

環境発電(エナジーハーベスト) バッテリー寿命延長回路を内蔵した ナノパワー昇降圧 DC/DC コンバータ

特長

- 入力プライオリタイザを備えたデュアル入力、シングル出力 DC/DC コンバータ
環境発電入力: 3.0V ~ 19V 降圧 DC/DC コンバータ
一次電池入力: 1.8V ~ 5.5V 昇降圧 DC/DC コンバータ
- 環境発電電源を利用できる場合はバッテリーの I_q がゼロ
- 超低静止電流: 750nA (無負荷時)
- 低ノイズの LDO ポスト・レギュレータ
- スーパーキャパシタ・バランス内蔵
- 出力電流: 最大 50mA
- DC/DC コンバータおよび LDO の出力電圧、降圧コンバータの UVLO、昇降圧コンバータのピーク入力電流をプログラム可能
- 低損失の全波ブリッジ整流器を内蔵
- 入力保護用シャント回路: 最大 25mA (V_{IN} ≥ 20V)
- 5mm×5mm の QFN-32 パッケージ

アプリケーション

- 環境発電
- 一次電池のバックアップ機能を備えた太陽光発電システム
- 無線 HVAC センサおよびセキュリティ機器
- モバイル資産管理

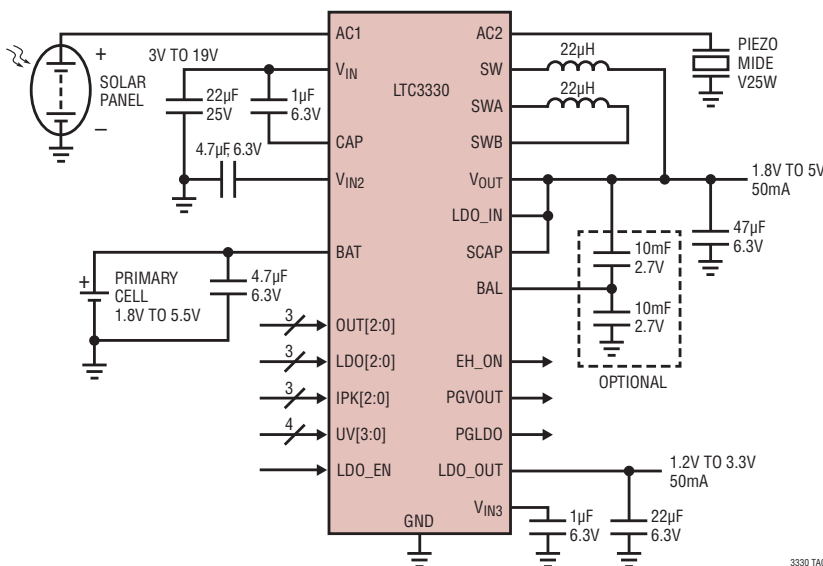
概要

LTC[®]3330 は、高電圧の環境発電(エナジーハーベスト)電源と、一次電池バッテリーで駆動する DC/DC コンバータを一体化して、代替エネルギー・アプリケーション向けの単一出力電源を構築します。内蔵の全波ブリッジ整流器と高電圧の降圧コンバータで構成されている環境発電電源は、圧電、太陽光、または磁気各エネルギー源からエネルギーを収集します。一次電池入力は、最小 1.8V の入力で動作可能な昇降圧コンバータに電力を供給します。どちらの DC/DC コンバータも 1 つの出力にエネルギーを供給できます。降圧コンバータが動作するのは収集したエネルギーを利用できるときであり、バッテリーから流れる静止電流を実質的にゼロまで低減するので、バッテリーの寿命が延びます。昇降圧コンバータが V_{OUT} に電力を供給するのは、収集したエネルギーがなくなったときだけです。

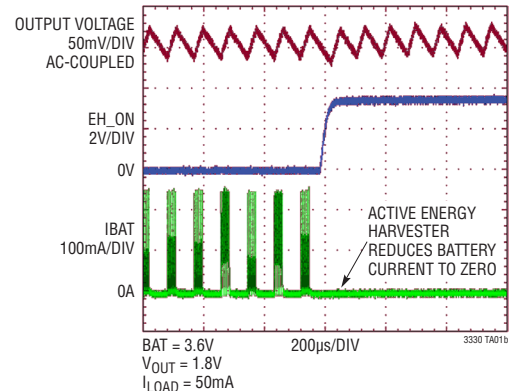
低ノイズの LDO ポスト・レギュレータとスーパーキャパシタ・バランスも内蔵されており、幅広い出力貯蔵構成に対応しています。入力および出力の両方の電圧および電流の設定は、ピン結線で設定できるロジック入力を介してプログラム可能です。LTC3330 は 5mm×5mm の QFN-32 パッケージで供給されます。

LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology 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。PowerPath はリニアテクノロジー社の商標です。その他すべての商標の所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

標準的応用例



エナジーハーベストによる
バッテリー寿命延長



LTC3330

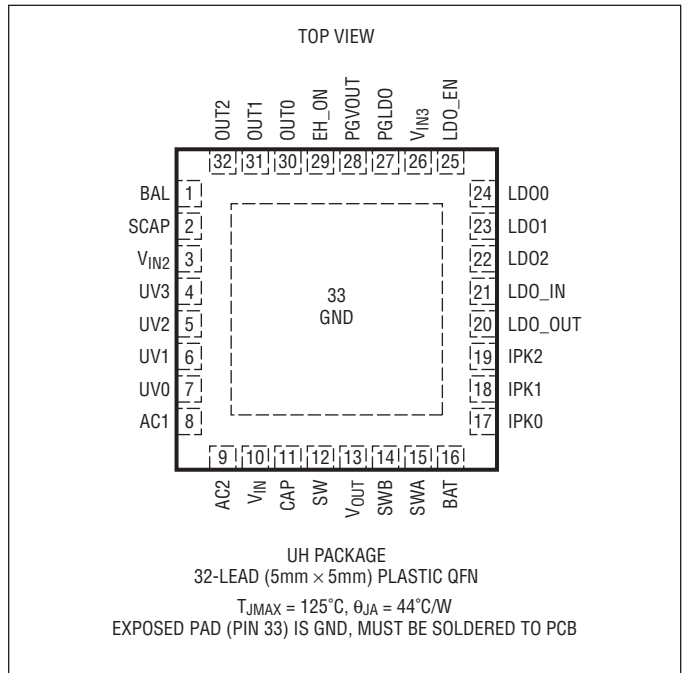
絶対最大定格

(Note 1)

V_{IN}	低インピーダンスの電源.....	-0.3 ~ 19V*
	供給電流、 $I_{SW} = 0A$	25mA
AC1、AC2	.....	0 ~ V_{IN}
BAT、 V_{OUT} 、 V_{IN3} 、LDO_IN、SCAP、PGVOUT、 PGLDO、LDO_EN	.....	-0.3 ~ 6V
V_{IN2}	.....	-0.3V ~ [($V_{IN} + 0.3V$)と6Vの低い方]
CAP	.....	[-0.3Vと($V_{IN} - 6V$)の高い方] ~ V_{IN}
LDO_OUT、LDO[2:0]	.....	-0.3V ~ LDO_IN + 0.3V
BAL	.....	-0.3V ~ SCAP + 0.3V
OUT[2:0]、IPK[2:0]、 EH_ON	.....	-0.3V ~ [($V_{IN3} + 0.3V$)と6Vの低い方]
UV[3:0]	.....	-0.3V ~ [($V_{IN2} + 0.3V$)と6Vの低い方]
I_{AC1} 、 I_{AC2}	.....	±50mA
I_{SW} 、 I_{SWA} 、 I_{SWB} 、 I_{VOUT}	.....	350mA
I_{LDO_OUT}	.....	50mA
動作接合部温度範囲 (Note 2、3)	.....	-40°C ~ 125°C
保存温度範囲	.....	-65°C ~ 150°C

* V_{IN} には20Vのクランプ回路が内蔵されている

ピン配置



発注情報

無鉛仕上げ	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
LTC3330EUH#PBF	LTC3330EUH#TRPBF	3330	32-Lead (5mm x 5mm) Plastic QFN	-40°C to 85°C
LTC3330IUH#PBF	LTC3330IUH#TRPBF	3330	32-Lead (5mm x 5mm) Plastic QFN	-40°C to 125°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。

無鉛仕上げの製品の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 ●は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.6\text{V}$ 、 $SCAP = 0\text{V}$ 、 $LDO_IN = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{IN}	Buck Input Voltage Range				19	V	
V_{BAT}	Buck-Boost Input Voltage Range		1.8		5.5	V	
I_{VIN}	V_{IN} Quiescent Current V_{IN} Input in UVLO V_{IN} Input in UVLO Buck Enabled, Sleeping Buck Enabled, Sleeping Buck Enabled, Not Sleeping	$V_{IN} = 2.5\text{V}$, $BAT = 0\text{V}$ $V_{IN} = 16\text{V}$, $BAT = 0\text{V}$ $V_{IN} = 4\text{V}$, $BAT = 0\text{V}$ $V_{IN} = 18\text{V}$, $BAT = 0\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $BAT = 0\text{V}$, $I_{SW1} = 0\text{A}$ (Note 4)		450 840 1200 1800 150	700 1400 1800 2500 225	nA nA nA nA μA	
I_{BAT}	BAT Quiescent Current BAT Input with V_{IN} Active Buck-Boost Enabled, Sleeping Buck-Boost Enabled, Not Sleeping	$BAT = 1.8\text{V}$, $V_{IN} = 5\text{V}$ $BAT = 5\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$ $BAT = 5\text{V}$, $V_{IN} = 0\text{V}$, $I_{SWA} = I_{SWB} = 0\text{A}$ (Note 4)	-10	0 750 200	10 1200 300	nA nA μA	
I_{VOUT}	V_{OUT} Leakage Current	$V_{OUT} = 5.0\text{V}$, $OUT[2:0] = 111$, Sleeping		100	150	nA	
V_{INUVLO}	V_{IN} Undervoltage Lockout Thresholds (Rising or Falling)	3V Level 4V Level 5V Level 6V Level 7V Level 8V Level 9V Level 10V Level 11V Level 12V Level 13V Level 14V Level 15V Level 16V Level 17V Level 18V Level	● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ● ●	2.91 3.88 4.85 5.82 6.79 7.76 8.73 9.70 10.67 11.64 12.61 13.58 14.55 15.52 16.49 17.46	3.09 4.12 5.15 6.18 7.21 8.24 9.27 10.30 11.33 12.36 13.39 14.42 15.45 16.48 17.51 18.54	V V V V V V V V V V V V V V V V V	
V_{SHUNT}	V_{IN} Shunt Regulator Voltage	$I_{VIN} = 1\text{mA}$	●	19.0	20.0	21.0	V
I_{SHUNT}	Maximum Protective Shunt Current			25			mA
	Internal Bridge Rectifier Loss ($|V_{AC1} - V_{AC2}| - V_{IN}$)	$I_{BRIDGE} = 10\mu\text{A}$ $I_{BRIDGE} = 50\text{mA}$		700 1350	800 1550	900 1750	mV mV
	Internal Bridge Rectifier Reverse Leakage Current	$V_{REVERSE} = 18\text{V}$			20		nA
	Internal Bridge Rectifier Reverse Breakdown Voltage	$I_{REVERSE} = 1\mu\text{A}$		V_{SHUNT}	30		V

LTC3330

電気的特性 ●は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.6\text{V}$ 、 $SCAP = 0\text{V}$ 、 $LDO_IN = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
V_{OUT}	Regulated Buck/Buck-Boost Output Voltage	1.8V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	1.728	1.806 1.794	1.872	V V
		2.5V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	2.425	2.508 2.492	2.575	V V
		2.8V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	2.716	2.809 2.791	2.884	V V
		3.0V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	2.910	3.010 2.990	3.090	V V
		3.3V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	3.200	3.311 3.289	3.400	V V
		3.6V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	3.492	3.612 3.588	3.708	V V
		4.5V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	4.365	4.515 4.485	4.635	V V
		5.0V Output Selected Sleep Threshold Wake-Up Threshold	● ●	4.850	5.017 4.983	5.150	V V
			PGVOUT Falling Threshold	As a Percentage of V_{OUT} Target (Note 5)	●	88	92	96	%
I_{PEAK_BUCK}	Buck Peak Switch Current			200	250	350	mA
I_{BUCK}	Available Buck Output Current			100			mA
I_{PEAK_BB}	Buck-Boost Peak Switch Current	250mA Target Selected		200	250	350	mA
		150mA Target Selected		120	150	210	mA
		100mA Target Selected		80	100	140	mA
		50mA Target Selected		40	50	70	mA
		25mA Target Selected		20	25	35	mA
		15mA Target Selected		12	15	21	mA
		10mA Target Selected		8	10	14	mA
		5mA Target Selected		4	5	7	mA
I_{BB}	Available Buck-Boost Current	$I_{PEAK_BB} = 250\text{mA}$, $BAT = 1.8\text{V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{V}$		50			mA
R_{P_BUCK}	Buck PMOS Switch On-Resistance			1.4			Ω
R_{N_BUCK}	Buck NMOS Switch On-Resistance			1.2			Ω
R_{P_BB}	Buck-Boost PMOS Input and Output Switch On-Resistance	IPK[2:0] = 111 IPK[2:0] = 110 IPK[2:0] = 101 IPK[2:0] = 100 IPK[2:0] = 011 IPK[2:0] = 010 IPK[2:0] = 001 IPK[2:0] = 000		0.7 0.9 1.2 2.1 3.9 6.3 9.2 17.7			Ω Ω Ω Ω Ω Ω Ω Ω

電気的特性 ●は規定動作接合部温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ の値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{IN} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.6\text{V}$ 、 $SCAP = 0\text{V}$ 、 $LDO_IN = 0\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS	
R_{N_BB}	Buck-Boost NMOS Input and Output Switch On-Resistance	IPK2 = 1		0.6		Ω	
		IPK2 = 0		3.8		Ω	
$I_{LEAK(P)}$	PMOS Switch Leakage	Buck/Buck-Boost Regulators	-20		20	nA	
$I_{LEAK(N)}$	NMOS Switch Leakage	Buck/Buck-Boost Regulators	-20		20	nA	
	Maximum Buck Duty Cycle	Buck/Buck-Boost Regulators	●	100		%	
V_{LDO_IN}	LDO_IN Input Range		●	1.8V	5.5V	V	
I_{LDO_IN}	LDO_IN Quiescent Current	LDO_IN = 5.0V, $I_{LDO_OUT} = 0\text{mA}$		400	600	nA	
I_{LDO_OUT}	LDO_OUT Leakage Current	LDO_OUT = 3.3V, LDO[2:0] = 110		100	150	nA	
LDO_OUT	Regulated LDO Output Voltage	Error as a Percentage of Target, 100 μA Load	●	-2.0	2.0	%	
				-3.0	3.0	%	
	LDO Line Regulation (1.8V to 5.5V)	LDO_OUT = 1.2V, 10mA Load		2		mV/V	
	LDO Load Regulation (10 μA to 10mA)	LDO_IN = 5.0V, LDO_OUT = 3.3V		0.5		mV/mA	
	LDO Dropout Voltage	LDO_OUT = 3.3V, 10mA LOAD		50		mV	
R_{P_LDO}	LDO PMOS Switch On-Resistance	LDO_IN = 3.3V, $I_{LDO_OUT} = 10\text{mA}$		5		Ω	
		LDO Current Limit	LDO_IN = 5.0V	50		mA	
	PGLDO Rising Threshold	As a Percentage of the 3.3V LDO_OUT Target	●	88	92	96	%
	PGLDO Falling Threshold	As a Percentage of the 3.3V LDO_OUT Target	●	86	90	94	%
V_{SCAP}	Supercapacitor Balancer Input Range		●	2.5	5.5	V	
I_{SCAP}	Supercapacitor Balancer Quiescent Current	SCAP = 5.0V		150	225	nA	
I_{SOURCE}	Supercapacitor Balancer Source Current	SCAP = 5.0V, BAL = 2.4V		10		mA	
I_{SINK}	Supercapacitor Balancer Sink Current	SCAP = 5.0V, BAL = 2.6V		10		mA	
V_{BAL}	Supercapacitor Balance Point	Percentage of SCAP Voltage	●	49	50	51	%
V_{IH}	Digital Input High Voltage	Pins LDO_EN, OUT[2:0], LDO[2:0], IPK[2:0], UV[3:0]	●	1.2		V	
V_{IL}	Digital Input Low Voltage	Pins LDO_EN, OUT[2:0], LDO[2:0], IPK[2:0], UV[3:0]	●		0.4	V	
I_{IH}	Digital Input High Current	Pins LDO_EN, OUT[2:0], LDO[2:0], IPK[2:0], UV[3:0]		0	10	nA	
				0	10	nA	
I_{IL}	Digital Input Low Current	Pins LDO_EN, OUT[2:0], LDO[2:0], IPK[2:0], UV[3:0]		0	10	nA	
				0	10	nA	
V_{OH}	PGVOUT, PGLDO Output High Voltage EH_ON Output High Voltage	BAT = 5V, 1 μA Out of Pin $V_{IN} = 6\text{V}$, 1 μA Out of Pin	●	4.0		V	
			●	3.8		V	
V_{OL}	PGVOUT, PGLDO, EH_ON Output Low Voltage	BAT = 5V, 1 μA into Pin	●		0.4	V	

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恐れがある。

Note 2: LTC3330E は T_J が T_A にほぼ等しいパルス負荷条件でテストされる。LTC3330E は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の範囲で仕様に適合することが保証されている。LTC3330I は $-40^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$ の動作接合部温度範囲で保証されている。これらの仕様と合致する最大周囲温度は、基板レイアウト、パッケージの定格熱インピーダンスおよび他の環境要因と関連した特定の動作条件によって決まることに注意。

