

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
- バッテリ消耗時の瞬時オン動作
- フル機能のリチウムイオン/ポリマー・バッテリ・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・フロート電圧: 4.2V(LTC4160)、4.1V(LTC4160-1)
- 低電圧バッテリ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・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・チャージャ、理想ダイオードを搭載しています。

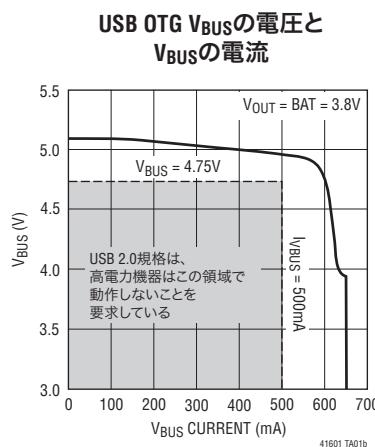
LTC4160/LTC4160-1の双方向スイッチング・レギュレータは、損失と発熱を最小限に抑えながら、USBポートから得られる電力の大部分を負荷に送ります。このため、小スペースでの熱制約が緩和されます。これらのデバイスは、USBとの互換性をもたせるための高精度な入力電流制限、効率的な充電を行うためのBat-Track出力制御を特長としています。さらに、USB On-The-Goアプリケーション向けに5V/500mAを発生することも可能です。

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。

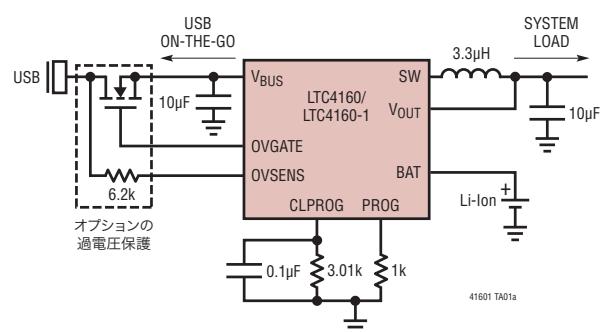
LTC4160/LTC4160-1は3mm×4mm×0.75mm QFN表面実装パッケージで供給されます。

、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。

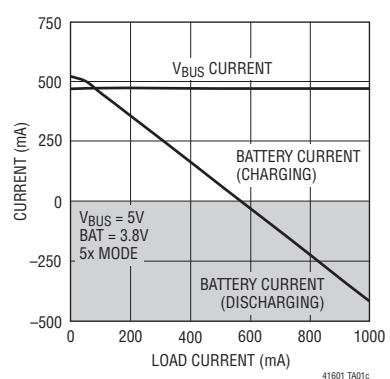
標準的応用例



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



バッテリおよびV_{BUS}の 電流と負荷電流

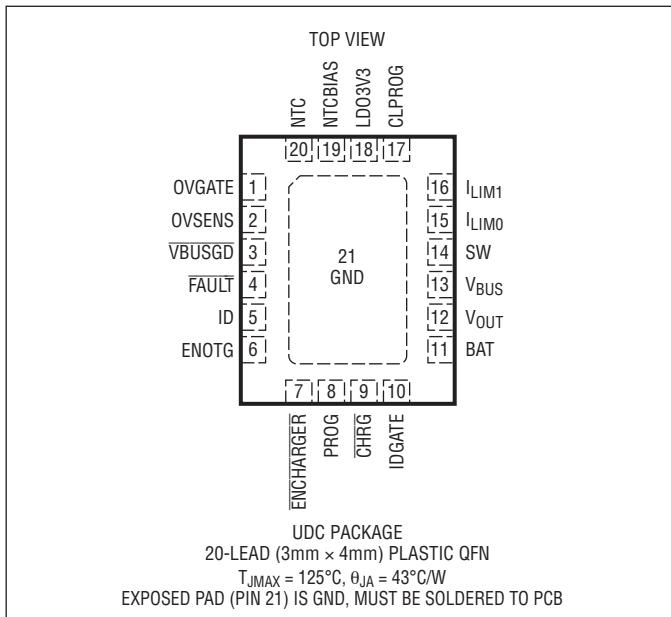


絶対最大定格

(Notes 1,2,3)

| | |
|---|---|
| V_{BUS} (トランジエント) $t < 1\text{ms}$ 、 | |
| デューティ・サイクル < 1% | -0.3V~7V |
| V_{BUS} (スタチック)、BAT、 V_{OUT} 、NTC、ENOTG、ID、 ENCHARGER、 V_{BUSGD} 、FAULT、CHRG | -0.3V~6V |
| I_{LIM0} 、 I_{LIM1} | -0.3V~Max(V_{BUS} 、 V_{OUT} 、BAT) + 0.3V |
| I_{VSENS} | 10mA |
| I_{CLPROG} | 3mA |
| I_{CHRG} 、 I_{VBUSGD} 、 I_{FAULT} | 50mA |
| I_{PROG} | 2mA |
| I_{LDO3V3} | 30mA |
| I_{SW} 、 I_{BAT} 、 I_{VOUT} 、 I_{VBUS} | 2A |
| 動作温度範囲 | -40°C~85°C |
| 最大接合部温度 | 125°C |
| 保存温度範囲 | -65°C~125°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°C to 85°C |
| LTC4160EUDC-1#PBF | LTC4160EUDC-1#TRPBF | LFXZ | 20-Lead (3mm x 4mm) Plastic QFN | -40°C to 85°C |
| LTC4160EPDC#PBF | LTC4160EPDC#TRPBF | FDRT | 20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UΤQFN | -40°C to 85°C (廃品) |
| LTC4160EPDC-1#PBF | LTC4160EPDC-1#TRPBF | FDST | 20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UΤQFN | -40°C to 85°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/tapeandreel/> 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、 $V_{BUS} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.8\text{V}$ 、 $R_{CLPROG} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

| 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 |
| I_{VBUSQ} (Note 4) | Input Quiescent Current | 1x Mode 5x, 10x Modes Suspend Mode | | 7 20 0.050 | | mA |
| h_{CLPROG} (Note 4) | Ratio of Measured V_{BUS} Current to CLPROG Program Current | 1x Mode 5x Mode 10x Mode Suspend Mode | | 211 1170 2377 9.6 | | 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 | |
|--|--|--|------------|----------------------------|------------|----------|----------------------|
| $I_{V_{\text{OUT}}(\text{POWERPATH})}$ | V_{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 | | 121 667 1217 0.26 | 0.34 | 0.43 | mA mA mA mA |
| V_{CLPROG} | CLPROG Servo Voltage in Current Limit | Switching Modes Suspend Mode | | 1.183 100 | | | V mV |
| V_{UVLO} | V_{BUS} Undervoltage Lockout | Rising Threshold Falling Threshold | 3.95 | 4.3 4 | 4.35 | V V | |
| V_{DUVLO} | V_{BUS} To BAT Differential Undervoltage Lockout | Rising Threshold Falling Threshold | | 200 50 | | mV mV | |
| V_{OUT} | V_{OUT} Voltage | 1x, 5x, 10x Modes, $0\text{V} < \text{BAT} \leq 4.2\text{V}$, $I_{V_{\text{OUT}}} = 0\text{mA}$, Battery Charger Off USB Suspend Mode, $I_{V_{\text{OUT}}} = 250\mu\text{A}$ | 3.5 4.5 | $\text{BAT} + 0.3$ 4.6 | 4.7 4.7 | V V | |
| f_{OSC} | Switching Frequency | | | 1.8 | 2.25 | 2.7 | MHz |
| $R_{\text{PMOS_POWERPATH}}$ | PMOS On-Resistance | | | | 0.18 | | Ω |
| $R_{\text{NMOS_POWERPATH}}$ | NMOS On-Resistance | | | | 0.3 | | Ω |
| $I_{\text{PEAK_POWERPATH}}$ | Peak Inductor Current Clamp | 1x Mode (Note 5) 5x Mode (Note 5) 10x Mode (Note 5) | | 1 1.6 3 | | | A A A |
| R_{SUSP} | Suspend LDO Output Resistance | Closed Loop | | | 10 | | Ω |

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

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

過電圧保護

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

バッテリ・チャージャ

| | | | | | | | |
|--------------------|---------------------------------------|--|---|----------------|-------------|----------------|---------------|
| V_{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_{CHG} | Constant Current Mode Charger Current | $R_{\text{PROG}} = 845\Omega$, 10x Mode $R_{\text{CLPROG}} \leq 2.49\text{k}\Omega$ $R_{\text{PROG}} = 5\text{k}$, 5x or 10x Mode | | 1120 185 | 1219 206 | 1320 223 | mA mA |
| I_{BAT} | Battery Drain Current | $V_{\text{BUS}} > V_{\text{UVLO}}$, Suspend Mode, $I_{V_{\text{OUT}}} = 0\mu\text{A}$ | | | 3.8 | 6 | μA |
| | | $V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$, $I_{V_{\text{OUT}}} = 0\mu\text{A}$ (Ideal Diode Mode) | | | 8 | 12 | μA |

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、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN | TYP | MAX | UNITS |
|----------------------------|--|---|-------|------|-------|------------------|
| V_{PROG} | PROG Pin Servo Voltage | | | 1 | | V |
| $V_{\text{PROG_TRKL}}$ | PROG Pin Servo Voltage in Trickle Charge | $BAT < V_{\text{TRKL}}$ | | 0.1 | | V |
| $V_{\text{C}/10}$ | C/10 Threshold Voltage at PROG | | | 100 | | mV |
| h_{PROG} | Ratio of I_{BAT} to PROG Pin Current | | | 1030 | | mA/mA |
| I_{TRKL} | Trickle Charge Current | $BAT < V_{\text{TRKL}}$ | | 100 | | mA |
| V_{TRKL} | Trickle Charge Threshold Voltage | BAT Rising | 2.7 | 2.85 | 3 | V |
| ΔV_{TRKL} | Trickle Charge Hysteresis Voltage | | | 135 | | mV |
| ΔV_{RECHRG} | Recharge Battery Threshold Voltage | Threshold Voltage Relative to V_{FLOAT} | -75 | -100 | -125 | mV |
| t_{TERM} | Safety Timer Termination Period | Timer Starts when $V_{\text{BAT}} = V_{\text{FLOAT}}$ | 3.9 | 4.3 | 5.4 | Hour |
| t_{BADBAT} | Bad Battery Termination Time | $BAT < V_{\text{TRKL}}$ | 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_{OUT} and BAT) | | | 0.18 | | Ω |
| T_{LIM} | Junction Temperature in Constant Temperature Mode | | | 110 | | $^\circ\text{C}$ |

NTC

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

理想ダイオード

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

常時オン3.3V LDO電源

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------------|--|-----|-----|-----|----------|
| V_{LD03V3} | Regulated Output Voltage | $0\text{mA} < I_{\text{LD03V3}} < 20\text{mA}$ | 3.1 | 3.3 | 3.5 | V |
| $R_{\text{CL_LD03V3}}$ | Closed-Loop Output Resistance | | | 2.7 | | Ω |
| $R_{\text{OL_LD03V3}}$ | Dropout Output Resistance | | | 23 | | Ω |

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

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

状態出力(CHRG, VBUSGD, FAULT)

| | | | | | | |
|--|--------------------|---|-----|-----|--|---------------|
| V_{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 | | μA |

