

過電圧保護付き、USB 準拠 スイッチング・パワーマネージャ/ リチウムイオン・チャージャ

特長

- Bat-Track™ 適応型出力制御付きスイッチング・レギュレータにより、バッテリーの充電やアプリケーション機器への給電に、USB ポートから得られる制限された電力を最適利用
- 過電圧保護による損傷防止
- 外部降圧スイッチング・レギュレータの Bat-Track 制御により、車載、Firewire などの高電圧入力源で最大効率を達成
- 内蔵の 180mΩ 理想ダイオードと外付け理想ダイオード・コントローラにより、入力電源が制限されている場合や使用できない場合に低損失 PowerPath™ をシームレスに実現
- 0.5% 精度のプリセット 4.2V 充電電圧 (LTC4098-1 では 4.1V)
- 4.1V のフロート電圧 (LTC4098-1) によりバッテリー寿命を延ばし、高温での安全性のマージンを改善
- バッテリー消耗時の瞬時オン動作
- USB ポートからの負荷電流: 最大 700mA
- 熱制限付きの充電電流: 1.5A (最大)
- 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
- GPS
- PDA
- スマートフォン

概要

LTC® 4098/LTC4098-1は、高効率USB PowerPathコントローラおよびフル機能リチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャです。これらのデバイスは、USB、ACアダプタ、車載、firewire などの高電圧DC/DCコンバータ、リチウムイオン/ポリマー・バッテリーなどの複数の電源からの配電をシームレスに管理します。

LTC4098/LTC4098-1の内部スイッチング・レギュレータは、USBと互換性を持たせるために入力電流を自動的に制限します。LTC4098/LTC4098-1はリニアテクノロジーの外部スイッチング・レギュレータとインタフェースして、高効率の高電圧パワーパスを実現するので、車載などの高電圧アプリケーションに対応できます。USB入力とオプションの高電圧入力はいずれも、Bat-Trackによる最適化された充電を行って、アプリケーションに最大限の電力を供給し、5V~38Vの入力電源を使用する高電力密度アプリケーションにおける熱の問題を緩和することができます。

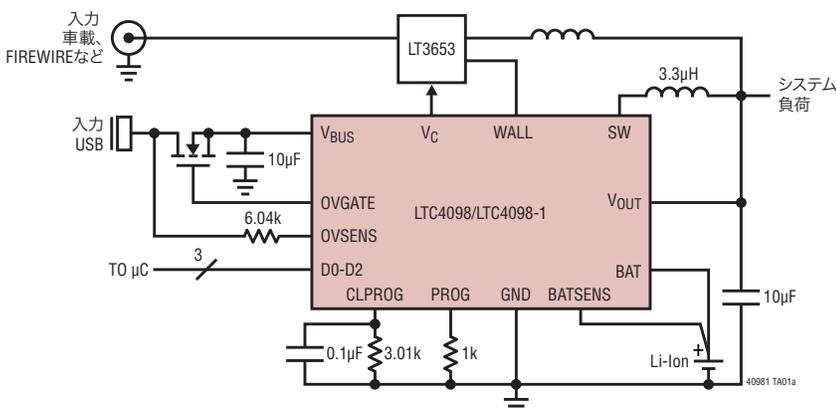
LTC4098/LTC4098-1は過電圧保護回路により、NチャンネルFETと抵抗を使用して、USB/ACアダプタ入力の高電圧による損傷を防ぎます。

LTC4098/LTC4098-1は3mm×4mm×0.75mmの20ピン表面実装QFNパッケージで供給されます。

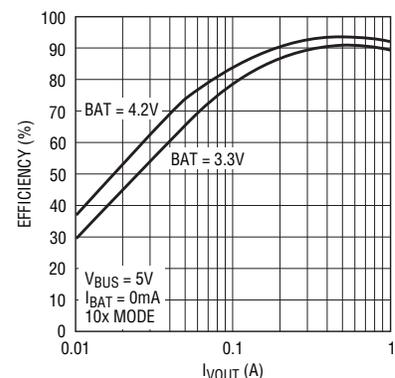
LT、LT、LTC、LTM、Linear Technology、および Linear のロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。Bat-Track および PowerPath はリニアテクノロジー社の商標です。他の全ての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。

標準的応用例

過電圧保護付き高効率USB/車載バッテリー・チャージャ



USBスイッチング・レギュレータの効率とシステム負荷 (P_{VOUT}/P_{VBUS})



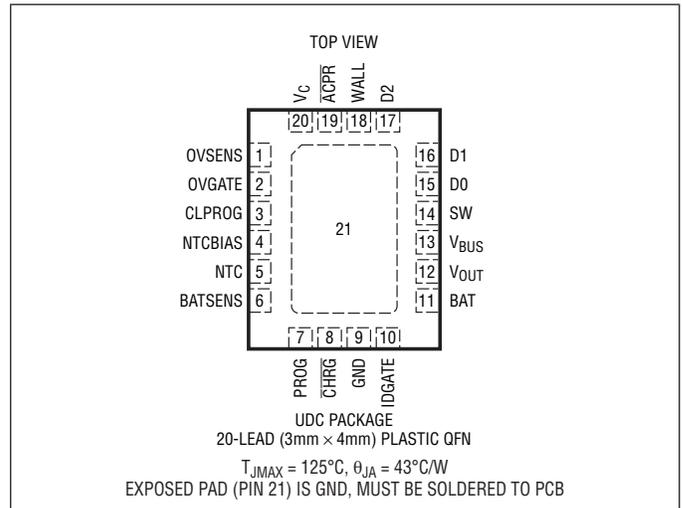
LTC4098/LTC4098-1

絶対最大定格

(Note 1)

V_{BUS} 、WALL (過渡) $t < 1ms$ 、 デューティ・サイクル $< 1\%$	-0.3V~7V
V_{BUS} 、WALL (スタチック)、BAT、BATSENS、 CHRG、NTC、	-0.3V~6V
D0、D1、D2	-0.3V~Max (V_{BUS} , V_{OUT} , BAT)+0.3V
I_{OVSENS}	$\pm 10mA$
I_{CLPROG}	3mA
I_{PROG}	2mA
I_{CHRG}	50mA
I_{VOUT} 、 I_{SW} 、 I_{BAT}	2A
I_{ACPR}	10mA
動作温度範囲 (Note 2)	-40°C~85°C
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
LTC4098EPDC#PBF	LTC4098EPDC#TRPBF	DDVT	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UTQFN	-40°C to 85°C (OBSOLETE)
LTC4098EUDC#PBF	LTC4098EUDC#TRPBF	LDDT	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic QFN	-40°C to 85°C
LTC4098EPDC-1#PBF	LTC4098EPDC-1#TRPBF	DSZT	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic UTQFN	-40°C to 85°C (OBSOLETE)
LTC4098EUDC-1#PBF	LTC4098EUDC-1#TRPBF	LFXX	20-Lead (3mm x 4mm) Plastic QFN	-40°C to 85°C

より広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社へお問い合わせください。

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

電気的特性

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

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
入力電源						
V_{BUS}	Input Supply Voltage		● 4.35		5.5	V
$I_{VBUS(LIM)}$	Total Input Current	1x Mode	● 92	97	100	mA
		5x Mode	● 445	473	500	mA
		10x Mode	● 815	883	1000	mA
		Low Power Suspend Mode	● 0.32	0.39	0.5	mA
		High Power Suspend Mode	● 1.6	2.05	2.5	mA
I_{VBUSQ} (Note 4)	Input Quiescent Current	1x Mode		6		mA
		5x Mode		15		mA
		10x Mode		15		mA
		Low Power Suspend Mode		0.042		mA
		High Power Suspend Mode		0.042		mA
h_{CLPROG} (Note 4)	Ratio of Measured V_{BUS} Current to CLPROG Program Current	1x Mode		230		mA/mA
		5x Mode		1164		mA/mA
		10x Mode		2210		mA/mA
		Low Power Suspend Mode		11.6		mA/mA
		High Power Suspend Mode		60		mA/mA

40981fc

電气的特性

● 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。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
I_{VOUT}	V_{OUT} Current Available Before Discharging Battery	1x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$		135		mA
		5x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$		659		mA
		10x Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$		1231		mA
		Low Power Suspend Mode	0.26	0.32	0.41	mA
		High Power Suspend Mode	1.6	2.04	2.46	mA
V_{CLPROG}	CLPROG Servo Voltage in Current Limit	1x, 5x, 10x Modes Suspend Modes		1.188 100		V mV
V_{UVLO}	V_{BUS} Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold	3.95	4.30 4.00	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, $0\text{V} < \text{BAT} \leq 4.2\text{V}$, $I_{\text{VOUT}} = 0\text{mA}$, Battery Charger Off	3.5	$\text{BAT} + 0.3$	4.7	V
		USB Suspend Modes, $I_{\text{VOUT}} = 250\mu\text{A}$	4.5	4.6	4.7	V
f_{OSC}	Switching Frequency		1.96	2.25	2.65	MHz
R_{PMOS}	PMOS On-Resistance			0.18		Ω
R_{NMOS}	NMOS On-Resistance			0.30		Ω
I_{PEAK}	Peak Inductor Current Clamp	1x Mode		1.2		A
		5x Mode		1.7		A
		10x Mode		3		A
R_{SUSP}	Suspend LDO Output Resistance			15		Ω
Bat-Track外部スイッチング・レギュレータ制御						
V_{WALL}	Absolute WALL Input Threshold	Rising Threshold	4.2	4.3	4.4	V
		Falling Threshold		3.2		V
ΔV_{WALL}	Differential WALL Input Threshold	WALL-BAT Rising Threshold	0	90		mV
		WALL-BAT Falling Threshold		30	45	mV
	Regulation Target		3.5	$\text{BAT} + 0.3$		V
	WALL Quiescent Current			100		μA
	ACPR High Voltage	$I_{\text{ACPR}} = 0\text{mA}$		V_{OUT}		V
	ACPR Low Voltage	$I_{\text{ACPR}} = 0\text{mA}$		0		V
過電圧保護						
V_{OVP}	Overvoltage Protection Threshold	Rising Threshold, $R_{\text{OVSENS}} = 6.04\text{k}$	6.20	6.35	6.50	V
V_{OVGATE}	OVGATE Output Voltage	Input Below V_{OVP}		$1.88 \cdot V_{\text{OVSENS}}$	12	V
		Input Above V_{OVP}		0		V
t_{RISE}	OVGATE Time to Reach Regulation	$C_{\text{OVGATE}} = 1\text{nF}$		2.2		ms
バッテリー・チャージャ						
V_{FLOAT}	LTC4098 BAT Regulated Output Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	4.179	4.200	4.221	V
			4.165	4.200	4.235	V
	LTC4098-1 BAT Regulated Output Voltage	$0^\circ\text{C} \leq T_A \leq 85^\circ\text{C}$	4.080	4.100	4.121	V
			4.066	4.100	4.134	V
I_{CHG}	Constant-Current Mode Charge Current	$R_{\text{PROG}} = 1\text{k}$, 10x Mode	980	1030	1080	mA
		$R_{\text{PROG}} = 5\text{k}$, 5x, 10x Modes	192	206	220	mA
I_{BAT}	Battery Drain Current	$V_{\text{BUS}} > V_{\text{UVLO}}$, PowerPath Switching Regulator On, Battery Charger Off, $I_{\text{VOUT}} = 0\mu\text{A}$		3.7	5	μA
		$V_{\text{BUS}} = 0\text{V}$, $I_{\text{VOUT}} = 0\mu\text{A}$ (Ideal Diode Mode)		25	35	μA

