ceramic	TPS Series

キャッチ・ダイオード

キャッチ・ダイオードはスイッチ・オフ時間のあいだだけ電流を流します。通常動作時の平均順方向電流は次式で計算することができます。

$$I_{D(AVG)} = I_{OUT} (V_{IN} - V_{OUT}) / V_{IN}$$

ここで、 I_{OUT} は出力負荷電流です。公称動作に必要な電流定格よりも大きな電流定格のダイオードを検討する唯一の理由は、出力が短絡したときのワーストケース条件に対応するためです。この場合、ダイオード電流は標準ピーク・スイッチ電流まで増加します。ピーク逆電圧はレギュレータの入力電圧に等しくなります。逆電圧定格が入力電圧よりも大きいショットキー・ダイオードを使います。LT3980の過電圧保護機能により $V_{IN} > 64V$ のときスイッチをオフに保つので、 V_{IN} が最大80Vまで変化しても64V定格のショットキー・ダイオードを使用することができます。

セラミック・コンデンサ

セラミック・コンデンサは小さく堅牢で、非常に小さいESRをもっています。ただし、セラミック・コンデンサは圧電特性のため、LT3980に使用すると問題を生じることがあります。Burst Mode動作のとき、LT3980のスイッチング周波数は負荷電流に依存し、非常に軽い負荷ではLT3980はセラミック・コンデンサを可聴周波数で励起し、可聴ノイズを発生することがあります。LT3980はBurst Mode動作では低い電流制限値で動作するので、普通に聴くとノイズはほとんど聞こえません。これが許容できない場合、高性能のタンタル・コンデンサまたは電解コンデンサを出力に使用します。

周波数補償

LT3980は電流モード制御を使って出力を制御するので、ループ補償が簡素化されます。特に、LT3980は安定動作のために出力コンデンサのESRを必要としないので、自由にセラミック・コンデンサを使用して出力リップルを下げ、回路のサイズを小さくすることができます。図2に示されているように、周波数補償は V_C ピンに接続された部品によって実現されます。一般に、コンデンサ(C_C)と抵抗(R_C)を直列にグラウンドに接続して使います。さらに、小さい値のコンデンサを並列に接続することができます。このコンデンサ(C_F)はループ補償の一部ではなく、スイッチング周波数のノイズを除くのに使われ、位相リード・コンデンサが使われているか、または出力コンデンサのESRが大きい場合にだけ必要です。

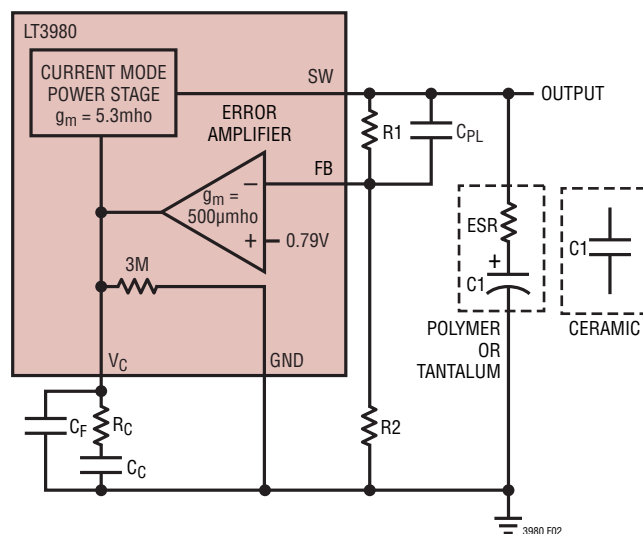


図2. ループ応答モデル

アプリケーション情報

ループ補償により安定性と過渡性能が決まります。補償ネットワークの設計はいくらか複雑で、最適値はアプリケーションに、特に出力コンデンサの種類に依存します。実際的な手法としては、このデータシートの回路の中の、目的のアプリケーションに似た回路から出発し、補償ネットワークを調整して性能を最適化します。次に、負荷電流、入力電圧、温度などすべての動作条件にわたって安定性をチェックします。LT1375のデータシートにはループ補償のさらに詳細な説明が含まれており、過渡負荷を使った安定性のテスト方法が説明されています。LT3980の制御ループの等価回路を図2に示します。誤差アンプは出力インピーダンスが有限のトランスコンダクタンス・アンプです。変調器、パワー・スイッチおよびインダクタで構成される電源部分は V_C ピンの電圧に比例した出力電流を発生させるトランスコンダクタンス・アンプとしてモデル化されます。出力コンデンサはこの電流を積分し V_C ピンのコンデンサ(C_C)は誤差アンプの出力電流を積分するので、ループに2つのポールが生じることに注意してください。ほとんどの場合ゼロが1つ必要で、出力コンデンサのESRまたは C_C に直列な抵抗 R_C によって生じます。この簡単なモデルは、インダクタの値が大きすぎず、ループのクロスオーバー周波数がスイッチング周波数よりはるかに低い限り有効です。帰還分割器の両端の位相リード・コンデンサ(C_{PL})によって過渡応答が改善されることがあります。負荷電流を0.5Aから1.5Aにステップさせてから再度0.5Aに戻したときの過渡応答を図3に示します。

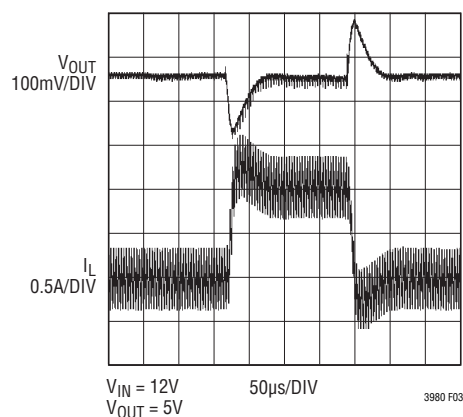


図3. 負荷電流を0.5Aから1.5Aにステップさせたときの、表紙のLT3980アプリケーションの過渡負荷応答。

低リップルBurst Mode動作とパルス・スキップ・モード

LT3980は低リップルBurst Mode動作またはパルス・スキップ・モードのどちらでも動作可能で、SYNCピンを使って選択します。詳細は「同期」のセクションを参照してください。

