

## 特長

- 瞬時オン動作付きフル機能リチウムイオン/ポリマー・チャージャ/PowerPath™ コントローラ
- 調整可能なトリプル高効率降圧スイッチング・レギュレータ (I<sub>OUT</sub>: 800mA, 500mA, 500mA)
- I<sup>2</sup>Cで調整可能なSWスルーレートにより、EMIを低減可能
- 高温時のバッテリー電圧を下げることで、安全性と信頼性を向上
- USB (V<sub>BUS</sub>)/ACアダプタ入力  
過電圧保護コントローラにより、30Vまで保護
- I<sup>2</sup>Cを介した60dB輝度制御とグラデーションを備えた  
40V直列LEDバックライト・ドライバを内蔵
- 熱制限付きの充電電流: 1.5A (最大)
- バッテリー・フロート電圧: 4.2V (LTC3577-3)  
4.1V (LTC3577-4)
- システム・リセット付きのプッシュボタン・オン/オフ制御
- 電流制限付きのデュアル150mA LDO
- SiRF Atlas IVプロセッサに対応できる起動タイミング
- 4mm×7mmの小型44ピンQFNパッケージ

## アプリケーション

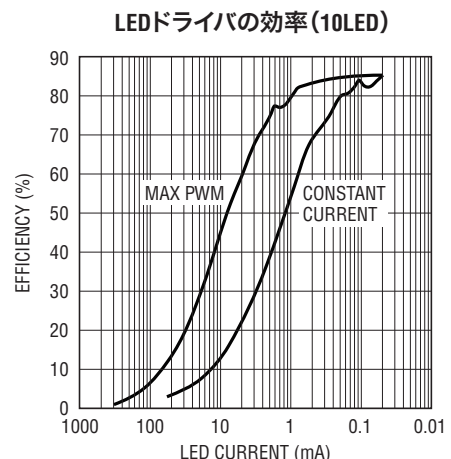
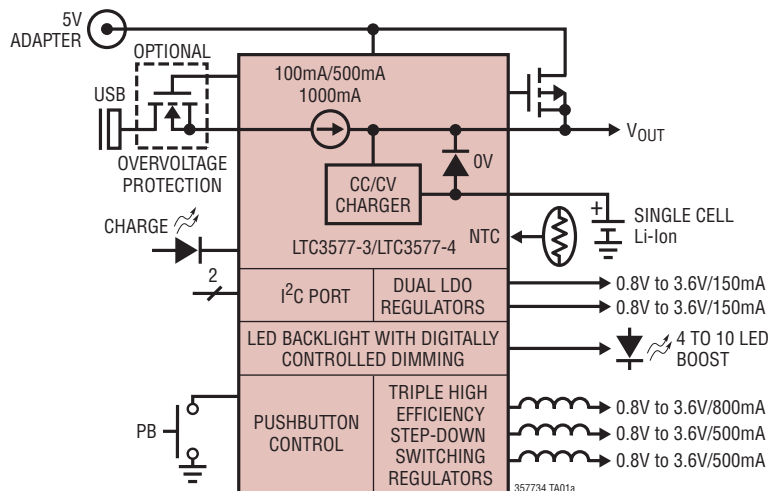
- PND、DMB/DVB-H、デジタル/衛星無線、メディア・プレーヤ
- 携帯型産業用/医療用機器
- その他のUSBベースのハンドヘルド機器

## 概要

LTC®3577-3/LTC3577-4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、入力過電圧保護などの多数の内部保護機能を搭載しています。LTC3577-3/LTC3577-4は、負荷電流と充電電流の合計が設定された入力電流制限 (100mA モードまたは500mA モード) を超えないように充電電流を自動的に低減することにより、USBなどの電流が制限された電源から高精度で充電を行うように設計されています。LTC3577-3/LTC3577-4は高温時にバッテリー電圧を下げることで、安全性と信頼性を向上させます。3個の降圧スイッチング・レギュレータと2個のLDOにより、幅広い電源を提供できます。また、LTC3577-3/LTC3577-4は電源シーケンシングとシステム・リセットを制御するためにプッシュボタン入力を備えています。内蔵のLEDバックライト昇圧回路は、最大10個の直列 LEDをドライブ可能で、I<sup>2</sup>C入力を介した汎用性の高いデジタル調光機能を搭載しています。LTC3577-3/LTC3577-4は、SiRF Atlas IVプロセッサに対応するように設計され、LTC3577の他のバージョンと異なり、プッシュボタンによるタイミング制御とシーケンシング機能を備えています。LTC3577-3/LTC3577-4は高さの低い4mm×7mm×0.75mm 44ピンQFNパッケージで供給されます。

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。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。6522118、6700364、7511390、5481178、6580258を含む米国特許によって保護されています。他にも特許申請中。

## 標準的応用例



目次

特長 ..... 1

アプリケーション ..... 1

標準的応用例..... 1

概要 ..... 1

絶対最大定格..... 3

発注情報 ..... 3

ピン配置 ..... 3

電気的特性..... 4

標準的性能特性 ..... 10

ピン機能 ..... 16

ブロック図..... 19

動作 ..... 20

    PowerPath動作 ..... 20

    低損失リニア・レギュレータの動作 ..... 29

    降圧スイッチング・レギュレータの動作 ..... 30

    LEDバックライト/昇圧動作 ..... 34

    I<sup>2</sup>C動作..... 37

    プッシュボタン・インタフェースの動作 ..... 43

    レイアウトおよび熱に関する検討事項 ..... 47

標準的応用例..... 49

パッケージ..... 51

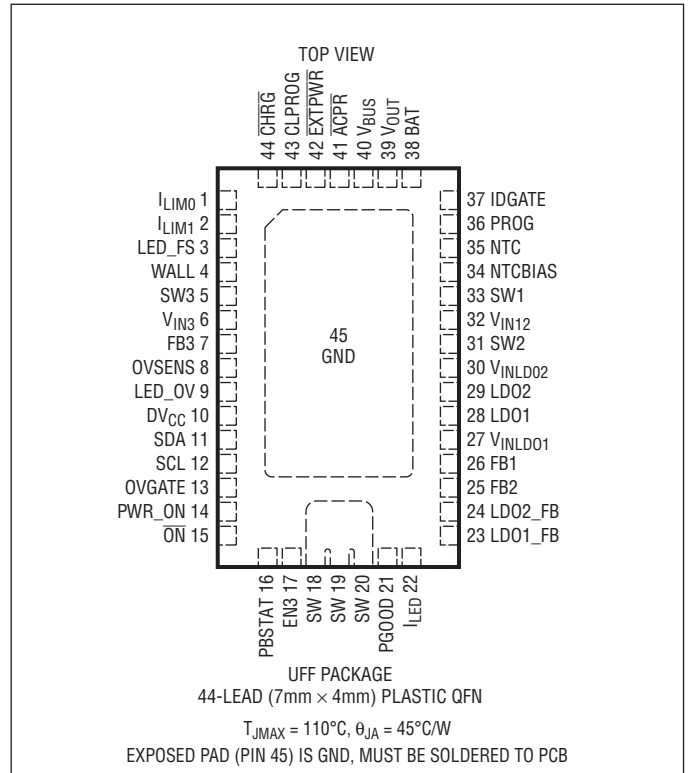
関連製品 ..... 52

## 絶対最大定格

(Note 1, 2, 3)

 $V_{SW}$  .....  $-0.3V \sim 45V$  $V_{BUS}$ ,  $V_{OUT}$ ,  $V_{IN12}$ ,  $V_{IN3}$ ,  $V_{INLD01}$ ,  $V_{INLD02}$ ,  $WALL$  $t < 1ms$ およびデューティ・サイクル $<1\%$  .....  $-0.3V \sim 7V$ 定常状態 .....  $-0.3V \sim 6V$  $CHRG$ ,  $BAT$ ,  $LED\_FS$ ,  $LED\_OV$ , $PWR\_ON$ ,  $EXTPWR$ ,  $PBSTAT$ ,  $PGOOD$ , $FB1$ ,  $FB2$ ,  $FB3$ ,  $LD01$ ,  $LD01\_FB$ ,  $LD02$ , $LD02\_FB$ ,  $DV_{CC}$ ,  $SCL$ ,  $SDA$ ,  $EN3$  .....  $-0.3V \sim 6V$  $NTC$ ,  $PROG$ ,  $CLPROG$ ,  $\overline{ON}$ ,  $I_{LIM0}$ ,  $I_{LIM1}$ (Note 4) .....  $-0.3V \sim (V_{CC} + 0.3V)$  $I_{VBUS}$ ,  $I_{VOUT}$ ,  $I_{BAT}$  (連続) (Note 16) ..... 2A $I_{SW3}$  (連続) (Note 16) ..... 850mA $I_{SW2}$ ,  $I_{SW1}$  (連続) (Note 16) ..... 600mA $I_{LD01}$ ,  $I_{LD02}$  (連続) (Note 16) ..... 200mA $I_{CHRG}$ ,  $I_{ACPR}$ ,  $I_{EXTPWR}$ ,  $I_{PBSTAT}$ ,  $I_{PGOOD}$  ..... 75mA $I_{OVSNS}$  ..... 10mA $I_{CLPROG}$ ,  $I_{PROG}$ ,  $I_{LED\_FS}$ ,  $I_{LED\_OV}$  ..... 2mA最大接合部温度 .....  $110^{\circ}C$ 動作温度範囲 .....  $-40^{\circ}C \sim 85^{\circ}C$ 保存温度範囲 .....  $-65^{\circ}C \sim 125^{\circ}C$ 

## ピン配置



## 発注情報

鉛フリー仕様	テープアンドリール	製品マーキング	パッケージ	温度範囲
LTC3577EUFF-3#PBF	LTC3577EUFF-3#TRPBF	35773	44-Lead (4mm x 7mm) Plastic QFN	$-40^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$
LTC3577EUFF-4#PBF	LTC3577EUFF-4#TRPBF	35774	44-Lead (4mm x 7mm) Plastic QFN	$-40^{\circ}C$ to $85^{\circ}C$

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。

非標準の鉛ベース仕様の製品の詳細については、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

鉛フリー仕様の製品マーキングの詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/> をご覧ください。テープアンドリールの仕様の詳細については、<http://www.linear-tech.co.jp/tapeandree/> をご覧ください。

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 電気的特性 パワーマネージャ

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ 、 $I_{\text{LIM}0} = I_{\text{LIM}1} = 5\text{V}$ 、 $\text{WALL} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{INL}D02} = V_{\text{INL}D01} = V_{\text{IN}12} = V_{\text{IN}3} = V_{\text{OUT}}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 2\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 2.1\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電源						
$V_{\text{BUS}}$	Input Supply Voltage		4.35		5.5	V
$I_{\text{BUS\_LIM}}$	Total Input Current (Note 5)	$I_{\text{LIM}0} = 5\text{V}$ , $I_{\text{LIM}1} = 5\text{V}$ (1x Mode) $I_{\text{LIM}0} = 0\text{V}$ , $I_{\text{LIM}1} = 0\text{V}$ (5x Mode) $I_{\text{LIM}0} = 0\text{V}$ , $I_{\text{LIM}1} = 5\text{V}$ (10x Mode)	● 80 ● 450 ● 900	90 475 950	100 500 1000	mA mA mA
$I_{\text{BUSQ}}$	Input Quiescent Current, POFF State	1x, 5x, 10x Modes $I_{\text{LIM}0} = 5\text{V}$ , $I_{\text{LIM}1} = 0\text{V}$ (Suspend Mode)		0.42 0.05	0.1	mA mA
$h_{\text{CLPROG}}$	Ratio of Measured $V_{\text{BUS}}$ Current to CLPROG Program Current			1000		mA/mA
$V_{\text{CLPROG}}$	CLPROG Servo Voltage in Current Limit	1x Mode 5x Mode 10x Mode		0.2 1.0 2.0		V V V
$V_{\text{UVLO}}$	$V_{\text{BUS}}$ Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold	3.5	3.8 3.7	3.9	V V
$V_{\text{DUVLO}}$	$V_{\text{BUS}}$ to $V_{\text{OUT}}$ Differential Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold		50 -50	100	mV mV
$R_{\text{ON\_ILIM}}$	Input Current Limit Power FET On-Resistance (Between $V_{\text{BUS}}$ and $V_{\text{OUT}}$ )			200		m $\Omega$

## バッテリー・チャージャ

$V_{\text{FLOAT}}$	$V_{\text{BAT}}$ Regulated Output Voltage	LTC3577-3 LTC3577-3, $0 \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$ LTC3577-4 LTC3577-4, $0 \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	4.179 4.165 4.079 4.065	4.200 4.200 4.1 4.1	4.221 4.235 4.121 4.135	V V V V
$I_{\text{CHG}}$	Constant-Current Mode Charge Current IC Not in Thermal Limit	$R_{\text{PROG}} = 1\text{k}$ , Input Current Limit = 2A $R_{\text{PROG}} = 2\text{k}$ , Input Current Limit = 1A $R_{\text{PROG}} = 5\text{k}$ , Input Current Limit = 0.4A	● 950 ● 465 ● 180	1000 500 200	1050 535 220	mA mA mA
$I_{\text{BATQ\_OFF}}$	Battery Drain Current, POFF State, Buck3 Disabled, No Load (Note 15)	$V_{\text{BAT}} = 4.3\text{V}$ , Charger Time Out $V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$		6 55	27 100	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
$I_{\text{BATQ\_ON}}$	Battery Drain Current, PON State, Buck3 Enabled (Notes 10, 15)	$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ , $I_{\text{OUT}} = 0\mu\text{A}$ , No Load On Supplies, Burst Mode Operation		130	200	$\mu\text{A}$
$V_{\text{PROG\_CHG}}$	PROG Pin Servo Voltage	$V_{\text{BAT}} > V_{\text{TRKL}}$		1.000		V
$V_{\text{PROG\_TRKL}}$	PROG Pin Servo Voltage in Trickle Charge	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$		0.100		V
$h_{\text{PROG}}$	Ratio of $I_{\text{BAT}}$ to PROG Pin Current			1000		mA/mA
$I_{\text{TRKL}}$	Trickle Charge Current	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$	40	50	60	mA
$V_{\text{TRKL}}$	Trickle Charge Rising Threshold Trickle Charge Falling Threshold	$V_{\text{BAT}}$ Rising $V_{\text{BAT}}$ Falling	2.5	2.9 2.75	3.0	V V
$\Delta V_{\text{RECHRG}}$	Recharge Battery Threshold Voltage	Threshold Voltage Relative to $V_{\text{FLOAT}}$	-75	-100	-125	mV
$t_{\text{TERM}}$	Safety Timer Termination Period	Timer Starts when $V_{\text{BAT}} = V_{\text{FLOAT}} - 50\text{mV}$	3.2	4	4.8	Hour
$t_{\text{BADBAT}}$	Bad Battery Termination Time	$V_{\text{BAT}} < V_{\text{TRKL}}$	0.4	0.5	0.6	Hour
$h_{\text{C/10}}$	End-of-Charge Indication Current Ratio	(Note 6)	0.085	0.1	0.11	mA/mA
$R_{\text{ON\_CHG}}$	Battery Charger Power FET On-Resistance (Between $V_{\text{OUT}}$ and BAT)			200		m $\Omega$
$T_{\text{LIM}}$	Junction Temperature in Constant Temperature Mode			110		$^\circ\text{C}$

## 電気的特性 パワーマネージャ

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $V_{\text{BAT}} = 3.8\text{V}$ 、 $I_{\text{LIM0}} = I_{\text{LIM1}} = 5\text{V}$ 、 $\text{WALL} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{INLDO2}} = V_{\text{INLDO1}} = V_{\text{IN12}} = V_{\text{IN3}} = V_{\text{OUT}}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 2\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 2.1\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>NTC、バッテリー放電保護</b>						
$V_{\text{COLD}}$	Cold Temperature Fault Threshold Voltage	Rising NTC Voltage Hysteresis	75	76 1.3	77	% $V_{\text{NTCBIAS}}$ % $V_{\text{NTCBIAS}}$
$V_{\text{HOT}}$	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling NTC Voltage Hysteresis	34	35 1.3	36	% $V_{\text{NTCBIAS}}$ % $V_{\text{NTCBIAS}}$
$V_{\text{T00\_HOT}}$	NTC Discharge Threshold Voltage	Falling NTC Voltage Hysteresis	24.5	25.5 50	26.5	% $V_{\text{NTCBIAS}}$ mV
$I_{\text{NTC}}$	NTC Leakage Current	$V_{\text{NTC}} = V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$	-50		50	nA
$I_{\text{BAT2HOT}}$	BAT Discharge Current	$V_{\text{BAT}} = 4.1\text{V}$ , $\text{NTC} < V_{\text{T00\_HOT}}$		170		mA
$V_{\text{BAT2HOT}}$	BAT Discharge Threshold	$I_{\text{BAT}} < 0.1\text{mA}$ , $\text{NTC} < V_{\text{T00\_HOT}}$		3.9		V
<b>理想ダイオード</b>						
$V_{\text{FWD}}$	Forward Voltage Detection	$I_{\text{OUT}} = 10\text{mA}$	5	15	25	mV
$R_{\text{DROPOUT}}$	Diode On-Resistance, Dropout	$I_{\text{OUT}} = 200\text{mA}$		200		m $\Omega$
$I_{\text{MAX}}$	Diode Current Limit	(Note 7)		3.6		A
<b>過電圧保護</b>						
$V_{\text{OVCUTOFF}}$	Overvoltage Protection Threshold	Rising Threshold, $R_{\text{OVSENS}} = 6.2\text{k}$	6.10	6.35	6.70	V
$V_{\text{OVGATE}}$	OVGATE Output Voltage	Input Below $V_{\text{OVCUTOFF}}$ Input Above $V_{\text{OVCUTOFF}}$		$1.88 \cdot V_{\text{OVSENS}}$ 0	12	V V
$I_{\text{OVSENSQ}}$	OVSENS Quiescent Current	$V_{\text{OVSENS}} = 5\text{V}$		40		$\mu\text{A}$
$t_{\text{RISE}}$	OVGATE Time to Reach Regulation	$C_{\text{OVGATE}} = 1\text{nF}$		2.5		ms
<b>ACアダプタおよび高電圧降圧出力制御</b>						
$V_{\text{ACPR}}$	ACPR Pin Output High Voltage ACPR Pin Output Low Voltage	$I_{\text{ACPR}} = 0.1\text{mA}$ $I_{\text{ACPR}} = 1\text{mA}$	$V_{\text{OUT}} - 0.3$	$V_{\text{OUT}}$ 0	0.3	V V
$V_{\text{W}}$	Absolute Wall Input Threshold Voltage	$V_{\text{WALL}}$ Rising $V_{\text{WALL}}$ Falling	3.1	4.3 3.2	4.45	V V
$\Delta V_{\text{W}}$	Differential Wall Input Threshold Voltage	$V_{\text{WALL}} - V_{\text{BAT}}$ Falling $V_{\text{WALL}} - V_{\text{BAT}}$ Rising	0	25 75	100	mV mV
$I_{\text{QWALL}}$	Wall Operating Quiescent Current	$I_{\text{WALL}} + I_{\text{VOUT}}$ , $I_{\text{BAT}} = 0\text{mA}$ , $\text{WALL} = V_{\text{OUT}} = 5\text{V}$		440		$\mu\text{A}$
<b>ロジック (<math>I_{\text{LIM0}}</math>、<math>I_{\text{LIM1}}</math>およびCHRG)</b>						
$V_{\text{IL}}$	Input Low Voltage	$I_{\text{LIM0}}$ , $I_{\text{LIM1}}$			0.4	V
$V_{\text{IH}}$	Input High Voltage	$I_{\text{LIM0}}$ , $I_{\text{LIM1}}$	1.2			V
$I_{\text{PD}}$	Static Pull-Down Current	$I_{\text{LIM0}}$ , $I_{\text{LIM1}}$ ; $V_{\text{PIN}} = 1\text{V}$		2		$\mu\text{A}$
$V_{\text{CHRG}}$	CHRG Pin Output Low Voltage	$I_{\text{CHRG}} = 10\text{mA}$		0.15	0.4	V
$I_{\text{CHRG}}$	CHRG Pin Input Current	$V_{\text{BAT}} = 4.5\text{V}$ , $V_{\text{CHRG}} = 5\text{V}$		0	1	$\mu\text{A}$

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 電気的特性 I<sup>2</sup>Cインタフェース

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT<sub>A</sub> = 25°Cでの値。注記がない限り、DV<sub>CC</sub> = 3.3V、V<sub>OUT</sub> = 3.8V。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DV <sub>CC</sub>	Input Supply Voltage		1.6		5.5	V
I <sub>DVCC</sub>	DV <sub>CC</sub> Supply Current	SCL = 400kHz SCL = SDA = 0kHz			10 1	μA μA
V <sub>DVCC,UVLO</sub>	DV <sub>CC</sub> UVLO			1.0		V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage			50	70	%DV <sub>CC</sub>
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage		30	50		%DV <sub>CC</sub>
I <sub>IH</sub>	Input High Leakage Current	SDA = SCL = DV <sub>CC</sub> = 5.5V	-1		1	μA
I <sub>IL</sub>	Input Low Leakage Current	SDA = SCL = 0V, DV <sub>CC</sub> = 5.5V	-1		1	μA
V <sub>OL</sub>	SDA Output Low Voltage	I <sub>SDA</sub> = 3mA			0.4	V

### タイミング特性 (Note 8) (全ての値がV<sub>IH</sub>およびV<sub>IL</sub>を基準)

f <sub>SCL</sub>	SCL Clock Frequency				400	kHz
t <sub>LOW</sub>	Low Period of the SCL Clock		1.3			μs
t <sub>HIGH</sub>	High Period of the SCL Clock		0.6			μs
t <sub>BUF</sub>	Bus Free Time Between Stop and Start Condition		1.3			μs
t <sub>HD,STA</sub>	Hold Time After (Repeated) Start Condition		0.6			μs
t <sub>SU,STA</sub>	Setup Time for a Repeated Start Condition		0.6			μs
t <sub>SU,STO</sub>	Stop Condition Setup Time		0.6			μs
t <sub>HD,DATO</sub>	Output Data Hold Time		0		900	ns
t <sub>HD,DATI</sub>	Input Data Hold Time		0			ns
t <sub>SU,DAT</sub>	Data Setup Time		100			ns
t <sub>SP</sub>	Input Spike Suppression Pulse Width				50	ns

## LED昇圧スイッチング・レギュレータ

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外はT<sub>A</sub> = 25°Cでの値。注記がない限り、V<sub>IN3</sub> = V<sub>OUT</sub> = 3.8V、R<sub>OV</sub> = 10M、R<sub>LED\_FS</sub> = 20k、昇圧レギュレータはディスエーブル。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>IN3</sub> , V <sub>OUT</sub>	Operating Supply Range	(Note 9)	● 2.7		5.5	V
I <sub>VOUT_LED</sub>	Operating Quiescent Current Shutdown Quiescent Current	(Notes 10, 14)		560 0.01		μA μA
V <sub>LED_OV</sub>	LED Overvoltage Threshold	LED_OV Rising LED_OV Falling	0.6	1.0 0.85	1.25	V V
I <sub>LIM</sub>	Peak NMOS Switch Current		800	1000	1200	mA
I <sub>LED(FS)</sub>	I <sub>LED</sub> Pin Full-Scale Operating Current		18	20	22	mA
I <sub>LED(DIM)</sub>	I <sub>LED</sub> Pin Full-Scale Dimming Range	64 Steps		60		dB
R <sub>NSWON</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of NMOS Switch			240		mΩ
I <sub>NSWOFF</sub>	NMOS Switch Off Leakage Current	V <sub>SW</sub> = 5.5V		0.01	1	μA
f <sub>OSC</sub>	Oscillator Frequency		0.95	1.125	1.3	MHz
V <sub>LED_FS</sub>	LED_FS Pin Voltage	●	780	800	820	mV
I <sub>LED_OV</sub>	LED_OV Pin Current	●	3.8	4	4.2	μA
D <sub>BOOST</sub>	Maximum Duty Cycle	I <sub>LED</sub> = 0		97		%
V <sub>BOOSTFB</sub>	Boost Mode Feedback Voltage	●	775	800	825	mV

## 電気的特性 降圧スイッチング・レギュレータ

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{OUT} = V_{IN12} = V_{IN3} = 3.8\text{V}$ 、全てのレギュレータをイネーブル。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
降圧スイッチング・レギュレータ (降圧1、降圧2および降圧3)							
V <sub>IN12</sub> , V <sub>IN3</sub>	Input Supply Voltage	(Note 9)	●	2.7		5.5	V
V <sub>OUT</sub> UVLO	V <sub>OUT</sub> Falling V <sub>OUT</sub> Rising	V <sub>IN12</sub> and V <sub>IN3</sub> Connected to V <sub>OUT</sub> Through Low Impedance. Switching Regulators are Disabled Below V <sub>OUT</sub> UVLO		2.5	2.7 2.8	2.9	V V
f <sub>OSC</sub>	Oscillator Frequency			1.91	2.25	2.59	MHz
800mA降圧スイッチング・レギュレータ3 (降圧3をEN3でイネーブル、PON状態およびPOFF状態でディスエーブル)							
I <sub>VIN3Q</sub>	Pulse-Skipping Mode Input Current	(Note 10)			100		μA
	Burst Mode Operation Input Current	(Note 10)			20	35	μA
	Shutdown Input Current	EN3 = 0			0.01	1	μA
I <sub>LIM3</sub>	Peak PMOS Current Limit	(Note 7)		1000	1400	1700	mA
V <sub>FB3</sub>	Feedback Voltage	Pulse-Skipping Mode Burst Mode Operation	● ●	0.78 0.78	0.8 0.8	0.82 0.824	V V
I <sub>FB3</sub>	FB3 Input Current	(Note 10)		−0.05		0.05	μA
D3	Max Duty Cycle	FB3 = 0V		100			%
R <sub>P3</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of PMOS				0.3		Ω
R <sub>N3</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of NMOS				0.4		Ω
R <sub>SW3_PD</sub>	SW3 Pull-Down in Shutdown	EN3 = 0			10		kΩ
V <sub>IL,EN3</sub>	EN3 Input Low Voltage					0.4	V
V <sub>IH,EN3</sub>	EN3 Input High Voltage			1.2			V
500mA降圧スイッチング・レギュレータ2 (降圧2のプッシュボタンをイネーブル、シーケンスの3番目)							
I <sub>VIN12Q</sub>	Pulse-Skipping Mode Input Current	(Note 10)			100		μA
	Burst Mode Operation Input Current	(Note 10)			20		μA
	Shutdown Input Current	POFF State			0.01	1	μA
I <sub>LIM2</sub>	Peak PMOS Current Limit	(Note 7)		650	900	1200	mA
V <sub>FB2</sub>	Feedback Voltage	Pulse-Skipping Mode Burst Mode Operation	● ●	0.78 0.78	0.8 0.8	0.82 0.824	V V
I <sub>FB2</sub>	FB2 Input Current	(Note 10)		−0.05		0.05	μA
D2	Max Duty Cycle	FB2 = 0V		100			%
R <sub>P2</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of PMOS	I <sub>SW2</sub> = 100mA			0.6		Ω
R <sub>N2</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of NMOS	I <sub>SW2</sub> = −100mA			0.6		Ω
R <sub>SW2_PD</sub>	SW2 Pull-Down in Shutdown	POFF State			10		kΩ
500mA降圧スイッチング・レギュレータ1 (降圧1のプッシュボタンをイネーブル、シーケンスの2番目)							
I <sub>VIN12Q</sub>	Pulse-Skipping Mode Input Current	(Note 10)			100		μA
	Burst Mode Operation Input Current	(Note 10)			20		μA
	Shutdown Input Current				0.01	1	μA
I <sub>LIM1</sub>	Peak PMOS Current Limit	(Note 7)		650	900	1200	mA
V <sub>FB1</sub>	Feedback Voltage	Pulse-Skipping Mode Burst Mode Operation	● ●	0.78 0.78	0.8 0.8	0.82 0.824	V V
I <sub>FB1</sub>	FB1 Input Current	(Note 10)		−0.05		0.05	μA
D1	Max Duty Cycle	FB1 = 0V		100			%
R <sub>P1</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of PMOS	I <sub>SW1</sub> = 100mA			0.6		Ω
R <sub>N1</sub>	R <sub>DS(ON)</sub> of NMOS	I <sub>SW1</sub> = −100mA			0.6		Ω
R <sub>SW1_PD</sub>	SW1 Pull-Down in Shutdown	POFF State			10		kΩ

