

過電圧保護付きI²C制御の USBパワーマネージャ/チャージャ

特長

- Bat-Track™ 適応出力制御付きスイッチング・レギュレータにより、制限された入力電力を最適利用
- I²Cポートを介した最適なシステム性能の実現とステータス情報の取得
- 入力過電圧保護
- 外部降圧スイッチング・レギュレータのBat-Track制御により、車載などの高電圧源で最大効率を達成
- バッテリ低下時の瞬時オン
- オプションの過温度バッテリー調整回路により高温バッテリー安全マージンを改善
- 入力電源の制限時あるいは使用不可時に理想ダイオードがバッテリーをシームレスに接続
- フル機能のリチウムイオン/ポリマー・バッテリー・チャージャ
- 熱制限付き充電電流: 最大1.5A
- スルーレート制御によるスイッチングEMIの低減
- 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
- 携帯ナビゲーション機器
- スマートフォン
- 産業用ハンドヘルド機器
- 携帯医療機器

概要

LTC®4099は、I²C制御の高効率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。このデバイスはUSB、ACアダプタ、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。

LTC4099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。LTC4099は外部スイッチング・レギュレータとインタフェースしているので、車載などの高電圧アプリケーションに対応できます。USB入力と補助入力コントローラはいずれも、Bat-Trackが最適化された充電を行い、アプリケーションに最大限の電力を供給し、高電力密度アプリケーションでの発熱を低減することができます。

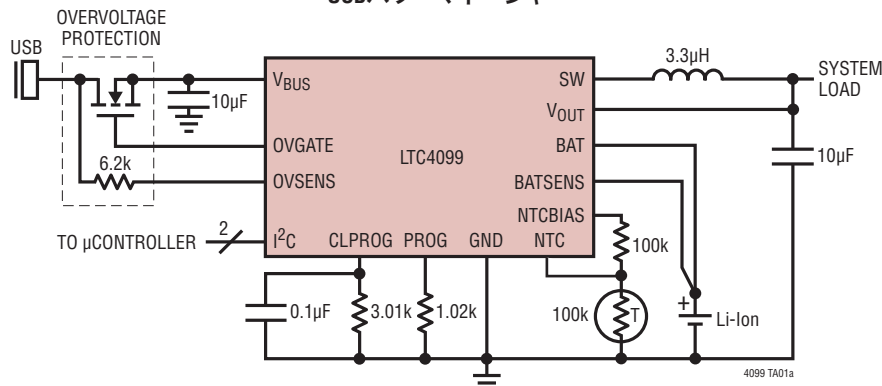
I²Cポートにより、入力電流制限値、充電電流、フロート電圧などの重要なアプリケーション・パラメータをデジタルで制御することができます。また、I²Cを介して、いくつかのステータス・ビットをリードバックすることもできます。

LTC4099は過電圧保護回路により、低電圧V_{BUS}ピンの高電圧による損傷から保護されます。LTC4099は20ピン3mm×4mm×0.75mm QFNパッケージで供給されます。

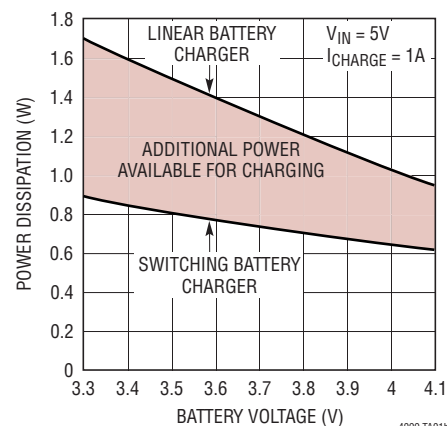
LT、LTC、LTM、Linear TechnologyおよびLinearのロゴはリニアテクノロジー社の登録商標です。PowerPath、Bat-TrackおよびThinSOTはリニアテクノロジー社の商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。6522118、6570372、6700364、6819094を含む米国特許によって保護されています。他にも特許申請中。

標準的応用例

I²C制御の高効率バッテリー・チャージャ/
USBパワーマネージャ



リニア・バッテリー・チャージャに
比べて消費電力を低減



4099fd

LTC4099

絶対最大定格

(Note 1, 2, 3)

V_{BUS} 、WALL (過渡時) $t < 1\text{ms}$ 、
デューティ・サイクル $< 1\%$ $-0.3\text{V} \sim 7\text{V}$

V_{BUS} 、WALL (安定時)、BAT、BATSENS、 $\overline{\text{IRQ}}$ 、
NTC、 DV_{CC} $-0.3\text{V} \sim 6\text{V}$

SDA、SCL $-0.3\text{V} \sim \text{最大}(V_{BUS}, V_{OUT}, \text{BAT}) + 0.3\text{V}$

I_{OVSENS} $\pm 10\text{mA}$

I_{CLPROG} 3mA

I_{PROG} 、 $I_{NTCBIAS}$ 2mA

I_{OUT} 、 I_{SW} 、 I_{BAT} 、 I_{VBUS} 2.25A

最大接合部温度 125°C

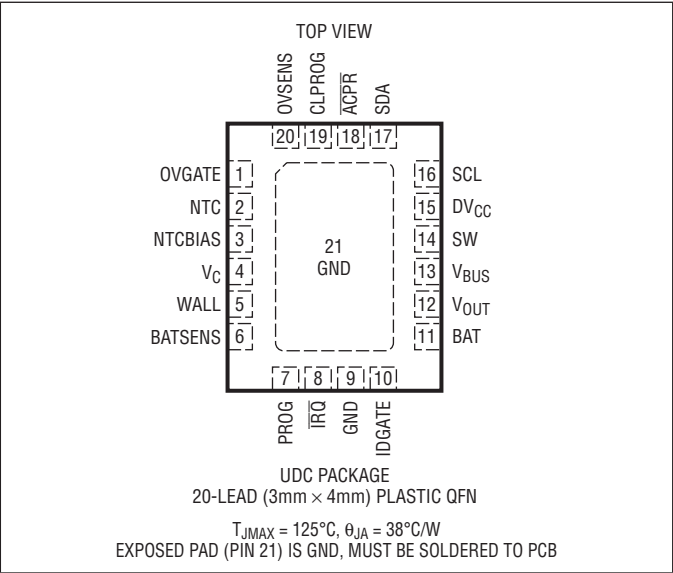
動作温度範囲 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$

保存温度範囲 $-65^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$

$I_{\overline{\text{IRQ}}}$ 50mA

I_{ACPR} $\pm 5\text{mA}$

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
LTC4099EPDC#PBF	LTC4099EPDC#TRPBF	DQKT	20-Lead (3mm × 4mm) Plastic UTQFN	-40°C to 85°C (OBSOLETE)
LTC4099EUDC#PBF	LTC4099EUDC#TRPBF	LFPY	20-Lead (3mm × 4mm) Plastic QFN	-40°C to 85°C

さらに広い動作温度範囲で規定されるデバイスについては、弊社または弊社代理店にお問い合わせください。

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/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 $T_A = 25^\circ\text{C}$ での値。注記がない限り、 $V_{BUS} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{DV}_{CC} = 3.3\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 1.02\text{k}\Omega$ 、 $R_{CLPROG} = 3.01\text{k}\Omega$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Power Supply						
V_{BUS}	Input Supply Voltage		●	4.35	5.5	V
$I_{BUS(LIM)}$	Total Input Current	100mA Mode	●	88	93	100
		500mA Mode	●	460	485	500
		620mA Mode		580	620	650
		790mA Mode		725	790	850
		1A Mode		920	965	1000
		1.2A Mode		1150	1220	1295
		Low Power Suspend Mode	●	0.30	0.37	0.5
		High Power Suspend Mode	●	1.6	2.05	2.5
I_{VBUSQ} (Note 4)	Input Quiescent Current	100mA Mode			6	mA
		500mA, 620mA, 790mA, 1A, 1.2A Modes			15	mA
		Low Power Suspend Mode			0.039	mA
		High Power Suspend Mode			0.037	mA

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、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{DV}_{\text{CC}} = 3.3\text{V}$ 、 $\text{R}_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $\text{R}_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
h_{CLPROG} (Note 4)	Ratio of Measured V_{BUS} Current to CLPROG Program Current	100mA Mode 500mA Mode 620mA Mode 790mA Mode 1A Mode 1.2A Mode Low Power Suspend Mode High Power Suspend Mode		220 1200 1540 1980 2420 3080 10.9 65		mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA mA/mA
I_{VOUT}	V_{OUT} Current Available Before Discharging Battery	100mA Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 500mA Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 620mA Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 790mA Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 1A Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ 1.2A Mode, $\text{BAT} = 3.3\text{V}$ Low Power Suspend Mode High Power Suspend Mode		135 672 840 1080 1251 1550 0.23 1.6	0.41 2.46	mA mA mA mA mA mA mA mA
V_{CLPROG}	CLPROG Servo Voltage in Current Limit	Switching Modes Suspend Modes		1.18 102		V mV
V_{UVLO}	V_{BUS} Undervoltage Lockout	Rising Threshold Falling Threshold	3.90	4.30 4.00	4.35	V V
V_{DUVLO}	V_{BUS} to BAT Differential Undervoltage Lockout	$V_{\text{BUS}} - \text{BAT}$ Rising Threshold $V_{\text{BUS}} - \text{BAT}$ Falling Threshold		200 50		mV mV
V_{OUT}	V_{OUT} Voltage	Switching Modes, $\text{BAT} = 4.2\text{V}$, $I_{\text{VOUT}} = 0\text{mA}$, Battery Charger Off	4.3	4.5	4.7	V
		Switching Modes, $\text{BAT} < 3.0\text{V}$, $I_{\text{VOUT}} = 0\text{mA}$, Battery Charger Off	3.5	3.6	3.75	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	500mA to 1.2A Input Limit Modes		3		A
R_{SUSP}	Suspend LDO Output Resistance			16		Ω

Battery Charger

V_{FLOAT}	BAT Regulated Output Voltage	4.200V Setting Selected by $I^2\text{C}$	●	4.179 4.165	4.200 4.200	4.221 4.235	V V
		4.100V Default Setting	●	4.079 4.065	4.100 4.100	4.121 4.135	V V
$I_{\text{CHG_RANGE}}$	Constant-Current Mode Charge Current Range	$I_{\text{LIM2}/1/0} = 101$, Selectable by $I^2\text{C}$		500-1200			mA
I_{CHG500mA}	Zero-Scale Battery Charge Current	$I_{\text{LIM2}/1/0} = 101$, $I_{\text{CHARGE2}/1/0} = 000$		475	500	525	mA
$I_{\text{CHG1200mA}}$	Full-Scale Battery Charge Current	$I_{\text{LIM2}/1/0} = 101$, $I_{\text{CHARGE2}/1/0} = 111$		1100	1200	1300	mA
$I_{\text{CHG_STEP}}$	Charge Current $I^2\text{C}$ Step Size	$I_{\text{LIM2}/1/0} = 101$		100			mA
I_{BATQ}	Battery Drain Current	$V_{\text{BUS}} > V_{\text{UVLO}}$, 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)		23		35	μA

電氣的特性

●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、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{DV}_{\text{CC}} = 3.3\text{V}$ 、 $\text{R}_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $\text{R}_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$V_{\text{PROG,TRKL}}$	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}	-75	-100	-125	mV
$t_{\text{TERM_RANGE}}$	Safety Timer Termination Period Range	Selectable by $I^2\text{C}$, Timer Starts When $\text{BAT} = V_{\text{FLOAT}}$		1-8		Hour
t_{BADBAT}	Bad Battery Termination Time	$\text{BAT} < V_{\text{TRKL}}$	0.4	0.5	0.6	Hour
$V_{\text{C/x}}$	Full Capacity Charge Indication PROG Voltage (Note 5)	$\text{COVERX1/0} = 00$	90	100	110	mV
		$\text{COVERX1/0} = 01$	40	50	60	mV
		$\text{COVERX1/0} = 10$	190	200	210	mV
		$\text{COVERX1/0} = 11$	490	500	510	mV
RON_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	Selectable by $I^2\text{C}$		85, 105		$^\circ\text{C}$

Bat-Track External Switching Regulator Control

V_{WALL}	Absolute WALL Input Threshold	Rising Threshold Falling Threshold	4.15	4.3 3.2	4.45	V V
ΔV_{WALL}	Differential WALL Input Threshold	WALL-BAT Rising Threshold WALL-BAT Falling Threshold	0	90 37	50	mV mV
V_{OUT}	Regulation Target Under V_{C} Control		3.5	BAT + 0.3		V
I_{WALLQ}	WALL Quiescent Current			130		μA
R_{ACPR}	ACPR Pull-Down Strength			150		Ω
V_{HACPR}	ACPR High Voltage	$I_{\text{ACPR}} = 0\text{mA}$		V_{OUT}		V
V_{LACPR}	ACPR Low Voltage	$I_{\text{ACPR}} = 0\text{mA}$		0		V

Overvoltage Protection

V_{OVCUTOFF}	Overvoltage Protection Threshold	Rising Threshold, $\text{ROVSNS} = 6.2\text{k}$	6.10	6.35	6.70	V
V_{OVGATE}	OVGATE Output Voltage	Input Below V_{OVCUTOFF}		$1.88 \cdot V_{\text{OVSNS}}$	12	V
		Input Above V_{OVCUTOFF}		0		V
$V_{\text{OVGATELOAD}}$	OVGATE Voltage with $1\mu\text{A}$ Load	5V Through 6.2k into OVSNS	8	8.6		V
I_{OVSNSQ}	OVSNS Quiescent Current	$V_{\text{OVSNS}} = 5\text{V}$		40		μA
t_{RISE}	OVGATE Time to Reach Regulation	$\text{COVGATE} = 1\text{nF}$		2.5		ms

Overtemperature Battery Conditioner

$I_{\text{DISCHARGE}}$	Overtemperature Battery Discharge Current	Only When Enabled via $I^2\text{C}$ Control, $\text{BAT} = 4.2\text{V}$		180		mA
V_{ALLOW}	Maximum Allowed Overtemperature Battery Voltage	Only When Enabled via $I^2\text{C}$ Control		3.85		V

電氣的特性

●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、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $\text{DV}_{\text{CC}} = 3.3\text{V}$ 、 $\text{R}_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $\text{R}_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
NTC						
$V_{\text{T00_COLD}}$	Cold Temperature Fault Threshold Voltage	Rising Threshold Hysteresis	72.3	73.8 3.6	75.3	%NTCBIAS %NTCBIAS
$V_{\text{T00_WARM}}$	Hot Temperature Fault Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	31.3	32.6 3.3	33.9	%NTCBIAS %NTCBIAS
V_{OVERTEMP}	Critically High Temperature Fault Threshold Voltage	Falling Threshold Hysteresis	21.9	22.8 50	23.7	%NTCBIAS mV
I_{NTC}	NTC Leakage Current	NTC = NTCBIAS	-50		50	nA
Ideal Diode						
V_{FWD}	Forward Voltage	$I_{\text{VOUT}} = 10\text{mA}$		15		mV
$\text{R}_{\text{DROPOUT}}$	Internal Diode On-Resistance, Dropout	$I_{\text{VOUT}} = 200\text{mA}$		0.18		Ω
I_{MAX}	Diode Current Limit		2			A
I²C Port						
DV_{CC}	I ² C Logic Reference		1.6		5.5	V
I_{DVCCQ}	DV_{CC} Current	SCL/SDA = 0kHz		0.2		μA
$V_{\text{DVCC_UVLO}}$	DV_{CC} UVLO			1		V
ADDRESS	I ² C Address		$0001001 \left[\frac{\text{R}}{\text{W}} \right]$			
V_{IRQ}	$\overline{\text{IRQ}}$ Pin Output Low Voltage	$I_{\text{IRQ}} = 5\text{mA}$		65	100	mV
I_{IRQ}	$\overline{\text{IRQ}}$ Pin Leakage Current	$V_{\text{IRQ}} = 5\text{V}$		0	1	μA
V_{IH} , SDA, SCL	Input High Threshold		$0.7 \cdot \text{DV}_{\text{CC}}$			V
V_{IL} , SDA, SCL	Input Low Threshold				$0.3 \cdot \text{DV}_{\text{CC}}$	V
I_{IH} , SDA, SCL	Input Leakage High	SDA, SCL = DV_{CC}	-1		1	μA
I_{IL} , SDA, SCL	Input Leakage Low	SDA, SCL = 0V	-1		1	μA
V_{OL}	Digital Output Low (SDA)	$I_{\text{SDA}} = 3\text{mA}$			0.4	V
f_{SCL}	Clock Operating Frequency				400	kHz
t_{BUF}	Bus Free Time Between Stop and Start Condition		1.3			μs
$t_{\text{HD_SDA}}$	Hold Time After (Repeated) Start Condition		0.6			μs
$t_{\text{SU_SDA}}$	Repeated Start Condition Set-Up Time		0.6			μs
$t_{\text{SU_STO}}$	Stop Condition Time		0.6			μs
$t_{\text{HD_DAT(OUT)}}$	Data Hold Time		0		900	ns
$t_{\text{HD_DAT(IN)}}$	Input Data Hold Time		0			ns
$t_{\text{SU_DAT}}$	Data Set-Up Time		100			ns
t_{LOW}	Clock Low Period		1.3			μs
t_{HIGH}	Clock High Period		0.6			μs
t_{SP}	Spike Suppression Time				50	ns

LTC4099

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 : LTC4099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。