軽負荷での効率を向上させるため、LT3980は低リップルBurst Mode動作で動作可能で、入力消費電流を最小に抑えながら、出力コンデンサを適切な電圧に充電された状態に保ちます。LT3980はBurst Mode動作の間1サイクルのバーストで電流を出力コンデンサに供給し、それに続くスリープ期間には出力コンデンサから出力電力が負荷に供給されます。LT3980は1個の低電流パルスで電力を出力に供給しますので、標準的アプリケーションでは出力リップルが15mV以下に保たれます。さらに、 V_{IN} とBDの消費電流はスリープ時間の間それぞれ標準で35µAと82µAに減少します。負荷電流が無負荷状態に向かって減少するにつれ、LT3980がスリープ・モードで動作する時間の割合が増加し、平均入力電流が大きく減少するので非常に低い負荷でも効率が高くなります。図4を参照してください。高い出力負荷(表紙のアプリケーションでは140mA以上)では、LT3980は R_T 抵抗でプログラムされた周波数で動作し、標準的PWMモードで動作します。PWMと低リップルBurst Mode動作の間の移行はシームレスで、出力電圧を乱しません。

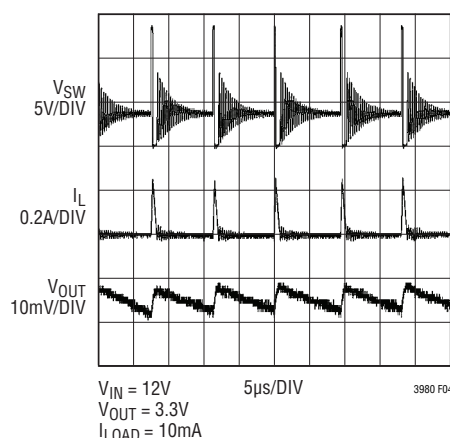


図4. Burst Mode動作

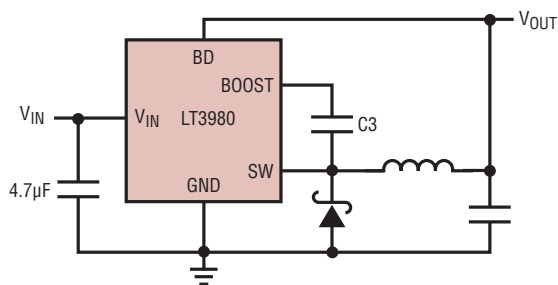
アプリケーション情報

特に低消費電流にする必要がなければ、LT3980はパルス・スキップ・モードで動作可能です。このモードの利点はLT3980がBurst Mode動作の場合よりも低い出力負荷電流で最大周波数の標準的PWM動作に入ることです。表紙のアプリケーションの回路は、約60mAよりも高い出力負荷では最大周波数でスイッチングします。

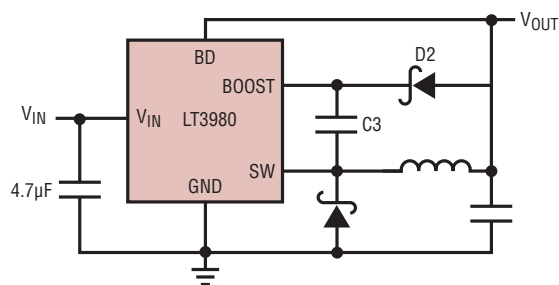
BOOSTピンとBIASピンに関する検討事項

入力電圧よりも高い昇圧電圧を発生させるため、コンデンサC3と内部昇圧ショットキー・ダイオード(「ブロック図」を参照)が使われます。ほとんどの場合、0.22 μ Fのコンデンサで問題なく動作します。図2に昇圧回路の構成方法を3つ示します。最高の効率を得るには、BOOSTピンはSWピンよりも2.3V以上高くする必要があります。3V以上の出力の場合、標準回路(図

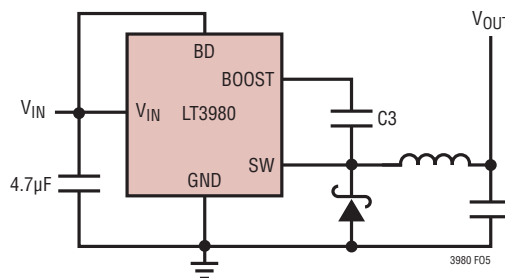
5a)が最適です。2.8V~3Vの出力には、1 μ Fの昇圧コンデンサを使います。2.5Vの出力は特殊なケースです。なぜなら、内部昇圧ダイオードを使って昇圧するドライブ段をサポートするのに苦労して使えるからです。2.5Vの出力で信頼性の高いBOOSTピン動作を実現するには、(ON SemiconductorのMBR0540のような)優れた外部ショットキー・ダイオードと1 μ F昇圧コンデンサを使います(図5bを参照)。さらに低い出力電圧の場合、昇圧ダイオードは入力(図5c)または2.8Vよりも高い別の電源に接続することができます。BDをV_{IN}に接続すると最大入力電圧が28Vに下がります。電圧の低い方の電圧源からBOOSTピンの電流とBDピンの消費電流が供給されるので、図5aの回路の方が効率が高くなります。BOOSTピンとBDピンの最大電圧定格を超えないようにすることも必要です。



(5a) $V_{OUT} > 2.8V$ の場合



(5b) $2.5V < V_{OUT} < 2.8V$ の場合



(5c) $V_{OUT} < 2.5V$ 、 $V_{IN(MAX)} = 30V$ の場合

図5. 昇圧電圧を発生させる3つの回路

アプリケーション情報

高い昇圧電圧 (>10V) で動作させる場合は、昇圧回路の電力損失を低めに抑えることが重要です。「標準的性能特性」の「BOOSTピンの電流とスイッチ電流」のグラフを参照してください。昇圧回路の電力損失は次のように計算されます。

$$P_{\text{BOOST}} = I_{\text{BOOST}} V_{\text{BOOST}} - SW_{\text{DC}}$$

ここで、DCはスイッチ・デューティ・サイクル、 I_{BOOST} はBOOSTピンの電流、 $V_{\text{BOOST}} - V_{\text{SW}}$ はBOOSTピンとスイッチ・ピン間の電圧です。 $P_{\text{BOOST}} > 0.5\text{W}$ の場合、ツェナー・ダイオードをBOOSTピンと昇圧コンデンサの間に配置して、LT3980の中ではなくツェナー・ダイオードの中で電力損失を生じさせることが可能です。

