



高度バッテリー管理 IC (PMIC) インダクティブ昇圧 LED と 3 個の LDO レギュレータ内蔵

データシート

ADP5350

特長

- スイッチング・モードの USB バッテリー・チャージャ
- 高精度でプログラム可能な充電端子電圧と充電電流
- 高効率で小型フットプリントにするための 3 MHz 降圧レギュレータを内蔵
- 許容入力電圧 (USB V_{BUSX}) : $-0.5\text{ V} \sim +20\text{ V}$
- 電力経路制御によりバッテリー切れまたはバッテリー未接続でもシステムが動作可能
- JEITA の充電温度仕様に準拠
- 電圧ベースの充電状態 (SOC) 計算アルゴリズム
- スリープ・モードで超低静止電流
- バッテリーのインピーダンス特性 (リチウムイオン) の補償
- バッテリーの温度補償
- 外部検出抵抗は不要
- 5 チャンネル LED ドライバ付き昇圧レギュレータ
- 最大 4 個の直列または並列 LED をサポート
- 5 個の独立したプログラマブル LED 電流シンク
- 64 のプログラマブル LED 電流レベル (最大 20 mA)
- LED 点滅用プログラマブル・オン/オフ・タイマー
- 適応型ヘッドルーム制御により効率を最大化
- 3 個の 150 mA リニア LDO レギュレータ
- 超低 I_Q の LOD1: 無負荷で $1\text{ }\mu\text{A}$ (typ)
- オプションの負荷スイッチ・フル・ターンオン・モード
- 専用割込みピン付き I²C ですべて設定可能

アプリケーション

- 再充電可能なリチウムイオンおよびリチウムイオン・ポリマー・バッテリー駆動機器
- 携帯民生機器
- 携帯型医療機器
- 携帯型計測器
- ウェアラブル機器

概要

ADP5350 はパワー・マネージメント IC (PMIC) で、1 セルのリチウムイオン/リチウムイオン・ポリマー・バッテリー充電用の高性能降圧レギュレータ、燃料計、LED バックライト照明用の高性能プログラマブル昇圧レギュレータ、そして 3 個の 150 mA LDO レギュレータを組み合わせたものです。

ADP5350 はトリクル充電モード、定電流 (CC) および定電圧 (CV) の高速充電モードで動作します。電界効果トランジスタ (FET) を内蔵しており、バッテリーをシステム電源側から絶縁できます。

ADP5350 の燃料計は省スペースで、低消費電流のソリューションです。これは再充電可能なリチウムイオン・バッテリー駆動機器向けに最適化されており、電圧ベースのバッテリー SOC 測定機能を備えています。

代表的なアプリケーション回路

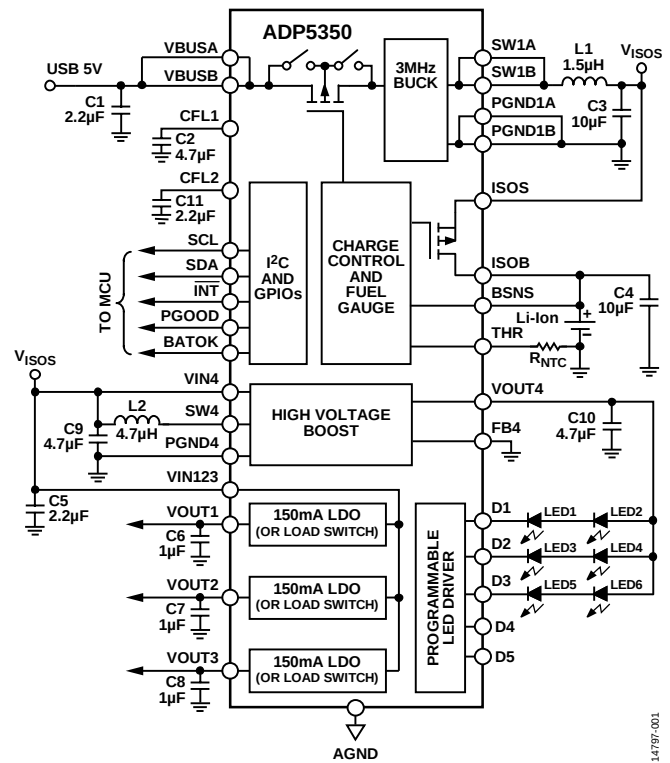


図 1.

ADP5350 の昇圧レギュレータは 1.5 MHz のスイッチング周波数で動作します。複数の LED バックライトを駆動するために、定電圧レギュレータ、または補助的な定電流レギュレータとして動作させることができます。

ADP5350 の LED ドライバは、さまざまな LED バックライト構成に対応でき、複数の LED を並列または直列に接続可能です。

ADP5350 の低ドロップアウト (LDO) レギュレータは、低シャットダウン電流と低静止電流で動作するように最適化されており、バッテリー寿命を延ばすことができます。このデバイスは、負荷スイッチとしても動作し、完全にターンオフまたはターンオンできます。

動作モニタと安全制御用に読み出されるステータス・ビットなどのすべてのパラメータは I²C 互換インターフェースで設定可能です。

ADP5350 は、 $-40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ のジャンクション温度範囲で動作し、32 ピン、5 mm × 5 mm の LFCSP パッケージを採用しています。

アナログ・デバイセズ社は、提供する情報が正確で信頼できるものであることを期していますが、その情報の利用に関して、あるいは利用によって生じる第三者の特許やその他の権利の侵害に関して一切の責任を負いません。また、アナログ・デバイセズ社の特許または特許の権利の使用を明示的または暗示的に許諾するものでもありません。仕様は、予告なく変更される場合があります。本紙記載の商標および登録商標は、それぞれの所有者の財産です。※日本語版資料は REVISION が古い場合があります。最新の内容については、英語版をご参照ください。

目次

特長.....	1	バッテリー・アイソレーション FET.....	21
アプリケーション.....	1	バッテリーの検出.....	21
概要.....	1	バッテリーの温度.....	22
代表的なアプリケーション回路.....	1	バッテリー・チャージャ動作フローチャート.....	24
改訂履歴.....	2	バッテリー電圧ベースの燃料計.....	24
詳細な機能ブロック図.....	3	SOC 計算のフローチャート.....	26
仕様.....	4	昇圧および白色 LED ドライバ.....	27
バッテリー・チャージャの仕様.....	4	リニア低ドロップアウト (LDO) レギュレータ.....	31
バッテリー燃料計の仕様.....	6	温度管理.....	32
昇圧および LED ドライバの仕様.....	7	I ² C インターフェース.....	33
LDO の仕様.....	8	I ² C アドレス.....	33
推奨する入力および出力の容量および インダクタンスの仕様.....	9	SDA ピンと SCL ピン.....	33
I ² C 互換インターフェースのタイミング仕様.....	10	デフォルト・リセット.....	33
絶対最大定格.....	11	割り込み.....	34
熱抵抗.....	11	コントロール・レジスタ・マップ.....	35
ESD に関する注意.....	11	レジスタ・ビットの説明.....	37
ピン配置およびピン機能説明.....	12	アプリケーション情報.....	56
代表的な性能特性.....	13	外付け部品.....	56
代表的な波形.....	17	PCB レイアウト時のガイドライン.....	58
動作原理.....	19	代表的なアプリケーション回路.....	59
バッテリー・チャージャの概要.....	19	出荷時にプログラム可能なオプション.....	60
チャージャ・モード.....	20	外形寸法.....	61
		オーダー・ガイド.....	61

改訂履歴

2/2017—Revision 0: Initial Version

詳細な機能ブロック図

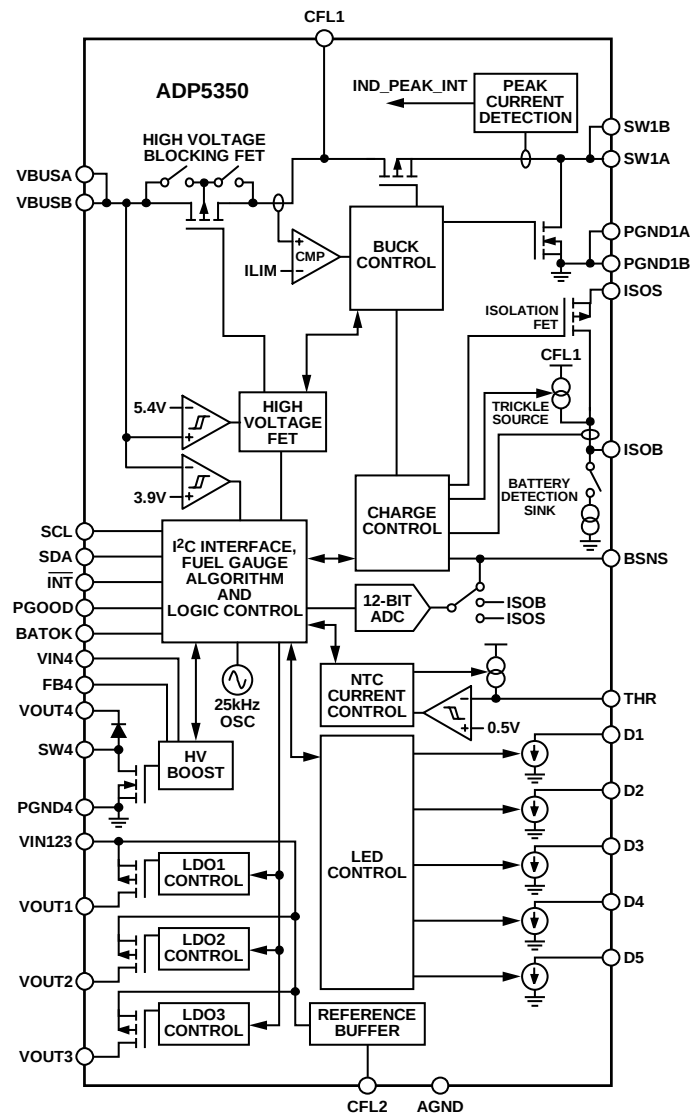


図 2. 詳細な機能ブロック図

14797-022

仕様

バッテリー・チャージャの仕様

特に指定がない限り、 $-40^{\circ}\text{C} < T_J < 125^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{VBUSx}} = 5.0\text{ V}$ 、 $R_{\text{NTC}} = 47\text{ k}\Omega$ 、 $V_{\text{VIN4}} = V_{\text{VIN123}} = V_{\text{ISOS}} = 3.6\text{ V}$ 、 $C1 = 2.2\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C2 = 4.7\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C3 = 10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C4 = 10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C11 = 2.2\text{ }\mu\text{F}$ 、 $L1 = 1.5\text{ }\mu\text{H}$ 、すべてのレジスタはデフォルト値です。

表 1.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
GENERAL PARAMETERS						
Undervoltage Lockout	V_{UVLO}	$T_J = 0^{\circ}\text{C}$ to 85°C Rising threshold, $V_{\text{UVLO}} > V_{\text{BSNS}}$, no V_{VBUSx}	2.2	2.45	2.6	V
		Falling threshold, $V_{\text{UVLO}} > V_{\text{BSNS}}$, no V_{VBUSx}		2.3		V
Input Current Limit	I_{LIM}	Set $\text{ILIM}[3:0] = 100\text{ mA}$		92	100	mA
		Set $\text{ILIM}[3:0] = 500\text{ mA}$		475	500	mA
Operation Current	I_{Q}	All enabled, switching, no load, from VBUSx pin		4	6	mA
		Only fuel gauge enabled (active), from ISOS , no V_{VBUSx}		160	230	μA
		Only fuel gauge enabled (sleep), from ISOS , no V_{VBUSx} ¹		4	8	μA
		Only boost regulator enabled, all LEDs enabled, no LED current, from ISOB , no V_{VBUS}		2	2.6	mA
		Only LDO1 enabled, from ISOB , no V_{VBUSx}		0.8	4	μA
		Only LDO2 enabled, from ISOB , no V_{VBUSx}		160	230	μA
		Only LDO3 enabled, from ISOB , no V_{VBUSx}		160	230	μA
Shutdown Current	I_{STDN}	All disabled, from ISOB and BSNS , no V_{VBUSx}		0.2	2.8	μA
CHARGING PARAMETERS						
Fast Charge Current, Constant Current Mode	I_{CHG}	Programmable via I ² C, battery voltage > $V_{\text{TRK_DEAD}}$	25		650	mA
Fast Charge Current Accuracy		$I_{\text{CHG}} = 200\text{ mA}$	180	200	220	mA
		$T_J = 25^{\circ}\text{C}$, $I_{\text{CHG}} = 200\text{ mA}$	-2.5		+2.5	%
Trickle Charge Current ²	$I_{\text{TRK_DEAD}}$		16	20	25	mA
Weak Charge Current	$I_{\text{CHG_WEAK}}$	When $V_{\text{TRK_DEAD}} < V_{\text{BSNS}} < V_{\text{WEAK}}$		$I_{\text{CHG}} + I_{\text{TRK_DEAD}}$		mA
Dead Battery, Trickle to Weak Charge Threshold ²	$V_{\text{TRK_DEAD}}$	On BSNS	2.4	2.5	2.62	V
Weak Battery		On BSNS	2.9	3.0	3.15	V
				90		mV
Battery Termination Voltage ²	V_{TRM}	On BSNS , $T_J = 0^{\circ}\text{C}$ to 85°C	4.158	4.200	4.242	V
		On BSNS , $T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-0.3		+0.3	%
Battery Overvoltage Threshold	$V_{\text{BAT_OV}}$	Relative to CFL1 voltage, BSNS rising	$V_{\text{CFL1}} - 0.15$			V
Charge Complete Current ²	I_{END}	$V_{\text{BSNS}} = V_{\text{TRM}}$, $T_J = 0^{\circ}\text{C}$ to 85°C	20	35	50	mA
Recharge Voltage Differential ²	V_{RCH}	Relative to V_{TRM} , BSNS falling		260		mV
Battery Node Short Threshold Voltage ²	$V_{\text{BAT_SHR}}$		2.3	2.4	2.52	V
CHARGER DC-TO-DC REGULATOR						
Switching Frequency	$f_{\text{SW_CHG}}$		2.7	3	3.3	MHz
Maximum Duty Cycle	D_{MAX}			96		%
Peak Inductor Current	$I_{\text{L1_PK}}$		1500	1750	2200	mA
Regulated System Voltage	$V_{\text{ISOS_TRK}}$	$V_{\text{BSNS}} < V_{\text{TRK_DEAD}}$, trickle charge mode		$V_{\text{TRM}} + 0.1$		V

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
DC to DC Power						
PMOS On Resistance	$R_{\text{DS(on)}_P}$			220	280	mΩ
NMOS On Resistance	$R_{\text{DS(on)}_N}$			160	210	mΩ
SW1x Pin Leakage Current	I_{SW1x}	$V_{\text{VBUSx}} = 0 \text{ V}$, $V_{\text{SW1x}} = 5.0 \text{ V}$			2	μA
BATTERY ISOLATION FIELD EFFECT TRANSISTOR (FET)						
Resistance Between ISOB and ISOS	$R_{\text{DS(on)}_ISO}$	$V_{\text{VBUSx}} = 0 \text{ V}$, $V_{\text{ISOB}} = 3.6 \text{ V}$, $I_{\text{ISOB}} = 400 \text{ mA}$, $T_j = 0^\circ\text{C}$ to 85°C		202	300	mΩ
	$V_{\text{ISOS_FC}}$	$V_{\text{TRK_DEAD}} < V_{\text{BSNS}}$, fast charging constant current mode	3.15	3.3	3.45	V
Battery Supplementary Threshold	$V_{\text{TH_ISO}}$	$V_{\text{ISOS}} < V_{\text{ISOB}}$	0	5	14	mV
HIGH VOLTAGE BLOCKING FET						
VBUSx Input						
High Voltage Blocking FET On Resistance	$R_{\text{DS(on)}_HV}$	$I_{\text{VBUS}} = 100 \text{ mA}$, $T_j = 0^\circ\text{C}$ to 85°C		330		mΩ
Current, Suspend Mode	I_{SUSPEND}	EN_DCDC = low		1.45	1.7	mA
Input Voltage						
Power-Good Threshold	V_{VBUSOK}					
Rising	$V_{\text{VBUSOK_RISE}}$		3.77	3.9	4.03	V
Falling	$V_{\text{VBUSOK_FALL}}$		3.47	3.6	3.73	V
Overvoltage Threshold	$V_{\text{VBUS_OV}}$		5.38	5.45	5.53	V
Overvoltage Threshold Hysteresis				75		mV
VBUSx Transition Timing						
Maximum Rising Slew Rate for VBUSx from 5 V to 20 V					1.5	V/μs
Maximum Falling Slew Rate for VBUSx from 4 V to 0 V					1.5	V/μs
THERMAL CONTROL						
Thermal Early Warning Temperature	$T_{\text{SD_W}}$			130		°C
Thermal Shutdown Temperature	T_{SD}	T_j rising		140		°C
		T_j falling		110		°C
THERMISTOR CONTROL						
Thermistor Current ³						
10 kΩ R_{NTC}	$I_{\text{NTC_10k}}$				400	μA
47 kΩ R_{NTC}	$I_{\text{NTC_47k}}$				85	μA
100 kΩ R_{NTC}	$I_{\text{NTC_100k}}$				40	μA
Thermistor Capacitance	C_{NTC}				100	pF
Resistance Thresholds by Battery Temperature		$R_{\text{NTC}} = 47 \text{ k}\Omega$, $\text{BETA_NTC} = 3800$, $T_j = 0^\circ\text{C}$ to $+85^\circ\text{C}$				
Cool to Cold	$R_{\text{COOL_COLD}}$		131	151.2	175	kΩ
Cold to Cool	$R_{\text{COLD_COOL}}$		126	145.6	168	kΩ
Typical ⁴ to Cool	$R_{\text{TYP_COOL}}$		75	86.5	99	kΩ
Cool to Typical ⁴	$R_{\text{COOL_TPY}}$		72.5	83.1	95	kΩ
Warm to Typical ⁴	$R_{\text{WARM_TYP}}$		20	23.7	27	kΩ
Typical ⁴ to Warm	$R_{\text{TYP_WARM}}$		19.3	22	24.6	kΩ
Hot to Warm	$R_{\text{HOT_WARM}}$		12	13.9	16	kΩ
Warm to Hot	$R_{\text{WARM_HOT}}$		11	12.7	14.4	kΩ
BATTERY DETECTION						
Sink Current	I_{SINK}		15	25	35	mA
Source Current	I_{SOURCE}		7	10	13	mA

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
Battery Threshold						
Low	V_{BATL}		1.8	1.9	2.0	V
High	V_{BATH}		3.3	3.4	3.55	V
Battery Detection Timer	t_{BATOK}			333		ms
TIMERS						
Start Charging Delay Timer	t_{START}			1		sec
Trickle Charge Timer ²	t_{TRK}			60		min
Fast Charge Timer ²	t_{CHG}			600		min
Charge Complete Timer	t_{END}	$V_{BSNS} = V_{TRM}, I_{CHG} < I_{END}$		7.5		min
Deglitch Timer	t_{DG}	Applies to $V_{TRM}, V_{RCH}, I_{END}, V_{WEAK}, V_{TRK_DEAD}, V_{VBUSOK_FALL},$ and V_{VBUSOK_RISE}		31		ms
Watchdog Timer ²	t_{WD}			32		sec
Safety Timer	t_{SAFE}			40		min
Battery Node Short Timer ²	t_{BAT_SHR}			30		sec
I ² C (SCL AND SDA)						
Maximum Voltage on Digital Inputs	V_{DIN_MAX}				5.5	V
Input Voltage						
Low Level	V_{IL}	Applies to SCL, SDA			0.5	V
High Level	V_{IH}	Applies to SCL, SDA	1.2			V
Low Level Output Voltage	V_{OL}	Applies to SDA, $I_{SDA_SINK} = 2\text{ mA}$			0.4	V
PGOOD AND BATOK						
PGOOD Pin						
Leakage Current	I_{PGOOD_LEAK}	$V_{PGOOD} = 5\text{ V}$			0.5	μA
Output Low Voltage	V_{PGOOD_LOW}	$I_{PGOOD} = 1\text{ mA}$		50	100	mV
BATOK Pin						
Leakage Current	I_{BATOK_LEAK}	$V_{BATOK} = 5\text{ V}$			0.5	μA
Output Low Voltage	V_{BATOK_LOW}	$I_{BATOK} = 1\text{ mA}$		50	100	mV

¹ これらの値に対する出荷テストは行われていませんが、設計および／または量産開始時の特性評価データで保証されています。

² これらの値は I²C インターフェースを介して設定可能です。値はデフォルトのレジスタ値で与えられます。

³ R_{NTC} は THR ピンに接続される負温度係数（NTC）抵抗です。

⁴ Typical と記載している温度は通常の動作温度です。

バッテリー燃料計の仕様

特に指定がない限り、 $V_{VIN4} = V_{VIN123} = V_{ISOS} = 4.2\text{ V}$ 、仕様の最小値／最大値については $T_J = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、仕様の代表値については $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
BATTERY VOLTAGE MONITORING					
Battery Monitor Voltage					
Range		2.7		4.5	V
Resolution	Based on 12-bit ADC		1.09		mV
Voltage Reading Accuracy	$T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-12.5		+12.5	mV
	$T_J = 0^{\circ}\text{C to } +85^{\circ}\text{C}$	-30		+30	mV

昇圧および LED ドライバの仕様

特に指定がない限り、 $V_{VIN4} = V_{VIN123} = V_{ISOS} = 3.6\text{ V}$ 、 $C9 = 4.7\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C10 = 4.7\text{ }\mu\text{F}$ 、 $L2 = 4.7\text{ }\mu\text{H}$ 、仕様の最小値／最大値については $T_J = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、仕様の代表値については $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 3.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
INPUT CHARACTERISTICS						
Input Voltage Range	V _{VIN4}		2.9		5.5	V
UNDERVOLTAGE LOCKOUT	V _{UVLO_VIN4_RISE}	VIN4 rising		2.7	2.85	V
	V _{UVLO_VIN4_FALL}	VIN4 falling	2.5	2.6		V
OUTPUT CHARACTERISTICS						
Output Voltage Range	V _{VOUT4}	Standalone operation mode T _J = 25°C V _{VIN4} = 2.9 V to 5.5 V	V _{ISOS}		16	V
FB4 Voltage Reference	V _{FB4}		0.62	0.65	0.68	V
Line Regulation	ΔV _{VOUT4} /V _{VIN4}		−1.5		+1.5	%
				0.1		%/V
POWER GOOD (PGOOD)						
PGOOD Rising Threshold	V _{PGOOD4_RISE}	Standalone operation mode		90		%
PGOOD Hysteresis	V _{PGOOD4_HYS}			5.5		%
PGOOD Falling Delay	t _{PGOOD4_FALL}			2		ms
PGOOD Rising Delay	t _{PGOO4_RISE}			2		ms
SW4 CHARACTERISTICS						
SW4 On Resistance	R _{DSON_NFET}	NFET at V _{VIN4} = 3.6 V		460	800	mΩ
Overvoltage Threshold	V _{OVP4}	Boost OVP threshold = 18.5 V	17.5	18.5	19.5	V
		Boost OVP threshold = 15 V	14.2	15	15.8	V
		Boost OVP threshold = 10 V	9.5	10	10.5	V
		Boost OVP threshold = 5.5 V	5.32	5.6	5.9	V
		OVP recovery hysteresis		5		%
Start-Up Time	t _{SS4}			1.0	2.7	ms
CURRENT LIMIT						
	I _{LIM4}	BST_IPK = 0	510	600	690	mA
		BST_IPK = 1		300		mA
OSCILLATOR CIRCUIT						
Switching Frequency	f _{SW4}		1.35	1.5	1.65	MHz
Minimum Off Time	t _{MIN_ON4}			50		ns
LED CURRENT CONTROL						
LED Current	I _{Dx}	I _{Dx} = 20 mA I _{Dx} = 20 mA	0		20	mA
Range, 6-Bit			−10		+10	%
Accuracy				2.0		%
Matching						
LED Pin Leakage Current	I _{Dx_LEAK}				0.5	μA
LED Current Ramp-Up Time	t _{Dx_RISE}	I _{Dx} = 20 mA		20		μs
LED Current Ramp-Down Time	t _{Dx_FALL}	I _{Dx} = 20 mA		20		μs
LED Source Headroom	V _{Dx_HDRM}	I _{Dx} = 20 mA		0.65	0.75	V
LED ON/OFF TIMER						
LED Timer Accuracy		Including on timer and off timer	−10		+10	%

LDO の仕様

特に指定のない限り、 $V_{VBUSx} = 5.0\text{ V}$ 、 $V_{VIN4} = V_{VIN123} = V_{ISOS} = 3.6\text{ V}$ 、 $C5 = C6 = C7 = C8 = 1\text{ }\mu\text{F}$ 、仕様の最小値／最大値については $T_J = -40\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、仕様の代表値については $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

表 4.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
VIN123 VOLTAGE RANGE	V_{VIN123}		2.7		5.5	V
KEEPALIVE LDO1						
UNDervoltage LOCKOUT	$V_{UVLO_LDO1_RISE}$ $V_{UVLO_LDO1_FALL}$ $V_{UVLO_LDO1_HYS}$	VIN123 rising VIN123 falling			2.56	V
Output Voltage	V_{VOUT1}	Fuse trim or I ² C, four bits	1.78	200		V
Output Accuracy		$I_{OUT1} = 10\text{ mA}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $I_{OUT1} = 10\text{ mA}$	1.0		4.2	mV
Line Regulation	$\Delta V_{VOUT1}/V_{VIN123}$	$V_{VIN123} = (V_{VOUT1} + 0.5\text{ V})$ to 5.5 V	-1		+1	%
Load Regulation	$\Delta V_{VOUT1}/I_{OUT1}$	$I_{OUT1} = 100\text{ }\mu\text{A}$ to 150 mA	-2.0		+2.0	%
Dropout Voltage	V_{DROP_OUT1}	$V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT1} = 10\text{ mA}$ $V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT1} = 150\text{ mA}$	-0.1		+0.1	%/V
Current-Limit Threshold	I_{LIM_LDO1}			54	130	mV
				150	240	mV
			200	300	440	mA
Output Noise	V_{NOISE_LDO1}	10 Hz to 100 kHz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$		100		$\mu\text{V rms}$
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	100 Hz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT1} = 10\text{ mA}$ 1 kHz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT1} = 10\text{ mA}$		40		dB
LDO Start-Up Time	t_{SS_LDO1}	$V_{VOUT1} = 3.3\text{ V}$, LDO mode		35		dB
PGOOD Rising Threshold	V_{PGOOD1_RISE}	Only effective in LDO mode		600		μs
PGOOD Hysteresis	V_{PGOOD1_HYS}			90		%
PGOOD Falling Delay	t_{PGOOD1_Fall}			4.5		%
PGOOD Rising Delay	t_{PGOOD1_RISE}			120		μs
Load Switch Turn-On Rise Time	$t_{RISE_SWITCH1}$	$V_{OUT1} = 3.3\text{ V}$, load switch mode, $I_{OUT1} = 150\text{ mA}$		2		ms
Load Switch On Resistance	$R_{DSON_SWITCH1}$			120		μs
C_{OUT} Discharge Switch On Resistance	R_{DIS_LDO1}	$V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$		700		m Ω
				500		Ω
GENERAL-PURPOSE LDO2						
Undervoltage Lockout	$V_{UVLO_LDO2_RISE}$ $V_{UVLO_LDO2_FALL}$ $V_{UVLO_LDO2_HYS}$	VIN4 rising VIN4 falling		2.7	2.8	V
Output Voltage	V_{VOUT2}	Fuse trim or I ² C, 4 bits	2.5	2.6		V
Output Accuracy		$I_{OUT2} = 10\text{ mA}$, $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ $I_{OUT2} = 10\text{ mA}$		100		mV
Line Regulation	$(\Delta V_{VOUT2})/V_{VIN123}$	$V_{VIN2} = (V_{VOUT2} + 0.5\text{ V})$ to 5.5 V	1.0		4.2	V
Load Regulation	$(\Delta V_{VOUT2})/I_{OUT2}$	$I_{OUT2} = 100\text{ }\mu\text{A}$ to 150 mA	-0.75		+0.75	%
Dropout Voltage	V_{DROP_OUT2}	$V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT2} = 10\text{ mA}$ $V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT2} = 150\text{ mA}$	-1.5		+1.5	%
Current-Limit Threshold	I_{LIM_LDO2}		-0.1		+0.1	%/V
Output Noise	V_{NOISE_LDO2}	10 Hz to 100 kHz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$			0.01	%/mA
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	100 Hz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT2} = 10\text{ mA}$ 1 kHz, $V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$, $V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT2} = 10\text{ mA}$		76	140	mV
LDO Start-Up Time	t_{SS_LDO2}	$V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, LDO mode		100	180	mV
Load Switch Turn-On Rise Time	$t_{RISE_SWITCH2}$	$V_{VOUT2} = 3.3\text{ V}$, load switch mode, $I_{OUT2} = 150\text{ mA}$	220	320	430	mA
Load Switch On Resistance	$R_{DSON_SWITCH2}$			120		$\mu\text{V rms}$
C_{OUT} Discharge Switch On Resistance	R_{DIS_LDO2}	$V_{VIN123} = 3.6\text{ V}$		60		dB
				50		dB
				80		μs
				80		μs
				400	600	m Ω
				500		Ω

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
GENERAL-PURPOSE LDO3						
UNDERVOLTAGE LOCKOUT	$V_{UVLO_LDO3_RISE}$	VIN4 rising		2.7	2.85	V
	$V_{UVLO_LDO3_FALL}$	VIN4 falling	2.5	2.6		V
	$V_{UVLO_LDO3_HYS}$			100		mV
Output Voltage	V_{VOUT3}	Fuse trim or I ² C, four bits	1.0		4.2	V
Output Accuracy	V_{VOUT3}	I _{OUT3} = 10 mA, T _J = +25°C	−0.75		+0.75	%
		I _{OUT3} = 10 mA	−1.5		+1.5	%
Line Regulation	$\Delta V_{OUT3}/V_{VIN123}$	V _{VIN123} = (V _{VOUT3} + 0.5 V) to 5.5 V	−0.1		+0.1	%/V
Load Regulation	$\Delta V_{OUT3}/I_{OUT3}$	I _{OUT3} = 100 µA to 150 mA			0.01	%/mA
Dropout Voltage	V_{DROP_OUT3}	V _{VOUT3} = 3.3 V, I _{OUT3} = 10 mA		76	140	mV
		V _{VOUT2} = 3.3 V, I _{OUT3} = 150 mA		100	180	mV
Current Limit Threshold	I_{LIM_LDO3}		220	320	430	mA
Output Noise	V_{NOISE_LDO3}	10 Hz to 100 kHz, V _{VIN123} = 3.6 V, V _{VOUT3} = 3.3 V		120		µV rms
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	100 Hz, V _{VIN123} = 3.6 V, V _{VOUT3} = 3.3 V, I _{OUT3} = 10 mA		60		dB
		1 kHz, V _{VIN123} = 3.6 V, V _{VOUT3} = 3.3 V, I _{OUT3} = 10 mA		50		dB
LDO Start-Up Time	t_{SS_LDO3}	V _{VOUT3} = 3.3 V, LDO mode		80		µs
Load Switch Turn-On Rise Time	$t_{RISE_SWITCH3}$	V _{VOUT3} = 3.3 V, load switch mode, I _{OUT3} = 150 mA		80		µs
Load Switch On Resistance	$R_{DSON_SWITCH3}$			400	600	mΩ
C _{OUT} Discharge Switch On Resistance	R_{DIS_LDO3}	V _{VIN123} = 3.6 V		500		Ω

推奨する入力および出力の容量およびインダクタンスの仕様

表 5.