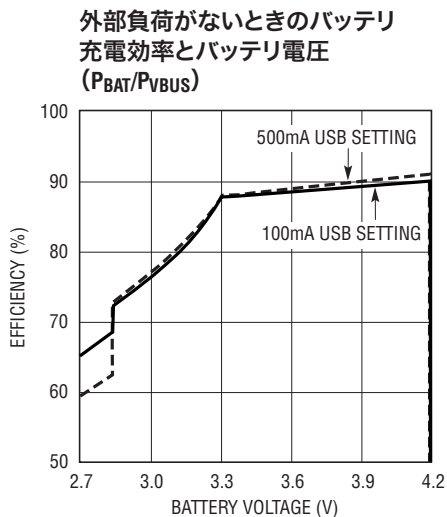
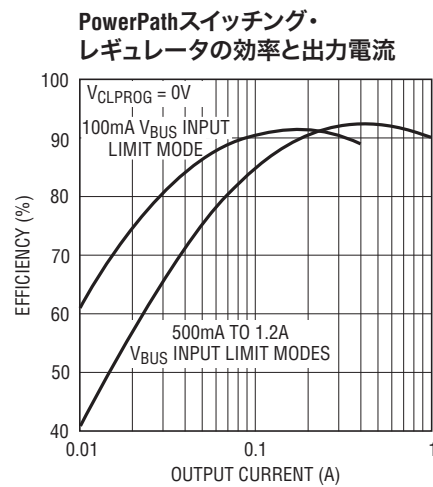
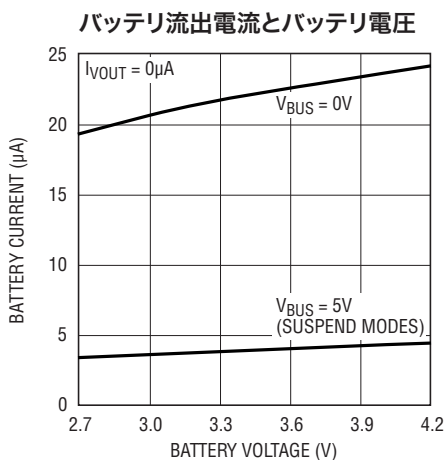
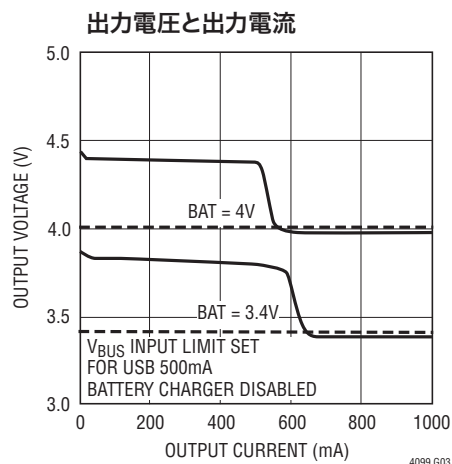
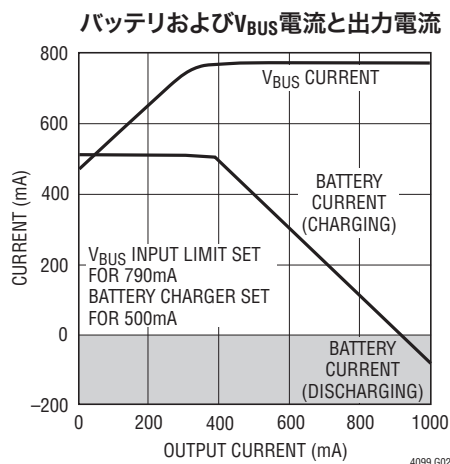
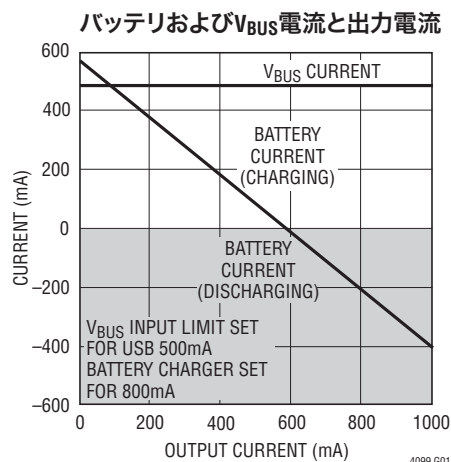
Note 3 : LTC4099には、短時間の過負荷状態の間デバイスを保護するための過温度保護機能が備わっている。過温度保護機能がアクティブなとき、接合部温度は125°Cを超える。規定された最大動作接合部温度を超えた動作が継続すると、デバイスの信頼性を損なう恐れがある。

Note 4 : 合計入力電流は、消費電流、 I_{VBUSQ} 、次式で求められる測定電流の和である。

$$V_{CLPROG}/R_{CLPROG} \cdot (h_{CLPROG} + 1)$$

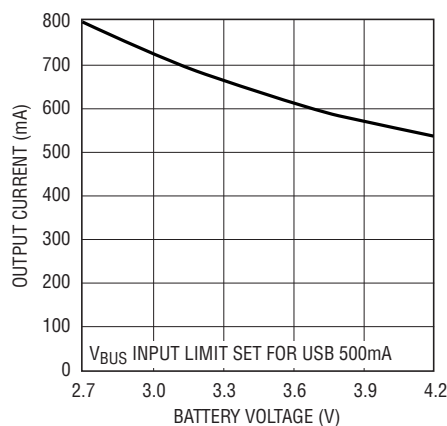
Note 5 : PROGピンは常に実際の充電電流を示す。「フル充電表示(C/X)」を参照。

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{BUS} = 5\text{V}$ 、 $BAT = 3.8\text{V}$ 、 $R_{PROG} = 1.02\text{k}$ 、 $R_{CLPROG} = 3.01\text{k}$ 。



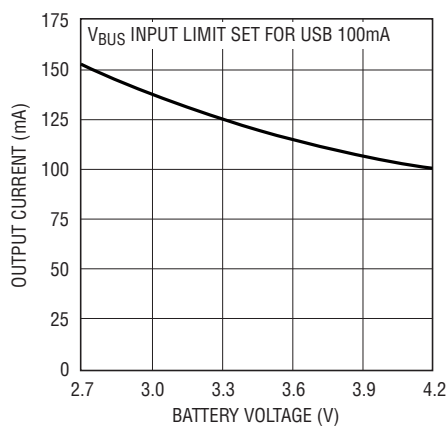
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

バッテリーの放電前に使用可能な
USB準拠の出力電流



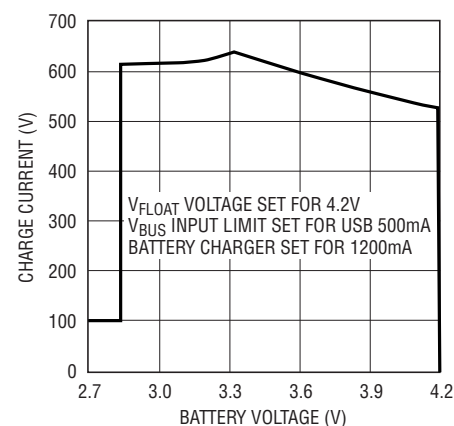
4099 G07

バッテリーの放電前に使用可能な
USB準拠の出力電流



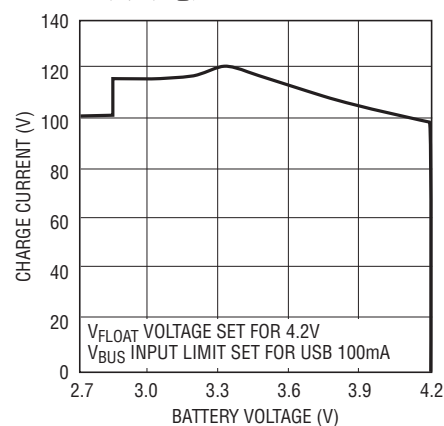
4099 G08

USBのバッテリー充電電流制限と
バッテリー電圧



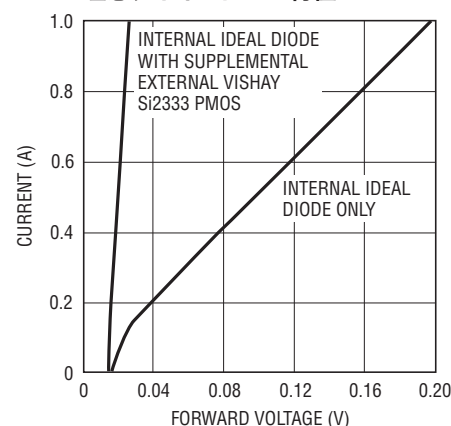
4099 G09

USBのバッテリー充電電流制限と
バッテリー電圧



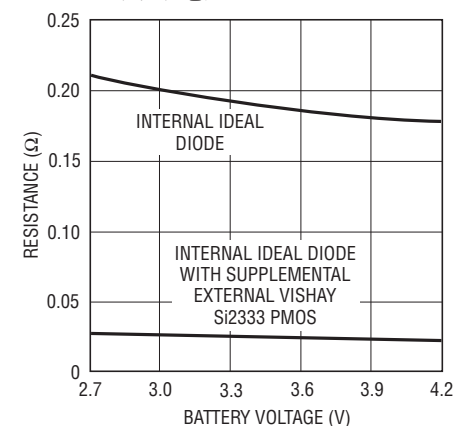
4099 G10

理想ダイオードのV-I特性



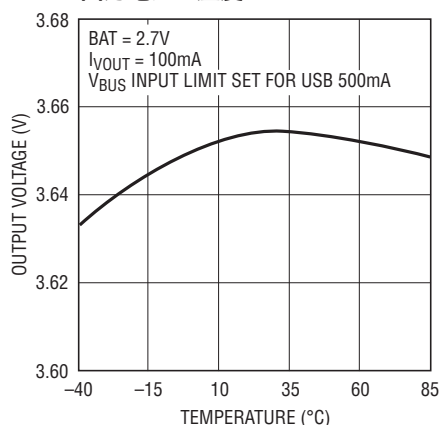
4099 G11

理想ダイオードの抵抗と
バッテリー電圧



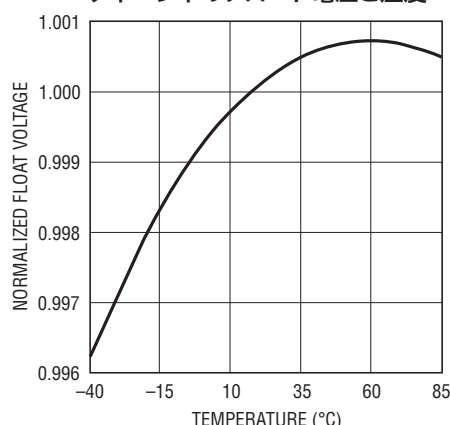
4099 G12

バッテリー低下時(瞬時オン)
出力電圧と温度



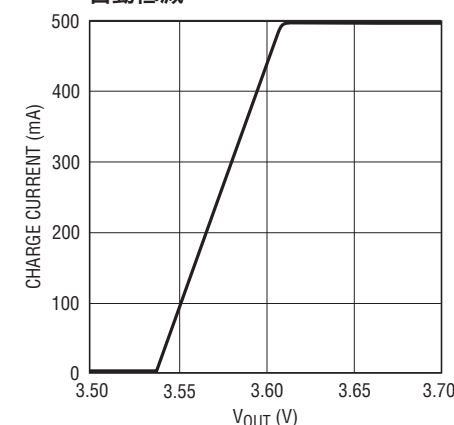
4099 G13

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



4099 G14

バッテリー低下時充電電流の
自動低減

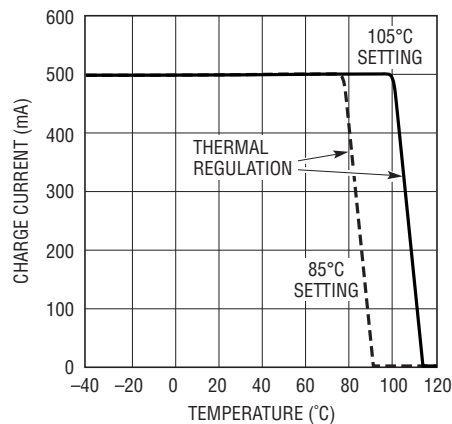


4099 G15

LTC4099

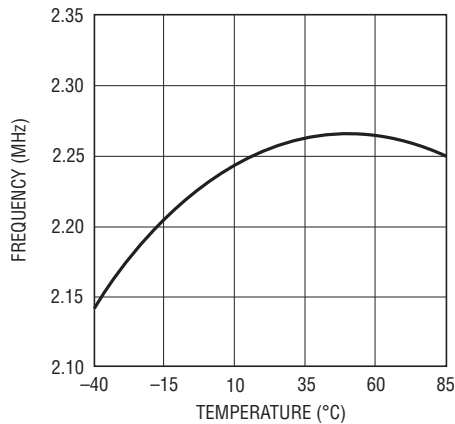
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

バッテリー充電電流と温度



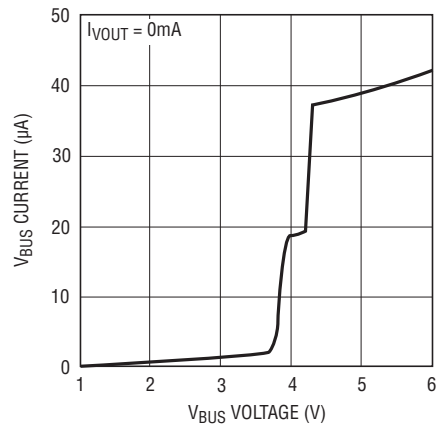
4099 G16

発振周波数と温度



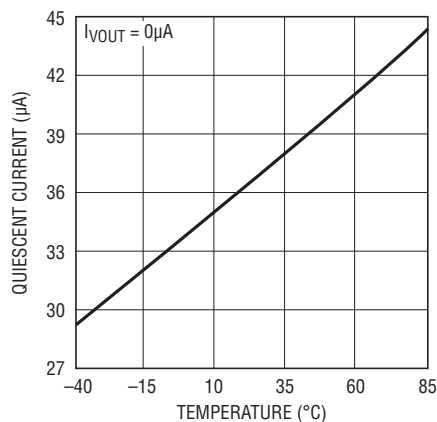
4099 G17

V_{BUS} 電流と V_{BUS} 電圧
(サスペンド時)



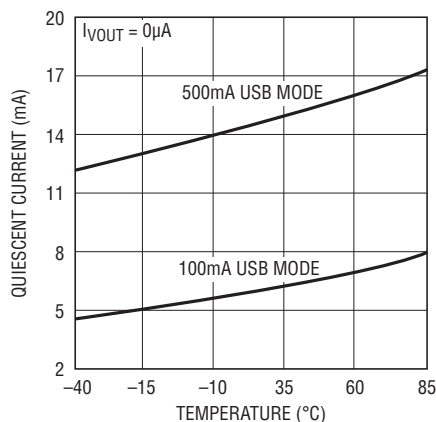
4099 G18

サスペンド時の V_{BUS} 消費電流と
温度



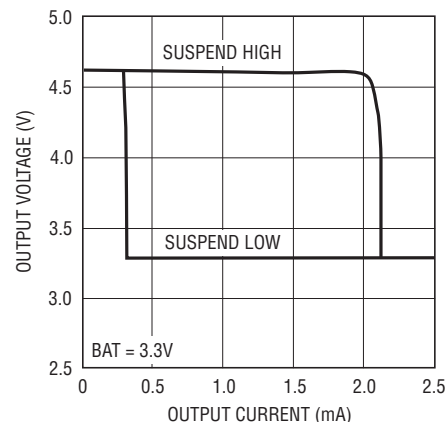
4099 G19

V_{BUS} 消費電流と温度



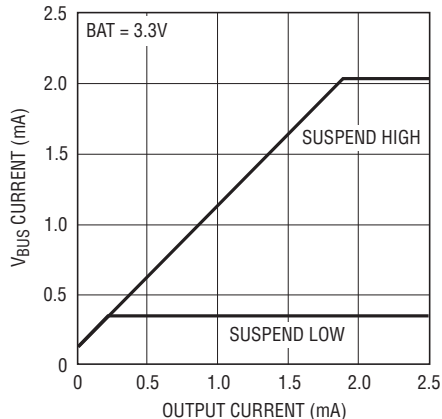
4099 G20

サスペンド時の出力電圧と
出力電流



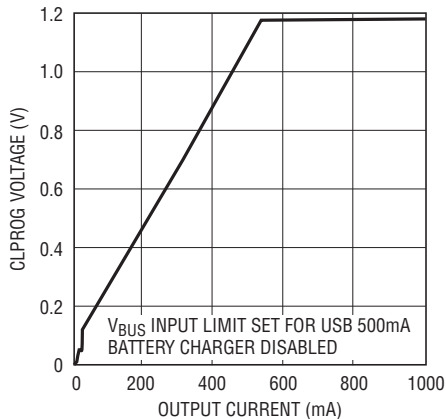
4099 G21

サスペンド時の V_{BUS} 電流と
出力電流



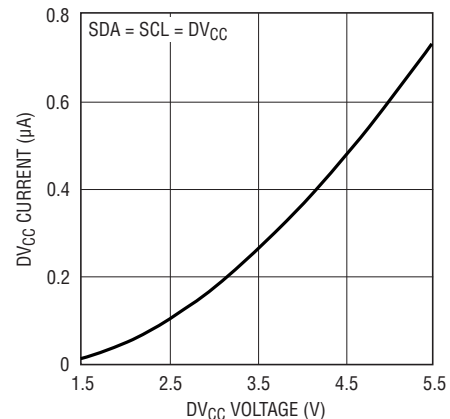
4099 G22

CLPROG電圧と出力電流



4099 G23

安定時 DV_{CC} 電流と電圧

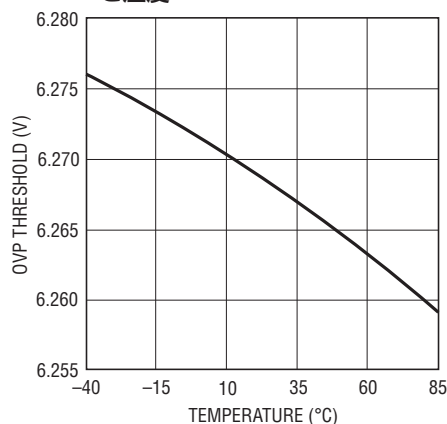


4099 G24

4099fd

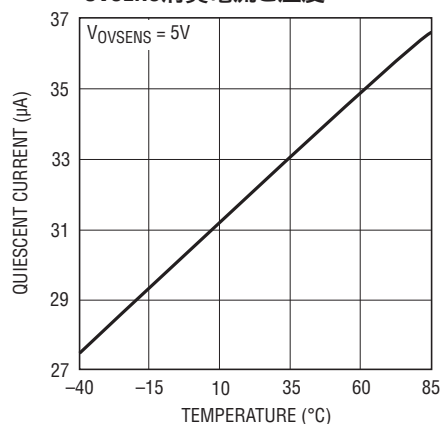
標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。