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_{VBUQS} 、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。

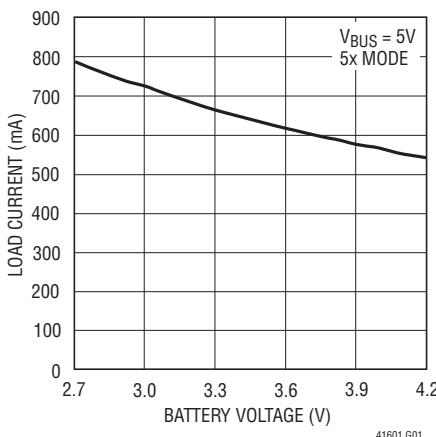
Note 5:このデバイスの電流制限機能は、ICを短時間の、または間欠的なフォールト状態に対して保護することを目的としている。規定された最大ビン電流定格を超えた動作が継続するとデバイスの劣化または故障が生じるおそれがある。

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} ビンへの電流と反射された電流の和である。

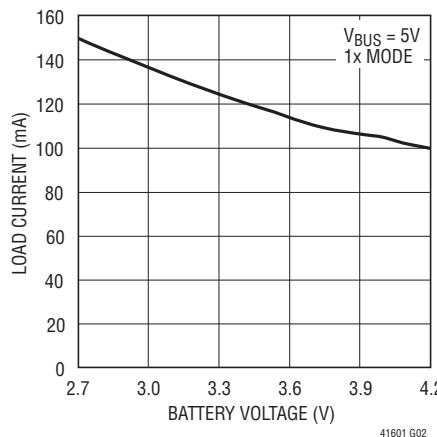
Note 7: h_{C10} は、示されているPROG抵抗を使って測定された最大充電電流に対する割合として表わされる。

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

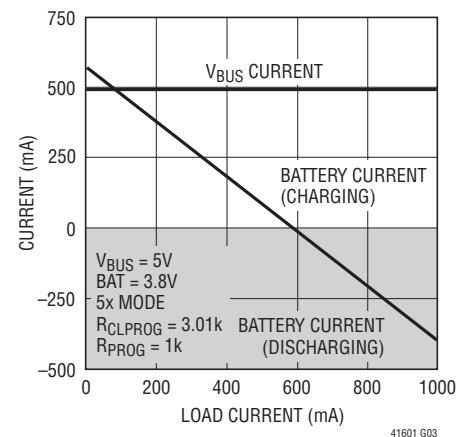
USBで制限された負荷電流とバッテリ電圧
(バッテリ・チャージャはディスエーブル)



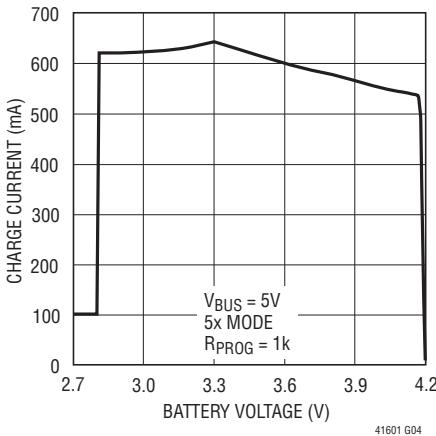
USBで制限された負荷電流とバッテリ電圧
(バッテリ・チャージャはディスエーブル)



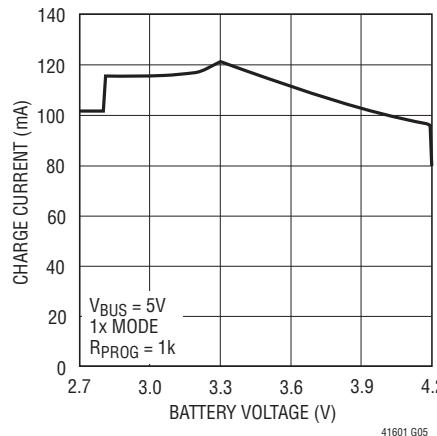
バッテリおよび V_{BUS} の
電流と負荷電流



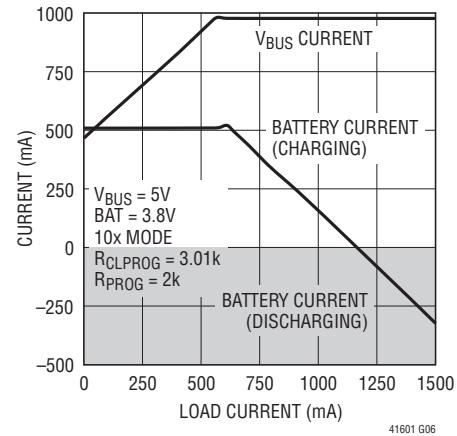
USBで制限された
バッテリ充電電流とバッテリ電圧



USBで制限された
バッテリ充電電流とバッテリ電圧

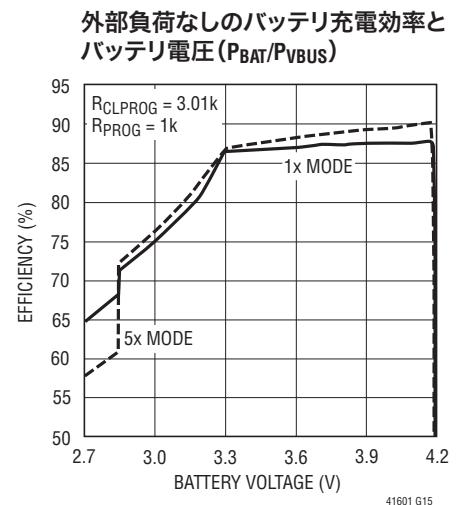
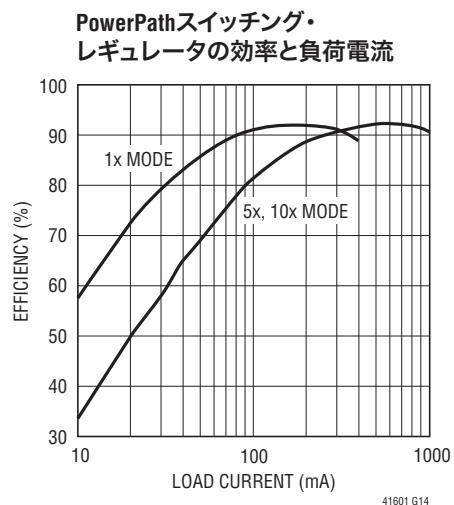
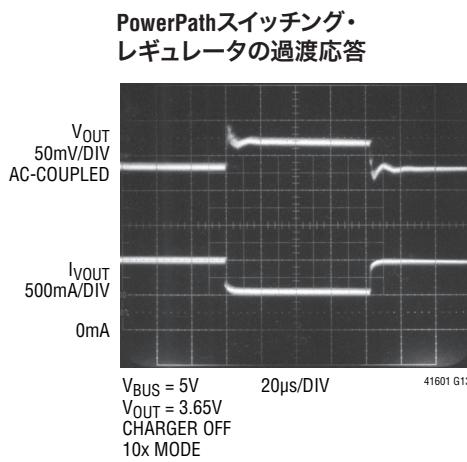
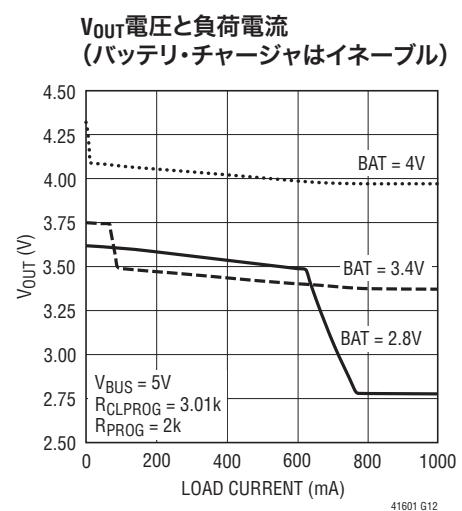
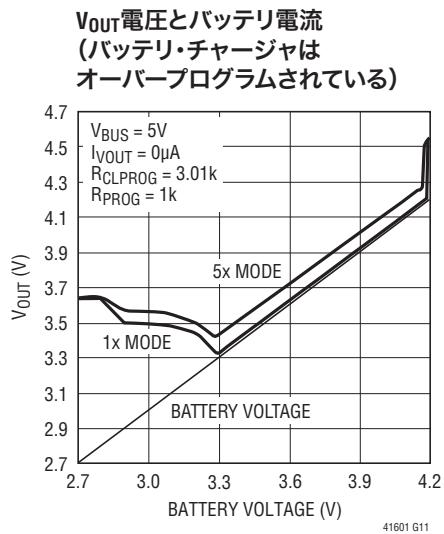
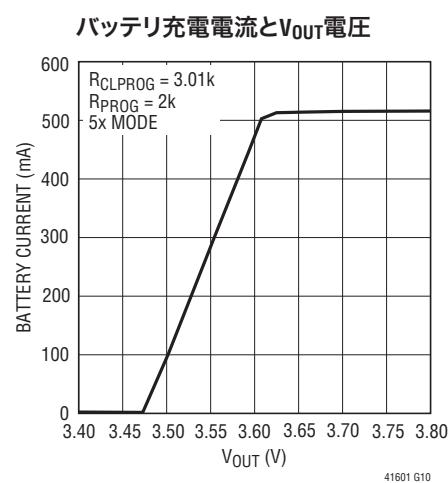
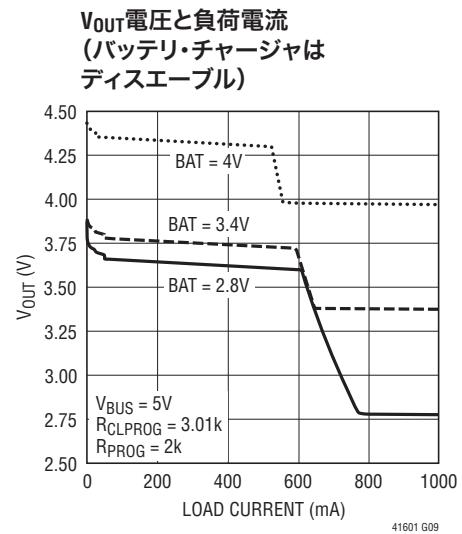
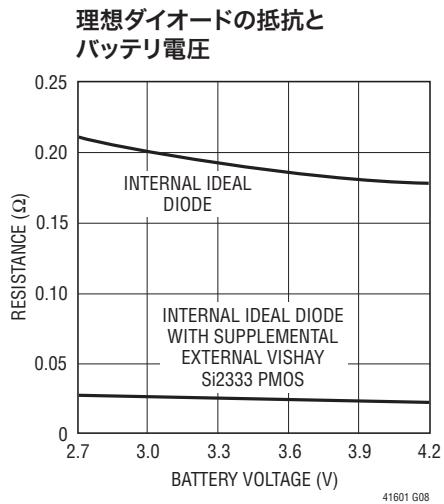
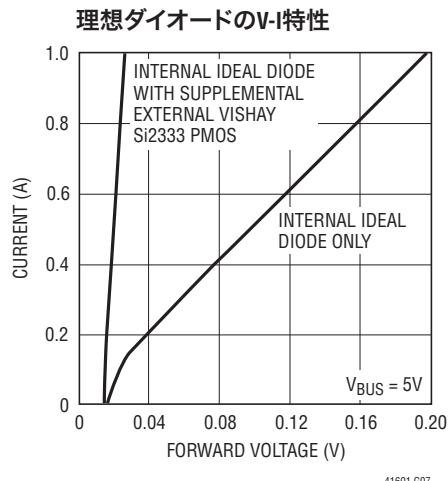


