

特長

- 2個の電池から5V・200mAを出力
- シャットダウン時の消費電流：10 μ A
- 最小1.5VのV_{IN}で動作
- シャットダウン時にもバッテリ電圧低下検知器が動作
- 低スイッチV_{CESAT}：370mV・1A(標準)
- 動作時消費電流：120 μ A
- 最大スイッチング周波数：300kHz
- 1本の抵抗でピーク電流をプログラム可能
- 8ピンSOパッケージ

アプリケーション

- 2、3、または4個の電池から5Vまたは3.3Vへの昇圧
- 携帯用計測器
- バーコード・スキャナ
- パーミットップ・コンピュータ
- 診断用医療機器
- パーソナル・データ・コミュニケーション/コンピュータ

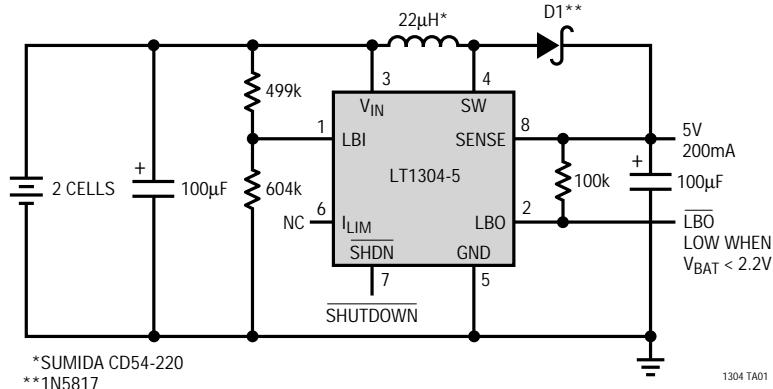
概要

LT[®]1304はマイクロパワーのステップアップDC/DCコンバータで、小型の低電圧バッテリ動作システムで使用するのに最適です。1.5Vから8Vの広い入力電源範囲で動作します。LT1304-3.3およびLT1304-5は、3.3Vおよび5Vの安定化された出力を発生し、可変電圧バージョンのLT1304は最大25Vの出力電圧を供給することができます。静止電流はアクティブ・モードでは120 μ Aであり、シャットダウン時には10 μ Aまで低下しますが、シャットダウン時にもバッテリ電圧低下検知器は動作しています。ピーク・スイッチ電流は内部で1Aに設定されていますが、I_{LIM}ピンからグランドに1本の抵抗を追加すれば低減できます。LT1304は高速動作が可能なため、小型の表面実装型インダクタおよびコンデンサを使用できます。LT1304は8ピンSOパッケージで供給されます。

LT、LTC、LTはリニアテクノロジー社の登録商標です。

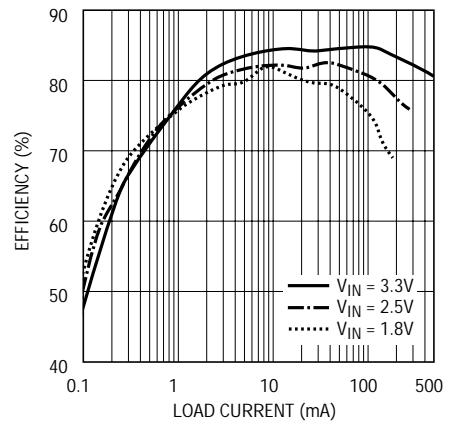
TYPICAL APPLICATION

2-Cell to 5V Step-Up Converter with Low-Battery Detect



*SUMIDA CD54-220
**1N5817

Efficiency



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

V_{IN} Voltage	8V
SW Voltage	-0.4V to 25V
FB Voltage (LT1304)	$V_{IN} + 0.3V$
Sense Voltage (LT1304-3.3/LT1304-5)	8V
I_{LIM} Voltage	5V
SHDN Voltage	6V
LBI Voltage	V_{IN}
LBO Voltage	8V
Maximum Power Dissipation	500mW
Junction Temperature	125°C
Operating Temperature Range	0°C to 70°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 sec)	300°C

PACKAGE/ORDER INFORMATION

TOP VIEW	ORDER PART NUMBER
	LT1304CS8 LT1304CS8-3.3 LT1304CS8-5
S8 PACKAGE 8-LEAD PLASTIC SO	S8 PART MARKING
*FIXED OUTPUT VERSION	1304
$T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}$, $\theta_{JA} = 150^\circ\text{C}/\text{W}$	13043 13045

Consult factory for Industrial and Military grade parts.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $V_{IN} = 2V$, $V_{SHDN} = 2V$ unless otherwise noted.

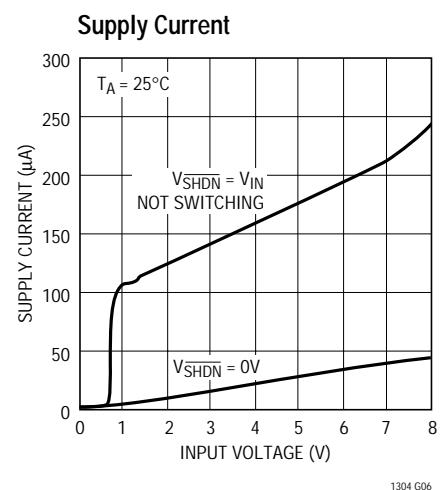
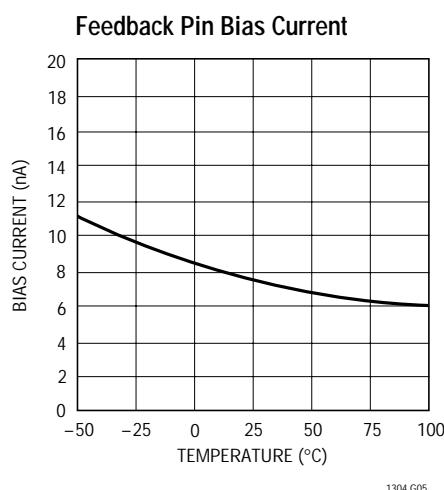
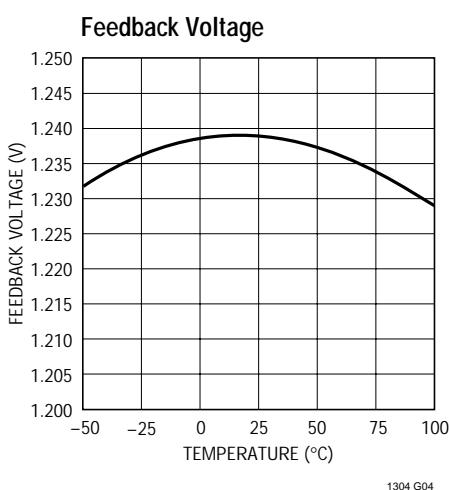
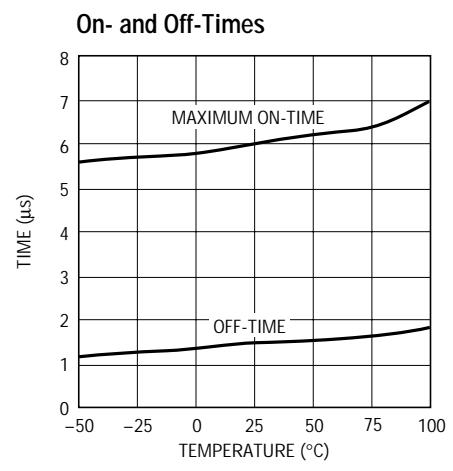
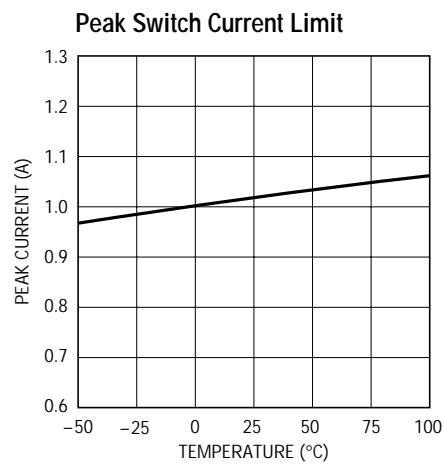
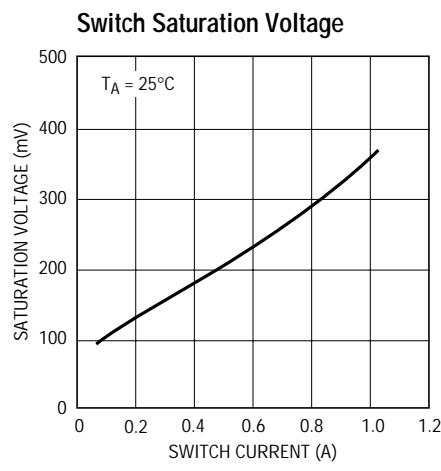
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Minimum Operating Voltage		●	1.5	1.65	V
Operating Voltage Range		●	8		V
Quiescent Current	$V_{SHDN} = 2V$, Not Switching	●	120	200	μA
Quiescent Current in Shutdown	$V_{SHDN} = 0V$, $V_{IN} = 2V$	●	7	15	μA
	$V_{SHDN} = 0V$, $V_{IN} = 5V$	●	27	50	μA
Comparator Trip Point	LT1304	●	1.22	1.24	1.26
FB Pin Bias Current	LT1304	●	10	25	nA
Sense Pin Leakage in Shutdown	$V_{SHDN} = 0V$, Fixed Output Versions	●	0.002	1	μA
Output Sense Voltage	LT1304-3.3	●	3.17	3.3	3.43
	LT1304-5	●	4.80	5.05	5.25
Line Regulation	$1.8V \leq V_{IN} \leq 8V$	●	0.04	0.15	%/V
LBI Input Threshold	Falling Edge	●	1.10	1.17	1.25
LBI Bias Current		●	6	20	nA
LBI Input Hysteresis		●	35	65	mV
LBO Output Voltage Low	$I_{SINK} = 500\mu\text{A}$	●	0.2	0.4	V
LBO Output Leakage Current	LBI = 1.5V, LBO = 5V	●	0.01	0.1	μA
SHDN Input Voltage High		●	1.4		V
SHDN Input Voltage Low		●		0.4	V
SHDN Pin Bias Current	$V_{SHDN} = 5V$	●	5	8	μA
	$V_{SHDN} = 0V$	●	-5	-2	μA
Switch OFF Time		●	1	1.5	2
Switch ON Time	Current Limit Not Asserted	●	4	6	μs
Maximum Duty Cycle	Current Limit Not Asserted	●	76	80	88
Peak Switch Current	I_{LIM} Pin Open, $V_{IN} = 5V$ 20k from I_{LIM} to GND		0.8	1	A
				500	mA

