

# リチウムイオン・チャージャ、 常時オンLDO、降圧レギュレータを搭載した マイクロパワーUSBパワーマネージャ

## 特長

- 全出力オンで静止電流が12 $\mu$ Aのスタンバイ・モード
- 入力電源(リチウムイオン/ポリマー・バッテリーおよびUSB)間のシームレスな移行
- 内蔵の240m $\Omega$ 理想ダイオードにより、低損失PowerPath™を実現
- 高効率200mA降圧レギュレータ
- 常時オンの150mA低損失(LDO)リニア・レギュレータ
- システム・リセット付きのプッシュボタン・オン/オフ制御
- フル機能リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャ
- 熱制限付きのプログラム可能な充電電流
- バッテリ消耗時の瞬時オン動作
- 3mm $\times$ 3mm $\times$ 0.75mmの20ピンQFNパッケージ

## アプリケーション

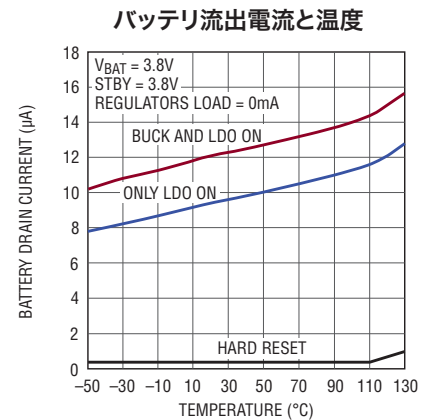
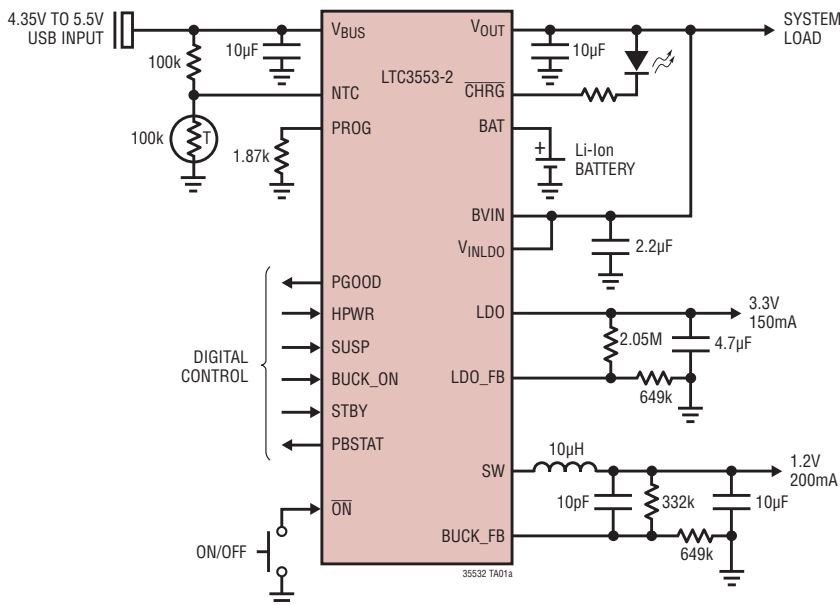
- USBベースのハンドヘルド機器
- 携帯用リチウムイオン/ポリマー・ベース電子機器
- ウェアラブル電子機器
- 低消費電力医療機器

## 概要

LTC®3553-2は1セル・リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・アプリケーション向けのマイクロパワー高集積パワーマネージメントおよびバッテリー・チャージャICです。このデバイスは、自動的に負荷を優先するPowerPathマネージャ、バッテリー・チャージャ、理想ダイオードならびに多数の保護機能を搭載しています。LTC3553-2パワーマネージャは特にUSBアプリケーション向けに設計されており、最大入力電流を100mAまたは500mAに自動的に制限します。バッテリー充電電流は、負荷電流と充電電流の合計が選択された入力電流制限値を超えないように、自動的に低減されます。また、LTC3553-2は同期整流式降圧レギュレータと常時オンの低損失リニア・レギュレータ(LDO)およびプッシュボタン・コントローラを内蔵しています。スタンバイ・モードですべての電源がイネーブルされた状態で、バッテリーからの静止電流はわずか12 $\mu$ Aです。LTC3553-2は3mm $\times$ 3mm $\times$ 0.75mmの20ピンQFNパッケージで供給されます。

LT、LTC、LTM、Linear Technology、LinearのロゴおよびBurst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。PowerPath、Hot SwapおよびBat-Track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。6522118、6700364、5481178、6304066、6570372、6580258、7511390を含む米国特許により保護されています。他にも特許申請中。

## 標準的応用例

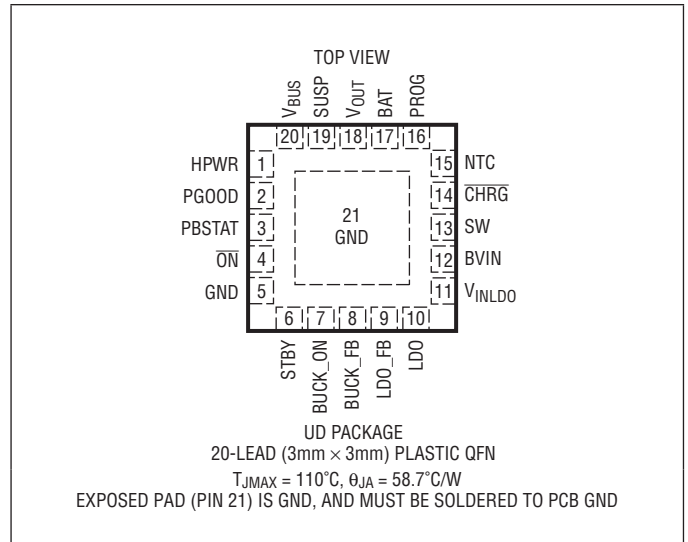


# LTC3553-2

## 絶対最大定格 (Note 1, 2, 3)

$V_{BUS}$ , $V_{OUT}$	
$t < 1\text{ms}$ およびデューティ・サイクル $< 1\%$ .....	-0.3V ~ 7V
定常状態.....	-0.3V ~ 6V
BAT, NTC, CHRG, SUSP, PBSTAT, $\overline{\text{ON}}$ , BUCK_FB, LDO_FB.....	-0.3V ~ 6V
BUCK_ON, STBY, HPWR, PGOOD, BVIN, $V_{INLDO}$ ,	
LDO (Note 4) .....	-0.3V ~ ( $V_{CC} + 0.3\text{V}$ )
$I_{BAT}$ .....	1A
$I_{SW}$ (連続) .....	300mA
$I_{LDO}$ (連続) .....	175mA
$I_{CHRG}$ , $I_{PBSTAT}$ , $I_{PGOOD}$ .....	75mA
動作温度範囲.....	-40°C ~ 85°C
接合部温度.....	110°C
保存温度範囲.....	-65°C ~ 125°C

## 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
LTC3553EUD-2#PBF	LTC3553EUD-2#TRPBF	LGFJ	20-Lead (3mm x 3mm) Plastic QFN	-40°C to 85°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。  
非標準の鉛仕上げ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。  
無鉛仕上げ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。

## LTC3553のオプション

製品番号	LDO	PGOOD	ハードリセット時間
LTC3553	オン/オフ制御	なし	5秒
LTC3553-2	常時オン	あり	14秒

## パワーマネージャの電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。  
注記がない限り、 $V_{BUS} = 5\text{V}$ ,  $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ ,  $\text{HPWR} = \text{SUSP} = \text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$ ,  $R_{PROG} = 1.87\text{k}$ ,  $\text{STBY} = \text{"H"}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>無負荷時静止電流</b>						
$I_{BATQ}$	Battery Drain Current (Note 5) Buck and LDO Shutdown, Hard Reset Buck and LDO Enabled LDO Enabled, Buck Shutdown	$I_{OUT} = I_{SW} = I_{LDO} = 0$ $V_{BUS} = 0\text{V}$ , Hard Reset $V_{BUS} = 0\text{V}$ , $\text{BUCK\_ON} = \text{STBY} = 3.8\text{V}$ $V_{BUS} = 0\text{V}$ , $\text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$		0.2 8 8	2 16 16	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$I_{BATQC}$	Battery Drain Current, $V_{BUS}$ Available	$V_{BAT} = V_{FLOAT}$ , Timer Timed Out		5	8	$\mu\text{A}$
$I_{BUSQ}$	$V_{BUS}$ Input Current	100mA, 500mA Modes Charger On Timer Timed Out $\text{SUSP} = 5\text{V}$ (Suspend Mode)		300 150 15	500 350 30	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$

35532f

## パワーマネージャの電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。  
 注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{HPWR} = \text{SUSP} = \text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.87\text{k}$ 、 $\text{STBY} = \text{"H"}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I <sub>BVINQ</sub>	BVIN Input Current	$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{BVIN}} = 3.8\text{V}$ , $I_{\text{SW}} = 0$ (Note 8)				
	Buck Shutdown	$\text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$		0.01	1	$\mu\text{A}$
	Buck Enabled, Standby Mode	$\text{BUCK\_ON} = \text{STBY} = 3.8\text{V}$		1.5	3	$\mu\text{A}$
	Buck Enabled	$\text{BUCK\_ON} = 3.8\text{V}$ , $\text{STBY} = 0\text{V}$		22	38	$\mu\text{A}$
I <sub>VINLDOQ</sub>	V <sub>INLDO</sub> Input Current	$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ , $V_{\text{INLDO}} = 3.8\text{V}$ , $I_{\text{LDO}} = 0$ (Note 10)				
	LDO Shutdown (Hard Reset) LDO Enabled			0.01 0.1	1 1	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$

### 入力電源

V <sub>BUS</sub>	Input Supply Voltage		4.35		5.5	V	
I <sub>BUS(LIM)</sub>	Total Input Current	HPWR = 0V (100mA) HPWR = 5V (500mA)	● ●	80 400	90 450	100 500	$\text{mA}$ $\text{mA}$
V <sub>UVLO</sub>	V <sub>BUS</sub> Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold		3.5	3.8 3.6	3.9	V mV
V <sub>DUVLO</sub>	V <sub>BUS</sub> to BAT Differential Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold		0	200 50	300	mV mV
R <sub>ON_ILIM</sub>	Input Current Limit Power FET On-Resistance (Between V <sub>BUS</sub> and V <sub>OUT</sub> )				350		$\text{m}\Omega$

### バッテリー・チャージャ

V <sub>FLOAT</sub>	V <sub>BAT</sub> Regulated Output Voltage	$0 \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$		4.179	4.2	4.221	V
				4.165	4.2	4.235	V
I <sub>CHG</sub>	Constant-Current Mode Charge Current	$R_{\text{PROG}} = 1.87\text{k}$ , $0 \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$		380	400	420	$\text{mA}$
V <sub>PROG</sub>	PROG Pin Servo Voltage				1		V
V <sub>PROG,TRKL</sub>	PROG Pin Servo Voltage in Trickle Charge	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$			0.1		V
h <sub>PROG</sub>	Ratio of I <sub>BAT</sub> to PROG Pin Current				750		$\text{mA}/\text{mA}$
I <sub>TRKL</sub>	Trickle Charge Current	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$		30	40	50	$\text{mA}$
V <sub>TRKL</sub>	Trickle Charge Threshold Voltage	V <sub>BAT</sub> Rising V <sub>BAT</sub> Falling		2.6	2.9 2.75	3	V V
$\Delta V_{\text{RECHRG}}$	Recharge Battery Threshold Voltage	Threshold Voltage Relative to V <sub>FLOAT</sub>		-75	-100	-125	mV
t <sub>TERM</sub>	Safety Timer Termination Period	Timer Starts when $V_{\text{BAT}} = V_{\text{FLOAT}} - 50\text{mV}$		3.2	4	5	Hour
t <sub>BADBAT</sub>	Bad Battery Termination Time	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$		0.4	0.5	0.63	Hour
h <sub>C/10</sub>	End-of-Charge Indication Current Ratio	(Note 6)		0.085	0.1	0.115	$\text{mA}/\text{mA}$
R <sub>ON_CHG</sub>	Battery Charger Power FET On-Resistance (Between V <sub>OUT</sub> and BAT)	I <sub>BAT</sub> = 200mA			220		$\text{m}\Omega$
T <sub>LIM</sub>	Junction Temperature in Constant Temperature Mode				110		$^\circ\text{C}$

### NTC

V <sub>COLD</sub>	Cold Temperature Fault Threshold Voltage	Rising NTC Voltage Hysteresis		75	76 1.3	77	$\%V_{\text{BUS}}$ $\%V_{\text{BUS}}$
V <sub>HOT</sub>	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling NTC Voltage Hysteresis		34	35 1.3	36	$\%V_{\text{BUS}}$ $\%V_{\text{BUS}}$
V <sub>DIS</sub>	NTC Disable Threshold Voltage	Falling NTC Voltage Hysteresis	●	1.2	1.7 50	2.2	$\%V_{\text{BUS}}$ mV
I <sub>NTC</sub>	NTC Leakage Current	$V_{\text{NTC}} = V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$		-50		50	nA

# LTC3553-2

## パワーマネージャの電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。  
注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{HPWR} = \text{SUSP} = \text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.87\text{k}$ 、 $\text{STBY} = \text{"H"}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>理想ダイオード</b>						
$V_{\text{FWD}}$	Forward Voltage Detection	(Note 12)		15		mV
$R_{\text{DROPOUT}}$	Diode On-Resistance, Dropout	$I_{\text{OUT}} = 200\text{mA}$ , $V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$		240		$\text{m}\Omega$
$I_{\text{MAX}}$	Diode Current Limit	(Note 7)		1		A
<b>ロジック入力 (HPWR、SUSP)</b>						
$V_{\text{IL}}$	Input Low Voltage				0.4	V
$V_{\text{IH}}$	Input High Voltage		1.2			V
$R_{\text{PD}}$	Internal Pull-Down Resistance			4		$\text{M}\Omega$
<b>ロジック出力 (CHRG)</b>						
$V_{\text{OL}}$	Output Low Voltage	$I_{\text{CHRG}} = 5\text{mA}$		65	250	mV
$I_{\text{CHRG}}$	Output Hi-Z Leakage Current	$V_{\text{BAT}} = 4.5\text{V}$ , $V_{\text{CHRG}} = 5\text{V}$		0	1	$\mu\text{A}$

## 降圧レギュレータの電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。注記がない限り、 $\text{BUCK\_ON} = V_{\text{OUT}} = V_{\text{VIN}} = 3.8\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{VIN}}$	Input Supply Voltage	(Note 9)	● 2.7		5.5	V
$V_{\text{OUT UVLO}}$	$V_{\text{OUT}}$ Undervoltage Lockout	$V_{\text{OUT}}$ Falling $V_{\text{OUT}}$ Rising	2.5	2.6 2.8	2.9	V V
$f_{\text{OSC}}$	Oscillator Frequency		0.955	1.125	1.295	MHz
$I_{\text{BUCK\_FB}}$	BUCK_FB Input Current (Note 8)		-0.05		0.05	$\mu\text{A}$
$R_{\text{SW\_PD}}$	SW Pull-Down in Shutdown	$\text{BUCK\_ON} = 0\text{V}$		10		$\text{k}\Omega$
<b>ロジック入力ピン (STBY)</b>						
	Input High Voltage		1.2			V
	Input Low Voltage				0.4	V
	Input Current		-1		1	$\mu\text{A}$
<b>通常動作時の降圧レギュレータ (STBY = "L")</b>						
$I_{\text{LIM}}$	Peak PMOS Current Limit	$\text{BUCK\_ON} = 3.8\text{V}$ (Note 7)	300	500	650	mA
$V_{\text{BUCK\_FB}}$	Regulated Feedback Voltage	$\text{BUCK\_ON} = 3.8\text{V}$	● 780	800	820	mV
$D_{\text{MAX}}$	Max Duty Cycle		100			%
$R_{\text{P}}$	$R_{\text{DS(ON)}}$ of PMOS	$I_{\text{SW}} = 100\text{mA}$		1.1		$\Omega$
$R_{\text{N}}$	$R_{\text{DS(ON)}}$ of NMOS	$I_{\text{SW}} = -100\text{mA}$		0.7		$\Omega$
<b>スタンバイ・モード時の降圧レギュレータ (STBY = "H")</b>						
	Feedback Voltage Threshold	$\text{BUCK\_ON} = 3.8\text{V}$ , $V_{\text{BUCK\_FB}}$ Falling	● 770	800	820	mV
	Short-Circuit Current		30	50	100	mA
	Standby Mode Dropout Voltage	$\text{BUCK\_ON} = 2.9\text{V}$ , $I_{\text{SW}} = 10\text{mA}$ , $V_{\text{BUCK\_FB}} = 0.76\text{V}$ , $V_{\text{OUT}} = 2.9\text{V}$ , $V_{\text{VIN}} = 2.9\text{V}$		50	100	mV

## LDOレギュレータの電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{\text{OUT}} = V_{\text{INLDO}} = 3.8\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{INLDO}}$	Input Voltage Range	(Note 9)	● 1.65		5.5	V
$V_{\text{OUT UVLO}}$	$V_{\text{OUT}}$ Undervoltage Lockout	$V_{\text{OUT}}$ Falling $V_{\text{OUT}}$ Rising		2.5 2.6 2.8	2.9	V V
$V_{\text{LDO\_FB}}$	Regulated Feedback Voltage	$I_{\text{LDO}} = 1\text{mA}$ (Note 10)	● 780	800	820	mV
	$V_{\text{LDO\_FB}}$ Line Regulation	$I_{\text{LDO}} = 1\text{mA}$ , $V_{\text{INLDO}} = 1.65\text{V}$ to $5.5\text{V}$ (Note 10)		0.7		mV/V
	$V_{\text{LDO\_FB}}$ Load Regulation	$I_{\text{LDO}} = 1\text{mA}$ to $150\text{mA}$ (Note 10)		0.025		mV/mA
$I_{\text{LDO\_FB}}$	Feedback Pin Input Current			-50	50	nA
$I_{\text{LDO\_OC}}$	Available Output Current		● 150			mA
$I_{\text{LDO\_SC}}$	Short-Circuit Output Current	(Note 7)		300		mA
$V_{\text{DROP}}$	Dropout Voltage (Note 13)	$I_{\text{LDO}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLDO}} = 3.8\text{V}$ $I_{\text{LDO}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLDO}} = 2.5\text{V}$ $I_{\text{LDO}} = 75\text{mA}$ , $V_{\text{INLDO}} = 1.8\text{V}$		160 220 180	260 350 280	mV mV mV
$t_{\text{LDO\_SS}}$	Soft-Start Time			0.2		ms
$R_{\text{LDO\_PD}}$	Output Pull-Down Resistance in Hard Reset			10		k $\Omega$

