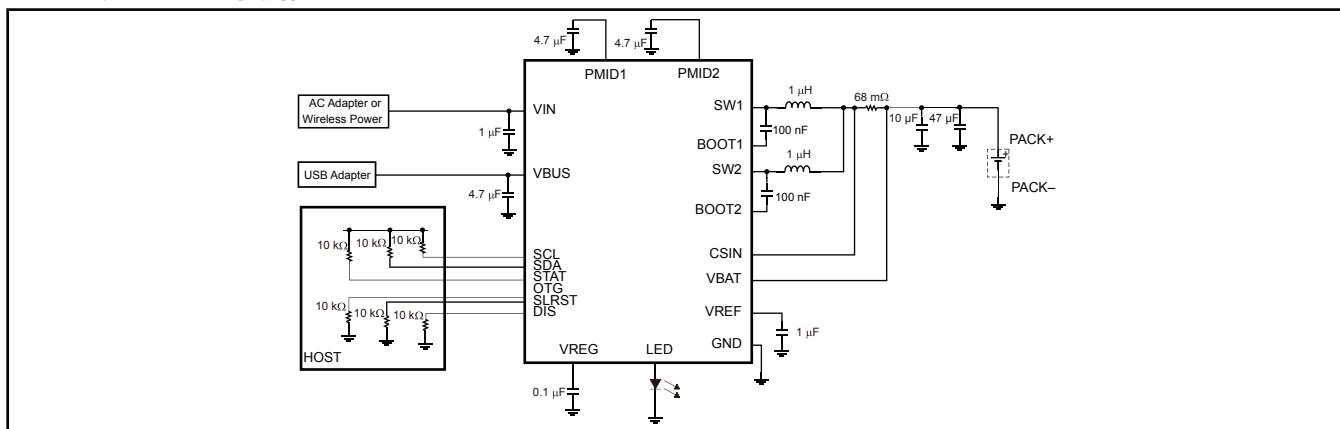


# USB完全準拠、USB-OTGサポート、完全統合型、デュアル入力、スイッチ・モード、1セルLiイオン・チャージャ

## 特 長

- 1セルLiイオン/Liポリマー・バッテリ・パック用の高効率Mini-USB/ACバッテリ・チャージャ
- バッテリの充電と同時にUSB-OTGをサポート
- 高精度の電圧/電流レギュレーション
  - 入力電流レギュレーション精度： $\pm 5\%$   
(100mA、500mA)
  - 充電電圧レギュレーション精度： $\pm 0.5\%$  (25°C)、 $\pm 1\%$  (0~125°C)
  - 充電電流レギュレーション精度： $\pm 5\%$
- USB OTG用のブースト・モード動作：
  - 入力電圧範囲(バッテリから)：2.3V~4.5V
  - VBUSの出力：5.05V/500mA
- 入力電圧に基づく動的電源管理により、電流の制限されたアダプタに対する保護を提供
- 不適切なアダプタの検出と拒否
- 安全制限レジスタで最大充電電圧と最大充電電流を制限することにより安全性を強化
- 絶対最大入力電圧定格：20V
- 最大動作入力電圧：9.0V
- リニア・チャージャよりも急速に充電
- 入力電流のセンスおよび制限機能を内蔵
- 内蔵パワーFETにより最大1.5Aの充電レートに対応

## アプリケーション回路図



NanoFreeはテキサス・インスツルメンツの商標です。I<sup>2</sup>C™はNXP P.Y社の商標です。

この資料は、Texas Instruments Incorporated(TI)が英文で記述した資料を、皆様のご理解の一助として頂くために日本テキサス・インスツルメンツ(日本TI)が英文から和文へ翻訳して作成したものです。  
資料によっては正規英語版資料の更新に対応していないものがあります。  
日本TIによる和文資料は、あくまでもTI正規英語版をご理解頂くための補助的参考資料としてご使用下さい。  
製品のご検討およびご採用にあたりましては必ず正規英語版の最新資料をご確認下さい。  
TIおよび日本TIは、正規英語版にて更新の情報を提供しているにもかかわらず、更新以前の情報に基づいて発生した問題や障害等につきましては如何なる責任も負いません。

## 概要

bq24140は、幅広い範囲のポータブル・アプリケーションで使用される1セルのLiイオン/Liポリマー電池に対応した、コンパクトで柔軟性が高く、USBフレンドリーな高効率スイッチ・モード充電管理デバイスです。充電パラメータは、I<sup>2</sup>Cインターフェイスを通してプログラミングできます。2つの同期PWMチャージャ、パワーMOSFET、入力電流センス、高精度の電流および電圧レギュレーション、および充電終了機能を、小さなWCSPパッケージに集積しています。

bq24140は、コンディショニング、定電流、定電圧の3つのフェーズによりバッテリを充電します。入力電流は、ホストによって設定された値に自動的に制限されます。充電は、ユーザが選択可能な最小電流レベルに基づいて終了します。リセット制御付きの安全タイマによって、I<sup>2</sup>Cインターフェイスに対する安全性を確保します。通常動作中、バッテリ電圧が内部のスレッショルドを下回ると、デバイスは自動的に充電サイクルを

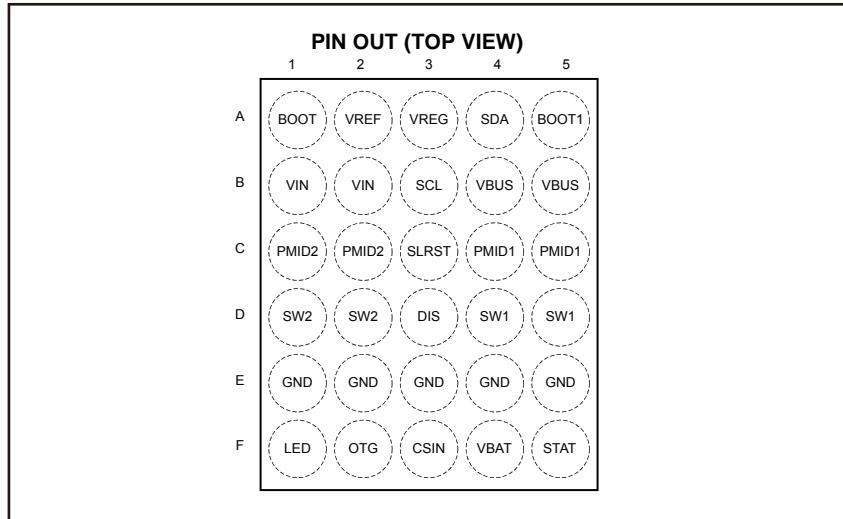
再起動します。入力電源が供給されなくなると、自動的にスリープ・モードまたはハイ・インピーダンス・モードに入ります。充電ステータスは、I<sup>2</sup>Cインターフェイスを使用してホストに通知できます。充電プロセス中、デバイスは接合部温度( $T_J$ )を監視し、 $T_J$ が標準125°Cまで上昇すると、充電電流を低減します。USB OTGデバイスをサポートするために、バッテリ電圧を昇圧してVBUS(標準5.05V)を提供します。bq24140は、30ピンWCSPパッケージで供給されます。



## 静電気放電対策

これらのデバイスは、限定的なESD(静電破壊)保護機能を内蔵しています。保存時または取り扱い時に、MOSゲートに対する静電破壊を防止するために、リード線どうしを短絡しておくか、デバイスを導電性のフォームに入れる必要があります。

## ピン配置



## ピン機能

ピン		I/O	説明
名前	番号		
BOOT	A1	O	ハイサイドMOSFETゲート・ドライバのブートストラップ・コンデンサ。BOOTピンとSW2ピンの間に、100nFのセラミック・コンデンサ(電圧定格10V以上)を接続します。
VREF	A2	O	内部バイアス・レギュレータ電圧。この出力とPGNDの間に1μFのセラミック・コンデンサを接続します。
VREG	A3	O	電圧レギュレータ。2.5Vで、10mAの電流能力を持ちます。グランドとの間に0.1μFのセラミック・コンデンサを接続します。
SDA	A4	I/O	I <sup>2</sup> Cインターフェイス・データ。1.8Vレールとの間に10kΩのプルアップ抵抗を接続します。
BOOT1	A5	O	ハイサイドMOSFETゲート・ドライバのブートストラップ・コンデンサ。BOOT1ピンとSW1ピンの間に、100nFのセラミック・コンデンサ(電圧定格10V以上)を接続します。
VIN	B1 – B2	I	チャージャ入力電圧。VINとGNDの間に1μFのセラミック・コンデンサを使用してバイパスします。
SCL	B3	I	I <sup>2</sup> Cインターフェイス・クロック。1.8Vレールとの間に10kΩのプルアップ抵抗を接続します。
VBUS	B4 – B5	I/O	チャージャ入力電圧。VBUSとGNDの間に4.7μFのセラミック・コンデンサを使用してバイパスします。このピンは、ブースト・モードではブースト・コンバータの出力となります。
PMID2	C1 – C2	O	逆電流ブロックFETとハイサイド・スイッチングFETの間の接続点。PMID2とGNDの間に3.3μF以上のコンデンサを使用してバイパスします。

## ピン機能

ピン		I/O	説明
名前	番号		
SLRST	C3	I	安全制限レジスタ制御。SLRST = 0の場合、安全制限レジスタへの書き込み動作に関係なく、すべての安全制限値がデフォルト値にリセットされます。SLRST = 1の場合、他のレジスタへの書き込み動作によって安全制限値の設定がロックされるまでの間、ホストが安全制限レジスタをプログラミングできます。
PMID1	C4 – C5	O	逆電流ブロックFETとハイサイド・スイッチングFETの間の接続点。 PMID1とGNDの間に3.3μF以上のコンデンサを使用してバイパスします。
SW2	D1 – D2	O	出力インダクタ接続への内部スイッチ。
DIS	D3	I	充電ディスエーブル制御ピン。DIS=0の場合、充電がイネーブルになります。DIS=1の場合、充電がディスエーブルになります。 VINおよびVBUSピンは、PGNDに対してハイ・インピーダンスです。15分モードでは、DIS = 1に設定すると15分タイマがリセットされます。32秒モードでは、DIS = 1に設定しても32秒タイマがリセットされません。
SW1	D4 – D5	O	出力インダクタ接続への内部スイッチ。
GND	E1 – E5		グランド・ピン。
LED	F1	O	ハイサイドLEDドライバ。電流、オン時間、オフ時間をI2C経由でプログラミングすることで、各種のモードを選択できます。
OTG	F2	I	ブースト・モード・イネーブル制御およびVBUS入力電流制限選択ピン。制御レジスタによってOTGがアクティブ状態のとき、VBUSコンバータは強制的にブースト・モードで動作します。これはI2C制御よりも優先され、制御レジスタを通してディスエーブルにできます。OTGアクティブ状態の極性も制御できます。 POR時は、OTG制御レジスタは無視され、OTGピンはVBUSコンバータの入力電流制限選択ピンとして使用されます。 OTG = Highのとき、IIN_LIMIT = 500mAであり、OTG = Lowのとき、IIN_LIMIT = 100mAです。
CSIN	F3	I	充電電流センス入力。バッテリ電流は、外部センス抵抗での電圧降下によって検知されます。 GNDとの間に0.1μFのセラミック・コンデンサが必要です。
VBAT	F4	I	バッテリ電圧および電流センス入力。バッテリに長い(インダクタンスの大きい)リードが接続されている場合は、このピンをセラミック・コンデンサ(0.1μF以上)でGNDにバイパスしてください。
STAT	F5	O	充電ステータス・ピン。充電の実行中はLowになります。他の状態では、オープン・ドレインです。 障害時は、128μsのパルスが送出されます。STATピンは、制御レジスタのEN_STATビットを使用してディスエーブルにできます。 STATは、LEDの駆動またはホスト・プロセッサとの通信に使用できます。

## 絶対最大定格<sup>(1)</sup>

動作温度範囲内 (特に記述のない限り)

		VALUE		単位
		MIN	MAX	
Supply voltage range (with respect to GND)	VBUS, VIN	-2	20	V
Input voltage range (with respect to and GND)	SCL, SDA, OTG, CSIN, VREG, VBAT, SLRST, DIS, LED	-0.3	7	V
Output voltage range (with respect to and GND)	PMID1, PMID2, STAT	-0.3	20	V
	VREF		6.5	
	BOOT, BOOT1	-0.7	20	
	SW1, SW2	-0.7	12	
Voltage difference between CSIN and VBAT inputs (VCSIN - VBAT)			±7	V
Output sink			10	mA
Output current (average)			1.5 <sup>(2)</sup>	A
T <sub>A</sub>	Operating free-air temperature range	-30	+85	°C
T <sub>J</sub>	Junction temperature range	-40	+125	°C
T <sub>stg</sub>	Storage temperature	-45	+150	°C
ESD Rating <sup>(3)</sup>	Human body model at all pins		±2000	V
	Machine model		±100	
	Charge device model		±500	

(1) 絶対最大定格を上回るストレスが加わった場合、デバイスに永続的な損傷が発生する可能性があります。

これはストレスの定格のみについて示しており、このデータシートの「推奨動作条件」に示された値を超える状態での本製品の機能動作は含まれていません。  
絶対最大定格の状態に長時間置くと、本製品の信頼性に影響を与えることがあります。

(2) 出力電流が1.25Aを超える場合、10年の寿命を確保するには、出力電流のデューティ・サイクルを50%未満に保持する必要があります。

(3) HBM (Human Body Model) は、100pFのコンデンサから1.5kΩの抵抗を経由して各ピンに放電した場合です。

## 熱特性について

THERMAL METRIC <sup>(1)</sup>		bq24140	単位
		WCSP PACKAGE	
		30 PINS	
$\theta_{JA}$	Junction-to-ambient thermal resistance	79.5	$^{\circ}\text{C}/\text{W}$
$\theta_{JCTop}$	Junction-to-case (top) thermal resistance	0.3	
$\theta_{JB}$	Junction-to-board thermal resistance	44.4	
$\psi_{JT}$	Junction-to-top characterization parameter	0.3	
$\psi_{JB}$	Junction-to-board characterization parameter	44.4	
$\theta_{JCbot}$	Junction-to-case (bottom) thermal resistance	n/a	

(1) 従来の熱特性パラメータと新しい熱特性パラメータの詳細については、アプリケーション・レポート『IC Package Thermal Metrics』(SPRA953)を参照してください。

## 推奨動作条件

		MIN	NOM	MAX	単位
V <sub>BUS</sub>	Supply voltage	4.0	6 <sup>(1)</sup>	6	V
V <sub>IN</sub>	Supply voltage	4.0	9 <sup>(1)</sup>	9	V
T <sub>J</sub>	Operating junction temperature range	-40	125	125	$^{\circ}\text{C}$

(1) 固有のスイッチング・ノイズ電圧スパイクが、BOOTまたはSWピン上で絶対最大定格を超えないようにしてください。  
緊密なレイアウトにより、スイッチング・ノイズを最小限に抑えることができます。

## 電気的特性

図1の回路、V<sub>BUS</sub> = 5V、HZ\_MODE = 0、OPA\_MODE = 0、CD = 0、T<sub>J</sub> = -40°C~125°C、標準値はT<sub>J</sub> = 25°Cでの値です。

