



超低消費電力降圧レギュレータおよび 昇降圧レギュレータを搭載した 高度バッテリー管理PMIC

データシート

ADP5360

特長

- リニア・バッテリー・チャージャ
- 高精度でプログラム可能な充電終了電圧と最大 320mA の充電電流
- JEITA の充電温度仕様に準拠
- リチウムイオンおよびリチウムイオン・ポリマー・バッテリーの監視と保護
- 適応型フィルタ制限付きの電圧ベースの燃料計
- 過充電および過放電に対する独立したバッテリー保護
- 外付け NTC 付き温度センサー
- 超低静止電流の降圧コンバータ
- オプションの急速出力放電
- 超低静止電流の昇降圧コンバータ
- オプションの急速出力放電
- 手動リセット (MR) とウォッチドッグ・タイマーによる監視
- 出荷モードによりバッテリー寿命を延長
- 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／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
- ウェアラブル機器

概要

ADP5360 は、プログラマブルな超低静止電流燃料計およびバッテリー保護回路を搭載した 1 セルのリチウムイオン (Li-Ion)／リチウムイオン・ポリマー (Li-Poly) バッテリー用高性能リニア・チャージャ x1、超低静止電流の降圧スイッチング・レギュレータ x1、超低静止電流の昇降圧スイッチング・レギュレータ x1、出力電圧を監視できる監視回路を組み合わせた製品です。

ADP5360 チャージャは、着脱時に発生する USB バスのスパイクを防ぐために、最大 6.8V で動作します。

ADP5360 のリニア・チャージャ出力とバッテリー・ノードの間には、絶縁電界効果トランジスタ (FET) が内蔵されています。バッテリーが過充電および過放電障害状態になると、すべてのバッテリー保護機能がアクティブになります。

ADP5360 の燃料計は、電圧ベースのアルゴリズムと適応型フィルタ制限ソリューションを使用します。この燃料計は、再充電可能なリチウムイオン・バッテリーのリアルタイムのバッテリー充電状態 (SOC) を超低静止電流で報告します。

ADP5360 の降圧レギュレータは、強制パルス幅変調 (FPWM) モードでは 1.0MHz のスイッチング周波数で動作します。ヒステリシス・モードでは、降圧レギュレータは低出力電力で優れた効率を実現します。

ADP5360 の昇降圧レギュレータはヒステリシス・モードでのみ動作し、バッテリー電圧より低い電圧または高い電圧を出力します。

ADP5360 の監視回路は、レギュレータの出力電圧を監視し、パワーオン・リセット信号をシステムに供給します。ウォッチドッグ・タイマーと外付けプッシュボタンにより、マイクロプロセッサをリセットできます。すべてのバッテリー充電パラメータ、保護閾値、降圧レギュレータの出力電圧、ステータス・ビットの読出しは、I²C 互換インターフェースで設定可能です。

ADP5360 は、-40°C～+85°C のジャンクション温度範囲で動作し、32 ボール、2.56mm × 2.56mm のウェーハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ (WLCSP) を採用しています。

アナログ・デバイセス社は、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・デバイセス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。

©2020 Analog Devices, Inc. All rights reserved.

Rev. 0

アナログ・デバイセス株式会社

本 社／〒105-6891 東京都港区海岸 1-16-1 ニューピア竹芝サウスタワービル 10F
電話 03 (5402) 8200
大 阪営業所／〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原 3-5-36 新大阪トラストタワー 10F
電話 06 (6350) 6868
名古屋営業所／〒451-6038 愛知県名古屋市中区牛島町 6-1 名古屋ルーセントタワー 38F
電話 052 (569) 6300

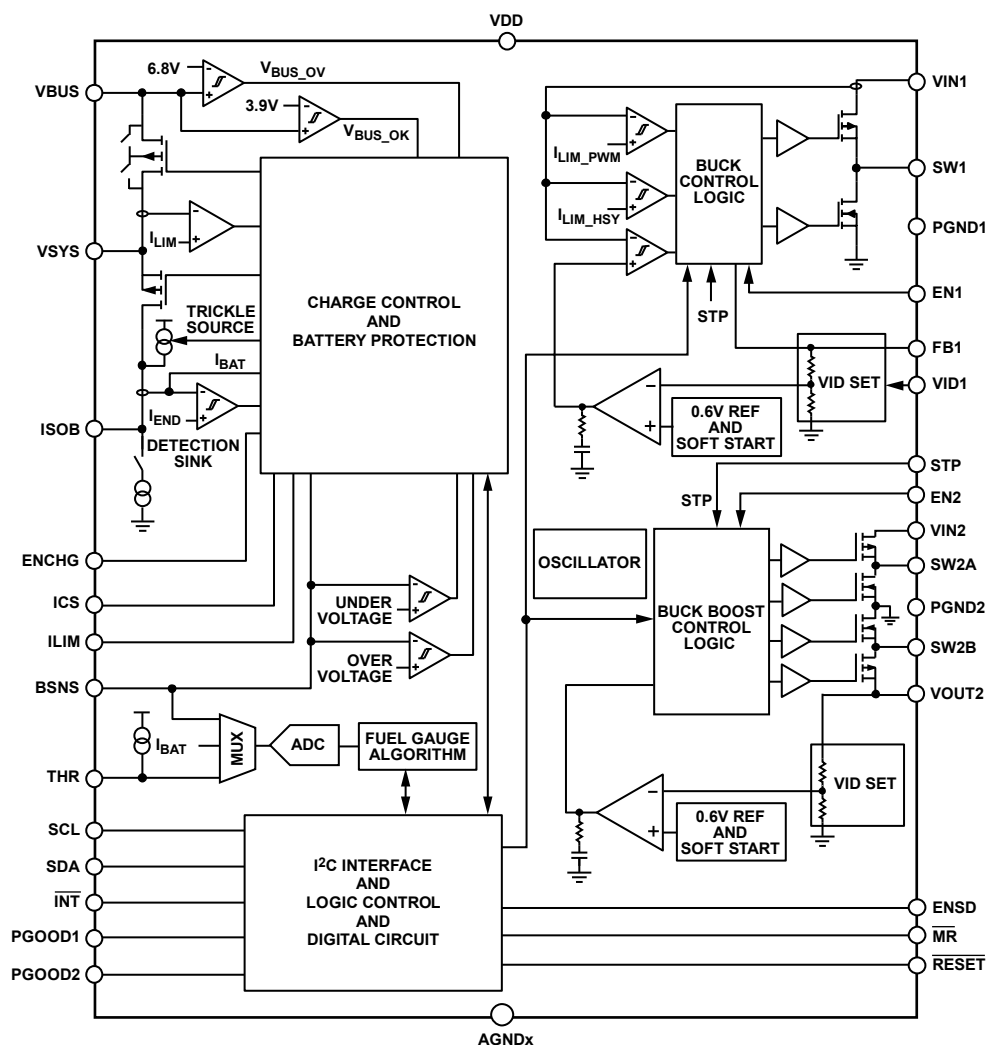
目次

特長	1	バッテリー保護	28
アプリケーション	1	降圧レギュレータの動作	28
概要	1	昇降圧レギュレータの動作	30
改訂履歴	2	監視	31
機能ブロック図	3	出荷モード	32
仕様	4	障害からの回復	32
バッテリー・チャージャの仕様	4	温度管理	32
バッテリー・モニタの仕様	6	I ² C インターフェース	33
降圧レギュレータの仕様	6	I ² C アドレス	33
昇降圧レギュレータの仕様	7	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	8	割込み	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	8	コントロール・レジスタ・マップ	35
絶対最大定格	9	燃料計レジスタ・ビットの説明	45
熱抵抗	9	スイッチング・レギュレータ・レジスタのビット の説明	48
最大消費電力	9	監視レジスタ・ビットの説明	50
ESD に関する注意	9	ステータスおよび障害レジスタ・ビットの説明	50
ピン配置およびピン機能の説明	10	アプリケーション情報	54
代表的な性能特性	12	代表的なアプリケーション回路	54
代表的な波形	16	外付け部品	55
動作原理	20	PCB レイアウト時のガイドライン	57
バッテリー・チャージャ	20	出荷時にプログラム可能なオプション	58
バッテリー・アイソレーション FET	22	外形寸法	60
バッテリーの検出	22	オーダー・ガイド	60
バッテリーの温度	23		
バッテリー燃料計	25		

改訂履歴

11/2019–Revision 0: 初版

機能ブロック図



NOTES
1. I_{BAT} IS THE BATTERY SENSE CURRENT.

図 1.

20A99-002

仕様

バッテリー・チャージャの仕様

注記がない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、VBUS ピンの電圧 (V_{VBUS}) = 5.0V、ISOB ピンの電圧 (V_{ISOB}) = 3.8V、 $C1 = 2.2\mu\text{F}$ 、 $C2 = 1\mu\text{F}$ 、 $C3 = C4 = 10\mu\text{F}$ (図 60 を参照)、すべてのレジスタはデフォルト値。

表 1.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
GENERAL PARAMETERS						
Undervoltage Lockout (UVLO)	V _{UVLO}	Rising threshold, voltage of the ISOB pin, V _{VBUS} = 0 V		2.1	2.15	V
		Falling threshold, voltage of the ISOB pin, V _{VBUS} = 0 V	1.8	1.88		V
Input Current Limit	I _{LIM}	I _{LIM} = 100 mA		95	100	mA
Operation Current						
VBUS Consumption	I _{Q_BUS}	Charger, fuel gauge, buck, and buck boost enabled, no charge current		1.5	2	mA
Battery Consumption	I _{Q_PRO}	Enable battery protection only, V _{VBUS} = 0 V		0.25	1.8	μA
	I _{Q_FG_ACT}	Fuel gauge, active mode, V _{VBUS} = 0 V		3.5	5	μA
	I _{Q_FG_SLEEP}	Fuel gauge, sleep mode, V _{VBUS} = 0 V		0.2	0.85	μA
	I _{Q_REG}	Enable buck and buck boost, V _{VBUS} = 0 V		0.34	1	μA
	I _{Q_DISALL}	All disabled, V _{VBUS} = 0 V		150	450	nA
	I _{Q_SHIP}	Shipment mode, T _J = 25°C		10	50	nA
		Shipment mode, T _J = -40°C to +85°C			310	nA
CHARGING PARAMETERS						
Fast Charge Constant Current						
Mode	I _{CHG}	I _{CHG} = 100 mA	94	100	106	mA
Accuracy ¹		I _{CHG} = 10 mA to 320 mA, T _J = 0°C to 85°C	-15		+15	%
Charge Current						
Trickle ¹	I _{TRK_DEAD}	I _{TRK_DEAD} = 5 mA, T _J = 0°C to 85°C	4	5	6	mA
Weak	I _{CHG_WEAK}			I _{TRK_DEAD} + I _{CHG}		mA
Trickle to Weak Charge Threshold ¹	V _{TRK_DEAD}	V _{TRK_DEAD} = 2.5 V	2.41	2.5	2.57	V
Hysteresis	ΔV _{TRK_DEAD}			100		mV
Weak to Fast Charge Threshold ¹	V _{WEAK}	V _{WEAK} = 3.0 V	2.88	3.0	3.08	V
Hysteresis	ΔV _{WEAK}			100		mV
Battery Termination Voltage	V _{TRM}					
Termination Voltage Accuracy ¹		V _{TRM} = 4.2 V on the BSNS pin, T _J = 25°C	4.18	4.200	4.22	V
		V _{TRM} = 4.2 V, on the BSNS pin, T _J = 0°C to 85°C	-1		+1	%
Charge Complete Current ¹	I _{END}	I _{END} = 5 mA, T _J = 0°C to 85°C	2	5	8	mA
Recharge Voltage Differential ¹	V _{RCH}			120		mV
BATTERY ISOLATION FET						
Resistance Between ISOB and V _{SY} S	R _{DSON_ISO}	V _{VBUS} = 0 V, current of the ISOB pin (I _{ISOB}) = 100 mA		145	220	mΩ
LOW DROPOUT (LDO) AND HIGH VOLTAGE BLOCKING FET						
Regulated System Voltage ¹	V _{SY} S_REG	V _{TRM} = 4.2 V, V _{SYSTEM} = V _{TRM} + 200 mV		4.4		V
High Voltage Blocking FET On Resistance	R _{DSON_HV}	I _{VBUS} = 100 mA		550	820	mΩ
Input Operating Voltage Range		V _{VBUS}	4.1		6.8	V
Good Threshold	V _{VBUS_OK}					
Rising	V _{VBUS_OK_RISE}			3.9	4.0	V

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
Falling Overvoltage Threshold	V _{VBUS_OK_FALL}		3.5	3.6		V
Rising	V _{VBUS_OK}			6.8	7.0	V
Falling	V _{VBUS_OK_FALL}		6.4	6.6		V
THERMAL PROTECTION						
Thermal Shutdown Temperature ²	T _{SD}	T _J RISING		110		°C
		T _J FALLING		100		°C
THERMISTOR CONTROL						
Thermistor Current						
Negative Temperature Coefficient (NTC) Resistor (R _{NTC}) = 10 kΩ	I _{NTC_10k}		57.5	60	62	μA
R _{NTC} = 47 kΩ	I _{NTC_47k}		11.5	12	12.5	μA
R _{NTC} = 100 kΩ	I _{NTC_100k}		5.65	6	6.35	μA
BATTERY DETECTION						
Sink Current	I _{SINK}		4.1	6	7	mA
Source Current	I _{SOURCE}		2	2.5	3	mA
Battery Threshold						
Low	V _{BATL}		1.92	2	2.06	V
High	V _{BATH}		3.27	3.4	3.48	V
Timer	t _{BATOK}			333		ms
Threshold After Charging Completed	V _{NOBAT}			2		V
TIMERS						
Start Charging Delay Timer	t _{START}			300		ms
Trickle Charge Timer ¹	t _{TRK}	CHG_TMR_PERIOD = 60 minutes and 600 minutes		60		min
Fast Charge Timer ¹	t _{CHG}	CHG_TMR_PERIOD = 60 minutes and 600 minutes		600		min
Charge Complete Timer	t _{END}	Voltage of the BSNS pin (V _{BSNS}) = V _{TRM} , EN_TEND = 1 bit, register set		7.5		min
Deglitch Timer	t _{DG}	Applies to V _{TRM} , V _{RCH} , I _{END} , V _{WEAK} , V _{TRK_DEAD} , and V _{VBUS_OK}		31		ms
Safety Timer	t _{SAFE}		36	40	44	min
Reset Timeout Period	t _{RP}			200		ms
MR for Shipment Mode	t _{SH}			200		ms
Watchdog Timer ¹	t _{WD}			12.5		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			0.4	V
High Level	V _{IH}	Applies to SCL, SDA	1.2			V
Low Level Output Voltage	V _{OL}	Applies to SDA, SDA current sink (I _{SDA_SINK}) = 2 mA			0.4	V
INT, RESET, PGOOD1, AND PGOOD2						
Input and Output Leakage Current	I _{IO_LEAK}	Input and output voltage (V _{IO}) = 5 V		10	150	nA
Input and Output Low Voltage	V _{IO_LOW}	Input and output current (I _{IO}) = 1 mA		90	200	mV
ENCHG, EN1, EN2, STP, MR, ENSD						
Input Voltage Threshold						
High	V _{IH}		1.2			V
Low	V _{IL}				0.4	V
Input Leakage Current	I _{EN_LEAKAGE}				150	nA

¹ これらの値は I²C 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。

² 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サポートされています。

バッテリー・モニタの仕様

注記がない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、 $V_{\text{ISOB}} = 3.8\text{V}$ 、 $C1 = 2.2\mu\text{F}$ 、 $C2 = 1\mu\text{F}$ 、 $C3 = C4 = 10\mu\text{F}$ 、すべてのレジスタはデフォルト値。

表 2.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
BATTERY VOLTAGE SENSING						
Analog-to-Digital Converter (ADC) Reading Voltage						
Range			0		4.8	V
Resolution		Based on 12-bit ADC		1.17		mV
Accuracy		$T_J = 25^{\circ}\text{C}$	-12.5		+12.5	mV
			-1		+1	%
Fuel Gauge UVLO Threshold		V_{BSNS}				
Rising	$V_{\text{UVLO_FG_RISE}}$			2.7	2.8	V
Falling	$V_{\text{UVLO_FG_FALL}}$		2.48	2.58		V
BATTERY OVERDISCHARGE MONITORING						
Undervoltage Threshold						
Rising	$V_{\text{BPUV_FALL}}$		-1.5		+1.5	%
Falling Hysteresis	$V_{\text{BPUV_FALL_HYS}}$	$\text{HYS_UV_DISCH} = 2\%$		2		%
Undervoltage Deglitch Timer	$t_{\text{BPUV_DIS}}$	$\text{DGT_UV_DISCH} = 30\text{ ms}$		30		ms
Overdischarge Current						
Threshold	$I_{\text{BPOC_DIS}}$	$\text{OC_DISCH} = 600\text{ mA}$	480	600	700	mA
Deglitch Timer	$t_{\text{BPOC_DIS}}$	$\text{DGT_OC_DISCH} = 5\text{ ms}$		5		ms
Hiccup Off Time	$t_{\text{DIS_HCP}}$			200		ms
BATTERY OVERCHARGE MONITORING						
Overvoltage Threshold		$V_{\text{VBUS}} = 5\text{ V}$				
Rising	$V_{\text{BPOV_RISE}}$		-1.5		+1.5	%
Falling Hysteresis	$V_{\text{BPOV_RISE_HYS}}$	$\text{HYS_OV_CHG} = 2\%$		2		%
Overvoltage Deglitch Timer	$t_{\text{BPOV_CHG}}$	$\text{DGT_OV_CHG} = 0.5\text{ sec}$		0.5		sec
Overcurrent Threshold	I_{BPOC}	$\text{OC_CHG} = 150\text{ mA}$	130	150	170	mA
Overcurrent Deglitch Timer	$t_{\text{BPOC_CHG}}$	$\text{DGT_OC_CHG} = 10\text{ ms}$		10		ms
Hiccup Off Time	$t_{\text{CHG_HCP}}$			200		ms

降圧レギュレータの仕様

注記がない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、 V_{IN1} ピンの電圧 (V_{VIN1}) = V_{SYS} ピンの電圧 ($V_{\text{VSY}} = 3.8\text{V}$ 、降圧出力電圧 (V_{OUT1}) = 1.2V 、 $C5 = C6 = 10\mu\text{F}$ 、 $L1 = 4.7\mu\text{F}$ (図 60 を参照)、すべてのレジスタはデフォルト値。

表 3.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
UVLO THRESHOLD						
Rising	$V_{\text{UVLO1_RISE}}$	V_{VIN1}		2.3	2.35	V
Falling	$V_{\text{UVLO1_FALL}}$		2.15	2.2		V
OSCILLATOR CIRCUIT						
Switching Frequency in Pulse Width Modulation (PWM) Mode	f_{SW1}		0.85	1.0	1.15	MHz
Feedback Threshold of Frequency Fold	$V_{\text{OSC_FOLD_RISE}}$	$V_{\text{OUT1}} = 2.5\text{ V}$		1.25		V
FB1 PIN						
Output Voltage Option Range	V_{OUT1}	Factory trim or I ² C, six bits	0.6		3.75	V
PWM Mode						
Fixed Voltage Identification (VID) Code	$V_{\text{FB1_PWM_FIX}}$		-2		+2	%
Voltage Accuracy						

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
Hysteresis Mode						
Fixed VID Code Voltage Threshold Accuracy	$V_{FB1_HYS_FIX}$		-2		+2	%
Hysteresis of Voltage Threshold	$V_{FB1_HYS (HYS)}$			1		%
Feedback Bias Current	I_{FB1}	$V_{OUT1} = 0.6\text{ V}$		50		nA
SW1 PIN						
Power FET On Resistance						
High-Side	$R_{DS(ON)H}$	Pin to pin measurement		280	380	mΩ
Low-Side	$R_{DS(ON)L}$	Pin to pin measurement		260	380	mΩ
Current Limit in PWM Mode	I_{LIM_PWM}	PWM mode	850	1000	1150	mA
Peak Current in Hysteresis Mode	I_{LIM_HYS}	Hysteresis mode, $BUCK_ILIM = 200\text{ mA}$	160	200	240	mA
Minimum On Time ¹	t_{MIN_ON}			60		ns
SOFT START						
Default Soft Start Time	t_{SS1}	$BUCK_SS[1:0] = 1\text{ ms}$		1		ms
OUTPUT DISCHARGE SWITCH ON RESISTANCE	R_{DIS1}			255		Ω

¹ 設計により性能を確保。

昇降圧レギュレータの仕様

注記がない限り、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim +85^{\circ}\text{C}$ 、VIN2 ピンの電圧 (V_{VIN2}) = $V_{V_{SYS}} = 3.8\text{V}$ 、VOUT2 ピンの電圧 ($V_{V_{OUT2}}$) = 5V 、 $C_7 = C_8 = 10\mu\text{F}$ 、 $L_2 = 4.7\mu\text{F}$ (図 60 を参照)、すべてのレジスタはデフォルト値。

表 4.

Parameter	Symbol	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
UVLO THRESHOLD		V_{VIN2}				
Rising	V_{UVLO2_RISING}			2.3	2.36	V
Falling	$V_{UVLO2_FALLING}$		2.11	2.16		V
OUTPUT VOLTAGE RANGE		Factory trim or I ² C, six bits	1.8		5.5	V
Output Voltage Accuracy	$V_{V_{OUT2}}$		-2		+2	%
Hysteresis of Voltage Threshold Accuracy	$V_{V_{OUT2_HYS}}$			1		%
SW2A AND SW2B PINS						
SWA2 Pin FET Resistance						
High-Side	$R_{DS(ON)1_2A-H}$			354	470	mΩ
Low-Side	$R_{DS(ON)1_2A-L}$			250	360	mΩ
SW2B Pin FET Resistance						
High-Side	$R_{DS(ON)1_2B-H}$			290	400	mΩ
Low-Side	$R_{DS(ON)1_2B-L}$			230	330	mΩ
Peak Current-Limit Threshold	$I_{TH(ILIM1_2)}$	$BUCKBST_ILIM = 200\text{ mA}$	160	200	240	mA
SOFT START TIME						
Soft Start Time	t_{SS2}	$BUCKBST_SS[0:1] = 1\text{ ms}$		1		ms
Programmable Soft Start Range			1		512	ms
OUTPUT DISCHARGE SWITCH ON RESISTANCE	R_{DIS2}			255		Ω

I²C 互換インターフェースのタイミング仕様

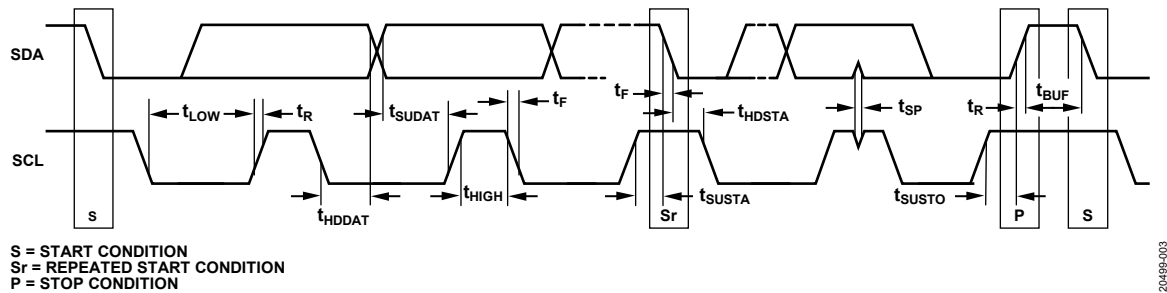
注記がない限り、T_A = 25°C、V_{ISOB} = 3.8V。

表 5.

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
SCL High Time	t _{HIGH}	0.6			μs
SCL Low Time	t _{LOW}	1.3			μs
Data Setup Time	t _{SUDAT}	100			ns
Data Hold Time ¹	t _{HDDAT}	0		0.9	μs
Setup Time for Repeated Start	t _{SUSTA}	0.6			μs
Hold Time for Start and Repeated Start	t _{HDSTA}	0.6			μs
Bus Free Time Between a Stop Condition and a Start Condition	t _{BUF}	1.3			μs
Setup Time for Stop Condition	t _{SUSTO}	0.6			μs
Rise Time of SCL and SDA	t _R	20		300	ns
Fall Time of SCL and SDA	t _F	20		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・デバイスは、SDA 信号のホールド時間を少なくとも 300ns 確保する必要があります。詳細については、図 2 を参照してください。

タイミング図

図 2. I²C タイミング図

推奨する入力および出力の容量およびインダクタンス

表 6.

Parameter	Test Conditions/Comments	Min	Typ	Max	Unit
CAPACITANCE					
VBUS Capacitance	Effective capacitance	1.0	2.2		μF
VDD Pin Capacitance		0.47	1.0	10	μF
Total Capacitance					
VSYS Pin		4.7	10		μF
ISOB Pin		4.7	10		μF
VIN1 Pin		2.2	10		μF
VIN2 Pin		2.2	10		μF
VOUT1 Node		1	10		μF
VOUT2 Pin		1	10		μF
INDUCTANCE					
Buck		2.2	4.7	6.8	μH
Buck Boost		2.2	4.7	6.8	μH

絶対最大定格

表 7.