## プッシュボタン・インタフェースの電気的特性

●は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>プッシュボタン・ピン (ON)</b>						
$V_{\text{CC\_PB}}$	Pushbutton Operating Supply Range	(Notes 4, 9)	● 2.7		5.5	V
$V_{\text{ON\_TH}}$	$\overline{\text{ON}}$ Threshold Rising $\overline{\text{ON}}$ Threshold Falling			0.4	1.2	V V
$I_{\text{ON}}$	$\overline{\text{ON}}$ Input Current	$V_{\text{ON}} = V_{\text{CC}}$ (Note 4)		-1	1	$\mu\text{A}$
$R_{\text{PB\_PU}}$	Pushbutton Pull-Up Resistance	Pull-Up to $V_{\text{CC}}$ (Note 4)		200	400 650	k $\Omega$
<b>ロジック入力ピン (BUCK_ON)</b>						
	Input High Voltage Input Low Voltage			1.2	0.4	V V
	Input Current			-1	1	$\mu\text{A}$
<b>状態出力ピン (PBSTAT、PGOOD)</b>						
$I_{\text{PBSTAT}}$	PBSTAT Output High Leakage Current	$V_{\text{PBSTAT}} = 3\text{V}$		-1	1	$\mu\text{A}$
$V_{\text{PBSTAT}}$	PBSTAT Output Low Voltage	$I_{\text{PBSTAT}} = 3\text{mA}$		0.1	0.4	V
$I_{\text{PGOOD}}$	PGOOD Output High Leakage Current	$V_{\text{PGOOD}} = 3\text{V}$		-1	1	$\mu\text{A}$
$V_{\text{PGOOD}}$	PGOOD Output Low Voltage	$I_{\text{PGOOD}} = 3\text{mA}$		0.1	0.4	V
$V_{\text{THPGOOD}}$	PGOOD Threshold Voltage	(Note 14)		-8		%

## プッシュボタン・インタフェースの電気的特性

● は全動作温度範囲での規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>プッシュボタン・タイミング・パラメータ (Note 11)</b>						
$t_{ON\_PBSTATL}$	Minimum $\overline{ON}$ Low Time to Cause PBSTAT Low	$\overline{ON}$ Brought Low During Power-On (PON) or Power-Up (PUP1, PUP2) States		50		ms
$t_{ON\_PBSTATH}$	Delay from $\overline{ON}$ High to PBSTAT High	Power-On (PON) State, After PBSTAT Has Been Low for at Least $t_{PBSTAT\_PW}$		900		$\mu\text{s}$
$t_{ON\_PUP}$	Minimum $\overline{ON}$ Low Time to Enter Power-Up (PUP1 or PUP2) State	Starting in the Hard Reset (HR) or Power-Off (POFF) States		400		ms
$t_{ON\_HR}$	Minimum $\overline{ON}$ Low Time to Hard Reset	$\overline{ON}$ Brought Low During the Power-On (PON) or Power-Up (PUP1, PUP2) States	11	14	17	s
$t_{PBSTAT\_PW}$	PBSTAT Minimum Pulse Width	Power-On (PON) or Power-Up (PUP1, PUP2) States	40	50		ms
$t_{EXTPWR}$	Power-Up from USB Present to Power-Up (PUP1 or PUP2) State	Starting in the Hard Reset (HR) or Power-Off (POFF) States		100		ms
$t_{PON\_UP}$	BUCK_ON High to Power-On State	Starting with BUCK_ON Low in the Power-Off (POFF) State		900		$\mu\text{s}$
$t_{PON\_DIS\_BUCK}$	BUCK_ON Low to Buck Disabled			1		$\mu\text{s}$
$t_{PUP}$	Power-Up (PUP1 or PUP2) State Duration			5		s
$t_{PDN}$	Power-Down (PDN1 or PDN2) State Duration			1		s
$t_{PGOODH}$	Regulators in Regulation to PGOOD High	All Enabled Regulators within PGOOD Threshold Voltage	1	1.8		ms
$t_{PGOODL}$	Regulator Out of Regulation to PGOOD Low	Any Enabled Regulator Below PGOOD Threshold Voltage		3		$\mu\text{s}$

**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。また、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:** LTC3553-2E 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。LTC3553-2E は  $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の接合部温度範囲で仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$  の動作接合部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。接合部温度 ( $T_J$  ( $^\circ\text{C}$ )) は周囲温度 ( $T_A$  ( $^\circ\text{C}$ )) および電力損失 ( $P_D$  (W)) から次式に従って計算される。 $T_J = T_A + (P_D \cdot \theta_{JA})$ 、ここで、 $\theta_{JA}$  (単位:  $^\circ\text{C}/\text{W}$ ) はパッケージの熱インピーダンス。

これらの仕様を満たす最大周囲温度は、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:** このデバイスには短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過熱保護機能が備わっている。過熱保護機能がアクティブなとき接合部温度は  $110^\circ\text{C}$  を超える。規定された最高動作接合部温度を超える動作が継続するとデバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

**Note 4:**  $V_{CC}$  は  $V_{BUS}$  または BAT のいずれか高い方。

**Note 5:** アプリケーションでは BAT ピンから流れる静止電流 ( $I_{BATQ}$ ) に  $V_{OUT}$  ピンから流れる電流を加えた全バッテリー流出電流がバッテリーの負荷に相当する。降圧入力 (BVIN ピン) と LDO 入力 ( $V_{INLDO}$  ピン) が PowerPath 出力 ( $V_{OUT}$  ピン) に接続されているアプリケーションでは、BVIN と  $V_{INLDO}$  の静止電流を  $I_{BATQ}$  に加算し、アプリケーションの実際のバッテリー流出電流を求める必要がある。

**Note 6:**  $h_{C10}$  は、規定されている PROG 抵抗を使用して設定された最大充電電流に対する割合として表される。

**Note 7:** このデバイスの電流制限機能は、短時間または間欠的なフォールト状態からデバイスを保護するためのものである。規定された絶対最大ピン電流定格を超えた動作が継続すると、デバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

**Note 8:** BUCK\_FB が "H"、スイッチングなし

**Note 9:**  $V_{OUT}$  が UVLO 状態ではない。

**Note 10:** 出力ピンと帰還ピンを互いに接続した状態で、ユニティゲインの LDO 動作で測定。

**Note 11:** プッシュボタンのステート・マシンと、レギュレータとパワーマネージャの動作に対する各ステートの影響の詳細については、このデータシートの「動作」のセクションを参照。

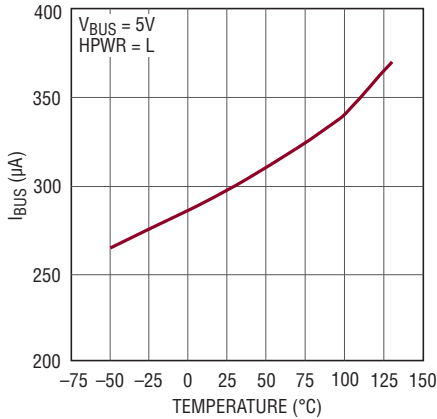
**Note 12:**  $V_{BUS} < V_{UVLO}$  の場合、 $V_{FWD} = 0$  となり、理想ダイオードの順方向電圧はその電流と  $R_{DROPOUT}$  の積に等しくなる。

**Note 13:** 損失電圧とは、規定出力電流で LDO がレギュレーションを維持するのに必要な入出力間の最小電圧差である。LDO がドロップアウト時には、出力電圧は ( $V_{INLDO} - V_{DROD}$ ) に等しくなる。

**Note 14:** PGOOD のしきい値は降圧または LDO の安定化電圧からの差 (パーセンテージ) で表される。しきい値は帰還ピンの電圧の立ち上がりで測定される。

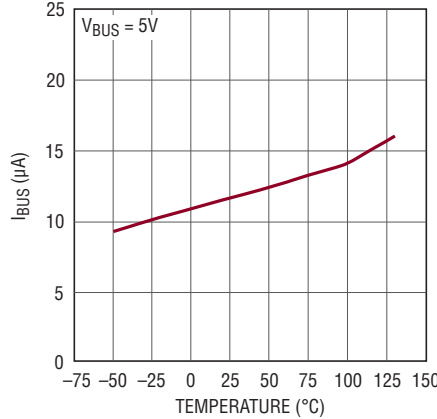
標準的性能特性 注記がない限り  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

$V_{\text{BUS}}$  電源電流と温度



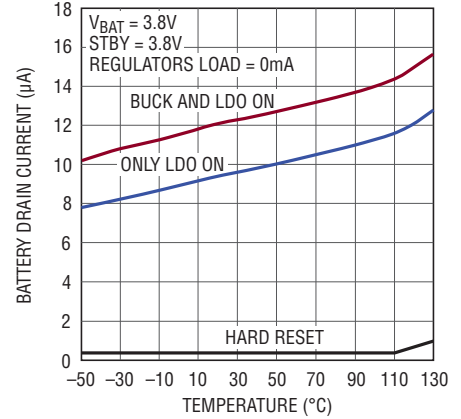
35532 G01

$V_{\text{BUS}}$  電源電流と温度 (サスペンド・モード)



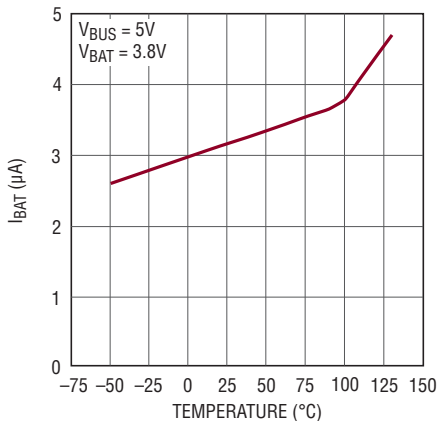
35532 G02

バッテリー流出電流と温度



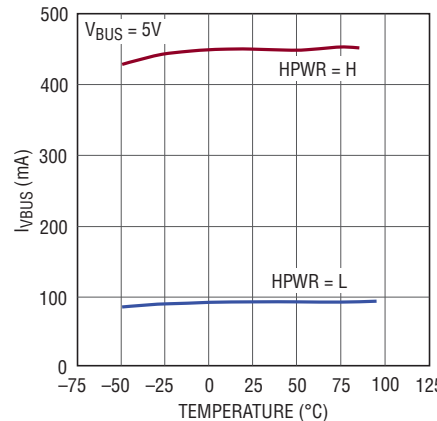
35532 G03

バッテリー流出電流と温度 (サスペンド・モード)



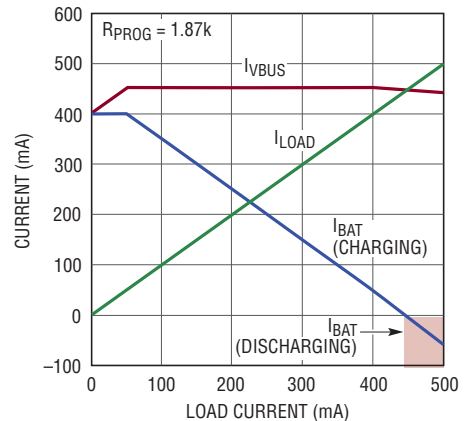
35532 G04

$V_{\text{BUS}}$  電流制限と温度



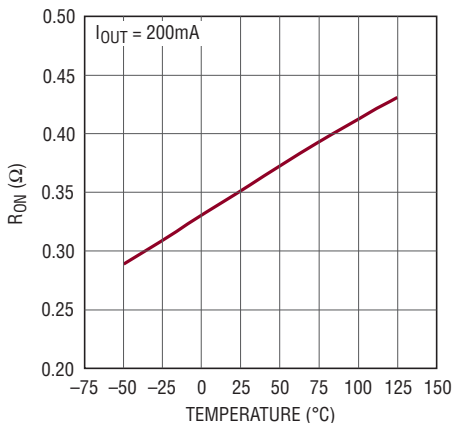
35532 G05

$V_{\text{BUS}}$  およびバッテリー電流と負荷電流



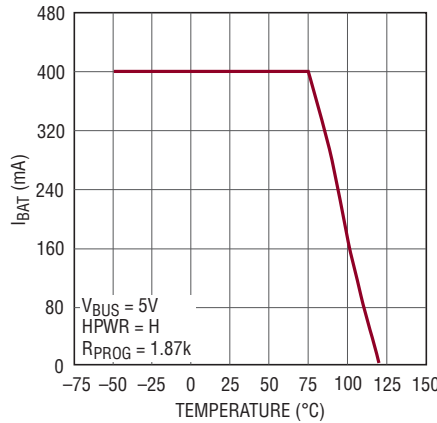
35532 G06

$V_{\text{BUS}}$ - $V_{\text{OUT}}$  間の  $R_{\text{ON}}$  と温度



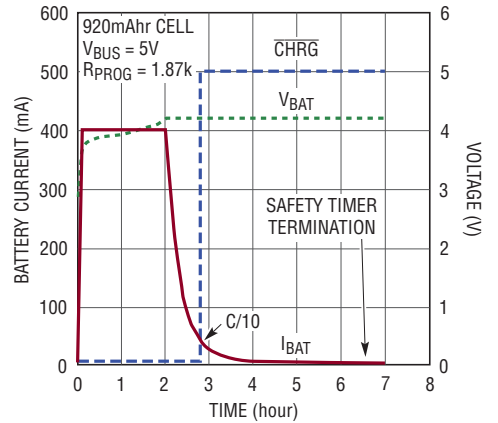
35532 G07

充電電流と温度 (サーマル・レギュレーション)



35532 G08

バッテリーの充電電流および充電電圧と時間

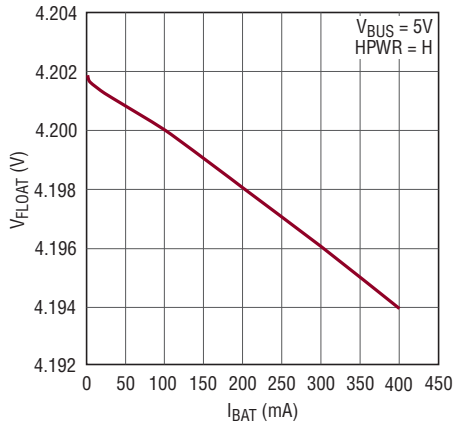


35532 G09

# LTC3553-2

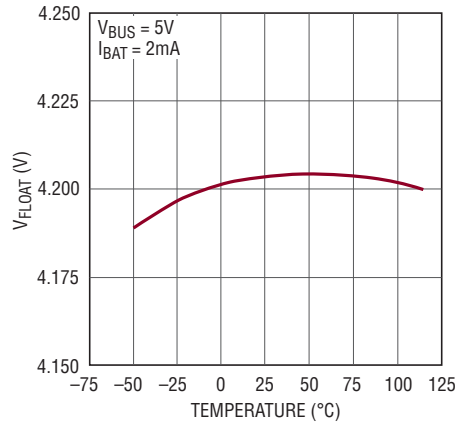
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

**$V_{\text{FLOAT}}$ の負荷レギュレーション**



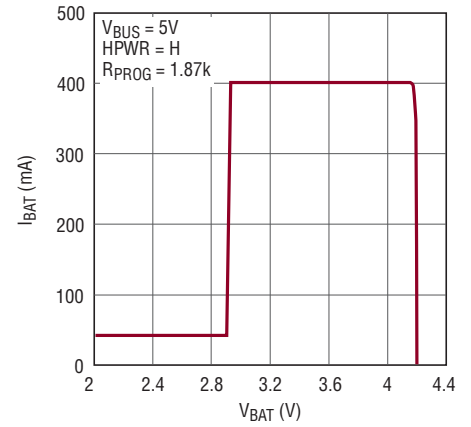
35532 G10

**バッテリー・レギュレーション (フロート) 電圧と温度**



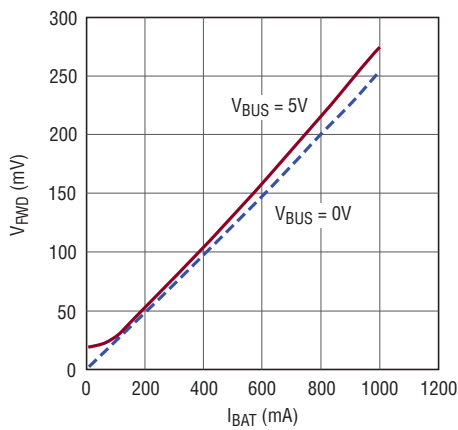
35532 G11

**バッテリー充電電流とバッテリー電圧**



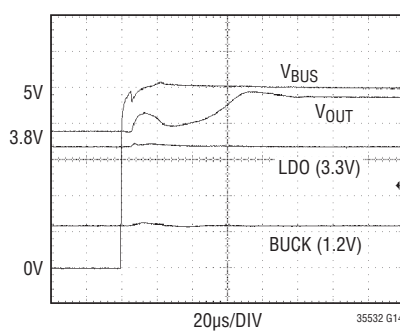
35532 G12

**順方向電圧と理想ダイオード電流**



35532 G13

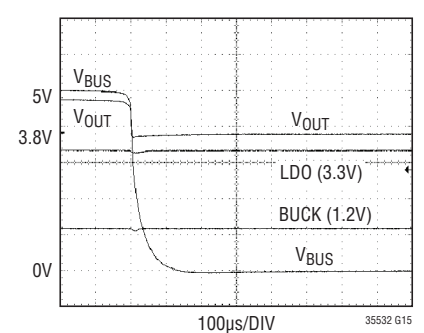
**$V_{\text{BUS}}$  接続波形**



35532 G14

$V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$   
 $I_{\text{LDO}} = 100\text{mA}$   
 $I_{\text{BUCK}} = 100\text{mA}$   
 $\text{HPWR} = \text{HIGH}$   
 $\text{SUSP} = \text{LOW}$   
 $\text{STBY} = \text{LOW}$

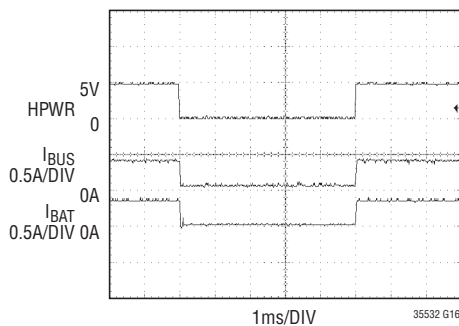
**$V_{\text{BUS}}$  切断波形**



35532 G15

$V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$   
 $I_{\text{LDO}} = 100\text{mA}$   
 $I_{\text{BUCK}} = 100\text{mA}$   
 $\text{HPWR} = \text{HIGH}$   
 $\text{SUSP} = \text{LOW}$   
 $\text{STBY} = \text{LOW}$

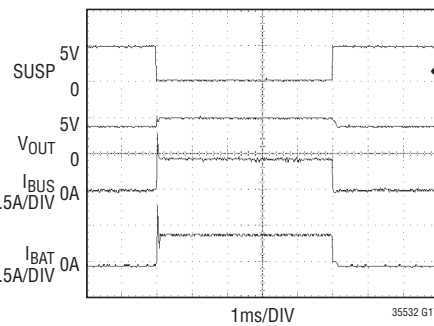
**100mA モードから 500mA モードへの切り替え**



35532 G16

$V_{\text{BAT}} = 3.75\text{V}$   
 $I_{\text{OUT}} = 50\text{mA}$   
 $R_{\text{PROG}} = 2\text{k}$   
 $\text{SUSP} = \text{LOW}$