パラメータ	テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位
<b>INPUT CURRENTS</b>					
I <sub>VBUS</sub>	V <sub>BUS</sub> > V <sub>MIN</sub> , PWM switching	10			mA
	V <sub>BUS</sub> > V <sub>MIN</sub> , PWM NOT switching		5		
	0°C < T <sub>J</sub> < 85°C, CD = 1 or HZ_MODE = 1	33	80		$\mu\text{A}$
I <sub>VIN</sub>	V <sub>IN</sub> > V <sub>MIN</sub> , PWM switching	10			mA
	V <sub>IN</sub> > V <sub>MIN</sub> , PWM NOT switching		5		
	0°C < T <sub>J</sub> < 85°C, CD = 1 or HZ_MODE = 1, No load on VREG			150	$\mu\text{A}$
I <sub>IN_LEAK</sub>	Leakage current from battery to V <sub>BUS</sub> pin and / or V <sub>IN</sub>	0°C < T <sub>J</sub> < 85°C, V <sub>VBAT</sub> = 4.2 V, High Impedance mode		5	$\mu\text{A}$
	Battery discharge current in high impedance mode, (CSIN, V <sub>BAT</sub> , SW pins)	0°C < T <sub>J</sub> < 85°C, V <sub>VBAT</sub> = 4.2 V, High Impedance mode, SCL,SDA,OTG = 0V or 1.8V		23	$\mu\text{A}$
<b>VOLTAGE REGULATION</b>					
V <sub>OREG</sub>	Output charge voltage	Operating in voltage regulation, programmable	3.5	4.44	V
	T <sub>A</sub> = 25°C		-0.5%	0.5%	
	Voltage regulation accuracy	Over recommended operating temperature	-0.75%	0.75%	%
		4.1 V – 4.35 V range, over recommended operating temperature	-0.6%	0.4%	
<b>CURRENT REGULATION -FAST CHARGE</b>					
I <sub>OCHARGE</sub>	Output charge current	V <sub>IN</sub> , V <sub>LOWV</sub> ≤ V <sub>VBAT</sub> < V <sub>OREG</sub> , V <sub>IN</sub> > V <sub>S LP</sub> , RSNS = 68 mΩ, LOW_CHG = 0, Programmable	550	1550	mA
		VBUS, V <sub>LOWV</sub> ≤ V <sub>VBAT</sub> < V <sub>OREG</sub> , VBUS > V <sub>S LP</sub> , RSNS = 68 mΩ LOW_CHG = 0, Programmable	550	1250	
		V <sub>LOWV</sub> ≤ V <sub>VBAT</sub> < V <sub>OREG</sub> , VBUS > V <sub>S LP</sub> , RSNS = 68 mΩ LOW_CHG = 1		325	
	Regulation accuracy for charge current across RSNS, V <sub>IREG</sub> = I <sub>OCHARGE</sub> × R <sub>SNS</sub>	37.4 mV ≤ V <sub>IREG</sub>	-3%	3%	
<b>WEAK BATTERY DETECTION</b>					
V <sub>LOWV</sub>	Weak battery voltage threshold	Programmable	3.4	3.7	V
	Weak battery voltage accuracy		-5%	5%	
	Deglitch time for weak battery threshold	Rising voltage, 2-mV over drive, t <sub>RISE</sub> = 100 ns		30	ms
	Hysteresis for V <sub>LOWV</sub>	Battery voltage falling		100	mV

## 電気的特性

図1の回路、 $V_{BUS} = 5V$ 、HZ\_MODE = 0、OPA\_MODE = 0、CD = 0、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 、標準値は $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ での値です。

パラメータ	テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位		
<b>DIS, SLRST and OTG PIN LOGIC LEVEL</b>							
$V_{IL}$	Input low threshold level		0.4		V		
$V_{IH}$	Input high threshold level		1.3		V		
<b>CHARGE TERMINATION DETECTION</b>							
$I_{TERM}$	Termination charge current	$V_{VBAT} > V_{OREG}-V_{RCH}$ , $V_{BUS} > V_{SLP}$ , $R_{SNS} = 68 \text{ m}\Omega$ , Programmable	50	400	mA		
	Deglitch time for charge termination	Both rising and falling, 2-mV overdrive, $t_{RISE}, t_{FALL} = 100 \text{ ns}$		30	ms		
$R_{SNS}$	Regulation accuracy for termination current across $R_{SNS}$ $V_{IREG\_TERM} = I_{TERM} \times R_{SNS}$	3.4 mV $\leq V_{IREG\_TERM} \leq 6.8 \text{ mV}$	-35%	35%			
		6.8 mV $< V_{IREG\_TERM} \leq 13.6 \text{ mV}$	-12.5%	12.5%			
		13.6mV $< V_{IREG\_TERM} \leq 30 \text{ mV}$	-6%	6%			
<b>BAD ADAPTOR DETECTION</b>							
$V_{IN(MIN)}$	Input voltage lower limit	Bad adaptor detection	3.7	3.8	4.0		
	Deglitch time for VBUS rising above $V_{IN(MIN)}$	Rising voltage, 2-mV overdrive, $t_{RISE} = 100 \text{ ns}$		30	ms		
	Hysteresis for $V_{IN(MIN)}$	Input voltage rising	100	200	mV		
$I_{SHORT}$	Current source to GND	During bad adaptor detection	20	30	40		
$T_{INT}$	Detection interval	Input power source detection		2	s		
<b>INPUT BASED DYNAMIC POWER MANAGEMENT</b>							
$V_{IN\_LOW}$	The threshold when input based DPM loop kicks in	Charge mode, programmable	4.2	4.76	V		
	DPM loop kick-in threshold tolerance		-2%	+2%			
<b>INPUT CURRENT LIMITING</b>							
$I_{IN\_LIMIT}$	Input current limit	$I_{IN} = 100\text{mA}$	$T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$	88	93	mA	
			$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$	86	93		
		$I_{IN} = 500\text{mA}$	$T_J = 0^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$	450	475	500	mA
			$T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$	440	475	500	
<b>VREF BIAS REGULATOR</b>							
$V_{REF}$	Internal bias regulator voltage	$V_{IN} > V_{REF}$ , $I_{VREF} = 1 \text{ mA}$ , $C_{VREF} = 1 \mu\text{F}$	5.5	6.5	V		
	$V_{REF}$ output short current limit			30	mA		
<b>BATTERY RECHARGE THRESHOLD</b>							
$V_{RCH}$	Recharge threshold voltage	Below $V_{OREG}$	90	120	160		
	Deglitch time	$V_{VBAT}$ decreasing below threshold, $t_{FALL} = 100 \text{ ns}$ , 10-mV overdrive		130	ms		
<b>STAT OUTPUT</b>							
$V_{OL}$	Low-level output saturation voltage, STAT pin	$I_O = 10 \text{ mA}$ , sink current		0.55	V		
	High-level leakage current for STAT	Voltage on STAT pin is 5V		1	$\mu\text{A}$		
<b>LED OUTPUT</b>							
$V_{LED\_MIN}$	Minimum LED operating voltage		2.5		V		
$I_{LED}$	LED current, programmable	$I_{LED1} = L$ , $I_{LED0} = L$		0	mA		
		$I_{LED1} = L$ , $I_{LED0} = H$		1.35			
		$I_{LED1} = H$ , $I_{LED0} = L$		2.7			
		$I_{LED1} = H$ , $I_{LED0} = H$		5.4			
	LED current accuracy		-20%	+20%			
$V_{DO}$	Drop-out voltage of LED	$VBAT = 2.5 \text{ V}$		100	200		
$T_{ON}$	Turn on time for current source (10%~90%)			100	$\mu\text{s}$		
$T_{OFF}$	Turn off time for current source (90%~10%)			100	$\mu\text{s}$		
<b>I<sup>2</sup>C BUS LOGIC LEVELS AND TIMING CHARACTERISTICS</b>							
$V_{OL}$	Output low threshold level	$I_O = 10 \text{ mA}$ , sink current	0.4		V		
$V_{IL}$	Input low threshold level	$V_{(pull-up)} = 1.8 \text{ V}$ , SDA and SCL	0.4		V		
$V_{IH}$	Input high threshold level	$V_{(pull-up)} = 1.8 \text{ V}$ , SDA and SCL	1.2		V		
$I_{(bias)}$	Input bias current	$V_{(pull-up)} = 1.8 \text{ V}$ , SDA and SCL	1		$\mu\text{A}$		
$f_{SCL}$	SCL clock frequency		3.4		MHz		

## 電気的特性

図1の回路、 $V_{BUS} = 5V$ 、HZ\_MODE = 0、OPA\_MODE = 0、CD = 0、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 、標準値は $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ での値です。

パラメータ	テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位
<b>BATTERY DETECTION</b>					
$I_{DETECT}$	Battery detection current before charge done (sink current) <sup>(1)</sup>			-0.5	mA
$t_{DETECT}$	Battery detection time		262		ms
$t_{DETECT2}$	Battery detection time after linear charge is complete and PWM starts		262		ms
<b>SLEEP COMPARATOR</b>					
$V_{SLP}$	Sleep-mode entry threshold, $V_{BUS}-V_{VBAT}$ or $V_{IN}-V_{VBAT}$	2.3 V $\leq V_{VBAT} \leq V_{OREG}$ , $V_{BUS}$ or $V_{IN}$ falling	0	40	100 mV
$V_{SLP-EXIT}$	Sleep-mode exit hysteresis	2.3 V $\leq V_{VBAT} \leq V_{OREG}$	70	110	200 mV
	Deglitch time for $V_{BUS}$ or $V_{IN}$ rising above $V_{SLP}+V_{SLP\_EXIT}$	Rising voltage, 2-mV over drive, $t_{RISE} = 100$ ns		30	ms
<b>UNDER-VOLTAGE LOCKOUT (UVLO)</b>					
$V_{UVLO}$	IC active threshold voltage	$V_{BUS}$ or $V_{IN}$ rising	3.05	3.3	3.65 V
$V_{UV\_HYS}$	IC active hysteresis	$V_{BUS}$ or $V_{IN}$ falling from above $V_{UVLO}$	90	100	mV
<b>PWM</b>					
$V_{BOOT}$	Voltage from BOOT1 pin to SW1 pin, or Voltage from BOOT2 pin to SW2 pin			6.5	V
$R_{ON\_Q1}$	Internal top reverse blocking MOSFET on-resistance	$I_{IN\_LIMIT} = 500$ mA, Measured from $V_{IN}$ to PMID2	100	150	mΩ
$R_{ON\_Q2}$	Internal top N-channel Switching MOSFET on-resistance	Measured from PMID2 to SW2, $V_{BOOT2} - V_{SW2} = 4$ V	120	200	mΩ
$R_{ON\_Q3}$	Internal bottom N-channel MOSFET on-resistance	Measured from SW2 to GND	110	200	mΩ
$R_{ON\_Q4}$	Internal top reverse blocking MOSFET on-resistance	$I_{IN\_LIMIT} = 500$ mA, Measured from $V_{BUS}$ to PMID1	100	150	mΩ
$R_{ON\_Q5}$	Internal top N-channel Switching MOSFET on-resistance	Measured from PMID1 to SW1, $V_{BOOT1} - V_{SW1} = 4$ V	120	200	mΩ
$R_{ON\_Q6}$	Internal bottom N-channel MOSFET on-resistance	Measured from SW1 to GND	110	200	mΩ
$f_{osc}$	Oscillator frequency			3.0	MHz
	Frequency accuracy		-10%	10%	
$D_{MAX}$	Maximum duty cycle			99.5%	
$D_{MIN}$	Minimum duty cycle		0		
	Synchronous mode to non-synchronous mode transition current threshold <sup>(2)</sup>	Low-side MOSFET cycle-by-cycle current sensing		100	mA
<b>CHARGE MODE PROTECTION</b>					
$V_{OVP-VIN}$	Input OVP for $V_{IN}$	Rising edge	9.6	9.8	10.0 V
	$V_{OVP\_VIN}$ hysteresis			140	mV
$V_{OVP-VBUS}$	Input OVP for $V_{BUS}$	Rising edge	6.3	6.5	6.7 V
	$V_{OVP\_VBUS}$ hysteresis			170	mV
$V_{OVP}$	Output OVP threshold voltage	$V_{VBAT}$ threshold over $V_{OREG}$ to turn off charger during charge	110	117	121 % $V_{OREG}$
	$V_{OVP}$ hysteresis	Lower limit for $V_{VBAT}$ falling from above $V_{OVP}$		11	% $V_{OREG}$
$I_{LIMIT}$	Cycle-by-cycle current limit for charge	Charge mode operation	1.8	2.4	3.0 A
$V_{SHORT}$	Trickle to fast charge threshold	$V_{VBAT}$ rising	2.0	2.1	2.2 V
	$V_{SHORT}$ hysteresis			100	mV
$I_{SHORT}$	Trickle charge charging current	$V_{VBAT} \leq V_{SHORT}$	20	30	40 mA

(1) 負の充電電流は、充電電流がバッテリからチャージャへと流れることを意味します(バッテリの放電)。

(2) 下側のNチャネルMOSFETは常に約60nsの間オンであり、その後電流が指定の値より低下するとオフになります。

## 電気的特性

図1の回路、 $V_{BUS} = 5V$ 、HZ\_MODE = 0、OPA\_MODE = 0、CD = 0、 $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 125^{\circ}\text{C}$ 、標準値は $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ での値です。

パラメータ	テスト条件	MIN	TYP	MAX	単位
<b>BOOST MODE OPERATION FOR <math>V_{BUS}</math> (OPA_MODE=1, HZ_MODE=0, VBUS input only)</b>					
$V_{BUS\_BOOST}$	Boost output voltage (to VBUS pin) $2.5\text{ V} < V_{VBAT} < 4.5\text{ V}$		5.05		V
	Boost output voltage accuracy Including line and load regulation	-3%	+3%		
$I_{BOOST}$	Maximum output current for boost $V_{BUS} = 5.05\text{ V}, 2.5\text{ V} < V_{VBAT} < 4.5\text{ V}$	650			mA
$I_{BLIMIT}$	Cycle by cycle current limit for boost $V_{BUS} = 5.05\text{ V}, 2.5\text{ V} < V_{VBAT} < 4.5\text{ V}$		1.0		A
$V_{BUSOVP}$	Over voltage protection threshold for boost (VBUS pin) Threshold over $V_{BUS}$ to turn off converter during boost	5.8	6.0	6.2	V
	$V_{BUSOVP}$ hysteresis $V_{BUS}$ falling from above $V_{BUSOVP}$		162		mV
$V_{BATMAX}$	Maximum battery voltage for boost (VBAT pin) $V_{VBAT}$ rising edge during boost	4.65	4.75	4.85	V
	$V_{BATMAX}$ hysteresis $V_{VBAT}$ falling from above $V_{BATMAX}$		70		mV
$V_{BATMIN}$	Minimum battery voltage for boost (VBAT pin) During boosting		2.3		V
	Before boost starts		2.8	2.97	
	Boost output resistance at high-impedance mode (From VBUS to PGND)	CD = 1 or HZ_MODE = 1	500		kΩ
ICC_BOOS_T	Operation quiescent current in boost mode No load at VBUS, power save mode, $V_{VBAT} = 4\text{ V}$ , boosting		650		μA
<b>PROTECTION</b>					
$T_{SHTDWN}$	Thermal trip		165		°C
	Thermal hysteresis		10		°C
$T_{CF}$	Thermal regulation threshold	Charge current begins to taper down	120		°C
$T_{32S}$	Time constant for the 32-second timer	32 second mode	15	32	S
$T_{15M}$	Time constant for the 15-minute timer	15 minute mode	12	15	Minute
<b>VREG</b>					
$V_{REG}$	VREG Regulator	$I_{LOAD} = 1\text{mA}, CREG = 0.1\mu\text{F}, VIN} > V_{UVLO}$	2.34	2.6	2.86
$I_{LIM\ VREG}$	Current limit VREG	$V_{REG} = 0\text{V}$	10		mA