ELECTRICAL CHARACTERISTICS $V_{IN} = 2V, V_{SHDN} = 2V$ unless otherwise noted.

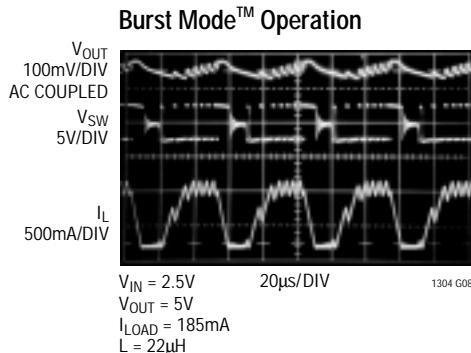
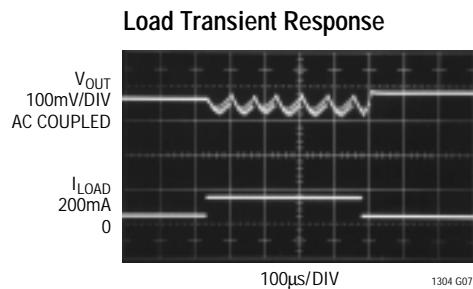
PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Switch Saturation Voltage	$I_{SW} = 1A$ $I_{SW} = 700mA$	●	0.37 0.26	0.35	V
Switch Leakage	Switch Off, $V_{SW} = 5V$	●	0.01	7	μA

The ● denotes specifications which apply over the 0°C to 70°C operating temperature range.

TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



TYPICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS



Burst Mode is a trademark of Linear Technology Corporation.

ピン機能

LBI(ピン1): バッテリ電圧低下検知器入力。このピンの電圧が1.17V未満のとき、検知器出力は“ L ”になります。

LBO(ピン2): バッテリ電圧低下検知器出力。最大500μAをシンク可能なオープン・コレクタです。デバイスがシャットダウンしてもバッテリ電圧低下検知器は動作しています。

V_{IN}(ピン3): 入力電源。ピンの近く(0.2" 以内)でバイパスしなければなりません。必要なレイアウトは、代表的なアプリケーションを参照してください。

SW(ピン4): パワーNPNのコレクタです。RFIを抑えるためにこのピンの銅トレースは短く直接行ってください。

GND(ピン5): デバイス・グランド。低インピーダンスでなければなりません。直接グランド・プレーンに半田付けしてください。

I_{LIM}(ピン6): 電流制限設定ピン。1Aのピーク・スイッチ電流が必要な場合はフロートさせます。このピンからグランドに抵抗を接続すると、ピーク電流が減少します。

SHDN(ピン7): シャットダウン入力。“ L ”のとき、スイッチング・レギュレータはターンオフします。バッテリ電圧低下検知器は動作しています。SHDN入力をフロートさせてはなりません。SHDNを使用しない場合はV_{IN}に接続してください。

FB/SENSE(ピン8): LT1304(出力可変)では、このピンはコンパレータ入力に入ります。固定出力バージョンでは、このピンは出力電圧を設定する抵抗分圧回路に接続します。分圧回路はシャットダウン中にピンから切り離されます。

BLOCK DIAGRAMS

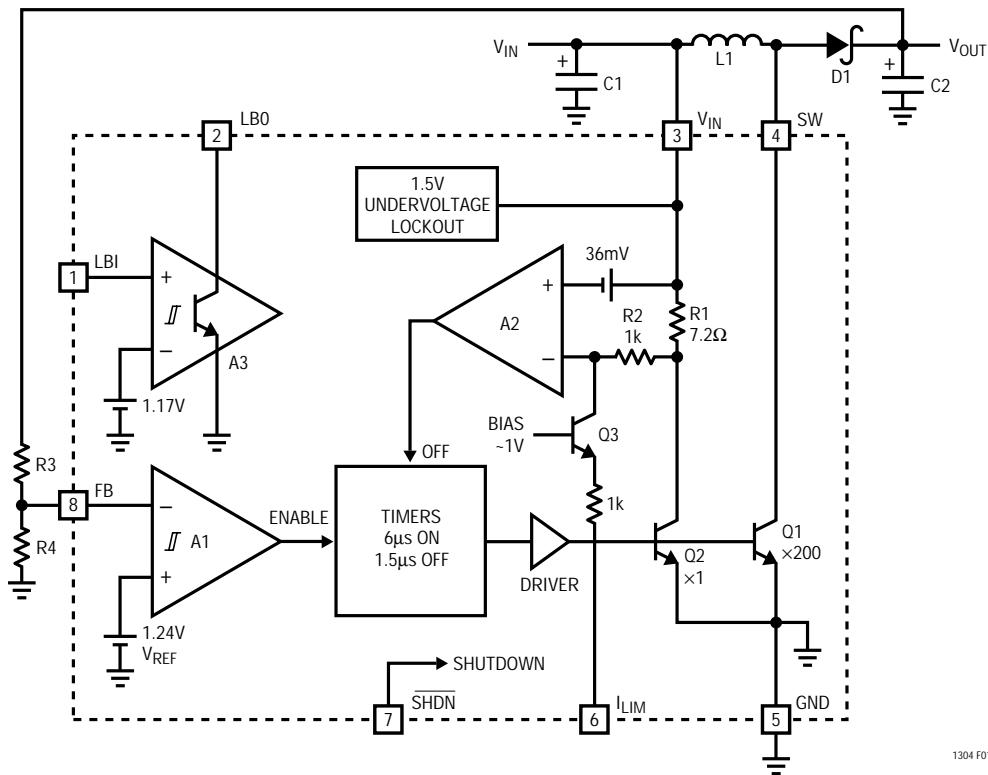


Figure 1. LT1304 Block Diagram. Independent Low-Battery Detector A3 Remains Alive When Device Is in Shutdown