LT3980のアプリケーションの最小動作電圧は前のセクションで説明されているように最小入力電圧 (3.6V) と最大デューティ・サイクルによって制限されます。正しく起動するには、最小入力電圧は昇圧回路によっても制限されます。入力電圧がゆっくりランプアップするか、出力が既に安定している状態でRUN/SSピンを使ってLT3980をオンする場合、昇圧コンデンサが完全に充電されないことがあります。昇圧コンデンサはインダクタに蓄えられたエネルギーによって充電されるので、昇圧回路を適切に動作させるには、回路は何らかの最小負荷電

流を必要とします。この最小負荷は、入力電圧、出力電圧および昇圧回路の構成に依存します。回路が起動した後は最小負荷電流は通常ゼロになります。起動および動作に必要な最小負荷電流を入力電圧の関数としてプロットしたものを図6に示します。多くの場合、放電した出力コンデンサがスイッチャの負荷となるので、スイッチャは起動できます。プロットは V_{IN} が非常にゆっくりランプアップするワーストケースの状態を示しています。もっと低い起動電圧の場合、昇圧ダイオードを V_{IN} に接続することができます。ただし、この場合、入力範囲がBOOSTピンの絶対最大定格の半分に制限されます。

軽負荷ではインダクタ電流は不連続になり、実効デューティ・サイクルが非常に高くなることがあります。このため最小入力電圧が V_{OUT} よりも約300mV高い電圧にまで減少します。もっと大きな負荷電流ではインダクタ電流は連続しており、デューティ・サイクルはLT3980の最大デューティ・サイクルによって制限されるので、安定化を維持するにはもっと高い入力電圧が必要です。

ソフトスタート

RUN/SSピンを使ってLT3980をソフトスタートさせることができるので、起動時の最大入力電流が減少します。

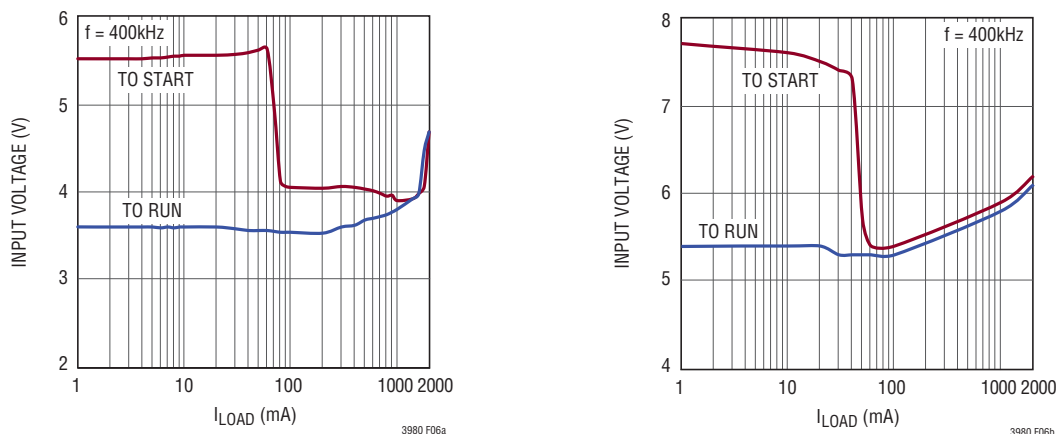


図6. 最小入力電圧は出力電圧、負荷電流および昇圧回路に依存する

アプリケーション情報

RUN/SSピンの電圧をランプアップさせるため、このピンは外付けのRCフィルタを通してドライブされます。ソフトスタート回路を使った場合の起動とシャットダウンの波形を図7に示します。大きなRC時定数を選択すると、オーバーシュートなしに、出力を安定化するのに必要な電流までピーク起動電流を減らすことができます。RUN/SSピンが2.5Vに達したとき20 μ Aを供給できるように抵抗の値を選択します。

同期

低リップルBurst Mode動作を選択するには、SYNCピンを0.5Vより低い電圧(グラウンドまたはロジック出力を使用可能)に接続します。パルス・スキップ・モードを選択するには、0.8Vより高い電圧に接続してください。

デューティ・サイクルが20%~80%の方形波をSYNCピンに接続することにより、LT3980の発振器を外部周波数に同期させることができます。方形波の谷は0.3Vを下回り、山は0.8Vを上回る(最大6V)必要があります。

LT3980は外部クロックに同期しているときは低出力負荷でBurst Mode動作に入らず、代わりにパルスをスキップして安定化状態を維持します。

LT3980は150kHz~2MHzの範囲で同期させることができます。LT3980のスイッチング周波数が同期入力の最小周波数を25%下回るように R_T 抵抗を選択します。たとえば、同期信号が250kHz以上であれば、スイッチング周波数が200kHzになるよ

うに R_T を選択します。信頼性が高く安全な動作を保証するため、出力電圧が安定化状態に近づいたことをPGフラグが示すときだけLT3980は同期します。したがって、 R_T 抵抗で設定された周波数で必要な出力電流を供給できるだけの大きさのインダクタ値を選択する必要があります。「インダクタの選択」のセクションを参照してください。スロープ補償が R_T の値によって設定されることに注意することも重要です。同期周波数が R_T によって設定される周波数よりもはるかに高いと、スロープ補償が大きく減少するので、低調波発振を防ぐにはインダクタを大きくする必要もあるかもしれません。

短絡入力と逆入力に対する保護

過度に飽和しないインダクタを選択すると、LT3980降圧レギュレータは出力の短絡に耐えます。LT3980に入力が加わっていても出力が高く保持されるシステムでは、考慮すべき状況がもう1つあります。これはバッテリー充電アプリケーションまたはバッテリーや他の電源がLT3980の出力とダイオードOR接続されているバッテリー・バックアップ・システムで生じることがあります。 V_{IN} ピンがフロート状態で、RUN/SSピンが(ロジック信号によって、あるいは V_{IN} に接続されているため)“H”に保たれていると、SWピンを通してLT3980の内部回路に静止電流が流れます。この状態で数mAの電流を許容できるシステムであればこれは問題ありません。RUN/SSピンを接地すればSWピンの電流は実質的にゼロに低下します。ただし、出力を高く保持した状態で V_{IN} を接地すると、出力からSWピンおよび V_{IN} ピンを通してLT3980内部の寄生ダイオードに大きな電流が流れる可能性があります。