立ち上がり過電圧スレッシュホールドと温度



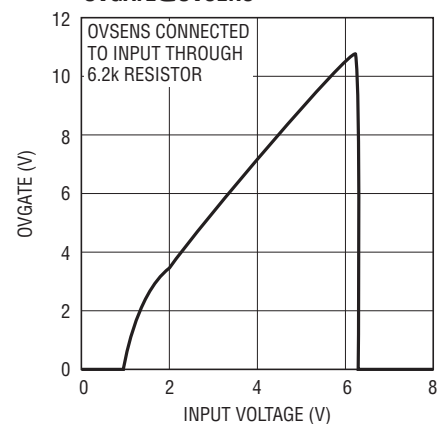
4099 G25

OVSSENS消費電流と温度



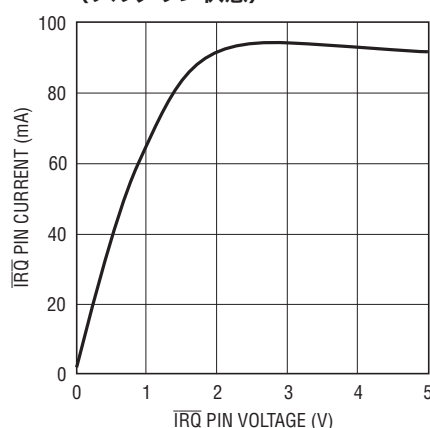
4099 G26

OVGATEとOVSSENS



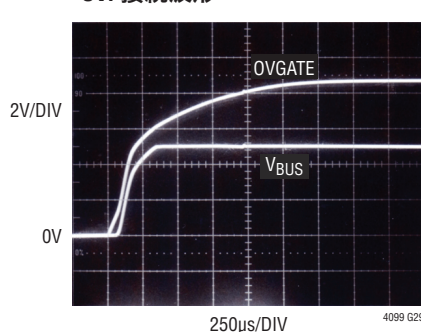
4099 G27

**IRQピン電流と電圧
(プルダウン状態)**



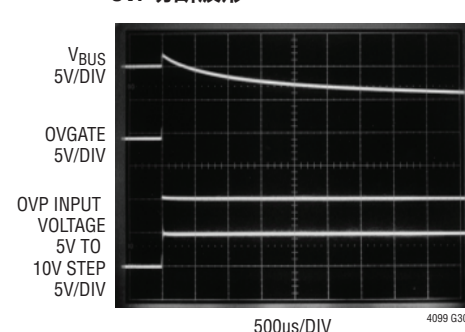
4099 G28

OVP接続波形



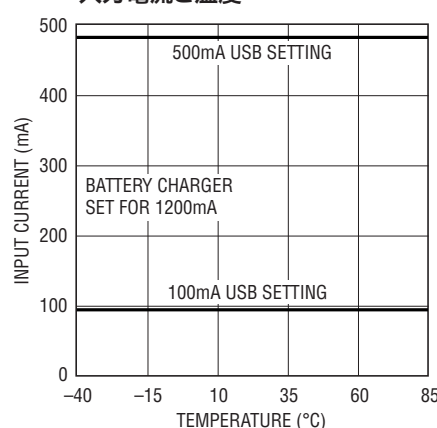
4099 G29

OVP切断波形



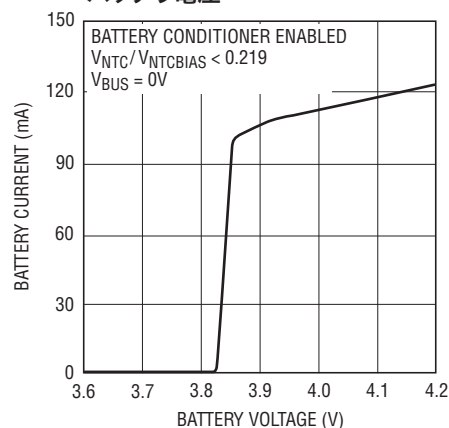
4099 G30

入力電流と温度



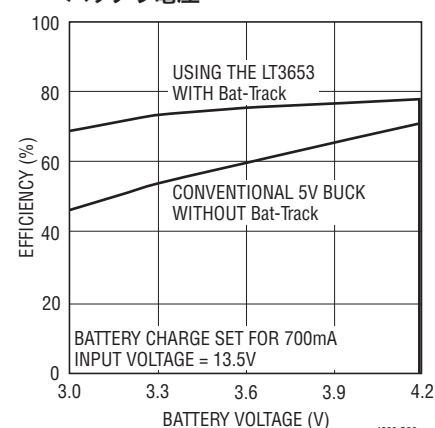
4099 G31

**バッテリー安全調整器の放電電流と
バッテリー電圧**



4099 G32

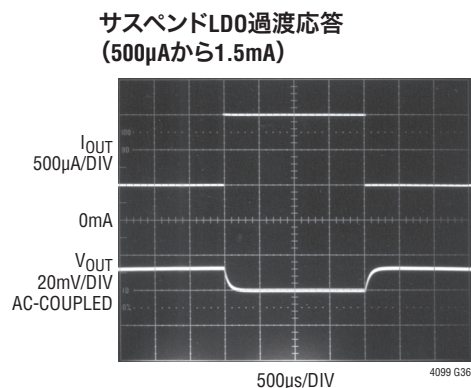
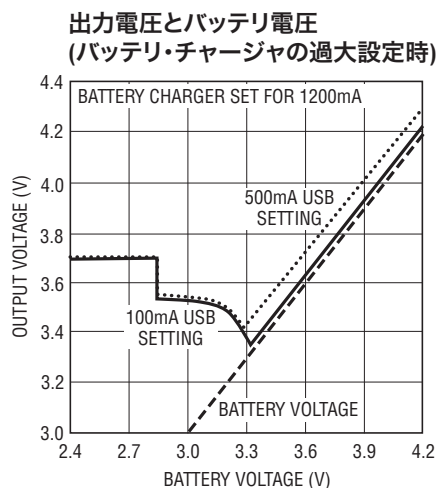
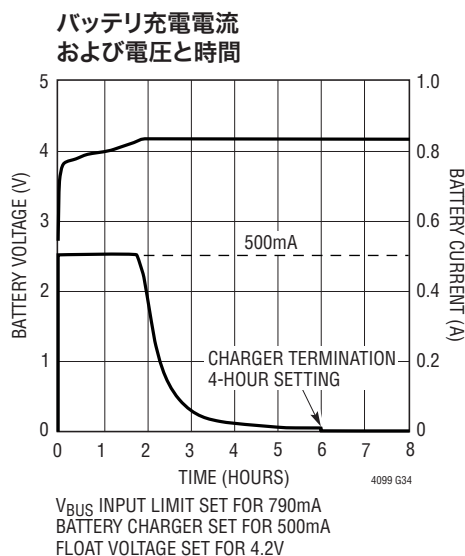
**高電圧入力の充電効率と
バッテリー電圧**



4099 G33

LTC4099

標準的性能特性 注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{\text{BUS}} = 5\text{V}$ 、 $\text{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $R_{\text{PROG}} = 1.02\text{k}$ 、 $R_{\text{CLPROG}} = 3.01\text{k}$ 。



ピン機能

OVGATE (ピン1) : 過電圧保護ゲート出力。OVGATEは外付けNチャンネルMOSFET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は V_{BUS} に接続し、ドレインは機器のDC入力コネクタに接続します。過電圧状態でない場合、このピンは、パス・トランジスタを十分にオーバードライブして完全に導通させることが可能な内部チャージポンプでドライブされます。過電圧状態が検出されると、OVGATEが急激にGNDに引き下げられ、LTC4099が損傷しないようにします。OVGATEはOVSENSと連動してこの保護を行います。

NTC (ピン2) : 負温度係数 (NTC) サーミスタ・モニタ回路への入力。NTCピンは負温度係数サーミスタに接続します。このサーミスタは通常、バッテリーと一緒に実装され、バッテリーの温度が充電するには高すぎるか低すぎるかを判断します。バッテリーの温度が有効範囲を外れると、バッテリーの温度が有効範囲に戻るまで充電が中断されます。NTCBIASからNTCに低ドリフト・バイアス抵抗を接続し、NTCからグラウンドにサーミスタを接続する必要があります。

NTCBIAS (ピン3) : NTCサーミスタのバイアス出力。NTCBIASとNTCの間にバイアス抵抗を接続し、NTCとGNDの間にサーミスタを接続します。

V_C (ピン4) : 補助スイッチング・レギュレータのBat-Track制御出力。このピンは、外部のリニアテクノロジーの降圧スイッチング・レギュレータの V_C ピンをドライブします。WALLおよび $\overline{\text{ACPR}}$ と連動して V_{OUT} を安定化し、バッテリー・チャージャの効率を最大にします。

WALL (ピン5) : 補助電源のセンス入力。WALLを使用して、補助電源からの電力を使用できる時期を判断します。電源が検出されると、 $\overline{\text{ACPR}}$ が“L”にドライブされてUSB入力が自動的にデイスエーブルされます。

BATSENS (ピン6) : バッテリー電圧のセンス入力。適正に動作させるため、このピンは常にBATに接続する必要があります。最適な動作をさせるには、BATSENSをリチウムイオン・バッテリー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。PROGからグラウンドに抵抗を接続することによって充電電流を設定します。定電流モードで十分な電力が供給される場合、このピンは I^2C で制御可能な8つの電圧の1つにサーボ制御されます(表3を参照)。このピンの電圧は、次式を使用することによって常に**実際の**充電電流を表します。

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

ピン機能

IRQ (ピン8) : オープンドレインの割り込み出力。IRQピンを使用して、LTC4099内の複数のマスク可能なステータス変化による割り込みを発生させることができます。表1を参照してください。

GND (ピン9、露出パッド・ピン21) : グランド。露出パッドおよびピンはPCBに半田付けし、グラウンドに電気的かつ熱的に低インピーダンスの接続をする必要があります。

IDGATE (ピン10) : 理想ダイオード・アンプの出力。このピンによって、内部理想ダイオードの補完に使用される外付けPチャネルMOSFETトランジスタのゲートが制御されます。PチャネルMOSFETのソースはV_{OUT}に接続し、ドレインは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。使用できる電力と負荷に応じて、BATに接続されたりリチウムイオン・バッテリーは理想ダイオードを介してV_{OUT}にシステム電源を供給するか、またはバッテリー・チャージャから充電されます。

V_{OUT} (ピン12) : スイッチングPowerPathコントローラの出力電圧およびバッテリー・チャージャの入力電圧。大半の携帯機器にはV_{OUT}から電力を供給します。LTC4099は、V_{OUT}の外部負荷と内部バッテリー・チャージャの間で使用できる電力を分割します。外部負荷が優先され、残りの電力を使用してバッテリーを充電します。BATからV_{OUT}に接続された理想ダイオードにより、負荷がV_{BUS}からの割り当てられた電力を超えても、またはV_{BUS}電源が取り外されても、V_{OUT}に電力が供給されます。V_{OUT}は、低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使用してバイパスする必要があります。

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DC出力のACアダプタに接続されます。V_{BUS}は、低インピーダンスの積層セラミック・コンデンサを使用してバイパスする必要があります。

SW (ピン14) : スイッチング・レギュレータの電力送出ピン。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。SWからV_{OUT}にインダクタを接続します。インダクタンス値については「アプリケーション情報」を参照してください。

DV_{CC} (ピン15) : I²Cシリアル・ポートのロジック・リファレンス。0.01μFのバイパス・コンデンサが必要です。

SCL (ピン16) : I²Cシリアル・ポートのクロック入力。I²Cの入力レベルはDV_{CC}を基準にしてスケールリングされます。

SDA (ピン17) : I²Cシリアル・ポートのデータ入出力。I²Cの入力レベルはDV_{CC}を基準にしてスケールリングされます。

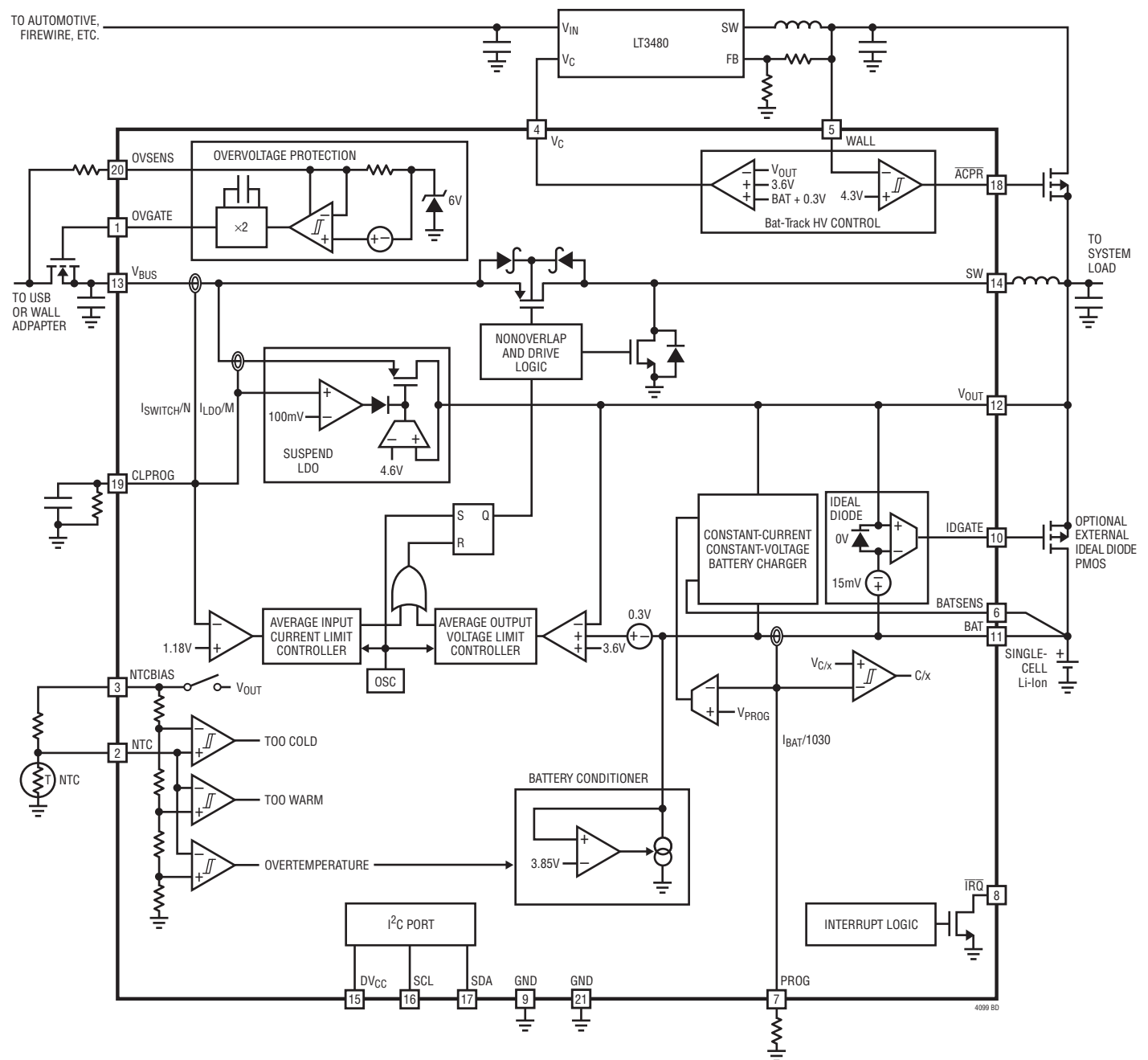
ACPR (ピン18) : 補助電源接続出力(アクティブ“L”)。ACPRは、WALLに接続された外部の高電圧降圧スイッチング・レギュレータの出力をLTC4099が使用できる状態を示します。ACPRは、ソースがV_{OUT}に接続され、ドレインがWALLに接続された外付けPチャネルMOSFETトランジスタのゲートに接続することができます。ACPRの“H”レベルはV_{OUT}で“L”レベルはGNDです。

CLPROG (ピン19) : USB電流制限の設定およびモニタ用ピン。CLPROGからグラウンドに接続された1%抵抗によって、V_{BUS}ピンから供給される電流の上限が決定されます。ハイサイド・スイッチがオンのとき、入力電流に対する正確な比率(hCLPROG)がCLPROGピンに出力されます。CLPROGピンが1.18Vに達するまで、スイッチング・レギュレータが電力を供給します。したがって、V_{BUS}から供給される電流はhCLPROGとRCLPROGから得られる値に制限されます。I²C制御によって得られるhCLPROGには複数の比率があり、このうちの2つが100mAおよび500mAのUSB仕様に相当します(表2を参照)。CLPROGをフィルタリングするには、積層セラミック平均化コンデンサも必要になります。

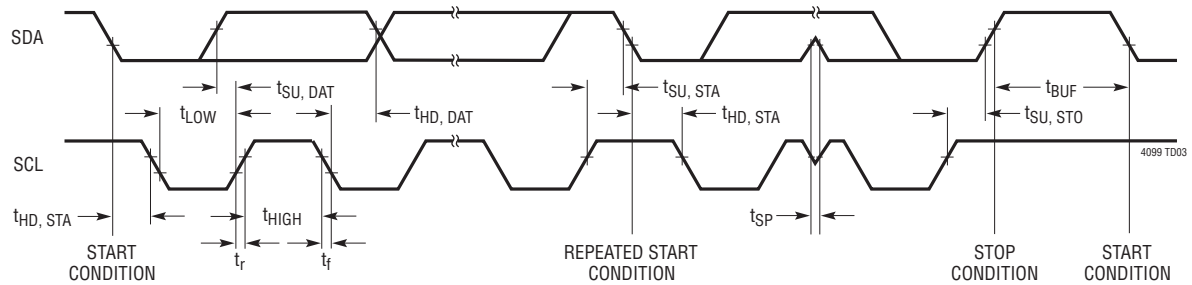
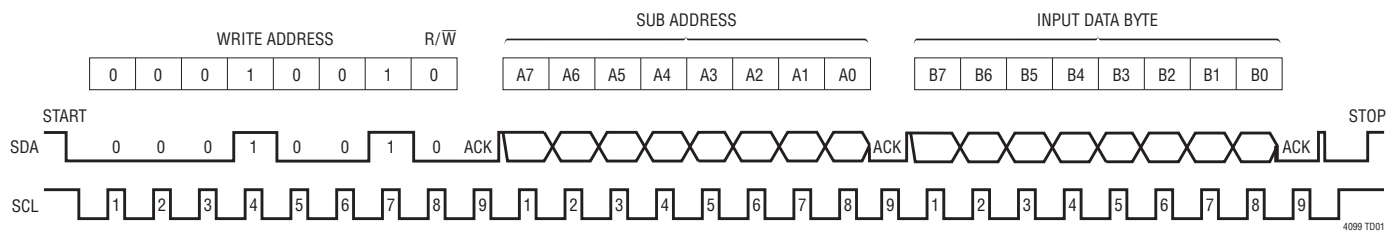
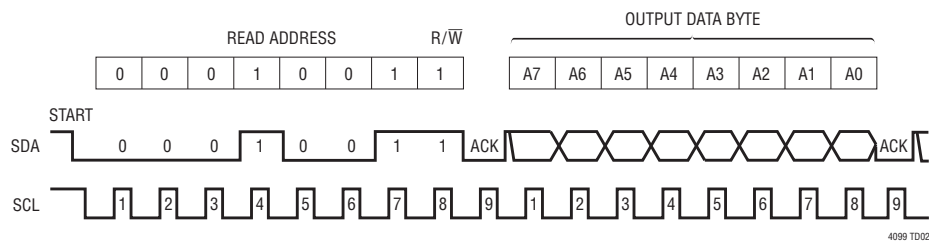
OVSENS (ピン20) : 過電圧保護センス入力。OVSENSは、6.2k抵抗を介して入力電源コネクタに接続し、さらに外付けNチャネルMOSFETパス・トランジスタのドレインに接続します。このピンの電圧がV_{OVCUTOFF}を上回ると、OVGATEピンがGNDに引き下げられ、パス・トランジスタをディスエーブルしてLTC4099を高電圧による損傷の危険性から保護します。