357734fb



# LTC3577-3/LTC3577-4

## 電気的特性 LD0レギュレータ

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{\text{INLD01}} = V_{\text{INLD02}} = V_{\text{OUT}} = 3.8\text{V}$ 、LD01およびD02をイネーブル。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>LD0レギュレータ1 (LD01は常時オン)</b>							
$V_{\text{INLD01}}$	Input Voltage Range	$V_{\text{INLD01}} \leq V_{\text{OUT}} + 0.3\text{V}$	●	1.65		5.5	V
$V_{\text{OUT\_UVLO}}$	$V_{\text{OUT}}$ Falling	LD01 is Disabled Below $V_{\text{OUT}}$ UVLO		2.5	2.7	2.9	V
	$V_{\text{OUT}}$ Rising				2.8		V
$V_{\text{LD01\_FB}}$	LD01_FB Regulated Feedback Voltage	$I_{\text{LD01}} = 1\text{mA}$	●	0.78	0.8	0.82	V
	LD01_FB Line Regulation (Note 11)	$I_{\text{LD01}} = 1\text{mA}$ , $V_{\text{IN}} = 1.65\text{V}$ to $5.5\text{V}$			0.4		mV/V
	LD01_FB Load Regulation (Note 11)	$I_{\text{LD01}} = 1\text{mA}$ to $150\text{mA}$			5		$\mu\text{V}/\text{mA}$
$I_{\text{LD01\_OC}}$	Available Output Current		●	150			mA
$I_{\text{LD01\_SC}}$	Short-Circuit Output Current				270		mA
$V_{\text{DROP1}}$	Dropout Voltage (Note 12)	$I_{\text{LD01}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLD01}} = 3.6\text{V}$			160	260	mV
		$I_{\text{LD01}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLD01}} = 2.5\text{V}$			200	320	mV
		$I_{\text{LD01}} = 75\text{mA}$ , $V_{\text{INLD01}} = 1.8\text{V}$			170	280	mV
$R_{\text{LD01\_PD}}$	Output Pull-Down Resistance in Shutdown	LD01 Disabled			10		k $\Omega$
$I_{\text{LD0\_FB1}}$	LD0_FB1 Input Current			-50		50	nA
<b>LD0レギュレータ2 (LD02のプッシュボタンをイネーブル、シーケンスの1番目)</b>							
$V_{\text{INLD02}}$	Input Voltage Range	$V_{\text{INLD02}} \leq V_{\text{OUT}} + 0.3\text{V}$	●	1.65		5.5	V
$V_{\text{OUT\_UVLO}}$	$V_{\text{OUT}}$ Falling	LD02 is Disabled Below $V_{\text{OUT}}$ UVLO		2.5	2.7	2.9	V
	$V_{\text{OUT}}$ Rising				2.8		V
$V_{\text{LD02\_FB}}$	LD02_FB Regulated Output Voltage	$I_{\text{LD02}} = 1\text{mA}$	●	0.78	0.8	0.82	V
	LD02_FB Line Regulation (Note 11)	$I_{\text{LD02}} = 1\text{mA}$ , $V_{\text{IN}} = 1.65\text{V}$ to $5.5\text{V}$			0.4		mV/V
	LD02_FB Load Regulation (Note 11)	$I_{\text{LD02}} = 1\text{mA}$ to $150\text{mA}$			5		$\mu\text{V}/\text{mA}$
$I_{\text{LD02\_OC}}$	Available Output Current		●	150			mA
$I_{\text{LD02\_SC}}$	Short-Circuit Output Current				270		mA
$V_{\text{DROP2}}$	Dropout Voltage (Note 12)	$I_{\text{LD02}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLD02}} = 3.6\text{V}$			160	260	mV
		$I_{\text{LD02}} = 150\text{mA}$ , $V_{\text{INLD02}} = 2.5\text{V}$			200	320	mV
		$I_{\text{LD01}} = 75\text{mA}$ , $V_{\text{INLD01}} = 1.8\text{V}$			170	280	mV
$R_{\text{LD02\_PD}}$	Output Pull-Down Resistance in Shutdown	LD02 Disabled			14		k $\Omega$
$I_{\text{LD0\_FB2}}$	LD0_FB2 Input Current			-50		50	nA



## 電気的特性 プッシュボタン・コントローラ

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>プッシュボタン・ピン(ON)</b>						
$V_{OUT}$	Pushbutton Operating Supply Range	(Note 9)	●	2.7	5.5	V
$V_{OUT\ UVLO}$	$V_{OUT}$ Falling $V_{OUT}$ Rising	Pushbutton is Disabled Below $V_{OUT\ UVLO}$	2.5	2.7 2.8	2.9	V V
$V_{ON\_TH}$	ON Threshold Rising ON Threshold Falling		0.4	0.8 0.7	1.2	V V
$I_{ON}$	ON Input Current	$V_{ON} = V_{OUT}$ $V_{ON} = 0\text{V}$	-1 -4	-9	1 -14	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}$
<b>パワーオン入力ピン(PWR_ON)</b>						
$V_{PWR\_ON}$	PWR_ON Threshold Rising PWR_ON Threshold Falling		0.4	0.8 0.7	1.2	V V
$I_{PWR\_ON}$	PWR_ON Input Current	$V_{PWR\_ON} = 3\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
<b>状態出力ピン(PBSTAT、EXTPWR、PGOOD)</b>						
$I_{PBSTAT}$	PBSTAT Output High Leakage Current	$V_{PBSTAT} = 3\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
$V_{PBSTAT}$	PBSTAT Output Low Voltage	$I_{PBSTAT} = 3\text{mA}$		0.1	0.4	V
$I_{EXTPWR}$	EXTPWR Pin Input Current	$V_{EXTPWR} = 3\text{V}$		0	1	$\mu\text{A}$
$V_{EXTPWR}$	EXTPWR Pin Output Low Voltage	$I_{EXTPWR} = 2\text{mA}$		0.15	0.4	V
$I_{PGOOD}$	PGOOD Output High Leakage Current	$V_{PGOOD} = 3\text{V}$	-1		1	$\mu\text{A}$
$V_{PGOOD}$	PGOOD Output Low Voltage	$I_{PGOOD} = 3\text{mA}$		0.1	0.4	V
$V_{THPGOOD}$	PGOOD Threshold Voltage	(Note 13)		-8		%
<b>プッシュボタンのタイミング・パラメータ</b>						
$t_{ON\_PBSTAT1}$	ON Low Time to PBSTAT Low			50		ms
$t_{ON\_PBSTAT2}$	ON High to PBSTAT High	$PBSTAT\ Low > t_{PBSTAT\_PW}$		900		$\mu\text{s}$
$t_{PBSTAT\_PW}$	PBSTAT Minimum Pulse Width		40	50		ms
$t_{ON\_PUP}$	ON Low Time for Power-Up			50		ms
$t_{ON\_RST}$	ON Low to PGOOD Reset Low		12	14	16.5	Seconds
$t_{ON\_RST\_PW}$	PGOOD Reset Low Pulse Width			1.8		ms
$t_{PUP\_PDN}$	Minimum Time from Power Up to Down			1		Seconds
$t_{PDN\_PUP}$	Minimum Time from Power Down to Up			1		Seconds
$t_{PWR\_ONH}$	PWR_ON High to Power-Up			50		ms
$t_{PWR\_ONL}$	PWR_ON Low to Power-Down			50		ms
$t_{PWR\_ONBK1}$	PWR_ON Power-Up Blanking	PWR_ON Low Recognized from Power-Up		1		Seconds
$t_{PWR\_ONBK2}$	PWR_ON Power-Down Blanking	PWR_ON High Recognized from Power-Down		1		Seconds
$t_{PGOODH}$	From Regulation to PGOOD High	Buck1, 2 and LDO1 Within PGOOD Threshold		230		ms
$t_{PGOODL}$	Bucks Disabled to PGOOD Low	Bucks Disabled		44		$\mu\text{s}$
$t_{LDO2\_BK1}$	LDO2 Enable to Buck Enable		12.5	14.5	17.5	ms

**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の損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

**Note 2:** LTC3577-3/LTC3577-4は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

**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温度保護機能が備わっている。過温度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 4:**  $V_{CC}$ は $V_{BUS}$ 、 $V_{OUT}$ またはBATのうち大きい方。

**Note 5:** 合計入力電流は、消費電流、 $I_{BUSQ}$ 、および $V_{CLPROG}/R_{CLPROG} \cdot (I_{CLPROG} + 1)$ で与えられる測定電流の和である。

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 電気的特性

**Note 6:**  $h_{CI(10)}$ は、示されているPROG抵抗を使って測定された最大充電電流に対する割合として表わされる。

**Note 7:** このデバイスの電流制限機能は、ICを短時間の、または間欠的なフォールト状態に対して保護することを目的としている。規定された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:** シリアル・ポートは定格動作周波数でテストされる。タイミング・パラメータはテストされるか、設計により保証されている。

**Note 9:** UVLO状態ではない $V_{OUT}$ 。

**Note 10:** 降圧のFBが“H”で、スイッチングしていない。

**Note 11:** 出力が帰還ピンに接続された状態で、ユニティゲインで動作しているLD0で測定。

**Note 12:** 損失電圧は、LD0が規定出力電流でレギュレーションを維持するのに必要な、入力から出力への最小電圧差である。LD0がドロップアウト状態のとき、その出力電圧は $(V_{IN} - V_{DROP})$ に等しくなる。

**Note 13:** PG00Dスレッシュホールドは降圧1、降圧2およびLD01の安定化電圧からの差(パーセンテージ)で表される。スレッシュホールドは降圧1、降圧2およびLD01の出力の立上りから測定される。

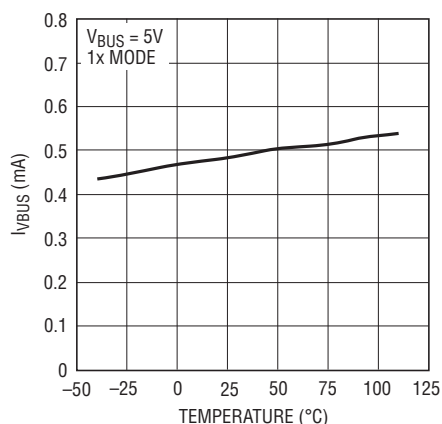
**Note 14:**  $I_{VOUT\_LED}$ はLEDドライバによる $V_{OUT}$ 電流および $V_{IN3}$ の電流の和である。

**Note 15:**  $I_{BATQ}$ の規定値は、 $V_{INLD01}$ 、 $V_{INLD02}$ 、 $V_{IN12}$ および $V_{IN3}$ が直接 $V_{OUT}$ に接続されていると仮定したときの全バッテリー負荷を表す。

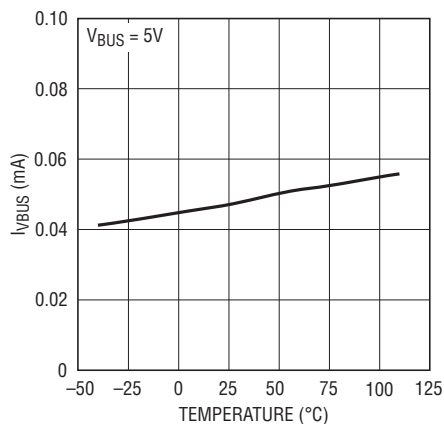
**Note 16:** デバイスの長期の電流密度定格

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

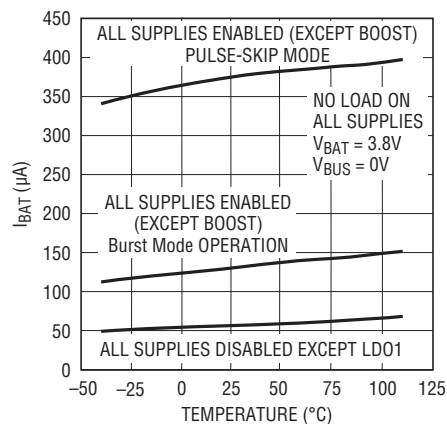
入力消費電流と温度



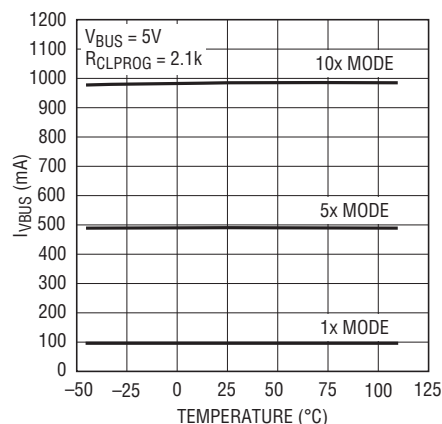
入力消費電流と温度  
(一時停止モード)



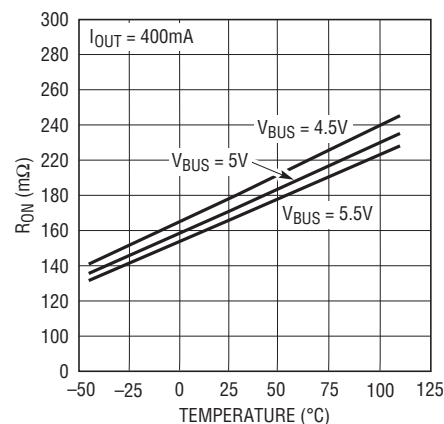
バッテリーの流出電流と温度



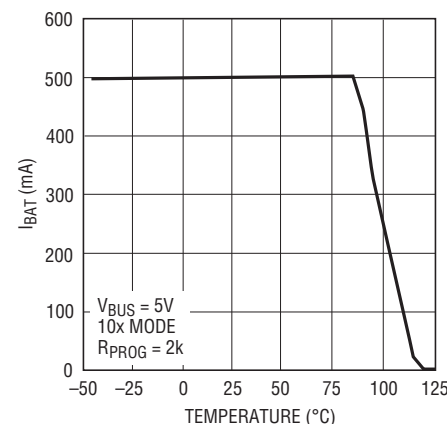
入力電流制限と温度



入力 $R_{ON}$ と温度



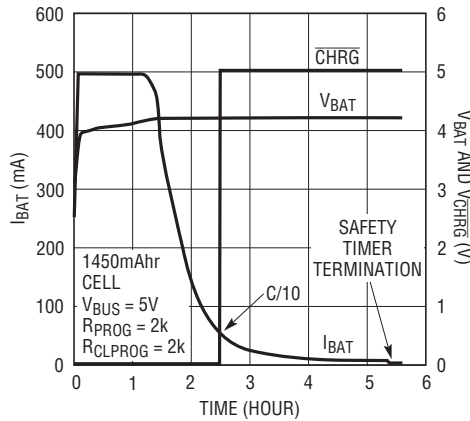
充電電流と温度  
(サーマル・レギュレーション)



357734fb

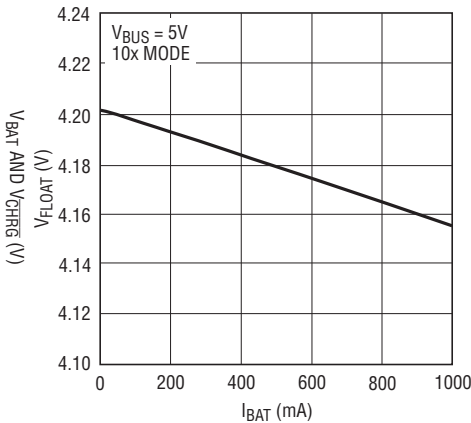
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

バッテリーの電流および電圧と時間



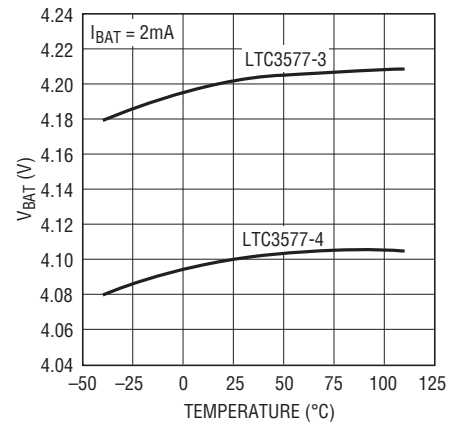
357734 G07

バッテリー・フロート電圧と  
負荷レギュレーション(LTC3577-3)



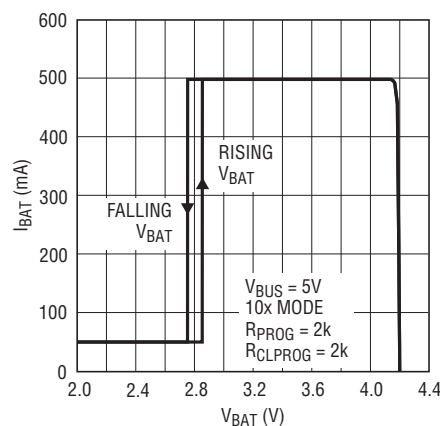
357734 G08

バッテリー・レギュレーション  
(フロート) 電圧と温度



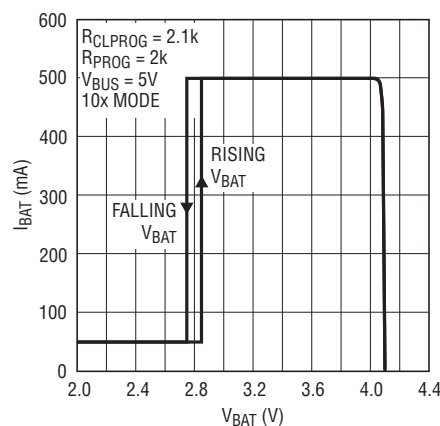
357734 G09

$I_{BAT}$ と $V_{BAT}$  (LTC3577-3)



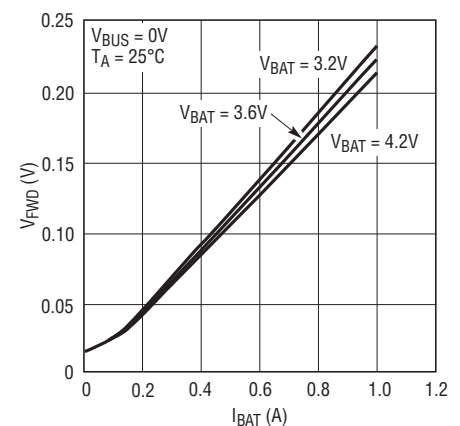
357734 G10

$I_{BAT}$ と $V_{BAT}$  (LTC3577-4)



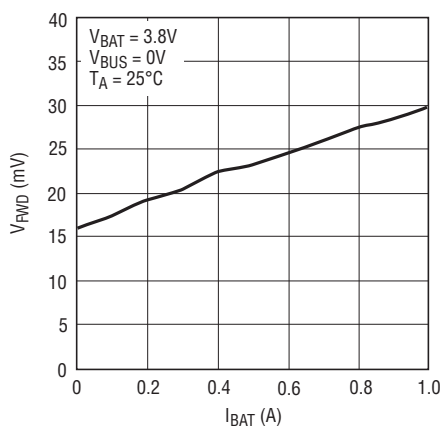
357734 G11

順方向電圧と理想ダイオード電流  
(外部FETなし)



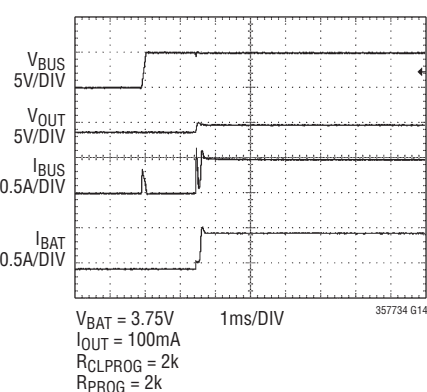
357734 G12

順方向電圧と理想ダイオード電流  
(Si2333DS外部FET付き)



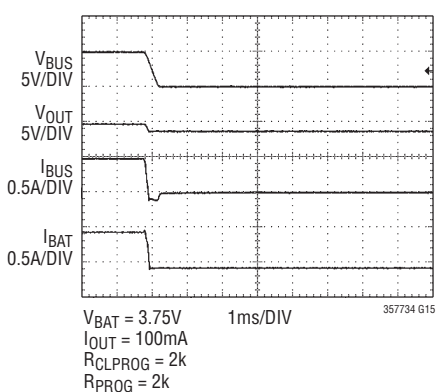
357734 G13

入力接続時の波形



357734 G14

入力切断時の波形

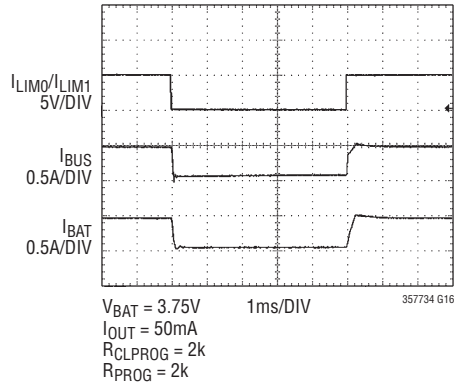


357734 G15

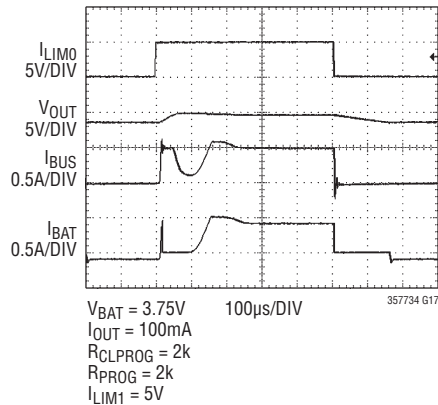
# LTC3577-3/LTC3577-4

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

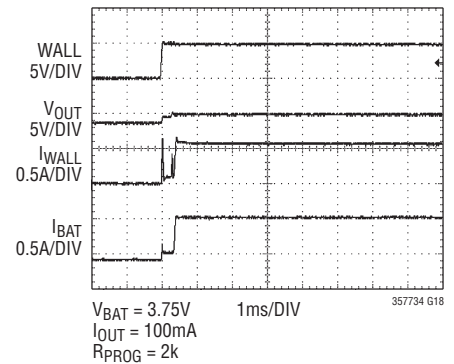
1倍モードから5倍モードへの切替え



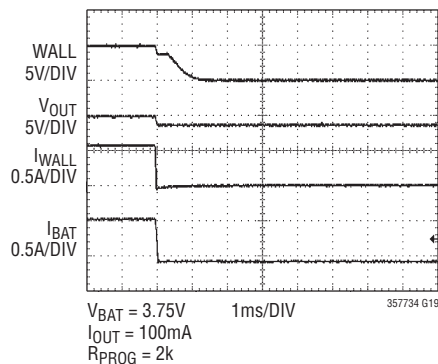
一時停止モードから5倍モードへの切替え



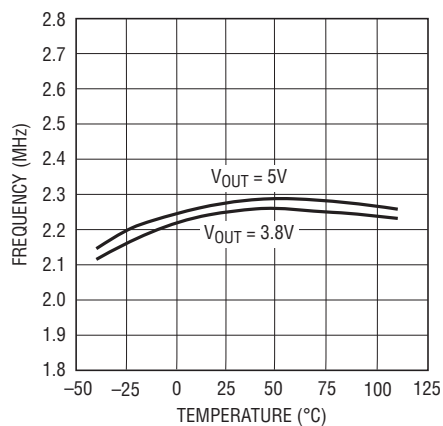
電源接続時の波形



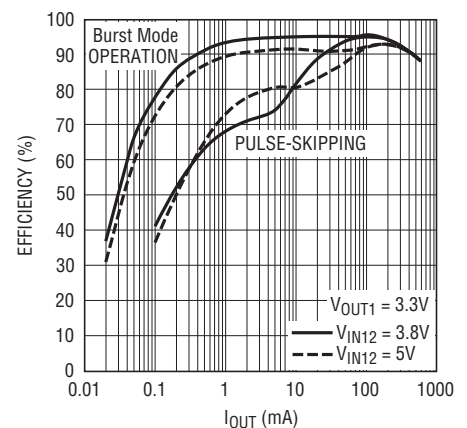
電源切断時の波形



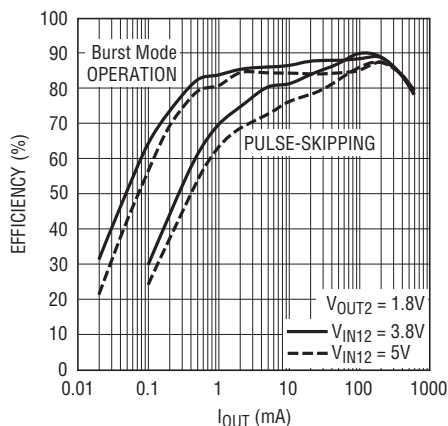
発振器周波数と温度



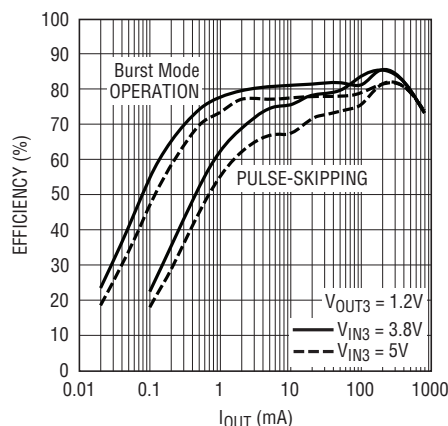
降圧スイッチング・レギュレータ1の3.3V出力の効率と $I_{OUT1}$



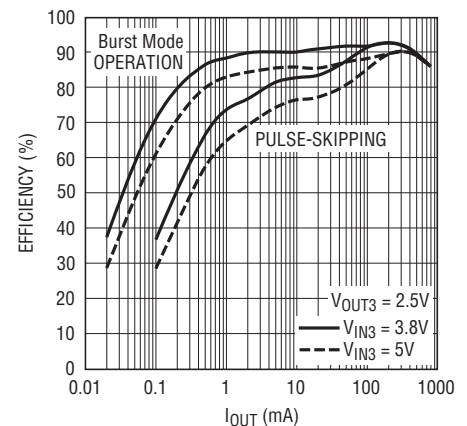
降圧スイッチング・レギュレータ2の1.8V出力の効率と $I_{OUT2}$



降圧スイッチング・レギュレータ3の1.2V出力の効率と $I_{OUT3}$



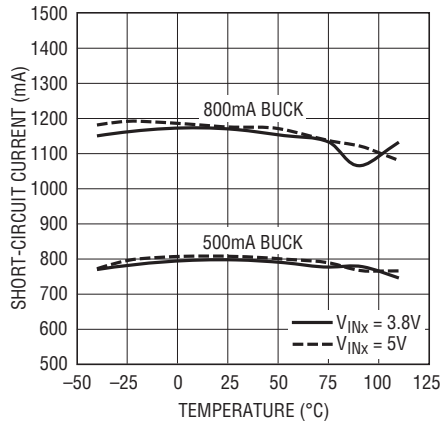
降圧スイッチング・レギュレータ3の2.5V出力の効率



357734fb

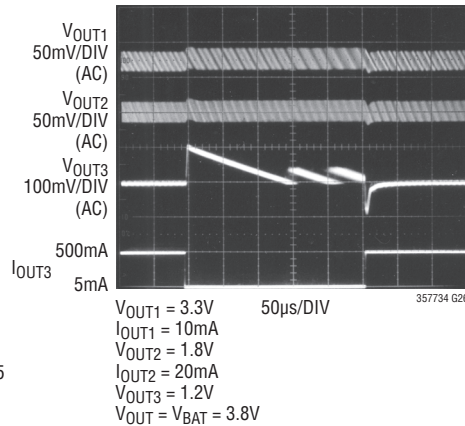
## 標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$