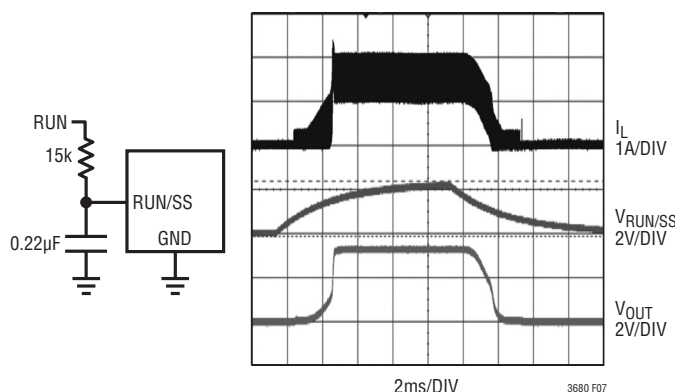


図7. LT3980をソフトスタートさせるには抵抗とコンデンサをRUN/SSピンに追加する

アプリケーション情報

入力電圧が印加されているときだけ動作し、短絡入力や逆入力から保護する回路を図8に示します。

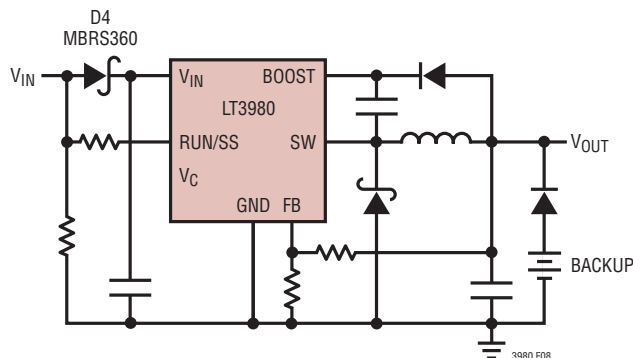


図8. ダイオードD4は、出力に接続されたバックアップ用バッテリーが短絡された入力によって放電するのを防ぐ。また、回路を逆入力から保護する。LT3980は入力を与えられているときだけ動作する

PCBのレイアウト

動作を最適化し、EMIを最小限に抑えるには、プリント回路基板のレイアウト時に注意が必要です。推奨部品配置とトレース、グラウンド・プレーンおよびビアの位置を図9に示します。大きなスイッチング電流がLT3980のVINピンとSWピン、キャッチ・ダイオード(D1)および入力コンデンサ(C1)を流れることに注意してください。これらの部品が形成するループはできるだけ小さくします。これらの部品とインダクタおよび出力コンデンサは回路基板の同じ側に配置し、その層で接続します。これらの部品の下には切れ目のないローカル・グラウンド・プレーンを配置します。SWノードとBOOSTノードはできるだけ小さくします。最後に、グラウンド・トレースがSWノードとBOOSTノードからFBノードとVCノードをシールドするように、FBノードとVCノードは小さくします。パッケージの底面の露出パッドは、ヒートシンクとして機能するように、グラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。熱抵抗を低く保つには、グラウンド・プレーンをできるだけ大きくし、基板内の追加グラウンド・プレーンや裏側へのサーマル・ビアをLT3980の下や近くに追加します。

安全な活線挿入

セラミック・コンデンサはサイズが小さく、堅牢でインピーダンスが低いので、LT3980の回路の入力バイパス・コンデンサに最適です。ただし、LT3980が給電中の電源に挿入されると、これらのコンデンサは問題を生じることがあります(詳細につ

いてはリニアテクノロジー社の「アプリケーションノート88」を参照)。低損失のセラミック・コンデンサは電源に直列の浮遊インダクタンスと結合して減衰の小さいタンク回路を形成し、LT3980のVINピンの電圧に公称入力電圧の2倍に達するリングングを生じる可能性があります、このリングングがLT3980の定格を超えてデバイスを傷めるおそれがあります。入力電源の制御が十分でなかったり、ユーザーがLT3980を給電中の電源に差し込んだりする場合、このようなオーバーシュートを防ぐように入力ネットワークを設計する必要があります。LT3980の回路が24Vの電源に6フィートの24番ゲージのより対線で接続されるときに生じる波形を図10に示します。最初のプロットは入力に4.7μFのセラミック・コンデンサを使った場合の応答です。入力電圧は50Vに達するリングングを生じ、入力電流のピークは26Aに達します。良い解決法を図10bに示します。電圧オーバーシュートを排除するため、0.7Ω抵抗が入力に直列に追加されています(ピーク入力電流も減少します)。0.1μFのコンデンサにより高周波フィルタ機能が改善されています。高い入力電圧の場合、効率に与える影響は小さく、24V電源で動作しているとき最大負荷での5V出力の効率低下は1.5%です。