Parameter	Min	Typ	Max	Unit
EFFECTIVE CAPACITANCE				
Charger Capacitance				
VBUSx Pin	1.0	2.2		µF
CFL1 Pin	2.0	4.7		µF
CFL2 Pin	1.0	2.2		µF
ISOS Pin	4.0	10		µF
ISOB Pin	4.0	10		µF
LDO Capacitance				
VIN123 Pin	0.7	1		µF
LDO1	0.7	1		µF
LDO2	0.7	1		µF
LDO3	0.7	1		µF
Boost Capacitance				
VIN4 Pin	1	4.7		µF
VOUT4 Pin	0.47	4.7		µF
INDUCTANCE				
Buck	0.5	1.5	2.2	µH
Boost	2	4.7	10	µH

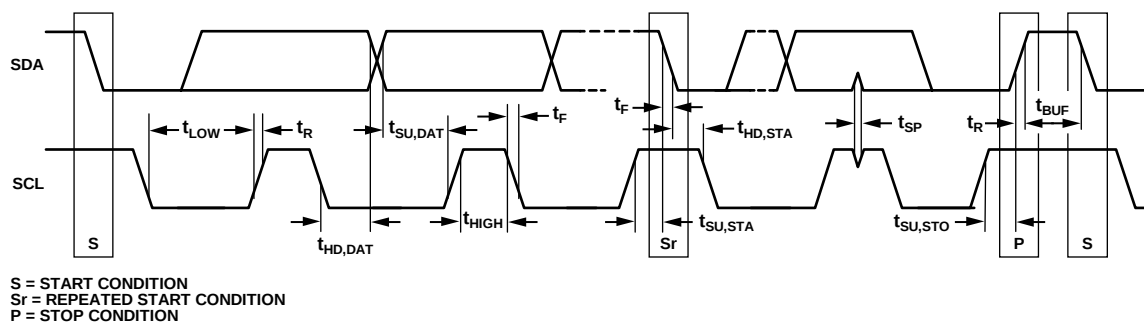
I²C 互換インターフェースのタイミング仕様

表 6.

Parameter	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
I ² C-COMPATIBLE INTERFACE					
Capacitive Load, Each Bus Line	C_S			400	pF
SCL					
Clock Frequency	f_{SCL}			400	kHz
High Time	t_{HIGH}	0.6			μs
Low Time	t_{LOW}	1.3			μs
Data					
Setup Time	$t_{SU,DAT}$	100			ns
Hold Time ¹	$t_{HD,DAT}$	0		0.9	μs
Setup Time for Repeated Start	$t_{SU,STA}$	0.6			μs
Hold Time for Start/Repeated Start	$t_{HD,STA}$	0.6			μs
Bus Free Time Between a Stop and a Start Condition	t_{BUF}	1.3			μs
Setup Time for Stop Condition	$t_{SU,STO}$	0.6			μs
SCL/SDA					
Rise Time	t_R			300	ns
Fall Time	t_F			300	ns
Pulse Width of Suppressed Spike	t_{SP}	0		50	ns

¹ SCL の立下がりエッジの不定領域を避けるために、マスター・デバイスは、SDA 信号のホールド時間を少なくとも 300 ns 確保する必要があります。図 3 の I²C タイミング図を参照。

タイミング図

図 3. I²C タイミング図

14797-002

絶対最大定格

表 7.

Parameter	Rating
VBUSA, VBUSB to PGND1	−0.5 V to +20 V
SW4, VOUT4, D1, D2, D3, D4, D5 to PGND4	−0.5 V to +20 V
FB4	−0.3 V to +6 V
CFL2 to AGND	−0.3 V to +3.3 V
PGND1, PGND4 to AGND	−0.3 V to +0.3 V
All Other Pins to AGND	−0.3 V to +6 V
Continuous Drain Current, Battery Supplementary Mode, from ISOB to ISOS, $T_J = 125^{\circ}\text{C}$	1.1 A
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Operating Junction Temperature Range	−40°C to +125°C
Soldering Conditions	JEDEC J-STD-020

上記の絶対最大定格を超えるストレスを加えると、デバイスに恒久的な損傷を与えることがあります。この仕様規定はストレス定格のみを指定するものであり、この仕様の動作のセクションに記載する規定値以上でのデバイス動作を定めたものではありません。製品を長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、製品の信頼性に影響を与えることがあります。

熱抵抗

熱性能は、プリント回路基板（PCB）の設計と動作環境に直接関連しています。

PCB の熱設計には細心の注意を払う必要があります。 θ_{JA} は、1 立方フィートの密封容器内で測定された、自然対流でのジャンクションから周囲への熱抵抗です。 θ_{JC} は、ジャンクションからケースへの熱抵抗です。

表 8. 熱抵抗

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
CP-32-12 ¹	42	2.1	°C/W

¹ 熱抵抗のシミュレーション値は、9 個のサーマル・ビアを備えた JEDEC 2S2P サーマル・テスト・ボードに基づいています。JEDEC JESD51 を参照。

最大消費電力

ADP5350 パッケージの最大安全消費電力は、チップのジャンクション温度 (T_J) の上昇により制限されます。ガラス転移温度である約 150 °C において、プラスチックの性質は変化します。この温度規定値を一時的に超えた場合でも、パッケージからチップに加えられる応力が変化して、ADP5350 のパラメータ性能が永久的にシフトしてしまうことがあります。175 °C のジャンクション温度を長時間超えると、シリコン・デバイス内に変化が発生して、故障の原因になることがあります。

ESD に関する注意



ESD（静電放電）の影響を受けやすいデバイスです。

電荷を帯びたデバイスや回路ボードは、検知されないまま放電することがあります。本製品は当社独自の特許技術である ESD 保護回路を内蔵してはいますが、デバイスが高エネルギーの静電放電を被った場合、損傷を生じる可能性があります。したがって、性能劣化や機能低下を防止するため、ESD に対する適切な予防措置を講じることをお勧めします。

ピン配置およびピン機能説明

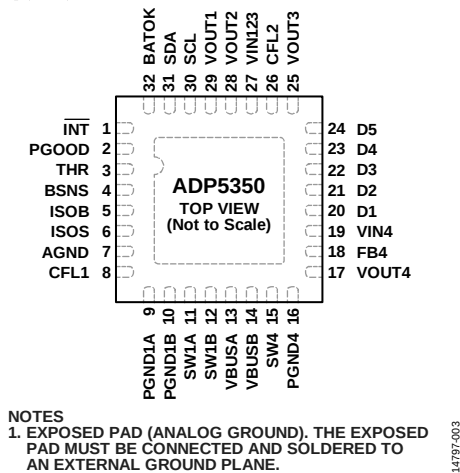


図 4. ピン配置（上面図）

表 9. ピン機能の説明

Pin No.	Mnemonic	Description
1	INT	プロセッサ割り込み（アクティブ・ロー）。このピンには、外付けのプルアップ抵抗が必要です。このピンを使用しない場合、フロート状態のままにしておくことができます。
2	PGOOD	パワーグッド信号出力。このオープンドレイン出力は、選択されたチャンネルのパワーグッド信号です。
3	THR	バッテリー・バック・サーミスタ接続。
4	BSNS	バッテリー電圧検出ピン。
5	ISOB	内部アイソレーション FET/バッテリー電流レギュレーション FET へのバッテリー電源側入力。
6	ISOS	内部アイソレーション FET/バッテリー電流レギュレーション FET へのチャージャ電源側入力。
7	AGND	アナログ・グラウンド。
8	CFL1	チャージャ・レギュレータへの電源入力。このピンと PGND1A または PGND1B の間にセラミック・フィルタ・コンデンサを接続します。
9, 10	PGND1A, PGND1B	バッテリー・チャージャ用の電源グラウンド。
11, 12	SW1A, SW1B	バッテリー・チャージャ用のスイッチング・ノード。
13, 14	VBUSA, VBUSB	USB バス電圧への電源接続。
15	SW4	昇圧レギュレータ用のスイッチング・ノード。
16	PGND4	昇圧レギュレータ用の電源グラウンド。
17	VOUT4	昇圧レギュレータ用の電源出力。
18	FB4	昇圧レギュレータ用の帰還検出入力。スタンドアロン・モードの場合、このピンを V_{VOUT4} からの抵抗分圧器に接続します。LED 動作モードの場合、FB4 ピンをグラウンドに接続します。
19	VIN4	昇圧レギュレータと LDO 制御ブロック用の入力電圧。
20	D1	LED 1 シンク・チャンネル。このピンを LED のカソードに接続します。
21	D2	LED 2 シンク・チャンネル。このピンを LED のカソードに接続します。
22	D3	LED 3 シンク・チャンネル。このピンを LED のカソードに接続します。
23	D4	LED 4 シンク・チャンネル。このピンを LED のカソードに接続します。
24	D5	LED 5 シンク・チャンネル。このピンを LED のカソードに接続します。
25	VOUT3	LDO3 用の電源出力。
26	CFL2	燃料計用の内部レギュレータ出力。このピンと AGND の間にセラミック・コンデンサを接続します。
27	VIN123	LDO1、LDO2、および LDO3 用の電源入力。
28	VOUT2	LDO2 用の電源出力。
29	VOUT1	LDO1 用の電源出力。
30	SCL	I ² C シリアル・クロック。このピンには、外付けのプルアップ抵抗が必要です。
31	SDA	I ² C シリアル・データ。このピンには、外付けのプルアップ抵抗が必要です。
32	BATOK	バッテリー・ステータス・オープンドレイン出力フラグ（アクティブ・ハイ）。バッテリーが V_{WEAK} に達すると、このピンがシステムをイネーブルにします。
	EPAD	露出パッド（アナログ・グラウンド）。露出パッドは外部のグラウンド・プレーンに接続して、ハンダ付けする必要があります。

代表的な性能特性

特に指定がない限り、 $V_{VBUSx} = 5.0\text{ V}$ 、 $V_{VIN4} = V_{VIN123} = V_{ISOS} = 3.6\text{ V}$ 、 $C_{BUS} = 2.2\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C_3 = 10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C_4 = 10\text{ }\mu\text{F}$ 、 $C_{CFL1} = 4.7\text{ }\mu\text{F}$ 、 $L_{OUT1} = 1.5\text{ }\mu\text{H}$ 、すべてのレジスタはデフォルト値です。