降圧スイッチング・レギュレータの  
短絡電流と温度



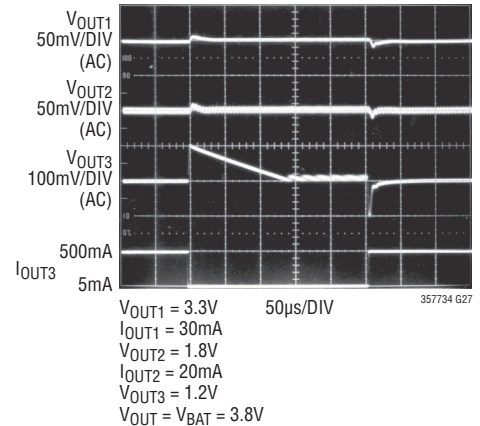
357734 G25

降圧スイッチング・レギュレータの  
出力トランジェント  
(Burst Mode動作)



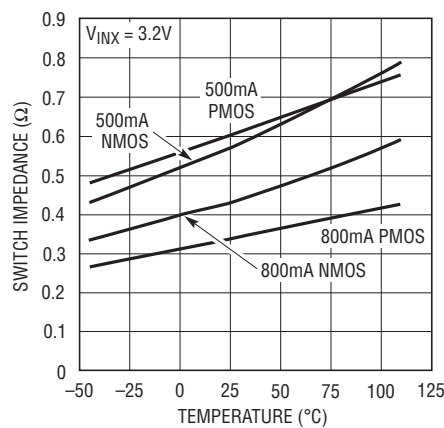
357734 G26

降圧スイッチング・レギュレータの  
出力トランジェント  
(パルス・スキップ)



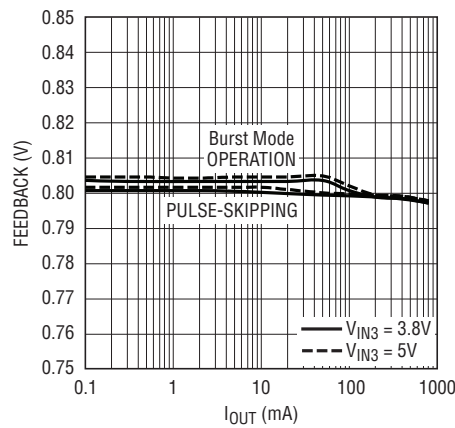
357734 G27

降圧スイッチング・レギュレータの  
スイッチ・インピーダンスと温度



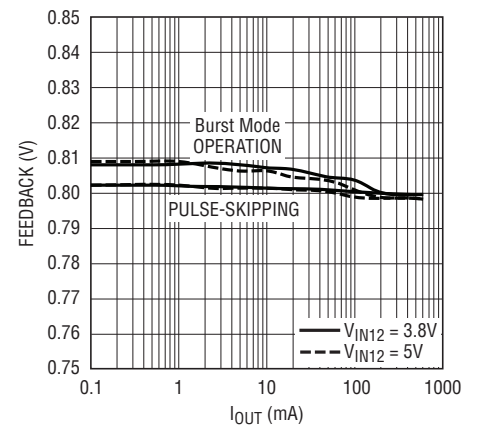
357734 G28

800mA降圧スイッチング・  
レギュレータの帰還電圧と出力電流



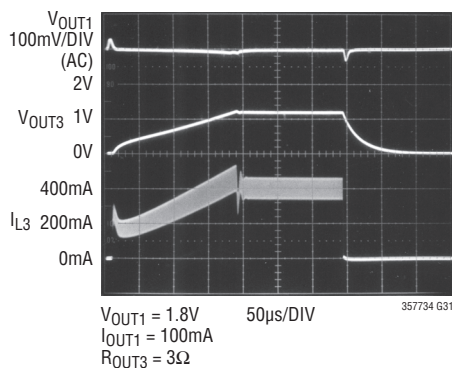
357732 G29

500mA降圧スイッチング・  
レギュレータの帰還電圧と出力電流



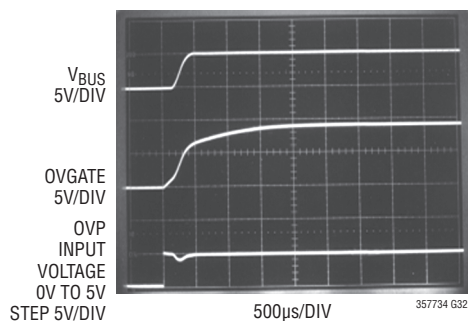
357734 G30

降圧スイッチング・レギュレータ3の  
ソフトスタートとシャットダウン



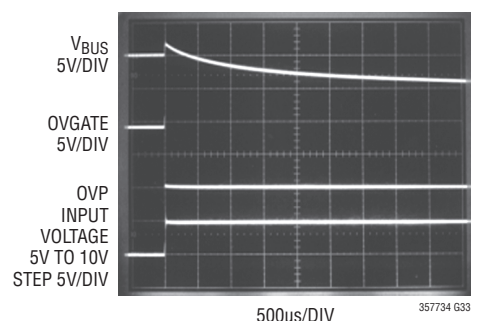
357734 G31

OVP接続時の波形



357734 G32

OVP保護の波形

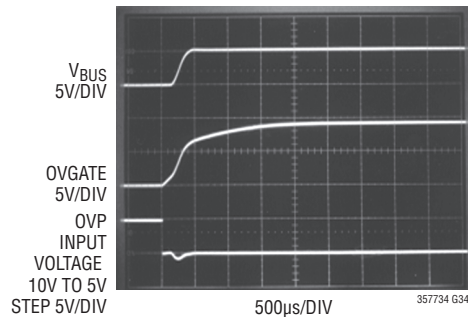


357734 G33

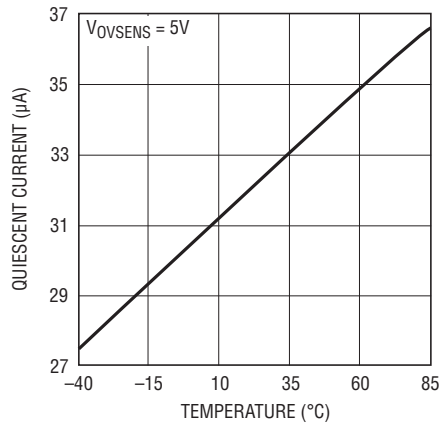
# LTC3577-3/LTC3577-4

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

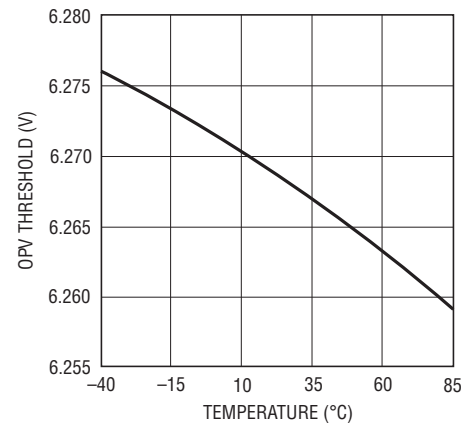
OVP再接続時の波形



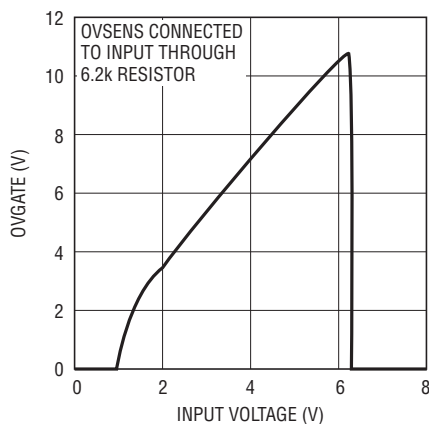
OVSENS消費電流と温度



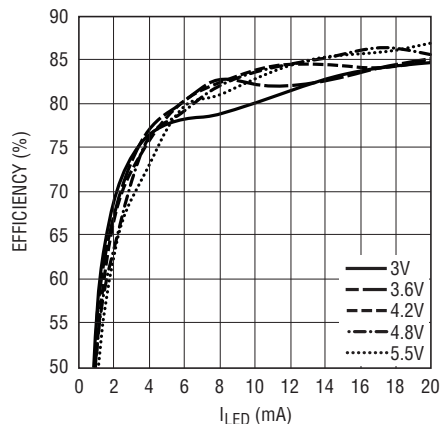
立上り過電圧スレッシュホールドと温度



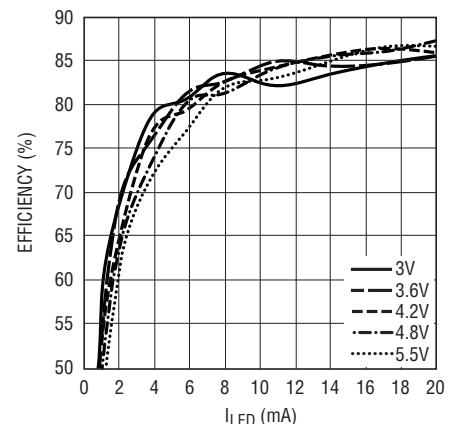
OVGATEとOVSENS



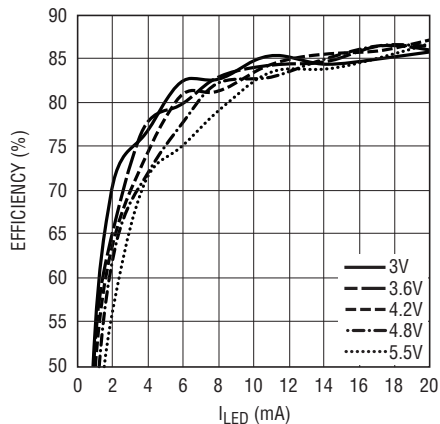
LEDドライバの効率(10 LED)



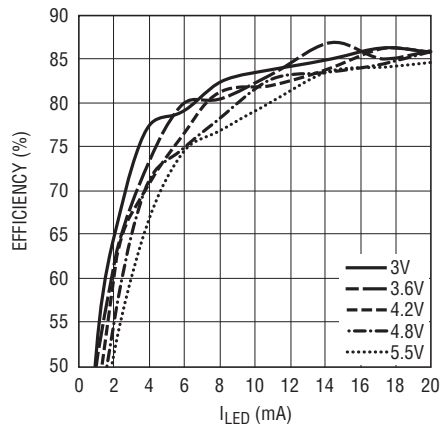
LEDドライバの効率(8 LED)



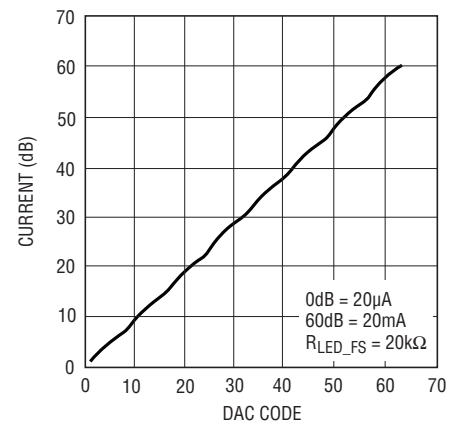
LEDドライバの効率(6 LED)



LEDドライバの効率(4 LED)



DACコードとLED電流

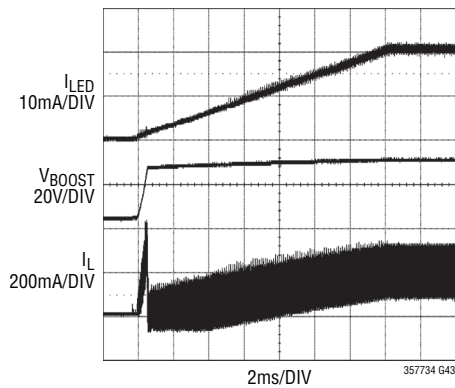


357734fb

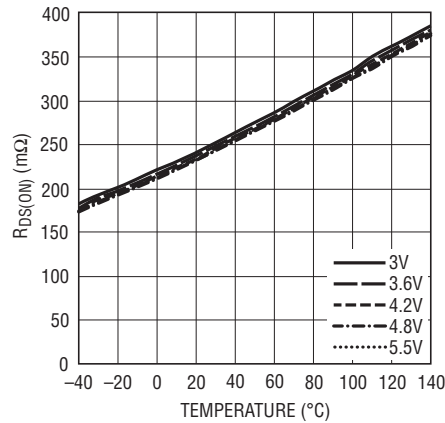


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 

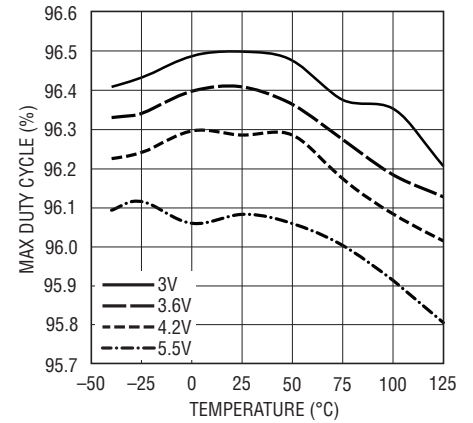
LED昇圧の起動波形



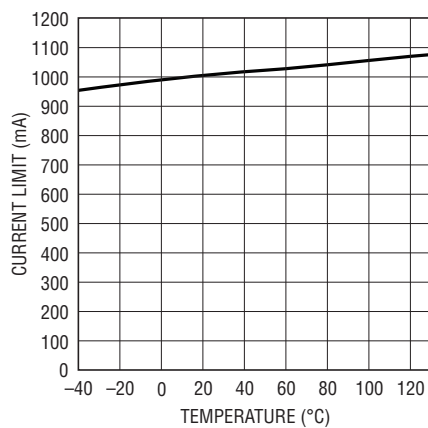
LED昇圧のスイッチのインピーダンスと温度



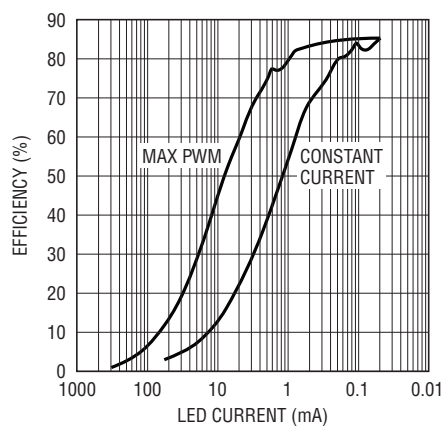
LED昇圧の最大デューティ・サイクルと温度



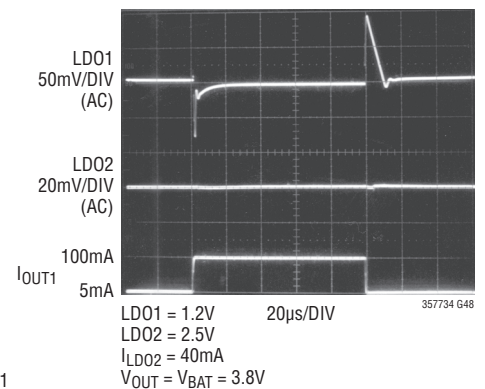
LED昇圧の電流制限と温度



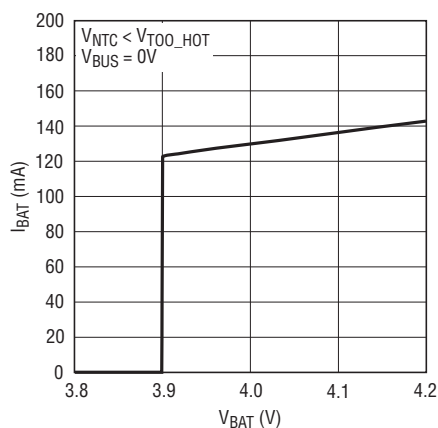
10 LEDドライバの効率



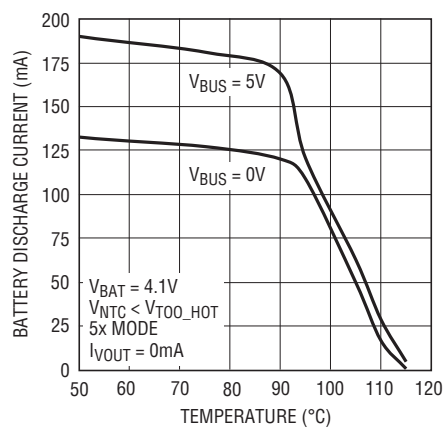
LD0の負荷ステップ



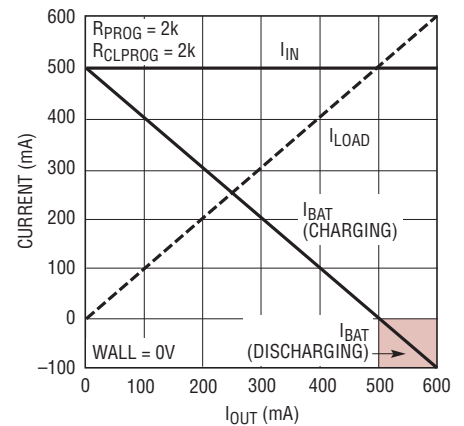
過温度BATの放電



バッテリーの放電電流と温度



入力電流およびバッテリー電流と出力電流





## ピン機能

**ILIM0、ILIM1 (ピン1、2) :** 入力電流制御ピン。ILIM0とILIM1は入力電流制限を制御します。「USB PowerPathコントローラ」のセクションの表1を参照してください。両方のピンとも弱い電流シンクで“L”に引き下げられています。

**LED\_FS (ピン3) :** このピンとグラウンドの間の抵抗がILEDピンのフルスケール出力電流を設定します。

**WALL (ピン4) :** ACアダプタ検出入力。このピンを4.3Vより上に引き上げると、VBUSからVOUTへの電力経路をディスエーブルします。ACPRピンも“L”に引き下げられ、ACアダプタが検出されたことを知らせます。

**SW3 (ピン5) :** 降圧スイッチング・レギュレータ3 (降圧3) の電力伝送 (スイッチ) ピン。

**VIN3 (ピン6) :** 降圧スイッチング・レギュレータ3の電源入力。このピンはVOUTに接続します。

**FB3 (ピン7) :** 降圧スイッチング・レギュレータ3 (降圧3) の帰還入力。制御ループが完成すると、このピンは0.8Vの固定電圧にサーボ制御されます。

**OVSENSE (ピン8) :** 過電圧保護検出入力。OVSENSEは6.2k抵抗を通して入力電源コネクタおよび外部NチャネルMOSパストランジスタのドレインに接続します。このピンの電圧が予め設定されたレベルを超えると、OVGATEピンがGNDに引き下げられてパストランジスタをディスエーブルし、下流の回路を保護します。

**LED\_OV (ピン9) :** このピンと昇圧されたLEDバックライト電圧の間の抵抗が、昇圧出力の過電圧リミットを設定します。昇圧電圧がプログラムされたリミットを超えると、LED昇圧コンバータはディスエーブルされます。

**DVCC (ピン10) :** I<sup>2</sup>Cラインの電源電圧。このピンはLTC3577-3/LTC3577-4のロジックの基準レベルを設定します。DVCCが1Vより下のとき、DVCCピンのUVLO回路が全てのレジスタをオールゼロに強制します。0.1μFのコンデンサを使ってGNDにバイパスします。

**SDA (ピン11) :** I<sup>2</sup>Cのデータ入力。シリアル・データはクロック毎に1ビットだけシフトされ、LTC3577-3/LTC3577-4を制御します。SDAのロジック・レベルはDVCCを基準にしています。

**SCL (ピン12) :** I<sup>2</sup>Cクロック入力。SCLのロジック・レベルはDVCCを基準にしています。

**OVGATE (ピン13) :** 過電圧保護ゲート出力。OVGATEは外部NチャネルMOSパストランジスタのゲート・ピンに接続します。トランジスタのソースをVBUSに接続し、ドレインを製品のDC入力コネクタに接続します。過電圧状態が存在しないと、このピンはこのトランジスタを完全にエンハンスするのに十分なオーバードライブを発生することができる内部チャージポンプに接続されます。過電圧状態が検出されると、OVGATEが急速にグラウンドに引き下げられてダメージを防ぎます。OVGATEはOVSENSEと連携して機能し、この保護を与えます。

**PWR\_ON (ピン14) :** パワーアップ後、降圧1、降圧2およびLDO2をイネーブルされた状態に保つのに使われるロジック入力。レギュレータを直接イネーブルするのも使うことができます (シーケンス = LDO2 → 降圧1 → 降圧2)。詳細については「プッシュボタン・インタフェースの動作」のセクションを参照してください。

**ON (ピン15) :** プッシュボタン入力。フロートのままにすると、弱い内部プルアップがONを“H”に強制します。通常開いているプッシュボタンをONからグラウンドに接続して、このピンを“L”状態に強制します。

**PBSTAT (ピン16) :** オープン・ドレイン出力は、ONにデバウンス機能とバッファを加えたもので、プロセッサの割込み処理に使います。

**EN3 (ピン17) :** 降圧スイッチング・レギュレータ3 (降圧3) のイネーブル・ピン。

**SW (ピン18、19、20) :** LED昇圧コンバータの電力伝送 (スイッチ) ピン。回路の配線と部品の選択については、「LEDバックライト/昇圧動作」のセクションを参照してください。LEDドライバのイネーブルを制御するにはI<sup>2</sup>Cを使います。I<sup>2</sup>CのデフォルトではLEDドライバはオフです。

**PGOOD (ピン21) :** オープン・ドレインの出力。PGOODは、降圧1、降圧2およびLDO1が最終レギュレーション値の8%以内であることを表示します。全てのレギュレータがレギュレーションに達してからPGOODが“H”になるまで230msの遅延があります。

## ピン機能

**ILED (ピン22) :** 直列LEDバックライト電流シンク出力。このピンは直列LEDバックライト・ストリングのカソード端に接続されます。直列LEDを通して流れる電流は6ビットの60dB DACを介してプログラムされ、内部PWM機能を介してさらに調光することができます。LEDドライバのイネーブル、輝度、グラデーションを制御するのにI<sup>2</sup>Cが使われます(ソフトオン/ソフトオフ)。I<sup>2</sup>CのデフォルトではLEDドライバはオフです(電流 = 0mA)。

**LD01\_FB (ピン23) :** 低損失リニア・レギュレータ1 (LDO1) の帰還電圧入力。LDO1の出力電圧は、LDO1とLD01\_FBの間の外部抵抗分割器を使って設定されます。

**LD02\_FB (ピン24) :** 低損失リニア・レギュレータ2 (LDO2) の帰還電圧入力。LDO2の出力電圧は、LDO2とLD02\_FBの間の外部抵抗分割器を使って設定されます。

**FB2 (ピン25) :** 降圧スイッチング・レギュレータ2 (降圧2) の帰還入力。制御ループが完成すると、このピンは0.8Vの固定電圧にサーボ制御されます。

**FB1 (ピン26) :** 降圧スイッチング・レギュレータ1 (降圧1) の帰還入力。制御ループが完成すると、このピンは0.8Vの固定電圧にサーボ制御されます。

**V<sub>INLDO1</sub> (ピン27) :** 低損失リニア・レギュレータ1 (LDO1) の入力電源。このピンは、1μF以上のセラミック・コンデンサを使ってグラウンドへバイパスします。

**LD01 (ピン28) :** 低損失リニア・レギュレータ1の出力。LDO1は常時オンLDOで、デバイスがV<sub>OUT</sub> UVLO状態でないときは常にイネーブルされます。このピンは、1μF以上のセラミック・コンデンサを使ってグラウンドへバイパスする必要があります。

**LD02 (ピン29) :** 低損失リニア・レギュレータ2の出力。このピンは1μF以上のセラミック・コンデンサを使ってグラウンドへバイパスする必要があります。

**V<sub>INLDO2</sub> (ピン30) :** 低損失リニア・レギュレータ2 (LDO2) の入力電源。このピンは、1μF以上のセラミック・コンデンサを使ってグラウンドへバイパスします。

**SW2 (ピン31) :** 降圧スイッチング・レギュレータ2 (降圧2) の電力伝送(スイッチ)ピン。

**V<sub>IN12</sub> (ピン32) :** 降圧スイッチング・レギュレータ1と2の電源入力。このピンは一般にV<sub>OUT</sub>に接続されます。

**SW1 (ピン33) :** 降圧スイッチング・レギュレータ1 (降圧1) の電力伝送(スイッチ)ピン。

**NTCBIAS (ピン34) :** NTCの出力バイアス電圧。このピンからNTCピンへの抵抗によりNTCサーミスタがバイアスされます。

**NTC (ピン35) :** NTCピンはバッテリーのサーミスタに接続され、充電するにはバッテリーの温度が高すぎたり低すぎたりしないか判定します。バッテリーの温度が範囲外にあると、範囲内に再度戻るまで充電が停止されます。低ドリフトのバイアス抵抗がNTCBIASからNTCに必要であり、サーミスタがNTCからグラウンドに必要です。

**PROG (ピン36) :** 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。抵抗をPROGからグラウンドに接続すると充電電流がプログラムされます。

$$I_{\text{CHG}} = \frac{1000\text{V}}{R_{\text{POGR}}} \text{ (A)}$$

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。

**IDGATE (ピン37) :** 理想ダイオードのゲート接続。このピンは、内部理想ダイオードを補うのに使われるオプションの外部PチャネルMOSFETトランジスタのゲートを制御します。PチャネルMOSFETのソースをV<sub>OUT</sub>に接続し、ドレインをBATに接続します。このピンを高インピーダンスに保って、すべての経路のリークを最小に抑えることが重要です。

**BAT (ピン38) :** 1セル・リチウムイオン・バッテリー・ピン。利用可能な電力と負荷に依存して、BATのリチウムイオン・バッテリーは、理想ダイオードを通してシステムの電力をV<sub>OUT</sub>に供給するか、またはバッテリー・チャージャから充電されます。

# LTC3577-3/LTC3577-4

## ピン機能

**V<sub>OUT</sub> (ピン39) :** 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。携帯製品の大半はV<sub>OUT</sub>から給電します。LTC3577-3/LTC3577-4は利用可能な電力をV<sub>OUT</sub>の外部負荷と内部のバッテリー・チャージャの間で分割します。優先順位は外部負荷に与えられ、余分の電力は全てバッテリーの充電に使われます。BATからV<sub>OUT</sub>に接続されている理想ダイオードにより、負荷がV<sub>BUS</sub>から割り当てられた入力電流を超えても、またはV<sub>BUS</sub>の電源が取り去られても、V<sub>OUT</sub>への給電が保証されます。V<sub>OUT</sub>は低インピーダンスの多層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**V<sub>BUS</sub> (ピン40) :** 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多層セラミック・コンデンサを使ってバイパスします。

**ACPR (ピン41) :** ACアダプタ検出出力(アクティブ“L”)。このピンが“L”だと、ACアダプタ入力コンパレータの入力が入力スレッシュホールド(標準4.3V)より上に引き上げられていることを示します。このピンを使って外部PチャネルMOSFETのゲートをドライブし、USBポート以外の電源からV<sub>OUT</sub>に電力を供給することができます。

**EXTPWR (ピン42) :** 外部電源検出出力(アクティブ“L”、オープン・ドレイン出力)。このピンが“L”になると、V<sub>BUS</sub>入力またはWALL入力のどちらかに外部電源が存在することを示します。EXTPWRがV<sub>BUS</sub>の存在を知らせるには、V<sub>BUS</sub>がV<sub>BUS</sub>の低電圧ロックアウト・スレッシュホールドを超える必要があります。EXTPWRがWALLの存在を知らせるには、WALLが絶対およ