## 標準アプリケーション回路

$V_{IN} = 5V$ または $V_{BUS} = 5V$ 、 $I_{CHARGE} = 1550mA$ 、 $V_{BAT} = 3.5\sim4.44V$ (可変)、安全タイマ = 15分または32秒

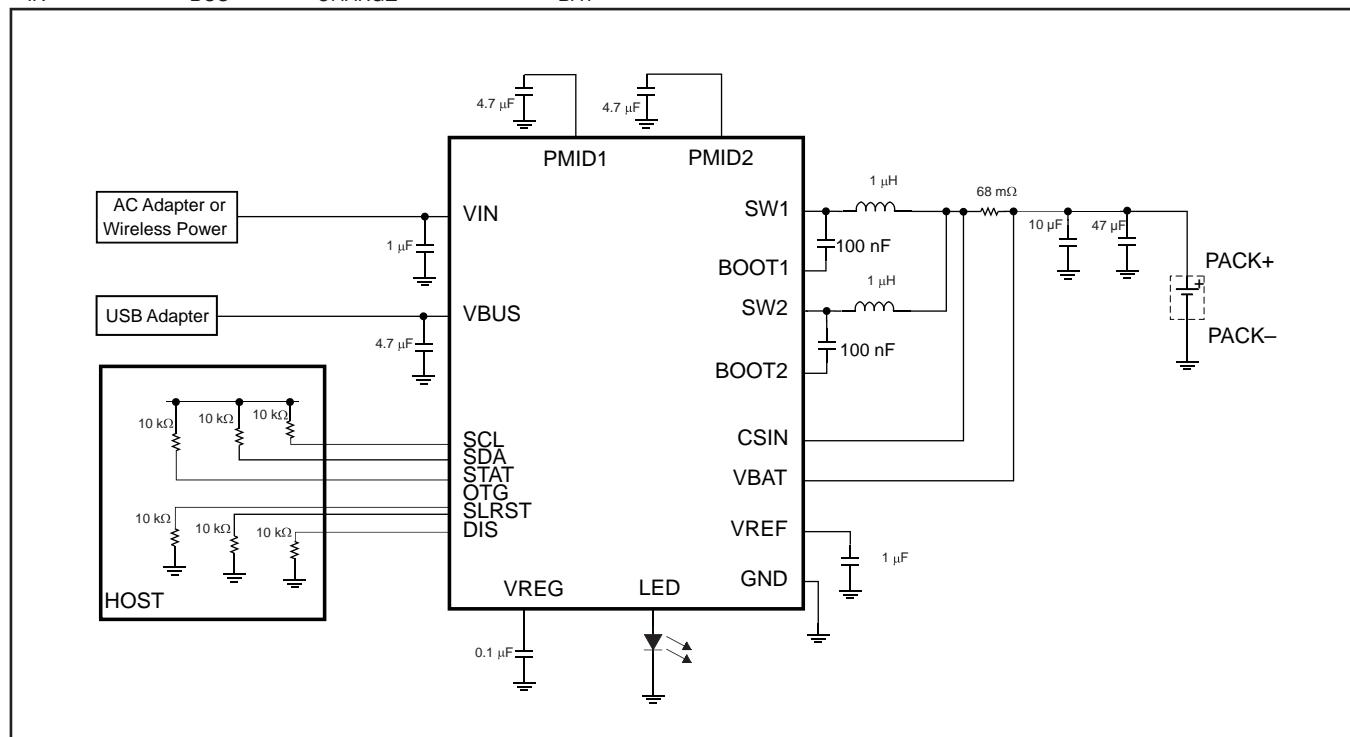


図 1. USBとACまたはワイヤレス給電チャージャを使用した、I<sup>2</sup>C制御の1セル・アプリケーション回路

$V_{IN} = 5V$  または  $V_{BUS} = 5V$ 、 $I_{CHARGE} = 1550mA$ 、 $V_{BAT} = 3.5\sim4.44V$  (可変)、安全タイマ = 15分または32秒  
ブロック図

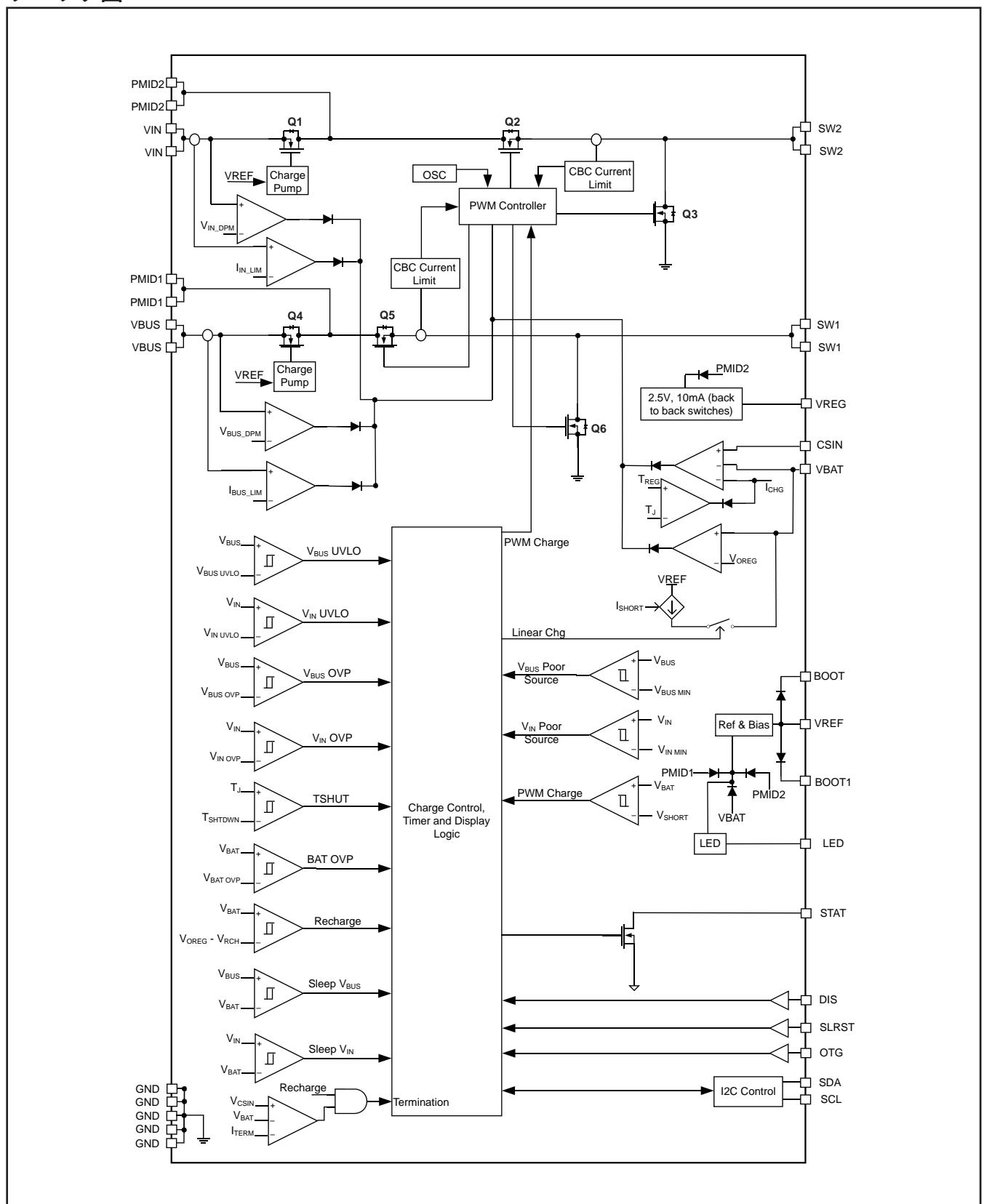


図 2. bq24140 ブロック図

## 標準的特製

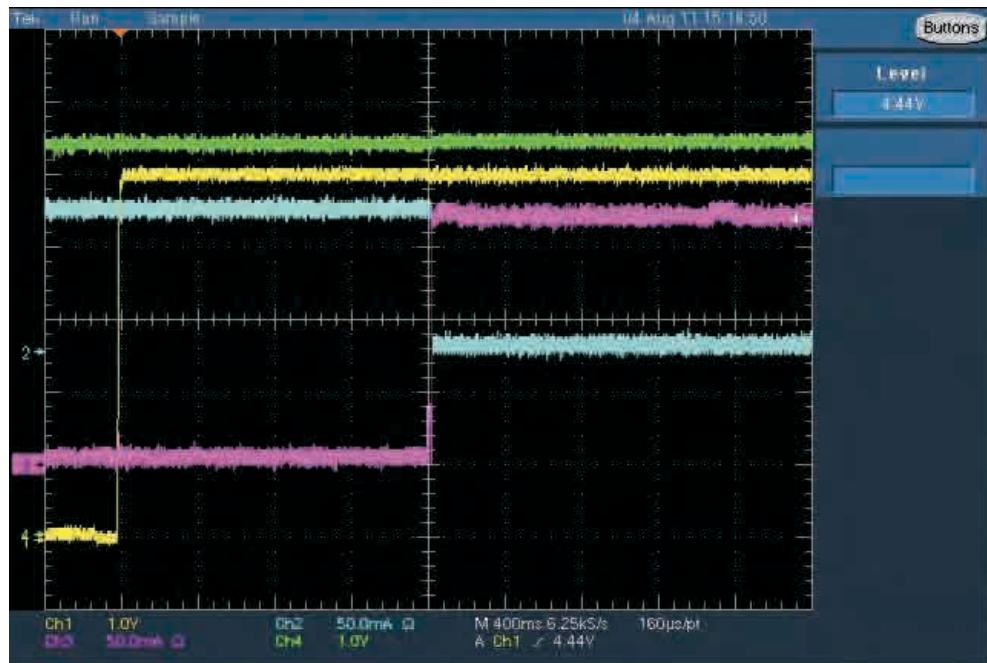


図 3. VBUSからVINへの充電 - デフォルト・モード、CH1 : VIN、CH2 : IVBUS、CH3 : IVIN、CH4 : VBUS

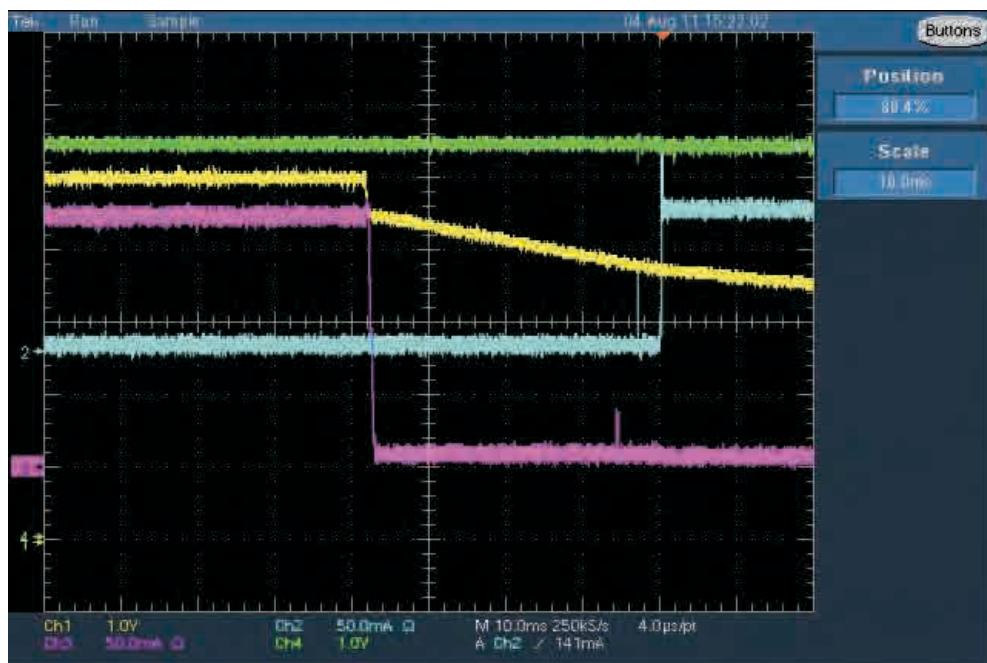


図 4. VINの充電から除去、VBUSへの切り替え - デフォルト・モード、CH1 : VIN、CH2 : IVBUS、CH3 : IVIN、CH4 : VBUS