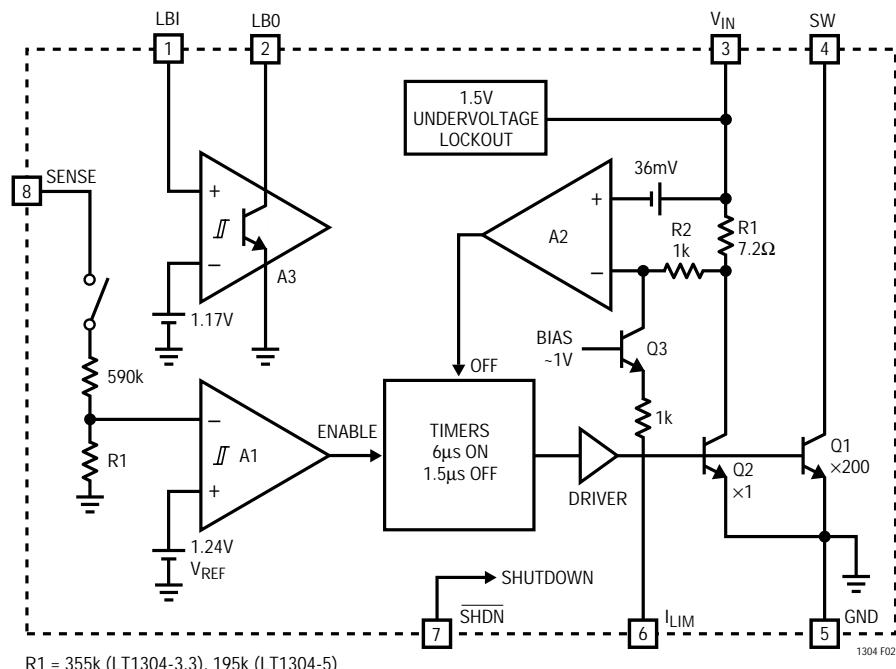


Figure 2. LT1304-3.3/LT1304-5 Block Diagram

動作

図1のブロック図を参照すれば、LT1304の動作を最も良く理解することができます。コンパレータA1は、FBピンの抵抗分圧回路R3/R4を通して出力電圧をモニタします。V_{FB}が1.24Vリファレンスより高い場合、A2とタイマはターンオフされます。リファレンスとA1およびA3だけが標準120μAの電流を消費します。V_{FB}が1.24V + A1のヒステリシス(約6mV)以下に低下すると、A1は回路の他の部分をイネーブルします。次にパワー・スイッチQ1は、6μsの間または電流コンパレータA2がONタイマをターンオフする、いずれか早いほうでオンにサイクルします。オフ時間は約1.5μsに固定されています。Q1のスイッチングによって、インダクタL1の電流が増減し、D1を通して出力コンデンサC2に流れ込み、出力電圧が上昇します。C1のヒステリシスを超えるほどV_{FB}が上昇すると、スイッチング動作が停止します。V_{OUT}が減少してA1の出力がH'になるまで、C2は負荷に電流を供給し続け、このサイクル全体が繰り返されます。

スイッチ電流が1Aに達するとA2がトリップし、スイッチ・オン時間が減少します。これによって、バースト時に連続モード動作が可能です。A2はスイッチ電流に直接関係する7.2 の抵抗R1の両端の電圧をモニタします。Q2のコレクタ電流は、エミッタ面積比によってQ1のコレクタ電流の0.5%に設定されます。R1の電圧降下が1Aのスイッチ電流に相当する36mVを超えると、A2の出力がH'になり、スイッチ・サイクルのオンタイム部分が少なくなります。1Aピーク電流は、I_{LIM}ピンとグランドの間に抵抗を接続して、R2の両端の電圧を降下させれば低減できます。この電圧降下は、36mVリファレンス電圧の一部をオフセットして、ピーク電流を低減します。22k 抵抗は電流を約550mAに制限します。I_{LIM}とグランドの間に接続されたコンデンサがソフト・スタートを提供します。シャットダウンはSHDNピンを接地すると実行されます。

バッテリ電圧低下検知器A3には、専用の1.17Vリファレンスがあり、このリファレンスは常時オンになっています。オープン・コレクタ出力デバイスは最大500μAをシンク可能です。バッテリ電圧がトリップ・レベルに達したときの「頻繁なオン/オフの繰り返し」を少なくするために、約35mVのヒステリシスがA3に組み込まれています。

インダクタの選択

LT1304で使用するインダクタは、飽和することなく1.2Aのワースト・ケース・ピーク・スイッチ電流を処理できなければなりません。オープン・フラックス・ロッドまたはドラム・コ

ア・ユニットは、バイアスして20%だけ飽和さることができ、その場合はわずかに効率が低下するだけです。ほとんどの2セルまたは3セル入力LT1304アプリケーションの場合、Sumida CD54-220(ドラム)またはCoiltronics CTX20-1(トロイド)などの22μHまたは20μHインダクタで十分です。I_{LIM}ピンを使用してスイッチ電流を低減する場合、Sumida CD43シリーズまたはCoilcraft DO1608シリーズのような、より小型のインダクタを使用できます。最大の効率を得るには、DCRを小さくすることが重要です。理想的には、インダクタDCRは0.05 未満でなければなりません。ただし、この種のインダクタの物理的サイズのために、スペースが限定される多くのアプリケーションで使用が制約されます。敏感なアナログ回路が存在するときなど、EMIが問題になる場合は、Coiltronics CTX20-1などのトロイダル・インダクタが推奨されます。

2V 12Vブースト・コンバータなど、V_{OUT}/V_{IN}の電圧差が高い特別なケースが存在します。連続モード動作に必要なデューティ・サイクルが、LT1304が供給可能なデューティ・サイクルより高い場合、コンバータは不連続動作で設計しなければなりません。これは、スイッチ・オフ時間中にインダクタ電流がゼロに低下することを意味します。単純なステップアップ(ブースト)コンバータの場合、以下の公式によってデューティ・サイクルを計算できます。

$$DC = 1 - [(V_{IN} - V_{SAT}) / (V_{OUT} + V_D)]$$

ここで、

V_{IN} = 最小入力電圧

V_{SAT} = スイッチ飽和電圧(0.3V)

V_{OUT} = 出力電圧

V_D = ダイオード順方向電圧(0.4V)

計算されたデューティ・サイクルが、LT1304の最小デューティ・サイクル76%を超える場合、コンバータは不連続モード動作で設計しなければなりません。インダクタンスは、インダクタを流れる電流が单一サイクルでピーク電流に達するだけ十分低くなければなりません。インダクタは以下の式で計算できます：

$$L = (V_{IN} - V_{SAT})(t_{ON}/1A)$$

ここで、

t_{ON} = LT1304の最小オン時間(4μs)