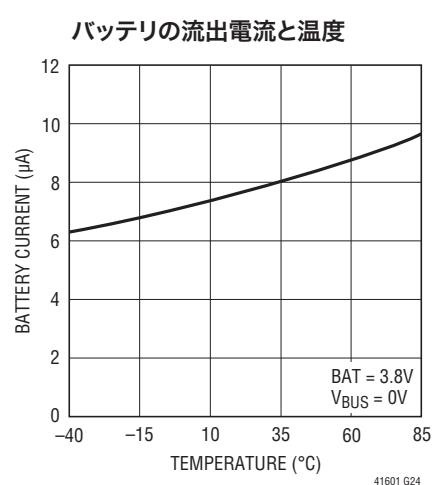
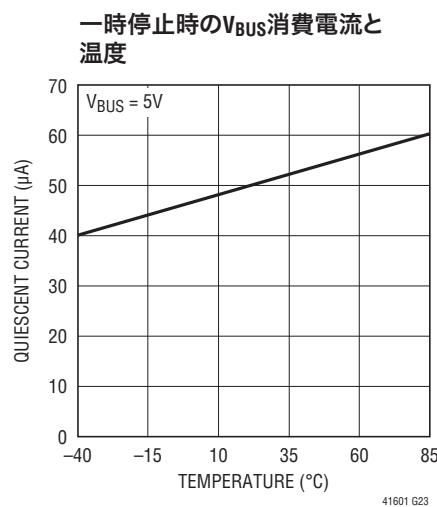
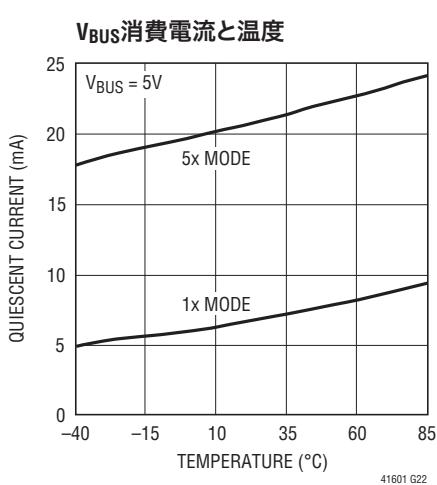
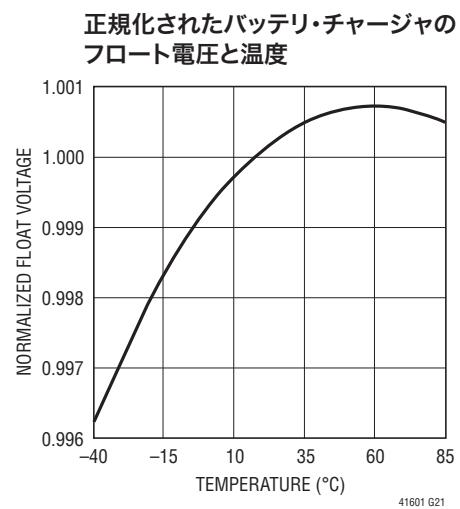
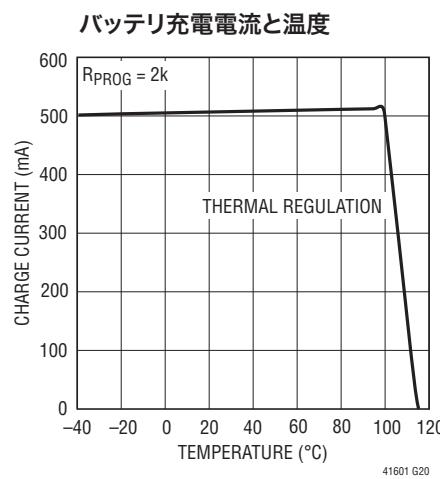
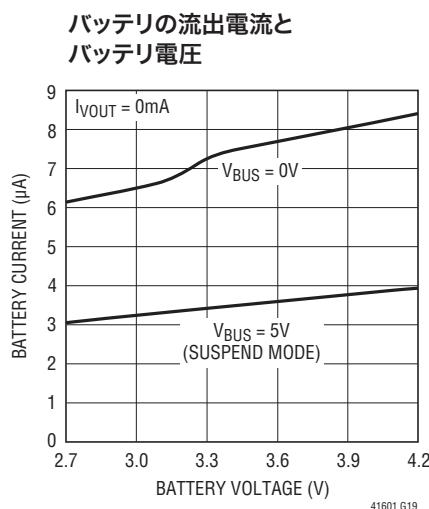
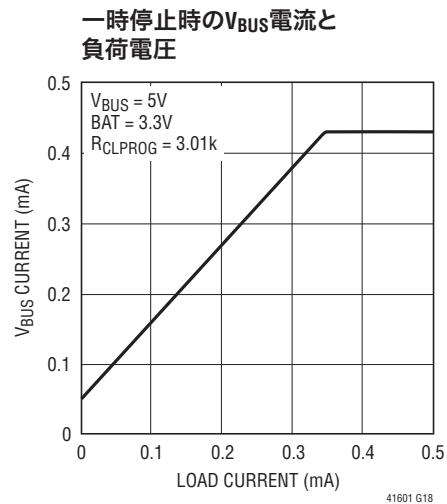
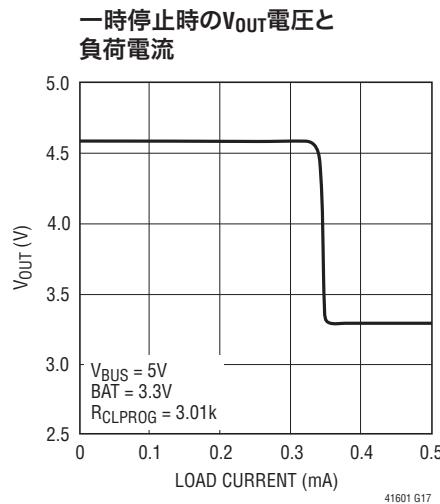
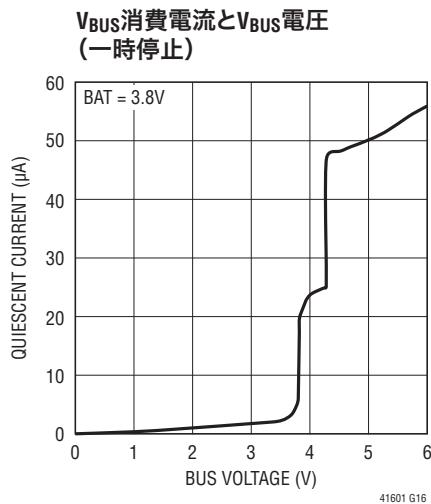
バッテリおよび V_{BUS} の
電流と負荷電流



LTC4160/LTC4160-1

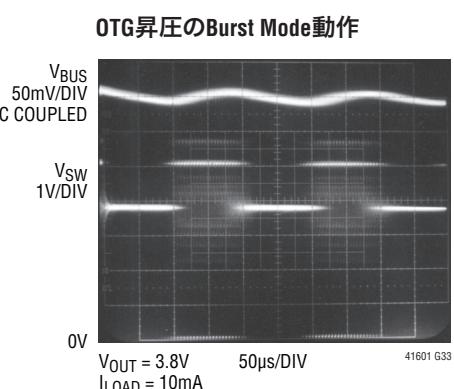
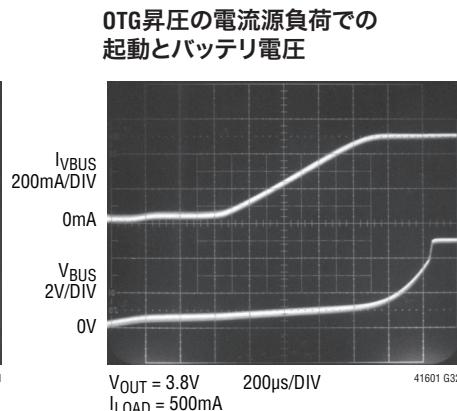
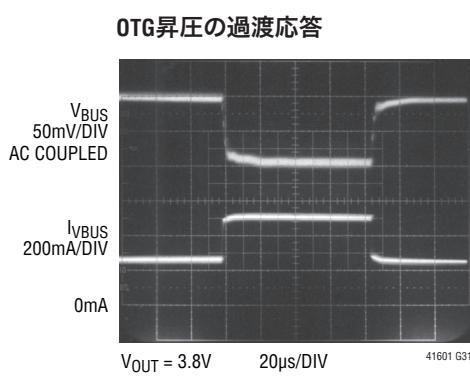
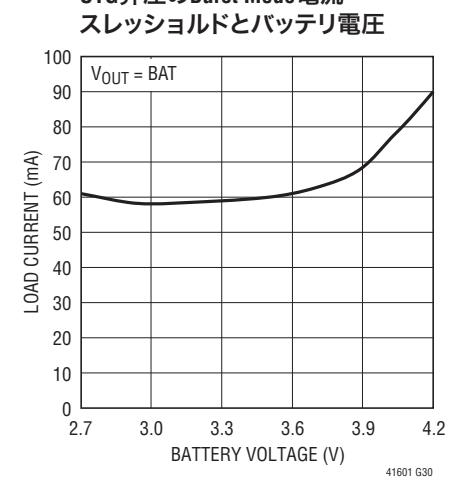
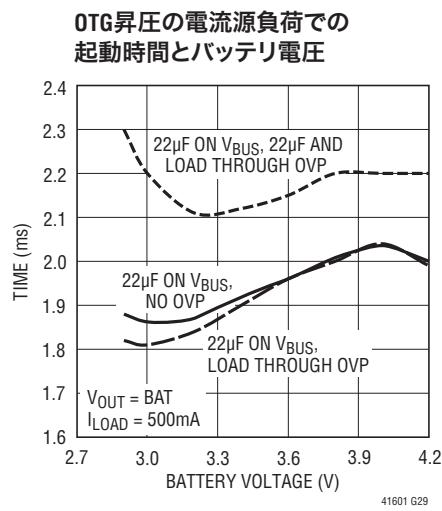
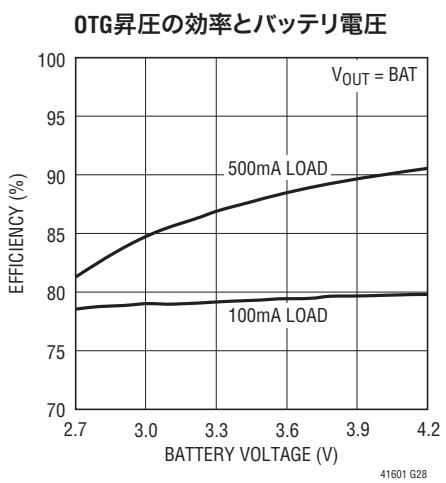
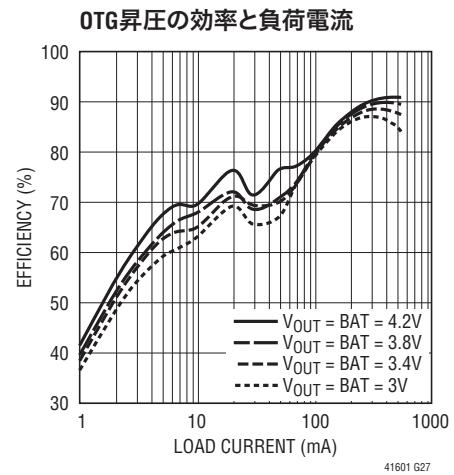
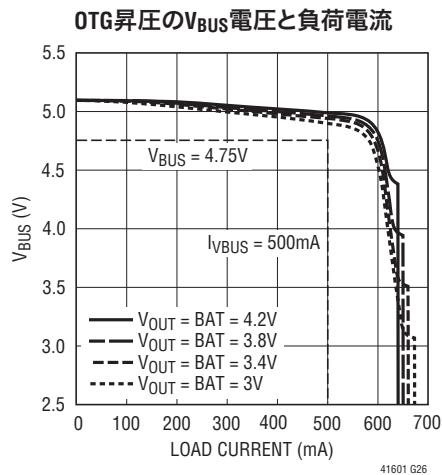
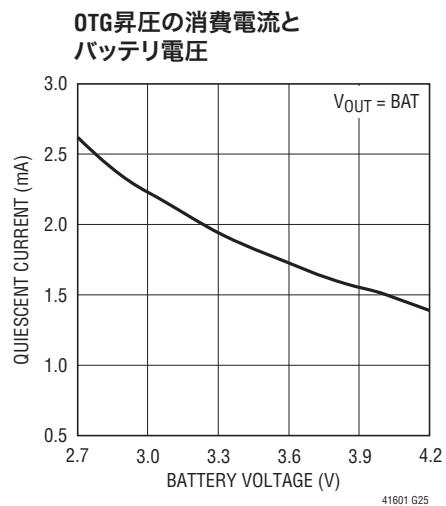
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。