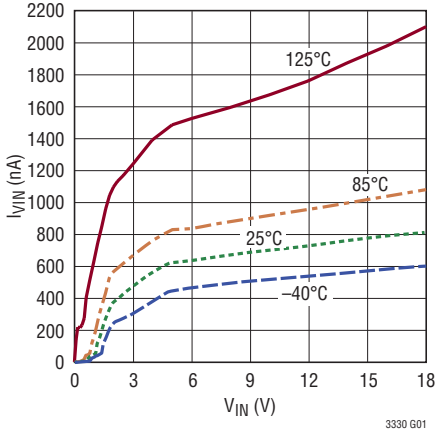
Note 3: T_J は、周囲温度 T_A および電力損失 PD から次式に従って計算される。 $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$ 。

Note 4: 動作時の電源電流は、スイッチング周波数で供給されるゲート電荷によって増加する。

Note 5: PGVOUT の上昇しきい値はスリープしきい値と等しい。 V_{OUT} の規格値を参照。

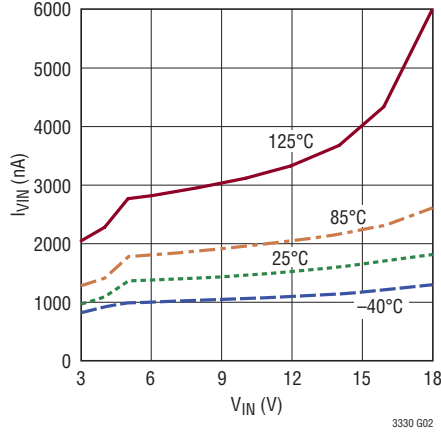
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

UVLO状態での I_{VIN} と V_{IN}



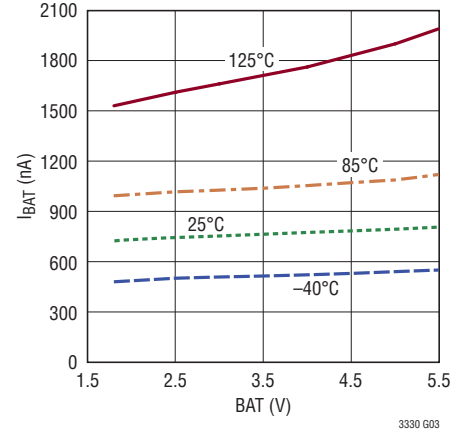
3330 G01

スリープ状態での I_{VIN} と V_{IN}



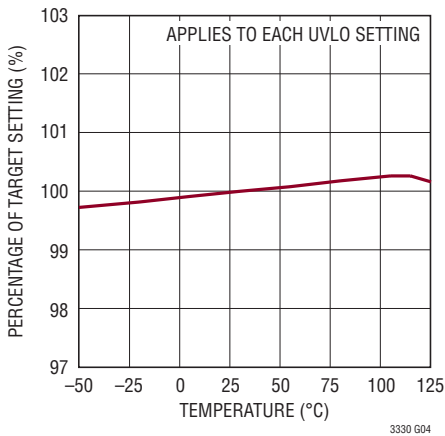
3330 G02

スリープ状態での I_{BAT} と BATピンの電圧



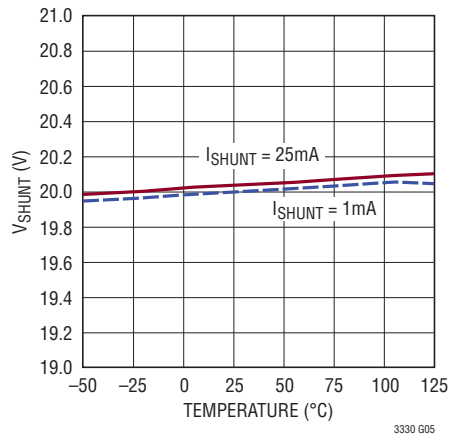
3330 G03

UVLOしきい値と温度



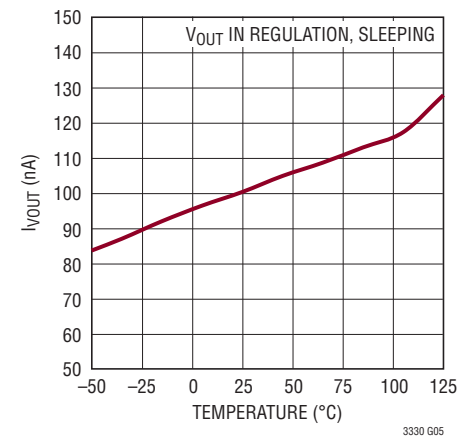
3330 G04

V_{SHUNT} と温度



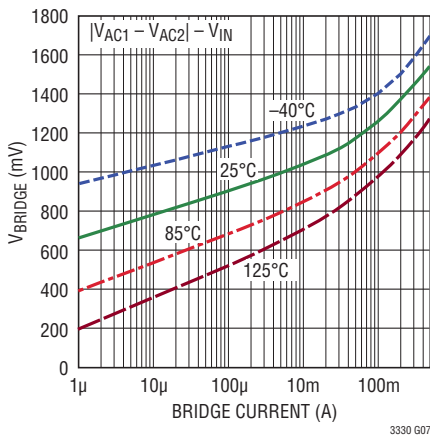
3330 G05

I_{VOUT} と温度



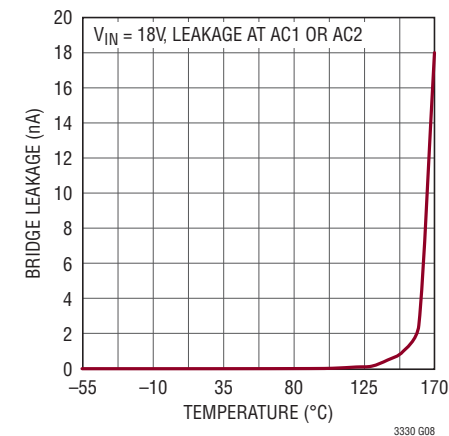
3330 G06

ブリッジ整流器の全電圧降下とブリッジ電流



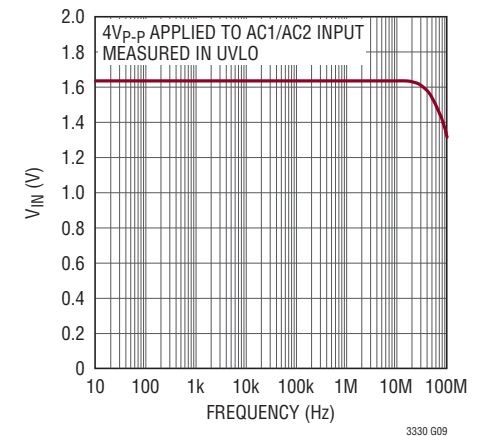
3330 G07

ブリッジの漏れ電流と温度



3330 G08

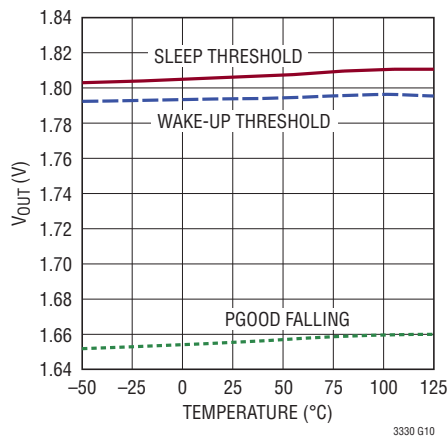
ブリッジの周波数応答



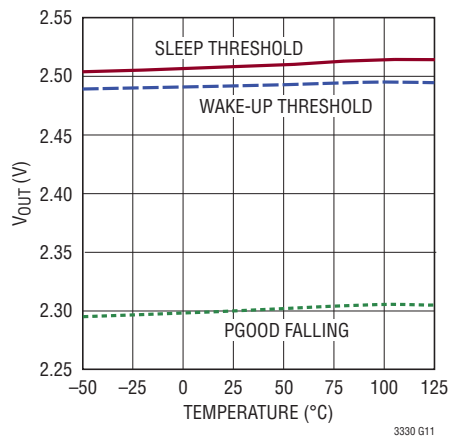
3330 G09

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

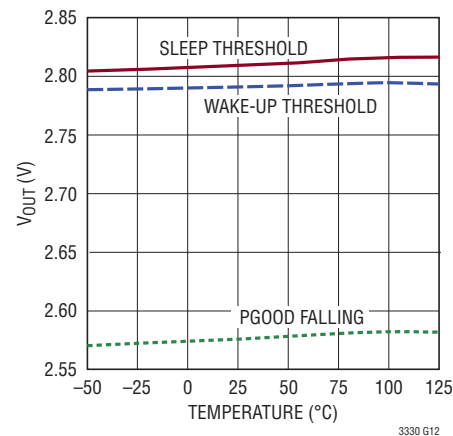
1.8V出力と温度



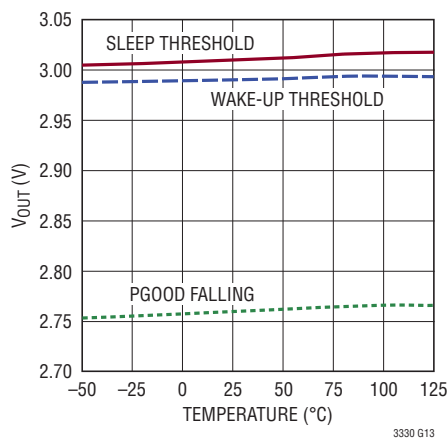
2.5V出力と温度



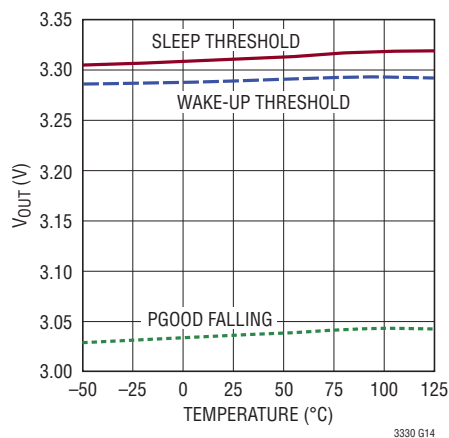
2.8V出力と温度



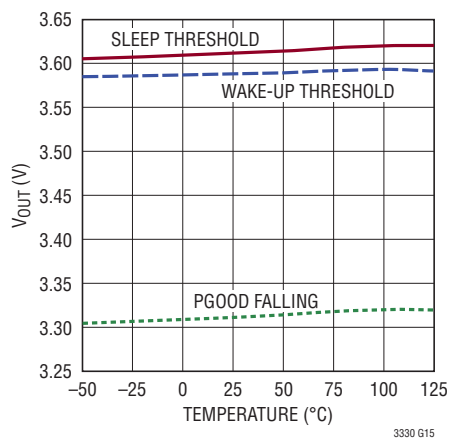
3V出力と温度



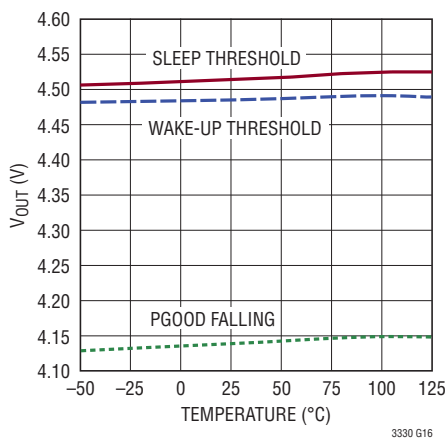
3.3V出力と温度



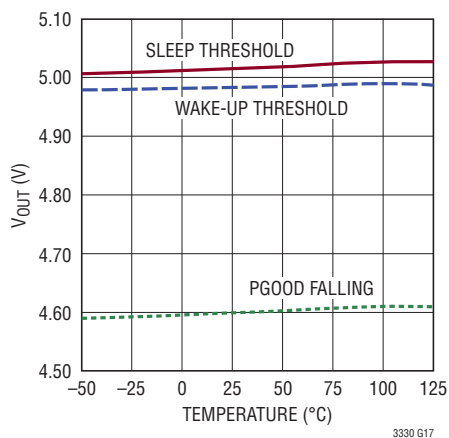
3.6V出力と温度



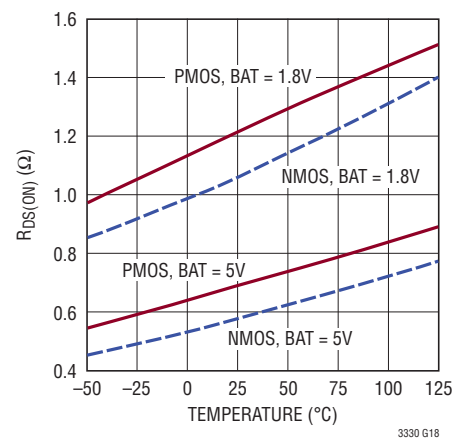
4.5V出力と温度



5V出力と温度



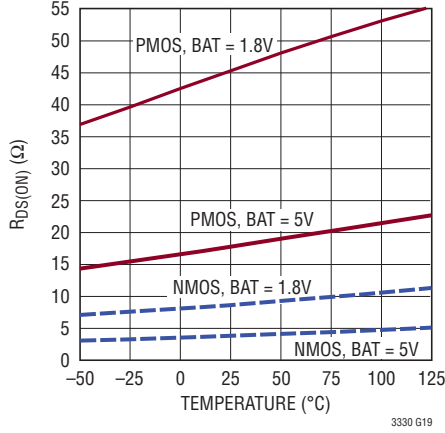
昇降圧コンバータのPMOS/NMOSの $R_{DS(on)}$ と温度、250mA設定



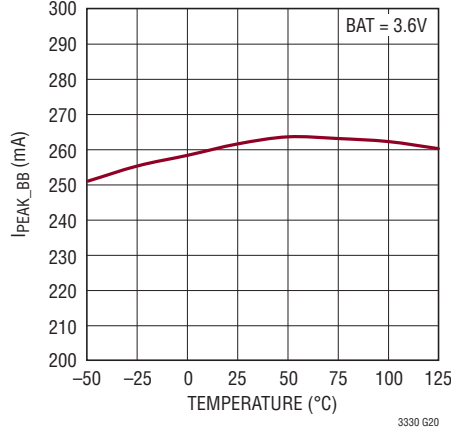
LTC3330

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

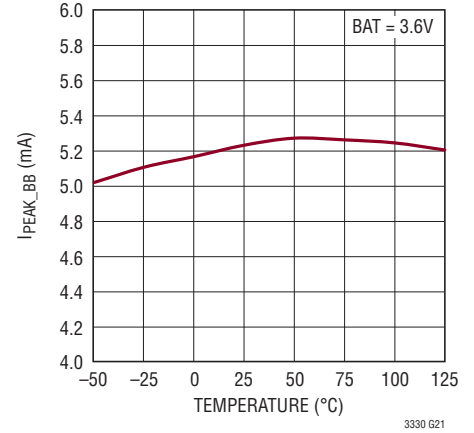
昇降圧コンバータのPMOS/NMOSの $R_{DS(ON)}$ と温度、5mA 設定