40981fc

LTC4098/LTC4098-1

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。注記がない限り、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
V_{PROG}	PROG Pin Servo Voltage			1.000		V
$V_{\text{PROG,TRKL}}$	PROG Pin Servo Voltage in Trickle Charge	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$		0.100		V
h_{PROG}	Ratio of I_{BAT} to PROG Pin Current			1030		mA/mA
V_{TRKL}	Trickle Charge Threshold Voltage	BAT Rising	2.7	2.85	3	V
ΔV_{TRKL}	Trickle Charge Hysteresis Voltage			130		mV
V_{RECHRG}	Recharge Battery Threshold Voltage	Threshold Voltage Relative to V_{FLOAT}	-80	-100	-120	mV
t_{TERM}	Safety Timer Termination Period	Timer Starts When $\text{BAT} = V_{\text{FLOAT}}$	3.4	4	4.6	Hour
t_{BADBAT}	Bad Battery Termination Time	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$	0.43	0.5	0.58	Hour
$h_{\text{C/10}}$	End of Charge Indication Current Ratio	(Note 5)	0.09	0.1	0.11	mA/mA
V_{CHRG}	CHRG Pin Output Low Voltage	$I_{\text{CHRG}} = 5\text{mA}$		65	100	mV
I_{CHRG}	CHRG Pin Input Current	$\text{BAT} = 4.5\text{V}$, $V_{\text{CHRG}} = 5\text{V}$		0	1	μA
$R_{\text{ON_CHG}}$	Battery Charger Power FET On-Resistance (Between V_{OUT} and BAT)	$I_{\text{BAT}} = 200\text{mA}$		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	75.0	76.5 1.5	78.0	%NTCBIAS %NTCBIAS
V_{HOT}	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	33.4	34.9 1.5	36.4	%NTCBIAS %NTCBIAS
V_{DIS}	NTC Disable Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	0.7	1.7 50	2.7	%NTCBIAS mV
I_{NTC}	NTC Leakage Current	NTC = 5V	-50		50	nA

理想ダイオード

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

ロジック (D0、D1、D2)

V_{IL}	Input Low Voltage				0.4	V
V_{IH}	Input High Voltage		1.2			V
I_{PD}	Static Pull-Down Current	$V_{\text{PIN}} = 1\text{V}$		2		μA

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: LTC4098E/LTC4098E-1 は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

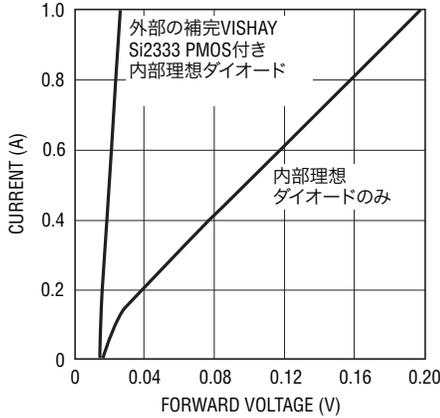
Note 3: LTC4098E/LTC4098E-1 には短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護機能がアクティブなとき接合部温度は 125°C を超える。規定された最高動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう、またはデバイスを永久的に損傷するおそれがある。

Note 4: 合計入力電流 ($I_{\text{VBUS(LIM)}}$) は $I_{\text{VBUSQ}} + (V_{\text{CLPROG}}/R_{\text{CLPROG}}) \cdot (h_{\text{CLPROG}} + 1)$ に等しい。

Note 5: $h_{\text{C/10}}$ は、5k の 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。

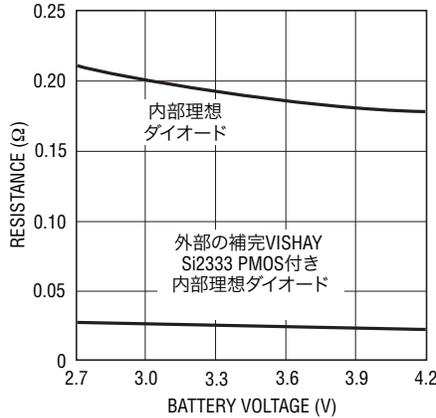
標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

理想ダイオードのV-I特性



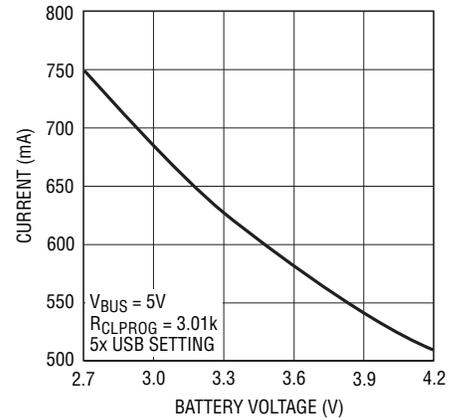
40981 G01

理想ダイオードの抵抗と バッテリー電圧



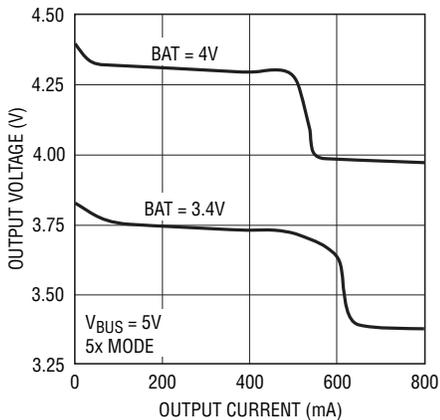
40981 G02

バッテリーを放電する前に供給可能な USBに準拠した負荷電流



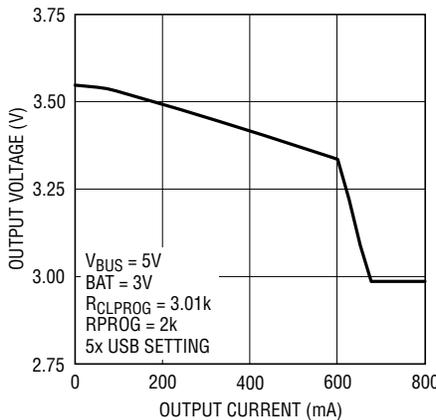
40981 G03

V_{OUT} の電圧と電流 (バッテリー・チャージャはディスエーブル)



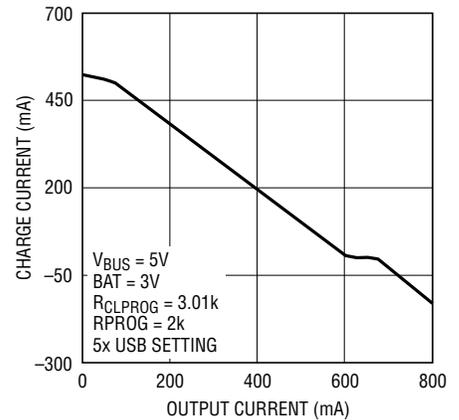
40981 G04

V_{OUT} の電圧と電流 (バッテリー・チャージャはイネーブル)



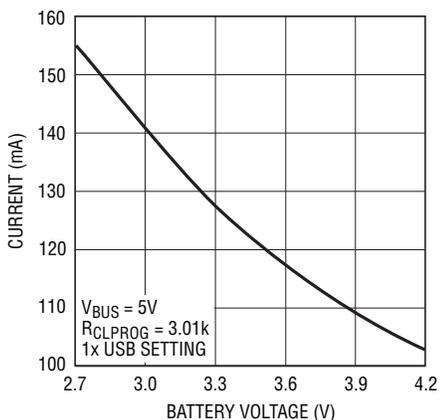
40981 G05

バッテリー充電電流と V_{OUT} の電流 (バッテリー・チャージャはイネーブル)



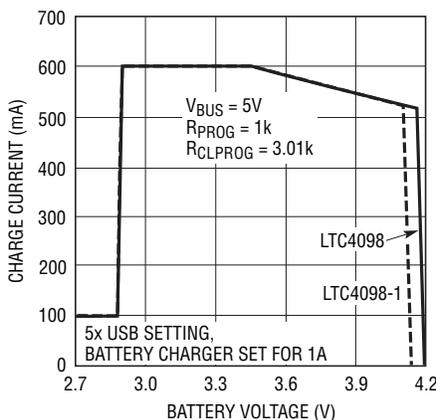
40981 G06

バッテリーを放電する前に供給可能な USBに準拠した負荷電流



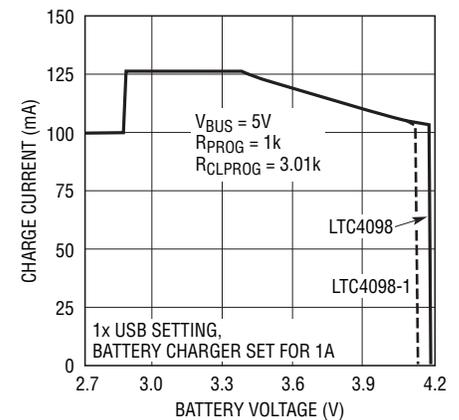
40981 G07

USBで制限されたバッテリー充電 電流とバッテリー電圧



40981 G08

USBで制限されたバッテリー充電 電流とバッテリー電圧

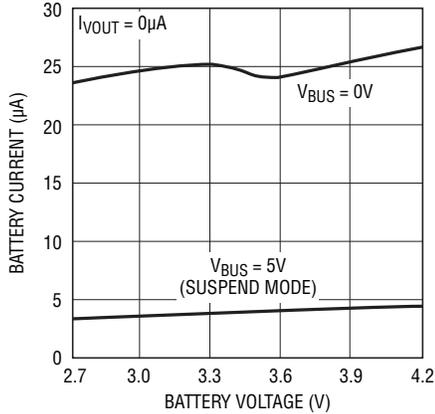


40981 G09

LTC4098/LTC4098-1

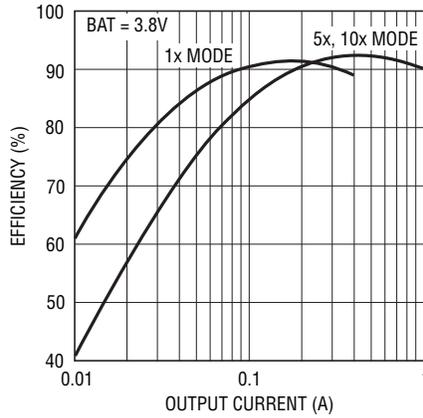
標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

バッテリーの流出電流とバッテリー電圧



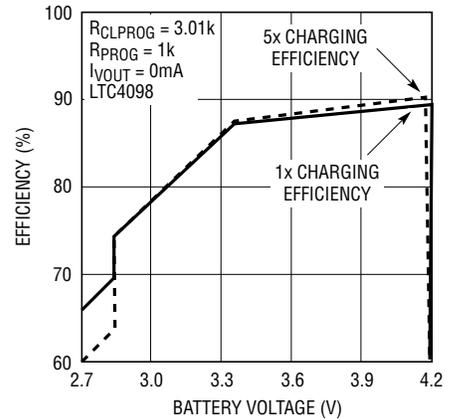
40981 G10

PowerPathスイッチング・レギュレータの効率と出力電流



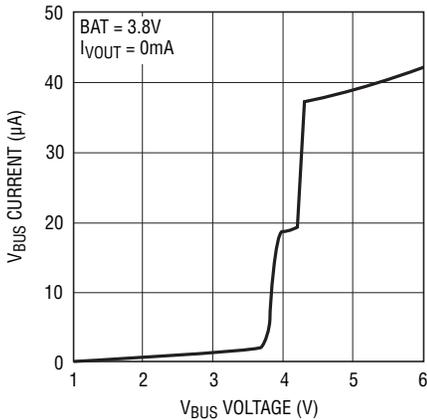
40981 G11

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_{VBUS})



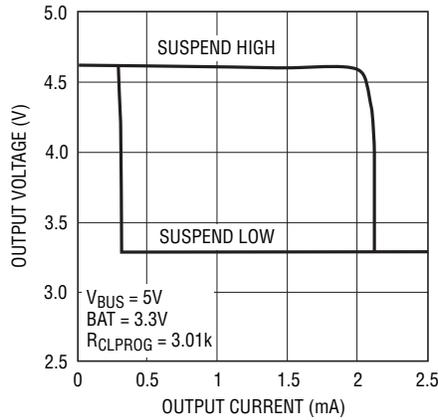
40981 G12

V_{BUS} 電流と V_{BUS} 電圧(サスペンド)