Parameter	Rating
VBUS to PGND1	−0.5 V to +20 V
PGND1, PGND2 to AGNDx	−0.3 V to +0.3 V
All Other Pins to AGNDx	−0.3 V to +6 V
Continuous Drain Current, Battery Supplementary Mode from ISOB to VSYS, $T_J = 85^{\circ}\text{C}$	1.1 A
Temperature Range	
Storage	−65°C to +150°C
Operating Junction	−40°C to +85°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。デバイスを長時間にわたり絶対最大定格状態に置くと、デバイス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 立方フィートの密閉容器内で測定された、自然体流での周囲とジャンクションの間の熱抵抗です。 θ_{JC} は、ジャンクションとケースの間の熱抵抗です。

表 8. 熱抵抗

Package Type	θ_{JA}	θ_{JC}	Unit
CB-32-2	50	0.35	°C/W

最大消費電力

ADP5360 パッケージの最大安全消費電力は、チップの 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、ADP5360 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。

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の説明

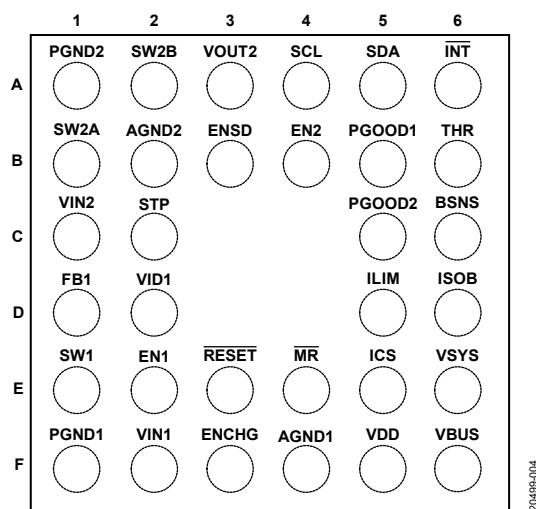


図 3. ボール構成（上面図）

表 9. ボール機能の説明

ボール番号	記号	説明
A1	PGND2	昇降圧レギュレータの電源グラウンド。
A2	SW2B	昇降圧レギュレータのスイッチング・ノード。
A3	VOUT2	昇降圧レギュレータの出力ピン。
A4	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。
A5	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。
A6	$\overline{\text{INT}}$	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。
B1	SW2A	昇降圧レギュレータのスイッチング・ノード。
B2	AGND2	アナログ・グラウンド。
B3	ENSD	シャットダウン・モードの選択。このピンがローの場合、シャットダウン・モードは無効になります。このピンがハイの場合、シャットダウン・モードは有効になります。
B4	EN2	昇降圧レギュレータのイネーブル・ピン。
B5	PGOOD1	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 VBUSOK、BATOK、CHG_CMPLT、VOUT2OK、または VOUT1OK ビットのパワーグッド信号です（表 65）。
B6	THR	バッテリー・パック・サーミスタ接続。
C1	VIN2	降圧レギュレータの入力電源。
C2	STP	選択されたチャンネルのスイッチングを停止します。
C5	PGOOD2	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 VBUSOK、BATOK、CHG_CMPLT、VOUT2OK、または VOUT1OK ビットのパワーグッド信号です（表 65）。
C6	BSNS	バッテリー電圧検出。
D1	FB1	降圧レギュレータの帰還検出入力。
D2	VID1	降圧レギュレータの出力電圧の設定。VID1 と AGND1 および AGND2 の間に抵抗を接続して、降圧レギュレータのデフォルト出力電圧を設定します。このピンをフロート状態にすると、このピンの選択機能は無効になり、レジスタのデフォルト設定が使用されます。
D5	ILIM	入力電流制限の選択。AGND1 および AGND2 に抵抗を接続して、デフォルトの入力電流制限レベルを設定します。このピンをフロート状態にすると、このピンの選択機能は無効になり、レジスタのデフォルト設定が使用されます。
D6	ISOB	内部アイソレーション FET へのバッテリー電源側入力。

ボール番号	記号	説明
E1	SW1	降圧レギュレータのスイッチング・ノード。
E2	EN1	降圧レギュレータのハードウェア・イネーブル。
E3	RESET	リセット出力。
E4	MR	手動リセット入力。
E5	ICS	充電電流の設定。このピンとグラウンドの間に 1 個の抵抗を接続して、デフォルトの充電電流を設定します。このピンをフロート状態にすると、このピンの選択機能は無効になり、レジスタのデフォルト設定が使用されます。
E6	VSYS	リニア・チャージャ、内部アイソレーション FET への電源側入力。
F1	PGND1	降圧レギュレータの電源グラウンド。
F2	VIN1	降圧レギュレータの入力電源。
F3	ENCHG	チャージャ・イネーブル機能のロジック入力。
F4	AGND1	アナログ・グラウンド。
F5	VDD	内部回路電源。
F6	VBUS	USB VBUS への電源接続。

代表的な性能特性

注記がない限り、 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{VBUS} = 5.0\text{V}$ 、 $V_{ISOB} = 3.6\text{V}$ 、 $C1 = 2.2\mu\text{F}$ 、 $C2 = 1\mu\text{F}$ 、 $C3 = C4 = 10\mu\text{F}$ 、 $C5 = C6 = 10\mu\text{F}$ 、 $C7 = C8 = 10\mu\text{F}$ 、 $L1 = L2 = 4.7\mu\text{H}$ 、すべてのレジスタはデフォルト値。

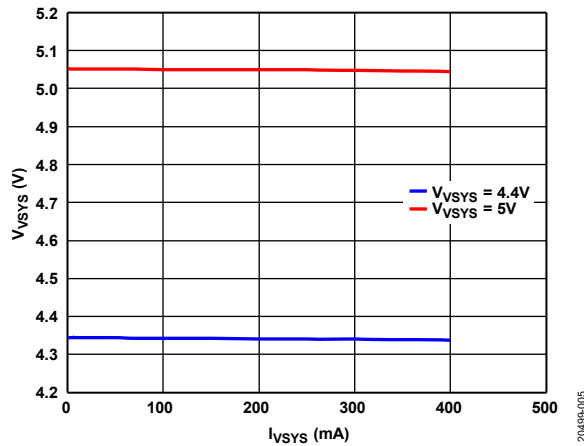


図 4. VSYS 負荷レギュレーション、 $V_{VSYS} = 4.4\text{V}$ および 5V 、 $V_{VBUS} = 5.5\text{V}$ 、 I_{VSYS} は 1mA から 400mA まで増加、充電なし

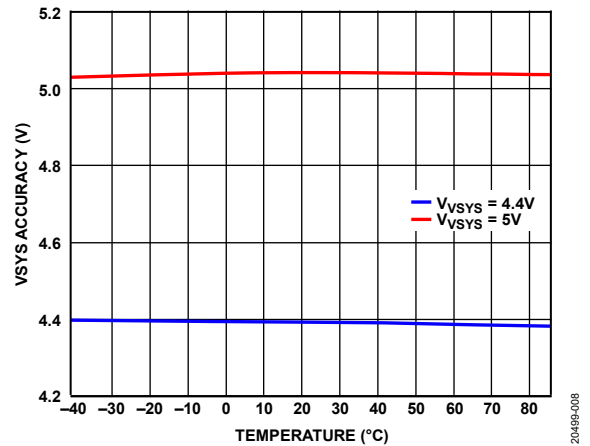


図 7. VSYS 精度の温度特性、 $V_{VBUS} = 5.5\text{V}$

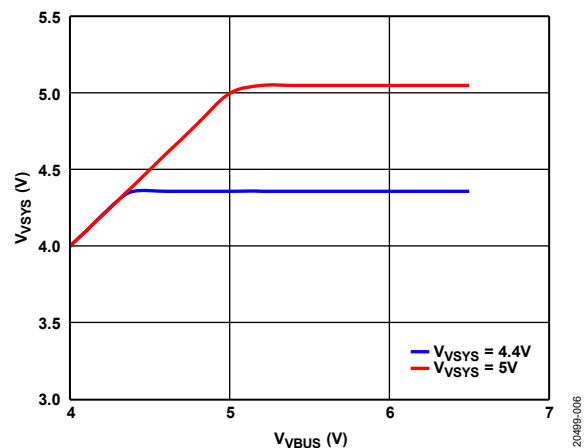


図 5. VSYS ライン・レギュレーション、 $V_{VSYS} = 4.4\text{V}$ および 5V 、充電なし

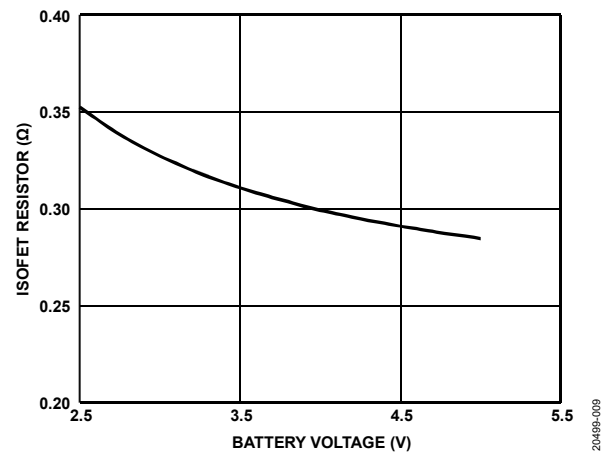


図 8. ISOFET 抵抗とバッテリー電圧の関係

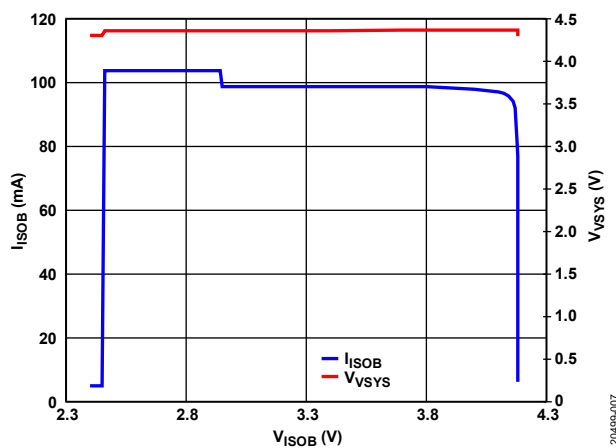


図 6. 充電プロファイル、 $V_{TRM} = 4.2\text{V}$ 、 $I_{CHG} = 100\text{mA}$

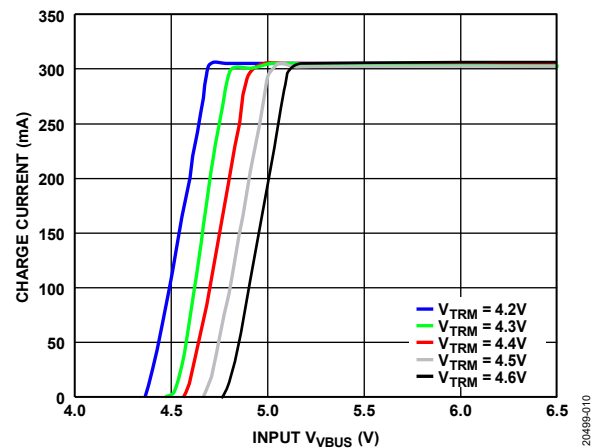


図 9. 充電電流と入力 V_{VBUS} の関係、 $I_{CHG} = 300\text{mA}$

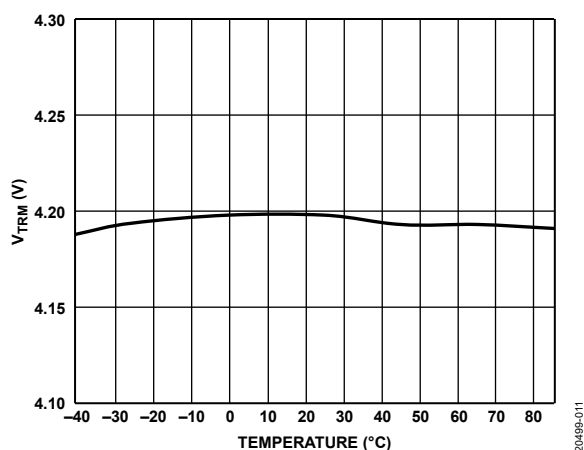


図 10. V_{TRM} の温度特性、 $V_{TRM} = 4.2V$

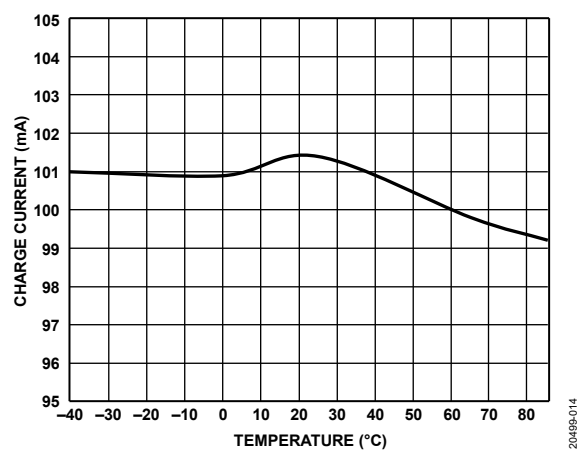


図 13. 充電電流の温度特性、 $I_{CHG} = 100mA$

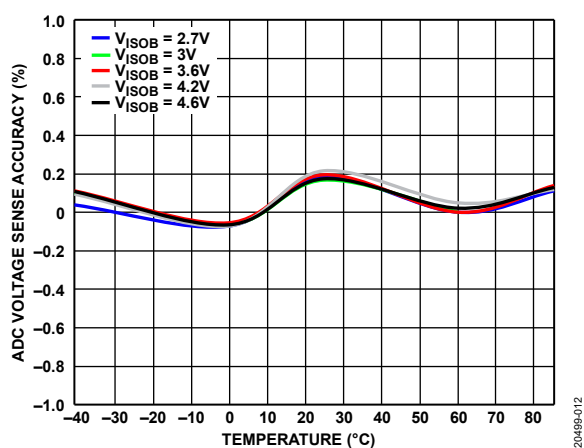


図 11. ADC 電圧検出精度の温度特性、 $V_{BUS} = 0V$

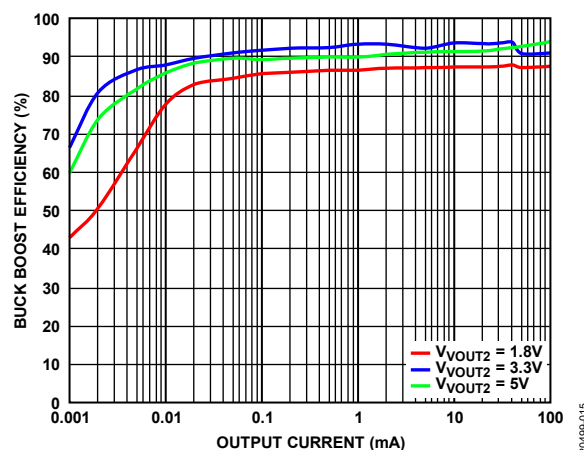


図 14. 昇降圧レギュレータの効率と出力電流の関係、 $V_{VIN2} = 3.6V$

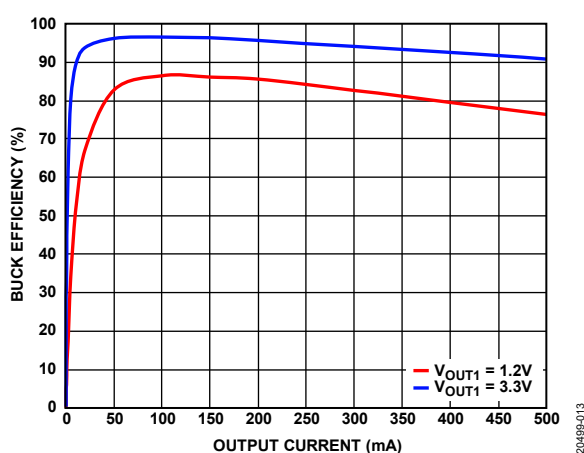


図 12. 降圧レギュレータの効率と出力電流の関係、 $V_{VIN1} = 3.6V$ 、PWM モード

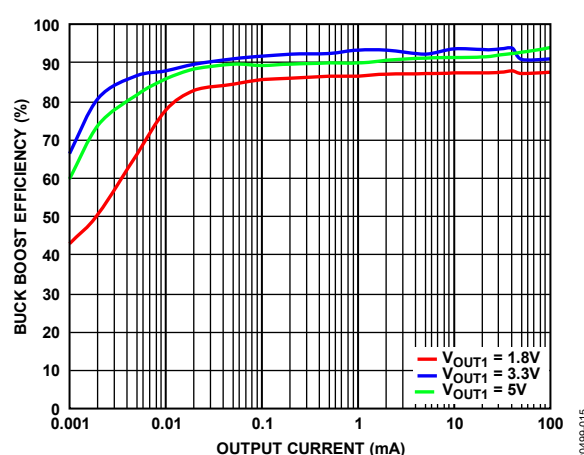


図 15. 降圧レギュレータの効率と出力電流の関係、 $V_{VIN1} = 3.8V$ 、ヒステリシス・モード

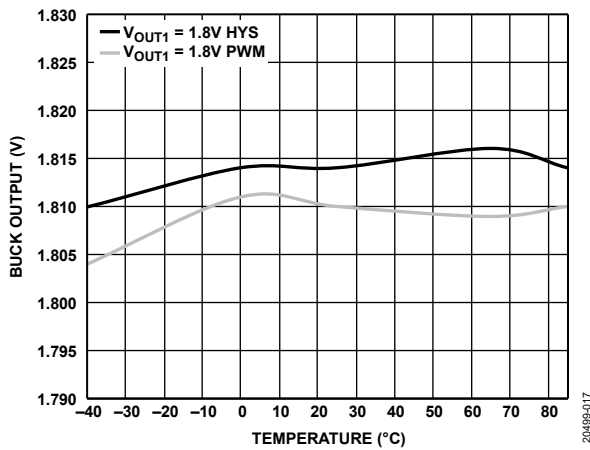


図 16. 降圧レギュレータ出力の温度特性、VFB1_PWM_FIX および VFB1_HYS_FIX の精度

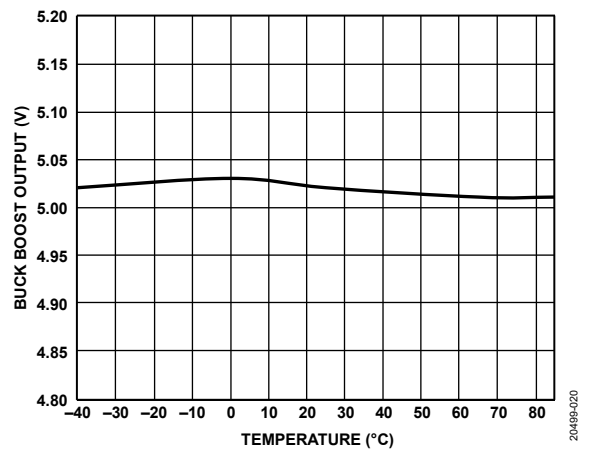


図 19. 昇降圧レギュレータ出力の温度特性、VOUT2 の精度

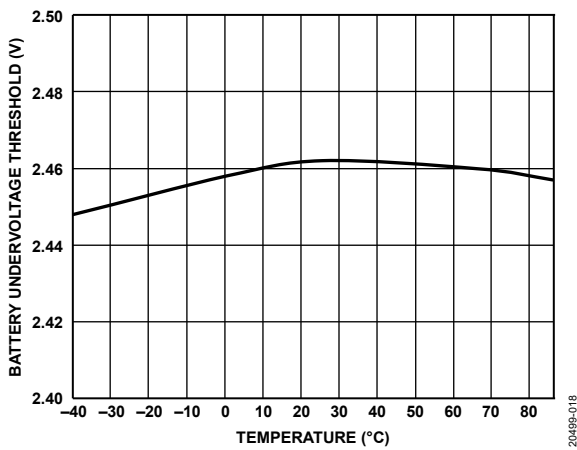


図 17. バッテリ低電圧閾値と温度の関係、BAT_UV = 2.5V

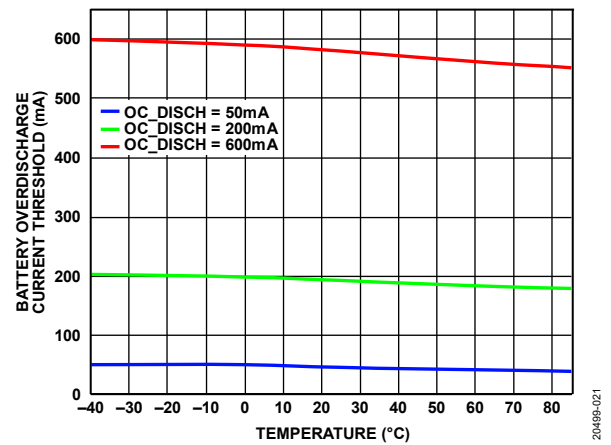


図 20. バッテリ過放電電流閾値と温度の関係、 $V_{ISOB} = 3.8V$

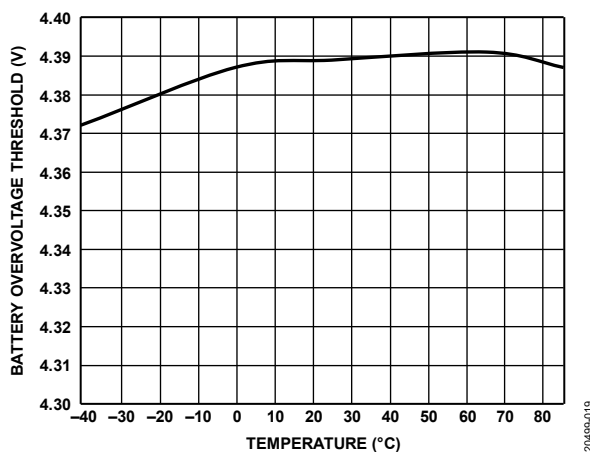


図 18. バッテリ過電圧閾値と温度の関係、 $V_{BPOV_RISE} = 4.3V$

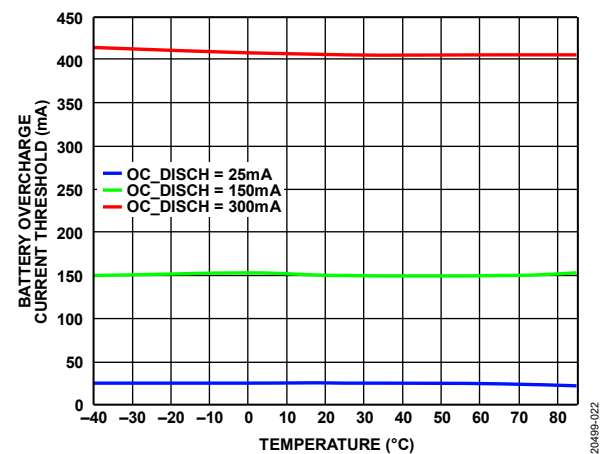


図 21. バッテリ過充電電流閾値と温度の関係、 $V_{ISOB} = 3.8V$

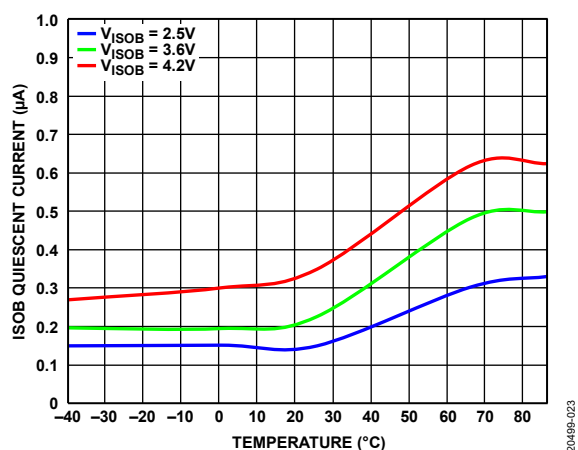


図 22. ISOB の静止電流と温度の関係、すべてディスエーブル

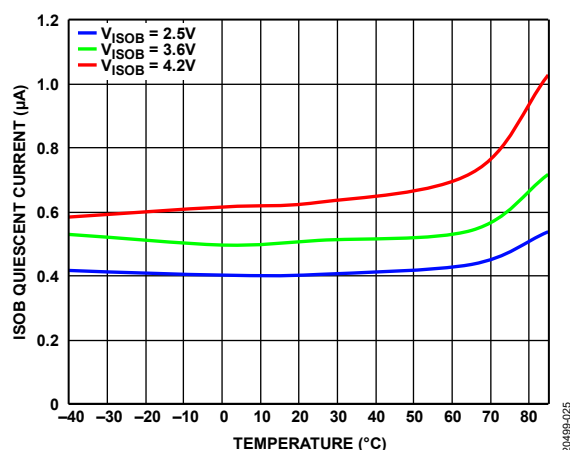


図 24. ISOB の静止電流と温度の関係、燃料計スリープ・モード・イネーブル、バッテリー保護イネーブル、降圧レギュレータ・イネーブル、昇降圧レギュレータ・イネーブル