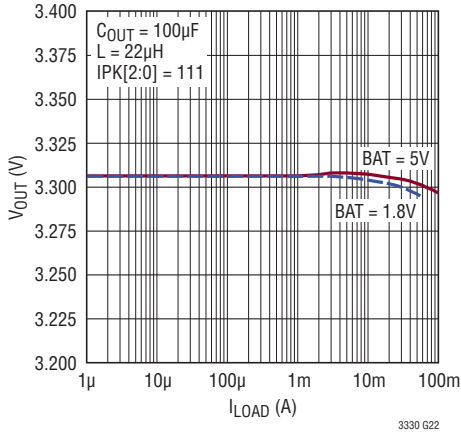
I_{PEAK_BB} と温度、250mA 設定



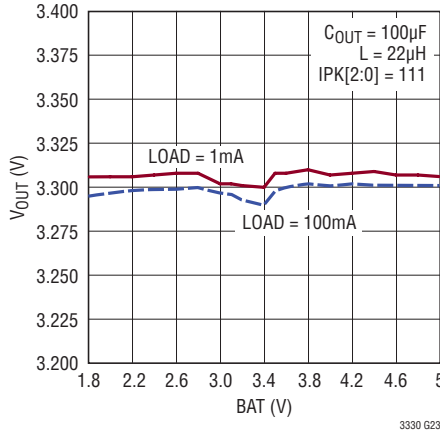
I_{PEAK_BB} と温度、5mA 設定



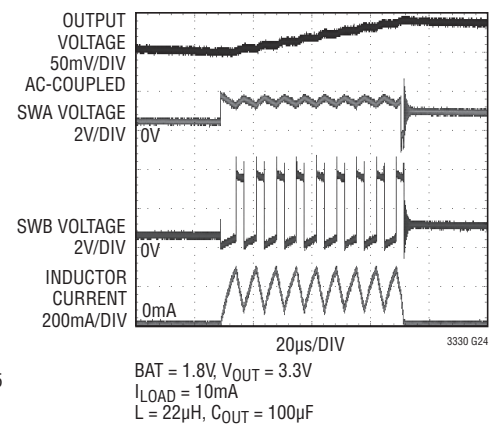
昇降圧コンバータの 負荷レギュレーション、3.3V



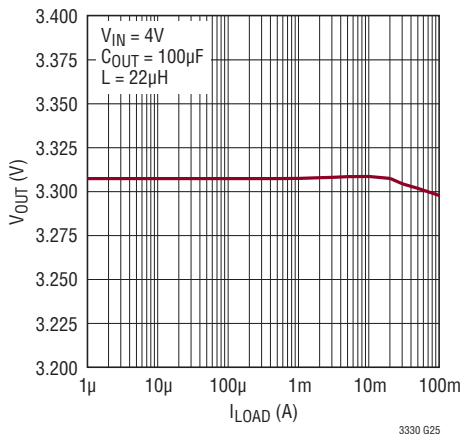
昇降圧コンバータの 入力レギュレーション、3.3V



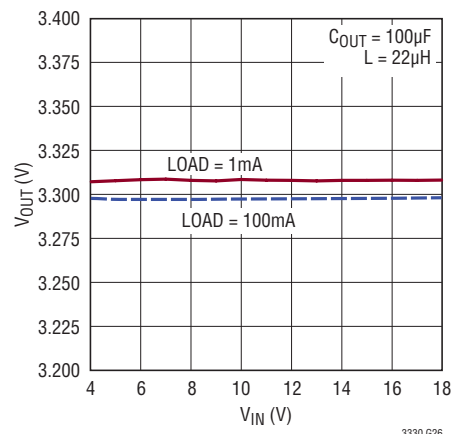
昇降圧コンバータの スイッチング波形



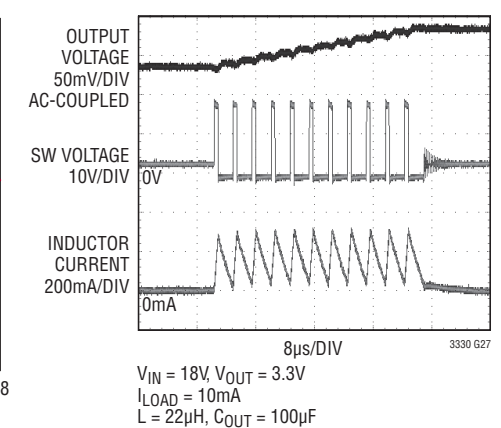
降圧コンバータの 負荷レギュレーション、3.3V



降圧コンバータの 入力レギュレーション、3.3V



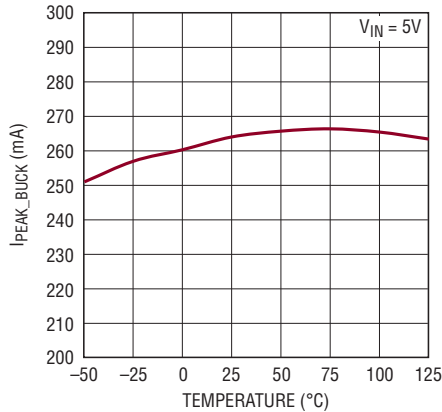
降圧コンバータの スイッチング波形



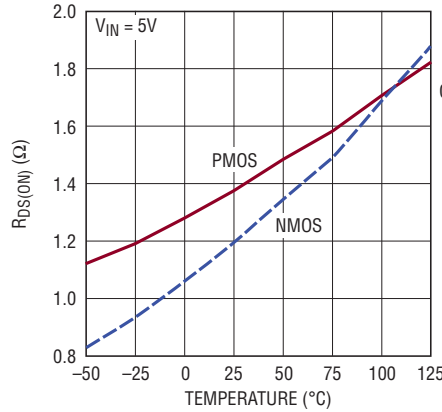
3330fa

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

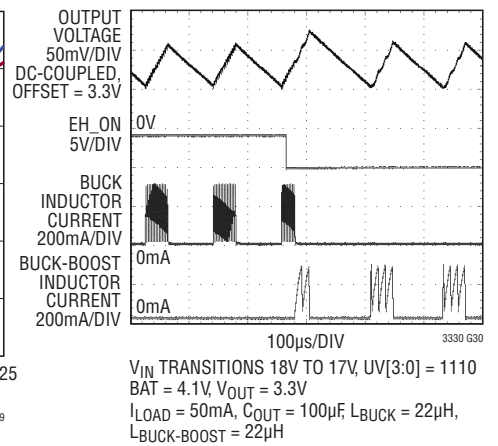
I_{PEAK_BUCK}と温度



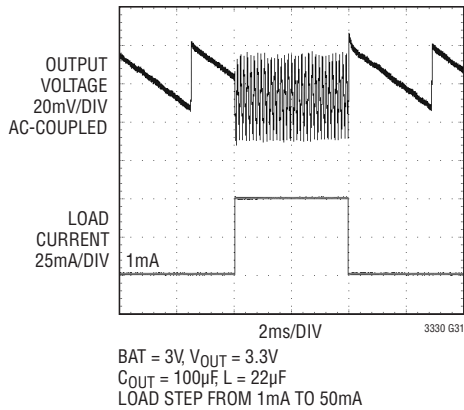
降圧コンバータのPMOS/NMOSのR_{DS(ON)}と温度



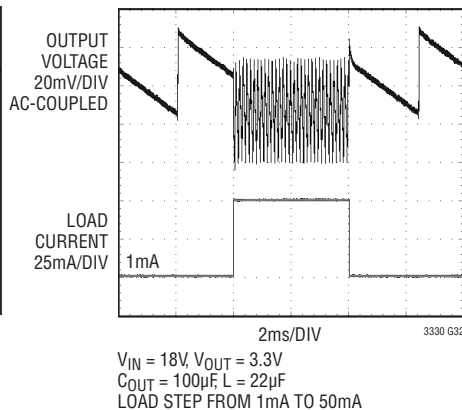
プライオリタイザの降圧から昇降圧への遷移



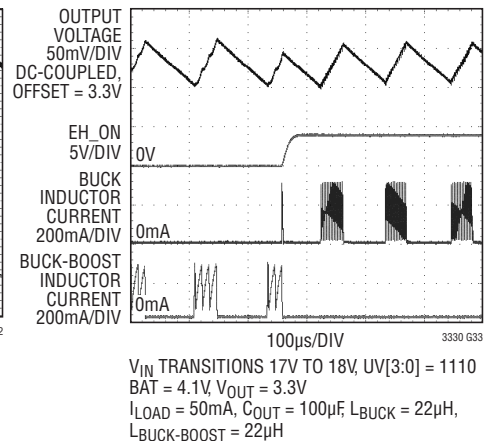
昇降圧コンバータの負荷ステップ応答



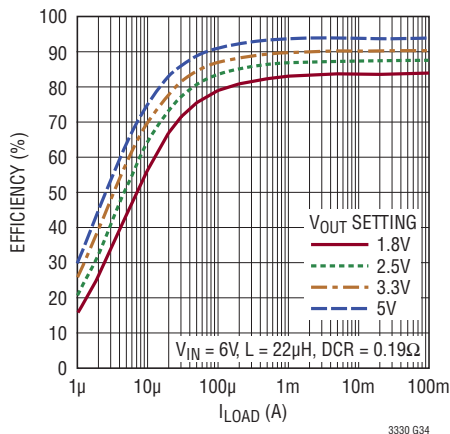
降圧コンバータの負荷ステップ応答



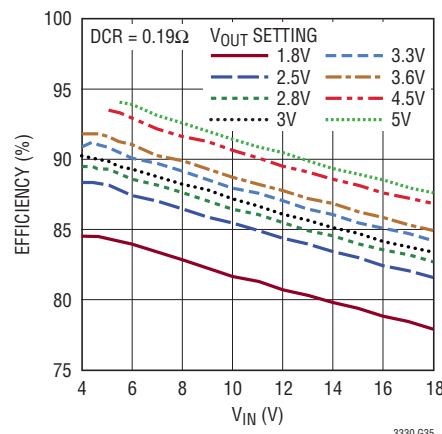
プライオリタイザの昇降圧から降圧への遷移



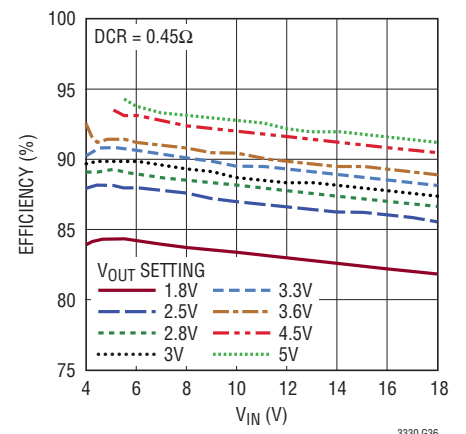
降圧コンバータの効率とI_{LOAD}



降圧コンバータの効率とVIN (I_{LOAD} = 100mA, L = 22μH)

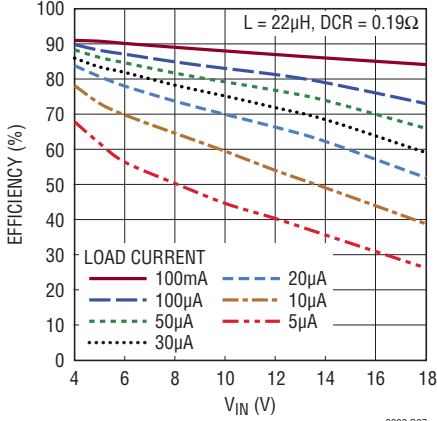


降圧コンバータの効率とVIN (I_{LOAD} = 100mA, L = 100μH)



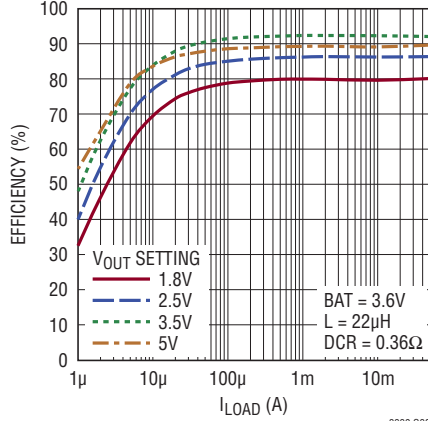
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

降圧コンバータの効率と
 V_{IN} ($V_{IN} = 3.3\text{V}$)



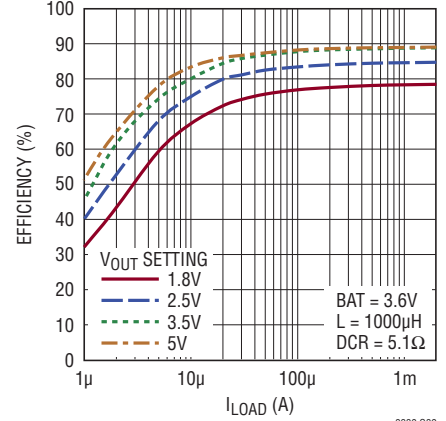
3330 G37

昇降圧コンバータの効率と I_{LOAD} 、
250mA 設定



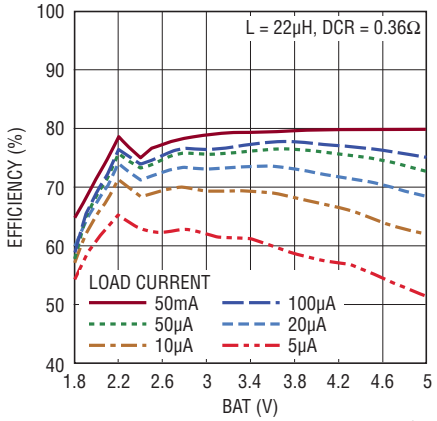
3330 G38

昇降圧コンバータの効率と I_{LOAD} 、
5mA の I_{PEAK} 設定



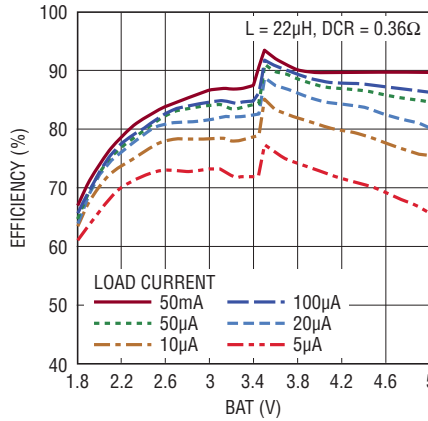
3330 G39

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 1.8\text{V}$ 、250mA の I_{PEAK} 設定)



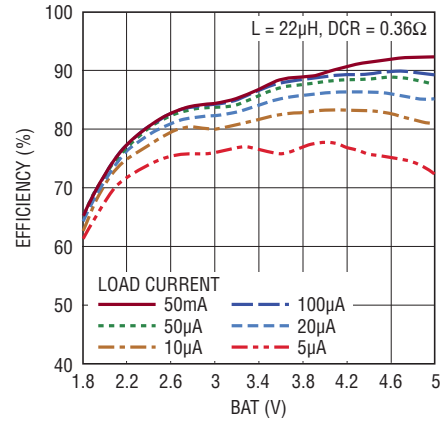
3330 G40

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、250mA の I_{PEAK} 設定)



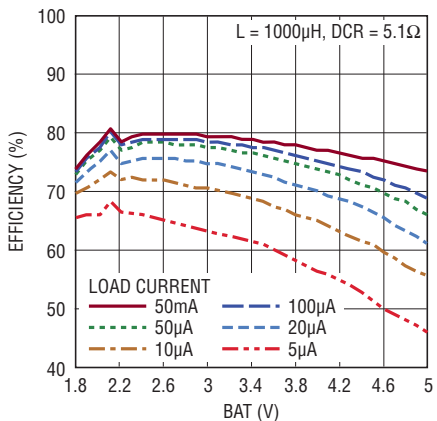
3330 G41

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 5\text{V}$ 、250mA の I_{PEAK} 設定)



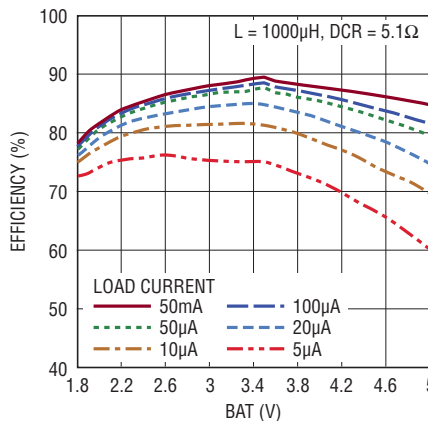
3330 G42

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 1.8\text{V}$ 、5mA の I_{PEAK} 設定)



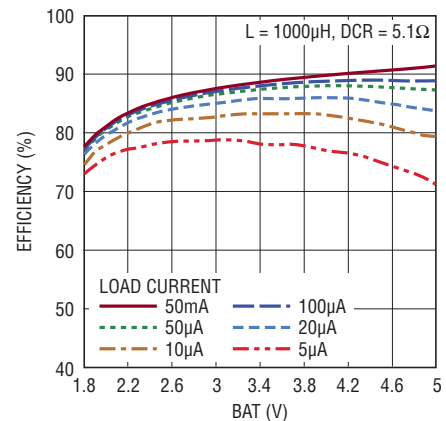
3330 G43

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 3.3\text{V}$ 、5mA の I_{PEAK} 設定)



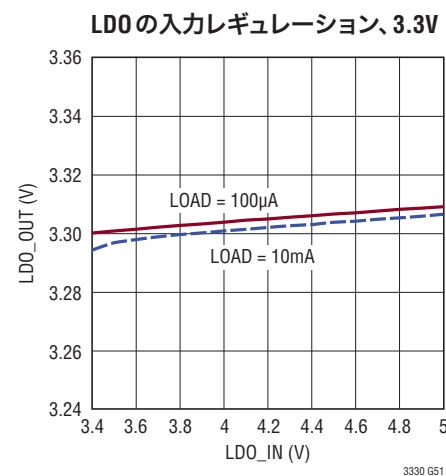
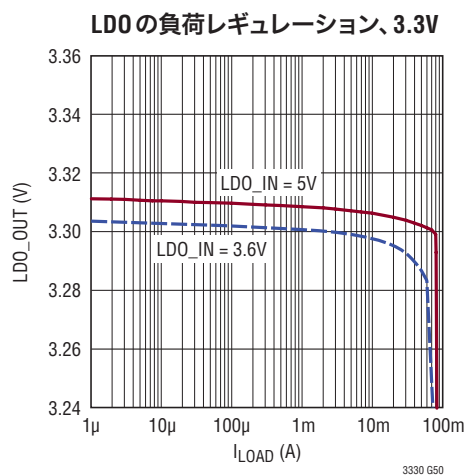
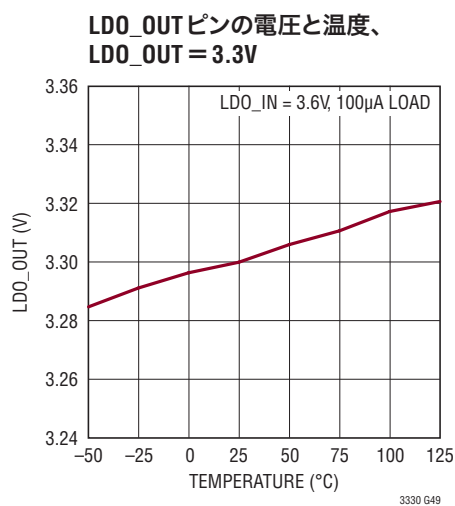
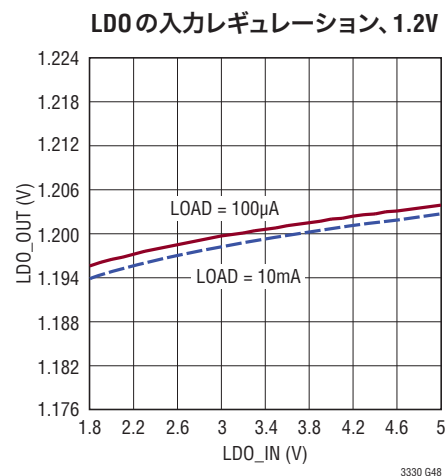
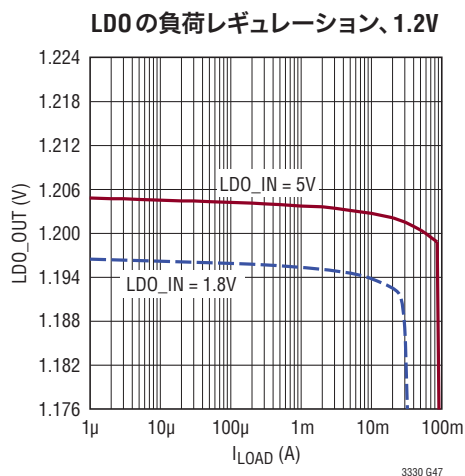
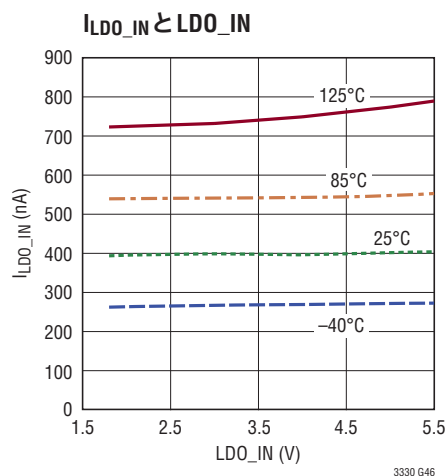
3330 G44