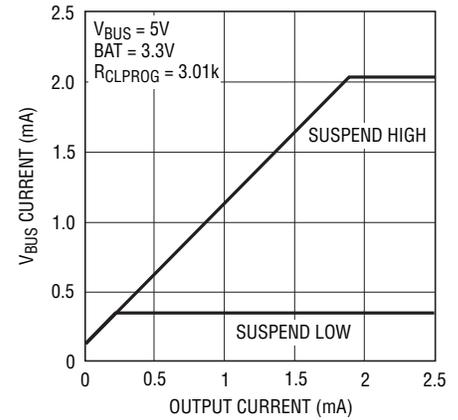
40981 G13

サスペンド時の V_{OUT} 電圧と V_{OUT} 電流



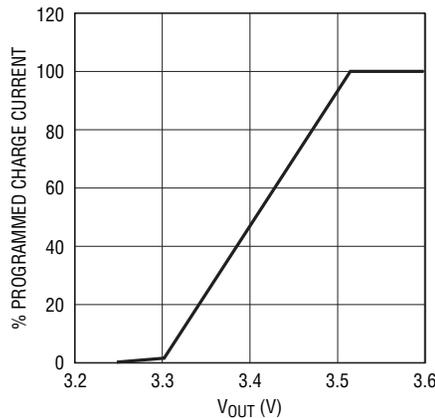
40981 G14

サスペンド時の V_{BUS} 電流と V_{OUT} 電圧



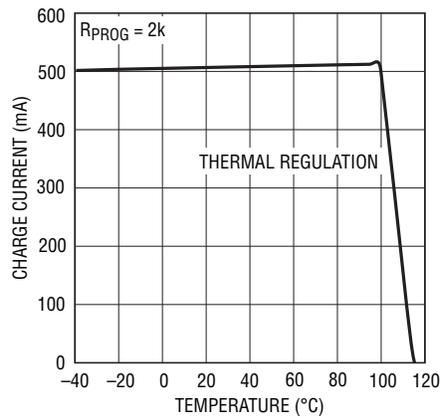
40981 G15

バッテリー充電電流の自動低減



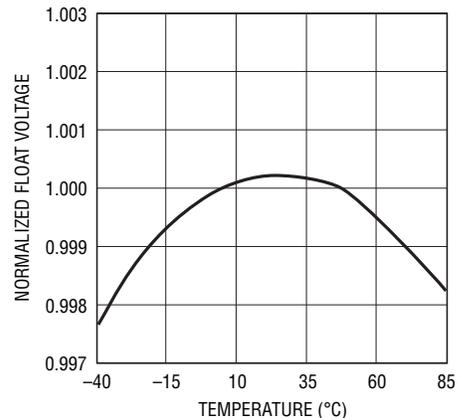
40981 G16

バッテリー充電電流と温度



40981 G17

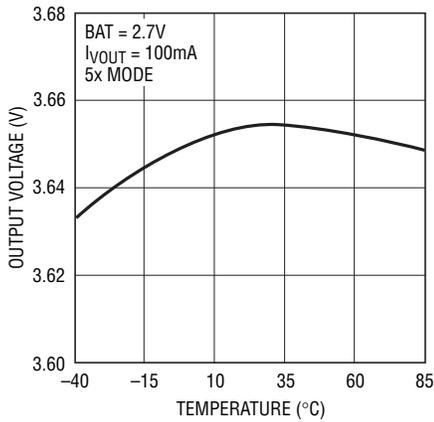
正規化されたバッテリー・チャージャのフロート電圧と温度



40981 G18
40981fc

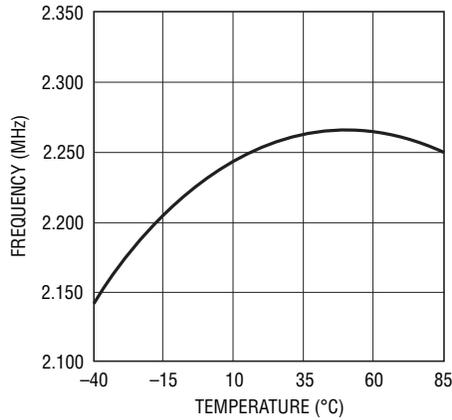
標準的性能特性 注記がない限り $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。

低バッテリー(瞬時オン)出力電圧と温度



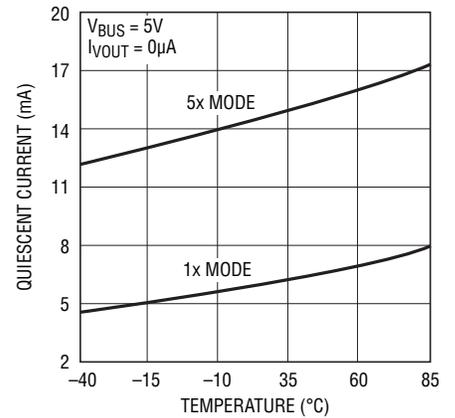
40981 G19

発振器周波数と温度



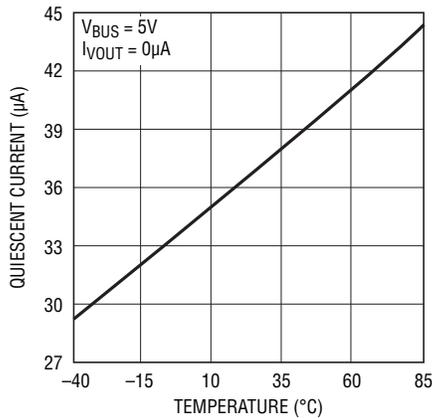
40981 G20

V_{BUS} 消費電流と温度



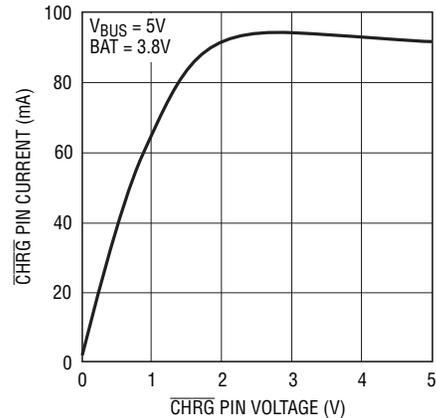
40981 G21

サスペンド時の消費電流と温度



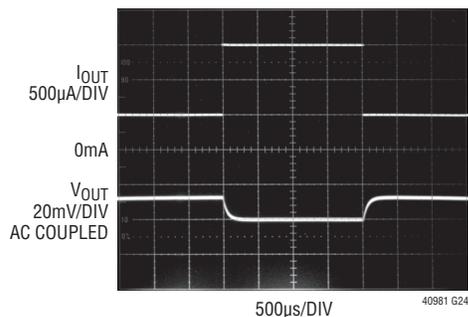
40981 G22

CHRGピンの電流と電圧 (プルダウン状態)



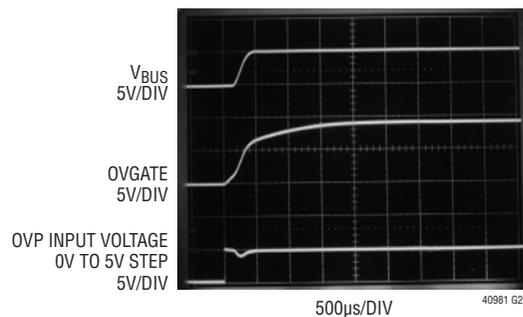
40981 G23

サスペンドLDOの過渡応答 (500µAから1.5mA)



40981 G24

OVP接続時の波形

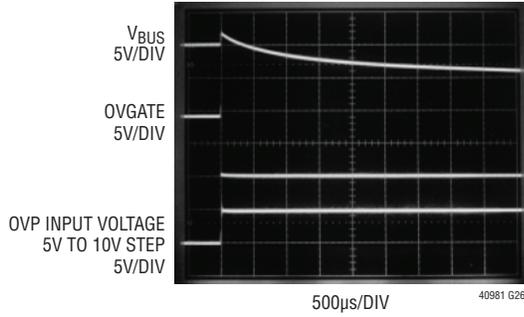


40981 G25

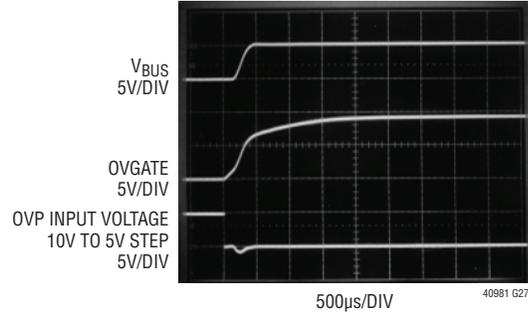
LTC4098/LTC4098-1

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

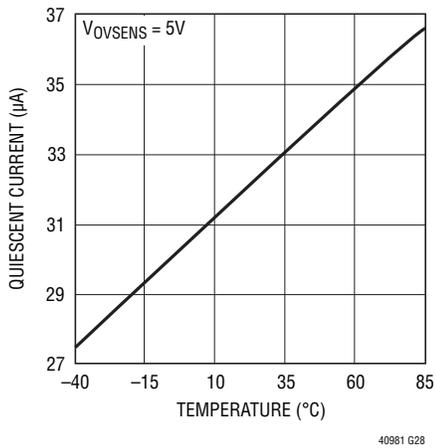
OVP保護の波形



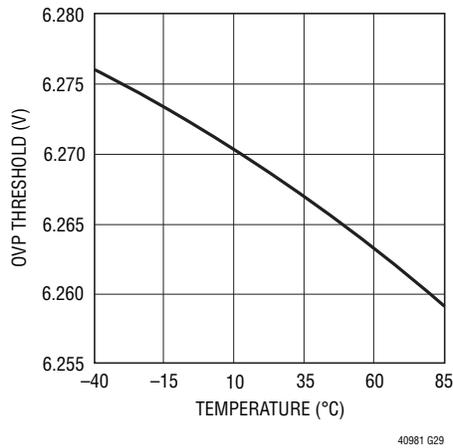
OVP再接続時の波形



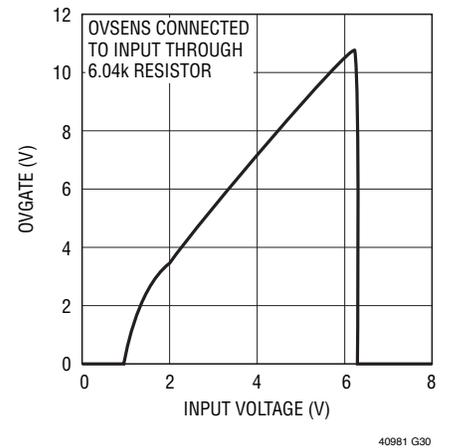
OVSENS消費電流と温度



上昇方向過電圧スレッシュホールドと温度



OVGATEとOVSENS



ピン機能

OVSENS (ピン1) : 過電圧保護検出入力。OVSENSは6.04k抵抗を通して入力電源コネクタおよび外部NチャネルMOSパス・トランジスタのドレインに接続します。このピンの電圧が予め設定されたレベルを超えると、OVGATEピンがGNDに引き下げられてパス・トランジスタをディスエーブルし、下流の回路を保護します。過電圧保護を望まない場合、OVSENSをGNDに接続します。

OVGATE (ピン2) : 過電圧保護ゲート出力。OVGATEは外部NチャネルMOSパス・トランジスタのゲート・ピンに接続します。トランジスタのソースを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。このピンはパス・トランジスタを完全にエンハンスするのに十分なオーバードライブを発生することができる内部チャージポンプに接続されています。過電圧状態が検出されると、OVGATEが急速にグラウンドに引き下げられて下流の回路へのダメージを防ぎます。OVGATEはOVSENSと連携して機能し、この保護を与えます。過電圧保護を望まないなら、OVGATEをオープンのままにします。

CLPROG (ピン3) : USB電流制限のプログラミングとモニタ用ピン。CLPROGからグラウンドに接続した1%抵抗によってV_{BUS}ピンから引き出される電流の上限が決まります。ハイサイド・スイッチがオンのとき、入力電流の精密な一部 (h_{CLPROG}) 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1.188Vに達するまで電力を供給します。したがって、V_{BUS}から引き出される電流はh_{CLPROG}とR_{CLPROG}によって与えられる量に制限されます。利用可能なh_{CLPROG}のいくつかの比があります。そのうちの2つは500mAと100mAのUSB仕様に対応します。平均化のための多層セラミック・コンデンサがフィルタ処理のためにCLPROGにも必要です。

NTCBIAS (ピン4) : 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5) : NTCサーミスタ・モニタ回路への入力。NTCピンは、一般にバッテリー・パックと一緒にパッケージに収められている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、バッテリー温度が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機能を望まないなら、NTCピンを接地します。

BATSENS (ピン6) : バッテリー電圧検出入力。正しく動作させるには、このピンを常にBATに接続する必要があります。最良の性能を得るには、BATSENSをリチウムイオン・セルに物理的に近づけてBATに接続します。

PROG (ピン7) : 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。1%抵抗をPROGからグラウ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。

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

CHRG (ピン8) : オープン・ドレインの充電状態出力。CHRGピンはバッテリー・チャージャの状態を表します。4つの可能な状態 (充電中、充電中ではない、応答なしのバッテリー、およびバッテリー温度が範囲外) がCHRGで表されます。CHRGは35kHzで変調され、人間またはマイクロプロセッサのどちらでも簡単に認識できるように高低のデューティ・サイクルの間で切り替わります。表示するにはプルアップ抵抗またはLEDがCHRGに必要です。