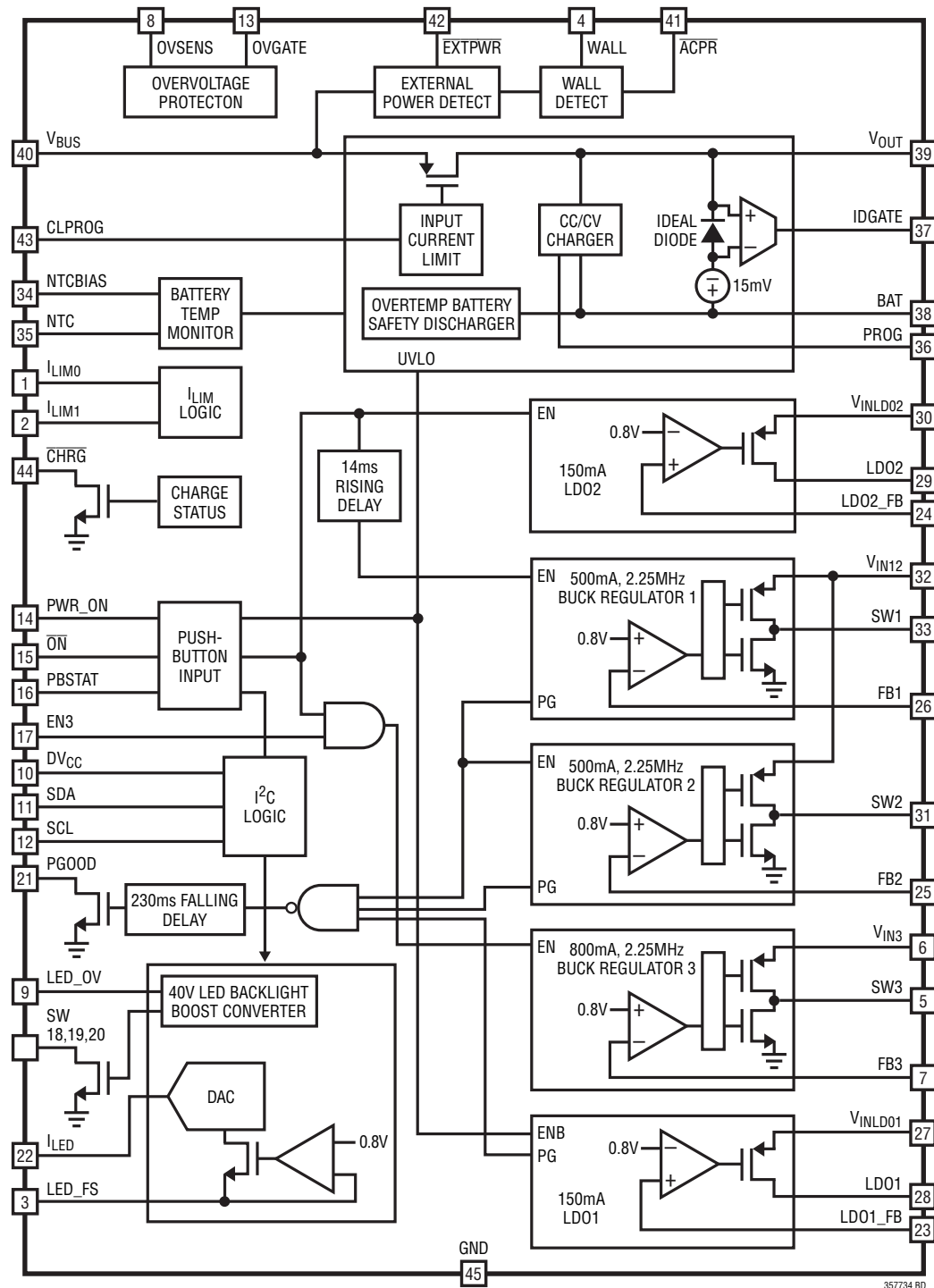
び差動のWALL入力スレッシュホールドを超える必要があります。EXTPWR信号はI<sub>LIM1</sub>ピンおよびI<sub>LIM0</sub>ピンから独立しています。したがって、入力電流制限回路を一時停止し、EXTPWRを使ってV<sub>BUS</sub>の有効な充電レベルを示すことができます。

**CLPROG (ピン43) :** 入力電流設定および入力電流モニタ用ピン。CLPROGからグランドに接続した抵抗によってV<sub>BUS</sub>ピンから引き出される電流の上限(つまり、入力電流制限)が決まります。入力電流の精密な一部(hCLPROG)がCLPROGピンに送られます。入力PowerPathは、CLPROGピンが2V(10倍モード)、1V(5倍モード)または0.2V(1倍モード)に達するまで、電流を供給します。したがって、V<sub>BUS</sub>から引き出される電流はhCLPROGとRCLPROGによって与えられる量に制限されます。USBアプリケーションでは、抵抗RCLPROGを2.1k以上に設定します。

**CHRG (ピン44) :** オープン・ドレインの充電状態出力。CHRGピンはバッテリー・チャージャの状態を表します。CHRGが“H”であれば、チャージャはフロート電圧に近い(充電電流がプログラムされた充電電流の1/10未満)、または充電が完了し、チャージャがデイスエーブルされています。CHRGが“L”であれば、チャージャがイネーブルされていることを示します。詳細については、「充電状態の表示」のセクションを参照してください。

**グランド(露出パッド、ピン45) :** パッケージの露出パッドはグランドになっており、良好な電気的接触と定格熱性能を得るためには、PCボードに半田付けする必要があります。

## ブロック図



# LTC3577-3/LTC3577-4

## 動作

### PowerPath動作

#### はじめに

LTC3577-3/LTC3577-4は高度に集積化されたパワーマネージメントICであり、以下の機態を備えています。

- PowerPathコントローラ
- バッテリ・チャージャ
- 理想ダイオード
- 入力過電圧保護
- プッシュボタン・コントローラ
- 3個の降圧スイッチング・レギュレータ
- 2個の低損失リニア・レギュレータ
- 40V LEDバックライト・コントローラ

特にUSBアプリケーション向けに設計されているので、PowerPathコントローラは高精度入力電流制限を組み込んでおり、バッテリ・チャージャと通信して入力電流がUSBの

平均入力電流の仕様に違反しないようにします。BATからV<sub>OUT</sub>への理想ダイオードが、V<sub>BUS</sub>の電力が足りなくても、またはV<sub>BUS</sub>に電力が無くても、常に十分な電力がV<sub>OUT</sub>で利用できるよう保証します。LTC3577-3/LTC3577-4はACアダプタや電流が制限されていない他の電源から電力を受け取ることもできます。図1に示されているように、このような電源はパワー・ショットキーまたはFETなどの外付けデバイスを介してLTC3577-3/LTC3577-4のV<sub>OUT</sub>ピンに接続することができます。LTC3577-3/LTC3577-4は、(外部電源から給電される)出力を利用して負荷に給電しながらバッテリーを充電するユニークな能力を備えています。WALLピンのコンパレータは、ACアダプタの存在を検出して、USBへの接続を切断するように構成設定されています。これにより、ACアダプタが存在するときV<sub>OUT</sub>からV<sub>BUS</sub>への逆導通が防がれます。

また、LTC3577-3/LTC3577-4は、2個の同期整流式降圧スイッチング・レギュレータ(降圧1と降圧2)、低損失レギュレータ(LDO2)およびシステム・リセットの電源シーケンシングを制御するためのプッシュボタン入力を備えています。3個の

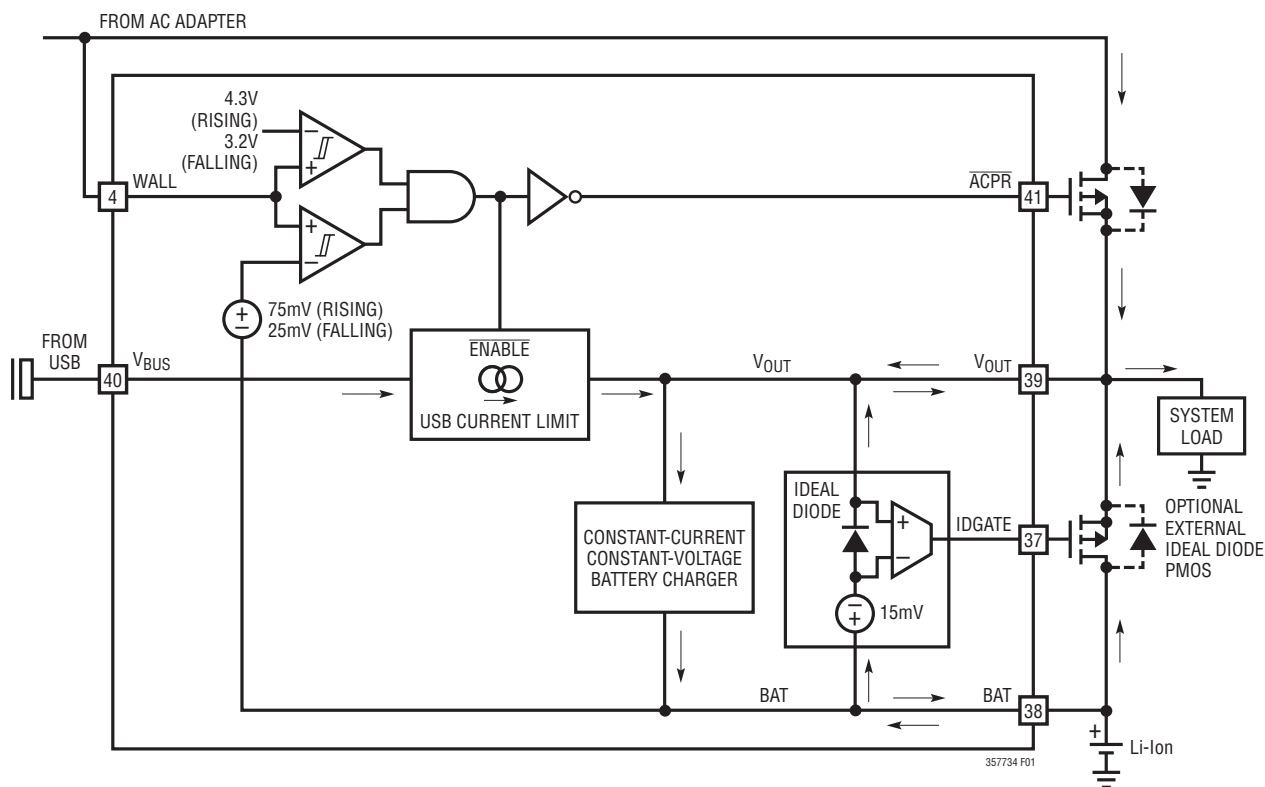


図1. PowerPathの簡略ブロック図



## 動作

2.25MHz固定周波数電流モード降圧スイッチング・レギュレータがそれぞれ500mA、500mAおよび800mAを供給し、軽負荷での高効率のためのBurst Mode動作とともに100%デューティ・サイクル動作をサポートします。スイッチング・レギュレータのための外部補償部品は不要です。2個の低損失レギュレータは最大150mAを出力することができます。

内蔵のLEDバックライト昇圧回路は、最大10個の直列LEDをドライブ可能で、I<sup>2</sup>C入力を介した汎用性の高いデジタル調光機能を搭載しています。状態の読出しとともに、I<sup>2</sup>C入力は追加のレギュレータ制御も与えます。

全てのレギュレータを0.8Vの最小出力電圧にプログラムすることができ、マイクロコントローラ・コア、マイクロコントローラI/O、メモリまたは他のロジック回路に給電するのに使うことができます。

### USBのPowerPathコントローラ

LTC3577-3/LTC3577-4の入力電流制限回路と充電制御回路は、I<sub>VOUT</sub>の関数としてバッテリー充電電流を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<sub>OUT</sub>は外部負荷、3個の降圧スイッチング・レギュレータ、2個のLDO、LEDバックライトおよびバッテリー・チャージャの組合せをドライブします。

組み合わされた負荷がプログラムされた入力電流リミットを超えなければ、V<sub>OUT</sub>は内部の200mΩのPチャネルMOSFETを通してV<sub>BUS</sub>に接続されます。V<sub>OUT</sub>の組み合わされた負荷がプログラムされた入力電流リミットを超えると、バッテリー・チャージャはプログラムされた入力電流を維持しながら外部負荷が満たされるのを可能にするのに必要な量だけ充電電流を減らします。バッテリー充電電流が許容USB電流を超えるように設定されていても、平均入力電流のUSBの規定値を超えることはありません。さらに、V<sub>OUT</sub>の負荷電流が常に優先され、利用可能な余分の電流だけがバッテリーの充電に使用されます。CLPROGピンからの電流はV<sub>BUS</sub>電流の一部(1/h<sub>CLPROG</sub>)です。プログラミング抵抗がCLPROGからGND

に接続されていると、CLPROGの電圧は次のように入力電流を表します。

$$I_{VBUS} = I_{BUSQ} + \frac{V_{CLPROG}}{R_{CLPROG}} \cdot h_{CLPROG}$$

ここで、I<sub>BUSQ</sub>とh<sub>CLPROG</sub>は「電気的特性」の表に与えられています。

入力電流制限はI<sub>LIM0</sub>ピンとI<sub>LIM1</sub>ピンによってプログラムされます。LTC3577-3/LTC3577-4は入力電流をいくつかの可能な設定のどれかに構成することができます。また非アクティブ状態にすることもできます(USBを一時停止)。入力電流制限は、次式に従って、適切なサーボ電圧とCLPROGの抵抗によって設定されます。

$$I_{VBUS} = I_{BUSQ} + \frac{0.2V}{R_{CLPROG}} \cdot h_{CLPROG} \quad (1倍モード)$$

$$I_{VBUS} = I_{BUSQ} + \frac{1V}{R_{CLPROG}} \cdot h_{CLPROG} \quad (5倍モード)$$

$$I_{VBUS} = I_{BUSQ} + \frac{2V}{R_{CLPROG}} \cdot h_{CLPROG} \quad (10倍モード)$$

2.1k以上のR<sub>CLPROG</sub>抵抗を使えば、最悪条件でもUSBの平均入力電流の規定に違反することはありません。I<sub>LIM0</sub>ピンとI<sub>LIM1</sub>ピンの利用可能な設定を表1に示します。

表1. 制御された入力電流制限

I <sub>LIM1</sub>	I <sub>LIM0</sub>	I <sub>BUS(LIM)</sub>
1	1	100mA (1x)
1	0	1A (10x)
0	1	一時停止
0	0	500mA (5x)

I<sub>LIM0</sub>が“L”でI<sub>LIM1</sub>が“H”のとき、V<sub>OUT</sub>の充電電流と利用可能な電流が増加するように入力電流リミットが高い電流リミットに設定されることに注意してください。このモードは一般に、USBではないもっとも高電力の電源をV<sub>BUS</sub>ピンで利用できるときに使われます。

## 動作

### BATからV<sub>OUT</sub>への理想ダイオード

LTC3577-3/LTC3577-4には、オプションの外部理想ダイオードのコントローラとともに、内部理想ダイオードが備わっています。内部と外部の両方の理想ダイオードはV<sub>OUT</sub>がBATより下に下がると直ちに応答します。負荷が入力電流リミットを超えて増加すると、追加電流がバッテリーから理想ダイオードを介して引き出されます。さらに、V<sub>BUS</sub> (USB) またはV<sub>OUT</sub> (外部AC電源または高電圧レギュレータ) への電力が取り去られると、アプリケーションの電力は全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高速なので、推奨出力コンデンサだけでV<sub>OUT</sub>がV<sub>BAT</sub>より大幅に低下するのが防がれます (図2を参照)。理想ダイオードは、V<sub>OUT</sub>の電圧がBATの電圧より約15mV (V<sub>FWD</sub>) 低いと内蔵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。内部の理想ダイオードの抵抗は約200mΩです。アプリケーションにとってこれで十分であれば、外部部品は不要です。ただし、もっと低い抵抗が必要であれば、外部PチャネルMOSFETをBATからV<sub>OUT</sub>に追加することができます。LTC3577-3/LTC3577-4のIDGATEピンは外部PチャネルMOSFETのゲートをドライブして、理想ダイオードを自動的に制御します。MOSFETのソースをV<sub>OUT</sub>に接続し、ドレインをBATに接続します。IDGATEピンは1nFの負荷をドライブすることができ、オン抵抗が非常に低い外部PチャネルMOSFETを制御することができます。

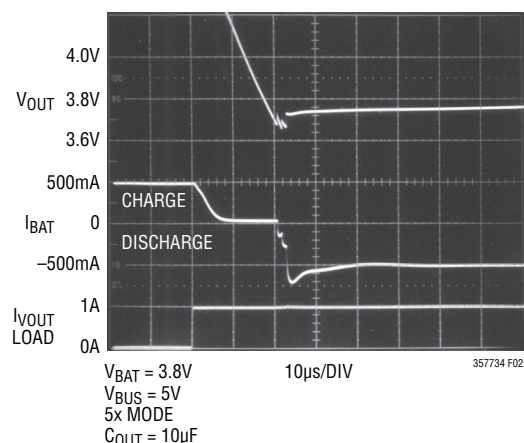


図2. 理想ダイオードの過渡応答

### WALLピンを使った外部電源の検出

WALL入力ピンを使って外部電源 (特にUSB V<sub>BUS</sub>入力のように固定電流制限を受けることがない電源) の存在を識別することができます。一般に、このような電源はACアダプタの5V出力または高電圧降圧レギュレータの低電圧出力です。ACアダプタの出力 (または降圧レギュレータの出力) がWALLピンに直接接続され、電圧がWALLピンのスレッシュホルドを超えると、USBの電力経路 (V<sub>BUS</sub>からV<sub>OUT</sub>) が切断されます。さらに、ACPRピンが“L”に引き下げられます。外部電源の存在が認識されるには、以下の条件の両方が満たされる必要があります。

1. WALLピンの電圧が約4.3Vを超える必要があります。
2. WALLピンの電圧がV<sub>BAT</sub>を約75mV以上超えている必要があります。

以下の条件のどちらかが満たされると、入力の電力経路 (V<sub>BUS</sub>とV<sub>OUT</sub>の間) が再度イネーブルされ、ACPRピンが“H”に引き上げられます。

1. WALLピンの電圧がBATピンの電圧の25mV以内に下がる。
2. WALLピンの電圧が3.2Vより下に下がる。

これらのスレッシュホルドの各々は、時間領域で適切にフィルタをかけて、WALLピンのトランジェント・グリッチが誤ってイベントをトリガするのを防ぎます。

### 一時停止モード

I<sub>LIM0</sub>が“H”に引き上げられ、I<sub>LIM1</sub>が“L”に引き下げられると、USBの規定に適合するため、LTC3577-3/LTC3577-4は一時停止モードになります。このモードでは、V<sub>BUS</sub>とV<sub>OUT</sub>の間の電力経路が高インピーダンス状態に置かれ、V<sub>BUS</sub>の入力電流は50µAに減少します。WALLとV<sub>OUT</sub>をドライブする他の電力源が利用できなければ、V<sub>OUT</sub>に接続されたシステム負荷はBATに接続された理想ダイオードを通して給電されます。



## 動作

### V<sub>BUS</sub>の低電圧ロックアウト (UVLO)

#### および低電圧電流制限 (UVCL)

内部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>が立上りUVLOスレッシュホールド (3.8V) および少なくともV<sub>OUT</sub>の50mV上を超えて上昇するまで入力電流制限回路をオフ状態に保ちます。V<sub>BUS</sub>が3.7VまたはV<sub>OUT</sub>の50mV下より下に下がると、UVLOのヒステリシスにより入力電流制限がオフします。これが起きると、V<sub>OUT</sub>のシステム電力は理想ダイオードを通してバッテリーから引き出されます。抵抗性の入力電源を使用しているとき、UVLOを出たり入ったりする発振の可能性を最小にするため、V<sub>BUS</sub>が4.45V (標準) より下に低下すると入力電流制限が減少します。

### バッテリー・チャージャ

LTC3577-3/LTC3577-4は自動再充電、安全タイマによる自動終了、低電圧トリクル充電、不良セル検出および温度範囲外充電一時停止のためのサーミスタ・センサ入力付き定電流/定電圧バッテリー・チャージャを備えています。バッテリーの充電サイクルを開始するとき、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判定します。バッテリー電圧がV<sub>TRKL</sub> (標準 2.85V) 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プログラムされた値の10%に設定されます。低電圧が30分以上継続するとバッテリー・チャージャが自動的に停止します。バッテリー電圧が2.85V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1000V/R<sub>PROG</sub>に達しようと試みます。利用可能な入力電力と外部負荷状態に依存して、バッテリー・チャージャはプログラムされた最大レートで充電できることも、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電流制限のプログラミングは常に守られ、追加電流だけがバッテリーの充電に利用できます。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、LTC3577-3/LTC3577-4が定電圧モードに入るので、充電電流が減少し始めます。定電圧モードに達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スタートします。安全タイマの時間が経過するとバッテリーの充電は終了し、電流は供給されません。

### 自動再充電

バッテリー・チャージャは終了後オフ状態に留まり、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。携帯製品が十分長い時間この状態に留まると、バッテリーがいつかは自己放電します。バッテリーが常に満充電されているように、バッテリー電圧がV<sub>RECHRG</sub> (標準でLTC3577-3では4.1V、LTC3577-4では4V) より下に下がると充電サイクルが自動的に開始されます。バッテリー電圧がV<sub>RECHRG</sub>より下に下がったとき安全タイマが作動中だと、タイマは再度ゼロにリセットされます。V<sub>RECHRG</sub>より下への短時間の低下によって安全タイマがリセットするのを防ぐため、バッテリー電圧は1.3msより長くV<sub>RECHRG</sub>より下に下がらなければなりません。さらに、V<sub>BUS</sub> UVLOが“L”になり、続いて“H”になると (たとえば、V<sub>BUS</sub>が取り去られ、再度接続されると)、充電サイクルと安全タイマが再スタートします。

### 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1/1000が、1.000Vにサーボ制御しようとするPROGピンに供給されます。こうして、バッテリー充電電流はPROGの電流の1000倍に達しようとし、プログラム抵抗と充電電流は以下の式を使って計算されます。

$$R_{\text{PROG}} = \frac{1000V}{I_{\text{CHG}}}, I_{\text{CHG}} = \frac{1000V}{R_{\text{PROG}}}$$

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 動作

定電流充電モードまたは定電圧充電モードのどちらでも、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、いつでもPROGピンの電圧をモニタして、次の式を使って求めることができます。

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{POGR}} \cdot 1000$$

多くの場合、利用可能な入力電流が制限されており、またV<sub>OUT</sub>から給電されるシステム負荷が優先されるため、実際のバッテリー充電電流(I<sub>BAT</sub>)はI<sub>CHG</sub>より低くなります。

## サーマル・レギュレーション

ICや周囲の部品への熱的ダメージを防ぐため、ダイ温度が約110°Cに上昇すると内部の熱帰還ループがプログラムされた充電電流を自動的に減らします。サーマル・レギュレーションは高電力動作や高い周囲温度条件による過度の温度上昇からLTC3577-3/LTC3577-4を保護し、LTC3577-3/LTC3577-4や外部部品に損傷を与える危険なしに、ユーザーが特定の回路基板デザインの電力処理能力の限界を押し広げることが可能にします。LTC3577-3/LTC3577-4のサーマル・レギュレーション・ループの利点は、最悪条件ではバッテリー・チャージャが自動的に電流を減らす保証があるので、特定のアプリケーションに対して充電電流を(最悪条件ではなく)実際の条件に従って設定することができることです。

## 充電状態の表示

CHRGピンはバッテリー・チャージャの状態を表します。オープン・ドレイン出力であるCHRGピンは、人間とのインタフェースのために電流制限抵抗を通して表示用LEDをドライブするか、またはマイクロプロセッサとのインタフェースのために単にプルアップ抵抗をドライブすることができます。充電が開始されると、CHRGが“L”に引き下げられ、通常の充電サイクルの間“L”に保たれます。充電が完了すると、つまりチャージャが定電圧モードに入り、充電電流がプログラムされた値の1/10に低下すると、CHRGピンはリリースされます(高インピーダンス)。LTC3577-3/LTC3577-4が入力電流制限状態にあると、

CHRGピンはC/10スレッシュホールドに応答しません。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る誤った充電終了を表示するのを防ぎます。NTCフォールトの間充電は停止しますが、CHRGピンは“L”に留まって、充電が完了していないことを表示します。

## バッテリー・チャージャの安定性に関する検討事項

LTC3577-3/LTC3577-4のバッテリー・チャージャには定電圧制御ループと定電流制御ループの両方が備わっています。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で接続されているときは補償なしでも安定しています。ただし、リードが長すぎると、十分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、バッテリーが外されているときリップル電圧を低く抑えるため、0.2Ω～1Ωの抵抗に直列の4.7μFのコンデンサがBATからGNDに必要です。

容量が大きくESRが小さな多層セラミック・チップ・コンデンサは、定電圧ループの位相マージンを下げるので、不安定性を生じる可能性があります。22μFまでのセラミック・コンデンサをバッテリーと並列に使用することができますが、それより大きなセラミック・コンデンサは0.2Ω～1Ωの直列抵抗でデカップリングします。

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ますので、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、最大25kまでのプログラム抵抗の値でバッテリー・チャージャは安定です。ただし、このノードに容量が追加されると、最大許容プログラム抵抗が減少します。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、次式を使ってR<sub>PROG</sub>の最大抵抗値を計算します。

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

## 動作

### NTCサーミスタとバッテリー電圧の低減

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。この機能を利用するには、NTCサーミスタ ( $R_{NTC}$ ) をNTCピンとグラウンドの間に接続し、バイアス抵抗 ( $R_{NOM}$ ) をNTCBIASからNTCに接続します。 $R_{NOM}$ 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。LTC3577-3/LTC3577-4はNTCサーミスタの抵抗が $R_{25}$ の値の0.54倍、つまり約54kまで低下すると充電を一時停止します (Vishayの「曲線1」のサーミスタの場合、これは約40°Cに相当します)。バッテリー・チャージャが定電圧 (フロート) モードならば、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、NTCサーミスタの抵抗が増加します。LTC3577-3/LTC3577-4はNTCサーミスタの値が $R_{25}$ の値の3.25倍に増加したとき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 (325k) は約0°Cに相当します。標準的NTC回路を図3に示します。

安全性と信頼性を上げるため、バッテリー温度が過度に高くなるとバッテリー電圧が下げられます。NTCサーミスタの抵抗値が $R_{25}$ の値の0.35倍、つまり約35kまで低下すると (Vishayの「曲線1」のサーミスタの場合、これは約50°Cに相当します)、NTCはバッテリー電圧をモニタする回路をイネーブルします。バッテリー電圧がバッテリー放電スレッシュホールド (約3.9V) より上だと、バッテリー放電回路がイネーブルされ、 $V_{BUS} = 0V$ のとき約140mA、 $V_{BUS} = 5V$ のとき約180mVをバッテリーから引き出します。バッテリー放電スレッシュホールドより下では、バッテリー放電電流はディスエーブルされます。

チャージャがディスエーブルされると、内部ウォッチドッグ・タイマがNTCサーミスタを150msごとに約150 $\mu$ sサンプリングし、バッテリー温度がNTC TOO\_HOTスレッシュホールドを超えるとバッテリー・モニタ回路をイネーブルします。フィルタのためNTCピン

にコンデンサを追加する場合、サンプリング時間の間にNTCピンがその最終値にセトリングできるように、時定数を150 $\mu$ sよりずっと小さくする必要があります。10 $\mu$ sより小さな時定数を推奨します。バッテリー・モニタ回路がイネーブルされると、バッテリー温度が放電温度スレッシュホールドより下に再度下がるまでイネーブルされたまま留まり、バッテリー電圧をモニタし続けます。バッテリー放電回路は、バッテリー電圧がバッテリー放電スレッシュホールドより上のときだけイネーブルされます。