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

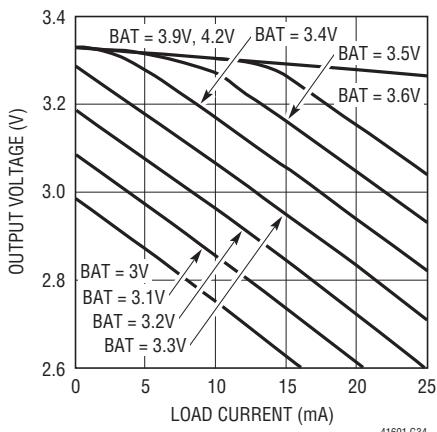
LTC4160/LTC4160-1

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

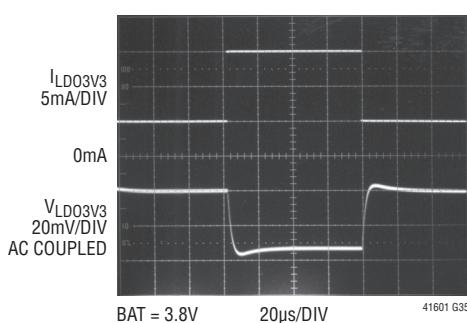


標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

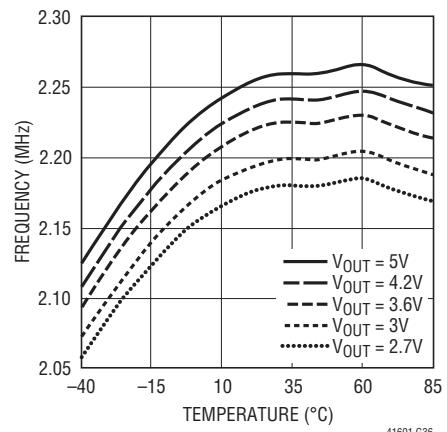
3.3V LDOの出力電圧と負荷電流
($V_{BUS} = 0\text{V}$)



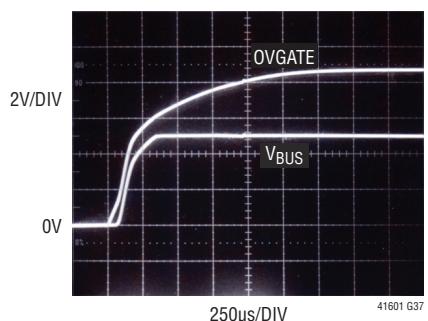
3.3V LDOのステップ応答
(5mAから15mA)



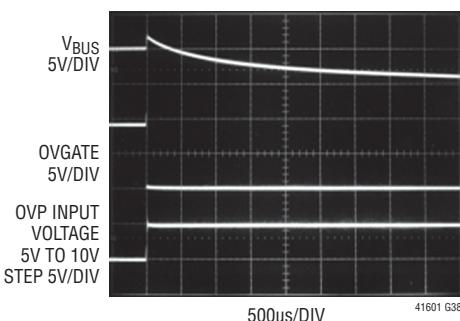
発振器周波数と温度



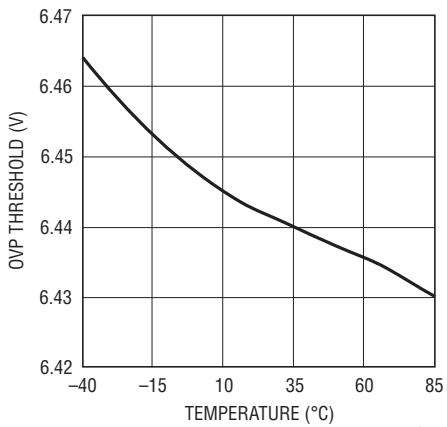
OVP接続時の波形



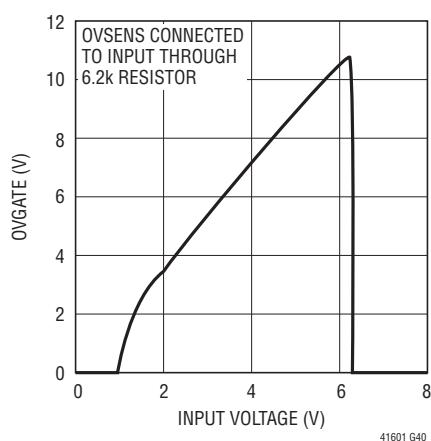
OVP切断時の波形



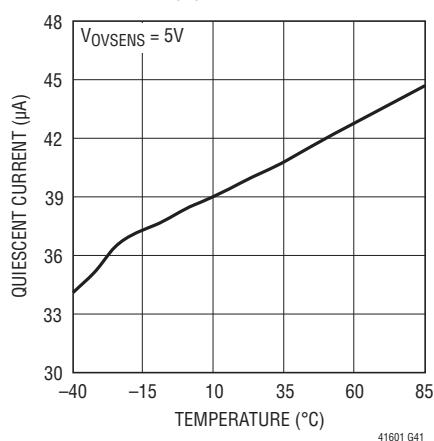
上昇時OVPスレッショルドと温度



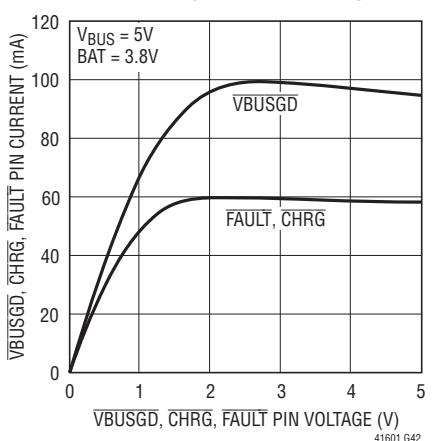
OVGATEとOVSENS



OVSENS消費電流と温度



V_{BUSGD}、CHRG、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_{BUS}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_{OVCUTOFF}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_{BUS}がV_{UVLO}およびV_{DUVLO}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・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_{BUS}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_{OUT}の電圧を昇圧してV_{BUS}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_{BUS}をパワーダウンしないと、このピンをUSBマイクロABリセプタブルの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_{OUT}の電圧を昇圧してV_{BUS}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・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_{OUT}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_{OUT}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・ピン。利用可能なV_{BUS}電源に依存して、BATのリチウムイオン・バッテリは理想ダイオードを通してV_{OUT}に電流を供給するか、またはバッテリ・チャージャを介してV_{OUT}から充電されます。

V_{OUT}(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・チャージャの入力電圧。携帯製品の大半はV_{OUT}から給電します。LTC4160/LTC4160-1は利用可能な電力をV_{OUT}の外部負荷と内部のバッテリ・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の充電に使われます。BATからV_{OUT}に接続されている理想ダイオードにより、負荷がV_{BUS}から割り当てられた電力を超えても、またはV_{BUS}の電源が取り去られても、V_{OUT}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_{BUS}に電力を供給します。V_{OUT}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_{BUS}(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_{OUT}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_{BUS}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_{BUS}とV_{OUT}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_{LIM0}、I_{LIM1}(ピン15、16):I_{LIM0}とI_{LIM1}は、降圧モードの双方PowerPathスイッチング・レギュレータのV_{BUS}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用ピン。CLPROGからグランドに接続した1%抵抗によってV_{BUS}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_{BUS}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_{BUS}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_{OUT}から電力供給を受けます。これはウォッチャドッグ・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からグランドに必要です。LDO3V3出力を使わない場合、V_{OUT}に接続してディスエーブルします。