図 5. VBUSの動的電源管理 (DPM) - CH1 : VIN、CH2 : IVIN、CH3 : VBUS、CH4 : STAT



図 6. VBUSの動的電源管理 (DPM) - CH1 : VIN、CH2 : STAT、CH3 : VBAT、CH4 : IVIN

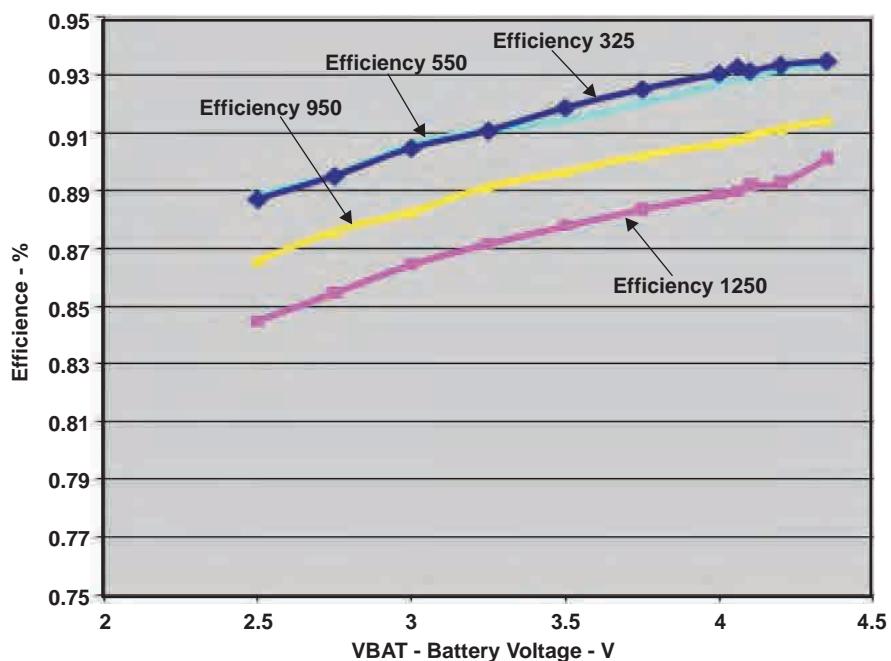


図 7. VBUS効率 対 バッテリ電圧

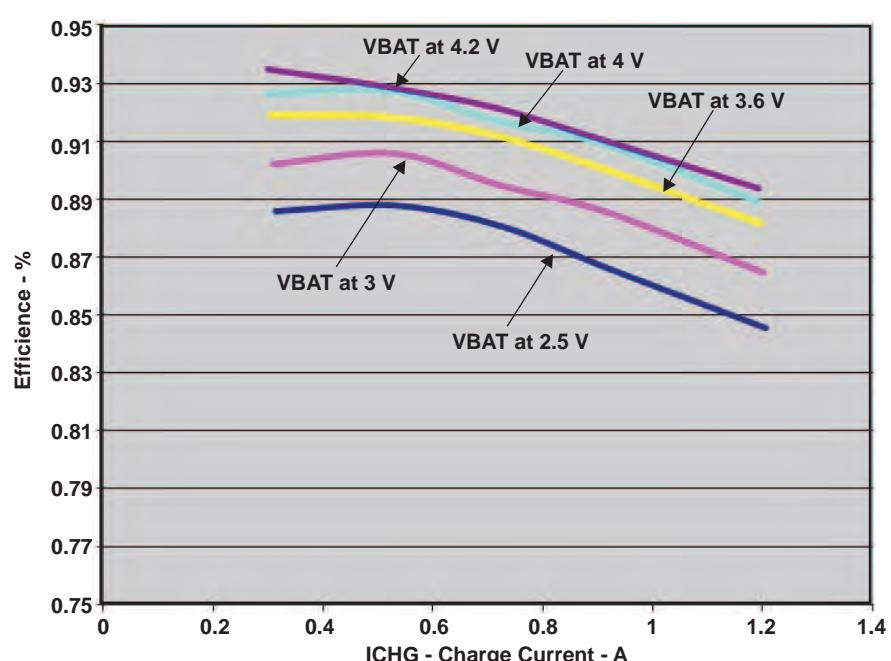


図 8. VBUS効率 対 充電電流

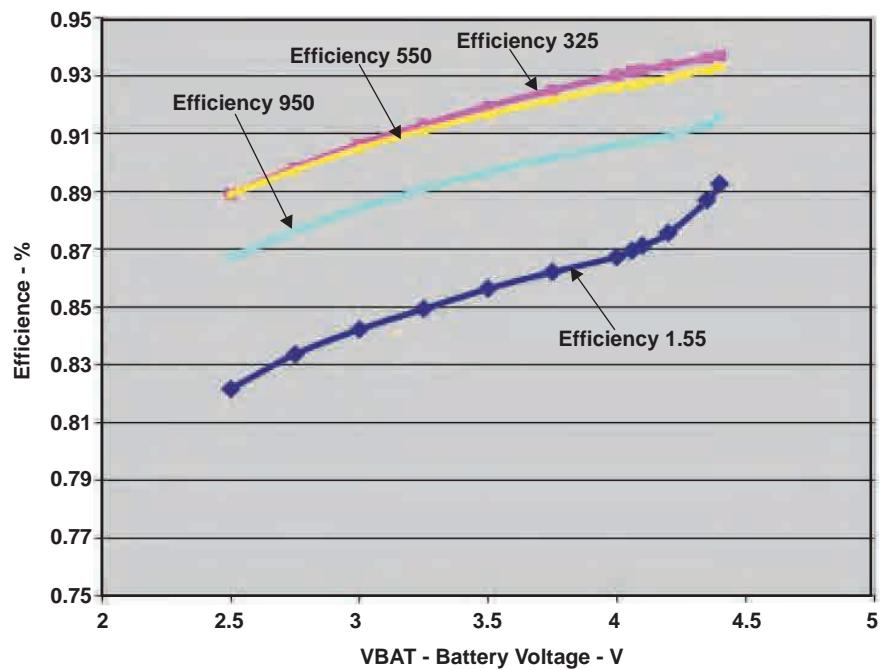


図 9. VIN効率 対 バッテリ電圧

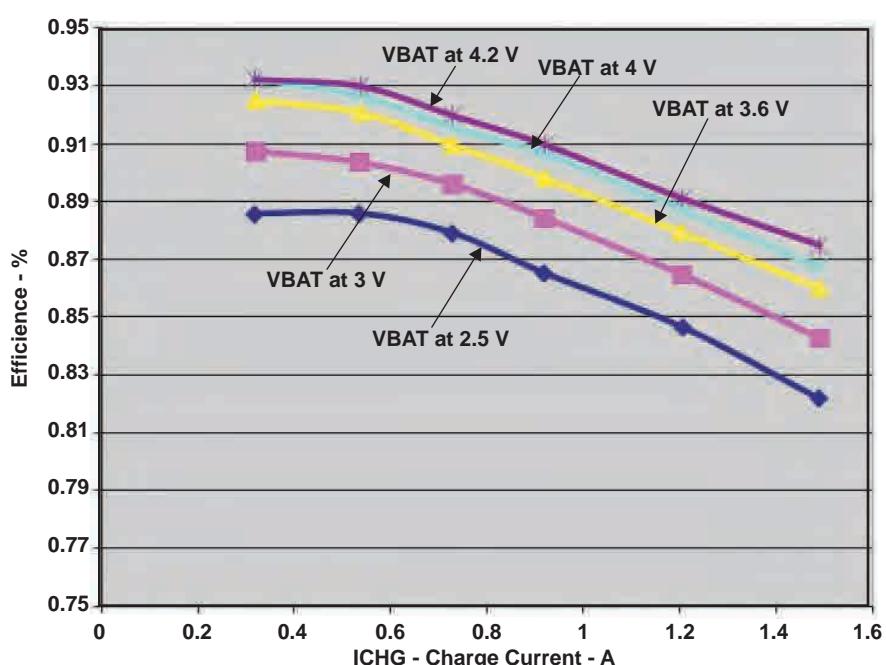


図 10. VIN効率 対 充電電流

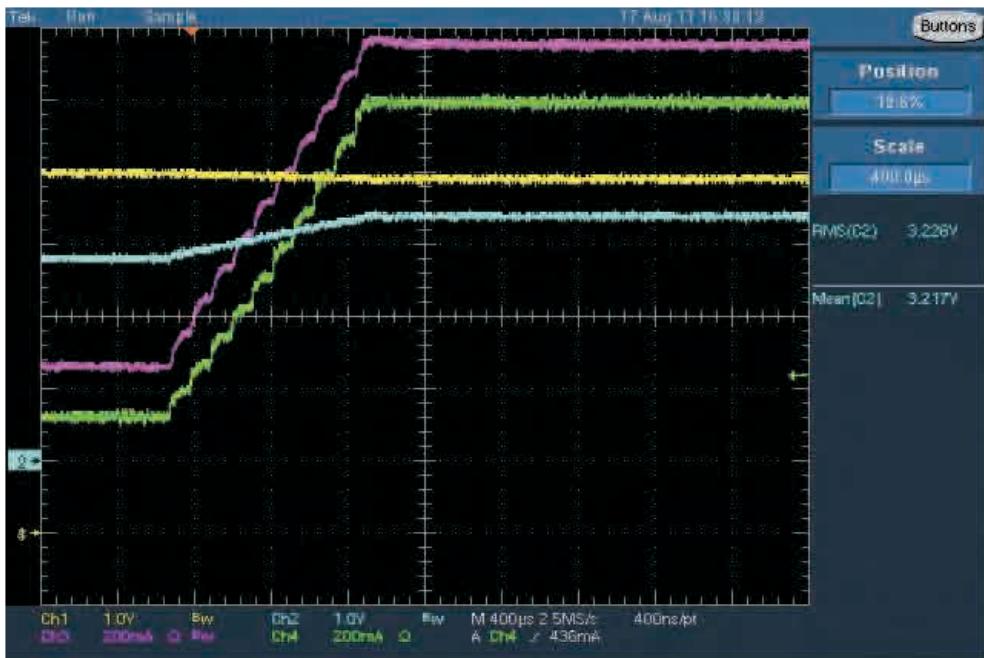


図 11. 充電電流応答 - 550mA～1.55A CH1 : VIN、CH2 : VBAT、CH3 : IBAT、CH4 : IVIN

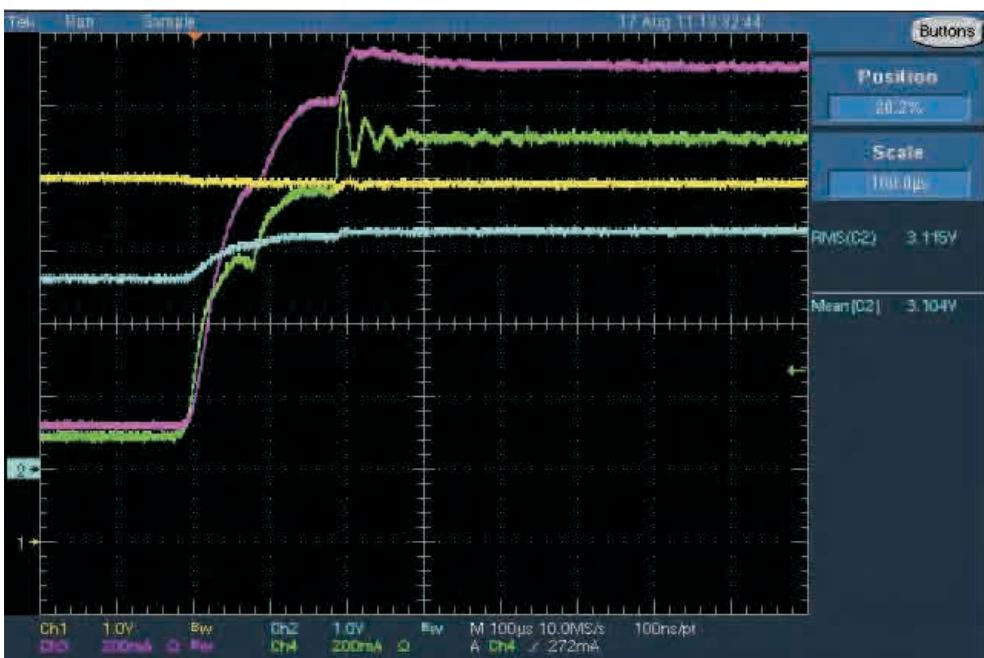


図 12. 入力電流レギュレーション応答 - 100mA～制限なし CH1 : VIN、CH2 : VBAT、CH3 : IBAT、CH4 : IVIN

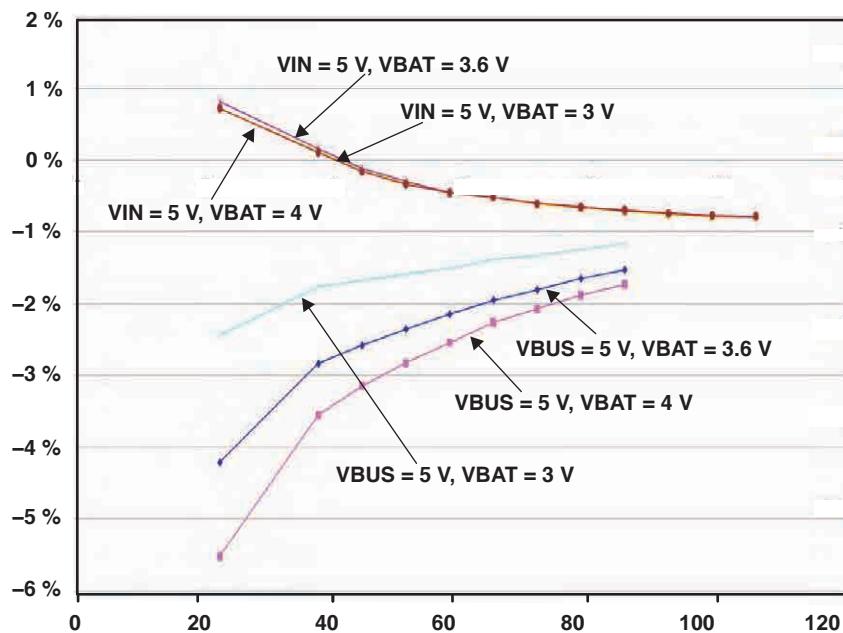


図 13. 標準充電電流精度

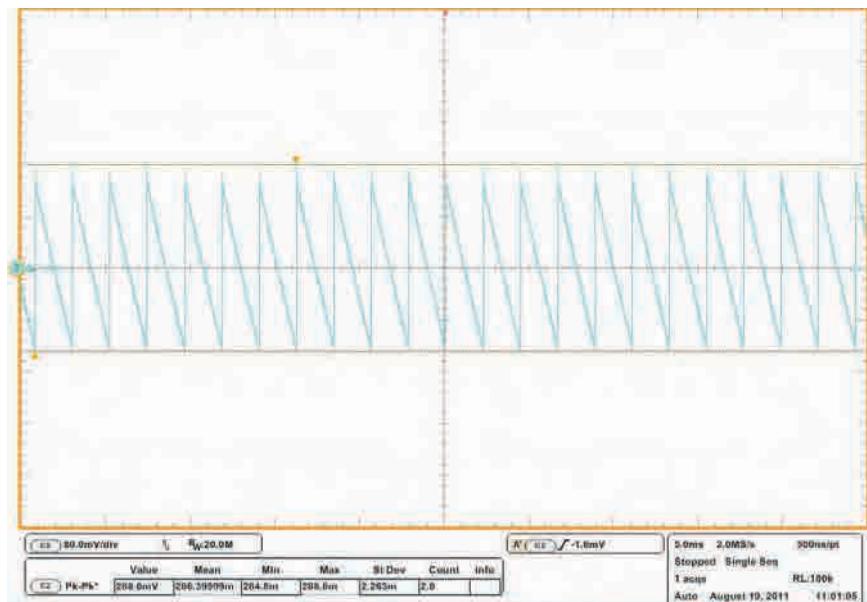


図 14. PFM モードでの VBUS OTG

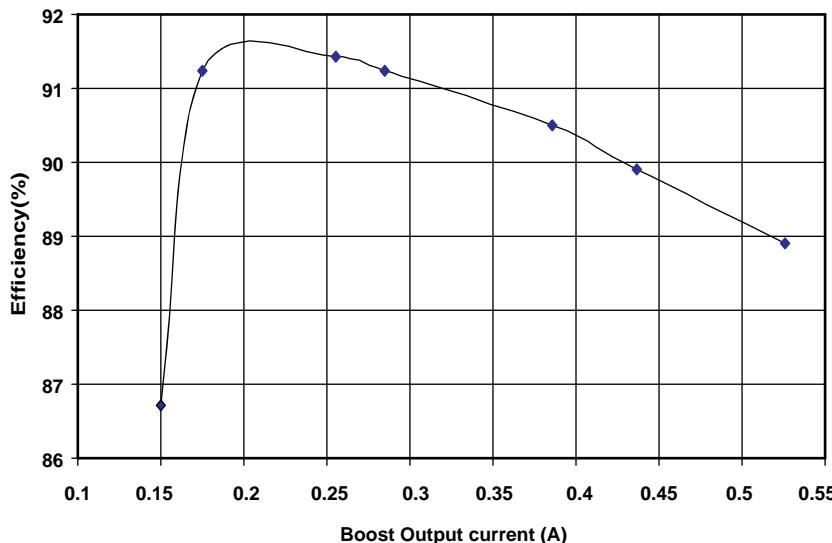


図 15. VBUS OTG効率

## 詳細機能説明

bq24140は、USB-OTGをサポートした、高集積のデュアル入力スイッチ・モード・バッテリ・チャージャです。スイッチ・モード・アーキテクチャを採用することで、USBポートのように電源が電流制限されている場合に、従来のリニア・チャージャよりも高速でバッテリを充電できます。充電時間の短縮に加え、高い効率によってチャージャでの電力損失を低減し、最終製品の熱管理を容易にします。

bq24140は、1セルのLiバッテリ・パックから電源が供給される、スペースが制限されたポータブル・アプリケーション向けに、デュアル入力の3MHz同期スイッチング・チャージャを内蔵しています。バッテリの充電に加えて、同時にバッテリ電圧を昇圧してUSB入力に戻すことで、USB-OTGをサポートできます。

bq24140には、デフォルト・モードとホスト制御モードの2つの動作モードがあります。デフォルト・モードでは、チャージャはデフォルトのパラメータを使用して充電サイクルを開始し、デバイスへのI<sup>2</sup>C書き込みを待ってからホスト・モードに入ります。ホスト制御モードでは、チャージャは32秒のウォッチドッグ・タイマに切り替えを行い、充電パラメータはレジスタに設定された情報に従います。

bq24140では、充電モード、ブースト・モード、ハイ・インピーダンス・モードの3通りの方法でチャージャを構成できます。この3つの構成により、バッテリの充電とアクセサリへの給電など、充電システムに対して複数の設定が可能になります。ハイ・インピーダンス・モードでは、デバイスからの静止電流が減少し、ポータブル・デバイスがスタンバイ・モードのときの消費電力を実質的に削減します。内蔵の制御ループにより、異なる動作モード間でスムーズな遷移が行われます。