LTC4099

ブロック図



タイミング図

I²Cの書き込みプロトコルI²Cの読み出しプロトコル

動作

はじめに

LTC4099はI²C制御のパワーマネージャおよびリチウムイオン・チャージャで、消費電力を最小限に押さえて熱管理の制約を緩和しながら、様々なソースから得られる電力を最適に使用するように設計されています。革新的なPowerPathアーキテクチャを採用しているので、完全に放電しきったバッテリーを使用しているときでさえ、アプリケーションへの電力供給を優先することにより、外部電圧が印加された直後にアプリケーションに電力供給することができます。

LTC4099は、USB、ACアダプタなどの5V電源用のBat-Trackモノリシック降圧スイッチング・レギュレータを内蔵しています。特にUSBアプリケーション向けに設計されており、スイッチング・レギュレータにはUSBと互換性を持たせるために高精度平均入力電流制限機能が搭載されています。電力が節約されるので、LTC4099ではV_{OUT}の負荷電流はUSBポートから供給される電流を超えることが可能で、バッテリー充電に許容されるUSB電力を最大限に使用できます。スイッチング・レギュレータとバッテリー・チャージャは情報をやり取りし、平均入力電流が決してUSB仕様を超えないようにします。

車載などの高電圧アプリケーション用に、LTC4099は外部のリニアテクノロジーの降圧スイッチング・レギュレータのBat-Track制御を行い、バッテリー・チャージャの効率を最大にして発熱を最小限に抑えます。

USBと補助入力の方から電力が供給される場合、補助入力の方が優先されます。

LTC4099は、180mΩ理想ダイオードのほか、外付けPチャネルMOSFETとともに使用するための理想ダイオード・コントローラを内蔵しています。BATからV_{OUT}に接続された理想ダイオードによって、V_{BUS}やWALLの電力が不十分または電力がない場合でも、V_{OUT}に常に十分な電力を供給できます。

LTC4099は、外付けNチャネルMOSFETと連動し、高電圧の偶発的な印加によって生じる入力の損傷を防ぐように設計された過電圧保護回路を備えています。

デバイスがサスペンド時のUSBポートに接続されたときのバッテリーからの流出を防ぐため、V_{BUS}からV_{OUT}に接続されたLDOによって低電力または高電力のUSBサスペンド電流をアプリケーションに供給します。

最後に、LTC4099には多くの調整機能が搭載されており、電力レベルやステータス情報をシンプルな2線I²Cポートを介して制御およびモニタすることができます。

入力電流が制限されるBat-Track 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の固定周波数降圧スイッチング・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・レギュレータには計測および制御システムが搭載されており、平均入力電流がCLPROGピンおよびI²Cポートで設定されたレベル以下を維持するようにします。V_{OUT}は外部負荷とバッテリー・チャージャを結合したものをドライブします。

結合された負荷によってスイッチング電源が設定された入力電流制限まで達しない場合、V_{OUT}はバッテリー電圧より約0.3V高い電圧をトラッキングします。バッテリー・チャージャの電圧をこの低レベルに保つことによって、バッテリー・チャージャの電力損失が最小限に抑えられます。図1にパワーパスの構成要素を示します。

結合された外部負荷とバッテリー充電電流が十分に大きいことによってスイッチング電源が設定された入力電流制限に達すると、バッテリー・チャージャは外部負荷に十分な電力を供給するのに必要な分だけ正確に充電電流を低減します。バッテリー充電電流が許容できるUSB電力を超える値に設定されても、平均入力電流のUSB仕様に違反することはありません。それはバッテリー・チャージャが必要に応じて電流を低減するからです。さらに、V_{OUT}の負荷電流がV_{BUS}から供給される設定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ても、理想ダイオードを介してバッテリーから追加の負荷電流が供給されます。

CLPROGから流出する電流はV_{BUS}電流を正確に分割した分です。CLPROGからGNDに設定抵抗と平均化コンデンサを接続すると、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示します。入力電流が設定制限値に近づくと、CLPROGは1.18Vに達し、スイッチング・レギュレータによって供給される電力は一定に保たれます。

入力電流制限は、ACアダプタのアプリケーションに対して500μAのUSBサスペンド制限から1.2Aまでの範囲の8つの値に設定可能です。これらの設定値の2つは、特に100mAおよび500mAのUSBアプリケーションでの使用を意図しています。

動作

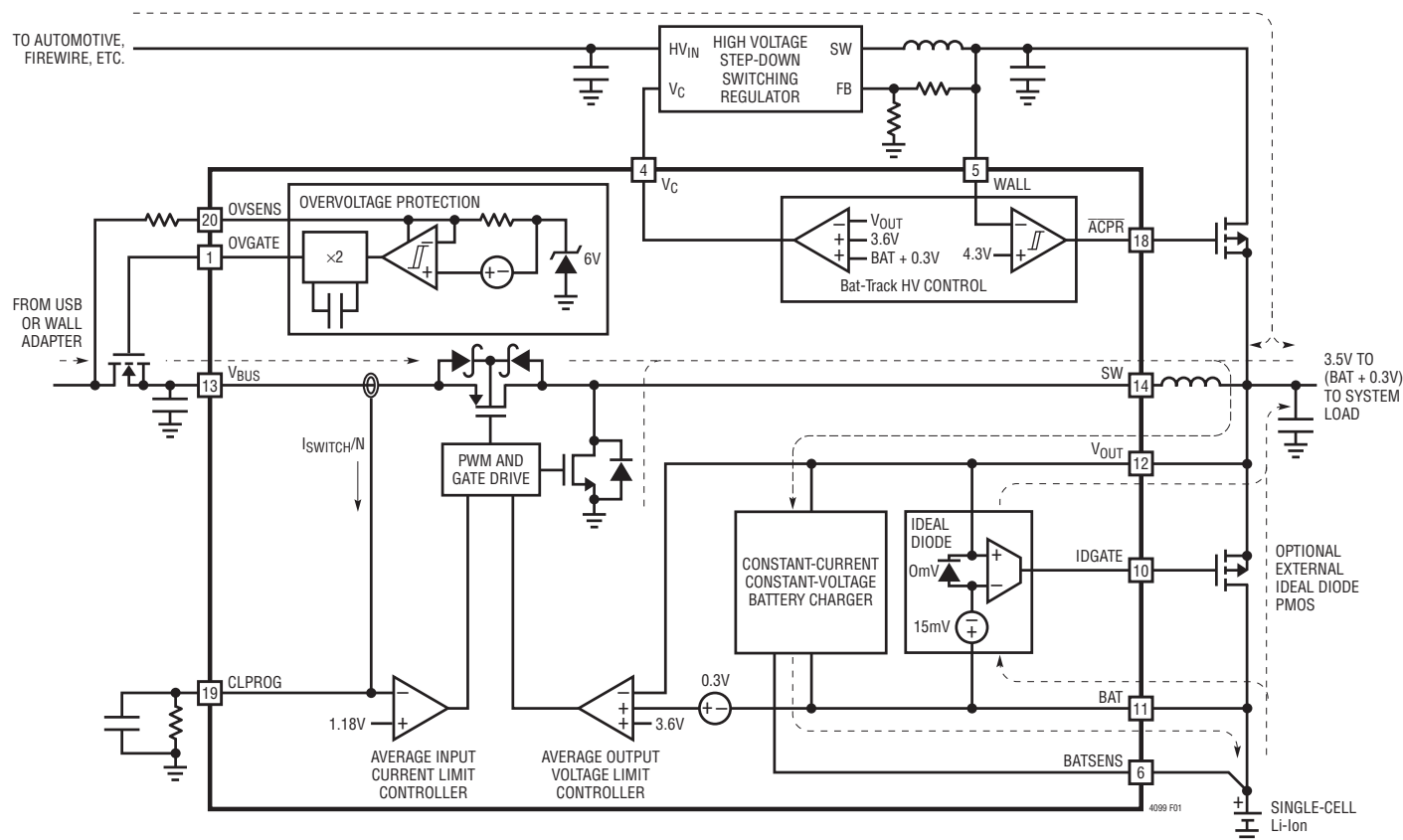


図1. PowerPathブロック図

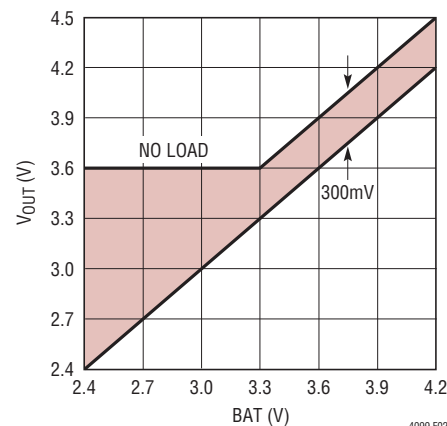
スイッチング・レギュレータがアクティブになると、平均入力電流はCLPROGの設定抵抗により次式に従って制限されます。

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

ここで、 I_{VBUSQ} はLTC4099の消費電流、 V_{CLPROG} は電流制限時のCLPROGサーボ電圧、 R_{CLPROG} は設定抵抗の値、そして h_{CLPROG} は V_{BUS} で測定される電流とCLPROGに供給されるサンプリング電流との比率です。 h_{CLPROG} 、 V_{CLPROG} 、 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。 R_{CLPROG} が3.01k以上であれば、回路の許容誤差がワーストケースであっても、100mAモードまたは500mAモードの平均入力電流のUSB仕様に違反することはありません。入力電流制限のその他の設定可能な値については表2を参照してください。

電流制限されていない間は、スイッチング・レギュレータのBat-Track機能によって V_{OUT} がBATの電圧より約300mV高い電圧に設定されます。ただし、BATの電圧が3.3V以下で、かつ負

荷要件によってスイッチング・レギュレータが電流制限を超えることがない場合、図2に示すように V_{OUT} は3.6Vに固定されます。この瞬時オン機能により、携帯機器に電源を印加したときにバッテリーの充電を待つことなく直ちに起動することができます。負荷が V_{BUS} の電流制限を超えてしまうと、図2の網掛け

図2. V_{OUT} とBAT

動作

の部分で示すように、 V_{OUT} の範囲は無負荷電圧とバッテリー電圧をわずかに下回る電圧の間になります。これが起きた時にバッテリーが接続されていないと、 V_{OUT} がグランドまで急落する可能性があります。そのような場合、 V_{OUT} とBATの電圧を規定制限内に保つために、入力換算負荷電流は設定された入力電流レベル以下に維持されなければなりません。

バッテリー電圧が非常に低い場合、バッテリー・チャージャは負荷のような動作をしますが、入力電流制限回路により、その電流によって V_{OUT} が3.6Vの瞬時オン電圧を下回る傾向があります。 V_{OUT} がこのレベルを下回らないように、低電圧回路が V_{OUT} の低下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低減します。この低減によって負荷の電流と電圧が常に優先されますが、バッテリー充電電流をできる限り供給します。「アプリケーション情報」の「バッテリー・チャージャの過大設定」を参照してください。

電圧安定化ループ補償は V_{OUT} のコンデンサによって制御されます。ループを安定させるためには10 μ FのMLCCコンデンサが必要です。この値より大きな容量を追加すると、過渡応答が改善されます。

内部低電圧ロックアウト回路は V_{BUS} をモニタし、 V_{BUS} が V_{UVLO} の立ち上がりスレッショルド(4.3V)を上回るまでスイッチング・レギュレータをオフに保ちます。 V_{BUS} が V_{UVLO} の立ち下がりスレッショルド(4V)を下回ると、 V_{OUT} のシステム電源は理想ダイオードを介してバッテリーから供給されます。スイッチング・レギュレータを動作させるには、 V_{BUS} の電圧がBATの電圧より V_{DUVLO} (つまり約200mV)だけ高いことも必要です。

補助高電圧スイッチング・レギュレータのBat-Track制御

ブロック図に示すように、WALLピン、 $\overline{ACPR}$ ピン、 V_C ピンは、LT3480やLT3653などのリニアテクノロジーの外部高電圧降圧スイッチング・レギュレータと組み合わせて使用し、高い電圧源で動作するときの発熱を最小限に抑えることができます。Bat-Track制御回路は、内部スイッチング・レギュレータとほとんど同じ方法で、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の高い方に安定化します。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ら、バッテリーが消耗しているときの瞬時オン動作を可能にします。

高電圧レギュレータの帰還ネットワークは、4.5V~5.5Vの出力電圧にするように設定します。外部レギュレータに高電圧が印加されると、WALLはこの設定された出力電圧に向かって上昇します。WALLが約4.3Vを上回ると、 $\overline{ACPR}$ が“L”になり、LTC4099のBat-Track制御によって外部の高電圧降圧スイッチング・レギュレータのローカル V_C 制御が無効になります。Bat-Track制御が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に左右されません。

Bat-Track制御は、シンプルな5Vスイッチング・レギュレータの出力を使用したバッテリー・チャージャのドライブと比較して、大幅な効率向上を実現します。5V出力で V_{OUT} をドライブする場合、バッテリー・チャージャの効率はほぼ次式のようにになります。

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

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。標準的なスイッチング・レギュレータの効率87%と標準的なバッテリー電圧3.8Vを使用すると、バッテリー・チャージャの総合効率は約66%になります。充電電流を1Aと仮定すると、バッテリーを充電するだけで約2Wの電力が消費されます。

Bat-Trackを使用すると、バッテリー・チャージャの効率はほぼ次式のようにになります。

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

上記と同じ仮定を用いると、バッテリー・チャージャの総合効率は約81%になります。この例では電力損失が1W以下、つまり発熱がほぼ60%以下になります。

LT3480とBat-Track制御付きのLT3653を使用した全体回路図は、「標準的応用例」を参照してください。

BATから V_{OUT} への理想ダイオード

LTC4099は、外付け理想ダイオードのコントローラだけでなく、内部理想ダイオードも備えています。内部理想ダイオードおよび外付け理想ダイオードはどちらも常時オンで、 V_{OUT} がBATを下回るたびに即座に応答します。

動作

負荷電流がスイッチング・レギュレータからの許容電力を超えて増加すると、追加の電力が理想ダイオードを介してバッテリーから供給されます。さらに、 V_{BUS} への電源(USBまたはACアダプタ)が取り外されると、アプリケーションの電源はすべて理想ダイオードを介してバッテリーから供給されます。理想ダイオードは十分に高速で、スイッチング・レギュレータに必要な蓄積容量だけで V_{OUT} の垂下が防止されます。内部理想ダイオードは、 V_{OUT} の電圧がBATの電圧を約15mV(V_{FWD})下回るとに大型の内蔵MOSFETトランジスタを作動させる高精度アンプで構成されています。アンプのリニア範囲内では、理想ダイオードの小信号抵抗は非常に小さいので、順方向電圧降下を15mV近くに保ちます。電流レベルが大きいとMOSFETは十分に導通します。

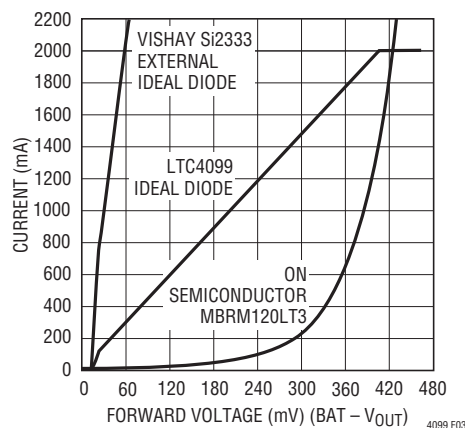


Figure 3. Ideal Diode V-I Characteristics

内部理想ダイオードを補完するために、BATから V_{OUT} に外付けのPチャネルMOSFETトランジスタを接続することができます。LTC4099のIDGATEピンは、外付け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。外付け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の負荷をドライブできるので、オン抵抗が30mΩ以下の外付けPチャネルMOSFETトランジスタを制御することができます。

バッテリー・チャージャ

LTC4099には、低電圧プリチャージ、定電流/定電圧充電、C/x充電状態検出、安全タイマによる自動終了、自動再充電、不良セル検出、温度範囲外で充電を停止するサーミスタ・センサ入力などを備えたバッテリー・チャージャが搭載されています。

プリチャージ

バッテリーの充電サイクルが開始されると、バッテリー・チャージャは最初にバッテリーが消耗しているかを判定します。バッテリー電圧が V_{TRKL} (標準2.85V)を下回ると、自動トリクル充電機能によってバッテリー充電電流がデフォルト充電電流の1/5に設定されます。低電圧が0.5時間以上持続すると、バッテリー・チャージャは自動的に停止し、I²Cポートを介してバッテリーが非応答であったことを示します。

定電流

バッテリー電圧が V_{TRKL} を上回ると、チャージャはフルパワー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 $V_{PROG}/R_{PROG} \cdot 1030$ に達しようとしています。ここで、 V_{PROG} はI²Cポートを介して設定可能で、その範囲は100mVステップで500mV～1.2Vです。 V_{PROG} のデフォルト値は500mVです。使用できる入力電力と外部負荷の状態に応じて、バッテリー・チャージャは設定されたフルレートで充電できることもあればできないこともあります。外部負荷がバッテリー充電電流よりも常に優先されます。同様に、USB電流制限の設定は常に実行され、追加電力のみがバッテリーの充電に使用されます。システム負荷が軽い場合、バッテリー充電電流は最大になります。

