

# USB On-The-Goおよび 過電圧保護付き スイッチング・パワーマネージャ

## 特長

- 双方向スイッチング・レギュレータにより、USBポートからの制限された電力を最適利用し、USB On-The-Go向けに5V出力を供給
- 過電圧保護による損傷防止
- 内蔵の180mΩ理想ダイオードとオプションの外付け理想ダイオード・コントローラが、入力電源の制限時や使用不可時に低損失パワーパスをシームレスに提供
- バッテリー消費時の瞬時オン動作
- フル機能のリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャ
- Bat-Track™適応出力制御による効率的な充電
- 入力電流制限: 1.2A(最大)
- 熱制限付き充電電流: 1.2A(最大)
- バッテリー・フロート電圧: 4.2V(LTC4160)、4.1V(LTC4160-1)
- 低電圧バッテリーから電力供給時の消費電流: 8μA
- 20ピン3mm×4mm×0.75mm QFNパッケージ

## アプリケーション

- メディア・プレーヤおよびパーソナル・ナビゲーション機器
- デジタル・カメラ、PDA、スマートフォン

## 概要

LTC®4160/LTC4160-1は、高効率パワーマネジメントおよびリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャICです。これらのデバイスはどちらも、自動的に負荷を優先する双方向スイッチングPowerPath™コントローラ、バッテリー・チャージャ、理想ダイオードを搭載しています。

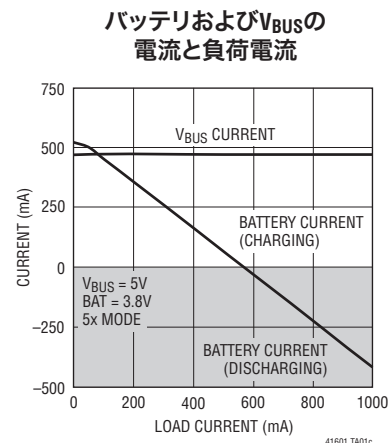
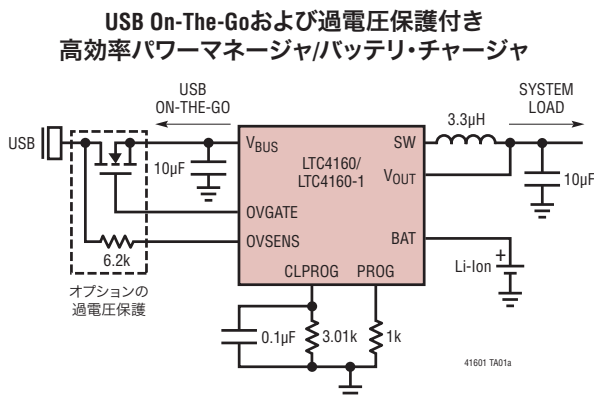
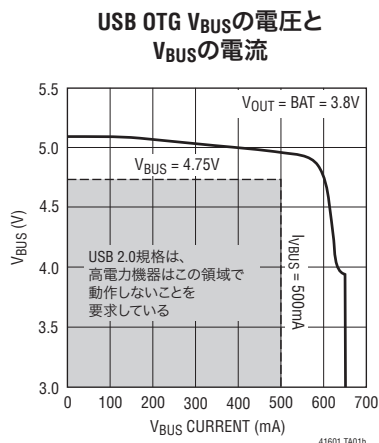
LTC4160/LTC4160-1の双方向スイッチング・レギュレータは、損失と発熱を最小限に抑えながら、USBポートから得られる電力の大部分を負荷に送ります。このため、小スペースでの熱制約が緩和されます。これらのデバイスは、USBとの互換性をもたせるための高精度な入力電流制限、効率的な充電を行うためのBat-Track出力制御を特長としています。さらに、USB On-The-Goアプリケーション向けに5V/500mAを発生することも可能です。

過電圧回路により、1個の外付けNチャネルMOSFETと1本の抵抗を使用するだけで、USB/ACアダプタ入力の高電圧による損傷からLTC4160/LTC4160-1を保護します。

LTC4160/LTC4160-1は3mm×4mm×0.75mm QFN表面実装パッケージで供給されます。

LT、LTC、LTM、Linear Technology、Burst ModeおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。PowerPathとBat-Track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、6404251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



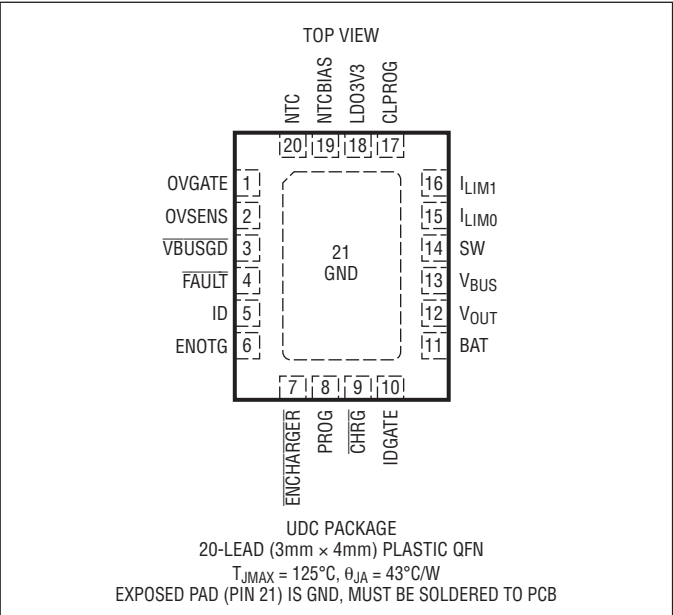
# LTC4160/LTC4160-I

## 絶対最大定格

(Notes 1, 2, 3)

$V_{BUS}$  (トランジェント)  $t < 1\text{ms}$ ,  
デューティ・サイクル  $< 1\%$  .....  $-0.3\text{V} \sim 7\text{V}$   
 $V_{BUS}$  (スタチック)、BAT、 $V_{OUT}$ 、NTC、ENOTG、ID、  
ENCHARGER、 $V_{BUSGD}$ 、FAULT、CHRG .....  $-0.3\text{V} \sim 6\text{V}$   
 $I_{LIM0}$ 、 $I_{LIM1}$  .....  $-0.3\text{V} \sim \text{Max}(V_{BUS}, V_{OUT}, \text{BAT}) + 0.3\text{V}$   
 $I_{OVSNS}$  .....  $10\text{mA}$   
 $I_{CLPROG}$  .....  $3\text{mA}$   
 $I_{CHRG}$ 、 $I_{VBUSGD}$ 、 $I_{FAULT}$  .....  $50\text{mA}$   
 $I_{PROG}$  .....  $2\text{mA}$   
 $I_{LD03V3}$  .....  $30\text{mA}$   
 $I_{SW}$ 、 $I_{BAT}$ 、 $I_{VOUT}$ 、 $I_{VBUS}$  .....  $2\text{A}$   
動作温度範囲 .....  $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$   
最大接合部温度 .....  $125^\circ\text{C}$   
保存温度範囲 .....  $-65^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$

## 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
LTC4160EUDC#PBF	LTC4160EUDC#TRPBF	LFXY	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic QFN	$-40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$
LTC4160EUDC-1#PBF	LTC4160EUDC-1#TRPBF	LFXZ	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic QFN	$-40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$
LTC4160EPDC#PBF	LTC4160EPDC#TRPBF	FDRT	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UTQFN	$-40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ (廃品)
LTC4160EPDC-1#PBF	LTC4160EPDC-1#TRPBF	FDST	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UTQFN	$-40^\circ\text{C}$ to $85^\circ\text{C}$ (廃品)

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。

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は  $T_A = 25^\circ\text{C}$  での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{BUS} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{CLPROG} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
PowerPathスイッチング・レギュレータ - 降圧モード						
$V_{BUS}$	Input Supply Voltage		4.35		5.5	V
$I_{BUS(LIM)}$	Total Input Current	1x Mode 5x Mode 10x Mode Suspend Mode	● 82 ● 440 ● 900 ● 0.32	90 480 955 0.43	100 500 1000 0.5	mA mA mA mA
$I_{VBUSQ}$ (Note 4)	Input Quiescent Current	1x Mode 5x, 10x Modes Suspend Mode		7 20 0.050		mA mA mA
$h_{CLPROG}$ (Note 4)	Ratio of Measured $V_{BUS}$ Current to $CL_{PROG}$ Program Current	1x Mode 5x Mode 10x Mode Suspend Mode		211 1170 2377 9.6		mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA

41601fa

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値 (Note 2)。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$I_{\text{VOUT(PowerPath)}}$	$V_{\text{OUT}}$ Current Available Before Discharging Battery	1x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 5x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 10x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ Suspend Mode	0.26	121 667 1217 0.34	0.43	mA mA mA mA
$V_{\text{CLPROG}}$	CLPROG Servo Voltage in Current Limit	Switching Modes Suspend Mode		1.183 100		V mV
$V_{\text{UVLO}}$	$V_{\text{BUS}}$ Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold	3.95	4.3 4	4.35	V V
$V_{\text{DUVLO}}$	$V_{\text{BUS}}$ To BAT Differential Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold		200 50		mV mV
$V_{\text{OUT}}$	$V_{\text{OUT}}$ Voltage	1x, 5x, 10x Modes, $0\text{V} < \text{BAT} \leq 4.2\text{V}$ , $I_{\text{VOUT}} = 0\text{mA}$ , Battery Charger Off USB Suspend Mode, $I_{\text{VOUT}} = 250\mu\text{A}$	3.5 4.5	$\text{BAT} + 0.3$ 4.6	4.7 4.7	V V
$f_{\text{OSC}}$	Switching Frequency		1.8	2.25	2.7	MHz
$R_{\text{PMOS\_POWERPATH}}$	PMOS On-Resistance			0.18		$\Omega$
$R_{\text{NMOS\_POWERPATH}}$	NMOS On-Resistance			0.3		$\Omega$
$I_{\text{PEAK\_POWERPATH}}$	Peak Inductor Current Clamp	1x Mode (Note 5) 5x Mode (Note 5) 10x Mode (Note 5)		1 1.6 3		A A A
$R_{\text{SUSP}}$	Suspend LDO Output Resistance	Closed Loop		10		$\Omega$

## PowerPathスイッチング・レギュレータ - 昇圧モード (USB On-The-Go)

$V_{\text{BUS}}$	Output Voltage	$0 \leq I_{\text{VBUS}} \leq 500\text{mA}$ , $V_{\text{OUT}} > 3.2\text{V}$		4.75	5.25	V
$V_{\text{OUT}}$	Input Voltage			2.9	4.2	V
$I_{\text{VBUS}}$	Output Current Limit	●	550	680		mA
$I_{\text{PEAK}}$	Peak Inductor Current Limit	(Note 5)		1.8		A
$I_{\text{OTGQ}}$	$V_{\text{OUT}}$ Quiescent Current	$V_{\text{OUT}} = 3.8\text{V}$ , $I_{\text{VBUS}} = 0\text{mA}$ (Note 6)		1.6		mA
$V_{\text{CLPROG}}$	Output Current Limit Servo Voltage			1.15		V
$V_{\text{OUTUVLO}}$	$V_{\text{OUT}}$ UVLO – $V_{\text{OUT}}$ Falling $V_{\text{OUT}}$ UVLO – $V_{\text{OUT}}$ Rising		2.5	2.6 2.8	2.9	V V
$t_{\text{SCFAULT}}$	Short Circuit Fault Delay	PMOS Switch Off		7.2		ms

## 過電圧保護

$V_{\text{OVCUTOFF}}$	Overvoltage Protection Threshold	With 6.2k Series Resistor		6.1	6.42	6.7	V
$V_{\text{OVGATE}}$	OVGATE Output Voltage	$V_{\text{OVSENS}} < V_{\text{OVCUTOFF}}$ $V_{\text{OVSENS}} > V_{\text{OVCUTOFF}}$		$1.88 \cdot V_{\text{OVSENS}}$ 0		12	V V
$t_{\text{RISE}}$	OVGATE Time To Reach Regulation	OVGATE $C_{\text{LOAD}} = 1\text{nF}$		1.25			ms

## バッテリー・チャージャ

$V_{\text{FLOAT}}$	BAT Regulated Output Voltage	LTC4160	●	4.179 4.165	4.2 4.2	4.221 4.235	V V
		LTC4160-1	●	4.079 4.065	4.1 4.1	4.121 4.135	V V
$I_{\text{CHG}}$	Constant Current Mode Charger Current	$R_{\text{PROG}} = 845\Omega$ , 10x Mode $R_{\text{CLPROG}} \leq 2.49\text{k}$ $R_{\text{PROG}} = 5\text{k}$ , 5x or 10x Mode		1120 185	1219 206	1320 223	mA mA
$I_{\text{BAT}}$	Battery Drain Current	$V_{\text{BUS}} > V_{\text{UVLO}}$ , Suspend Mode, $I_{\text{VOUT}} = 0\mu\text{A}$			3.8	6	$\mu\text{A}$
		$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ , $I_{\text{VOUT}} = 0\mu\text{A}$ (Ideal Diode Mode)			8	12	$\mu\text{A}$

# LTC4160/LTC4160-1

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値(Notes 2)。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{PROG}}$	PROG Pin Servo Voltage			1		V
$V_{\text{PROG\_TRKL}}$	PROG Pin Servo Voltage in Trickle Charge	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$		0.1		V
$V_{\text{C/10}}$	C/10 Threshold Voltage at PROG			100		mV
$h_{\text{PROG}}$	Ratio of $I_{\text{BAT}}$ to PROG Pin Current			1030		mA/mA
$I_{\text{TRKL}}$	Trickle Charge Current	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$		100		mA
$V_{\text{TRKL}}$	Trickle Charge Threshold Voltage	BAT Rising	2.7	2.85	3	V
$\Delta V_{\text{TRKL}}$	Trickle Charge Hysteresis Voltage			135		mV
$\Delta V_{\text{RECHRG}}$	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 $V_{\text{BAT}} = V_{\text{FLOAT}}$	3.9	4.3	5.4	Hour
$t_{\text{BADBAT}}$	Bad Battery Termination Time	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$	0.4	0.5	0.6	Hour
$h_{\text{C/10}}$	End of Charge Current Ratio	(Note 7)	0.085	0.1	0.115	mA/mA
$R_{\text{ON\_CHG}}$	Battery Charger Power FET On-Resistance (Between $V_{\text{OUT}}$ and BAT)			0.18		$\Omega$
$T_{\text{LIM}}$	Junction Temperature in Constant Temperature Mode			110		$^\circ\text{C}$

## NTC

$V_{\text{COLD}}$	Cold Temperature Fault Threshold Voltage	Rising Threshold Hysteresis	75	76.5 1.5	78	%NTCBIAS %NTCBIAS
$V_{\text{HOT}}$	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	33.4	34.9 1.8	36.4	%NTCBIAS %NTCBIAS
$V_{\text{DIS}}$	NTC Disable Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	0.7	1.7 50	2.7	%NTCBIAS mV
$I_{\text{NTC}}$	NTC Leakage Current	NTC = NTCBIAS = 5V	-50		50	nA

## 理想ダイオード

$V_{\text{FWD}}$	Forward Voltage Detection	$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ , $I_{\text{VOUT}} = 10\text{mA}$ $I_{\text{VOUT}} = 10\text{mA}$		2 15		mV mV
$R_{\text{DROPOUT}}$	Internal Diode On-Resistance, Dropout	$I_{\text{VOUT}} = 200\text{mA}$		0.18		$\Omega$
$I_{\text{MAX\_DIODE}}$	Diode Current Limit		2			A

## 常時オン3.3V LDO電源

$V_{\text{LDO3V3}}$	Regulated Output Voltage	$0\text{mA} < I_{\text{LDO3V3}} < 20\text{mA}$	3.1	3.3	3.5	V
$R_{\text{CL\_LDO3V3}}$	Closed-Loop Output Resistance			2.7		$\Omega$
$R_{\text{OL\_LDO3V3}}$	Dropout Output Resistance			23		$\Omega$

## ロジック ( $I_{\text{LIM0}}$ 、 $I_{\text{LIM1}}$ 、ID、ENOTG、ENCHARGER)

$V_{\text{IL}}$	Logic Low Input Voltage				0.4	V
$V_{\text{IH}}$	Logic High Input Voltage		1.2			V
$I_{\text{PD1}}$	$I_{\text{LIM0}}$ , $I_{\text{LIM1}}$ , ENOTG, ENCHARGER Pull-Down Current			1.8		$\mu\text{A}$
$I_{\text{PU1}}$	ID Pull-Up Current			2.5		$\mu\text{A}$