### 代わりのNTCサーミスタとバイアス

LTC3577-3/LTC3577-4は、接地されたサーミスタとバイアス抵抗がNTCに接続されていると、温度条件を満たした充電を行います。サーミスタの室温抵抗 ( $R_{25}$ ) に等しい値のバイアス抵抗を使うと、上端と下端の温度がそれぞれ約40°Cと0°Cに予めプログラムされます (Vishayの「曲線1」のサーミスタを想定)。

上端と下端の温度のスレッシュホールドはバイアス抵抗の値を修正するか、または第二の調整抵抗を回路に追加して調節することができます。バイアス抵抗だけを調節すると、上端または下端のスレッシュホールドのどちらかを修正できますが、両方を修正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うと、上端と下端の両方の温度のトリップ・ポイントを独立にプログラムすることができますが、上端と下端の温度スレッシュホールドの間の差を小さくすることはできないという制約があります。各手法の例を下に示します。

NTCサーミスタは抵抗/温度変換表に示されている温度特性をもっています。以下の例で使われているVishay-DaleのサーミスタNTHS0603N011-N1003Fの公称値は100kで、Vishayの「曲線1」の抵抗/温度特性に従います。

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 動作

下の説明では、以下の表記を使います。

$R_{25}$  = 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

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

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

$R_{NOM}$  = 主サーミスタ・バイアス抵抗 (図3を参照)

$R1$  = オプションの温度範囲調整抵抗 (図4を参照)

LTC3577-3/LTC3577-4の温度条件評価のためのトリップ・ポイントは、高温スレッシュホールドの場合 $0.35 \cdot V_{NTC}$ 、低温スレッシュホールドの場合 $0.76 \cdot V_{NTC}$ に内部でプログラムされます。

したがって、高温トリップ・ポイントは次のとき設定されます。

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

低温トリップ・ポイントは次のとき設定されます。

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

これらの式を $R_{NTC|COLD}$ と $R_{NTC|HOT}$ について解くと、以下のようになります。

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

および

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

$R_{NOM}$ を $R_{25}$ に等しいと置くと、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」の表と対比すると、約40°Cの高温トリップ・ポイントと約0°Cの低温トリップ・ポイントが得られます。高温と低温のトリップ・ポイントの差は約40°Cです。

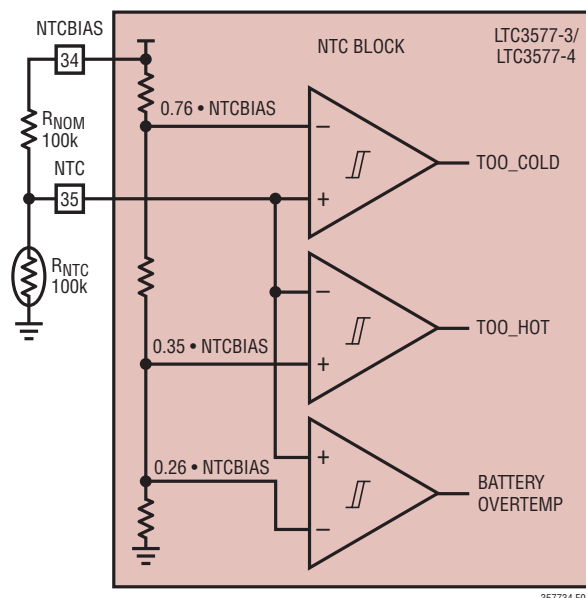


図3. 標準的NTCサーミスタ回路

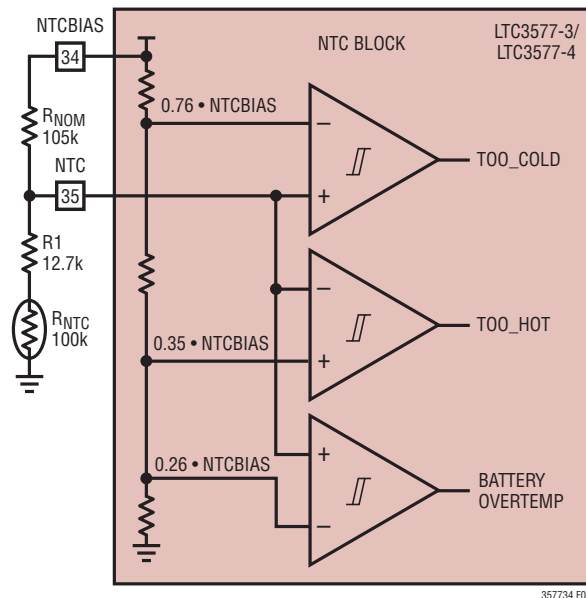


図4. バイアス抵抗を追加したNTCサーミスタ回路



## 動作

R25と異なるバイアス抵抗 ( $R_{NOM}$ ) を使って、高温と低温のトリップ・ポイントをどちらの方向にでも動かすことができます。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。以下の式を使ってバイアス抵抗の新しい値を簡単に計算することができます。

$$R_{NOM} = \frac{r_{HOT}}{0.538} \cdot R25$$

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD}}{3.17} \cdot R25$$

ここで、 $r_{HOT}$ と $r_{COLD}$ は**望みの**高温と低温のトリップ・ポイントでの抵抗比です。これらの式は関連していることに注意してください。したがって、2つのトリップ・ポイントの片方だけを選択することが可能で、他方はIC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°Cにしたい場合の例を検討します。Vishayの曲線1の抵抗/温度特性から、 $r_{HOT}$ は60°Cで0.2488です。上の式を使って、 $R_{NOM}$ を46.4kに設定します。 $R_{NOM}$ のこの値では、低温トリップ・ポイントは約16°Cです。この場合、スパンは前の40°Cではなく44°Cであることに注意してください。これは、絶対温度が上昇するにつれ、サーミスタの「温度利得」が減少するためです。

高温と低温のトリップ・ポイントは、図4に示されているように、追加のバイアス抵抗を使って独立にプログラムすることができます。以下の式を使って、 $R_{NOM}$ と $R1$ の値を計算することができます。

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD} - r_{HOT}}{2.714} \cdot R25$$

$$R1 = 0.536 \cdot R_{NOM} - r_{HOT} \cdot R25$$

たとえば、Vishayの曲線1のサーミスタを使ってトリップ・ポイントを0°Cと45°Cに設定するには次のように選択します。

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

最も近い1%値は105kです。

$$R1 = 0.536 \cdot 105k - 0.4368 \cdot 100k = 12.6k$$

最も近い1%値は12.7kです。最終的ソリューションは図4に示されており、上端のトリップ・ポイントは45°C、下端のトリップ・ポイントは0°Cになります。

## 過電圧保護 (OVP)

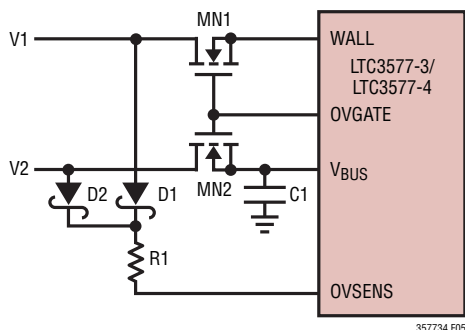
LTC3577-3/LTC3577-4は、2つの外部部品 (NチャネルFETと6.2k抵抗) を使うだけで、 $V_{BUS}$ またはWALLへの過電圧の偶発的印加から自己を保護することができます。最大安全過電圧の大きさは選択された外部NMOSとそのブレークダウン電圧に依存します。

過電圧保護モジュールは2つのピンで構成されます。まず、OVSENSを使って、外部抵抗を通して外部から加わる電圧を測定します。次に、OVGATEは外部FETのゲート・ピンをドライブするのに使われる出力です。OVSENSの電圧は、OVP回路の消費電流のため、OVP入力電圧より ( $I_{OVSENS} \cdot 6.2k\Omega$ ) だけ低くなります。OVP入力は通常動作条件のOVSENSより200mV～400mV高くなります。OVSENSが6Vより下のとき、内部チャージポンプがOVGATEを約  $1.88 \cdot OVSENS$  にドライブします。これによりNチャネルFETがオンして $V_{BUS}$ またはWALLへの低インピーダンス接続を与えるので、電力がLTC3577-3/LTC3577-4に供給されます。フォールトにより、または不適当なACアダプタの使用によりOVSENSが6V (6.35V OVP入力) を超えると、OVGATEがGNDに引き下げられ、外部FETをディスエーブルして下流の回路を保護します。電圧が再度6Vより下に下がると、外部FETがイネーブルされます。

過電圧状態では、OVSENSピンは6Vにクランプされます。外部6.2k抵抗は結果として生じる電力を消費するのに適した大きさにする必要があります。たとえば、1/10Wの6.2k抵抗はその両端に最大で  $\sqrt{P_{MAX} \cdot 6.2k\Omega} = 24V$  を印加することができます。OVSENSが6Vでは、この抵抗が耐えることができる最大過電圧の大きさは30Vです。1/4W 6.2kの抵抗では、この値が45Vに増加します。

OVGATEのチャージポンプ出力の出力ドライブ能力は制限されています。このピンのリーク電流は動作に悪影響を与える可能性があるため、リーク電流を防ぐように注意します。

## 動作



### 図5. デュアル入力過電圧保護

## デュアル入力過電圧保護

図5に示されているように、いくつかの追加部品を使って、V<sub>BUS</sub>とWALLの両方を過電圧によるダメージから保護することができます。ショットキー・ダイオードD1とD2はV1とV2の大きい方をR1とOVSENSにパスします。V1またはV2のどちらでも6VにV<sub>F</sub>(SCHOTTKY)を加えた電圧を超えると、OVGATEがGNDに引き下げられ、WALLとUSBの両方の入力が保護されます。各入力、MN1とMN2のドレイン・ソース・ブレイクダウン(BVDSS)まで保護されます。R1は最大過電圧の間消費される電力に対しても定格が規定されている必要があります。この計算に関しては、「過電圧保護」のセクションを参照してください。過電圧保護に適したNMOS FETをいくつか表2に示します。

表2. 推獎過電壓FET

NMOS FET	BVDSS	R <sub>ON</sub>	PACKAGE
Si1472DH	30V	82mΩ	SC70-6
Si2302ADS	20V	60mΩ	SOT-23
Si2306BDS	30V	65mΩ	SOT-23
Si2316BDS	30V	80mΩ	SOT-23
IRLML2502	20V	35mΩ	SOT-23

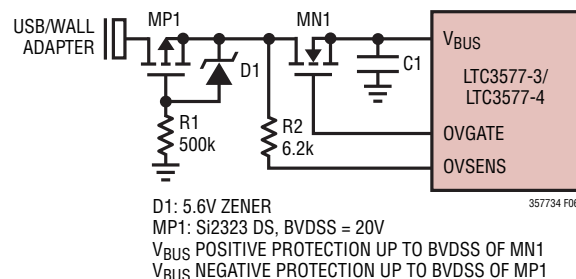


図6. 両極性電圧保護

### 逆入力電圧保護

図6に示されているように、LTC3577-3/LTC3577-4は逆電圧の印加に対しても容易に保護することができます。D1とR1は正過電圧発生時にMP1に現れる最大VGSを制限するのに必要です。D1のブレークダウン電圧は確実にMP1のBVGSより下である必要があります。図6に示されている回路は、MN1のBVDSSまでの順方向電圧保護およびMP1のBVDSSまでの逆電圧保護を与えます。

## 低損失リニア・レギュレータの動作

## LDOの動作と電圧プログラミング

LTC3577-3/LTC3577-4は出力を調節可能な150mA LDOレギュレータを2個内蔵しています。最初のLDO (LDO1)は常時オンしており、 $V_{OUT}$ が $V_{OUT\ UVLO}$ より大きいとき常にイネーブルされています。2番目のLDO (LDO2)はプッシュボタンによって制御され、プッシュボタンを押すと応答してシーケンスを開始する最初の電源です。 $V_{OUT}$ が $V_{OUT\ UVLO}$ より下のとき両方のLDOがデイスエーブルされ、LDO2はプッシュボタン回路がパワーダウンまたはパワーオフ状態のときさらにデイスエーブルされます。両方のLDOはソフトスタート機能を備えており、イネーブルされたとき突入電流を制限します。ソフトスタート機能は、LDOがイネーブルされたとき200 $\mu$ s (標準)にわたってLDOリファレンスをランプアップさせることにより動作します。

## 動作

ディスエーブルされると、全てのLDO回路がパワーオフし、LDO電源には数ナノアンペアのリーク電流だけが残ります。両方のLDO出力はディスエーブルされると内部抵抗を介して個別にグラウンドに引き下げられます。

LDO1とLDO2のパワーグッド状態ビットは、LDO1とLDO2の読出しレジスタ(それぞれPGLDO[1]とPGLDO[2])を介してI<sup>2</sup>Cで利用することができます。両方のLDOのパワーグッド・コンパレータは、I<sup>2</sup>Cポートが正しいI<sup>2</sup>C読出しアドレスを受け取るとサンプルされます。

LDOアプリケーション回路を図7に示します。各LDOのフルスケール出力電圧は、LDOの出力(LDO1またはLDO2)から帰還ピン(LDO1\_FBまたはLDO2\_FB)に接続された抵抗分割器を使って次式のようにプログラムします。

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

安定性のために、各LDO出力は最小1μFのセラミック・コンデンサ(C<sub>OUT</sub>)を使ってバイパスする必要があります。

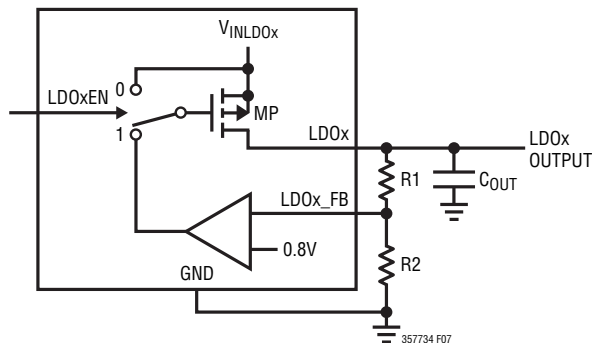


図7. LDOのアプリケーション回路

## 降圧スイッチング・レギュレータの動作

### はじめに

LTC3577-3/LTC3577-4は3個の2.25MHz固定周波数電流モード降圧スイッチング・レギュレータを備えており、それぞれ500mA、500mA、800mAを供給します。全てのスイッチング・レギュレータを0.8Vの最小出力電圧にプログラムすることができます。マイクロコントローラ・コア、マイクロコントローラI/O、メモリまたは他のロジック回路に給電するのに使うことができます。全ての降圧スイッチング・レギュレータが、入力電圧が出力電圧のすぐ近くまで低下したとき100%のデューティ・サイクルでの動作(低損失モード)をサポートしており、軽負荷で高効率を得るためのBurst Mode動作が可能です。Burst Mode動作は、I<sup>2</sup>CレジスタのビットBK1BRST、BK2BRSTおよびBK3BRSTを介して、各降圧スイッチング・レギュレータごとに個別に選択可能です。降圧スイッチング・レギュレータは、起動時の突入電流を制限するソフトスタート、短絡電流保護、およびEMI放射を減らすスイッチ・ノードのスルー制限回路も備えています。スイッチング・レギュレータのための外部補償部品は不要です。スイッチング・レギュレータの1と2(降圧1と降圧2)はプッシュボタン・インタフェースを介して一緒にオン/オフが制御されます(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)。他方、降圧3は個別のイネーブルピン(EN3)を備えており、このピンはプッシュボタンがパワーアップまたはパワーオンの状態のときアクティブです。降圧3はパワーダウンおよびパワーオフの状態ではディスエーブルされます。降圧スイッチング・レギュレータの入力電源(V<sub>IN12</sub>とV<sub>IN3</sub>)はシステム電源ピン(V<sub>OUT</sub>)に接続することを推奨します。これを推奨するのは、V<sub>OUT</sub>電圧がV<sub>OUT UVLO</sub>のスレッシュホールドより下に下がったとき、V<sub>OUT</sub>ピンの低電圧ロックアウト回路(V<sub>OUT UVLO</sub>)が降圧スイッチング・レギュレータをディスエーブルするからです。降圧スイッチング・レギュレータの入力電源をV<sub>OUT</sub>以外の電圧でドライブする場合、規定動作範囲の外での動作は保証されないため、レギュレータが規定動作範囲の外で動作しないようにします。



## 動作

### 出力電圧のプログラミング

降圧スイッチング・レギュレータのアプリケーション回路を図8に示します。各降圧スイッチング・レギュレータのフルスケール出力電圧は、降圧スイッチング・レギュレータの出力から帰還ピン (FB1、FB2およびFB3) に接続された抵抗分割器を使って次式のようにプログラムします。

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

R1の標準的値は40k~1Mです。コンデンサC<sub>FB</sub>は帰還抵抗と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よりはるかに大きな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うことができますが、ほとんどのアプリケーションには10pFの値を推奨します。2pF~22pFのコンデンサ・サイズで実験すると過渡応答が改善されるでしょう。

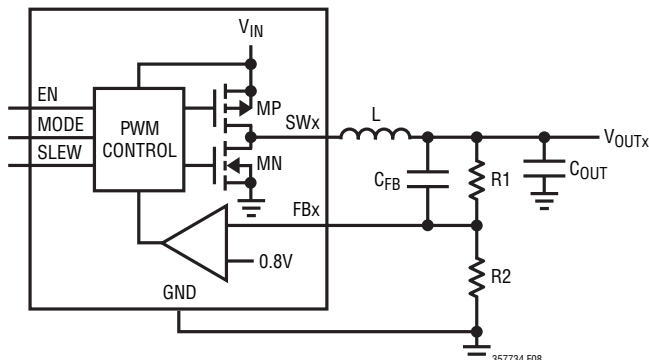


図8. 降圧スイッチング・レギュレータの応用回路

### 動作モード

降圧スイッチング・レギュレータには2つの可能な動作モードが備わっており、多様なアプリケーションのノイズ/電力要件を満たします。パルス・スキップ・モードでは、内部ラッチが各サイクルの始点でセットされ、メインPチャネルMOSFETスイッチをオンします。各サイクルの間に、電流コンパレータがピーク・インダクタ電流を誤差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と、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、2.25MHzのサイクルが終わるか、またはNチャネルMOSFET同期整流器を流れる電流がゼロに低下するとオフします。この動作モードを使って、誤差アンプはピーク・インダクタ電流を調節し、必要な出力電力を供給します。必要な補償は全て降圧スイッチング・レギュレータの内部にあり、1個のセラミック出力コンデンサだけが安定性のために必要です。パルス・スキップ・モードで軽負荷の場合、インダクタ電流は各パルスでゼロに達することがあり、NチャネルMOSFET同期整流器をオフします。この場合、スイッチ・ノード (SW1、SW2またはSW3) は高インピーダンスになり、スイッチ・ノードの電圧にリングングが生じます。これは不連続動作で、スイッチング・レギュレータにとって正常な振舞いです。パルス・スキップ・モードでの非常に軽い負荷では、降圧スイッチング・レギュレータは必要に応じて自動的にパルスをスキップして出力を安定化状態に維持します。高いデューティ・サイクルでは (V<sub>OUTx</sub>がV<sub>INx</sub>に近づく)、軽負荷でインダクタ電流が反転して降圧スイッチング・レギュレータが連続的に動作する可能性があります。連続的に動作しているとき、レギュレーションと低ノイズ出力電圧が維持されますが、入力動作電流は数ミリアンペアに増加します。

Burst Mode動作では、降圧スイッチング・レギュレータは、負荷電流の関数として、固定周波数PWM動作とヒステリシスをもった制御の間を自動的に切り替わります。降圧スイッチング・レギュレータは軽負荷ではインダクタ電流を直接制御し、ヒステリシスをもった制御ループを使ってノイズとスイッチング損失の両方を最小に抑えます。Burst Mode動作の間、出力コンデンサは安定化ポイントよりわずかに高い電圧に充電されます。降圧スイッチング・レギュレータは次にスリープ・モードに入り、その間出力コンデンサが負荷に電流を供給します。スリープ・モードでは、スイッチング・レギュレータの回路のほとんどはパワーダウンし、バッテリー電力の節約に寄与します。出力電圧が予め決められた値より下になると、降圧スイッチング・レギュレータ回路がパワーオンして、新しいバースト・サイクルが開始されます。スリープ時間は負荷電流が増加するにつれて減少します。特定の負荷電流ポイント (定格出力負荷電流の約1/4) を超えると、降圧スイッチング・レギュレータは低ノイズ固定周波数PWMモードの動作に切り替わり、高負荷でのパルス・スキップ動作とほとんど同じです。

## 動作

低出力電流でいくらかの出力リップルを許容できるアプリケーションでは、Burst Mode動作は軽負荷でパルス・スキップより効率が良くなります。この降圧スイッチング・レギュレータはモード間を動的に移行することを許すので、負荷が与えられていてもモード間をシームレスに移行します。これにより、ユーザーはモードをあちらこちらと切り替えて、必要に応じて出力リップルを減らしたり、低電流効率を上げたりすることができます。Burst Mode動作は、 $I^2C$ レジスタのビットBK1BRST、BK2BRSTおよびBK3BRSTを介して、各降圧スイッチング・レギュレータごとに個別に選択可能です。

## シャットダウン機能

降圧スイッチング・レギュレータ(降圧1、降圧2および降圧3)は、プッシュボタン回路がパワーダウンまたはパワーオフの状態のときシャットダウンします。降圧スイッチング・レギュレータ3(降圧3)は、EN3入力を“L”にすることによってもシャットダウンすることができます。シャットダウン状態では、降圧スイッチング・レギュレータの全ての回路がスイッチング・レギュレータの入力電源から切断されており、数ナノアンペアのリーク電流が残るだけです。降圧スイッチング・レギュレータの出力は、シャットダウン状態のとき、個別にスイッチ・ピン(SW1、SW2またはSW3)の内部10k抵抗を通してグランドに引き下げられます。

## ドロップアウト動作

降圧スイッチング・レギュレータの入力電圧がプログラムされた出力電圧に近づくことは可能です(たとえば、プログラムされた出力電圧が3.3Vでバッテリー電圧が3.4V)。この状態が生じると、PMOSスイッチがデューティ・サイクル100%で連続的にオンするまでそのデューティ・サイクルが増加します。このド

ロップアウト状態では、それぞれの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

ソフトスタートは各降圧スイッチング・レギュレータのピーク・インダクタ電流を500 $\mu$ sの時間をかけて徐々に増加させることにより実現されます。これにより、各出力はゆっくり立ち上がることができ、スイッチング・レギュレータの出力コンデンサを充電するのに必要な突入電流を最小に抑える効果があります。スイッチング・レギュレータのどれかがイネーブルされるとソフトスタート・サイクルが起動します。ソフトスタート・サイクルは動作モードの変更によってはトリガされません。このため、動作モードをアクティブに切り替えるとき、出力をシームレスに遷移させることができます。

## スルーレートの制御

降圧スイッチング・レギュレータはスイッチ・ノード(SW1、SW2およびSW3)のスルーレートを制限する特許出願中の新しい回路を備えています。この新しい回路は、スイッチ・ノードが数ナノ秒の時間をかけて遷移するように設計されており、高い効率を維持しながら放射EMIと導通電源ノイズを大幅に減らします。スイッチ・ノードのスルーレートを遅くすると効率が低下するので、降圧スイッチング・レギュレータのスルーレートは $I^2C$ レジスタのSLEWCTL1とSLEWCTL2を介して調節することができます。これにより、ユーザーは必要に応じて4つの異なるスルーレート設定を使って、効率またはEMIを最適化することができます。パワーアップ時のデフォルトは最速のスルーレート(最高の効率)設定です。1.2Vと2.5Vの出力にプログラムされた降圧3の効率と電力損失のグラフを図9と図10に示し

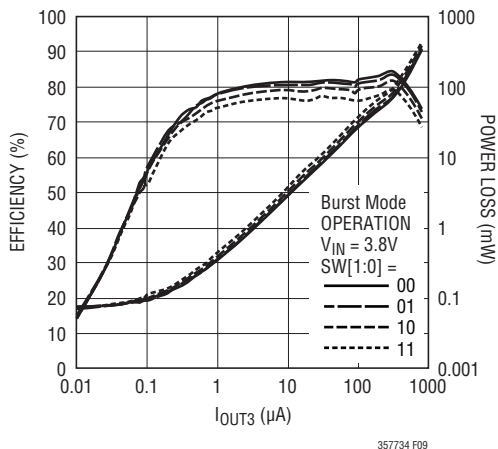


図9.  $V_{OUT3}$  (1.2V) の効率および電力損失と  $I_{OUT3}$

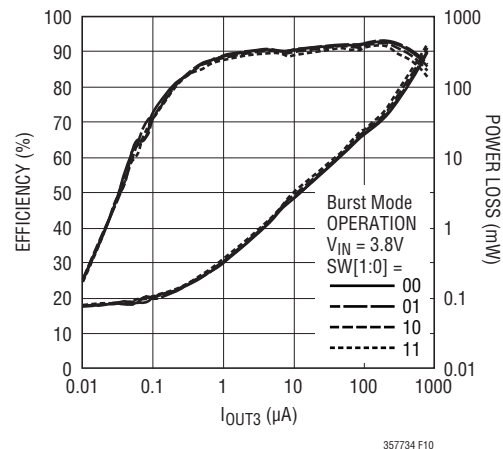


図10.  $V_{OUT3}$  (2.5V) の効率および電力損失と  $I_{OUT3}$

357734fb

## 動作

ます。両方のグラフで電力損失の曲線はほぼ一定に保たれているが、スルーレートを変えると、1.2V出力の効率の方が大きな影響を受けることに注意してください。これは主に、与えられた出力電流に対して、2.5V出力は1.2V出力の2倍以上の電力を供給しているためです。プログラムされた出力電圧が減少するにつれ、効率は常に減少し、スルーレートの変化が大きくなります。

### 低電源電圧動作

$V_{OUT}$ の低電圧ロックアウト( $V_{OUT\ UVLO}$ )回路は、 $V_{OUT}$ が約2.7Vより下に下がると降圧スイッチング・レギュレータをシャットダウンします。降圧スイッチング・レギュレータの入力電源( $V_{IN12}$ 、 $V_{IN3}$ )は電力経路の出力( $V_{OUT}$ )に直接接続することを推奨します。このUVLOは、降圧スイッチング・レギュレータが(安定化が失われたり、望ましくない動作が生じるおそれのある)低電源電圧で動作するのを防ぎます。降圧スイッチング・レギュレータの入力電源を $V_{OUT}$ ピン以外の電圧でドライブする場合、規定動作範囲の外での動作は保証されないため、レギュレータを規定動作範囲の外で動作させないようにします。

### インダクタの選択

多くのメーカーからサイズと形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。降圧スイッチング・レギュレータは2.2 $\mu$ H～10 $\mu$ Hの範囲のインダクタで動作するように設計されています。ほとんどのアプリケーションで、最大500mAの出力電流を供給する降圧スイッチング・レギュレータには4.7 $\mu$ Hのインダクタを推奨します。最大800mAを供給する降圧スイッチング・レギュレータには3.3 $\mu$ Hのインダクタを推奨します。大きな値のインダクタではリップル電流が減少し、出力リップル電圧が改善されます。小さな値のインダクタではリップル電流が高くなり、過渡応答時間が改善されますが、利用可能な出力電流が減少します。効率を最大にするため、DC抵抗の低いインダクタを選択します。1.2Vの出力では、400mAの負荷電流で100m $\Omega$ の直列抵抗の場合、効率は約2%減少し、100mAの負荷電流で300m $\Omega$ の直列抵抗の場合、約2%減少します。DC電流定格が最大負荷電流の少