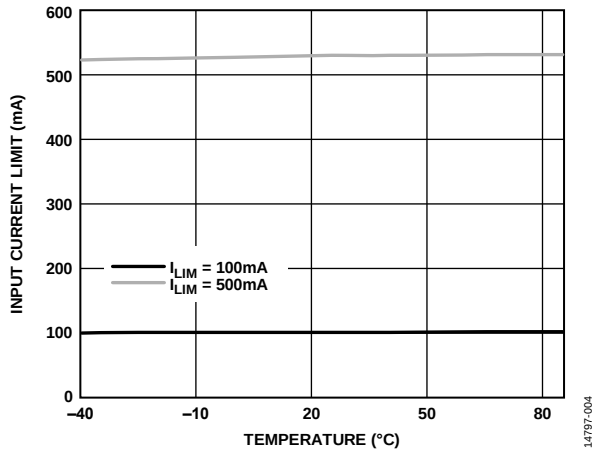


図 5. 入力電流制限と温度の関係

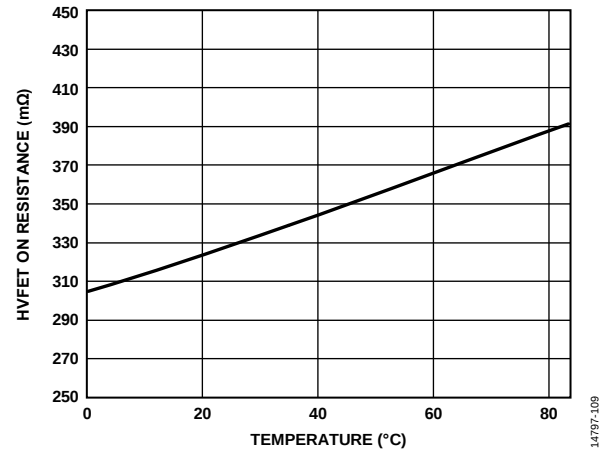


図 8. 高電圧 FET (HVFET) のオン抵抗値と温度の関係

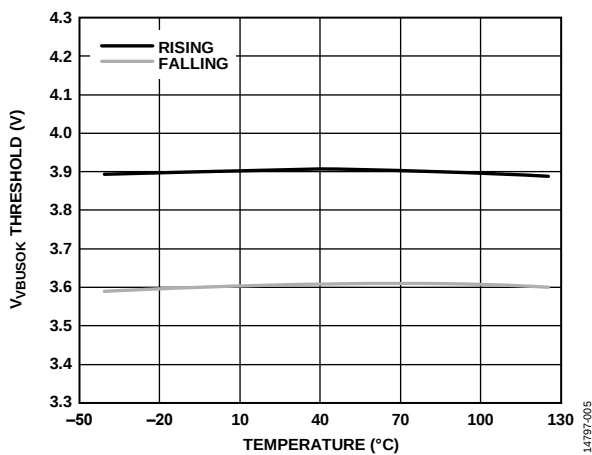


図 6. V_{VBUSOK} 閾値と温度の関係

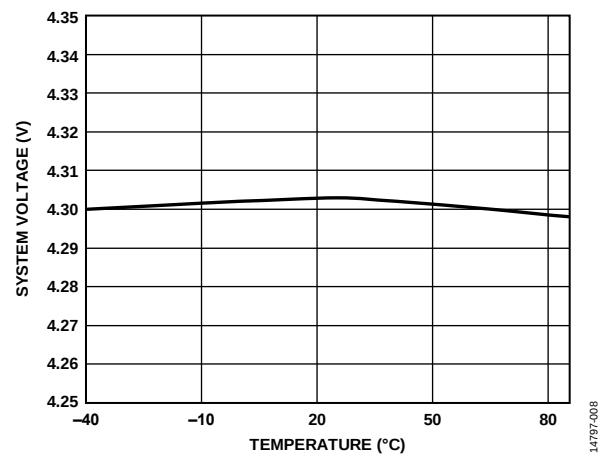


図 9. システム電圧と温度の関係

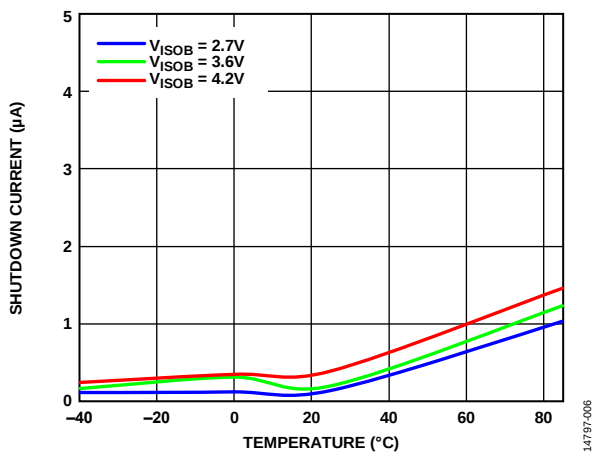


図 7. シャットダウン電流の温度特性

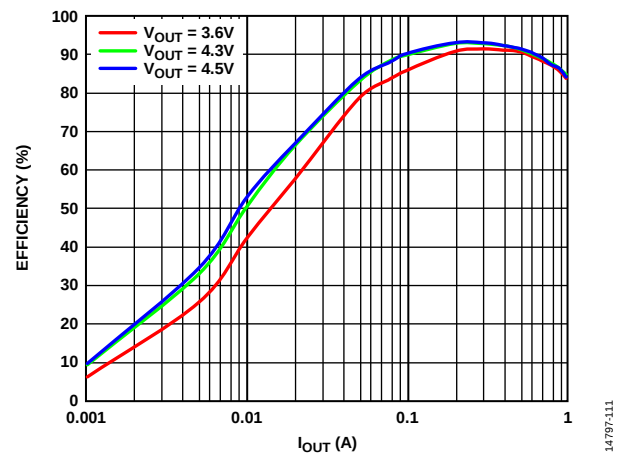


図 10. 効率と出力電流 (I_{OUT}) の関係、降圧レギュレータの効率

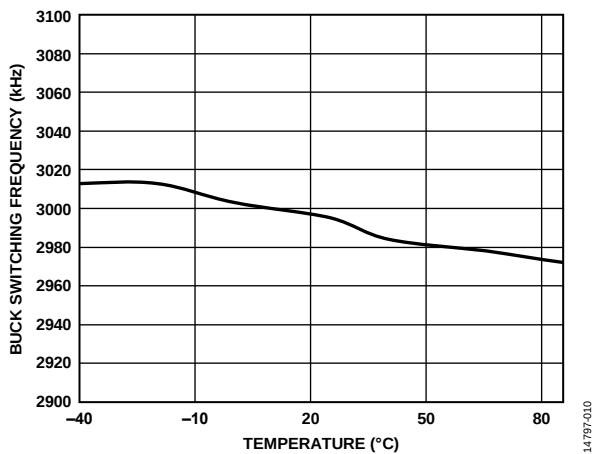


図 11. 降圧スイッチング周波数と温度の関係

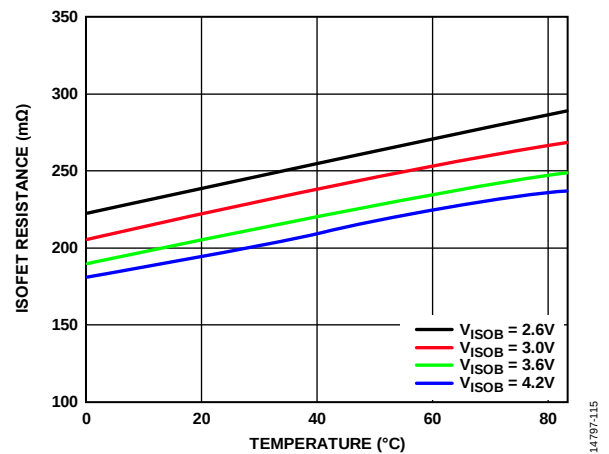


図 14. アイソレーション FET (ISOFET) の抵抗値と温度の関係、バッテリーの電圧レベルを変化させたとき

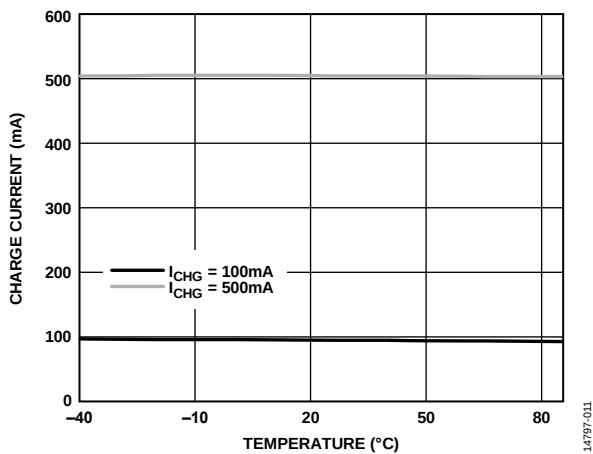


図 12. 充電電流と温度の関係

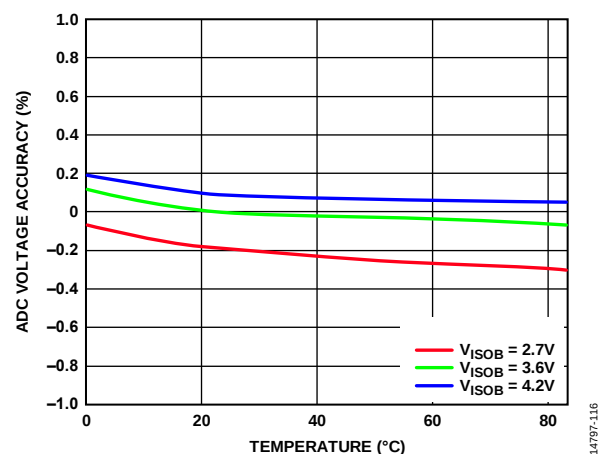


図 15. ADC の電圧精度と温度の関係

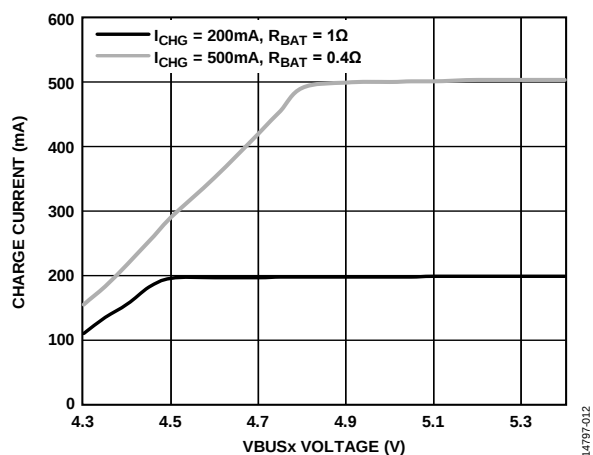


図 13. 充電電流と VBUSx 電圧の関係

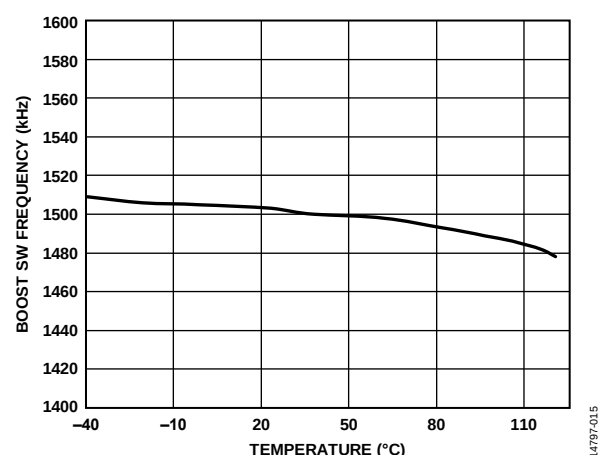


図 16. 昇圧スイッチング周波数と温度の関係

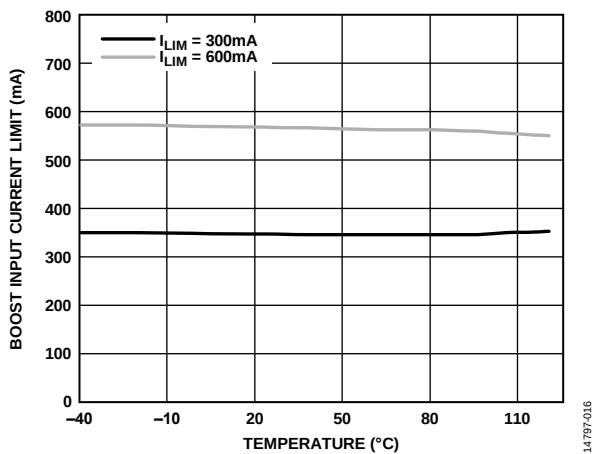


図 17. 昇圧入力電流制限と温度の関係

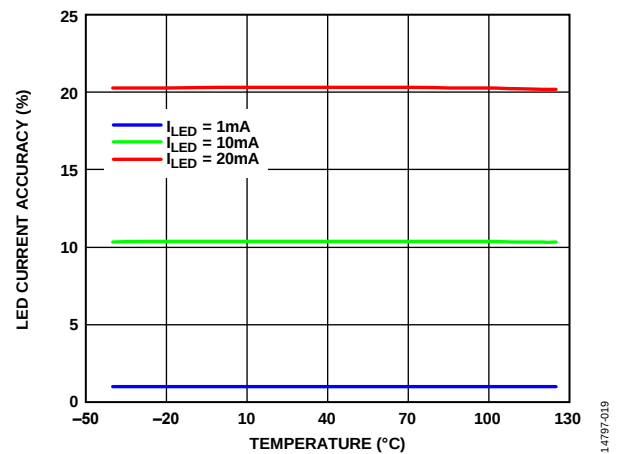


図 20. LED の電流精度と温度の関係

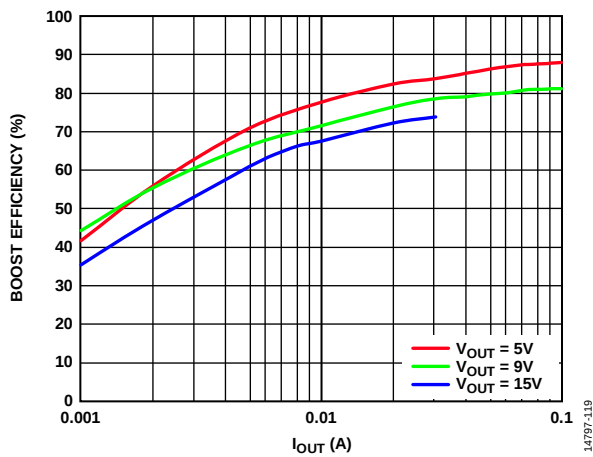


図 18. 昇圧効率と出力電流 (I_{OUT}) の関係

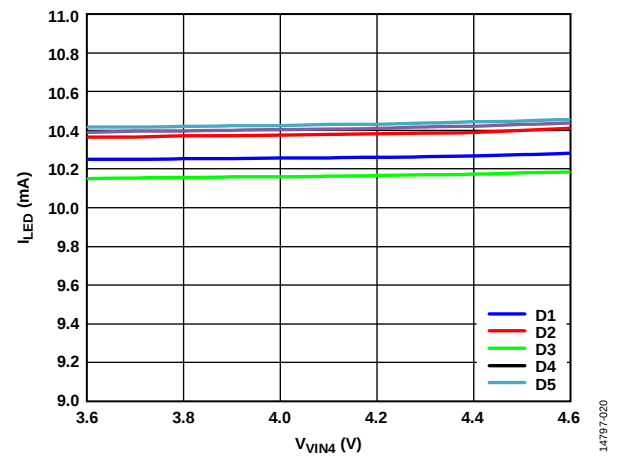


図 21. LED のチャンネル電流 (I_{LED}) と V_{VIN4} の関係

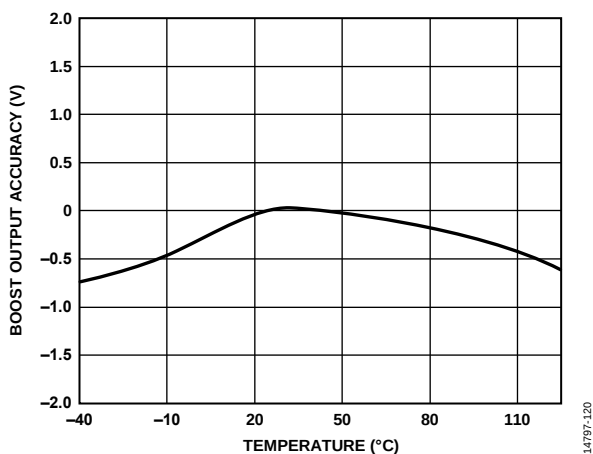


図 19. 昇圧出力精度と温度の関係、 $V_{VOUT4} = 5V$

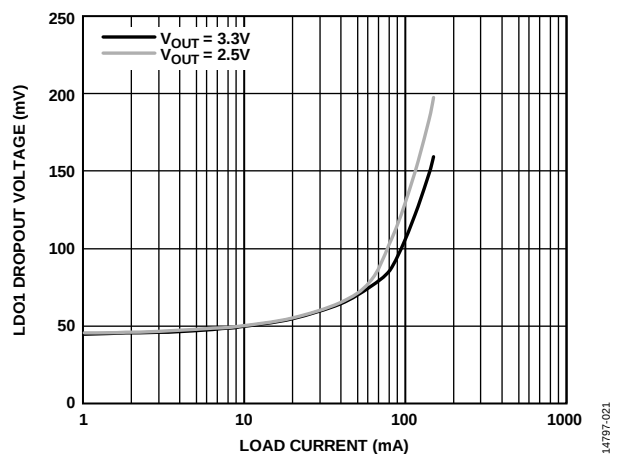


図 22. LDO1 のドロップアウト電圧と負荷電流の関係

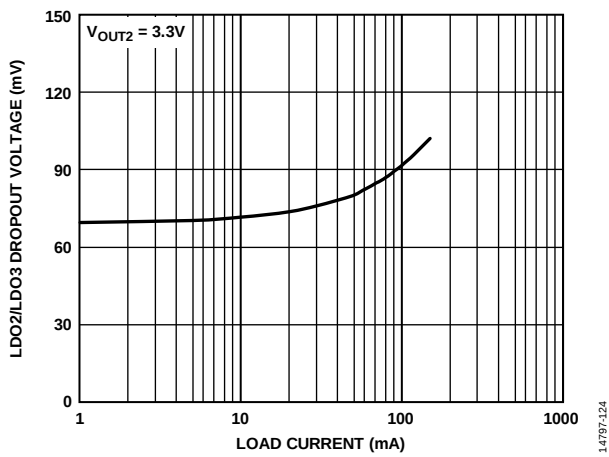


図 23. LDO2/LDO3 のドロップアウト電圧と負荷電流の関係

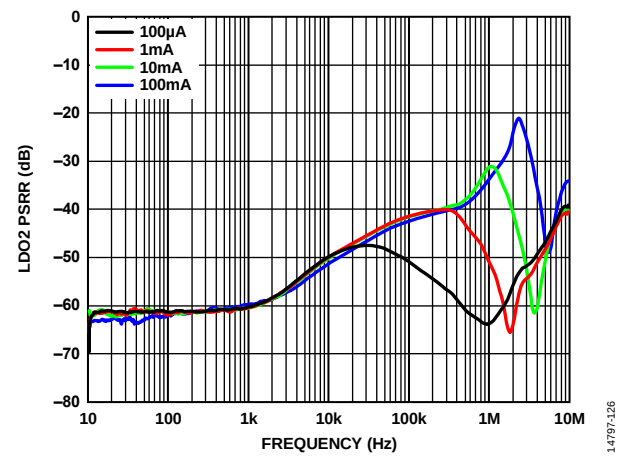


図 25. LDO2 の電源除去比 (PSRR) の周波数特性、
 $V_{OUT2} = 3.3\text{ V}$, $V_{IN123} = 3.6\text{ V}$

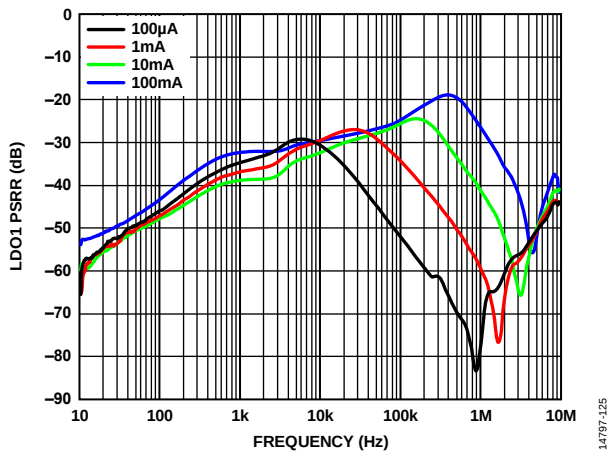


図 24. LDO1 の PSRR の周波数特性、
 $V_{OUT1} = 3.3\text{ V}$, $V_{IN123} = 3.6\text{ V}$

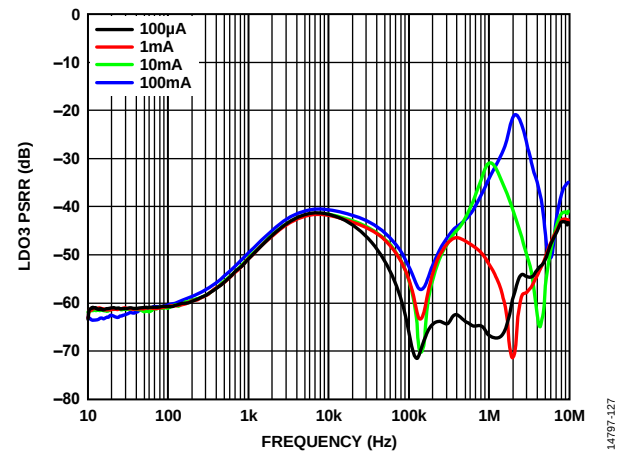


図 26. LDO3 の PSRR の周波数特性、
 $V_{OUT3} = 3.3\text{ V}$, $V_{IN123} = 3.6\text{ V}$

代表的な波形

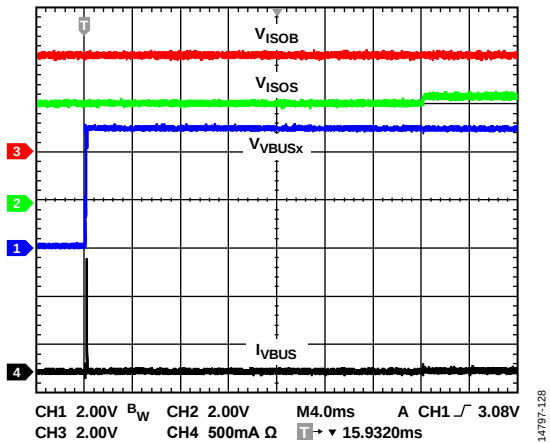


図 27. VBUSx を USB 電源に接続

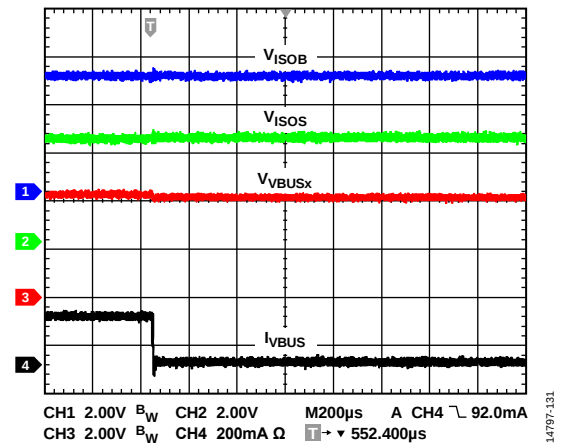


図 30. チャージ停止、EN_CHG をローに設定、
 $I_{LIM} = 500 \text{ mA}$ 、 $I_{CHG} = 200 \text{ mA}$ 、 $V_{VBUSx} = 5 \text{ V}$

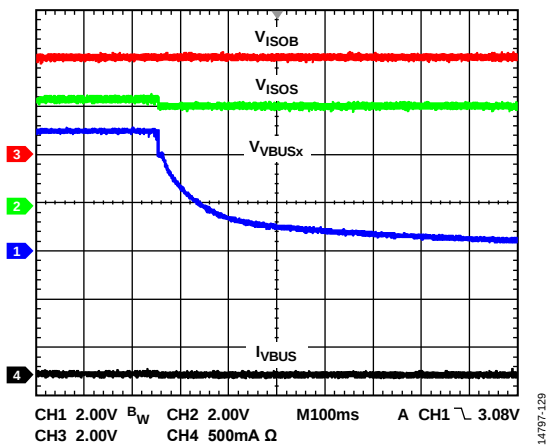


図 28. VBUSx を USB 電源から切断

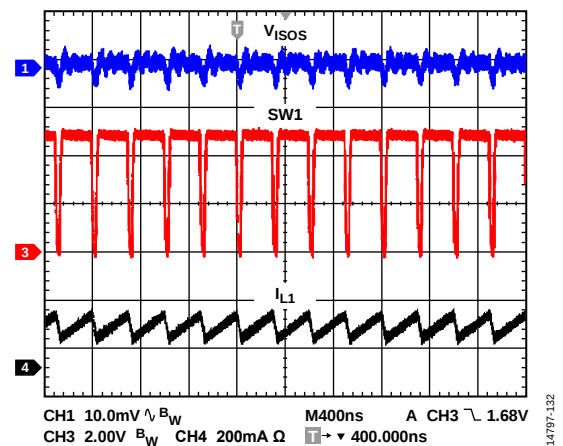


図 31. 高速チャージ・ステータス、 $I_{CHG} = 200 \text{ mA}$ 、
 $V_{VBUSx} = 5 \text{ V}$

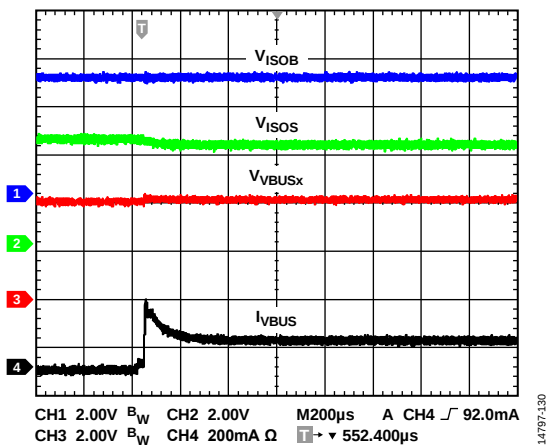


図 29. チャージ開始、EN_CHG をハイに設定、
 $I_{LIM} = 500 \text{ mA}$ 、 $I_{CHG} = 150 \text{ mA}$ 、 $V_{VBUSx} = 5 \text{ V}$

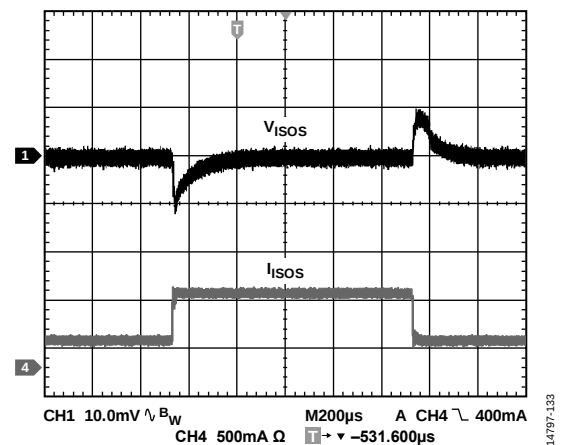


図 32. V_{ISOs} 電圧負荷過渡応答、 $V_{ISOs} = 4.3 \text{ V}$ 、 $V_{VBUSx} = 5 \text{ V}$

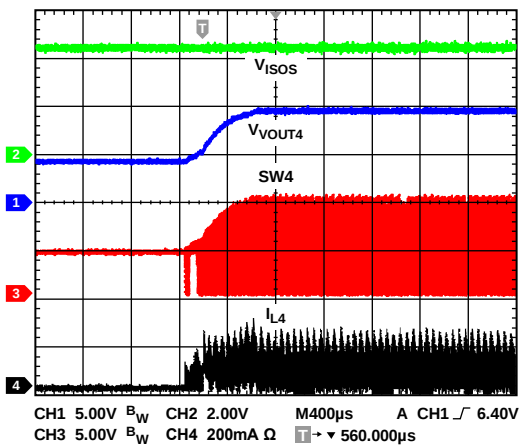


図 33. 昇圧電圧ソフト・スタート、LED モード、
 $I_{LED1} = I_{LED2} = I_{LED3} = 10\text{ mA}$

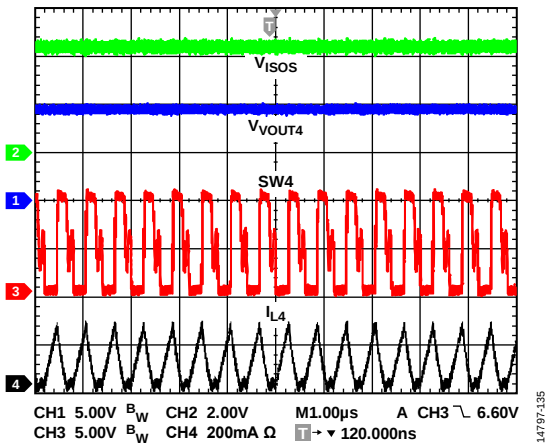


図 34. 昇圧動作、LED モード、 $I_{LED1} = I_{LED2} = I_{LED3} = 10\text{ mA}$

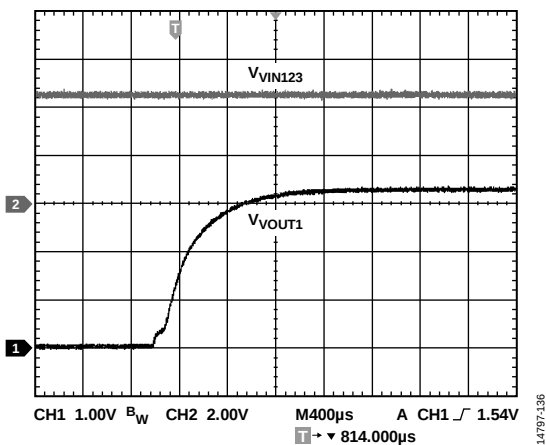


図 35. LDO1 出力ソフト・スタート、 $R_{LD01} = 330\text{ }\Omega$

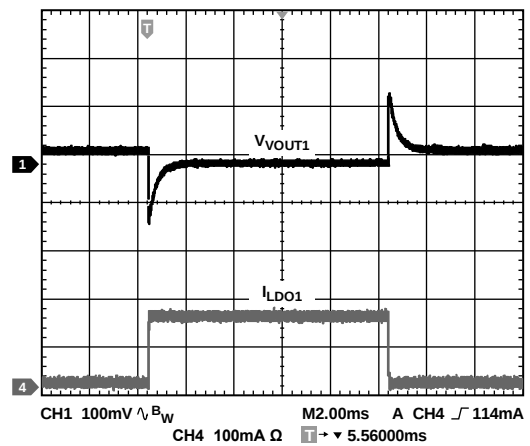


図 36. LDO1 出力負荷過渡応答

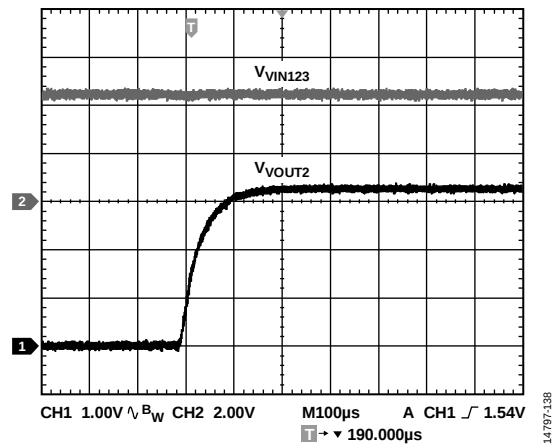


図 37. LDO2 出力ソフト・スタート、 $R_{LD02} = 330\text{ }\Omega$

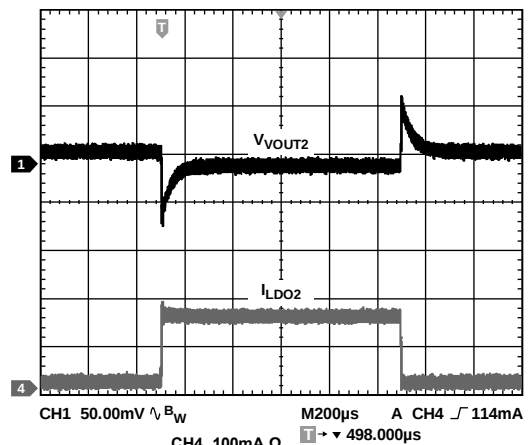


図 38. LDO2 出力負荷過渡応答

動作原理

バッテリー・チャージの概要

ADP5350 は、幅広い携帯機器のアプリケーションに適した 1 セルのリチウムイオンまたはリチウムイオン・ポリマー・バッテリーを充電するために、I²C ですべて設定可能なチャージを内蔵しています。

VBUSx 接続時の ADP5350 の全充電サイクルを図 39 に示します。デバイスが充電を行っていないとき、またはトリクル充電モードのときは、ISOS ピンの電圧は、V_{ISOS_TRK} のままです。デバイスが高速充電を開始すると、電圧 V_{ISOS} は充電が終了するまでバッテリー電圧に追従します。充電電流は定電流モードでは一定に保たれ、定電圧モードでは I_{END} まで減少します。バッテリー電圧 V_{ISOB} が V_{TRM} - V_{RCH} に低下すると、チャージは充電を再開して充電を終了させます。

高効率スイッチ DC-DC アーキテクチャにより、より大きな充電電流で、しかもより低い温度での充電動作が可能になり、充電時間を短縮することができます。

ADP5350 のチャージは 4 V ~ 5.4 V の入力電圧で動作しますが、最大許容電圧は 20 V です。この許容電圧により、USB バスの着脱時に発生するスパイクの問題が軽減されます。

ADP5350 は、DC/DC チャージ出力とバッテリーの間に FET を内蔵しています。この FET によってバッテリーのアイソレーションが可能になるので、バッテリー切れやバッテリー未接続時にシス

テム電源の供給が可能です。この機能により、USB 電源の接続時に直ちにシステムを機能させることができます。

ADP5350 のチャージは、USB 3.0 規格に完全に準拠しており、ミニ USB VBUSx ピンを使って、電源コンセント型チャージ、自動車用チャージ、または USB ホスト・ポートから充電を行うことができます。外付けの USB 検出デバイスを使って検出される USB 電源のタイプに応じて、ADP5350 は最適な充電と USB 互換性が得られるように適切な電流制限値を設定することができます。この USB チャージは、壁用充電器、ホスト・チャージ、ハブ・チャージ、標準のホストおよびハブなどのすべての USB 準拠電源で正常に動作します。

プロセッサから I²C を使用して USB チャージを制御し、充電電流や以下のさまざまなパラメータを設定することができます。

- トリクル充電電流レベルとトリクル充電電圧閾値
- 高速充電（定電流）電流レベル
- 高速充電（定電圧）電圧レベル
- 高速充電安全タイマー時間
- ウォッチドッグ安全タイマー・パラメータ
- 微弱バッテリー閾値検出
- 充電を終了するための充電終了電流レベル
- 再充電閾値
- VBUSx 入力電流制限値
- 充電イネーブルと充電ディスエーブル

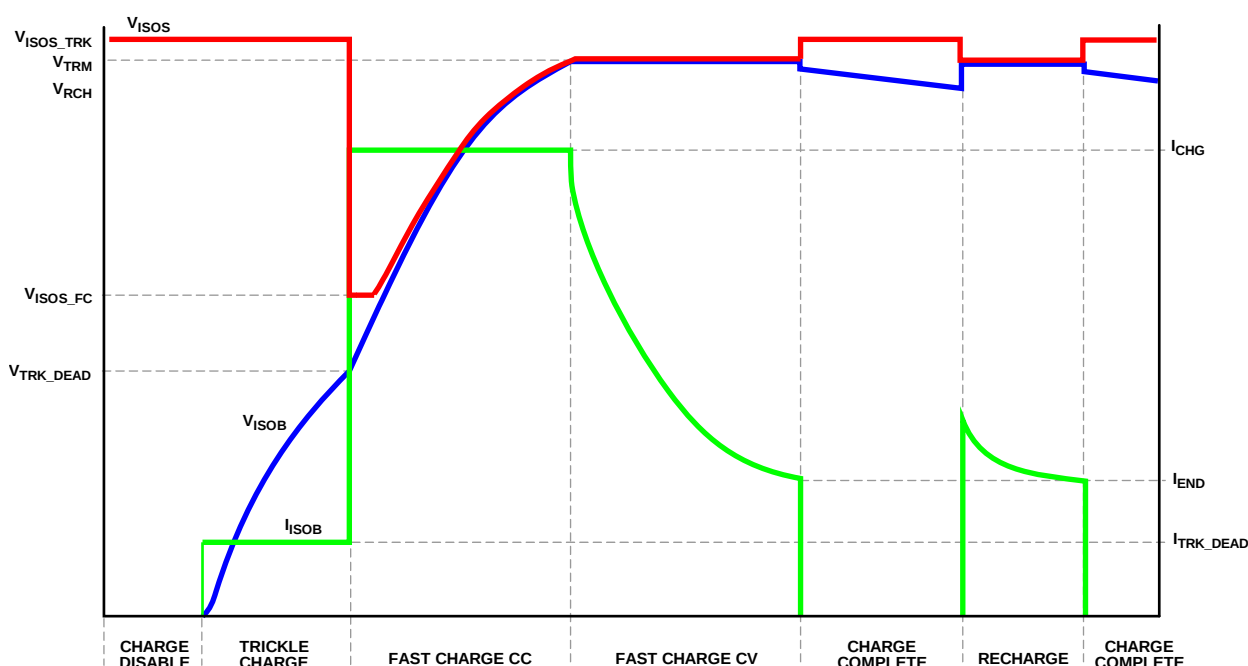


図 39. ADP5350 バッテリー充電概略図

14797-023

チャージャ・モード

入力電流制限値

ADP5350 は、ILIM [3:0] I²C ビットを介して、100 mA ~ 1500 mA の入力電流制限値を設定可能で、表 10 に記載された USB の制限要件との互換性を保証します。未設定の USB ホストまたはハブとの互換性を持たせるため、電流制限値のデフォルト値は 100 mA になっています。USB ポートを保護するために、VBUSx のすべての電源サイクル中に、この入力電流制限値は 100 mA のデフォルト値にリセットされます。

入力電流制限機能を使用する場合、チャージャが利用できる入力電流が少なすぎて、設定された充電電流 I_{CHG} を満たせなくなり、充電レートが低下することがあります。この場合、VBUS_ILIM フラグがセットされます。

VBUSx に誤った電圧レベルが接続されると、DC/DC レギュレータが停止し、ISO_{FET} がオンになります。その後、V_{VBUSx} が V_{VBUS_OV_FALL} レベルに達するまで、高電圧阻止部には 1.3 mA (代表値) の電流しか流入しない状態になります。

USB 電源接続が正常なときは、ADP5350 は電圧 V_{VBUSx} を常にモニタしています。VBUSOK ビット (レジスタ 0x36 のビット 3) は、電圧 V_{VBUSx} が V_{VBUS_OV} および V_{VBUSOK} の範囲内にあるかどうかを示します。このビットは、レジスタ 0x37 の VBUSOK_MASK ビットを介して設定を行うことにより、PGOOD ピンには出力されなくなります。

VBUSOK_MASK のデフォルト設定は、出荷時にヒューズ調整によって行われます。

トリクル充電モード

リチウムイオン電池を過放電すると電池電圧が非常に低下するので、高い電流レートで電池を安全に充電できなくなります。ADP5350 のチャージャでは、トリクル充電モードを使ってバッテリー・パック保護回路をリセットし、電池電圧を高速充電できる安全なレベルに上げます。V_{TRK_DEAD} を下回る電圧の電池は、トリクル・モード電流 I_{TRK_DEAD} で充電されます。トリクル充電モード時には、CHARGER_STATUS [3:0] ビットがセットされます。

トリクル充電では、DC/DC レギュレータにより ISOS ノードが V_{ISOS_TRK} に制御され、バッテリー・アイソレーション FET がオフになります。これは、バッテリーがシステム電源から絶縁されることを意味します。

トリクル充電機能のイネーブルは、I²C EN_TRK ビットを介して制御されます。

トリクル充電モード・タイマー

バッテリーが過放電状態から回復できるようにするため、トリクル充電モードの継続時間がモニタされます。電池電圧が V_{TRK_DEAD} に達することなくトリクル充電モードが 60 分以上続くと、フォールト状態と見なして充電を停止します。バッテリー・アイソレーション FET がオンし、DC/DC レギュレータは動作を停止します。このフォールト状態は CHARGER_STATUS レジスタで表示されるため、ユーザーは「フォールトからの回復」セクションで規定されたフォールト回復手順を開始することができます。

微弱充電モード (定電流)

バッテリー電圧が V_{TRK_DEAD} を上回っても V_{WEAK} より低い場合、チャージャは微弱充電モードに切り替わります。そして、バッテリー・アイソレーション FET をオンすることにより、ISOS ノードが V_{ISOS_FC} に制御されます。

微弱充電モードでは、バッテリーは ISOS ノードからアイソレーション FET を通して流入する設定された電流 I_{CHG} とトリクル充電電流 I_{TRK_DEAD} で充電されます。VBUSx の入力電流制限のために、ISOS ノードからの実際の充電電流 I_{CHG} は、設定値よりも低いことがあります。また、システムの負荷は、ISOS ノードからの電流を共有することができます。一方、微弱充電モードでは、トリクル充電電流 I_{TRK_DEAD} はオンのままで、継続してバッテリーを充電し続けます。

高速充電モード (定電流)

バッテリー電圧が V_{TRK_DEAD} と V_{WEAK} を超えると、チャージャは高速充電モードへ切り替わって、定電流 I_{CHG} でバッテリーを充電します。高速充電モード (定電流) 時には、CHARGER_STATUS [3:0] ビットがセットされます。

定電流モードでは、その他の機能によって、電流 I_{CHG} が設定値に到達できなくなる可能性があります。動作条件によっては、等温充電モードまたは USB 互換性のための入力電流制限機能が、I_{CHG} の値に影響を与えることがあります。V_{ISOB} < V_{ISOS_FC} の場合、ISOS の電圧が V_{ISOS_FC} を維持するように、バッテリー・アイソレーション FET によって制御されます。

高速充電モード (定電圧)