昇降圧コンバータの効率と
BATピンの電圧
($V_{OUT} = 5\text{V}$ 、5mA の I_{PEAK} 設定)

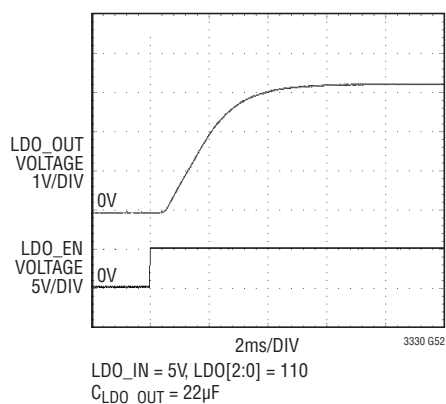


3330 G45

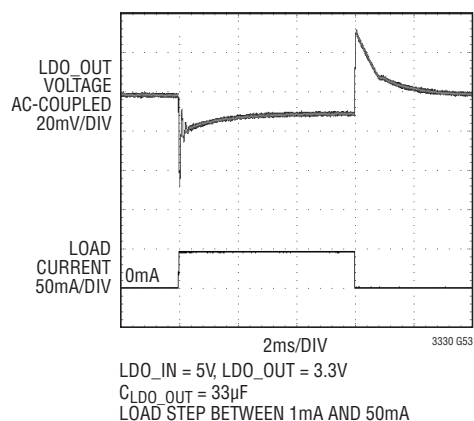
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

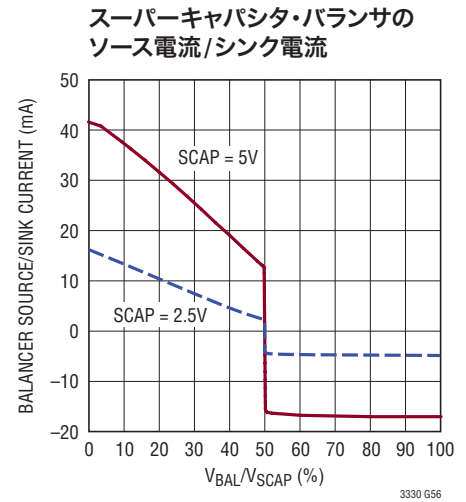
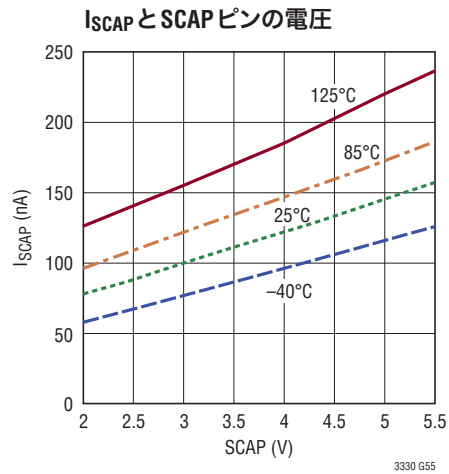
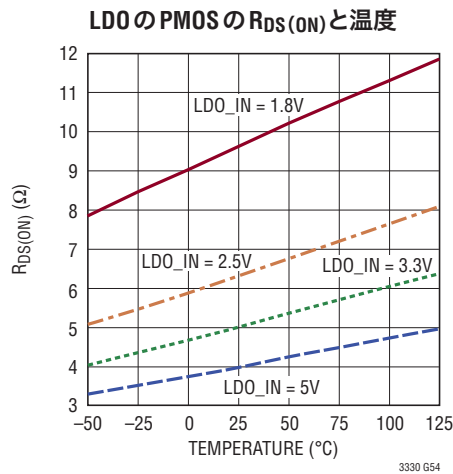


LDOの起動



LDOの負荷ステップ



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

ピン機能

BAL (ピン1) : スーパーキャパシタの平衡点。BALピンには積み重ねた2つのスーパーキャパシタの共通ノードを接続します。最大10mAの平衡電流(ソース/シンク)を供給できます。バランスと関連の静止電流をディスエーブルするには、BALピンとともにSCAPピンをGNDに接続します。

SCAP(ピン2) : スーパーキャパシタ・バランスの電源および入力。平衡機能を作動させるには、2つの直列スーパーキャパシタの高電位側をSCAPピンに接続し、中点をBALピンに接続します。バランスと関連の静止電流をディスエーブルするには、SCAPピンとともにBALピンをGNDに接続します。

V_{IN2} (ピン3) : 降圧コンバータのNMOSスイッチのゲート駆動電圧の役割を果たす内部低電圧レール。4.7 μF (以上)のコンデンサを V_{IN2} ピンとGNDの間に接続します。このピンを外部システム・レールとして使用することは想定していません。

UV3、UV2、UV1、UV0(ピン4、5、6、7) : 降圧スイッチング・レギュレータのUVLO選択ビット。“H”にするピンを V_{IN2} に接続するか“L”にするピンをGNDに接続して、目的のUVLO上昇時きい値および下降時きい値を選択します(表4参照)。UVLO下降時きい値は、選択されている V_{OUT} のレギュレーション・レベルより高くする必要があります。フロート状態にしないでください。

AC1(ピン8) : 圧電素子、別のAC電源、または電流制限DC電源の入力接続(AC2ピンと併用して差動AC入力を実現)。

AC2(ピン9) : 圧電素子、別のAC電源、または電流制限DC電源の入力接続(AC1ピンと併用して差動AC入力を実現)。

V_{IN} (ピン10) : 整流入力電圧。このピンに接続するコンデンサは、降圧コンバータのエネルギー貯蔵器および入力電源として機能します。 V_{IN} ピンの電圧は、内部で最大20V(標準)にクランプされます。

CAP(ピン11) : 降圧コンバータのPMOSスイッチのゲート駆動電圧の役割を果たす、 V_{IN} ピンの電圧を基準にした内部レール。CAPピンと V_{IN} ピンの間に1 μF (以上)のコンデンサを接続します。このピンを外部システム・レールとして使用することは想定していません。

SW(ピン12) : 降圧スイッチング・レギュレータのスイッチ・ノード。このノードと V_{OUT} ピンの間に22 μH 以上の外付けインダクタを接続します。

V_{OUT} (ピン13) : 降圧または昇降圧スイッチング・レギュレータから得られる安定化出力電圧。

SWB(ピン14) : 昇降圧スイッチング・レギュレータのスイッチ・ノード。このノードとSWAピンの間に外付けインダクタ(値は表3)を接続します。

SWA(ピン15) : 昇降圧スイッチング・レギュレータのスイッチ・ノード。このノードとSWBピンの間に外付けインダクタ(値は表3)を接続します。

BAT(ピン16) : バッテリ入力。BATピンは昇降圧スイッチング・レギュレータの入力として機能します。

ピン機能

IPK0、IPK1、IPK2 (ピン17、18、19) :昇降圧スイッチング・レギュレータのI_{PEAK_BB} 選択ビット。“H”にするピンをV_{IN3}に接続するか“L”にするピンをGNDに接続して、目的のI_{PEAK_BB}を選択します(表3参照)。フロート状態にしないでください。

LDO_OUT (ピン20) :LDOの安定化出力。この出力は静止電源として使用できます。8つの設定のうち1つは、LDO_OUTピンの電圧がLDO_INピンの電圧に等しい電流制限切り換え出力を実現します。

LDO_IN (ピン21) :LDOレギュレータの入力電圧。

LD02、LD01、LD00 (ピン22、23、24) :LDO電圧の選択ビット。“H”にするピンをLDO_INに接続するか“L”にするピンをGNDに接続して、目的のLDO_OUTピン電圧を選択します(表2参照)。フロート状態にしないでください。

LDO_EN (ピン25) :LDOのイネーブル入力。LDO_INピンの電圧を基準にしたロジック・レベルのアクティブ“H”入力。フロート状態にしないでください。

V_{IN3} (ピン26) :プライオリタイザが使用する内部低電圧レール。IPK[2:0]ピンおよびOUT[2:0]ピンのロジック“H”リファレンス。V_{IN3}ピンとGNDの間に1 μ F(以上)のコンデンサを接続します。このピンを外部システム・レールとして使用することは想定していません。

PGLDO (ピン27) :LDO_OUTのパワーグッド出力ピン。内部の最大レールを基準にしたロジック・レベル出力(「動作」参照)。PGLDOピンが“H”になると、LDO_OUTピンの電圧がレギュレーションの92%(標準)に達したことを示します。PGLDOピンはLDO_OUTピンの電圧がレギュレーション設定点の90%(標準)に達するまで“H”のままです。

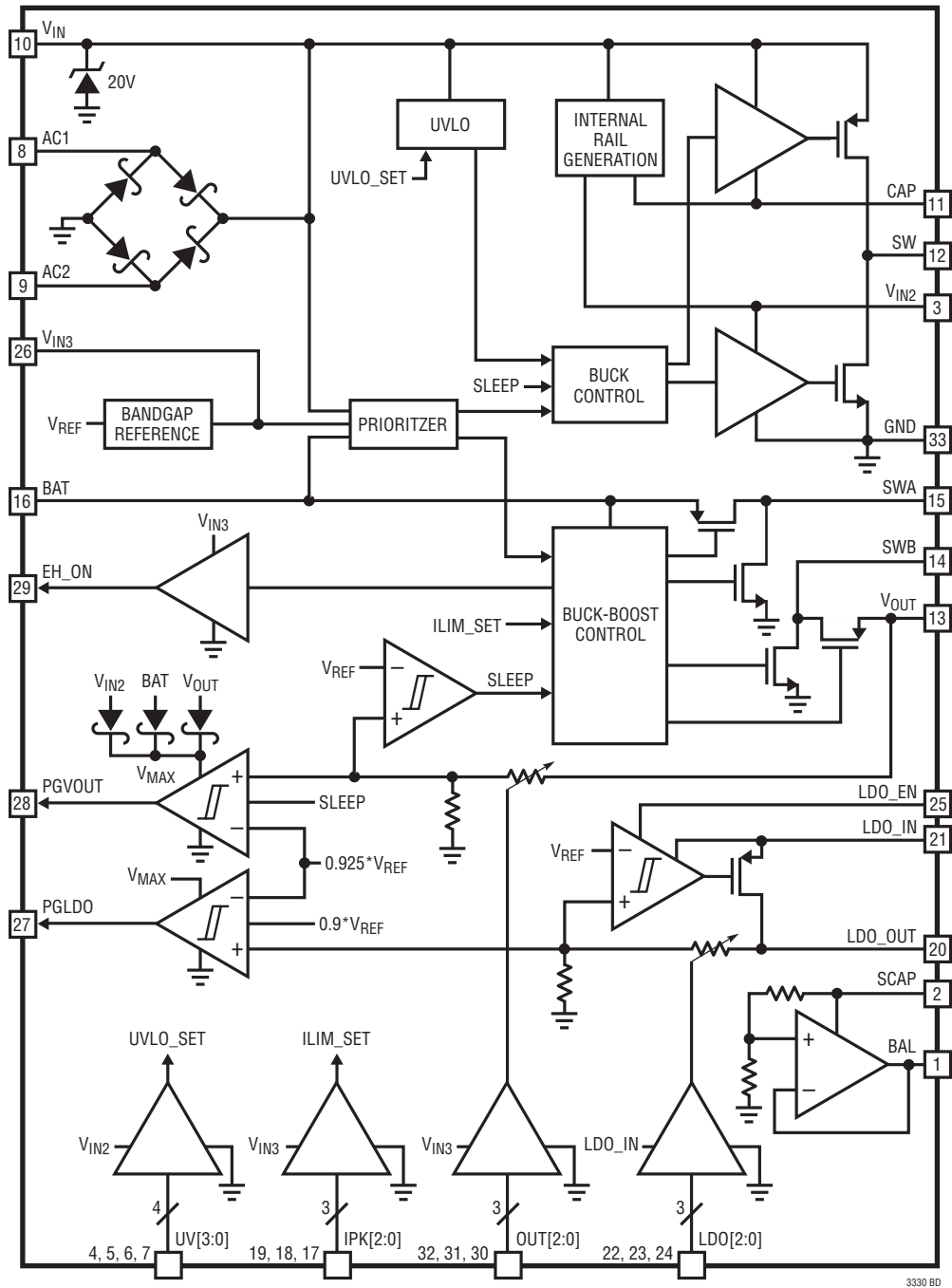
PGVOUT (ピン28) :V_{OUT}のパワーグッド出力ピン。内部の最大レールを基準にしたロジック・レベル出力(「動作」参照)。PGVOUTピンが“H”になった場合は、V_{OUT}ピンの電圧がレギュレーション状態(V_{OUT}=スリープ・モードの上昇時しきい値)に達していることを示しています。PGVOUTピンはV_{OUT}ピンの電圧がレギュレーション設定点の92%(標準)に達するまで“H”のままです。

EH_ON (ピン29) :スイッチング・レギュレータの状態。V_{IN3}ピンの電圧を基準にしたロジック・レベル出力。EH_ONピンは降圧スイッチング・レギュレータを使用しているときは“H”になります。昇降圧スイッチング・レギュレータを使用しているときは“L”になります。

OUT0、OUT1、OUT2 (ピン30、31、32) :V_{OUT}ピンの電圧の選択ビット。“H”にするピンをV_{IN3}に接続するか“L”にするピンをGNDに接続して、目的のV_{OUT}を選択します(表1参照)。フロート状態にしないでください。

GND (露出パッド・ピン33) :グラウンド。露出パッドは、LTC3330の直下に配置した複数のビアにより、プリント回路基板の第2層の連続したグラウンド・プレーンに接続する必要があります。

ブロック図



動作

動作モード

以下の4つの表では、LTC3330でのプログラム可能なすべての設定を詳しく示します。

表1. 出力電圧の選択

OUT2	OUT1	OUT0	V _{OUT}
0	0	0	1.8V
0	0	1	2.5V
0	1	0	2.8V
0	1	1	3.0V
1	0	0	3.3V
1	0	1	3.6V
1	1	0	4.5V
1	1	1	5.0V

表2. LDO 電圧の選択

LD02	LD01	LD00	LDO_OUT
0	0	0	1.2V
0	0	1	1.5V
0	1	0	1.8V
0	1	1	2.0V
1	0	0	2.5V
1	0	1	3.0V
1	1	0	3.3V
1	1	1	= LDO_IN

表3. I_{PEAK_BB}の選択

IPK2	IPK1	IPK0	I _{LIM}	L _{MIN}
0	0	0	5mA	1000μH
0	0	1	10mA	470μH
0	1	0	15mA	330μH
0	1	1	25mA	220μH
1	0	0	50mA	100μH
1	0	1	100mA	47μH
1	1	0	150mA	33μH
1	1	1	250mA	22μH

表4. V_{IN}のUVLOしきい値の選択

UV3	UV2	UV1	UV0	UVLO 上昇時	UVLO 下降時
0	0	0	0	4V	3V
0	0	0	1	5V	4V
0	0	1	0	6V	5V
0	0	1	1	7V	6V
0	1	0	0	8V	7V
0	1	0	1	8V	5V
0	1	1	0	10V	9V
0	1	1	1	10V	5V
1	0	0	0	12V	11V
1	0	0	1	12V	5V
1	0	1	0	14V	13V
1	0	1	1	14V	5V
1	1	0	0	16V	15V
1	1	0	1	16V	5V
1	1	1	0	18V	17V
1	1	1	1	18V	5V

動作

概要

LTC3330は降圧スイッチング・レギュレータと昇降圧スイッチング・レギュレータを組み合わせて、バッテリーのバックアップ機能を備えた環境発電(エナジーハーベスト)ソリューションを実現します。これらのコンバータ(レギュレータ)は、バッテリーまたは環境発電エネルギーが供給可能かどうかに応じて使用するコンバータを選択するプライオリタイザによって制御されます。環境発電エネルギーを供給できる場合は降圧コンバータが起動し、昇降圧コンバータはオフになります。LTC3330はオプションのLDOおよびスーパーキャパシタ・バランスを内蔵しており、さまざまな構成が可能なので、多くのアプリケーションに適しています。