なくとも1.5倍あるインダクタを選択して、インダクタが通常動作時に飽和しないようにします。出力に短絡状態が生じる可能性があれば、インダクタは降圧コンバータの規定最大ピーク電流を扱える定格のものにします。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、体積が非常に小さいインダクタは一般にコア損失とDCR損失が大きく、最高の効率は得られません。使用するインダクタの種類の選択は、降圧スイッチング・レギュレータの動作条件に依存するよりも、価格とサイズ/性能や放射EMIの条件に多くの場合依存します。インダクタ値はBurst Mode動作にも影響を与えます。インダクタの値が小さいと、Burst Modeのスイッチング周波数が高くなります。降圧スイッチング・レギュレータに使えるいくつかのインダクタを表3に示します。これらのインダクタは電流定格、DCRおよび物理的サイズのバランスがうまく取れています。インダクタの品揃えの詳細については各メーカーへお問い合わせください。

### 入力/出力コンデンサの選択

各降圧スイッチング・レギュレータの入力電源とともに両方の降圧スイッチング・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・コンデンサを使います。X5RとX7Rのセラミック・コンデンサは他のセラミック・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またはX7Rのセラミック・コンデンサだけを使用します。降圧スイッチング・レギュレータの出力には10 $\mu$ Fの出力コンデンサで十分です。良好な過渡応答と安定性を得るには、降圧スイッチング・レギュレータの出力コンデンサは動作温度範囲とバイアス電圧範囲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。各スイッチング・レギュレータの入力電源は2.2 $\mu$ Fのコンデンサを使ってバイパスします。セラミック・コンデンサの選択と仕様の詳細についてはコンデンサのメーカーへお問い合わせください。高さが制限されているデザインに最適な非常に薄い(高さが1mm以下)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4に示します。



## 動作

表3. 降圧スイッチング・レギュレータ向け推奨インダクタ

INDUCTOR TYPE	L (μH)	MAX I <sub>DC</sub> (A)	MAX DCR (Ω)	SIZE in mm (L × W × H)	MANUFACTURER
DB318C	4.7	1.07	0.1	3.8 × 3.8 × 1.8	Toko www.toko.com
	3.3	1.20	0.07	3.8 × 3.8 × 1.8	
D312C	4.7	0.79	0.24	3.6 × 3.6 × 1.2	
	3.3	0.90	0.20	3.6 × 3.6 × 1.2	
DE2812C	4.7	1.15	0.13*	3.0 × 2.8 × 1.2	
	3.3	1.37	0.105*	3.0 × 2.8 × 1.2	
CDRH3D16	4.7	0.9	0.11	4 × 4 × 1.8	Sumida www.sumida.com
	3.3	1.1	0.085	4 × 4 × 1.8	
CDRH2D11	4.7	0.5	0.17	3.2 × 3.2 × 1.2	
	3.3	0.6	0.123	3.2 × 3.2 × 1.2	
CLS4D09	4.7	0.75	0.19	4.9 × 4.9 × 1	
SD3118	4.7	1.3	0.162	3.1 × 3.1 × 1.8	Cooper www.cooperet.com
	3.3	1.59	0.113	3.1 × 3.1 × 1.8	
SD3112	4.7	0.8	0.246	3.1 × 3.1 × 1.2	
	3.3	0.97	0.165	3.1 × 3.1 × 1.2	
SD12	4.7	1.29	0.117*	5.2 × 5.2 × 1.2	
	3.3	1.42	0.104*	5.2 × 5.2 × 1.2	
SD10	4.7	1.08	0.153*	5.2 × 5.2 × 1.0	
	3.3	1.31	0.108*	5.2 × 5.2 × 1.0	
LPS3015	4.7	1.1	0.2	3.0 × 3.0 × 1.5	
	3.3	1.3	0.13	3.0 × 3.0 × 1.5	

\*標準的DCR

表4. 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

## LEDバックライト/昇圧動作

## はじめに

LEDドライバは固定周波数の電流モード昇圧コンバータを使って、最多10個の直列LEDに電力を供給します。図11に示されているように、LEDの直列ストリングは昇圧コンバータ(BOOST)の出力からI<sub>LED</sub>ピンに接続されています。通常動作では、昇圧コンバータBOOSTの出力は、I<sub>LED</sub>ピンが約300mV～400mVで安定化される電圧にドライブされます。I<sub>LED</sub>ピンは、I<sup>2</sup>CのLED DACレジスタを介してプログラムされる定電流シンクです。LEDはI<sup>2</sup>Cを使ってさらに制御し、輝度レベルとソフト・ターンオン/ターンオフの効果をプログラムすることができます。I<sub>LED</sub>電流のプログラミングの詳細については、「I<sup>2</sup>Cインタフェース」のセクションを参照してください。昇圧コンバータは、EMIを減らすSWピンの調節可能スルーレート・

コントロールとともに、BOOST出力電圧を制限する過電圧保護機能も内蔵しています。

## LED昇圧動作

LED昇圧コンバータは非常に高いデューティ・サイクルの動作向けに設計されており、最大20mAまでの負荷電流で3Vから40Vまで昇圧することができます。昇圧コンバータは過電圧保護も備えており、LEDストリングのオープン回路の場合に出力を保護します。過電圧保護のスレッシュホールドは、図11のR1を次式のように調節して設定します。

$$\text{BOOST}(\text{MAX}) = 800\text{mV} \cdot \frac{R1}{10 \cdot R2} + \text{LED\_OV}$$

ここで、LED\_OVは約1.0Vです。

図11の場合、BOOST(MAX)は10 LEDストリングのために40Vに設定されています。

コンデンサC3はソフトスタートを与え、昇圧コンバータが最初にイネーブルされる時突入電流を制限します。C3はI<sub>LED</sub>ピンへの帰還を与えます。この帰還は、出力コンデンサ(C2)の充電中に出力電圧の立上り時間と突入電流を制限します。

## 動作

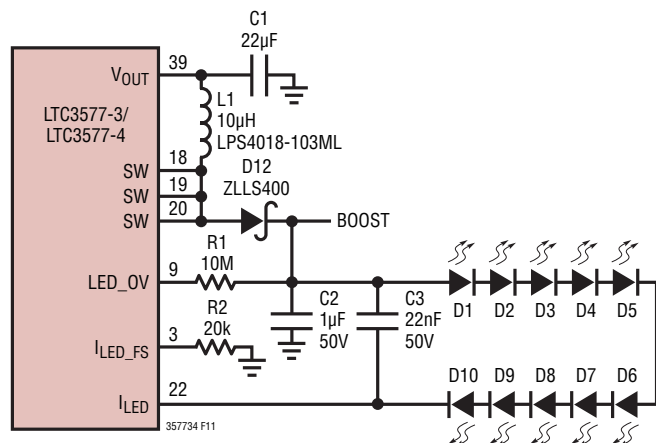


図11. LED昇圧アプリケーション回路

昇圧コンバータは、レギュレーションに必要なインダクタ電流に依存して、連続導通モード、不連続導通モードまたはパルス・スキップ・モードのどれかで動作します。

### LED定電流シンク

LEDドライバは精密電流シンクを使って最大20mAまでLED電流を安定化します。電流シンクはI<sup>2</sup>CのLED DACレジスタを介してプログラムされ、6ビット、60dBの指数関数DACを利用します。このDACは、I<sub>LED(FS)</sub> = 20mAで1ステップ当たり1dBで20µA～20mAの精密な電流制御を行います。LED電流は次式で近似することができます。

$$I_{LED} = I_{LED(FS)} \cdot 10^{\left(3 \cdot \frac{DAC - 63}{63}\right)} \quad (1)$$

$$I_{LED(FS)} = \frac{0.8V}{R2} \cdot 500$$

ここで、DACはI<sup>2</sup>CのLED DACレジスタにプログラムされた10進数の値です。たとえば、I<sub>LED(FS)</sub> = 20mAおよびDAC[5:0] = 000000 (10進数で0)では、I<sub>LED</sub>は20µAに等しく、DAC[5:0] = 111111 (10進数で63)では、I<sub>LED</sub>は20mAに等しくなります。最後の例としてDAC[5:0] = 101010は10進数で42で、I<sub>LED(FS)</sub> = 20mAではI<sub>LED</sub> = 2mAです。DACは表5の公称値を使って式1を近似します。近似式と表の間の差は、指数関数を近似する8つのリニアなセグメントを使ったDACの設計によるものです。

表5. LED DACのコードと対応する出力電流

DAC Codes	Output Current	DAC Codes	Output Current
0	20.0µA	32	668µA
1	23.5µA	33	786µA
2	27.0µA	34	903µA
3	30.5µA	35	1.02mA
4	34.0µA	36	1.14mA
5	37.6µA	37	1.26mA
6	41.1µA	38	1.37mA
7	44.6µA	39	1.49mA
8	48.1µA	40	1.61mA
9	56.5µA	41	1.89mA
10	65.0µA	42	2.17mA
11	73.4µA	43	2.45mA
12	81.9µA	44	2.74mA
13	90.3µA	45	3.02mA
14	98.7µA	46	3.30mA
15	107µA	47	3.58mA
16	116µA	48	3.86mA
17	136µA	49	4.54mA
18	156µA	50	5.22mA
19	177µA	51	5.90mA
20	197µA	52	6.58mA
21	217µA	53	7.26mA
22	237µA	54	7.93mA
23	258µA	55	8.61mA
24	278µA	56	9.29mA
25	327µA	57	10.8mA
26	376µA	58	12.4mA
27	424µA	59	13.9mA
28	473µA	60	15.4mA
29	522µA	61	17.0mA
30	571µA	62	18.5mA
31	620µA	63	20.0mA

フルスケールLED電流は、LED\_FSピンとグランドの間に接続された抵抗 (図11のR2) を使って設定されます。一般にR2は20kに設定して、フルスケールで20mAのLED電流を与えます。この抵抗を大きくして電流を減らすか、またはこの抵抗を小さくしてLED電流を増やすことができます。DACは20mAのフルスケールで最良の性能を与えるように最適化されています。フルスケール電流は調節可能ですが、20mAから離れた値にプログラムされるほど出力電流の精度が低下します。LED\_FSピンは電流制限されており、約80µAをソースするだけです。これはピンを保護し、LED\_FSがグランドに短絡された場合I<sub>LED</sub>電流を制限するので、LED電流を25mAより上にプログラムすることは推奨しません。

## 動作

### LEDのグラフ

LEDドライバは自動グラデーション回路を備えています。グラデーション回路はLEDドライバがイネーブルされるとLED電流をランプアップさせ、LEDドライバがデイスエーブルされると電流をランプダウンさせます。DACはI<sup>2</sup>CのLED制御レジスタのENビットによってイネーブルおよびデイスエーブルされます。グラデーション機能はイネーブルおよびデイスエーブルのとき自動的に作動します。この機能を使うにはグラデーションの速度だけプログラムする必要があります。グラデーション速度はI<sup>2</sup>CのLED制御レジスタのGR1ビットとGR2ビットによって設定され、約15ms、1/2秒、1秒および2秒の遷移時間が可能です。詳細については「I<sup>2</sup>Cインタフェース」のセクションを参照してください。グラデーション機能により、LEDは、突如生じるステップ状ではなく、徐々にオンおよびオフすることができます。

### LEDのPWMと定電流動作

LEDドライバはリニアLED電流モードとPWM LED電流モードの両方を与えます。これらのモードはI<sup>2</sup>CのLED制御レジスタのMD1ビットとMD2ビットによって選択されます。両方のビットが0だと、LED昇圧コンバータは定電流(CC)モードになり、I<sub>LED</sub>電流シンクは一定になり、その値はLED DACレジスタのDAC[5:0]ビットによって設定されます。

MD1を0、MD2を1に設定すると、LED PWMモードが選択されます。このモードでは、LEDドライバは内部で発生させたPWM信号を使ってパルスを与えられます。PWMモードは、あるプログラムされた電流に対して、LEDの輝度を減らすのに使うことができます。

PWMによって調光するとき、LEDドライバと昇圧コンバータは両方とも一緒にオン/オフされます。これにより、LED電流に対してある程度追加の制御が可能になり、最高効率のポイントで昇圧コンバータを動作させて望みのLED輝度のパルスを与えることができるので、場合によっては、さらに効率の良い調光方法を与えます。

PWMモードは(もしイネーブルされていると)3つの値、つまり、I<sup>2</sup>CのLED PWMレジスタのPWMNUM [3:0]とPWMDEN [3:0]、および(I<sup>2</sup>CのLED制御レジスタのPWMC2とPWMC1によって設定される)PWMCLKによって設定されます。

$$\text{デューティ・サイクル} = \frac{\text{PWMNUM}}{\text{PWMDEN}}$$

$$\text{周波数} = \frac{\text{PWMCLK}}{\text{PWMDEN}}$$

表6. PWMクロック周波数

PWMC2	PWMC1	PWMCLK
0	0	8.77kHz
0	1	4.39kHz
1	0	2.92kHz
1	1	2.19kHz

PWM制御を使うと、内部で発生させた4ビットのPWMによる追加の調光が可能です。これらの制御ビットを使うと、いくつものPWMデューティ・サイクルと周波数を100Hz～500Hzの範囲で利用可能です。この範囲は、オーディオ範囲より下で、PWMが可視になる周波数より上になるように選択されています。

たとえば、PWMC2 = 1、PWMC1 = 0、PWMNUM[3:0] = 0111 およびPWMDEN[3:0] = 1100だと、デューティ・サイクルは58.3%、PWM周波数は243Hzになります。

PWMNUMが0に設定されると、デューティ・サイクルが0%になり、電流シンクは実効的にオフになります。PWMNUMがPWMDENより大きな値に設定されると、デューティ・サイクルが100%になり、電流シンクは実効的に一定になります。PWMDENとPWMNUMを両方とも変更することができ、73の異なったデューティ・サイクルと8.77kHz～100Hzの範囲の41の異なったPWM周波数が可能になります。

PWMモードがイネーブルされると、LEDピンの小さな(2μA)スタンバイ電流源が常にイネーブルされます。その目的は、LEDにいくらかの電流を常に流しておくことです。これは、電流をパルスでオン/オフするとき、LEDピンの電圧振幅の大きさを減らすのに役立ちます。

## 動作

### 固定昇圧出力

MD1を1、MD2を0に設定すると、固定高電圧昇圧モードが選択されます。このモードを使って $V_{OUT}$ 以上の出力電圧を発生することができます。昇圧コンバータとして構成設定されると、 $I_{LED}$ ピンは帰還ピンになり、昇圧コンバータは $I_{LED}$ ピンの電圧が800mVになるように出力電圧を安定化します。

図12は、固定高電圧昇圧モードの昇圧コンバータを使って発生させた固定12V出力を示しています。R1とR2の分圧器の適切な値を次式を使って選択することにより、40Vまでの任意の出力電圧をプログラムすることができます。

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

R2の値を24.3kより下に保って、 $I_{LED}$ ピンのポールをクロスオーバーより上に保ちます。

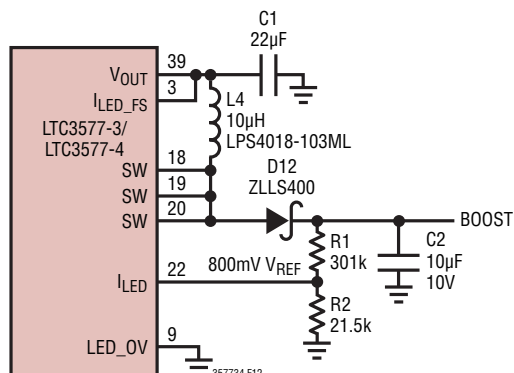


図12. 固定12V/75mA昇圧出力アプリケーション

表7. 昇圧スイッチング・レギュレータ向け推奨インダクタ

INDUCTOR TYPE	L (µH)	MAX $I_{DC}$ (A)	MAX DCR (Ω)	SIZE in mm (L × W × H)	MANUFACTURER
LPS4018-103	10	1.1	0.200	4.0 × 4.0 × 1.8	Coil Craft www.coilcraft.com
DB62LCB	10	1.22	0.118	6.2 × 6.2 × 2	Toko www.toko.com
CDRH4D16NP-100M	10	1.05	0.155	4.8 × 4.8 × 1.8	Sumida www.sumida.com
SD18-100-R	10	1.28	0.158*	5.2 × 5.2 × 1.8	Cooper www.cooperet.com

\*標準

昇圧は主に高電圧で高デューティ・サイクルのコンバータとして設計されています。もっと低い昇圧比で動作させるときは、もっと大きな出力コンデンサ(10µF)を使います。非常に低いデューティ・サイクルで動作させると、サイクル・スキップが生じ、リップルが増加します。

平均定常状態インダクタ電流を300mAより下に保つため、プログラムされた出力電圧が増加するにつれ最大出力電流は減少します。利用可能な出力電流は次式で与えられます。

$$I_{BOOST(MAX)} = 300mA \cdot \frac{V_{OUT(MIN)}}{V_{BOOST}}$$

最大昇圧出力電流は最小 $V_{OUT}$ 動作電圧によって設定する必要がありますことに注意してください。昇圧コンバータが $V_{OUT}$  UVLOまで下がって動作することを許される場合、最小動作 $V_{OUT}$ 電圧として2.5Vを想定する必要があります。

### インダクタの選択

LED昇圧コンバータは10µHのインダクタで動作するように設計されています。インダクタは1Aのピーク電流を扱える必要があります。効率を良くするため、ESRの値の低いものにします。LED昇圧コンバータに使えるいくつかのインダクタを表7に示します。これらのインダクタは電流定格、DCRおよび物理的サイズのバランスがうまく取れています。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。



## 動作

### ダイオードの選択

さらに高い電圧に昇圧させるにつれ、スイッチ・ピンの寄生容量がスイッチング損失のさらに大きな成分になります。このため、スイッチ・ノードの容量を最小に抑えることが重要です。ダイオードはピーク・インダクタ電流と平均出力電流を扱える大きさのものを選択します。高い昇圧電圧では、できるだけ接合容量の小さなダイオードの方が順方向電圧降下の低いものに比べて多くの場合効率的なソリューションを実現します。

### I<sup>2</sup>C動作

#### I<sup>2</sup>Cインタフェース

LTC3577-3/LTC3577-4はI<sup>2</sup>Cの標準的2線式インタフェースを使ってバスマスタと通信することができます。バス信号相互の関係をタイミング図に示します。2本のバスラインSDAとSCLはバスが使用されていないとき“H”にする必要があります。これらのラインには外付けのプルアップ抵抗または(LTC1694 SMBusアクセラレータのような)電流源が必要です。LTC3577-3/LTC3577-4はスレーブ・レシーバとスレーブ・トランスミッタの両方になります。I<sup>2</sup>C制御信号、SDAおよびSCLは内部でDV<sub>CC</sub>電源にスケールリングされます。DV<sub>CC</sub>はバスのプルアップ抵抗と同じ電源に接続します。

I<sup>2</sup>CポートにはDV<sub>CC</sub>ピンに低電圧ロックアウトが備わっています。DV<sub>CC</sub>が約1Vより下だと、I<sup>2</sup>Cシリアル・ポートがクリアされ、レジスタはオールゼロの既定の構成に設定されます。

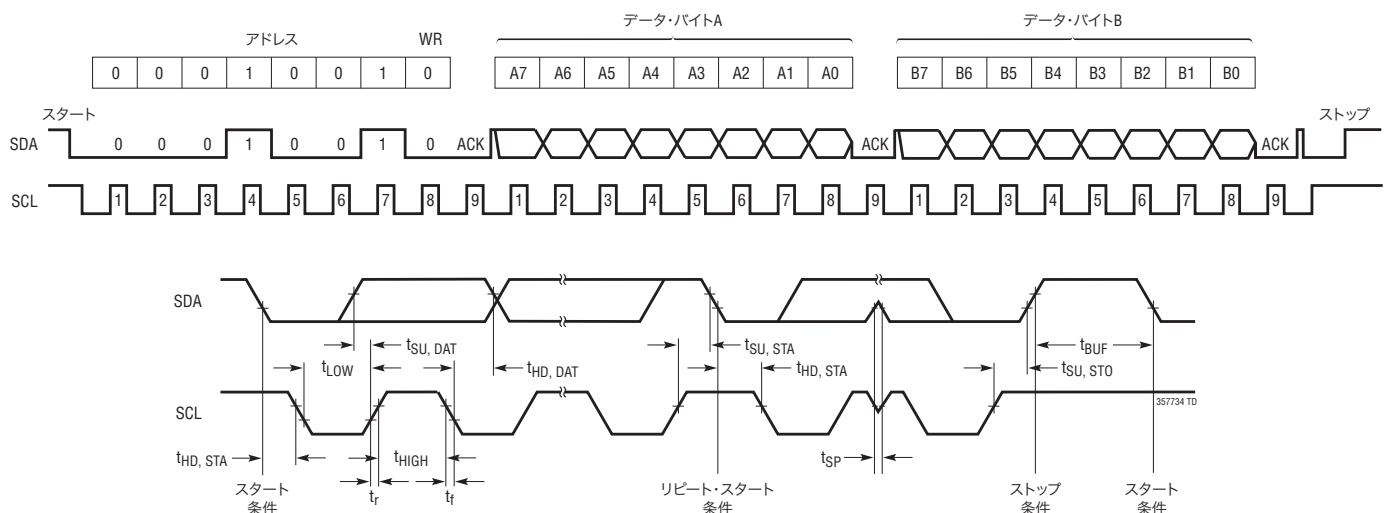
#### I<sup>2</sup>Cバスの速度

I<sup>2</sup>Cポートは最大400kHzの速度で動作するように設計されています。ポートにはタイミング遅延が組み込まれており、I<sup>2</sup>Cに準拠したマスタ・デバイスから呼び出されたとき正しく動作するように保証します。万が一バスが損なわれたときグリッチを抑制するように設計された入力フィルタも備えています。

#### I<sup>2</sup>Cのスタート条件とストップ条件

バスマスタはスタート条件を送信することにより通信開始を知らせます。スタート条件はSCLを“H”に保ったままSDAを“H”から“L”に遷移させて発生させます。マスタはスレーブ書込みアドレスまたはスレーブ読出しアドレスのどちらかを送信することができます。データがLTC3577-3/LTC3577-4に書き込まれると、マスタはストップ条件を送信することができます。この条件はLTC3577-3/LTC3577-4が新しい命令セットに対してアクションをとるように命令します。STOP条件はSCLを“H”に保ったままSDAを“L”から“H”に遷移させることにより、マスタによって送られます。この後、バスは別のI<sup>2</sup>Cデバイスとの通信のために自由に使えます。

I<sup>2</sup>Cのタイミング図



# LTC3577-3/LTC3577-4

## 動作

### I<sup>2</sup>Cのバイト形式

LTC3577-3/LTC3577-4に対して送受信する各バイトは8ビット長で、その後にアクノリッジ・ビットのための1クロック・サイクルが続く必要があります。データは最上位ビット (MSB) から LTC3577-3/LTC3577-4に送ります。

### I<sup>2</sup>Cのアクノリッジ

アクノリッジ信号はマスタとスレーブの間のハンドシェークに使われます。LTC3577-3/LTC3577-4に書込みが行われると (書込みアドレス)、書込みアドレスおよび書込みアドレスに続く2バイトのデータに対してアクノリッジが返されます。それらからの読出しが行われるときは (読出しアドレス)、LTC3577-3/LTC3577-4は読出しアドレスにだけアクノリッジを返します。バスマスタはLTC3577-3/LTC3577-4から情報を受信したらアクノリッジを返すようにします。

LTC3577-3/LTC3577-4によって生成されるアクノリッジ (アクティブ”L”) は、情報の最新のバイトが受信されたことをマスタに知らせます。アクノリッジに関連したクロック・パルスはマスタによって生成されます。マスタはアクノリッジ・クロック・サイクルの間にSDAライン (“H”) を解放します。LTC3577-3/LTC3577-4は、書込みアクノリッジ・クロック・パルスが”H”の間SDAラインが安定して”L”に保たれるようにSDAラインを引き下げます。

LTC3577-3/LTC3577-4からの読出しが行われるとき、マスタがデータの受信をアクノリッジできるようにLTC3577-3/LTC3577-4はSDAラインを解放します。LTC3577-3/LTC3577-4は1バイトのデータを送信するだけなので、LTC3577-3/LTC3577-4によって送信されたデータをマスタがアクノリッジしなくてもI<sup>2</sup>Cポートの動作に対するI<sup>2</sup>C固有の影響はありません。

### I<sup>2</sup>Cスレーブ・アドレス

LTC3577-3/LTC3577-4は、製造時にプログラムされた0001001[R/W]の7ビットのアドレスに応答します。読出し/書込みビットとして知られるアドレス・バイトのLSBは、LTC3577-3/LTC3577-4へのデータ書込みでは0、LTC3577-3/LTC3577-4からのデータ読出しでは1にします。アドレスを8ビットのワードと考えると、書込みアドレスは0x12、読出しアドレスは0x13です。LTC3577-3/LTC3577-4は読出しと書込みの両方のアドレスをアクノリッジします。

### I<sup>2</sup>Cのサブアドレスによる書込み

LTC3577-3/LTC3577-4には制御入力4つの命令レジスタが備わっています。それらはサブアドレスを使う書込みシステムを介してI<sup>2</sup>Cによってアクセスされます。

LTC3577-3/LTC3577-4の各書込みサイクルはちょうど3バイトで構成されます。最初のバイトは常にLTC3577-3/LTC3577-4の書込みアドレスです。2番目のバイトはLTC3577-3/LTC3577-4のサブアドレスを表します。サブアドレスはポインタで、後に続くデータバイトのLTC3577-3/LTC3577-4内のロケーションを指示します。3番目のバイトはサブアドレスによって指示されたロケーションに書き込まれるデータで構成されます。LTC3577-3/LTC3577-4には4つのサブアドレス・ロケーション (0x00、0x01、0x02および0x03) にだけ制御レジスタが備わっています。リストされている4つのサブアドレス以外のサブアドレスを書き込むと、4つのサブアドレスの中のどれかのデータが上書きされることがあるので、そうすることは推奨しません。

### I<sup>2</sup>Cバスの書込み動作

マスタはスタート条件とLTC3577-3/LTC3577-4の書込みアドレスを使ってLTC3577-3/LTC3577-4との通信を開始します。アドレスがLTC3577-3/LTC3577-4のアドレスと一致すると、LTC3577-3/LTC3577-4はアクノリッジを返します。するとマスタはサブアドレスを送ります。再度、LTC3577-3/LTC3577-4はアクノリッジを返し、このサイクルがデータ・バイトに関して繰り返されます。LTC3577-3/LTC3577-4がそのアクノリッジを返すとデータ・バイトは内部保持ラッチに転送されます。このプロセスは新しいデータを必要とする各サブアドレスに対して繰り返す必要があります。[アドレス][サブアドレス][データ]の1サイクルないし数サイクルの後、マスタはストップ条件を使って通信を終了することができます。代わりに、マスタはリピート・スタート信号を開始してI<sup>2</sup>Cバス上の別のデバイス呼び出すこともできます。このサイクルは無期限に継続可能で、LTC3577-3/LTC3577-4は受信した有効データの最後の入力を記憶します。バス上の全てのデバイスが呼び出されて有効データが送られるとグローバル・ストップを送ることができ、LTC3577-3/LTC3577-4は受信したデータを使ってその命令ラッチを更新します。

## 動作

### I<sup>2</sup>Cバスの読出し動作

バスマスタは、スタート条件とそれに続くLTC3577-3/LTC3577-4の読出しアドレスを使って、LTC3577-3/LTC3577-4の状態を読み出します。読出しアドレスがLTC3577-3/LTC3577-4のアドレスと一致すると、LTC3577-3/LTC3577-4はアクノリッジを返します。それらの読出しアドレスのアクノリッジに続いて、LTC3577-3/LTC3577-4は次の8クロック・サイクルの各サイクル毎に状態情報の1ビットを返します。バス読出し動作にはストップ命令は不要です。