バッテリーが充電されると、電圧が上昇して終了電圧 V_{TRM} に達します。ADP5350 のチャージャは、BSNS ピンの電圧をモニタして充電を終了するタイミングを決めています。ただし、バッテリー・パックの内部 ESR と PCB やその他の寄生直列抵抗との組み合わせにより、BSNS ピンの検出点と電池端子の間に電圧降下を生じます。この影響を補償して電池を満充電するため、BSNS 電圧が終了電圧に達すると、ADP5350 は定電圧充電モードになります。ADP5350 は電池を充電し続けながら充電電流を徐々に減らして、BSNS ピンの V_{TRM} 電圧を維持します。高速充電モード (定電圧) 時には、CHARGER_STATUS [3:0] ビットがセットされます。

高速充電モード・タイマー

バッテリーが正常に充電されるようにするため、高速充電モードの継続時間がモニタされます。BSNS ピンの電圧が V_{TRM} に達することなく、高速充電モードが t_{CHG} より長く続くと、フォールト状態と見なして充電を停止します。バッテリー・アイソレーション FET はオンのままで、DC/DC レギュレータは動作を停止します。フォールト状態は CHARGER_STATUS レジスタで表示されるため、ユーザーは「フォールトからの回復」のセクションで規定されたフォールト回復手順を開始することができます。

高速充電モードが t_{CHG} より長く続き、BSNS ピンの電圧が V_{TRM} に達しても、充電電流が I_{END} より小さくならない場合は、バッテリー・アイソレーション FET をオフして充電を停止します。ただし、システム電圧は DC/DC レギュレータによって V_{ISOS_TRK} に維持されます。この状況でフォールト状態は表示されず、ADP5350 は充電終了状態になります。

表 10. 標準 USB 制限値との入力電流互換性

Mode	Standard USB Limit	ADP5350 Function
USB 2.0	100 mA limit for standard USB host or hub	100 mA input current limit or I ² C programmed value
	500 mA limit for standard USB host or hub	500 mA input current limit or I ² C programmed value
USB 3.0	150 mA limit for super speed USB 3.0 host or hub	150 mA input current limit or I ² C programmed value
	900 mA limit for super speed, high speed USB host or hub charger	900 mA input current limit or I ² C programmed value
Dedicated Charger	1500 mA limit for dedicated charger or low/full speed USB host or hub charger	1500 mA input current limit or I ² C programmed value

ウォッチドッグ・タイマー

ADP5350 チャージャは、プロセッサから充電を制御するためのプログラマブル・ウォッチドッグ・タイマー機能を内蔵しています。ADP5350 チャージャがプロセッサの動作が必要だと判断した場合、すなわちプロセッサが初めて RESET_WD ビットをセットした場合、またはバッテリー電圧が微弱バッテリー閾値 V_{WEAK} より高い場合に、このウォッチドッグ・タイマーは起動します。ウォッチドッグ・タイマーは起動すると、ウォッチドッグ・タイマー周期 t_{WD} 以内に定期的にリセットされなければなりません。

チャージャ・モードでは、ウォッチドッグ・タイマーがリセットされずに時間が経過すると、ADP5350 チャージャはソフトウェアの問題が発生したと見なして安全タイマー t_{SAFE} を起動します。詳細については、「安全タイマー」のセクションをご覧ください。同時に、 I_{LIM} 電流制限値がデフォルト値にリセットされます。

安全タイマー

チャージャ・モードでは、ウォッチドッグ・タイマー時間が経過すると、ADP5350 チャージャは安全タイマー t_{SAFE} を始動します（詳細については、「ウォッチドッグ・タイマー」のセクションを参照）。充電が t_{SAFE} の期間続いた後、停止します。バッテリー・アイソレーション FET はオンを維持し、DC/DC レギュレータは動作を停止します。次いで、CHARGER_STATUS [3:0] がセットされます。チャージャをリセットするには、VBUSx の電源を切って、再度電源を入れ直す必要があります。

充電の終了

ADP5350 チャージャは、定電圧の高速充電モードで充電電流をモニタします。電流が I_{END} を下回り、 t_{END} の間その状態が続くと、バッテリー・アイソレーション FET をオフしてチャージャを停止させます。ただし、システム電圧は DC/DC レギュレータによって V_{ISOS_TRK} に維持され、CHDONE フラグがセットされます。充電電流が t_{END} より短い間、 I_{END} を下回り、その後 I_{END} を再度超えた場合、 t_{END} タイマがリセットされます。

再充電

充電終了の検出後、アイソレーション FET はオフになり、ADP5350 チャージャは BSNS ピンのモニタを続けます。BSNS ピンの電圧が $V_{TRM} - V_{RCH}$ を下回った場合、チャージャは充電を再開します。ほとんどの場合、再充電閾値を下回るとチャージャは定電流の高速充電モードに入ります。

バッテリー充電イネーブル/ディスエーブル

ADP5350 の充電機能は、I²C EN_CHG ビットをローに設定することによりディスエーブルすることができます。I²C EN_CHG ビットがローの場合、DC/DC レギュレータはオンのままで、ISOS の電圧を V_{ISOS_TRK} に制御し、バッテリー・アイソレーション FET がオフします。そして、DC/DC レギュレータがシステムに電源を供給します。

バッテリー・アイソレーション FET

ADP5350 チャージャは、電力経路を制御するバッテリー・アイソレーション FET を内蔵しています。バッテリー・アイソレーション FET は、トリクル充電モード時、および充電が終了しているときに、過放電したりチウムイオン電池をシステム電源から切り離すので、VBUSx ノードからシステムの電源を供給することができます。

電圧 V_{VBUSx} が V_{VBUSOK_FALL} を下回ると、バッテリー・アイソレーション FET は完全導通モードになります。

トリクル充電モードでは、バッテリー・アイソレーション FET はオフになります。バッテリー電圧が V_{TRK_DEAD} を超えると、バッテリー・アイソレーション FET は、システム電圧レギュレーション・モードに切り替わります。その後、バッテリー・アイソレーション FET は ISOS ピンの電圧 V_{ISOS_FC} を維持します。バッテリー電圧が V_{ISOS_FC} を超えると、バッテリー・アイソレーション FET は完全導通モードになります。

バッテリー・アイソレーション FET は、バッテリーを補完してシステム電源の高電流機能をサポートします。

ISOS の電圧が ISOB を下回ると、バッテリー・アイソレーション FET は完全導通モードになります。

ISOS の電圧が ISOB を上回ると、アイソレーション FET はリチウムイオン電池の電圧と DC/DC チャージャのモードに応じて、レギュレーション・モードまたは完全導通モードになります。

バッテリーの検出

バッテリー・レベルの検出

ADP5350 チャージャは、バッテリーの未接続を検出するバッテリー検出メカニズムを備えています。このチャージャがイネーブルで、 V_{VBUSx} が V_{VBUSOK_RISE} レベルに達したとき、ISOB/BSNS ノードに対してアクティブに電流のシンクとソースを行い、電圧の時間変化を検出します。シンク・フェーズで充電されたバッテリーを検出し、ソース・フェーズで放電したバッテリーを検出します。

シンク・フェーズ（図 40 参照）では、 t_{BATOK} の時間、ISOB ピンと BSNS ピンから電流 I_{SINK} を流入させます。 t_{BATOK} のタイマー時間が経過したときに BSNS ピンの電圧が V_{BATL} より低いと、チャージャはバッテリーが接続されていない、または短絡しているものと見なして、ソース・フェーズを開始します。 t_{BATOK} のタイマー時間が経過したときに BSNS ピンの電圧が V_{BATL} より高いと、チャージャはバッテリーが接続されているものと見なして、新しい充電サイクルを開始します。

ソース・フェーズでは、 t_{BATOK} の時間、ISOB ピンまたは BSNS ピンへ電流 I_{SOURCE} を流出させます。

t_{BATOK} タイマー時間が経過する前に $BSNS$ ピンの電圧が V_{BATH} より高くなると、チャージャはバッテリーが接続されていないものと見なします。 t_{BATOK} タイマー時間が経過したときに $BSNS$ ピンの電圧が V_{BATH} より低いと、チャージャはバッテリーが接続されているものと見なして、新しい充電サイクルを開始します。

ADP5350 のバッテリー・モニタがイネーブルになり、バッテリー電圧が V_{WEAK} より高いことが検出されると、レジスタ $0x36$ のビット 2 の $BATOK$ がハイにアサートされます。 $BATOK$ ビットはバッテリー電圧が V_{WEAK} より高いかどうかを示しますが、このビットは設定を行うことにより、 $PGOOD$ ピンには出力されなくなります。

バッテリー (ISOB) 短絡の検出

バッテリーの短絡は、バッテリー故障状態またはバッテリー保護回路のイネーブル時に発生します。

ソース・フェーズの後、 $ISOB$ または $BSNS$ の電圧が V_{BATH} を下回ったままの場合、バッテリー電圧が低いか、またはバッテリー・ノードが短絡しています。バッテリー電圧が低いとき、トリクル充電モードが開始されます (図 41 参照)。 t_{BAT_SHR} の経過後に $BSNS$ の電圧が V_{BAT_SHR} を下回っている場合、ADP5350 はバッテリー・ノードが短絡しているものと見なします。このフォールトはレジスタ $0x0A$ のビット 3 に表示されます。

バッテリー短絡が生じている間、トリクル充電ブランチがアクティブになり、60 分のトリクル充電モードのタイマー時間が経過するまで、バッテリーへのトリクル充電電流が維持されます。

バッテリーの温度

バッテリー・パック・サーミスタ入力

ADP5350 チャージャは、バッテリー・パック温度検出機能を内蔵しており、バッテリー・パックの温度が規定値の範囲外にあるときの充電を防止します。 THR ピンはオン/オフする電流源として機能し、バッテリー・パック・サーミスタ R_{NTC} に直接接続する必要があります。 THR 電流源の起動時間は 167 ms です。

バッテリー・パック温度検出機能は、表 11 に示す条件を使って、 I^2C で制御することができます。 EN_THR (レジスタ $0x07$) に対する I^2C レジスタのデフォルト設定が 0 であり、このとき温度検出機能がオフになることに注意してください。

表 11. THR 入力の機能

Conditions		THR Function
V_{BUSx}	V_{ISOB}	
Open or $V_{BUS} = 0\text{ V to }4.0\text{ V}$	$<2.5\text{ V}$	Off
Open or $V_{BUS} = 0\text{ V to }4.0\text{ V}$	$>2.5\text{ V}$	Controlled by I^2C
$V_{BUS} = 4.0\text{ V to }5.5\text{ V}$	Don't care	Always on

バッテリー・パック・サーミスタを ADP5350 の THR ピンに直接接続しない場合、47 k Ω (許容誤差 $\pm 20\%$) のダミー抵抗を THR と $AGND$ の間に接続してください。 THR ピンをオープンのままにすると、0 $^{\circ}\text{C}$ 未満のバッテリー温度が誤検出されて、充電がディスエーブルされます。別の方法として、レジスタ $0x20$ のビット 6 を設定することにより、 I^2C インターフェースからの温度源を選択することもできます。

バッテリー温度が 0 $^{\circ}\text{C}$ より低くなるか、または 60 $^{\circ}\text{C}$ より高くなり、範囲外になった場合、ADP5350 チャージャは充電を中止します。バッテリー温度が 0 $^{\circ}\text{C}$ から 60 $^{\circ}\text{C}$ の範囲内に入っている場合、 THR_STATUS [2:0] ビットが状況に応じて設定されます。 $ISOFET$ はオンを維持し、DC/DC レギュレータはシャットダウンします。

ADP5350 チャージャは、25 $^{\circ}\text{C}$ での公称抵抗値が 47 k Ω 、10 k Ω 、または 100 k Ω のバッテリー・パック内で、負温度係数 (NTC) サーミスタと一緒に使用するように設計されています。この抵抗値は、レジスタ $0x0C$ のビット 0 とレジスタ $0x3D$ のビット 0 で選択して I^2C インターフェースを介して設定できます。 R_{NTC} の温度係数曲線 (ベータ) は ADP5350 内のヒューズで選択できます。

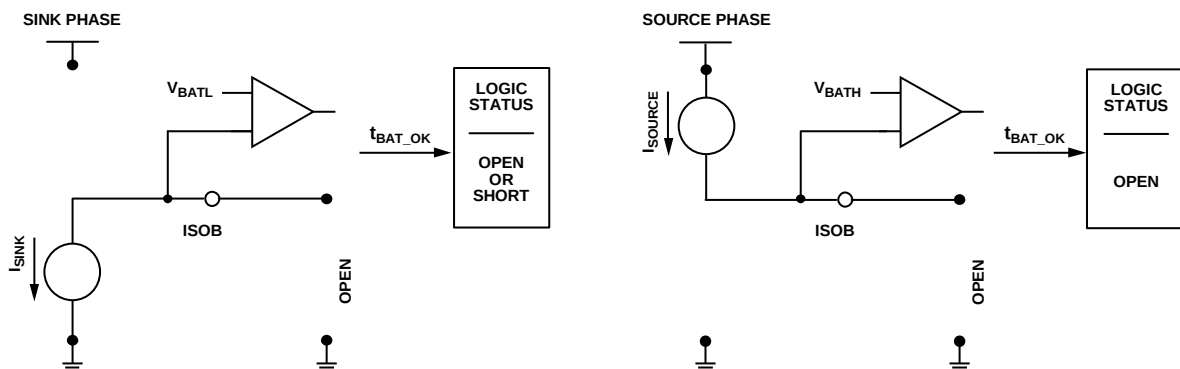


図 40. バッテリー検出シーケンス

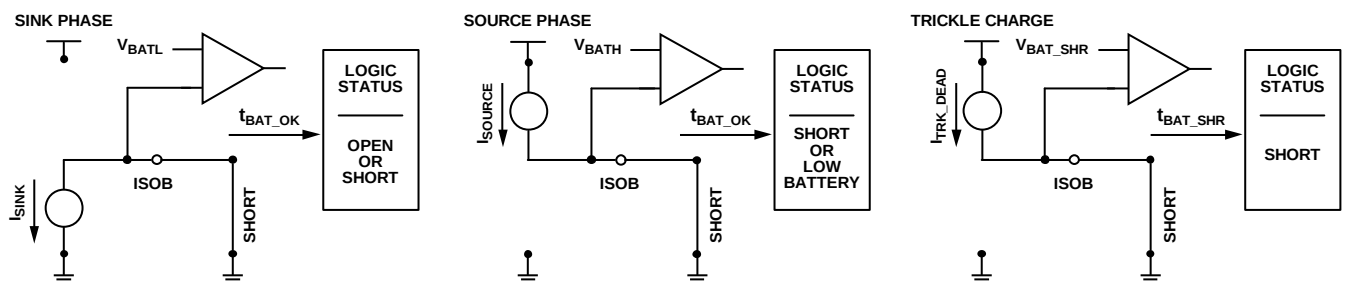


図 41. バッテリー短絡検出シーケンス

I²C からのバッテリー温度

マイクロコントローラが、別の方法でシステム内の正確な温度検出を行う場合、I²C を介して温度源を選択し、BAT_TEMP [5:0] ビットに温度値を書き込むことにより実現できます。I²C 経由の温度源によるバッテリー温度範囲は -2 °C ~ +61 °C です。

JEITA のリチウムイオン・バッテリーの充電温度仕様

ADP5350 のチャージャは、表 13 に示すように JEITA のリチウムイオン・バッテリーの充電温度仕様に準拠しています。

JEITA 機能は I²C インターフェースを介してイネーブルすることができます。ADP5350 が JEITA のクール状態を検出すると、充電電流は表 12 に従って低減されます。

ADP5350 がホットまたはコールドのバッテリー状態を識別すると、バッテリー・アイソレーション FET がオンし、DC/DC レギュレータがシャットダウンします。この状態では、バッテリーが V_{ISOS} の電源を供給します。

表 12. JEITA クール温度制限-低減充電電流レベル

ICHG[3:0]	I _{CHG} JEITA (mA)	
	ILIM_JEITA_COOL = 0	ILIM_JEITA_COOL = 1
0000 = 25 mA	25	25
0001 = 50 mA	25	25
0010 = 75 mA	25	25
0011 = 100 mA	50	25
0100 = 125 mA	50	25
0101 = 150 mA	75	25
0110 = 200 mA	100	25
0111 = 250 mA	125	25
1000 = 300 mA	150	50
1001 = 350 mA	175	50
1010 = 400 mA	200	50
1011 = 450 mA	225	50
1100 = 500 mA	250	50
1101 = 550 mA	275	50
1110 = 600 mA	300	50
1111 = 650 mA	325	50

表 13. JEITA デフォルト・リチウムイオン・バッテリー充電仕様

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Max	Unit
JEITA Cold Temperature Limits	T _{JEITA_COLD}	バッテリー充電は行われません。		0	°C
JEITA Cool Temperature Limits	T _{JEITA_COOL}	設定レベルの約 50 % または 10 % でバッテリー充電が行われます。低減される具体的な充電電流レベルについては、表 12 を参照。	0	10	°C
JEITA Typical Temperature Limits	T _{JEITA_TYP}	デフォルト・レベルまたは設定レベルで通常のバッテリー充電が行われます。	10	45	°C
JEITA Warm Temperature Limits	T _{JEITA_WARM}	バッテリー充電終了電圧 (V _{TRM}) が設定値よりも 100 mV 低くなります。	45	60	°C
JEITA Hot Temperature Limits	T _{JEITA_HOT}	バッテリー充電は行われません。	60		°C

バッテリー・チャージャ動作フローチャート

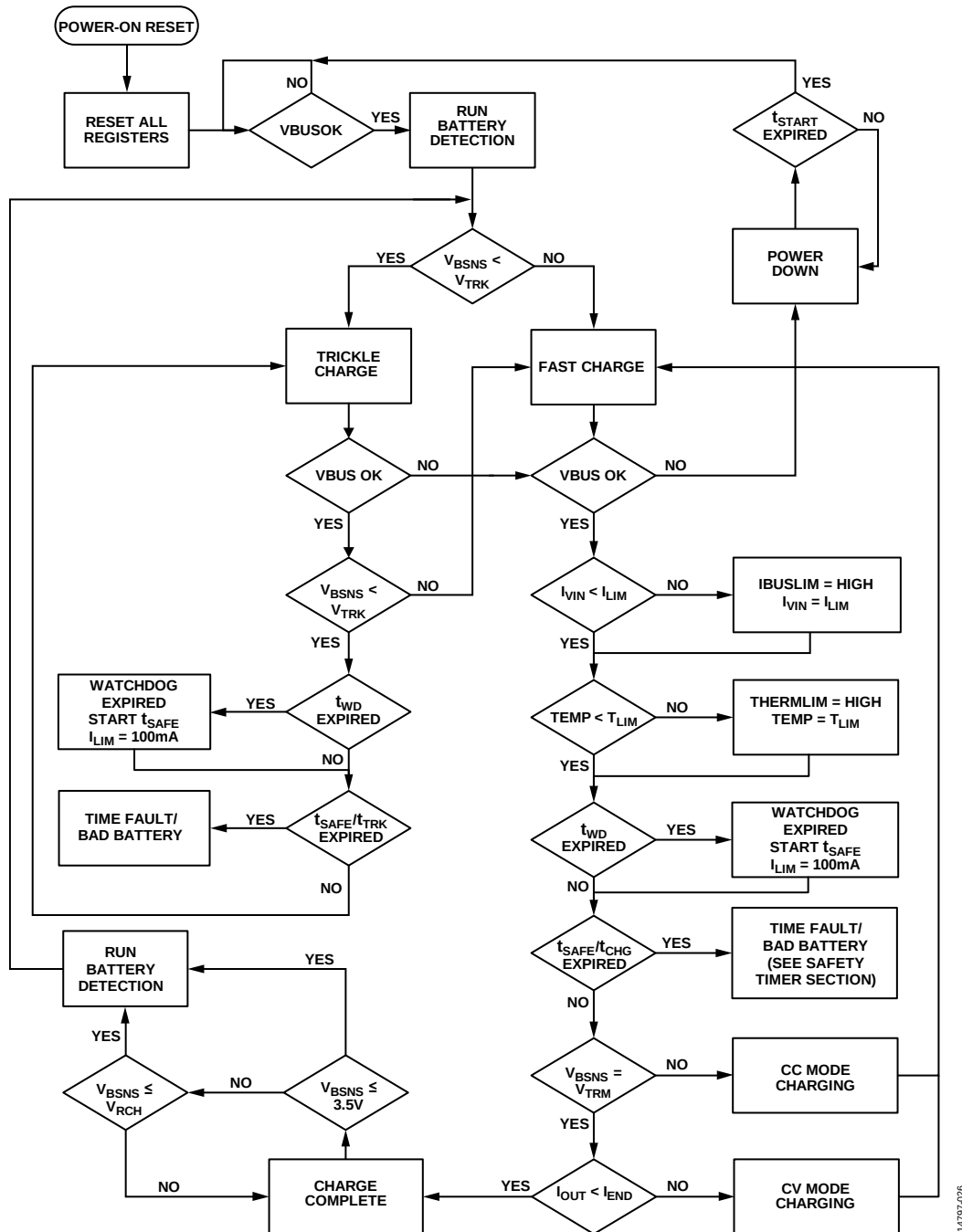


図 42. ADP5350 チャージャ動作フローチャート

バッテリー電圧ベースの燃料計

概要

ADP5350 のリチウムイオン・バッテリーの燃料計は 12 ビット ADC の測定電圧に基づいています。SOC は ADP5350 に内蔵されたバッテリー・モデルを用いて計算されます。10 個の電圧値はバッテリーの特性評価に基づいており、SOC の計算用に、異なる温度でのバッテリーの内部抵抗を ADP5350 の V_SOC_x レジスタと RBAT_x レジスタに書き込んでおく必要があります。

動作モード

デフォルトでシャット・ダウン・モードになっているとき、ADP5350 の燃料計には、バッテリーからきわめて少ないスタンバイ電流が供給されています。燃料計の機能がイネーブルされると、アクティブ・モードとスリープ・モードの 2 つの動作モードを選択することができます。燃料計の動作モードは I²C によって制御されます。

アクティブ・モードでは、バッテリー SOC は検出されたバッテリー電圧によって毎秒更新されます。これにより、精度が向上し、バッテリーの残量が表示されますが、160 μ A (代表値) の動作電流が消費されます。スリープ・モードでは、バッテリー SOC は 5 分毎に更新され、バッテリー瞬間電流 (I_{INS}) は 37.5 秒毎に更新

されます。これにより、消費電流が代表値で $4\ \mu\text{A}$ に低減されます (表 14 参照)。アイソレーション FET を流れる電流が代表値で $35\ \text{mA}$ より多くなると、ADP5350 は自動的にスリープ・モードからアクティブ・モードに切り替わります。スリープ・モードに切り替わる時は、システム電流が $35\ \text{mA}$ より少なくなければなりません。システムの負荷に応じてアクティブ・モードに切り替えて、SOC の精度を向上させることができます。

表 14. 燃料計の動作モード

Operation Mode	Current (Typical)	ADC Sample Rate	SOC Update Rate
Shutdown	$0.5\ \mu\text{A}$	None	None
Sleep	$4\ \mu\text{A}$	37.5 sec	5 min
Active	$160\ \mu\text{A}$	0.125 sec	1 sec

バッテリー電圧の補償

バッテリーの内部抵抗が、従来の電圧ベースの SOC の精度に影響を及ぼします。大きな負荷電流が流れると、内部抵抗 R_{BAT} の両端で大きな電圧降下 (ΔV_{DROP}) が生じます (図 43 参照)。

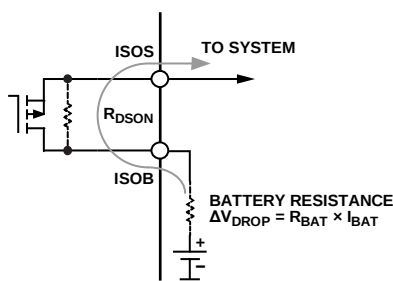


図 43. バッテリー・アイソレーション FET を通した放電電流検出

ADP5350 はバッテリー・アイソレーション FET を用いてバッテリーの放電電流を検出します。このデバイスは ISOS ノードと ISOB ノードの電圧を検出し、デルタ電圧を取得します。放電電流を算出するためにデルタ電圧を $R_{\text{DS(on)}}$ で割り算します。算出された放電電流は SOC の補償計算に使用することができます。

BSNS ピンで読み取られた電圧は以下に示す式を用いて補償され、VBAT_READ_H レジスタと VBAT_READ_L レジスタから読み出すことができます。

$$V_{\text{BAT}} = V_{\text{BSNS}} + R_{\text{BAT}} \times I_{\text{BAT}}$$

ここで

V_{BSNS} は BSNS ピンの電圧です。

R_{BAT} はバッテリーの内部抵抗です。

I_{BAT} はバッテリーを流れる電流です。

バッテリーが充電されているとき、 I_{BAT} は充電電流です。

バッテリーが放電しているとき、 I_{BAT} はアイソレーション FET で検出された電圧によって算出された電流です。

バッテリーの内部抵抗は温度に大きく依存します。容量 $280\ \text{mAh}$ の $3.7\ \text{V}$ リチウムイオン・バッテリーを使用したときの内部抵抗の温度係数を図 44 に示します。

ADP5350 は R_{BAT} 値を算出するための I²C レジスタを内蔵しており、ユーザーは特定の温度でバッテリーの内部抵抗特性を設定できます。ADP5350 は、異なる温度でのバッテリーの内部抵抗を算出するために、このデータを使用します。

システムに同様の温度検出情報が存在する場合、正確なバッテリー温度を得るために I²C の BAT_TEMP ビットを使用することを強く推奨します。温度源として ADP5350 の内部検出回路を使用する場合、バッテリー抵抗補償用に 4 つの温度レベルしか利用できないので、バッテリー抵抗温度係数に関して SOC の計算に誤差が発生する可能性があります。

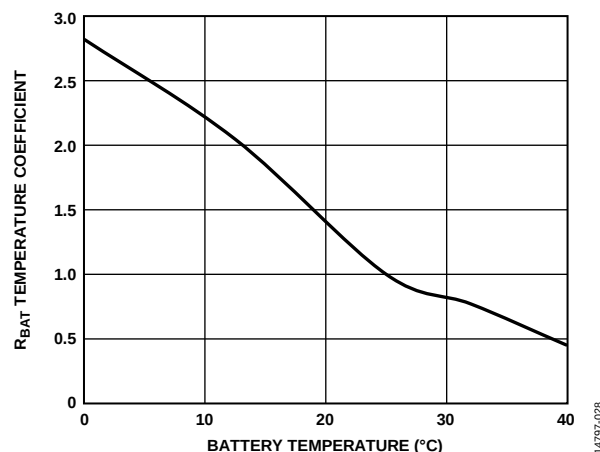


図 44. R_{BAT} 温度係数とバッテリー温度の関係、25 °C でのバッテリーの R_{BAT} と比較したリチウムイオン・バッテリーの温度係数

加えて、特に SOC が 20 % 未満のとき、バッテリーの内部抵抗には残容量依存性があります。ADP5350 では、放電中で SOC が 20 % ~ 0 % の範囲のとき、ユーザーは $K_{\text{RBAT_SOC}}$ の対応するビットにプログラムすることにより、異なる内部抵抗係数を設定することができます (図 45 参照)。

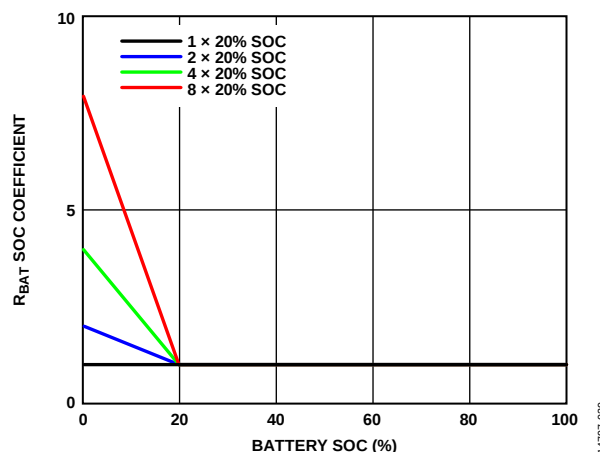


図 45. R_{BAT} SOC 係数とバッテリー SOC の関係、25 °C でのバッテリーの R_{BAT} と比較したリチウムイオン・バッテリーの SOC 係数