降圧コンバータ

同期整流式降圧コンバータは、環境発電アプリケーションに合わせて調整された超低静止電流の電源です。このデバイスは、圧電素子または代替AC電源を直接インタフェース接続し、入力電圧を整流して、環境発電エネルギーを外付けコンデンサに蓄積しながら安定化出力電圧を維持する目的で設計されています。内蔵の保護シャント・レギュレータを介して、過剰な入力電力を徐々に低減することもできます。

内部ブリッジ整流器

AC1およびAC2の差動入力を介してアクセスできる内部の全波ブリッジ整流器は、圧電素子から得られるAC電源を整流します。整流出力は V_{IN} ピンのコンデンサに蓄積されるので、降圧コンバータのエネルギー貯蔵器として使用できます。このブリッジ整流器の全電圧降下量は、標準的な圧電発生電流(約10 μ A)では約800mVですが、最大50mAを流す能力を備えています。ブリッジの両側をシングルエンドのAC入力またはDC入力として独立して動作させることができます。

降圧コンバータの低電圧ロックアウト(UVLO)

V_{IN} ピンの電圧がUVLOの上昇時しきい値より高くなると、降圧コンバータがイネーブルされ、電荷は入力コンデンサから出力コンデンサに移送されます。入力コンデンサの電圧が不足してUVLO下降時しきい値より低くなると、降圧コンバータはディスエーブルされます。これらのしきい値は表4に従って設定できます。UVLO上昇時しきい値の範囲は4V~18Vであり、ヒステリシスの大小も選択できます。これにより、入力電源のピーク電力点付近でのUVLO範囲のプログラミングが可能に

なります。UVLO時の静止電流がきわめて低い(標準450nA)ので、低電力の電源から発電する必要がある場合でも入力コンデンサにエネルギーを蓄積することができます。

内部レールの生成(CAP、 V_{IN2} 、 V_{IN3})

2つの内部レール(CAPおよび V_{IN2})は V_{IN} から生成され、降圧コンバータの高電位側PMOSと低電位側NMOSをそれぞれ駆動するために使用されます。さらに、 V_{IN2} レールはUVLOしきい値の選択ビットUV[3:0]のロジック“H”として機能します。 V_{IN2} レールはGND電位より4.8V高い電圧で安定化しますが、CAPレールは V_{IN} ピンの電圧より4.8V低い電圧で安定化します。これらを外部レールとして使用することは想定していません。バイパス・コンデンサはCAPピンおよび V_{IN2} ピンに接続され、降圧スイッチを駆動するためのエネルギー貯蔵器として機能します。 V_{IN} が4.8Vより低いときは、 V_{IN2} が V_{IN} と等しく、CAPピンの電圧はGND電位に保たれます。 V_{IN} 、 V_{IN2} 、CAPの各ピンの電圧の理想的な関係を図1に示します。

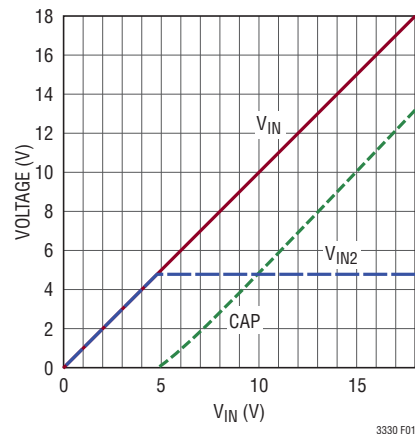


図1. V_{IN} 、 V_{IN2} 、およびCAPピンの電圧の理想的な関係

V_{IN3} は、降圧および昇降圧コンバータが使用する内部レールです。LTC3330が降圧コンバータを動作させると、 V_{IN3} は V_{IN2} よりショットキ・ダイオードの電圧降下分だけ低くなります。昇降圧コンバータを動作させると、 V_{IN3} はBATピンの電圧と等しくなります。

降圧動作

降圧コンバータはヒステリシス電圧のアルゴリズムを使用し、 V_{OUT} 検出ピンからの内部帰還電圧によって出力を制御します。降圧コンバータは、レギュレーション点よりわずかに高い値までインダクタを介して出力コンデンサを充電します。

動作

この充電を行うには、内部PMOSスイッチを介してインダクタ電流を I_{PEAK_BUCK} まで増加し、その後内部NMOSスイッチを介して0mAまで減少します。これにより、エネルギーを出力コンデンサに効率的に供給します。ランプ・レートは V_{IN}、V_{OUT}、およびインダクタ値によって決まります。降圧コンバータは、出力電圧がレギュレーション状態になると、スリープ・コンパレータで出力電圧をモニタする低静止電流のスリープ状態になります。この動作モードの間、負荷電流は出力コンデンサによって供給されます。出力電圧がレギュレーション点より低くなると、降圧コンバータが起動してサイクルが繰り返されます。安定化出力を供給するというこのヒステリシス方式は、FETのスイッチングに伴う損失を低減し、軽負荷時に出力を維持します。降圧コンバータは、スイッチングしているときは最小100mAの平均負荷電流を供給します。V_{OUT}は、出力電圧選択ビットOUT[2:0]により1.8V～5Vの範囲内で設定できます(表1参照)。

出力がスリープしきい値に達したことをスリープ・コンパレータが検出したとき、降圧コンバータはサイクルの途中の状態、電流がまだインダクタを流れていることがあります。通常は同期スイッチが両方ともオフになり、インダクタ内の電流はNMOSのボディ・ダイオードを通して自然に流れた後ゼロになりますが、NMOSスイッチはオン状態が維持され、NMOSがオフになった場合にボディ・ダイオード内で生じたと想定される導通損失が防止されます。スリープ・コンパレータが作動したときにPMOSがオンしている場合、電流を減少するためにNMOSは直ちにオンします。NMOSがオンすると、そのオン状態は電流がゼロに達するまで維持されます。

降圧コンバータがスイッチングしているときの静止電流はスリープ時の静止電流よりかなり大きくなりますが、それでも平均インダクタ電流のごく一部に過ぎないので、ほとんどの負荷条件で高い効率が得られます。降圧コンバータが動作するのは入力コンデンサに十分なエネルギーが蓄積されているときだけなので、コンバータが出力にエネルギーを移すのに要する時間は、エネルギーを蓄積する時間よりもはるかに短くなります。このように、降圧動作時の静止電流は長期間での平均値なので、全平均静止電流は小さくなります。この機能は、少量の環境エネルギーを発電する電源に適応しています。

昇降圧コンバータ

昇降圧コンバータは降圧コンバータと同じヒステリシス電圧アルゴリズムを使用して、同じスリープ・コンパレータで出力(V_{OUT})を制御します。昇降圧コンバータの動作モードは、降圧、昇降圧、昇圧の3つです。内部のモード・コンパレータは、BATピンとV_{OUT}ピンの電圧に基づいて動作モードを決定します。昇降圧コンバータの4つの内部スイッチを図2に示します。各モードでは、インダクタ電流がI_{PEAK_BB}まで増加しますが、この値はIPK[2:0]ビットによってプログラム可能であり、その範囲は5mA～250mAです(表3参照)。

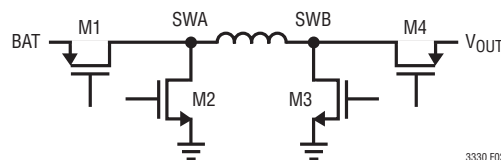


図2. 昇降圧パワー・スイッチ

降圧モードでは、M4は常時オンでM3は常時オフです。インダクタ電流はM1を通してI_{PEAK_BB}まで増加し、M2を通して0mAまで減少します。昇圧モードでは、M1は常時オンでM2は常時オフです。昇圧モードではV_{OUT}ピンの電圧がBATピンの電圧より高いので、インダクタ電流はM3がオンのときI_{PEAK_BB}まで増加し、M4がオンのとき0mAまで減少します。昇降圧モードは、M1が常時オンでM2が常時オフという点で昇圧モードと非常に似ています。BATピンの電圧がV_{OUT}ピンの電圧より低い場合、インダクタ電流はM3を通してI_{PEAK_BB}まで増加します。M4がオンするとインダクタを流れる電流は減少し始めます。ただし、BATピンの電圧はV_{OUT}ピンの電圧に近づき、M1とM4のオン抵抗は有限なので、電流ランプは指数関数的減衰を示し、V_{OUT}に供給される平均電流は減少します。このため、昇降圧モードでは電流しきい値をI_{PEAK_BB}/2と低めに設定して、負荷に流す平均電流を高く維持します。昇降圧モードでBATピンの電圧がV_{OUT}ピンの電圧より高い場合、インダクタ電流はさらにI_{PEAK_BB}まで増加し、I_{PEAK_BB}/2まで減少します。インダクタを流れる電流の最終値は(V_{IN} - V_{OUT}) / (R_{ON1} + R_{ON4})なので、BATピンの電圧がV_{OUT}ピンの電圧より高い場合はインダクタ電流がさらに減少する可能性があります。BATピンの電圧がちょうどI_{PEAK_BB}/2・(R_{ON1} + R_{ON4})だけV_{OUT}ピンの電圧より高い場合、インダクタ電流はI_{PEAK_BB}/2のしきい値に到達せず、スイッチ

動作

M1 および M4 は常時オン状態を維持します。BAT ピンの電圧が高い場合、モード・コンパレータはコンバータを降圧モードに切り替えます。M1 および M4 は、BAT ピンの電圧が $V_{OUT} + I_{PEAK_BB} \cdot (R_{ON1} + R_{ON4})$ になるまでオンのままです。この時点でインダクタを流れる電流は I_{PEAK_BB} と等しく、 I_{PEAK_BB} コンパレータが作動して M1 がオフになり M2 がオンになるので、インダクタ電流は I_{ZERO} まで減少して、昇降圧モードから降圧モードへの移行が完了します。

V_{OUT} のパワーグッド

V_{OUT} の出力電圧に対してパワーグッド・コンパレータが用意されています。コンパレータが初めて“H”になると、LTC3330 はスリープ・モードになり、 V_{OUT} の電圧がレギュレーション状態に達したことを示します。 V_{OUT} の値がレギュレーション時の 92% (標準) まで低下すると、コンパレータは“L”に切り替わります。PGVOUT 出力は内部レールを基準にしており、 V_{IN2} ピンの電圧、BAT ピンの電圧、および (V_{OUT} ピンの電圧よりショットキ・ダイオードの順方向電圧降下分だけ低い電圧) のうち、最も高い電圧が内部レール電圧として生成されます。

プライオリタイザ

LTC3330 の入力プライオリタイザは、環境発電入力とバッテリー入力のどちらを使用して V_{OUT} ピンに電力を供給するかを決定します。バッテリーが昇降圧コンバータに電力を供給している、発電エネルギーによって V_{IN} の UVLO 上昇時遷移が生じる場合、プライオリタイザは昇降圧コンバータを遮断して降圧コンバータを導通させ、 V_{OUT} のレギュレーションを維持するスムーズな切り替えを調整します。環境発電可能なエネルギーがなくなると、プライオリタイザはまずバッテリー電圧を調べます。バッテリー電圧が 1.8V より高い場合、プライオリタイザは再度昇降圧コンバータに切り換えつつ、レギュレーションを維持します。バッテリー電圧が 1.8V より低い場合、昇降圧コンバータはイネーブルされないため、環境発電可能なエネルギーが再び供給されるまで V_{OUT} を支えることはできません。BAT ピンまたは V_{IN} ピンを接地すると、入力電圧が動作に十分な高さである場合は、プライオリタイザによって他方の入力を動作させることができます。UVLO での規定の静止電流が有効になるのは、 V_{IN} 入力電圧の立ち上がり時と、出力電圧のレギュレーションをバッテリーが引き継いだときです。UVLO 状態に入ったときにバッテリー電圧が 1.8V より低く、プライオリタイザが昇降圧コンバータをイネーブルしない場合、 V_{IN} ピンの静止電流は数百 nA 増加します。

プライオリタイザが V_{IN} 入力を選択すると、BAT 入力の電流は減少して 0 になります。ただし、BAT ピンの電圧が V_{IN2} ピンの

電圧より高い場合は、内部でのレベルシフト動作により、 V_{IN} ピンの静止電流の一部が BAT ピンに流れます。これによる影響があるのは、バッテリー電圧のごく一部の範囲と UVLO 設定だけです。

デジタル出力 EH_ON が“L”になるのはプライオリタイザが BAT 入力を選択した場合であり、“H”になるのはプライオリタイザが V_{IN} 入力を選択した場合です。EH_ON 出力の電圧は V_{IN3} ピンの電圧を基準にしています。

低ドロップアウト・レギュレータ

専用の入力ピン LDO_IN を備えた低ドロップアウト・レギュレータ (LDO) が内蔵されています。LDO は、LDO[2:0] ピンに基づいて LDO_OUT ピンの電圧を 7 種類の出力電圧に安定化します。PMOS が常にオンしている電流制限スイッチに LDO を転用する 8 番目のモードが用意されています。LDO_EN ピンを“H”にすると LDO はイネーブルされ、“L”にすると LDO_IN ピンに静止電流がまったく流れなくなります。LDO は LDO_IN と LDO_OUT のさまざまな範囲の組み合わせにわたって 50mA を供給するよう設計されています。出力を接地する場合や負荷により 50mA より大きな電流が要求される場合は、電流制限値を 50mA 超に設定して電流を調整することができます。LDO は出力のスムーズな起動のため、1ms のソフトスタート機能も備えています。

PGLDO ピンのパワーグッド信号は、LDO_OUT ピンの電圧がその最終値の 92% (標準) より高くなった場合か、コンパレータの作動後に LDO_OUT ピンの電圧がその値の 90% より低くなった場合を示します。PGLDO 出力は内部レールを基準にしており、 V_{IN2} ピンの電圧、BAT ピンの電圧、および (V_{OUT} ピンの電圧よりショットキ・ダイオードの順方向電圧降下分だけ低い電圧) のうち、最も高い電圧が内部レール電圧として生成されます。

スーパーキャパシタ・バランス

静止電流が 150nA のスーパーキャパシタ・バランスが内蔵されており、積み重ねた 2 つのスーパーキャパシタのバランスをとります。通常は入力 (SCAP) を V_{OUT} に接続して、 V_{OUT} でのエネルギー貯蔵量をスーパーキャパシタによって増やすことができます。BAL ピンを 2 つのスーパーキャパシタの中間に接続し、10mA のソース電流およびシンク電流を流して BAL ピンの電圧を SCAP ピンの電圧の半分の値に安定化することができます。バランスをディスエーブルして付随する静止電流を止めるには、SCAP ピンと BAL ピンをグラウンドに接続します。

アプリケーション

LTC3330は、バッテリー駆動のワイヤレス・センサ・システムの寿命を長くするために、さまざまな代替エネルギー源から発電できます。LTC3330の超低静止電流により、わずか数 μA の電流を発生するエネルギー源からの発電が容易になります。内蔵のブリッジ整流器は、圧電AC電源または電磁AC電源に適しているだけでなく、太陽発電機や熱電発電機などのDC電源に対する逆接続保護機能も提供します。LTC3330は、環境発電入力とバッテリー入力を継ぎ目なく切り替えることにより、 V_{OUT} ピンの出力に絶え間なく電力を供給します。

環境発電可能なエネルギーを利用できる場合、そのエネルギーは V_{IN} のコンデンサに蓄積されるブリッジ整流器を介して移されます。低静止電流のUVLOモードにより、コンデンサの電圧をUVLO上昇時しきい値の設定値へ向けて上昇させることができます。電圧がこのレベルまで高くなると、降圧コンバータがオンしてエネルギーを V_{OUT} へ移します。エネルギーが移されるにつれて、 V_{IN} の電圧はUVLO下降時しきい値まで減少することがあります。この状況が生じると、降圧コンバータはオフし、昇降圧コンバータがオンしてバッテリー入力から負荷に電力を供給する一方で、より多くのエネルギーが発電されます。降圧コンバータが動作しているとき、BATピンに流れる静止電流は実質的に0になります。

LTC3330は、消費電力の平均値は低いが、課題を完遂するためにときどき高い消費電力が集中的に必要なワイヤレス・システムに最適です。こうした電力消費集中期の発生デューティ・サイクルが低く、集中期に必要な全エネルギーを集中期と集中期の間に蓄積できる場合は、環境発電装置が出力を完全に維持できます。集中期の発生頻度を高くする必要があるか、環境発電可能なエネルギーがなくなった場合は、バッテリーが使用されます。

圧電環境発電

歪みに応じて電圧および電流を発生する圧電変換器を使用して環境振動エネルギーから発電することができます。一般的な圧電素子は、PZT（チタン酸ジルコン酸鉛）セラミック、PVDF（ポリフッ化ビニリデン）ポリマー、またはその他の複合材料です。セラミック圧電素子は、セラミックの結晶構造が圧

縮されると圧電効果を示し、内部の双極子の運動によって電圧が発生します。長鎖分子で構成されるポリマー素子は、分子が互いに反発しあうので、曲げられると電圧が発生します。セラミックは多くの場合、圧力が直接加わる条件で使われますが、ポリマーは通常、片持ち梁として使用されます。

さまざまな圧電素子が普及しており、多種多様な開放電圧および短絡電流が発生します。通常、開放電圧および短絡電流は、図3に示すように得られる振動エネルギーとともに増加します。圧電素子は直列または並列に配置して、所望の開放電圧を実現できます。