## 状態出力 (CHRG、VBUSGD、FAULT)

$V_{\text{VBUSGD}}$	Output Low Voltage	$I_{\text{VBUSGD}} = 5\text{mA}$ , $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$		65	100	mV
$V_{\text{CHRG}}$ , $V_{\text{FAULT}}$	Output Low Voltage	$I_{\text{CHRG}} = I_{\text{FAULT}} = 5\text{mA}$ , $V_{\text{OUT}} = 3.8\text{V}$		100	150	mV
$I_{\text{CHRG}}$ , $I_{\text{VBUSGD}}$ , $I_{\text{FAULT}}$	Leakage Current	$V_{\text{CHRG}} = V_{\text{VBUSGD}} = V_{\text{FAULT}} = 5\text{V}$			1	$\mu\text{A}$

## 電気的特性

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

**Note 2:** LTC4160E/LTC4160E-1は0°C~85°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°C~85°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:** LTC4160E/LTC4160E-1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125°Cを超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なうおそれがある。

**Note 4:** 合計入力電流は、消費電流、 $I_{V_{BUSQ}}$ 、および  $V_{CLPROG}/R_{CLPROG} \cdot (h_{CLPROG} + 1)$  で与えられる測定電流の和である。

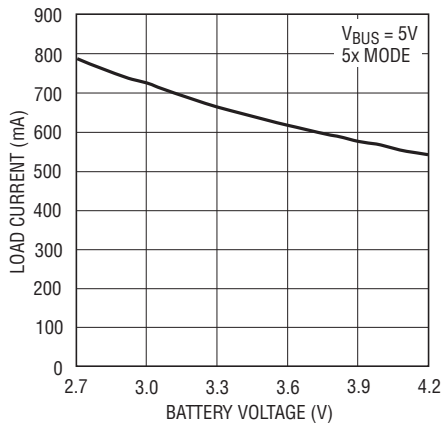
**Note 5:** このデバイスの電流制限機能は、ICを短時間の、または間欠的なフォールト状態に対して保護することを目的としている。規定された最大ピン電流定格を超えた動作が継続するとデバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

**Note 6:** 双方向スイッチの消費電流は  $V_{BUS}$  にブートストラップされ、アプリケーションでは  $(V_{BUS}/V_{OUT}) \cdot 1/\text{効率}$  だけ  $V_{OUT}$  に反射する。全消費電流は  $V_{OUT}$  ピンへの電流と反射された電流の和である。

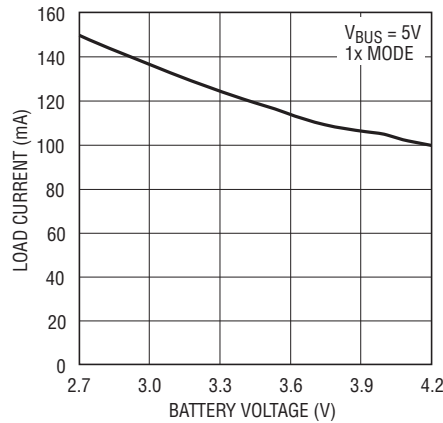
**Note 7:**  $h_{C/10}$  は、示されているPROG抵抗を使って測定された最大充電電流に対する割合として表わされる。

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

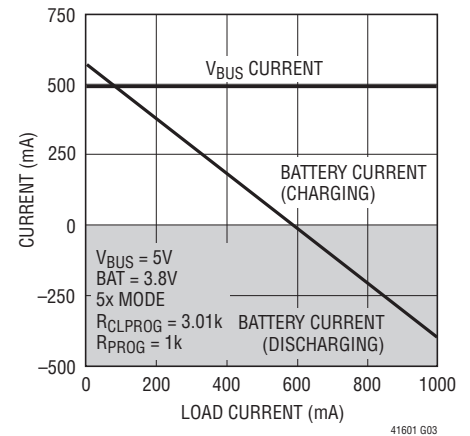
USBで制限された負荷電流とバッテリー電圧  
(バッテリー・チャージャはディスエーブル)



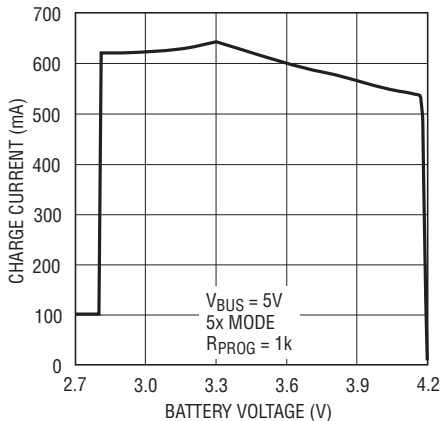
USBで制限された負荷電流とバッテリー電圧  
(バッテリー・チャージャはディスエーブル)



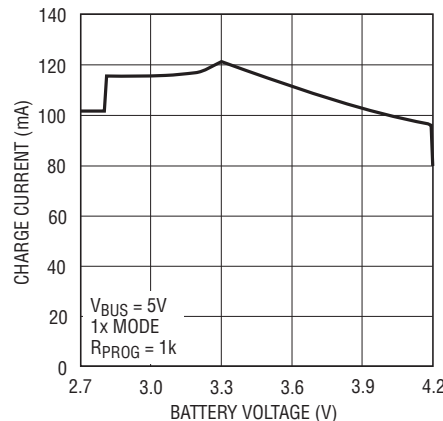
バッテリーおよびV<sub>BUS</sub>の  
電流と負荷電流



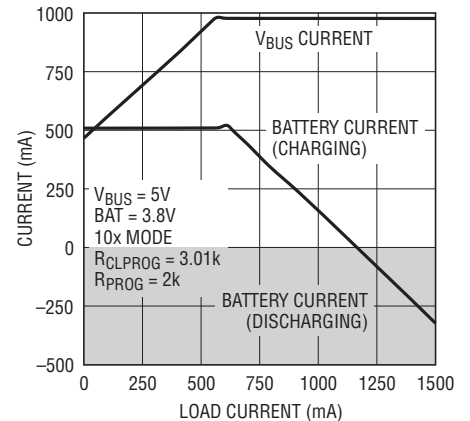
USBで制限された  
バッテリー充電電流とバッテリー電圧



USBで制限された  
バッテリー充電電流とバッテリー電圧



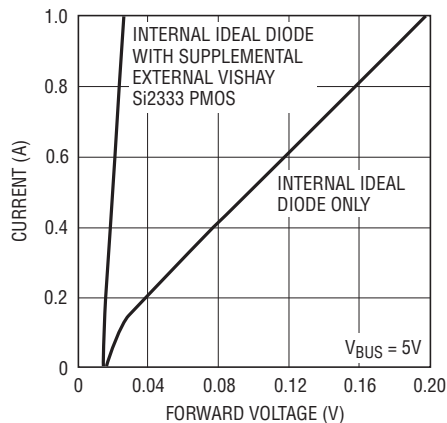
バッテリーおよびV<sub>BUS</sub>の  
電流と負荷電流



# LTC4160/LTC4160-I

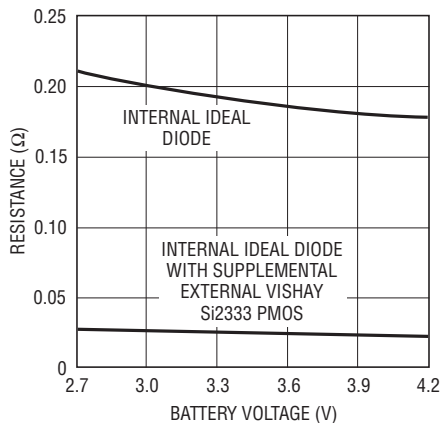
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

理想ダイオードのV-I特性



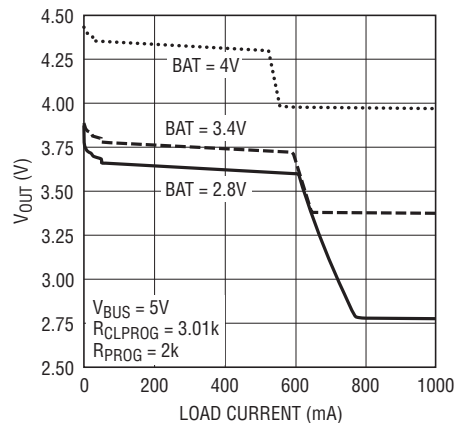
41601 G07

理想ダイオードの抵抗と  
バッテリー電圧



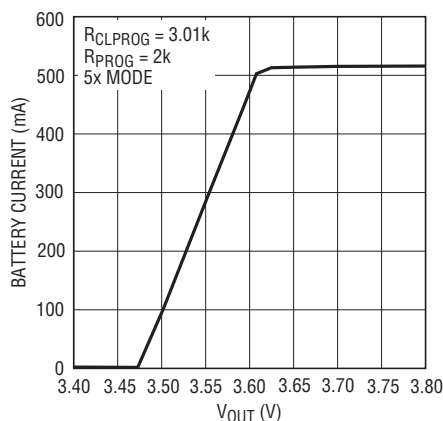
41601 G08

$V_{OUT}$ 電圧と負荷電流  
(バッテリー・チャージャは  
ディスエーブル)



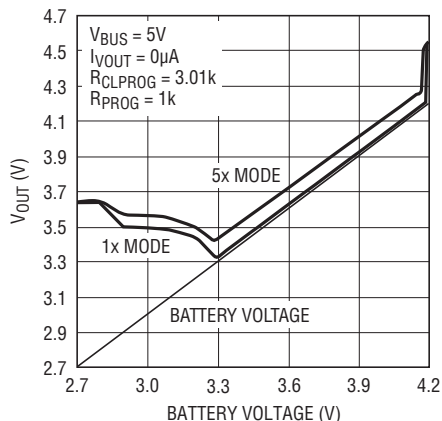
41601 G09

バッテリー充電電流と $V_{OUT}$ 電圧



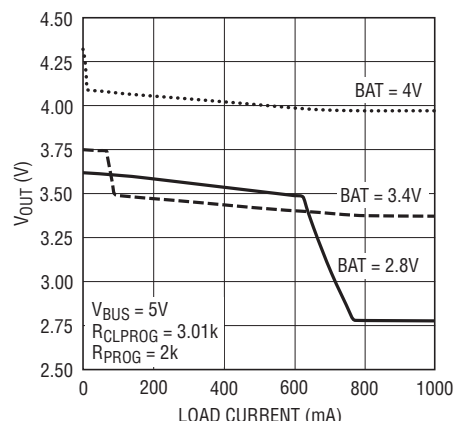
41601 G10

$V_{OUT}$ 電圧とバッテリー電流  
(バッテリー・チャージャは  
オーバープログラムされている)



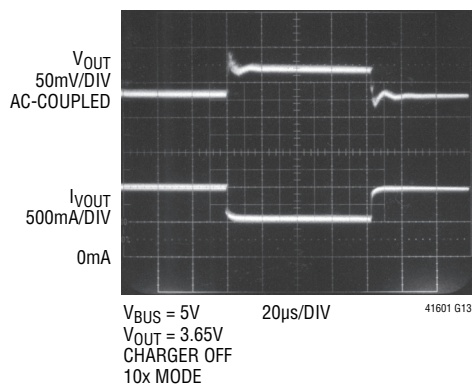
41601 G11

$V_{OUT}$ 電圧と負荷電流  
(バッテリー・チャージャはイネーブル)



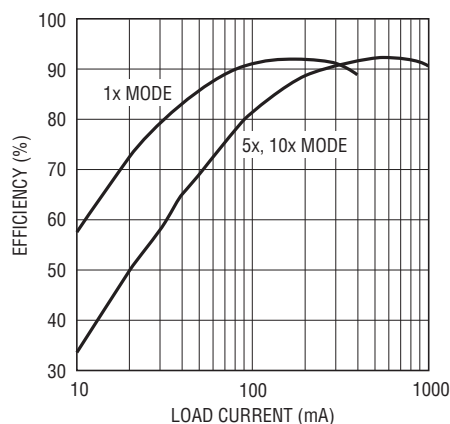
41601 G12

PowerPathスイッチング・  
レギュレータの過渡応答



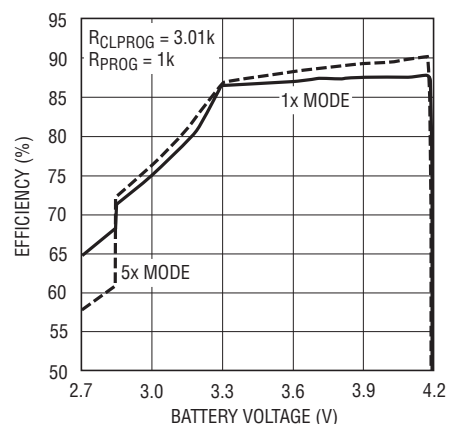
41601 G13

PowerPathスイッチング・  
レギュレータの効率と負荷電流



41601 G14

外部負荷なしのバッテリー充電効率と  
バッテリー電圧 ( $P_{BAT}/P_{V_{BUS}}$ )

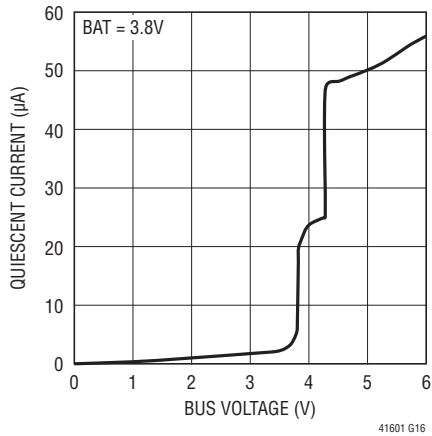


41601 G15

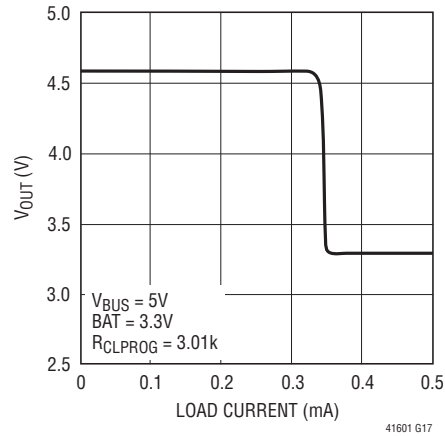
41601fa

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

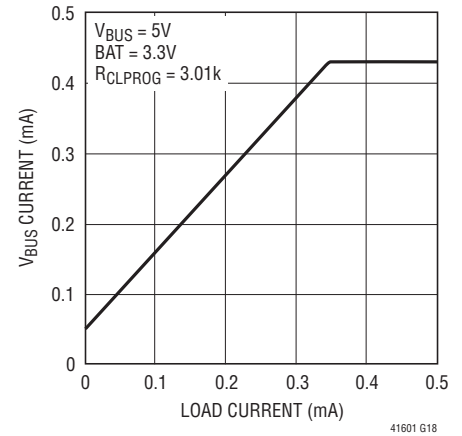
$V_{\text{BUS}}$ 消費電流と $V_{\text{BUS}}$ 電圧  
(一時停止)