一部のバッテリーでは、バッテリーが充電モードであるときと、放電モードであるときでは内部抵抗は異なります。充電するとき、K_RBAT_CHARGE ビットを使用すれば、バッテリーの内部抵抗係数を設定できます。

充電状態 (SOC) 制限フィルタ

バッテリーの放電による効果、およびバッテリーの電流検出での瞬間的な妨害による効果によって、SOC の精度に影響が出ないように、ADP5350 は各ステップのデルタ SOC 計算に対してフィルタ制限を使用しています。このフィルタ制限は、 I_C を介して $0.125\text{ C} \sim 3\text{ C}$ レートの間で設定できます。このレートは実際のシステムの消費電流以上の値まで設定できます (C レートはバッテリー容量を基準にしたバッテリーの充電または放電の電流レートです)。例えば、 300 mAh に対して最大システム負荷電流が 60 mA で、放電電流レートが 0.2 C であるとき、フィルタ制限は FILTER_DISCHARGE ビットを使用して 0.25 C に設定できます。

燃料計がイネーブルされると、SOC 値はフィルタの影響を受けずに現在のバッテリー電圧と内部抵抗補償に基づいてリセットされます。バッテリーの放電中に、燃料計のディスエーブルとイネーブルを繰り返したり、レジスタ $0x25$ のビット 7 を設定して SOC 値をリセットしたりすると、SOC 計算の誤差が増加します。放電電流が流れていないときと、バッテリー電圧が完全に落ち着いた状態、すなわちバッテリー電圧が安定しているときにだけ、SOC をリセットすることを推奨します。

スリープモード時は、ADP5350 の放電電流出力が少ないのでフィルタ制限は緩和されます。

SOC 計算のフローチャート

SOC 計算のフローチャートについては図 46 をご覧ください。SOC が減少しているとき、Down_Lim が各ステップのデルタ SOC になります。SOC が増加しているとき、Up_Lim が各ステップのデルタ SOC になります。

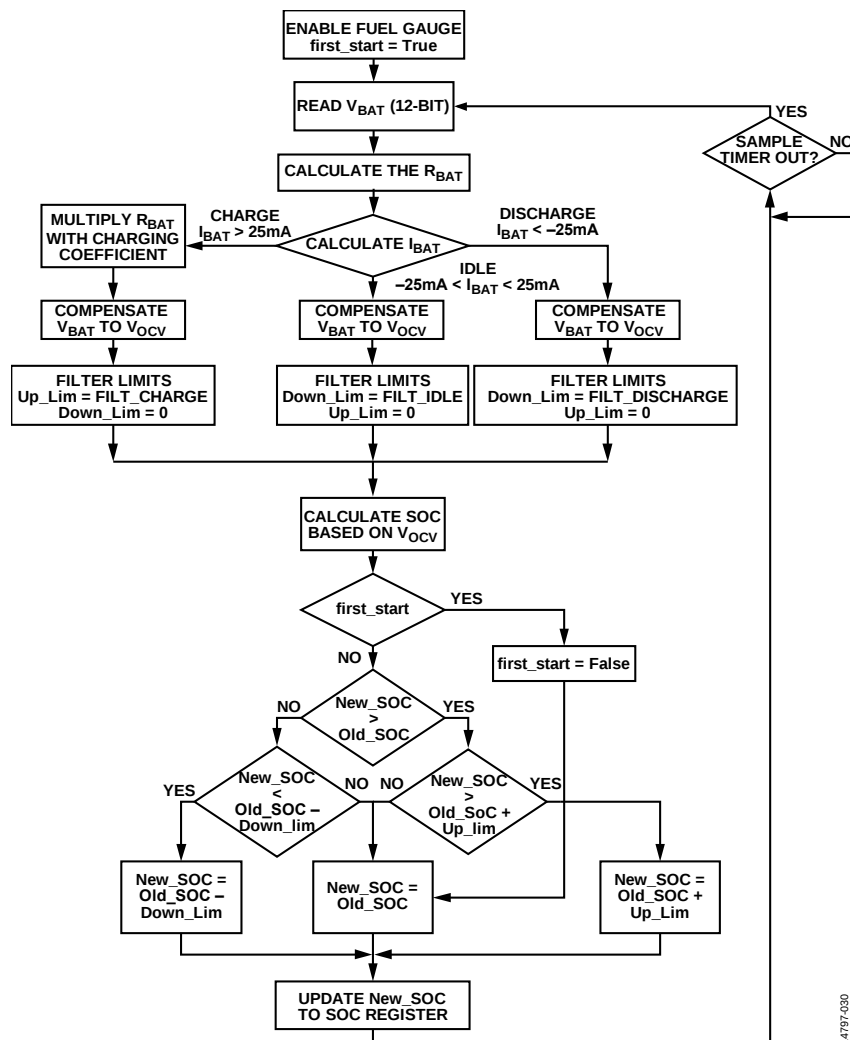


図 46. ADP5350 の SOC 計算フローチャート

昇圧および白色 LED ドライバ

ADP5350 は、1.5 MHz の周波数で動作する強力な昇圧レギュレータを内蔵しており、LED をプログラムで制御できます。複数の LED を並列または直列に接続するといった、さまざまな LED 構成は、慎重な設計によって支えられています。最大 5 本の LED ストリングが、64 レベルで 20 mA（代表値）まで独立して設定可能です。すべての LED ストリングは個別の設定や、グループ化が可能で、バックライト LED または個別の LED 電流シンクとして動作します。

電流制限、過電圧保護、LED オープン・サーキット保護、過熱保護などの安全機能を完備しているため、堅牢で安全な設計が可能です。ソフト・スタート機能により、起動時や再起動時の突入電流を制限します。

白色 LED ドライバ

最新の携帯機器に搭載されるディスプレイのバックライトとして、白色 LED が一般的に使用されています。白色 LED に電流を流してライトを点灯させるには、高い順方向電圧 V_F （代表値 3.3 V）が必要です。ディスプレイ・パネルは、大きさに応じて直列または並列に接続された複数の白色 LED によって背面から照らされます。すべての LED の輝度を均一にするには、共通の電流を流す必要があります。ただし、LED に電流を流す前に、各 LED の V_F 電圧の合計よりも大きな電圧でバイアスする必要があります。

LED のバイアス電圧を供給するために、ADP5350 は 1.5 MHz の昇圧レギュレータを内蔵しています。LED の順方向電圧と電流シンク・ヘッドルーム電圧の和がバッテリー電圧より高い場合、昇圧レギュレータが起動します。バッテリーの電圧が、LED の順方向電圧と必要な電流シンク・ヘッドルーム電圧の和より高い場合、昇圧レギュレータはパススルー・モードで動作します。

ADP5350 は正確な輝度制御を行うために、内蔵された N チャネル電界効果トランジスタ（NFET）ローサイド電流レギュレータと最大 5 チャンネルの電流シンクを使用します。

ADP5350 は各 LED ストリングで異なった LED 電流の設定が可能です。LED の順方向電圧が整合しないと、端的に効率が悪くなり、低い電圧の LED ストリングに不正確な電流が流れることになります。

ADP5350 の昇圧レギュレータには、LED 動作モードと昇圧スタンダロン動作モードの 2 つの動作モードがあります。これらのモードは I²C 互換インターフェースを介して選択できます。

LED 動作モード

昇圧レギュレータが LED バイアス電圧として、より高い出力電圧を供給する必要があるとき、BST_CFG レジスタ内で BST_MODE = 0 を設定して、昇圧レギュレータを LED 動作モードにする必要があります。

LED 動作モードでは、昇圧レギュレータは適応ヘッドルーム制御によって適応的に LED バイアス電圧を供給します。これにより、LED の順方向電圧のばらつきと経年変化に対してシステム効率が最適化されます。昇圧レギュレータは LED 電流源制御に接続されているので、アクティブな LED 電流源によって自動的に起動されます。このモードでは、EN_BST ビットは無効です。

LED バイアス電圧は昇圧出力電圧の代わりにバッテリー・システム電圧から供給されることがあるので（例えば、順方向電圧が比較的低い LED インジケータ）、それらの LED は LED バイアス電圧としてバッテリー・システム電圧を使用することにより、個別の電流シンク・チャンネル内で使用することができます。個別の電流シンク・チャンネルで用いるバイアス電圧を昇圧レギュレータ出力から供給するか、またはバッテリー・システム電圧から供給するかの選択には、BST_CFG レジスタの BST_BL ビットを使用します。

BST_BL に 0 を書き込むと、昇圧レギュレータがすべてのアクティブな LED チャンネルにバイアス電圧を供給するように設定されます。この設定では、昇圧レギュレータはバックライトと個別の電流シンクなどのすべてのアクティブな LED 電流源に応じて、適応ヘッドルーム制御を行います。

BST_BL に 1 を書き込むと、昇圧レギュレータが個別の電流シンクを除いたアクティブな LED バックライト・チャンネルだけにバイアス電圧を供給するように設定されます。個別の LED シンク用のバイアス電圧はバッテリー・システム電圧、または他のいくつかの固定された電源から供給できます。したがって、個別の LED シンク内のヘッドルームの状態は昇圧出力レギュレーションには影響を与えません。インジケータ LED が昇圧出力電圧ではなくバッテリー・システム電圧に接続されているときは、BST_BL を 1 に設定する必要があります。そうしないと、昇圧電圧が過電圧になる危険性があります。昇圧レギュレータ内の適応ヘッドルーム制御は、バイアス電圧が昇圧レギュレータから供給されない個別の LED チャンネルを含むことがあります。

LED 動作モードでは、昇圧帰還ピン（FB4 ピン）はグラウンドに接続されます。

昇圧スタンダロン動作モード

昇圧レギュレータが有機発光ダイオード（OLED）バックライト、オーディオ・システム、その他の補助回路など、他のシステム用途で固定出力電圧を供給するために使用されているときは、BST_CFG レジスタ内で BST_MODE = 1 を設定して、昇圧レギュレータをスタンダロン動作モードにする必要があります。昇圧ピーク電流を 600 mA に設定するときは、合計出力電力を 800 mW 未満に制限することを推奨します。

スタンダロン動作モードでは、昇圧レギュレータは調整可能な出力電圧 V_{OUT4} を供給します。 V_{OUT4} は外付け抵抗分圧器で設定されます。

$$V_{OUT4} = V_{FB4} \times (R_{FB1} + R_{FB2}) / R_{FB2}$$

昇圧レギュレータの起動状態は BST_CFG レジスタ内の EN_BST ビットで決定されます。昇圧スタンダロン動作モードでは、すべての LED はオフになり、許可されません。

スタンダロン動作モードでは、昇圧帰還ピン（FB4 ピン）は外付け抵抗分圧器を通して昇圧出力に接続する必要があります。

スタンダロン動作での代表的な昇圧レギュレータのブロック図を図 47 に示します。LED 動作モードとスタンダロン動作モードの違いを表 15 にまとめてあります。表 15 では、昇圧出力電圧に応じた 4 つの設定可能な OVP（過電圧保護）閾値を規定しています。それぞれの OVP 閾値は昇圧出力電圧に応じて異なった内部補償を備えています。設定した出力電圧に対応した適切な OVP レベルを選択することを強く推奨します。

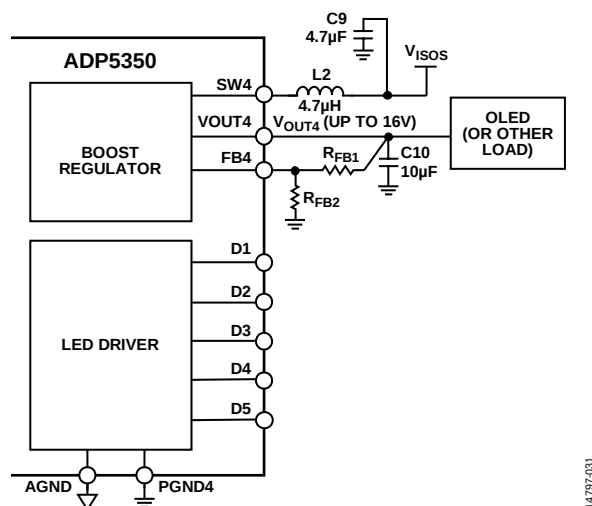


図 47. スタンダロン動作モードでの昇圧レギュレータ

表 15. 昇圧レギュレータの 2 つの動作モード

Operation	LED Operation Mode	Standalone Operation Mode
Activation Control	Activated by active LED EN_LEDx	Activated by EN_BST
Output Regulation	Adaptive to LED V _F voltage variation	Fixed and determined by external resistor divider
FB4 Pin	Tied to ground	Tied to boost output via resistor divider
OVP	5.6 V, 10 V, 15 V, or 18.5 V threshold on the VOUT4 pin	5.6 V, 10 V, 15 V, or 18.5 V threshold on the VOUT pin

昇圧出力の PGOOD インジケータ

昇圧スタンダロン・モードでは、レジスタ 0x37 の PG4_BST_MASK ビットをハイに設定することにより、昇圧 PGOOD 信号を外部の PGOOD ピンに出力するかどうかを指示する設定ができます。ADP5350 は FB4 ピンの電圧をモニタし、2 ms（代表値）のデグリッチ時間で FB4 ピンの電圧が代表値の 90 % まで達したとき、PGOOD 信号をハイにアサートします。FB4 ピンの電圧が代表値の 86.5 % まで降下したとき、PGOOD 信号はローにアサートされます。

昇圧出力の PGOOD ステータスは、I²C インターフェースのレジスタ 0x36 のビット 1 を介して読み出すことができます。

ソフト・スタート

ADP5350 の昇圧レギュレータにはソフト・スタート回路が内蔵されており、起動時に出力電圧を制御された状態で上昇させることで、バッテリーの突入電流を制限します。昇圧レギュレータではソフト・スタート時間は 1 ms（代表値）に固定されています。

バックライト電流設定

バックライトの電流設定は IBL_SET [5:0] ビットを介して、ユーザーが 6 ビット・コードで決定します。この 6 ビット・コードにより、バックライトのレベルを 0 mA ~ 20 mA の間で、64 レベルの中の 1 つに設定できます。

ADP5350 は入力コードの増加にしたがってバックライト電流が直線的に増加する 64 のレベルに対して、二乗法則のアルゴリズムを使用しています。ミリアンペア（mA）単位のバックライト電流は、以下の式で決定されます。

$$\text{Backlight Current (mA)} = \left(\text{Code} \times \frac{\sqrt{\text{Full-Scale Current}}}{63} \right)^2$$

ここで

Code はユーザーが設定する入力コードです。

Full-Scale Current は許容される最大シンク電流（代表値 20 mA）です。

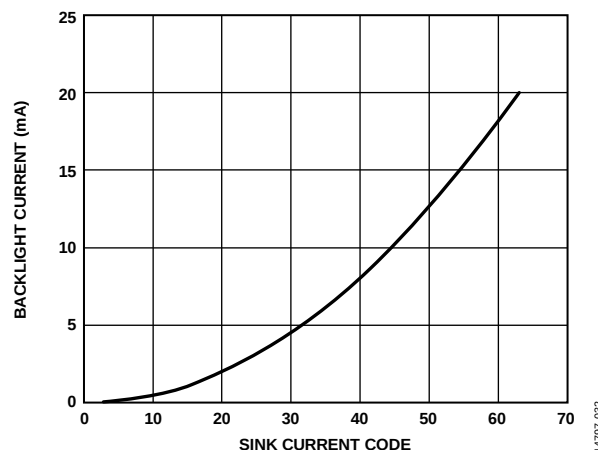


図 48. バックライト電流とシンク電流コードの関係

バックライトの直線的なフェード・インとフェード・アウト（次第に明るくし、次第に暗くすること）

ADP5350 が通常の動作をしているとき、バックライトは EN_BL ビットを用いて点灯させることができます。バックライトは EN_BL = 1 のときに点灯し、EN_BL = 0 のときに消灯します。

バックライトの急激な点灯と消灯を防止するため、ADP5350 は点灯状態と消灯状態の間がなめらかに変化するようにタイマーを内蔵しています。フェード（なめらかな輝度変化）は、二乗法則のバックライト・コード・アルゴリズムを用いて実行されます。

バックライトが低輝度から高輝度へなめらかに変化するための設定用に、BL_FR レジスタ内の BL_FI タイマーと BL_FO タイマーを使用できます。BL_FI タイマーと BL_FO タイマーには、0.3 ~ 4.5 秒の範囲で、15 の設定値の中の 1 つの値を設定できます。EN_BL をアサートする前に、タイマーを設定する必要があります。

BL_FI タイマーと BL_FO タイマー内に設定された時間は、バックライトの電流が 0 mA から 20 mA に増加するのに要する時間を表現しています。したがって、中間の設定値間のフェード時間は、より短くなります。電流の変化が小さいとき、フェード時間は短くなります。二乗法則のフェードにおいて、フェード時間は以下の式で求められます。

$$\text{Fade Time} = \text{Fade Rate} \times (\text{Code}/63)$$

ここで、*Fade Rate* は表 16 に示されています。

表 16. 設定可能なフェード・イン時間とフェード・アウト時間

Code	Fade Rate (sec)
0000	Fade in or fade out disabled
0001	0.3
0010	0.6
0101	0.9
0110	1.2
0111	2.1
1000	2.4
1001	2.7
1010	3.0
1011	3.3
1100	3.6
1101	3.9
1110	4.2
1111	4.5

バックライト・フェードの無効化

フェード・インとフェード・アウト期間中、EN_BL ビットが再度アサートされたとき、フェード無効化機能を用いて、BL_FI タイマーと BL_FO タイマーを無効にすることができます。こうするとバックライトを目的の電流設定値に即座に設定することができます (図 49 参照)。BST_CFG レジスタ内の FOVR ビットに 1 を設定すると、バックライト・フェード無効化機能をイネーブ爾することができます。

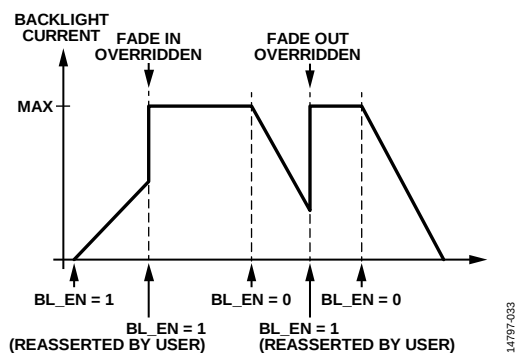


図 49. LED バックライト・フェードの無効化

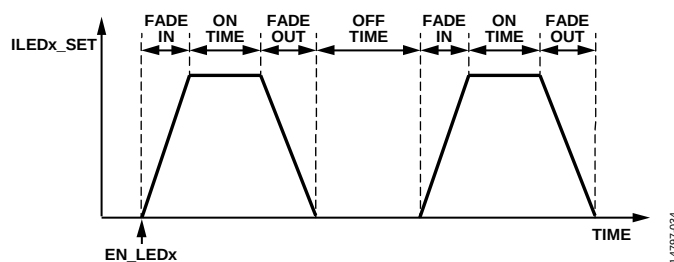


図 50. フェード機能付きの LED 点滅

独立したシンク制御

チャンネル 2 からチャンネル 5 までの LED 電流シンクは、グループ化されたバックライトの各部分として動作するか、あるいは独立した LED チャンネルとして動作するように設定できます。

BL_LEDx = 1 にすると、選択された LED チャンネル (チャンネル 2 からチャンネル 5 まで) はグループ化されたバックライトの一部として設定されます。この設定では、チャンネル 1 のバックライト電流設定とオン/オフ制御が設定されたチャンネルだけに適用されます。

BL_LEDx = 0 にすると、選択された LED チャンネル (チャンネル 2 からチャンネル 5 まで) は独立した電流シンク・チャンネルとして設定されます。各チャンネルの電流とオン/オフ制御は、独立したレジスタ設定によって決定されます。

個別の LED 点滅タイマー

チャンネル 3、チャンネル 4、およびチャンネル 5 の独立した電流シンクには、さらに点滅機能を補助するためのタイマーがあります。LEDx_BLINK レジスタ内のオン・タイマーとオフ・タイマーを用いると、個別の LED 電流シンクがさまざまな点滅モードになるように設定できます。点滅モードは、オフ・タイマーをデイスエーブル以外の設定にすることによって動作させることができます。チャンネルがグループ化されたバックライトの一部に設定されている場合、点滅モードの設定は無効になります。

点滅モードでは、フェード・インとフェード・アウトの機能は有効ですが、フェード無効化機能は無効です。フェード機能付きの LED 点滅のタイミング図については、図 50 をご覧ください。

アプリケーション (例えば、点滅モードでの赤/緑/青 (RGB) LED) によっては、同期させるために点滅タイマーが必要になる場合があります。点滅 LED が同じ I²C コマンドでイネーブ爾されている場合、各点滅 LED のオン・タイマーの立上がり時間は同期します。

並列接続された LED

ADP5350 では、複数の LED を直列または並列に接続するなど、さまざまな LED 構成が可能です。

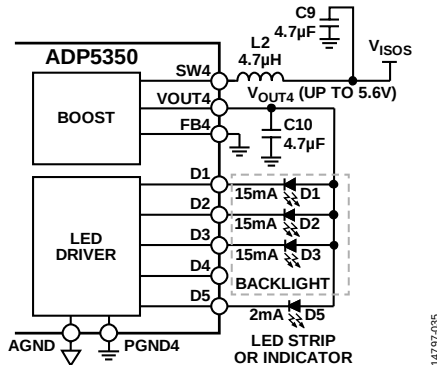


図 51. バックライト用にグループ化された 3 個の並列 LED と 1 個の LED ストリップまたはインジケータ

図 51 に、D1、D2、D3 に接続されたバックライト構成用にグループ化された 3 個の並列 LED (各 15 mA)、および D5 に接続された 1 個の補助 LED インジケータ (2 mA) を示します。

- 昇圧レギュレータは以下のように設定します。
 - BST_MODE = 0 とすることにより、昇圧レギュレータを LED 動作モードに設定します。
 - BST_BL = 0 とすることにより、昇圧レギュレータがすべての電流シンク・チャンネルにバイアス電圧を供給するように設定します。
 - BST_OVP = 1 とすることにより、昇圧 OVP 閾値を 5.6 V に設定します。
- グループ化されたバックライトは以下のように設定します。
 - BL_LED2 = 1 および BL_LED3 = 1 とすることにより、D1 ~ D3 をグループ化されたバックライトとして設定します。
 - IBL [5:0] = 15 mA とすることにより、グループ化されたバックライトの LED 電流を設定します。
 - BL_FI コードと BL_FO コードの設定により、フェード・イン・タイマーとフェード・アウト・タイマーを設定します (必要な場合)。
 - FOVR = 1 とすることにより、フェード無効化機能をイネーブルにします (必要な場合)。
- 個別の電流シンクは以下のように設定します。
 - ILED5 = 2 mA とすることにより、D5 のシンク電流を設定します。
 - LED5_ON コードと LED5_OFF コードの設定により、点滅タイマーを設定します (必要な場合)。
- EN_BL = 1 に設定して、LED バックライトをイネーブルします。
- EN_LED5 = 1 に設定して、LED インジケータをイネーブルします。

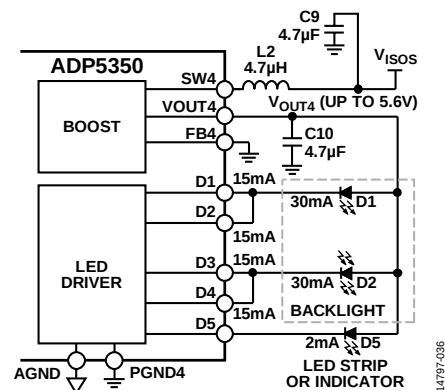


図 52. バックライト用にグループ化された 2 個の並列 LED (各 30 mA) と 1 個の LED ストリップまたはインジケータ (2 mA)

図 52 に、D1 ~ D4 に接続されたバックライト構成用にグループ化された 2 個の並列 LED (各 30 mA)、および D5 に接続された 1 個の補助 LED インジケータ (2 mA) を示します。

- 昇圧レギュレータは以下のように設定します。
 - BST_MODE = 0 とすることにより、昇圧レギュレータを LED 動作モードに設定します。
 - BST_BL = 0 とすることにより、昇圧レギュレータがすべての電流シンク・チャンネルにバイアス電圧を供給するように設定します。
 - BST_OVP = 1 とすることにより、昇圧 OVP 閾値を 5.6 V に設定します。EN_BL = 1 にして、LED バックライトをイネーブルします。
- グループ化されたバックライトは以下のように設定します。
 - BL_LED2 = 1、BL_LED3 = 1、および BL_LED4 = 1 とすることにより、D1 ~ D4 をグループ化されたバックライトとして設定します。
 - IBL [5:0] = 15 mA にして、グループ化されたバックライトの LED 電流を設定します。(2 チャンネルを並列に接続し、各 LED 電流は 30 mA になります。)
 - BL_FI コードと BL_FO コードの設定により、フェード・イン・タイマーとフェード・アウト・タイマーを設定します (必要な場合)。
 - FOVR = 1 とすることにより、フェード無効化機能をイネーブルにします (必要な場合)。
- 個別の電流シンクは以下のように設定します。
 - ILED5 = 2 mA とすることにより、D5 のシンク電流を設定します。
 - LED5_ON コードと LED5_OFF コードの設定により、点滅タイマーを設定します (必要な場合)。
- EN_BL = 1 に設定して、LED バックライトをイネーブルします。
- EN_LED5 = 1 に設定して、LED インジケータをイネーブルします。

直列接続された LED

ADP5350 では、複数の LED を直列に接続することができます (図 53 に例を示します)。

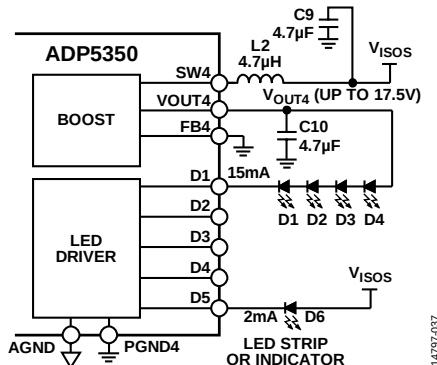


図 53. D1 に接続されたバックライト用にグループ化された 4 個の直列 LED (各 15 mA)、および D5 と VISO5 の電源ラインに接続された 1 個の LED ストリップまたはインジケータ (2 mA)

図 53 に、D1 に接続されたバックライト構成用にグループ化された 4 個の直列 LED (各 15 mA)、および D5 と VISO5 の電源ラインに接続された 1 個の補助 LED インジケータ (2 mA) を示します。

- 昇圧レギュレータは以下のように設定します。
 - BST_MODE = 0 とすることにより、昇圧レギュレータを LED 動作モードに設定します。
 - BST_BL = 1 とすることにより、昇圧レギュレータが LED バックライトだけにバイアス電圧を供給するように設定します。
 - BST_OVP = 0 とすることにより、昇圧 OVP 閾値を 18.5 V に設定します。
- グループ化されたバックライトは以下のように設定します。
 - IBL [5:0] = 15 mA にして、バックライトの LED 電流を設定します。
 - BL_FI コードと BL_FO コードの設定により、フェード・イン・タイマーとフェード・アウト・タイマーを設定します (必要な場合)。
 - FOVR = 1 とすることにより、フェード無効化機能をイネーブルにします (必要な場合)。
- 個別の電流シンクは以下のように設定します。
 - I_LED5 = 2 mA にして、D5 のシンク電流を設定します。
 - LED5_ON コードと LED5_OFF コードの設定により、点滅タイマーを設定します (必要な場合)。
- EN_BL = 1 に設定して、LED バックライトをイネーブルします。
- EN_LED5 = 1 に設定して、LED インジケータをイネーブルします。

昇圧スイッチング周波数

ADP5350 の昇圧レギュレータは 1.5 MHz の固定スイッチング周波数で動作し、バッテリー・チャージャのスイッチング周波数に同期します。

昇圧電流制限

ADP5350 の昇圧レギュレータは、バッテリーから出力へ流れる正の電流量を制限するピーク電流制限保護回路を内蔵しています。2 つの電流制限閾値 (600 mA または 300 mA) は、BST_IPK ビットを用いて選択することができます。プログラマ