### I<sup>2</sup>C入力データ

LTC3577-3/LTC3577-4に書き込める4バイトのデータがあります。これらのバイトはサブアドレス0x00～0x03を介してアクセスされます。最初に電力が与えられると(V<sub>BUS</sub>、WALLまたはBAT)、全ビットが既定で0になります。さらに、DV<sub>CC</sub>がその低電圧ロックアウトより下に下がるか、またはプッシュボタンがパワーダウ( PDC )状態に入ると、全ビットが0にクリアされます。

サブアドレス0x00に書き込むことができる最初のデータ・バイトを表8に示します。このバイトは「降圧制御レジスタ」と呼ばれます。

表8. 降圧制御レジスタ

降圧制御レジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000000
ビット	名称	機能
B0	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B1	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B2	BK1BRST	降圧1のBurst Modeイネーブル
B3	BK2BRST	降圧2のBurst Modeイネーブル
B4	BK3BRST	降圧2のBurst Modeイネーブル
B5	SLEWCTL1	降圧のSWのスルーレート: 00 = 1ns、 01 = 2ns、10 = 4ns、11 = 8ns
B6	SLEWCTL2	
B7	N/A	使用されない — 動作に影響しない

ビットB2、B3、およびB4は降圧スイッチング・レギュレータ(降圧)の動作モードを設定します。これら3つのレジスタのどれかに1を書き込むと、その対応する降圧コンバータを高効率Burst Mode動作にし、0を書き込むと、低ノイズのパルス・スキップ動作をイネーブルします。

B5とB6のビットは全てのSWピンのスルーレートを一括して調節するので、それらは全て同じ速度でスルーします。遅いスルーレートは効率を下げるので、アプリケーションでEMIが問題にならない限り、最速のスルーレート(B6:B5 = 00)を使うことを推奨します。

サブアドレス0x01に書き込むことができる2番目のデータ・バイトを表9に示します。このデータ・バイトは「LED制御レジスタ」と呼ばれます。

表9. I<sup>2</sup>C LED制御レジスタ

LED制御レジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000001
ビット	名称	機能
B0	EN	イネーブル: 1 = イネーブル 0 = オフ
B1	GR2	グラデーションGR[2:1]: 00 = 15ms、 01 = 460ms、10 = 930ms、11 = 1.85秒
B2	GR1	
B3	MD1	モードMD[2:1]: 00 = CC昇圧、 10 = PWM昇圧; 01 = HV昇圧、
B4	MD2	
B5	PWMC1	PWM CLK PWMC[2:1]: 00 = 8.77kHz、 01 = 4.39kHz、10 = 2.92kHz、11 = 2.19kHz
B6	PWMC2	
B7	SLEWLED	LEDのSWのスルーレート: 0/1 = 高速/低速

ビットB0はLED昇圧回路をイネーブルおよびディスエーブルします。B0に1を書き込むとLED昇圧回路をイネーブルし、0を書き込むとLED昇圧回路をディスエーブルします。

ビットB1とB2はLEDのグラデーションで、イネーブルまたはディスエーブルされたときのLED電流のランプアップ時間とランプダウン時間を設定します。グラデーション機能により、LEDは、突如生じるステップ状ではなく、徐々にオン/オフすることができます。

ビットB3とB4はLED昇圧回路の動作モードを設定します。これらの動作モードは次のとおりです。B4:B3 = 00 LED定電流(CC)昇圧動作; B4:B3 = 10 LED PWM昇圧動作; B4:B3 = 01 固定高電圧(HV)出力昇圧動作; B4:B3 = 11はサポートされていませんので使用しないでください。動作モードの詳細については、「LEDバックライト/昇圧動作」のセクションを参照してください。

ビットB5とB6は、「LEDバックライト/昇圧動作」のセクションの表5に示されているように、PWMクロックの速度を設定します。

ビットB7はLED昇圧のSWピンのスルーレートを設定します。B7を0に設定すると最速のスルーレートになり、最も効率的な動作モードを与えます。スルーレートが遅いほど効率が低下するので、B7の1への設定は、SWのスルーによるEMIが問題となる場合にだけ使います。

動作の詳細については、「LEDバックライト/昇圧動作」のセクションを参照してください。

## 動作

サブアドレス0x02に書き込むことができる3番目のデータ・バイトを表10に示します。このデータ・バイトは「LED DACレジスタ」と呼ばれます。LED電流源は6ビットの60dB指数関数DACを利用します。このDACは、 $I_{LED(FS)}$ が20mAにプログラムされているとき、1ステップ当り約1dBで20μA～20mAの精確な電流制御を行います。LED電流は次式で近似することができます。

$$I_{LED} = I_{LED(FS)} \cdot 10^{\left(3 \cdot \frac{DAC - 63}{63}\right)}$$

ここで、DACはI<sup>2</sup>CのLED DACレジスタにプログラムされた10進数の値です。たとえば、 $I_{LED(FS)} = 20\text{mA}$ およびDAC[5:0] = 101010 (10進数で42)では、 $I_{LED}$ は2mAになります。

表10. I<sup>2</sup>C LED DACレジスタ

LED DACレジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000010
ビット	名称	機能
B0	DAC[0]	6ビットのログDACコード
B1	DAC[1]	
B2	DAC[2]	
B3	DAC[3]	
B4	DAC[4]	
B5	DAC[5]	
B6	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B7	N/A	使用されない — 動作に影響しない

サブアドレス0x03に書き込むことができる最後のデータ・バイトを表11に示します。このデータ・バイトは「LED PWMレジスタ」と呼ばれます。このレジスタの値の設定方法の詳細に関しては、「LEDのPWMと定電流動作」のセクションを参照してください。

表11. LED PWMレジスタ

LED PWMレジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000011
ビット	名称	機能
B0	PWMDEN[0]	PWMの分母
B1	PWMDEN[1]	
B2	PWMDEN[2]	
B3	PWMDEN[3]	
B4	PWMNUM[0]	PWMの分子
B5	PWMNUM[1]	
B6	PWMNUM[2]	
B7	PWMNUM[3]	

## I<sup>2</sup>C出力データ

表12に示されているように、1状態バイトをLTC3577-3/LTC3577-4から読み出すことができます。どのビット位置も、1が読み出されるとその条件が真であることを示します。たとえば、ビットA3から1が読み出されると、LDO1がイネーブルされており、正しく安定化されていることを示します。LTC3577-3/LTC3577-4から読み出される状態は、LTC3577-3/LTC3577-4がその読出しアドレスをアクノリッジするときの状態情報を捕捉しています。

表12. I<sup>2</sup>C読出しレジスタ

状態レジスタ		アドレス: 00010011 サブアドレス: なし
ビット	名称	機能
A0	CHARGE	充電状態 (1 = 充電中)
A1	STAT[0]	STAT[1:0]: 00 = フォールトなし 01 = 温度が低すぎる/高すぎる 10 = バッテリの過温度 11 = バッテリ・フォールト
A2	STAT[1]	
A3	PGLDO[1]	LDO1がパワーグッド
A4	PGLDO[2]	LDO2がパワーグッド
A5	PGBCK[1]	降圧1がパワーグッド
A6	PGBCK[2]	降圧2がパワーグッド
A7	PGBCK[3]	降圧3がパワーグッド

ビットA7は降圧3のパワーグッド状態を示します。1は降圧3がイネーブルされていて、正しく安定化されていることを示します。0は降圧3がイネーブルされていないか、または降圧3がイネーブルされているがレギュレーションから8%以上外れていることを示します。

ビットA6は降圧2のパワーグッド状態を示します。1は降圧2がイネーブルされていて、正しく安定化されていることを示します。0は降圧2がイネーブルされていないか、または降圧2がイネーブルされているがレギュレーションから8%以上外れていることを示します。

ビットA5は降圧1のパワーグッド状態を示します。1は降圧1がイネーブルされていて、正しく安定化されていることを示します。0は降圧1がイネーブルされていないか、または降圧1がイネーブルされているがレギュレーションから8%以上外れていることを示します。

ビットA4はLDO2のパワーグッド状態を示します。1はLDO2がイネーブルされていて、正しく安定化されていることを示します。0はLDO2がイネーブルされていないか、またはLDO2がイネーブルされているがレギュレーションから8%以上外れていることを示します。



## 動作

ビットA3はLDO1のパワーグッド状態を示します。1はLDO1がイネーブルされていて、正しく安定化されていることを示します。0はLDO1がイネーブルされていないか、またはLDO1がイネーブルされているがレギュレーションから8%以上外れていることを示します。

ビットA2とA1はチャージャ測定回路のフォールト状態を示し、表12でデコードされています。「温度が低すぎる/高すぎる」状態は、サーミスタの温度が有効な充電範囲から外れており（曲線1のサーミスタでは0°Cより下、または40°Cより上のどちらか）、バッテリーが有効な充電温度に戻るまで充電が一時停止されていることを示します。バッテリーの過温度状態は、バッテリーのサーミスタが臨界温度（曲線1のサーミスタでは約50°C）に達し、この状態が長引けば長期バッテリー容量が大きく失われるおそれがあることを示します。バッテリー・フォールト状態は、低電圧バッテリー（一般に<2.85V）を充電しようとしたが、低電圧状態が1/2時間を超えて続いたことを示します。この場合、充電は停止されています。

ビットA0はバッテリー・チャージャの状態を示します。1はチャージャがイネーブルされ、低電流充電状態であることを示します。この場合、バッテリーは、NTCサーミスタがその有効な充電範囲から外れていない限り、充電中です。外れている場合は、充電は一時停止されていますが、完了してはいません。バッテリーが有効な充電温度に戻ると、充電が継続されます。ビットA0が0だと、チャージャが充電終了期(hc/10)に達しており、V<sub>FLOAT</sub>に近い、または充電が終了していることを示します。充電は充電タイマの時間が経過するか、前に説明したバッテリー・フォールトによって終了することがあります。

**I<sup>2</sup>C書込みレジスタのマップ**（詳細については、「I<sup>2</sup>C入力データ」のセクションを参照、全てのレジスタがリセット時に既定で0になる）

降圧制御レジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000000
ビット	名称	機能
B0	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B1	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B2	BK1BRST	降圧1のBurst Modeイネーブル
B3	BK2BRST	降圧2のBurst Modeイネーブル
B4	BK3BRST	降圧2のBurst Modeイネーブル
B5	SLEWCTL1	降圧のSWのスルーレート: 00 = 1ns、 01 = 2ns、10 = 4ns、11 = 8ns
B6	SLEWCTL2	
B7	N/A	使用されない — 動作に影響しない

LED制御レジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000001
ビット	名称	機能
B0	EN	イネーブル: 1 = イネーブル 0 = オフ
B1	GR2	グラデーションGR[2:1]: 00 = 15ms、 01 = 460ms、10 = 930ms、11 = 1.85秒
B2	GR1	
B3	MD1	モードMD[2:1]: 00 = CC昇圧、 10 = PWM昇圧、01 = HV昇圧
B4	MD2	
B5	PWMC1	PWM CLK PWMC[2:1]: 00 = 8.77kHz、 01 = 4.39kHz、10 = 2.92kHz、11 = 2.19kHz
B6	PWMC2	
B7	SLEWLED	LEDのSWのスルーレート: 0/1 = 高速/低速

LED DACレジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000010
ビット	名称	機能
B0	DAC[0]	6ビットのログDACコード
B1	DAC[1]	
B2	DAC[2]	
B3	DAC[3]	
B4	DAC[4]	
B5	DAC[5]	
B6	N/A	使用されない — 動作に影響しない
B7	N/A	使用されない — 動作に影響しない

LED PWMレジスタ		アドレス: 00010010 サブアドレス: 00000011
ビット	名称	機能
B0	PWMDEN[0]	PWMの分母
B1	PWMDEN[1]	
B2	PWMDEN[2]	
B3	PWMDEN[3]	
B4	PWMNUM[0]	PWMの分子
B5	PWMNUM[1]	
B6	PWMNUM[2]	
B7	PWMNUM[3]	



## 動作

### プッシュボタン・インタフェースの動作

#### 状態図/動作

LTC3577-3/LTC3577-4のプッシュボタンの状態図を図13に示します。最初に電力が与えられると(V<sub>BUS</sub>、WALLまたはBAT)、内部パワーオン・リセット(POR)信号がプッシュボタン回路をパワーオフ(POFF)状態にします。それに続くイベントにより、ステートマシンがPOFFからパワーアップ(PUP)状態に遷移します。

- 1)  $\overline{\text{ON}}$  入力が入力50msの間“L”になる(PB50MS)
- 2) PWR\_ON入力が入力“H”になる(PWR\_ON)

PUP状態に入ると、プッシュボタン回路は、LDO2、降圧1および降圧2の順序でパワーアップします。LEDバックライトはI<sup>2</sup>Cを介してイネーブルされ、プッシュボタンのパワーアップ・シーケンスには含まれません。PUP状態に入って1秒後、プッシュボタン回路はパワーオン(PON)状態に遷移します。デバイスをPON状態に保つには、PON状態に入る前にPWR\_ON入力を“H”にする必要があることに注意してください。プッシュボタンがPUP状態またはPON状態になると、降圧3はEN3入力を介してイネーブルすることができます。

PWR\_ONが“L”になると、またはV<sub>OUT</sub>がその低電圧ロックアウト(V<sub>OUT</sub> UVLO)スレッショルドまで低下すると、ステートマシンはPON状態から出て、パワーダウン(PDN)状態に入ります。PDN状態はI<sup>2</sup>Cレジスタをリセットし、降圧1、降圧2およびLDO2と一緒にディスエーブルするとともに、実効的にLEDバックライトをシャットダウンします。PDN状態とPOFF状態では、降圧3もディスエーブルされます。パワーダウン状態から出る前に1秒間の遅延があるので、電源はそれらが再度イネーブルされる前に完全にパワーダウンすることができます。

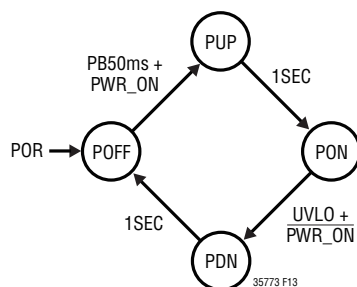


図13. プッシュボタンの状態図

#### PBSTATの動作

PBSTATは最初にプッシュボタンが押されてから( $\overline{\text{ON}}$ が“L”)50ms後に“L”になり、最小50msの間“L”に留まります。PBSTATは、50msの最小“L”時間が経過する前に $\overline{\text{ON}}$ が“H”にならない限り、 $\overline{\text{ON}}$ が“H”になるのと同時に“H”になります。

#### ハードリセットとPGOOD動作

ハードリセットのイベントは、プッシュボタンを押して( $\overline{\text{ON}}$ 入力が“L”)14秒間そのまま押していると発生します。有効なハードリセットのイベントが生じるには、最初のプッシュボタンの押下げがPUP状態またはPON状態でスタートする必要があります。これにより、ユーザーが最初のパワーアップの間プッシュボタンを押し続けても、ハードリセットが生じるのが防がれます。有効なハードリセット・イベントが生じると、PGOOD出力が約1.8msの間“L”に遷移するので、マイクロプロセッサがリセットすることができます。ハードリセット・イベントは動作状態やレギュレータの動作には影響を与えません。

PGOODピンは、降圧1、降圧2およびLDO1がイネーブルされてそれらの最終レギュレーション電圧に達していることを示すのに使われるオープン・ドレイン出力です。システムのコントローラが自己をリセットするのに十分な時間を与えるため、降圧1、降圧2およびLDO1がそのレギュレーション値の92%に達したときから230msの遅延が含まれています。PGOODはオープン・ドレイン出力で、適当な電源へのプルアップ抵抗が必要です。最適な方法としては、プルアップ抵抗を降圧1、降圧2またはLDOの出力に接続して、レギュレータがディスエーブルされている間電力を消費しないようにします。

#### プッシュボタン動作とV<sub>OUT</sub> UVLO

前に述べたように、V<sub>OUT</sub>がそのUVLOスレッショルドに低下すると、プッシュボタンがパワーオン状態を出てパワーダウン状態に入るので、降圧1、降圧2、降圧3、LDO2およびLEDバックライトがパワーダウンします。さらに、LDO1がUVLOではディスエーブルされます。したがって、LTC3577-3/LTC3577-4の全電源がディスエーブルされ、V<sub>OUT</sub> UVLO状態が存在する限りディスエーブルされたまま留まります。V<sub>OUT</sub>がV<sub>OUT</sub> UVLOスレッショルドより下の間、LTC3577-3/LTC3577-4が供給するどの電源もパワーアップさせることはできません。

## 動作

## プッシュボタンのタイミングによるパワーアップ

外部プッシュボタンを使ったLTC3577-3/LTC3577-4のパワーアップをタイミング図(図14)に示します。この例では、プッシュボタン回路はPOFF状態でスタートします。 $V_{OUT}$ はUVLOではなく、降圧1、降圧2およびLDO2はデイスエーブルされています。プッシュボタンを50ms押すと( $\overline{ON}$ が“L”)、プッシュボタン回路はPUP状態に遷移し、LDO2、降圧1および降圧2をこの順序でパワーアップします。電源を立ち上げた状態に保つには、1秒のPUP時間が終了する前にPWR\_ONを“H”にドライブする必要があります。1秒のPUP時間の後にPWR\_ONが“L”だと、または“L”になると、降圧1、降圧2およびLDO2は一緒にシャットダウンされます。降圧1、降圧2およびLDO1がそれらのレギュレーション電圧の8%以内に230msの間入っていると、PGOODがアサートされます。

降圧3とLEDバックライトは、PUP状態またはPON状態になると、EN3またはI<sup>2</sup>Cを介していつでもイネーブルおよびデイスエーブルすることができます。PWR\_ON入力は、 $\mu P/\mu C$ によって、または高インピーダンス(標準100k $\Omega$ )を介したシーケンス制御された出力の1つによってドライブすることができます。PBSTATはプッシュボタンを最初に押下げた後50msで“L”になり、最小50msの間“L”に留まります。PBSTATは、50msの最小“L”時間が経過する前に $\overline{ON}$ が“H”にならない限り、 $\overline{ON}$ が“H”になると同時に“H”になります。

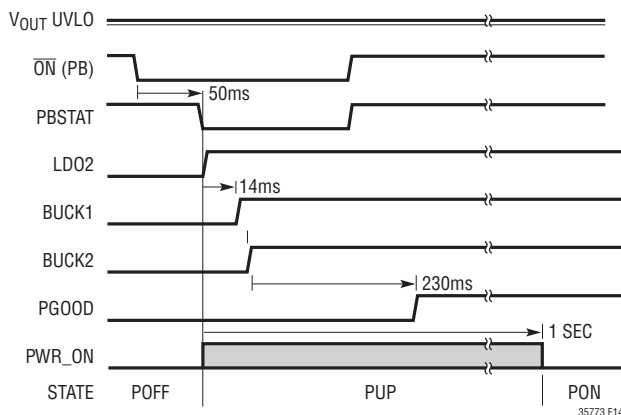


図14. プッシュボタンによるパワーアップ

## PWR\_ONのタイミングによるパワーアップ

PWR\_ONを“H”にドライブすることによるLTC3577-3/LTC3577-4のパワーアップをタイミング図(図15)に示します。この例では、プッシュボタン回路はPOFF状態でスタートします。 $V_{OUT}$ はUVLOではなく、降圧1、降圧2およびLDO2はデイスエーブルされています。PWR\_ONが“H”になって50ms後、プッシュボタン回路はPUP状態に遷移し、LDO2、降圧1および降圧2をこの順序でパワーアップします。電源を立ち上げた状態に保つには、1秒のPUP時間が終了する前にPWR\_ONを“H”にドライブする必要があります。1秒のPUP時間の後にPWR\_ONが“L”だと、または“L”になると、降圧1、降圧2およびLDO2は一緒にシャットダウンされます。降圧1、降圧2およびLDO1がそれらのレギュレーション電圧の8%以内に230msの間入っていると、PGOODがアサートされます。

降圧3とLEDバックライトは、PUP状態またはPON状態になると、EN3またはI<sup>2</sup>Cを介していつでもイネーブルおよびデイスエーブルすることができます。

PWR\_ONを介したパワーアップは、常時オンしたマイクロコントローラを備えたアプリケーションに有用です。これにより、ユーザーによる管理の外で、マイクロコントローラがハウスキーピングやその他の作業のためにアプリケーションをパワーアップおよびパワーダウンすることができます。

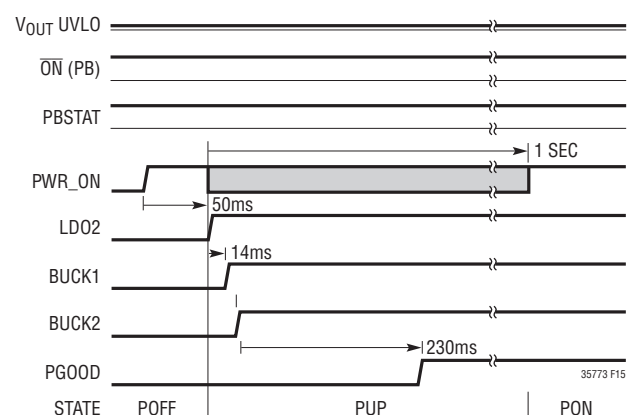


図15. PWR\_ONによるパワーアップ

## 動作

### プッシュボタンのタイミングによるパワーダウン

μC/μPの制御によるLTC3577-3/LTC3577-4のパワーダウンをタイミング図(図16)に示します。この例では、プッシュボタン回路はPON状態でスタートします。V<sub>OUT</sub>はUVLOではなく、降圧1、降圧2およびLDO2はイネーブルされています。この場合、プッシュボタンが少なくとも50ms押され(ONが“L”)、PBSTAT出力に低インピーダンスを生じます。PBSTATが受信された後、μC/μPはPWR\_ON入力を“L”にドライブします。PWR\_ONが“L”になってから50ms後、プッシュボタン回路はPDN状態に入ります。PDN状態に入ると、降圧1、降圧2およびLDO2と一緒にディスエーブルされます。PDN状態に入った後、POFF状態に入る前に1秒間の待ち時間がスタートします。この1秒間の間、ON入力とPWR\_ON入力は無視されるので、LTC3577-3/LTC3577-4が供給する全電源がパワーダウンすることができます。

PDN状態に入ると、降圧3がディスエーブルされ、LEDバックライトのI<sup>2</sup>Cレジスタがクリアされ、実効的にバックライトをディスエーブルします。LEDバックライトは、そうしたければ、PDN状態に入る前にI<sup>2</sup>Cを介してディスエーブルすることができます。

1秒間のパワーダウン時間にわたってONを“L”に保っても、1秒間の終わりになってパワーアップすることはありません。ON入力はパワーダウン・イベントに続いて“H”にし、次いで再度“L”にして有効なパワーアップ・イベントを確立する必要があります。

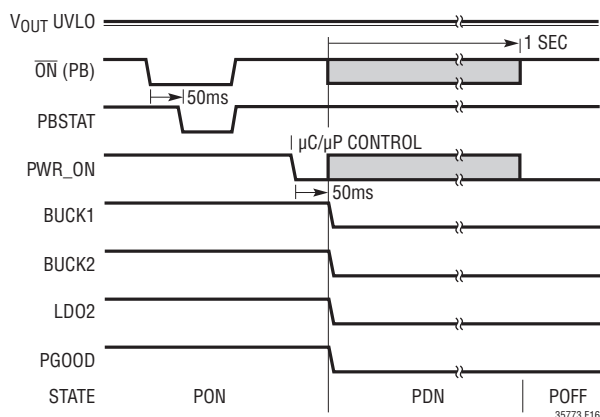


図16. プッシュボタンによるパワーダウン

### V<sub>OUT</sub> UVLOパワーダウンのタイミング

V<sub>OUT</sub>がV<sub>OUT</sub> UVLOスレッシュホールドより下に下がると、プッシュボタン回路はPON状態からPDN状態に遷移します。PDN状態に入ると、降圧1、降圧2およびLDO2と一緒にディスエーブルされます。PDN状態に入った後、POFF状態に入る前に1秒間の待ち時間がスタートします。この1秒間の間、ON入力とPWR\_ON入力は無視されるので、LTC3577-3/LTC3577-4の発生する全電源がダウンすることができます。

PDN状態に入ると、降圧3がディスエーブルされ、LEDバックライトのI<sup>2</sup>Cレジスタがクリアされ、実効的にバックライトをディスエーブルします。LDO1もV<sub>OUT</sub> UVLOによってディスエーブルされ、V<sub>OUT</sub> UVLO状態が持続する限りディスエーブルされたまま留まります。V<sub>OUT</sub> UVLO状態が存在する間、どの電源も順にパワーアップさせることはできないことに注意してください。V<sub>OUT</sub> UVLO状態が解消するとLDO1が再度イネーブルされます。他の電源は有効なパワーアップ・プッシュボタン・イベントが発生するまでディスエーブルされたまま留まります。

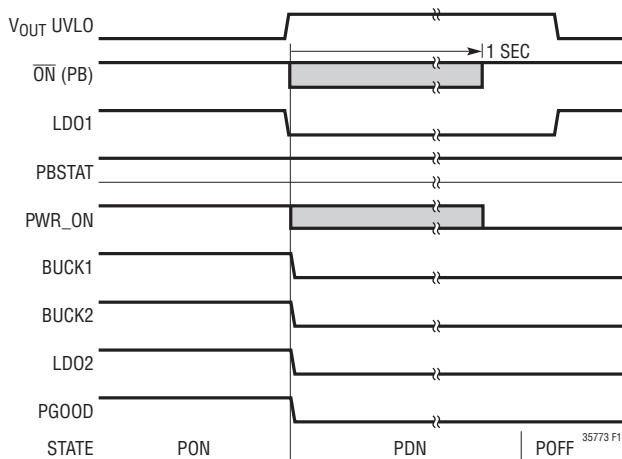


図17. V<sub>OUT</sub> UVLOパワーダウン

## 動作

### ハードリセットのタイミング

ハードリセットはソフトウェア・ロックアップの場合に $\mu\text{C}/\mu\text{P}$ をリセットする手段を与えます。ハードリセットを開始するには、プッシュボタンを押し ( $\overline{\text{ON}}$ が“L”)、14秒より長く押した状態に保ちます。ハードリセット時間を超えると、PGOOD入力が1.8msの間“L”になり、 $\mu\text{C}/\mu\text{P}$ をリセットします。イネーブルされた電源の動作はハードリセットのイベントによって影響を受けません。全てのイネーブルされた電源は、規定動作条件が満たされているならば(つまり、短絡などがない状態)、レギュレーション状態に留まり、正しく動作します。

LTC3577-3/LTC3577-4の電源をパワーダウンする方法は2つあるだけです。つまり、1) PWR\_ONが“L”になるか、2)  $V_{\text{OUT}}$ が  $V_{\text{OUT UVLO}}$  スレッシュホールドより下に下がるかです。 $\mu\text{C}/\mu\text{P}$ が PWR\_ONを“L”に引き下げてシャットダウンを制御する場合、ハードリセットで $\mu\text{C}/\mu\text{P}$ が正しくリセットされないと、全ての電源がイネーブルされたままアプリケーションがハングすることがあります。この場合、 $V_{\text{OUT}}$ が  $V_{\text{OUT UVLO}}$  スレッシュホールドより下に下がるまで、またはユーザーが介入してアプリケーションを手動でシャットダウンするまで、バッテリーの流出が続きます。アプリケーションは、バッテリーおよび外部電源を取り去ることにより、または押されたときPWR\_ONを“L”に引き下げる自己終了ボタンを与えることにより、手動でシャットダウンすることができます。