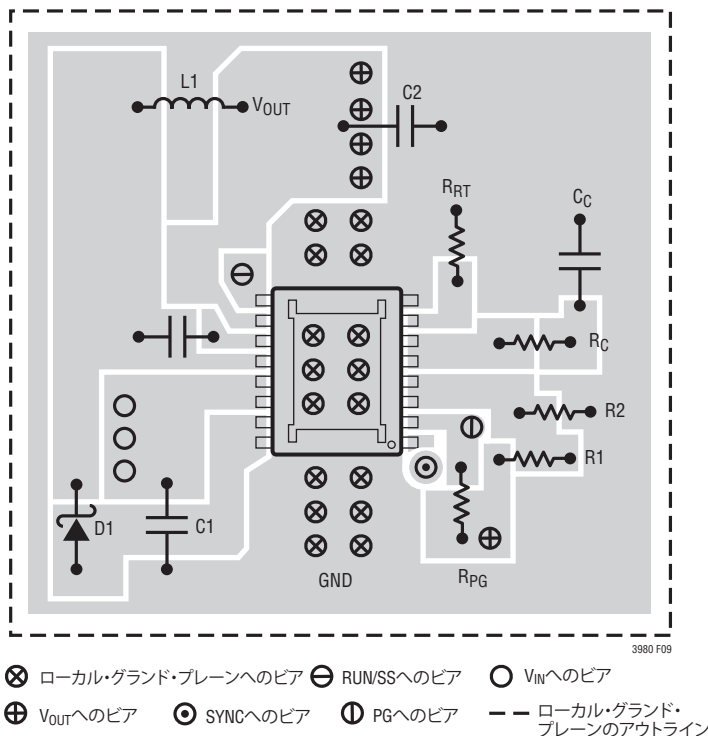
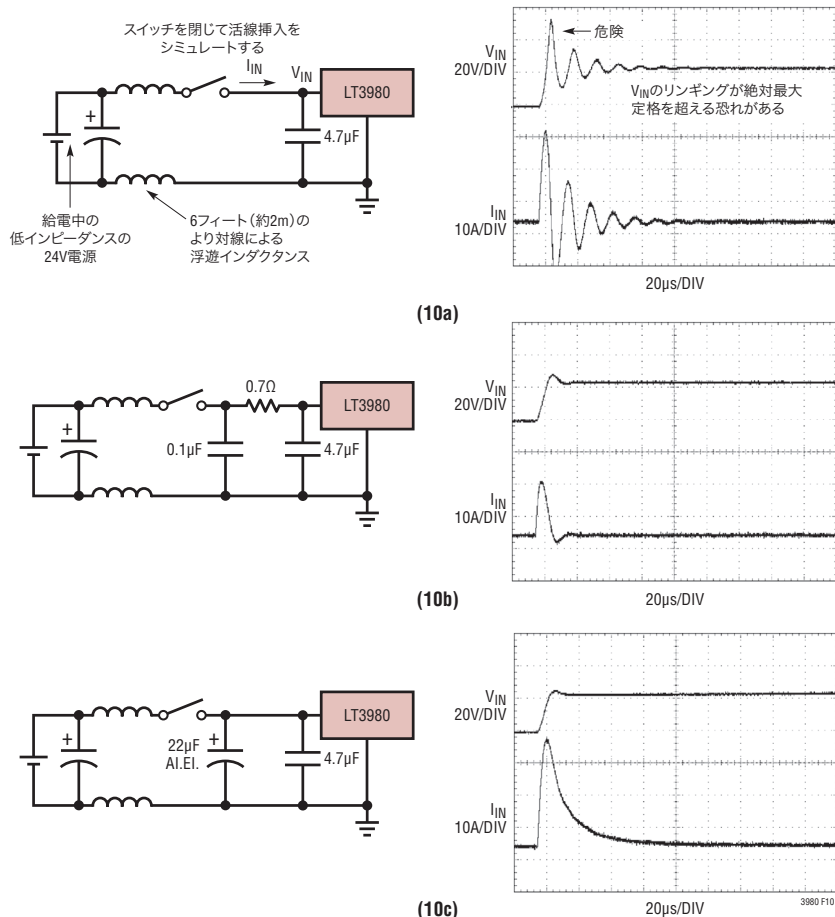


図9. 優れたPCBレイアウトによる適切な低EMI動作の保証

アプリケーション情報



高温に関する検討事項

LT3980の温度を上げないため、PCBにはヒートシンクを搭載する必要があります。パッケージ底面の露出パッドはグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。このグラウンドはサーマル・ビアを使って下の大きな銅層に接続します。これらの層はLT3980が発生する熱を分散させます。ビアを追加すると、熱抵抗をさらに減らすことができます。これらのステップにより、ダイ(つまり接合部)から周囲への熱抵抗を $\theta_{JA} = 35^\circ\text{C}/\text{W}$ 以下に減らすことができます。100 LFPMのエアフローにより、この熱抵抗はさらに25%ほど下げることができます。エアフローを増やすと、さらに熱抵抗が下がります。LT3980は出力電流能力が大きいので、接合部温度が 125°C の絶対最大値を超えて上昇するほど発熱する可能性があります。高い周囲温度で動作させるときは、周囲温度が 125°C に近づくにつれ、最大負荷電流をデレーティングします。

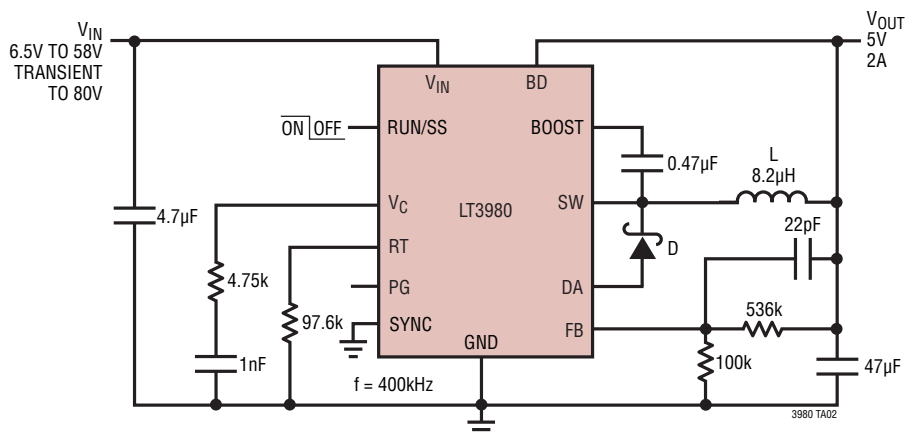
LT3980内部の電力損失は効率測定から計算される総電力損失からキャッチ・ダイオードの損失とインダクタの損失を差し引いて推測することができます。ダイ温度は、LT3980の電力損失に(接合部から周囲への)熱抵抗を掛けて計算します。