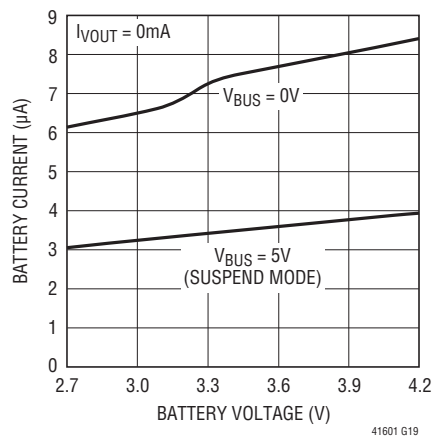
一時停止時の $V_{\text{OUT}}$ 電圧と  
負荷電流



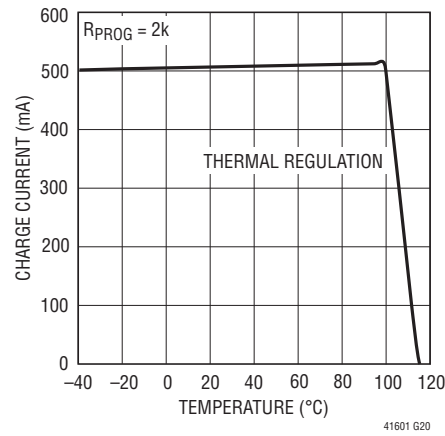
一時停止時の $V_{\text{BUS}}$ 電流と  
負荷電流



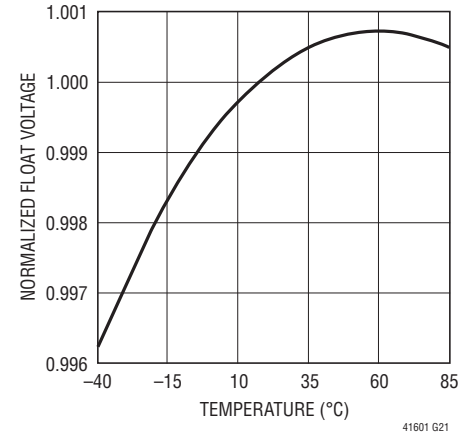
バッテリーの流出電流と  
バッテリー電圧



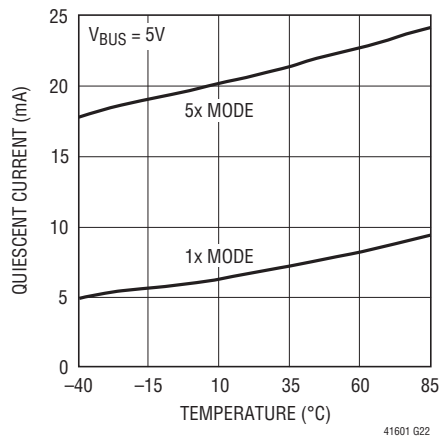
バッテリー充電電流と温度



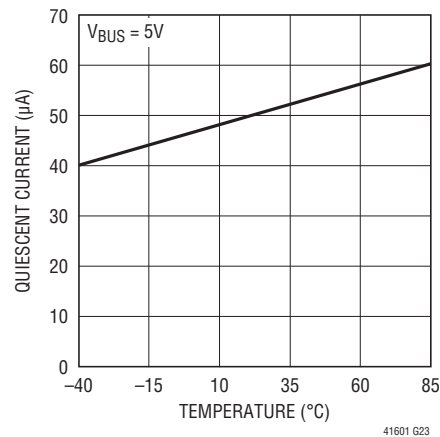
正規化されたバッテリー・チャージャの  
フロート電圧と温度



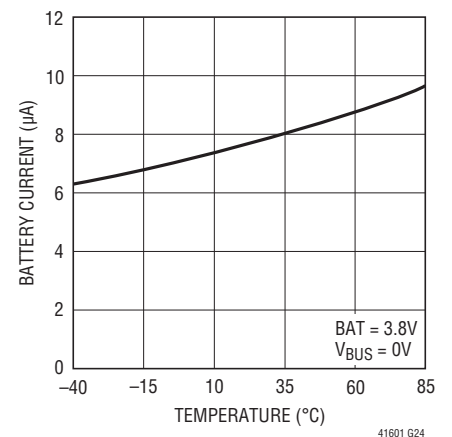
$V_{\text{BUS}}$ 消費電流と温度



一時停止時の $V_{\text{BUS}}$ 消費電流と  
温度



バッテリーの流出電流と温度

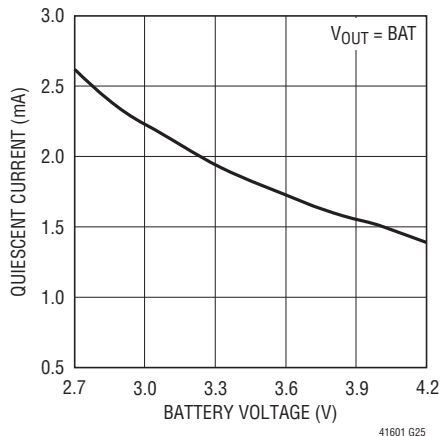




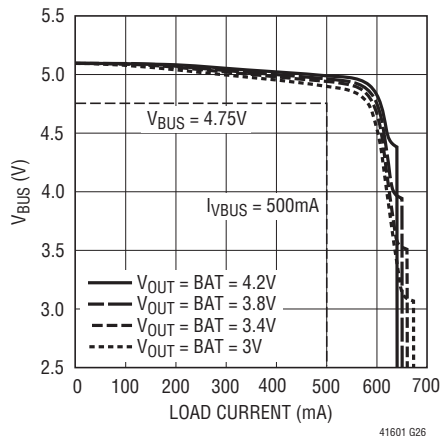
# LTC4160/LTC4160-I

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

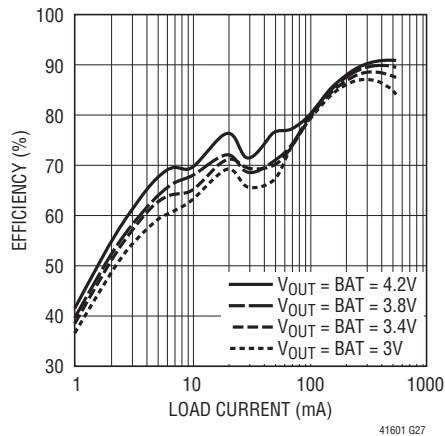
OTG昇圧の消費電流と  
バッテリー電圧



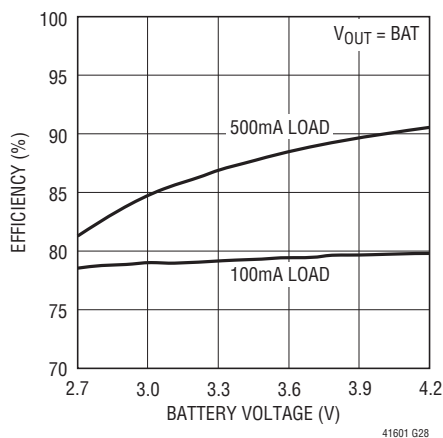
OTG昇圧の $V_{BUS}$ 電圧と負荷電流



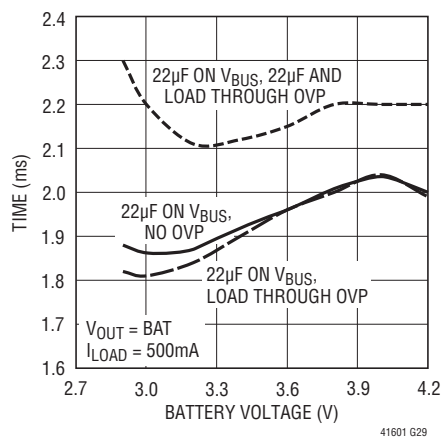
OTG昇圧の効率と負荷電流



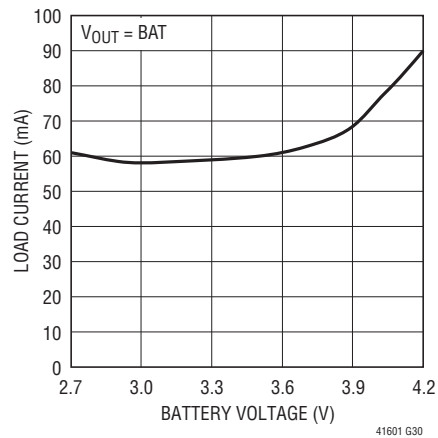
OTG昇圧の効率とバッテリー電圧



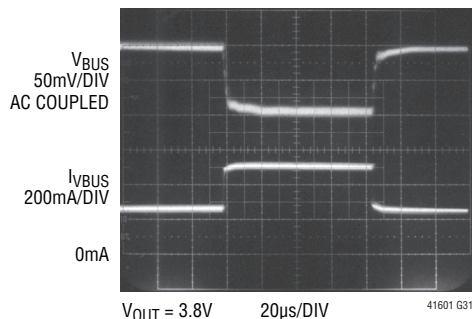
OTG昇圧の電流源負荷での  
起動時間とバッテリー電圧



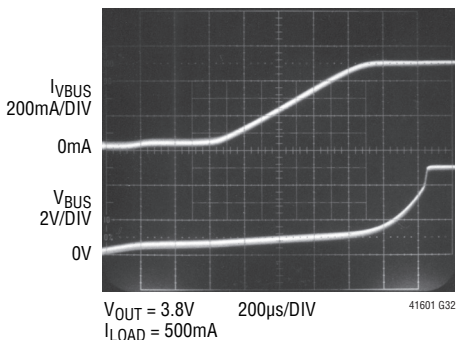
OTG昇圧のBurst Mode電流  
スレッシュホールドとバッテリー電圧



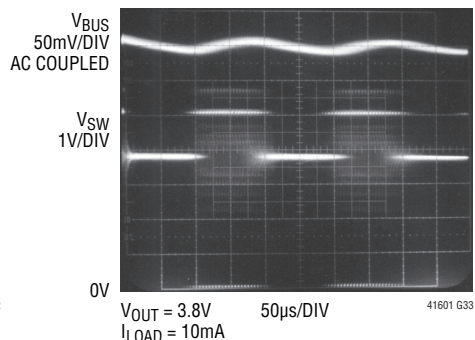
OTG昇圧の過渡応答



OTG昇圧の電流源負荷での  
起動とバッテリー電圧



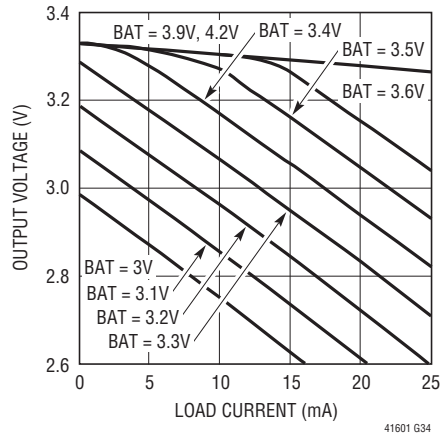
OTG昇圧のBurst Mode動作



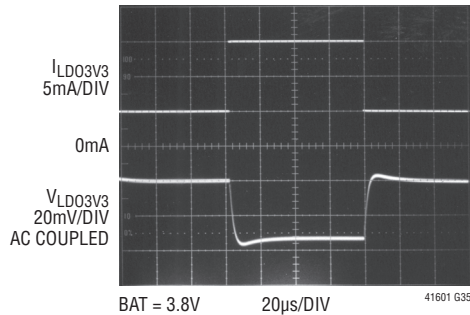


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

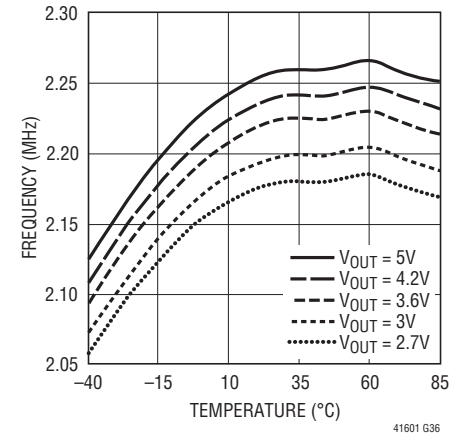
3.3V LDOの出力電圧と負荷電流  
( $V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$ )



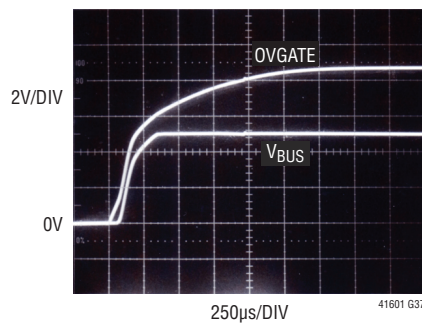
3.3V LDOのステップ応答  
(5mAから15mA)



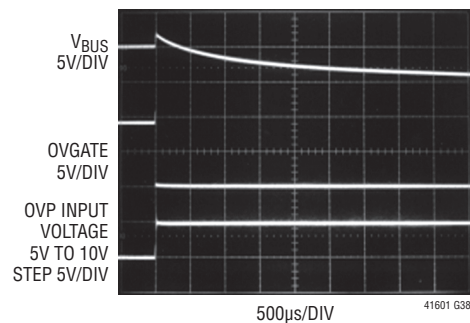
発振器周波数と温度



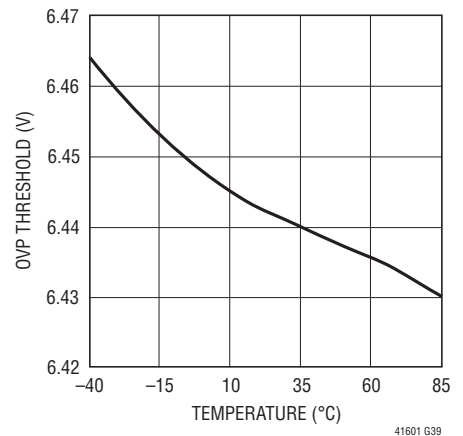
OVP接続時の波形



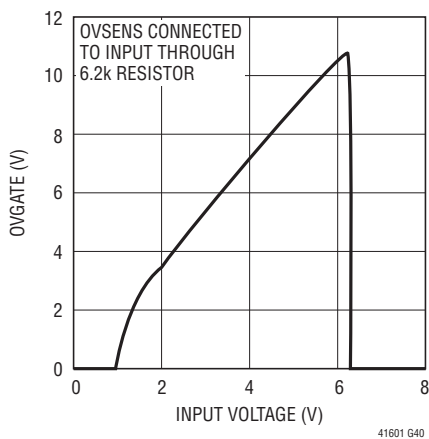
OVP切断時の波形



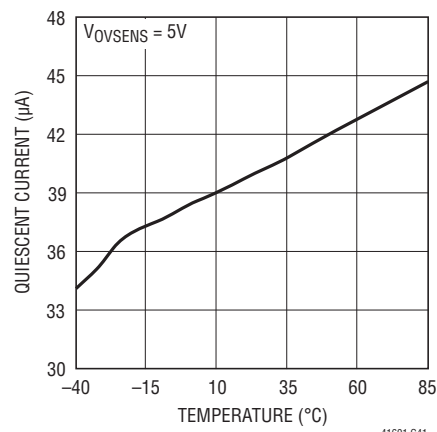
上昇時OVPスレッシュホールドと温度



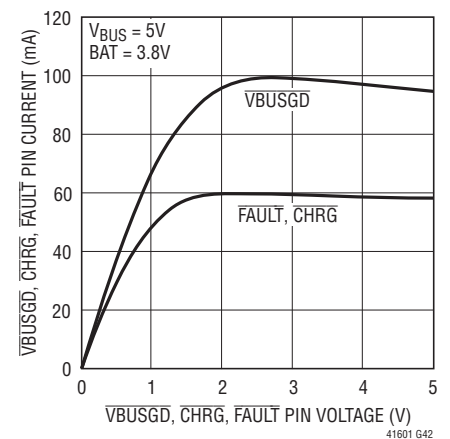
OV GATEとOV SENS



OV SENS消費電流と温度



$\overline{\text{VBUSGD}}$ 、 $\overline{\text{CHRG}}$ 、 $\overline{\text{FAULT}}$ ピンの  
電流と電圧(プルダウン状態)



## ピン機能

**OVGATE (ピン1):** 過電圧保護ゲート出力。OVGATEは外部NチャネルMOSFETのゲート・ピンに接続します。トランジスタのソースをV<sub>BUS</sub>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MOSFET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は直ちにGNDに引き下げられ、LTC4160/LTC4160-1へのダメージを防ぎます。OVGATEはOVSENSと連携して動作し、この保護を与えます。

**OVSENS (ピン2):** 過電圧保護検出入力。OVSENS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MOSFETのドレインに接続します。このピンの電圧がV<sub>OVCUTOFF</sub>を超えると、OVGATEピンがGNDに引き下げられ、MOSFETをディスエーブルし、LTC4160/LTC4160-1を保護します。OVSENSピンは、ピン電圧を6Vに保つため、過電圧過渡の間電流をシャントします。

**VBUSGD (ピン3):** ロジック出力。これはオープン・ドレイン出力で、V<sub>BUS</sub>がV<sub>UVLO</sub>およびV<sub>DUVLO</sub>より上であることを表示します。表示するにはプルアップ抵抗またはLEDがVBUSGDに必要です。

**FAULT (ピン4):** ロジック出力。これはオープン・ドレイン出力で、チャージャがイネーブルされているとき不良バッテリー・フォールトを表示するか、または双方向PowerPathスイッチング・レギュレータが昇圧モード(On-The-Go)のときV<sub>BUS</sub>の短絡状態を表示します。表示するにはプルアップ抵抗またはLEDがFAULTに必要です。

**ID (ピン5):** ロジック入力。このピンは、USB On-The-Goアプリケーションのために、双方向スイッチング・レギュレータがV<sub>OUT</sub>の電圧を昇圧してV<sub>BUS</sub>ピンに5V出力を与えることを独立に可能にします。ホストがV<sub>BUS</sub>をパワーダウンしないと、このピンをUSBマイクロABリセブタクルのIDピンに直接接続します。アクティブ“L”です。2.5μAの内部プルアップ電流源が備わっています。