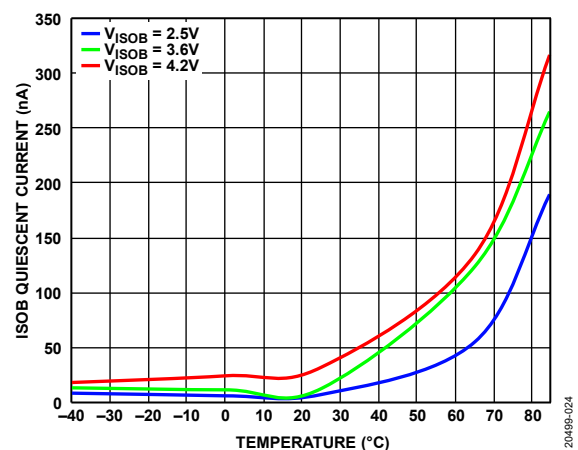


図 23. ISOB の静止電流と温度の関係、出荷モード

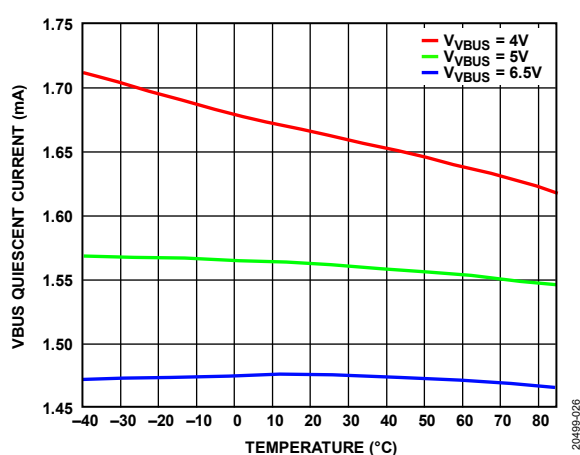


図 25. VBUS の静止電流と温度の関係

代表的な波形

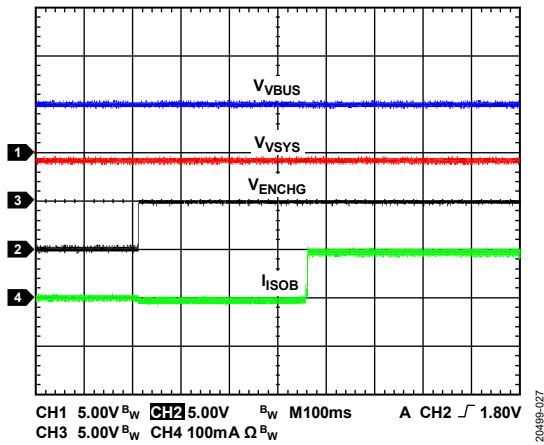


図 26. 充電開始、 $V_{VBUS} = 5V$ 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $I_{LIM} = 200mA$ 、 $I_{CHG} = 100mA$

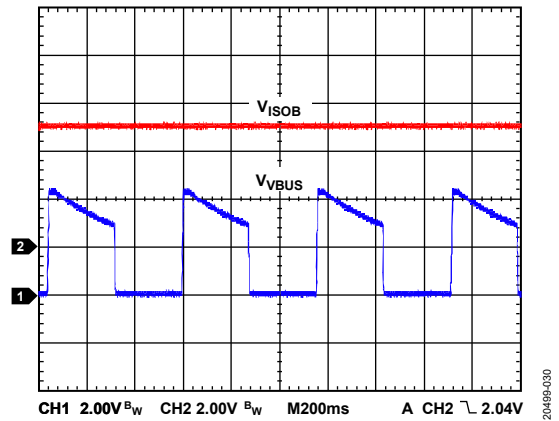


図 29. バッテリ検出波形

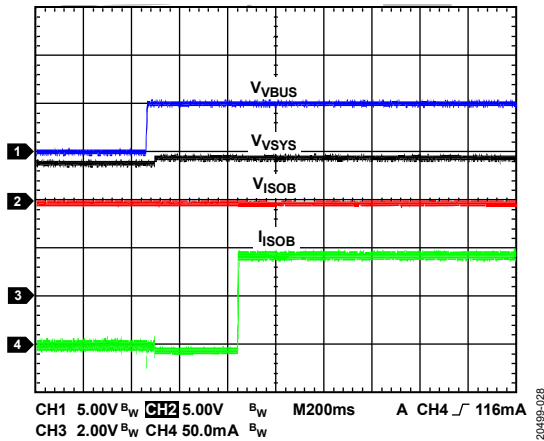


図 27. USB 接続と充電開始、 $V_{VBUS} = 5V$ 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $I_{CHG} = 100mA$

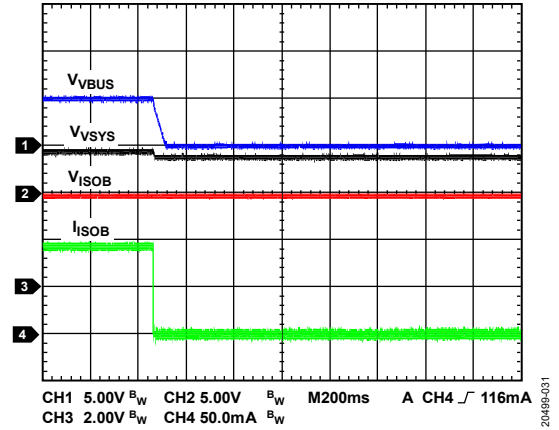


図 30. USB 取外しと充電終了、 $V_{VBUS} = 5V$ 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $I_{CHG} = 100mA$

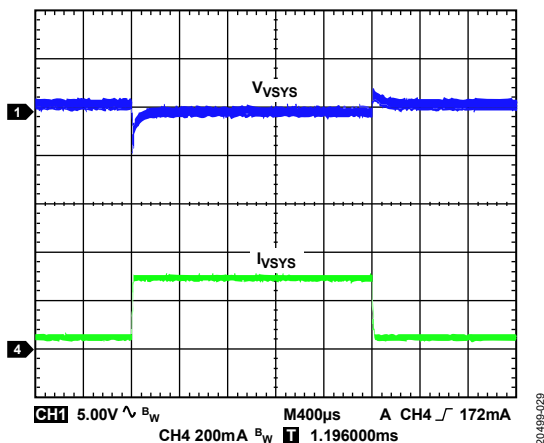


図 28. VSYS 負荷過渡応答、 $I_{VSY} = 50mA \sim 300mA$

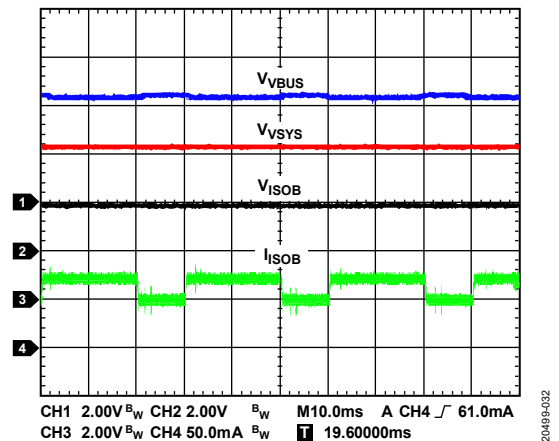


図 31. 適応型充電電流、 $VADPICHG[2:0] = 4.6V$ 、 $V_{VBUS} = 5V$ (10Ω インピーダンス)、 $I_{CHG} = 100mA$

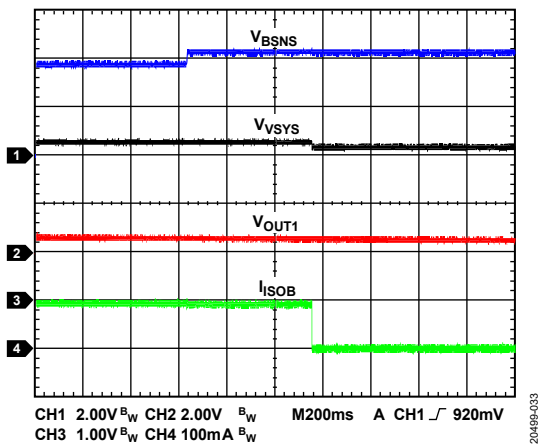


図 32. バッテリ過電圧保護波形、 $V_{VBUS} = 5V$ 、 $OV_CHG = 4.3V$ 、 $DGT_OV_CHG = 0.5$ 秒

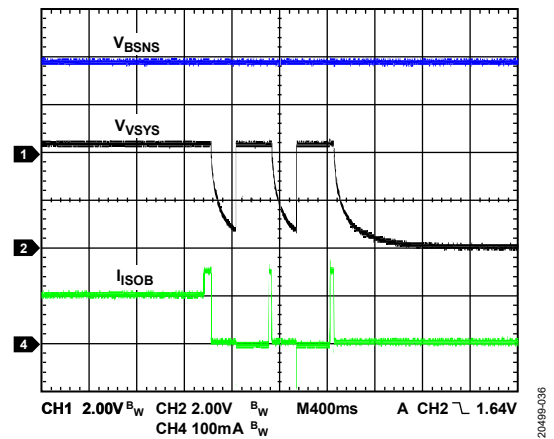


図 35. バッテリ充電過電流波形、 $V_{VBUS} = 5V$ 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $OC_CHG = 150mA$ 、 $DGT_OC_CHG = 10ms$

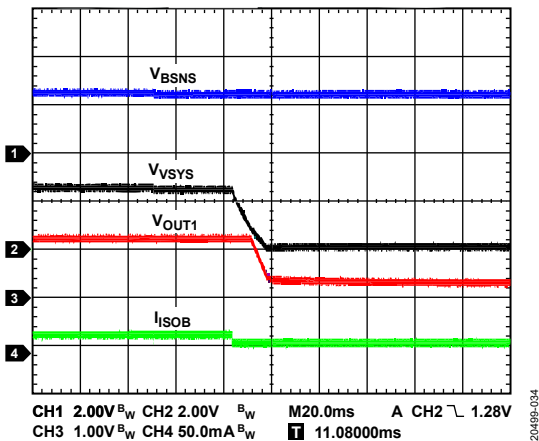


図 33. バッテリ低電圧保護波形、 $V_{VBUS} = 0V$ 、 $UV_DISCH = 2.5V$ 、 $DGT_UV_DISCH = 30ms$

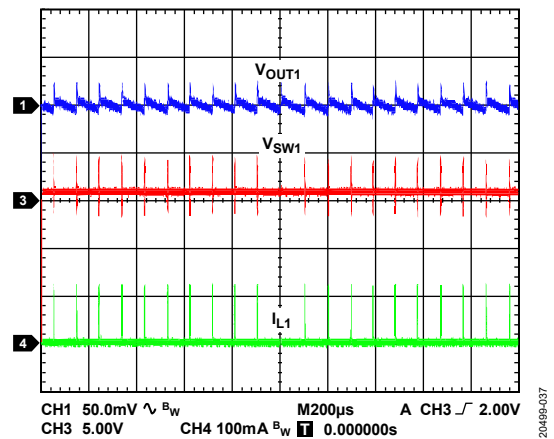


図 36. 降圧レギュレータの定常ヒステリシス波形、ヒステリシス・モード、 $V_{VIN2} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、降圧出力電流 (I_{OUT1}) = 1mA

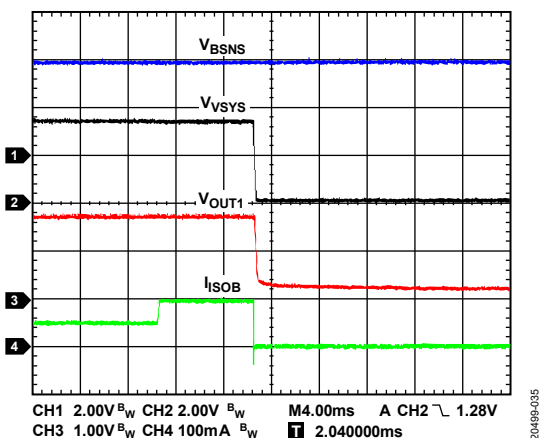


図 34. バッテリ放電過電流波形、 $V_{VBUS} = 0V$ 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $OC_DISCH = 100mA$ 、 $DGT_OC_DISCH = 10ms$

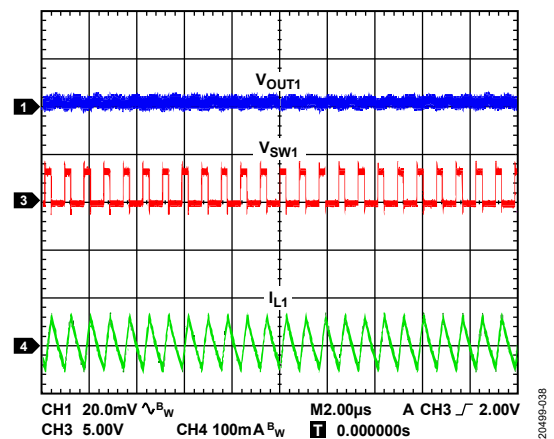


図 37. 降圧レギュレータの定常 PWM 波形、PWM モード、 $V_{VIN1} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、 $I_{OUT1} = 1mA$

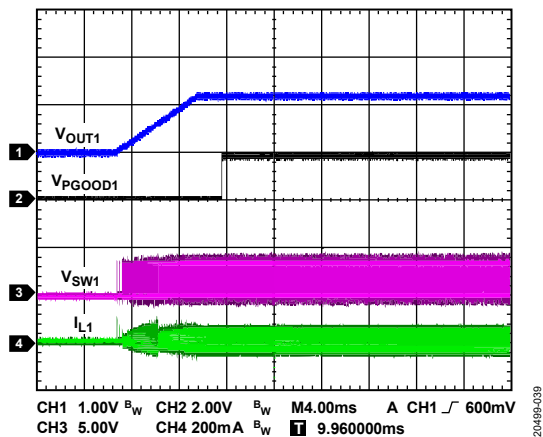


図 38. 降圧レギュレータの出力ソフトスタート、EN_BUCK をハイに設定、PWM モード、 $V_{IN1} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、降圧出力 (V_{OUT1}) に対して PGOOD1 をマスク、 $I_{OUT1} = 1mA$ 、 $t_{SS1} = 8ms$

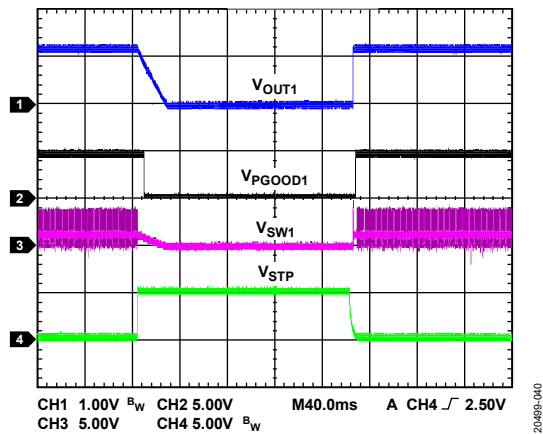


図 39. 降圧レギュレータ停止機能の波形、 $V_{IN1} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、ヒステリシス・モード、 V_{OUT1} に対して PGOOD1 をマスク、STP_BUCK ビット = 1

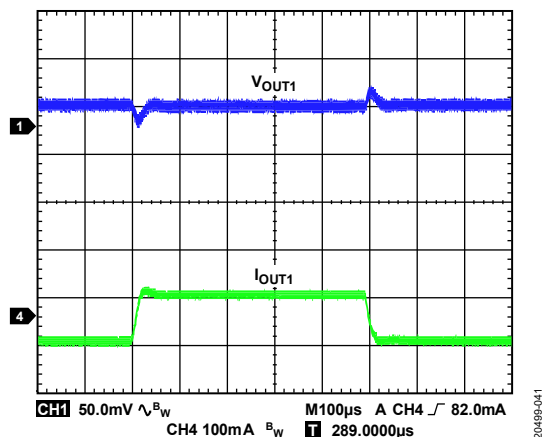


図 40. 降圧レギュレータの出力トランジェント波形、 $V_{IN1} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、 $I_{OUT1} = 1mA \sim 100mA$ 、PWM モード

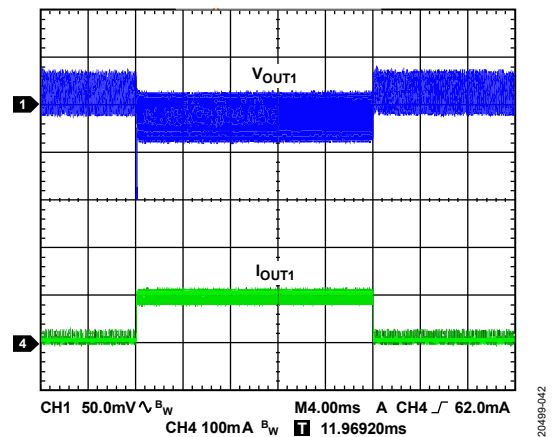


図 41. 降圧レギュレータの出力トランジェント波形、 $V_{IN1} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、 $I_{OUT1} = 1mA \sim 100mA$ 、ヒステリシス・モード

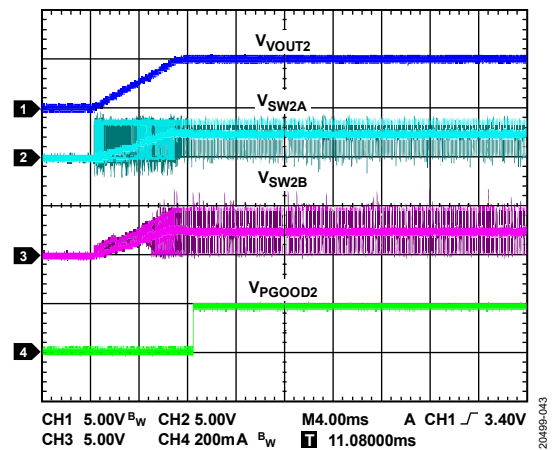


図 42. 昇降圧レギュレータの出力ソフトスタート波形、 $V_{IN2} = 3.8V$ 、 $V_{OUT2} = 5V$ 、BUCKBST_SS[0:1] = 8ms、昇降圧レギュレータの出力電流 (I_{OUT2}) = 1mA、 V_{OUT2} に対して PGOOD2 をマスク

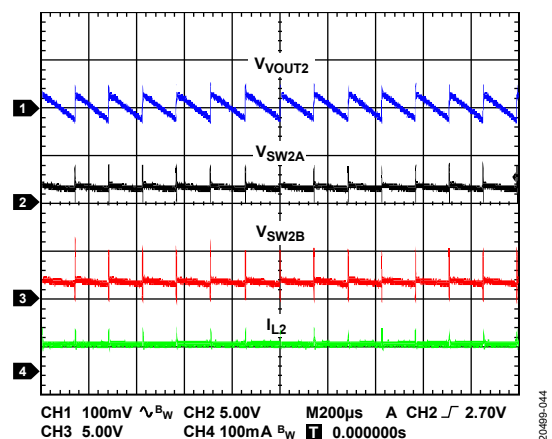


図 43. 昇降圧レギュレータの定常波形、 $V_{IN2} = 3.8V$ 、 $V_{OUT2} = 5V$ 、 $I_{OUT2} = 1mA$

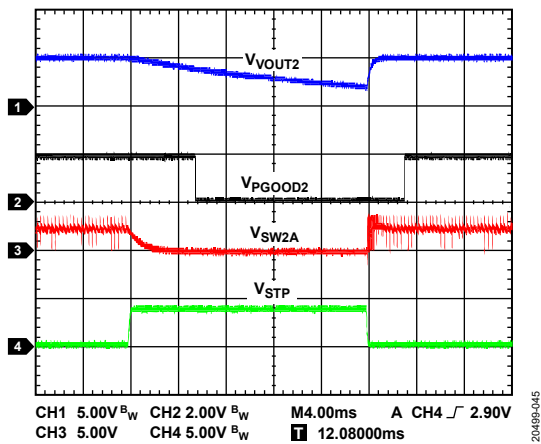


図 44. 昇降圧レギュレータ停止機能の波形、 $V_{IN2} = 3.8V$ 、 $V_{OUT2} = 5V$ 、 V_{OUT2} に対して $PGOOD2$ をマスク、 $STP_BUCKBST$ ビット = 1

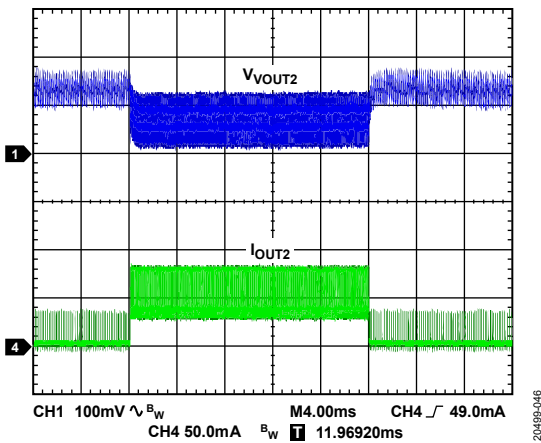


図 45. 昇降圧レギュレータの出力トランジェント波形、 $V_{IN2} = 3.8V$ 、 $V_{OUT2} = 3.3V$ 、 $I_{OUT2} = 1mA \sim 50mA$

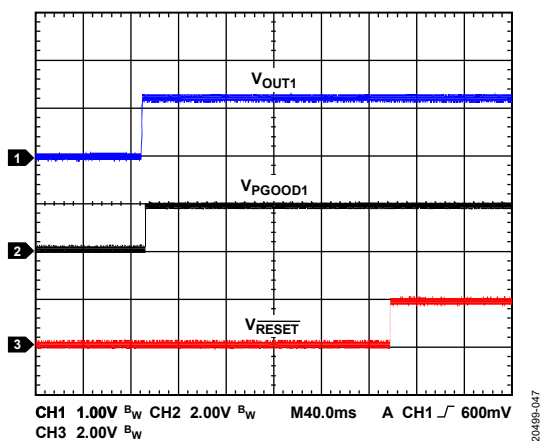


図 46. $\overline{RESET}$ 出力および V_{OUT1} 、 $V_{ISOB} = 3.8V$ 、 $V_{OUT1} = 1.2V$ 、 $RESET_TIME = 200ms$ 、 V_{OUT1} に対して $PGOOD1$ をマスク

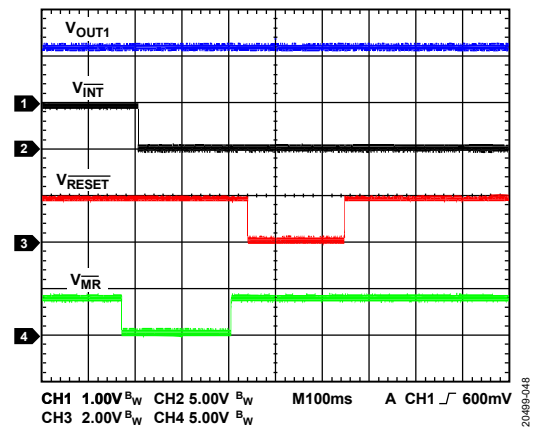


図 47. $\overline{MR}$ を押して割込みおよび $\overline{RESET}$ をトリガ、 EN_WD_INT ビット = 1、 $RESET_TIME = 200ms$

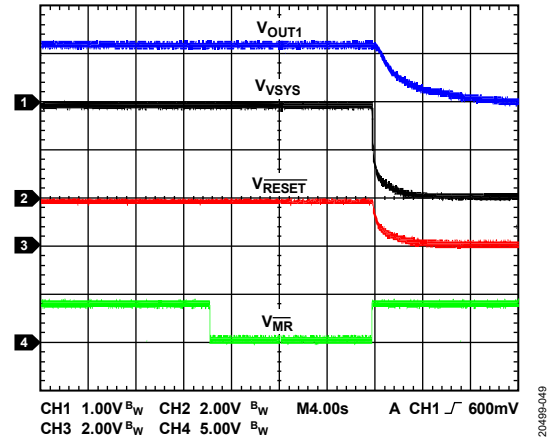


図 48. $\overline{MR}$ を 12 秒以上押して出荷モードに移行、 EN_MR_SD ビット = 1、 $ENSD$ ピンはハイ

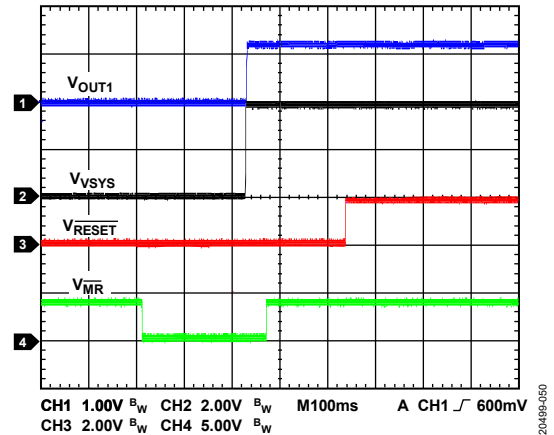


図 49. $\overline{MR}$ を押して出荷モードを終了、 $ENSD$ ピンはハイ

動作原理

バッテリー・チャージャ

チャージャの概要

ADP5360 は、幅広い携帯機器アプリケーションに適した 1 セルのリチウムイオン／リチウムイオン・ポリマー・バッテリーの充電用に、I²C ですべて設定可能なチャージャを内蔵しています。