前述したように、充電電流の上限は、PROGからグラウンドに接続された抵抗とI²Cポートで設定されるPROGサーボ電圧値の組み合わせによって設定されます。充電電流は次式で求められます。

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

I²CポートのI_{CHARGE2}ビット、I_{CHARGE1}ビット、I_{CHARGE0}ビットによって V_{PROG} の8つの値が選択できます。表3を参照してください。

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

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

動作

ただし、多くの場合、使用できる入力電力が限られていることとV_{OUT}からシステム負荷に優先して供給されることにより、実際のバッテリー充電電流(I_{BAT})は設定電流(I_{CHG})より減少することを思い出してください。

定電圧

バッテリー端子の電圧がプリセットされたフロート電圧に達すると、バッテリー・チャージャはこの電圧を一定に保ち、充電電流はゼロに向かって自然に減少します。I²Cポートを介して最終フロート電圧を4.100Vと4.200Vの2つの設定値に選択することができます。できるだけ長い実行時間を必要とするアプリケーションでは4.200Vの設定値を選択できます。バッテリー寿命の延長が求められるアプリケーションでは、LTC4099のデフォルト設定である4.100Vを使用します。

フル充電表示(C/x)

PROGピンは、定電圧フェーズの充電時でも、常に実際の充電電流を示すので、PROGピンの電圧はこのフェーズでのバッテリーの充電状態を示します。LTC4099はPROGピンにフル充電表示コンパレータを備えており、I²Cポートを介してその結果を通知します。I²C制御により、50mV、100mV、200mV、500mVのC/xコンパレータのレベル選択が可能です。PROGピンのサーボ電圧が500mV～1.2Vに設定可能なことを思い出してください。1Vのサーボ設定値がバッテリーのフル充電速度(1C)を表す場合、100mVのC/xの設定値はC/10に相当します。同様に200mVのC/xの設定値はC/5を表し、500mVの設定値はC/2を表します。

充電終了

バッテリー・チャージャは終了安全タイマを内蔵しています。バッテリーの電圧が設定された4.100Vまたは4.200Vのフロート電圧に達すると、安全タイマが始動します。安全タイマが終了すると、バッテリーの充電が中止され、電流はそれ以上供給されません。安全タイマの4時間のデフォルト終了時間は、I²Cポートにアクセスすることにより1時間から8時間まで1時間単位で変更することができます。

自動再充電

バッテリー・チャージャは充電を終了するとオフ状態を保持し、バッテリーからはわずかに数マイクロアンペアの電流しか流れません。携帯機器を長時間この状態にしておくと、バッテリーは最

終的に自己放電します。バッテリーが常にフル充電状態になるように、バッテリー電圧がV_{RECHRG}(通常、4.200Vのフロート電圧設定では4.100V、4.100Vのフロート電圧設定では4.000V)を下回ると新たな充電サイクルが自動的に開始されます。安全タイマが動作中の場合にバッテリー電圧がV_{RECHRG}を下回ると、タイマはゼロにリセットされます。V_{RECHRG}を下回る短時間の偏移によって安全タイマがリセットしないように、バッテリー電圧を2.5ms以上V_{RECHRG}より低くする必要があります。V_{BUS}のUVLOを“L”に戻してから“H”にする(たとえば、V_{BUS}またはWALLを取り外してから付け直す)かまたはI²Cポートを使用してチャージャを一時的にディスエーブルすると、充電サイクルと安全タイマもリスタートします。

図4のフローチャートにバッテリー・チャージャのアルゴリズムを示します。

サーミスタの測定

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。サーミスタ回路は「ブロック図」に示されています。

この機能を使用するには、NTCピンとグラウンドの間にサーミスタを接続し、NTCBIASからNTCにバイアス抵抗を接続します。バイアス抵抗は、選択したサーミスタの25°Cでの値(R₂₅)に等しい値の1%抵抗にします。

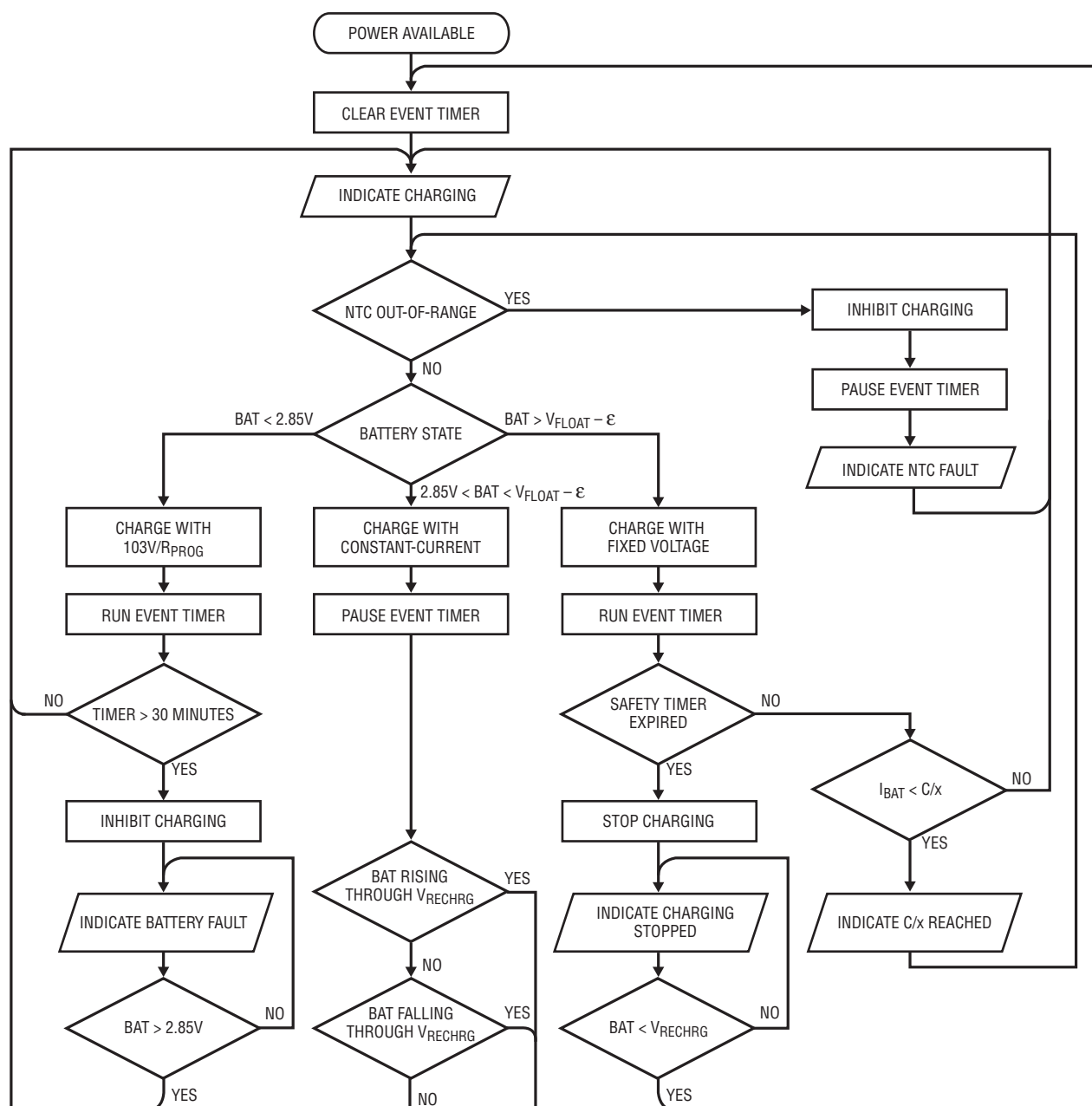
サーミスタの抵抗がR₂₅の値の0.484倍になる、つまり10kのサーミスタが4.84kになると、LTC4099は充電を停止します。Vishayの「曲線2」のサーミスタの場合、これは約45°Cに相当します。バッテリー・チャージャが定電圧(フロート)モードの場合、サーミスタが有効温度に戻ったことを示すまで安全タイマも停止します。LTC4099は、サーミスタの値がR₂₅の値の2.816倍まで増加すると充電を停止するようにも設計されています。Vishayの「曲線2」の10kのサーミスタの場合、この抵抗(28.16k)は約0°Cに相当します。高温コンパレータと低温コンパレータにはそれぞれ約4°Cのヒステリシスがあり、トリップ・ポイントの近くでの発振が防止されます。

「曲線2」のサーミスタの温度が60°Cを上回ると、この値はR₂₅の0.2954倍まで低下します。これが生じると、LTC4099はこれを極めて高温とみなしてI²Cポートを介して知らせます(表7を

動作

参照)。この状況が生じると、アプリケーション・ソフトウェアに携帯機器の電力を緊急に低減させることが必要になる場合があります。この温度ではI²Cポートを介してバッテリー調整回路をイネーブルし、高温と高電圧が同時に生じることに起因するストレスを低減することができます。「過温度バッテリー調整器」を参照してください。

サーミスタ検出回路は、充電がイネーブルされているときは連続的にサーミスタの値をサンプリングし、イネーブルされていないときには周期的にサンプリングします。チャージャがイネーブルされていない場合、サーミスタは約150msごとに150μsの間サンプリングされます。I²Cポートに供給されるサーミスタのデータは、各サンプリング周期の最後に更新されます。



4099 F04

図4. バッテリー・チャージャのフローチャート

4099fd

動作

過温度バッテリー調整器

リチウムイオン・バッテリーはフル電圧と高温時に性能が低下するので、LTC4099は、高温と高電圧が同時に生じた場合にバッテリー電圧を低下させる自動バッテリー調整回路を搭載しています。

サーミスタ温度が45°Cに達するとバッテリー充電が停止されることを思い出してください。サーミスタ温度が60°Cを上回り、かつバッテリー調整回路がイネーブルされると、約180mAの内部負荷がBATに印加されます。バッテリー電圧が3.9Vまで低下するか、またはサーミスタ温度が58°Cを下回ると、この内部負荷はディスエーブルされます。サーミスタ温度が42°Cを下回ると、バッテリー充電が再開されます。

I²Cポートを介して起動された場合、バッテリー調整器は、外部電源の接続の有無、充電が終了しているかどうか、I²C制御によって充電がディスエーブルされているかどうかにかかわらず作動します。

この回路はLTC4099内部で多大な電力を消費する可能性があります。LTC4099の過度の温度上昇を防ぐため、LTC4099は必要に応じて放電電流を低減し、接合部温度が120°Cを上回らないようにします。

サーマル・レギュレーション

通常充電時にLTC4099や周辺部品の熱的損傷を防止するため、ダイ温度が105°Cまで上昇すると、内部サーマル・フィードバック・ループが設定充電電流を自動的に低減します。このサーマル・レギュレーション手法によって、LTC4099は高電力動作や高周囲温度環境に起因する過度の温度上昇から保護されるので、ユーザーは所定の回路基板設計での電力処理能力の限界を押し上げることができます。LTC4099のサーマル・レギュレーション・ループの利点として、ワーストケースの条件ではチャージは自動的に電流を減らすという保証があるので、特定のアプリケーションに対してワーストケースの条件ではなく実際の条件に従って充電電流を設定することができます。

「入力データ」で説明するように、サーマル・レギュレーションのセットポイントは、I²Cポートを使用してデフォルト設定値の105°Cから85°Cまで調整することができます。

過電圧保護

LTC4099は、NチャネルMOSFETと6.2k抵抗の2個の外付け部品を使用するだけで、V_{BUS}やWALLへ過大な電圧が誤って印加されることからデバイス自身を保護することができます。最大安全過電圧の大きさは、外付けFETとそれに付随するドレイン・ブレイクダウン電圧の選択によって決まります。

過電圧保護回路には2つのピンがあります。1つ目のOVSENSは、外付け抵抗を介して外部から印加される電圧の測定に使用されます。2つ目のOVGATEは、外付けFETのゲート・ピンのドライブに使用される出力です。OVSENSが6Vを下回ると、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が導通してV_{BUS}またはWALLへの低インピーダンス接続が行われ、次いでLTC4099に電力供給されます。フォールトや不適切なACアダプタの使用によってOVSENSが6Vを上回ると、OVGATEがGNDに引き下げられて外付けFETがディスエーブルされるので、LTC4099が保護されます。この電圧が再度6Vを下回ると、外付けFETが再イネーブルされます。

複数入力保護、逆入力保護および推奨部品の例については「アプリケーション情報」を参照してください。

サスペンドLDO

LTC4099はV_{BUS}からV_{OUT}の間にLDOを備えることによって、サスペンド・モード時にV_{OUT}に少量の電力を供給します。このLDOはサスペンド時のUSBポートに携帯機器が接続されたときのバッテリー切れを防止します。このLDOは4.6Vに安定化されており、内部スイッチング・コンバータがディスエーブルされたときのみ起動します。USB仕様に準拠させておくため、LDOへの入力電流制限されているので、低電力または高電力のサスペンド仕様を超えることはありません。V_{OUT}の負荷がサスペンド電流制限を超えると、理想ダイオードを介してバッテリーから電流が追加供給されます。サスペンドLDOはV_{BUS}電流をスケールした電流をCLPROGピンに供給するので、約100mVの最大電圧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値は、同じCLPROG抵抗によって100mA、500mAやその他のスイッチング・パワーパス設定値に対して設定されたレベルと相関関係があります。I²Cポートのコマンド・ビット(I_{LIM2}~I_{LIM0})により、サスペンドLDOが入力電流を500μAの低電力設定値または2.5mAの高電力設定値のどちらに制限するかが決まります。

動作

割り込みの発生

LTC4099の $\overline{\text{IRQ}}$ ピンはオープンドレインの出力で、複数のマスク可能なPowerPath/バッテリー・チャージャの1つまたは複数のイベントの変化による割り込みの発生に使用することができます。表1の割り込みマスク・レジスタの列は、割り込みを発生可能なイベントのカテゴリーを示します。マスク・レジスタの所定の位置に1が書き込まれると、そのカテゴリーのステータス・データの変化によって割り込みが発生します。たとえば、マスク・レジスタのビット6に1が書き込まれた場合、WALLに電力が供給されるようになるか、または供給されていた電力がWALLから供給されなくなるかのいずれかをWALL UVLOが検出すると、割り込みが発生します。マスク・レジスタのビット2に1が書き込まれた場合、表8に示すようなバッテリー・チャージャのステータス・ビットの変化によって割り込みがトリガされます。同様に、ビット3に1が書き込まれると、表7のサーミスタ・ステータス・ビットのいずれかの変化によって割り込みが発生します。

バス・マスタが読み出し動作からのステータス・データ受信にアクノリッジを返すと、 $\overline{\text{IRQ}}$ ピンがクリアされます。マスタがステータス・バイトにアクノリッジを返さないと、割り込みはクリアされず、 $\overline{\text{IRQ}}$ ピンは開放されません。

割り込み発生時、復旧のためにLTC4099の現在の状態が I^2C ポートに記録されます(出力データを参照)。

I^2C インタフェース

LTC4099は、標準 I^2C 2線インタフェースを使用してバス・マスタと通信することができます。バスの信号の関係を「タイミング図」に示します。2本のバスライン(SDAおよびSCL)は、バスが使用されていないとき“H”にする必要があります。これらのラインには、外付けのプルアップ抵抗またはLTC1694 SMBusアクセラレータなどの電流源が必要です。LTC4099はスレーブ・レシーバであり、スレーブ・トランスミッタでもあります。 I^2C 制御信号、SDA、SCLは DV_{CC} 電源に内部でスケールアップされています。 DV_{CC} は、バスのプルアップ抵抗と同じ電源に接続します。

I^2C ポートは DV_{CC} ピンに低電圧ロックアウト機能を備えています。 DV_{CC} が約1Vを下回ると、 I^2C シリアル・ポートがクリアされ、LTC4099はオールゼロのデフォルト状態に設定されて割り込みがロックアウトされます。

バスの速度

I^2C ポートは最大400kHzの速度で動作するように設計されています。ポートにはタイミング遅延が内蔵されており、 I^2C に準拠したマスタ・デバイスからアドレス指定されると適正に動作することが保証されます。バスが損傷した場合でもグリッチを抑制するように設計された入力フィルタも備えています。

START条件とSTOP条件

バス・マスタは、START条件を送信することによって通信の開始を知らせます。START条件は、SCLが“H”のときSDAを“H”から“L”に遷移させることによって生成されます。マスタは、スレーブ書き込みアドレスか、またはスレーブ読み出しアドレスのいずれかを送信することができます。LTC4099にデータが書き込まれると、マスタは、LTC4099に新たなコマンド・セットに従って動作するように指示するSTOP条件を送信することができます。STOP条件は、SCLが“H”のときマスタがSDAを“L”から“H”に遷移することによって送信されます。

バイトのフォーマット

LTC4099に送信する、またはLTC4099から受信する各バイトは8ビット長でなければならず、その後にアクノリッジ・ビットのための追加のクロック・サイクルが続く必要があります。データは最上位ビット(MSB)を先頭にしてLTC4099に送る必要があります。

アクノリッジ

アクノリッジ信号はマスタとスレーブ間のハンドシェイクに使用されます。LTC4099に(書き込みアドレスへの)書き込みが行われると、LTC4099はその書き込みアドレスおよび後続の2データ・バイトにアクノリッジを返します。(読み出しアドレス)からの読み出しが行われると、LTC4099はその読み出しアドレスのみにアクノリッジを返します。バス・マスタはLTC4099からの情報受信にアクノリッジを返す必要があります。

LTC4099によって生成されるアクノリッジ(アクティブ“L”)は、情報の最新のバイトが受信されたことをマスタに知らせます。アクノリッジに関連したクロック・パルスはマスタによって生成されます。マスタはアクノリッジ・クロック・サイクルの間にSDAラインを開放(“H”)します。書き込みアクノリッジ・クロック・パルスが“H”の間SDAラインが“L”に留まるように、LTC4099はこのクロック・パルスの間SDAラインを引き下げます。

動作

LTC4099から読み出しが行われると、マスタがデータ受信にアクノリッジを返せるように、LTC4099はSDAラインを開放します。LTC4099は1バイトのデータだけを送信するので、LTC4099によって送信されたデータにアクノリッジを返さないマスタはI²Cポートの動作の個々の結果を得られません。ただし、マスタから読み出しアクノリッジが返されないと、LTC4099からの保留中の割り込みはクリアされず、 $\overline{\text{IRQ}}$ ピンは開放されません。