**ENOTG (ピン6):** ロジック入力。このピンは、USB On-The-Goアプリケーションのために、双方向スイッチング・レギュレータがV<sub>OUT</sub>の電圧を昇圧してV<sub>BUS</sub>ピンに5V出力を与えることを独立に可能にします。アクティブ“H”です。1.8μAの内部プルダウン電流源が備わっています。

**ENCHARGER (ピン7):** ロジック入力。このピンはバッテリー・チャージャをイネーブルします。アクティブ“L”です。1.8μAの内部プルダウン電流源が備わっています。

**PROG (ピン8):** 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。1%抵抗をPROGからグランドに接続すると充電電流がプログラムされます。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、次式に従って、常に実際の充電電流を表します。

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 1030$$

**HRG (ピン9):** ロジック出力。これはオープン・ドレイン出力で、バッテリーが充電中であるか否かを表示します。表示するにはプルアップ抵抗またはLEDがCHRGに必要です。

**IDGATE (ピン10):** 理想ダイオード・アンプの出力。このピンは、V<sub>OUT</sub>とBATの間の理想ダイオードとして使われる、オプションの外部PチャネルMOSFETのゲートを制御します。外部の理想ダイオードは内部の理想ダイオードと並列に動作します。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。外部理想ダイオードMOSFETを使わない場合、IDGATEはフロートさせたままにします。

**BAT (ピン11):** 1セル・リチウムイオン・バッテリー・ピン。利用可能なV<sub>BUS</sub>電源に依存して、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V<sub>OUT</sub>に電流を供給するか、またはバッテリー・チャージャを介してV<sub>OUT</sub>から充電されます。

**V<sub>OUT</sub> (ピン12):** 降圧モードのPowerPathスイッチング・レギュレータ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。LTC4160/LTC4160-1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電力を超えても、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。On-The-Goモードでは、このピンはSWピンを介してV<sub>BUS</sub>に電力を供給します。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。

## ピン機能

**V<sub>BUS</sub> (ピン13) :** 電力ピン。このピンはUSBポートやDC出力のACアダプタなどのDCソースから制御された電流を引き出して、SWピンを介してV<sub>OUT</sub>へ電力を供給します。On-The-Goモードでは、このピンは外部負荷に電力を供給します。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。

**SW (ピン14) :** SWピンは双方向スイッチング・レギュレータを介してV<sub>BUS</sub>とV<sub>OUT</sub>の間で電力を転送します。インダクタの値と電流定格に関しては、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

**I<sub>LIM0</sub>、I<sub>LIM1</sub> (ピン15、16) :** I<sub>LIM0</sub>とI<sub>LIM1</sub>は、降圧モードの双方向PowerPathスイッチング・レギュレータのV<sub>BUS</sub>入力電流制限を制御します。表1を参照してください。それぞれ1.8μAの内部プルダウン電流源を備えています。

**CLPROG (ピン17) :** USB電流制限のプログラミングとモニター用ピン。CLPROGからグラウンドに接続した1%抵抗によってV<sub>BUS</sub>ピンから引き出される、またはソースされる電流の上限が決まります。双方向PowerPathスイッチング・レギュレータのPMOSスイッチがオンしているとき、V<sub>BUS</sub>電流の精確な一部(hCLPROG)がCLPROGピンに送られます。スイッチング・レギュレータは、CLPROGピンが降圧モードで1.18V、昇圧モードで1.15Vに達するまで電力を供給します。スイッチング・レギュレータが降圧モードのとき、平均入力電流を安定化するのにCLPROGが使われます。ユーザーからの入力によっていくつかのV<sub>BUS</sub>電流制限の設定を利用できます。それらは一般に500mAと100mAのUSB規格に対応します。スイッチング・レギュレータが昇圧モードのとき(USB On-The-Go)、平均出力電流を680mAに制限するのにCLPROGが使われます。フィルタ処理のために、多層セラミック平均化コンデンサまたはRCネットワークがCLPROGに必要です。

**LDO3V3 (ピン18) :** 3.3V LDOの出力ピン。このピンは安定化された常時オン3.3V電源電圧を与えます。LDO3V3はV<sub>OUT</sub>から電力供給を受けます。これはウォッチドッグ・マイクロプロセッサやリアルタイム・クロックなどの軽負荷に使うことができます。1μFのコンデンサがLDO3V3からグラウンドに必要です。LDO3V3出力を使わない場合、V<sub>OUT</sub>に接続してディスエーブルします。

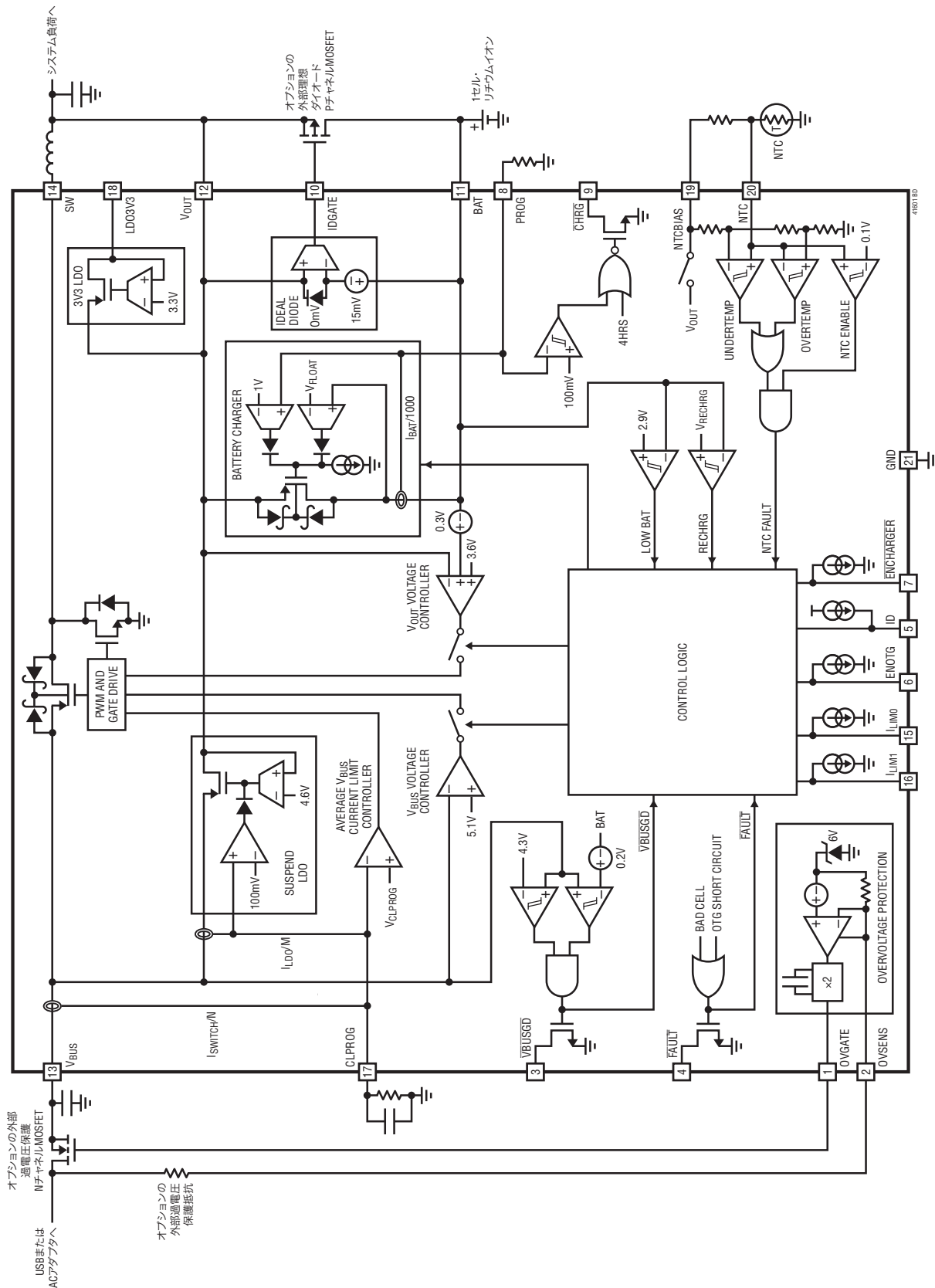
**NTCBIAS (ピン19) :** NTCサーミスタのバイアス出力。NTC動作を望むなら、バイアス抵抗をNTCBIASとNTCの間に接続し、NTCサーミスタをNTCとGNDの間に接続します。NTC動作をディスエーブルするには、NTCをGNDに接続し、NTCBIASはオープンのままにします。

**NTC (ピン20) :** サーミスタ・モニター回路への入力。NTCピンは、一般にバッテリーと一緒にパッケージに収められた負温度係数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、有効範囲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。NTC動作をディスエーブルするには、NTCをGNDに接続し、NTCBIASはオープンのままにします。

**GND (露出パッド・ピン21) :** グラウンド。露出パッドは、LTC4160/LTC4160-1の直下に配置した複数のビアを使って、プリント回路基板の2番目の層の連続したグラウンド・プレーンに接続します。

# LTC4160/LTC4160-1

## ブロック図



41601fa



## 動作

### はじめに

LTC4160/LTC4160-1は高効率双方向スイッチング・パワーマネージャおよびリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャです。電力損失を最小に抑え、熱条件の制約を緩和しながら、利用可能な電力を最適利用するように設計されています。先進的PowerPathアーキテクチャにより、バッテリーが全く動作しなくても、最終製品への電源の優先順位管理により、外部電圧印加後直ちに最終製品のアプリケーションに確実に給電されるようになります。

降圧コンバータとして機能するとき、LTC4160/LTC4160-1の双方向スイッチング・レギュレータは、USB、ACアダプタ、または他の5V電源から電力を取り、最終製品のアプリケーションに電力を供給し、Bat-Trackを使って効率的にバッテリーを充電します。電力が保存されるので、LTC4160/LTC4160-1は、 $V_{OUT}$ の負荷電流がUSBポートによって引き出される電流を超えることを可能にし、許容されるUSB電力をバッテリーの充電に最大限利用します。USBとの互換性のため、スイッチング・レギュレータには高精度平均入力電流制限が備わっています。双方向スイッチング・レギュレータとバッテリー・チャージャは通信を行って、平均入力電流がUSBの規定を決して超えないようにします。

さらに、双方向スイッチング・レギュレータは5V同期整流式昇圧コンバータとしても動作可能で、追加の外部部品を必要とすることなく、 $V_{OUT}$ から電力を取り、最大500mAを $V_{BUS}$ に供給します。これにより、USBデュアル・ロール・トランシーバを備えたシステムは、USB On-The-Goデュアル・ロール機器として機能することができます。真の出力切断と平均出力電流制限機能が短絡保護のために含まれています。

LTC4160/LTC4160-1には、外部PチャネルMOSFETと一緒に使う理想ダイオード・コントローラと内部180m $\Omega$ 理想ダイオードの両方が備わっています。BATから $V_{OUT}$ への理想ダイオードが、 $V_{BUS}$ の電力が足りなくても、または $V_{BUS}$ に電力が無くても、常に十分な電力が $V_{OUT}$ で利用できるよう保証します。

常時オンLDOが $V_{OUT}$ で利用可能な電力から安定化された3.3Vを供給します。消費電流が非常に小さなこのLDOは常にオンしており、最大20mAを供給するのに使うことができます。

LTC4160/LTC4160-1は、外部NチャネルMOSFETと一緒に動作して、高電圧の偶発的印加による入力への損傷を防ぐように設計されている過電圧保護回路も備えています。

最後に、一時停止中のUSBポートにデバイスが接続されているときのバッテリー流出を防ぐため、 $V_{BUS}$ から $V_{OUT}$ に接続されたLDOが低電力USB一時停止電流を最終製品アプリケーションに供給します。

### 双方向PowerPathスイッチング・レギュレータ - 降圧モード

$V_{BUS}$ から $V_{OUT}$ に供給される電力は、降圧モードの2.25MHz固定周波数双方向スイッチング・レギュレータによって制御されます。 $V_{OUT}$ は外部負荷とバッテリー・チャージャの組合せをドライブします。USBの最大負荷仕様を満たすため、スイッチング・レギュレータには、平均入力電流がCLPROGでプログラムされているレベルより下になるようにする、測定および制御システムが備わっています。

合計負荷によってスイッチング・レギュレータがプログラムされた入力電流制限を超えることがなければ、 $V_{OUT}$ はバッテリー電圧の約0.3V上をトラッキングします。バッテリー・チャージャ両端の電圧をこの低いレベルに保つことにより、バッテリー・チャージャで失われる電力が最小に抑えられます。降圧モードの電力の流れを図1に示します。

スイッチング・レギュレータがプログラムされた入力電流リミットに達するほど外部負荷とバッテリー充電電流の合計が十分大きいと、外部負荷を満たすのにちょうど必要な量だけバッテリー・チャージャが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、USBの平均入力電流の規定には違反しません。バッテリー・チャージャは必要に応じてその電流を減らします。さらに、 $V_{OUT}$ の負荷電流が $V_{BUS}$ からのプログラムされた電力を超えると、バッテリー・チャージャがイネーブルされているときでも、負荷電流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。

CLPROGからの電流は $V_{BUS}$ 電流の精確な一部です。プログラミング抵抗と平均化コンデンサがCLPROGからGNDに接続されていると、CLPROGの電圧はスイッチング・レギュレータの平均入力電流を表します。入力電流がプログラムされたり

## 動作

ミットに近づくと、CLPROGが1.18Vに達して、スイッチング・レギュレータが供給する電力は一定に保たれます。

入力電流制限は $I_{LIM0}$ ピンと $I_{LIM1}$ ピンによってプログラムされます。入力電流制限には、USB一時停止リミットの500 $\mu$ AからACアダプタ・アプリケーションの1Aまでの範囲に、4つの可能な設定があります。これらの設定のうちの2つは、100mAと500mAのUSBアプリケーションに使うことが特に意図されています。 $I_{LIM0}$ と $I_{LIM1}$ を使った電流制限の設定については、表1を参照してください。

表1.  $I_{LIM0}$ と $I_{LIM1}$ を使ったUSB電流制限の設定

$I_{LIM1}$	$I_{LIM0}$	USBの設定
0	0	1倍モード (USB 100mAに制限)
0	1	10倍モード (ACアダプタ1Aに制限)
1	0	低電力一時停止 (USB 500 $\mu$ Aに制限)
1	1	5倍モード (USB 500mAに制限)

スイッチング・レギュレータが起動すると、平均入力電流は次式に従ってCLPROGプログラミング抵抗によって制限されます。

$$I_{VBUS} = I_{VBUSQ} + \frac{V_{CLPROG}}{R_{CLPROG}} \cdot (h_{CLPROG} + 1)$$

ここで、 $I_{VBUSQ}$ はLTC4160/LTC4160-1の消費電流、 $V_{CLPROG}$ は電流制限のCLPROGサーボ電圧、 $R_{CLPROG}$ はプログラミング抵抗の値、 $h_{CLPROG}$ はCLPROGに供給されるサンプル電流に対する $V_{BUS}$ で測定される電流の比です。 $h_{CLPROG}$ 、 $V_{CLPROG}$ および $I_{VBUSQ}$ の値については、「電気的特性」の表を参照してください。ワーストケースの回路の許容誤差でも、 $R_{CLPROG}$ が3.01k以上である限り、100mAモードまたは500mAモードでUSBの平均入力電流の規定に違反しません。

電流制限状態でない間、スイッチング・レギュレータのBat-Track機能は $V_{OUT}$ をBATの電圧より約300mV上に設定します。ただし、BATの電圧が3.3Vより下で、負荷要件によってスイッチング・レギュレータがその電流リミットを超えることがなければ、図2に示されているように、 $V_{OUT}$ は固定3.6Vに安定化されます。この瞬時オン動作により、携帯型製品は、電源が入ると、バッテリーが充電されるのを待たずに直ちに動作することができます。負荷が $V_{BUS}$ の電流リミットを超えると、 $V_{OUT}$ は無負荷時電圧とバッテリー電圧のわずかな下の間の(図2の網掛け領域によって示されている)範囲になります。