このリニア・チャージャのアーキテクチャは、システム電源の最大 500mA の出力電流に対応し、専用チャージャからバッテリーへの最大 320mA の充電電流を供給できます。

ADP5360 のチャージャは最大 6.8V の入力電圧で動作しますが、着脱時に発生する USB バスのスパイクの問題を軽減するために、最大 20V の電圧に耐えるように設計されています。

ADP5360 は、リニア・チャージャの出力とバッテリー・ノード間に 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り、バッテリー切れやバッテリー未接続時にもシステム電力を供給できるため、USB 電源に接続したときに直ちにシステムを機能させることができます。

ADP5360 のチャージャは、ミニ VBUS ピン (F6 ピン) を使って、電源コンセント型チャージャ、自動車用チャージャ、または USB ホスト・ポートから充電を行うことができます。外部 USB 検出デバイスによって検出される USB 電源のタイプに応じて、ADP5360 は適切な電流制限値を適用し、USB 仕様に準拠した最適な充電を実現します。この USB チャージャは、電源コンセント型チャージャ、ホスト・チャージャ、ハブ・チャージャ、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 チャージャを制御し、充電電流と次のような様々なパラメータを設定することができます。

- トリクル充電の電流レベルと電圧閾値
- 高速充電（定電流）電流レベル
- 高速充電（定電圧）終端電圧レベル
- 高速充電安全タイマー時間
- 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
- 再充電電圧閾値
- VBUS 入力電流制限値

入力電流制限値と USB 互換性

VBUS 入力電流制限値は、内部 I²C ILIM レジスタ (R_{ILIM}) を介して 50mA～500mA の範囲で設定され、様々な条件との互換性を確保します。ILIM ピンとグラウンド間の外付け抵抗により、デフォルトの入力電流制限値を設定できます。ILIM ピンをフロート状態にすると、電源投入時にレジスタのデフォルト値がアクティブになります。

表 10. ILIM ピンで設定される VBUS 入力電流制限のデフォルト値

R _{ILIM} Value (kΩ)	ILIM Value (mA)
100	50
68	100
47	150
36	200
27	250
20	300
15	400
10	500

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に、電流制限値はデフォルトにより 100mA になっています。この入力電流制限値は VBUS の電源投入サイクルのたびに 100mA のデフォルト値にリセットされるため、USB ポートは保護されます。

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小さすぎて、設定された充電電流 (I_{CHG}) を満たせなくなり、充電速度が遅くなる場合があります。この場合、VBUS_ILIM ビット・フラグがセットされます。

V_{VBUS} が 3.9V～6.8V の範囲内のときは、VBUSOK ビットがセットされます。

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低下するため、高い電流レートで電池を安全に充電できなくなります。ADP5360 チャージャは、トリクル充電モードを使って、高速充電できる安全なレベルまで電池電圧を上げます。電圧が V_{TRK_DEAD} より低くなった電池は、I_{TRK_DEAD} で充電されます。トリクル充電モードの間、CHARGER_STATUS1 レジスタの CHARGER_STATUS [2:0] ビットがセットされます。

トリクル充電時には、V_{SYS} ノードはリニア・レギュレータによって V_{SYS_REG} に安定化されます。バッテリー・アイソレーション FET はオフになります。したがって、バッテリーはシステム電源から切り離されます。V_{SYS_REG} 出力電圧については、表 11 を参照してください。

表 11. V_{SYS_REG} の出力電圧

V _{TRM} Setting	V _{SYS_REG} (V)	
	V _{SYSTEM} = V _{TRM} + 200 mV	V _{SYSTEM} = 5 V
V _{TRM} ≤ 4.26 V	4.4	5
4.26 V < V _{TRM} ≤ 4.36 V	4.5	5
4.36 V < V _{TRM} ≤ 4.46 V	4.6	5
4.46 V < V _{TRM} ≤ 4.56 V	4.7	5
4.56 V < V _{TRM} ≤ 4.66 V	4.8	5

V_{VBUS} が V_{SYS_REG} の設定値より低くなると、V_{VSYS} を安定化できないため、充電電流に影響を与えます (図 9 を参照)。

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確実に回復できるように、トリクル充電モードの継続時間がモニタされます。トリクル充電モードが t_{TRK} 以上続いても電池電圧が V_{TRK_DEAD} に達しない場合は、障害状態と見なされて充電は停止します。バッテリー・アイソレーション FET はオフになり、VSYS はリニア・レギュレータによって V_{SYS_REG} に安定化されます。CHARGER_STATUS[2:0] ビットが 0b110 に設定されると障害状態がアサートされ、障害からの回復のセクションで規定された障害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} を上回っているが 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、VSYS はバッテリー・アイソレーション FET によって V_{SYS_REG} に制御されます。この充電モードの間、 V_{SYS_REG} の出力上で $V_{SYSTEM} = 5V$ はアクティブにならないことに注意してください。

微弱充電モードの間、バッテリーは、VSYS からアイソレーション FET を介して流れる設定された I_{CHG} と、 I_{TRK_DEAD} で充電されます。VBUS の入力電流制限のため、VSYS からの実際の充電電流 (I_{CHG}) は、設定された値よりも低くなることがあります。システム負荷は VSYS からの電流を共有できます。ただし、微弱充電モードの間、 I_{TRK_DEAD} は常にバッテリーを充電します。

高速充電モード（定電流）

バッテリー電圧が V_{WEAK} を超えると、チャージャは高速充電モードに切り替わり、 I_{CHG} でバッテリーを充電します。 I_{CHG} は、アドレス 0x04 の $I_{CHG}[4:0]$ によって I²C インターフェースを介して設定されます。高速充電モード（定電流）の間、CHARGER_STATUS [2: 0] ビットは 0b010 にセットされます。ICS ピン (R_{ICS}) とグラウンド間の外付け抵抗により、デフォルトの I_{CHG} 値を設定できます。ICS ピンをフロート状態にすると、電源投入時にレジスタのデフォルト値がアクティブになります。

表 12. ICS ピンを使って設定される充電電流のデフォルト値

R_{ICS} Value (k Ω)	I_{CHG} Value (mA)
100	10
68	50
47	80
36	100
27	150
20	200
15	250
10	300

定電流モードでは、その他の機能によって、 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、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。バッテリー・アイソレーション FET は、 V_{SYS_REG} にとどまるように V_{SYS} を制御します。この充電モードの間、 V_{SYS_REG} の出力上で $V_{SYSTEM} = 5V$ はアクティブにならないことに注意してください。

ADP5360 は、高い内部インピーダンスのために V_{VBUS} が低下しすぎた場合、その状況に適応して動的に充電電流を供給します。この機能は V_{VBUS} をモニタし、 V_{VBUS} が (I²C インターフェースによって設定される) 閾値を下回ったときは充電電流レベルを下げます。充電電流を V_{VBUS} のレベルに適応させた場合、ADPICHG ステータス・ビットがハイに設定されます。デフォルトではこの機能は無効になっていますが、I²C の設定によって有効にできます。

高速充電モード（定電圧）

バッテリーの充電が進むにつれて、電圧は上昇して V_{TRM} に近づきます。ADP5360 チャージャは、 V_{BSNS} 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・パックの内部インピーダンスと、PCB やその他の寄生直列抵抗が結合することにより、BSNS ピンの電圧検出点と電池端子の間に電圧降下が発生します。この電圧降下を補償して確実に電池を満充電するため、 V_{BSNS} が終了電圧に達すると、ADP5360 は定電圧充電モードになります。ADP5360 は電池の充電を続けながら充電電流を徐々に減らし、BSNS ピンの V_{TRM} 電圧を維持します。定電圧高速充電モードの間、CHARGER_STATUS [2: 0] ビットは 0b011 にセットされます。

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、高速充電モードの継続時間がモニタされます。高速充電モードが t_{CHG} より長く続いているにもかかわらず V_{BSNS} が V_{TRM} に達しない場合は、障害状態と見なされ、充電は停止し、バッテリー・アイソレーション FET はオフになり、VSYS はリニア・レギュレータによって V_{SYS_REG} に安定化されます。CHARGER_STATUS[2:0] ビットが 0b110 に設定されると障害状態がアサートされ、障害からの回復のセクションで規定された障害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 ピンが V_{TRM} に達したにもかかわらず、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 をオフにして充電を停止します。この状態でもリニア・レギュレータは動作を続け、VSYS は V_{SYS_REG} に安定化されることに注意してください。この状況では障害状態は表示されず、ADP5360 は充電完了ステータスになります。

安全タイマー

チャージャ・モードでウォッチドッグ・タイマー（ウォッチドッグ・タイマーのセクションを参照）の時間が経過すると、ADP5360 チャージャは t_{SAFE} のカウントを開始します。 t_{SAFE} の間充電を続けた後、バッテリー・アイソレーション FET をオフにして CHARGER_STATUS[2:0] ビットを 0b110 に設定することにより、充電を停止します。

充電の終了

ADP5360 チャージャは、定電圧高速充電モードの間、充電電流をモニタします。EN_TEND がローの場合、電流が t_{DG} の間 I_{END} より小さくなると、バッテリー・アイソレーション FET をオフにすることによりチャージャを停止します。システム電圧はリニア・レギュレータによって V_{SYS_REG} に保たれ、CHG_CMPLT フラグがセットされます。EN_TEND がハイに設定されている場合は、充電電流が次の t_{END} の間も I_{END} より小さかったとき、チャージャを停止して CHG_CMPLT フラグをセットします。

再充電

充電終了の検出後、バッテリー・アイソレーション FET はオフになりますが、ADP5360 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_{RCH} だけ低下すると、チャージャは充電を再開します。ほとんどの場合、再充電閾値がトリガされると、チャージャが高速充電モードで起動します。

バッテリー充電イネーブルまたはディスエーブル

ADP5360 の充電機能をイネーブルにするには、EN_CHG ビットをハイに設定するか、ENCHG ピンをハイにします。ハードウェア ENCHG ピンは、アドレス 0x07 の EN_CHG ビットと OR 演算されます。チャージャがディスエーブルにされた場合、リニア・レギュレータはオンのままになり、 V_{SYS} を V_{SYS_REG} に安定化します。バッテリー・アイソレーション FET はオフになり、リニア・レギュレータがシステムに電力を供給します。

バッテリー・アイソレーション FET

ADP5360 チャージャは、電力経路の制御とバッテリーの保護用のバッテリー・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、トリクルモードと高速充電モードのいずれでも、過放電したりリチウムイオン電池をシステム電源から切り離すため、シス

テムは常に電力を供給されます。バッテリー・アイソレーション FET は、 V_{SYS} ピン上で V_{SYS_REG} を維持します。VBUS が V_{VBUS_OK} より低くなると、バッテリー・アイソレーション FET は完全導通ステータスになります。VBUS 電流が制限されている場合、バッテリー・アイソレーション FET がバッテリーを補完してシステム電源の大電流機能をサポートします。 V_{SYS} の電圧が I_{SOB} 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。

バッテリーの検出

バッテリー・レベルの検出

ADP5360 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。チャージャは充電を開始すると、 I_{SOB} に対してアクティブに電流をシンクおよびソースし、電圧の時間変化を検出します。シンク・フェーズでは充電中のバッテリーの電圧を検出し、ソース・フェーズでは放電中のバッテリーの電圧を検出します。

シンク・フェーズでは、通常は 330ms の間、 I_{SOB} ピンと BSNS ピンから電流 (I_{SINK}) をシンクします (図 50 を参照)。330ms 経過したときに BSNS ピンの電圧が V_{BATL} より低い場合、チャージャはソース・フェーズを開始します。330ms 経過したときに BSNS ピンの電圧が V_{BATL} を超えている場合、チャージャは新しい充電サイクルを開始します。

ソース・フェーズでは、通常は 330ms の間、 I_{SOB} ピンまたは BSNS ピンに対して電流 (I_{SOURCE}) をソースします。330ms 経過する前に BSNS ピンの電圧が V_{BATH} を超えた場合、チャージャはバッテリーが接続されていないと見なし、330ms 経過したときに BSNS ピンの電圧が V_{BATH} を超えていない場合、チャージャはバッテリーが接続されていると見なし、新しい充電サイクルを開始します。

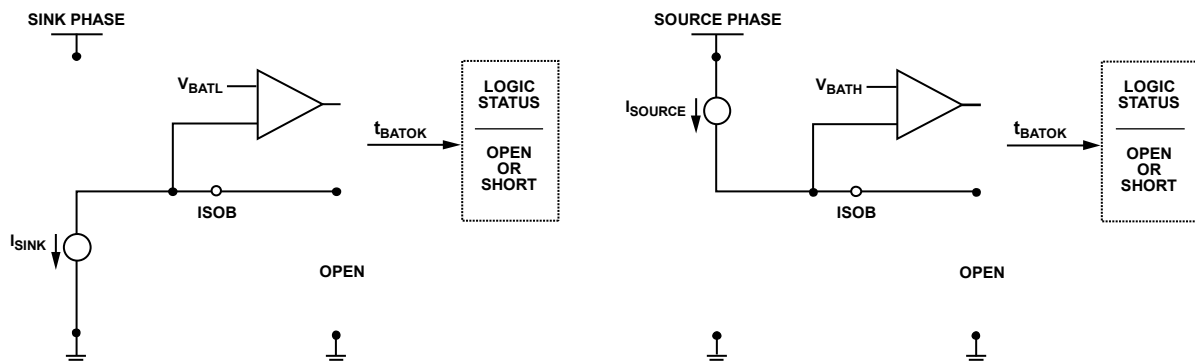


図 50. バッテリー検出シーケンス

20499-051

バッテリーの温度

バッテリー・パック・サーミスタ入力

ADP5360 チャージャはバッテリー・パック温度検出機能を搭載しており、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、3 つのプログラマブル電流源 (60 μ A、12 μ A、6 μ A) を提供します。それに従って、THR ピンは 25°C で 10k Ω 、47k Ω 、100k Ω の NTC 抵抗をサポートします。THR ピンはバッテリー・パック・サーミスタ端子に直接接続します。

THR 機能がイネーブルの場合、THR ノードの電圧は ADC によって検出され、12 ビット・レジスタの THR_V_HIGH および THR_V_LOW から読み出されます。次式を使用して、外付けサーミスタ値 (R_{NTC}) を計算します。

$$R_{NTC} = (THR_V/60\ \mu A)$$

ここで、

THR_Vは、THR_V_HIGH および THR_V_LOW レジスタから ADC が読み出した値です。

60 μ A は、THR ピンによって選択されるソース電流です。バッテリー温度を計算するには、 R_{NTC} の値がわかっている必要があります。

V_{VBUS} が V_{VBUS_OK_RISE} より高い場合、THR 機能はチャージャ制御条件に対して強制的にイネーブルになります。更新レートは 1 秒です。V_{VBUS} が V_{VBUS_OK_RISE} より低い場合は、EN_THR ビット (アドレス 0x0A) をハイに設

定して THR 機能をイネーブルにします。静止電流を低減するために、THR ノードの電圧更新レートは 30 秒に低下します。

バッテリー・パック・サーミスタを THR ピンに直接接続しない場合は、THR ピンと AGND1 および AGND2 ピンの間に 100k Ω (許容誤差 $\pm$ 20%) のダミー抵抗を接続する必要があります。THR ピンをオープンのままにすると、0°C より低いバッテリー温度が誤検出されて、充電がディセーブルになります。

ADP5360 チャージャは THR ピンの電圧を監視し、電圧が 0°C より低くなるかまたは 60°C より高くなった場合は充電を中断します。温度が 0°C より高く 60°C より低い場合は、それに従って THR_STATUS[2:0] ビット (アドレス 0x09) が設定されます。

JEITA のリチウムイオン・バッテリーの充電温度仕様

ADP5360 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。ADP5360 が JEITA のクール状態を検出すると、充電電流は表 14 に示すように低減されます。

ADP5360 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 がオフします。V_{SYN} ピンはリニア・レギュレータによって V_{SYN_REG} に保たれ、システムに電力を供給します。

表 13. JEITA のリチウムイオン・バッテリー充電仕様のデフォルト値

Parameter	Symbol	Conditions	Min	Max	Unit
JEITA Cold Temperature Limits	L _{JEITA_COLD}	No battery charging occurs.		0	°C
JEITA Cool Temperature Limits	L _{JEITA_COOL}	Battery charging occurs at approximately 50% or 10% of programmed level. See Table 14 for specific charging current reduction levels.	0	10	°C
JEITA Typical Temperature Limits	L _{JEITA_TYP}	Normal battery charging occurs at default and programmed levels.	10	45	°C
JEITA Warm Temperature Limits	L _{JEITA_WARM}	Battery termination voltage (V _{TRM}) is reduced by 100 mV from programmed value.	45	60	°C
JEITA Hot Temperature Limits	L _{JEITA_HOT}	No battery charging occurs.	60		°C

表 14. JEITA クール温度制限-低減充電電流レベル

ICHG[4:0] Value (mA)	ICHG JEITA Value (mA)	
	ILIM_JEITA_COOL = 0	ILIM_JEITA_COOL = 1
00000 = 10	10	10
00001 = 20	10	10
00010 = 30	10	10
00011 = 40	20	10
00100 = 50	20	10
00101 = 60	30	10
00110 = 70	30	10
00111 = 80	40	10
01000 = 90	40	10
01001 = 100	50	10
01010 = 110	50	10
01011 = 120	60	10
01100 = 130	60	10

ICHG[4:0] Value (mA)	ICHG JEITA Value (mA)	
	ILIM_JEITA_COOL = 0	ILIM_JEITA_COOL = 1
01101 = 140	70	10
01110 = 150	70	20
01111 = 160	80	20
10000 = 170	80	20
10001 = 180	90	20
10010 = 190	90	20
10011 = 200	100	20
10100 = 210	100	20
10101 = 220	110	20
10110 = 230	110	20
10111 = 240	120	20
11000 = 250	120	30
11001 = 260	130	30
11010 = 270	130	30
11011 = 280	140	30
11100 = 290	140	30
11101 = 300	150	30
11110 = 310	150	30
11111 = 320	160	30

バッテリー・チャージャの動作のフローチャート

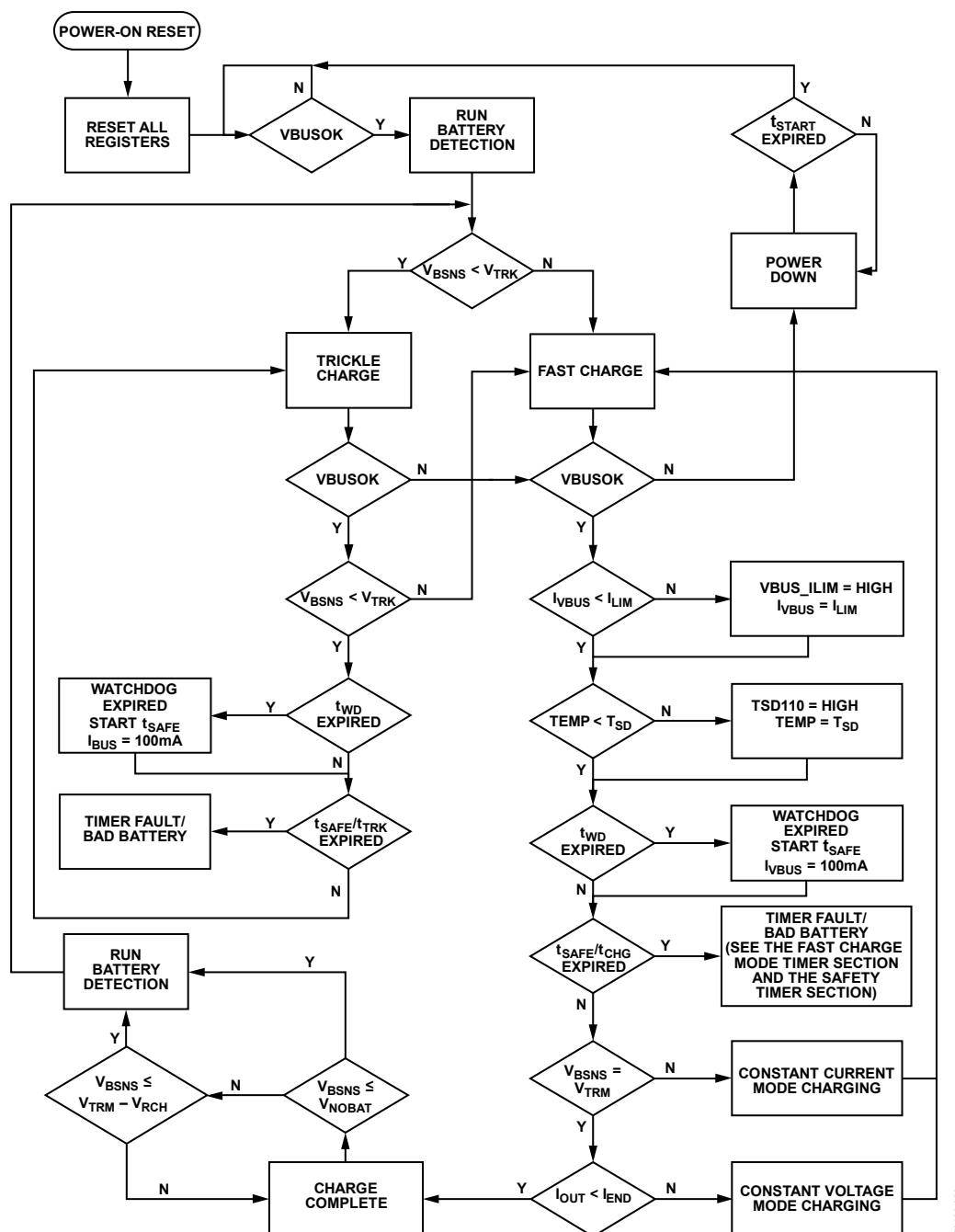


図 51. チャージャの動作のフローチャート

バッテリー燃料計

概要

ADP5360 のリチウムイオン・バッテリー燃料計は、ハイブリッド・アルゴリズムによって最適化され、バッテリーの残容量を表示します。バッテリー燃料計はクーロン・カウンタ方式で動作し、電圧ベースで 0%~100%を表示します。バッテリー燃料計は 12 ビット ADC を使用してバッテリー・ノードの電圧とバッテリー電流を測定します。充電状態は、ADP5360 に内蔵された適応型フィルタ制限ア

ルゴリズムを使用して計算されます。10 個のオープン・サーキット・バッテリー値およびバッテリー容量は、ADP5360 の V_SOC_x レジスタに書き込まれるバッテリー特性評価に基づいており、充電状態の計算に使用されます。充電状態の変化率は、検出電流の情報、バッテリー容量値、連続負荷電流、および大きな電圧降下によって決まります。大きな連続負荷電流が入力されると、燃料計は高精度の計算機能を備えるクーロン・カウンタとして動作します。バッテリー電圧が終了電圧に達して充電が完了すると、バッテリー充電状態レジスタ (BAT_SOC) は

バッテリー容量 100%を表示します。

低充電状態割込み機能が許可されている間は、充電状態データが SOC_LOW_TH[1:0] ビットの設定より低くなると、割込みがアサートされ、SOCLOW_INT ビットがハイに設定されます。

動作モード

ADP5360 の燃料計はデフォルトでシャットダウン・モードになり、極めて小さいスタンバイ電流をバッテリーから消費します。燃料計機能をイネーブルにすると、充電状態は初期化され、バッテリー電圧のみに従って最初のデータが計算されます。アクティブとスリープの 2 つの動作モードを選択できます。燃料計の動作モードの選択は I²C で制御します。

アクティブ・モードでは、バッテリーの充電状態は 10 秒おきに更新され、バッテリーの電圧と瞬時電流 (I_{NS}) は 1 秒おきにサンプリングされます。新しい充電状態は最後の充電状態の値と比較され、適応型の充電状態制限値を使って更新されます。検出電流と入力バッテリー容量に従って、ADP5360 は充電状態が更新されるたびに充電状態制限値を計算します。

スリープ・モードでは、充電状態は 1 分おきに更新され、電圧と電流は 7.5 秒おきにサンプリングされます。このモードでは、12 ビット ADC はインターバルとシャットダウン・モードを使って静止電流をできるだけ低減します。表 15 に、燃料計の静止電流、ADC のサンプル・レート、および充電状態の更新レートを示します。検出電流がスリープ電流閾値の設定値（アドレス 0x27、SLP_CURR[1:0] ビット）より大きくなると、ADP5360 燃料計はスリープ・モードを終了し、自動的にアクティブ・モードになります。

経年劣化に基づくバッテリー容量の調整

ADP5360 には、デバイスの電源投入時にバッテリーの合計充電電力量を記録する機能があり、バッテリーの経年劣化の推定が可能です。

BAT_SOCACM_H および BAT_SOCACM_L の 12 ビットに、各充電サイクル中の充電状態の増加分が累算されます。例えば、充電中に充電状態が 20%から 80%に上昇すると、これらのビットに 60 ポイントが加算されます。100 ポイントは 1 回の満充電サイクルを示します。