スレーブ・アドレス

LTC4099は7ビット・アドレスに対応しており、製造時に0b0001001[R/W]に設定されています。アドレス・バイトのLSB(読み出し/書き込みビット)は、LTC4099にデータを書き込んでいるときは0で、データを読み出しているときは1でなければなりません。アドレスが8ビット・ワードであることから、書き込みアドレスは0x12で、読み出しアドレスは0x13になります。LTC4099は読み出しアドレスと書き込みアドレスのどちらにもアクノリッジを返します。

サブアドレス書き込み

LTC4099には、制御入力用に3つのコマンド・レジスタがあります。これらは、サブアドレス書き込みシステムを介してI²Cポートによってアクセスされます。

LTC4099の各書き込みサイクルは、ちょうど3バイトで構成されます。最初のバイトは常にLTC4099の書き込みアドレスになります。2番目のバイトはLTC4099のサブアドレスを表します。サブアドレスはポインタで、LTC4099内の次のデータ・バイトを指示します。3番目のバイトは、サブアドレスで示されるロケーションに書き込まれるデータで構成されます。LTC4099には、3つのサブアドレスのロケーション、0x00、0x01、0x02のみの制御レジスタがあります。サブアドレス・バイトの2つのLSBのみがデコードされ、残りのビットはドントケア・ビットです。したがって、たとえば、サブアドレス0x06への書き込みは、実質的にサブアドレス0x02への書き込みになります。

バスの書き込み動作

マスタは、START条件とLTC4099の書き込みアドレスを使用してLTC4099との通信を開始します。アドレスがLTC4099のアドレスと一致すると、LTC4099はアクノリッジを返します。するとマスタはサブアドレスを送ります。LTC4099は再度アクノリッジを返し、データ・バイトに対してこのサイクルが繰り返されます。データ・バイトは、LTC4099によってそのアクノリッジが返されると、内部のホールディング・ラッチに転送されます。この手順は、新しいデータを必要とする各サブアドレスに対して繰り返す必要があります。アドレス、サブアドレス、データの1つまたは複数のサイクルの後、マスタはSTOP条件を使用して通信を終了することができます。代わりに、マスタは反復START条件を開始してI²Cバス上の別のチップをアドレス指定することもできます。このサイクルは無期限に継続可能で、LTC4099は受信した有効データの最後の入力を記憶します。バス上のすべてのチップがアドレス指定されて有効データが送られると、グローバルなSTOP条件を送ることができ、LTC4099は受信したデータを使用してコマンド・ラッチを更新します。

バスの読み出し動作

バス・マスタは、START条件と、これに続くLTC4099の読み出しアドレスを使用してLTC4099のステータスを読み出します。読み出しアドレスがLTC4099のアドレスと一致すると、LTC4099はアクノリッジを返します。読み出しアドレスのアクノリッジに続き、LTC4099は次の8クロック・サイクルのそれぞれに対してステータス情報の1つのビットを返します。バスの読み出し動作にはSTOPコマンドは必要ありません。

入力データ

LTC4099に書き込み可能な3つのデータ・バイトを表1に示します。サブアドレス0x00にある最初のバイトは、3つの入力電流制限ビットI_{LIM2}~I_{LIM0}、3つのバッテリー充電電流制限ビットI_{CHARGE2}~I_{CHARGE0}、2つのC/x充電状態表示制御ビットCOVERX1およびCOVERX0を制御します。

入力電流制限の設定値は表2のとおりでデコードされます。この表は、V_{OUT}の負荷(バッテリー・チャージャとシステム負荷との和)が供給可能な電力を上回った場合にV_{BUS}ピンから得られる最大電流を示します。追加の電力はバッテリーから供給されます。入力電流制限のデフォルト状態の設定値は000で、低電力の100mA USBの設定を示します。

動作

バッテリー・チャージャの電流設定値は表3のとおりにデコードされます。バッテリー・チャージャの電流設定値は、PROGピンの8つのサーボ電圧のうちの1つを選択することによって調整します。設定充電電流は次式で求められることを思い出してください。

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

バッテリー・チャージャの電流のデフォルト状態の設定値は000で、最も低い500mVのサーボ電圧が得られます。

COVERX1ビットとCOVERX0ビットは表4のとおりにデコードされます。C/xの設定値により、LTC4099のC/xコンパレータがフル充電の通知に使用するPROGピンのレベルが制御されます。たとえば、100mVの設定値を選択した場合、LTC4099はPROGピンの電圧が100mVを下回っていることを通知し

ます。50mVの設定値の場合、LTC4099はPROGピンの電圧が50mVを下回っていることを通知します。C/xの設定値は、PROGピンの電圧と表4に示す値を比較することによって調整されます。C/xのデフォルト設定値は00で、100mVの検出が行われます。

サブアドレス0x01にある2番目のバイトは、3つのバッテリー・チャージャ安全タイマ・ビットTIMER2～TIMER0、DISABLE_CHARGERビット、ENABLE_BATTERY_CONDITIONERビット、V_{FLOAT} = 4.2Vの制御ビット、T_{REG} = 85°Cの制御ビットを制御します。

ビットTIMER2～TIMER0はバッテリー・チャージャの安全タイマの時間を制御します。安全タイマは、LTC4099が4.100Vまたは4.200Vのフロート電圧に達すると始動します。入力電力が供給されている間、充電は安全タイマが終了するまでフ

表1. LTC4099の入力データ・バイト

	SUB ADDRESS 0	SUB ADDRESS 1	SUB ADDRESS 2
	COMMAND REGISTER 0	COMMAND REGISTER 1	IRQ MASK REGISTER
Bit 7	I _{LIM2}	TIMER2	USBGOOD
Bit 6	I _{LIM1}	TIMER1	WALLGOOD
Bit 5	I _{LIM0}	TIMER0	BADCELL
Bit 4	I _{CHARGE2}	DISABLE_CHARGER	THERMAL_REG
Bit 3	I _{CHARGE1}	ENABLE_BATTERY_CONDITIONER	THERMISTOR_STATUS
Bit 2	I _{CHARGE0}	V _{FLOAT} = 4.2V	CHARGER_STATUS
Bit 1	COVERX1	T _{REG} = 85°C	Not Used
Bit 0	COVERX0	Not Used	Not Used

表2. I_{LIM2}～I_{LIM0}のデコード

USB INPUT CURRENT LIMIT SETTINGS			
I _{LIM2}	I _{LIM1}	I _{LIM0}	I _{USB}
0	0	0	100mA*
0	0	1	500mA
0	1	0	620mA
0	1	1	790mA
1	0	0	1000mA
1	0	1	1200mA
1	1	0	Suspend Low (500μA)
1	1	1	Suspend High (2.5mA)

*デフォルト設定値

表3. I_{CHARGE2}～I_{CHARGE0}のデコード

BATTERY CHARGER CURRENT LIMIT SETTINGS				
I _{CHARGE2}	I _{CHARGE1}	I _{CHARGE0}	V _{PROG}	CHARGE CURRENT R _{PROG} = 1.02k
0	0	0	500mV*	500mA
0	0	1	600mV	600mA
0	1	0	700mV	700mA
0	1	1	800mV	800mA
1	0	0	900mV	900mA
1	0	1	1000mV	1000mA
1	1	0	1100mV	1100mA
1	1	1	1200mV	1200mA

*デフォルト設定値

表4. C/xのデコード

C/x INDICATION SETTINGS			
COVERX1	COVERX0	V _{PROG}	FULL CAPACITY CHARGE INDICATION R _{PROG} = 1.02k
0	0	100mV*	100mA*
0	1	50mV	50mA
1	0	200mV	200mA
1	1	500mV	500mA

*デフォルト設定値

動作

ロート電圧モードで継続します。表5に、安全タイマの1時間～8時間の設定可能な値とそれらのデコード方法を示します。LTC4099の安全タイマのデフォルト値は4時間です。

表5. 安全タイマのデコード

SAFETY TIMER SETTINGS			
TIMER2	TIMER1	TIMER0	TIMEOUT
0	0	0	4 Hours*
0	0	1	5 Hours
0	1	0	6 Hours
0	1	1	7 Hours
1	0	0	8 Hours
1	0	1	1 Hour
1	1	0	2 Hours
1	1	1	3 Hours

*デフォルト設定値

DISABLE_CHARGERビットを使用し、必要に応じてバッテリーを充電させないようにすることができます。このビットは、バッテリー・チャージャがバッテリー電圧を上昇させるのを阻止する可能性があるため、注意して使用する必要があります。I²Cポートのアドレス指定機能がない場合、I²Cポートをクリアしてデフォルト状態にし、充電を再イネーブルするには、DV_{CC}を低電圧にするしかありません。

ENABLE_BATTERY_CONDITIONERビットは、バッテリー電圧と温度が同時に高くなった場合に、自動バッテリー負荷回路をイネーブルします。「過温度バッテリー調整器」を参照してください。

V_{FLOAT} = 4.2Vビットは、LTC4099のバッテリー・チャージャの最終フロート電圧を制御します。この位置のビットが1になると、チャージャのフロート電圧は4.100Vのデフォルト値から4.200Vの高いレベルに変化します。

T_{REG} = 85°Cの制御ビットは、LTC4099のバッテリー・チャージャの接合部サーマル・レギュレーション温度を105°Cのデフォルト値から85°Cの低い設定値に変化させます。これは、熱的な損傷が大きいシステムの熱の低減に使用できます。通常、LTC4099の高効率充電システムでは、接合部温度を十分に低く保って接合部のサーマル・レギュレーションを防ぎます。

サブアドレス0x02にある入力データの3つ目かつ最後のバイトはマスク・レジスタです。マスク・レジスタは、どのステータス変化のイベントまたはカテゴリーによって割り込みを発生するかを決めます。マスク・レジスタの所定の位置に1が書き込まれる

と、そのカテゴリーのステータスが変化して割り込みを発生します。マスク・レジスタの所定の位置に0が書き込まれると、割り込みの発生は禁止されます。LTC4099のこのレジスタの起動状態はオールゼロで、I²Cポートを介した明確な要求がない限り、割り込みが発生しないことを示しています。「割り込みの発生」を参照してください。

出力データ

LTC4099からは1つのステータス・バイトを読み出すことができます。ステータス・バイト情報を表6に示します。任意のビット位置で1が読み出されると、その状態が真であることを示します。たとえば、ビット7とビット2から1が読み出されると、V_{BUS}に電力が供給されていて、バッテリー・チャージャのサーミスタがバッテリーの低温度状態によって充電を停止していることを示します。

表6. LTC4099のステータス・データ・バイト

READ BYTE	STATUS REGISTER	
Bit 7 (MSB)	USBGOOD	
Bit 6	WALLGOOD	
Bit 5	BADCELL	
Bit 4	THERMAL REG	
Bit 3	NTC1	See Table 7
Bit 2	NTC0	
Bit 1	CHRG1	See Table 8
Bit 0 (LSB)	CHRG0	

ステータス・バイトのビット7はV_{BUS}への電力供給の有無を示します。このステータス・ビットを決定する判断基準はV_{BUS}の低電圧ロックアウト回路から導かれ、電気的パラメータV_{UVLO}およびV_{DUVLO}によって求められます。

ビット6はWALLピンに印加される電圧の有無を示し、WALL低電圧ロックアウト回路から導かれます。V_{BUS}ピンと同様、このピンには、電気的パラメータV_{WALL}によって求められる絶対電圧検出レベルと、ΔV_{WALL}で求められるBATを基準にしたレベルのどちらも備わっています。どちらの状態もビット6に対応してWALLへの電力供給の有無を示す必要があります。

ビット5は、チャージャが充電を行おうとしていたときに、バッテリーが約2.85Vのプリチャージ・スレッショルド・レベルを0.5時間以上下回っていたことを示します。これが生じた場合、通常、不良セルに起因しています。ただし、場合によっては、不良セル表示はバッテリー充電よりもシステム負荷が優先されることに起因することもあります。システム・ソフトウェアで、システム負荷の低減とI²Cを介したバッテリー・チャージャのリスタート

動作

(ディスエーブル後にイネーブル)を強制することにより、これをテストすることができます。不良セル表示に戻ると、そのセルは最終的に不良になります。

ビット4は、LTC4099の過度の接合部温度により、バッテリー・チャージャがサーマル・レギュレーション状態であることを示します。I²Cで設定可能な、85°Cと105°Cに制御する2つの接合部温度の設定値が得られることを思い出してください。ビット4は、どちらの設定値が選択された場合でもサーマル・レギュレーションが生じていることを示します。

ビット3とビット2は、サーミスタ測定回路のステータスを示し、表7のとおりデコードされます。BATTERY TOO COLD状態とBATTERY TOO HOT状態は、サーミスタ温度が範囲外(「曲線2」のサーミスタの場合、0°C以下または45°C以上)であること、有効温度に戻るまで充電が停止されていることを示します。BATTERY OVERTEMPERATURE状態は、バッテリーのサーミスタが臨界温度(「曲線2」のサーミスタの場合、60°C以上)に達していること、この状態が続いた場合に長期のバッテリー容量に大きな支障をきたす可能性があることを示します。

表7. NTC1、NTC0のデコード

THERMISTOR STATUS BIT DECODE		
NTC1	NTC0	THERMISTOR STATUS
0	0	NO NTC FAULT
0	1	BATTERY TOO COLD
1	0	BATTERY TOO HOT
1	1	BATTERY OVERTEMPERATURE

表8. CHRGR1、CHGR0のデコード

BATTERY CHARGER STATUS BIT DECODE		
CHRGR1	CHGR0	CHARGER STATUS
0	0	CHARGER OFF
0	1	CONSTANT-CURRENT
1	0	CONSTANT V, I _{BAT} > C/x
1	1	CONSTANT V, I _{BAT} < C/x

ビット1とビット0は、バッテリー・チャージャのステータスを示し、表8のとおり4つの可能なバッテリー・チャージャ状態の1つにデコードされます。CONSTANT-CURRENT状態は、バッテリー・チャージャが設定された定電流レベルまで使用可能なすべての電流で充電を行おうとしていること、バッテリーがフロート

電圧に達していないことを示します。CONSTANT V, I_{BAT} > C/xビットは、バッテリー・チャージャが充電のフロート電圧フェーズ(BATが4.1Vまたは4.2V)になったものの、充電電流は設定されたC/x検出レベルを上回ったままであることを示します。CONSTANT V, I_{BAT} < C/xビットは、バッテリー充電電流が設定されたC/x検出レベルを下回っていること、充電が実質的に完了していることを示します。電流制限されたUSB準拠のスイッチング・レギュレータが入力電流レギュレーション状態のときは、実際のバッテリー充電電流が、十分な電力が得られないことによってC/xを下回ることがあることに注意してください。LTC4099が入力電流制限状態の時には、充電ステータス・ビットは充電が完了したことを示す状態1-1をロックアウト(無効)とします。この機能により、バッテリー・チャージャへの電力が不足していることによるフル充電の誤表示が防止されます。

LTC4099からのステータス読み出しは2つの方法のうちの1つで捕捉されます。割り込みが現在保留中の場合、得られるデータは割り込みが発生したときのLTC4099の状態を示します。割り込みが保留中でない場合、LTC4099が読み出しアドレスにアクノリッジを返したときにデータが捕捉されます。割り込みが保留中の場合、ステータス情報の2回の連続した読み出しを行い、最初のセットを破棄することによって新規のデータを確保できます。

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V_{UVLO}を上回り、BATをV_{DUVLO}以上上回るたびにイネーブルされるので、LTC4099が2つのUSBサスペンド・モード(500μAまたは2.5mA)のいずれかになることはありません。USB(V_{BUS})とWALL入力の両方から電力が供給される場合には、補助(WALL)入力が優先されてUSBスイッチング・レギュレータがディスエーブルされます。

V_{BUS}またはWALLで電力が検出されるたびに、バッテリー・チャージャは充電サイクルを開始します。バッテリー・チャージャはI²Cポートからのコマンドによるか、または充電サイクル後の通常終了によってのみシャットダウンさせることができます。

理想ダイオードは常にイネーブルされていて、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

CLPROG抵抗とコンデンサ

「入力電流が制限されるBat-Track降圧スイッチング・レギュレータ」で説明したように、CLPROGピンの抵抗によって電流制限モードのそれぞれの平均入力電流制限が決定されます。入力電流は、V_{OUT}への電力供給に使用される電流とスイッチング・レギュレータの消費電流の2つの成分から構成されます。USB仕様に確実に準拠させるため、入力電流の両方の成分を考慮する必要があります。「電気的特性」の表で、すべての設定値の消費電流の標準値と電流制限の設定精度が規定されています。500mAや100mAの規格値にできるだけ近い値を得るには、高精度抵抗を使用する必要があります。

スイッチング・レギュレータが平均入力電流を決定できるように、抵抗と並列に平均化コンデンサを接続する必要があります。また、電流制限に達したときに、このコンデンサによって帰還ループの支配的ポールが得られます。安定性を確保するため、CLPROGのコンデンサは0.1μF以上でなければなりません。

インダクタの選択

PoowerPath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どちらも非常に狭いので、LTC4099は3.3μHという特定のインダクタンス値に設計されています。このアプリケーションに適したインダクタのいくつかを表9に示します。

表9. LTC4099の推奨インダクタ

INDUCTOR TYPE	L (μH)	MAX I _{DC} (A)	MAX DCR (Ω)	SIZE IN mm (L × W × H)	MANUFACTURER
LPS4018	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
DB318C	3.3	1.55	0.070	3.8 × 3.8 × 1.8	www.toko.com
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	0.063	6.7 × 6.7 × 1.5	Sumida
CDRH6D38	3.3	3.5	0.020	7 × 7 × 4	www.sumida.com

V_{BUS}とV_{OUT}のバイパス・コンデンサ

LTC4099と一緒に使用されるコンデンサの種類と容量によって、レギュレータ制御ループの安定性、入力電圧リップルなど、いくつかの重要なパラメータが決まります。LTC4099では、V_{BUS}からV_{OUT}の間に降圧スイッチング電源を使用しているので、入力電流の波形には高周波成分が含まれています。V_{BUS}のバイパスには、等価直列抵抗 (ESR) が小さい積層セラミック・コンデンサを使用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が大きいため推奨できません。V_{BUS}のコンデンサの値によって、所定の負荷電流に対する入力リップルの大きさが直接制御されます。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仕様では、USB電源バスの両端に最大10μFを直接接続することができます。V_{BUS}の保護に過電圧保護回路を使用している場合、そのソフトスタート特性を活用することが可能で、必要に応じて大きなV_{BUS}コンデンサを使用することができます。