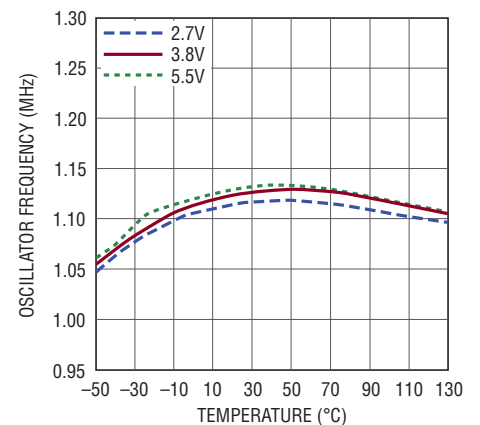
**サスペンド・モードから 500mA モードへの切り替え**



35532 G17

$V_{\text{BAT}} = 3.75\text{V}$   
 $I_{\text{OUT}} = 50\text{mA}$   
 $R_{\text{PROG}} = 2\text{k}$   
 $\text{HPWR} = \text{HIGH}$

**発振器周波数と温度**



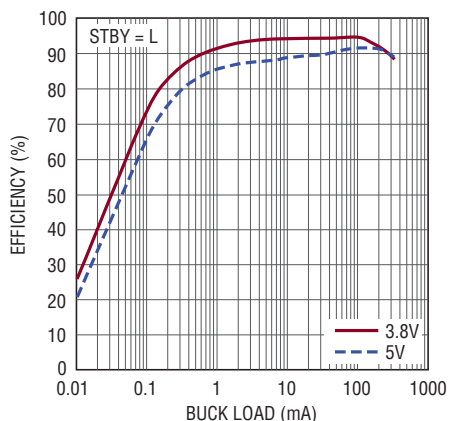
35532 G18

35532f



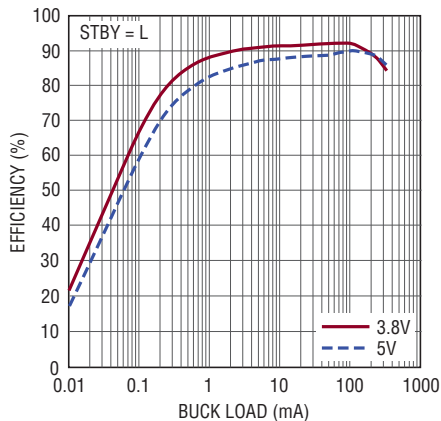
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

降圧レギュレータの3.3V出力の効率と負荷



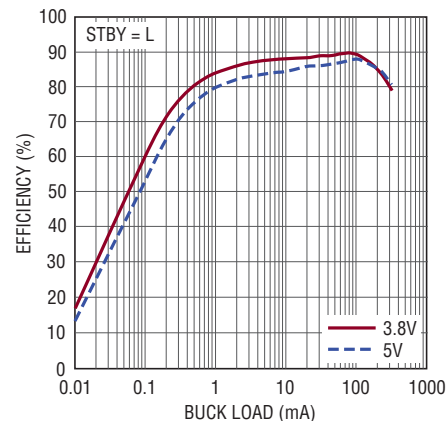
35532 G19

降圧スイッチングレギュレータの2.5V出力の効率と負荷



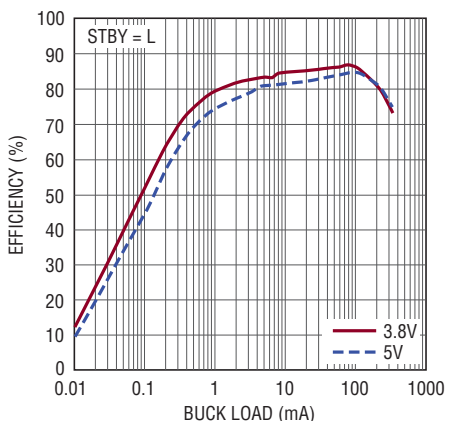
35532 G20

降圧スイッチングレギュレータの1.8V出力の効率と負荷



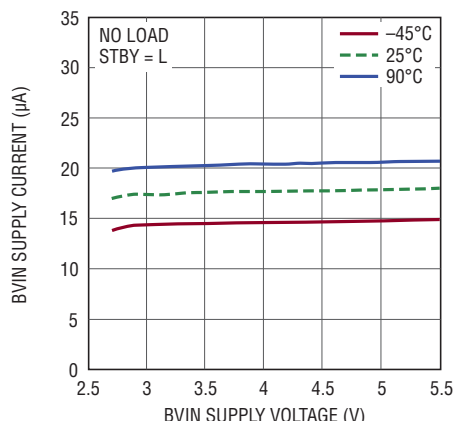
35532 G21

降圧レギュレータの1.2V出力の効率と $I_{LOAD}$



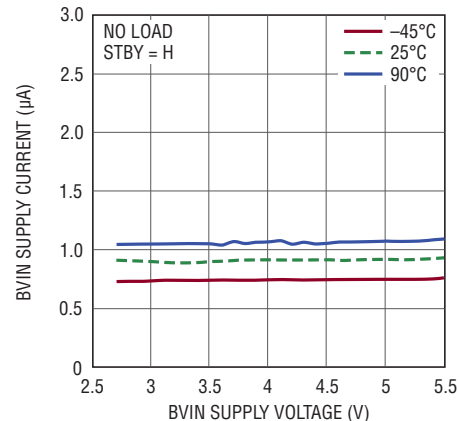
35532 G22

降圧レギュレータのBurst Mode<sup>®</sup>動作のBVIN電源電流



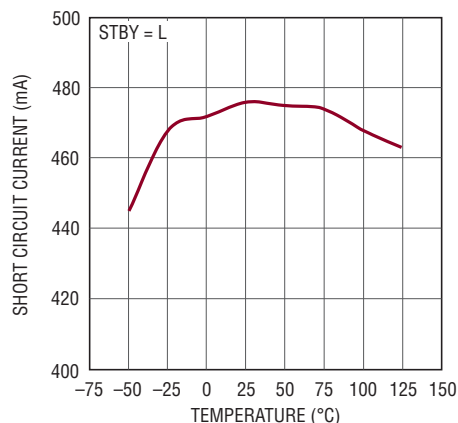
35532 G23

降圧レギュレータのスタンバイモードのBVIN電源電流



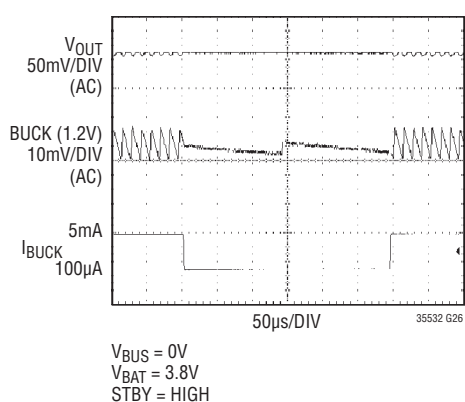
35532 G24

降圧レギュレータの短絡電流と温度



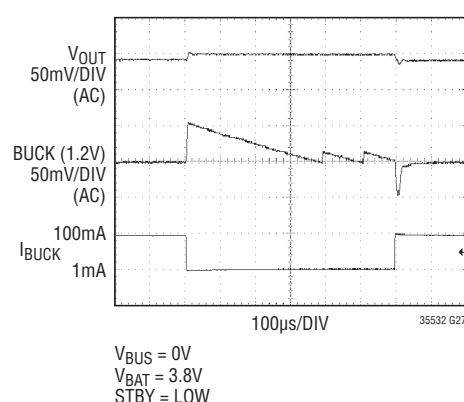
35532 G25

降圧レギュレータの出力過渡 (STBY = "H")



35532 G26

降圧レギュレータの出力過渡 (STBY = "L")

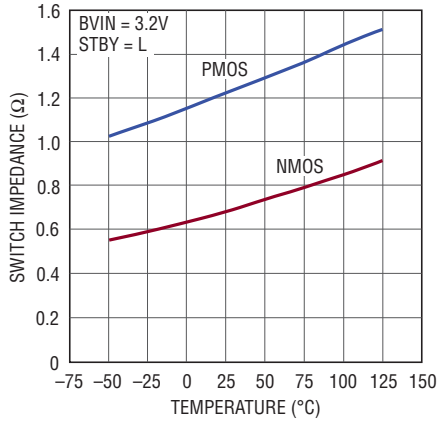


35532 G27

# LTC3553-2

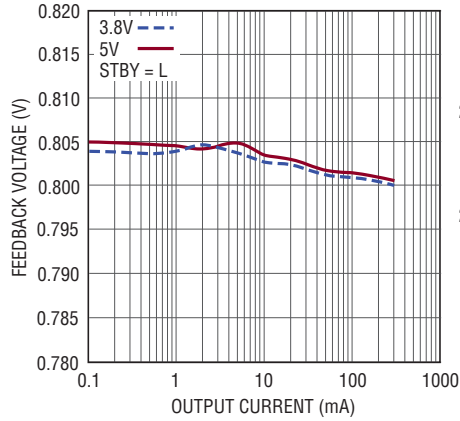
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

降圧レギュレータの  
スイッチ・インピーダンスと温度



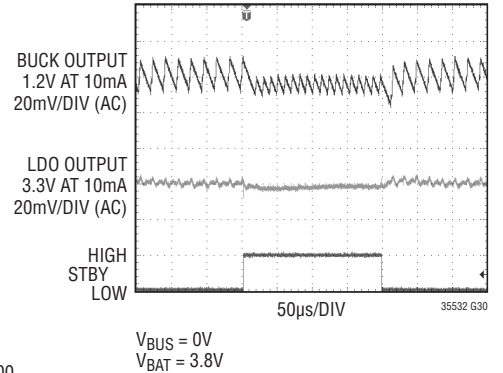
35532 G28

降圧レギュレータの帰還電圧と  
出力電流



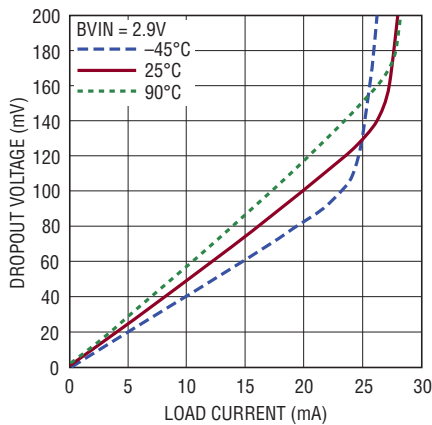
35532 G29

STBY移行時のレギュレータの  
出力過渡



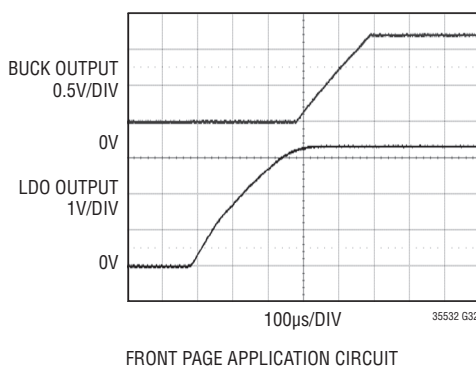
35532 G30

スタンバイ・モード時の降圧  
レギュレータの損失電圧と  
負荷電流



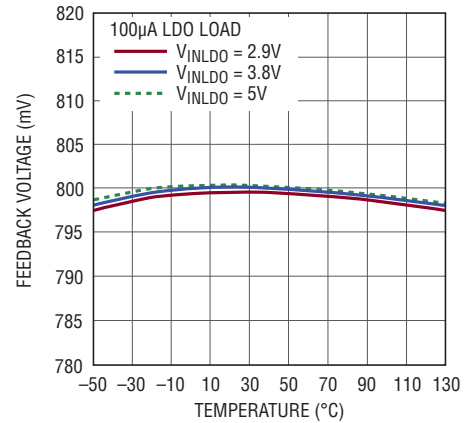
35532 G31

ハードリセットによる  
パワーアップ・シーケンス制御



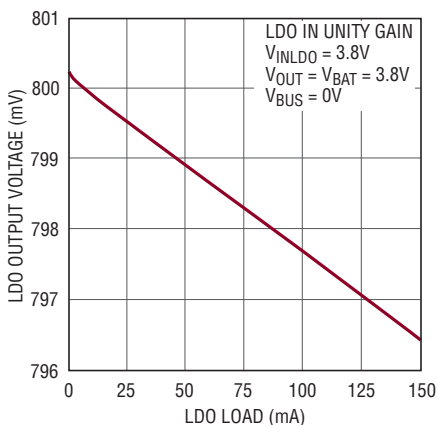
35532 G32

安定化されたLDO帰還電圧と  
温度



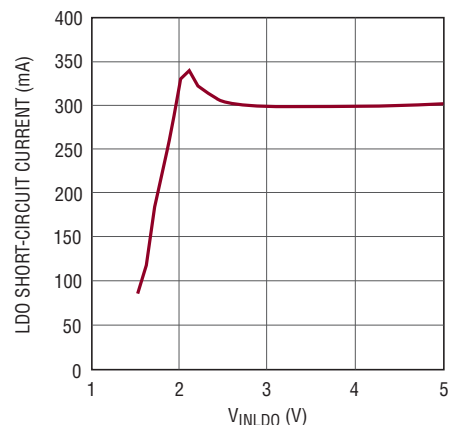
35532 G33

LDOの負荷レギュレーション



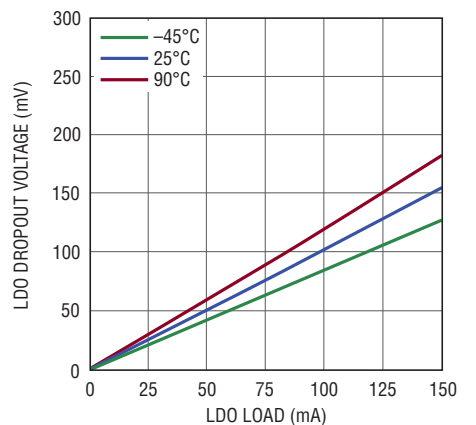
35532 G34

LDOの短絡電流



35532 G35

VINLDO = 3.8V時のLDOの  
損失電圧

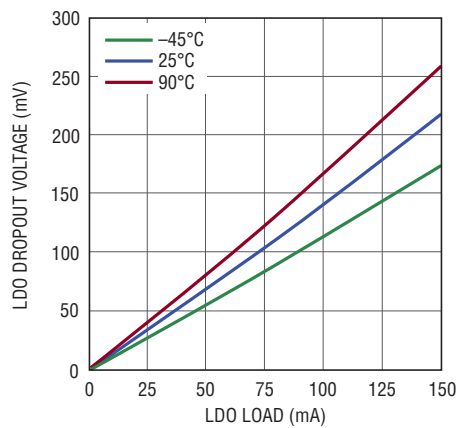


35532 G36

35532f

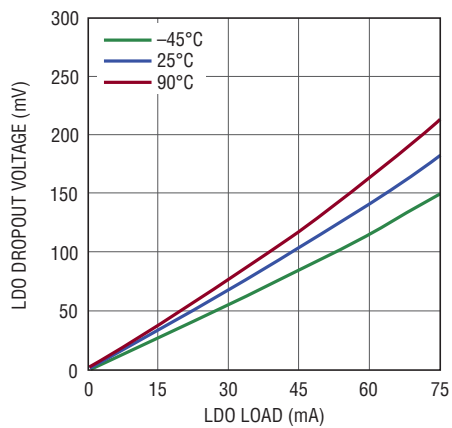
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

$V_{INLDO} = 2.5\text{V}$  時の LDO の  
損失電圧



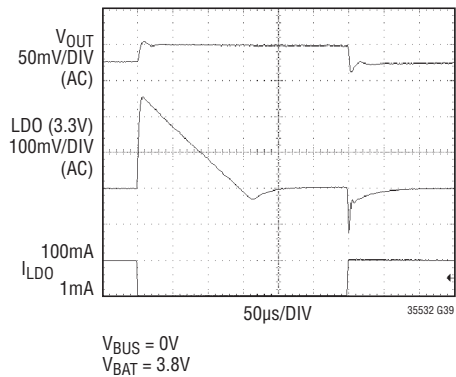
35532 G37

$V_{INLDO} = 1.8\text{V}$  時の LDO の  
損失電圧



35532 G38

LDO の出力過渡



## ピン機能

**HPWR (ピン1) :** 高電力ロジック入力。このピンが“L”の場合、入力電流制限は100mAに設定され、このピンが“H”の場合500mAに設定されます。入力電流制限回路をイネーブルするには、SUSPピンを“L”にする必要があります。このピンは、V<sub>BUS</sub>ピンへの電源印加時の条件付きプルダウン抵抗を備えています。

**PGOOD (ピン2) :** パワーグッド。このオープンドレイン出力は、イネーブルされたすべてのレギュレータが少なくとも1.8msの間安定化状態にあることを示します。

**PBSTAT (ピン3) :** プッシュボタンの状態。このオープンドレイン出力は、 $\overline{\text{ON}}$  プッシュボタン入力をデバウンスしてバッファした出力です。これはマイクロプロセッサの割り込みに使用することができます。

**$\overline{\text{ON}}$  (ピン4) :** プッシュボタン入力。 $\overline{\text{ON}}$  がフロート状態の場合、微弱な内部プルアップによって“H”状態に強制されます。 $\overline{\text{ON}}$  からグラウンドに接続された通常オープン状態のプッシュボタンにより、このピンが“L”状態に強制されます。

**GND (ピン5、露出パッド・ピン21) :** グラウンド。パッケージの露出パッドはグラウンドであり、正しい動作と最大限の熱伝達を確保するため、PC基板に半田付けする必要があります。

**STBY (ピン6) :** スタンバイ・モード。このピンを“H”にすると、降圧レギュレータの静止電流が非常に小さいレベルまで減少しますが、出力電圧レギュレーションは保たれます。このモードでは、降圧レギュレータの負荷電流は最大10mAに制限されます。このピンは有効なロジック・レベルまでドライブする必要があります。このピンはフロート状態にしないでください。

**BUCK\_ON (ピン7) :** 降圧レギュレータをイネーブルするロジック入力。このピンは有効なロジック・レベルまでドライブする必要があります。このピンはフロート状態にしないでください。

**BUCK\_FB (ピン8) :** 降圧レギュレータの帰還入力。制御ループが構成されると、このピンは0.8Vの固定電圧にサーボ制御されます。

**LDO\_FB (ピン9) :** 低損失レギュレータの帰還入力。制御ループが構成されると、このピンは0.8Vの固定電圧にサーボ制御されます。

**LDO (ピン10) :** 低損失(LDO)リニア・レギュレータの出力。このピンは、低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**V<sub>INLDO</sub> (ピン11) :** LDOレギュレータの電源入力ピン。このピンはV<sub>OUT</sub>、または降圧レギュレータの出力などのV<sub>OUT</sub>より低い電源電圧に接続します。このピンは、低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**BVIN (ピン12) :** 降圧レギュレータの電源入力。このピンはV<sub>OUT</sub>ピンに接続することを推奨します。このピンは、低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**SW (ピン13) :** 降圧レギュレータの電力送出(スイッチ)ピン。

**CHRG (ピン14) :** オープン・ドレインの充電状態出力。このピンはバッテリー・チャージャの状態を示します。充電時、このピンは内部で“L”に引き下げられます。バッテリー充電電流が設定された充電電流の1/10未満まで減少すると、このピンは高インピーダンス状態になります。この状態を示すためには、外付けのプルアップ抵抗やLEDが必要です。