BAT_SOCACM_H および BAT_SOCACM_L が 4096 ポイントに達し、バッテリーが約 41 回の満充電を完了する

表 15. 燃料計の動作モード

Operation Mode	Typical Quiescent Current (μA)	ADC Sample Rate (sec)	State of Charge Update Rate
Sleep	0.2	7.5	1 min
		15	4 min
		30	8 min
		60	16 min
Active	3.5	1	10 sec

と、BAT_SOCACM_H および BAT_SOCACM_L ビットはオーバーフローしてクリアされます。レジスタ 0x34 の SOCACM_INT 割込みビットが直ちにアサートされます。システムは BAT_CAP レジスタを手動で調整するか、EN_BATCAP_AGE ビットをハイに設定して自動調整を選択することができます。バッテリー経年劣化の自動調整機能を選択する場合は、バッテリー容量減少比を BATCAP_AGE ビットで設定できます。バッテリー容量の経年劣化の自動調整機能を有効にすると、BAT_CAP レジスタは ADP5360 によって自動的に調整されるため、このレジスタへの再書き込みはできません。

温度に基づくバッテリー容量の調整

リチウムイオン・バッテリーの容量は、周辺動作温度の影響を受けます。EN_BATCAP_TEMP ビットをハイに設定すると、ADP5360 は温度の変化に基づいてバッテリー容量の計算値を自動的に調整します。温度の情報は、THR ノードの電圧検出機能から得られます。したがって、バッテリーの THR 機能がアクティブで、EN_THR ビットがハイに設定されている必要があります。

BATCAP_TEMP[1:0] ビットで、バッテリー容量の計算値の調整比を設定できます。この値は温度の上昇と共に小さくなります。このバッテリー容量調整機能は、THR ノードの電圧が TEMP_HIGH_45~TEMP_LOW_0 ビットの対応する範囲を検出する場合にのみ有効になります (図 52 および表 17 を参照)。

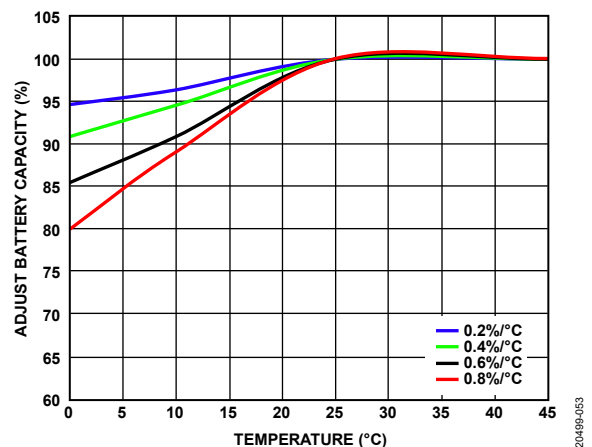
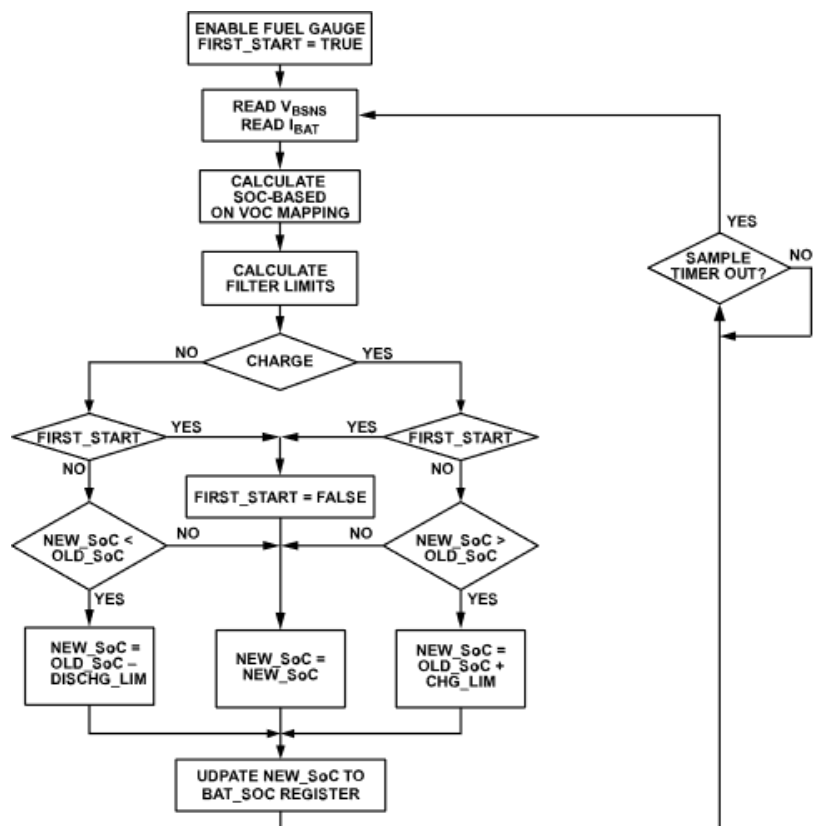


図 52. 燃料計内の温度によるバッテリー容量の調整

充電状態計算のフローチャート



注意

1. SOCおよびSoCは充電状態を意味します。
2. FIRST_STARTは燃料計の ディスエーブルからイネーブルへのフラグです。
3. NEW_SOCは最新のSOCで、OLD_SOCは最新のSOCの1つ前のSOCです。
4. DISCHG_LIMとCHG_LIMは、それぞれ放電と充電の適応型充電状態制限値です。

201903-054

図 53. 燃料計アルゴリズムのフローチャート (VOC のマッピングは 10V_SOC_x レジスタに対応するオープン・サーキット・バッテリー電圧を示す)

バッテリー保護

ADP5360 は、リチウムイオンおよびリチウムイオン・ポリマー・バッテリー用の完全なバッテリー保護機能を備えています。デフォルトでは、 V_{ISOB} が V_{UVLO} より高くなり、出荷モードが終了すると、バッテリー保護が有効になります。ADP5360 は、次の障害保護をサポートしています。

- バッテリーが過放電した場合の低電圧保護
- 過放電電流保護
- バッテリーが過充電した場合の過電圧保護
- 過充電電流保護

デグリッチ時間後に V_{BSNS} がバッテリー低電圧閾値より低くなると、低電圧保護がトリガされ、アイソレーション FET がオフになり、すべてのシステム負荷が ISOB ピンから絶縁されます。また BAT_UV_STATUS ビットがハイに設定され、バッテリー・ステータスおよび障害レジスタがアサートされたことを示します。EN_CHGLB ビット（アドレス 0x11）がハイに設定されている場合は、低電圧保護中にチャージャはバッテリーの充電を許可します。バッテリー電圧が低電圧閾値より高くなると、チャージャは低電圧保護を終了します。EN_CHGLB ビットがローに設定されている場合は、チャージャはバッテリーの安全のために充電を許可しません。I²C インターフェースを使用して、低電圧閾値と応答時間を選択します。

アイソレーション FET を流れるバッテリー放電電流が大きくなり、デグリッチ時間後に過電流閾値より高くなると、過電流保護がトリガされ、アイソレーション FET がオフになり、すべてのシステム負荷が ISOB ピンから絶縁されます。この保護動作には、OC_DIS_HICCUP ビット（アドレス 0x11）を設定することにより、ラッチアップ保護モードまたはヒカップ・モードを選択できます。ラッチアップ保護モードでは、3 回の再試行後にアイソレーション FET がオフになり、VSYS 出力をシャットダウンします。障害が解消されると、障害レジスタのクリアまたは VBUS パワー・リセットにより、通常動作を再開できます。ヒカップ保護モードでは、システム負荷障害が解消されるまで、アイソレーション FET は標準で 200ms のシャットダウン時間後にオンになろうとします。バッテリー過電圧保護がトリガされると、LDO FET はオフになり、充電は停止し、LDO FET は中断ステータスのままになります。この保護期間中にアイソレーション FET をオフにするかオンのままにするかは選択可能です。バッテリー過充電電流がトリガされると、LDO FET はオフになり、充電は停止し、LDO FET は中断ステータスのままになります。アイソレーション FET もオフになり、VSYS 出力をシャットダウンします。ラッチアップ過充電保護モードを選択した場合、3 回の再試行後にチャージャは中断ステータスのままになり、バッテリーは充電を許可しません。ヒカップ保護モードを選択した場合、チャージャの障害が解消されるまで、チャージャは常に充電を再開しようとしています。障害の解消後、障害レジスタのクリアまたは VBUS パワー・リセットにより、通常動作を回復できます。

すべてのバッテリー保護機能の選択は、ADP5360 の電源投入時に実行しなければなりません。バッテリー障害の発生中に、バッテリー保護機能を変更しないでください。

降圧レギュレータの動作

動作モード

ADP5360 の 2 つの動作モード（PWM モードとヒステリシス・モード）は、I²C インターフェースによって制御されます。

PWM モード

PWM モードの場合、降圧レギュレータは、内部発振器によって設定される 1MHz の固定周波数で動作します。発振器の各サイクルの開始時に、ハイサイド MOSFET スイッチがオンになり、インダクタの両端に正の電圧を送ります。電流検知信号がピーク・インダクタ電流閾値を上回るまでインダクタ電流が増加し、その時点でハイサイド MOSFET スイッチがオフになります。この閾値は、誤差アンプの出力によって設定されます。ハイサイド MOSFET がオフになっている間、発振器のクロック・パルスが次の新しいサイクルを開始するまで、インダクタ電流がローサイド MOSFET を通して減少します。PWM モードでは、レギュレータは最大 500mA の平均出力電流を供給できます。PWM モードではレギュレータは電圧リップルを小さく抑えられるので、このモードはノイズに敏感なアプリケーションに有用です。

ヒステリシス・モード

ヒステリシス・モードでは、ADP5360 の降圧レギュレータは、PWM パルスで出力電圧を高め、公称出力電圧より高くなるようにします。降圧レギュレータは、I²C インターフェースによって設定される一定のピーク・インダクタ電流を調整することにより、出力電圧を充電します。出力検知信号がヒステリシスの上側閾値を上回ると、レギュレータはスタンバイ・モードになります。スタンバイ・モードでは、低静止電流と高効率を実現できるように、ハイサイド MOSFET、ローサイド MOSFET、および制御回路がデイスエーブルになります。スタンバイ・モードの間は、出力コンデンサが負荷にエネルギーを供給します。出力電圧がヒステリシス・コンパレータの下側閾値を下回るまで、出力電圧は減少します。その後、降圧レギュレータはウェイクアップし、PWM パルスを生成して再度出力を蓄電します。出力電圧はときどきスタンバイ・モードになり、その後に復帰するため、ヒステリシス・モードでの出力電圧リップルは PWM モードのリップルよりも大きくなります。スイッチング周波数が変動するため、システム内のノイズが大きくなります。したがって、充電ステータスでは PWM モードの使用を推奨します。ヒステリシス・モードでは、次式を使用してレギュレータの出力電流を計算します。

$$I_{LOAD1_HYS} = I_{PEAK1_HYS}/2$$

ここで、

I_{LOAD1_HYS} はレギュレータの出力電流です。

I_{PEAK1_HYS} はインダクタのピーク電流です。

インダクタのピーク電流の制限値（BUCK_ILIM）が 200mA に設定されている場合、レギュレータの最大出力電流は 100mA です。

出力電圧の設定

ADP5360 は、VID1 ピンと AGND1 および AGND2 ピンの間に抵抗を接続することにより、出力電圧の設定値を調整することができます。起動期間内に VID 検出回路が作動し、内部レジスタ内に電圧 ID コードがサンプル・ホールドされ、このコードは次のパワー・サイクルが開始されるまで変化しません。

表 16 に、VID1 ピンの設定による出力電圧オプションを示します。ADP5360 は、0.6V～3.75V の範囲の出力電圧を 50mV ステップで選択できます。出力電圧を設定するには、I²C インターフェースを介して VOUT_BUCKBST[5:0] ビット（アドレス 0x2C）を設定します。また、ADP5360 は出荷時のヒューズによって設定される固定出力電圧も供給できます。この場合は、VID1 ピンを VIN1 ピンに接続します。

表 16. VID1 ピンで設定される V_{OUT1} のデフォルト値

VID1 Resistor, R _{VID1} Value (kΩ)	V _{OUT1} Value (V)
100	3.3
68	3.0
47	2.8
36	2.5
27	1.8
20	1.5
15	1.2
10	1.0

ADP5360 には、出力電圧設定用の帰還抵抗分圧回路が内蔵されており、フィードバック・ピン (FB1) を出力に直接接続する必要があります。超低消費電力の電圧リファレンスと、内蔵の高インピーダンス帰還分圧回路により、低静止電流が実現されます。VID1 ピンをフロート状態にすると、電源投入時にレジスタのデフォルト値がアクティブになります。

イネーブルとディスエーブル

ADP5360 にはハードウェア・イネーブル・ピン (EN1) があります。EN1 ピンがロジック・ハイになると、降圧レギュレータが起動します。低静止電流設計のため、レギュレータは通常、EN1 ピンがハイになってから数ミリ秒の遅延後にスイッチングを開始します。想定外のもれ電流が発生することがあるため、ISOB ピンに対して EN1 ピンをハイにしないでください。抵抗を使って、VSYS ピンに対して EN1 ピンをハイにすることを推奨します。

EN_BUCK ビット（アドレス 0x29）により、降圧レギュレータのイネーブルとディスエーブルを制御できます。このビットは EN1 ピンと AND 演算されます。例えば、EN_BUCK ビットをハイに設定してから、EN1 ピンを使って降圧レギュレータのイネーブルとディスエーブルを制御できます。あるいは、EN1 ピンをハイにしてから、I²C インターフェースを介して EN_BUCK ビットを設定することもできます。

PGOOD 表示

VOUT1OK ビット（アドレス 0x2F）は、降圧レギュレータが正常に動作しているかどうかを表示します。このビットがロジック・ハイの場合、降圧レギュレータの出力電圧が公称出力の 90%（標準的な立上がり閾値）より高いことを示します。安定化された出力電圧が公称出力の 87%（標準的な立下がり閾値）より低くなると、VOUT1OK ビットはローになります。

I²C インターフェースを使用してレジスタ PGOODx_MASK を設定することにより、VOUT1OK ビットのステータス表示をマスクして、PGOOD1 または PGOOD2 のハードウェア・ピンに出力しないことが可能です。

ソフト・スタート

ADP5360 の降圧レギュレータは、起動中に出力電圧の上昇率を制御することによって突入電流を制限する、ソフト・スタート機能を内蔵しています。この機能は、デバイスの入力にバッテリーまたは高インピーダンス電源を接続したときに発生する可能性のある入力電圧降下を防止します。降圧レギュレータのデフォルトの標準ソフト・スタート時間は 1ms です。ソフト・スタート時間は、I²C インターフェースにより 8ms、64ms、または 512ms に設定することができます。

デューティ・サイクル 100%での動作

入力電圧が出力電圧に近づくと、ADP5360 はスイッチングを停止して 100%デューティ・サイクル動作になります。降圧レギュレータは、インダクタと内部ハイサイド・パワー・スイッチを介して出力を入力に接続します。入力電圧が再び充電され、必要なデューティ・サイクルが 95%（代表値）まで低下すると、降圧レギュレータは出力電圧のオーバーシュートを発生させずにスイッチングとレギュレーションを直ちに再開します。

アクティブ放電

ADP5360 は、スイッチング・ノードとグラウンドの間にオプションの放電スイッチを内蔵しています。このスイッチは、関連付けられたレギュレータがディスエーブルになったときにオンになり、出力コンデンサが素早く放電されるようにします。レギュレータの放電スイッチの抵抗の代表値は 255Ω です。

降圧レギュレータのアクティブ放電機能を有効にするには、DISCHG_BUCK ビット（アドレス 0x29）をハイに設定します。

電流制限保護

ADP5360 の降圧レギュレータは、ハイサイド MOSFET とローサイド MOSFET を流れる電流の向きと電流の量をサイクルごとに特定のレベルに制限する保護回路を備えています。ハイサイド MOSFET の正電流制限は、入力から出力に流れる電流量を制限します。ローサイド MOSFET の負電流制限は、インダクタ電流の向きが反転して負荷から流出するのを防止します。

短絡保護

ADP5360 の降圧レギュレータは、PWM モードでハード短絡時の電流の暴走を防ぐ周波数フォールドバック機能を備えています。帰還ピン（FB1）の出力電圧が VOUT1 の 50%（代表値）を下回り、出力にハードウェア短絡が生じる可能性があることを示すと、スイッチング周波数は内部発振器周波数の 1/2 まで低下します。スイッチング周波数が低下すると、インダクタの放電時間が長くなり、出力電流の暴走を防ぎます。

スイッチング停止

ADP5360 には、降圧レギュレータのスイッチングを一時的に停止できるストップ・ピンとして構成できる 1 本の STP ピンがあります。

STP ピンにロジック・ハイ・レベルが入力されると、対応するレギュレータはスイッチングを即座に停止します。STP ピンにロジック・ロー・レベルが入力されると、レギュレータはスイッチングを再開します。STP 信号がハイ・レベルになってからスイッチングが完全に停止するまでに、数十ナノ秒の遅延があることに注意してください。

ストップ信号による制御は、レギュレータがイネーブルになっているときにのみ有効です。レギュレータがイネーブルでないときは、ストップ信号は無視されます。ヒステリシス・モードでストップ信号を使用すると、低速の過渡応答が原因でパワーグッド障害が発生することがあります。

降圧レギュレータのスイッチング停止機能をディスエーブルにするには、STP_BUCK ビット（レジスタ 0x29）をローに設定します。

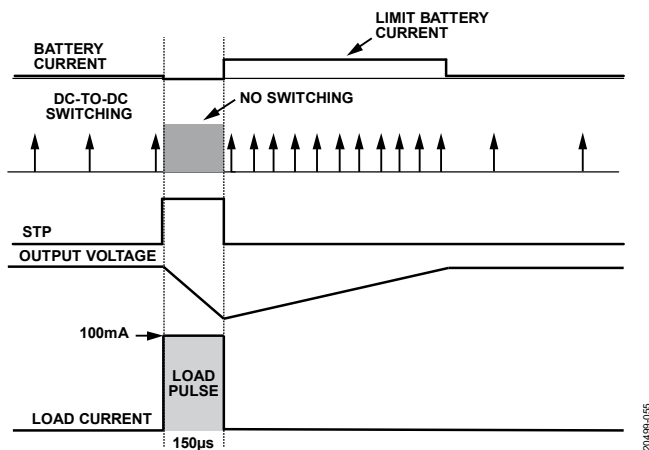


図 54. STP 信号図

昇降圧レギュレータの動作

動作モード

ADP5360 の昇降圧レギュレータは、入力電源（VIN2）からの（VOUT2 より大きい、等しい、または小さい）固定出力電圧を維持するように設計された、電流モードのスイッチング・レギュレータと同期します。

昇降圧レギュレータはヒステリシス・モードで動作し、スイッチング・パルスを使用して目標の出力電圧より多少高い値に出力電圧を制御します。出力電圧は、出力検知信号がヒステリシスの上側閾値を上回るまで増加します。その時点でレギュレータはスリープ・モードになります。スリープ・モードでは、ハイサイド MOSFET、ローサイド MOSFET、および大部分の制御回路がディスエーブルされ、低静止電流と高効率を実現します。スリープ・モードの間は出力コンデンサが負荷にエネルギーを供給し、出力電圧はヒステリシス・コンパレータの下側閾値を下回るまで低下します。その時点でレギュレータがウェイクアップし、スイッチング・パルスを生成して出力を再度充電します。

出力電圧の設定

ADP5360 の昇降圧レギュレータは、1.8V~2.9V の範囲の出力電圧は 100mA ステップ、2.95V~5.5V の範囲の出力電圧は 50mV ステップで選択できます。出力電圧は、I²C インターフェースを介して VOUT_BUCKBST[5:0] ビット（アドレス 0x2C）で設定されます（表 62 を参照）。昇降圧レギュレータは、出荷時のヒューズによって設定される固定出力電圧を供給することもできます。

ADP5360 は、出力電圧設定用の帰還抵抗分圧回路を内蔵しています。超低消費電力の電圧リファレンスと、内蔵された高インピーダンス（代表値 50MΩ）の帰還分圧回路により、低静止電流が実現されます。

イネーブルとディスエーブル

ADP5360 にはハードウェア・イネーブル・ピン（EN2）があります。EN2 ピンがロジック・ハイになると、昇降圧レギュレータが起動します。低静止電流設計のため、レギュレータは通常、EN2 ピンがハイになってから数ミリ秒の遅延後にスイッチングを開始します。想定外のもれ電流を防ぐため、ISOB ピンに対して EN ピンをハイにしないでください。抵抗を使って、VSYN ピンに対して EN2 ピンをハイにしてください。

I²C レジスタ・ビット EN_BUCKBST（アドレス 0x2B）により、昇降圧レギュレータのイネーブルとディスエーブルを制御することもできます。この設定は EN2 ピンと OR 演算されます。例えば、EN_BUCKBST ビットをローに設定してから、EN2 ハードウェア・ピンを使って昇降圧レギュレータのイネーブルとディスエーブルを制御することができます。あるいは、EN2 ピンをローにしてから、I²C インターフェースを使って EN_BUCKBST ビットをセットすることもできます。

PGOOD 表示

VOUT2OK ビット（アドレス 0x2F）は、昇降圧レギュレータが正常に動作しているかどうかを表示します。このビットがロジック・ハイの場合、昇降圧レギュレータの出力電圧が公称出力の 90%（標準的な立上がり閾値）より高いことを示します。安定化された出力電圧が公称出力の 87%（標準的な立下がり閾値）より低くなると、VOUT2OK ビットはローになります。

I²C インターフェースを使って PGOODx_MASK レジスタを設定することにより、VOUT2OK ビットのステータス表示をマスクして、PGOOD1 ピンまたは PGOOD2 ピンに出力しないことが可能です。

ソフト・スタート

ADP5360 の昇降圧レギュレータは、起動時に出力電圧の上昇率を制御することによって突入電流を制限する、ソフト・スタート機能を内蔵しています。この機能は、デバイスの入力にバッテリーまたは高インピーダンス電源を接続したときに発生する可能性のある入力電圧降下を防止します。降圧レギュレータのデフォルトの標準ソフト・スタート時間は 1ms 秒です。ソフト・スタート時間は、I²C インターフェースにより 8ms、64ms、または 512ms に設定することができます。

アクティブ放電

ADP5360 は、出力ノードとグラウンドの間にオプションの放電スイッチを内蔵しています。このスイッチは、関連付けられたレギュレータがディスエーブルになったときにオンになり、出力コンデンサが素早く放電されるようにします。レギュレータの放電スイッチの抵抗の代表値は 255Ω です。

昇降圧レギュレータのアクティブ放電機能を有効にするには、DISCHG_BUCKBST ビット（アドレス 0x2B）をハイに設定します。

電流制限保護

ADP5360 の昇降圧レギュレータは、ハイサイド MOSFET スイッチを流れる正電流の量を制限する、ピーク電流制限保護回路を内蔵しています。パワー・スイッチのピーク電流制限は、入力から出力へ流れる電流の量を制限します。プログラマブルな電流制限閾値機能により、低消費電流アプリケーション向けに小型のインダクタを使用できます。

I²C インターフェースを介して BUCKBST_ILIM[2:0] ビット（アドレス 0x2B）を使用し、昇降圧レギュレータのピーク電流制限閾値を設定できます。3 ビットのプログラマブル・オプションにより、100mA～800mA のピーク電流閾値範囲内のピーク電流制限値を 100mA ステップで選択できます。次式を使用して、レギュレータの出力電流を計算できます。

$$I_{LOAD2} = V_{IN2} \times I_{PEAK2} / 2(V_{IN2} + V_{OUT2})$$

ここで、

I_{LOAD2} はレギュレータの出力電流です。

V_{IN2} はレギュレータの入力電圧です。

I_{PEAK2} はインダクタのピーク電流です。

V_{OUT2} は出力電圧です。

ピーク電流制限値は、バッテリー入力側の平均電流制限値とは異なります。平均バッテリー電流は、VIN2/VOUT2 の関係、インダクタンス、スイッチング周波数、ピーク電流制限閾値を含む（それに限らない）様々な要素によって決まります。各降圧レギュレータまたは昇降圧レギュレータの平均バッテリー電流制限値は、これらの要素によっておおよその値が計算され、予測されます。ただし、インダクタンスとスイッチング周波数は変動するため、平均電流制限値の精度を安定させることは困難です。したがって、入力ソースが（通常は出力インピーダンスが大きい）弱いバッテリーである場合は、慎重に計算する必要があります。