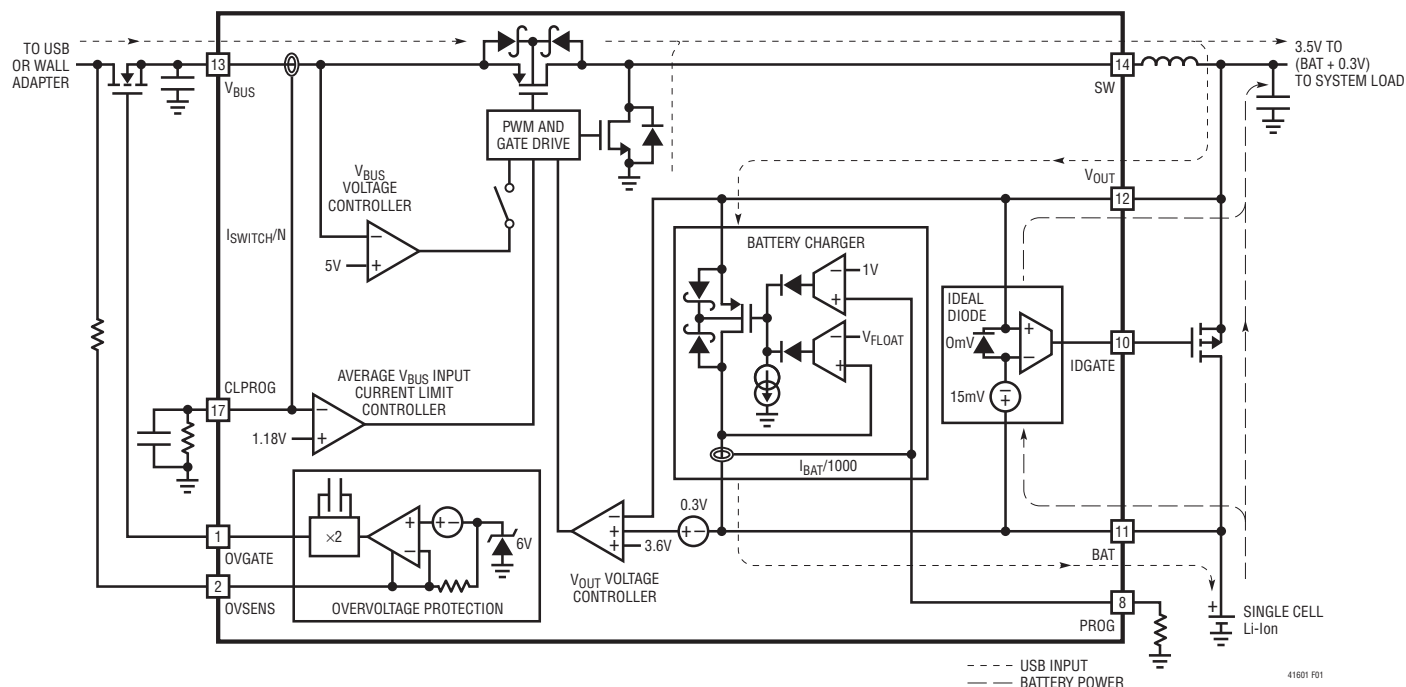


図1. 電力経路のブロック図 – USB/ACアダプタから利用できる電力



## 動作

非常に低いバッテリー電圧の場合、バッテリー・チャージャは負荷のように振る舞い、入力電力が制限されているので、その電流は $V_{OUT}$ を3.6Vの「瞬時オン」電圧より下に引き下げる傾向があります。 $V_{OUT}$ がこのレベルより下に下がるのを防ぐため、低電圧回路が $V_{OUT}$ が下がりつつあることを自動的に検出してバッテリー充電電流を必要に応じて減らします。この減少により、できるだけ多くのバッテリー充電電流を供給しながらも、負荷の電流と電圧が常に優先されることが保証されます。「アプリケーション情報」セクションの「バッテリー・チャージャのオーバープログラミング」を参照してください。

電圧レギュレーションのループ補償は $V_{OUT}$ の容量によって制御されます。ループの安定性に10 $\mu$ Fの多層セラミック・コンデンサが必要です。この値を超えて容量を追加すると過渡応答が改善されます。

内部の低電圧ロックアウト回路は $V_{BUS}$ をモニタし、 $V_{BUS}$ が4.30Vを超えて上昇し、バッテリー電圧より約200mV上に上昇するまでスイッチング・レギュレータをオフ状態に保ちます。両方の条件が満たされると、 $\overline{VBUSGD}$ が“L”になり、スイッチング・レギュレータがオンします。 $V_{BUS}$ が4.00Vより下まで下がると、またはバッテリー電圧の50mV以内にまで下がると、UVLOのヒステリシスにより $\overline{VBUSGD}$ が“H”に強制され、レギュレータがオフします。これが起きると、 $V_{OUT}$ 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。

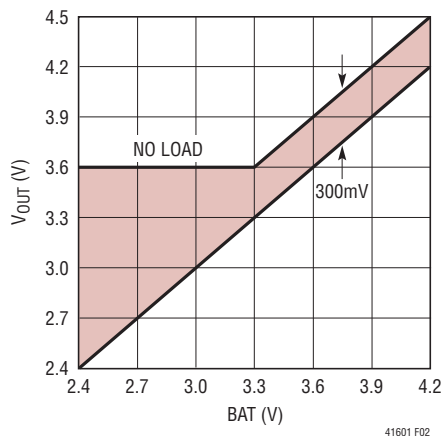


図2.  $V_{OUT}$ とBAT

### 双方向PowerPathスイッチング・レギュレータ - 昇圧モード

USB On-The-Goアプリケーションでは、双方向PowerPathスイッチング・レギュレータは昇圧コンバータとして機能し、 $V_{OUT}$ から $V_{BUS}$ に電力を供給します。 $V_{OUT}$ からの電力は理想

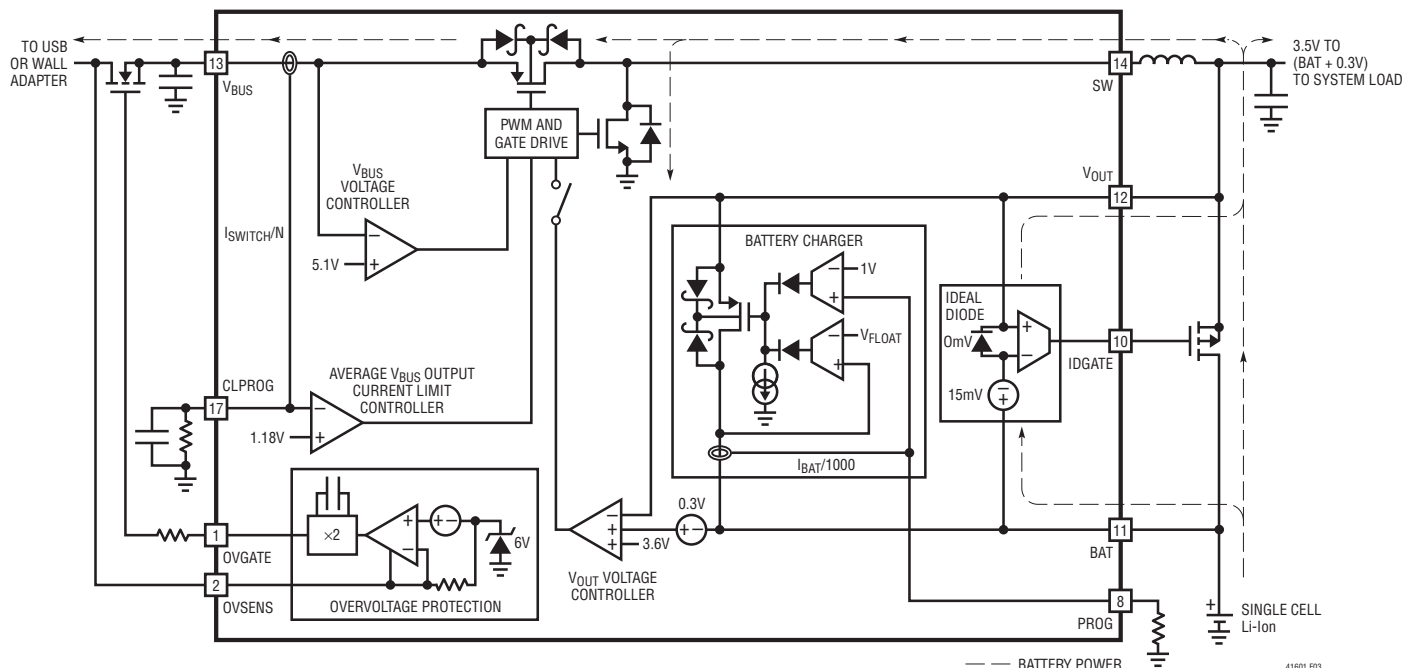
ダイオードを介してバッテリーから供給されます。昇圧コンバータとして、双方向スイッチング・レギュレータは $V_{BUS}$ に5Vを発生し、少なくとも500mAを供給する能力があります。USB On-The-Goは外部制御ピン(ENOTGまたはID)のどちらかによってイネーブルすることができます。昇圧モードの電力の流れを図3に示します。

低電圧ロックアウト回路は $V_{OUT}$ をモニタし、 $V_{OUT}$ が2.3Vを超えて上昇するまで昇圧変換を抑止します。入力電源を利用できるとき $V_{BUS}$ を逆ドライブしないように、昇圧モードがイネーブルされた時点で $V_{BUS}$ が既に4.3Vより高いと、 $V_{BUS}$ の低電圧ロックアウト回路が昇圧変換を抑止します。スイッチングレギュレータは内部PMOSスイッチのボディ・ダイオードに電流が流れないようにして真の出力切断ができるようにも設計されています。これにより、短絡時またはシャットダウンの間 $V_{BUS}$ をゼロボルトにすることができ、 $V_{OUT}$ から電流は流れません。

電圧レギュレーションのループは $V_{BUS}$ の容量によって補償されます。ループの安定性に4.7 $\mu$ Fの多層セラミック・コンデンサが必要です。この値を超えて容量を追加すると過渡応答が改善されます。 $V_{BUS}$ 電圧の負荷レギュレーションは最大500mAの出力電流まで約3%です。軽負荷では、スイッチング・レギュレータはBurst Mode<sup>®</sup>動作になります。レギュレータは $V_{BUS}$ が5.1Vに達するまで $V_{BUS}$ に電力を供給し、その後NMOSスイッチとPMOSスイッチはオフします。レギュレータは $V_{BUS}$ が5.1Vより下に下がると電力を再度 $V_{BUS}$ に供給します。

スイッチング・レギュレータはピーク・インダクタ電流制限と平均出力電流制限の両方を備えています。ピーク電流モード・アーキテクチャはサイクルごとにピーク・インダクタ電流を制限します。ピーク電流リミットは $V_{BUS}/2\Omega$ から最大1.8Aに等しいので、突如短絡が生じると、電流リミットは低い値にフォールドバックします。昇圧モードでは、プログラミング抵抗と平均化コンデンサがCLPROGからGNDに接続されていると、CLPROGの電圧はスイッチング・レギュレータの平均出力電流を表します。CLPROGに3.01kの抵抗が接続されていると、双方向スイッチング・レギュレータの出力電流リミットは680mAです。出力電流がこのリミットに近づくにつれ、CLPROGは1.15Vにサーボ制御され、 $V_{BUS}$ は急速に $V_{OUT}$ に低下します。 $V_{BUS}$ が $V_{OUT}$ に近いと、PMOSスイッチがオンしているときのインダクタ電流の負勾配が、NMOSスイッチがオンしているときのインダクタ電流の上昇に釣り合うのに十分でないことがあります。

## 動作



### 図3. PowerPathのブロック図 (USB On-The-Go)

このため、インダクタ電流が暴走し、CLPROGの電圧が上昇します。CLPROGが1.2Vに達すると、同期PMOSのスイッチングが停止し、そのゲートにV<sub>OUT</sub>が静的に印加されます。これにより、電流がV<sub>BUS</sub>ピンから流れ出している間のインダクタ電流の負勾配が十分になります。CLPROGが1.15Vまで下がると、PMOSはスイッチングを再度開始します。

V<sub>BUS</sub>がV<sub>OUT</sub>+180mVを超えて上昇するとPMOSスイッチがイネーブルされ、V<sub>OUT</sub>+70mVより下に下がるとディスエーブルされ、電流制限状態でないときインダクタ電流が暴走するを防ぎます。PMOSスイッチが7.2msより長くディスエーブルされるとスイッチはオフし、FAULTピンが“L”になり、短絡フォールトが宣言されます。昇圧モードを再度イネーブルするには、IDが“H”の状態ではENOTGピンを“L”にしてから“H”にサイクルさせるか、またはENOTGを接地した状態で、IDピンを“H”にしてから“L”にサイクルさせる必要があります。

BATから $V_{OUT}$ への理想ダイオード

LTC4160/LTC4160-1には、それぞれ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常にオンしており、 $V_{OUT}$ がBATより下に下がると直ちに応答します。

負荷電流が双方向スイッチング・レギュレータの許容電力を超えて増加すると、追加電力が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。さらに、 $V_{BUS}$ への電力(USBまたはACアダプタ)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、双方向スイッチング・レギュレータに必要な保存用の容量だけで、 $V_{OUT}$ が垂下するのを防ぎます。内部理想ダイオードは、 $V_{OUT}$ の電圧がBATの電圧より約15mV( $V_{FWD}$ )低いと大きな内蔵PチャネルMOSFETトランジスタをアクティブにする高精度アンプで構成されています。

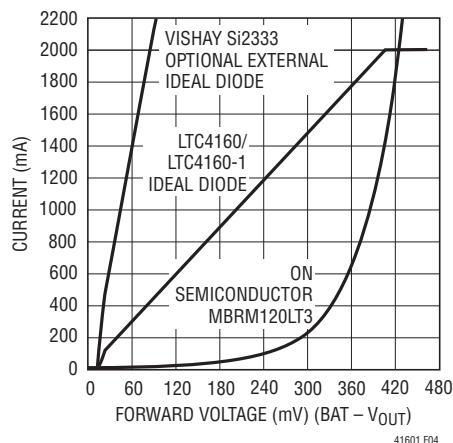


図4. 理想ダイオードのV-I特性

## 動作

アンプの線形範囲内では、理想ダイオードの小信号抵抗は非常に低く、順方向電圧降下を15mV近くに保ちます。もっと高い電流レベルでは、MOSFETは完全な導通状態になります。

内部理想ダイオードを補完するには、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。LTC4160/LTC4160-1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。外部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。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30mΩ以下の外部PチャネルMOSFETを制御することができます。

### 一時停止LDO

LTC4160/LTC4160-1がUSB一時停止モードに構成されていると、双方向スイッチング・レギュレータはディスエーブルされ、一時停止LDOがV<sub>OUT</sub>ピンに電力を供給します (V<sub>BUS</sub>への電力が利用可能であると仮定しています)。このLDOは一時停止されているUSBポートに携帯製品が接続されているとき、バッテリーが切れるのを防ぎます。このLDOは4.6Vに安定化され、双方向スイッチング・レギュレータがディスエーブルされたとき (一時停止されたとき) だけアクティブになります。一時停止されたLDOはV<sub>BUS</sub>の電流のスケール変更したコピーをCLPROGピンに送り、このピンはこのモードで約100mVにサーボ制御されます。USBの規定に従って、低電力一時停止の規定値を超えないようにLDOへの入力を電流制限する必要があります。V<sub>OUT</sub>の負荷が一時停止電流制限を超えると、追加電流がバッテリーから内部理想ダイオードを介して供給されます。

### 3.3V常時オンLDO電源

LTC2460には常に給電されている低消費電流の低損失レギュレータが備わっています。このLDOはシステムのプッシュボタン・コントローラ、スタンバイ・マイクロコントローラ、リアルタイム・クロックなどに電力を供給するのに使うことができます。この常時オンLDOは最大20mAを供給するように設計されており、補償用に少なくとも1μFの多層セラミック・バイパス・コンデンサが必要です。このLDOはV<sub>OUT</sub>から給電されますので、V<sub>OUT</sub>が3.3V近くまで下がるにつれ、20mAより小さな負荷でドロップアウト状態に入ります。LDO3V3出力を使わないなら、V<sub>OUT</sub>に接続してディスエーブルします。

## バッテリー・チャージャ

LTC4160/LTC4160-1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。チャージャはENCHARGERピンを使ってディスエーブルすることができます。

### バッテリーの前調整

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0.5時間以上継続すると、バッテリー・チャージャは自動的に終了し、バッテリーが応答しないことを $\overline{\text{CHRG}}$ ピンと $\overline{\text{FAULT}}$ ピンを通して表示します。