**NTC (ピン15) :** NTCピンはバッテリーのサーミスタに接続され、バッテリーの温度が充電するのに高すぎたり低すぎたりしないかを判定します。バッテリーの温度が有効範囲を外れると、バッテリー温度が有効範囲に戻るまで充電が停止されます。V<sub>BUS</sub>からNTCに低ドリフトのバイアス抵抗を接続し、NTCからグラウンドにサーミスタを接続する必要があります。NTC機能が不要な場合は、NTCピンを接地します。

**PROG (ピン16) :** 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。PROGからグラウンドに抵抗を接続することにより、次式で求められる充電電流を設定します。

$$I_{\text{CHG}} (\text{A}) = \frac{750\text{V}}{R_{\text{PROG}}}$$

定電流モードで十分な入力電力を利用できると、このピンは1Vにサーボ制御されます。このピンの電圧は常に実際の充電電流を表します。

**BAT (ピン17) :** 1セル・リチウムイオン・バッテリー・ピン。使用できる電力と負荷に応じて、BATに接続されたりリチウムイオン・バッテリーは理想ダイオードを介してV<sub>OUT</sub>にシステム電源を供給するか、またはバッテリー・チャージャから充電されます。

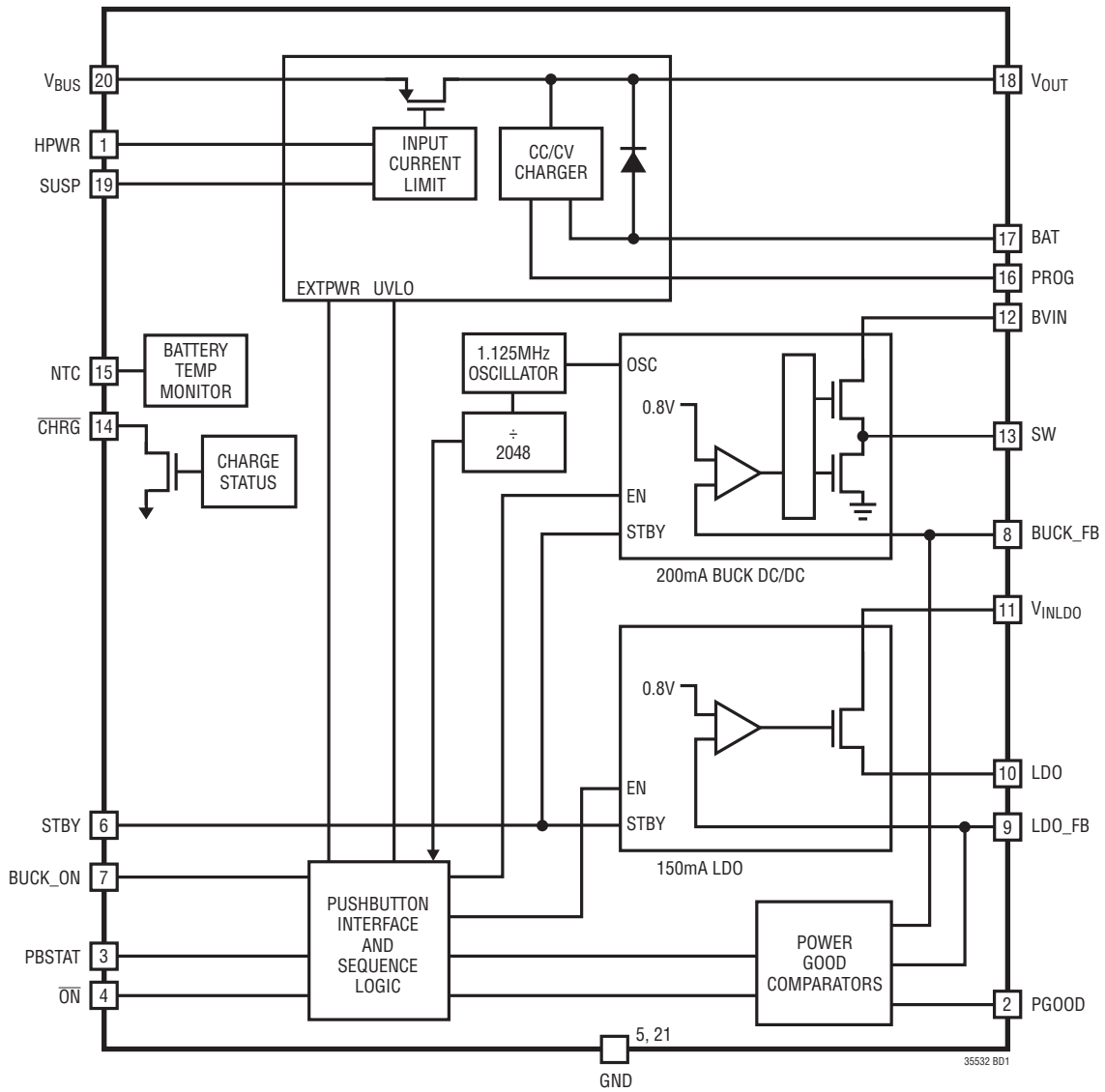
## ピン機能

**V<sub>OUT</sub> (ピン18)** : PowerPath コントローラの出力電圧およびバッテリー・チャージャの入力電圧。大半の携帯機器にはV<sub>OUT</sub>から電力を供給します。LTC3553-2は、V<sub>OUT</sub>の外部負荷と内部バッテリー・チャージャの間で使用できる電力を分割します。外部負荷が優先され、残りの電力を使ってバッテリーを充電します。BATからV<sub>OUT</sub>に接続された理想ダイオードにより、負荷がV<sub>BUS</sub>からの割り当てられた入力電流を超えても、またはV<sub>BUS</sub>電源が取り外されても、V<sub>OUT</sub>に電力が供給されます。V<sub>OUT</sub>は低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**SUSP (ピン19)** : サスペンド・モードのロジック入力。このピンを“H”にすると、入力電流制限経路がディスエーブルされます。この状態では、回路にはV<sub>BUS</sub>ピンからごくわずかな電力が供給されるだけです。V<sub>OUT</sub>ピンのすべての負荷は、内部理想ダイオードを介してバッテリーから電力供給されます。この入力が接地されると、入力電流制限はHPWRピンの状態によって決まる所望の値に設定されます。このピンは、V<sub>BUS</sub>ピンへの電源印加時の条件付きプルダウン抵抗を備えています。

**V<sub>BUS</sub> (ピン20)** : USB 入力電圧。V<sub>BUS</sub>は通常コンピュータのUSBポートまたはACアダプタのDC出力に接続します。V<sub>BUS</sub>は低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

## ブロック図



## 動作

### はじめに

LTC3553-2は、以下の機能を有する高集積パワーマネージメント・デバイスです。

PowerPath コントローラ

バッテリー・チャージャ

理想ダイオード

プッシュボタン・コントローラ

200mA 降圧レギュレータ

常時オンの 150mA 低損失 (LDO) リニア・レギュレータ

PowerPath コントローラは、特に USB アプリケーション向けに設計されており、バッテリー・チャージャと通信を行って入力電流が決して USB 仕様に違反しないようにする高精度入力電流制限機能を搭載しています。BAT から  $V_{OUT}$  に接続された理想ダイオードにより、 $V_{BUS}$  の電力が不十分であったり使用できない場合でも、 $V_{OUT}$  に常に十分な電力を供給できます。LTC3553-2は、2個のレギュレータの制御とシステム・リセットを行うためのプッシュボタン入力も備えています。固定周波数電流モード降圧スイッチング・レギュレータは、200mA を供給し、100% デューティ・サイクル動作のほか、軽負荷時に高効率を得るための Burst Mode 動作に対応しています。スイッチング・レギュレータ用の外付けの補償部品は必要ありません。LDOレギュレータは最大 150mA を供給可能で、少なくとも  $1\mu\text{F}$  のセラミック出力コンデンサで安定します。アプリケーションに柔軟性をもたせるため、LDOレギュレータの電源入力ピン  $V_{INLDO}$  と降圧レギュレータの  $BV_{IN}$  ピンは互いに独立しています。

どちらのレギュレータも最小出力電圧を 0.8V に設定可能で、マイクロコントローラのコア、マイクロコントローラの I/O、メモリなどのロジック回路への電力供給に使用できます。降圧レギュレータは 1.125MHz で動作します。降圧レギュレータは低

消費電力のスタンバイ・モードを備えています。このモードを使用して、バッテリー寿命を延ばすためにバッテリーからの流出電流を極めて少なく抑えながら、重要なキープアライブ回路に電力を供給することができます。

### USB PowerPath コントローラ

LTC3553-2の入力電流制限回路とチャージャ制御回路はバッテリー充電電流を  $I_{VOUT}$  の関数として制御するとともに入力電流を制限するように設計されています。 $V_{OUT}$  は外部負荷、降圧および LDOレギュレータ、バッテリー・チャージャの組み合わせをドライブします。

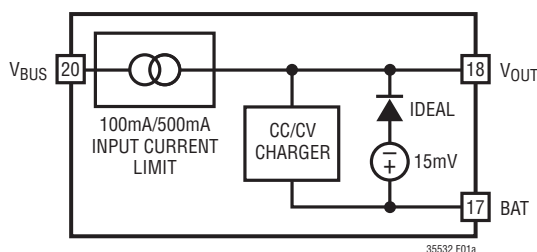
総負荷が設定された入力電流制限を超えない場合、 $V_{OUT}$  は内部の  $350\text{m}\Omega$  Pチャネル MOSFET を介して  $V_{BUS}$  に接続されます。 $V_{OUT}$  の総負荷が設定された入力電流制限を超える場合、バッテリー・チャージャは、設定された入力電流を維持しながら外部負荷を満たすのに必要な分だけ充電電流を低減します。バッテリー充電電流が許容される USB 電流を超える値に設定されても、平均入力電流の USB 仕様に違反することはありません。さらに、 $V_{OUT}$  の負荷電流が常に優先され、利用できる余分の電流だけがバッテリーの充電に使用されます。

入力電流制限は HPWR ピンと SUSP ピンによって設定されます。SUSP ピンが“H”に設定されると、入力電流制限がディスエーブルされます。SUSP ピンが“L”の場合、入力電流制限はイネーブルされます。HPWR ピンが“L”の場合は 100mA の入力電流制限が選択され、“H”の場合には 500mA の入力電流制限が選択されます。

### BAT から $V_{OUT}$ への理想ダイオード

LTC3553-2は、 $V_{OUT}$  が BAT を下回るたびに即座に応答するように設計された、BAT から  $V_{OUT}$  への理想ダイオードを内蔵しています。負荷が入力電流制限を超えて増加すると、理想ダイオードを介してバッテリーから追加電流が引き出されます。さらに、 $V_{BUS}$  への電源 (USB) が取り外されると、アプリケーションの電力はすべて理想ダイオードを介してバッテリーから供給されます。理想ダイオードは十分に高速なので、推奨する出力コンデンサを使用するだけで、 $V_{OUT}$  が大幅に低下するのを防止できます。理想ダイオードは、 $V_{OUT}$  の電圧が BAT の電圧より約 15mV ( $V_{FWD}$ ) 低いときは常に内蔵 Pチャネル MOSFET をイネーブルする、高精度アンプで構成されています。内部理想ダイオードの抵抗は約  $240\text{m}\Omega$  です。

PowerPath の簡略ブロック図



## 動作

### サスペンド・モード

SUSPピンが“H”になると、LTC3553-2はサスペンド・モードに移行してUSB仕様に準拠します。このモードでは、V<sub>BUS</sub>とV<sub>OUT</sub>の間の電力経路は高インピーダンス状態になり、V<sub>BUS</sub>の入力電流を15μAまで低減します。V<sub>OUT</sub>に接続されたシステム負荷には、BATに接続された理想ダイオードを介して電力が供給されます。

### V<sub>BUS</sub>低電圧ロックアウト(UVLO)および低電圧電流制限(UVCL)

内蔵の低電圧ロックアウト回路は、V<sub>BUS</sub>をモニタし、V<sub>BUS</sub>が立ち上がりのUVLOしきい値(3.8V)を超えてV<sub>BAT</sub>を少なくとも200mV上回るまで、入力電流制限回路をオフに保ちます。V<sub>BUS</sub>が3.6Vを下回るか、またはV<sub>BAT</sub>の50mV以内まで低下すると、UVLOのヒステリシスによって入力電流制限回路がオフします。この場合、V<sub>OUT</sub>のシステム電力は理想ダイオードを介してバッテリーから供給されます。抵抗性の入力電源を使用する場合にUVLO状態に入ったり出たりする発振の可能性を最小限に抑えるため、V<sub>BUS</sub>が標準で4.45Vを下回ると入力電流制限値が低下します。

### バッテリー・チャージャ

LTC3553-2には、自動再充電機能付き定電流/定電圧バッテリー・チャージャ、安全タイマによる自動終了、低電圧トリクル充電、不良セル検出、温度範囲外で充電を停止するサーミスタ・センサ入力などが搭載されています。バッテリーの充電サイクルが開始されると、バッテリー・チャージャはまずバッテリーが深放電しているかを確認します。バッテリー電圧がV<sub>TRKL</sub>(標準2.9V)より低いと、自動トリクル充電機能によりバッテリー充電電流が設定値の10%に設定されます。低電圧が0.5時間以上持続すると、バッテリー・チャージャは自動的に停止します。バッテリー電圧が2.9Vを超えると、バッテリー・チャージャはフルパワーの定電流モードで充電を開始します。バッテリーに供給される電流は750V/R<sub>PROG</sub>に達しようとしています。利用可能な入力電力と外部負荷の状態に応じて、バッテリー・チャージャは設定された最大レートで充電できることもあれば、できないこともあります。外部負荷がバッテリー充電電流よりも常に優先されます。USB

電流制限の設定は常に守られ、追加電流だけがバッテリーの充電に使用できます。システム負荷が軽いとき、バッテリー充電電流が最大になります。

### 充電終了

バッテリー・チャージャは安全タイマを内蔵しています。バッテリー電圧がフロート電圧に近づくと、LTC3553-2が定電圧モードに移行するのに従って充電電流が減少し始めます。定電圧モードに移行したことをバッテリー・チャージャが検出すると、4時間の安全タイマが始動します。安全タイマが終了すると、バッテリーの充電が停止し、電流はそれ以上バッテリーに供給されません。

### 自動再充電

バッテリー・チャージャは充電終了後オフ状態を保つので、バッテリーからは数マイクロアンペアの電流しか流れません。携帯機器を長時間この状態にしておくと、バッテリーは最終的に自己放電します。バッテリーが常に満充電になるように、バッテリー電圧がV<sub>RECHRG</sub>(標準4.1V)を下回ると充電サイクルが自動的に開始されます。安全タイマの動作中にバッテリー電圧がV<sub>RECHRG</sub>を下回ると、タイマはゼロにリセットされます。V<sub>RECHRG</sub>を下回る短時間の変動によって安全タイマがリセットしないように、バッテリー電圧を約2msの間V<sub>RECHRG</sub>より低くする必要があります。V<sub>BUS</sub>のUVLOを“L”に戻してから“H”にする(たとえば、V<sub>BUS</sub>を取り外してから付け直す)と、充電サイクルと安全タイマもリスタートします。

### 充電電流

充電電流はPROGからグラウンドに接続された1個の抵抗を使ってプログラムされます。バッテリー充電電流の1/750がPROGに供給され、これによって1.000Vへのサーボ制御が試みられます。このようにして、バッテリー充電電流はPROGピンの電流の750倍に達しようとしています。設定抵抗と充電電流は以下の式を使って算出されます。

$$R_{\text{PROG}} = \frac{750\text{V}}{I_{\text{CHG}}}, I_{\text{CHG}} = \frac{750\text{V}}{R_{\text{PROG}}}$$



## 動作

定電流または定電圧のいずれの充電モードでも、PROGピンの電圧はバッテリーに供給される実際の充電電流に比例します。したがって、実際の充電電流は、PROGピンの電圧をモニタし、次式を使用することによっていつでも決定できます。

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 750$$

多くの場合、使用できる入力電流が制限されており、V<sub>OUT</sub>からシステム負荷に優先して供給されるので、実際のバッテリー充電電流(I<sub>BAT</sub>)はI<sub>CHG</sub>より少なくなります。

### サーマルレギュレーション

デバイスや周辺部品の熱的損傷を防止するため、ダイ温度が約110°Cまで上昇すると、内部サーマルフィードバックループが設定充電電流を自動的に低減します。サーマルレギュレーションによって、LTC3553-2は高電力動作や高周囲温度環境に起因する過度の温度上昇から保護されるので、ユーザはLTC3553-2や外付け部品に損傷を与えることなく、所定の回路基板設計での電力処理能力の限界を押し上げることができます。LTC3553-2のサーマルレギュレーションループの利点は、ワーストケースの条件ではバッテリーチャージャは自動的に電流を減らすという保証があるので、ワーストケースの条件ではなく必要な充電速度に従って充電電流を設定できるということです。

### 充電状態の表示

$\overline{CHRG}$ ピンはバッテリーチャージャの状態を示します。オープン・ドレイン出力の $\overline{CHRG}$ ピンは、電流制限抵抗を介して表示用LEDをドライブして人とのインタフェースを行うか、または単にプルアップ抵抗をドライブしてマイクロプロセッサとのインタフェースを行うことができます。充電が開始されると、 $\overline{CHRG}$ は“L”になり、通常の充電サイクルの間“L”に保たれます。充電が完了する(つまりチャージャが定電圧モードに移行し、充電電流が設定値の1/10まで低下する)と、 $\overline{CHRG}$ ピンは開放されます(高インピーダンス)。V<sub>OUT</sub>ピンの過負荷によってLTC3553-2が充電電流を低減すると、 $\overline{CHRG}$ ピンは

C/10しきい値に応答しません。これにより、バッテリーチャージャが利用可能な電力の不足によって誤って充電終了が表示されるのを防ぎます。NTCフォルトの間に充電が停止しても、 $\overline{CHRG}$ ピンは“L”の状態を保って充電が完了していないことを示します。

### バッテリーチャージャの安定性に関する検討事項

LTC3553-2のバッテリーチャージャは、定電圧と定電流のどちらの制御ループも備えています。定電圧ループはバッテリーが低インピーダンスのリード線で接続されているときは補償がなくても安定しています。ただし、リード線が長すぎると、大きな直列インダクタンスが加わり、BATからGNDに少なくとも1μFのバイパス・コンデンサが必要になることがあります。さらに、バッテリーを接続しない動作が許容される場合、リップル電圧を低く抑えるため、BATからGNDに100μFの1210セラミック・コンデンサを0.3Ω抵抗と直列に接続する必要があります。

大容量の低ESR積層セラミックチップ・コンデンサでは、定電圧ループの位相マージンが減少するので、不安定になる可能性があります。最大22μFのセラミック・コンデンサをバッテリーと並列に接続できますが、コンデンサの容量が大きい場合には0.2Ω～1Ωの直列抵抗を使用してデカップリングする必要があります。