過渡負荷時に大きなV_{OUT}電圧ステップが発生しないように、セラミック・コンデンサを使用してV_{OUT}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用されます。V_{OUT}にはESRが小さい10μF以上のコンデンサが必要です。さらに容量を増やすと負荷過渡性能と安定性が改善されます。

積層セラミック・チップ・コンデンサ (MLCC) は、一般に非常にすぐれたESR特性を備えています。MLCCは密なボード・レイアウトと切れ目のないグランド・プレーンと組み合わせることによって、非常に良好な性能と低EMI放射を実現します。

セラミック・コンデンサは数種類が入手可能で、それぞれかなり異なった特性を持っています。たとえば、X7Rセラミック・コンデンサは電圧と温度の安定性が最良です。X5Rセラミック・コンデンサはあきらかに高密度にパッキングされていますが、定格電圧および定格温度の全範囲にわたって性能が劣っています。Y5Vセラミック・コンデンサはパッキング密度が最高

アプリケーション情報

ですが、容量対電圧の特性が極端に非直線的なので、注意して使用する必要があります。セラミック・コンデンサの実際の回路内の容量は、回路内で予測される小さなAC信号とDCバイアスを使用して測定する必要があります。販売元の多くは1V_{RMS}のACテスト信号を使用して容量対電圧を規定しているので、アプリケーションで示されるコンデンサの容量が過大になります。アプリケーションと同じ動作条件を使用するには、選択したコンデンサがアプリケーションに必要な最小容量を満たしているかどうかを確認するため、ユーザーは容量を測定するか販売元に実際の容量を問い合わせる必要があります。

バッテリー・チャージャの過大設定

USBの高電力仕様では、USBポートから最大2.5Wを供給することができます。LTC4099のスイッチング・レギュレータは、電力をCLPROGで設定した値以下に制限しながら、V_{OUT}の電圧をBATの電圧を少しだけ上回るレベルに制御します。チャージャはUSB仕様にかかわらず、最大安全充電電流を供給するように、PROGピンを使用して設定する必要があります。設定された速度でバッテリーを充電するのに使用できる電流が不足していると、チャージャはV_{OUT}のシステム負荷およびV_{BUS}電流制限の条件を満たすまで充電電流を低減します。チャージャの電流を使用可能な大きさ以上に設定しても、平均入力電流制限に違反することはありません。これによって、バッテリー・チャージャがすべての使用可能な電力を使ってできるだけ即座にバッテリーを充電することが可能になるだけで、チャージャ内での電力損失は最小限に抑えられます。

過電圧保護

図5に示すように、いくつかの部品を追加してV_{BUS}とWALLのどちらも過電圧による損傷から保護することが可能です。ショットキー・ダイオードD1およびD2は、V1とV2の高い方をR1とOVSENSに伝えます。V1とV2のいずれかが、6Vにショットキー・ダイオードの順方向電圧を加えた電圧を上回ると、OVGATEがGNDに引き下げられてWALL入力とUSB入力のどちらも保護されます。各入力は、M1とM2のドレイン・ソース間ブレークダウン電圧(BV_{DSS})まで保護されます。

過電圧時にOVSENSピンは6Vにクランプされます。外付けの6.2k抵抗は発生する電力を適切に放散するサイズにする必要があります。たとえば、1/8Wの6.2k抵抗の両端に印加できる電圧は最大で $\sqrt{1/8W \times 6.2k} = 28V$ です。OVSENSが6Vの場合、この抵抗が耐えられる最大過電圧の大きさは34Vです。1/4Wの6.2k抵抗ではこの値は45Vに上昇します。OVSENSの10mAの絶対最大電流定格によって保護の上限が68Vになります。

表10. 過電圧保護回路の推奨NMOS FET

NMOS FET	BV _{DSS}	R _{ON}	PACKAGE
FDN3725	30V	50mΩ	SOT-23
Si2302ADS	20V	70mΩ	SOT-23
NTLJS4114	30V	40mΩ	2mm × 2mm DFN
IRLML2502	20V	35mΩ	SOT-23

OVGATEのチャージポンプ出力のドライブ能力は限られています。動作に悪影響を与えることがあるので、このピンのリーク電流を防ぐように注意する必要があります。

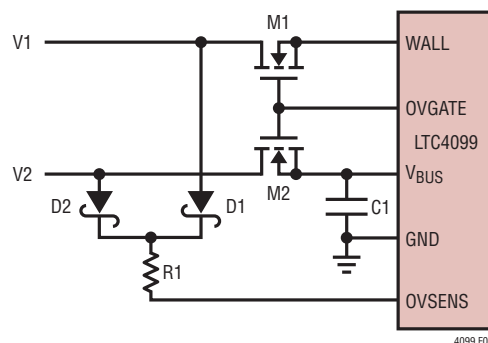


図5. デュアル過電圧保護

アプリケーション情報

逆電圧保護

図6に示すように、LTC4099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、正の過電圧が生じているときにMP1から見た最大 V_{GS} を制限するのに必要になります。D1のブレークダウン電圧はMP1の BV_{GS} を確実に下回る必要があります。図6に示す回路は、MN1の BV_{DSS} までの順方向電圧保護とMP1の BV_{DSS} までの逆電圧保護を行います。

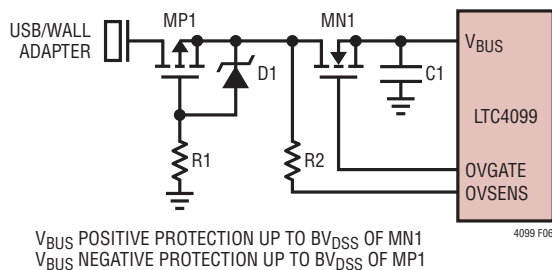


図6. 両極性の電圧保護

TCサーミスタの代替とバイアス

LTC4099は、片側が接地されたサーミスタおよびバイアス抵抗をNTCに接続すると、温度規定充電を行います。Vishayの「曲線2」のサーミスタを使用した場合、サーミスタ(R25)の室温の抵抗値に等しいバイアス抵抗を使用することにより、上側と下側の温度がそれぞれ約45°Cと0°Cにあらかじめ設定されます。

上側と下側の温度スレッシュホールドはバイアス抵抗の値を変えるか、または2つ目の調整抵抗を回路に追加することによって調整できます。バイアス抵抗だけを調整すると、上側か下側のいずれかのスレッシュホールドを変更できますが、両方を変更することはできません。他方のトリップ・ポイントはサーミスタの特性によって決定されます。調整抵抗に加えてバイアス抵抗を使用すると、上側と下側の温度スレッシュホールドの差を大きくしなければならないという制約はありますが、上側と下側の温度のトリップ・ポイントを個別に設定できます。それぞれの手法の例を以下に示します。

NTCサーミスタには、抵抗-温度変換表で示される温度特性があります。次の例で使用されるVishay-Daleのサーミスタ NTHS0603N02N1002-FFは、公称値が10kで、Vishayの「曲線2」の抵抗-温度特性に従います。

以下の説明では次の表記を使用します。

R_{25} = 25°Cでのサーミスタの値

R_{COLD} = 低温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

R_{HOT} = 高温トリップ・ポイントでのサーミスタの値

α_{COLD} = R_{COLD} と R_{25} の比率

α_{HOT} = R_{HOT} と R_{25} の比率

R_{NOM} = サーミスタの初期バイアス抵抗 (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)

LTC4099の温度条件のトリップ・ポイントは、高温スレッシュホールドでは $0.326 \cdot NTCBIAS$ に、低温スレッシュホールドでは $0.738 \cdot NTCBIAS$ に内部設定されます。

したがって、高温トリップ・ポイントは次の場合に設定されます。

$$\frac{R_{HOT}}{R_{NOM} + R_{HOT}} \cdot NTCBIAS = 0.326 \cdot NTCBIAS$$

また低温トリップ・ポイントは次の場合に設定されます。

$$\frac{R_{COLD}}{R_{NOM} + R_{COLD}} \cdot NTCBIAS = 0.738 \cdot NTCBIAS$$

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

$$R_{HOT} = 0.4839 \cdot R_{NOM}$$

そして

$$R_{COLD} = 2.816 \cdot R_{NOM}$$

R_{NOM} を R_{25} に等しい値に設定すると、上の式から $\alpha_{HOT} = 0.4839$ および $\alpha_{COLD} = 2.816$ になります。これらの比率をVishayの「抵抗-温度曲線2」のグラフに当てはめると、約45°Cの高温トリップ・ポイントおよび約0°Cの低温トリップ・ポイントが得られます。高温トリップ・ポイントと低温トリップ・ポイントの差は約45°Cです。

アプリケーション情報

R25と値の異なるバイアス抵抗 (R_{NOM}) を使用することにより、高温トリップ・ポイントおよび低温トリップ・ポイントはいずれかの方向に移動させることができます。温度スパンはサーミスタの非直線的な動作によってある程度変化します。次の式を使用してバイアス抵抗の新たな値を容易に算出できます。

$$R_{NOM} = \frac{\alpha_{HOT}}{0.4839} \cdot R25$$

$$R_{NOM} = \frac{\alpha_{COLD}}{2.816} \cdot R25$$

ここで、 α_{HOT} および α_{COLD} は**所期**の高温トリップ・ポイントおよび低温トリップ・ポイントでの抵抗の比率です。これらの式には相関がある点に注目してください。したがって、2つのトリップ・ポイントの一方だけを選択することが可能で、他方はLTC4099で設計されたデフォルトの比率によって決定されます。50°Cの高温トリップ・ポイントが必要な場合の例について検討します。

Vishayの「曲線2」のR-T特性から、50°Cでの α_{HOT} は0.4086になります。前述の式を使用するときは、 R_{NOM} を8.45kに設定します。この R_{NOM} の値では、 α_{COLD} は2.380で低温トリップ・ポイントは約4°Cになります。スパンは前述の45°Cではなく46°Cに

なることに注目してください。これは、絶対温度が上昇するに従ってサーミスタの温度利得が低下するからです。

図8に示すように、バイアス抵抗を追加することによって、上側と下側の温度トリップ・ポイントを個別に設定できます。次の式を使用して R_{NOM} およびR1の値を算出することができます。

$$R_{NOM} = \frac{\alpha_{COLD} - \alpha_{HOT}}{2.332} \cdot R25$$

$$R1 = 0.4839 \cdot R_{NOM} - \alpha_{HOT} \cdot R25$$

たとえば、トリップ・ポイントを0°Cと50°Cに設定するには、Vishayの「曲線2」のサーミスタを次のように選択します。

$$R_{NOM} = \frac{2.816 - 0.4086}{2.332} \cdot 10k = 10.32k$$

最も近い1%値は10.2kです。

$$R1 = 0.4839 \cdot 10.2k - 0.4086 \cdot 10k = 0.850k$$

最も近い1%値は845Ωです。最終的な回路は図8に示されており、上側のトリップ・ポイントは50°C、また下側のトリップ・ポイントは0°Cになります。

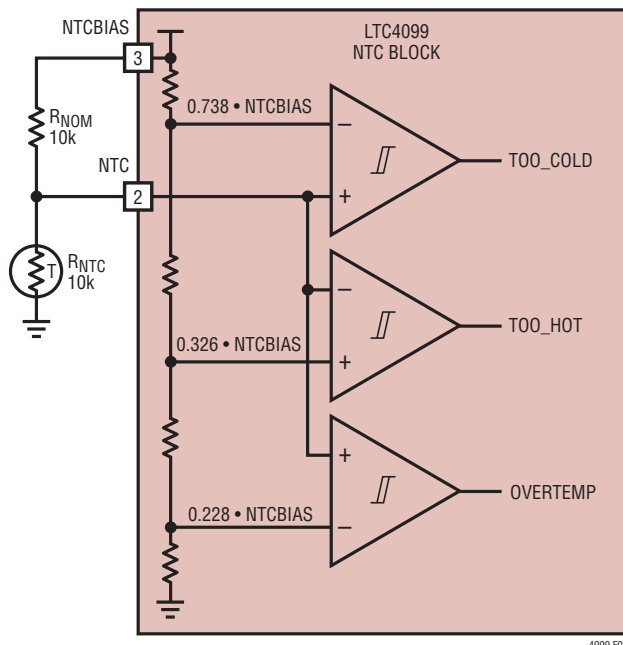


図7. 標準NTCの構成

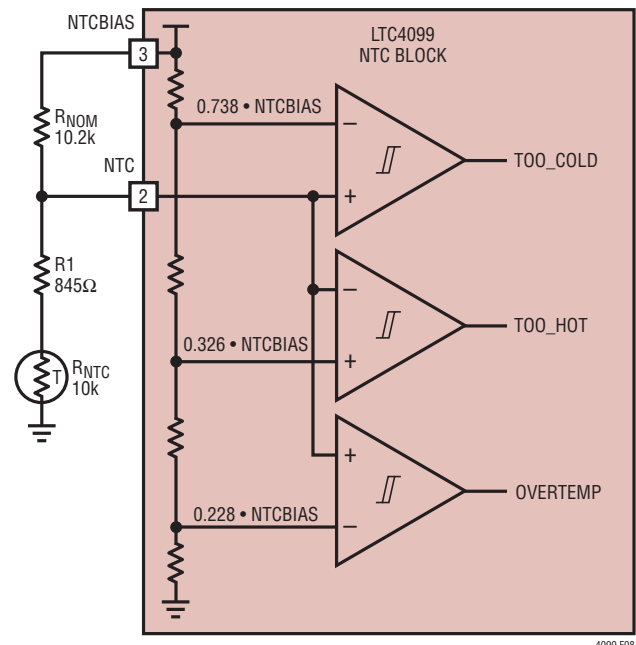


図8. 改良型NTCの構成

アプリケーション情報

USBの突入制限

LTC4099を実験用電源に接続するとき、 V_{BUS} の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} までの長いリードによるものです。電源から V_{BUS} までのワイヤを寄り合わせると、これらの長いリードの寄生インダクタンスを大幅に低減できるので、 V_{BUS} の電圧が安全なレベルに保たれます。USBケーブルは一般に電源リードと近接するように製造されているので、寄生インダクタンスがかなり小さくなります。

ボード・レイアウトの検討事項

LTC4099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ウンド・ピンで、制御回路と同期整流器の両方のリターン・パスの役割を果たします。

さらに、高周波のスイッチング回路を搭載しているので、入力コンデンサ、インダクタ、および出力コンデンサをLTC4099にできるだけ近づけて配置し、LTC4099およびすべての外付け高周波部品の下を切れ目のないグラウンド・プレーンにしなければなりません。LTC4099の入力電流のような高周波電流は、基板上面の入力経路の直下のミラー・パスに沿ってグラウンド・プレーン上を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つまり切れ込みがあると、電流はスリットの周囲に沿って流れるように強制されます。高周

波電流を自然な最小面積の経路を通して還流させることができないと、過度の電圧が生じて電磁放射が起きます(図9を参照)。グラウンド・ピン(露出パッド)の裏面の真下に一群のビアを配置し、内部のグラウンド・プレーンに直接接続する必要があります。寄生インダクタンスを最小限に抑えるため、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づける必要があります(第2層)。

外付け理想ダイオード・コントローラ用のIDGATEピンは、ドライブ電流が非常に制限されています。隣接するPCボードのトレースへのリークを最小限に抑える配慮が必要です。このピンから100nAがリークすると、理想ダイオードに約10mVのオフセットが追加されます。リークを最小限に抑えるために、このトレースはPCボード上で V_{OUT} に接続されたメタルで囲むことによってガードすることができ、一般にIDGATE電圧より1ボルト以上高くならないようにする必要があります。

バッテリー・チャージャの安定性に関する検討事項

LTC4099のバッテリー・チャージャは、定電圧および定電流の制御ループを備えています。定電圧のループは、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がなくても安定しています。ただし、リードが長すぎると、大きな直列インダクタンスが加わり、BATからGNDに少なくとも1μFのバイパス・コンデンサが必要になることがあります。

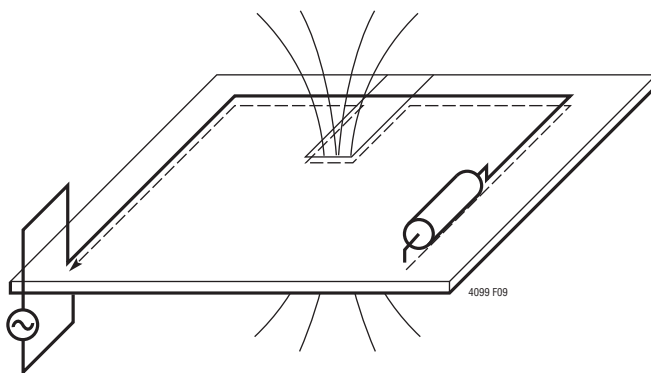


図9. 高周波グラウンド電流はその入力経路に沿って流れる。グラウンド・プレーンの切れ込みによって高電圧が生じ、電磁放射が増加する。

アプリケーション情報

大容量の低ESR積層セラミック・チップ・コンデンサでは定電圧のループの位相マージンが低減されるので、不安定になる可能性があります。最大100μFのセラミック・コンデンサをバッテリーと並列に接続できますが、コンデンサの容量が大きい場合には0.2Ω～1Ωの直列抵抗を使用してデカップリングする必要があります。