リニアテクノロジー社の他の出版物

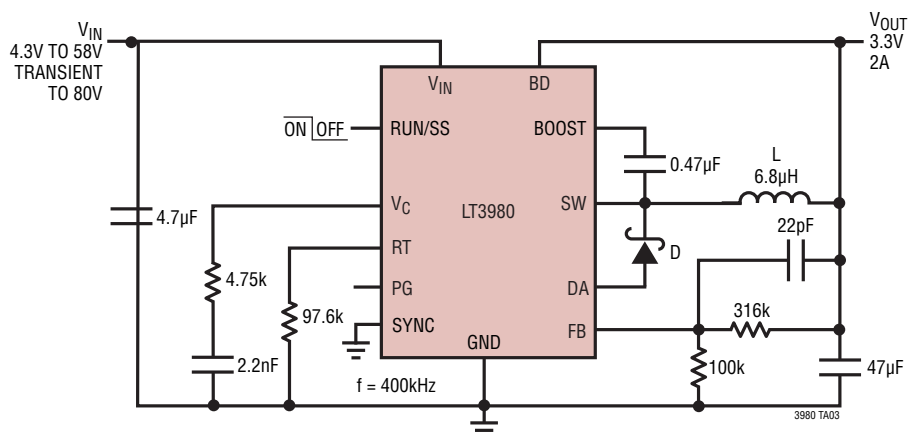
「アプリケーションノート」の19、35および44には降圧レギュレータと他のスイッチング・レギュレータの詳細な説明と設計情報が含まれています。LT1376のデータシートには出力リップル、ループ補償および安定性のテストに関するさらに広範な説明が記載されています。「デザインノート100」には降圧レギュレータを使ってバイポーラ出力電源電圧を生成する方法が示されています。