GND (ピン9、21) : 電気的および熱的に低インピーダンスでグラウンドに接続するため、露出パッドとピンをPCBに半田付けする必要があります。

IDGATE (ピン10) : 理想ダイオードのアンプ出力。このピンは、内部理想ダイオードを補うのに使われる外部PチャネルMOSFETトランジスタのゲートを制御します。PチャネルMOSFETのソースをV_{OUT}に接続し、ドレインをBATに接続します。

BAT (ピン11) : 1セル・リチウムイオン・バッテリー・ピン。利用可能な電力と負荷に依存して、BATのリチウムイオン・バッテリーは、理想ダイオードを通してシステムの電力をV_{OUT}に供給するか、またはバッテリー・チャージャから充電されます。LTC4098は4.200Vの最大電圧まで充電します。LTC4098-1は4.100Vの最大電圧まで充電します。

ピン機能

V_{OUT} (ピン12) : スイッチングPowerPathコントローラの実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_{OUT}から給電します。LTC4098/LTC4098-1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_{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。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。

V_{BUS} (ピン13) : スイッチングPowerPathコントローラの入力電圧。V_{BUS}は通常コンピュータのUSBポートまたはACアダプタのDC出力に接続します。V_{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ピンは降圧スイッチング・レギュレータを介してV_{BUS}からV_{OUT}に電力を供給します。インダクタをSWからV_{OUT}に接続します。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。

D0 (ピン15) : モード選択入力ピン。D0は、D1ピンおよびD2ピンと組み合わされて、LTC4098/LTC4098-1の電流制限とバッテリー・チャージャの機能を制御します(表1を参照)。このピンは弱い電流シンクで“L”に引き下げられています。

D1 (ピン16) : モード選択入力ピン。D1は、D0ピンおよびD2ピンと組み合わされて、LTC4098/LTC4098-1の電流制限とバッテリー・チャージャの機能を制御します(表1を参照)。このピンは弱い電流シンクで“L”に引き下げられています。

D2 (ピン17) : モード選択入力ピン。D2は、D0ピンおよびD1ピンと組み合わされて、LTC4098/LTC4098-1の電流制限とバッテリー・チャージャの機能を制御します(表1を参照)。このピンは弱い電流シンクで“L”に引き下げられています。

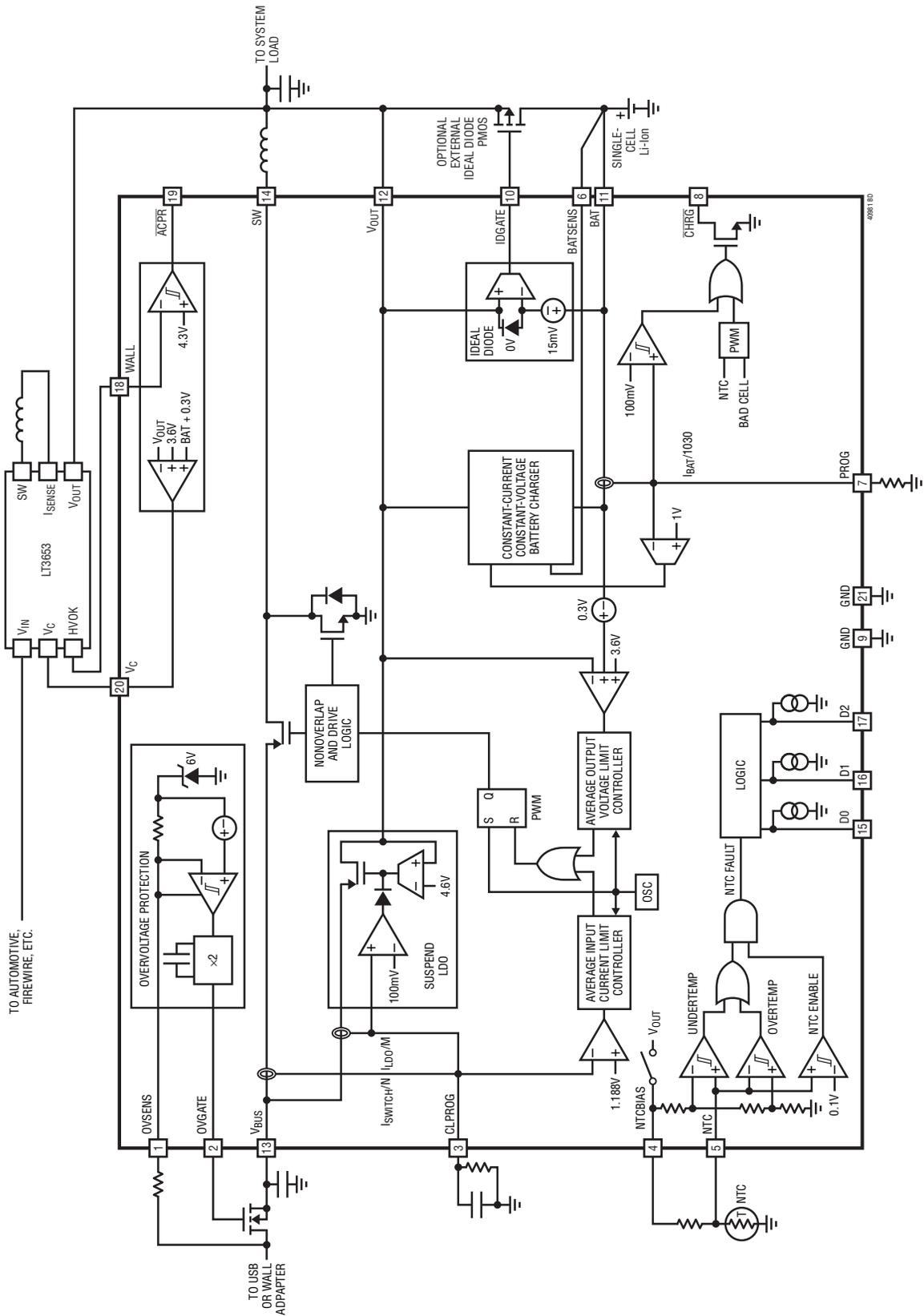
WALL (ピン18) : 外部電源検出入力。WALLは外部の高電圧スイッチング・レギュレータの実出力および外部PチャネルMOSFETトランジスタのドレインに接続します。これは、いつ電力が外部レギュレータに与えられたかを決定するのに使用されます。電力が検出されると、 $\overline{\text{ACPR}}$ が“L”にドライブされ、USB入力が自動的にデイスエーブルされます。

$\overline{\text{ACPR}}$ (ピン19) : 外部電源検出出力(アクティブ“L”)。 $\overline{\text{ACPR}}$ は外部高電圧降圧スイッチング・レギュレータの実出力がLTC4098/LTC4098-1によって使用するのに適していることを示します。ACPRは、(そのソースがV_{OUT}に接続されており、そのドレインがWALLに接続されている)外部PチャネルMOSFETトランジスタのゲートに接続します。 $\overline{\text{ACPR}}$ の“H”レベルはV_{OUT}、“L”レベルはGNDです。

V_C (ピン20) : Bat-Track外部スイッチング・レギュレータ制御出力。このピンはリニアテクノロジーの外部降圧スイッチング・レギュレータのV_Cピンをドライブします。WALLおよび $\overline{\text{ACPR}}$ と連携して、V_{OUT}を制御し、バッテリー・チャージャの効率を最大にします。

露出パッド (ピン21) : グランド。露出パッドはPCBに半田付けする必要があります。

ブロック図



動作

はじめに

LTC4098/LTC4098-1は、電力損失を最小に抑え、熱条件の制約を緩和しながら、様々なソースから利用可能な電力を最適利用するように設計された、高効率パワーマネジメントおよびリチウムイオン・バッテリー・チャージャのソリューションです。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、バッテリーへの充電よりアプリケーションへの給電を優先させることにより、外部電圧印加後直ちにアプリケーションが確実に給電されるようになります。

LTC4098/LTC4098-1には、USB、ACアダプタおよび他の5V電源用のBat-Trackモノリシック降圧スイッチング・レギュレータが備わっています。USBアプリケーション専用に設計されており、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。電力が保存されるので、LTC4098/LTC4098-1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。

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。

車載、Firewire、その他の高電圧アプリケーション向けに、LTC4098/LTC4098-1はリアテクノロジーの外部降圧スイッチング・レギュレータのBat-Track制御を行って、バッテリー・チャージャの効率を最大にし、発熱を最小に抑えます。

USB入力と高電圧入力の両方から電力を利用できるときは高電圧入力が優先され、USB入力は自動的にディスエーブルされます。

LTC4098/LTC4098-1は、外部NチャンネルFET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。

LTC4098/LTC4098-1には、外部PチャンネルMOSFETと一緒に使うように設計された理想ダイオード・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}またはWALL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。

最後に、サスペンド中の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が低電力または高電力のどちらのUSBサスペンド電流でもアプリケーションに供給します。

Bat-Track 入力電流制限された降圧スイッチング・レギュレータ

V_{BUS}からV_{OUT}に供給される電力は2.25MHzの固定周波数降圧レギュレータによって制御されます。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。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。

合計負荷によってスイッチング電源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。パワーパスの部品を図1に示します。

スイッチング電源がプログラムされた入力電流制限に達するほど外部負荷とバッテリー充電電流の合計が大きいと、バッテリー・チャージャは外部負荷が満たされるのにちょうど必要な量だけ充電電流を減らします。バッテリー充電電流が許容USB電流を超えるようにプログラムされていても、平均入力電流のUSB仕様を超えることはありません。バッテリー・チャージャが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リミットに近づくと、CLPROGが1.188V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。USBの低電力モードと高電力モードに対応するように、1個のプログラミング抵抗を使って設定することができるいくつかの電流比を利用できます。

入力電流制限は、表1に示されているように、ピンD0、D1およびD2の様々な組み合わせによってプログラムされます。

動作

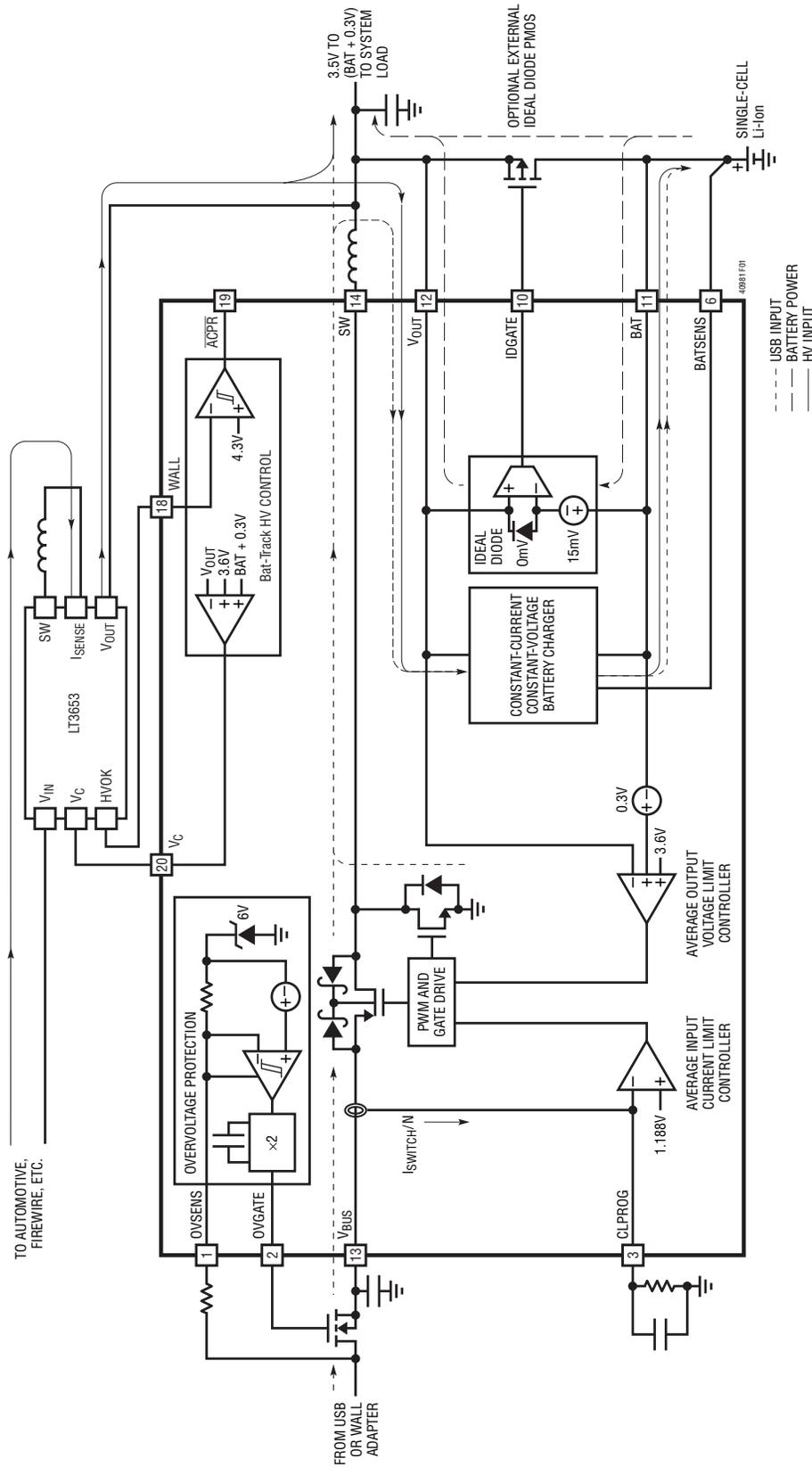


図1. 簡略化した電力の流れ図

動作

スイッチング入力レギュレータは停止させることもできます (USBサスペンド)。

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。

$$I_{V_{BUS}(LIM)} = I_{V_{BUSQ}} + \left(\frac{V_{CLPROG}}{R_{CLPROG}} \right) \cdot (h_{CLPROG} + 1)$$