## PWMバック・チャージャ

bq24140は、充電電流または電圧のレギュレーション用に、3MHzの固定周波数電圧モード・コントローラを内蔵しています。このタイプのコントローラでは、ライン過渡応答が向上するため、連続と非連続の両方の電流導通動作の補償回路を単純化できます。電圧および電流ループは、タイプIII補償方式を用いて内部で補償され、安定動作のために十分な位相マージンが確保されるため、非常にESRの低い、小さなセラミック・コンデンサを使用できます。デバイスは、0%~99.5%のデューティ・サイクルで動作します。

VINとVBUSの両方の入力に対して、ハイサイドに2個のコモン・ドレインNチャネルFETを搭載し、ローサイドに1個のNチャネルFETを搭載しています。入力N-FET(Q1、Q4)は、VINまたはVBUSがVBATより低い場合にバッテリの放電を防ぎます。2番目のハイサイドN-FET(Q2、Q5)は、スイッチングFETです。チャージ・ポンプ回路によってQ1とQ4のゲート駆動を提供する一方、外部ポートストラップ・コンデンサを使用したポートストラップ回路によってQ2とQ5のゲート駆動電圧が供給されます。

サイクル・バイ・サイクルの電流制限は、ハイサイド電流制限についてはFET Q4およびQ5、ローサイド電流制限についてはQ3およびQ6を通してセンスされます。ハイサイド電流制限のスレッショルドは、公称2.4Aのピーク電流に設定されています。ローサイド電流制限によって、PWMコントローラが同期モードで動作するか非同期モードで動作するかが決まります。このスレッショルドは100mAに設定され、電流が逆転する前にローサイドNチャネルFET(Q3およびQ6)をオフにすることで、バッテリからの放電を防ぎます。同期動作は、ローサイドFETの電流が100mAよりも大きいときに使用され、電力損失を最小限に抑えます。

バッテリ電圧が $V_{(SHORT)}$ スレッショルドよりも低い場合、bq24140はバッテリに短絡電流 $I_{(SHORT)}$ を供給します。この電流の目的は、バッテリ・パック上の開いているプロテクタを閉じることです。バッテリ電圧が $V_{(SHORT)}$ を上回ると、bq24140は充電電流を $I_{CHARGE}$ のプログラミング値まで増加させます。プログラミングされた充電電流に対して、 $I_{IN\_LIMIT}$ のプログラミング値よりも大きな入力電流が必要である場合、bq24140は入力電流のレギュレーションを行い、充電電流は入力電流ループによっ

て制限されます。急速充電電流のスルー・レートは、過渡事象による電流および電圧のオーバーシュートが最小限となるよう制御されます。入力電流制限 $I_{IN\_LIMIT}$ と急速充電電流 $I_{CHARGE}$ は、ともにホストによって設定できます。バッテリ電圧がプログラミングされたレギュレーション電圧 $V_{OREG}$ に達すると、充電電流は減少します。(図16および図17を参照)

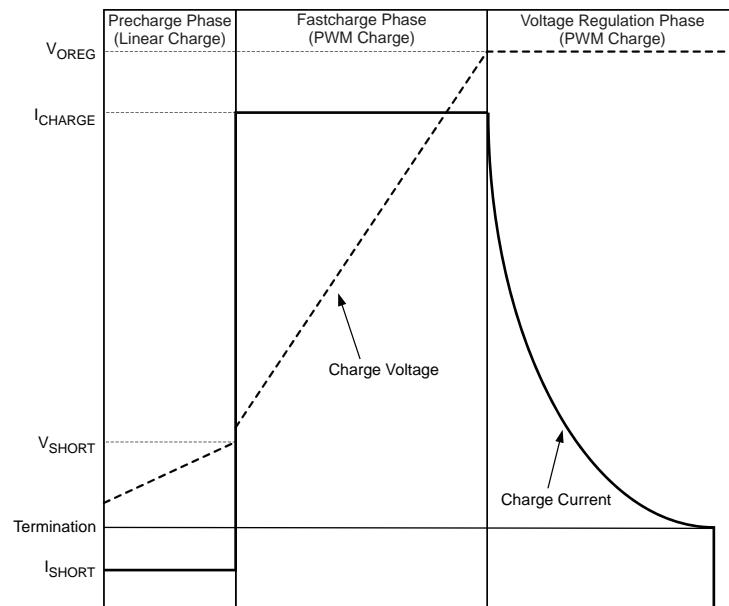


図 16. 入力電流制限なしの標準充電プロファイル

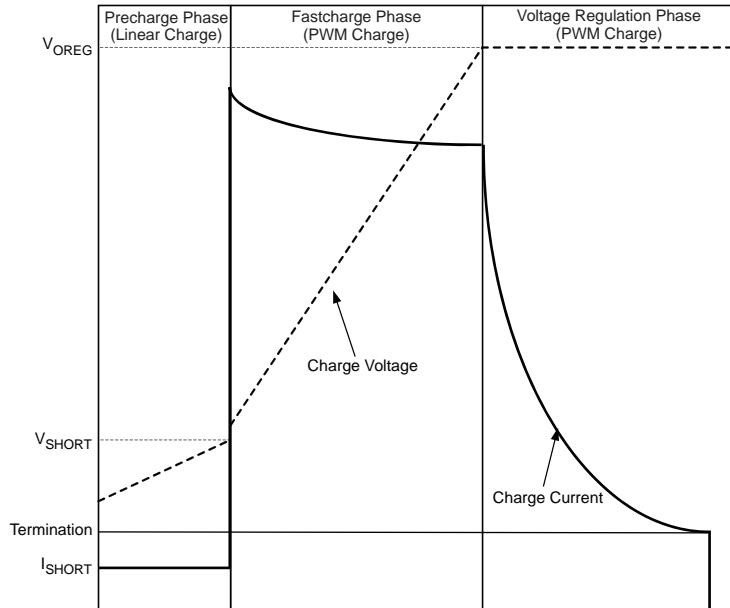


図 17. 入力電流制限ありの標準充電プロファイル

VBATピンとGNDピンの間のバッテリ・パック電圧を監視することで、電圧レギュレーション用の帰還が行われます。レギュレーション電圧は調整可能(3.5V~4.44V)であり、 $I^2C$ インターフェイスを通してプログラミングできます。デバイスは、電圧レギュレーション・フェーズ中に充電電流を監視します。充電終了機能がイネーブルの場合に、終了スレッショルドITERMが検出され、バッテリ電圧が再充電スレッショルドを超えていれば、デバイスは充電を終了します。終了電流レベルはプログラミング可能です。充電電流終了機能をディスエーブルにするには、ホストで充電制御レジスタの充電終了ビット(TE)を0に設定します。詳細については、 $I^2C$ のセクションを参照してください。

次の条件のいずれかが満たされたると、新しい充電サイクルが開始されます。

- バッテリ電圧が $V_{(OREG)} - V_{(RCH)}$ スレッショルドを下回る
- VBUSまたはVINのパワーオン・リセット(POR)(バッテリ電圧が $V_{(LOWV)}$ スレッショルドを下回っている場合)
- CEビットの切り替え、またはRESETビットの設定(ホスト制御)

図18に、充電モードでのbq24140の動作フロー・チャートを示します。

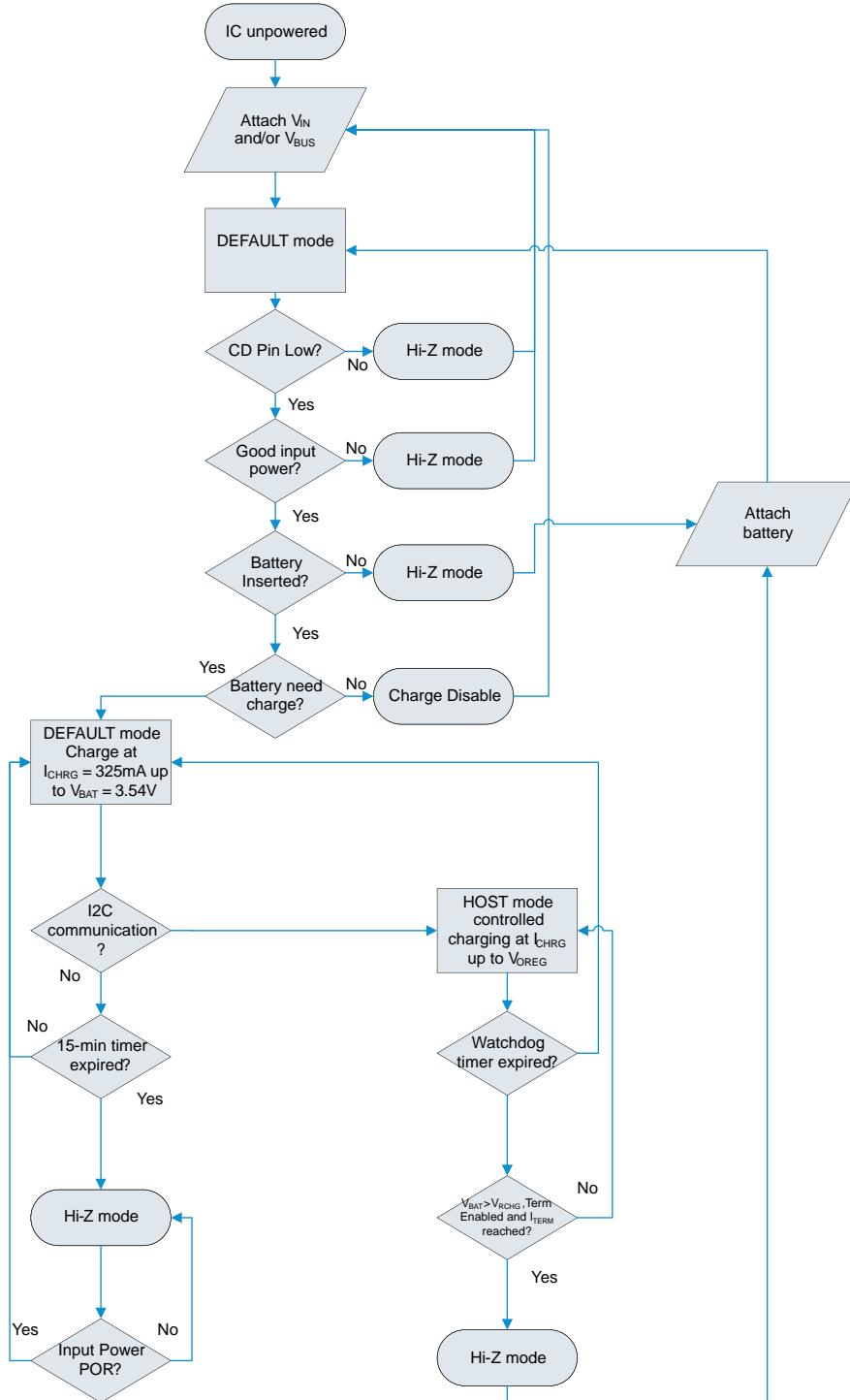


図 18. 動作フローチャート

## パワーアップ

bq24140に最初に電源が接続されると、15分間にわたって、デフォルト・モードで動作します。デフォルト・モードでは、充電電流、充電電圧、および入力電流に対して安全充電パラメータが使用されます。bq24140に対してI<sup>2</sup>C経由の書き込みイベントが完了すると、デバイスはホスト・モードに入り、ホストによって書き込まれたパラメータに従って動作します。

デフォルト・モードでの最初のパワーアップ時に、デバイスはバッテリ電圧を確認します。バッテリ電圧がV<sub>LOWV</sub>より低い場

合、デバイスはデフォルトの充電電流325mAおよびデフォルトの充電電圧3.54Vでバッテリを充電します。入力電流制限値は、使用される電源によって異なります。bq24140がVIN電源から給電される場合、入力電流制限は500mAに設定されます。デバイスがVBUS電源から給電される場合、入力電流制限はOTGピンの状態に依存します。OTGピンがLowの場合、入力電流制限は100mAに設定されます。OTGピンがHighの場合、入力電流制限は500mAに設定されます。

## 入力電源の優先順位

デフォルト・モードで2つの電源が検出された場合、bq24140はデフォルトでVINを使用して動作し、VBUS入力はハイ・インピーダンスになります。1つの電源から別の電源に切り替わる際には、10msのブランкиング時間( $t_{HANDOFF}$ )があります。次の状態遷移図にこの動作を示します(図19)。

bq24140がホスト・モードの場合、優先順位はホストによって指定されます。ホストは、制御レジスタのHZ\_MODEビットを使用して、一方の入力をハイ・インピーダンスに設定し、もう一方の入力をアクティブにします。

Input Power Source Switch Over State Diagram

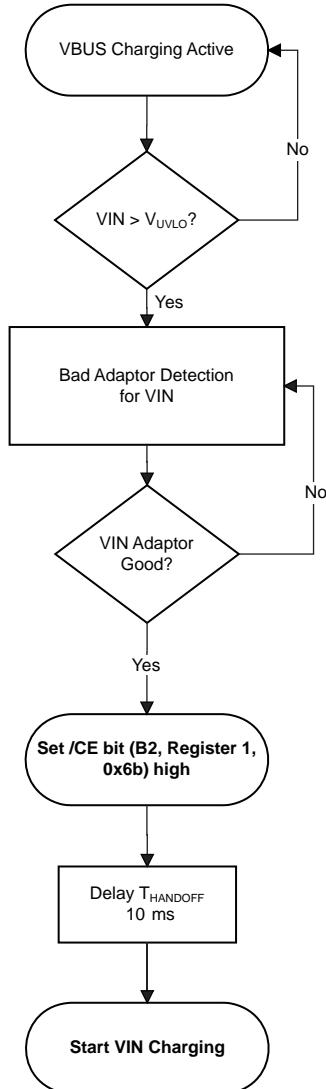


図 19. デフォルト・モードの入力電源選択

## 不適切なアダプタの検出

VBUSまたはVINのPOR時には、有効な電源ピンに30mAの電流シンクを適用することで、アダプタが適切かどうかを検出します。電源ピンの電圧が30msにわたってVIN(MIN)より高い場合、アダプタは適切であり、充電プロセスが開始されます。電源ピンの電圧がVIN(MIN)を下回ると、アダプタが不適切として検出されます。不適切なアダプタが検出されると、デバイスは電流シンクをディスエーブルにし、FAULTピンに障害パルスを送信して、不適切アダプタ・フラグを設定します(レジスタ0x00のB2-B0 = 011)。下のフローチャートに示すように、遅延時間T<sub>INT</sub>の経過後、デバイスはアダプタ検出プロセスを繰り返します。

## バッテリ検出

### 充電中のバッテリ検出

ホスト制御による通常の充電プロセス中に、VBATピンの電圧がバッテリ再充電スレッショルドV<sub>OREG-VRCH</sub>を超える場合、充電終了電流が検出された場合、デバイスはPWM充電をオフにし、放電電流I<sub>DETECT</sub>を時間t<sub>DETECT</sub>だけイネーブルにしてから、バッテリ電圧を確認します。バッテリ電圧が引き続き再充電スレッショルドより高い場合、デバイスはバッテリが存在すると判断し、充電が完了します。一方、バッテリ電圧がバッテリの再充電スレッショルドより低い場合、デバイスはバッテリが取り外されたと判断します。この状態では、(入力電流制限などの)充電パラメータがデフォルト値にリセットされ、遅延時間t<sub>INT</sub>後に充電が再開されます。この機能により、バッテリを交換したときには充電パラメータがリセットされるようになります。