スイッチング停止

ストップ機能は、STP ピンの入力によって昇降圧レギュレータの動作を設定できます。この方法で昇降圧レギュレータのスイッチングを一時的に停止できます。

STP ピンにロジック・ハイ・レベルが入力されると、対応するレギュレータはスイッチングを即座に停止します。STP ピンにロジック・ロー・レベルが入力されると、レギュレータはスイッチングを再開します。STP 信号がハイ・レベルになってからスイッチングが完全に停止するまでに、数十ナノ秒の遅延があることに注意してください。

ストップ信号による制御は、レギュレータがイネーブルになっているときにのみ有効です。レギュレータがイネーブルでないときは、ストップ信号は無視されます。

昇降圧レギュレータのスイッチング停止機能をディスエーブルにするには、STP_BUCKBST ビット（アドレス 0x2B）をローに設定します。

監視

リセット出力

ADP5360 には、マイクロプロセッサの電源電圧を監視し、それに応じてマイクロプロセッサのリセット入力を制御する機能があります。監視対象の電圧がそれに関連する閾値を下回ると、それに応じて RESET ピンがアサートされます。RESET ピンを素早くアサートすることで、システムの一部の電圧が推奨動作電圧を下回る前に、システム全体が直ちにリセットされます。デフォルトの監視電圧は降圧レギュレータの出力電圧（VOUT1）ですが、I²C インターフェースによって VOUT2 を選択することも可能です。アドレス 0x2D の VOUT1_RST ビットと VOUT2_RST ビットをいずれもハイに設定した場合、RESET ピンは、降圧レギュレータの VOUT1 と昇降圧レギュレータの VOUT2 の両方を監視します。

手動リセット入力

ADP5360 には手動リセット入力機能があります。デグリッチ時間 (t_{DG}) を使って $\overline{MR}$ ピンをハイからローに駆動すると、 EN_MR_INT ビット (アドレス $0x33$) がハイに設定されている場合は $\overline{INT}$ ピンが割込みをアサートします。 $\overline{MR}$ ピンがローからハイへ遷移すると、 $\overline{RESET}$ ピンの出力がアサートされ、リセット・タイムアウト期間 (t_{RP}) の間アサートされたままになった後でディアサートされます。ロジック・ハイ出力用に、 $\overline{MR}$ 入力と VDD ピンの間に外付けプルアップ抵抗を接続します。リセットを生成するには、 $\overline{MR}$ ピンとグラウンドの間に外部プッシュボタン・スイッチを接続します。 $\overline{MR}$ 入力はノイズ耐性を備えており、負方向への高速トランジエントは無視されます。必要に応じて $\overline{MR}$ ピンとグラウンドの間に $0.1\mu F$ コンデンサを接続すると、更にノイズ耐性が向上します。

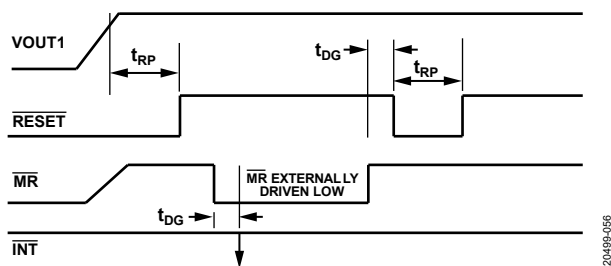


図 55. 手動リセットのタイミング図

EN_MR_SD ビット (アドレス $0x2D$) がセットされて出荷モードがイネーブルになっている場合、 $\overline{MR}$ ピンを 12 秒のタイムアウトより長い時間プルダウンした後で $\overline{MR}$ ピンを解放すると、すべての機能ブロックがシャットダウンされ、ADP5360 は出荷モードになります。出荷モードを終了するには、 t_{SH} の間 $\overline{MR}$ ピンをローにします。ADP5360 は出荷時のデフォルトのレジスタ設定値で再起動します。

ウォッチドッグ・タイマー

ADP5360 は、マイクロプロセッサの動作を監視するウォッチドッグ・タイマーを搭載しています。タイマー回路は、 $RESET_WD$ ビット (アドレス $0x2D$) への書き込みがあるたびにクリアされます。タイマーがプリセット・ウォッチドッグ・タイムアウト期間 (t_{WD}) の間カウントを続けると、 $\overline{RESET}$ 出力がアサートされます。マイクロプロセッサは、リセットを回避するには $RESET_WD$ ビットをトグルする必要があります。 $\overline{RESET}$ がアサートされると、ウォッチドッグ・タイマーはクリアされ、 $\overline{RESET}$ 出力がディアサートされるまでカウントを再開しません。ウォッチドッグ・タイマーをディスエーブルにするには、 I^2C インターフェースを介して EN_WD ビット (アドレス $0x2D$) を設定します。 $\overline{RESET}$ がアクティブでないときはウォッチドッグ・タイ

マーは無視されることに注意してください。

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タイムアウト時間が経過すると、ADP5360 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 t_{SAFE} をトリガします。詳細については、安全タイマーのセクションを参照してください。

出荷モード

ADP5360 は、ISOB パワーアップ後のデフォルト・ステータスとしてオプションの出荷モードを備えています。出荷モード中は、ISOFET および $VSYS$ の出力電圧を含む大半の機能ブロックがシャットダウンされ、超低シャットダウン電流が実現されます。更に、出荷モードの間、 $PGOOD1$ 、 $PGOOD2$ 、および $\overline{RESET}$ の各ピンの出力はデフォルトでハイになります。

ADP5360 の最初の電源投入時に出荷モードを有効にするには、 $ENSD$ ピンをプルアップします。出荷モードを無効にするには、 $ENSD$ ピンをプルダウンします。

$VBUS$ 電圧が $UVLO$ より高くなるか、または $\overline{MR}$ ピンが t_{SH} の間プルダウンされた場合、ADP5360 は出荷モードを終了します。再び出荷モードにするには、 $EN_SHIPMODE$ ビット (アドレス $0x36$) をハイに設定するか、または $\overline{MR}$ ピンを 12 秒間プルダウンします。 $\overline{MR}$ ピンの出荷モード機能を有効にするには、 EN_MR_SD ビット (アドレス $0x2D$) がセットされている必要があります。

障害からの回復

障害からの回復を実行する前に、障害の原因が是正されていることを確認してください。

障害ステータスから回復するには、 $VBUS$ ピンの電力をオフにするか、障害レジスタの対応するビットにハイを書き込みます。

温度管理

サーマル・シャットダウン

ADP5360 は、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、すべての機能が無効になり、 $TSD110$ ビット (アドレス $0x2E$) がセットされます。ダイ温度が T_{SD} の下限値より低くなると、ADP5360 チャージャが再びイネーブルになり、 $TSD110$ ビットがリセットされます。 $TSD110$ ビットをリセットするには、 I^2C の障害レジスタ ($THERMISTOR_10C$ 閾値、アドレス $0x0D$) に書き込むか、または電源を入れ直します。

I²C インターフェース

ADP5360 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、降圧レギュレータ、および昇降圧レギュレータの制御とシステム・ステータスの読出しが可能です。

I²C アドレス

I²C チップのデフォルト・アドレスは 0x46 です。異なる I²C アドレスも出荷時に設定可能です。異なる I²C アドレスを選択できるため、システム内の他の I²C スレーブ・チップセットとの I²C アドレスの競合を避けられます。異なる I²C チップ・アドレスが必要な場合は、最寄りのアナログ・デバイス販売代理店にお問い合わせください。

SDA ピンと SCL ピン

ADP5360 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プルアップされ、外部の入力電源および出力電源に接続されます。

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。

サブアドレスの内容により、どの ADP5360 レジスタが最初に書き込まれるかを選択します。8 ビットのデータ・バイトが書き込まれると、ADP5360 はマスタ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 56 を参照)。

ADP5360 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、マスタが I²C 停止信号を送信するまで続きます (図 56 を参照)。

割込み

ADP5360 には割込みを通知する割込み出力 ($\overline{\text{INT}}$ ピン) があります。通常動作時は、 $\overline{\text{INT}}$ ピンは外付けプルアップ抵抗を使用してハイにされます。割込み条件が発生すると、ADP5360 は $\overline{\text{INT}}$ ピンをローにして、割込み条件が発生したことを I²C ホストに通知します。

$\overline{\text{INT}}$ ピンは様々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。1 つ以上の割り込み源を選択して $\overline{\text{INT}}$ ピンをトリガするには、INTERRUPT_ENABLE1 および INTERRUPT_ENABLE2 レジスタの該当するビットを 1 にセットします。

$\overline{\text{INT}}$ ピンがトリガされると、INTERRUPT_FLAG1 および INTERRUPT_FLAG2 レジスタの該当するビットが 1 にセットされます。 $\overline{\text{INT}}$ ピンをトリガした割込み条件は、INTERRUPT_FLAG1 および INTERRUPT_FLAG2 レジスタから読み出すことができます。

割込みをクリアするには、INTERRUPT_FLAG1 および INTERRUPT_FLAG2 レジスタの該当するビットに 1 を書き込みます。あるいは、ADP5360 の電源を入れ直します。割込みを読み出しても、該当するビットに 0 を書き込んでも、割込みはクリアされません。

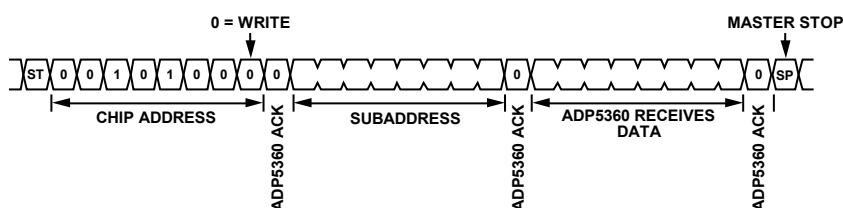


図 56. I²C のシングル・レジスタの書き込みシーケンス

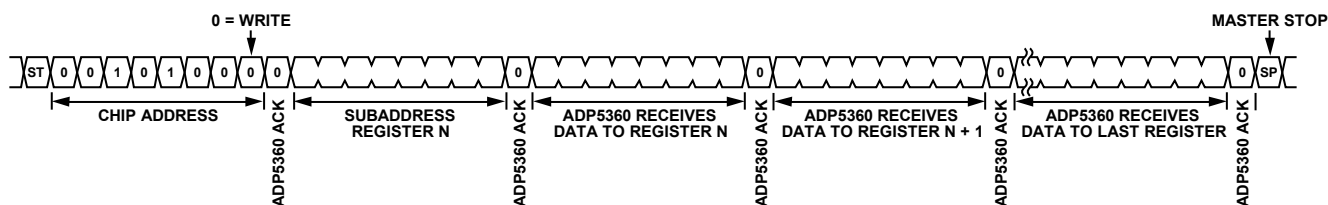


図 57. I²C の複数レジスタの書き込みシーケンス

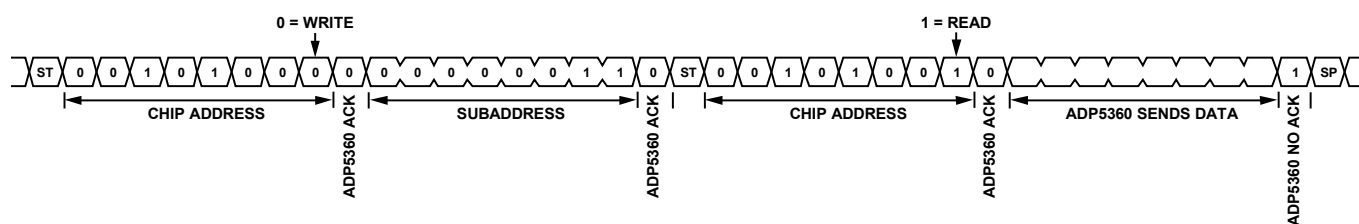


図 58. I²C のシングル・レジスタの読出しシーケンス

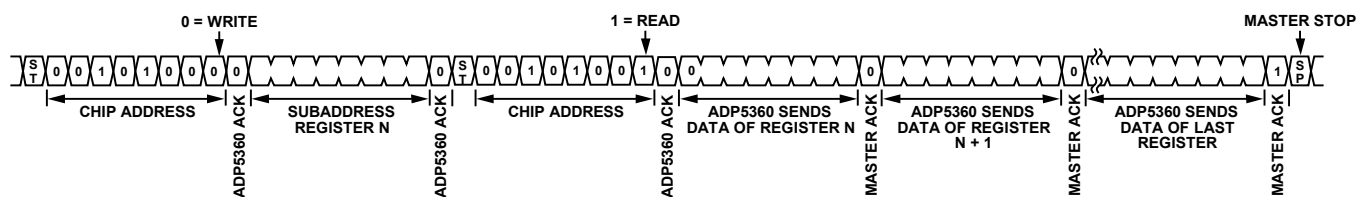


図 59. I²C の複数レジスタの読出しシーケンス

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	Bits	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x00	Manufacture and Model ID	[7:0]	MANUF[3:0]				MODEL[3:0]			
0x01	Silicon Revision	[7:0]	Reserved				REV[3:0]			
0x02	CHARGER_VBUS_ILIM	[7:0]	VADPICHG[2:0]			Reserved	VSYSTEM	ILIM[2:0]		
0x03	CHARGER_TERMINATION_SETTING	[7:0]	VTRM[5:0]						ITRK_DEAD[1:0]	
0x04	CHARGER_CURRENT_SETTING	[7:0]	IEND[2:0]			ICHG[4:0]				
0x05	CHARGER_VOLTAGE_THRESHOLD	[7:0]	DIS_RCH	VRCH[1:0]		VTRK_DEAD[1:0]		VWEAK[2:0]		
0x06	CHARGER_TIMER_SETTING	[7:0]	Reserved				EN_TEND	EN_CHG_TIMER	CHG_TMR_PERIOD[1:0]	
0x07	CHARGER_FUNCTION_SETTING	[7:0]	EN_JEITA	ILIM_JEITA_COOL	Reserved	OFF_ISOFE T	EN_LDO	EN_EOC	EN_ADPICHG	EN_CHG
0x08	CHARGER_STATUS1	[7:0]	VBUS_OV	ADPICHG	VBUS_ILIM	Reserved		CHARGER_STATUS[2:0]		
0x09	CHARGER_STATUS2	[7:0]	THR_STATUS[2:0]			BAT_OV_STATUS	BAT_UV_STATUS	BAT_CHG_STATUS[2:0]		
0x0A	BATTERY_THERMISTOR_CONTROL	[7:0]	ITHR[1:0]		Reserved					EN_THR
0x0B	THERMISTOR_60C Threshold	[7:0]	TEMP_HIGH_60[7:0]							
0x0C	THERMISTOR_45C Threshold	[7:0]	TEMP_HIGH_45[7:0]							
0x0D	THERMISTOR_10C Threshold	[7:0]	TEMP_LOW_10[7:0]							
0x0E	THERMISTOR_0C Threshold	[7:0]	TEMP_LOW_0[7:0]							
0x0F	THR_VOLTAGE Low	[7:0]	THR_V_LOW[7:0]							
0x10	THR_VOLTAGE High	[7:0]	Reserved				THR_V_HIGH[11:8]			
0x11	Battery Protection Control	[7:0]	Reserved			ISOFET_OVCHG	OC_DIS_HICCUP	OC_CHG_HICCUP	EN_CHGLB	EN_BATPRO
0x12	Battery Protection Undervoltage Setting	[7:0]	UV_DISCH[3:0]				HYS_UV_DISCH[1:0]		DGT_UV_DISCH[1:0]	
0x13	Battery Protection Overcharge Setting	[7:0]	OC_DISCH[2:0]			Reserved	DGT_OC_DISCH[2:0]			Reserved

Address (Hex)	Register Name	Bits	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x14	Battery Protection Overvoltage Setting	[7:0]	OV_CHG[4:0]					HYS_OV_CHG[1:0]	DGT_OV_CHG	
0x15	Battery Protection Charge Overcharge Setting	[7:0]	OC_CHG[2:0]			DGT_OC_CHG[1:0]		Reserved		
0x16	V_SOC_0	[7:0]	V_SOC_0[7:0]							
0x17	V_SOC_5	[7:0]	V_SOC_5[7:0]							
0x18	V_SOC_11	[7:0]	V_SOC_11[7:0]							
0x19	V_SOC_19	[7:0]	V_SOC_19[7:0]							
0x1A	V_SOC_28	[7:0]	V_SOC_28[7:0]							
0x1B	V_SOC_41	[7:0]	V_SOC_41[7:0]							
0x1C	V_SOC_55	[7:0]	V_SOC_55[7:0]							
0x1D	V_SOC_69	[7:0]	V_SOC_69[7:0]							
0x1E	V_SOC_84	[7:0]	V_SOC_84[7:0]							
0x1F	V_SOC_100	[7:0]	V_SOC_100[7:0]							
0x20	BAT_CAP	[7:0]	BAT_CAP[7:0]							
0x21	BAT_SOC	[7:0]	Reserved	BAT_SOC[6:0]						
0x22	BAT_SOCACM_CTL	[7:0]	BATCAP_AGE[1:0]		BATCAP_TEMP[1:0]		Reserved		EN_BATCAP_TEMP	EN_BATCAP_AGE
0x23	BAT_SOCACM_H	[7:0]	BAT_SOCACM[11:4]							
0x24	BAT_SOCACM_L	[7:0]	BAT_SOCACM[3:0]				Reserved			
0x25	VBAT_READ_H	[7:0]	VBAT_READ[12:5]							
0x26	VBAT_READ_L	[7:0]	VBAT_READ[4:0]					Reserved		
0x27	FUEL_GAUGE_MODE	[7:0]	SOC_LOW_TH[1:0]		SLP_CURR[1:0]		SLP_TIME[1:0]		FG_MODE	EN_FG
0x28	SOC_RESET	[7:0]	SOC_RESET	Reserved						
0x29	Buck Configure	[7:0]	BUCK_SS[1:0]		BUCK_ILIM[1:0]		BUCK_MODE	STP_BUCK	DISCHG_BUCK	EN_BUCK
0x2A	Buck Output Voltage Setting	[7:0]	BUCK_DLY[1:0]		VOUT_BUCK[5:0]					
0x2B	Buck Boost Configure	[7:0]	BUCKBST_SS[1:0]		BUCKBST_ILIM[2:0]			STP_BUCKBST	DISCHG_BUCKBST	EN_BUCKBST
0x2C	Buck Boost Output Voltage Setting	[7:0]	BUCKBST_DLY[1:0]		VOUT_BUCKBST[5:0]					
0x2D	Supervisory Setting	[7:0]	VOUT1_RST	VOUT2_RST	RESET_TIME	WD_TIME[1:0]		EN_WD	EN_MR_SD	RESET_WD
0x2E	Fault	[7:0]	BAT_UV	BAT_OC	BAT_CHGOC	BAT_CHGOV	Reserved	WD_TIMEOUT	Reserved	TSD110
0x2F	PGOOD_STATUS	[7:0]	Reserved		MR_PRES	CHG_CMPLT	VBUSOK	BATOK	VOUT2OK	VOUT1OK
0x30	PGOOD1_MASK	[7:0]	PG1_REV	Reserved		CHGCMPLT_MASK1	VBUSOK_MASK1	BATOK_MASK1	VOUT2OK_MASK1	VOUT1OK_MASK1

Address (Hex)	Register Name	Bits	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0x31	PGOOD2_MASK	[7:0]	PG2_REV	Reserved		CHGCMPLT_MASK2	VBUSOK_MASK2	BATOK_MASK2	VOUT2OK_MASK2	VOUT1OK_MASK2
0x32	INTERRUPT_ENABLE1	[7:0]	EN_SOCLOW_INT	EN_SOCACM_INT	EN_ADPICHG_INT	EN_BATPRO_INT	EN_THR_INT	EN_BAT_INT	EN_CHG_INT	EN_VBUS_INT
0x33	INTERRUPT_ENABLE2	[7:0]	EN_MR_INT	EN_WD_INT	EN_BUCKPG_INT	EN_BUCKBSTPG_INT	Reserved			
0x34	INTERRUPT_FLAG1	[7:0]	SOCLOW_INT	SOCACM_INT	ADPICHG_INT	BATPRO_INT	THR_INT	BAT_INT	CHG_INT	VBUS_INT
0x35	INTERRUPT_FLAG2	[7:0]	MR_INT	WD_INT	BUCKPG_INT	BUCKBSTPG_INT	Reserved			
0x36	SHIPMODE	[7:0]	Reserved							EN_SHIPMODE

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[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	0000	4 ビットのモデル識別バス。

表 19. シリコン・リビジョン、アドレス 0x01 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:4]	Reserved	R	Not applicable	予備。
[3:0]	REV[3:0]	R	1000	4 ビットのシリコン・リビジョン識別バス。

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	VADPICHG[2:0]	R/W	100 = 4.6 V	VBUS への適応型電流制限の電圧閾値の設定。VBUS への電流の電圧閾値は、以下の設定値までに制限できます。 010 = 4.4 V 011 = 4.5 V 100 = 4.6 V 101 = 4.7 V 110 = 4.8 V 111 = 4.9 V
4	Reserved	R	Not applicable	予備。
3	VSYSTEM	R/W	0 = $V_{TRM} + 200 \text{ mV}$	VSYS 電圧の設定。 0 = $V_{TRM} + 200 \text{ mV}$ 1 = 5 V
[2:0]	ILIM[2:0]	R/W	001 = 100 mA	VBUS ピンの入力電流制限値設定バス。VBUS ピンへの入力電流は、以下の設定値までに制限できます。 000 = 50 mA 001 = 100mA 010 = 150 mA 011 = 200 mA 100 = 250 mA 101 = 300 mA 110 = 400 mA 111 = 500 mA

表 21. CHARGER_TERMINATION_SETTING、アドレス 0x03 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:2]	VTRM[5:0]	R/W	Factory set	終了電圧設定バス。フロート電圧の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000000 = 3.56 V 000001 = 3.58 V 000010 = 3.60 V 000011 = 3.62 V 000100 = 3.64 V 000101 = 3.66 V 000110 = 3.68 V 000111 = 3.70 V 001000 = 3.72 V 001001 = 3.74 V 001010 = 3.76 V 001011 = 3.78 V 001100 = 3.80 V 001101 = 3.82 V 001110 = 3.84 V 001111 = 3.86 V 010000 = 3.88 V 010001 = 3.90 V 010010 = 3.92 V 010011 = 3.94 V 010100 = 3.96 V 010101 = 3.98 V 010110 = 4.00 V 010111 = 4.02 V 011000 = 4.04 V 011001 = 4.06 V 011010 = 4.08 V 011011 = 4.10 V 011100 = 4.12 V 011101 = 4.14 V 011110 = 4.16 V 011111 = 4.18 V 100000 = 4.20 V 100001 = 4.22 V 100010 = 4.24 V 100011 = 4.26 V 100100 = 4.28 V 100101 = 4.30 V 100110 = 4.32 V 100111 = 4.34 V 101000 = 4.36 V 101001 = 4.38 V 101010 = 4.40 V 101011 = 4.42 V 101100 = 4.44 V 101101 = 4.46 V 101110 = 4.48 V 101111 = 4.50 V

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
				110000 = 4.52 V 110001 = 4.54 V 110010 = 4.56 V 110011 = 4.58 V 110100 = 4.60 V 110101 = 4.62 V 110110 = 4.64 V 110111 ~ 111111 = 4.66 V
[1:0]	ITRK_DEAD[1:0]	R/W	10 = 5 mA	トリクル充電電流および微弱充電電流設定バス。トリクル充電電流および微弱充電電流の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 1 mA 01 = 2.5 mA 10 = 5 mA 11 = 10 mA

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	IEND[2:0]	R/W	001 = 5 mA	終了電流設定バス。終了電流の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 001 = 5 mA 010 = 7.5 mA 011 = 12.5 mA 100 = 17.5 mA 101 = 22.5 mA 110 = 27.5 mA 111 = 32.5 mA
[4:0]	ICHG[4:0]	R/W	01001 = 100 mA	高速充電電流設定バス。定電流充電の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00000 = 10 mA 00001 = 20 mA 00010 = 30 mA 00011 = 40 mA 00100 = 50 mA 00101 = 60 mA 00110 = 70 mA 00111 = 80 mA 01000 = 90 mA 01001 = 100mA 01010 = 110 mA 01011 = 120 mA 01100 = 130 mA 01101 = 140 mA 01110 = 150 mA 01111 = 160 mA 10000 = 170 mA 10001 = 180 mA 10010 = 190 mA 10011 = 200 mA 10100 = 210 mA 10101 = 220 mA 10110 = 230 mA

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
				10111 = 240 mA 11000 = 250 mA 11001 = 260 mA 11010 = 270 mA 11011 = 280 mA 11100 = 290 mA 11101 = 300 mA 11110 = 310 mA 11111 = 320 mA