ここで、 $I_{V_{BUSQ}}$ はLTC4098/LTC4098-1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 $I_{V_{BUSQ}}$ 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、1倍モードまたは5倍モードでUSBの平均入力電流の規定に違反しません。

ピンD0、D1およびD2の利用可能な設定を表1に示します。

表1. 制御された入力電流制限

D2	D1	D0	チャージャの状態	$I_{BUS(LIM)}$
0	0	0	On	100mA (1x)
0	0	1	On	1A (10x)
0	1	0	On	500mA (5x)
0	1	1	Off	500μA (Susp Low)
1	0	0	Off	100mA (1x)
1	0	1	Off	1A (10x)
1	1	0	Off	500mA (5x)
1	1	1	Off	2.5mA (Susp High)

D0が“H”でD1が“L”のとき、 V_{OUT} の充電電流と利用可能な電流を増やすため、スイッチング・レギュレータが高い電流制限に設定されることに注意してください。これらのモードは一般にACアダプタからのライン電力を利用できるときに使われます。

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。

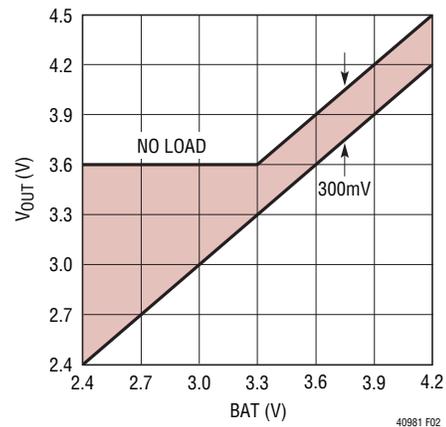


図2. V_{OUT} とBAT

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、チャージャの電流が 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なるのを防ぐため、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。ループの安定性のための10 μ FのMLCC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が V_{BUS} をモニタし、 V_{BUS} が上昇方向のUVLOスレッシュホールド (4.3V) を超え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。 V_{BUS} が下降方向のUVLOスレッシュホールド (4V) より下になると、 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。スイッチング・レギュレータが動作するには、 V_{BUS} の電圧が約170mVだけBATの電圧より高くなることも必要です。

高電圧外部スイッチング・レギュレータの Bat-Track 制御

高電圧ソースから動作させるとき、図3および図4に示されているように、LT3653やLT3480などの外部の高電圧降圧スイッチング・レギュレータと共に、WALLピン、 \overline{ACPR} ピンおよび V_C ピンを使って、熱の発生を最小に抑えることができます。Bat-

Track制御回路は外部スイッチング・レギュレータの出力電圧をBAT+300mVまたは3.6Vの大きな方に安定化します。これにより、バッテリー・チャージャの効率を最大にしなが、バッテリーが深く放電したときでも瞬時オン動作が可能になります。

LT3480を使うとき、帰還ネットワークは4.5V~5.5Vの出力電圧を発生するように設定します。高電圧が外部レギュレータに加えられると、WALLはこのプログラムされた出力電圧に向かって上昇します。WALLが約4.3Vを超えると、 \overline{ACPR} が“L”になり、LTC4098/LTC4098-1のBat-Track制御が外部高電圧降圧スイッチング・レギュレータのローカルの V_C 制御をオーバードライブします。したがって、Bat-Track制御が一旦イネーブルされると、出力電圧はスイッチング・レギュレータの帰還ネットワークとは独立に設定されます。

Bat-Track制御は、単に5V降圧レギュレータの出力を使ってバッテリー・チャージャをドライブするのに比べて、効率の点ではるかに有利です。5V出力で V_{OUT} をドライブすると、バッテリー・チャージャの効率はおよそ次のようになります。

$$\eta_{TOTAL} = \eta_{BUCK} \cdot \frac{V_{BAT}}{5V}$$

ここで、 η_{BUCK} は高電圧スイッチング・レギュレータの効率、5Vはスイッチング・レギュレータの出力電圧です。スイッチング・レギュレータの標準的効率の87%と標準的バッテリー電圧の3.8Vを使うと、バッテリー・チャージャの合計効率は約66%になります。1Aの充電電流を仮定すると、バッテリーを充電するだけで2Wに近い電力を消費します。

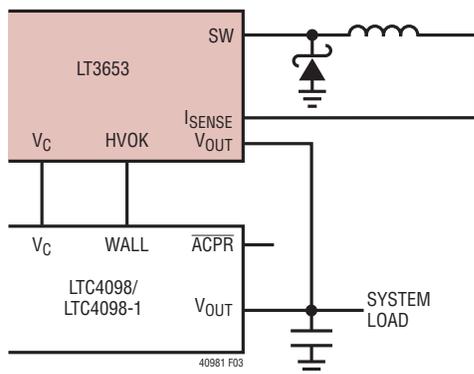


図3. LT3653の標準的インタフェース

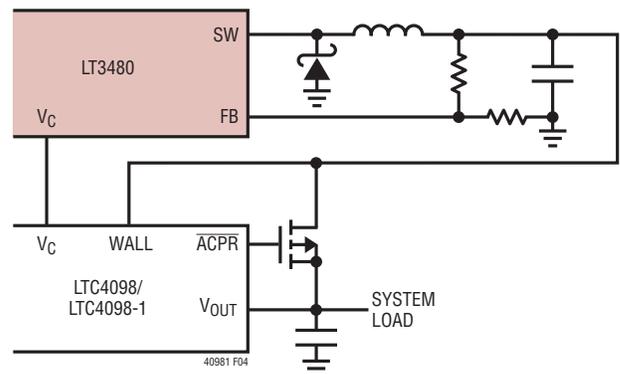


図4. LT3480の標準的インタフェース

動作

Bat-Trackを使うと、バッテリー・チャージャの効率はおおよそ次のようになります。

$$\eta_{\text{TOTAL}} = \eta_{\text{BUCK}} \cdot \frac{\text{BAT}}{\text{BAT} + 0.3\text{V}}$$

上と同じ仮定をすると、バッテリー・チャージャの合計効率はおよそ81%です。この例では、1Wの電力損失の減少、つまりほとんど60%の熱の減少になります。

Bat-Track制御と共にLT3653とLT3480を使った完全な回路については、「標準的応用例」のセクションを参照してください。

過電圧保護

LTC4098/LTC4098-1は、NチャネルFETと6.04k抵抗の2つの外部部品を使うだけで、V_{BUS}またはWALLへの過電圧の偶発的印加から自己を保護することができます。最大安全過電圧の大きさは選択された外部NMOSとそのブレイクダウン電圧に依存します。

過電圧保護モジュールは2つのピンで構成されます。ひとつのピン(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います。もうひとつのピン(OVGATE)は外部FETのゲート・ピンをドライブするのに使われる出力です。OVSENSの電圧は、OVP回路の消費電流のため、OVP入力電圧より(I_{OVSENS}・6.04kΩ)だけ低くなります。OVP入力は通常動作条件のOVSENSより200mV～400mV高くなります。OVSENSが6Vより下のとき、内部チャージポンプがOVGATEを約1.88・OVSENSにドライブします。これによりNチャネルFETがオンしてV_{BUS}またはWALLへの低インピーダンス接続を与えるので、電力がLTC4098/LTC4098-1に供給されます。フォールトにより、または不適切なACアダプタの使用によりOVSENSが6V (6.35V OVP入力) を超えると、OVGATEがGNDに引き下げられ、外部FETをディスエーブルして下流の回路を保護します。電圧が再度6Vより下になると、外部FETがい

ネーブルされます。

過電圧状態では、OVSENSピンは6Vにクランプされます。外部6.04k抵抗は結果として生じる電力を消費するのに適した大きさにする必要があります。たとえば、1/10Wの6.04k抵抗はその両端に最大で $\sqrt{(P_{\text{MAX}} \cdot 6.2\text{k}\Omega)} = 24\text{V}$ 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30Vです。1/4W 6.04kの抵抗では、この値が44Vに増加します。WALLの絶対最大電流定格は10mAなので、保護には66Vの上限が課せられます。

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りますので、リーク電流を防ぐように注意します。

複数入力保護と逆入力保護の例、および推奨部品表に関しては、「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。

BAT から V_{OUT} への理想ダイオード

LTC4098/LTC4098-1には、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より下になると直ちに応答します。

負荷電流がスイッチング・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。理想ダイオードは十分高速でV_{OUT}が垂下するのを防ぐので、スイッチング・レギュレータには保存用の容量だけが必要です。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。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

動作

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。追加のコンダクタンスが必要であれば、外部PチャネルMOSFETトランジスタをBATと V_{OUT} の間に追加することができます。LTC4098/LTC4098-1のIDGATEピンは外部PチャネルMOSFETトランジスタ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30m Ω 以下の外部PチャネルMOSFETトランジスタを制御することができます。従来のショットキー・ダイオードに比べて減少した順方向電圧を図5に示します。

サスペンド LDO

LTC4098/LTC4098-1は、 V_{BUS} から V_{OUT} へLDOを含めることにより、サスペンド・モードで少量の電力を V_{OUT} に供給します。このLDOはサスペンド時の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、スイッチング・コンバータがディスエーブルされたときだけアクティブになります。USBの規定に従って、低電力または高電力のサスペンドの規定値を超えないように

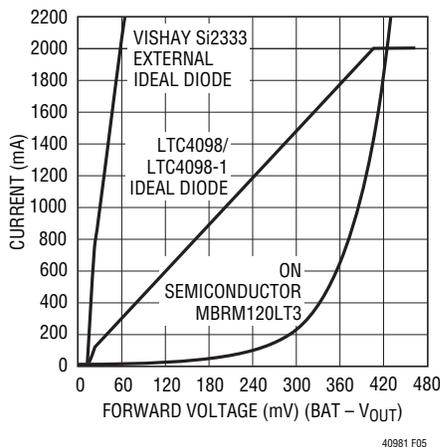


図5. 理想ダイオードのV-I特性

LDOへの入力を電流制限する必要があります。

V_{OUT} の負荷がサスペンド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。サスペンド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。したがって、高電力および低電力のサスペンド設定は、1倍モードと5倍モードの同じ抵抗によってプログラムされるレベルに関連づけられています。

バッテリー・チャージャ

LTC4098/LTC4098-1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。

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_{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{CHRG} ピンを通して表示します。

バッテリー電圧が V_{TRKL} 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 $1030V/R_{PROG}$ 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、バッテリー・チャージャはプログラムされた最大レートで充電できることも、できないこともあります。外部負荷がバッテリー充電電流よりも常に優先されます。USB電流制限のプログラミングは常に守られ、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。

動作

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LTC4098の場合の4.200VまたはLTC4098-1の場合の4.100Vの予めプログラムされたフロート電圧に達すると、チャージャはバッテリー電圧をそこに安定化し、充電電流は自然に減少します。バッテリーがそれぞれ4.200Vまたは4.100V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・チャージャは一旦停止するとオフ状態に留まり、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。バッテリーが常にトップオフされているように、バッテリー電圧が V_{RECHRG} (標準でLTC4098では4.1V、LTC4098-1では4.0V) より下になると充電サイクルが自動的に開始されます。バッテリー電圧が V_{RECHRG} より下になったとき安全タイマが作動中だと、再度ゼロにリセットされます。 V_{RECHRG} より下への短時間の低下によって安全タイマがリセットするのを防ぐため、バッテリー電圧は1.5msより長く V_{RECHRG} より下にならなければなりません。さらに、 $V_{BUS\ UVLO}$ が“L”になり、続いて“H”になると (たとえば、 V_{BUS} が取り去られ、再度接続されると)、またはチャージャがD2ピンを使って短時間ディスエーブルされると、充電サイクルと安全タイマが再スタートします。