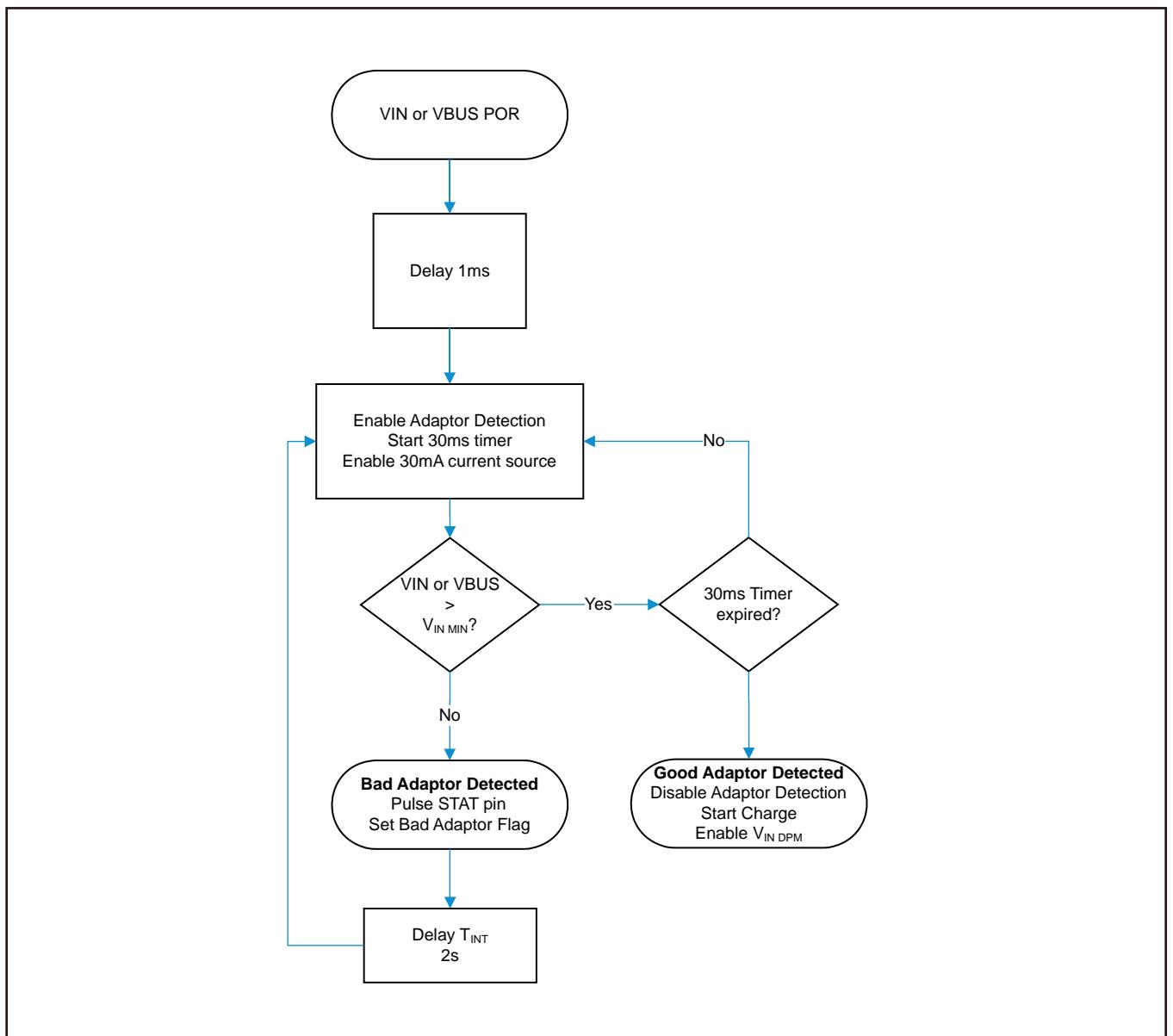


図 20. 不適切なアダプタの検出

## パワーアップ中のバッテリ検出

bq24140は、チャージャのスタートアップ中にも独自の方式でバッテリ検出を行います。パワーアップ時、タイマが15分モードの場合、bq24140は短絡モードからPWM充電モードへ遷移するときに262msのタイマを開始します。バッテリ電圧が再充電スレッショルド(VOREG-VRCH)まで充電され、262msのタイマがまだ満了していない場合、または短絡モード中にバッテリ電圧が出力OVPスレッショルドを超えている場合は、bq24140はバッテリが存在しないと判断し、充電を停止して、直ちにハイ・インピーダンス・モードになります。ただし、再充電スレッショルドに達する前に262msのタイマが満了した場合には、充電プロセスが通常どおりに続行されます。

## ハイサイドLEDドライバ

LEDピンには、ハイサイドLEDドライバが内蔵されています。このLED機能はバッテリから動作する必要があり、使用する出力電流はI<sup>2</sup>C経由でプログラミングできます。LEDピンからの出力電流は、2ビットを使用してプログラミングします。また、LED機能にはそれ以外にもプログラミング可能な設定があります。VINとVBUSの両方のチャージャ・コアで1つのLEDドライバだけが使用されるため、アドレス6AHおよび6BHでアクセスできるLEDレジスタは1つしかありません。この2つのアドレスのいずれかが書き込まれると、両方のコアに対して設定が適用されます。LEDのプログラミングのタイミングおよび電流オプションの詳細については、「レジスタ説明」を参照してください。

## ブースト・コンバータの動作

OTGモードがイネーブルのとき、bq24140は、VBUSピンに対してUSB-OTGをサポートします。この構成では、バッテリ電圧が5.05V(±3%)まで昇圧されます。ブースト・コンバータの最大出力電流は、最小650mAまで増加されます。

## ブースト・スタートアップ

インダクタの飽和を防ぎ、突入電流を制限するために、ブースト・スタートアップ中にはソフト・スタート制御が適用されます。

## 軽負荷時のPFMモード

ブースト・モードでは、デバイスがパルス・スキップ・モード(PFMモード)で動作して電力損失を低減し、軽負荷状態でのコンバータの効率を高めます。ブースト中、インダクタ電流が200mAを下回ると、PWMコンバータがオフになります。PMIDピンの電圧が標準定格出力電圧の99.5%に低下するまで、PWMは再度オンになりません。PWMモードとPFMモードの間でスムーズな遷移を行うために、独自のプリセット回路が使用されます。

## ブースト・モードの安全タイマ

ブースト動作の開始時に、デバイスは32秒のタイマを始動させます。このタイマは、ホストによってI<sup>2</sup>Cインターフェイス経由でリセットされます。制御レジスタのリセット・ビットTMR\_RSTに1を書き込むと、32秒のタイマがリセットされます。32秒のタイマがリセットされた後、TMR\_RSTは自動的に0に設定されます。32秒のタイマが満了すると、デバイスはブースト・コンバータをオフにし、STATピンから障害パルスを送出して、ステータス・レジスタの障害ステータス・ビットを設定します。障害状態は、PORまたはホスト制御によってクリアされます。

## 充電ステータス出力、STATピン

STATピンは、bq24140の動作状態を示すために使用されます。制御レジスタ(00H)のEN\_STATビットを1に設定すると、充電中にSTATがLowになります。他の状態では、STARTピンはハイ・インピーダンス(オープン・ドレイン)出力となります。障害状態では、128μsのパルスがホストに送信されます。さまざまな動作状態でのSTATのステータスを表1に示します。STATピンは、LEDの駆動またはホスト・プロセッサとの通信に使用することができます。

充電状態	STAT
充電を実行中かつ、EN_STAT = 1	Low
他の通常状態	オープン・ドレイン
充電モードの障害かつ、入力は非HiZ	128μsのパルスを送出後、オープン・ドレイン
ブースト・モードの障害かつ、入力は非HiZ	128μsのパルスを送出後、オープン・ドレイン
HiZ状態に関係なく、VIN存在ビットが変化(H→LまたはL→H)	128μsのパルスを送出後、上記状態に合わせて通常動作
HiZ状態に関係なく、VBUS存在ビットが変化(H→LまたはL→H)	128μsのパルスを送出後、上記状態に合わせて通常動作

表1. STATピンの動作

## 安全制限レジスタ

bq24140には、安全制限レジスタが内蔵され、サードパーティ・ベンダーによるアプリケーション開発が可能なデバイス(Android OSなど)に対して、安全性のレベルを高めています。安全制限レジスタの目的は、許容される最大のバッテリ・レギュレーション電圧および充電電流をプログラミングすることです。この2つのレジスタは、bq24140に他の書き込み操作を送信する前に書き込まれる必要があります。安全制限レジスタ以外のレジスタに書き込み操作が行われると、安全制限レジスタの値はロックされます。

## SLRSTピン

SLRST = 0の場合、安全制限レジスタ(06H)への書き込み操作に関係なく、bq24140はすべての安全制限をデフォルト値にリセットします。SLRST = 1の場合、他のレジスタへの書き込み操作によって安全制限値の設定がロックされるまでの間、bq24140は安全制限レジスタをプログラミングできます。

## VREG LDO

bq24140には、VIN入力への接続を示すために使用できる2.6VのLDOが内蔵されています。このLDOは、VIN入力に電源が接続されている間、常にアクティブになっています。LDOの電流制限は最大10mAまで保証されます。

## シリアル・インターフェイスの説明

I<sup>2</sup>Cは、Philips Semiconductor社によって開発された2線式シリアル・インターフェイスです([I<sup>2</sup>C-Bus Specification, Version 2.1](2000年1月)を参照)。バスは、プルアップ構造を持つデータ・ライン(SDA)とクロック・ライン(SCL)で構成されます。バスがアイドルのときは、SDAとSCLの両方がHighになります。I<sup>2</sup>C互換のデバイスはすべて、オープン・ドレインのI/OラインであるSDAおよびSCLを介してI<sup>2</sup>Cバスに接続します。マスタ・デバイス(通常はマイクロコントローラまたはデジタル信号プロセッサ)がバスを制御します。SCLの信号およびデバイス・アドレスは、マスタが生成する必要があります。また、マスタは、

データ転送の開始と停止を示す特定の条件も生成します。スレーブ・デバイスは、マスタ・デバイスの制御に従ってバス上でデータを送受信します。

デバイスはスレーブとして動作し、I<sup>2</sup>Cバス仕様で定義される標準モード(100kbps)、ファースト・モード(400kbps)、およびハイスピード・モード(書き込みモードで最大3.4Mbps)のデータ転送をサポートします。このインターフェイスはバッテリ充電ソリューションの柔軟性を高めます。ほとんどの機能は、瞬間的なアプリケーション要件に応じて新しい値にプログラミングできます。電源電圧が2.2V(標準)を上回っている間は、レジスタの内容が保持されます。I<sup>2</sup>Cは非同期であり、つまりSCLによって動作します。デバイスにはSCLに対するノイズまたはグリッチ・フィルタリングを備えていないため、SCL入力はクリーンである必要があります。したがって、SDAは、SCLがLowのときに変化させることを推奨します。

標準モードとファースト・モードのデータ転送プロトコルはまったく同じであるため、このデータシートではこれらのモードをF/Sモードと呼びます。ハイスピード・モードのプロトコルはF/Sモードとは異なり、ここではHSモードと呼びます。デバイスは7ビット・アドレッシングのみをサポートします。デバイスには、USB部に対して1101011(6BH)、AC部に対して1101010(6AH)という2つの7ビット・アドレスがあります。

## レジスタ説明

I2Cアドレス6BH (USBチャージャ) 用

### ステータス/制御レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 00、リセット状態 : x1xx 0xxx

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	TMR_RST/OTG	読み取り/書き込み	書き込み時 : TMR_RST機能、1を書き込むと安全タイマをリセット (自動クリア) 読み取り時 : OTGピンの状態、0 - OTGピンがLowレベル、1 - OTGピンがHighレベル
B6	EN_STAT	読み取り/書き込み	0 - STATピン機能をディスエーブル、1 - STATピン機能をイネーブル (デフォルト : 1)
B5	STAT2	読み取り専用	00 - 準備完了、01 - 充電実行中、10 - 充電完了、11 - 障害
B4	STAT1	読み取り専用	
B3	BOOST	読み取り専用	ブースト・モード、0 - 非ブースト・モード
B2	FAULT_3	読み取り専用	充電モード : 000 - 通常、001 - VBUS OVP、010 - スリープ・モード、011 - 不適切アダプタまたはVBUS < UVLO、100 - 出力OVP、101 - 過熱シャットダウン、110 - タイマ障害、111 - バッテリ未接続
B1	FAULT_2	読み取り専用	
B0(LSB)	FAULT_1	読み取り専用	ブースト・モード : 000 - 通常、001 - VBUS OVP、010 - 過負荷、011 - バッテリ低電圧、100 - バッテリOVP、101 - 過熱シャットダウン、110 - タイマ障害、111 - N/A

### 制御レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 01、リセット状態 : 0011 0000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	lin_Limit_2	読み取り/書き込み	00 - USBホスト (電流制限100mA)、01 - USBホスト (電流制限500mA)、10 - USBホスト/チャージャ (電流制限800mA)、11 - 入力電流制限なし (デフォルト : 00)
B6	lin_Limit_1	読み取り/書き込み	
B5	VLOWV_2 <sup>(1)</sup>	読み取り/書き込み	200mVのバッテリ低電圧スレッショルド (デフォルト : 1)
B4	VLOWV_1 <sup>(1)</sup>	読み取り/書き込み	100mVのバッテリ低電圧スレッショルド (デフォルト : 1)
B3	TE	読み取り/書き込み	1 - 充電電流の終了をイネーブル、0 - 充電電流の終了をディスエーブル (デフォルト : 0)
B2	CE	読み取り/書き込み	1 - チャージャをディスエーブル、0 - チャージャをイネーブル (デフォルト : 0)
B1	HZ_MODE	読み取り/書き込み	1 - ハイ・インピーダンス・モード、0 - 非ハイ・インピーダンス・モード (デフォルト : 0)
B0(LSB)	OPA_MODE	読み取り/書き込み	1 - ブースト・モード、0 - チャージャ・モード (デフォルト : 0)

(1) バッテリ低電圧スレッショルド (VLOWV) の範囲は3.4V~3.7V (100mVステップ) であり、オフセットは3.4Vです (デフォルト : 3.7V)。

### 制御/バッテリ電圧レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 02、リセット状態 : 0000 1010

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	V_OREG5	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 640mV (デフォルト : 0)
B6	V_OREG4	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 320mV (デフォルト : 0)
B5	V_OREG3	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 160mV (デフォルト : 0)
B4	V_OREG2	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 80mV (デフォルト : 0)
B3	V_OREG1	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 40mV (デフォルト : 1)
B2	V_OREG0	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 20mV (デフォルト : 0)
B1	OTG_PL	読み取り/書き込み	Highレベルでアクティブ、0 - Lowレベルでアクティブ (デフォルト : 1)
B0(LSB)	OTG_EN	読み取り/書き込み	OTGピンをイネーブル、0 - OTGピンをディスエーブル (デフォルト : 0)

・オフセットは3.5Vであり、充電電圧範囲は20mVステップで3.5V~4.44Vです (デフォルト : 3.54V)。

## ベンダー/製品/リビジョン・レジスタ (読み取り専用)

メモリ位置 : 03、リセット状態 : 0101 0000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	Vender2	読み取り専用	ベンダー・コード: ビット2 (デフォルト: 0)
B6	Vender1	読み取り専用	ベンダー・コード: ビット1 (デフォルト: 1)
B5	Vender0	読み取り専用	ベンダー・コード: ビット0 (デフォルト: 0)
B4	PN1	読み取り専用	10
B3	PN0	読み取り専用	
B2	Revision2	読み取り専用	000: リビジョン1.0
B1	Revision1	読み取り専用	
B0(LSB)	Revision0	読み取り専用	