不連続モード動作の利点の1つは、通常はインダクタ値がかなり低いため、非常に小型のユニットを使用できることです。連続モード設計では、リップル電流は高く、効率がいくらか低くなります。

動作

表1にインダクタ・メーカーと該当する部品番号をリストします。

Table 1. Recommended Inductors

VENDOR	SERIES	PHONE NUMBER
Sumida	CD54, CD43	(708) 956-0666
Coiltronics	CTX20-1	(407) 241-7876
Dale	LPT4545	(605) 665-9301
Coilcraft	D03316, D01608, D03308	(708) 639-6400

コンデンサの選択

LT1304の出力には、低ESR(等価直列抵抗)のコンデンサを使用して、出力のリップル電圧を抑えなければなりません。高品質なバイパス入力も必要です。表面実装アプリケーションでは、AVX TPSシリーズのタンタル・コンデンサを推奨します。これらはスイッチ・モード電源用に特別に設計されており、高サージ電流定格と低ESRを同時に実現しています。200mA負荷で2Vから5Vまで昇圧させるときには、100 μ F、10V AVX TPS表面実装コンデンサは一般に出力リップル電圧を70mVに制限します。スルーホール・アプリケーションには、小型で超低ESRの三洋電機社製OS-CONコンデンサが適しています。さらに、I_{LIM}ピンを使用して最大スイッチ電流を低くする場合、コンデンサの要求条件を緩和することができ、小型で高ESRの製品が使用可能です。推奨するコンデンサのメーカー名を表2に掲載します。

Table 2. Recommended Capacitors

VENDOR	SERIES	TYPE	PHONE NUMBER
AVX	TPS	Surface Mount	(803) 448-9411
Sanyo	OS-CON	Through Hole	(619) 661-6835
Sprague	595D	Surface Mount	(603) 225-1961

ダイオードの選択

1N5818のようなショットキ整流器を使用すれば最高の性能が得られます。また、モトローラ社は、1N5818よりも多少性能のすぐれたMBRS130Lショットキーを表面実装タイプで供給しています。それよりもスイッチ電流が低いデバイスが必要な場合は、MBR0530が推奨されます。MBR0530は非常に小型のSOD-123パッケージに収容されています。効率はかなり低下しますが、複数の1N4148を並列に接続して代用することもできます。

I_{LIM}機能

LT1304の電流制限(I_{LIM})ピンをソフトスタートに使用できます。起動時に、LT1304は電源から最大電流(約1A)を吸い込み、出力コンデンサを充電します。図3に、デバイスがターンオンするときのV_{OUT}およびV_{IN}の波形を示します。高電流が流れると、電源およびグランド・ラインに沿ってIRの電圧降下が発生したり、入力電源が瞬時に遮断することがあります。R1とC1を図4のように追加すれば、図5に詳述するとおり、スイッチ電流は内部で1Aよりはるかに小さな電流に制限されます。R1およびI_{LIM}ピンからC1に流れる電流は、最終的にC1とR1を充電し、実質的に回路からC1を切り離します。ターンオフ時にSHUTDOWNが“L”になると、R1はC1の放電経路も提供します。

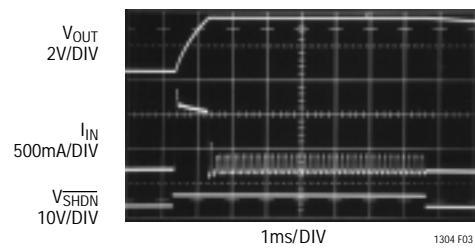


Figure 3. Start-Up Response. Input Current Rises Quickly to 1A. V_{OUT} Reaches 5V in Approximately 1ms. Output Drives 20mA Load

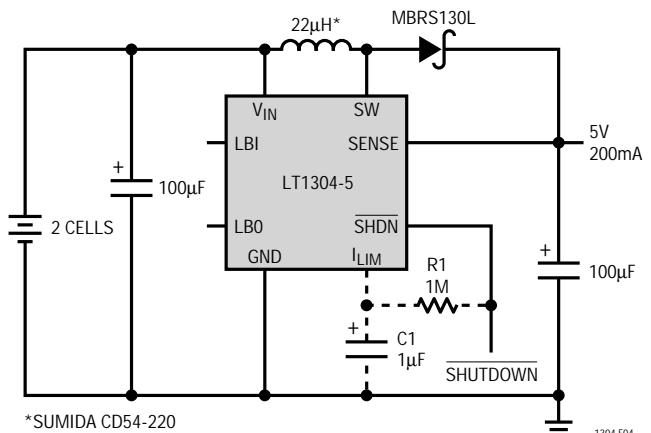


Figure 4. 2-Cell to 5V/200mA Boost Converter Takes Four External Parts. Components with Dashed Lines Are for Soft Start (Optional)

動作

LT1304のフル電源能力が必要ない場合は、 I_{LIM} ピンからグランドに抵抗 R_{LIM} を接続して、ピーク・スイッチ電流を制限できます。 $R_{LIM} = 22k$ では、ピーク・スイッチ電流は約500mAまで低減されます。したがって、より小さな電源部品を使用できます。図6のグラフは、スイッチ電流対 R_{LIM} 抵抗値を示します。

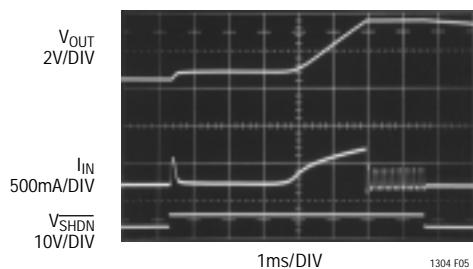


Figure 5. Start-Up Response with $1\mu\text{F}/1\text{M}\Omega$ Components in Figure 2 Added. Input Current Is More Controlled. V_{OUT} Reaches 5V in 6ms. Output Drives 20mA Load

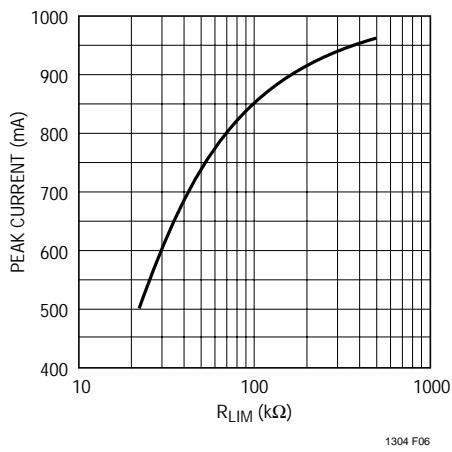


Figure 6. Peak Switch Current vs R_{LIM} Value

レイアウト/入力バイパス

LT1304は高速でスイッチングするため、PCボード・レイアウトに十分注意する必要があります。推奨部品配置を図7に示します。入力電源はACで低インピーダンスでなければならず、また図に示すとおり入力コンデンサを配置しなければなりません。このコンデンサの値は、入力電源とICの距離によって決まります。入力電源がICからの数インチ以上離れている場合は、 $47\mu\text{F} \sim 100\mu\text{F}$ の固体タンタル・バイパス・コンデンサが必要です。入力電源がICの近くにある場合は、 $1\mu\text{F}$ のセラミック・コンデ

ンサを代用できます。LT1304は電流を1Aパルスでスイッチングするため、低インピーダンス電源が使用できなければなりません。電源(例えば、2 AAセル電池)がICの1~2インチ以内にある場合、電池自体がバルク・キャパシタンスを供給し、 $1\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサが、スイッチのターンオンおよびターンオフ時に電圧スパイクを平滑するよう機能します。電源がICから遠く離れている場合、電源リードのインダクタンスにより、高周波数で高インピーダンスを生じます。ICで低インピーダンスを回復するために、ローカルに高キャパシタンス・バイパスが必要です。