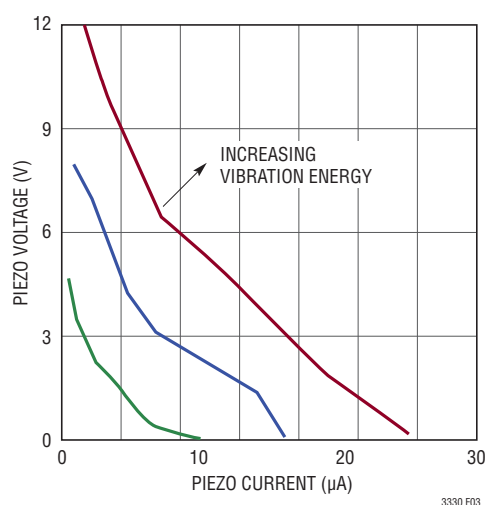


図3. 圧電素子システム T220-A4-503Xの標準的な圧電負荷曲線

圧電素子は、与えられた振動レベルに対応する開放電圧のおよそ半分で動作すると、最も多くの電力を発生します。この電圧にまたがるようにUVLO範囲をプログラムすることにより、圧電素子をピーク電力点付近で動作させることができます。AC1入力とAC2入力の間に圧電素子を接続する通常の構成の他に、圧電素子はAC1またはAC2のいずれかのピンとグラウンドの間に接続できます。これによって得られる構成は図4に示すようなダブラーで、ここでは圧電素子の固有容量が倍増容量として使用されます。

アプリケーション

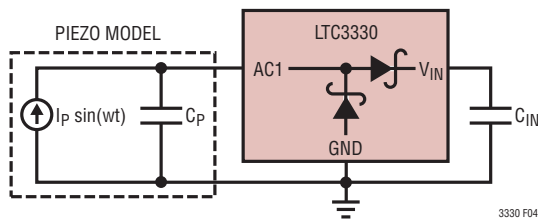


図4. LTC3330 電圧 doubler 構成

AC2とグランドの間に2番目の圧電素子を接続することができます。これが役立つのは、システム内に存在する共振周波数を2番目の圧電素子と1番目の圧電素子とで異なる値に機械的に調整した場合です。2つの圧電素子のうち、高い方の開放電圧で動作する圧電素子がもう一方の圧電素子の電圧を取り込み、その2倍の電圧が V_{IN} のコンデンサに現れます。圧電素子とdoublerの組み合わせによって最大の電力伝送を実現するには、UVLO範囲を圧電素子の開放電圧に設定します。

電素子は表5に示すメーカーから供給されています。

表5. 圧電素子のメーカー

Advanced Cerametrics	www.advancedcerametrics.com
Piezo Systems	www.piezo.com
Measurement Specialties	www.meas-spec.com
PI (Physik Instrumente)	www.pi-usa.us
MIDE Technology Corporation	www.mide.com
Morgan Technical Ceramics	www.morganelectroceramics.com

電磁環境発電

もう1つの代替AC電源は電磁振動環境発電装置です。この装置内では、コイルの内側で振動する磁石によってコイル内にAC電圧とAC電流が誘導され、その後LTC3330によって整流と環境発電が行われます。振動は周囲とシステムの間で存在しても、ばね荷重スイッチ内のようなインパルスで発生させてもかまいません。

太陽光発電

LTC3330は、ブリッジ整流器を使用して太陽電池パネルの逆接続保護を実現できるので、太陽光発電が可能です。太陽電池は、降り注ぐ光の量に比例した電流を発生します。数レベルの光で照らされた太陽電池パネルの電流と電圧の関係を図5に示します。太陽電池が定電流デバイスから定電圧デバ

イスに移行する、各曲線の屈曲部付近で最大電力が出力されます。幸いにも、ピーク電力点は照度によって大きくは変化しないので、大部分の照度条件では、パネルがピーク電力点付近で動作するように適切なUVLO範囲を選択できます。

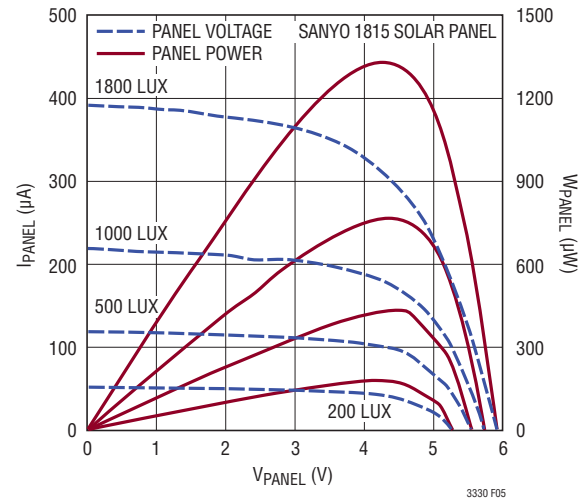


図5. 標準的な太陽電池パネル特性

2つの太陽電池パネルをLTC3330に接続できます。1つはAC1ピンとグランドの間で、もう1つはAC2ピンとグランドの間です。パネルはそれぞれ別々の方向に向けて、別々の角度から光を取り込むか、太陽の動きに応じて日中の異なる時間に光を取り込むことができます。選択したUVLO範囲が両方のパネルに最適となるように、パネルは類似製品か同一製品にしてください。

BAT、 V_{IN} 、および V_{OUT} のコンデンサ

BATピンに接続する昇降圧コンバータの入力コンデンサは、4.7 μ F以上のコンデンサでGNDにバイパスする必要があります。バッテリーの直列抵抗が高い場合は、トランジェントを処理するためにコンデンサの容量を大きくした方が望ましいことがあります。容量の大きいコンデンサは、高めの I_{PEAK_BB} を選択していて1.8V近くで動作する場合にも必要になることがあります。これは、昇降圧コンバータがスイッチングしているときにバッテリーの電圧が1.8Vより低くならないようにするためです。

V_{IN} に接続する降圧コンバータの入力コンデンサと V_{OUT} のコンデンサは大幅に変化する可能性があるため、入力および出力での環境発電エネルギーの蓄積が必要かどうかに応じて、環境発電電源の使用が最適になるように選択する必要があります。

アプリケーション

ります。コンデンサに蓄積されたエネルギーはコンデンサの電圧の2乗に比例して増加するので、入力にエネルギーを蓄積すると、高い入力電圧を活用できます。出力での蓄積は、降圧コンバータが供給できる100mAより大きな負荷トランジェントを処理するために必要な場合があります。

入力コンデンサおよび出力コンデンサは、出力電力を必要な時間にわたって供給するのに十分なエネルギーを蓄積できる大きさにする必要があります。十分なエネルギーが蓄積されるために、負荷トランジェント時に降圧コンバータがUVLO立ち下がりしきい値に達しない場合、バッテリー電流は常に0となります。負荷トランジェントの間隔をあけて、アプリケーションの要求に応えるのに必要な平均電力が環境発電電源から供給可能な電力以下になるようにすると、バッテリーの寿命を大幅に長くすることができます。V_{IN}のコンデンサは、V_{IN}に常に存在する最大電圧に耐えられる定格のコンデンサにしてください。

以下の式を使用することにより、所望の持続時間にわたって出力の電力要件を満たす入力コンデンサの大きさを決めることができます。

$$P_{\text{LOAD}} t_{\text{LOAD}} = \frac{1}{2} \eta C_{\text{IN}} (V_{\text{IN}}^2 - V_{\text{UVLO FALLING}}^2)$$

$$V_{\text{UVLO FALLING}} \leq V_{\text{IN}} \leq V_{\text{SHUNT}}$$

ここで、 η は入力電圧範囲での降圧コンバータの平均効率であり、V_{IN}は降圧コンバータがスイッチングを開始したときの入力電圧です。通常、V_{IN}はUVLOの上昇時しきい値になります。この式では、低い方のPGOODしきい値に達するまで負荷電流によって出力コンデンサを放電できるので、この式は必要な入力コンデンサを過大評価する場合があります。この式では、入力電源による充電の影響はこの時間内では無視できることも前提としています。

降圧コンバータまたは昇降圧コンバータのスリープ時間は、負荷電流とV_{OUT}コンデンサの容量により異なります。スリープ時間は、負荷電流が増加するにつれて、または出力コンデンサの容量が減少するにつれて減少します。スリープのヒステリシス電圧範囲(DC)は1.8V出力では±6mVであり、出力電圧の設定値に応じて直線的に拡大/縮小します(3.6V設定では±12mVなど)これは、理想的にはスリープ時間が次式によって決定されることを意味しています。

$$t_{\text{SLEEP}} = C_{\text{OUT}} \frac{V_{\text{DC HYS}}}{I_{\text{LOAD}}}$$

この式は100μF以上の出力コンデンサでは正確ですが、出力コンデンサの容量が減少して10μFに近づくにつれ、内部スリープ・コンパレータでの遅延時間に加えて負荷電流自体の影響により、V_{OUT}の電圧がDCしきい値を通過することがあります。これにより、スリープ時間が長くなり、V_{OUT}のリプルが増加します。V_{OUT}のリプルが望ましくないレベルまで増加する可能性があるため、10μF未満のコンデンサは推奨しません。100mAを超えるトランジェント負荷電流が必要な場合は、さらに大容量のコンデンサを出力に使用してください。このコンデンサは負荷状態時に連続して放電するので、次式に示すようにV_{OUT}の電圧降下を許容できる容量にすることができます。

$$C_{\text{OUT}} = (V_{\text{OUT}^+} - V_{\text{OUT}^-}) \frac{I_{\text{LOAD}} - I_{\text{DC/DC}}}{t_{\text{LOAD}}}$$

ここで、V_{OUT+}はPGOODが“H”になったときのV_{OUT}の値であり、V_{OUT-}はV_{OUT}の所望の下限値です。I_{DC/DC}は、降圧コンバータまたは昇降圧コンバータから供給される平均電流です。インダクタ電流は最大250mAまで増加し、最小0まで減少するので、降圧コンバータが出力に供給する標準の平均電流は125mAです。昇降圧コンバータが供給する電流は動作モードとI_{PEAK_BB}の設定値により異なります。降圧モードでは、供給可能な電流はI_{PEAK_BB}/2です。昇降圧モードと昇圧モードでは、供給可能な電流がV_{IN}とV_{OUT}の比にも依存します。

$$\text{昇降圧モードの場合: } I_{\text{DC/DC}} = \frac{3}{4} I_{\text{PEAK_BB}} \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}}$$

$$\text{昇圧モードの場合: } I_{\text{DC/DC}} = \frac{1}{2} I_{\text{PEAK_BB}} \frac{V_{\text{IN}}}{V_{\text{OUT}}}$$

C_{OUT}には標準の表面実装セラミック・コンデンサを使用できますが、一部のアプリケーションでは漏れ電流の少ないアルミ電解コンデンサやスーパーキャパシタの方が適していることがあります。これらのコンデンサは、Vishay、Illinois Capacitor、AVX、CAP-XXなどのメーカから入手できます。

アプリケーション

スーパーキャパシタ・バランス

スーパーキャパシタをV_{OUT}で使用する場合は、内蔵のスーパーキャパシタ・バランスを使用して、スーパーキャパシタのバランスを±10mAのバランス電流で調整できます。スーパーキャパシタの供給メーカ・リストを表6に示します。

表6. スーパーキャパシタの供給メーカ

CAP-XX	www.cap-xx.com
NESS CAP	www.nesscap.com
Maxwell	www.maxwell.com
Bussman	www.cooperbussman.com
AVX	www.avx.com
Illinois Capacitor	www.illcap.com
Tecate Group	www.tecategroup.com

バッテリー電源と環境発電電源を継ぎ目なく併用することにより、LTC3330は環境発電アプリケーションでスーパーキャパシタを使用することができます。バッテリーは、スーパーキャパシタに初めて電圧が印加されたとき、拡散電流の影響に打ち勝つために必要な初期電流を供給します。その後は、初期電流より少ない安定状態の漏れ電流および平均負荷電流を環境発電電源がサポートできます。

LDO コンデンサ

低ドロップアウト・レギュレータの入力(LDO_IN)は4.7μF以上のコンデンサでGNDにバイパスする必要があります。LDO_INをV_{OUT}に接続する場合は、V_{OUT}のコンデンサがLDOの入力を十分にバイパスできる可能性があります。LDO_INとV_{OUT}との間の基板接続距離が長い場合は、LDO_INピンの近くのGNDに1μFのバイパス・コンデンサを追加することが必要な場合があります。

負荷ステップ応答をレギュレーションの2%以内に維持するため、LDO_OUTピンのコンデンサは22μF以上にしてください。このコンデンサの容量を小さくするとトランジェント応答の悪化や不安定性につながる恐れがあるのに対して、容量を大きくするとトランジェント応答が改善されます。

CAP、V_{IN2}、およびV_{IN3}のコンデンサ

V_{IN}とCAPの間には1μF以上のコンデンサを接続する必要があります。V_{IN2}とGNDの間には4.7μFのコンデンサを接続する必要があります。これらのコンデンサは降圧スイッチング時に内部レールを保持し、内部レール発生回路を補償します。V_{IN}の電圧が6Vより低い値に制限されるアプリケーションでは、図6に示すようにCAPピンをGNDに接続してV_{IN2}ピンを

V_{IN}に接続できます。このシナリオでは、オプションの5.6V ツェナー・ダイオードをV_{IN}に接続してV_{IN}をクランプすることができます。クランピング電圧より低い電圧でのツェナー・ダイオードの漏れ電流は、LTC3330の静止電流に匹敵するとみなす必要があります。この回路ではV_{IN2}およびCAPにコンデンサが必要ないので、2つの部品を節約して、1つのV_{IN}コンデンサの電圧定格を下げるすることができます。

V_{IN3}とグラウンドの間には1μF以上のバイパス・コンデンサを接続する必要があります。V_{IN3}は、降圧コンバータと昇降圧コンバータの両方に共有される内部レールです。この電圧をシステム・レールとして使用することは想定していません。この電圧はIPK[2:0]およびOUT[2:0]デジタル入力のロジック“H”リファレンス・レベルとして使用します。アプリケーションでこれらのピンを動的に駆動する場合は、外部インバータが必要になることがあります。その場合は外部インバータがV_{IN3}をレールとして使用する必要があります。ただし、V_{IN3}には過剰な負荷をかけないように注意する必要があります。こうしたロジック回路の静止電流は最小限に抑えるようにしてください。V_{IN3}ピンの出力抵抗は標準で15kΩです。

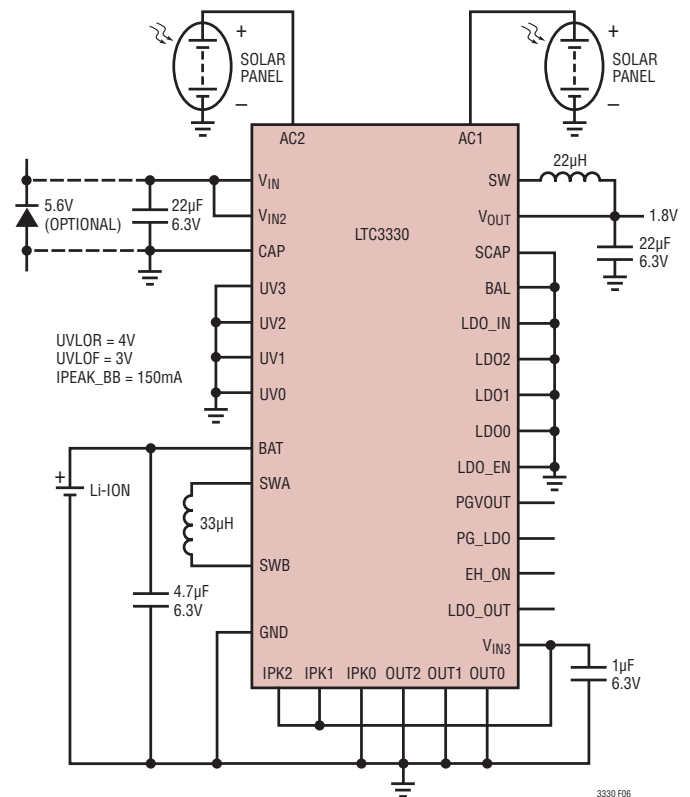


図6. 部品点数の少ない低電圧太陽光発電装置 (V_{IN} < 6V)

アプリケーション

インダクタの選択

降圧コンバータは、標準的なアプリケーションでは22 μ Hのインダクタで機能するよう最適化されています。インダクタの値を大きくすると、PMOSスイッチのオン時間が長くなり、ゲート電荷損失が低減して効率が改善されるので、高電圧アプリケーションにメリットがあります。DC電流の定格が350mAより大きいインダクタを選択してください。インダクタのDCRは損失源なので、効率に影響を及ぼします。価格、大きさ、DCR間の交換条件を評価する必要があります。

昇降圧コンバータは、I_{PEAK_BB}の設定値が250mAの場合は最小22 μ Hのインダクタで機能するよう最適化されています。その他の7種類のI_{PEAK_BB}設定値では、I_{PEAK_BB}の選択値が減少するのに応じてインダクタの値を増加させます。そうすることにより、4つの昇降圧スイッチの必要な最小オン時間が維持されます。I_{PEAK_BB}の各設定値での昇降圧コンバータの最小インダクタ値を表3に示します。インダクタの値を大きくすると効率を高くすることができます。選択したI_{PEAK}の値よりI_{SAT}の定格値が50%以上大きいインダクタを選択します。降圧コンバータと昇降圧コンバータの両方に適したいくつかのインダクタを表7に示します。