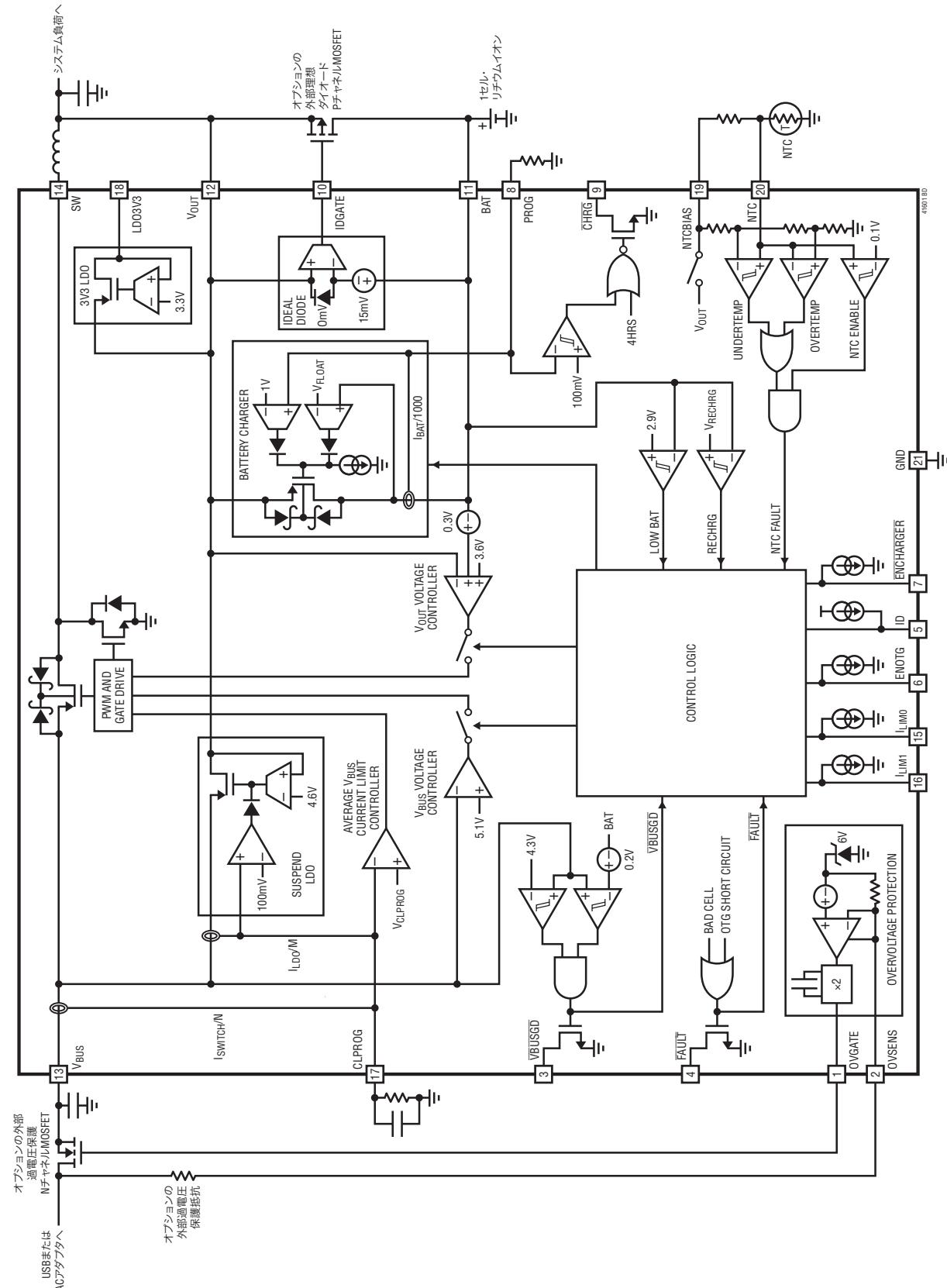
NTCBIAS(ピン19):NTCサーミスタのバイアス出力。NTC動作を望むなら、バイアス抵抗をNTCBIASとNTCの間に接続し、NTCサーミスタをNTCとGNDの間に接続します。NTC動作をディスエーブルするには、NTCをGNDに接続し、NTCBIASはオープンのままにします。

NTC(ピン20):サーミスタ・モニタ回路への入力。NTCピンは、一般にバッテリ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ンド・プレーンに接続します。

LTC4160/LTC4160-1

ブロック図



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・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します。

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・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180mΩ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・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}はバッテリ電圧の約0.3V上をトラッキングします。バッテリ・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・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・チャージャが充電電流を減らします。バッテリ充電電流が許容USB電流を超えるように設定されても、USBの平均入力電流の規定には違反しません。バッテリ・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・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リ

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ILIM0ピンとILIM1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500µA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。ILIM0とILIM1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. ILIM0とILIM1を使ったUSB電流制限の設定

| ILIM1 | ILIM0 | 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 500µA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VBUS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VBUS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電圧のわずか下の間の(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。

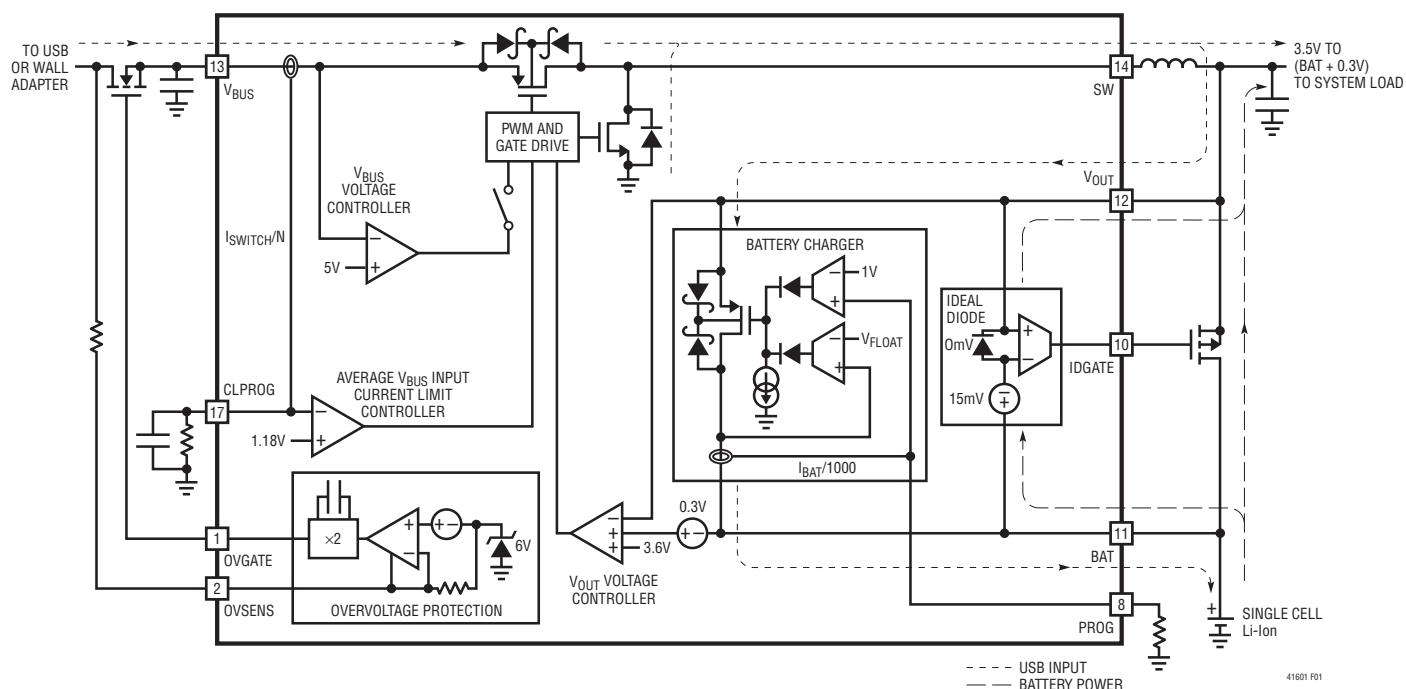


図1. 電力経路のブロック図 – USB/ACアダプタから利用できる電力

動作

非常に低いバッテリ電圧の場合、バッテリ・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・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、 $V_{BUS, GD}$ 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、またはバッテリ電圧の50mV以内にまで下がると、UVLOのヒステリシスにより $V_{BUS, GD}$ 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。

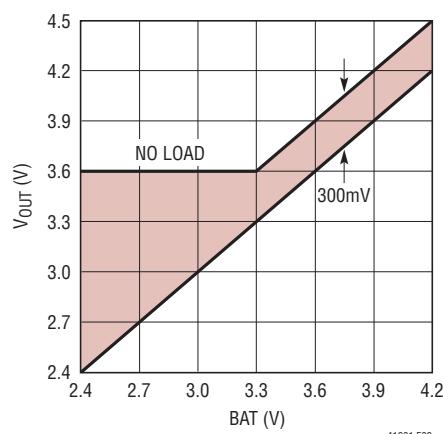


図2. V_{OUT} とBAT

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は 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[®]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

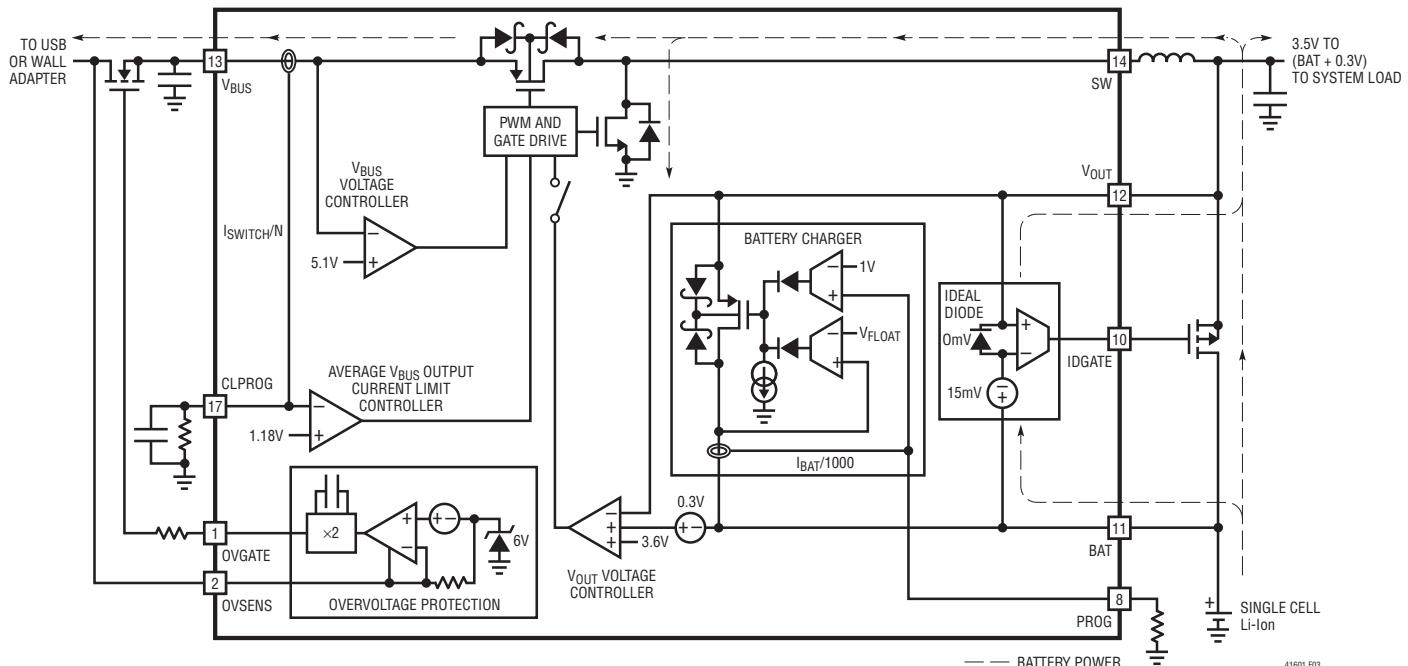


図3. PowerPathのブロック図(USB On-The-Go)

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VOUTが静的に印加されます。これにより、電流がVBUS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_{BUS}がV_{OUT}+180mVを超えて上昇するとPMOSスイッチがイネーブルされ、V_{OUT}+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ャはオフし、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”的状態で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から供給されます。理想ダイオードは、双方方向スイッチング・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。