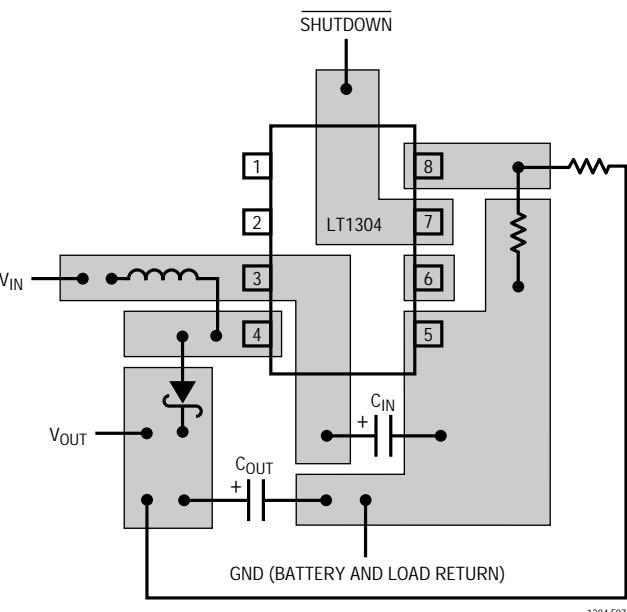


Figure 7. Suggested Layout for Best Performance. Input Capacitor Placement as Shown Is Highly Recommended. Switch Trace (Pin 4) Copper Area Is Minimized

バッテリ電圧低下検知器

LT1304は、シャットダウン時にもアクティブ状態を維持する独立したバッテリ電圧低下検知器を内蔵しています。この検知器は、実際にはヒステリシス付きコンパレータで、最大 $500\mu\text{A}$ をシンク可能なオープン・コレクタ出力を備えています。コンパレータもスイッチの低電圧ロックアウト・スレッショルド以下で動作し、 V_{IN} が約1.4Vに達するまで動作します。図8に検知器の入出力特性を示します。ヒステリシスは図から明らかです。

動作

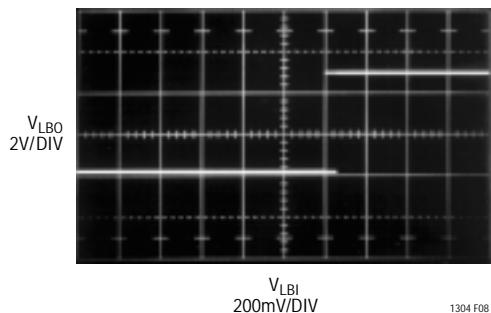


Figure 8. Low-Battery Detector Transfer Function.
Pull-Up R = 22k, V_{IN} = 2V, Sweep Frequency = 10Hz

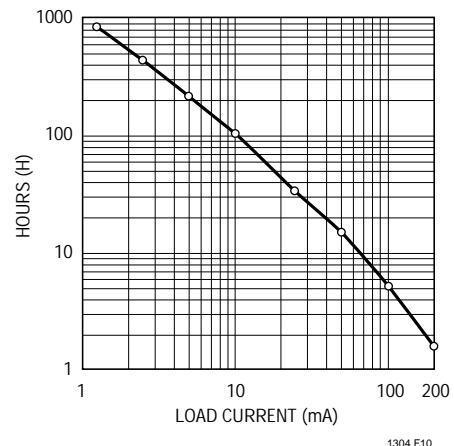


Figure 10. Battery Life vs Load Current. Dots Specify Actual Measurements

バッテリ寿命

何時間動作しますか？これは、いかなる効率研究でも最低質問しなければならない問題です。AAアルカリ電池は完全な電源ではありません。効率よく電力を転送するには、過剰な損失を誘発しない速度で、AAからエネルギーを取り出されなければなりません。AAセルの内部インピーダンスは、動作時に約0.2、寿命終了時に0.5であり、高い放電レートでは大きな効率低下が生じます。図10に、図9のLT1304、2セル 5V DC/DCコンバータのバッテリ寿命対負荷電流を示します。高い電力レベルで加速度的に低下(時間)することに注意してください。図11は全ワット時間対負荷電流のグラフです。ワット時間は以下の公式から求まります：

$$WH = I_{LOAD}(5V)(H)$$

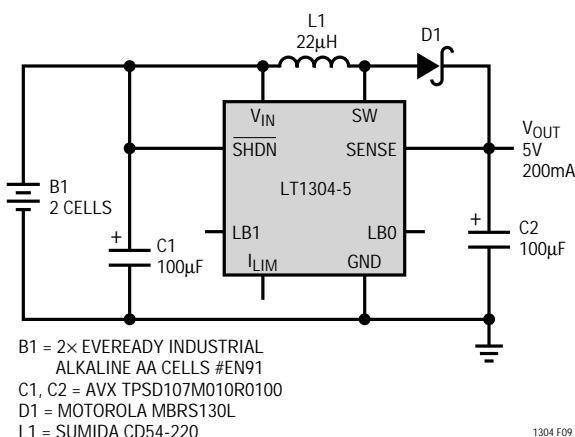


Figure 9. 2-Cell to 5V Converter Used in Battery Life Study

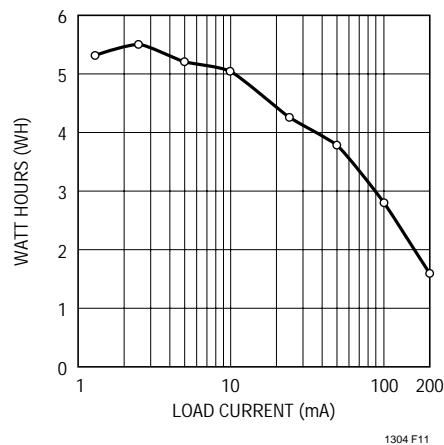


Figure 11. Output Watt Hours vs Load Current. Note Rapid Fall-Off at Higher Discharge Rates

図11のグラフは、このデータ・シートの最初のページに記載した電気的効率のプロットとは大幅に異なります。なぜでしょうか？電池から引き出される電流が多くなるほど、電池の内部インピーダンスにおける電圧降下が上昇します。これによって内部電源損失(熱)が生じ、電池のターミナル電圧が低下します。レギュレータ入力は負抵抗として働くため、ターミナル電圧が低下すると、電池から流れる電流が増えます。この正帰還作用によって問題が複雑になります。

動作

図12に、電池エネルギーの可用性を6.5WHと仮定した場合の全体的なエネルギー保存効率を示します。この効率は、1mA～10mAの負荷電流レベルでの電気的効率に近くになりますが、10mA以上の負荷電流(50mW以上の負荷電力)では急激に低下します。したがって、システムが40mA～50mA以上で5Vを必要とする場合は、AAセル・アルカリ電池ではなく、NiCd電池の使用を検討してください(内部インピーダンスの1/10)。