ブル電流制限閾値により、低電力のアプリケーションでは小型のインダクタを使用することができます。

バッテリーが放電しているとき、バッテリーの電圧が低くなるとバッテリーの ESR を流れる電流のピークが高くなります。この結果、バッテリーで駆動している他のデバイスが早期にシャットダウンすることがあります。プログラマブル電流閾値は、バッテリー電圧の変化に応じて電流制限を変更するために使用できます。

過電圧フォールト

電圧 VOUT4 が何らかの理由で超過した場合、損傷を防ぐために昇圧レギュレータは OVP 回路を内蔵しています。安全な出力レベルを維持するために、内蔵された OVP 回路は電圧 VOUT4 をモニタしています。電圧 VOUT4 が OVP 上昇閾値を越えたとき、昇圧レギュレータがスイッチングを停止するので、出力電圧は下降します。電圧 VOUT4 が OVP 下降閾値より低くなると、昇圧レギュレータがスイッチングを開始するので、出力電圧は上昇します。過電圧閾値 (デフォルト値は 18.5 V) は BST_OVP レジスタで設定可能です。

さまざまな OVP 閾値が昇圧出力電圧に応じたさまざまな内部補償を行うので、過電圧閾値レベルは出力電圧に応じて設定する必要があります。

LED オープン・サーキット保護

各電流源で電力損失を最小限に抑えるために、LED 回路はヘッドルーム制御回路を内蔵しています。したがって、昇圧レギュレータの出力電圧を制御することにより、最小帰還電圧を実現します。通常動作時に LED ストリングがオープンになると、電流源ヘッドルーム電圧が AGND に引き下げられます。この状態で、Dx ピンの電圧が 200 mV より低くなり、電圧 VOUT4 が OVP レベルまで上昇すると、LED オープン・サーキット保護が起動します。LED オープン・サーキット保護が起動した場合、オープンになった LED チャンネルはオフになりますが、他の LED チャンネルは動作を続けます。そして、LED_STATUS レジスタ内の LEDx_OPEN ビットに 1 がセットされます。起こりうる LED オープン・サーキットに対して確実に保護するために、プロセッサがフォールト・ビットに 1 を再度書き込んでフォールト・レジスタをクリアするか、または ADP5350 の電源が入れ直されるまで、オープンになった LED チャンネルはディスエーブルされたままです。

1 つのチャンネルに独立した LED 動作が選択され、バイアス電圧が LED バックライト・グループから分離されたときは (BST_BL = 1)、このチャンネルで昇圧 OVP が検出されないため、このチャンネルでは LED オープン・サーキット保護は無効になります。

リニア低ドロップアウト (LDO) レギュレータ

ADP5350 は 3 個の LDO レギュレータを内蔵しています。LDO1 は低静止電流 LDO で、システム用に常時オンの電源として使用できます。LDO2 と LDO3 は汎用 LDO レギュレータです。

LDO の入力電源はすべて VIN123 ピンから供給され、同じ入力源が VIN4 ピンから制御回路にも供給されます。したがって、すべてのアプリケーションで、VIN123 ピンは VIN4 ピンに接続する必要があります。

LDO レギュレータは 2.7 V ~ 5.5 V の入力電圧範囲で動作します。電源電圧範囲が広いので、LDO の電源電圧がシステム電圧から供給されるカスケード構成に適しています。LDO の出力電圧は出荷時のヒューズまたは I²C によって設定可能です。

LDO レギュレータは高い電源電圧変動除去比 (PSRR) と低い出力ノイズを提供し、小型の 1 μ F セラミック・コンデンサを入力と出力に外付けするだけで、優れたラインおよび負荷過渡応答を実現します。

LDO1、LDO2、LDO3 の固定出力電圧は出荷時にヒューズによって設定され、以下のオプションがあります。電圧範囲は、1.0 V、1.1 V、1.2 V、1.3 V、1.4 V、1.5 V、1.8 V、2.1 V、2.3 V、2.5 V、2.85 V、3.0 V、3.15 V、3.3 V、3.6 V、4.2 V です。

負荷スイッチ・モード

すべての LDO レギュレータは I²C を介して負荷スイッチとして設定できます。負荷スイッチにより電源ドメイン間の絶縁が可能になり、バッテリー寿命を延ばすことができます。

LDO 出力放電

各 LDO には出力放電機能があり、I²C を介して設定できます。出力放電機能がイネーブルされているとき、LDO チャンネルがディスエーブルされると、選択された LDO 出力は 500 Ω の内部負荷をグラウンドに接続し、出力電圧を素早く低下させます。

LDO1 出力の PGOOD インジケータ

LDO1、昇圧レギュレータ、V_{VBUSx} などのさまざまなパワーグッド・チャンネルは、レジスタ 0x37 のビット 0 に設定を行うことにより、ADP5350 の PGOOD ピンには出力されなくなります。

PGOOD ピンが LDO1 のパワーグッド出力をマスクして、その後、LDO1 をイネーブルすると、PGOOD ピンは LDO1 出力電圧のパワーグッド信号を表示するようになり、2 ms (代表値) のデグリッチ時間で VOUT1 ピンの電圧が代表値の 90 % まで達したとき、ハイにアサートします。VOUT1 ピンの電圧が代表値の 86.5 % まで降下したとき、PGOOD 信号はローにアサートされます。

PG1_LDO1_MASK のデフォルト設定は、出荷時にヒューズ調整によって設定可能です。LDO1 のパワーグッド・ステータスは、I²C インターフェースのレジスタ 0x36 のビット 0 を介して読み出すことができます。

温度管理

等温充電と早期温度警告

ADP5350 チャージャの温度管理を支援するために、このバッテリー・チャージャは等温充電機能を備えています。ADP5350 チャージャはダイの温度をモニタしていますが、チップの消費電力とダイの温度が上昇して、温度が T_{SD_W} に達すると、出力電流を制限します。バッテリーへの充電電流を制御することで、ダイの温度は T_{SD_W} に維持されます。消費電力と周囲温度の低減により、充電電流が本来の値に戻ると、ダイの温度は T_{SD_W} よりも下がります。等温充電中は、THERM_LIM フラグがハイにセットされます。

温度が T_{SD_W} を超えると、早期警告ビットがセットされます。この警告ビットにより、システムはサーマル・シャットダウンが起こる前に消費電力を調整することができます。

サーマル・シャットダウン

ADP5350 スイッチング・チャージャは、サーマル・シャットダウン閾値検出器を内蔵しています。ダイ温度が T_{SD} を超えると、ADP5350 チャージャがディスエーブルされ、TSD_140 ビットがセットされます。ダイ温度が下限値 T_{SD} を下回ると、ADP5350 チャージャが再度イネーブルされ、TSD_140 ビットがリセットされます。TSD_140 ビットをリセットするには、I²C のフォールト・レジスタ 0x0A に書き込みを行うか、または電源を入れ直します。

フォールトからの回復

次の操作を行う前に、フォールトの要因が是正されていることを確認することが重要です。

CHARGER_FAULT レジスタ内のフォールト・ビットをリセットするには、VBUSx の電源を入れ直すか、または該当する I²C ビットにハイを書き込みます。

I²C インターフェース

ADP5350 は I²C 互換シリアル・インターフェースを内蔵しており、バッテリー充電、燃料計、昇圧レギュレータ、LED ドライバを制御し、システム・ステータスを読み出すことができます。

I²C アドレス

I²C アドレスは出荷時に設定可能です。この I²C アドレスのオプションは、システム内の他の I²C スレーブ・チップセットとの衝突を避けるのに役立ちます。別の I²C チップ・アドレスが必要な場合は、最寄りのアナログ・デバイセズ販売代理店にお問い合わせください。

SDA ピンと SCL ピン

ADP5350 には 2 つの I²C インターフェース専用ピン、SDA と SCL があります。SDA はデータを送受信するためのオープンドレインのラインです。SCL はクロック信号を受信するための入力ラインです。これらのピンは、外付け抵抗を使用して外部の入力/出力電源にプル・アップします。

シリアル・データは SCL の立上がりエッジで転送されます。読出しデータは読出しモードで SDA ピンに出力されます。

サブアドレス値により、最初に書き込む ADP5350 のレジスタが選択されます。8 ビットのデータ・バイトが書き込まれると、ADP5350 はマスターにアクノリッジを送ります（シングル・レジスタに対する I²C 書き込みシーケンスの例については図 54 を参照）。ADP5350 はサブアドレスを自動的にインクリメントし、次のレジスタへのデータ・バイトの受信を開始します。この受信は、図 55 に示すようにマスターが I²C 停止を送信するまで続きます。

シングル・レジスタの I²C 読出しシーケンスを図 56 に示します。ADP5350 はサブアドレスで指定されたレジスタからデータを送信し、サブアドレスを自動的にインクリメントして、次のレジスタからデータを送信します。この送信は、マスターが I²C 停止条件を送信するまで続きます（図 57 参照）。

デフォルト・リセット

ADP5350 は 1 個の書き込み専用レジスタ DEFAULT_SET を内蔵しており、すべてのレジスタを出荷時のデフォルト値にリセットすることができます。

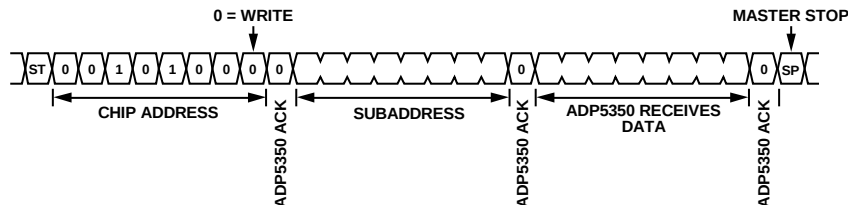


図 54. I²C のシングル・レジスタの書き込みシーケンス

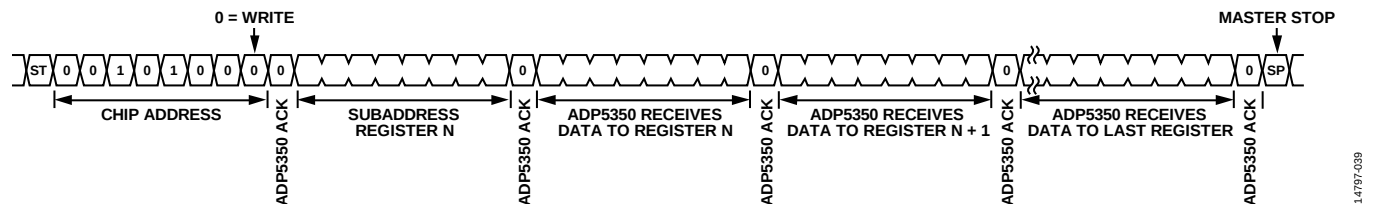


図 55. I²C の複数レジスタの書き込みシーケンス

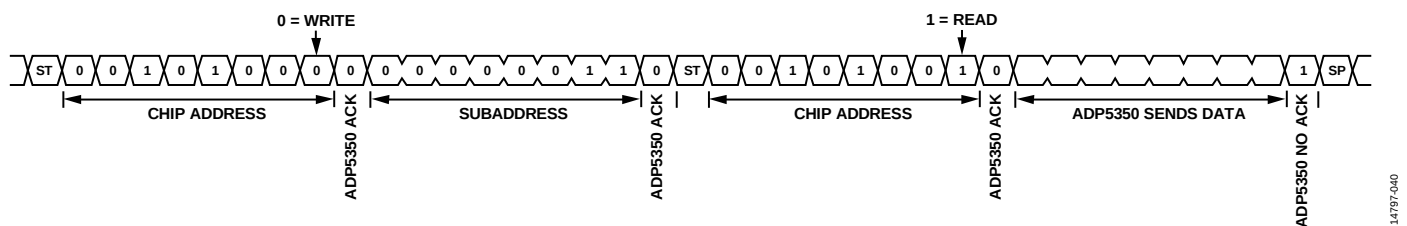


図 56. I²C のシングル・レジスタの読出しシーケンス

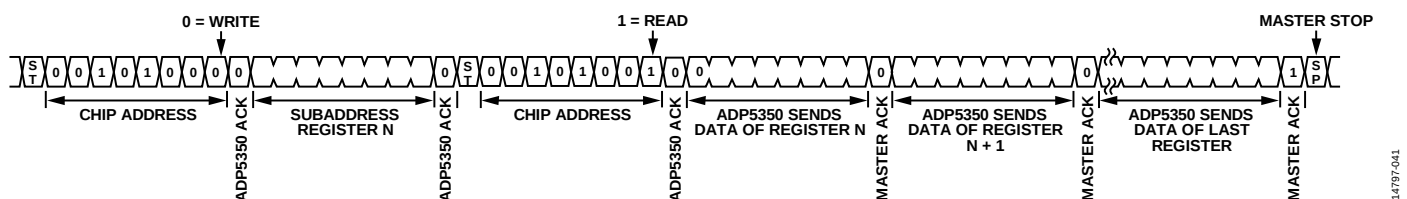


図 57. I²C の複数レジスタの読出しシーケンス

割り込み

ADP5350 にはフォールト状態を通知する割り込み出力 ($\overline{\text{INT}}$ ピン) があります。通常動作時は、 $\overline{\text{INT}}$ ピンがハイになるように外付けプルアップ抵抗を使用します。フォールト状態になると、ADP5350 は $\overline{\text{INT}}$ ピンをローにして I²C ホストにフォールト状態になったことを通知します。

$\overline{\text{INT}}$ ピンはさまざまな割り込み源によってトリガされます。デフォルトでは割り込み源は設定されていません。 $\overline{\text{INT}}$ ピンをトリガするためには、1 つ以上の割り込み源を選択する必要があります。具体的には、CHARGER_INTERRUPT_ENABLE レジスタと BOOST_LDO_INTERRUPT_ENABLE レジスタの該当するビットに 1 を設定します。

$\overline{\text{INT}}$ ピンがトリガされると、CHARGER_INTERRUPT_FLAG レジスタと BOOST_LDO_INTERRUPT_FLAG レジスタの 1 つ以上のビットに 1 がセットされます。 $\overline{\text{INT}}$ ピンをトリガしたフォールト状態は、CHARGER_INTERRUPT_FLAG レジスタと BOOST_LDO_INTERRUPT_FLAG レジスタから読み出すことができます。

割り込みをクリアするには、CHARGER_INTERRUPT_FLAG レジスタと BOOST_LDO_INTERRUPT_FLAG レジスタの該当するビットを読み出すか、または ADP5350 の電源を入れ直す必要があります。

コントロール・レジスタ・マップ

表 17. レジスタ・マップ

Address (Hex)	Register Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0x00	Manufacture and model ID	MANUF[3:0]				Model[3:0]			
0x01	Silicon revision	Not used				REV[3:0]			
0x02	CHARGER_VBUS_ILIM	Not used				ILIM[3:0]			
0x03	CHARGER_TERMINATION_SETTING	VTRM[5:0]						IEND[1:0]	
0x04	CHARGER_CURRENT_SETTING	C_20_EOC	C_10_EOC	ICHG[3:0]			ITRK_DEAD[1:0]		
0x05	CHARGER_VOLTAGE_THRESHOLD	Not used	VRCH[1:0]		VTRK_DEAD[1:0]		VWEAK[2:0]		
0x06	CHARGER_TIMER_SETTING	Not used	EN_TEND	EN_CHG_TIMER	CHG_TMR_PERIOD		EN_WD	WD_PERIOD	RESET_WD
0x07	CHARGER_FUNCTION_SETTING1	EN_JEITA	DIS_IPK_SD	EN_BMON	EN_THR	EN_DCDC	EN_EOC	EN_TRK	EN_CHG
0x08	CHARGER_STATUS1	VBUS_OV	Not used	VBUS_ILIM	THERM_LIM	CHDONE	CHARGER_STATUS[2:0]		
0x09	CHARGER_STATUS2	THR_STATUS[2:0]			IPK_STAT	Not used	BATTERY_STATUS[2:0]		
0x0A	CHARGER_FAULT	Not used				BAT_SHR	IND_PEAK	TSD_130	TSD_140
0x0B	BATTERY_SHORT	TBAT_SHR[2:0]			Not used		VBAT_SHR[2:0]		
0x0C	BATTERY_THERMISTOR_CONTROL	ILIM_JEITA_COOL	TBAT_LOW	TBAT_HIGH	R_NTC	Not used			
0x0D	V_SOC_0	V_SOC_0[7:0]							
0x0E	V_SOC_5	V_SOC_5[7:0]							
0x0F	V_SOC_11	V_SOC_11[7:0]							
0x10	V_SOC_19	V_SOC_19[7:0]							
0x11	V_SOC_28	V_SOC_28[7:0]							
0x12	V_SOC_41	V_SOC_41[7:0]							
0x13	V_SOC_55	V_SOC_55[7:0]							
0x14	V_SOC_69	V_SOC_69[7:0]							
0x15	V_SOC_84	V_SOC_84[7:0]							
0x16	V_SOC_100	V_SOC_100[7:0]							
0x17	FILTER_SETTING1	Not used	FILTER_CHARGE[2:0]			Not used	FILTER_DISCHARGE[2:0]		
0x18	FILTER_SETTING2	Not used						FILT_IDLE[1:0]	
0x19	RBAT_0	RBAT_0[7:0]							
0x1A	RBAT_10	RBAT_10[7:0]							
0x1B	RBAT_20	RBAT_20[7:0]							
0x1C	RBAT_30	RBAT_30[7:0]							
0x1D	RBAT_40	RBAT_40[7:0]							
0x1E	RBAT_60	RBAT_60[7:0]							
0x1F	K_RBAT_CHARGE	Not used		K_RBAT_SOC[1:0]		K_RBAT_CHARGE[3:0]			
0x20	BAT_TEMP	Not used	BAT_TEMP_SOURCE	BAT_TEMP[5:0]					
0x21	BAT_SOC	Not used	BAT_SOC[6:0]						
0x22	VBAT_READ_H	VBAT_READ[12:5]							
0x23	VBAT_READ_L	VBAT_READ[4:0]					Not used		

Address (Hex)	Register Name	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0x24	FUEL_GAUGE_MODE	Not used					SLEEP_UPDATE_TIME	FUEL_GAUGE_MODE	FUEL_GAUGE_ENABLE
0x25	SOC_RESET	SOC reset	Not used						
0x26	BST_LED_CTRL	Not used		EN_BST	EN_LED5	EN_LED4	EN_LED3	EN_LED2	EN_BL
0x27	BST_CFG	BST_MODE	BST_BL	FOVR	Not used	BST_OVP		Not used	BST_IPK
0x28	IBL_SET	Not used	IBL[5:0]						
0x29	ILED2_SET	BL_LED2	Not used	ILED2[5:0]					
0x2A	ILED3_SET	BL_LED3	Not used	ILED3[5:0]					
0x2B	ILED4_SET	BL_LED4	Not used	ILED4[5:0]					
0x02C	ILED5_SET	BL_LED5	Not used	ILED5[5:0]					
0x2D	BL_FR	BL_FO[3:0]				BL_FI[3:0]			
0x2E	LED3_BLINK	LED3_OFF[3:0]				LED3_ON[3:0]			
0x2F	LED4_BLINK	LED4_OFF[3:0]				LED4_ON[3:0]			
0x30	LED5_BLINK	LED5_OFF[3:0]				LED5_ON[3:0]			
0x31	LED_STATUS	Not used			LED5_OPEN	LED4_OPEN	LED3_OPEN	LED2_OPEN	LED1_OPEN
0x32	LDO_CTRL	Not used					EN_LDO3	EN_LDO2	EN_LDO1
0x33	LDO_CFG	Not used	DSCG_LDO3	DSCG_LDO2	DSCG_LDO1	Not used	MODE_LDO3	MODE_LDO2	MODE_LDO1
0x34	VID_LDO12	VID_LDO2[3:0]				VID_LDO1[3:0]			
0x35	VID_LDO3	Not used				VID_LDO3[3:0]			
0x36	PGOOD_STATUS	Not used				VBUSOK	BATOK	PG4_BST	PG1_LDO1
0x37	PGOOD_MASK	Not used				VBUSOK_MASK	BATOK_MASK	PG4_BST_MAS K	PG1_LDO1_MASK
0x38	CHARGER_INTERRUPT_ENABLE	EN_IND_PEAK_INT	EN_THERM_LIM_INT	EN_WD_INT	EN_TSD_INT	EN_THR_INT	EN_BAT_INT	EN_CHG_INT	EN_VIN_INT
0x39	CHARGER_INTERRUPT_FLAG	IND_PEAK_INT	THERM_LIM_INT	WD_INT	TSD_INT	THR_INT	BAT_INT	CHG_INT	VIN_INT
0x3A	BOOST_LDO_INTERRUPT_ENABLE	Not used					EN_LED_OPEN_INT	EN_PG4_BST_INT	EN_PG1_LDO1_INT
0x3B	BOOST_LDO_INTERRUPT_FLAG	Not used					LED_OPEN_INT	PG4_BST_INT	PG1_LDO1_INT
0x3C	DEFAULT_SET	DEFAULT_SET							
0x3D	NTC47K_SET	Not used							NTC_47K

レジスタ・ビットの説明

表 18. メーカーおよびモデルの ID、レジスタ・アドレス 0x00 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	MANUF[3:0]	R	0001	4 ビットのメーカー識別バス。
[3:0]	Model[3:0]	R	1011	4 ビットのモデル識別バス。

表 19. シリコン・リビジョン、レジスタ・アドレス 0x01 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		
[3:0]	REV[3:0]	R	0011	4 ビットのシリコン・リビジョン識別バス。

表 20. CHARGER_VBUS_ILIM、レジスタ・アドレス 0x02 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
[3:0]	ILIM[3:0]	R/W	0000	VBUSx ピンの入力電流制限設定バス。VBUSx への入力電流は、以下の設定値に制限可能です。 0000 = 100 mA 0001 = 150 mA 0010 = 200 mA 0011 = 300 mA 0100 = 400 mA 0101 = 500 mA 0110 = 600 mA 0111 = 700 mA 1000 = 800 mA 1001 = 900 mA 1010 = 1000 mA 1011 = 1100 mA 1100 = 1200 mA 1101 = 1300 mA 1110 = 1400 mA 1111 = 1500 mA

表 21. CHARGER_TERMINATION_SETTINGS、レジスタ・アドレス 0x03 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:2]	VTRM[5:0]	R/W	100011	終了電圧設定バス。フロート電圧は以下の値に設定可能です。 000000 = 3.50 V 000001 = 3.52 V 000010 = 3.54 V 000011 = 3.56 V 000100 = 3.58 V 000101 = 3.60 V 000110 = 3.62 V 000111 = 3.64 V 001000 = 3.66 V 001001 = 3.68 V 001010 = 3.70 V 001011 = 3.72 V 001100 = 3.74 V 001101 = 3.76 V 001110 = 3.78 V 001111 = 3.80 V 010000 = 3.82 V

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
				010001 = 3.84 V 010010 = 3.86 V 010011 = 3.88 V 010100 = 3.90 V 010101 = 3.92 V 010110 = 3.94 V 010111 = 3.96 V 011000 = 3.98 V 011001 = 4.00 V 011010 = 4.02 V 011011 = 4.04 V 011100 = 4.06 V 011101 = 4.08 V 011110 = 4.10 V 011111 = 4.12 V 100000 = 4.14 V 100001 = 4.16 V 100010 = 4.18 V 100011 = 4.20 V 100100 = 4.22 V 100101 = 4.24 V 100110 = 4.26 V 100111 = 4.28 V 101000 = 4.30 V 101001 = 4.32 V 101010 = 4.34 V 101011 = 4.36 V 101100 = 4.38 V 101101 = 4.40 V 101110 = 4.42 V 101111 = 4.44 V 110000 = 4.46 V 110001 = 4.48 V 110010 ~ 111111 = 4.5 V
[1:0]	IEND[1:0]	R/W	01	終了電流設定バス。終了電流は以下の値に設定可能です。 00 = 25 mA 01 = 35 mA 10 = 45 mA 11 = 55 mA

表 22. CHARGER_CURRENT_SETTING、レジスタ・アドレス 0x04 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	C_20_EOC	R/W	0	このビットは、他の設定（C_10_EOC と IEND）より優先されます。このビットをハイに設定すると、1/20 C 設定が使用されます。最小値は 25 mA です。
6	C_10_EOC	R/W	0	このビットは他の設定（IEND）より優先されますが、C_20_EOC の設定の方が優先されます。 C_20_EOC がハイに設定されていない場合に、このビットをハイに設定すると、1/10 C 設定が使用されます。最小値は 25 mA です。

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[5:2]	ICHG[3:0]	R/W	1100	高速充電電流設定バス。定電流充電は以下の値に設定可能です。 0000 = 25mA 0001 = 50 mA 0010 = 75 mA 0011 = 100 mA 0100 = 125 mA 0101 = 150 mA 0110 = 200 mA 0111 = 250 mA 1000 = 300 mA 1001 = 350 mA 1010 = 400 mA 1011 = 450 mA 1100 = 500 mA 1101 = 550 mA 1110 = 600 mA 1111 = 650 mA
[1:0]	ITRK_DEAD[1:0]	R/W	10 = 20 mA	トリクルおよび微弱充電電流設定バス。トリクルおよび微弱充電電流は以下の値に設定可能です。 00 = 5 mA 01 = 10 mA 10 = 20 mA 11 = 50 mA

表 23. CHARGER_VOLTAGE_THRESHOLD、レジスタ・アドレス 0x05 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
[6:5]	VRCH[1:0]	R/W	11	再充電電圧設定バス。再充電閾値は以下の値に設定可能です。 00 = 80 mV 01 = 140 mV 10 = 200 mV 11 = 260 mV
[4:3]	VTRK_DEAD[1:0]	R/W	01	トリクル充電から高速充電に切り替わるバッテリー切れ電圧の設定バス。 トリクル充電から高速充電への閾値を以下の値に設定可能です。 00 = 2.4 V 01 = 2.5 V 10 = 2.6 V 11 = 3.3 V
[2:0]	VWEAK[2:0]	R/W	011	微弱バッテリー電圧の上昇時間閾値。微弱バッテリー電圧の上昇時間閾値を以下の値に設定可能です。 000 = 2.7 V 001 = 2.8 V 010 = 2.9 V 011 = 3.0 V 100 = 3.1 V 101 = 3.2 V 110 = 3.3 V 111 = 3.4 V

表 24. CHARGER_TIMER_SETTING、レジスタ・アドレス 0x06 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
6	EN_TEND	R/W	1	ローにすると、充電終了タイマー (t_{END}) がディスエーブルになり、31 ms のデグリッチ・タイマーは機能を維持します。
5	EN_CHG_TIMER	R/W	1	ハイにすると、トリクル／高速充電タイマーがイネーブルになります。
[4:3]	CHG_TMR_PERIOD	R/W	11	トリクル／高速充電タイマー時間。 00 = 15 分／150 分 01 = 30 分／300 分 10 = 45 分／450 分 11 = 60 分／600 分
2	EN_WD	R/W	0	0 = V_{BSNS} が V_{TRK_DEAD} を超えたときでも、ウォッチドッグ・タイマーはディスエーブルです。 1 = ウォッチドッグ・タイマーと安全タイマーがイネーブルになります。
1	WD_PERIOD	R/W	0	ウォッチドッグ安全タイマー時間。 0 = 32 秒 ~ 40 分 1 = 64 秒 ~ 40 分
0	RESET_WD	W	0	このビットをハイにすると、ウォッチドッグ安全タイマーがリセットされます。このビットは自動的にリセットされます。

表 25. CHARGER_FUNCTION_SETTING1、レジスタ・アドレス 0x07 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	EN_JEITA	R/W	0	このビットをローにすると、JEITA リチウムイオン温度バッテリー充電仕様がディスエーブルになります。
6	DIS_IPK_SD	R/W	1	このビットをハイにすると、4つのピーク・インダクタ電流制限値に連続して達した場合のデバイスの自動停止がディスエーブルになります。さらに、このビットがハイのとき、IPK_STAT ステータス・ビットだけにフラグが立ちます。
5	EN_BMON	R/W	0	このビットがハイのとき、VBUSx ピンの電圧が V_{VBUSOK_FALL} より下がったときでも、バッテリー・モニタはイネーブルされています。
4	EN_THR	R/W	0	このビットがハイのとき、VBUSx ピンの電圧が V_{VBUSOK_FALL} より下がったときでも、THR 電流源はイネーブルされています。
3	EN_DCDC	R/W	1	このビットがローのとき、DC/DC コンバータがディスエーブルになります。このビットがハイのとき、DC/DC コンバータがイネーブルになります。
2	EN_EOC	R/W	1	このビットがハイのとき、充電の終了が許可されます。
1	EN_TRK	R/W	1	このビットがローのとき、トリクル・チャージャがディスエーブルになり、DC/DC コンバータがイネーブルになります。
0	EN_CHG	R/W	Factory setting	このビットがローのとき、充電がディスエーブルになります。このビットがハイで EN_DCDC がハイのとき、充電がイネーブルになります。