バッテリー電圧が2.85Vを超えると、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1030/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。同様に、USB電流制限のプログラミングは常に守られ、余剰電力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。バッテリーの電圧が予めプログラムされたフロート電圧に達すると、バッテリー・チャージャはバッテリー電圧を安定化し、充電電流は自然に減少します。バッテリーがフロート電圧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した後バッテリーの充電は打ち切られ、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、チャージャ



## 動作

のフロート電圧より標準100mV下の再充電スレッシュホールドより下にバッテリー電圧が下がると、充電サイクルが自動的に開始されます。バッテリー電圧が再充電スレッシュホールドより下に下がったとき安全タイマが作動中だと、それは再度ゼロにリセットされます。再充電スレッシュホールド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1msより長く再充電スレッシュホールド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)、またはバッテリー・チャージャがENCHARGERピンによってオン/オフされると、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1/1030が、1.000Vにサーボ制御しようとするPROGピンに送られます。こうして、バッテリー充電電流はPROGの電流の1030倍に達しようとします。プログラム抵抗と充電電流は以下の式を使って計算します。

$$I_{CHG} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 1030$$

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。

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 1030$$

多くの場合、利用可能な入力電力が制限されており、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。

バッテリー・チャージャのアルゴリズムを次ページの「バッテリー・チャージャのフローチャート」に示します。

### 充電状態の表示

CHRGピンとFAULTピンを使ってバッテリー・チャージャの状態を表示することができます。2つの可能な状態がCHRGで表されます。充電中と充電停止です。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BATピンがフロートに達し、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“H”になります。LTC4160/LTC4160-1がV<sub>BUS</sub>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。

バッテリー・チャージャがアクティブなときのCHRGピンとFAULTピンの可能な状態を表2に示します。

表2. CHRGピンとFAULTピンを使った充電状態の読み取り

状態	CHRG	FAULT
充電中/NTCフォールト	Low	High
充電停止中	High	High
バッテリー不良	High	Low

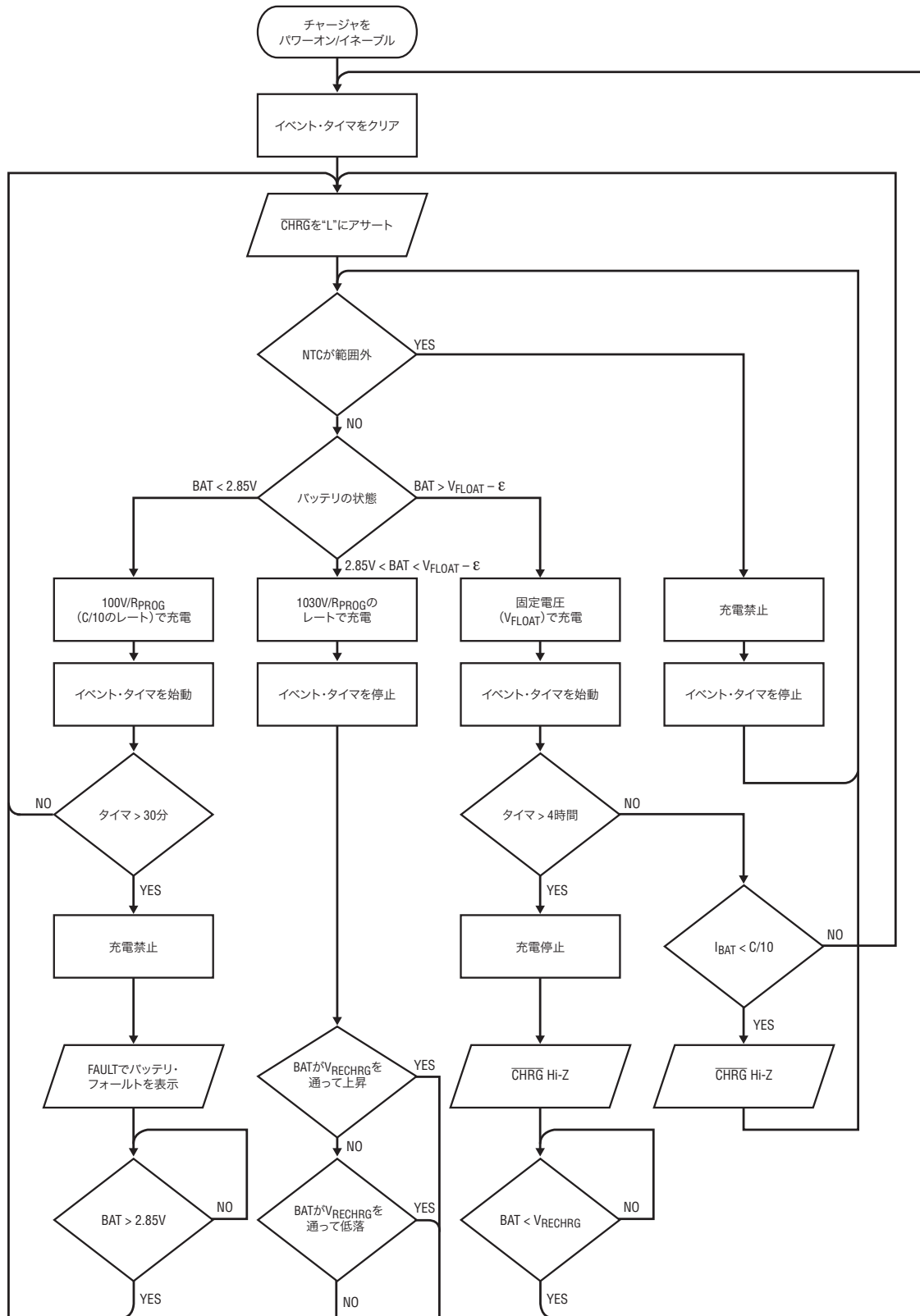
NTCフォールトは、バッテリー温度が範囲から外れている間充電を停止しますが、CHRGピンまたはFAULTピンを使って表示されません。

充電に対してバッテリーが応答しないと(つまり、その電圧が2.85Vより下に0.5時間留まっていると)、CHRGピンが“H”になり、FAULTピンが“L”になって不良バッテリー・フォールトを表示します。

LTC4160/LTC4160-1は3端子PowerPath製品で、バッテリー充電よりもシステム負荷が常に優先されることに注意してください。過度のシステム負荷により、不良バッテリーのタイムアウト時間内にトリクル充電のスレッシュホールド電圧より上にバッテリーを充電するには電力が十分ではないことがあります。この場合、バッテリー・チャージャは誤って不良バッテリーを表示します。この場合、システムのソフトウェアで負荷を減らし、バッテリー・チャージャをリセットして再試行させることができます。

## 動作

バッテリー・チャージのフローチャート



41601 FLOW

41601fa

## 動作

FAULTピンは、双方向スイッチング・レギュレータがOn-The-Goモードのとき、V<sub>BUS</sub>に短絡状態が発生しているか否かを表示するのにも使われます。短絡状態が検出されると、FAULTが低インピーダンスになります。ENOTGピンまたはVBUSGDピンを使ってどのフォールトが起きたか決めることができます。FAULTが“L”になったときENOTGまたはVBUSGDが“L”であれば、不良バッテリー・フォールトが起きています。どちらのピンも“H”であれば、V<sub>BUS</sub>に短絡が起きています。

### NTCサーミスタ

バッテリーの温度は負温度係数(NTC)サーミスタをバッテリー・パックの近くに配置して測定します。

この機能を利用するには、NTCサーミスタ(R<sub>NTC</sub>)をNTCピンとグランドの間に接続し、バイアス抵抗(R<sub>NOM</sub>)をNTCBIASからNTCに接続します。R<sub>NOM</sub>は、選択したNTCサーミスタの25°Cでの値(R<sub>25</sub>)に等しい値の1% 200ppm抵抗にします。

LTC4160/LTC4160-1はNTCサーミスタの抵抗がR<sub>25</sub>の値の0.54倍、つまり100kサーミスタの場合約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。LTC4160/LTC4160-1はNTCサーミスタの値がR<sub>25</sub>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100kサーミスタの場合、この抵抗(325k)は約0°Cに相当します。NTCピンを接地すると全てのNTC機能がディスエーブルされます。

### サーマル・レギュレーション

LTC4160/LTC4160-1または周囲の部品への熱的ダメージを防ぐため、ダイ温度が約105°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・レギュレーション手法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LTC4160/LTC4160-1を保護し、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を可能にします。LTC4160/LTC4160-1の熱制御ループの利点は、特定のアプリケーション

の最悪条件では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。

### 過電圧保護

LTC4160/LTC4160-1は、2つの外部部品(NチャンネルMOSFETと6.2k抵抗)を使うだけで、V<sub>BUS</sub>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MOSFETとそのブレイクダウン電圧に依存します。

過電圧保護回路は2つのピンで構成されます。まず、OVSENSは、外部抵抗を通して外部から加わる電圧を測定するのに使われます。次に、OVGATEは、外部MOSFETのゲート・ピンをドライブするのに使われる出力です。OVSENSが6Vより下のとき、内部チャージポンプがOVGATEを約1.88 • OVSENSにドライブします。これによりNチャンネルMOSFETがオンしてV<sub>BUS</sub>への低インピーダンス接続を与え、LTC4160/LTC4160-1に給電します。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を超えると、OVGATEがGNDに引き下げられます。これにより、外部MOSFETがディスエーブルされ、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MOSFETがイネーブルされます。

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。

抵抗の電力損失定格の計算、推奨部品の表、および逆電圧保護に関しては、「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

### シャットダウン・モード

USBスイッチング・レギュレータは、V<sub>BUS</sub>がV<sub>UVLO</sub>より上で、LTC4160/LTC4160-1がUSB一時停止モードではないとき、常にイネーブルされます。

理想ダイオードは常にイネーブルされており、ディスエーブルすることはできません。



## アプリケーション情報

### 双方向PowerPathスイッチング・レギュレータのCLPROG抵抗とコンデンサの選択

「双方向PowerPathスイッチング・レギュレータ - 降圧モード」のセクションで説明されているように、CLPROGピンの抵抗により平均VBUS入力電流のリミットが決まります。降圧モードでは、スイッチング・レギュレータのVBUS入力電流リミットを、1倍モード(USB 100mA)、5倍モード(USB 500mA)または10倍モードのどれかに設定することができます。VBUS入力電流には2つの成分(VOUTをドライブするのに使われる電流とスイッチング・レギュレータの消費電流)が含まれています。合計平均入力電流が確実にUSBの既定値より下に留まるようにするため、入力電流の両方の成分について検討します。「電気的特性」の表には、電流制限のプログラミング精度とともに全ての設定の消費電流の標準値も与えられています。できるだけ500mAまたは100mAの規定に近づけるため、精密抵抗を使います。次式を思い出してください。

$$I_{VBUS} = I_{VBUSQ} + V_{CLPROG} / R_{CLPPROG} \cdot (h_{CLPROG} + 1).$$

スイッチング・レギュレータが平均入力電流を決められるように、抵抗と並列に平均化コンデンサが必要です。このコンデンサは電流リミットに達したときの帰還ループの支配的ポールも与えます。安定性を保証するため、CLPROGのコンデンサは0.1μF以上にします。

### 双方向PowerPathスイッチング・レギュレータのインダクタの選択

PowerPathスイッチング・レギュレータのVBUS電圧範囲とVOUT電圧範囲は両方ともかなり狭いので、LTC4160/LTC4160-1は3.3μHの特定のインダクタンス値で設計されています。このアプリケーションに適している小型インダクタをいくつか表3に示します。

表3. LTC4160/LTC4160-1に推奨するPowerPathインダクタ

INDUCTOR TYPE	L (μH)	MAX IDC (A)	MAX DCR (Ω)	SIZE IN mm (L x W x H)	MANUFACTURER
LPS4018	3.3	2.2	0.08	3.9 x 3.9 x 1.7	Coilcraft www.coilcraft.com
D53LC	3.3	2.26	0.034	5 x 5 x 3	Toko www.toko.com
DB318C	3.3	1.55	0.070	3.8 x 3.8 x 1.8	
WE-TPC Type M1	3.3	1.95	0.065	4.8 x 4.8 x 1.8	Würth Elektronik www.we-online.com
CDRH6D12	3.3	2.2	0.063	6.7 x 6.7 x 1.5	Sumida
CDRH6D38	3.3	3.5	0.020	7 x 7 x 4	www.sumida.com

### 双方向PowerPathスイッチング・レギュレータのV<sub>BUS</sub>とV<sub>OUT</sub>のバイパス・コンデンサの選択

LTC4160/LTC4160-1と一緒に使われるコンデンサの種類と容量により、レギュレータ制御ループの安定性および入力電圧リップルなど、いくつかの重要なパラメータが定まります。LTC4160/LTC4160-1は双方向スイッチング・レギュレータをVBUSとVOUTの間に使うので、VBUSの電流波形には高周波成分が含まれます。等価直列抵抗(ESR)の低い多層セラミック・コンデンサ(MLCC)を使ってVBUSをバイパスすることを強く推奨します。タンタル・コンデンサやアルミ・コンデンサはESRが大きいため推奨しません。VBUSのコンデンサの値により、与えられた負荷電流に対する入力リップルの大きさが直接支配されます。このコンデンサのサイズを大きくすると入力リップルが小さくなります。

USBデバイスの突入電流制限の仕様はVBUSのバイパス・コンデンサを5Vまで充電するのに必要な合計クーロン数を使って計算されます。USB On-The-Goデバイスの最大突入電流の電荷は33μCです。これにより、リニアなコンデンサを仮定すると、VBUSの容量には6.5μFのリミットが置かれます。ただし、ほとんどのセラミック・コンデンサの容量はバイアス電圧によって変化します。突入電流制限の仕様を満たすため、平均容量が0V～5Vのバイアス電圧範囲にわたって6.5μFを下回る必要があります。村田製作所のGRM21BR71A106KE51Lなど、0805パッケージの10μFコンデンサはVBUSバイパス・コンデンサに適しています。ノイズ性能と安定性をさらに良くするため、もっと大きな容量が必要であれば、過電圧保護回路を使うとき、それをVBUSに直接接続します。この追加容量は2ミリ秒の間ソフト接続され、突入電流を制限し、VBUSの過度の過渡電圧低下を防ぎます。

過渡負荷状態の間大きなVOUT電圧ステップを防ぐため、MLCCを使ってVOUTをバイパスすることも推奨します。出力コンデンサはスイッチング・レギュレータの補償に使われます。ESRが低く、少なくとも10μFのものがVOUTに必要です。容量を追加すれば負荷過渡性能と安定性が改善されます。

MLCCは一般にESR性能が並外れています。密な基板レイアウトと切れ目の無いグラウンド・プレーンをMLCCと組み合わせると非常に良い性能が得られEMI放射が低く抑えられます。

## アプリケーション情報

いくつかの種類の絶縁材のMLCCを利用できますが、それぞれ特性が大きく異なります。たとえば、X7RのMLCCは電圧と温度に対する安定性が最も優れています。X5RのMLCCのパッキング密度は明らかに高いのですが、定格電圧範囲と定格温度範囲全体での性能は劣ります。Y5VのMLCCはパッキング密度が最高ですが、その容量が電圧に対して極端な非直線性を示しますので注意して使う必要があります。回路内のセラミック・コンデンサの実際の容量は、回路で想定される小さなAC信号とDCバイアスを使って測定します。多くのメーカーは1V<sub>RMS</sub>のACテスト信号を使って電圧に対する容量を規定していますので、その結果、アプリケーションでコンデンサが示す容量より大きくなっています。ユーザーはアプリケーションに近似した動作条件を使って測定を行うか、またはメーカーに実際の容量を問い合わせ、選択したコンデンサがアプリケーションの要求する最小容量を満たしているか判断します。

### 過電圧保護

図5に示されているように、2つの追加部品（抵抗R1とNチャネルMOSFETのMN1）を使って、V<sub>BUS</sub>を過電圧によるダメージから保護することができます。MN1に適したデバイスを表4に示します。

表4. 過電圧保護回路に推奨するNチャネルMOSFE

PART #	BVDSS	R <sub>ON</sub>	PACKAGE
Si1472DH	30V	57mΩ	SC70-6
Si2302ADS	20V	60mΩ	SOT-23
Si2306BDS	30V	47mΩ	SOT-23
Si2316DS	30V	50mΩ	SOT-23
IRLML2502	20V	50mΩ	SOT-23
FDN372S	30V	50mΩ	SOT-23
NTLJS4114N	30V	35mΩ	WDFN6