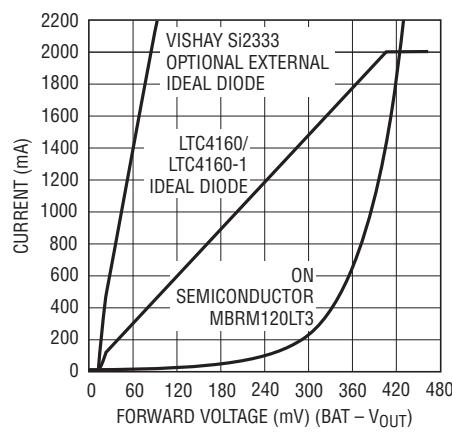


図4. 理想ダイオードのV-I特性

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_{OUT}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_{OUT}に接続し、ドレンを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_{OUT}ピンに電力を供給します(V_{BUS}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_{BUS}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_{OUT}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_{OUT}から給電されますので、V_{OUT}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出力を使わないと、V_{OUT}に接続してディスエーブルします。

バッテリ・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ビス・センサ入力付き定電流/定電圧バッテリ・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。

バッテリの前調整

バッテリの充電サイクルを開始するとき、バッテリ・チャージャはまずバッテリが深放電しているか判定します。バッテリ電圧がV_{TRKL}(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・チャージャは自動的に終了し、バッテリが応答しないことをCHRGピンとFAULTピンを通して表示します。

バッテリ電圧が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。バッテリに供給される電流は1030/R_{PROG}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・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、バッテリ充電電流が最大になります。

充電終了

バッテリ・チャージャは安全タイマを内蔵しています。バッテリ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・チャージャはバッテリ電圧を安定化し、充電電流は自然に減少します。バッテリがフロート電圧に達したことをバッテリ・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・チャージャは終了後オフ状態に留まり、バッテリ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、バッテリがいつかは自己放電します。バッテリ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ョルドより下にバッテリ電圧が下がると、充電サイクルが自動的に開始されます。バッテリ電圧が再充電スレッショ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。再充電スレッショ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、バッテリ電圧は1msより長く再充電スレッショルドより下に下がらなければなりません。さらに、VBUS UVLOが“L”になり、続いて“H”になると(たとえば、VBUSが取り去られ、再度接続されると)、またはバッテリ・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、バッテリ充電電流はPROGの電流の1030倍に達します。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_{OUT}から給電されるシステム負荷が優先されるため、実際のバッテリ充電電流(I_{BAT})はI_{CHG}より低くなります。

バッテリ・チャージャのアルゴリズムを次ページの「バッテリ・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・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、人間とのインター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ー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VBUS入力電流制限状態にあると、CHRGピンはC/10スレッショルドに応答しません。これにより、バッテリ・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・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 |
| バッテリ不良 | High | Low |

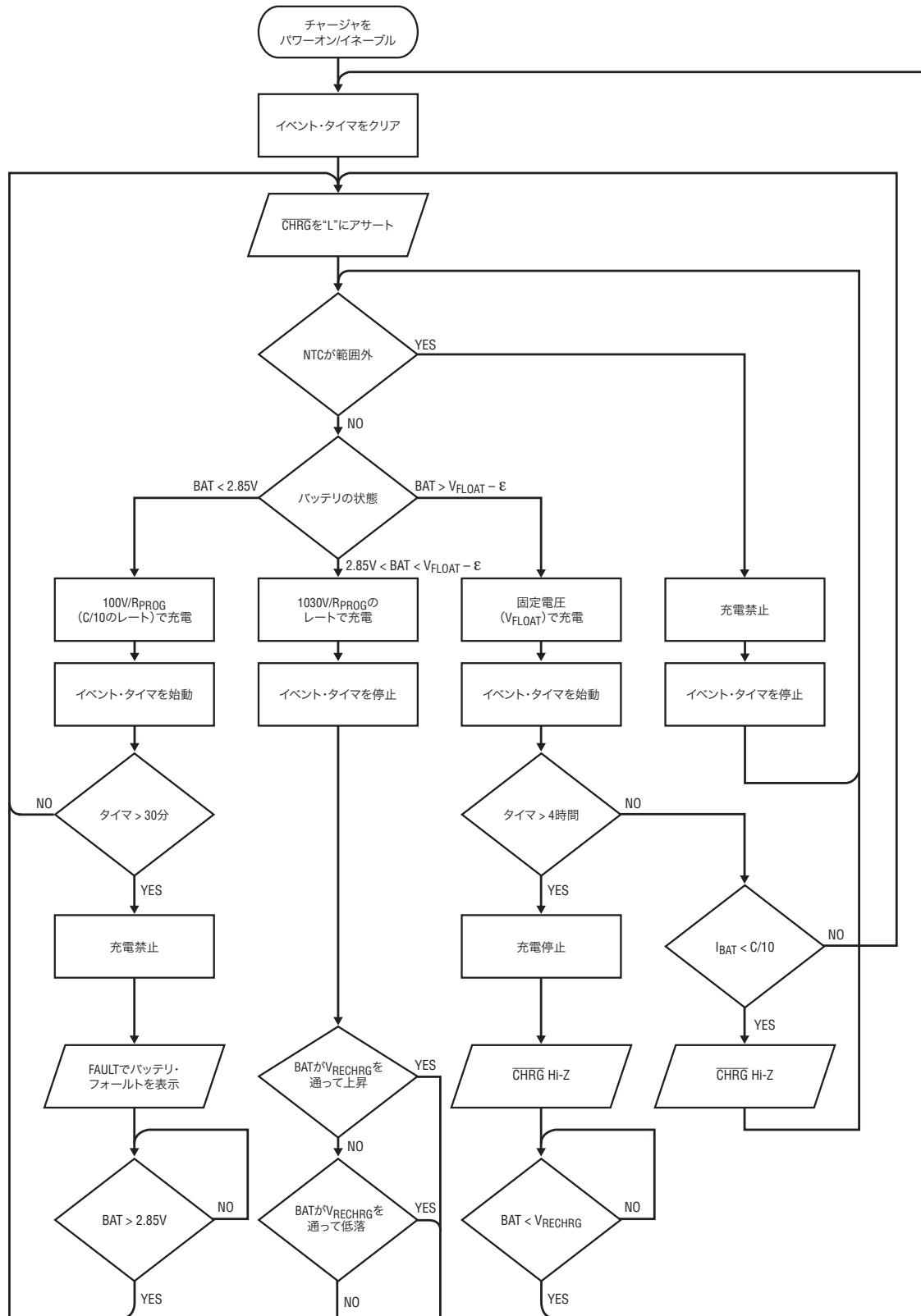
NTCフォールトは、バッテリ温度が範囲から外れている間充電を停止しますが、CHRGピンまたはFAULTピンを使って表示されません。

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・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、不良バッテリのタイムアウト時間内にトリクル充電のスレッショルド電圧より上にバッテリを充電するには電力が十分ではありません。この場合、バッテリ・チャージャは誤って不良バッテリを表示します。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・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・チャージャのフローチャート



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_{BUS}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・フォールトが起きます。どちらのピンも“H”であれば、V_{BUS}に短絡が起きます。

NTCサーミスタ

バッテリの温度は負温度係数(NTC)サーミスタをバッテリ・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% 200ppm抵抗にします。

LTC4160/LTC4160-1はNTCサーミスタの抵抗が R_{25} 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・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_{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です。

過電圧保護

LTC4160/LTC4160-1は、2つの外部部品(NチャネルMOSFETと6.2k抵抗)を使うだけで、V_{BUS}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とそのブレー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チャネルMOSFETがオンしてV_{BUS}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ので、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_{BUS}がVUVLO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なりますため、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。

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

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 |
| DB318C | 3.3 | 1.55 | 0.070 | 3.8 x 3.8 x 1.8 | www.toko.com |
| WE-TPC Type M1 | 3.3 | 1.95 | 0.065 | 4.8 x 4.8 x 1.8 | Wurth Electronik 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VBUSとVOUT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が大きいので推奨しません。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1VRMS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て、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_{BUS}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 _{ON} | 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 |

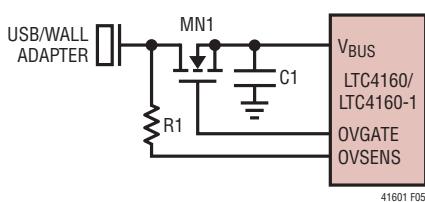


図5. 過電圧保護

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 $\sqrt{(\text{P}_{\text{MAX}} \cdot 6.2\text{k}\Omega)} = 25\text{V}$ 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_{GS}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。

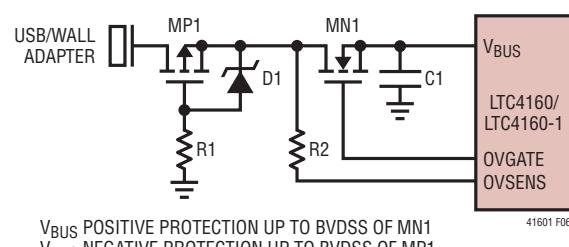


図6. 両極性電圧保護

バッテリ・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スイッチング・レギュレータはV_{BUS}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・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を充電するのに利用できる電流が不十分だと、V_{OUT}のシステム負荷が満たされ、V_{BUS}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す。それは単に、バッテリ・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を充電できるようにするだけです。

バッテリ・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・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 $1\mu\text{F}$ 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所以、不安定性を生じる可能性があります。 $22\mu\text{F}$ までのコンデンサをバッテリ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 $100\mu\text{F}$ 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_{PROG})がある場合、次式を使って R_{PROG} 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_{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ョ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ョ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ョ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。

以下の説明では、以下の表記を使います。

R_{25} = 25°C でのサーミスタの値

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

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

$r_{\text{COLD}} = R_{\text{NTC|COLD}}/R_{25}$ に対する比

$r_{\text{HOT}} = R_{\text{NTC|HOT}}/R_{25}$ に対する比

R_{NOM} = 主サーミスタ・バイアス抵抗(図7を参照)

R_1 = 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、高温スレッショルドの場合 $0.349 \cdot \text{NTCBIAS}$ 、低温スレッショルドの場合 $0.765 \cdot \text{NTCBIAS}$ 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R25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。

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計算することができます。

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

$$R_{NOM} = \frac{r_{COLD}}{3.25} \cdot R25$$

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、 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($R1$)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。