充電電流

充電電流はPROGからグラウンドに接続された1個の抵抗を使ってプログラムされます。バッテリー充電電流の1/1030が、1.000Vにサーボ制御しようとするPROGピンに供給されます。こうし

て、バッテリー充電電流はPROGの電流の1030倍に達しようとし、プログラム抵抗と充電電流は以下の式を使って計算されます。

$$R_{PROG} = \frac{1030V}{I_{CHG}}, I_{CHG} = \frac{1030V}{R_{PROG}}$$

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。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、実際のバッテリー充電電流 (I_{BAT}) はプログラムされた電流 (I_{CHG}) より低くなります。

充電状態の表示

\overline{CHRG} ピンはバッテリー・チャージャの状態を表します。可能な4つの状態が \overline{CHRG} によって表されます。これらの状態には、充電中、充電停止 (つまり、プログラムされた充電終了表示電流より少ないフロート充電電流)、応答しないバッテリー、および範囲外のバッテリー温度が含まれます。

\overline{CHRG} ピンの信号は人間によっても、コンピュータによっても、上記の4つの状態の1つとして簡単に認識できます。オープン・ドレイン出力である \overline{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。

動作

人間とマイクロプロセッサの両方で $\overline{\text{CHRG}}$ ピンを簡単に認識できるように、このピンは充電中の場合DC信号のオン、充電していない場合オフになります。または2つのフォールトを表示するため高い周波数 (35kHz) でスイッチングします。35kHzでスイッチングしている間、そのデューティ・サイクルが目視可能な低い周波数で変調されます。

充電が開始されると、 $\overline{\text{CHRG}}$ 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。充電電流が R_{PROG} でプログラムされた値の1/10まで低下すると、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンがリリースされます (Hi-Z)。LTC4098/LTC4098-1が V_{BUS} の電流制限状態にあると、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはC/10スレッシュホールドに反応しません。これにより、バッテリー・チャージャが利用可能な電力の不足によって誤った充電終了が表示されるのを防ぎます。充電中にフォールトが起きると、このピンは35kHzでスイッチングします。スイッチングの間、そのデューティ・サイクルは高い値と低い値の間で非常に低い周波数で変調されます。高低のデューティ・サイクルは、LEDがオンまたはオフに見えるのに十分なだけ明瞭に区別され、したがってLEDが点滅しているように見えるようにします。2つのフォールトは、人間が識別できるようにそれぞれ固有の「点滅」レートを持ち、またマシンが識別できるように2つの固有のデューティ・サイクルをもちます。

バッテリー・チャージャがアクティブなときの $\overline{\text{CHRG}}$ ピンの4つの可能な状態を表2に示します。

表2. $\overline{\text{CHRG}}$ 信号

状態	周波数	変調 (点滅) 周波数	デューティ・サイクル
充電中	0Hz	0Hz (Low Z)	100%
$I_{\text{BAT}} < C/10$	0Hz	0Hz (Hi-Z)	0%
NTCフォールト	35kHz	1.5Hz at 50%	6.25% or 93.75%
バッテリー不良	35kHz	6.1Hz at 50%	12.5% or 87.5%

NTCフォールトは35kHzのパルス列で表され、そのデューティ・サイクルは1.5Hzのレートで6.25%と93.75%の間でトグルすることに注意してください。人間の目には1.5Hzのレートは「ゆっくりした」点滅として見え、範囲外のバッテリー温度を示します。他方、マイクロプロセッサは6.25%または93.75%のどちらかのデューティ・サイクルをNTCフォールトとして解読することができます。

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)、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンはバッテリー・フォールトを表示します。このフォールトの場合、人間の目には6.1HzのLEDの「高速」点滅として見えます。他方、マイクロプロセッサは12.5%または87.5%のどちらかのデューティ・サイクルを不良セル・フォールトとして解読することができます。

LTC4098/LTC4098-1は3端子PowerPath製品なので、バッテリー充電よりもシステム負荷が常に優先されます。過度のシステム負荷により、不良セルのタイムアウト時間内に不良セル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セルを表示します。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。

可能性は非常に低いのですが、明/暗の (低デューティ・サイクル/高デューティ・サイクルの) 間を遷移する瞬間にデューティ・サイクルを読み取ることがありえます。この場合、デューティ・サイクルの読み取り値はちょうど50%になります。デューティ・サイクルの読み取り値が50%だと、システムのソフトウェアによってそれを無効にし、新しくデューティ・サイクルを読み取らせます。

動作

NTC サーミスタ

バッテリーの温度は負温度係数 (NTC) サーミスタをバッテリー・パックの近くに配置して測定します。NTC回路構成をブロック図に示します。

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

LTC4098/LTC4098-1はNTCサーミスタの抵抗値が R_{25} の値の0.54倍、つまり約54kまで低下すると充電を一時停止します (Vishayの「曲線1」のサーミスタの場合、これは約40°Cに相当します)。バッテリー・チャージャが定電圧 (フロート) モードならば、サーミスタが有効温度に戻ったことを示すまで安全タイムも一時停止します。温度が下がるにつれ、NTCサーミスタの抵抗値が増加します。LTC4098/LTC4098-1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。

LTC4098/LTC4098-1が採用しているバッテリー・チャージャ・アルゴリズムのフローチャートを図6に示します。

サーマル・レギュレーション

LTC4098/LTC4098-1や周囲の部品への熱的ダメージを防ぐため、ダイ温度が約110°Cに上昇すると内部の熱帰還ループがプログラムされた充電電流を自動的に減らします。サーマル・レギュレーションは高電力動作や高い周囲温度条件による過度の温度上昇からLTC4098/LTC4098-1を保護し、LTC4098/LTC4098-1や外部部品に損傷を与える危険なしに、ユーザーが特定の回路基板デザインの電力処理能力の限界を押し広げることが可能にします。LTC4098/LTC4098-1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。

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UVLO電圧より上で、LTC4098/LTC4098-1がUSBの2つのサスペンド・モード (500 μ Aまたは2.5mA) ではないとき、常にイネーブルされます。USB入力と高電圧入力の両方から電力を利用できるときは高電圧レギュレータが優先され、USBスイッチング・レギュレータはディスエーブルされます。

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。

動作

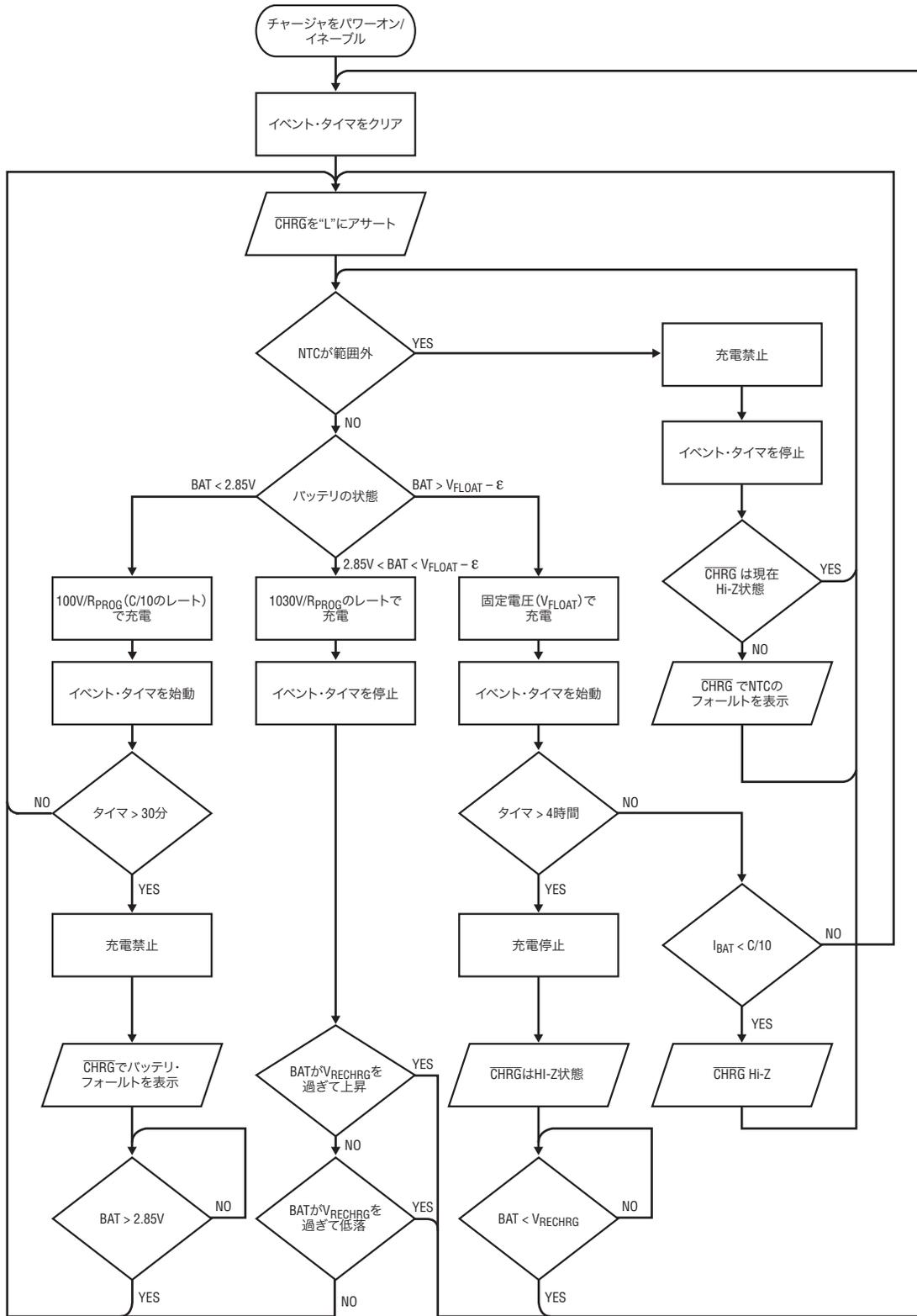


図6. バッテリー・チャージャの状態図

40981 F06

アプリケーション情報

CLPROG の抵抗とコンデンサ

「Bat-Track入力電流制限付き降圧スイッチング・レギュレータ」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6つの電流制限モードのそれぞれの平均入力電流リミットが決まります。入力電流には2つの成分（V_{OUT}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の規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。

推奨されている3.01k以外の抵抗を使用して、もっと高いまたはもっと低い入力電流をプログラムすることができます。抵抗の値は次式を使って計算することができます。

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

ここで、I_{NOM}は望みの公称入力電流制限です。この抵抗は全ての入力電流制限設定に影響を与え、LTC4098/LTC4098-1がUSBの電流仕様を超える可能性があることに注意してください。

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。

インダクタの選択

PowerPathスイッチング・レギュレータの入力電圧範囲と出力電圧範囲は両方ともかなり狭いので、LTC4098/LTC4098-1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。

V_{BUS} と V_{OUT} のバイパス・コンデンサ

LTC4098/LTC4098-1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。LTC4098/LTC4098-1は降圧スイッチング電源をV_{BUS}からV_{OUT}に使うので、その入力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・コンデンサを使ってV_{BUS}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。V_{BUS}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の仕様は最大10μFをUSBパワーバスの両端に直接接続することを許します。LTC4098/LTC4098-1のOVP機能が使われているとき、ノイズ性能をさらに良くするため追加の容量が必要であればそれをV_{BUS}ピンに直接接続することができます。この追加容量は数ミリ秒かけてソフト接続されて突入電流を制限し、バス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V_{OUT}電圧ステップを防ぐため、セラミック・コンデンサを使ってV_{OUT}をバイパスすることも推奨します。