表 26. CHARGER_STATUS1、レジスタ・アドレス 0x08 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	VBUS_OV	R	Not applicable	このビットがハイになると、VBUSx ピンの電圧が V_{VBUS_OV} を上回ったことを示します。
6	Not used	R		未使用。
5	VBUS_ILIM	R	Not applicable	このビットがハイになると、VBUSx ピンに流入する電流が高電圧ブロッキング FET によって制限され、チャージャは設定された最大限の電流 I_{CHG} では動作していないことを示します。
4	THERM_LIM	R	Not applicable	このビットがハイになると、チャージャは設定された最大限の電流 I_{CHG} では動作していないが、ダイの温度によって制限されていることを示します。
3	CHDONE	R	Not applicable	このビットがハイになると、充電サイクルの終了を示します。このビットはオンにラッチされるため、閾値 V_{RCH} に達してもローにリセットされません。

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[2:0]	CHAGER_STATUS[2:0]	R	Not applicable	チャージャ・ステータス・バス。 000 = オフ 001 = トリクル充電 010 = 高速充電（定電流モード） 011 = 高速充電（定電圧モード） 100 = 充電終了 101 = 一時停止 110 = トリクル、高速、または安全充電タイマーがタイムアウト 111 = バッテリ検出

表 27. CHARGER_STATUS2、レジスタ・アドレス 0x09 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:5]	THR_STATUS[2:0]	R	Not applicable	THR ピン・ステータス。 000 = オフ 001 = バッテリ・コールド 010 = バッテリ・クール 011 = バッテリ・ウォーム 100 = バッテリ・ホット 111 = サーマスタはバッテリ・クールとバッテリ・ウォーム設定値の間の通常の動作温度
4	IPK_STAT	R	Not applicable	ピーク電流制限ステータス・ビット。4つ以上のピーク・インダクタ電流制限値に連続して達した場合、ハイにセットされます。
3	Not used	R		未使用。
[2:0]	BATTERY_STATUS[2:0]	R	Not applicable	バッテリ・ステータス・バス。 000 = バッテリ・モニタがオフ 001 = バッテリなし 010 = $V_{BSNS} < V_{TRK}$ 011 = $V_{TRK} \leq V_{BSNS} < V_{WEAK}$ 100 = $V_{BSNS} \geq V_{WEAK}$

表 28. CHARGER_FAULT、レジスタ・アドレス 0x0A のビットの説明¹

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
3	BAT_SHR	R/W	0	このビットがハイになると、バッテリ短絡を検出したことを示します。
2	IND_PEAK	R/W	0	このビットがハイになると、インダクタ・ピーク電流制限フォールトが起きたことを示します。
1	TSD_130	R/W	0	このビットがハイになると、過熱早期警告が発せられたことを示します。
0	TSD_140	R/W	0	このビットがハイになると、過熱状態を検出したことを示します。このデバイスは過熱状態になったためシャットダウンします。

¹ CHARGER_FAULT レジスタ内のフォールト・ビットをリセットするには、VBUSx の電源を入れ直すか、または該当する PC ビットを読み出し、続けてそのビットにハイを書き込みます。

表 29. BATTERY_SHORT、レジスタ・アドレス 0x0B のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:5]	TBAT_SHR[2:0]	R/W	100	バッテリ短絡タイムアウト・タイマー。 000 = 1 sec 001 = 2 sec 010 = 4 sec 011 = 10 sec 100 = 30 sec 101 = 60 sec 110 = 120 sec 111 = 180 sec

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[4:3]	Not used	R		未使用。
[2:0]	VBAT_SHR[2:0]	R/W	100	バッテリ短絡電圧閾値レベル。 000 = 2.0 V 001 = 2.1 V 010 = 2.2 V 011 = 2.3 V 100 = 2.4 V 101 = 2.5 V 110 = 2.6 V 111 = 2.7 V

表 30. BATTERY_THERMISTOR_CONTROL、レジスタ・アドレス 0x0C のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	ILIM_JEITA_COOL	R/W	0	0 °C ～ 10 °C のクール温度範囲のときのバッテリ充電電流を選択します。 0 = 設定充電電流の約 50 % 1 = 設定充電電流の約 10%
6	TBAT_LOW	R/W	0	バッテリ温度低閾値を選択します。バッテリ温度が TBAT_LOW より低くなると、充電を停止します。 0 = 0 °C 1 = 10°C
5	TBAT_HIGH	R/W	1	バッテリ温度高閾値を選択します。バッテリ温度が TBAT_HIGH より高くなると、充電を停止します。 0 = 45°C 1 = 60°C
4	R_NTC	R/W	Factory setting	バッテリ・サーミスタ NTC 抵抗を選択します。 0 = 25 °C で 10 kΩ 1 = 25 °C で 100 kΩ または 47 kΩ
[3:0]	BETA_NTC ¹	R/W	Factory setting	NTC ベータ設定用の 4 ビット設定バス。 0000 = 2350 0001 = 2600 0010 = 2750 0011 = 3000 0100 = 3150 0101 = 3350 0110 = 3500 0111 = 3600 1000 = 3800 1001 = 4000 1010 = 4200 1011 = 4400 1100 = 4600 1101 = 4800 1110 = 5000 1111 = 5200

¹ BETA_NTC ビットは出荷時の設定で微調整されているので、アプリケーションでこれらのビットに書き込むことは推奨しません。

表 31. V_SOC_0、レジスタ・アドレス 0x0D のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_0	R/W	0x7C	SOC が 0 % のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.5 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_0 \times 0.008)$ 。

表 32. V_SOC_5、レジスタ・アドレス 0x0E のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_5	R/W	0x91	SOC が 5% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.66 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_5 \times 0.008)$ 。

表 33. V_SOC_11、レジスタ・アドレス 0x0F のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_11	R/W	0x94	SOC が 11% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.684 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_11 \times 0.008)$ 。

表 34. V_SOC_19、レジスタ・アドレス 0x10 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_19	R/W	0x99	SOC が 19% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.724 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_19 \times 0.008)$ 。

表 35. V_SOC_28、レジスタ・アドレス 0x11 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_28	R/W	0x9E	SOC が 28% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.764 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_28 \times 0.008)$ 。

表 36. V_SOC_41、レジスタ・アドレス 0x12 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_41	R/W	0xA3	SOC が 41% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.804 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_41 \times 0.008)$ 。

表 37. V_SOC_55、レジスタ・アドレス 0x13 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_55	R/W	0xAB	SOC が 55% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.868 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_55 \times 0.008)$ 。

表 38. V_SOC_69、レジスタ・アドレス 0x14 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_69	R/W	0xB5	SOC が 69% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 3.948 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_69 \times 0.008)$ 。

表 39. V_SOC_84、レジスタ・アドレス 0x15 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_84	R/W	0xC4	SOC が 84% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 4.068 V です。バッテリー電圧 (V) = $(2.5 + V_SOC_84 \times 0.008)$ 。

表 40. V_SOC_100、レジスタ・アドレス 0x16 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	V_SOC_100	R/W	0xD5	SOC が 100% のときのバッテリー電圧。デフォルト電圧は 4.204 V です。バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_100 × 0.008)。

表 41. FILTER_SETTING1、レジスタ・アドレス 0x17 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
[6:4]	FILTER_CHARGE	R/W	100	バッテリー充電モードでの SOC の (C レートでの) フィルタ制限。C レートは、バッテリー容量を基準にしたバッテリーの充電または放電の電流レートです。 000 = 0.125 C 001 = 0.25 C 010 = 0.5 C 011 = 0.75 C 100 = 1 C 101 = 1.5 C 110 = 2 C 111 = 3 C
3	Not used	R		未使用。
[2:0]	FILTER_DISCHARGE	R/W	010	バッテリー放電モードでの SOC の (C レートでの) フィルタ制限。C レートは、バッテリー容量を基準にしたバッテリーの充電または放電の電流レートです。 000 = 0.125 C 001 = 0.25 C 010 = 0.5 C 011 = 0.75 C 100 = 1 C 101 = 1.5 C 110 = 2 C 111 = 3 C

表 42. FILTER_SETTING2、レジスタ・アドレス 0x18 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:2]	Not used	R/W	000000	未使用。
[1:0]	FILTER_IDLE	R/W	00	バッテリー・アイドル・モードでの SOC のフィルタ制限。 00 = FILTER_CHARGE/8 01 = FILTER_CHARGE/16 10 = FILTER_CHARGE/32 11 = FILTER_CHARGE/64

表 43. RBAT_0、レジスタ・アドレス 0x19 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_0	R/W	0x3F	0 °C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_0 × 32 mΩ。

表 44. RBAT_10、レジスタ・アドレス 0x1A のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_10	R/W	0x3F	10°C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_10 × 32 mΩ。

表 45. RBAT_20、レジスタ・アドレス 0x1B のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_20	R/W	0x3F	20°C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_20 × 32 mΩ。

表 46. RBAT_30、レジスタ・アドレス 0x1C のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_30	R/W	0x3F	30°C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_30 × 32 mΩ。

表 47. RBAT_40、レジスタ・アドレス 0x1D のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_40	R/W	0x3F	40°C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_40 × 32 mΩ。

表 48. RBAT_60、レジスタ・アドレス 0x1E のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	RBAT_60	R/W	0x3F	60°C でのバッテリー内部抵抗。抵抗範囲は 0 mΩ ～ 8160 mΩ で、デフォルト抵抗は 2016 mΩ です。 抵抗値 = RBAT_60 × 32 mΩ。

表 49. K_RBAT_CHARGE、レジスタ・アドレス 0x1F のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:6]	Not used	R		未使用。
[5:4]	K_RBAT_SOC	R/W	00	容量が 20 % 未満のときのバッテリー内部抵抗係数。 00 = SOC が 0 % のときの R_{BAT} = SOC が 20 % のときの R_{BAT} 01 = SOC が 0 % のときの R_{BAT} = SOC が 20 % のときの $R_{BAT} \times 2$ 10 = SOC が 0 % のときの R_{BAT} = SOC が 20 % のときの $R_{BAT} \times 4$ 11 = SOC が 0 % のときの R_{BAT} = SOC が 20 % のときの $R_{BAT} \times 8$
[3:0]	K_RBAT_CHARGE	R/W	1000	充電用バッテリー内部抵抗係数。係数 = $0.75 + K_RBAT_CHARGE/32$ 。

表 50. BAT_TEMP、レジスタ・アドレス 0x20 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
6	BAT_TEMP_SOURCE	R/W	0	バッテリー温度源選択ビット。 0: THR 入力から 1: I ² C から
[5:0]	BAT_TEMP	R/W	11011	I ² C からのバッテリー温度。バッテリー温度設定範囲は -2 °C ～ +61 °C です。温度値 (°C) = (BAT_TEMP - 2)。

表 51. BAT_SOC、レジスタ・アドレス 0x21 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
[6:0]	BAT_SOC	R	Not applicable	バッテリーの充電状態。SOC = BAT_SOC %, 0 % ～ 100 % の値だけです。

表 52. VBAT_READ_H、レジスタ・アドレス 0x22 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	VBAT_READ[12:5]	R	Not applicable	読み取られたバッテリー電圧、上位 8 ビット、単位は mV です。V _{BAT} (mV) = (VBAT_READ_H × 32 + VBAT_READ_L/8)。

表 53. VBAT_READ_L、レジスタ・アドレス 0x23 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:3]	VBAT_READ[4:0]	R	Not applicable	読み取られたバッテリー電圧、下位 5 ビット、単位は mV です。V _{BAT} (mV) = (VBAT_READ_H × 32 + VBAT_READ_L/8)。
[2:0]	Not used	R		未使用。

表 54. FUEL_GAUGE_MODE、レジスタ・アドレス 0x24 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:2]	Not used	R		未使用。
2	SLEEP_UPDATE_TIME	R/W	0	スリープ・モードでの SOC 更新時間を選択します。 0: 5 分 1: 20 分
1	FUEL_GAUGE_MODE	R/W	0	燃料計の動作モード。 1: スリープ・モードがイネーブルになります。 0: スリープ・モードがディスエーブルになります。
0	FUEL_GAUGE_ENABLE	R/W	0	0: 燃料計がディスエーブルになります。 1: 燃料計がイネーブルになります。

表 55. SOC_RESET、レジスタ・アドレス 0x25 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	SOC reset	W	0	1 を書き込むと、BAT_SOC、VBAT_READ_H、および VBAT_READ_L レジスタがリセットされます。
[6:0]	Not used	R		未使用。

表 56. BST_LED_CTRL、レジスタ・アドレス 0x26 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:6]	Not used	R		未使用。
5	EN_BST	R/W	0	昇圧イネーブル信号（昇圧レギュレータがスタンダアロン動作モードのときだけ有効）。 0 = 昇圧出力がディスエーブルになります。 1 = 昇圧出力がイネーブルになります。
4	EN_LED5	R/W	0	LED5 の個別シンク用のイネーブル信号（LED5 がグループ化されたバックライトとして設定されている場合は無効）。 0 = LED5 の個別電流シンクがディスエーブルになります。 1 = LED5 の個別電流シンクがイネーブルになります。
3	EN_LED4	R/W	0	LED4 の個別シンク用のイネーブル信号（LED4 がグループ化されたバックライトとして設定されている場合は無効）。 0 = LED4 の個別電流シンクがディスエーブルになります。 1 = LED4 の個別電流シンクがイネーブルになります。
2	EN_LED3	R/W	0	LED3 の個別シンク用のイネーブル信号（LED3 がグループ化されたバックライトとして設定されている場合は無効）。 0 = LED3 の個別電流シンクがディスエーブルになります。 1 = LED3 の個別電流シンクがイネーブルになります。
1	EN_LED2	R/W	0	LED2 の個別シンク用のイネーブル信号（LED2 がグループ化されたバックライトとして設定されている場合は無効）。 0 = LED2 の個別電流シンクがディスエーブルになります。 1 = LED2 の個別電流シンクがイネーブルになります。

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
0	EN_BL	R/W	0	グループ化されたバックライト・イネーブル信号 0 = グループ化されたバックライトがディスエーブルになります。 1 = グループ化されたバックライトがイネーブルになります。

表 57. BST_CFG、レジスタ・アドレス 0x27 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	BST_MODE	R/W	0	このビットは昇圧レギュレータ動作モードを設定します。 0 = LED 動作モード 1 = 昇圧スタンドアロン動作モード
6	BST_BL	R/W	0	このビットは、昇圧レギュレータがバイアス電圧をすべてのアクティブな LED チャンネルに供給するか、またはアクティブな LED バックライト・チャンネルだけに供給するかを設定します。（昇圧レギュレータが LED 動作モードに設定されているときだけ有効） 0 = 昇圧レギュレータはすべてのアクティブな LED チャンネルにバイアス電圧を供給します。この設定では、昇圧レギュレータはすべてのアクティブな LED 電流源に応じて、適応ヘッドルーム調整を行います。 1 = 昇圧レギュレータはアクティブな LED バックライト・チャンネルだけにバイアス電圧を供給します。
5	FOVR	R/W	0	このビットはバックライトのフェード・インとフェード・アウトにおける無効化機能を設定します。 0 = フェード・インとフェード・アウトの無効化がディスエーブルになります。 1 = フェード・インとフェード・アウトの無効化がイネーブルになります。
4	Not used	R		未使用
[3:2]	BST_OVP	R/W	00	このビットは VOUT4 ピンの昇圧出力電圧の過電圧閾値を設定します。 00 = 18.5 V 01 = 15 V 10 = 10 V 11 = 5.6 V
1	Not used	R		未使用。
0	BST_IPK	R/W	0	このビットは昇圧レギュレータのピーク電流制限値を設定します。 0 = 600 mA のピーク電流制限値 1 = 300 mA のピーク電流制限値

表 58. IBL_SET、レジスタ・アドレス 0x28 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:6]	Not used	R		未使用。
[5:0]	IBL[5:0]	R/W	000000	これらのビットはグループ化されたバックライト（LED1）の LED 電流値を設定します。すべてのグループ化されたバックライト LED チャンネルは以下のような電流値に設定されます。64 レベルに対して二乗法則のアルゴリズムが用いられます。 000000 = 0 mA 000001 = 0.005 mA 000010 = 0.020 mA ... 111101 = 18.750 mA 111110 = 19.370 mA 111111 = 20 mA

表 59. ILED2_SET、レジスタ・アドレス 0x29 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	BL_LED2	R/W	0	このビットは LED2 をグループ化されたバックライトまたは個別の電流シンクとして設定します。 0 = 個別の電流シンクとして設定します。 1 = グループ化されたバックライトとして設定します。
6	Not used	R		未使用。
[5:0]	ILED2[5:0]	R/W	000000	これらのビットは LED2 に対する個別の LED 電流値を設定します。LED2 がグループ化された LED バックライトとして設定されている場合、この設定は無効です。64 レベルに対して二乗法則のアルゴリズムが用いられます。 000000 = 0 mA 000001 = 0.005 mA 000010 = 0.020 mA ... 111101 = 18.750 mA 111110 = 19.370 mA 111111 = 20 mA

表 60. ILED3_SET、レジスタ・アドレス 0x2A のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	BL_LED3	R/W	0	このビットは LED3 をグループ化されたバックライトまたは個別の電流シンクとして設定します。 0 = 個別の電流シンクとして設定します。 1 = グループ化されたバックライトとして設定します。
6	Not used	R		未使用。
[5:0]	ILED3[5:0]	R/W	000000	これらのビットは LED3 に対する個別の LED 電流値を設定します。LED3 がグループ化された LED バックライトとして設定されている場合、この設定は無効です。64 レベルに対して二乗法則のアルゴリズムが用いられます。 000000 = 0 mA 000001 = 0.005 mA 000010 = 0.020 mA ... 111101 = 18.750 mA 111110 = 19.370 mA 111111 = 20 mA

表 61. ILED4_SET、レジスタ・アドレス 0x2B のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	BL_LED4	R/W	0	このビットは LED4 をグループ化されたバックライトまたは個別の電流シンクとして設定します。 0 = 個別の電流シンクとして設定します。 1 = グループ化されたバックライトとして設定します。
6	Not used	R		未使用。
[5:0]	ILED4[5:0]	R/W	000000	これらのビットは LED4 に対する個別の LED 電流値を設定します。LED4 がグループ化された LED バックライトとして設定されている場合、この設定は無効です。64 レベルに対して二乗法則のアルゴリズムが用いられます。 000000 = 0 mA 000001 = 0.005 mA 000010 = 0.020 mA ... 111101 = 18.750 mA 111110 = 19.370 mA 111111 = 20 mA

表 62. ILED5_SET、レジスタ・アドレス 0x2C のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	BL_LED5	R/W	0	このビットは LED5 をグループ化されたバックライトまたは個別の電流シンクとして設定します。 0 = 個別の電流シンクとして設定します。 1 = グループ化されたバックライトとして設定します。
6	Not used	R		未使用。
[5:0]	ILED5[5:0]	R/W	000000	これらのビットは LED5 に対する個別の LED 電流値を設定します。LED5 がグループ化された LED バックライトとして設定されている場合、この設定は無効です。64 レベルに対して二乗法則のアルゴリズムが用いられます。 000000 = 0 mA 000001 = 0.005 mA 000010 = 0.020 mA ... 111101 = 18.750 mA 111110 = 19.370 mA 111111 = 20 mA

表 63. BL_FR、レジスタ・アドレス 0x2D のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	BL_FO[3:0]	R/W	0000	これらのビットはグループ化された LED バックライトのフェード・アウト・タイマーを設定します。タイマー設定は、最大 LED 電流コードのフェード・アウトから始まり、ゼロで終わる特定の時間に適用されます。したがって、最大 LED 電流コードが使用されていない場合、実際のフェード・アウト時間は短くなります。
				0000 = フェード・アウトがディスエーブルになります。 0001 = 0.3 秒 0010 = 0.6 秒 ... 1101 = 3.9 秒 1110 = 4.2 秒 1111 = 4.5 秒
[3:0]	BL_FI[3:0]	R/W	0000	これらのビットは、グループ化された LED バックライトのフェード・イン・タイマーを設定します。タイマー設定は、ゼロ・フェードから始まり、最大 LED 電流コードで終わる特定の時間に適用されます。したがって、最大 LED 電流コードが使用されていない場合、実際のフェード・イン時間は短くなります。 0000 = フェード・インがディスエーブルになります。 0001 = 0.3 秒 0010 = 0.6 秒 ... 1101 = 3.9 秒 1110 = 4.2 秒 1111 = 4.5 秒

表 64. LED3_BLINK、レジスタ・アドレス 0x2E のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	LED3_OFF[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED3 点滅機能用のオフ・タイマーを設定します。（この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 点滅機能がディスエーブルになります。 0001 = 0.250 秒 0010 = 0.500 秒 0011 = 0.750 秒 ... 1110 = 3.500 秒 1111 = 3.750 秒

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[3:0]	LED3_ON[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED3 点滅機能用のオン・タイマーを設定します。 （この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 0.125 秒 0000 = 0.250 秒 0010 = 0.375 秒 ... 1110 = 1.875 秒 1111 = 2.000 秒

表 65. LED4 Blink、レジスタ・アドレス 0x2F のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	LED4_OFF[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED4 点滅機能用のオフ・タイマーを設定します。 （この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 点滅機能がディスエーブルになります。 0001 = 0.250 秒 0010 = 0.500 秒 0011 = 0.750 秒 ... 1110 = 3.500 秒 1111 = 3.750 秒
[3:0]	LED4_ON[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED4 点滅機能用のオン・タイマーを設定します。 （この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 0.125 秒 0000 = 0.250 秒 0010 = 0.375 秒 ... 1110 = 1.875 秒 1111 = 2.000 秒

表 66. LED5 Blink、レジスタ・アドレス 0x30 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	LED5_OFF[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED4 点滅機能用のオフ・タイマーを設定します。 （この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 点滅機能がディスエーブルになります。 0001 = 0.250 秒 0010 = 0.500 秒 0011 = 0.750 秒 ... 1110 = 3.500 秒 1111 = 3.750 秒
[3:0]	LED5_ON[3:0]	R/W	0000	これらのビットは LED5 点滅機能用のオン・タイマーを設定します。 （この LED チャンネルがグループ化された LED バックライトとして設定されている場合は無効） 0000 = 0.125 秒 0000 = 0.250 秒 0010 = 0.375 秒 ... 1110 = 1.875 秒 1111 = 2.000 秒

表 67. LED_STATUS、レジスタ・アドレス 0x31 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:5]	Not used	R		未使用。
4	LED5_OPEN ¹	R	Not applicable	このビットは LED5 のステータスを記録します。 0: LED5 チャンネルがオープン状態でないことを示します。 1: LED5 チャンネルがオープン状態であることを示します。
3	LED4_OPEN ¹	R	Not applicable	このビットは LED4 のステータスを記録します。 0: LED4 チャンネルがオープン状態でないことを示します。 1: LED4 チャンネルがオープン状態であることを示します。
2	LED3_OPEN ¹	R	Not applicable	このビットは LED3 のステータスを記録します。 0: LED3 チャンネルがオープン状態でないことを示します。 1: LED3 チャンネルがオープン状態であることを示します。
1	LED2_OPEN ¹	R	Not applicable	このビットは LED2 のステータスを記録します。 0: LED2 チャンネルがオープン状態でないことを示します。 1: LED2 チャンネルがオープン状態であることを示します。
0	LED1_OPEN ¹	R	Not applicable	このビットは LED1 のステータスを記録します。 0: LED1 チャンネルがオープン状態でないことを示します。 1: LED1 チャンネルがオープン状態であることを示します。

¹ このレジスタのいずれかのビットをリセットするには、VBUSx の電源を入れ直すか、または該当する I²C ビットにハイを書き込みます。

表 68. LDO_CTRL、レジスタ・アドレス 0x32 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
2	EN_LDO3	R/W	Factory setting	LDO3（または負荷スイッチ 3）用のイネーブル信号 0 = LDO3（または負荷スイッチ 3）がディスエーブルになります。 1 = LDO3（または負荷スイッチ 3）がイネーブルになります。
1	EN_LDO2	R/W	Factory setting	LDO2（または負荷スイッチ 2）用のイネーブル信号 0 = LDO2（または負荷スイッチ 2）がディスエーブルになります。 1 = LDO2（または負荷スイッチ 2）がイネーブルになります。
0	EN_LDO1	R/W	1	LDO1（または負荷スイッチ 1）用のイネーブル信号 0 = LDO1（または負荷スイッチ 1）がディスエーブルになります。 1 = LDO1（または負荷スイッチ 1）がイネーブルになります。

表 69. LDO_CFG、レジスタ・アドレス 0x33 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	Not used	R		未使用。
6	DSCG_LDO3	R/W	0	このビットは、LDO3 または負荷スイッチ 3 に対して出力放電機能を設定します。 0 = 放電機能がディスエーブルになります。 1 = 放電機能がイネーブルになります。
5	DSCG_LDO2	R/W	0	このビットは、LDO2 または負荷スイッチ 2 に対して出力放電機能を設定します。 0 = 放電機能がディスエーブルになります。 1 = 放電機能がイネーブルになります。
4	DSCG_LDO1	R/W	0	このビットは、LDO1 または負荷スイッチ 1 に対して出力放電機能を設定します。 0 = 放電機能がディスエーブルになります。 1 = 放電機能がイネーブルになります。
3	Not used	R		未使用。
2	MODE_LDO3	R/W	0	このビットは、LDO3 を LDO または負荷スイッチとして設定します。 0 = LDO モード 1 = 負荷スイッチ・モード
1	MODE_LDO2	R/W	0	このビットは、LDO2 を LDO または負荷スイッチとして設定します。 0 = LDO モード 1 = 負荷スイッチ・モード

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
0	MODE_LDO1	R/W	0	このビットは、LDO1 を LDO または負荷スイッチとして設定します。 0 = LDO モード 1 = 負荷スイッチ・モード

表 70. VID_LDO12、レジスタ・アドレス 0x34 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	VID_LDO2	R/W	Factory setting	これらのビットは LDO2 の出力電圧を設定します。このチャンネルが負荷スイッチとして設定されているとき、これらのビットは無効です。 0000 = 4.20 V 0001 = 3.60 V 0010 = 3.30 V 0011 = 3.15 V 0100 = 3.00 V 0101 = 2.85 V 0110 = 2.50 V 0111 = 2.30 V 1000 = 2.10 V 1001 = 1.80 V 1010 = 1.50 V 1011 = 1.40 V 1100 = 1.30 V 1101 = 1.20 V 1110 = 1.10 V 1111 = 1.00 V
[3:0]	VID_LDO1	R/W	Factory setting	これらのビットは LDO1 の出力電圧を設定します。このチャンネルが負荷スイッチとして設定されているとき、これらのビットは無効です。 0000 = 4.20 V 0001 = 3.60 V 0010 = 3.30 V 0011 = 3.15 V 0100 = 3.00 V 0101 = 2.85 V 0110 = 2.50 V 0111 = 2.30 V 1000 = 2.10 V 1001 = 1.80 V 1010 = 1.50 V 1011 = 1.40 V 1100 = 1.30 V 1101 = 1.20 V 1110 = 1.10 V 1111 = 1.00 V

表 71. VID_LDO3、レジスタ・アドレス 0x35 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
[3:0]	VID_LDO3	R/W	Factory setting	これらのビットは LDO3 の出力電圧を設定します。このチャンネルが負荷スイッチとして設定されているとき、これらのビットは無効です。 0000 = 4.20 V 0001 = 3.60 V 0010 = 3.30 V 0011 = 3.15 V 0100 = 3.00 V 0101 = 2.85 V 0110 = 2.50 V 0111 = 2.30 V 1000 = 2.10 V 1001 = 1.80 V 1010 = 1.50 V 1011 = 1.40 V 1100 = 1.30 V 1101 = 1.20 V 1110 = 1.10 V 1111 = 1.00 V