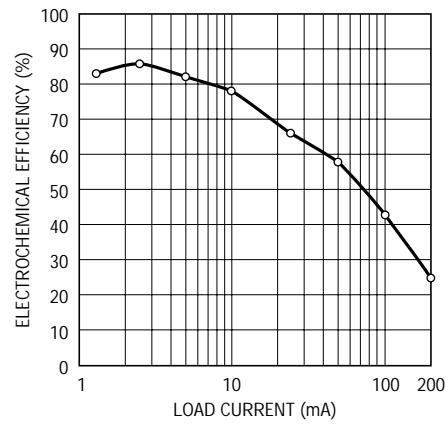
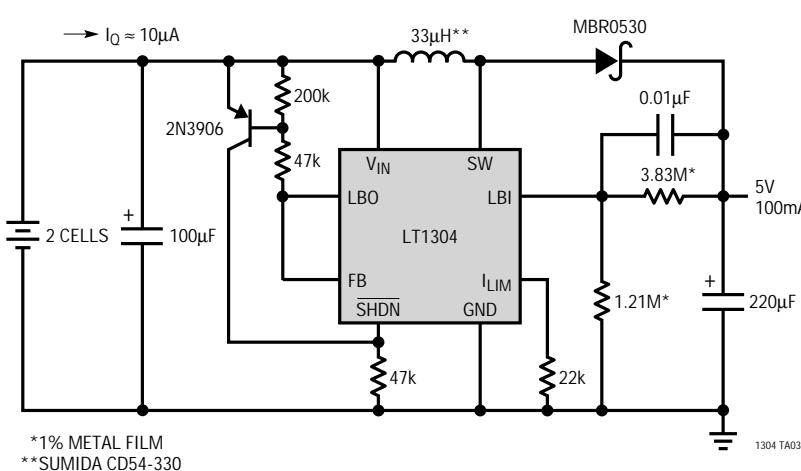


Figure 12. Overall System Efficiency Including Battery Efficiency vs Load Current. Internal Impedance of Alkaline AA Cells Accounts for Rapid Drop in Efficiency at Higher Load Current

TYPICAL APPLICATIONS

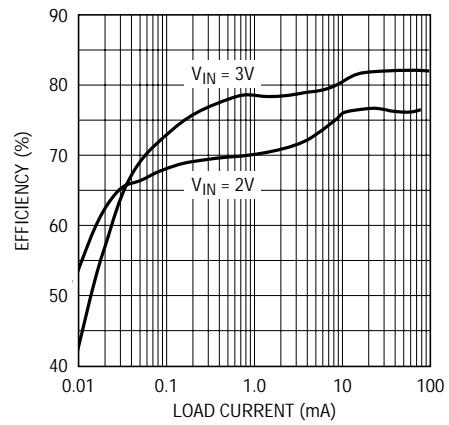
Super Burst™ Low I_0 DC/DC Converter



*1% METAL FILM

**SUMIDA CD54-330

Super Burst Efficiency

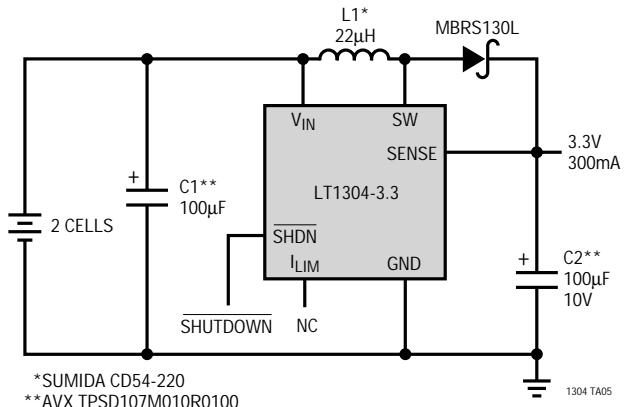


1304 TA04

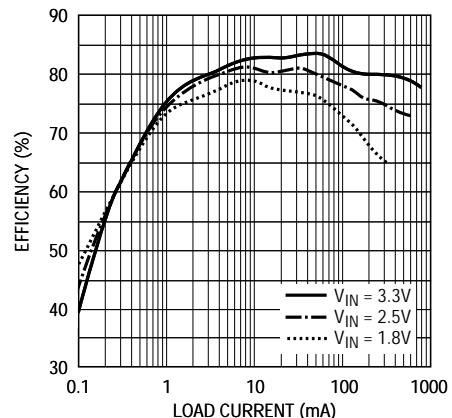
Super Burst is a trademark of Linear Technology Corporation.

TYPICAL APPLICATIONS

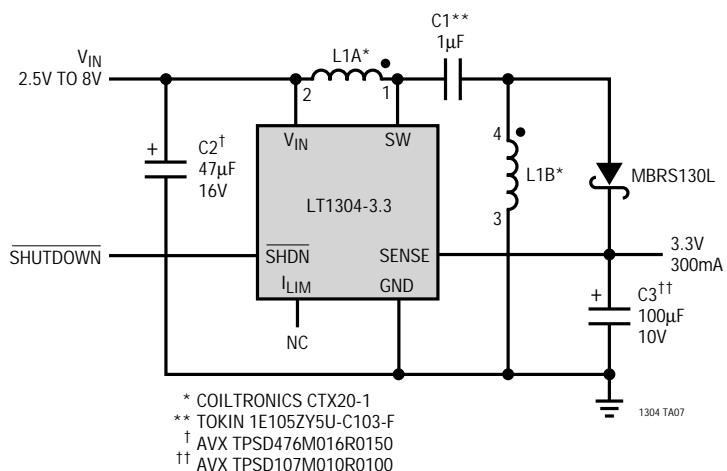
2-Cell to 3.3V Boost Converter



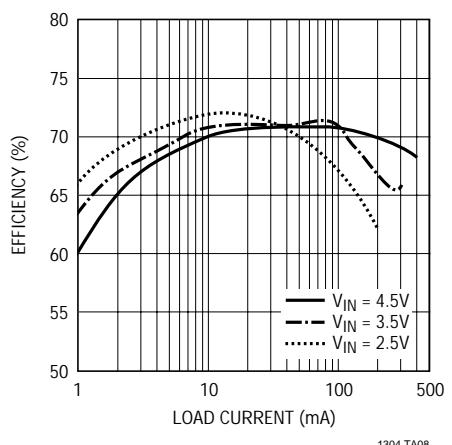
2-Cell to 3.3V Converter Efficiency



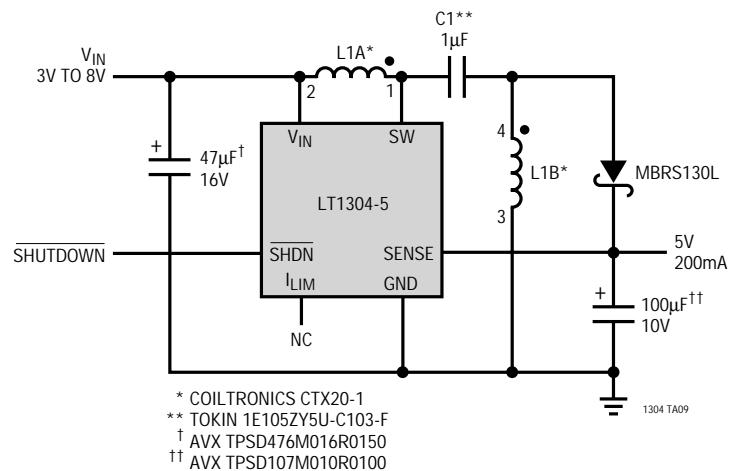
3.3V SEPIC (Step-Up/Step-Down Converter)



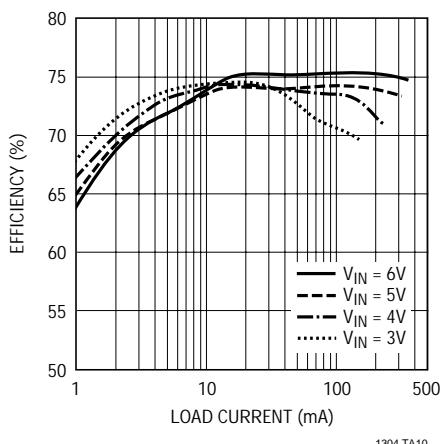
3.3V SEPIC Efficiency



5V SEPIC (Step-Up/Step-Down Converter)