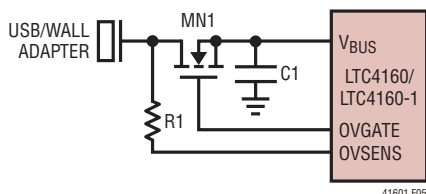


図5. 過電圧保護

R1は6.2kの抵抗で、最大過電圧の間消費される電力に対して定格が規定されている必要があります。過電圧状態では、OVSENSピンは6Vにクランプされます。R1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 6.2kの抵抗はその両端に最大で $\sqrt{(P_{MAX} \cdot 6.2k\Omega)} = 25V$ 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31Vです。1/4W 6.2kの抵抗では、この値が45Vに増加します。OVSENSの絶対最大電流定格は10mAなので、保護には68Vの上限が課せられます。

### 逆電圧保護

図6に示されているように、LTC4160/LTC4160-1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V<sub>GS</sub>を制限するのに必要です。D1のブレイクダウン電圧は確実にMP1のBV<sub>GS</sub>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。

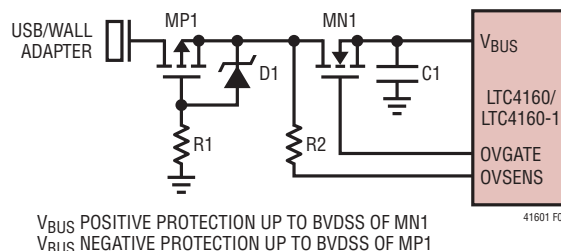


図6. 両極性電圧保護

### バッテリー・チャージャのオーバープログラミング

USBの高電力仕様はUSBポートから最大2.5Wを引き出すことを許しています。LTC4160/LTC4160-1の降圧モードの双方向スイッチング・レギュレータはV<sub>BUS</sub>の電圧をBATの電圧のちょうど上に変換し、他方、電力をCLPROGでプログラムされた量より下に制限します。USBの規定には無関係に、バッテリー・チャージャが最大安全充電電流を供給するように（PROGピンを使って）プログラムします。プログラムされたレートでバッテリーを充電するのに利用できる電流が不十分だと、V<sub>OUT</sub>のシステム負荷が満たされ、V<sub>BUS</sub>電流リミットが満たされるまで充電電流が減少します。利用可能な電流以上にチャージャを

## アプリケーション情報

プログラムしても、平均入力電流リミットが破られることはありません。それは単に、バッテリー・チャージャが利用可能な全電力を使って、チャージャ内部での電力損失を小さく抑え、できるだけ速くバッテリーを充電できるようにするだけです。

### バッテリー・チャージャの安定性に関する検討事項

LTC4160/LTC4160-1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。

容量が大きくESRが小さいMLCC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。

さらに、バッテリーが接続されていないとき発振を抑えるため、0.3Ωの抵抗に直列に接続された100μFのコンデンサがBATからGNDに必要です。

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より高くなります。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。

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

### 代わりのNTCサーミスタとバイアス

LTC4160/LTC4160-1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<sub>25</sub>)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。

下の説明では、以下の表記を使います。

R<sub>25</sub> = 25°Cでのサーミスタの値

R<sub>NTC|COLD</sub> = 低温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

R<sub>NTC|HOT</sub> = 高温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

r<sub>COLD</sub> = R<sub>NTC|COLD</sub>のR<sub>25</sub>に対する比

r<sub>HOT</sub> = R<sub>NTC|HOT</sub>のR<sub>25</sub>に対する比

R<sub>NOM</sub> = 主サーミスタ・バイアス抵抗(図7を参照)

R1 = オプションの温度範囲調整抵抗(図8を参照)

LTC4160/LTC4160-1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0.349・NTCBIAS、低温スレッシュホールドの場合0.765・NTCBIASに内部でプログラムされています。

## アプリケーション情報

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。

$$\frac{R_{NTC|HOT}}{R_{NOM} + R_{NTC|HOT}} \cdot NTCBIAS = 0.349 \cdot NTCBIAS$$

低温トリップ・ポイントは次のとき設定されます。

$$\frac{R_{NTC|COLD}}{R_{NOM} + R_{NTC|COLD}} \cdot NTCBIAS = 0.765 \cdot NTCBIAS$$

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。

$$R_{NTC|HOT} = 0.536 \cdot R_{NOM}$$

および

$$R_{NTC|COLD} = 3.25 \cdot R_{NOM}$$

$R_{NOM}$ を $R_{25}$ に等しいと置くと、上の式から $r_{HOT} = 0.536$ および $r_{COLD} = 3.25$ 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。

$R_{25}$ 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計算することができます。

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

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD}}{3.25} \cdot R_{25}$$

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、 $r_{COLD}$ は1.436で、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8に示されているように、追加のバイアス抵抗( $R_1$ )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 $R_1$ の値を計算することができます。

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

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

たとえば、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。

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

最も近い1%値は12.7kです。最終的ソリューションは図8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。

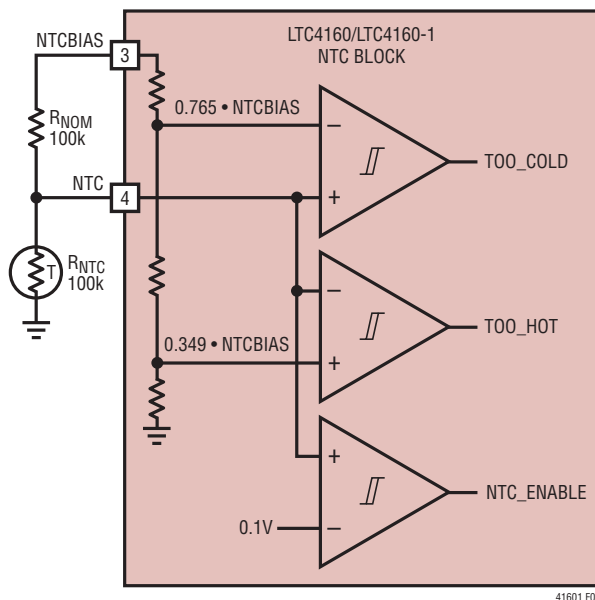


図7. 標準的NTCの構成設定



## アプリケーション情報

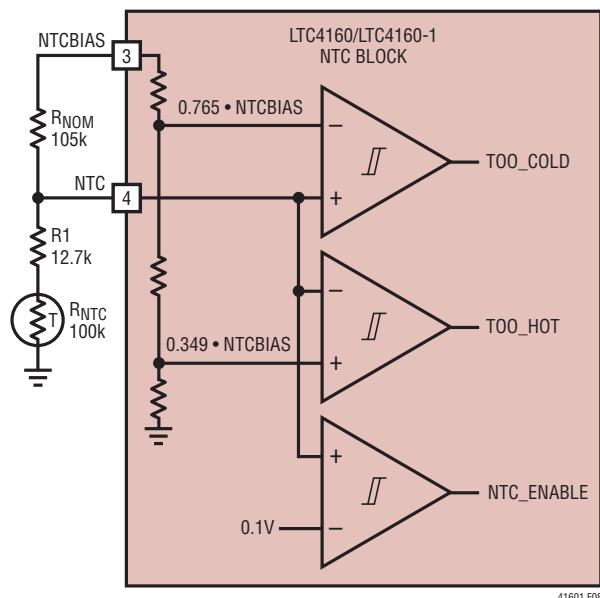


図8. 修正したNTCの構成設定

## 活線挿入とUSBの突入電流制限

過電圧保護回路は、OVGATEがNチャネルMOSFETを完全にエンハンスするのに必要な時間を長くすることにより突入電流を制限します。これはケーブル内の電流が急速に立ち上がるのを防ぎ、 $V_{BUS}$ の共振オーバーシュートを減衰させます。LTC4160/LTC4160-1をラボの電源に接続するとき、過電圧保護回路が使われていないと、 $V_{BUS}$ に電圧オーバーシュートが観測されることがあります。このオーバーシュートは電源から $V_{BUS}$ への長いリード線のインダクタンスによって生じます。電源から $V_{BUS}$ へのワイヤを撚り線にすると、これらの長いリード線の寄生インダクタンスが大幅に減少し、 $V_{BUS}$ を安全なレベルに保ちます。USBケーブルは一般に近接した電力リード線で製造されているので、寄生インダクタンスは低くなります。

## 活線挿入とUSB On-The-Go

On-The-Goがイネーブルされるととき $V_{BUS}$ に4.3Vを超える電圧が加わっていると、双方向スイッチング・レギュレータは $V_{BUS}$ をドライブしようとはしません。USB On-The-Goがイネーブルされてから外部電源が $V_{BUS}$ に接続されると、外部電源の属性に依存して、3つのうちの1つが起きます。外部電源のレギュレーション電圧が5.1Vより高いと、双方向スイッチング・レギュレータはスイッチングを停止し、 $V_{BUS}$ は外部電源のレギュレーション電圧に保たれます。外部電源のレギュレーション

電圧が低く、電流ソース能力だけ備えていると、 $V_{BUS}$ は5.1Vに安定化されます。外部電源は $V_{BUS}$ に電流をソースしません。

電流をシンクすることもできるレギュレーション電圧が5.1Vより低い電源の場合、双方向スイッチング・レギュレータは $V_{BUS}$ を5.1Vにしようと試み、外部電源に電流をソースします。外部電源が $V_{BUS}$ を $V_{OUT}+70\text{mV}$ より上に保つ限り、双方向スイッチング・レギュレータは最大680mAを電源にソースします。 $V_{BUS}$ が $V_{OUT}+70\text{mV}$ より低い電圧に保たれると、短絡タイマが7.2ms後にスイッチング・レギュレータをオフします。次いでFAULTピンが“L”になり、短絡電流フォールトを表示します。

 $V_{BUS}$ バイパス・コンデンサとUSB On-The-Goのセッション・リクエスト・プロトコル

2つのOn-The-Goデバイスが接続される場合、デバイスがマイクロAプラグまたはマイクロBプラグのどちらに接続されるかに従って、一方はAデバイスになり他方はBデバイスになります。AデバイスはBデバイスに給電し、ホストとして起動します。バッテリー寿命を延ばすには、BUSが使われていないときAデバイスは $V_{BUS}$ をパワーダウンすることができます。Aデバイスが $V_{BUS}$ をパワーダウンしている場合、Bデバイスはセッション・リクエスト・プロトコル(SRP)を使って、Aデバイスに対して、 $V_{BUS}$ をパワーアップし、新しいセッションを開始するよう要求することができます。SRPはデータラインのパルスと $V_{BUS}$ のパルスで構成されています。Bデバイスは最初に $D^+$ データラインと $D^-$ データラインにパルスを与える必要があります。データラインのパルスにAデバイスが応答しない場合だけ、Bデバイスは次いで $V_{BUS}$ にパルスを与える必要があります。Aデバイスは一方のパルス方式にだけ応答する必要があります。 $V_{BUS}$ を決してパワーダウンしないUSB AデバイスはSRPに応答する必要がありません。

$V_{BUS}$ にパルスを与える場合、Aデバイスの $V_{BUS}$ 容量の制限により、BデバイスはパワーダウンされたOn-The-Goデバイスとパワーダウンされた標準ホストを区別することができます。6.5 $\mu\text{F}$ を超えることがないOn-The-Go Aデバイスに $V_{BUS}$ が接続されていると、Bデバイスは $V_{BUS}$ を2.1V~5.25Vに上昇させる電流パルスを送ります。On-The-Go Aデバイスは、デバイスが $V_{BUS}$ のパルスに応答する能力があれば、電流パルスが $V_{BUS}$ を2.1Vより上に上昇させると直ちに $V_{BUS}$ をドライブする必要があります。

## アプリケーション情報

この同じ電流パルスは、 $V_{BUS}$ が少なくとも $96\mu F$ あるはずの標準的ホストに接続されていると、 $V_{BUS}$ を2Vより高く上げることはありません。標準的ホストの $96\mu F$ は4.75V～5.25Vの $V_{BUS}$ では最小の容量を表します。SRPのパルスが $V_{BUS}$ を2Vより大きくドライブすることはないので、これらの電圧レベルで見られる容量を、特にMLCCが使われると、 $96\mu F$ より大きくすることができます。したがって、電流パルスの振幅と持続時間を決める際、 $96\mu F$ は標準的ホスト・バイパス容量の下限を表します。容量がもっと大きいと、特定の電流パルスに対して $V_{BUS}$ が上昇する最大レベルが単に下がるだけです。

Aデバイスとして機能するLTC4160/LTC4160-1を使ったOn-The-Goデバイスを図9に示します。過電圧保護回路を使うとき、LTC4160/LTC4160-1の $V_{BUS}$ ピンに容量を追加することができます。この追加容量のため、Bデバイスはパワーダウンされた過電圧保護付きLTC4160/LTC4160-1と、パワーダウンされた標準的ホストを見分けることができないことがあります。さらに、SRPパルスが $V_{BUS}$ をその4.3VのUVLOスレッシュホールドより上に上昇させると、LTC4160/LTC4160-1は入力電源が利用可能であると想定して $V_{BUS}$ をドライブしようとしません。したがって、LTC4160/LTC4160-1を使ったOn-The-Goデバイスがデータラインのパルスに応答するようにすることを推奨します。

図10のように、LTC4160/LTC4160-1を使ったOn-The-GoデバイスがBデバイスになる場合、 $V_{BUS}$ パルスに続いてデータラインにパルスを送ってAデバイスにセッションをリクエストする必要があります。On-The-Goデバイスの設計者は、LTC4160/LTC4160-1の $V_{BUS}$ ピンにどれだけの容量を置いて、パワーダ

ウンされたOn-The-Go Aデバイスとパワーダウンされた標準的ホストを区別できる $V_{BUS}$ パルスが発生するか選択することができます。On-The-Go Aデバイスと標準的ホストのバイパス容量の相違により、LTC4160/LTC4160-1の $V_{BUS}$ ピンに $6.5\mu F$ の容量よりいくらか大きな容量が接続されたとしても、適切なパルスが発生することができます。

## 基板レイアウトの検討事項

LTC4160/LTC4160-1のパッケージ裏面の露出パッドは、PCボードのグランドにしっかり半田付けする必要があります。これはパッケージの主グランド・ピンで、制御回路とNチャネルMOSFETスイッチの両方のリターン経路として機能します。

さらに、高周波数のスイッチング回路なので、入力コンデンサ、インダクタおよび出力コンデンサをできるだけLTC4160/LTC4160-1に近づけ、LTC4160/LTC4160-1とその全ての外部高周波部品の下に切れ目の無いグランド・プレーンを置くことが不可欠です。 $V_{BUS}$ 電流のような高周波電流は、基板上面の入射経路の直下の鏡像経路に沿って、グランド・プレーンを流れる傾向があります。グランド・プレーンにその層の別のトレースによるスリットやカットがあると、電流はスリットの周辺に沿って流れるように強制されます。高周波電流が自然な最小面積経路を通って流れることが許されないと、余分な電圧が生じて放射エミッションが起きます(図11を参照)。内部グランド・プレーンに直接達する一群のビアをパッケージの接地された裏面の直下に置きます。寄生インダクタンスを最小に抑えるため、グランド・プレーンはPCボードのトップ・プレーンにできるだけ近いプレーン(レイヤ2)にします。