定電流モードでは、バッテリー電圧ではなくPROGピンが帰還ループを構成します。PROGピンのどんな容量によっても追加のポールが生じるので、このピンの容量を最小に抑える必要があります。PROGピンに追加の容量がなければ、バッテリーチャージャは最大25kまでの設定抵抗値で安定します。ただし、このノードの容量が増えると、最大許容設定抵抗が小さくなります。PROGピンのポール周波数は100kHzより高くします。したがって、PROGピンに寄生容量(C<sub>PROG</sub>)がある場合、次式を使用してR<sub>PROG</sub>の最大抵抗値を算出します。

$$R_{PROG} \leq \frac{1}{2\pi \cdot 100\text{kHz} \cdot C_{PROG}}$$

## 動作

## NTCサーミスタ

バッテリーの温度は負温度係数(NTC)サーミスタをバッテリー・パックの近くに配置して測定します。この機能を使用するには、図1に示すように、NTCピンとグランドの間にNTCサーミスタ  $R_{NTC}$  を接続し、 $V_{BUS}$  からNTCにバイアス抵抗  $R_{NOM}$  を接続します。 $R_{NOM}$  は、選択したNTCサーミスタの25°Cでの値( $R_{25}$ )に等しい値の1%抵抗にします。NTCサーミスタの抵抗値が $R_{25}$ の値の0.54倍、つまり約54k (Vishayの曲線1のサーミスタの場合、この値は約40°Cに相当)に減少すると、LTC3553-2は充電を一時停止します。バッテリー・チャージャが定電圧モードの場合、サーミスタが有効温度に戻ったことを示すまで安全タイマも一時停止します。温度が下がるにつれて、NTCサーミスタの抵抗値が増加します。LTC3553-2は、NTCサーミスタの値が $R_{25}$ の値の3.17倍まで増加したときにも充電を一時停止するように設計されています。Vishayの曲線1のサーミスタの場合、この抵抗(317k)は約0°Cに相当します。高温コンパレータと低温コンパレータはそれぞれ約3°Cのヒステリシスをもっており、トリップ点の近くでの発振を防ぎます。

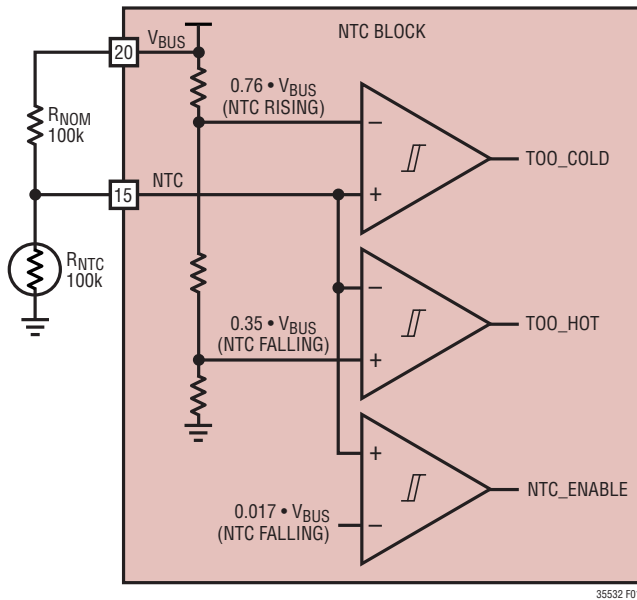


図1. 標準的なNTCサーミスタ回路

## 代わりにのNTCサーミスタとバイアス

片側が接地されたサーミスタとバイアス抵抗をNTCピンに接続すると、LTC3553-2は温度による充電制御を行います。サーミスタの室温抵抗値( $R_{25}$ )に等しい値のバイアス抵抗を使用することにより、高温と低温のしきい値がそれぞれ約40°Cと0°Cにあらかじめ設定されます (Vishayの曲線1のサーミスタを想定)。

高温と低温のしきい値はバイアス抵抗の値を変えるか、または2本目の調整抵抗を回路に追加することによって調整できます。バイアス抵抗だけを調整すると、高温または低温のいずれかのしきい値を変更できますが、両方を変更することはできません。他方のトリップ・ポイントはサーミスタの特性によって決まります。調整抵抗に加えてバイアス抵抗を使用すると、高温しきい値と低温しきい値の差を縮めることはできないという制約はありますが、高温と低温のトリップ・ポイントを個別に設定できます。各手法の例を下に示します。

NTCサーミスタには、抵抗-温度変換表で示される温度特性があります。次の例で使用されるVishay-DaleのサーミスタNTHS0603N011-N1003Fは、公称値が100kで、Vishayの曲線1の抵抗-温度特性に従います。

以下の説明では、次の表記を使用します。

$R_{25}$  = 25°Cでのサーミスタの値

$R_{NTC|COLD}$  = 低温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

$R_{NTC|HOT}$  = 高温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

$r_{COLD}$  =  $R_{25}$ に対する $R_{NTC|COLD}$ の比

$r_{HOT}$  =  $R_{25}$ に対する $R_{NTC|HOT}$ の比

$R_{NOM}$  = サーミスタの初期バイアス抵抗 (図2を参照)

$R_1$  = オプションの温度範囲調整抵抗 (図2を参照)

## 動作

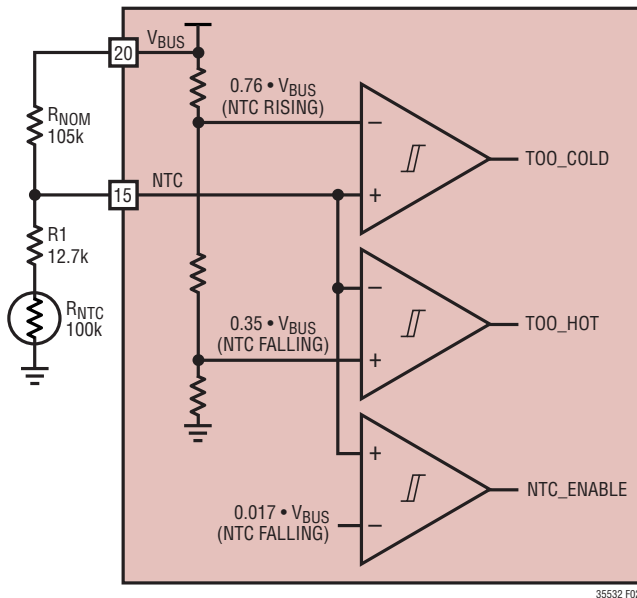


図2. バイアス抵抗を追加したNTCサーミスタ回路

LTC3553-2の温度条件のトリップ・ポイントは、高温しきい値では $0.35 \cdot V_{BUS}$ に、低温しきい値では $0.76 \cdot V_{BUS}$ に内部設定されます。

したがって、高温トリップ・ポイントは次の場合に設定されます。

$$\frac{R_{NTC|HOT}}{R_{NOM} + R_{NTC|HOT}} \cdot V_{BUS} = 0.35 \cdot V_{BUS}$$

また低温トリップ・ポイントは次の場合に設定されます。

$$\frac{R_{NTC|COLD}}{R_{NOM} + R_{NTC|COLD}} \cdot V_{BUS} = 0.76 \cdot V_{BUS}$$

これらの式を解いて $R_{NTC|COLD}$ と $R_{NTC|HOT}$ を求めると次のようになります。

$$R_{NTC|HOT} = 0.538 \cdot R_{NOM}$$

および

$$R_{NTC|COLD} = 3.17 \cdot R_{NOM}$$

$R_{NOM}$ を $R_{25}$ に等しい値に設定すると、上の式から $r_{HOT} = 0.538$ および $r_{COLD} = 3.17$ となります。これらの比をVishayの抵抗-温度曲線1のグラフに当てはめると、約 $40^{\circ}\text{C}$ の高温トリップ・ポイントおよび約 $0^{\circ}\text{C}$ の低温トリップ・ポイントが得られます。高温トリップ・ポイントと低温トリップ・ポイントの差は約 $40^{\circ}\text{C}$ です。

$R_{25}$ と値の異なるバイアス抵抗( $R_{NOM}$ )を使用することにより、高温トリップ・ポイントと低温トリップ・ポイントをどちらの方向にも移動させることができます。サーミスタの非直線性により、温度スパンはいくらか変化します。次の式を使用してバイアス抵抗の新たな値を容易に算出できます。

$$R_{NOM} = \frac{r_{HOT}}{0.538} \cdot R_{25}$$

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD}}{3.17} \cdot R_{25}$$

ここで、 $r_{HOT}$ および $r_{COLD}$ は所期の高温トリップ・ポイントおよび低温トリップ・ポイントでの抵抗の比です。これらの式には相関があることに注意してください。したがって、2つのトリップ・ポイントの一方だけを個別に設定することが可能で、他方はデバイスに組み込まれているデフォルトの比によって決まります。

高温トリップ・ポイントを $60^{\circ}\text{C}$ にしたい場合の例を検討します。Vishayの曲線1のR-T特性から、 $60^{\circ}\text{C}$ での $r_{HOT}$ は0.2488になります。上の式を使用するときは、 $R_{NOM}$ を46.4kに設定します。この $R_{NOM}$ の値では、低温トリップ・ポイントは約 $16^{\circ}\text{C}$ です。スパンは前述の $40^{\circ}\text{C}$ ではなく $44^{\circ}\text{C}$ になることに注目してください。これは、サーミスタの温度利得が、絶対温度が上昇するに従って低下するからです。

図2に示すように、バイアス抵抗を追加することによって、高温と低温のトリップ・ポイントを個別に設定できます。次の式を使用して $R_{NOM}$ および $R_1$ の値を算出することができます。

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD} - r_{HOT}}{2.714} \cdot R_{25}$$

$$R_1 = 0.536 \cdot R_{NOM} - r_{HOT} \cdot R_{25}$$

たとえば、トリップ・ポイントを $0^{\circ}\text{C}$ と $45^{\circ}\text{C}$ に設定するには、Vishayの曲線1のサーミスタを次のように決定します。

$$R_{NOM} = \frac{3.266 - 0.4368}{2.714} \cdot 100\text{k} = 104.2\text{k}$$

最も近い1%値は105kです。

$$R_1 = 0.536 \cdot 105\text{k} - 0.4368 \cdot 100\text{k} = 12.6\text{k}$$

最も近い1%値は12.7kです。最終的なソリューションは図2に示されており、高温のトリップ・ポイントは $45^{\circ}\text{C}$ 、低温のトリップ・ポイントは $0^{\circ}\text{C}$ になります。

## 動作

## 降圧レギュレータ

## はじめに

LTC3553-2は、固定周波数の電流モード200mA降圧レギュレータを搭載しています。軽負荷では、レギュレータは自動的にBurst Mode動作に移行して高効率を維持します。

電流がゼロに近いスリープ・モードまたはメモリ・キープアライブ・モードを使用するアプリケーションでは、LTC3553-2の降圧レギュレータに、わずか1.5μAの静止電流で出力を安定に保つスタンバイ・モードに移行するように指示することができます。このモードの場合、負荷能力は10mAまで低下します。

降圧レギュレータはプッシュボタン・インタフェースにより、イネーブル、ディスエーブルおよびシーケンス制御されます(詳細については「プッシュボタン・インタフェース」のセクションを参照)。降圧レギュレータの入力電源(BVIN)は、システム電源ピン(VOUT)に接続することを推奨します。これを推奨するのは、VOUTの電圧がVOUT UVLOのしきい値を下回るとVOUTピンの低電圧ロックアウト回路(VOUT UVLO)が降圧レギュレータをディスエーブルするからです。降圧レギュレータの入力電源をVOUT以外の電圧から供給する場合、レギュレータは規定された動作電圧範囲を外れる動作は保証されていないので、この範囲外で動作させてはなりません。

## 出力電圧の設定

降圧レギュレータの応用回路を図3に示します。降圧レギュレータの出力電圧は、降圧レギュレータの出力から帰還ピン(BUCK\_FB)に接続した抵抗分割器を使用して、次式のように設定します。

$$V_{\text{BUCK}} = 0.8\text{V} \cdot \left( \frac{R1}{R2} + 1 \right)$$

R1の標準値は最大2.2MΩです。(R1 + R2)は最大3MΩです。コンデンサC<sub>FB</sub>は帰還抵抗とBUCK\_FBピンの入力容量によって生じるポールをキャンセルし、0.8Vをはるかに上回る出力電圧の過渡応答を改善するのにも役立ちます。C<sub>FB</sub>には様々なサイズのコンデンサを使用することができますが、大部分のアプリケーションには10pFの値を推奨します。2pF~22pF

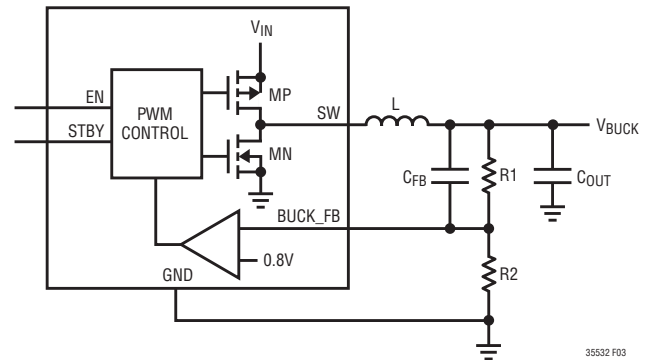


図3. 降圧レギュレータの応用回路

の容量のコンデンサで実験すると、過渡応答が改善される場合があります。

## 通常降圧動作モード(STBYピンが“L”)

通常モード(STBYピンが“L”)では、降圧レギュレータは普通の固定周波数電流モード・スイッチング・レギュレータとして動作します。スイッチング周波数は1.125MHzで動作する内部発振器によって決まります。各発振サイクルの開始点で内部ラッチがセットされ、メインPチャネルMOSFETスイッチをオンします。各サイクルで、電流コンパレータがインダクタ電流をエラーアンプの出力と比較します。電流コンパレータの出力が内部ラッチをリセットするので、メインPチャネルMOSFETスイッチがオフし、NチャネルMOSFET同期整流器がオンします。NチャネルMOSFET同期整流器は、クロック・サイクルの終了時か、またはNチャネルMOSFET同期整流器を流れる電流がゼロまで低下したときのいずれか早い時点でオフします。このメカニズムを使用して、エラーアンプはピーク・インダクタ電流を調節し、必要な出力電力を供給します。必要な補償機能はすべて降圧レギュレータに内蔵されているので、1個のセラミック出力コンデンサを使用するだけで安定させることができます。

軽負荷および無負荷状態では、降圧レギュレータは、スイッチを間欠的に駆動してスイッチング損失を最小限に抑える、ヒステリシスをもった省電力制御アルゴリズムに自動的に切り替わります。これはBurst Mode動作として知られていますが、降圧レギュレータはパワー・スイッチのオン/オフを何回も繰り返

## 動作

し、レギュレーション・ポイントをわずかに上回る電圧まで出力コンデンサを充電します。次いで、降圧レギュレータは低静止電流のスリープ・モードに移行します。この状態では、電力損失が最小限に抑えられ、負荷電流が出力コンデンサから供給されます。出力電圧が所定の値を下回るたびに、降圧レギュレータはスリープ・モードから復帰し、出力コンデンサの電圧が再度レギュレーション・ポイントをわずかに上回るまで再度スイッチのオン/オフを繰り返します。負荷電流によって出力コンデンサの放電速度が決まるので、スリープ時間は負荷電流に依存します。

### スタンバイ・モードの降圧動作(STBYピンが“H”)

低静止電流のBurst Mode動作でも電流が十分に小さくない状況があります。たとえば、スタティック・メモリのキープアライブの場合、負荷電流は1 $\mu$ Aを大きく下回ります。この場合は、Burst Mode動作時のBVIN静止電流(標準22 $\mu$ A)が、バッテリーの動作時間を決定する主要因になります。

スタンバイ・モードではBVINの静止電流をわずか1.5 $\mu$ Aまで減少させ、この実質的に無負荷の動作領域でのバッテリーの動作時間を大幅に延長します。応用回路は、STBYピンのロジック入力を通じてLTC3553-2にスタンバイ・モードへの移行やスタンバイ・モードからの復帰を指示します。STBYピンを“H”にすることによってレギュレータがスタンバイ・モードになり、“L”にすることによってBurst Mode動作に復帰します。スタンバイ・モードでは、降圧レギュレータの負荷能力は10mAまで低下します。

スタンバイ・モードでは、降圧レギュレータはヒステリシスをもった動作をします。BUCK\_FBピンの電圧が0.8Vの内部リファレンスを下回ると、BVINからSWへの電流源がオンし、スイッチング・レギュレータの出力コンデンサと負荷にインダクタを介して電流を供給します。FBピンの電圧がリファレンスに小さなヒステリシス電圧を加えた値を上回ると、この電流は遮断されます。このようにして、出力レギュレーションが維持されます。

BVINからSWへの電力の供給が低インピーダンスのMOSFETスイッチを介してではなく高インピーダンスの電流源を介して行われるので、電力損失はスイッチング・レギュレータの場合とは異なり、低損失(LDO)リニア・レギュレータの場合のように、負荷電流に応じて変わります。レギュレータの静止電流が電力損失を左右する負荷がゼロに近い状態では、スタンバイ・モードが最適です。ただし、負荷電流が少しでも

流れる場合には、Burst Mode動作の全体的な変換効率が最高になります。

### シャットダウン

降圧レギュレータに対しては、プッシュボタン・インタフェースを介してシャットダウンとイネーブルが行われます。シャットダウン時には、BVINピンから流れるリーク電流はわずか数ナアンペアです。また、スイッチ・ピンからグラウンドに接続された10k抵抗を使用して出力のプルダウンを行います。

### ドロップアウト動作

降圧レギュレータの入力電圧を設定された出力電圧の近くまたはそれより下まで低下させることは可能です(たとえば、設定された出力電圧が3.3Vでバッテリー電圧が3.4V)。この状態が生じると、PMOSスイッチのデューティ・サイクルは100%まで増加し、スイッチを連続的にオンさせます。これはドロップアウト動作と呼ばれ、出力電圧は、レギュレータの入力電圧から内部PチャネルMOSFETとインダクタの電圧降下を差し引いた電圧に等しくなります。

### ソフトスタート動作

通常動作モードでは、500 $\mu$ sの間、降圧レギュレータの最大許容ピーク・インダクタ電流を徐々に増加することによってソフトスタートが行われます。これによって出力がゆっくり立ち上がるので、出力コンデンサを充電するのに必要な突入電流を最小限に抑えることができます。降圧レギュレータがイネーブルされるたびにソフトスタート・サイクルが生じます。

ソフトスタートは通常動作時のみで行われ、スタンバイ・モードで行われることはありません。レギュレータがBVINからSWへの電流源を間欠的にオンさせる動作をするので、スタンバイ・モード動作はすでに本質的に電流制限されています。出力にグリッチが生じないようにするため、レギュレータの動作時にSTBYピンの状態を変化させても、新たなソフトスタート・サイクルをトリガすることはありません。

### インダクタの選択

多くのメーカーからサイズと形状の異なるインダクタが豊富に提供されています。このように多様なデバイスから最適なインダクタを選択するのは容易ではありませんが、いくつかの基本的なガイドラインに従うと、選択過程がはるかに簡単になります。

## 動作

インダクタ値は必要な出力電圧に基づいて選択しなければなりません。表1を参照してください。降圧スイッチング・レギュレータに適したインダクタのいくつかを表3に示します。これらのインダクタは、電流定格、DCR、物理的寸法の間でうまく妥協が図られています。インダクタの品揃えの詳細については各メーカーへ問い合わせてください。