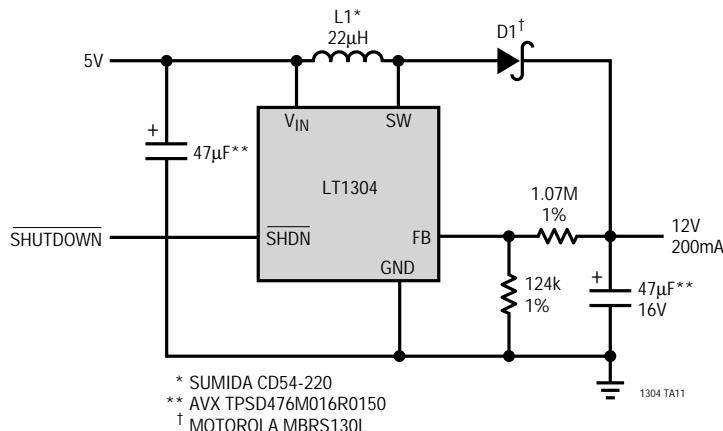


5V SEPIC Efficiency

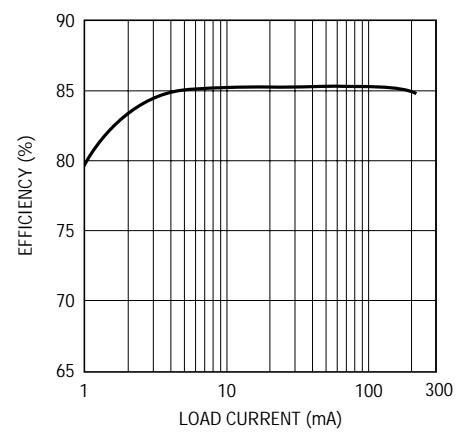
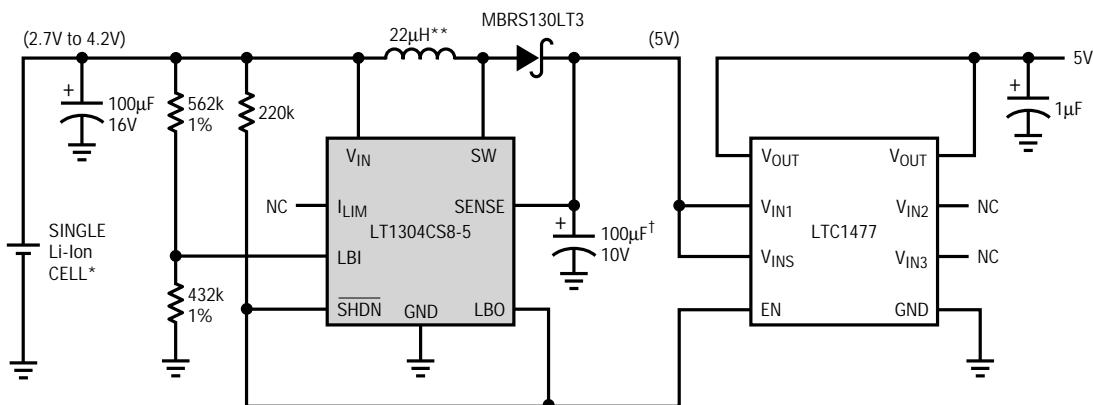


TYPICAL APPLICATIONS

5V to 12V DC/DC Converter

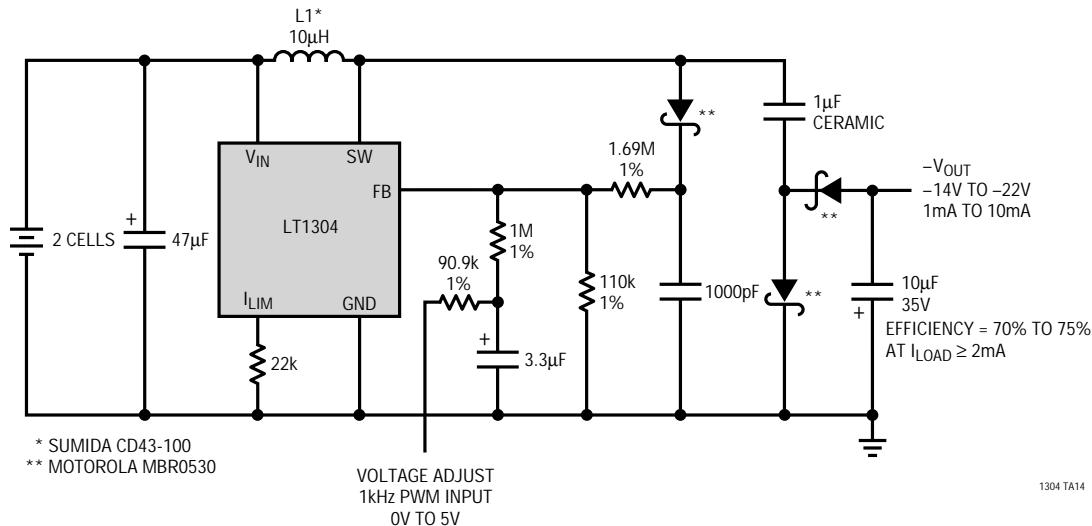


5V to 12V Converter Efficiency

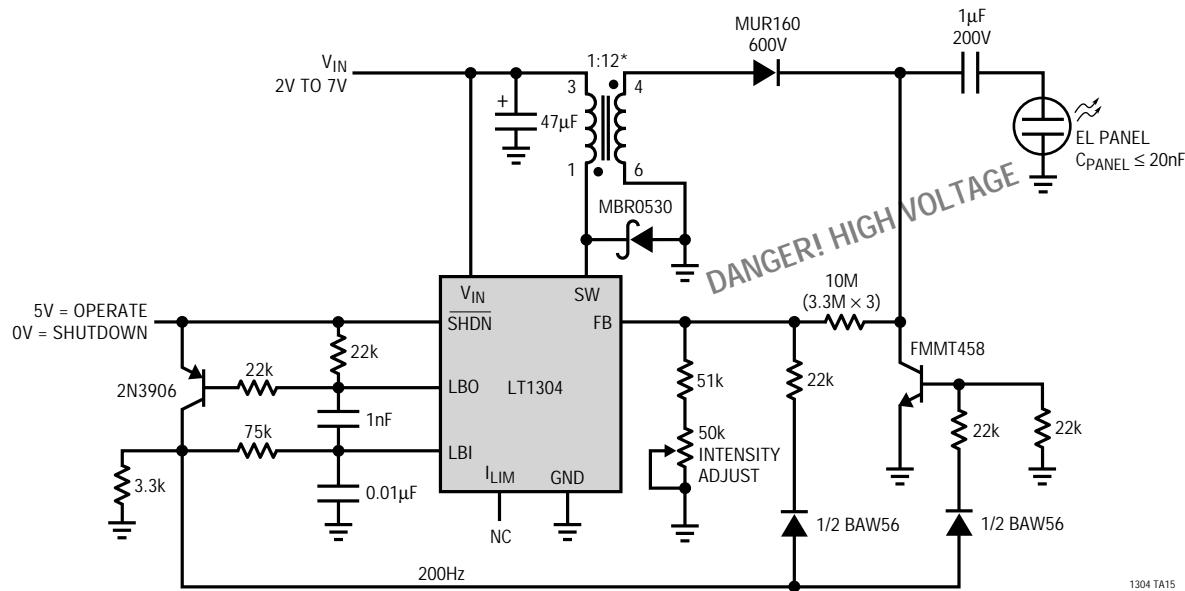
Single Li-Ion Cell to 5V Converter with Load Disconnect at $V_{IN} < 2.7V$ 