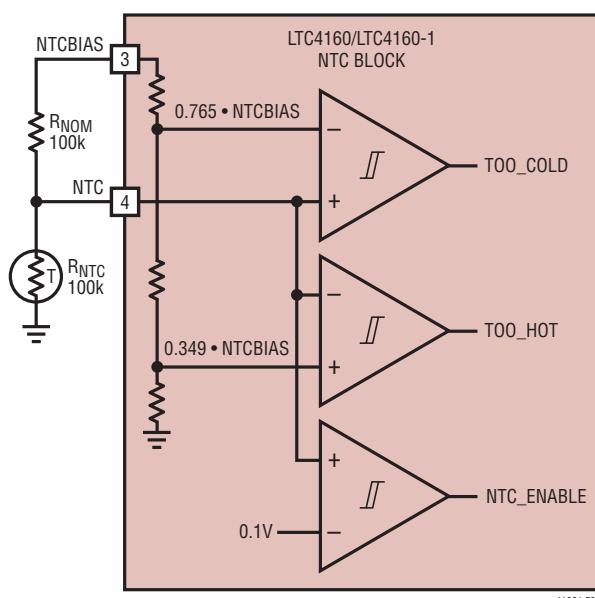


図7. 標準的NTCの構成設定

アプリケーション情報

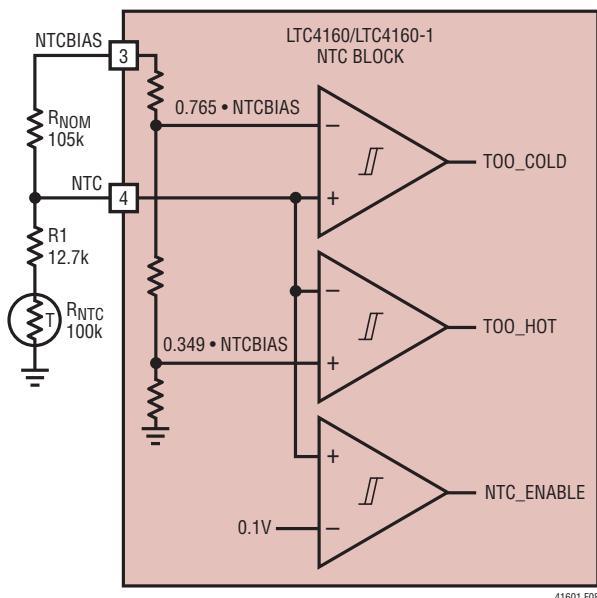


図8. 修正したNTCの構成設定

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}へのワイヤを燃り線にすると、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}+70mV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}+70mVより低い電圧に保たれると、短絡タイムが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。6.5μF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スレッショ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} パルスを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 $6.5\mu F$ の容量よりもくらか大きな容量が接続されたとしても、適切なパルスを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と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り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。

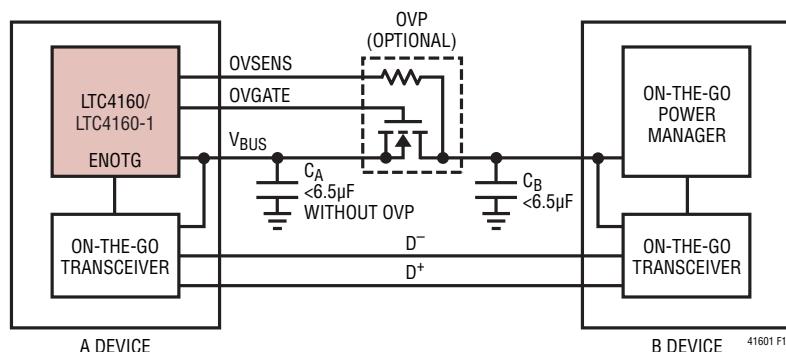


図9. AデバイスとしてのLTC4160/LTC4160-1

アプリケーション情報

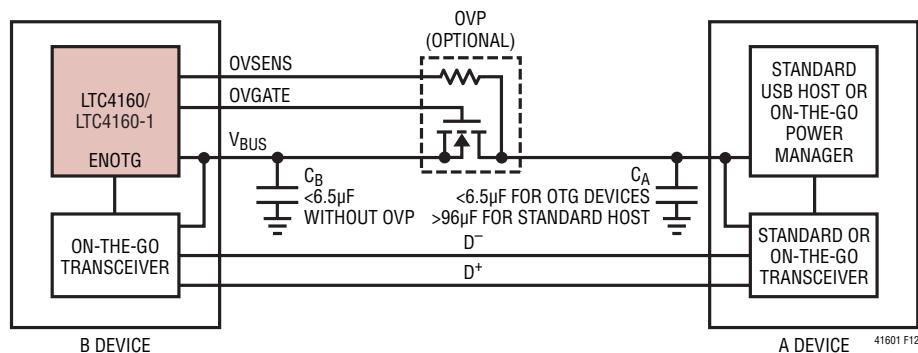


図10. BデバイスとしてのLTC4160/LTC4160-1

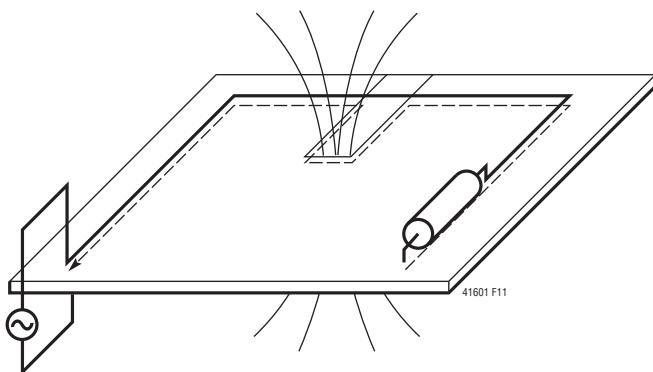


図11. 高周波グランド電流はそれらの入射経路に沿って流れる。グランド・プレーンの切れ込みは大きなループ面積を生じる。大きなループ面積は経路のインダクタンスを大きくし、システム・ノイズが高くなる。

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。

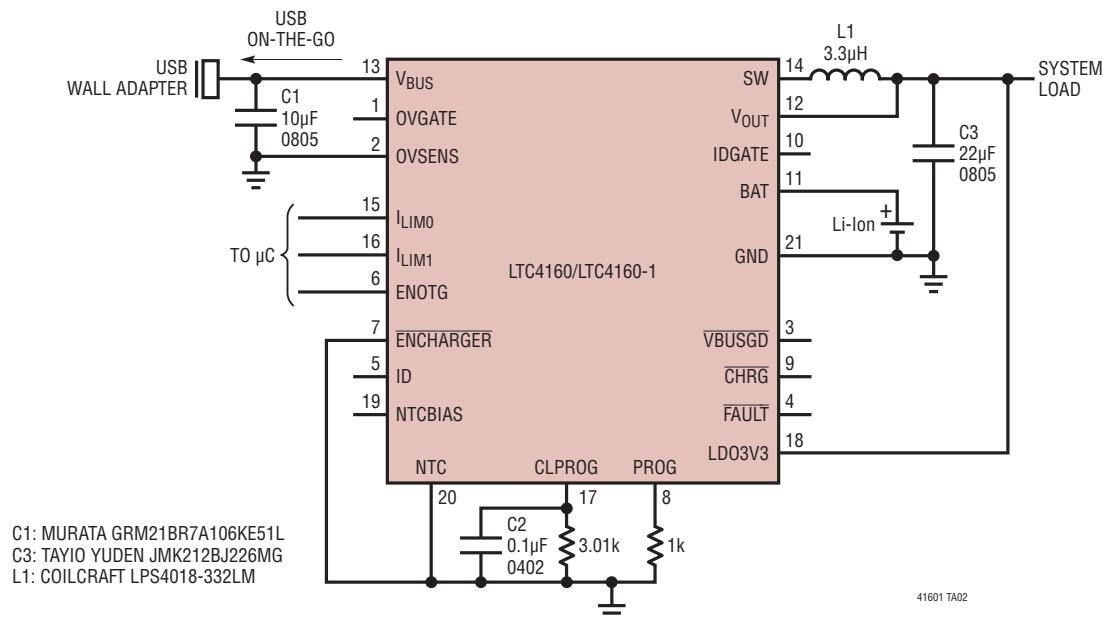
PCボードをレイアウトするときは、以下のチェックリストを使用してLTC4160/LTC4160-1が正しく動作するようにします。

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. 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と寄生カッピングを最小に抑えます。

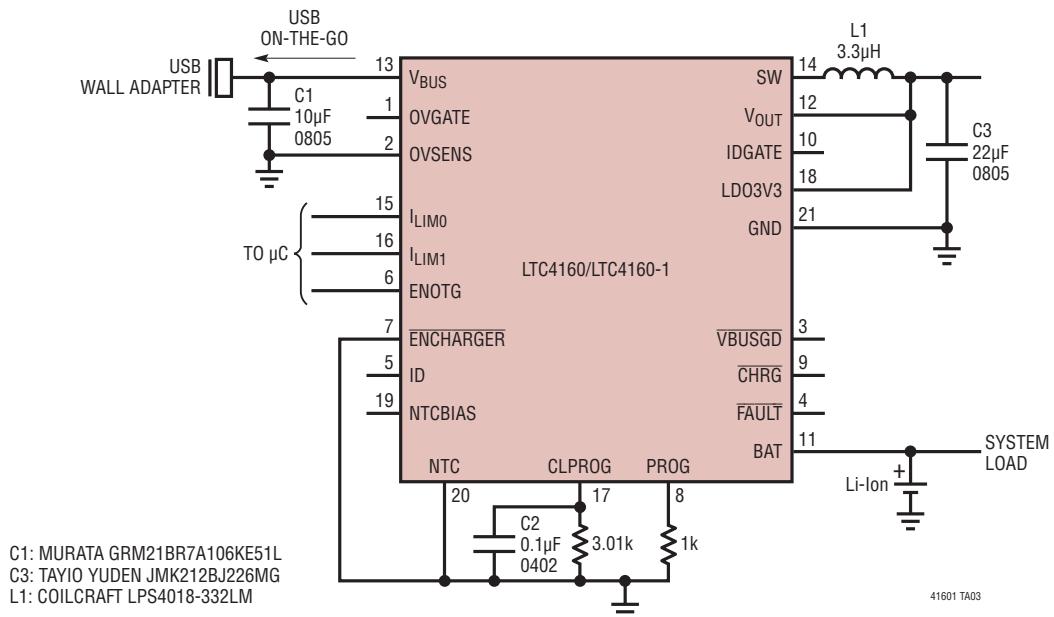
LTC4160/LTC4160-1

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・スタートアップ付きパワーマネージャ/バッテリ・チャージャ