インダクタ値を大きくするとリップル電流が低減され、出力リップル電圧が改善されます。インダクタ値を小さくするとリップル電流が増加し、過渡応答時間は改善されますが、供給可能な出力電流は減少します。効率を最大にするには、低DC抵抗のインダクタを選択します。

最大負荷電流の少なくとも1.5倍のDC電流定格を備えたインダクタを選択し、通常動作時にインダクタが飽和しないようにします。出力の短絡の可能性がある場合には、降圧コンバータで規定された最大ピーク電流を処理する定格のインダクタを使用します。

コアの材質と形状が異なると、インダクタのサイズ/電流の関係および価格/電流の関係が変化します。フェライトやパーマロイを素材とするトロイド・コアやシールドされた壺型コアは小型で、エネルギー放射は大きくありませんが、類似の電気

的特性を有する鉄粉コアのインダクタより一般に高価です。非常に薄いか、または体積が非常に小さいインダクタは通常、コア損失とDCR損失が非常に大きくなるので、最高の効率は得られません。使用するインダクタの種類は、多くの場合、降圧レギュレータの動作要件よりも、価格対サイズ、性能、放射EMIの要件に応じて選択されます。

インダクタ値はBurst Mode動作にも影響を及ぼします。インダクタ値が小さいと、Burst Modeのスイッチング周波数が上昇します。

### 入力/出力コンデンサの選択

降圧レギュレータの入力電源とともに降圧レギュレータの出力には、低ESR(等価直列抵抗)のセラミック・コンデンサを使用します。X5RやX7Rのセラミック・コンデンサは他のセラミック・コンデンサのタイプに比べて広い電圧範囲と温度範囲で容量を維持するので、X5RやX7Rのみを使用します。過渡応答と安定性を良好にするには、出力コンデンサは全動作温度とバイアス電圧にわたって少なくとも4 $\mu$ Fの容量を維持する必要があります。一般に、妥当な出発点として10 $\mu$ Fの出力コンデンサを使用します。

表1. インダクタ値の選択

必要な出力電圧	推奨するインダクタ値
1.8V以下	10 $\mu$ H
1.8V ~ 2.5V	6.8 $\mu$ H
2.5V ~ 3.3V	4.7 $\mu$ H

表2. セラミック・コンデンサのメーカー

AVX	www.avxcorp.com
Murata	www.murata.com
Taiyo Yuden	www.t-yuden.com
Vishay Siliconix	www.vishay.com
TDK	www.tdk.com

表3. 降圧レギュレータ用の推奨インダクタ

インダクタの製品番号	L( $\mu$ H)	最大 $I_{DC}$ (A)	最大DCR( $\Omega$ )	サイズ(L×W×H)(mm)	メーカー
1117AS-4R7M	4.7	0.64	0.18*	3.0×2.8×1.0	Toko www.toko.com
1117AS-6R8M	6.8	0.54	0.250*		
1117AS-100M	10	0.45	0.380*		
CDRH2D11BNP-4R7N	4.7	0.7	0.248	3.0×3.0×1.2	Sumida www.sumida.com
CDRH2D11BNP-6R8N	6.8	0.6	0.284		
CDRH2D11BNP-100N	10	0.48	0.428		
SD3112-4R7-R	4.7	0.8	0.246*	3.1×3.1×1.2	Cooper www.cooperet.com
SD3112-6R8-R	6.8	0.68	0.291*		
SD3112-100-R	10	0.55	0.446*		
EPL2014-472ML_	4.7	0.88	0.254	2.0×1.8×1.4	Coilcraft www.coilcraft.com
EPL2014-682ML_	6.8	0.8	0.316		
EPL2014-103ML_	10	0.6	0.459		

\* = 標準的なDCR

## 動作

スイッチング・レギュレータの入力電源は2.2μFのコンデンサでバイパスします。セラミック・コンデンサの品揃えと仕様の詳細についてはメーカーにお問い合わせください。現在、高さが制限された設計に使用するのに最適な非常に薄い(高さ1mm未満)セラミック・コンデンサが多くのメーカーから提供されています。セラミック・コンデンサのメーカーを数社表2に示します。

### 常時オンの低損失リニア・レギュレータ(LDO)

LDOレギュレータは最大150mAの負荷に対応します。LDOはV<sub>INLDO</sub>ピンから電力を取り込み、LDO\_FB帰還ピンの電圧を0.8Vにすることを目標にLDO出力ピンをドライブします。通常、制御ループを閉じて出力電圧を設定するために、LDOの出力ピン、帰還ピン、グラウンドの間に抵抗分割器を接続します。安定させるため、LDO出力は最小1μFのセラミック・コンデンサでグラウンドにバイパスする必要があります。

LDOは、LTC3553-2がハード・リセット状態にないときは常にイネーブルされています。ハード・リセット状態では、内部ブルダウン抵抗がスイッチを介して接続されて出力をグラウンド電位にします。LDOがイネーブルされると、ソフトスタート回路がレギュレーション・ポイントをゼロから最終値まで約0.2msをかけて次第に上昇させ、V<sub>INLDO</sub>の必要な突入電流を低減します。

LDOには2つの入力電圧要件があります。LDOの静止バイアス電流は、USB PowerPathのV<sub>OUT</sub>ピンへの内部接続により供給されます。LDOの電力はV<sub>INLDO</sub>ピンから取り込まれます。LDOを適正に動作させるには、V<sub>INLDO</sub>ピンをV<sub>OUT</sub>以下の電圧に接続する必要があります。V<sub>OUT</sub>を超える電圧にV<sub>INLDO</sub>を接続すると、安定しなくなる可能性があります。

### 出力電圧の設定

LDOレギュレータの応用回路を図4に示します。次のようにR1とR2を選択することにより、LDO出力電圧(V<sub>LDO</sub>)を設定します。

$$V_{LDO} = 0.8V \cdot \left( \frac{R1}{R2} + 1 \right)$$

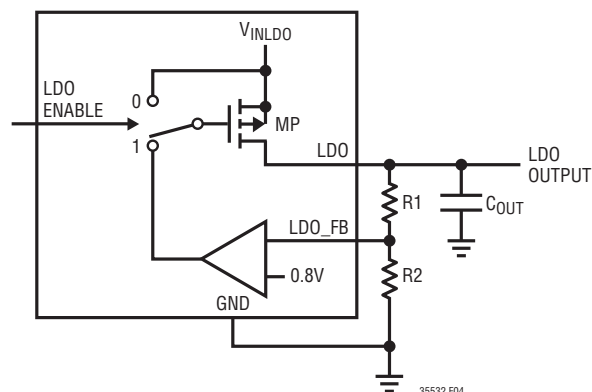


図4. LDOレギュレータの応用回路

### PGOOD動作

PGOODピンは、イネーブルされたすべてのレギュレータがその最終的な安定化電圧に達したことを示すオープンドレイン出力です。このピンは、イネーブルされたすべてのレギュレータがその安定化値の92%に達してから1.8ms後に高インピーダンスになります。この遅延は、外部プロセッサが自己をリセットするための時間を提供します。PGOODは、降圧レギュレータが電力を供給するマイクロプロセッサに対するパワーオン・リセットとして使用することができます。PGOODはオープンドレイン出力なので、適切な電源へのプルアップ抵抗が必要です。推奨される方法は、ハード・リセット状態の間に電力が消費されないように、LDOの出力またはV<sub>OUT</sub>ピンにプルアップ抵抗を接続することです。

### V<sub>OUT</sub>低電圧ロックアウト(V<sub>OUT</sub> UVLO)

V<sub>OUT</sub>ピンの電圧が約2.6Vを下回ると、USB PowerPathのV<sub>OUT</sub>ピンの低電圧ロックアウト回路が降圧およびLDOの両方のレギュレータをシャットダウンしてイネーブルしないようにします。

### 降圧レギュレータのUVLOに関する検討事項

降圧レギュレータの入力電源(BVINピン)は、USB PowerPath出力(V<sub>OUT</sub>ピン)に直接接続することを推奨します。この接続を使用して、V<sub>OUT</sub> UVLOにより、降圧レギュレータが安定性を損なうなどの好ましくない動作を生じる可能性のある低入

## 動作

力電源電圧で動作しないようにします。降圧レギュレータの入力が $V_{OUT}$ ピン以外から供給されるアプリケーションの場合、規定された $BVIN$ 入力電源範囲外での降圧レギュレータの動作は保証されていないので、降圧レギュレータがこの範囲外で動作しないように別の対策を講じる必要があります。

### LDOレギュレータのUVLOに関する検討事項

LDOレギュレータのバイアス電流は、USB PowerPathの $V_{OUT}$ ピンへの内部接続により供給されます。 $V_{OUT}$ が約2.6Vを下回ると、バイアス電源電圧が低すぎることによってLDOレギュレータが不適切な動作をしないように、 $V_{OUT}$  UVLOはLDOレギュレータをシャットダウンします。

LDOの電源入力ピン( $V_{INLDO}$ )は、わずか1.65Vでドライブ可能です。ただし、この要件を強制するUVLOは備わっていません。したがって、適切に動作させるため、 $V_{INLDO}$ をUSB PowerPathの $V_{OUT}$ ピンに接続することを推奨します。

## プッシュボタン・インタフェース

### 状態図/動作

LTC3553-2のプッシュボタン状態図を図5に示します。プッシュボタンのステート・マシンは1.82ms周期のクロックを備えています。

$V_{BUS}$ またはBATに電源が最初に印加されると、内部パワーオン・リセット(POR)信号によってプッシュボタン回路がパ

ワーダウン(PDN1)状態になります。PDN1状態になった1秒後、プッシュボタン回路はハード・リセット(HR)状態に移行します。

HR状態では、すべての電源がディスエーブルされます。PowerPath回路は超低静止電流状態になり、バッテリー流出を最小限に抑えます。外部充電電源( $V_{BUS}$ )がない場合、理想ダイオードがシャットダウンし、BATから $V_{OUT}$ を切り離してバッテリー流出をさらに最小限に抑えます。HR状態は超低消費電力なのでバッテリー流出が最小限に抑えられ、出荷や長期間の保管に最適です。

以下のイベントにより、ステート・マシンはHRからパワーアップ(PUP1)状態に移行します。

$\overline{ON}$ 入力が400msの間“L”(PB400MS)

外部電源の印加(EXTPWR)

PUP1状態になると、プッシュボタン回路はLDOレギュレータと降圧レギュレータをシーケンス・アップします。LDOの帰還電圧が安定状態に近づく、降圧レギュレータがイネーブルされます。

PUP1状態のときは、BUCK\_ON入力は無視されます。ステート・マシンはPUP1状態を5秒間維持します。この5秒間は、レギュレータから電力供給されるアプリケーションのマイクロプロセッサがBUCK\_ONのブートとアサートを行う時間です。PUP1状態になってから5秒後、プッシュボタン回路は自動的にパワーオン(PON)状態に移行します。

PON状態では、BUCK\_ONピンによっていつでも降圧レギュレータをイネーブルまたはシャットダウンすることができます。降圧レギュレータのイネーブル状態を維持するには、BUCK\_ONを“H”にする必要があります。PON状態を保つには、応用回路はBUCK\_ON入力を“H”にしておく必要があります。そうしないと、ステート・マシンはパワーダウン(PDN2)状態になります。

BUCK\_ONが“L”になるか、または $V_{OUT}$ が低電圧ロックアウト( $V_{OUT}$  UVLO)のしきい値まで低下すると、ステート・マシンはPON状態からパワーダウン(PDN2)状態に移行します。パワーダウン状態(PDN2)のときは、BUCK\_ONピンの状態に関係なく降圧レギュレータはディスエーブルされたままになります。ステート・マシンは、自動的にパワーオフ(POFF)状態になる前に、1秒間パワーダウン状態を保ちます。この1秒の遅

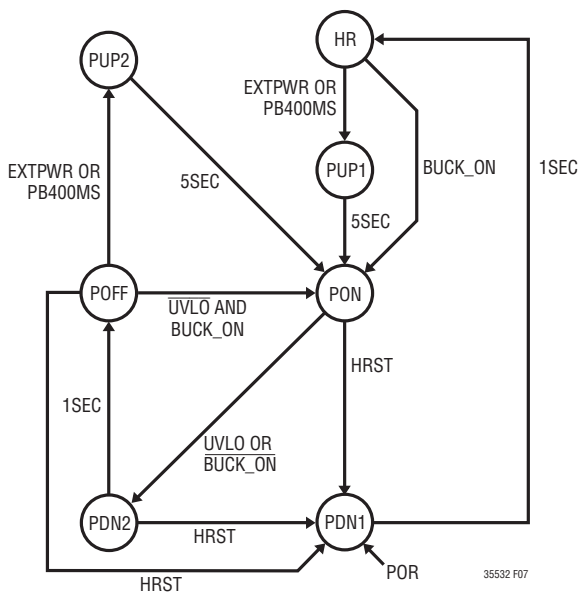


図5. プッシュボタン状態図



## 動作

延により、降圧レギュレータの出力が再イネーブル可能になる前に完全にパワーダウンする時間が得られます。

ハード・リセット (HR) 状態からの復帰に使用されるのと同じイベントが、POFF 状態から PUP2 状態に移行するのにも使用されます。PUP2 状態は前述の PUP1 状態と同じように動作します。

BUCK\_ON 入力の状態に関係なく、どちらのレギュレータも 5 秒のパワーアップ (PUP1 または PUP2) の間パワーアップ状態を維持します。

HR 状態または POFF 状態のとき、BUCK\_ON ピンが “H” になると、プッシュボタン回路はパワーアップ (PUP1 または PUP2) 状態を経由することなく、直接 PON 状態になります。

$V_{BUS}$  電源が使用されていることによって PowerPath がまだイネーブルされていない場合、HR 状態から BUCK\_ON ピンを “H” にして PowerPath をイネーブルします。これにより、 $V_{BUS}$  または BAT から  $V_{OUT}$  ピンをパワーアップします。 $V_{OUT}$  電圧が  $V_{OUT}$  UVLO のしきい値を上回ると、ステート・マシンが HR 状態から PON 状態に移行します。このとき、LDO レギュレータと降圧レギュレータの両方が同時にオンします。

14 秒間プッシュボタンを押したままにすること ( $\overline{ON}$  入力 が “L”) により、ハード・リセット (HRST) イベントが生じます。有効な HRST イベントを生じさせるためには、ボタンを PUP1、PUP2、PON のいずれかの状態で押し始める必要がありますが、どの状態で離すこともできます。PON、PDN2、POFF のいずれかの状態で有効な HRST イベントが存在する場合、ステート・マシンは PDN1 状態に移行してから 1 秒後に HR 状態に移行します。

### デバウンスされたプッシュボタン出力 (PBSTAT)

PON、PUP1、PUP2 の各状態のとき、PBSTAT のオープンドレイン出力ピンは  $\overline{ON}$  プッシュボタン信号をデバウンスしたものを出力します。プッシュボタン・インタフェースがそれを認識して PBSTAT を “L” にするため、 $\overline{ON}$  は少なくとも 50ms の間 “L” にしておく必要があります。 $\overline{ON}$  が “H” になると、ロジックが PBSTAT に 50ms の最小パルス幅を強制しない限り、PBSTAT は高インピーダンスになります。

HR、POFF、PDN1、PDN2 の各状態のときは、 $\overline{ON}$  の状態に関係なく PBSTAT は高インピーダンスのままになります。

### プッシュボタンの押下によるハード・リセット状態からのパワーアップ

外部プッシュボタンの押下による LTC3553-2 のパワーアップを図 6 に示します。この例では、バッテリーが接続された HR 状態でプッシュボタン回路が始動します。400ms の間プッシュボタンを押すと ( $\overline{ON}$  が “L”) プッシュボタン回路が PUP1 状態に移行し、LDO レギュレータに続いて降圧レギュレータをパワーアップします。5 秒後に BUCK\_ON が “L” になると、降圧レギュレータはシャットダウンします。

イネーブルされたすべてのレギュレータが安定化電圧の 8% 以内に達してその状態が 1.8ms 続くと、PGOOD がアサートされます。BUCK\_ON 入力は、マイクロプロセッサやマイクロコントローラを使用するか、高インピーダンス (標準 100k $\Omega$ ) を介して降圧レギュレータ出力の 1 つを使用してドライブ可能で、これにより上述のように降圧レギュレータをイネーブル状態に保つことができます。PBSTAT はパワーアップのために最初にプッシュボタンを押すときは “L” になりませんが、その後、PUP1、PUP2、または PON の状態のとき  $\overline{ON}$  のプッシュボタンを押すと “L” になります。

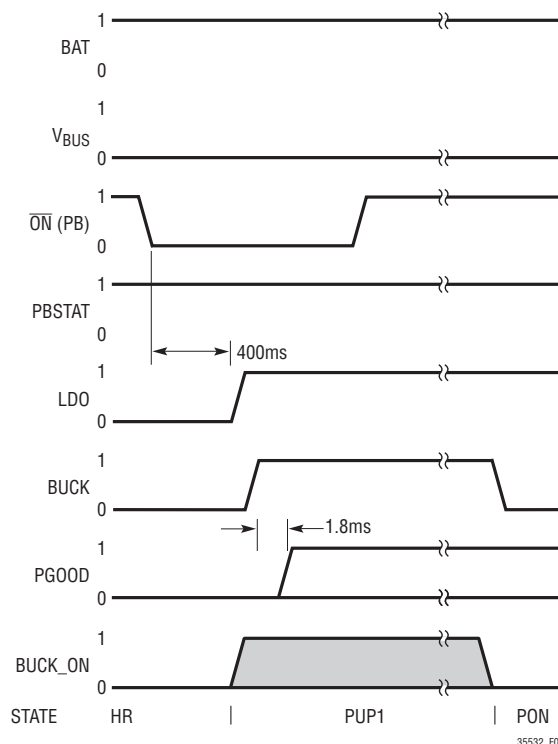


図 6. プッシュボタンの押下によるパワーアップ

## 動作

## 外部電源の印加によるパワーオフ状態からのパワーアップ

外部電源 ( $V_{BUS}$ ) の印加による LTC3553-2 のパワーアップを図7に示します。この例では、バッテリーが接続された POFF 状態でプッシュボタン回路が始動します。 $V_{BUS}$  の印加から 100ms 後にプッシュボタン回路が PUP2 状態に移行し、降圧レギュレータをパワーアップします。この 100ms の遅延時間により、印加された電源を安定させることができます。5秒間の PUP2 状態が終了する前に BUCK\_ON 入力が“H”になれば、降圧レギュレータに電力が供給され続けます。5秒後に BUCK\_ON が“L”であるか、または“L”になると、降圧レギュレータはシャットダウンします。上記の例では、BUCK\_ON ピンは5秒後に“H”になっているので、降圧レギュレータは5秒後にオン状態を維持しています。この例では、常時オン LDO がイネーブルされているので、PGOOD は最初は“H”です。100ms の終了時、 $V_{BUS}$  の入力電力が確認され、降圧レギュレータがイネーブルされると、この時点で PGOOD が“L”になり、降圧レギュレータが安定化電圧から 8% 以内の値に達してから 1.8ms が経過するまで“L”を維持します。

BUCK\_ON 入力は、マイクロプロセッサやマイクロコントローラを使用するか、高インピーダンス (標準 100k $\Omega$ ) を介して降圧レギュレータ出力の1つを使用してドライブ可能で、これにより上述のように降圧レギュレータをイネーブル状態に保つことができます。