表3. LTC4098/LTC4098-1に推奨するインダクタ

INDUCTOR TYPE	L (μH)	MAX I _{DC} (A)	MAX DCR (Ω)	SIZE IN mm (L × W × H)	MANUFACTURER
LPS4018	3.3	2.2	0.08	3.9 × 3.9 × 1.7	Coilcraft www.coilcraft.com
D53LC	3.3	2.26	0.034	5 × 5 × 3	Toko www.toko.com
DB318C	3.3	1.55	0.070	3.8 × 3.8 × 1.8	
WE-TPC Type M1	3.3	1.95	0.065	4.8 × 4.8 × 1.8	Würth Elektronik www.we-online.com
CDRH6D12	3.3	2.2	0.0625	6.7 × 6.7 × 1.5	Sumida
CDRH6D38	3.3	3.5	0.020	7 × 7 × 4	www.sumida.com

アプリケーション情報

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10 μ FのものがV_{OUT}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。

多層セラミック・チップ・コンデンサ (MLCC) は一般に非常に優れたESR特性をもっています。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。

いくつかの種類のセラミック・コンデンサを利用できますが、それぞれ特性が大きく異なります。たとえば、X7Rセラミック・コンデンサは電圧と温度に対する安定性が最も優れています。X5Rセラミック・コンデンサ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セラミック・コンデンサ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I_{V RMS}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るので、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い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。

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。スイッチング・レギュレータはV_{BUS}の電圧を高効率で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_{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を減少させます。利用可能な電流以上にチャー

ジャをプログラムしても、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。

過電圧保護

図7に示されているように、いくつかの追加部品を使って、V_{BUS}とWALLの両方を過電圧によるダメージから保護することができます。ショットキー・ダイオードD1とD2はV1とV2の大きい方をR1とOVSENSにパスします。V1またはV2のどちらかが6VにV_F(SCHOTTKY)を加えた電圧を超えると、OVGATEがGNDに引き下げられ、WALLとUSBの両方の入力が保護されます。各入力には、MN1とMN2のドレイン・ソース・ブレイクダウン (BVDSS) まで保護されます。R1は最大過電圧の間消費される電力に対しても定格が規定されている必要があります。この計算に関しては、「動作」のセクションを参照してください。過電圧保護に適したNチャンネルMOSFETをいくつか表4に示します。

表4. 推奨するOVP FET

N-CHANNEL MOSFET	BVDSS	R _{ON}	PACKAGE
Si2302ADS	20V	70m Ω	SOT-23
IRLML2502	20V	35m Ω	SOT-23
Si1472DH	30V	65m Ω	SC70-6
NTLJS4114N	30V	20m Ω	2mm \times 2mm DFN
FDN372S	30V	45m Ω	SOT-23

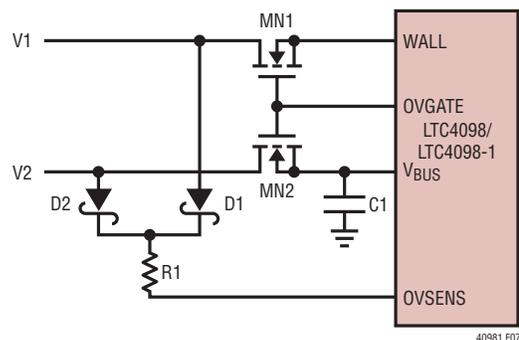
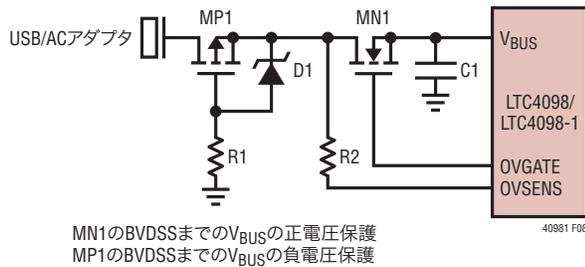


図7. デュアル入力過電圧保護

アプリケーション情報

逆電圧保護

図8に示されているように、LTC4098/LTC4098-1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VGSを制限するのに必要です。D1のブレークダウン電圧は確実にMP1のBVGSより下である必要があります。図8に示されている回路は、MN1のBVDS5までの順方向電圧保護およびMP1のBVDS5までの逆電圧保護を与えます。



MN1のBVDS5までのV_{BUS}の正電圧保護
MP1のBVDS5までのV_{BUS}の負電圧保護

図8. 両極性電圧保護

代わりの NTC サーミスタとバイアス

LTC4098/LTC4098-1は、接地されたサーミスタとバイアス抵抗がNTCとNTCBIAS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値 (R25) 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。

R25 = 25°Cでのサーミスタの値

R_{NTC|COLD} = 低温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

R_{NTC|HOT} = 高温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

r_{COLD} = R25に対するR_{NTC|COLD}の比

r_{HOT} = R25に対するR_{NTC|HOT}の比

R_{NOM} = 主サーミスタ・バイアス抵抗 (図9aを参照)

R1 = オプションの温度範囲調整抵抗 (図9bを参照)

LTC4098/LTC4098-1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。

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R25に等しいと置くと、前の式から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。

アプリケーション情報

R25と異なるバイアス抵抗 (R_{NOM}) を使って、高温と低温のトリップ・ポイントをどちらの方向にでも動かすことができます。サーミスタの非直線性により、温度スパンはいくらか変化します。以下の式を使ってバイアス抵抗の新しい値を簡単に計算することができます。

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

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

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。前の式を使って、R_{NOM}を46.4kに設定します。R_{NOM}のこの値では、低温トリップ・ポイントは約16°Cです。この場合、スパンは前の40°Cではなく44°Cであることに注意してください。

これは、絶対温度が上昇するにつれ、サーミスタの温度利得が減少するためです。

高温と低温のトリップ・ポイントは、図9bに示されているように、追加のバイアス抵抗を使って独立にプログラムすることができます。以下の式を使って、R_{NOM}とR1の値を計算することができます。

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

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

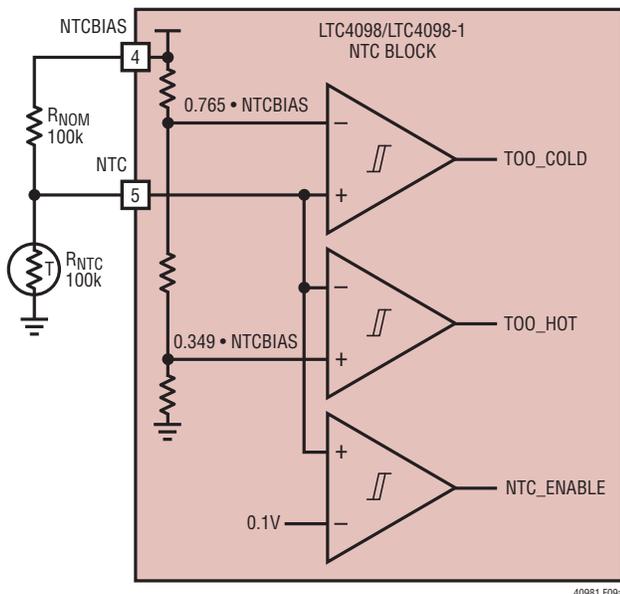
たとえば、Vishayの曲線1のサーミスタを使ってトリップ・ポイントを0°Cと45°Cに設定するには次のように選択します。

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

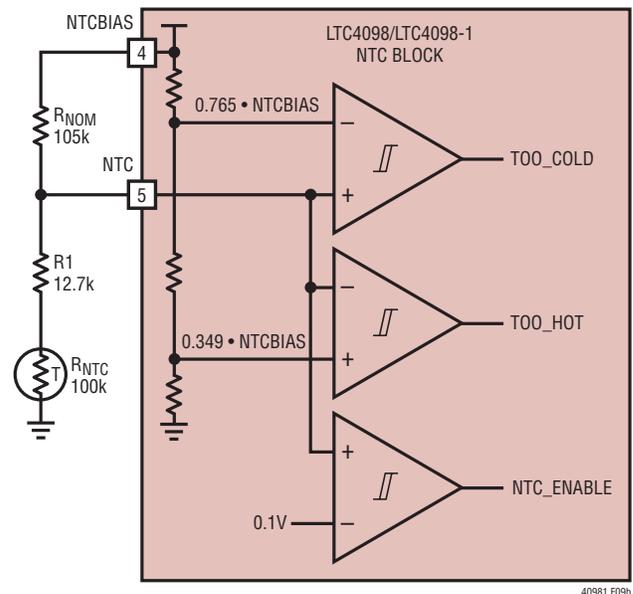
最も近い1%値は105kです。

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

最も近い1%値は12.7kです。最終回路は図9b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。



(9a)



(9b)

図9. NTC回路

アプリケーション情報

USBの突入電流の制限

USBの仕様は、最大10 μ Fの下流の容量をUSBハブに活線挿入することを許しています。LTC4098/LTC4098-1のほとんどのアプリケーションでは、V_{BUS}を適切にフィルタするのに10 μ Fで十分です。

もっと大きな容量が必要であれば、OVP回路が適切なソフト接続時間を与えて過度の突入電流を防ぎます。V_{BUS}ピンに22 μ Fを追加したとき、活線挿入時の突入電流への寄与は一般に100mA未満です。

LTC4098/LTC4098-1をラボの電源に接続するとき、V_{BUS}に電圧オーバーシュートが見られることがときどきあります。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}の電圧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。

基板レイアウトの検討事項

LTC4098/LTC4098-1のパッケージ裏面の露出パッドは、PCボードのグラウ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ウンド・ピンで、制御回路と同期整流器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LTC4098/LTC4098-1に近づけ、LTC4098/LTC4098-1とその全ての外部高周波部品の下に切れ目の無いグラウンド・プレーンを置くことが不可欠です。LTC4098/LTC4098-1の入力電流のような高周波電流は、グラウンド・プレーン上で、基板上面の入射経路の直下の鏡像経路に沿って流れる傾向があります。グラウンド・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10を参照)。内部グラウンド・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、グラウンド・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。

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。

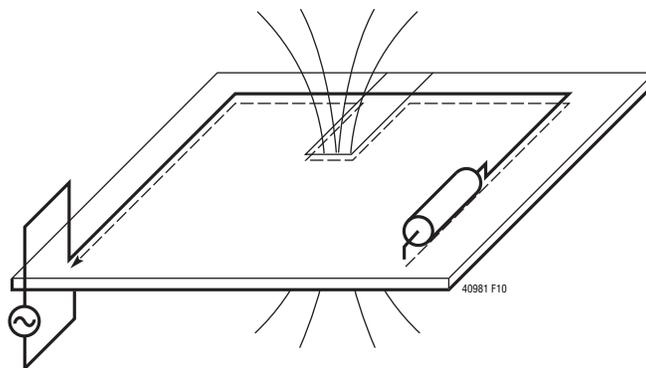


図10. 高周波グラウンド電流は入射経路に沿って流れる。グラウンド・プレーンの切れ込みにより高電圧が生じ、電磁放射が増す

アプリケーション情報

バッテリー・チャージャの安定性に関する検討事項

LTC4098/LTC4098-1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1 μ 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が小さな多層セラミック・チップ・コンデンサは、定電圧ループの位相マージンを下げるので、不安定性を生じる可能性があります。22 μ Fまでのセラミック・コンデンサをバッテリーと並列に使用することができますが、それより大きなセラミック・コンデンサは0.2 Ω ~1 Ω 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、0.3 Ω の抵抗に直列に接続された100 μ FのMLCCまたは100 μ FのOS-CONコンデンサがBATからGNDに必要です。