表7. LTC3330用の推奨インダクタ

製品番号	L(μ H)	メーカー	サイズ(mm) (L x W x H)	IDCの最大値(mA)	DCRの最大値(Ω)
744043102 LPS5030-105ML LPS4018-105ML LPS3314-105ML B82442T1105K050	1000	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft Coilcraft EPCOS	4.8 x 4.8 x 2.8 5.51 x 5.51 x 2.9 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	80 110 98 99 150	7 5.1 18 31 9.5
744043471 LPS4018-474ML LPS3314-474ML B82442T147K050	470	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft EPCOS	4.8 x 4.8 x 2.8 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	125 160 110 240	2.6 7.8 12 4.73
744042331 LPS4018-334ML LPS3314-334ML B82442T1334K050	330	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft EPCOS	4.8 x 4.8 x 1.8 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	130 190 110 280	4.5 5.9 9.3 3.29
744042221 LPS4018-224ML LPS3314-224ML B82442T1224K050	220	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft EPCOS	4.8 x 4.8 x 1.8 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	160 260 160 330	3.2 3.7 6 2.2
744031101 LPS4018-104ML LPS3314-104ML B82442T1104K050	100	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft EPCOS	3.8 x 3.8 x 1.65 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	180 360 230 510	2.4 1.4 2.75 0.99
744031470 LPS4018-473ML LPS3314-473ML B82442T1473K050	47	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft EPCOS	3.8 x 3.8 x 1.65 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 5.6 x 5 x 5	250 550 330 700	1 0.65 1.4 0.519
744031330 LPS4018-333ML LPS3314-333ML 1070BS-330ML B82442T1333K050	33	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft Toko EPCOS	3.8 x 3.8 x 1.65 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 3.2 x 3.2 x 2 5.6 x 5 x 5	320 640 380 230 840	0.66 0.42 0.92 0.61 0.36
744031220 LPS5030-223ML LPS4018-223ML LPS3314-223ML 1070AS-220M B82442T1223K050	22	Würth Electronic Coilcraft Coilcraft Coilcraft 東光 EPCOS	3.8 x 3.8 x 1.65 5.51 x 5.51 x 2.9 3.9 x 3.9 x 1.7 3.3 x 3.3 x 1.3 3.2 x 3.2 x 2 5.6 x 5 x 5	360 750 800 450 410 1040	0.45 0.19 0.36 0.72 0.64 0.238
744029220 1069BS-220M	22	Würth Electronic 東光	2.8 x 2.8 x 1.35 3.2 x 3.2 x 1.8	300 290	0.97 0.495

LTC3330

アプリケーション

デジタル入力およびデジタル出力のまとめ

LTC3330には、ピン結線で設定できるデジタル・ロジック入力が14あり、デジタル・ロジック出力が3つあります。これらの入出力ピンと参照先のレールを表8にまとめています。

表8. デジタル・ピンのまとめ

入力ピン	ロジック“H”のレベル
UV[3:0]	V _{IN2}
IPK[2:0]	V _{IN3}
OUT[2:0]	V _{IN3}
LDO[2:0]	LDO_IN
LDO_EN	LDO_IN(最大6V)

出力ピン	ロジック“H”のレベル
PGVOUT	BAT、V _{IN2} 、V _{OUT} の中で最大の電圧
PGLDO	BAT、V _{IN2} 、V _{OUT} の中で最大の電圧
EH_ON	V _{IN3}

LTC3330のシステム・ソリューション

LTC3330は、リニアテクノロジーのその他の低静止電流集積回路と組み合わせてマルチレール・システムを形成することができます。5V出力からLTC3388-3に電力を供給しているLTC3330を図7に示します。LTC3388-3(800nA降圧コンバータ)は、ここではV_{OUT}ピンをグランドに接続し、GNDピンを-5V安定化出力に接続することにより、-5Vのレールを発生するよう構成されています。結果は、バッテリーのバックアップ機能を備えた±5Vの環境発電電源です。

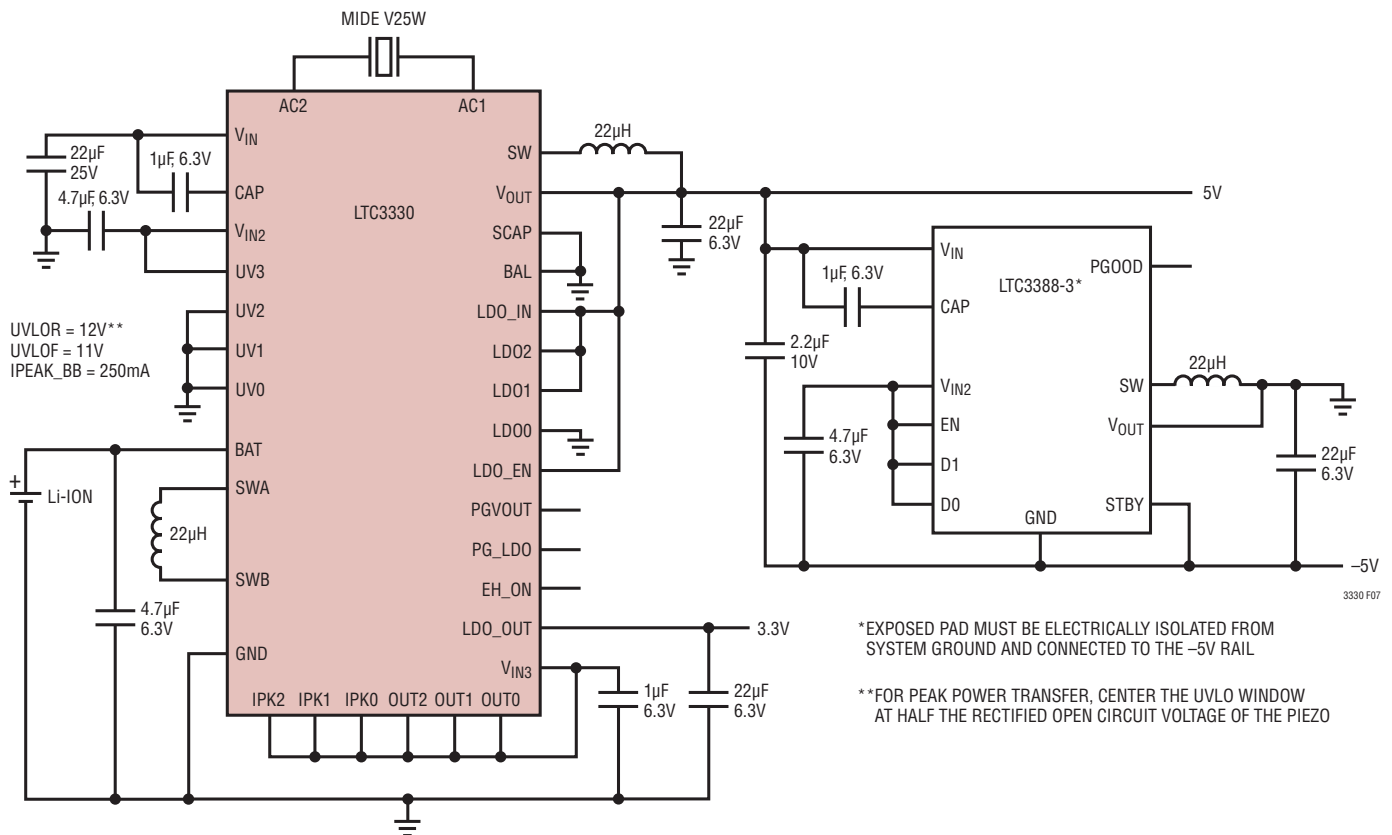


図7. 3.3V LDO出力を備えた±5Vデュアル電源

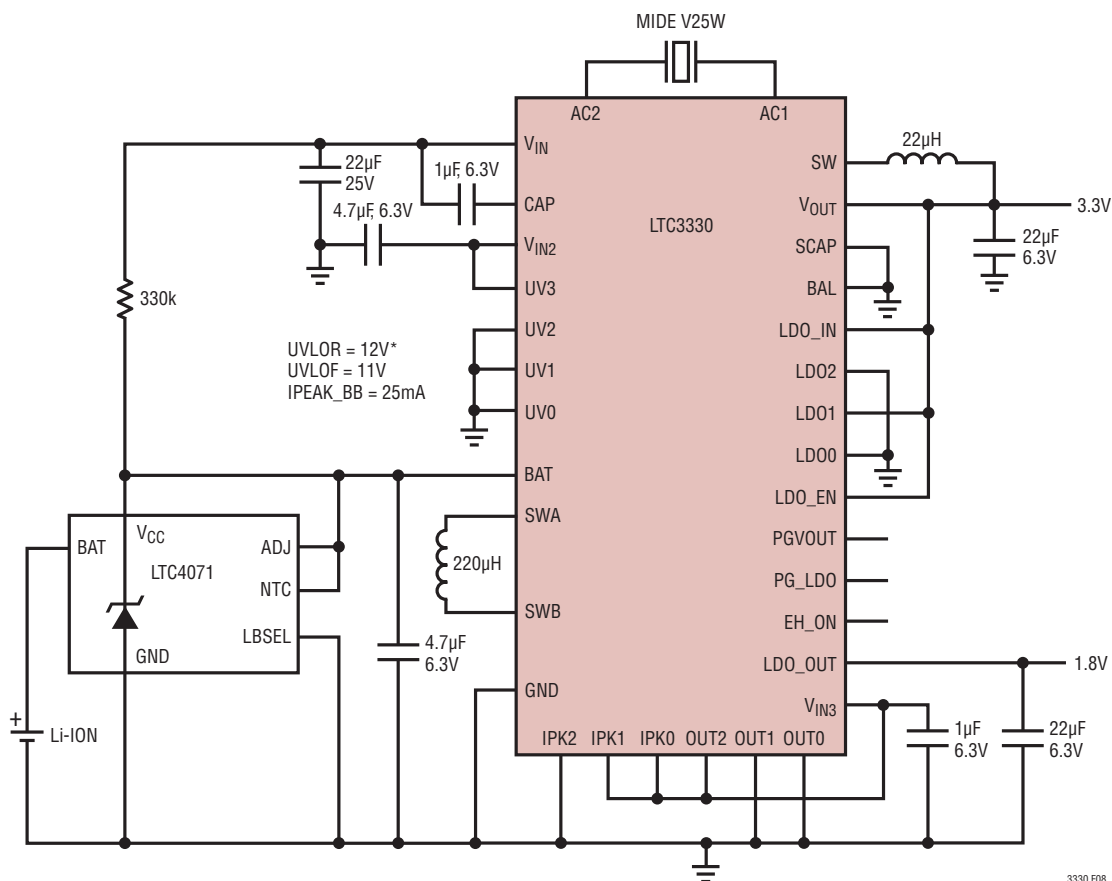
アプリケーション

図8に示すように、低電圧バッテリー切断機能を備えた550nAのLTC4071シャント・バッテリー・チャージャと組み合わせた場合、LTC3330は環境発電電源からバッテリーを充電できます。バッテリーはLTC4071のBATピンに接続されています。選択したレベルよりバッテリー電圧が低くなると、バッテリーは切り離され、それ以上放電しないようになります。LTC3330のVINとLTC4071のVCCの間に充電抵抗を接続して、充電経路を作ります。これで、VCCはBATピンでLTC3330昇降圧コンバータの入力になります。充電抵抗の大きさは環境発電電源から供給可能なエネルギーに基づいて決定し、LTC3330のVINピンの電圧がUVLOの上昇しきい値に達することと、VOUT

での出力の電力供給の優先順位を決めることができるようにする必要があります。

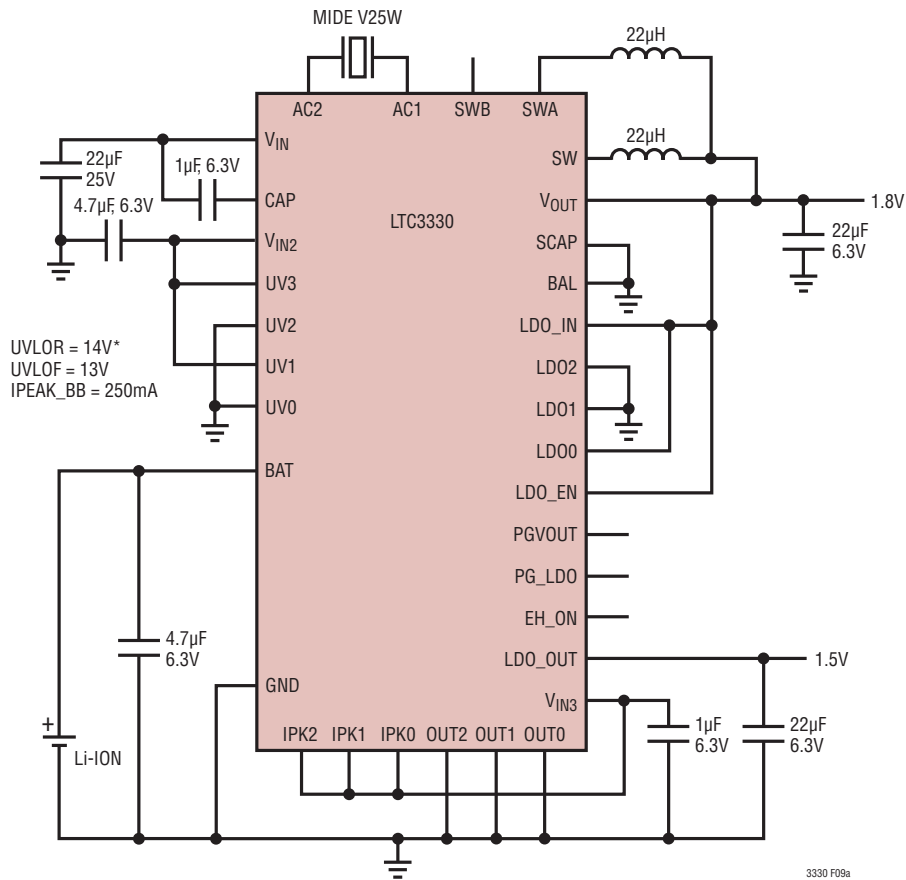
高効率バッテリー駆動降圧コンバータ

バッテリーの電圧がLTC3330の安定化出力より常に高い場合、バッテリー駆動の昇降圧コンバータは常に降圧モードで動作します。この場合には、通常SWAとSWBの間に配置されるインダクタをSWAからVOUTへ直接接続して、昇降圧コンバータの内部スイッチM4をバイパスすることができます(図9)。こうすると、コンバータでの導通損失を低減して、負荷が高いときの効率を改善することができます。



*FOR PEAK POWER TRANSFER, CENTER THE UVLO WINDOW AT HALF THE RECTIFIED OPEN CIRCUIT VOLTAGE OF THE PIEZO

図8. 低電圧バッテリーの切断機能を備えた環境発電バッテリー・チャージャ



*FOR PEAK POWER TRANSFER, CENTER THE UVLO WINDOW AT HALF THE RECTIFIED OPEN CIRCUIT VOLTAGE OF THE PIEZO

通常の昇降圧構成とSWBバイパス構成との効率比較

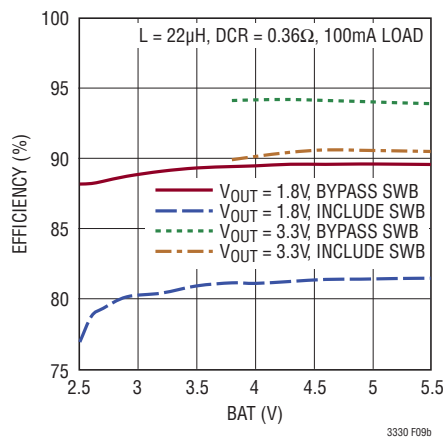


図9. 高効率バッテリー駆動降圧コンバータ

アプリケーション

代替電源

LTC3330は多種多様な入力電源に対応できます。4本の150k電流制限抵抗と直列にして120V RMSのAC電源に接続されたLTC3330の内部ブリッジ整流器を図10に示します。この回路では250 μ Aのピーク電流が発生し、LTC3330シャント・レギュレータが V_{IN} を20Vに保持します。この電流は抵抗値を小さくすれば増加させることができます。シャント・レギュレータのシンク電流能力は25mAであり、ブリッジの定格は50mAだからです。電流が25mAを超える場合は、オプションの外付けツェナー・ダイオード(図示)が必要なことがあります。トランスを使用して電圧を降下させ、電流制限抵抗での電力損失を低減することもできます。これは高電圧アプリケーションなので、電源部品、中間電圧部品、および任意の高電圧部品間の最小間隔は、該当するUL規格に基づいて維持する必要があります。一般的なオフライン・アプリケーションについては、UL規格1012を参照してください。

標準的な蛍光灯室内照明の近くに銅パネルを配置して、照明の周囲の電界から容量性の発電を行うアプリケーションを図11に示します。放射の周波数は磁気安定器の電源周波数の

2倍になりますが、照明に電子安定器が使用されている場合は、それより高くなる可能性があります。AC電圧のピーク値および供給可能な全エネルギーは、使用したパネルのサイズとパネルから照明の電界までの近さに応じて増減します。

EH_ONを使用した V_{OUT} の設定

EH_ON出力は、環境発電入力またはバッテリーのどちらが出力に電力を供給しているかを示します。このデータシートの最終ページのアプリケーションでは、OUT2入力に接続されたEH_ON出力を示しています。EH_ONが“L”のとき、出力は2.5Vに設定されるので、バッテリーが出力に電力を供給します。環境発電を使用可能な場合、EH_ONは“H”であり、出力は3.6Vに設定されて、環境発電エネルギーの蓄積量増加が可能になります。環境発電入力なくなると、出力はもう一度2.5Vに設定され、昇降圧コンバータはスリープ状態になり、出力が放電されて復帰しきい値に達するまでスリープ状態が続きます。環境発電入力が一時的に失われても3.6Vの蓄電エネルギーで十分乗り切れる場合は、バッテリーの消費電流だけがスリープ状態での静止電流になります。