バッテリーが接続されていない場合、最初に電源が印加されると、パワーオン・リセットが行われ、プッシュボタン回路が PDN1 状態になり、引き続き1秒後に HR 状態になります。このとき、BUS ピンで有効な電源電圧が検出される (つまり、 $V_{BUS} > V_{UVLO}$  および  $V_{BUS} - V_{BAT} > V_{DUVLO}$ ) と、プッシュボタン回路は直ちに PUP1 状態になります。これを確実に動作させるため、BAT ピンの電圧をバッテリーが接続されていなくても正常に動作する値に保つ必要があります。0.3 $\Omega$  と直列接続された 100 $\mu\text{F}$  セラミック・コンデンサからなる RC ネットワークで BAT ピンを GND にバイパスすることにより、この動作が確実に行われます。

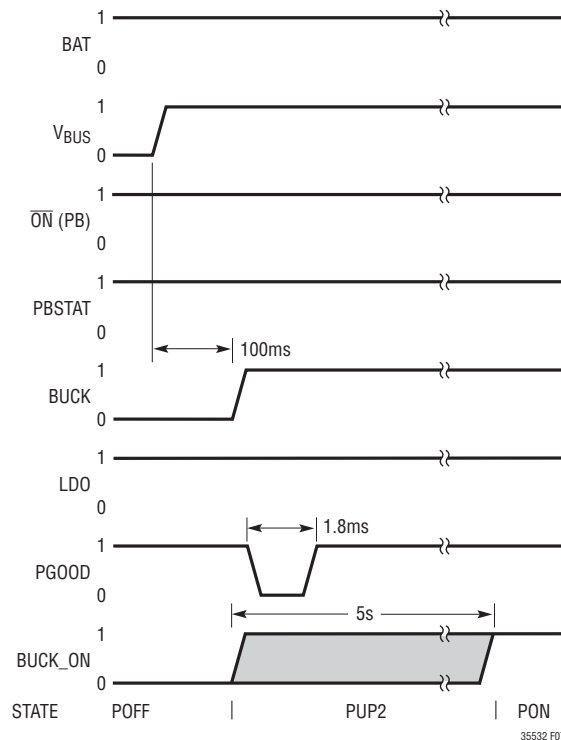


図7. 外部電源の印加によるパワーアップ

## 動作

## BUCK\_ONピンのアサートによるパワーアップ

BUCK\_ONを“H”にすることによるLTC3553-2のパワーアップを図8に示します。この例では、バッテリーが接続されたHR状態で押しボタン回路が始動します。BUCK\_ONが“H”になると、押しボタン回路がPON状態になって降圧レギュレータがパワーアップします。また、デバイスがハード・リセット状態でなくなると、それと同時にLDOレギュレータがパワーアップします。PGOODは最初は“L”ですが、両方のレギュレータがその安定化電圧から8%以内に達してから1.8msが経過すると、“H”になります。

BUCK\_ONピンのアサートによるパワーアップは、LTC3553-2のレギュレータから電力供給されない常時オンのマイクロコントローラを搭載するアプリケーションに有用です。このマイクロコントローラは、ハウスキーピングなどのユーザ制御を必要としない作業のためにアプリケーションをパワーアップしたりパワーダウンすることができます。

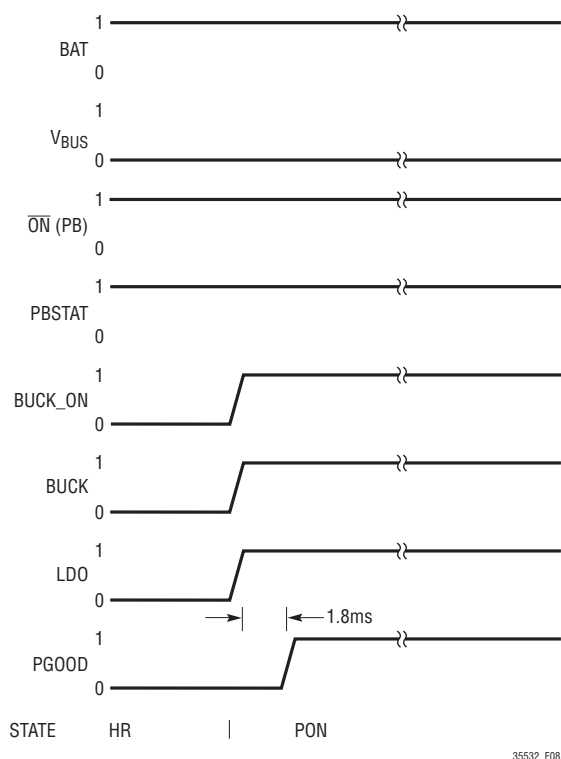


図8. BUCK\_ONピンのアサートによるパワーアップ

## BUCK\_ONピンのデアサートによるパワーダウン

マイクロコントローラやマイクロプロセッサの制御によるLTC3553-2のパワーダウンを図9に示します。この例では、バッテリーが接続されていて両方のレギュレータがイネーブルされたPON状態で押しボタン回路が始動します。少なくとも50msの間ユーザが押しボタンを押す( $\overline{\text{ON}}$ 入力が“L”)と、PBSTAT出力にデバウンスされた低インピーダンスのパルスが生じます。PBSTAT信号を受信すると、マイクロコントローラやマイクロプロセッサのソフトウェアはパワーダウンさせるためにBUCK\_ON入力を“L”にすることを決定します。BUCK\_ON入力が“L”になった後、押しボタン回路はPDN2状態になります。PDN2状態になると、1秒の待ち時間が開始され、その待ち時間の後、押しボタン回路はPOFF状態になります。この1秒の間、 $\overline{\text{ON}}$ 、BUCK\_ONの各入力および外部電源の印加は無視されます。上記はバッテリーが接続されているこ

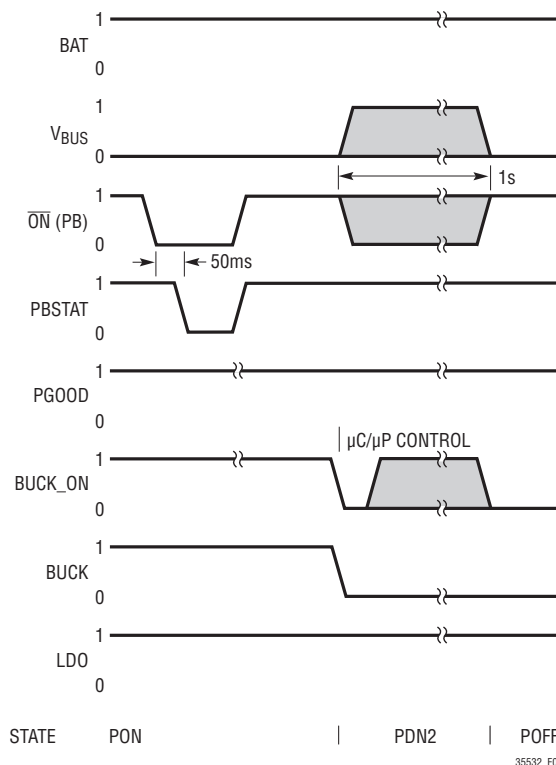


図9. BUCK\_ONピンのデアサートによるパワーダウン

## 動作

とを想定していますが、バッテリーの有無にかかわらず外部電源 ( $V_{BUS}$ ) が有効であれば、同様の動作が行われます。

LDO がオンのままであれば、この状態遷移の間  $\overline{PGOOD}$  はアサートのままです。

1 秒のパワーダウンの間  $\overline{ON}$  を“L”に保っても、1 秒後にパワーアップ・イベントは生じません。有効なパワーアップ・イベントを生じさせるには、パワーダウン・イベントに続いて  $\overline{ON}$  ピンを“H”にしてから再度“L”にする必要があります。

## UVLO の最小オフ時間のタイミング (バッテリー電圧低下)

図 10 では、バッテリーが外れているかまたはバッテリー電圧が  $V_{OUT}$  UVLO のしきい値を下回っているかのいずれかで、アプリケーションが外部電源 ( $V_{BUS}$ ) で動作している場合を想定しています。外部電源にグリッチが生じると、 $V_{OUT}$  が一時

的に  $V_{OUT}$  UVLO のしきい値を下回ります。この  $V_{OUT}$  UVLO の状態により、プッシュボタン回路が PON 状態から PDN2 状態に移行します。PDN2 状態になると、降圧レギュレータはパワーダウンします。また、この  $V_{OUT}$  UVLO の状態では LDO がディスエーブルされ、これにより  $\overline{PGOOD}$  が“L”になります。LDO が再度パワーアップし、1.8ms の間安定化状態にあると、 $\overline{PGOOD}$  は高インピーダンスになります。

BUCK\_ON ピンが降圧レギュレータによって電力供給されるロジックでドライブされる標準的なケースでは、図 10 に示すように、BUCK\_ON ピンも“L”になります。PDN2 状態になってから外部電源が復旧する ( $V_{OUT}$  が UVLO 状態でなくなる) 場合、LTC3553-2 は PDN2 の 1 秒間の遅延が終了すると PUP2 状態に戻ります。状態図のとおり、このケースでの PDN2 から PUP2 への移行は、実際に POFF 状態を一時的に経過して行われます。この一時的な POFF 状態の間、

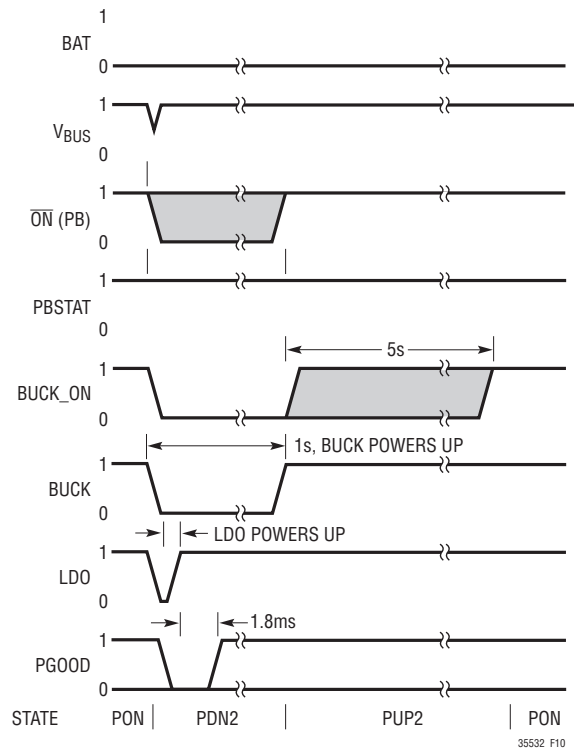


図 10. UVLO の最小オフ時間のタイミング

## 動作

ステート・マシンは有効な外部電源が得られることを直ちに確認し、PUP2状態に移行します。PUP2状態になることにより、パワーアップのセクションで既に説明したように、降圧レギュレータがパワーアップします。

ここには示されていませんが、POFF状態になると“H”に保たれる電源によってBUCK\_ONピンがドライブされる場合は、図7の状態図のように、プッシュボタン回路は $V_{OUT}$ がUVLO状態でなくなるとPON状態になります。PON状態になると、降圧レギュレータはパワーアップします。

注： $V_{OUT}$ が低くなりすぎる(約1.9V未満)と、LTC3553-2はこれをPOR状態とみなし、PDN2状態ではなくPDN1状態になります。1秒後、デバイスはHR状態に移行します。このような状況下では、LTC3553-2をハード・リセットから復旧させるために明確なパワーアップ・イベント(プッシュボタンの押下など)が必要になる場合があります。

## ハード・リセットのタイミング

ハード・リセットは、出荷や長期間の保管のために超低消費電力のパワーダウン状態にするほか、ソフトウェアがロックアップした場合にアプリケーションをパワーダウンさせる手段として使用されます。ソフトウェアがロックアップした場合、ユーザは14秒間プッシュボタンを押し続けて( $\overline{ON}$ 入力が“L”)ハード・リセット・イベント(HRST)を生じさせ、プッシュボタン回路をパワーダウン(PDN1)状態にすることができます。この時点で降圧レギュレータはシャットダウンします。1秒のパワーダウン時間の後、プッシュボタン回路はハード・リセット状態(HR)になります。この時点でLDOレギュレータがシャットダウンします。

1秒のパワーダウンの間 $\overline{ON}$ を“L”に保っても、1秒後にパワーアップ・イベントは生じません。図11に示すように、有効なパワーアップ・イベントを行うには、パワーダウン・イベントに続いて $\overline{ON}$ を“H”にしてから400msの間再度“L”にする必要があります。

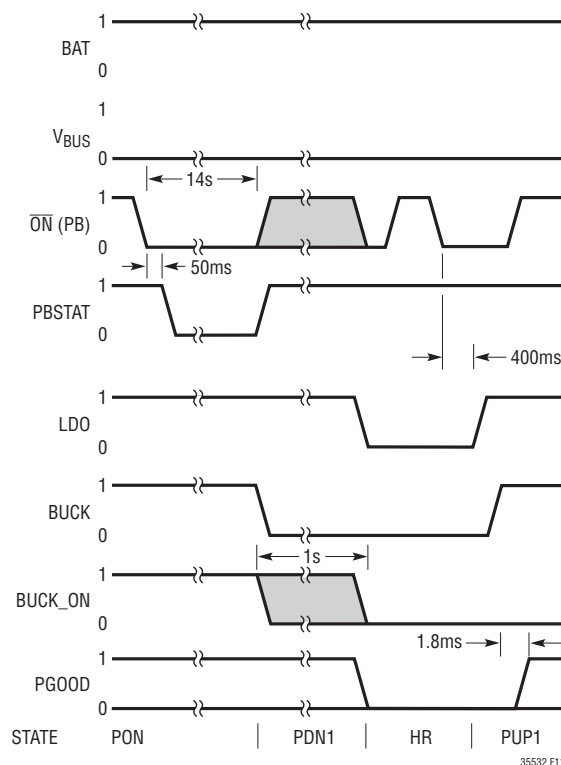


図11. 14秒間 $\overline{ON}$ を“L”に保つことによるハード・リセット

## 動作

### パワーアップ・シーケンス

LTC3553-2の実際のパワーアップ・シーケンスを図12に示します。どちらのレギュレータも最初はディスエーブル(0V)されています。400msの間プッシュボタンが押される(ON入力)が“L”と、ハード・リセット状態からLDOレギュレータがイネーブルされます。LDOはスルーアップして安定状態になります。実際のスルーレートは、出力容量と負荷に関連するLDOのソフトスタート機能によって制御されます(LDOレギュレータの動作のセクションを参照)。LDOレギュレータが最終安定値から約8%以内になると、降圧レギュレータがイネーブルされ、スルーアップして安定状態になります。降圧レギュレータが最終安定値から8%以内になってから1.8ms後、PGOOD出力は高インピーダンスになります。図12のレギュレータは、公称出力コンデンサを使用して無負荷でスルーアップしています。出力のいずれかに負荷を追加するか、または出力容量を増やすと、スルーレートが低下し、レギュレータが安定するのにかかる時間が長くなります。

### レイアウトと熱に関する検討事項

#### PC基板の電力損失

すべての条件で最大充電電流の供給を可能にするには、LTC3553-2のパッケージの底面の露出パッドを基板のグラウンド・プレーンに半田付けする必要があります。1オンス片面銅基板の2500mm<sup>2</sup>のグラウンド・プレーンに正しく半田付けすると、LTC3553-2の熱抵抗( $\theta_{JA}$ )は約70°C/Wになります。パッケージの底面の露出パッドと適切なサイズのグラウンド・プレーン間の熱接触が良くないと、熱抵抗が70°C/Wよりはるかに大きくなります。

熱保護帰還によってLTC3553-2が充電電流を減少させる条件は、このデバイスの電力損失を検討することによって概算できます。充電電流が大きい場合、LTC3553-2の電力損失は次式のように概算されます。

$$P_D = (V_{BUS-BAT}) \cdot I_{BAT} + P_{D(REGS)}$$

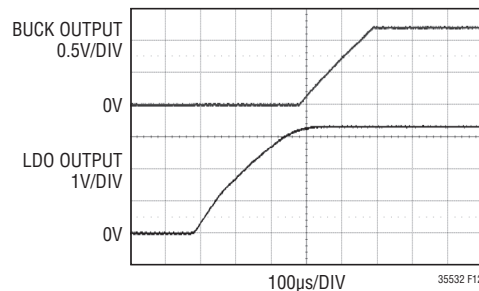


図12. 表紙の応用回路のパワーアップ・シーケンス

## 動作

ここで、 $P_D$ は全電力損失、 $V_{BUS}$ は電源電圧、 $BAT$ はバッテリー電圧、 $I_{BAT}$ はバッテリー充電電流です。 $P_D(REGS)$ は、降圧スイッチングレギュレータによるデバイス内の電力損失の合計です。

降圧レギュレータによって消費される電力は次式のように概算できます。

$$P_{D(BUCK)} = (B_{OUTx} \cdot I_{OUT}) \cdot (100 - \text{Eff}) / 100$$

ここで、 $B_{OUTx}$ はプログラムされた出力電圧、 $I_{OUT}$ は負荷電流、 $\text{Eff}$ は%効率で、実際に測定するか、またはプログラムされた出力電圧について効率表で調べることができます。

LDOレギュレータによって消費される電力は次式のように概算できます。

$$P_{D(LDO)} = (V_{INLDO} - V_{LDO}) \cdot I_{LDO}$$

ここで、 $V_{INLDO}$ はLDOの入力電源電圧、 $V_{LDO}$ はLDOの安定化出力電圧、 $I_{LDO}$ はLDOの負荷電流です。

したがって、すべてのレギュレータによる電力損失は次のようになります。

$$P_{D(REGS)} = P_{D(BUCK)} + P_{D(LDO)}$$

LTC3553-2は充電電流を自動的に減らしてダイ温度を約110°Cに保つので、ワーストケースの電力損失のシナリオを想定する必要はありません。ただし、デバイス保護のためにサーマルフィードバックが開始される周囲温度は次式のように概算されます。

$$T_A = 110^\circ\text{C} - P_D \cdot \theta_{JA}$$

例:LTC3553-2が5VのACアダプタ( $V_{BUS}$ )で動作し、リチウムイオン・バッテリーを3.3V ( $BAT$ )で充電するのに400mA ( $I_{BAT}$ )を供給する場合を考えます。また、 $P_D(REGS) = 0.3\text{W}$ と想定すると、全電力損失は次のようになります。

$$P_D = (5\text{V} - 3.3\text{V}) \cdot 400\text{mA} + 0.3\text{W} = 0.98\text{W}$$

LTC3553-2が400mAの充電電流を減らし始める周囲温度は次式のように概算されます。

$$T_A = 110^\circ\text{C} - 0.98\text{W} \cdot 70^\circ\text{C}/\text{W} = 41.4^\circ\text{C}$$

LTC3553-2は41.4°Cを超えても使用できますが、充電電流は400mAを下回ります。特定の周囲温度での充電電流は次のように概算できます。

$$P_D = (110^\circ\text{C} - T_A) / \theta_{JA} = (V_{BUS} - BAT) \cdot I_{BAT} + P_{D(REGS)}$$