TYPICAL APPLICATIONS

Negative LCD Bias Generator



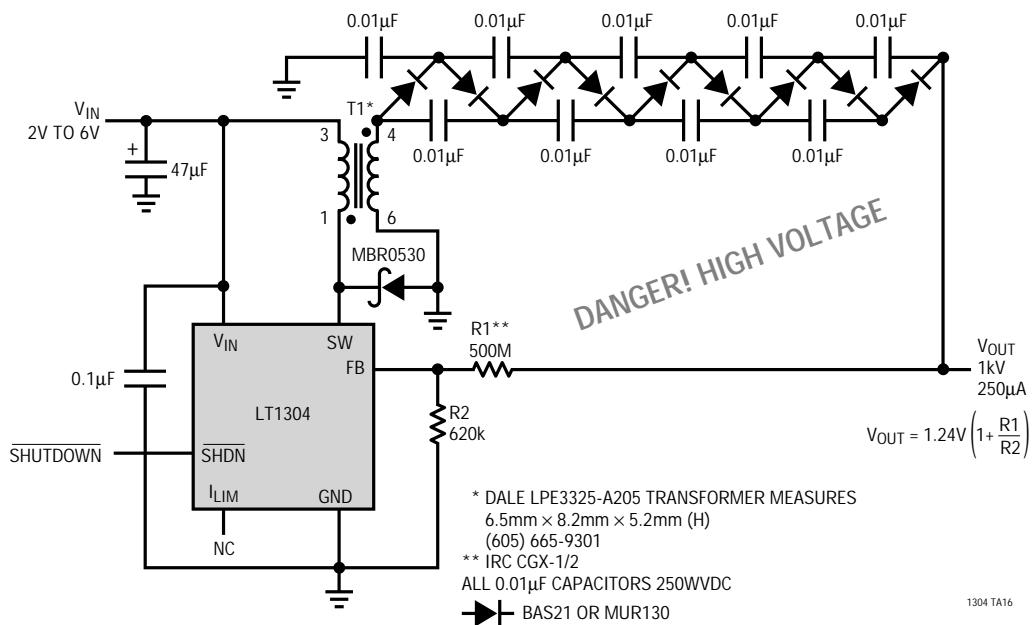
Electroluminescent Panel Driver with 200Hz Oscillator



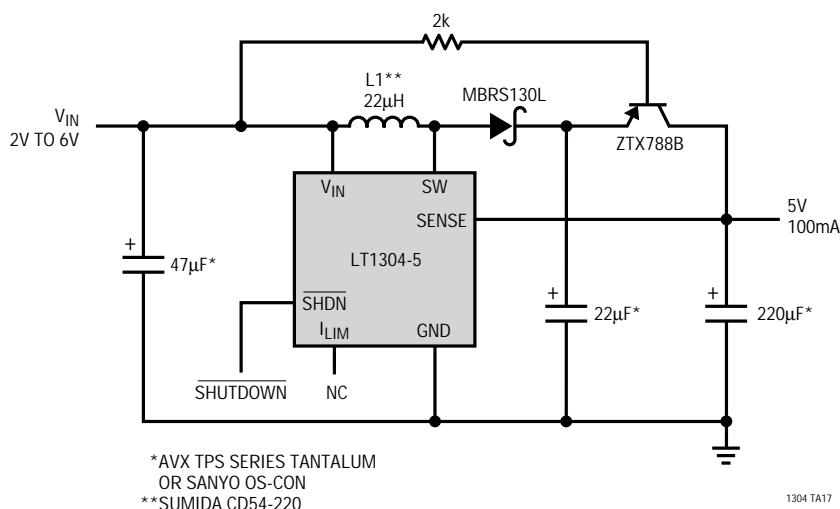
* DALE LPE3325-A205 TRANSFORMER MEASURES 6.5mm \times 8.2mm \times 5.2mm (H)
(605) 665-9301

TYPICAL APPLICATIONS

2- to 4-Cell to 1kV Step-Up Converter

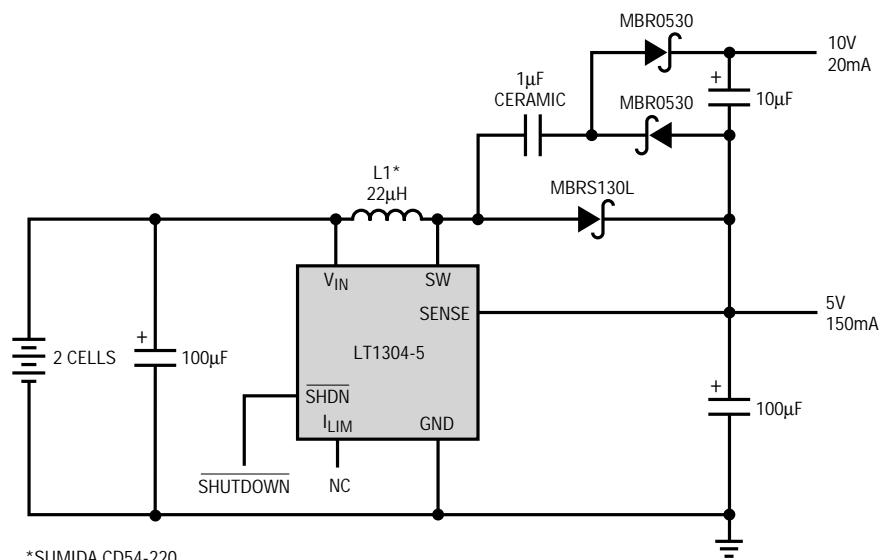


2- to 4-Cell to 5V Converter with Output Disconnect



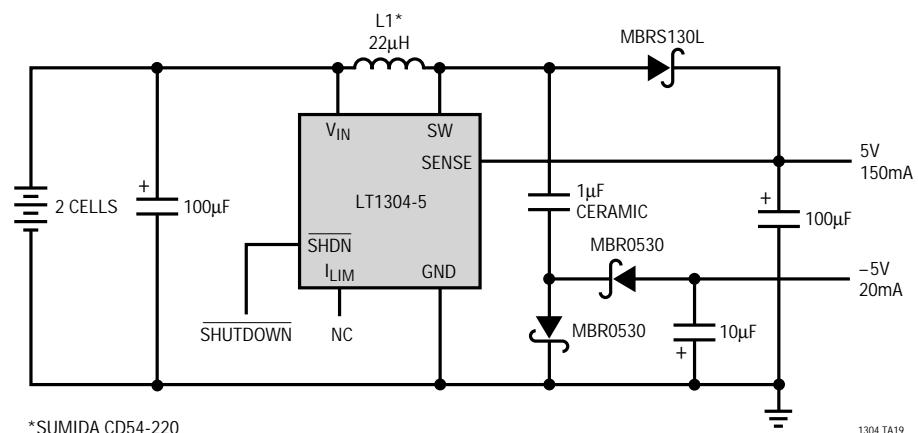
TYPICAL APPLICATIONS

2-Cell to 5V Converter with Auxiliary 10V Output



1304 TA18

2-Cell to 5V Converter with Auxiliary -5V Output



1304 TA19

RELATED PARTS

PART NUMBER	DESCRIPTION	COMMENTS
LTC [®] 1163	Triple High Side Driver for 2-Cell Inputs	1.8V Minimum Input, Drives N-Channel MOSFETs
LT1239	Backup Battery Management System	Easy-to-Use, Fail-Safe Backup Protection
LT1301	Fixed 5V/12V Step-Up Micropower DC/DC Converter	12V/200mA from 5V, 120 μ A I_Q , 88% Efficiency
LT1302	High Output Current Micropower DC/DC Converter	5V/600mA from 2V, 2A Internal Switch, 200 μ A I_Q
LT1303	Micropower DC/DC Converter	Low-Battery Detector Inactive in Shutdown
LTC1477	Protected Switch	Ultralow $R_{DS(ON)}$ Switch: 0.07 Ω
LT1521	300mA, 12 μ A I_Q Low Dropout Regulator	500mV Dropout at Full Load