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	DIS_RCH		0 = Enable recharge	再充電機能ディスエーブル。 0 = 再充電イネーブル 1 = 再充電ディスエーブル
[6:5]	VRCH[1:0]	R/W	01 = 120 mV	再充電電圧設定バス。再充電閾値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 01 = 120 mV 10 = 180 mV 11 = 240 mV
[4:3]	VTRK_DEAD[1:0]	R/W	01 = 2.5 V	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は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 2.0 V 01 = 2.5 V 10 = 2.6 V 11 = 2.9 V
[2:0]	VWEAK[2:0]	R/W	011 = 3.0 V	微弱バッテリー電圧の上昇時間閾値。バッテリー電圧の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 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、アドレス 0x06 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:4]	Reserved	R	Not applicable	予備。
3	EN_TEND	R/W	0	ローの場合、充電終了タイマー (t _{END}) がディスエーブルになり、32ms のデグリッチ・タイマー (t _{DG}) は機能を維持します。
2	EN_CHG_TIMER	R/W	1	ハイの場合、トリクル充電タイマー (t _{TRK}) と高速充電タイマー (t _{CHG}) がイネーブルになります。ローの場合、t _{TRK} と t _{CHG} はディスエーブルになります。
[1:0]	CHG_TMR_PERIOD[1:0]	R/W	11	t _{TRK} および t _{CHG} 期間。 00 = 15 分 / 150 分 01 = 30 分 / 300 分 10 = 45 分 / 450 分 11 = 60 分 / 600 分

表 25. CHARGER_FUNCTION_SETTING、アドレス 0x07 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
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	ILIM_JEITA_COOL	R/W	0	温度クール・モードでは、バッテリー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%
5	Reserved	R/W	Not applicable	予備。
4	OFF_ISOFET	R/W	0	ハイのとき、ISOFET は強制的にオフになり、VSYST はバッテリーが接続されている場合にのみシャットダウンされます。
3	EN_LDO	R/W	1	ローのとき、充電 LDO がディスエーブルになります。ハイのとき、充電 LDO がイネーブルになります。
2	EN_EOC	R/W	1	ハイのとき、充電の終了が許可されます。
1	EN_ADPICHG	R/W	0	ハイのとき、充電中に VBUS 適応型電流制限機能がイネーブルになります。ローのとき、充電中に VBUS 適応型電流制限機能がディスエーブルになります。
0	EN_CHG	R/W	Factory set	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_LDO がハイのとき、充電がイネーブルになります。

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	VBUS_OV	R	Not applicable	ハイの場合、VBUS 電圧が V _{VBUS_OK} の閾値を上回ったことを示します。
6	ADPICHG	R	Not applicable	ハイの場合、適応型充電電流がアクティブであることを示します。
5	VBUS_ILIM	R	Not applicable	ハイの場合、VBUS 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、チャージャが設定された最大 I _{CHG} で動作していないことを示します。
[4:3]	Reserved	R	Not applicable	予備。
[2:0]	CHARGER_STATUS[2:0]	R	Not applicable	チャージャ・ステータス・バス。以下の値はチャージャのステータスを示します。 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 = LDO モード 110 = トリクルまたは高速充電タイマーがタイムアウト 111 = バッテリー検出

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	THR_STATUS[2:0]	R	Not applicable	THR ピン・ステータス。以下の値は、THR ピンの NTC 抵抗の値を示します。 000 = オフ 001 = バッテリー・コールド 010 = バッテリー・クール 011 = バッテリー・ウォーム 100 = バッテリー・ホット 111 = サーミスタ OK
4	BAT_OV_STATUS	R	Not applicable	バッテリー過電圧ステータス。 0 = バッテリー過電圧保護なし 1 = バッテリー過電圧保護
3	BAT_UV_STATUS	R	Not applicable	バッテリー低電圧ステータス。 0 = バッテリー低電圧保護なし 1 = バッテリー低電圧保護

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[2:0]	BAT_CHG_STATUS[2:0]	R	Not applicable	バッテリー・ステータス・バス。以下の値はバッテリー・ステータスを示します。 000 = 正常 001 = バッテリなし 010 = 充電中に $V_{BSNS} < V_{TRK_DEAD}$ 011 = 充電中に $V_{TRK} \leq V_{BSNS} < V_{WEAK}$ 100 = 充電中に $V_{BSNS} \geq V_{WEAK}$

表 28. BATTERY_THERMISTOR_CONTROL、アドレス 0x0A のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	ITHR[1:0]	R/W	Factory set	バッテリー・サーミスタ NTC 抵抗の選択。以下の値は、バッテリー・サーミスタ NTC 抵抗の設定値です。 00 = 60 μ A 01 = 12 μ A 10、11 = 6 μ A
[5:1]	Reserved	R	Not applicable	予備。
0	EN_THR	R/W	0	ハイの場合、VBUS ピンの電圧が V_{VBUS_OK} より低いときでも、ITHR 電流源はイネーブルになります。

表 29. THERMISTOR_60C 閾値、アドレス 0x0B のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	TEMP_HIGH_60[7:0]	R/W	0x56	60°C でのサーミスタ電圧閾値。 THERMISTOR_60C 電圧閾値 (V) = (TEMP_HIGH_60 $\times$ 0.002) (V)

表 30. THERMISTOR_45C 閾値、アドレス 0x0C のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	TEMP_HIGH_45[7:0]	R/W	0x8F	45°C でのサーミスタ電圧閾値 THERMISTOR_45C 電圧閾値 (V) = (TEMP_HIGH_45 $\times$ 0.002) (V)

表 31. THERMISTOR_10C 閾値、アドレス 0x0D のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	TEMP_LOW_10[7:0]	R/W	0x71	10°C でのサーミスタ電圧閾値 THERMISTOR_10C 電圧閾値 (V) = (TEMP_LOW_10 $\times$ 0.01) (V)

表 32. THERMISTOR_0C 閾値、アドレス 0x0E のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	TEMP_LOW_0[7:0]	R/W	0xB4	0°C でのサーミスタ電圧閾値 THERMISTOR_0C 電圧閾値 (V) = (TEMP_LOW_0 $\times$ 0.01) (V)

表 33. THR_VOLTAGE ロー、アドレス 0x0F のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	THR_V_LOW[7:0]	R	Not applicable	8 ビットのサーミスタ・ノード電圧ロー (mV) $NTC = THR_V_x[11:0]/ITHR$ (k Ω)

表 34. THR_VOLTAGE ハイ、アドレス 0x10 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:4]	Reserved	R	Not applicable	予備
[3:0]	THR_V_HIGH[11:8]	R	Not applicable	4 ビットのサーミスタ・ノード電圧ハイ (mV) $NTC = THR_V_x[11:0]/ITHR$ (k Ω)

表 35. バッテリ保護制御、アドレス 0x11 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	Reserved	R	Not applicable	予備。
4	ISOFET_OVCHG	R/W	0	ローの場合、バッテリー充電過電圧保護がトリガされると ISOFET はオンになります。ハイの場合、バッテリー充電過電圧保護がトリガされると ISOFET はオフになります。
3	OC_DIS_HICCUP	R/W	0	バッテリー放電過電流保護モードの選択。 0 = ラッチアップ 1 = 一時中断
2	OC_CHG_HICCUP	R/W	0	バッテリー充電過電流保護モードの選択。 0 = ラッチアップ 1 = 一時中断
1	EN_CHGLB	R/W	1	ローの場合、バッテリー低電圧保護がトリガされた状態ではバッテリー充電は許可されません。ハイの場合、バッテリー低電圧保護がトリガされた状態でもバッテリー充電は許可されます。
0	EN_BATPRO	R/W	Factory set	ローの場合、バッテリー保護はディスエーブルになります。ハイの場合、バッテリー保護はイネーブルになります。

表 36. バッテリ低電圧保護設定、アドレス 0x12 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:4]	UV_DISCH[3:0]	R/W	Factory set	バッテリー低電圧保護閾値。バッテリー低電圧保護閾値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 0000 = 2.05 V 0001 = 2.10 V 0010 = 2.15 V 0011 = 2.20 V 0100 = 2.25 V 0101 = 2.30 V 0110 = 2.35 V 0111 = 2.40 V 1000 = 2.45 V 1001 = 2.50 V 1010 = 2.55 V 1011 = 2.60 V 1100 = 2.65 V 1101 = 2.70 V 1110 = 2.75 V 1111 = 2.80 V
[3:2]	HYS_UV_DISCH[1:0]	R/W	00 = 2%	過放電時のバッテリー低電圧保護のヒステリシス。バッテリー低電圧保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = UV_DISCH 電圧閾値の 2% 01 = UV_DISCH 電圧閾値の 4% 10 = UV_DISCH 電圧閾値の 6% 11 = UV_DISCH 電圧閾値の 8%
[1:0]	DGT_UV_DISCH[1:0]	R/W	00 = 30 ms	バッテリー低電圧保護デグリッチ時間。バッテリー低電圧保護デグリッチ時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 30ms 01 = 60ms 10 = 120ms 11 = 240ms

表 37. バッテリ過充電保護設定、アドレス 0x13 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	OC_DISCH[2:0]	R/W	Factory set	過放電時のバッテリー過電流保護閾値。バッテリー過電流保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000 = 50 mA 001 = 100mA 010 = 150 mA 011 = 200 mA 100 = 300 mA 101 = 400 mA 110 = 500 mA 111 = 600 mA
4	Reserved	R	Not applicable	予備
[3:1]	DGT_OC_DISCH[2:0]	R/W	011 = 5 ms	バッテリー放電時の過電流保護デグリッチ時間の設定。バッテリー放電時の過電流保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 001 = 0.5 ms 010 = 1 ms 011 = 5 ms 100 = 10 ms 101 = 20 ms 110 = 50 ms 111 = 100 ms
0	Reserved	R	Not applicable	予備

表 38. バッテリ過電圧保護設定、アドレス 0x14 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:3]	OV_CHG[4:0]	R/W	Factory set	バッテリー過電圧保護閾値。バッテリー過電圧保護閾値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00000 = 3.55 V 00001 = 3.60 V 00010 = 3.65 V 00011 = 3.70 V 00100 = 3.75 V 00101 = 3.80 V 00110 = 3.85 V 00111 = 3.90 V 01000 = 3.95 V 01001 = 4.00 V 01010 = 4.05 V 01011 = 4.10 V 01100 = 4.15 V 01101 = 4.20 V 01110 = 4.25 V 01111 = 4.30 V 10000 = 4.35 V 10001 = 4.40 V 10010 = 4.45 V 10011 = 4.50 V 10100 = 4.55 V 10101 = 4.60 V 10110 = 4.65 V 10111 = 4.70 V 11000 = 4.75 V 11001 ~ 11111 = 4.80 V

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[2:1]	HYS_OV_CHG[1:0]	R/W	00	充電時のバッテリー過電圧保護のヒステリシス。バッテリー過電圧保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = OV_CHG 閾値の電圧の 2% 01 = OV_CHG 閾値の電圧の 4% 10 = OV_CHG 閾値の電圧の 6% 11 = OV_CHG 閾値の電圧の 8%
0	DGT_OV_CHG	R/W	0 = 0.5 sec	バッテリー過電圧保護デグリッチ時間。バッテリー過電圧保護デグリッチ時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 0 = 0.5 秒 1 = 1 秒

表 39. バッテリ過充電保護設定、アドレス 0x15 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:5]	OC_CHG[2:0]	R/W	Factory set	過放電時のバッテリー過電流保護閾値。バッテリー過電流保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000 = 25 mA 001 = 50 mA 010 = 100mA 011 = 150 mA 100 = 200 mA 101 = 250 mA 110 = 300 mA 111 = 400 mA
[4:3]	DGT_OC_CHG[1:0]	R/W	01 = 10 ms	バッテリー充電時の過電流保護デグリッチ時間の設定。バッテリー充電時の過電流保護の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 5 ms 01 = 10 ms 10 = 20 ms 11 = 40 ms
[2:0]	Reserved	R	Not applicable	予備。

燃料計レジスタ・ビットの説明

表 40. V_SOC_0、アドレス 0x16 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_0[7:0]	R/W	0x7D	充電状態が 0%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.5V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_0 × 0.008) (V)

表 41. V_SOC_5、アドレス 0x17 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_5[7:0]	R/W	0x91	充電状態が 5%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.66V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_5 × 0.008) (V)

表 42. V_SOC_11、アドレス 0x18 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_11[7:0]	R/W	0x94	充電状態が 11%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.684V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_11 × 0.008) (V)

表 43. V_SOC_19、アドレス 0x19 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_19[7:0]	R/W	0x99	充電状態が 19%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.724V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_19 × 0.008) (V)

表 44. V_SOC_28、アドレス 0x1A のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_28[7:0]	R/W	0x9E	充電状態が 28%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.764V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_28 × 0.008) (V)

表 45. V_SOC_41、アドレス 0x1B のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_41[7:0]	R/W	0xA3	充電状態が 41%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.804V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_41 × 0.008) (V)

表 46. V_SOC_55、アドレス 0x1C のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_55[7:0]	R/W	0xAB	充電状態が 55%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.868V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_55 × 0.008) (V)

表 47. V_SOC_69、アドレス 0x1D のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_69[7:0]	R/W	0xB5	充電状態が 69%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 3.948V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_69 × 0.008) (V)

表 48. V_SOC_84、アドレス 0x1E のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_84[7:0]	R/W	0xC4	充電状態が 84%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 4.068V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_84 × 0.008) (V)

表 49. V_SOC_100、アドレス 0x1F のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	V_SOC_100[7:0]	R/W	0xD5	充電状態が 100%のときのバッテリー電圧。デフォルトの電圧は 4.204V です。 バッテリー電圧 (V) = (2.5 + V_SOC_100 × 0.008) (V)

表 50. BAT_CAP、アドレス 0x20 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	BAT_CAP[7:0]	R/W	0x32	バッテリー容量入力。 バッテリー容量 = (BAT_CAP × 2) mAh

表 51. BAT_SOC、アドレス 0x21 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	Reserved	R	Not applicable	予備
[6:0]	BAT_SOC[6:0]	R	Not applicable	バッテリー充電状態出力。 充電状態 = BAT_SOC %、0%～100%の範囲内でのみ有効。

表 52. BAT_SOCACM_CTL、アドレス 0x22 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	BATCAP_AGE[1:0]	R/W	01 = 1.5%	BAT_SOCACM オーバーフロー時のバッテリー容量減少率。 00 = 0.8 % 01 = 1.5 % 10 = 3.1 % 11 = 6.3 %
[5:4]	BATCAP_TEMP[1:0]	R/W	00 = 0.2%/°C	温度係数によるバッテリー容量補償。バッテリー容量補償の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 0.2 %/°C 01 = 0.4 %/°C 10 = 0.6 %/°C 11 = 0.8 %/°C
[3:2]	Reserved		Not applicable	予備。
1	EN_BATCAP_TEMP	R/W	0	バッテリー容量温度補償機能の選択。 0 = バッテリー容量温度補償をディスエーブルにします。 1 = バッテリー容量温度補償をイネーブルにします。
0	EN_BATCAP_AGE	R/W	0	バッテリー容量経年劣化補償機能の選択。 0 = バッテリー容量経年劣化自動調整をディスエーブルにします。 1 = バッテリー容量経年劣化自動調整をイネーブルにします。

表 53. BAT_SOCACM_H、アドレス 0x23 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	BAT_SOCACM[11:4]	R	Not applicable	充電状態の 8 ビット累算値の最上位 8 ビット 充電回数 = BAT_SOCACM[11:0]/100

表 54. BAT_SOCACM_L、アドレス 0x24 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:4]	BAT_SOCACM[3:0]	R	Not applicable	充電状態の 4 ビット累算値の最下位 4 ビット 充電回数 = BAT_SOCACM[11:0]/100
[3:0]	Reserved	R	Not applicable	予備

表 55. VBAT_READ_H、アドレス 0x25 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:0]	VBAT_READ[12:5]	R	Not applicable	バッテリー電圧測定値の最上位 8 ビット (mV)

表 56. VBAT_READ_L、アドレス 0x26 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:3]	VBAT_READ[4:0]	R	Not applicable	バッテリー電圧測定値の最下位 5 ビット (mV)
[2:0]	Reserved	R	Not applicable	予備

表 57. FUEL_GAUGE_MODE、アドレス 0x27 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	SOC_LOW_TH[1:0]	R/W	01 = 11%	低充電状態表示の閾値 00 = 6% 01 = 11% 10 = 21% 11 = 31%
[5:4]	SLP_CURR[1:0]	R/W	01 = 10 mA	燃料計スリープ・モード電流閾値 00 = 5 mA 01 = 10 mA 10 = 20 mA 11 = 40 mA

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[3:2]	SLP_TIME[1:0]	R/W	00 = 1 min	スリープ・モードの燃料計更新レート 00 = 1 分 01 = 4 分 10 = 8 分 11 = 16 分
1	FG_MODE	R/W	0	燃料計の動作モードの選択 1 = スリープ・モードで動作 0 = アクティブ・モードで動作
0	EN_FG	R/W	0	燃料計の機能の選択 0 = 燃料計をディスエーブル 1 = 燃料計をイネーブル

表 58. SOC_RESET、アドレス 0x28 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	SOC_RESET	W	0	1 を書き込んでから 0 を書き込むと、BAT_SOC、VBAT_READ_H、および VBAT_READ_L レジスタが更新されます。
[6:0]	Reserved	R	Not applicable	予備。

スイッチング・レギュレータ・レジスタのビットの説明

表 59. 降圧レギュレータ設定、アドレス 0x29 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	BUCK_SS[1:0]	R/W	Factory set	降圧レギュレータの出力ソフトスタート時間。ソフト・スタート時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 1 ms 01 = 8 ms 10 = 64 ms 11 = 512 ms
[5:4]	BUCK_ILIM[1:0]	R/W	11 = 400 mA	降圧レギュレータのピーク電流制限。ピーク電流制限値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 100 mA 01 = 200 mA 10 = 300 mA 11 = 400 mA
3	BUCK_MODE	R/W	Factory set	降圧レギュレータの動作モードの選択。 0 = ヒステリシス・モード 1 = FPWM モード
2	STP_BUCK	R/W	0 = disable	降圧レギュレータ停止機能イネーブル。 0 = パルス停止機能をディスエーブルにします。 1 = パルス停止機能をイネーブルにします。
1	DISCHG_BUCK	R/W	Factory set	降圧レギュレータの出力放電機能の設定。 0 = 出力放電機能をディスエーブルにします。 1 = 出力放電機能をイネーブルにします。
0	EN_BUCK	R/W	Factory set	降圧レギュレータの出力の制御。 0 = 降圧レギュレータの出力をディスエーブルにします。 1 = 降圧レギュレータの出力をイネーブルにします。

表 60. 降圧レギュレータ出力電圧設定、アドレス 0x2A のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	BUCK_DLY[1:0]	R/W	00 = 0 μ s	ヒステリシス・モードの降圧レギュレータのスイッチ遅延時間。遅延時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 0 μ s 01 = 5 μ s 10 = 10 μ s 11 = 20 μ s
[5:0]	VOOUT_BUCK[5:0]	R/W	Factory set	降圧レギュレータの出力電圧の設定。電圧の設定値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000000 = 0.6 V 000001 = 0.65 V ... 111111 = 3.75 V

表 61. 昇降圧レギュレータ設定、アドレス 0x2B のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	BUCKBST_SS[1:0]	R/W	Factory set	昇降圧レギュレータの出力ソフトスタート時間。スタート時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 1 ms 01 = 8 ms 10 = 64 ms 11 = 512 ms
[5:3]	BUCKBST_ILIM[2:0]	R/W	011 = 400 mA	昇降圧レギュレータのピーク電流制限。ピーク電流制限値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000 = 100 mA 001 = 200 mA 010 = 300 mA 011 = 400 mA 100 = 500 mA 101 = 600 mA 110 = 700 mA 111 = 800 mA
2	STP_BUCKBST	R/W	0 = disable	昇降圧レギュレータ停止機能イネーブル。 0 = パルス停止機能をディスエーブルにします。 1 = パルス停止機能をイネーブルにします。
1	DISCHG_BUCKBST	R/W	Factory set	昇降圧レギュレータの出力放電機能の設定。 0 = 出力放電機能をディスエーブルにします。 1 = 出力放電機能をイネーブルにします。
0	EN_BUCKBST	R/W	Factory set	昇降圧レギュレータの出力の制御。 0 = 昇降圧レギュレータの出力をディスエーブルにします。 1 = 昇降圧レギュレータの出力をイネーブルにします。

表 62. 昇降圧レギュレータ出力電圧設定、アドレス 0x2C のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	BUCKBST_DLY[1:0]	R/W	00 = 0 μ s	ヒステリシス・モードの昇降圧レギュレータのスイッチ遅延時間。遅延時間の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 0 μ s 01 = 5 μ s 10 = 10 μ s 11 = 20 μ s

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[5:0]	VOUT_BUCKBST[5:0]	R/W	Factory set	昇降圧レギュレータの出力電圧の設定。電圧の設定値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 000000 = 1.8 V (100 mV ステップ) 000001 = 1.9 V (100 mV ステップ) ... 001011 = 2.9 V (100 mV ステップ) 001100 = 2.95 V (50 mV ステップ) ... 111111 = 5.5 V (50 mV ステップ)

監視レジスタ・ビットの説明

表 63. 監視設定、アドレス 0x2D のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	VOUT1_RST	R/W	1	降圧レギュレータ出力電圧モニタによる RESET の選択。 0 = 降圧電圧モニタによる RESET をディスエーブルにします。 1 = 降圧電圧モニタによる RESET をイネーブルにします。
6	VOUT2_RST	R/W	0	昇降圧レギュレータ出力電圧モニタによる RESET の選択。 0 = 昇降圧電圧モニタによる RESET をディスエーブルにします。 1 = 昇降圧電圧モニタによる RESET をイネーブルにします。
5	RESET_TIME	R/W	0 = 200 ms	RESET タイムアウト時間選択。時間選択の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 0 = 200 ms 1 = 1.6 秒
[4:3]	WD_TIME[1:0]	R/W	00 = 12.5 sec	ウォッチドッグ・タイムアウト時間の選択。時間選択の値は、以下の値を使用することにより設定可能です。 00 = 12.5 秒 01 = 25.6 秒 10 = 50 秒 11 = 100 秒
2	EN_WD	R/W	0 = disable	ハイの場合、ウォッチドッグ・タイマー機能はイネーブルになります。ローの場合、ウォッチドッグ・タイマー機能はディスエーブルになります。
1	EN_MR_SD	R/W	0 = disable	ハイの場合、 MR を 12 秒間ローのままにするとデバイスは出荷モードになります。ローの場合、 MR をディスエーブルにすると出荷モードになります。
0	RESET_WD	W	0	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。 RESET_WD ビットは自動的にリセットされます。

ステータスおよび障害レジスタ・ビットの説明

表 64. 障害、アドレス 0x2E のビットの説明¹

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	BAT_UV ¹	R/W	0	このビットがハイになると、過放電時にバッテリーが低電圧状態になったことを示します。
6	BAT_OC ¹	R/W	0	このビットがハイになると、過放電中にバッテリーが過電流状態になったことを示します。
5	BAT_CHGOC ¹	R/W	0	このビットがハイになると、過充電中にバッテリーが過電流状態になったことを示します。
4	BAT_CHGOV ¹	R/W	0	このビットがハイになると、過充電中にバッテリーが過電圧状態になったことを示します。
3	Reserved	R	Not applicable	予備。
2	WD_TIMEOUT ¹	R/W	0	ハイの場合、ウォッチドッグ・タイムアウトが発生しました。
1	Reserved	R/W	0	予備。
0	TSD110 ¹	R/W	0	ハイの場合、温度シャットダウン障害が発生しました。

¹ 障害レジスタの障害ビットをリセットするには、VBUS ピンの電源を入れ直すか、障害レジスタの対応するビットにハイを書き込みます。

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

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:6]	Reserved	R	Not applicable	予備。
5	MR_PRESS	R	Not applicable	このビットがハイになると、 $\overline{\text{MR}}$ ピンが t_{DG} 後にローになったことを示します。
4	CHG_CMPLT	R	Not applicable	このビットはバッテリー充電終了を示します。 0 = チャージャは充電終了ステータスになっていません。 1 = チャージャは充電終了ステータスになっています。
3	VBUSOK	R	Not applicable	このビットは、VBUS ピンの電圧のリアルタイム・ステータスを示します。 0 = VBUS ピンの電圧が $V_{\text{VBUS_OK}}$ より低いか、または $V_{\text{VBUS_OV}}$ より高いことを示します。 1 = VBUS ピンの電圧が $V_{\text{VBUS_OK}}$ より高く、かつ $V_{\text{VBUS_OV}}$ 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。このビットは、燃料計機能がイネーブルの場合にのみアクティブです。 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	VOUT2OK	R	Not applicable	このビットは、昇降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、昇降圧レギュレータがスタンバイ・モードに設定されているときにのみ有効です。 0 = 昇降圧レギュレータのパワーグッド・ステータスがローであることを示します。 1 = 昇降圧レギュレータのパワーグッド・ステータスがハイであることを示します。
0	VOUT1OK	R	Not applicable	このビットは、降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、降圧レギュレータが負荷スイッチ・モードに設定されている場合は無効です。 0 = 降圧レギュレータのパワーグッド・ステータスがローであることを示します。 1 = 降圧レギュレータのパワーグッド・ステータスがハイであることを示します。