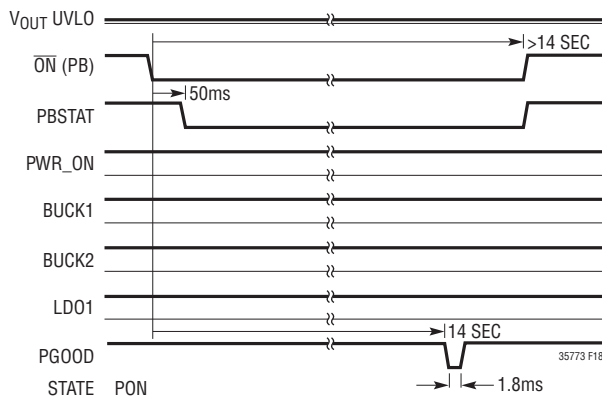


図18. ハードリセットのタイミング

### パワーアップ・シーケンシング

LTC3577-3/LTC3577-4の実際のパワーアップ・シーケンシングを図19に示します。降圧1、降圧2およびLDO2は全て最初ディスエーブルされています(0V)。プッシュボタンが50msの間押されると( $\overline{\text{ON}}$ が“L”)、PBSTATが“L”になり、LDO2がイネーブルされます。イネーブルされると、LDO2がスルーしてレギュレーション状態に入ります。実際のスルーレートはLDO2のソフトスタート機能によって制御され、この機能は標準200 $\mu\text{s}$ にわたってLDOリファレンスをランプアップさせます。LDO2がイネーブルされてから14msの遅延後、降圧1がイネーブルされ、レギュレーション状態までスルーします。降圧1が最終レギュレーションの約8%以内になると降圧2がイネーブルされ、レギュレーション状態にスルーします。降圧レギュレータもソフトスタート機能を備えており、起動時に突入電流を制限します。降圧2が最終レギュレーションの8%以内になってから230ms後、PGOOD出力が高インピーダンスになります(図19には示されていません)。図19のレギュレータは公称出力コンデンサおよび無負荷でスルーアップしています。どの出力でも負荷を追加するか、または容量を増やすとスルーレートが減少し、レギュレータがレギュレーション状態になるまでの時間が長くなります。

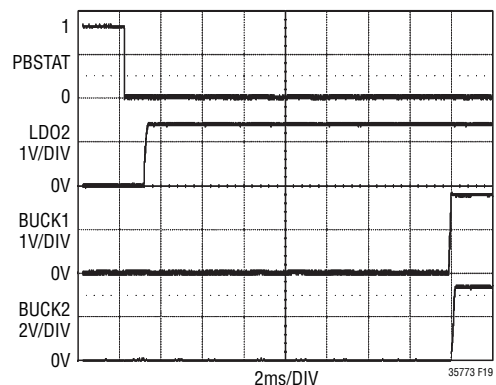


図19. パワーアップ・シーケンシング



## 動作

### レイアウトおよび熱に関する検討事項

#### プリント回路基板の電力損失

すべての条件で最大充電電流の供給を可能にするには、LTC3577-3/LTC3577-4のパッケージの背面の露出グランド・パッドを基板のグランド・プレーンに半田付けする必要があります。両面1オンス銅基板の2500mm<sup>2</sup>のグランド・プレーンに正しく半田付けすると、LTC3577-3/LTC3577-4の熱抵抗(θ<sub>JA</sub>)は約45°C/Wになります。パッケージの裏面の露出パッドと適切なサイズのグランド・プレーンの間の熱接触が良くないと、45°C/Wよりはるかに大きな熱抵抗になります。

LTC3577-3/LTC3577-4がサーマル・プロテクション・フィードバックによって充電電流を減少させる条件は、このICで消費される電力を検討して概算することができます。ACアダプタがV<sub>OUT</sub>に接続されて充電電流が高い場合、LTC3577-3/LTC3577-4の電力損失は次のように概算されます。

$$P_D = (V_{OUT} - BAT) \cdot I_{BAT} + P_{DREGS}$$

ここで、P<sub>D</sub>は全電力損失、V<sub>OUT</sub>は電源電圧、BATはバッテリー電圧、I<sub>BAT</sub>はバッテリー充電電流です。P<sub>DREGS</sub>は、降圧スイッチング、LDOおよびLED昇圧の各レギュレータによってチップ内で消費される電力の和です。

降圧スイッチング・レギュレータの電力損失は次のように計算することができます。

$$P_{D(SWX)} = (OUT_x \cdot I_{OUT_x}) \cdot \frac{100 - \text{Eff}}{100}$$

ここで、OUT<sub>x</sub>はプログラムされた出力電圧、I<sub>OUT<sub>x</sub></sub>は負荷電流、Effは%効率です。%効率は測定するか、またはプログラムされた出力電圧の効率の表で調べることができます。

LDOレギュレータのチップ内の電力損失は次のように推算することができます。

$$P_{DLDOx} = (V_{INLDOx} - LDOx) \cdot I_{LDOx}$$

ここで、LDO<sub>x</sub>はプログラムされた出力電圧、V<sub>INLDOx</sub>はLDO電源電圧、I<sub>LDOx</sub>はLDOの出力負荷電流です。LDO電源が降圧出力の1つに接続されていると、降圧の電力損失の計算で、そのLDO電源の電流を降圧レギュレータの負荷電流に追加する必要がありますことに注意してください。

LED昇圧レギュレータの電力損失は次のように推算することができます。

$$P_{DEDL} = I_{LED} \cdot 0.3V + R_{NSWON} \cdot \left( I_{LED} \cdot \frac{BOOST}{V_{OUT} - 1} \right)^2$$

ここで、BOOSTはLEDストリングの上端をドライブする出力電圧、R<sub>NSWON</sub>はSW N-FETのオン抵抗(標準330mΩ)、I<sub>LED</sub>はLEDのプログラムされた電流シンクです。

したがって、全レギュレータによる電力損失は次のとおりです。

$$P_{DREGS} = P_{DSW1} + P_{DSW2} + P_{DSW3} + P_{DLDO1} + P_{DLDO2} + P_{DLED}$$

LTC3577-3/LTC3577-4は自動的に充電電流を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検討する必要はありません。ただし、ICを保護するために熱帰還が始まるおおよその周囲温度は次のとおりです。

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

例: 5V (V<sub>OUT</sub>) のACアダプタで動作し、3.3V (BAT) で1A (I<sub>BAT</sub>) を供給してリチウムイオン・バッテリーを充電するLTC3577-3/LTC3577-4について検討します。またP<sub>DREGS</sub> = 0.3Wと仮定すると、合計電力損失は次のようになります。

$$P_D = (5V - 3.3V) \cdot 1A + 0.3W = 2W$$

そこを超えるとLTC3577-3/LTC3577-4が1Aの充電電流を減らし始める周囲温度はおおよそ次のとおりです。

$$T_A = 110^\circ\text{C} - 2W \cdot 45^\circ\text{C/W} = 20^\circ\text{C}$$



## 動作

LTC3577-3/LTC3577-4は20°Cを超える周囲温度で使用できますが、充電電流は1A未満に減少します。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。

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

したがって、次のようになります。

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

周囲温度が55°Cで上例について考えてみます。充電電流はおよそ次のように減少します。

$$I_{\text{BAT}} = \frac{\frac{110^\circ\text{C} - 55^\circ\text{C}}{45^\circ\text{C/W}} - 0.3\text{W}}{5\text{V} - 3.3\text{V}}$$

$$I_{\text{BAT}} = \frac{1.22 - 0.3\text{W}}{1.7\text{V}} = 542\text{mA}$$

### プリント回路基板のレイアウト

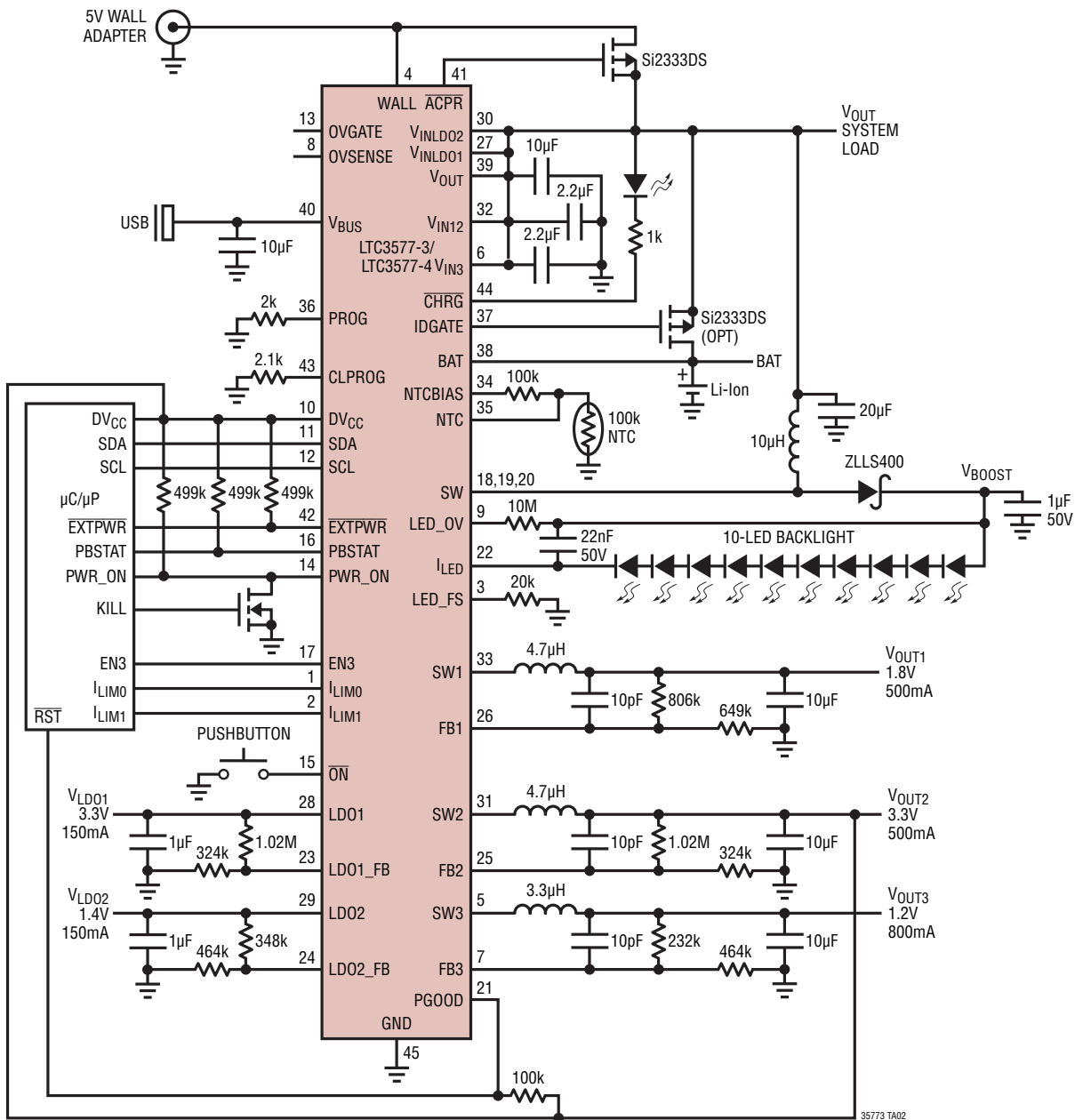
PCボードをレイアウトするときは、以下のリストに従ってLTC3577-3/LTC3577-4が正しく動作するようにします。

1. パッケージの露出パッド(ピン45)は大きなグランド・プレーンに直接接続して熱インピーダンスと電気的インピーダンスを最小に抑えます。
2. 降圧スイッチング・レギュレータの入力電源ピン( $V_{\text{IN}12}$ と $V_{\text{IN}3}$ )とそれらの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。これらのコンデンサのGND側はデバイスのグランド・プレーンに直接接続します。このコンデンサは内部パワーMOSFETとそれらのドライバにAC電流を供給します。これらのコンデンサからLTC3577-3/LTC3577-4のピンへのインダクタンスを最小に抑えることが重要です。短い低インピーダンスのトレースを使って $V_{\text{IN}12}$ と $V_{\text{IN}3}$ を $V_{\text{OUT}}$ に接続します。

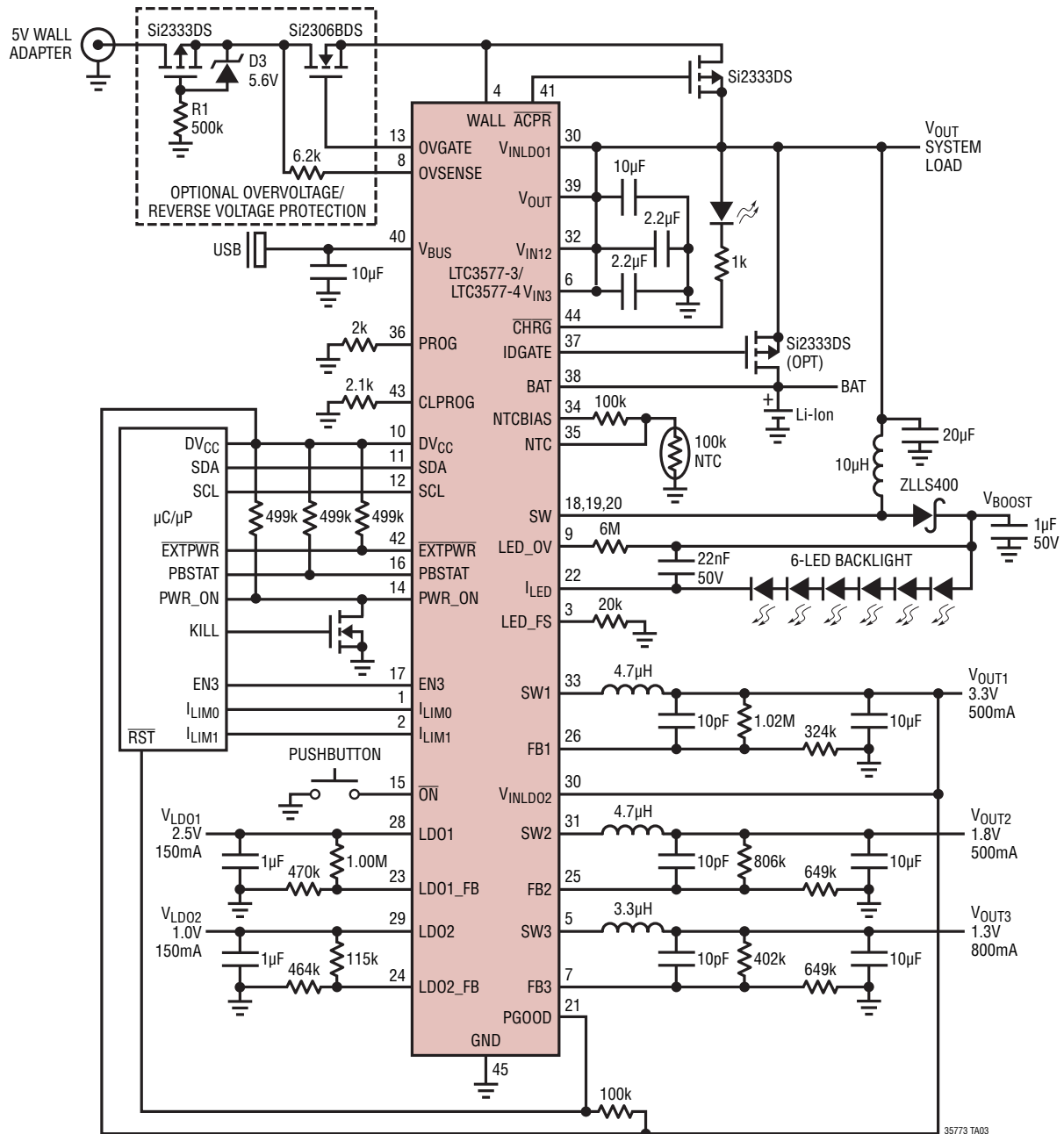
3. SW1、SW2およびSW3をそれぞれのインダクタに接続するスイッチング・パワー・トレースは最小にして、放射EMIと寄生カップリングを最小に抑えます。スイッチング・ノードの電圧振幅は大きいので、帰還ノード( $\text{FB}_x$ 、 $\text{LDO}_x\_FB$ および $\text{LED\_OV}$ )などの敏感なノードはスイッチング・ノードから遠く離すか、またはシールドします。そうしないと、性能が低下することがあります。
4. 降圧スイッチング・レギュレータのインダクタとそれらのそれぞれの出力コンデンサの間の接続はできるだけ短くします。出力コンデンサのGND側はデバイスのサーマル・グランド・プレーンに直接接続します。
5. 降圧の帰還ピンのトレース( $\text{FB}1$ 、 $\text{FB}2$ および $\text{FB}3$ )はできるだけ短くします。帰還トレースとスイッチング・ノード(つまり、SW1、SW2、SW3およびロジック信号)の間のどんな寄生容量も最小に抑えます。必要なら、帰還ノードをGNDトレースでシールドします。
6. LTC3577-3/LTC3577-4の電力経路ピン( $V_{\text{BUS}}$ と $V_{\text{OUT}}$ )とそれらのそれぞれのデカップリング・コンデンサの間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ンド・プレーンに直接接続します。
7. SWをインダクタに接続する昇圧コンバータのスイッチング・パワー・トレースを最小にして、放射EMIと寄生カップリングを最小に抑えます。SWノードの電圧振幅は大きいので、帰還ノード( $\text{FB}_x$ 、 $\text{LDO}_x\_FB$ および $\text{LED\_OV}$ )などの敏感なノードはこのスイッチング・ノードから遠く離すか、またはシールドします。そうしないと、性能が低下することがあります。

# LTC3577-3/LTC3577-4

## 標準的応用例



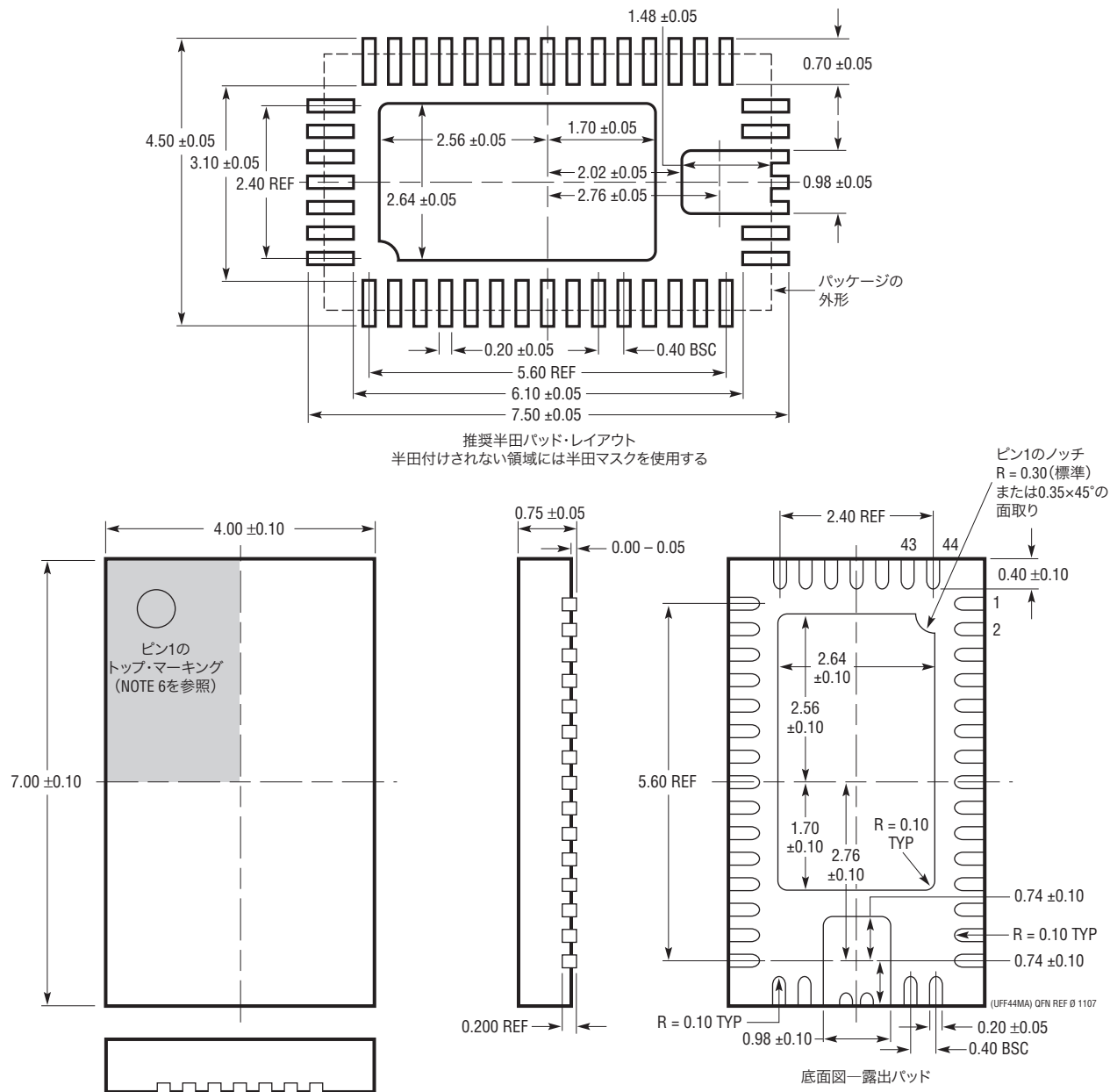
## 標準的応用例



# LTC3577-3/LTC3577-4

## パッケージ

UFFパッケージ  
バリエーション:UFFMA  
44ピン・プラスチックQFN(4mm×7mm)  
(Reference LTC DWG # 05-08-1762 Rev 0)



### NOTE:

- 図はJEDECのパッケージ外形ではない
- 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トップとボトムのピン1の位置の参考に過ぎない

改訂履歴 (Rev Bよりスタート)

REV	日付	修正内容	頁番号
B	11/09	特長の変更	1
		最大絶対定格の変更	3
		Note 16の追加	10
		ピン機能の文章変更	18



# LTC3577-3/LTC3577-4

## 関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3455	デュアルDC/DCコンバータ、USBパワーマネージャとリチウムイオン・バッテリー・チャージャ付き	入力電源間のシームレスな移行:リチウムイオン・バッテリー、USBおよび5V ACアダプタ:2つの高効率DC/DCコンバータ:最大96%。高精度のUSB電流制限(500mA/100mA)付き全機能リチウムイオン・バッテリー・チャージャ。ピンで選択可能なBurst Mode動作。SDIOおよびメモリ・カード用Hot Swap™出力。24ピン4mm × 4mm QFNパッケージ
LTC3456	2セル、複数出力DC/DCコンバータ、USBパワーマネージャ付き	2セル・バッテリー、USBおよびACアダプタの入力電源間のシームレスな移行。主出力:固定3.3V出力、コア出力:0.8V~V <sub>BATT(MIN)</sub> で調整可能。メモリ・カード用Hot Swap出力。電源シーケンシング:メインおよびHot Swapの高精度USB電流制限。高周波数動作:1MHz。高効率:最大92%。24ピン4mm × 4mm QFNパッケージ
LTC3555	I <sup>2</sup> Cで制御される高効率USBパワーマネージャおよびトリプル降圧DC/DC	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、充電電流:最大1.5A、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA「常時オン」LDO、3個の同期整流式降圧レギュレータ、1個の1A昇降圧レギュレータ、4mm×5mm QFN28パッケージ
LTC3556	高効率USBパワーマネージャおよびデュアル降圧DC/DCおよび昇降圧DC/DC	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、充電電流:最大1.5A、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA「常時オン」LDO、2個の400mA同期整流式降圧レギュレータ、1個の1A昇降圧レギュレータ、4mm×5mm QFN28パッケージ
LTC3557/ LTC3557-1	リチウムイオン/ポリマー・チャージャとトリプル同期整流式コンバータを搭載したUSBパワーマネージャ	完全な多機能ASSP:リニア・パワーマネージャおよび3個の降圧レギュレータ、ACアダプタの入力から最大1.5Aにプログラム可能な充電電流、サーマル・レギュレーション、同期整流式降圧の効率:>95%、ADJ出力:400mA/400mA/600mAで0.8V~3.6V、Bat-Track適応型出力制御、200mΩの理想ダイオード、4mm×4mm QFN28パッケージ、「-1」バージョンのフロート電圧は4.1V。
LTC3566	リチウムイオン/ポリマー・チャージャ、1A昇降圧コンバータおよびLDOを搭載したスイッチングUSBパワーマネージャ	多機能PMIC:スイッチ・モード・パワーマネージャおよび1A昇降圧レギュレータ+LDO、最大1.5Aにプログラム可能なACアダプタ入力からの充電電流、サーマル・レギュレーション同期整流式昇降圧コンバータの効率:>95%、ADJ出力:1Aで最低0.8V、Bat-Track適応型出力制御、180mΩの理想ダイオード、4mm×4mm QFN24パッケージ
LTC3567	リチウムイオン/ポリマー・チャージャ、1A昇降圧コンバータ、LDO、およびI <sup>2</sup> Cインタフェースを搭載したスイッチングUSBパワーマネージャ	多機能PMIC:スイッチ・モード・パワーマネージャおよび1A昇降圧+LDO、I <sup>2</sup> Cインタフェース、最大1.5Aにプログラム可能なACアダプタ入力からの充電電流、サーマル・レギュレーション同期整流式昇降圧コンバータの効率:>95%、ADJ出力:1Aで最低0.8V、Bat-Track適応型出力制御、180mΩの理想ダイオード、4mm×4mm QFN24パッケージ
LTC3577/ LTC3577-1	携帯機器/ナビゲーション向け高集積PMIC	完全な多機能PMIC:リニア・パワーマネージャおよび3個の降圧レギュレータ、ACアダプタの入力から最大1.5Aにプログラム可能な充電電流、サーマル・レギュレーション、同期整流式降圧コンバータの効率:>95%、ADJ出力:800mA/500mA/500mAで0.8V~3.6V、プッシュボタン・コントロール、I <sup>2</sup> Cインタフェース、2個の150mA LDO、過電圧保護Bat-Track適応型出力制御、200mΩの理想ダイオード、4mm×7mm QFN44パッケージ、「-1」バージョンのフロート電圧は4.1V。
LTC4085/ LTC4085-1	理想ダイオード・コントローラとリチウムイオン・チャージャ付きUSBパワーマネージャ	1セル・リチウムイオン・バッテリーをUSBポートから直接充電、サーマル・レギュレーション、200mΩの理想ダイオード(<50mΩのオプション付き)、4mm×3mm QFN14パッケージ、「-1」バージョンのフロート電圧は4.1V
LTC4088	高効率USBパワーマネージャおよびバッテリー・チャージャ	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、充電電流:最大1.5A、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA「常時オン」LDO、4mm×3mm DFN14パッケージ
LTC4088-1	高効率USBパワーマネージャおよび安定化された出力電圧のバッテリー・チャージャ	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、充電電流:最大1.5A、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、自動充電電流削減により3.6V最小電圧を維持、全ロジック入力が接地されるとバッテリー・チャージャがディスエーブル、3mm×4mm DFN14パッケージ
LTC4088-2	高効率USBパワーマネージャおよび安定化された出力電圧のバッテリー・チャージャ	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、充電電流:最大1.5A、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、自動充電電流削減により3.6V最小電圧を維持、3mm×4mm DFN14パッケージ
LTC4098	OVP付きUSB互換スイッチ・モード・パワーマネージャ	高いV <sub>IN</sub> :38V動作、60V過渡、66VのOVP、USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、「瞬時オン」動作、ACアダプタからの充電電流:最大1.5A、USBからの充電電流:600mA、<50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、3mm×4mm超細型QFN20パッケージ

Hot Swapはリニアテクノロジー社の商標です。

357734fb

**52 リニアテクノロジー株式会社**

〒102-0094 東京都千代田区紀尾井町3-6紀尾井町パークビル8F  
TEL 03-5226-7291・FAX 03-5226-0268・www.linear-tech.co.jp

LT 1209 REV B • PRINTED IN JAPAN

**LINEAR**  
TECHNOLOGY  
© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2009