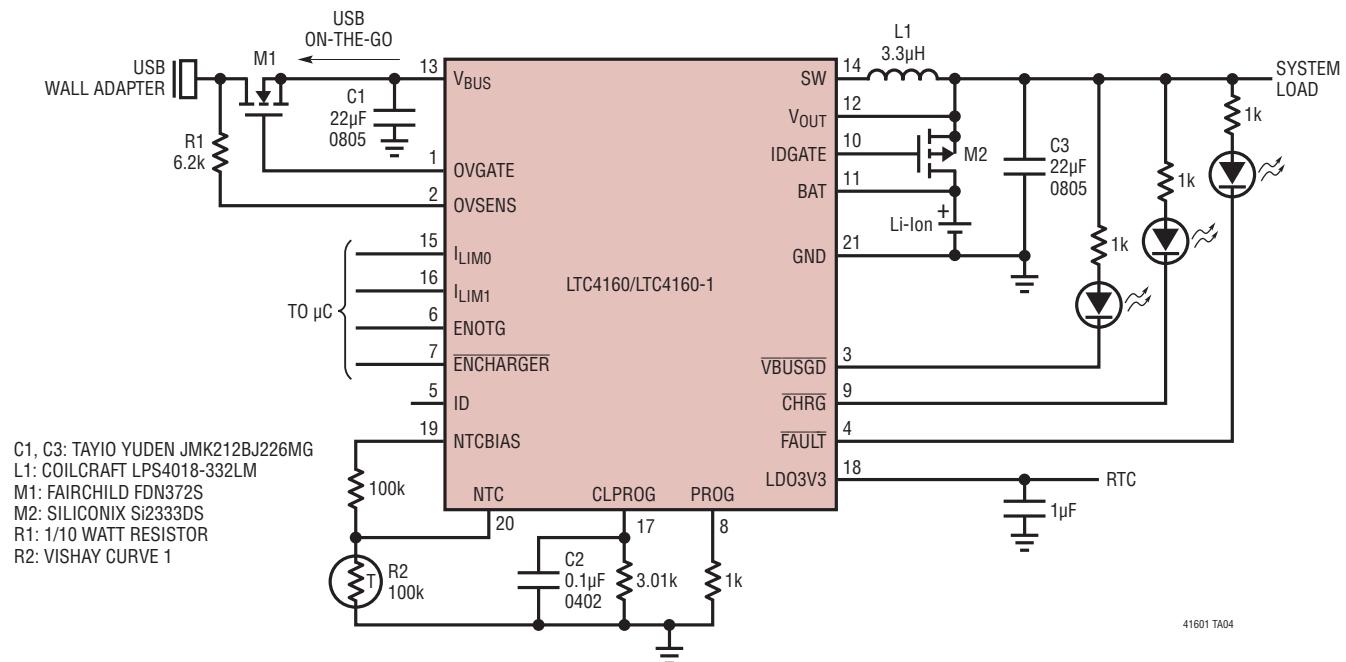


部品数の少ないUSB On-The-Go付きスイッチング・バッテリ・チャージャ

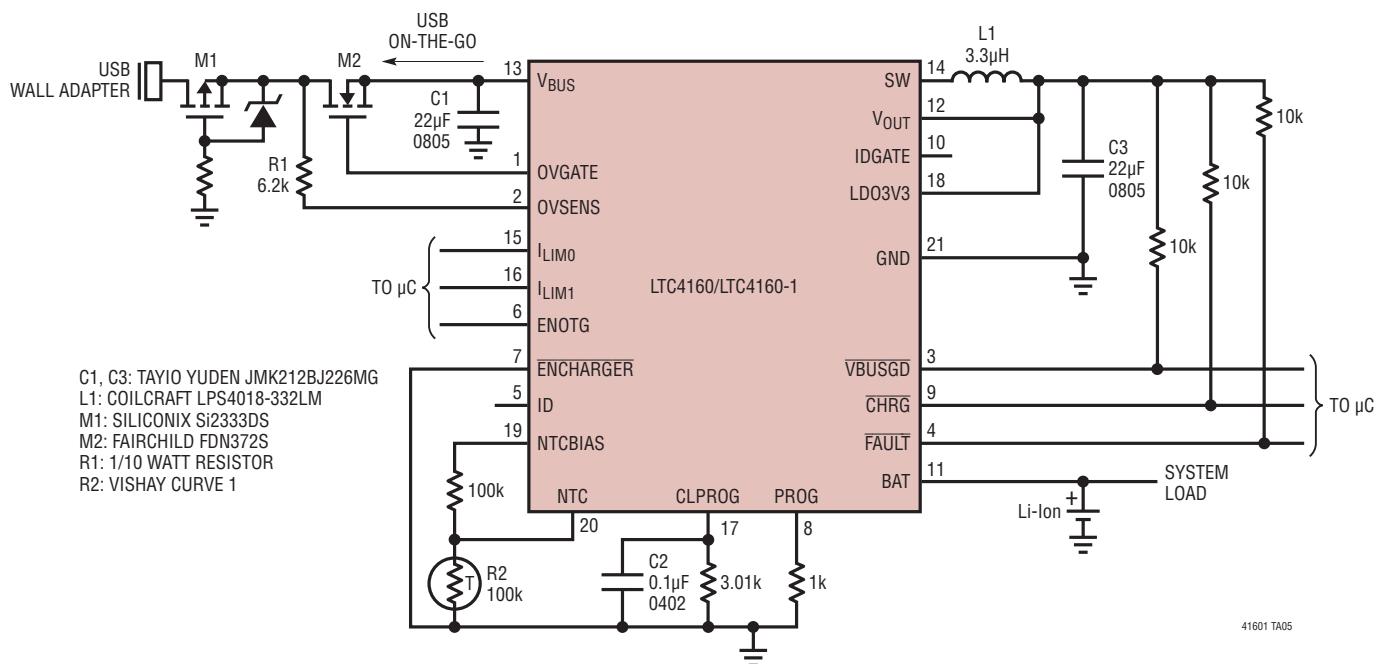


標準的應用例

USB On-The-Go、過電圧保護および低バッテリ・スタートアップ付き高効率パワーマネージャ/バッテリ・チャージャ

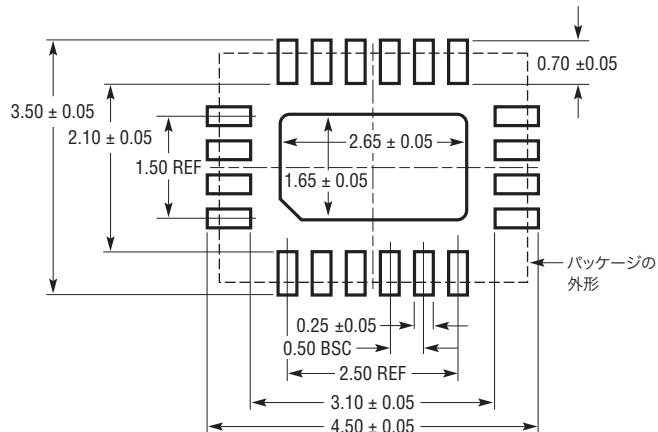


USB On-The-Go、過電圧および逆電圧保護付き高効率スイッチング・バッテリ・チャージャ

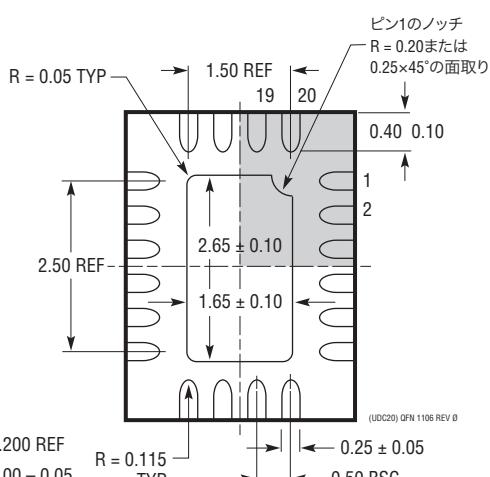
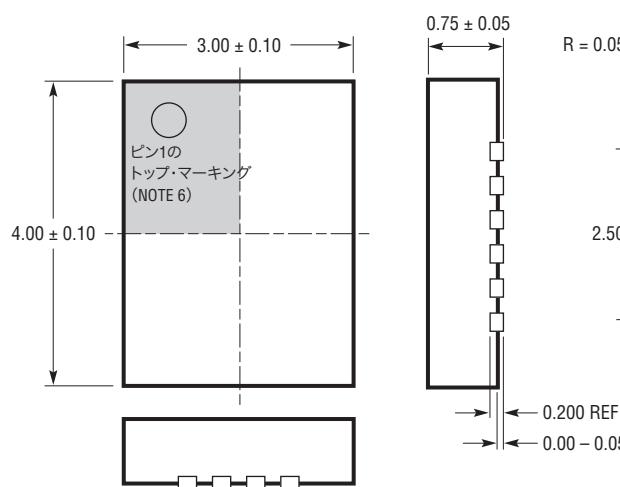


パッケージ

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 Ø)



推奨する半田パッドのピッチと寸法
半田付けされない領域には半田マスクを使用する



底面図—露出パッド

NOTE:

1. 図はJEDECのパッケージ外形ではない
2. 図は実寸とは異なる
3. 全ての寸法はミリメートル
4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

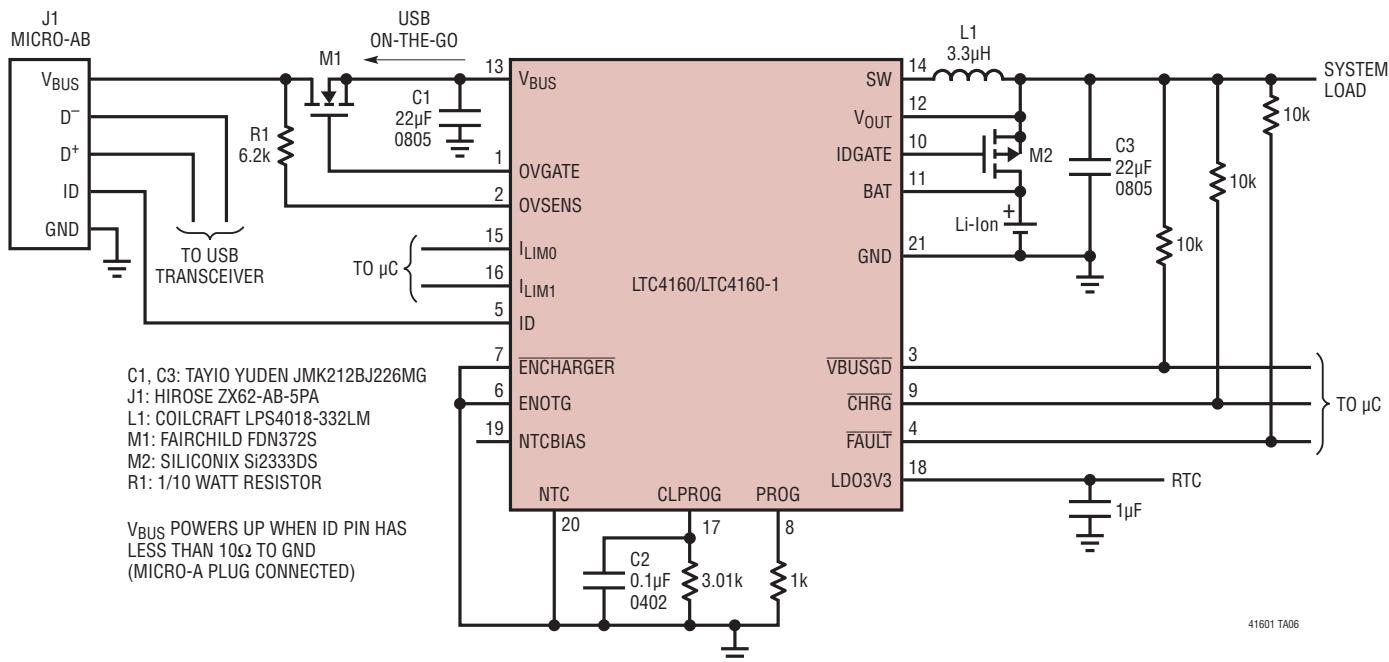
改訂履歴 (Rev Aよりスタート)

| 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

標準的應用例

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・チャージャ



関連製品

| 製品番号 | 説明 | 注釈 |
|-----------------------|--|---|
| パワーマネージメント | | |
| 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、 $<50\text{m}\Omega$ 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、 $<50\text{m}\Omega$ 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、 $<50\text{m}\Omega$ 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・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、 $<50\text{m}\Omega$ 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 ² C制御USBパワーマネージャおよびバッテリ・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、 $<50\text{m}\Omega$ 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 ² C制御、4mm×3mm 20ピンQFNパッケージ |

41601fa