## バッテリ終了電流/急速充電電流レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 04、リセット状態 : 0000 0001

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	Reset	読み取り専用	書き込み時: 1 - チャージャはリセット・モード、0 - 影響なし 読み取り時: 常に0を取得
B6	V <sub>ICHRG3</sub>	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧: 27.2mV
B5	V <sub>ICHRG2</sub>	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧: 13.6mV
B4	V <sub>ICHRG1</sub>	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧: 6.8mV
B3	V <sub>ICHRG0</sub>	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧: N/A
B2	V <sub>ITERM2</sub>	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧: 13.6mV (デフォルト: 0)
B1	V <sub>ITERM1</sub>	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧: 6.8mV (デフォルト: 0)
B0(LSB)	V <sub>ITERM0</sub>	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧: 3.4mV (デフォルト: 1)

- 充電電流センス電圧のオフセットは37.4mVであり、デフォルトの充電電流は550mAです (68mΩのセンス抵抗を使用し、LOW\_CHG = 0の場合)。
- VBUSから充電する場合、最大充電電流は1.25Aです (Rsns = 68mΩ)。  
それより高い値をプログラミングした場合は、1.25Aまたは最大安全制限充電電流が選択されます。

## 特別チャージャ電圧/イネーブル・ピン・ステータス・レジスタ

メモリ位置 : 05、リセット状態 : 001X X100

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	NA	読み取り/書き込み	N/A
B6	VBUS_PRESENT	読み取り専用	0 - VBUS未接続、1 - VBUS接続
B5	LOW_CHG	読み取り/書き込み	0 - 04Hの通常の充電電流センス電圧 1 - 22.1mVの低い充電電流センス電圧 (デフォルト: 1)
B4	DPM_STATUS	読み取り専用	0 - DPMモードが非アクティブ、1 - DPMモードがアクティブ
B3	VIN_PRESENT	読み取り専用	0 - VIN未接続、1 - VIN接続
B2	V <sub>SREG2</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧: 320mV (デフォルト: 1)
B1	V <sub>SREG1</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧: 160mV (デフォルト: 0)
B0(LSB)	V <sub>SREG0</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧: 80mV (デフォルト: 0)

- 特別チャージャ電圧のオフセットは4.2V、デフォルトの特別チャージャ電圧は4.52Vです。
- デフォルトでLOW\_CHG = 1であるため、68mΩのセンス抵抗を使用した場合、デフォルトの充電電流は325mAです。

## 安全制限レジスタ（読み取り/書き込み、リセット後に1回だけ書き込み）

メモリ位置：06、リセット状態：01000000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	V <sub>MCHRG3</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：54.4mV（デフォルト：0）
B6	V <sub>MCHRG2</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：27.2mV（デフォルト：1）
B5	V <sub>MCHRG1</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：13.6mV（デフォルト：0）
B4	V <sub>MCHRG0</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：6.8mV（デフォルト：0）
B3	V <sub>MREG3</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：160mV（デフォルト：0）
B2	V <sub>MREG2</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：80mV（デフォルト：0）
B1	V <sub>MREG1</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：40mV（デフォルト：0）
B0(LSB)	V <sub>MREG0</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：20mV（デフォルト：0）

・最大充電電流センス電圧のオフセットは550mV（デフォルトは950mA）、最大充電電流オプションは1.55Aです（68mΩのセンス抵抗を使用した場合）。

・最大バッテリ・レギュレーション電圧のオフセットは4.2V（デフォルトは4.2V）、最大バッテリ・レギュレーション電圧オプションは4.44Vです。

## LED構成レジスタ

メモリ位置：07、リセット状態：10000010

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	ILED1	読み取り/書き込み	00 - LEDオフ 01 - LED電流1.25mA 10 - LED電流2.5mA（デフォルト） 11 - LED電流5mA
B6	ILED0	読み取り/書き込み	
B5	NA	読み取り専用	0を返します。
B4	LED_CTRL	読み取り/書き込み	0 - 充電がアクティブのとき、LEDをオン（デフォルト） 1 - 充電状態に関係なくLEDをオン
B3	t_LEDON1	読み取り/書き込み	00 - LEDオン時間130ms（デフォルト） 01 - LEDオン時間260ms 10 - LEDオン時間520ms 11 - LED常時オン
B2	t_LEDON0	読み取り/書き込み	
B1	t_LEDOFF1	読み取り/書き込み	00 - LEDオフ時間390ms 01 - LEDオフ時間780ms 10 - LEDオフ時間1560ms（デフォルト） 11 - LEDオフ時間3120ms
B0(LSB)	t_LEDOFF0	読み取り/書き込み	

## I2Cアドレス6AH (ACチャージャ) 用

### ステータス/制御レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 00、リセット状態 : x1xx 0xxx

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	TMR_RST/OTG	読み取り/書き込み	書き込み時 : TMR_RST機能、1を書き込むと安全タイマをリセット（自動クリア） 読み取り時 : SLRSTピンの状態、0 - SLRSTピンがLowレベル、1 - SLRSTピンがHighレベル
B6	EN_STAT	読み取り/書き込み	0 - STATピン機能をディスエーブル、1 - STATピン機能をイネーブル（デフォルト : 1）
B5	STAT2	読み取り専用	00 - 準備完了、01 - 充電実行中、10 - 充電完了、11 - 障害
B4	STAT1	読み取り専用	
B3	NA	読み取り専用	N/A
B2	FAULT_3	読み取り専用	充電モード : 000 - 通常、001 - VBUS OVP、010 - スリープ・モード、011 - 不適切アダプタ またはVBUS < VUVLO、100 - 出力OVP、101 - 過熱シャットダウン、110 - タイマ障害、 111 - バッテリ未接続
B1	FAULT_2	読み取り専用	
B0(LSB)	FAULT_1	読み取り専用	

### 制御レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 01、リセット状態 : 0111 0000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	lin_Limit_2	読み取り/書き込み	00 - USBホスト（電流制限100mA）、01 - USBホスト（電流制限500mA）、10 - USBホスト/ チャージャ（電流制限800mA）、11 - 入力電流制限なし（デフォルト : 01）
B6	lin_Limit_1	読み取り/書き込み	
B5	VLOWV_2 <sup>(1)</sup>	読み取り/書き込み	200mVのバッテリ低電圧スレッショルド（デフォルト : 1）
B4	VLOWV_1 <sup>(1)</sup>	読み取り/書き込み	100mVのバッテリ低電圧スレッショルド（デフォルト : 1）
B3	TE	読み取り/書き込み	1 - 充電電流の終了をイネーブル、0 - 充電電流の終了をディスエーブル（デフォルト : 0）
B2	/CE	読み取り/書き込み	1 - チャージャをディスエーブル、0 - チャージャをイネーブル（デフォルト : 0）
B1	HZ_MODE	読み取り/書き込み	1 - ハイ・インピーダンス・モード、0 - 非ハイ・インピーダンス・モード（デフォルト : 0）
B0(LSB)	NA	読み取り/書き込み	N/A

(1) バッテリ低電圧スレッショルド (VLOWV) の範囲は3.4V～3.7V (100mVステップ) であり、オフセットは3.4Vです（デフォルト : 3.7V）。

### 制御/バッテリ電圧レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置 : 02、リセット状態 : 0000 1010

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	VOREG5	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 640mV（デフォルト : 0）
B6	VOREG4	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 320mV（デフォルト : 0）
B5	VOREG3	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 160mV（デフォルト : 0）
B4	VOREG2	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 80mV（デフォルト : 0）
B3	VOREG1	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 40mV（デフォルト : 1）
B2	VOREG0	読み取り/書き込み	バッテリ・レギュレーション電圧 : 20mV（デフォルト : 0）
B1	NA	読み取り/書き込み	N/A
B0(LSB)	NA	読み取り/書き込み	N/A

・オフセットは3.5Vであり、充電電圧範囲は20mVステップで3.5V～4.44Vです（デフォルト : 3.54V）。

## ベンダー/製品/リビジョン・レジスタ (読み取り専用)

メモリ位置：03、リセット状態：0100 0000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	Vender2	読み取り専用	ベンダー・コード：ビット2 (デフォルト：0)
B6	Vender1	読み取り専用	ベンダー・コード：ビット1 (デフォルト：1)
B5	Vender0	読み取り専用	ベンダー・コード：ビット0 (デフォルト：0)
B4	PN1	読み取り専用	00
B3	PN0	読み取り専用	
B2	Revision2	読み取り専用	000: リビジョン1.0
B1	Revision1	読み取り専用	
B0(LSB)	Revision0	読み取り専用	

## バッテリ終了電流/急速充電電流レジスタ (読み取り/書き込み)

メモリ位置：04、リセット状態：0000 0001

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	Reset	読み取り専用	書き込み時：1 - チャージャはリセット・モード、0 - 影響なし 読み取り時：常に0を取得
B6	VICHRG3	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧：54.4mV (デフォルト：0)
B5	VICHRG2	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧：27.2mV (デフォルト：0)
B4	VICHRG1	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧：13.6mV (デフォルト：0)
B3	VICHRG0	読み取り/書き込み	充電電流センス電圧：6.8mV (デフォルト：0)
B2	VITERM2	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧：13.6mV (デフォルト：0)
B1	VITERM1	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧：6.8mV (デフォルト：0)
B0(LSB)	VITERM0	読み取り/書き込み	終了電流センス電圧：3.4mV (デフォルト：1)

・充電電流センス電圧のオフセットは37.4mVであり、デフォルトの充電電流は550mAです(68mΩのセンス抵抗を使用し、LOW\_CHG = 0の場合)。

・VINから充電する場合、最大充電電流は1.55Aです。それより高い値をプログラミングした場合は、1.55Aまたは最大安全制限充電電流が選択されます。

## 特別チャージャ電圧/イネーブル・ピン・ステータス・レジスタ

メモリ位置：05、リセット状態：001X X100

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	NA	読み取り/書き込み	N/A
B6	VIN_PRESENT	読み取り専用	0 - VIN未接続、1 - VIN接続
B5	LOW_CHG	読み取り/書き込み	0 - 04Hの通常の充電電流センス電圧、1 - 22.1mVの低い充電電流センス電圧 (デフォルト：1)
B4	DPM_STATUS	読み取り専用	0 - DPMモードが非アクティブ、1 - DPMモードがアクティブ
B3	CD_STATUS	読み取り専用	0 - CDピンがLowレベル、1 - CDピンがHighレベル
B2	V <sub>SREG2</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧：320mV (デフォルト：1)
B1	V <sub>SREG1</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧：160mV (デフォルト：0)
B0(LSB)	V <sub>SREG0</sub>	読み取り/書き込み	特別チャージャ電圧：80mV (デフォルト：0)

・特別チャージャ電圧のオフセットは4.2V、デフォルトの特別チャージャ電圧は4.52Vです。

・デフォルトでLOW\_CHG = 1であるため、68mΩのセンス抵抗を使用した場合、デフォルトの充電電流は325mAです。

## 安全制限レジスタ（読み取り/書き込み、リセット後に1回だけ書き込み）

メモリ位置：06、リセット状態：01000000

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	V <sub>MCHRG3</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：54.4mV（デフォルト：0）
B6	V <sub>MCHRG2</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：27.2mV（デフォルト：1）
B5	V <sub>MCHRG1</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：13.6mV（デフォルト：0）
B4	V <sub>MCHRG0</sub>	読み取り/書き込み	最大充電電流センス電圧：6.8mV（デフォルト：0）
B3	V <sub>MREG3</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：160mV（デフォルト：0）
B2	V <sub>MREG2</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：80mV（デフォルト：0）
B1	V <sub>MREG1</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：40mV（デフォルト：0）
B0(LSB)	V <sub>MREG0</sub>	読み取り/書き込み	最大バッテリ・レギュレーション電圧：20mV（デフォルト：0）

- 最大充電電流センス電圧のオフセットは550mV（デフォルトは950mA）、最大充電電流オプションは1.55Aです（68mΩのセンス抵抗を使用した場合）。
- 最大バッテリ・レギュレーション電圧のオフセットは4.2V（デフォルトは4.2V）、最大バッテリ・レギュレーション電圧オプションは4.44Vです。
- メモリ位置06は、VBAT電圧がVSHORTスレッショルド（標準2.05V）を下回ったとき、またはSLRST（ピンC3）が0になったときのみ、リセットされます。
- リセット後は、他のレジスタへの書き込みによって安全制限がロックされるまでの間、バッテリ・レギュレーション電圧および充電電流の最大値を何度もプログラミングできます。メモリ位置02（バッテリ・レギュレーション電圧）およびメモリ位置04（急速充電電流）にそれより大きな値が設定されていても、ここでプログラミングした最大値が適用されます。
- ホストが安全制限レジスタよりも前に他のレジスタにアクセス（書き込みコマンド）した場合は、デフォルト値が保持されます。

## LED構成レジスタ

メモリ位置：07、リセット状態：10000010

ビット	名前	読み取り/書き込み	機能
B7(MSB)	ILED1	読み取り/書き込み	00 - LEDオフ 01 - LED電流1.25mA 10 - LED電流2.5mA（デフォルト） 11 - LED電流5mA
B6	ILED0	読み取り/書き込み	
B5	NA	読み取り専用	0を返します。
B4	LED_CTRL	読み取り/書き込み	0 - 充電がアクティブのとき、LEDをオン（デフォルト） 1 - 充電状態に関係なくLEDをオン
B3	t_LED <sub>ON1</sub>	読み取り/書き込み	00 - LEDオン時間13ms（デフォルト） 01 - LEDオン時間260ms 10 - LEDオン時間520ms 11 - LED常時オン
B2	t_LED <sub>ON0</sub>	読み取り/書き込み	
B1	t_LED <sub>OFF1</sub>	読み取り/書き込み	00 - LEDオフ時間390ms 01 - LEDオフ時間780ms 10 - LEDオフ時間1560ms（デフォルト） 11 - LEDオフ時間3120ms
B0(LSB)	t_LED <sub>OFF0</sub>	読み取り/書き込み	

# アプリケーション情報

## 充電電流センス抵抗の選択ガイドライン

終了電流範囲および充電電流範囲は、ともにセンス抵抗( $R_{SNS}$ )によって決まります。終了電流のステップ( $I_{O(TERM\_STEP)}$ )は、式(1)を使って計算できます。

$$I_{O(TERM\_STEP)} = \frac{V_{I(TERM0)}}{R_{(SNS)}} \quad (1)$$

表2に、3つのセンス抵抗に対する終了電流設定を示します。

充電電流のステップ( $I_{O(CHARGE\_STEP)}$ )は、式(2)で計算します。

$$I_{O(CHARGE\_STEP)} = \frac{V_{I(CHRG0)}}{R_{(SNS)}} \quad (2)$$

表3に、3つのセンス抵抗に対する充電電流設定を示します。

## 出力インダクタおよびコンデンサの選択ガイドライン

このICは、内部ループ補償を備えています。この内部ループ補償により、LC共振周波数( $f_o$ )が約40kHz(20kHz~80kHz)のときに最高の安定性が得られます。出力インダクタ $L_{OUT}$ および出力コンデンサ $C_{OUT}$ の値は、式(3)を使用して計算できます。

$$f_o = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L_{OUT} \times C_{OUT}}} \quad (3)$$