アプリケーション

オフライン回路には、危険で人命にかかわる電位差が生じます。作業を進める前に、オフライン回路の組み立て、試験、および使用時には注意が必要であると警告しておきます。これらの回路の作業時や接続時には最大限の注意が必要です。繰り返します。オフライン回路には、危険なAC電源に接続された高電圧の電位が含まれるので、注意してください。オフライン回路で行うすべての試験は、オフライン回路の入力とAC電源の間に絶縁トランスを接続して行う必要があります。オフライン回路を使用するか組み立てる作業者は、試験装置をオフライン回路に接続するときにこの注意を遵守し、感電を防ぐ必要があります。繰り返します。いかなる試験装置を接続する場合も、オフライン回路の入力とAC電源の間に絶縁トランスを接続する必要があります。

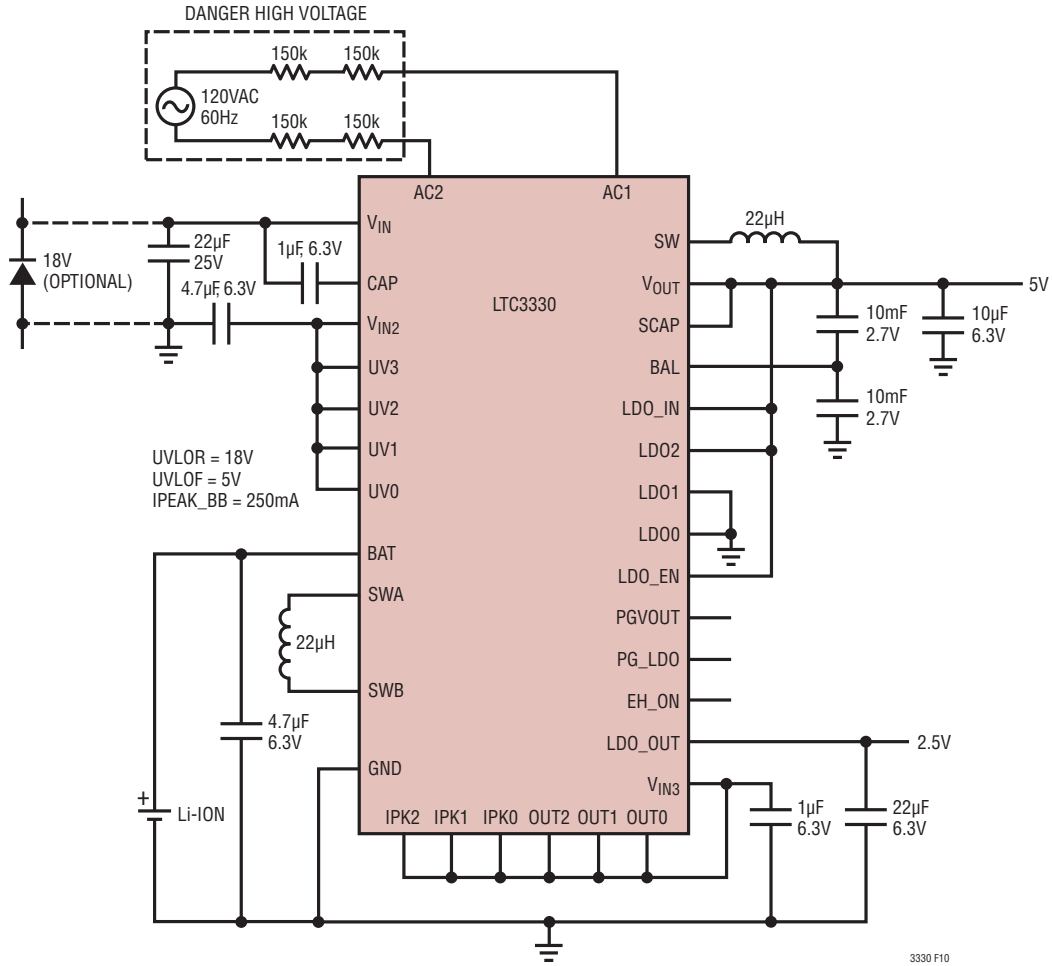


図10. AC電源駆動の5V UPS

3330 F10

アプリケーション

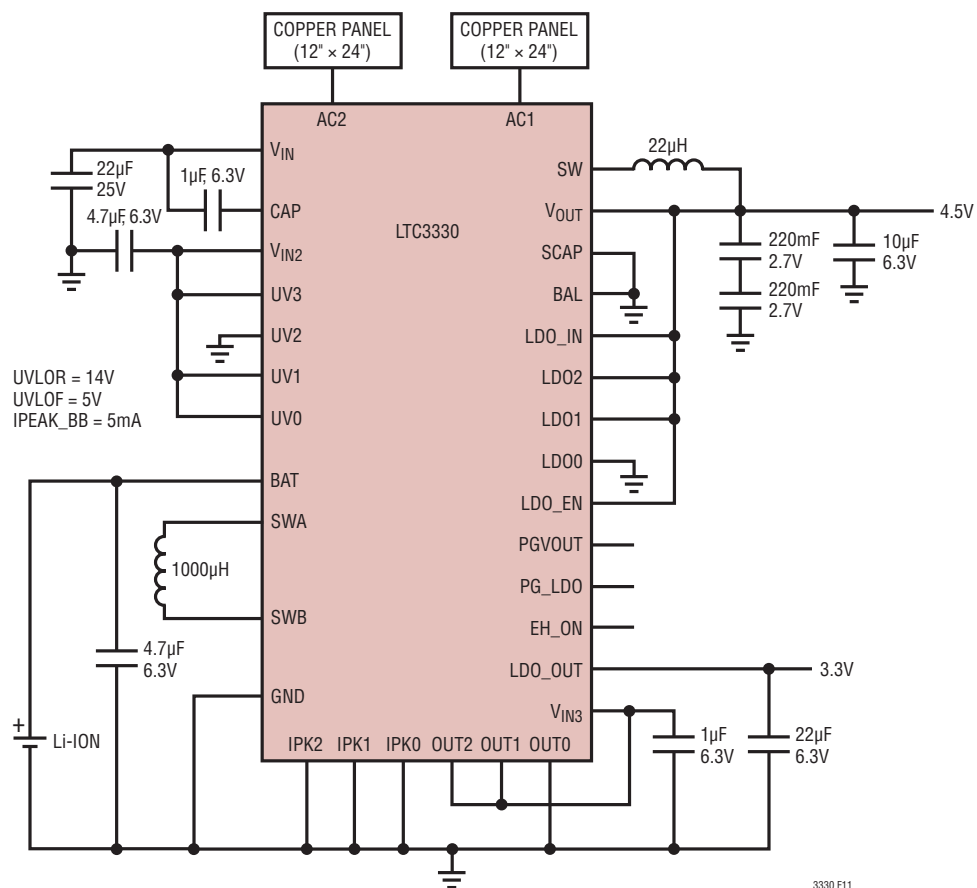
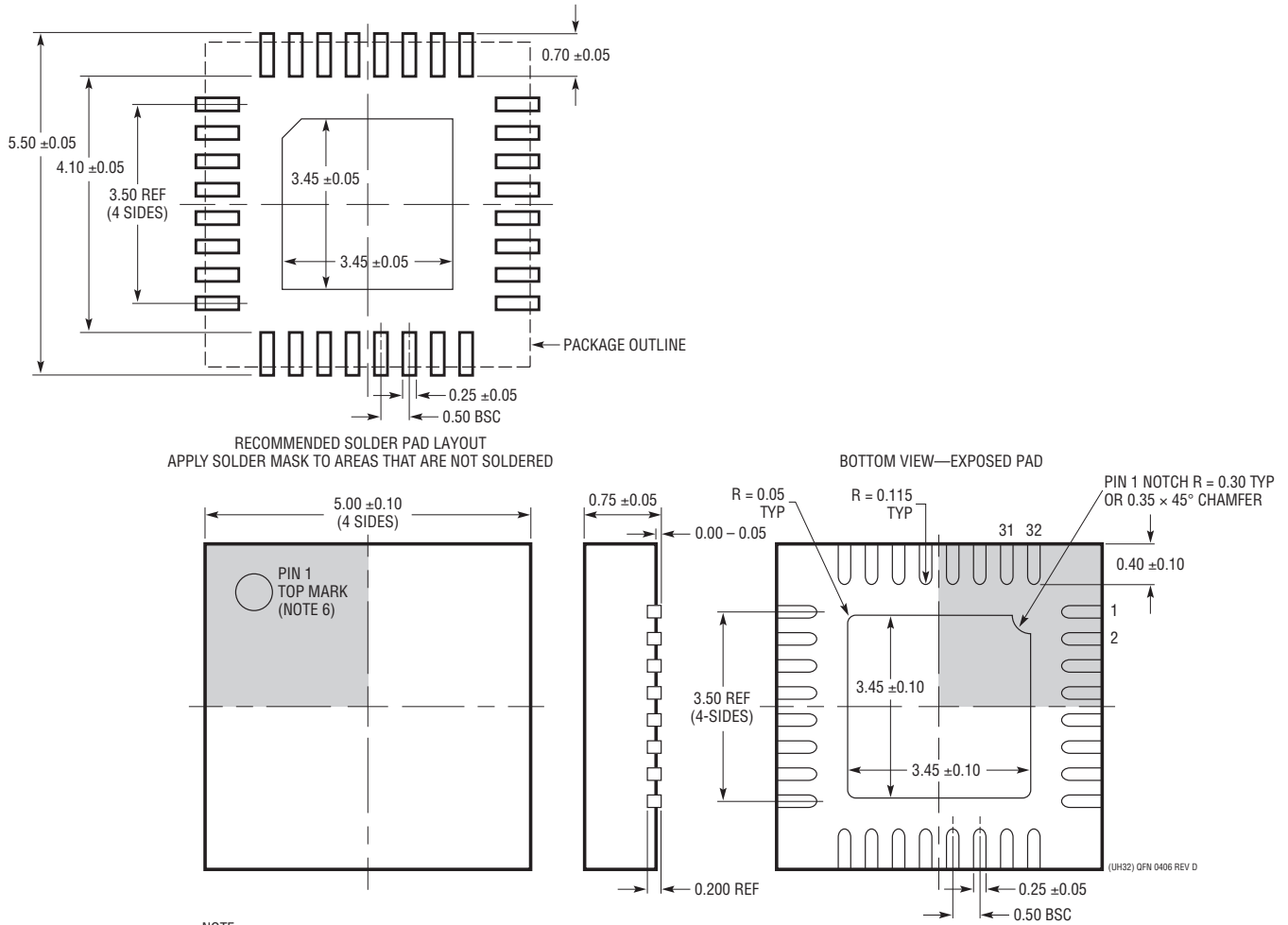


図 11. 電界を利用した環境発電装置

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/> を参照してください。

UH Package
32-Lead Plastic QFN (5mm × 5mm)
 (Reference LTC DWG # 05-08-1693 Rev D)



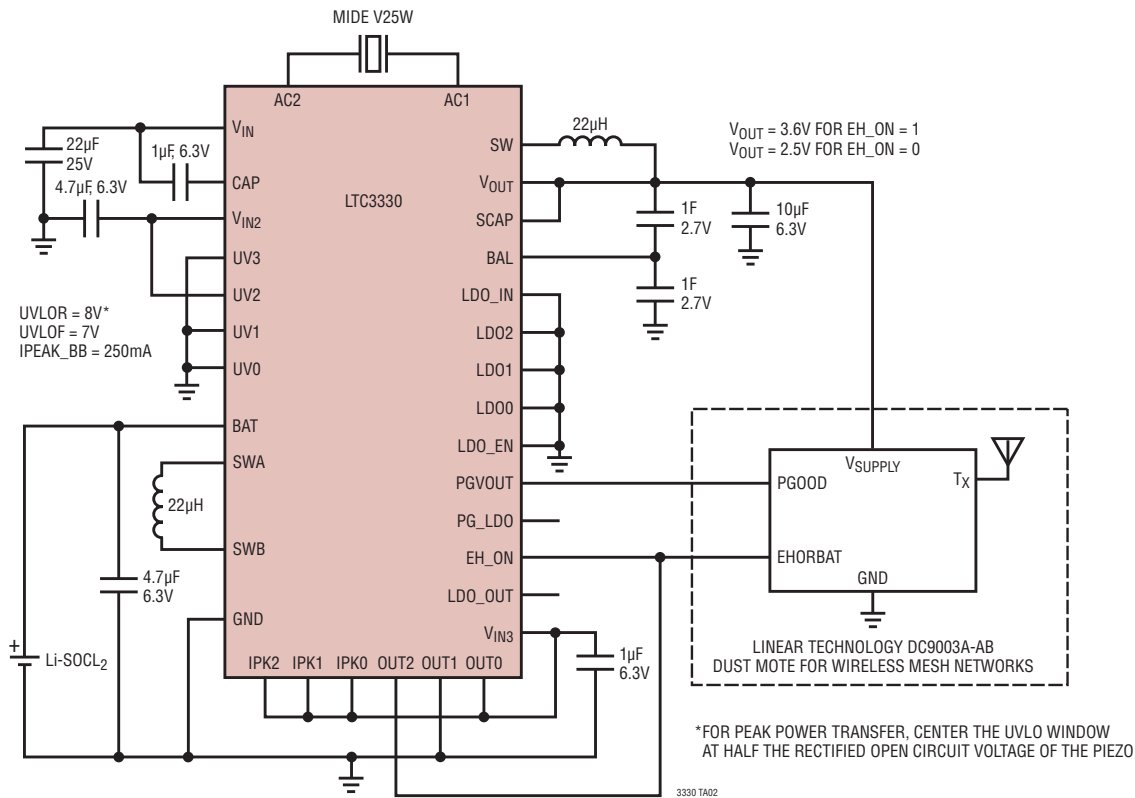
- NOTE:
- 図は JEDEC パッケージ外形 MO-220 のバリエーション WHHD-(X) にするよう提案されている (承認予定)。
 - 図は実寸とは異なる
 - 全ての寸法はミリメートル
 - パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。
モールドのバリは (もしあれば) 各サイドで 0.20mm を超えないこと
 - 露出パッドは半田メッキとする
 - 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン 1 の位置の参考に過ぎない

改訂履歴

REV	日付	概要	ページ番号
A	3/14	標準的応用例を明確化。 絶対最大定格を明確化。 電気的特性表を明確化。 グラフを明確化。 図1を明確化。	1 2 3、4、5 6、9、10 16

標準的応用例

出力のスーパーキャパシタにエネルギーを貯蔵するワイヤレス・メッシュ・ネットワーク用のUPSシステム



関連製品

製品番号	説明	注釈
LT1389	ナノパワー高精度シャント電圧リファレンス	V _{REF} : 1.25V, 2.25V, 4.096V, I _Q = 800nA, I _{SD} < 1µA, SO-8パッケージ
LTC1540	リファレンス付きナノパワー・コンバータ	V _{IN} : 2V ~ 11V, I _Q = 0.3µA, I _{SD} < 1µA, 3mm×3mm DFN-8パッケージ
LT3009	I _Q が3µAの20mA低ドロップアウト・リニアレギュレータ	V _{IN} : 1.6V ~ 20V, V _{OUT(MIN)} : 0.6V, 固定出力電圧: 1.2V ~ 5V, I _Q = 3µA, I _{SD} < 1µA, SC-70-8, 2mm×2mm DFN-8パッケージ
LTC3105	最大電力点制御と250mVでの起動を特長とする400mA昇圧コンバータ	V _{IN} : 0.2V ~ 5V, V _{OUT(MIN)} : 最大5.25V, I _Q = 22µA, I _{SD} < 1µA, 3mm×3mm DFN-10, MSOP-12パッケージ
LTC3108	超低電圧昇圧コンバータおよびパワーマネージャ	V _{IN} : 0.02V ~ 1V, V _{OUT(MIN)} : 固定2.35V ~ 5V, I _Q = 7µA, I _{SD} < 1µA, TSSOP-16, 3mm×4mm DFN-12パッケージ
LTC3109	Auto-Polarity、超低電圧昇圧コンバータ&パワーマネージャ	V _{IN} : 0.03V ~ 1V, V _{OUT(MIN)} : 固定2.35V ~ 5V, I _Q = 7µA, I _{SD} < 1µA, SSOP-20, 4mm×4mm QFN-20パッケージ
LTC3388-1/ LTC3388-3	20V/50mA高効率ナノパワー降圧レギュレータ	V _{IN} : 2.7V ~ 20V, V _{OUT(MIN)} : 固定1.1V ~ 5.5V, I _Q = 720nA, I _{SD} = 400nA, MSOP-10, 3mm×3mm DFN-10パッケージ
LTC3588-1/ LTC3588-2	出力電流が最大100mAの圧電環境発電(エナジーハーベスト)電源	V _{IN} : 2.7V ~ 20V, V _{OUT(MIN)} : 固定1.8V ~ 5V, I _Q = 950nA, I _{SD} = 450nA, MSOP-10, 3mm×3mm DFN-10パッケージ
LTC4070	50mAマイクロパワー・シャント・リチウムイオン・チャージャ	V _{OUT(MIN)} : 4V, 4.1V, 4.2V, I _Q = 450nA, I _{SD} = 45nA, MSOP-8, 2mm×3mm DFN-8パッケージ
LTC4071	PowerPath™制御機能を備えた50mAマイクロパワー・シャント・リチウムイオン・チャージャ	V _{OUT(MIN)} : 4V, 4.1V, 4.2V, I _Q = 450nA, I _{SD} = 45nA, MSOP-8, 2mm×3mm DFN-8パッケージ
LTC3129/ LTC3129-1	マイクロパワーの200mA同期整流式昇降圧DC/DCコンバータ	V _{IN} : 2.42V ~ 15V, V _{OUT(MIN)} : 1.4V ~ 15V, I _Q = 1.3µA, I _{SD} = 10nA, MSOP-16E, 3mm×3mm QFN-16パッケージ