表 72. PGOOD_STATUS、レジスタ・アドレス 0x36 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
3	VBUSOK	R	Not applicable	このビットは、VBUSx の電圧のリアルタイム・ステータスを示します。 0 = VBUSx ピンの電圧が V_{VBUSOK} より低い、または V_{VBUS_OV} より高いことを示します。 1 = VBUSx ピンの電圧が V_{VBUSOK} より高く、かつ V_{VBUS_OV} より低いことを示します。
2	BATOK	R	Not applicable	このビットは、バッテリー電圧のリアルタイム・ステータスを示します。 0 = バッテリー電圧が V_{WEAK} より低いことを示します。 1 = バッテリー電圧が V_{WEAK} より高いことを示します。
1	PG4_BST	R	Not applicable	このビットは、昇圧レギュレータのリアルタイム・パワーグッド・ステータスを示します。このビットは、昇圧スタンドアロン固定出力モードのときだけ有効です。 0 = 昇圧レギュレータ・パワーグッド・ステータスがローであることを示します。 1 = 昇圧レギュレータ・パワーグッド・ステータスがハイであることを示します。
0	PG1_LDO1	R	Not applicable	このビットは LDO1 のリアルタイム・パワーグッド・ステータスを示します。このビットは、LDO レギュレータが負荷スイッチ・モードとして設定されている場合は無効です。 0 = LDO1 パワーグッド・ステータスがローであることを示します。 1 = LDO1 パワーグッド・ステータスがハイであることを示します。

表 73. PGOOD_MASK、レジスタ・アドレス 0x37 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:4]	Not used	R		未使用。
3	VBUSOK_MASK	R/W	Factory setting	このビットは外部の PGOOD ピンを設定します。 0 = V_{VBUSx} の電圧ステータス信号を外部の PGOOD ピンに出力しません。 1 = V_{VBUSx} の電圧ステータス信号を外部の PGOOD ピンに出力します。
2	BATOK_MASK	R/W	0	このビットは外部の PGOOD ピンを設定します。 0 = BATOK 信号を外部の PGOOD ピンに出力しません。 1 = BATOK 信号を外部の PGOOD ピンに出力します。

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
1	PG4_BST_MASK	R/W	0	このビットは外部の PGOOD ピンを設定します。このビットは、昇圧スタンドアロン固定出力モードのときだけ有効です。 0 = 昇圧 PGOOD 信号を外部の PGOOD ピンに出力しません。 1 = 昇圧 PGOOD 信号を外部の PGOOD ピンに出力します。
0	PG1_LDO1_MASK ¹	R/W	Factory setting	このビットは外部の PGOOD ピンを設定します。このビットは、LDO レギュレータが負荷スイッチ・モードとして設定されている場合は無効です。 0 = LDO1 PGOOD 信号を外部の PGOOD ピンに出力しません。 1 = LDO1 PGOOD 信号を外部の PGOOD ピンに出力します。

¹ PGOOD ピンが PG1_LDO1_MASK に対して選択されているとき、ADP5350 の静止電流は標準で 4 μ A に増加します。

表 74. CHARGER_INTERRUPT_ENABLE、レジスタ・アドレス 0x38 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	EN_IND_PEAK_INT	R/W	0	ハイにすると、インダクタ・ピーク電流制限割り込みがイネーブルになります。
6	EN_THERM_LIM_INT	R/W	0	ハイにすると、等温充電割り込みが許可されます。
5	EN_WD_INT	R/W	0	ハイにすると、ウォッチドッグ警報割り込みが許可されます。
4	EN_TSD_INT	R/W	0	ハイにすると、過熱 130 °C 警告割り込みが許可されます。
3	EN_THR_INT	R/W	0	ハイにすると、THR 温度閾値割り込みが許可されます。
2	EN_BAT_INT	R/W	0	ハイにすると、バッテリー電圧閾値割り込みが許可されます。
1	EN_CHG_INT	R/W	0	ハイにすると、チャージャ・モード変更割り込みが許可されます。
0	EN_VIN_INT	R/W	0	ハイにすると、VBUSx ピン電圧閾値割り込みが許可されます。

表 75. CHARGER_INTERRUPT_FLAG、レジスタ・アドレス 0x39 のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
7	IND_PEAK_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットはインダクタ・ピーク電流制限による割り込みがあることを示します。
6	THERM_LIM_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットは等温充電による割り込みがあることを示します。
5	WD_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットはウォッチドッグ警告による割り込みがあることを示します。32 秒または 64 秒の t_{WD} の設定に応じて、ウォッチドッグ・タイマーはそれぞれ 2 秒または 4 秒以内に終了します。
4	TSD_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットは過熱フォールトによる割り込みがあることを示します。
3	THR_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットは THR 温度閾値による割り込みがあることを示します。
2	BAT_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットはバッテリー電圧閾値による割り込みがあることを示します。
1	CHG_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットはチャージャ・モード変更による割り込みがあることを示します。
0	VIN_INT ¹	R	0	ハイになると、このビットは VBUSx 電圧閾値による割り込みがあることを示します。

¹ これらのビットは読み込まれたとき、自動的に 0 にリセットされます。

表 76. BOOST_LDO_INTERRUPT_ENABLE、レジスタ・アドレス 0x3A のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:3]	Not used	R		未使用。
2	EN_LED_OPEN_INT	R/W	0	0 = LED のオープンを割り込みピンに通知しません。 1 = LED のオープンを割り込みピンに通知します。
1	EN_PG4_BST_INT	R/W	0	0 = 昇圧レギュレータのパワーグッド警告を割り込みピンに通知しません。 1 = 昇圧レギュレータのパワーグッド警告を割り込みピンに通知します。
0	EN_PG1_LDO1_INT	R/W	0	0 = LDO1 のパワーグッド警告を割り込みピンに通知しません。 1 = LDO1 のパワーグッド警告を割り込みピンに通知します。

表 77. BOOST_LDO_INTERRUPT_FLAG、レジスタ・アドレス 0x3B のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:3]	Not used	R		未使用。
2	LED_OPEN_INT ¹	R	0	このビットが高になると、LED オープン・サーキット・フォールトによる割り込みがあることを示します。
1	PG4_BST_INT ¹	R	0	このビットが高になると、昇圧レギュレータのパワーグッド警告による割り込みがあることを示します。
0	PG1_LDO1_INT ¹	R	0	このビットが高になると、LDO1 のパワーグッド警告による割り込みがあることを示します。

¹ これらのビットは読み出されると、自動的に 0 にリセットされます。

表 78. DEFAULT_SET、レジスタ・アドレス 0x3C のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:0]	DEFAULT_SET	W	0	このビットに 0x7F を書き込むと、すべてのレジスタがデフォルト値に初期化されます。

表 79. NTC47K_SET、レジスタ・アドレス 0x3D のビットの説明

Bit No.	Mnemonic	Access	Default	Description
[7:1]	Not used	R		未使用。
0	NTC_47K	R/W	1	バッテリ・サーミスタ NTC 抵抗を選択します。R_NTC = 1 のときに有効です。 0 = 25 °C で 100 kΩ 1 = 25 °C で 47 kΩ

アプリケーション情報

外付け部品

降圧インダクタの選択

ADP5350 の降圧コンバータはスイッチング周波数が高いので、小型のチップ・インダクタを選択することができます。推奨する降圧インダクタを表 80 に示します。

ピーク to ピークのインダクタ電流リップル I_{RIPPLE} は、次式を使用して計算できます。

$$I_{RIPPLE} = \frac{V_{ISOS} \times (V_{ISOS} - V_{CFL1})}{V_{ISOS} \times f_{SW} \times L1}$$

ここで

V_{ISOS} は ISOS ノードの出力電圧です。

V_{CFL1} は CFL1 ノードのコンバータ入力電圧です。

f_{SW} はスイッチング周波数です。

$L1$ は降圧出力インダクタ値です。

インダクタの最小 DC 電流定格は、インダクタのピーク電流よりも大きくする必要があります。インダクタのピーク電流 I_{PEAK} は次式を使用して計算できます。

$$I_{PEAK} = I_{CHG} + I_{LOAD_MAX} + \frac{I_{RIPPLE}}{2}$$

インダクタ導通損失は、内部 DC 抵抗 (DCR) を持つインダクタを流れる電流によって発生します。大型のインダクタの方が DCR 値が小さいため、インダクタ導通損失を小さくすることができます。インダクタ・コア損失は、コア材料の透磁率と関係があります。降圧レギュレータは、高スイッチング周波数 DC/DC コンバータであるため、低コア損失および低電磁妨害 (EMI) 特性を備えたシールド・フェライト・コア材料を使用することをお勧めします。

昇圧インダクタの選択

インダクタは昇圧スイッチング・レギュレータにおいて極めて重要な部品です。インダクタは、オンのときにエネルギーを蓄積し、オフのときに出力整流器を通じて出力側にエネルギーを転送します。2 μ H ~ 10 μ H の範囲のインダクタンスを使用してください。一般に、物理的サイズが同じであれば、インダクタンス値が小さいほど飽和電流が大きく、直列抵抗が小さくなります。しかし、インダクタンスを小さくするとピーク電流が大きくなります。この結果、効率が低下し、入力や出力のリップ

表 80. 推奨する降圧インダクタ

Vendor	Part Number	L (μ H)	Typical DC Current (A)	Maximum DCR (m Ω)	Size
Würth	74479976215	1.5	1.2	125	0806
TDK	VLS201612CX-1R5M	1.5	1.9	89	0806

表 81. 推奨する昇圧インダクタ

Vendor	Part Number	L (μ H)	Typical DC Current (A)	Maximum DCR (m Ω)	Size
Würth	74479776247A	4.7	0.9	140	0806
TDK	VLS201612CX-4R7M	4.7	1.12	252	0806

ル、およびノイズが増大します。通常、インダクタ・リップル電流のピーク to ピーク値が、最大 DC 入力電流の 30 % に近い場合に、最もバランスのとれた状態になります。推奨する昇圧インダクタを表 81 に示します。

入力電圧 V_{IN4} と出力電圧 V_{OUT4} によってスイッチのデューティ・サイクルが決まり、その結果、インダクタ・リップル電流が決まります。定常状態のインダクタ・リップル電流は次式を使用して計算できます。

$$I_{RIPPLE4} = \frac{V_{IN4} \times (V_{OUT4} - V_{IN4})}{V_{OUT4} \times f_{SW4} \times L2}$$

ピーク・インダクタ電流 (最大入力電流 + インダクタ・リップル電流 $\times 1/2$) は、インダクタの定格飽和電流より必ず小さくなるようにしてください。同様に、インダクタの最大定格 rms 電流は、レギュレータへの最大 DC 入力電流より必ず大きくなるようにしてください。

VBUSx のコンデンサの選択

USB 2.0 仕様によると、VBUSx が接続されているとき、USB の周辺機器は VBUSx の容量の変化を検出可能です。周辺機器の VBUSx バイパス容量は、1 μ F 以上で 10 μ F 以下でなければなりません。任意の温度または DC バイアス条件で、VBUSx ピンと CFL1 ピンの結合容量は 10 μ F 以下でなければなりません。推奨する VBUSx のコンデンサを表 82 に示します。

CFL1 のコンデンサの選択

CFL1 ピンは、ADP5350 において降圧 DC/DC レギュレータの入力コンデンサとして機能します。入力コンデンサ電流の RMS 電流定格は、次式で計算される値よりも大きくする必要があります。

$$I_{C_RMS} = (I_{CHG} + I_{LOAD_MAX}) \sqrt{\frac{V_{ISOS} \times (V_{CFL1} - V_{ISOS})}{V_{CFL1}}}$$

電源ノイズを最小限に抑えるには、入力コンデンサを可能な限りチャージャの CFL1 ピンの近くに配置します。出力コンデンサと同様に、低 ESR のコンデンサを推奨します。

温度や DC バイアスなどの影響下で、安定動作のために必要な実効容量は最小で 2 μ F、最大で 7 μ F になります。推奨するコンデンサのリストを表 83 に示します。

CFL2 のコンデンサの選択

CFL2 ピンは内部レギュレータの出力で、燃料計、昇圧 LED、LDO などの後段の制御回路に電源を供給します。内部レギュレータの安定性能を確保するために、CFL2 のコンデンサとして推奨する部品を表 84 に示します。

ISOS および ISOB のコンデンサの選択

出力コンデンサの値が大きいほど、出力電圧リップルが低減し、負荷過渡応答が向上します。この値を選択するときは、出力電圧 DC バイアスによる容量損失を考慮することも重要です。

トリクル充電、定電流充電、定電圧充電などのさまざまな動作モードで、チャージャの性能を保証するには、DC バイアス、温度、許容誤差がコンデンサの動作に与える影響をアプリケーションごとに評価することが重要です。

選択された出力コンデンサ値とインダクタ値によるピーク to ピーク出力電圧リップルは次式を使用して計算できます。

$$V_{RIPPLE} = \frac{I_{RIPPLE}}{8 \times f_{SW} \times C_{OUT}}$$

次式に示すように、低出力電圧リップルを保証するには、等価直列抵抗（ESR）が低いコンデンサが適しています。

$$ESR_{COUT} \leq \frac{V_{RIPPLE}}{I_{RIPPLE}}$$

表 82. 推奨する VBUSx のコンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM188R61E225K	2.2	25	0603
TDK	C1608X5R1E225	2.2	25	0603

表 83. 推奨する CFL1 のコンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM188R60J475K	4.7	6.3	0603
TDK	C1608X5R0J475K	4.7	6.3	0603

表 84. 推奨する CFL2 のコンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM188R60J225K	2.2	6.3	0603
TDK	C1608X5R0J475K	2.2	6.3	0603

表 85. 推奨する ISOS および ISOB のコンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM188R60J106K	10	6.3	0603
TDK	C1608X5R0J106M080AB	10	6.3	0603

LDO のコンデンサの選択

VIN123 ピンと AGND ピンの間に 1 μF のコンデンサを接続すると、特に入力パターンが長い場合やソース・インピーダンスが高い場合に、PCB レイアウトに対する回路の感度を下げることができます。

ADP5350 は、小型で省スペースのセラミック・コンデンサで動作するように設計されていますが、ESR 値に注意すれば、一般に使用されているコンデンサでも動作します。出力コンデンサの ESR は、LDO 制御ループの安定性に影響します。ADP5350 の安定性を確保するには、ESR が 1 Ω 以下で、容量が最小 1 μF のコンデンサの使用を推奨します。負荷電流の変化に対する過渡応答も、出力コンデンサの影響を受けます。大きな値の出力容量を使用すると、負荷電流の大きな変化に対する ADP5350 の過渡応答を改善することができます。

表 86. 推奨する LDO のコンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM155R60J105KE19D	1	6.3	0402
TDK	CGB2A3X5R0J105M033BB	1	6.3	0402

昇圧コンデンサの選択

過渡電流が供給されても一定の入力電圧と出力電圧を維持するために、ADP5350 には入力と出力にデカップリング・コンデンサが必要です。VIN4 ノードのノイズを防ぐために、4.7 μF 以上の低 ESR 入力コンデンサを使用します。コンデンサを可能な限り ADP5350 に近づけて、VIN4 ピンと PGND4 ピンの間に配置します。セラミック・コンデンサは ESR が低いので使用に適しています。

昇圧スイッチがオンのとき、出力コンデンサは出力電圧を維持し、負荷に電流を供給します。出力コンデンサの値と特性は、出力電圧リップルとレギュレータの安定性に大きな影響を与えます。低 ESR 出力コンデンサ、すなわちセラミック誘電体コンデンサの使用が適しています。

セラミック・コンデンサなどの ESR が非常に低いコンデンサでは、容量によって発生するリップル電流を以下のように計算できます。コンデンサはオンの時間中、放電するので、コンデンサが失う電荷は、負荷電流にオン時間を掛けた値になります。次式に基づいて、出力コンデンサを選択してください。

$$C_{OUT4} \geq \frac{I_{L2} \times (V_{OUT4} - V_{IN4})}{f_{SW4} \times V_{OUT4} \times V_{RIPPLE4}}$$

ここで

I_{L2} は平均インダクタ電流です。

$V_{RIPPLE4}$ は昇圧出力電圧リップルです。

表 87. 推奨する昇圧コンデンサ

Vendor	Part Number	Value (μF)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM188R61C475ME11	4.7	25	0603
TDK	C1608X5R1E475M080AC	4.7	25	0603
Murata	GRM188R61E106MA73	10	25	0603
TDK	C1608X5R1E106M080AC	10	25	0603

PCB レイアウト時のガイドライン

レイアウトが適切でないと、ADP5350 の性能に悪影響を及ぼし、電磁妨害 (EMI) や電磁両立性 (EMC) に関する性能の低下、グラウンド・バウンス、電圧低下が発生するおそれがあります。また、レギュレーションや安定性にも悪影響を及ぼします。優れたレイアウトは、以下のガイドラインによって実現できます。

- デカップリング・コンデンサ、インダクタ、入力コンデンサ、出力コンデンサを IC の近くに配置します。

- グラウンド・プレーンを設け、複数のビアで部品面のグラウンドと接続すると、高感度の回路ノードのノイズ妨害をさらに低減することができます。
- バッテリー電圧を正確に検出するためのバッテリー・パック出力ノードに、BSNS ピンを接続する専用パターンを設けます。
- 0603 サイズまたは 0402 サイズの抵抗とコンデンサを使用すると、スペースが限られているボード上で実装面積を最小化できます。

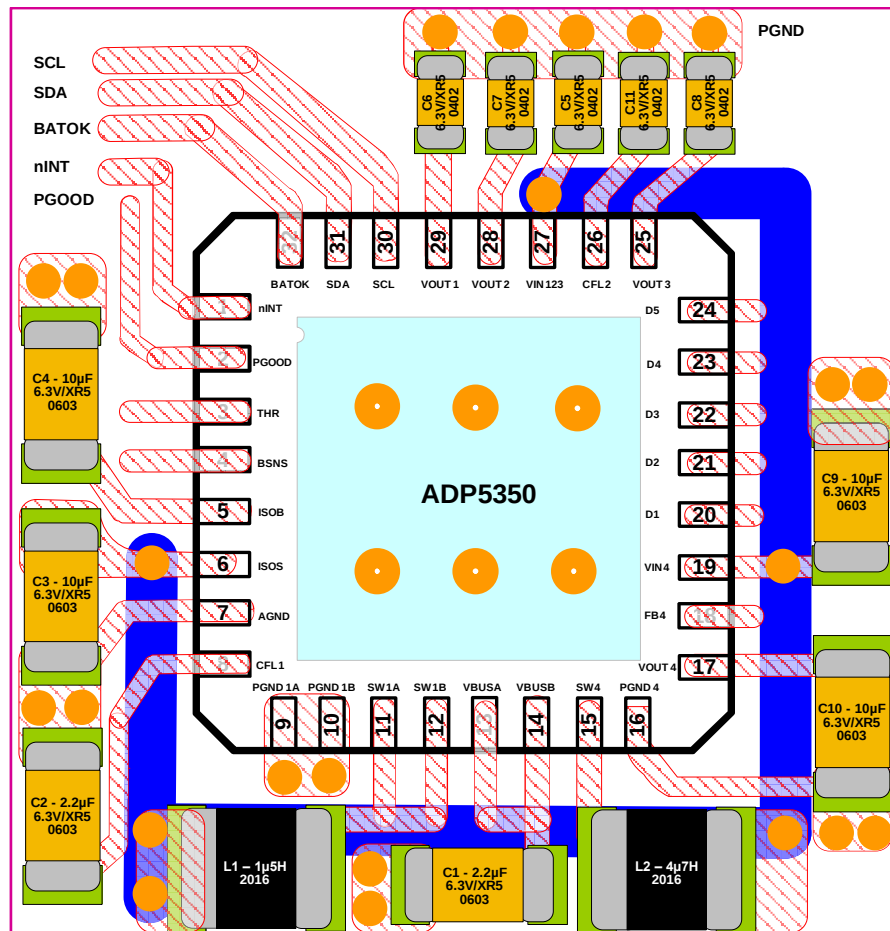


図 58. 推奨レイアウト

14797-043

代表的なアプリケーション回路

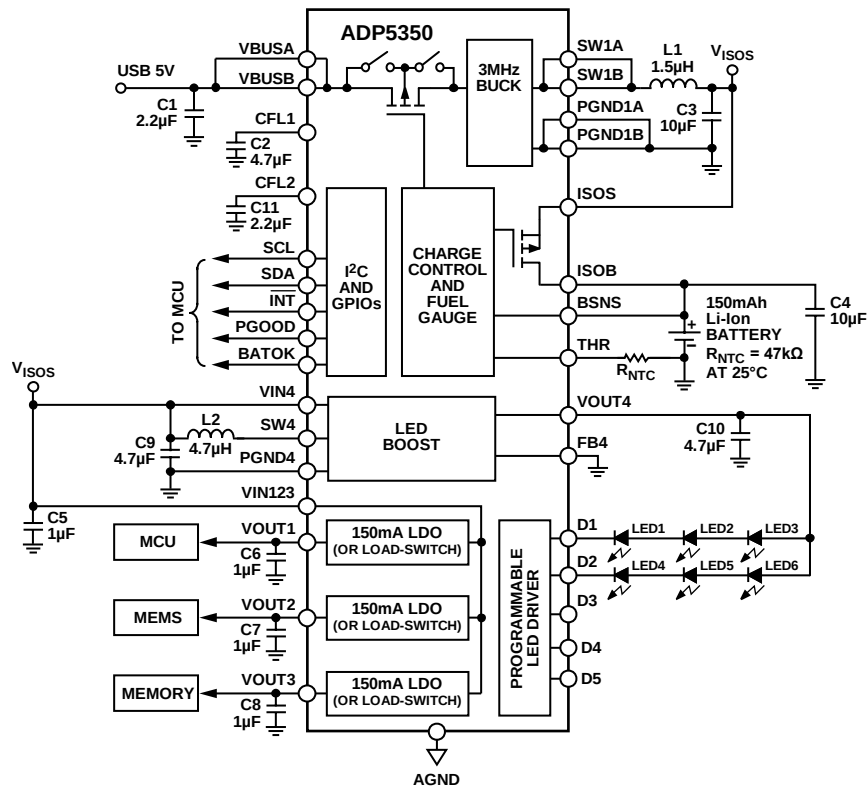


図 59. LED パネルを用いたリチウムイオン・バッテリー・チャージャのアプリケーション

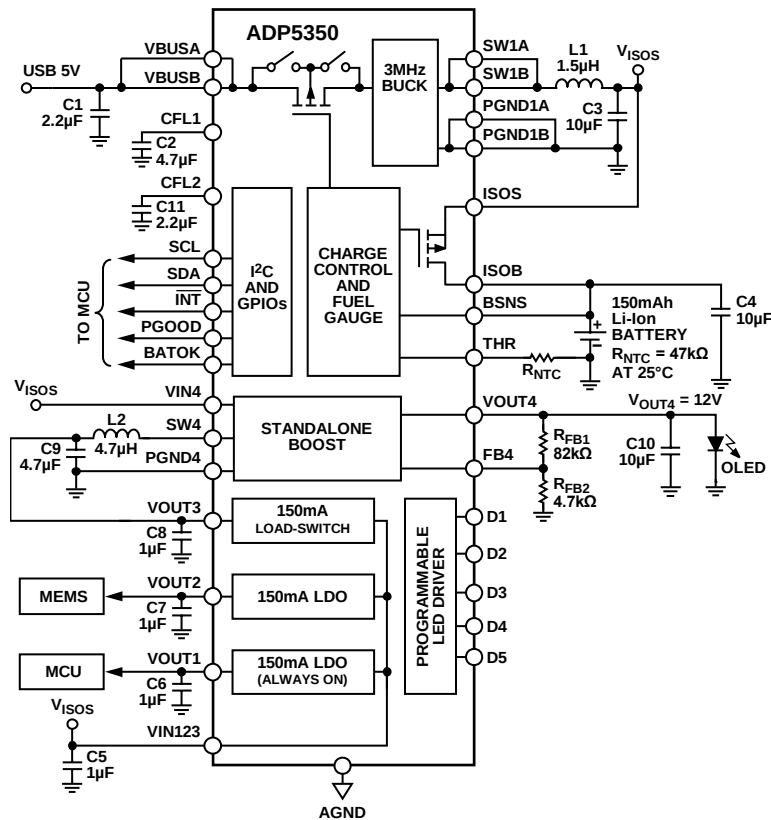


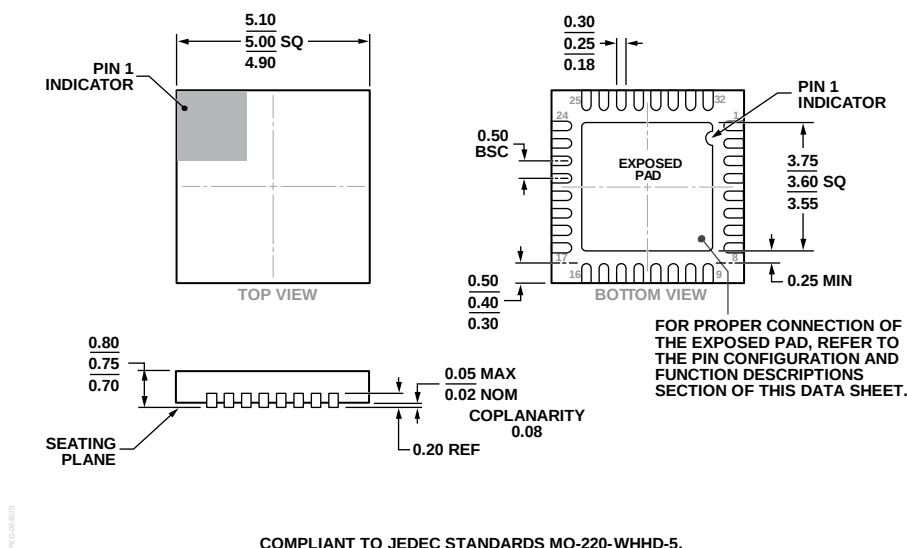
図 60. OLED パネル・アプリケーション用の真のシャットダウン・スタンドアロン昇圧レギュレータ

出荷時にプログラム可能なオプション

表 88. ADP5350 のヒューズで設定可能な調整オプション

Parameter	Value	Default Setting
I ² C Address	0x44 0x45 0x64 0x65	0x44
R_NTC	10 kΩ 100 kΩ/47 kΩ	100 kΩ/47 kΩ
BETA_NTC	2350 2600 2750 3000 3150 3350 3500 3600 3800 4000 4200 4400 4600 4800 5000 5200	3800
EN_CHG	Charger is enabled Charger is disabled	Charger is disabled
EN_LDO2	LDO2 is enabled LDO2 is disabled	LDO2 is disabled
EN_LDO3	LDO3 is enabled LDO3 is disabled	LDO3 is disabled
VID_LDO1, VID_LDO2, VID_LDO3	4.20 V 3.60 V 3.30 V 3.15 V 3.00 V 2.85 V 2.50 V 2.30 V 2.10 V 1.80 V 1.50 V 1.40 V 1.30 V 1.20 V 1.10 V 1.00 V	3.3 V
VBUSOK_MASK	Do not output the V _{VBUSx} voltage status signal to the external PGOOD pin Output the V _{VBUSx} voltage status signal to external PGOOD pin	Output the V _{VBUSx} voltage status signal to the external PGOOD pin
PG1_LDO1_MASK	Do not output the LDO1 PGOOD signal to the external PGOOD pin Output the LDO1 PGOOD signal to external PGOOD pin	Do not output the LDO1 PGOOD signal to the external PGOOD pin

外形寸法



COMPLIANT TO JEDEC STANDARDS MO-220-WHHD-5.

図 61. 32 ピン・リードフレーム・チップスケール・パッケージ [LFCSP]
 5 mm × 5 mm ボディ、0.75 mm パッケージ高
 (CP-32-12)
 寸法: mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADP5350ACPZ-1-R7	-40°C to +125°C	32-Lead Lead Frame Chip Scale Package [LFCSP]	CP-32-12
ADP5350CP-EVALZ		Evaluation Board	

¹ Z = RoHS 準拠製品。