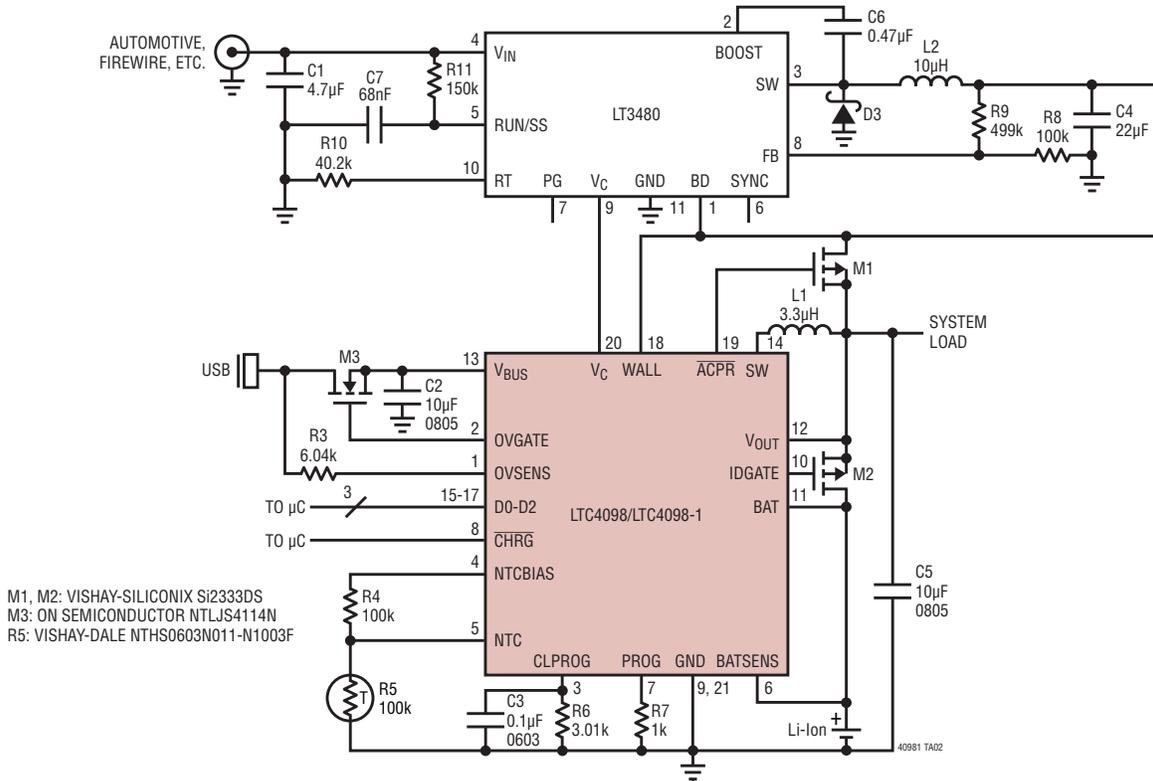
定電流モードでは、バッテリー電圧ではなくPROGピンが帰還ループを構成します。PROGピンのどんな容量によっても追加のポールが生じるので、このピンの容量を最小に抑える必要があります。PROGピンに追加の容量がなければ、最大25kまでのプログラム抵抗の値でチャージャは安定です。ただし、このノードに容量が追加されると、最大許容プログラム抵抗が減少します。PROGピンのポール周波数は100kHzより高くします。したがって、PROGピンに寄生容量 (C_{PROG}) がある場合、次式を使って R_{PROG} の最大抵抗値を計算します。

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

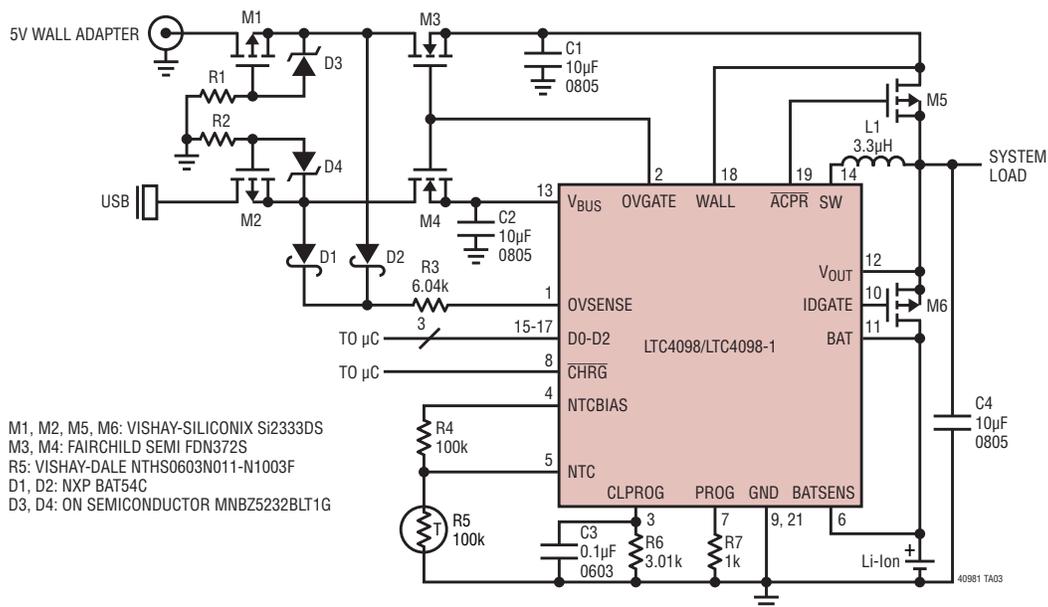
LTC4098/LTC4098-1

標準的応用例

過電圧保護および低バッテリー・スタートアップ付き 高効率USB/2A車載バッテリー・チャージャ



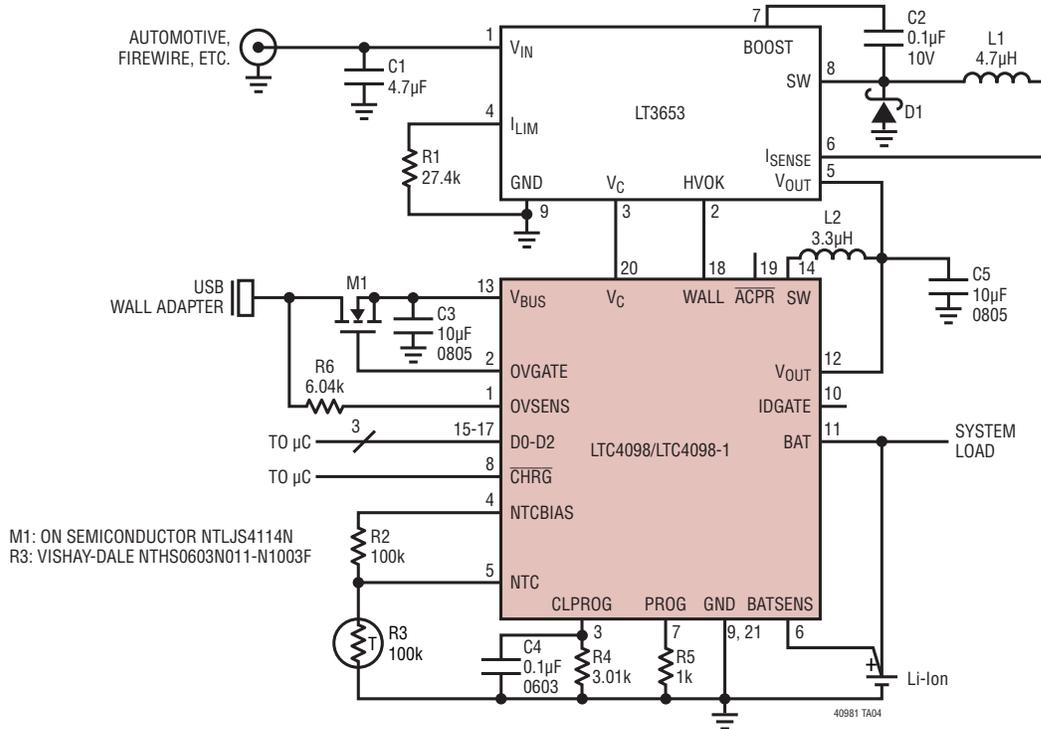
デュアル過電圧保護、逆電圧保護および 低バッテリー・スタートアップ付きUSB/ACアダプタ・バッテリー・チャージャ



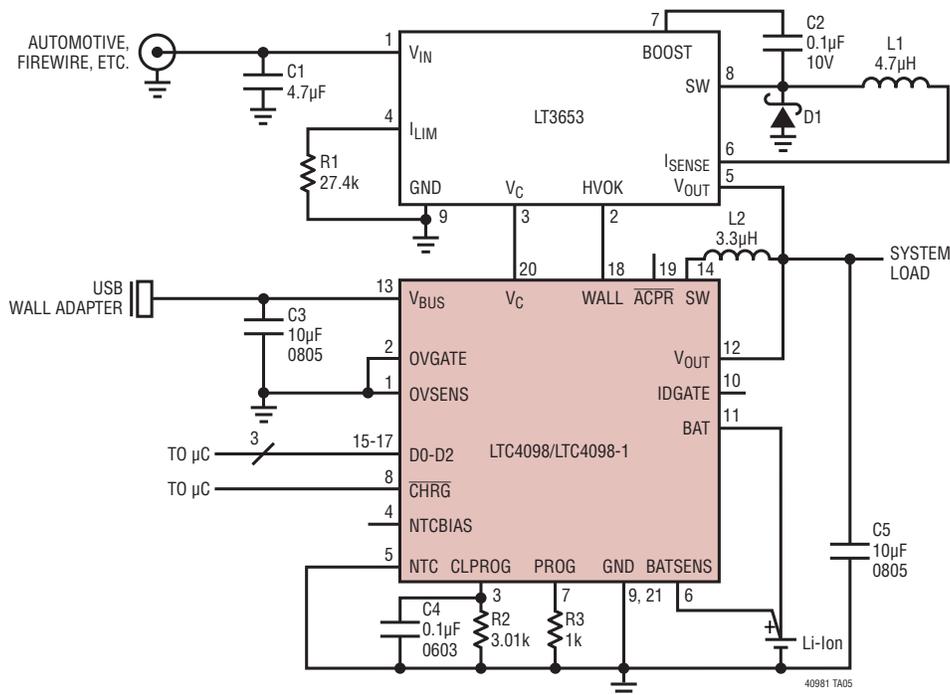
40981fc

標準的応用例

両入力の自動電流制限付きUSB/車載用スイッチング・
バッテリー・チャージャ

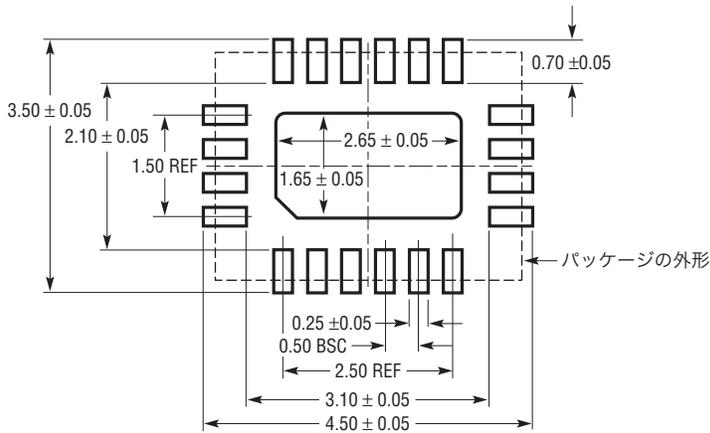


部品数の少ないUSBおよび車載用高効率パワーマネージャ

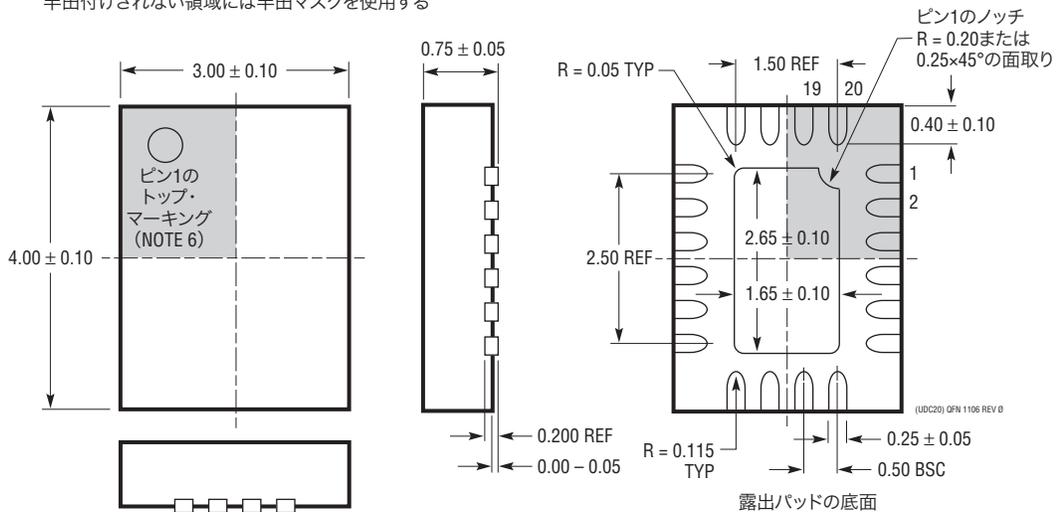


パッケージ

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)



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



注記:

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トップとボトムのピン1の位置の参考に過ぎない

改訂履歴 (改訂履歴はRev Cから開始)

REV	日付	概要	ページ番号
C	6/10	PDCパッケージの情報をデータシートから削除 UDCパッケージをデータシートに追加 「発注情報」のセクションのLTC4098EPDCを廃品に指定	1 to 32 1 to 32 2