したがって次のようになります。

$$I_{BAT} = \frac{[(110^\circ\text{C} - T_A) / \theta_{JA} - P_{D(REGS)}]}{(V_{BUS} - BAT)}$$

60°Cの周囲温度で上記の例を検討すると、充電電流はおおよそ次のように減少します。

$$I_{BAT} = [(110^\circ\text{C} - 60^\circ\text{C}) / 70^\circ\text{C}/\text{W} - 0.3\text{W}] / (5\text{V} - 3.3\text{V})$$

$$I_{BAT} = (0.71\text{W} - 0.3\text{W}) / 1.7\text{V} = 241\text{mA}$$

## 動作

### PC基板のレイアウト

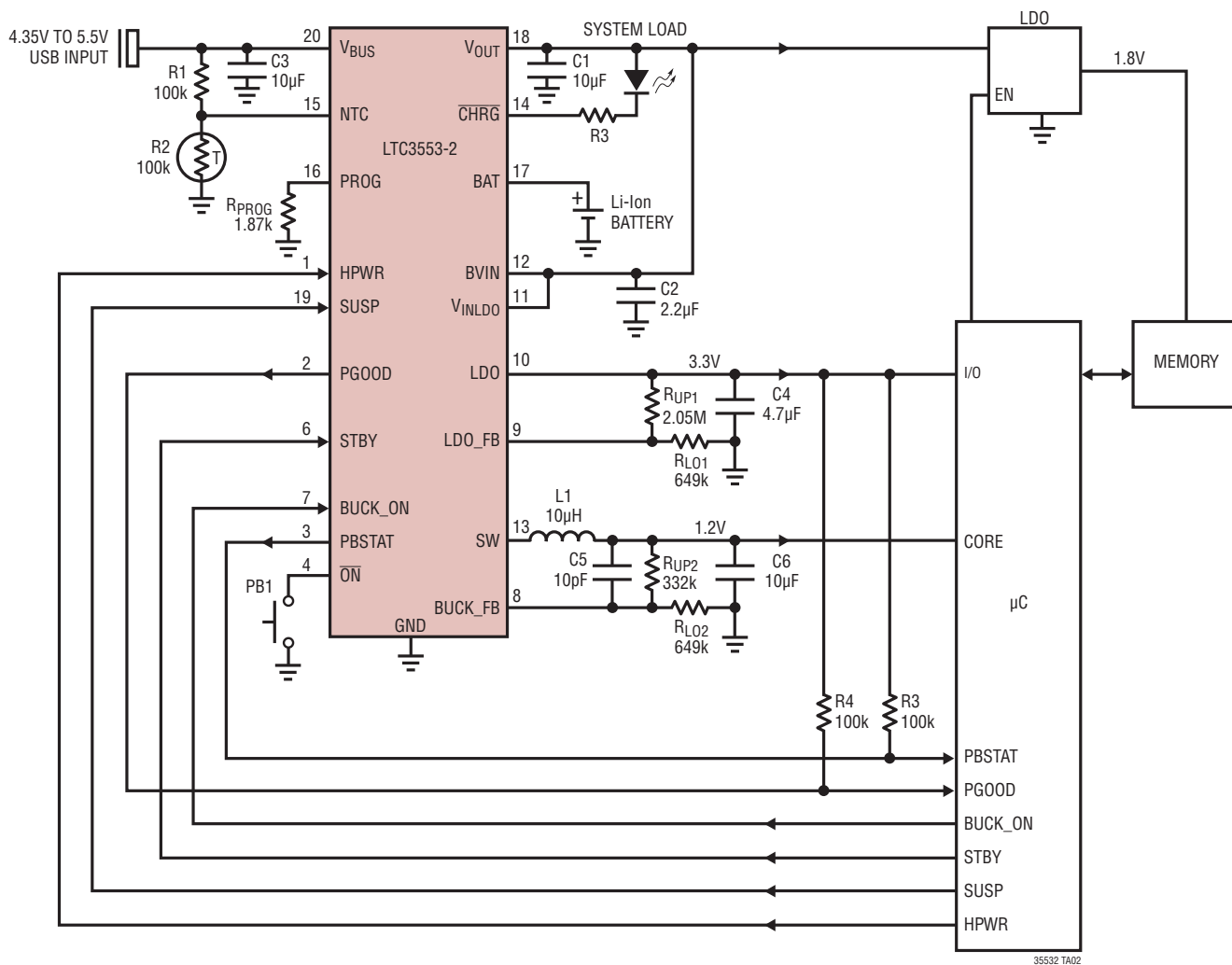
PC基板をレイアウトするときは、以下のリストに従ってLTC3553-2が正しく動作するようにします。

1. パッケージの露出パッド(ピン21)は面積が大きいグラウンド・プレーンに直接接続し、熱的および電氣的インピーダンスを最小限に抑えます。
2. レギュレータの入力電源ピン(BVINおよびVINLDO)とそれぞれのデカップリング・コンデンサを接続するトレースはできるだけ短くします。各コンデンサのGND側はデバイスのグラウンド・プレーンに直接接続します。このコンデンサは内蔵のパワーMOSFETとそれらのドライバにAC電流を供給します。このコンデンサからLTC3553-2のピンまでのインダクタンスを最小限に抑えることが重要です。BVINからVOUTまでの接続とVINLDOからその入力電源までの接続は、短い低インピーダンスのトレースを使用して行います。
3. SWピンをそのインダクタに接続するスイッチング電源のトレースは最小限に抑えて、放射EMIと寄生結合を低減します。スイッチング・ノードの電圧振幅が大きいため、帰還ノードなどの敏感なノードはスイッチング・ノードから遠ざけるか、またはシールドします。そうしないと性能が低下する可能性があります。
4. 降圧レギュレータのインダクタとその出力コンデンサの接続はできるだけ短くします。出力コンデンサのGND側はデバイスの放熱用グラウンド・プレーンに直接接続します。
5. 帰還ピン(BUCK\_FBおよびLDO\_FB)のトレースはできるだけ短くします。帰還トレースとすべてのスイッチング・ノード(つまり、SWおよびロジック信号)の間のすべての寄生容量を最小限に抑えます。必要であれば、帰還ノードをGNDトレースでシールドします。
6. LTC3553-2のPowerPathピン(VBUSおよびVOUT)とそれぞれのデカップリング・コンデンサの接続はできるだけ短くします。これらのコンデンサのGND側はデバイスのグラウンド・プレーンに直接接続します。



標準的応用例

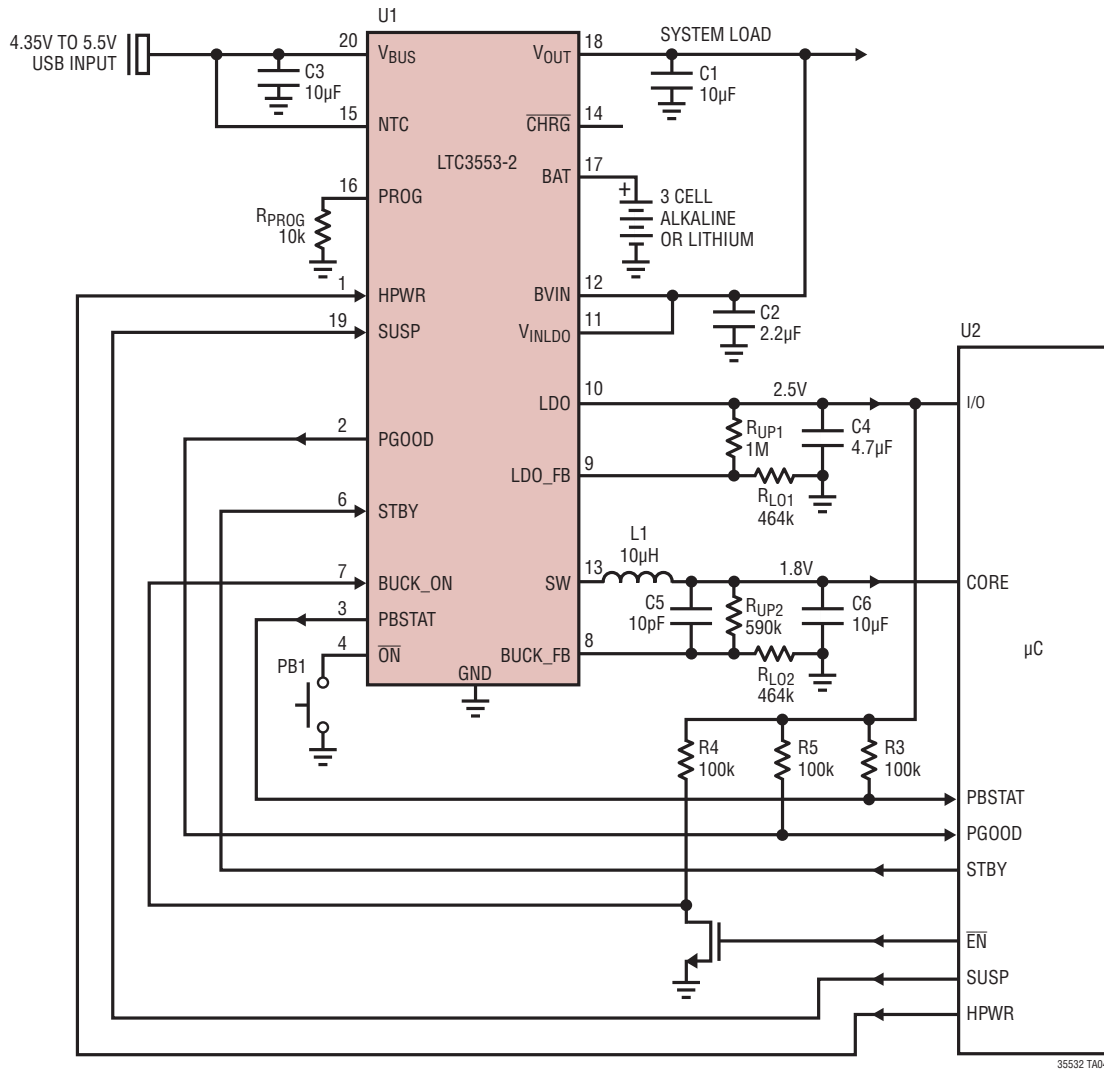
リチウムイオン・バッテリーが接続された USB PowerPath (NTC を使用した温度による充電制御)



35532 TA02

## 標準的応用例

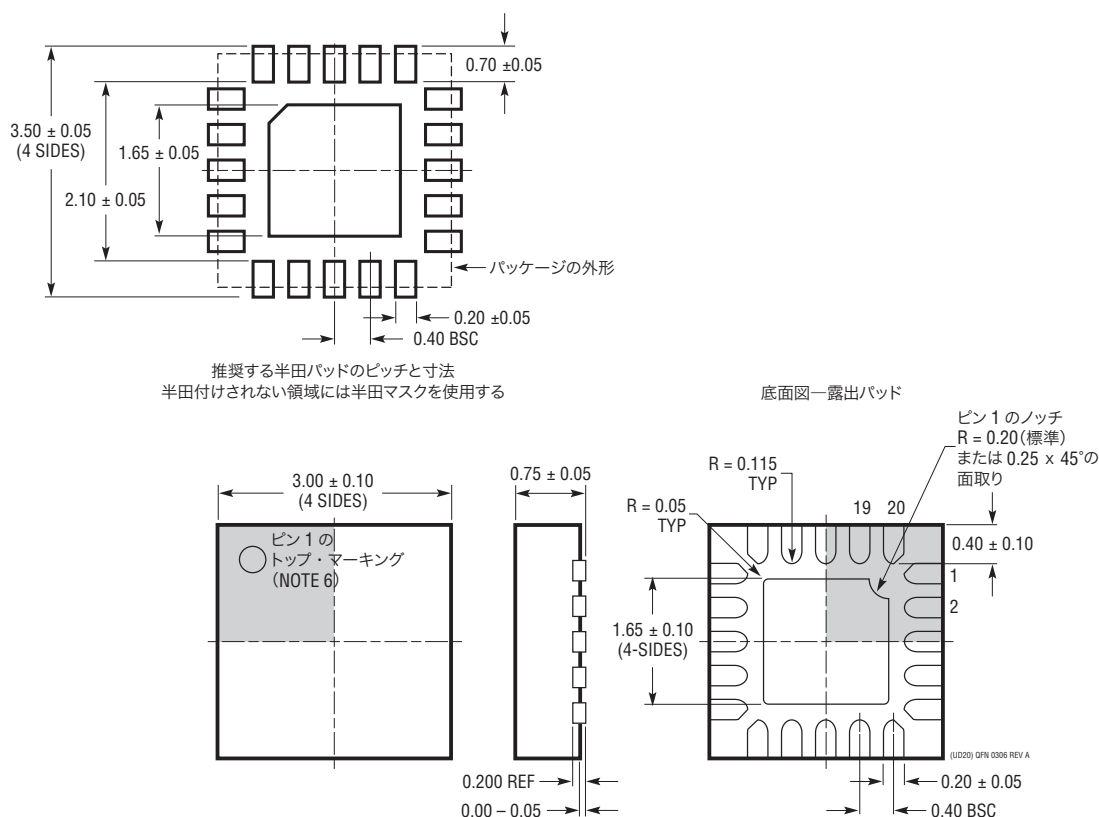
PowerPathを使用した3セル・アルカリ/リチウムイオン・バッテリー(チャージはディスエーブル)



## 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。

UD パッケージ  
20ピン・プラスチック QFN (3mm×3mm)  
(Reference LTC DWG # 05-08-1720 Rev A)



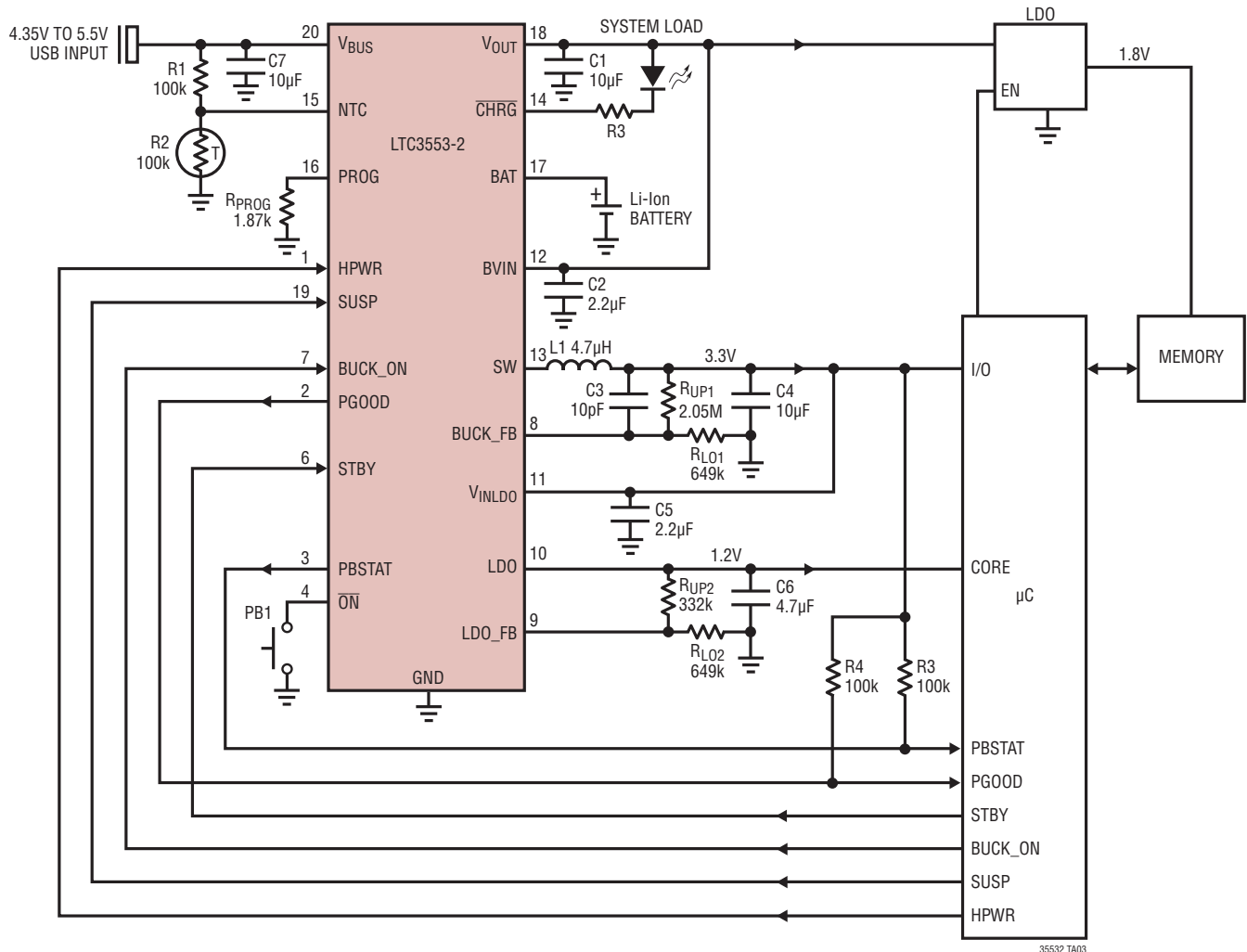
## NOTE :

1. 図は JEDEC のパッケージ外形ではない
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル
4. 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
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 灰色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

# LTC3553-2

## 標準的応用例

リチウムイオン・バッテリーが接続されたUSB PowerPath (NTCを使用した温度による充電制御) と降圧レギュレータによりドライブされるLDOレギュレータ



35532 TA03

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3455	USB パワーマネージャとリチウムイオン・バッテリー・チャージャを装備したデュアル DC/DC コンバータ	入力電源 (リチウムイオン・バッテリー、USB、5V AC アダプタ) 間のシームレスな移行、4mm×4mm の QFN-24 パッケージ
LTC3456	USB パワーマネージャを搭載した 2 セル 複数出力 DC/DC コンバータ	入力電源 (2 セル・バッテリー、USB、AC アダプタ) 間のシームレスな移行、4mm×4mm QFN-24 パッケージ
LTC3554	リチウムイオン・バッテリー・チャージャと 2 個の降圧レギュレータを搭載した マイクロパワー USB パワーマネージャ	スタンバイ・モード時の静止電流が 10μA の PMIC、小型の 3mm×3mm×0.55mm 20 ピン UTQFN パッケージ
LTC3557	リチウムイオン・チャージャと 3 個の降圧 DC/DC レギュレータを搭載した USB パワーマネージャ	3 個の降圧スイッチング・レギュレータ (600mA、400mA、400mA)、4mm×4mm QFN-28 パッケージ
LTC3559	デュアル降圧レギュレータ付き USB チャージャ	調整可能な同期整流式降圧コンバータ、3mm×3mm QFN-16 パッケージ
LTC4080	300mA 同期整流式降圧コンバータ搭載の 500mA スタンドアロン・チャージャ	1 セル・リチウムイオン・バッテリーを充電、タイマ終了 + C/10、サーマル・レギュレーション、降圧出力: 0.8V ~ V <sub>BAT</sub> 、降圧入力 V <sub>IN</sub> : 2.7V ~ 5.5V、3mm×3mm DFN-10 パッケージ

35532f