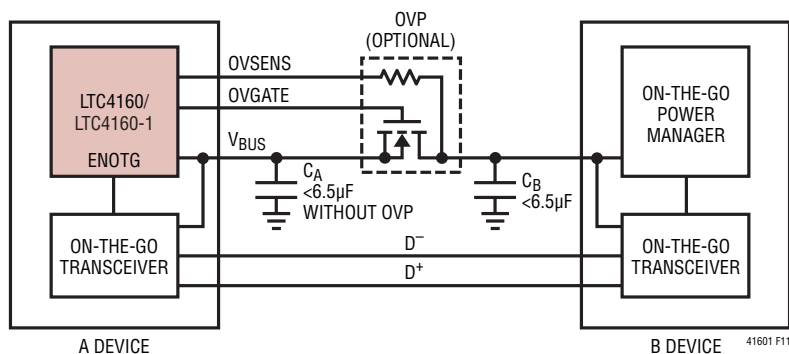


図9. AデバイスとしてのLTC4160/LTC4160-1



## アプリケーション情報

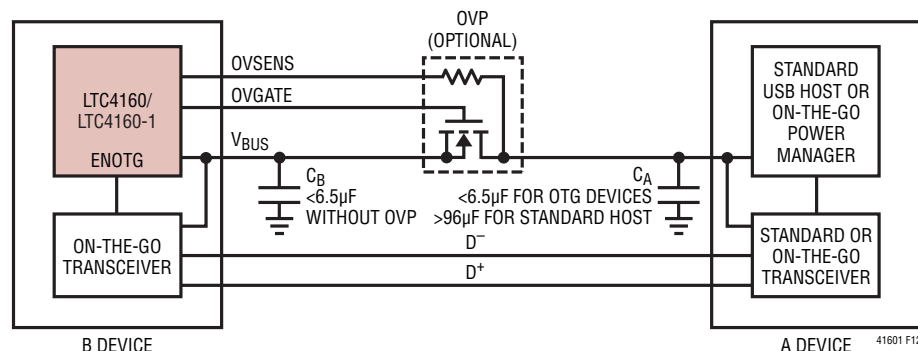


図10. BデバイスとしてのLTC4160/LTC4160-1

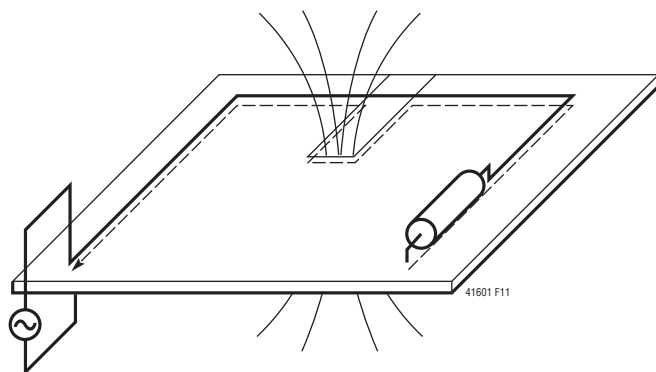


図11. 高周波グラウンド電流はそれらの入射経路に沿って流れる。グラウンド・プレーンの切れ込みは大きなループ面積を生じる。大きなループ面積は経路のインダクタンスを大きくし、システム・ノイズが高くなる。

外部の理想ダイオード・コントローラのIDGATEピンのドライブ電流は極端に制限されています。PCボードの近隣のトレースへのリークを最小に抑えるよう注意する必要があります。このピンからの100nAのリークにより約10mVの追加オフセットが理想ダイオードに生じます。リークを最小に抑えるには、PCボード上のトレースを(一般にIDGATEより1V以上高くはない)  $V_{OUT}$ に接続したメタルで取り囲んでガードすることができます。

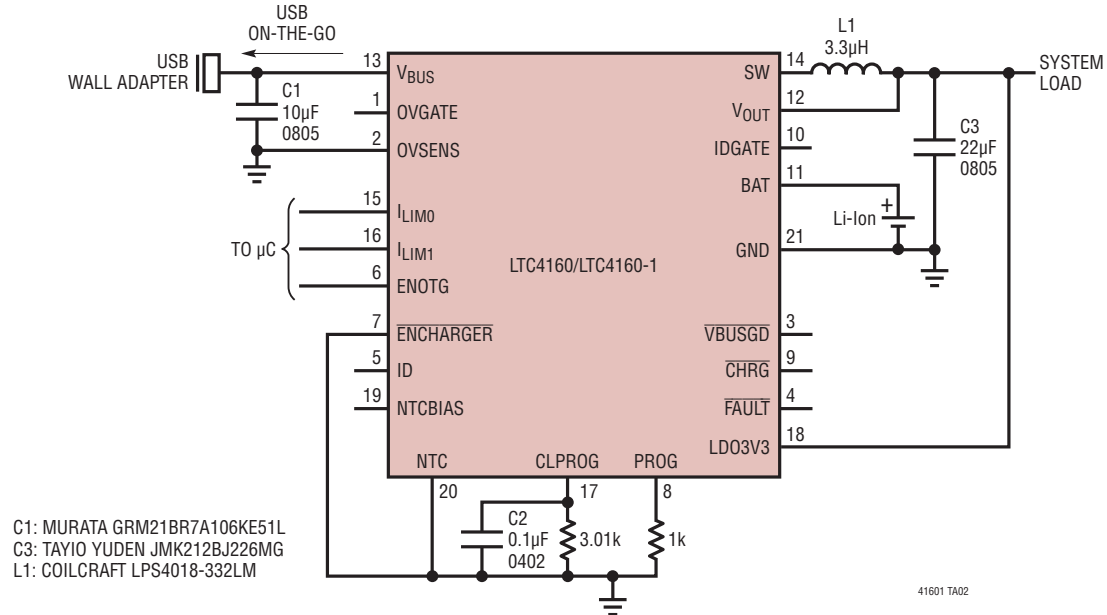
PCボードをレイアウトするときは、以下のチェックリストを使用してLTC4160/LTC4160-1が正しく動作するようにします。

1. パッケージの露出パッド(ピン21)は大きなグラウンド・プレーンに直接接続して熱インピーダンスと電氣的インピーダンスを最小に抑えます。
2.  $V_{BUS}$ をそれぞれのデカップリング・コンデンサに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ウンド・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LTC4160/LTC4160-1へのインダクタンスを最小に抑えることが重要です。
3. PowerPathスイッチング・レギュレータのインダクタと $V_{OUT}$ の出力コンデンサの間の接続をできるだけ短くします。可能ならいつでもフィル領域を使います。出力コンデンサのGND側はデバイスのサーマル・グラウンド・プレーンに直接接続します。
4. SW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。

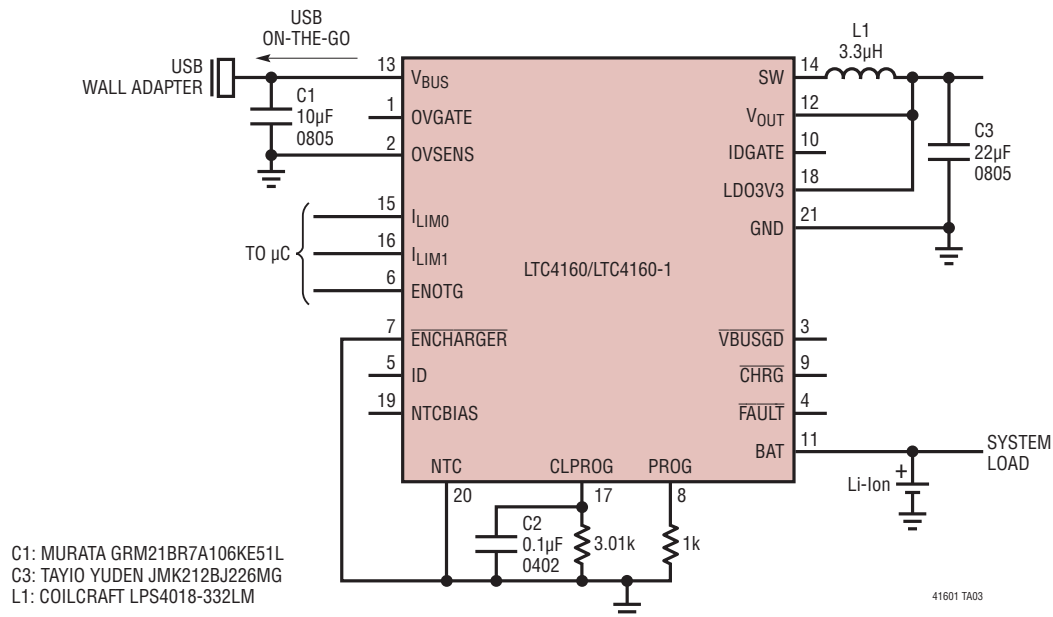
# LTC4160/LTC4160-1

## 標準的応用例

部品数の少ないUSB On-The-Goおよび低バッテリー・スタートアップ付きパワーマネージャ/バッテリー・チャージャ



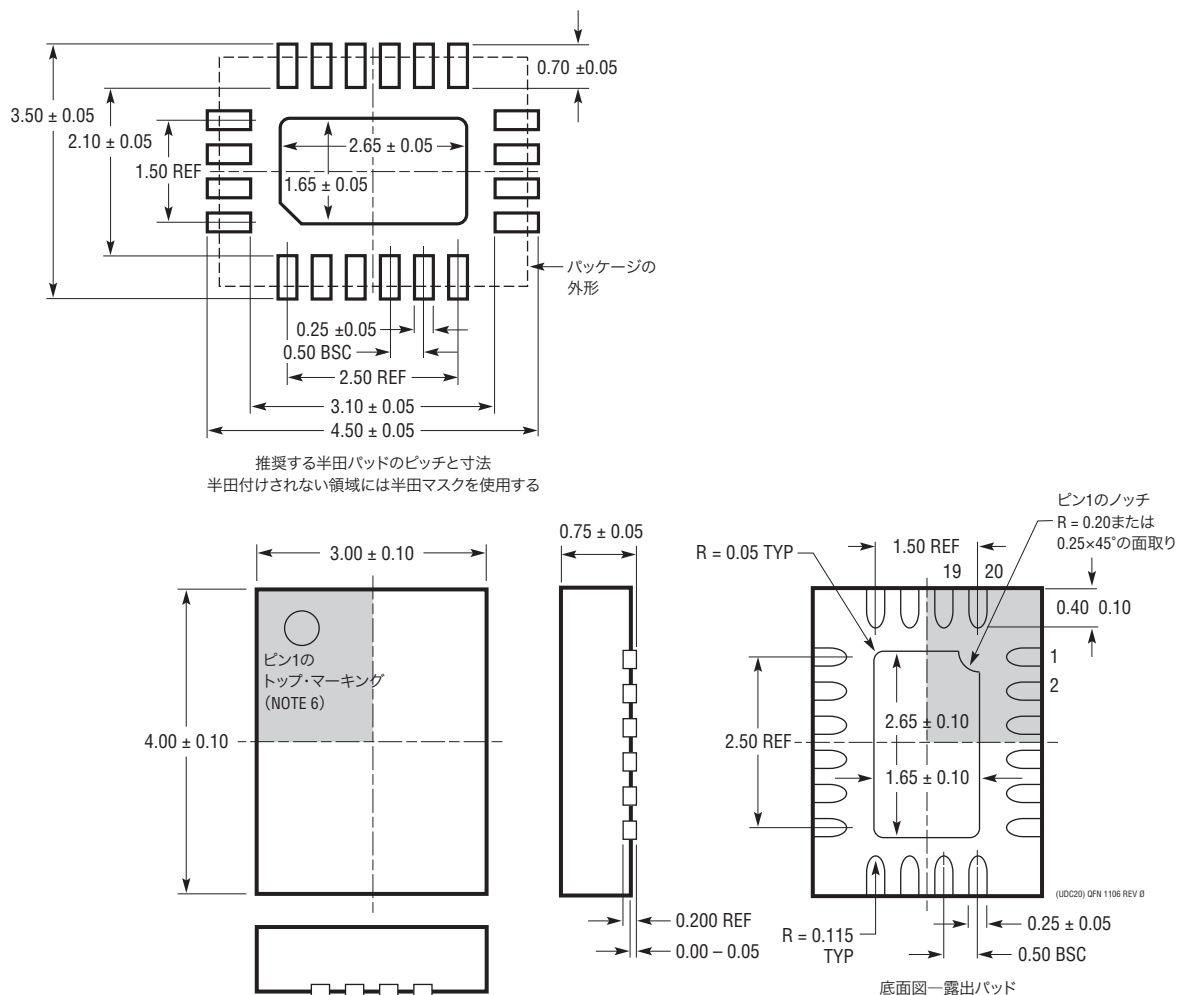
部品数の少ないUSB On-The-Go付きスイッチング・バッテリー・チャージャ





## パッケージ

### UDCパッケージ 20ピン・プラスチックQFN (3mm×4mm) (Reference LTC DWG # 05-08-1742 Rev 0)



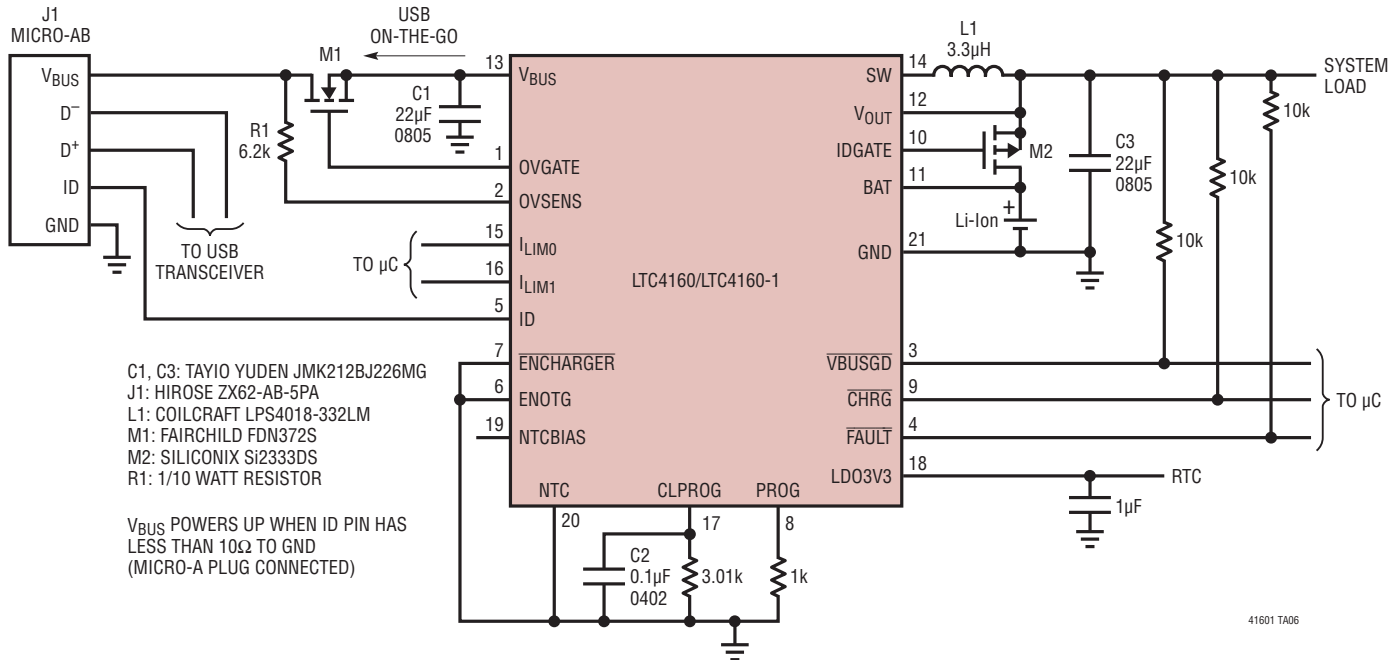
## 改訂履歴 (Rev Aよりスタート)

REV	日付	概要	ページ番号
A	10/10	データシートから、PDCパッケージを削除し、UDCパッケージ情報を追加 「発注情報」セクションに LTC4160EPDCとLTC4160EPDC-1を廃品として明示	1~32 2

# LTC4160/LTC4160-1

## 標準的応用例

### 自動USB On-The-Goおよび過電圧保護付きパワーマネージャ/バッテリー・チャージャ



## 関連製品

製品番号	説明	注釈
パワーマネジメント		
LTC3556	リチウムイオン/ポリマー・チャージャ、デュアル降圧および昇降圧DC/DCを搭載したスイッチングUSBパワーマネージャ	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、2個の400mA降圧レギュレータ、1個の1A昇降圧レギュレータ、4mm×5mm 28ピンQFNパッケージ
LTC3576/ LTC3576-1	USB On-The-Goおよびトリプル降圧DC/DC付きスイッチングUSBパワーマネージャ	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、USB On-The-Go用5V昇圧、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、外部高電圧降圧レギュレータ用コントローラ、最大68Vまでの過渡に対する保護、3.3V/20mA常時オンLDO、2個の400mAおよび1個の1A降圧レギュレータ、4.1Vフロート電圧 (LTC3576-1)、4mm×6mm 38ピンQFNパッケージ
LTC3586/ LTC3586-1	リチウムイオン/ポリマー・チャージャ、デュアル降圧、昇降圧および昇圧DC/DCを搭載したスイッチングUSBパワーマネージャ	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、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、1個の600mA昇圧レギュレータ、4.1Vフロート電圧 (LTC3586-1) 4mm×6mm 38ピンQFNパッケージ
LTC4098/ LTC4098-1	過電圧保護付きスイッチング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、外部高電圧降圧レギュレータ用コントローラ、68Vまでの過渡に対する保護、4.1Vフロート電圧 (LTC4098-1)、4mm×3mm 20ピンUTQFNパッケージ
LTC4099	過電圧保護付きI <sup>2</sup> C制御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、外部高電圧降圧レギュレータ用コントローラ、68Vまでの過渡に対する保護、状態読み出し付き入力/充電電流およびフロート電圧のI <sup>2</sup> C制御、4mm×3mm 20ピンQFNパッケージ

41601fa