標準的応用例

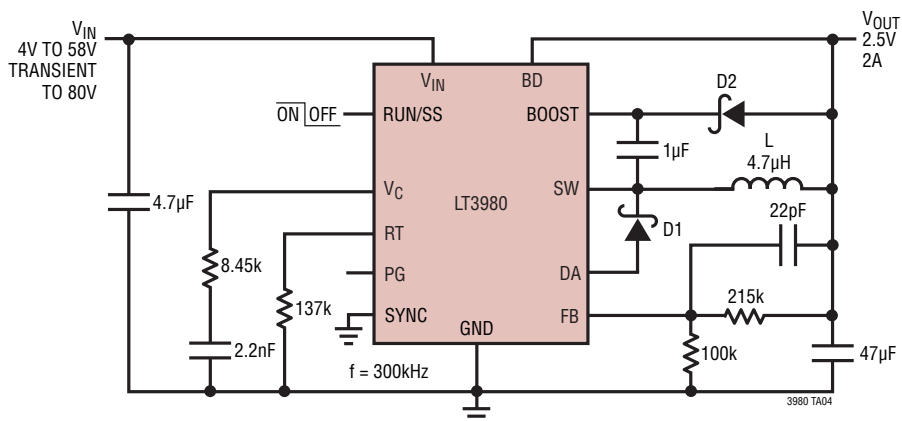
5V降圧コンバータ



3.3V降圧コンバータ

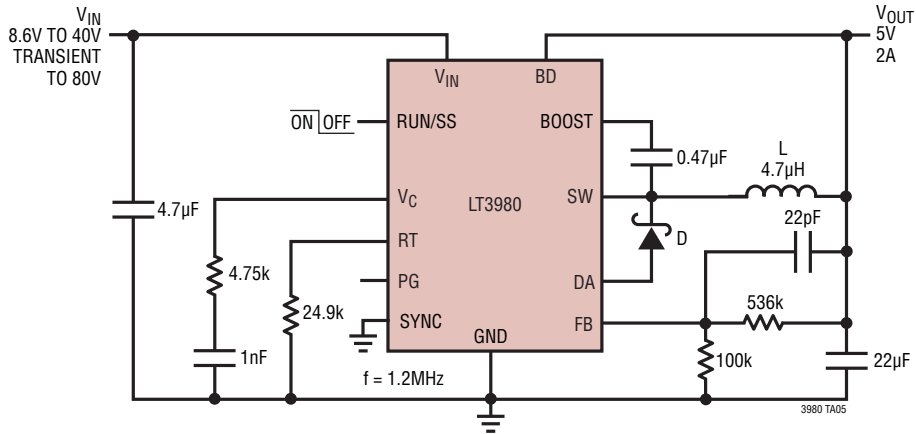


2.5V降圧コンバータ

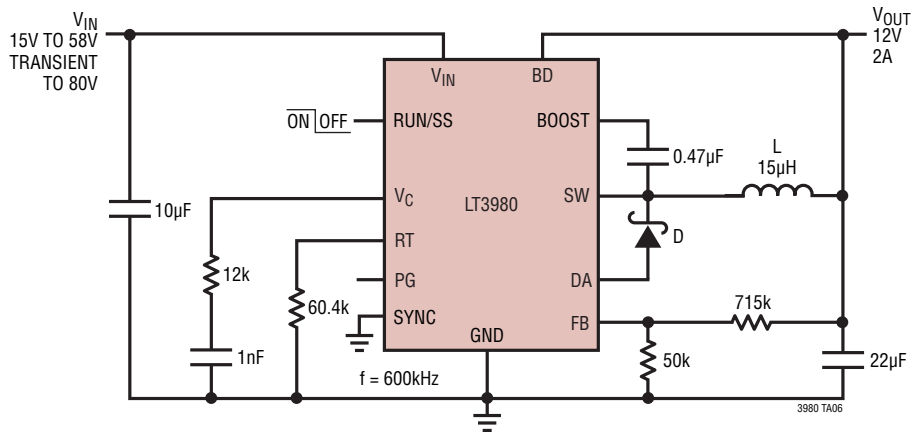


標準的応用例

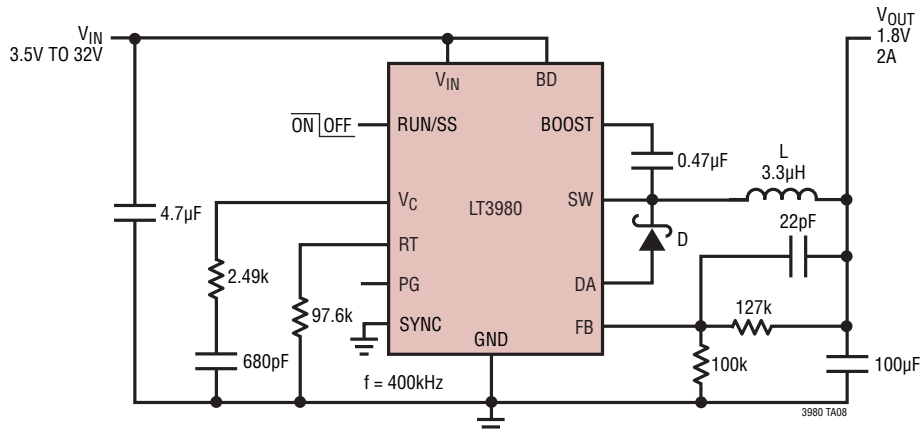
5V、1.2MHz降圧コンバータ



12V降圧コンバータ



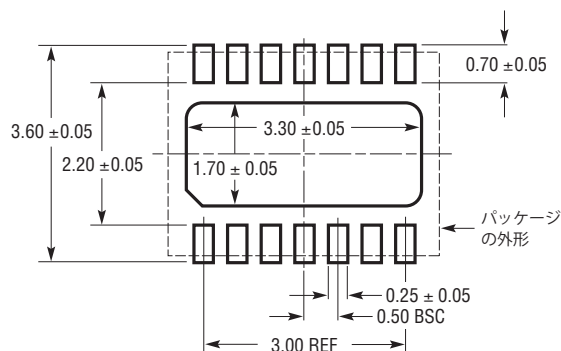
1.8V降圧コンバータ



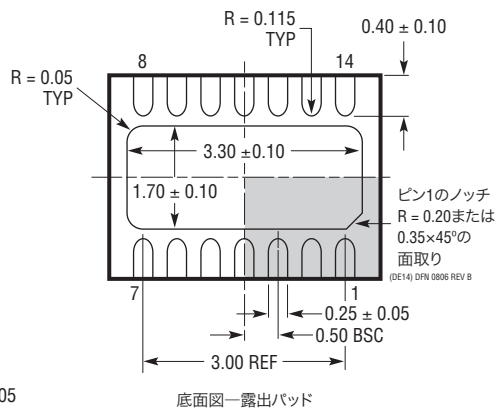
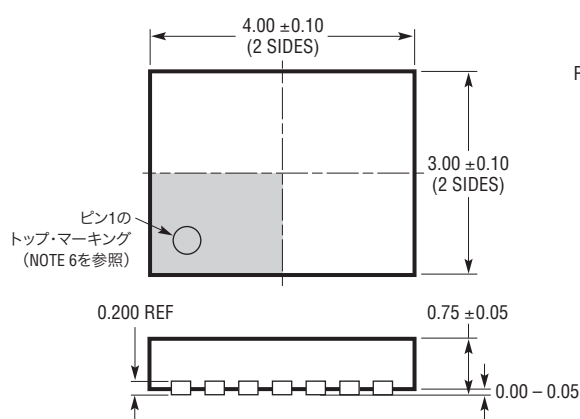
パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

DE Package
14-Lead Plastic DFN (4mm × 3mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1708 Rev B)



推奨する半田パッドのピッチと寸法
 半田付けされない領域には半田マスクを使用する

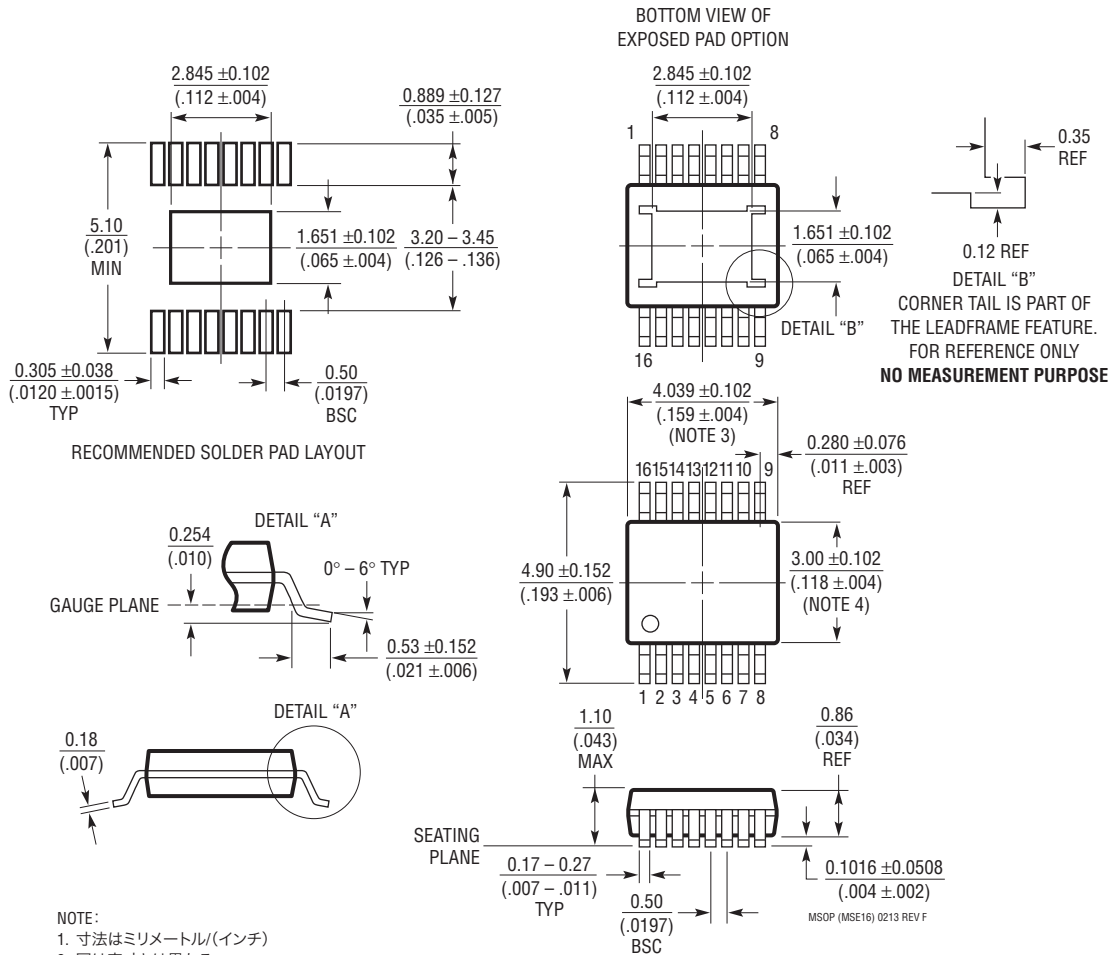


- NOTE:
- 図はJEDECパッケージ外形M0-229のバリエーション(WGED-3)になる予定
 - 図は実寸とは異なる
 - すべての寸法はミリメートル
 - パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
 モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
 - 露出パッドは半田メッキとする
 - 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考にすぎない