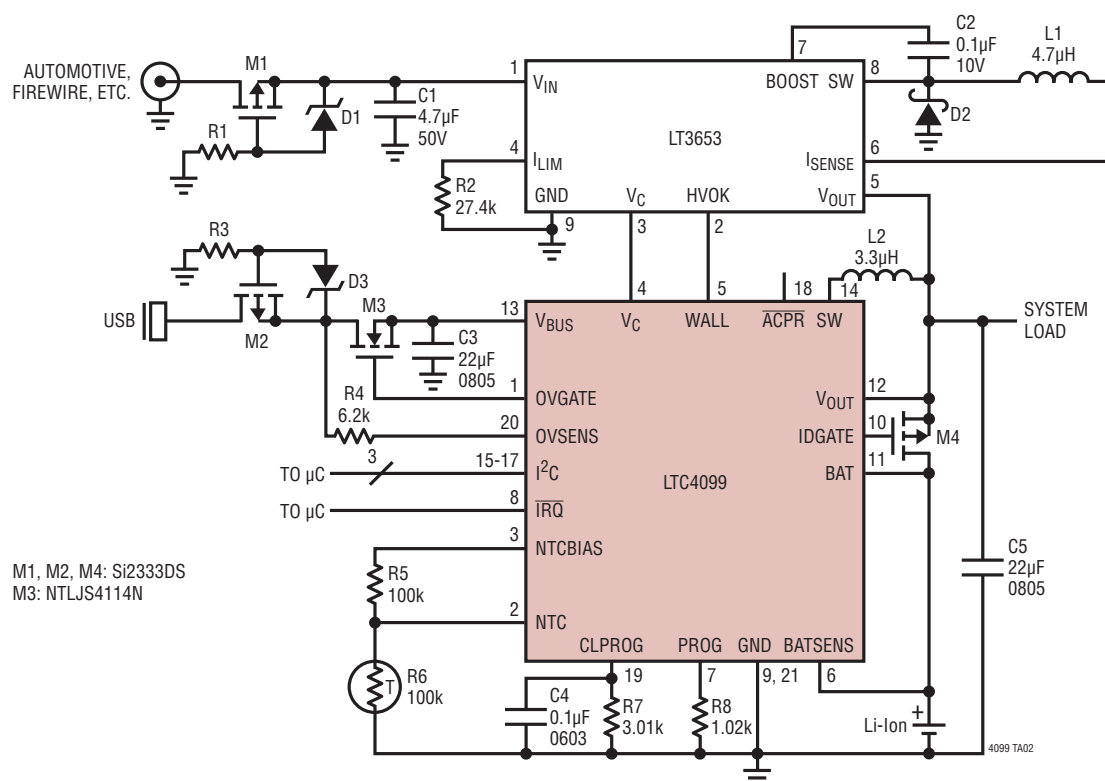
さらに、BATからGNDに0.3Ωの抵抗と直列に接続した100μFのMLCC、または100μFのOS-CONコンデンサを接続し、バッテリーが取り外されたときの発振を防止する必要があります。

定電流モードでは、バッテリー電圧ではなくPROGピンが帰還ループを構成します。PROGピンがある程度の容量を持つことによって追加のポールが生じるので、このピンの容量は最小限に抑える必要があります。PROGピンに容量が追加されなければ、チャージャは設定抵抗値が25kまで安定します。ただし、このノードの容量が増えると最大許容設定抵抗が小さくなります。PROGピンのポール周波数は100kHz以上に保つ必要があります。したがって、PROGピンに寄生容量(C_{PROG})がある場合、次式を使用してR_{PROG}の最大抵抗値を算出します。

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

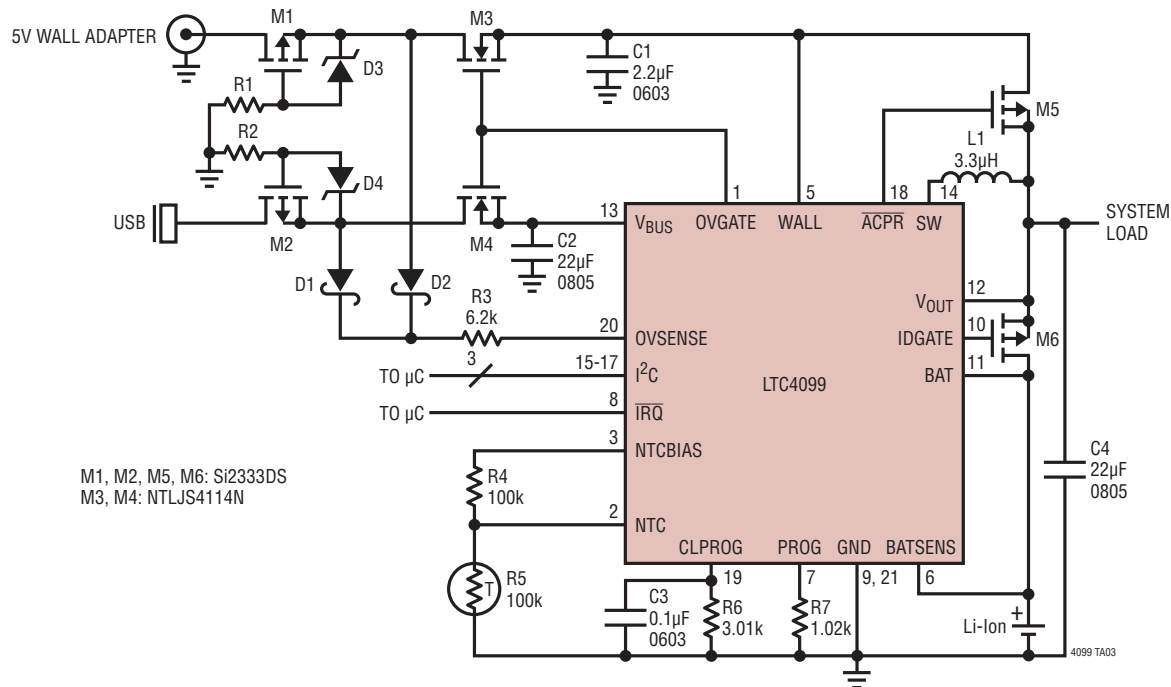
標準的応用例

過電圧保護、逆電圧保護およびバッテリー低下時起動機能を備えた
高効率USB/車載バッテリー・チャージャ

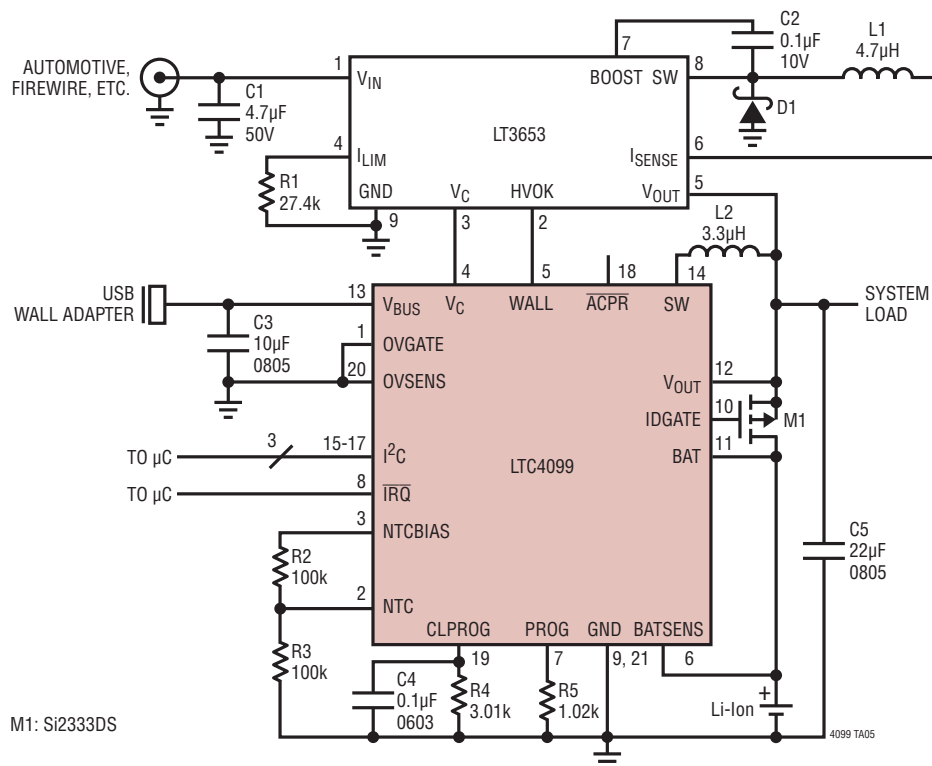


標準的応用例

デュアル過電圧保護、逆電圧保護およびバッテリー低下時起動機能を備えたUSB/ACアダプタ・バッテリー・チャージャ

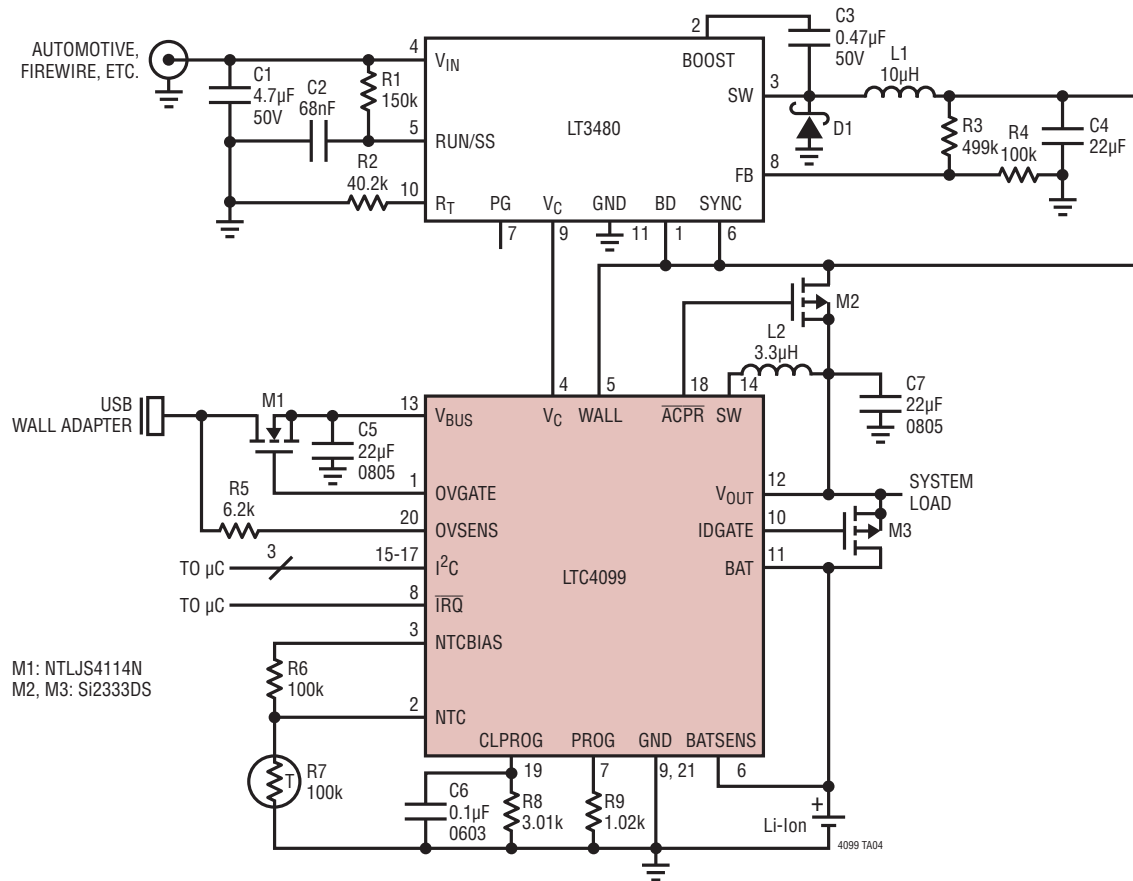


高電圧入力と低電圧入力を備えた部品点数の少ないパワーマネージャ



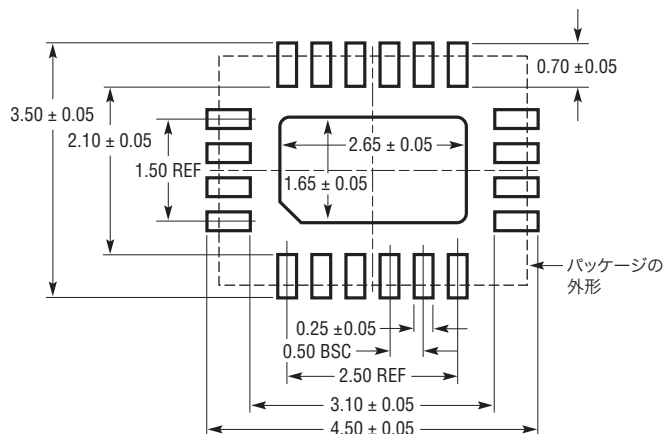
標準的応用例

車載入力からの2Aに対応するUSB/車載スイッチング・バッテリー・チャージャ

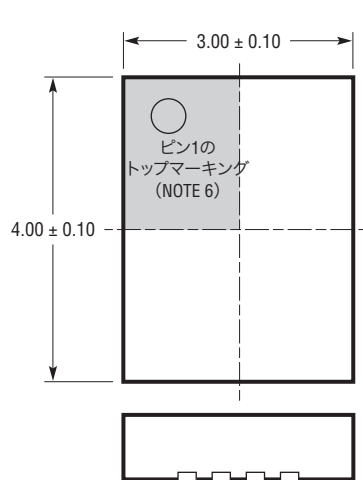


パッケージ

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



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



NOTE:

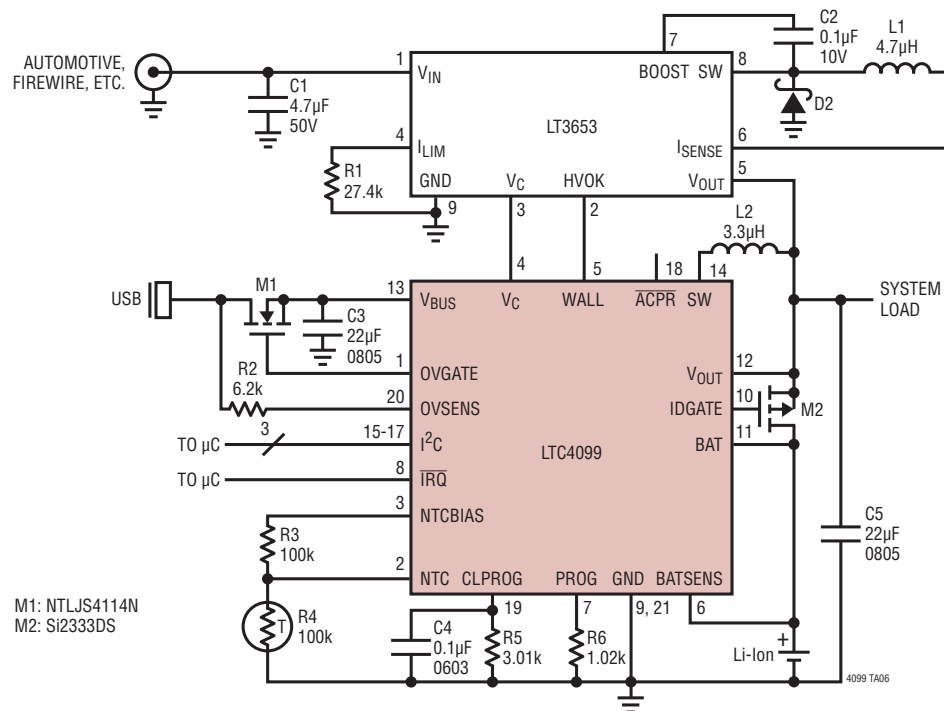
- 図はJEDECパッケージ外形ではない
- 図は実寸とは異なる
- 全ての寸法はミリメートル
- パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない
モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
- 露出パッドは半田メッキとする
- 網掛けの部分はパッケージの上面と底面のピン1の位置の参考に過ぎない

改訂履歴 (Rev Cよりスタート)

REV	日付	修正内容	頁番号
C	10/09	「特長」の文章変更	1
		「概要」の文章変更	1
		「ピン配置」にUDCパッケージの情報を追加	2
		「発注情報」に追加	2
		「動作」の文章変更	16
		UDCパッケージ図を追加	36
D	03/10	「特長」と「概要」の変更	1
		「ピン配置」と「パッケージ」からPDCパッケージを削除	2、34
		「発注情報」LTC4099EPDCの廃止指定	2
		「電気的特性」を変更	3、4

標準的応用例

過電圧保護およびバッテリー低下時起動機能を備えた高効率USB/車載バッテリー・チャージャ



関連製品

製品番号	説明	注釈
LTC3555/ LTC3555-1/ LTC3555-3	リチウムイオン/ポリマー・チャージャ付き スイッチングUSBパワーマネージャ、 トリプル同期整流式降圧コンバータ、 LDO	完全な多機能PMIC: スイッチモード・パワーマネージャ+3個の降圧レギュレータ+LDO、 ACアダプタ入力からの充電電流をプログラム可能: 最大1.5A、同期整流式降圧 コンバータの効率:>95%、可変出力: 400mA/400mA/1Aで0.8V~3.6V、 Bat-Track適応出力制御、200mΩ理想ダイオード、4mm×5mmのQFN-28パッケージ
LTC3576/ LTC3576-1	USB On-The-Go付きスイッチング・ パワーマネージャとトリプル降圧 DC/DCコンバータ	完全な多機能PMIC: 双方向スイッチング・パワーマネージャ+3個の降圧レギュレータ+LDO、 400mA/400mA/1Aで最小0.8Vまでの可変出力、過電圧保護、USB On-The-Go、ACアダプタ 入力からの充電電流をプログラム可能: 最大1.5A、サーマル・レギュレーション、I ² C、 高電圧Bat-Track降圧インタフェース、180mΩ理想ダイオード、4mm×6mm QFN-38パッケージ
LTC4088	高効率USBパワーマネージャ およびバッテリー・チャージャ	USBポートから利用可能な電力を最大化、Bat-Track、瞬時オン動作、充電電流: 最大1.5A、 <50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、3.3V/25mA常時オンLDO、3mm×4mmの DFNパッケージ
LTC4090/ LTC4090-5	理想ダイオード・コントローラ および高効率リチウムイオン・バッテリー・ チャージャ付き高電圧USB パワーマネージャ	6V~38V (最大60V)入力の高効率1.2Aチャージャが、USBポートから1セル・リチウムイオン・ バッテリーを直接充電、サーマル・レギュレーション、<50mΩオプション付き200mΩ 理想ダイオード、Bat-Track適応出力制御、LTC4090-5はBat-Track機能なし、 3mm×6mm DFN-22パッケージ
LTC4095	スタンドアロンUSBリチウムイオン/ ポリマー・バッテリー・チャージャ	充電電流: 950mA、タイマ終了+C/10検出力、±0.6%精度の4.2Vのフロート電圧、 4つのCHRGピン・インジケータ状態、2mm×2mm DFN パッケージ
LTC4098	出力電圧が安定化される高効率USB パワーマネージャおよびバッテリー・ チャージャ	USBポートから使用可能な電力を最大化、Bat-Track、瞬時オン動作、充電電流: 最大1.5A、 <50mΩオプション付き180mΩ理想ダイオード、充電電流の自動的な低減により、最小3.6Vの V _{OUT} を維持、3mm×4mm UTQFN-20パッケージ
LTC4413	デュアル理想ダイオード	OR接続ダイオードに代わる低損失デバイス、3mm×3mm DFNパッケージ