表 66. PGOOD1_MASK レジスタ、アドレス 0x30 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	PG1_REV	R/W	Factory set	このビットは、PGOOD1 ピンのアクティブ・ロー出力を設定します。 0 = アクティブ・ローをディセーブルにします。 1 = アクティブ・ローをイネーブルにします。
[6:5]	Reserved		Not applicable	予備。
4	CHGCMPLT_MASK1	R/W	0	このビットは外部の PGOOD1 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD1 ピンに出力チャージャ完了信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD1 ピンに出力チャージャ完了信号を送信します。
3	VBUSOK_MASK1	R/W	Factory set	このビットは外部の PGOOD1 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD1 ピンに VBUS 電圧ステータス信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD1 ピンに VBUS 電圧ステータス信号を送信します。
2	BATOK_MASK1	R/W	0	このビットは外部の PGOOD1 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD1 ピンに出力バッテリー電圧 OK 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD1 ピンに出力バッテリー電圧 OK 信号を送信します。
1	VOUT2OK_MASK1	R/W	0	このビットは昇降圧レギュレータ出力用の外部の PGOOD1 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD1 ピンに出力昇降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD1 ピンに出力昇降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信します。
0	VOUT1OK_MASK1	R/W	Factory set	このビットは外部の PGOOD1 ピンを設定します。このビットは、降圧レギュレータが負荷スイッチ・モードに設定されている場合は無効です。 0 = 外部の PGOOD1 ピンに出力降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD1 ピンに出力降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信します。

表 67. PGOOD2_MASK レジスタ、アドレス 0x31 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	PG2_REV	R/W	0	このビットは、PGOOD2 ピン出力のアクティブ・ロー出力を設定します。 0 = アクティブ・ローをディスエーブルにします。 1 = アクティブ・ローをイネーブルにします。
[6:5]	Reserved		Not applicable	予備。
4	CHGCMPLT_MASK2	R/W	0	このビットは外部の PGOOD2 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD2 ピンに出力チャージャ完了信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD2 ピンに出力チャージャ完了信号を送信します。
3	VBUSOK_MASK2	R/W	0	このビットは外部の PGOOD2 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD2 ピンに VBUS 電圧ステータス信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD2 ピンに VBUS 電圧ステータス信号を送信します。
2	BATOK_MASK2	R/W	0	このビットは外部の PGOOD2 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD2 ピンに出力バッテリー電圧 OK 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD2 ピンに出力バッテリー電圧 OK 信号を送信します。
1	VOUT2OK_MASK2	R/W	0	このビットは昇降圧レギュレータ出力用の外部の PGOOD2 ピンを設定します。 0 = 外部の PGOOD2 ピンに出力昇降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD2 ピンに出力昇降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信します。
0	VOUT1OK_MASK2	R/W	0	このビットは外部の PGOOD2 ピンを設定します。このビットは、降圧レギュレータが負荷スイッチ・モードに設定されている場合は無効です。 0 = 外部の PGOOD2 ピンに出力降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信しません。 1 = 外部の PGOOD2 ピンに出力降圧レギュレータ PGOOD 信号を送信します。

表 68. INTERRUPT_ENABLE1 レジスタ、アドレス 0x32 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	EN_SOCLOW_INT	R/W	0	ハイにすると、バッテリー低充電状態割込みが許可されます。
6	EN_SOCACM_INT	R/W	0	ハイにすると、充電状態累算割込みが許可されます。
5	EN_ADPICHG_INT	R/W	0	ハイにすると、VBUS 適応型充電電流制限割込みが許可されます。
4	EN_BATPRO_INT	R/W	0	ハイにすると、バッテリー保護割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・モード変更割込みが許可されます。
0	EN_VBUS_INT	R/W	0	ハイにすると、VBUS ピン電圧閾値割込みが許可されます。

表 69. INTERRUPT_ENABLE2 レジスタ、アドレス 0x33 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	EN_MR_INT	R/W	0	ハイにすると、MR プレス割込みが許可されます。
6	EN_WD_INT	R/W	0	ハイにすると、ウォッチドッグ警報割込みが許可されます。
5	EN_BUCKPG_INT	R/W	0	ハイにすると、VOUT1OK 変更割込みが許可されます。
4	EN_BUCKBSTPG_INT	R/W	0	ハイにすると、VOUT2OK 変更割込みが許可されます。
[3:0]	Reserved	R/W	Not applicable	予備。

表 70. INTERRUPT_FLAG1 レジスタ、アドレス 0x34 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	SOCLOW_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは低バッテリー電圧による割込みがあることを示します。
6	SOCACM_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは、充電状態の累算値が 4096 ポイントに達してポイントがオーバーフローしたことによる割込みがあることを示します。
5	ADPICHG_INT	R	Not applicable	ハイになると、このビットは VBUS 入力電流制限の適応型レギュレーションによる割込みがあることを示します。
4	BATPRO_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは、バッテリー障害事象によってトリガされたバッテリー保護による割込みがあることを示します。
3	THR_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは THR 温度閾値による割込みがあることを示します。
2	BAT_INT ¹	R	Not applicable	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込みがあることを示します。
1	CHG_INT ¹	R	Not applicable	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込みがあることを示します。
0	VBUS_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは VBUS 電圧閾値による割込みがあることを示します。

¹ レジスタを読み出すと、割込みビットは自動的にリセットされます。

表 71. INTERRUPT_FLAG2 レジスタ、アドレス 0x35 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
7	MR_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットはMRプレスによる割り込みがあることを示します。
6	WD_INT ¹	R	Not applicable	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。
5	BUCKPG_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは VOUT1OK のトリガによる割り込みがあることを示します。
4	BUCKBSTPG_INT ¹	R	Not applicable	ハイになると、このビットは VOUT2OK のトリガによる割り込みがあることを示します。
[3:0]	Reserved	R	Not applicable	予備。

¹ レジスタを読み出すと、割込みビットは自動的にリセットされます。

表 72. SHIPMODE レジスタ、アドレス 0x36 のビットの説明

ビット	ビット名	アクセス	デフォルト	説明
[7:1]	Reserved	R	Not applicable	予備。
0	EN_SHIPMODE	R/W	0	ハイにすると、ADP5360 は出荷モードになります。ローにすると、出荷モードはディスエーブルになります。

アプリケーション情報

代表的なアプリケーション回路

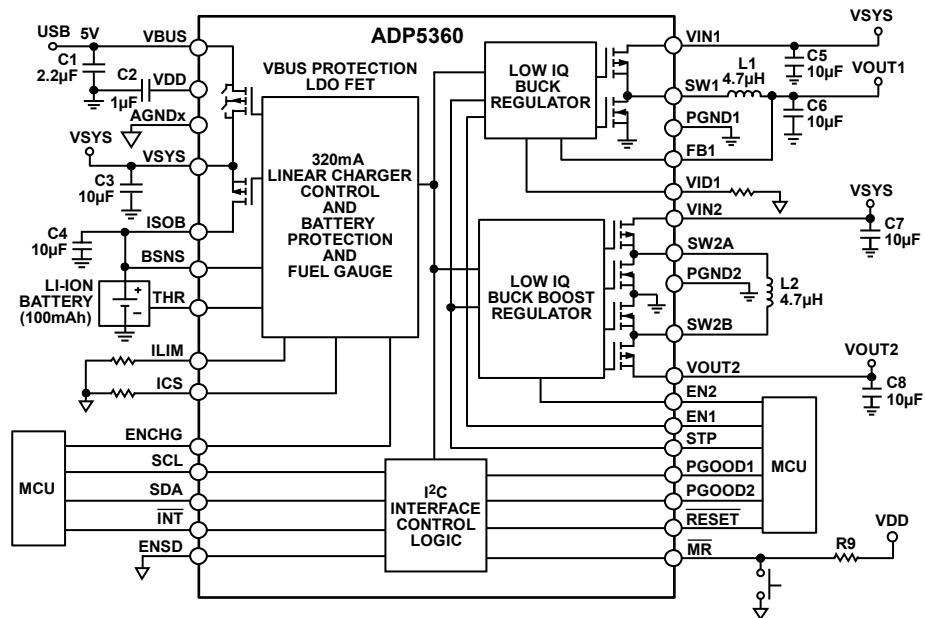


図 60. ADP5360 のアプリケーション図

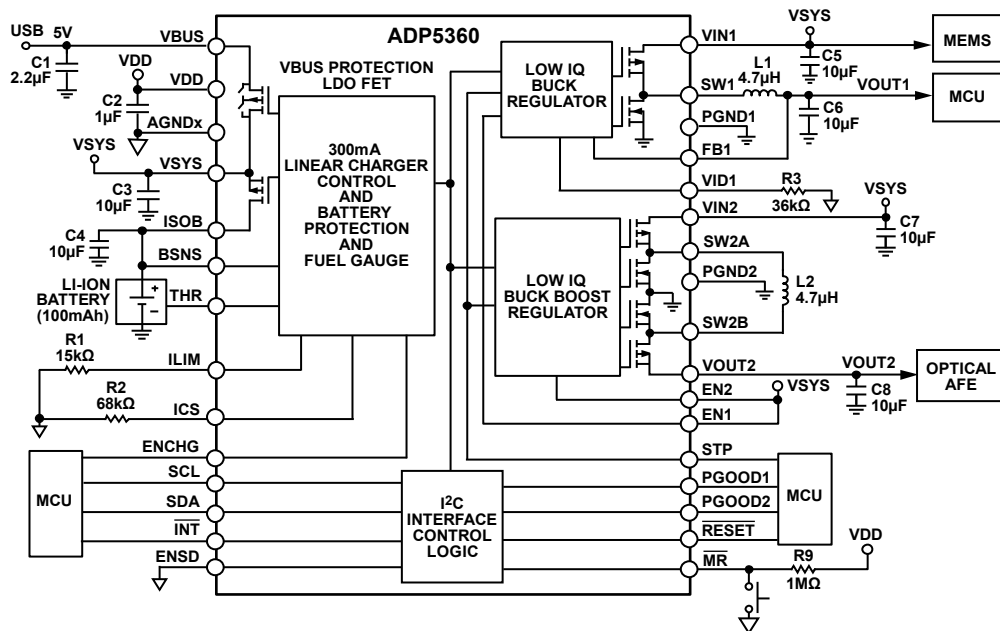


図 61. 携帯型医療機器のリチウムイオン・バッテリー・チャージャ・アプリケーション

外付け部品

VBUS のコンデンサの選択

USB 仕様によると、USB 周辺機器は、VBUS の接続時に VBUS 上のコンデンサに検出可能な電荷を蓄えます。周辺機器の VBUS のバイパス容量は、1 μ F 以上かつ 10 μ F 以下でなければなりません。いかなる温度または DC バイアス条件でも、VBUS ピンと VDD ピンの結合容量が 10 μ F を超えてはなりません。推奨する VBUS のコンデンサを表 73 に示します。

表 73. 推奨する VBUS のコンデンサ

Vendor	Product Number	Value (μ F)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM155R61E225ME15D	2.2	25	0402
Yageo	CC0402MRX5R8BB225	2.2	25	0402

VDD のコンデンサの選択

ADP5360 の内部電源電圧は、VDD にノイズ抑制コンデンサを備えています。標準的な VDD 容量 (1 μ F) を使用してください。ただし、動作中に 10 μ F を超えないようにしてください。VDD には、外部電源、抵抗性負荷、その他の電流負荷を接続しないでください。推奨する VDDS のコンデンサを表 74 に示します。

表 74. 推奨する VDD のコンデンサ

Vendor	Product Number	Value (μ F)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM155R60J105KE19D	1	6.3	0402
Yageo	CC0402KRX5R5BB105	1	6.3	0402

VSYS のコンデンサの選択

トリクル充電、定電流充電、定電圧充電などの様々な動作モードでチャージャの性能を確保するには、DC バイアス、温度、および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必要があります。VSYS が降圧レギュレータおよび昇降圧レギュレータの入力ノードに接続されている場合、VSYS の全容量はすべてのコンデンサで構成されます。

VSYS の容量は 10 μ F 以上でなければなりません。推奨する VSYS の容量を表 75 に示します。

表 75. 推奨する VSYS、ISOB、VIN1、VIN2、V_{OUT1}、および V_{OUT2} のコンデンサ

Vendor	Product Number	Value (μ F)	Voltage (V)	Size
Murata	GRM155R60J106ME44D	10	6.3	0402
Yageo	CC0402MRX5R5BB106	10	6.3	0402

ISOB のコンデンサの選択

ISOB の実効容量は、動作中の任意の時点で 4.7 μ F 以上でなければなりません。通常、動作のすべての時点でこの条件を満たすには、10 μ F の公称容量が必要です。推奨する ISOB コンデンサを表 75 に示します。

降圧入力コンデンサの選択

入力電圧リップル、入力リップル電流、ソース・インピーダンスを低減するために、入力コンデンサが必要です。入力コンデンサは VIN1 ピンのできるだけ近くに配置してください。次式を使用して、実効値入力電流を計算します。

$$I_{RMS} \geq I_{LOAD(MAX)} \sqrt{\frac{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}{V_{IN}}}$$

ほとんどのアプリケーションで、VIN1 ピンは VSYS ピンに接続されます。VSYS の容量は実効容量であるため、VIN1 ピンには 1 μ F のコンデンサで十分です。入力電圧のフィルタリングを強化するため、入力コンデンサは制限なく大きくすることができます。推奨する VIN1 のコンデンサを表 75 に示します。

降圧インダクタの選択

ADP5360 の降圧コンバータはスイッチング周波数が高いため、FPWM モードで動作させる場合は小型のチップ・インダクタを選択することができます。

次式を使用して、ピーク to ピークのインダクタ電流リップル (I_{RIPPLE1}) を計算します。

$$I_{RIPPLE1} = V_{OUT1} \times ((V_{IN1} - V_{OUT1})) / (V_{IN1} \times f_{SW} \times L1)$$

ここで、

V_{OUT1} は降圧出力電圧です。

V_{IN1} は VIN1 ノードの降圧入力電圧です。

f_{SW} は降圧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 (I_{PEAK1}) よりも大きくする必要があります。I_{PEAK1} を計算するには、次式を使用します。

$$I_{PEAK1} = I_{LOAD1(MAX)} + I_{RIPPLE1}$$

ここで、I_{LOAD(MAX)} は出力電流負荷です。

インダクタの導通損失は、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の 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。

推奨する降圧インダクタを表 76 に示します。

降圧出力コンデンサの選択

出力電圧のオーバーシュートとアンダーシュートを最小限に抑え、ヒステリシス・モードと FPWM モードの両方で出力リップルを大幅に抑制するには、出力容量が必要です。等価直列抵抗 (ESR) が小さいコンデンサを使うと、FPWM モードで出力リップルが小さくなります。推奨する降圧出力コンデンサを表 75 に示します。

昇降圧入力コンデンサの選択

入力電圧リップル、入力リップル電流、ソース・インピーダンスを低減するために、入力コンデンサが必要です。入力コンデンサは VIN2 ピンのできるだけ近くに配置してください。

ほとんどのアプリケーションで、VIN2 ピンは VSYS ピンに接続されます。VSYS の容量は実効容量であるため、VIN2 ピンには 1μF のコンデンサで十分です。入力電圧のフィルタリングを強化するため、入力コンデンサは制限なく大きくすることができます。推奨する VIN2 のコンデンサを表 75 に示します。

昇降圧インダクタの選択

インダクタ導通損失は、内部 DCR がある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。

推奨する昇降圧インダクタを表 76 に示します。

昇降圧出力コンデンサの選択

出力電圧のオーバーシュートとアンダーシュートを最小限に抑え、ヒステリシス・モードで出力リップルを大幅に抑制するには、出力容量が必要です。

推奨する昇降圧出力コンデンサを表 75 に示します。

表 76. 推奨インダクタ

Vendor	Model	Inductance (μH)	Dimensions (mm)	DCR (mΩ)	Rated Current (I _R) (A)
Würth	74479776247A	4.7	2.0 × 1.6 × 1.0	140	1.2
TDK	MLP2016H4R7	4.7	2.0 × 1.6 × 0.85	160	1.1

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、ADP5360 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だけでなく、レギュレーションと安定性にも影響を与えるおそれがあります。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 ADP5360 のできるだけ近くに配置します。
- 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、ノイズにセンシティブな回路ノードのノイズ妨害を更に低減することができます。

- バッテリ電圧を正確に検出するためのバッテリ・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。
- ボードの面積が限られている場合、0603 サイズまたは 0402 サイズの抵抗とコンデンサを使うと、ソリューションのフットプリントを最小限に抑えることができます。

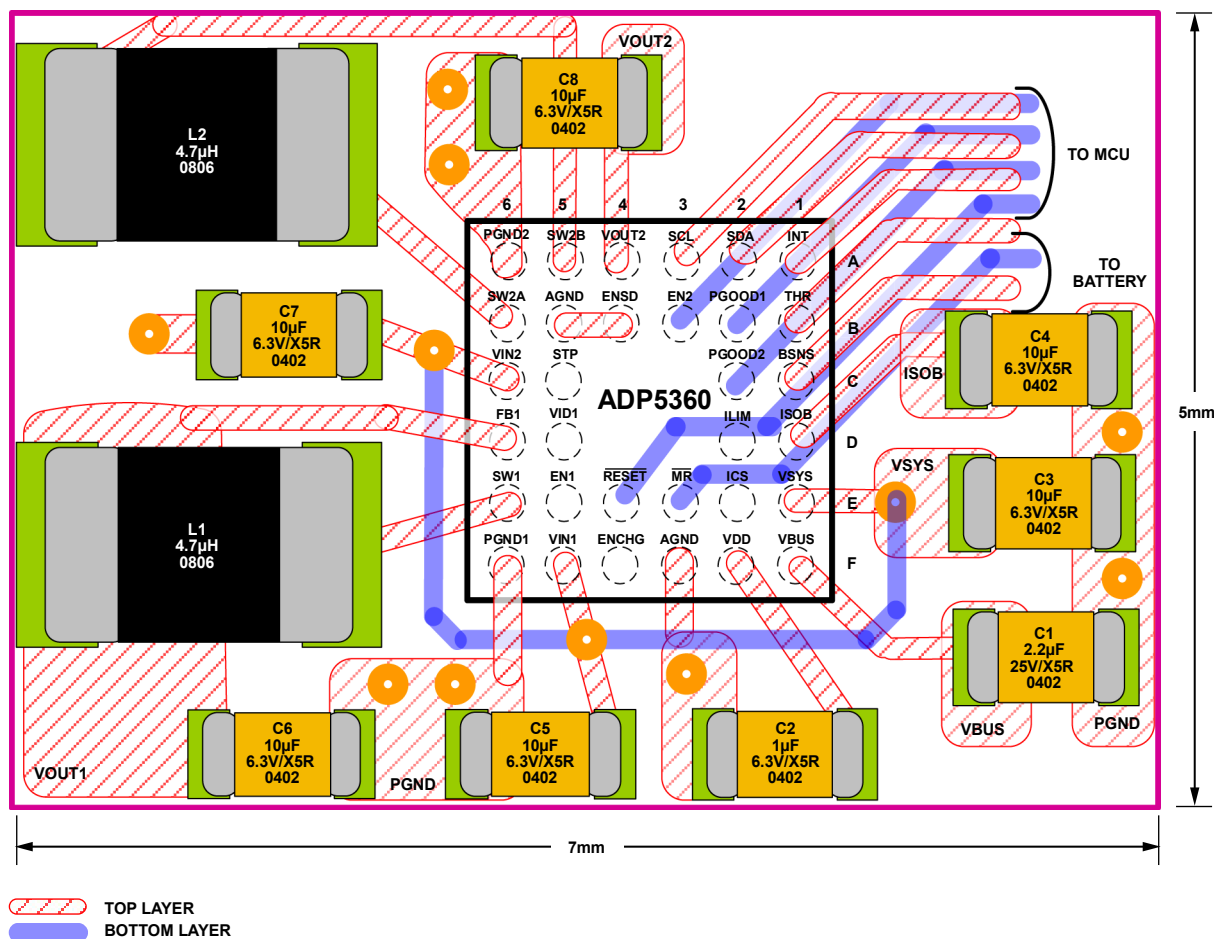


図 62. 推奨レイアウト

20499-061

出荷時にプログラム可能なオプション

表 77. ADP5360 の様々なモードで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	0x46 0x56 0x66 0x76	0x46
EN_CHG	Enable charger Disable charger	Disable charger
ITHR	60 μ A 12 μ A 6 μ A	60 μ A
VTRM	3.96 V 4.06 V 4.16 V 4.26 V 4.36 V 4.36 V 4.46 V 4.46 V	4.16 V
EN_BATPRO	Disable battery protection function Enable battery protection function	Enable battery protection function
UV_DISCH	2.2 V 2.5 V 2.6 V 2.8 V	2.5 V
OC_DISCH	100 mA 200 mA 400 mA 600 mA	600 mA
OV_CHG	4.25 V 4.30 V 4.40 V 4.50 V	4.30 V
OC_CHG	100 mA 150 mA 200 mA 400 mA	150 mA for the ADP5360ACBZ-1-R7 and 400 mA for the ADP5360ACBZ-2-R7
EN_BUCK	Disable buck output Enable buck output	Enable buck output
BUCK_SS	1 ms 8 ms 64 ms 512 ms	1 ms
BUCK_MODE	Hysteresis mode FPWM mode	Hysteresis mode
DISCHG_BUCK	Disable output discharge function Enable output discharge function	Disable output discharge function

Parameter	Value	Default Setting
VOUT_BUCK	1.0 V 1.2 V 1.5 V 1.8 V 2.5 V 2.8 V 3.0 V 3.3 V	1.2 V for the ADP5360ACBZ-1-R7 and 1.8 V for the ADP5360ACBZ-2-R7
EN_BUCKBST	Disable buck boost output Enable buck boost output	Disable buck boost output
BUCKBST_SS	1 ms 8 ms 64 ms 512 ms	1 ms
DISCHG_BUCKBST	Disable output discharge function Enable output discharge function	Disable output discharge function
VOUT_BUCKBST	2.5 V 3.3 V 3.6 V 4.0 V 4.2 V 4.6 V 5.0 V 5.5 V	3.3 V for the ADP5360ACBZ-2-R7 and 5.0 V for the ADP5360ACBZ-1-R7
PG1_REV	Disable PGOOD1 pin output active low Enable PGOOD1 pin output active low	Disable PGOOD1 pin output active low
VBUSOK_MASK1	Do not output the V_{VBUS} voltage status signal to the external PGOOD1 pin Output the V_{VBUS} voltage status signal to the external PGOOD1 pin	Do not output the V_{VBUS} voltage status signal to the external PGOOD1 pin
VOUT1OK_MASK1	Do not output the buck PGOOD signal to the external PGOOD1 pin Output the buck PGOOD signal to the external PGOOD1 pin	Do not output the buck PGOOD signal to the external PGOOD1 pin

外形寸法

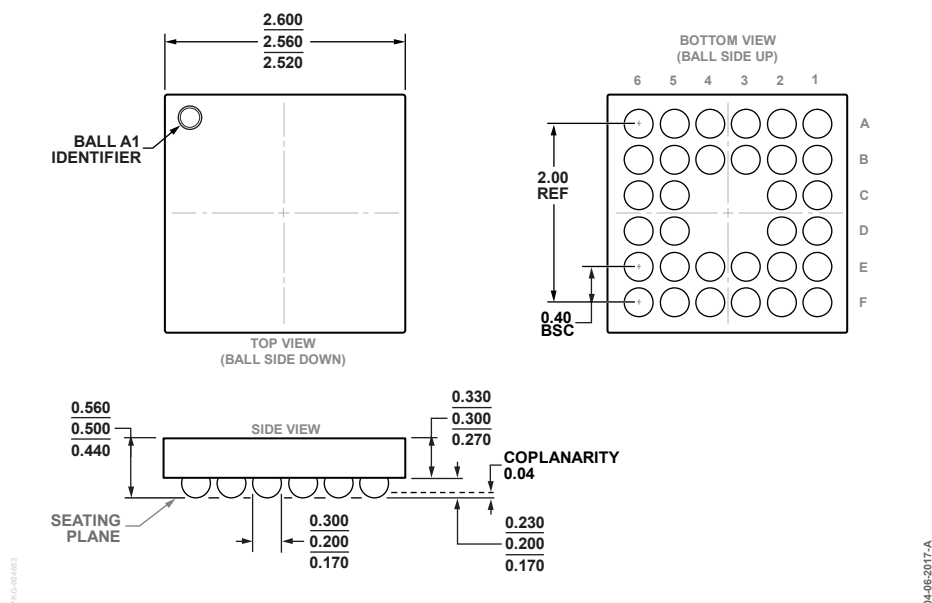


図 63. 32 ボール、ウェーハ・レベル・チップ・スケール・パッケージ [WLCSP]
(CB-32-2)
寸法単位：mm

オーダー・ガイド

Model ¹	Temperature Range	Package Description	Package Option
ADP5360ACBZ-1-R7	-40°C to +85°C	32-Ball Wafer Level Chip Scale Package [WLCSP]	CB-32-2
ADP5360ACBZ-2-R7	-40°C to +85°C	32-Ball Wafer Level Chip Scale Package [WLCSP]	CB-32-2
ADP5360CB-EVALZ		Evaluation Board Assembled with ADP5360ACBZ-1-R7	

¹ Z = RoHS 準拠製品