パッケージ

最新のパッケージ図面については、<http://www.linear-tech.co.jp/designtools/packaging/> をご覧ください。

MSE Package
16-Lead Plastic MSOP, Exposed Die Pad
 (Reference LTC DWG # 05-08-1667 Rev F)



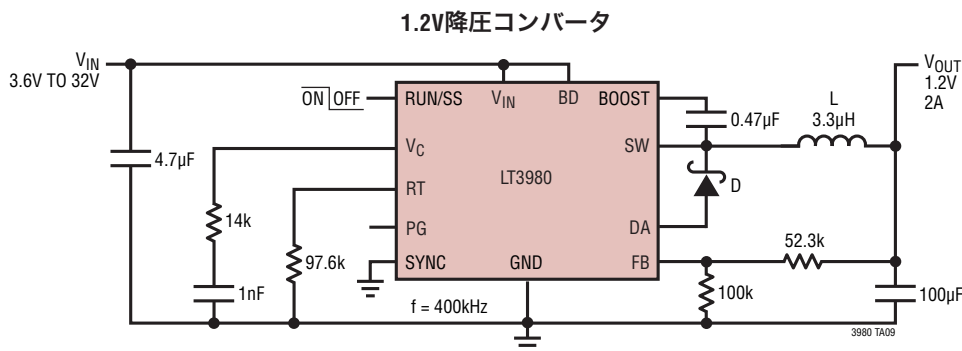
NOTE:

1. 寸法はミリメートル/(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない
 モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm (0.006 inch) を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない
 リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.152mm (0.006 inch) を超えないこと
5. リードの平坦度(成形後のリードの底面)は最大0.102mm (0.004 inch) であること
6. 露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
 露出パッドのモールドのバリは各サイドで0.254mm (0.010 inch) を超えないこと

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	10/13	効率のグラフを明確化。	1
		グラフを明確化。	6
		SYNCピンの説明を明確化。	7
		グラフを明確化。	15
		グラフを明確化。	16
		同期の説明を明確化。	16

標準的応用例



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT3689	パワーオン・リセットとウォッチドッグ・タイマを備えた、60Vまでの過渡保護付き、36V、800mA、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~36V (60Vまでの過渡電圧)、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 75\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm QFN-16パッケージ
LT3682	36V、60V _{MAX} 、1A、2.2MHz高効率マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~36V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 75\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-12パッケージ
LT3970	消費電流わずか2.5µAの40V、350mA(I_{OUT})、2.2MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 4.2V~40V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.21V$ 、 $I_Q = 2.5\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとMSOP-10パッケージ
LT3480	Burst Mode動作を備えた、60Vまでの過渡保護付き、36V、2A(I_{OUT})、2.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~38V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 70\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとMSOP-10Eパッケージ
LT3685	60Vまでの過渡保護付き、36V、デュアル2A(I_{OUT})、2.4MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~38V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 70\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとMSOP-10Eパッケージ
LT3481	Burst Mode動作を備えた、36Vまでの過渡保護付き、34V、2A (I_{OUT})、2.8MHz、高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~34V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.26V$ 、 $I_Q = 50\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとMSOP-10Eパッケージ
LT3684	36Vまでの過渡保護付き、34V、2A (I_{OUT})、2.8MHz、高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~34V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.26V$ 、 $I_Q = 850\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとMSOP-10Eパッケージ
LT3508	40Vまでの過渡保護付き、36V、デュアル1.4A(I_{OUT})、3MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.7V~37V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 4.6mA$ 、 $I_{SD} = 1\mu A$ 、4mm×4mm QFN-24パッケージとTSSOP-16Eパッケージ
LT3505	40Vまでの過渡保護付き、36V、1.4A(I_{OUT})、3MHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~34V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.78V$ 、 $I_Q = 2mA$ 、 $I_{SD} = 2\mu A$ 、3mm×3mm DFN-8パッケージとMSOP-8Eパッケージ
LT3500	36V、40V _{MAX} 、2.5MHz高効率降圧DC/DCコンバータおよびLDOコントローラ	V_{IN} : 3.6V~36V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 2.5mA$ 、 $I_{SD} = 10\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージ
LT3507	LDOコントローラ付き、36V、2.5MHz、トリプル(2.4A+1.5A+1.5A(I_{OUT}))高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 4V~36V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 7mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、5mm×7mm QFN-38パッケージ
LT3437	Burst Mode動作付き、60V、400mA(I_{OUT})、マイクロパワー降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.3V~60V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.25V$ 、 $I_Q = 100\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、3mm×3mm DFN-10パッケージとTSSOP-16Eパッケージ
LT1976/LT1977	Burst Mode動作付き、60V、1.2A (I_{OUT})、200kHz/500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.3V~60V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.2V$ 、 $I_Q = 100\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、TSSOP-16Eパッケージ
LT3434/LT3435	Burst Mode動作付き、60V、2.4A (I_{OUT})、200kHz/500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.3V~60V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.2V$ 、 $I_Q = 100\mu A$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、TSSOP-16Eパッケージ
LT1936	36V、1.4A (I_{OUT})、500kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~36V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.2V$ 、 $I_Q = 1.9mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、MS8Eパッケージ
LT3493	36V、1.4A (I_{OUT})、750kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 3.6V~3.6V、 $V_{OUT(MIN)} = 0.8V$ 、 $I_Q = 1.9mA$ 、 $I_{SD} < 1\mu A$ 、2mm×3mm DFN-6パッケージ
LT1766	60V、1.2A (I_{OUT})、200kHz高効率降圧DC/DCコンバータ	V_{IN} : 5.5V~60V、 $V_{OUT(MIN)} = 1.2V$ 、 $I_Q = 2.5mA$ 、 $I_{SD} < 25\mu A$ 、TSSOP-16パッケージとTSSOP-16Eパッケージ

3980fa