ビット	$V_{I(TERM)}$ (mV)	$I_{I(TERM)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 55m\Omega$	$I_{I(TERM)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 68m\Omega$	$I_{I(TERM)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 100m\Omega$
$V_{I(TERM2)}$	13.6	247	200	136
$V_{I(TERM1)}$	6.8	124	100	68
$V_{I(TERM0)}$	3.4	62	50	34
オフセット	3.4	62	50	34

表2. 55mΩ、68mΩ、100mΩのセンス抵抗に対する終了電流設定

ビット	$V_{I(REQ)}$ (mV)	$I_{O(CHARGE)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 55m\Omega$	$I_{O(CHARGE)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 68m\Omega$	$I_{O(CHARGE)} (mA)$ $R_{(SNS)} = 100m\Omega$
$V_{I(CHRG3)}$	54.4	989	800	544
$V_{I(CHRG2)}$	27.2	495	400	272
$V_{I(CHRG1)}$	13.6	247	200	136
$V_{I(CHRG0)}$	6.8	124	100	68
オフセット	37.4	680	550	374

表3. 55mΩ、68mΩ、100mΩのセンス抵抗に対する充電電流設定

出力電圧リップルを低減するには、 $C_{OUT}$ として4.7μF~47μFのセラミック・コンデンサの使用を推奨します。部品の選択については、アプリケーションのセクションを参照してください。

## 電源トポロジ

### センス抵抗の後にシステム負荷

より単純な高効率トポロジの1つでは、図21に示すように、システム負荷を直接バッテリ・パックに接続します。入力電圧は、高い効率で、使用可能なシステム電圧に変換されています。入力電源がオンのときは、システム負荷への給電とバッテリ・パックの充電が同時に行われます。入力電源がオフのときは、バッテリ・パックから直接システムに給電されます。

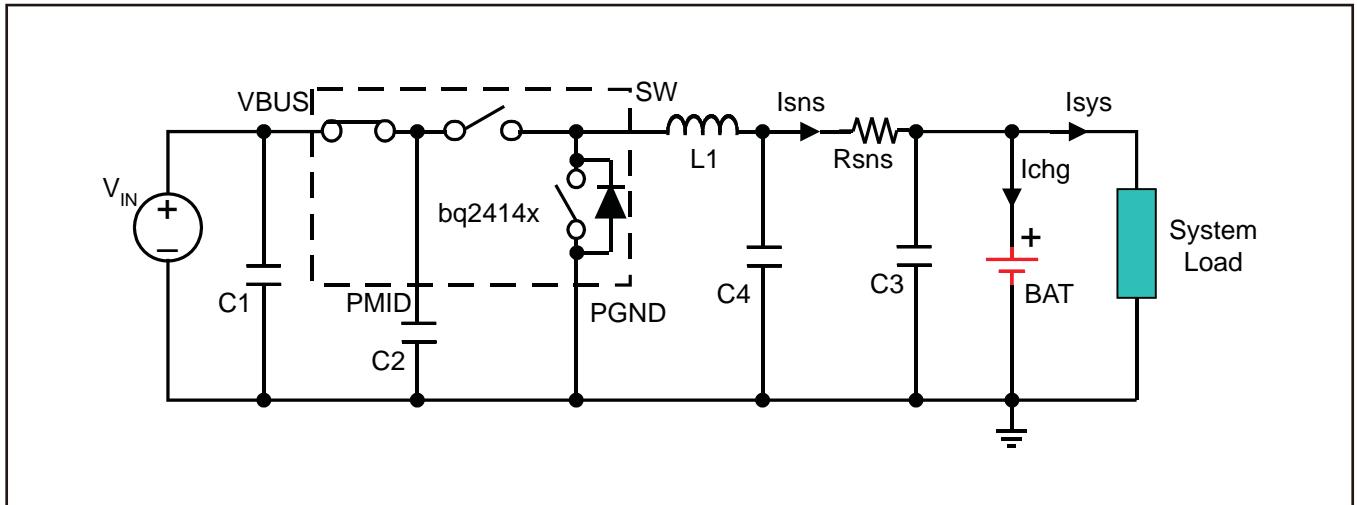


図 21. センス抵抗の後にシステム負荷

#### 利点：

- ACアダプタが接続されていない場合、バッテリ・パックからシステムに対して、最小の消費電力で電源が供給されます。その結果、システムがバッテリ・パックで動作する時間を最大限に延長できます。
- 外部バス選択部品の数が減り、低コストのソリューションを構築できます。
- 動的電源管理(DPM)を実現できます。充電電流値を設定することで、充電電流とシステム電流の合計を任意の値に制限できます。システム電流が増加すると、充電電流がその分だけ減少します。結果として、システム負荷要求が過大になっても過電流や過熱の問題が生じません。
- 入力電流値を設定することで、合計入力電流を任意の値に制限できます。USB仕様を容易に満足できます。
- システム電圧の変動範囲を最小限に抑えることができます。
- ICの汎用ソフト・スタート機能を使って入力電流ソフト・スタートを実現できます。

#### 設計上の考慮事項と潜在的な問題点：

- システムが常に高い電流(ただしレギュレーション電流よりは低い)を要求する場合、バッテリの充電が終了しません。したがって、バッテリが常に充電されているため、バッテリの寿命が短くなります。
- 合計電流レギュレーション・スレッショルドが固定され、システムが常にある程度の電流を必要とするため、バッテリがフル充電レートで充電されず、充電時間が長くなる可能性があります。
- チャージャの終了後にシステム負荷電流が大きい場合、バッテリ・インピーダンスとIRによる電圧降下により、バッテリ電圧がリフレッシュ・スレッショルドを下回り、新しい充電サイクルが開始される可能性があります。その後、チャージャは充電電流が低いために終了します。した

がって、チャージャは充電と終了を繰り返します。負荷が小さい場合、バッテリはリフレッシュ・スレッショルドになるまで放電する必要があるため、繰り返しサイクルはずっと遅くなります。

- センスされたバッテリ電圧が2Vの短絡保護スレッショルドより低い場合、チャージャ・システムでは、充電電流が標準で約30mAに制限されます。その結果、システム・バスでの電力能力が低下します。外部電源が接続され、バッテリが深放電状態で、短絡保護スレッショルドを下回っている場合、充電電流は短絡電流制限にクランプされます。これが、パワーアップ・フェーズ中にシステムに供給される電流となります。ほとんどのシステムはそのような制限された電源電流では機能できず、システムに必要な追加の電力がバッテリによって補助されます。バッテリ・パックは既に消耗状態にあるため、さらに放電されるとバッテリのプロテクタがオープンになり、システムがシャットダウンされます。
- バッテリが短絡スレッショルドを下回っていて、システムに必要なバイアス電流バジェットが短絡電流制限よりも低い場合は、最終機器は動作可能ですが、バッテリ・パックの充電用に残された電流の大きさによっては、充電プロセスに影響が出る可能性があります。極端な状況では、システム電流が短絡電流レベルに近く、バッテリは適切なタイミングで急速充電領域に到達できない場合があります。その結果、安全タイマによってバッテリ・パックが故障と判断され、充電プロセスが終了します。安全タイマはディスエーブルにできないため、アプリケーションを実現可能にするには、挿入されたバッテリ・パックを大きく消耗させないようにする必要があります。
- バッテリ・パック電圧が低すぎるか、大きく消耗、完全に動作不能、または短絡している場合には、システム電圧がバッテリによってクランプされ、入力電源がオンの場合でも動作できません。

## センス抵抗の前にシステム負荷

2番目の回路は、最初の回路と似ていますが、図22のように、システム負荷をセンス抵抗の前に接続する点が異なります。

システム負荷をセンス抵抗の後に接続する場合と比較した、センス抵抗の前に接続する場合の利点：

1. チャージャ・コントローラが、電流センス抵抗を流れる電流のみに基づきます。したがって、定電流急速充電および終了機能が、システム負荷の影響を受けずに動作します。これが、システム負荷をセンス抵抗の前に接続する最も大きな利点です。
2. 消耗したバッテリ・パックをチャージャに接続しても、高いシステム負荷によって安全タイマが満了するリスクがありません。
3. チャージャは終了機能をディスエーブルにし、コンバータを連続稼動してバッテリをフル充電に保つことができます。または、バッテリがフルになったらスイッチング回路を終了させ、センス抵抗を介してバッテリから動作させることもできます。

設計上の考慮事項と潜在的な問題点：

1. 合計電流は、充電電流設定によってではなく、ICの入力電流制限、またはピーク電流保護によって制限されます。入力電流制限に達するまでの間は、システム電流負荷が増加しても充電電流は減少しません。このソリューションは、システムで高電流が必要な場合には推奨しません。
2. センス抵抗を通してシステムに放電すると、効率が低下します。
3. 熱レギュレーションがありません。したがって、システムの設計で、通常動作中にICの最大接合部温度が125°Cを超えないよう配慮する必要があります。

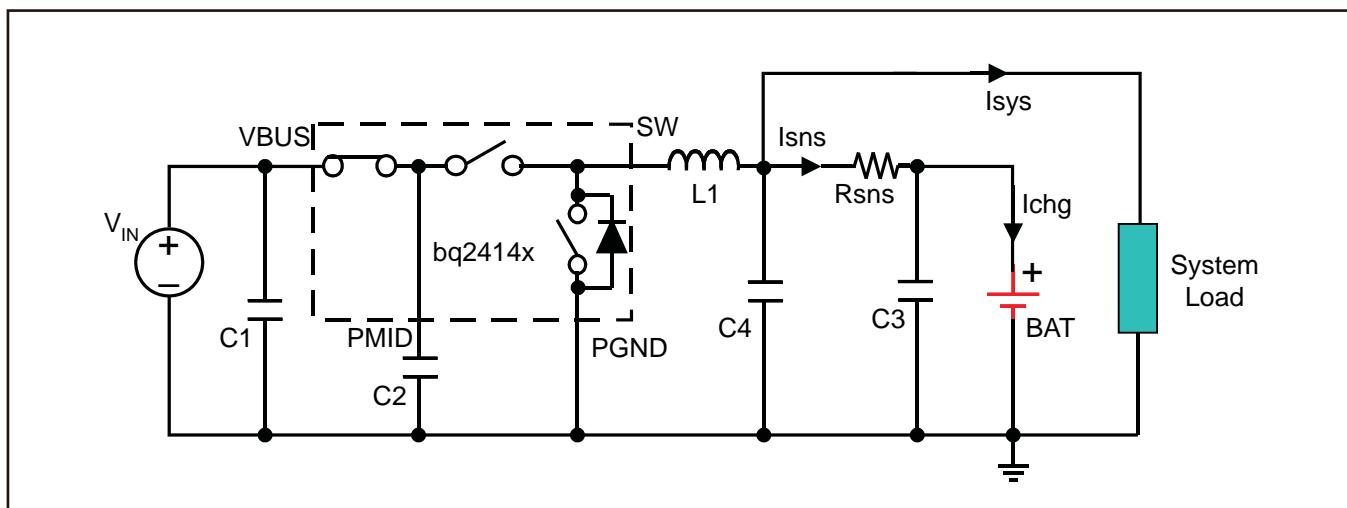


図 22. センス抵抗の前にシステム負荷

## 標準アプリケーション回路の設計例

システム設計仕様：

- VBUS = 5V
- VBAT = 4.2V(1セル)
- I<sub>(charge)</sub> = 1.25A
- インダクタのリップル電流 = 急速充電電流の30%

1. 指定された充電電流リップルに対して、インダクタ値( $L_{OUT}$ )を決定します。

$$L_{OUT} = \frac{VBAT \times (VBUS - VBAT)}{VBUS \times f \times \Delta I_L}$$

ワースト・ケースは、バッテリ電圧が入力電圧の1/2に近い場合です。

$$L_{OUT} = \frac{2.5 \times (5 - 2.5)}{5 \times (3 \times 10^6) \times 1.25 \times 0.3}$$

$$L_{OUT} = 1.11 \mu\text{H}$$
(4)

出力インダクタとして標準の1μHを選択します。1μHのインダクタを使用する場合の合計リップル電流を計算します。

$$\Delta I_L = \frac{VBAT \times (VBUS - VBAT)}{VBUS \times f \times L_{OUT}}$$
(5)

$$\Delta I_L = \frac{2.5 \times (5 - 2.5)}{5 \times (3 \times 10^6) \times (1 \times 10^{-6})}$$

$$\Delta I_L = 0.42 \text{ A}$$
(6)

最大出力電流を計算します。

$$I_{LPK} = I_{OUT} + \frac{\Delta I_L}{2}$$
(7)

$$I_{LPK} = 1.25 + \frac{0.42}{2}$$

$$I_{LPK} = 1.46 \text{ A}$$
(8)

2.5mm × 2mmの1μH/1.5A表面実装多層インダクタを選択します。推奨されるインダクタの部品番号を次に示します。

2. 共振周波数として40kHzを使用して、出力コンデンサ値( $C_{OUT}$ )を決定します。

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \times \sqrt{L_{OUT} \times C_{OUT}}}$$
(9)

$$C_{OUT} = \frac{1}{4\pi^2 \times f_0^2 \times L_{OUT}}$$
(10)

$$C_{OUT} = \frac{1}{4\pi^2 \times (40 \times 10^3)^2 \times (1 \times 10^{-6})}$$
(11)

$$C_{OUT} = 15.8 \mu\text{F}$$
(11)

2個の0603 X5R 6.3V 10μFセラミック・コンデンサを並列で使用します(例：Murata GRM188R60J106M)。

3. 次の式を使ってセンス抵抗を決定します。

$$R_{(SNS)} = \frac{V_{(RSNS)}}{I_{(CHARGE)}}$$
(12)

センス抵抗にかかる最大センス電圧は85mVです。より優れた電流レギュレーション精度を得るために、 $V_{(RSNS)}$ は85mVとし、センス抵抗の値を計算します。

$$R_{(SNS)} = \frac{85\text{mV}}{1.25\text{A}}$$

$$R_{(SNS)} = 68 \text{ m}\Omega$$
(13)

これは標準値です。標準値でない場合は、最も近い値を選択し、実際の充電電流を計算します。センス抵抗での消費電力を計算します。

$$P_{(RSNS)} = I_{(CHARGE)}^2 \times R_{(SNS)}$$

$$P_{(RSNS)} = 1.25^2 \times 0.068$$

$$P_{(RSNS)} = 0.106 \text{ W}$$

0402 0.125W 68mΩ 2%センス抵抗を選択します  
(例：Panasonic ERJ2BWGR068)。

部品番号	インダクタンス	サイズ	メーカー
LQM2HPN1R0MJ0	1 μH	2.5 x 2.0 mm	Murata
MIPS2520D1R0	1 μH	2.5 x 2.0 mm	FDK
MDT2520-CN1R0M	1 μH	2.5 x 2.0 mm	TOKO
CP1008	1 μH	2.5 x 2.0 mm	Inter-Technical

表 4. インダクタの部品番号

# パッケージ情報

## 製品情報

Orderable Device	Status <sup>(1)</sup>	Package Type	Package Drawing	Pins	Package Qty	Eco Plan <sup>(2)</sup>	Lead/Ball Finish	MSL Peak Temp <sup>(3)</sup>	Samples (Requires Login)
BQ24140YFFR	ACTIVE	DSBGA	YFF	30	3000	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	
BQ24140YFFT	ACTIVE	DSBGA	YFF	30	250	Green (RoHS & no Sb/Br)	SNAGCU	Level-1-260C-UNLIM	

<sup>(1)</sup> マーケティング・ステータスは次のように定義されています。

ACTIVE: 製品デバイスが新規設計用に推奨されています。

LIFEBUY: TIによりデバイスの生産中止予定が発表され、ライフタイム購入期間が有効です。

NRND: 新規設計用に推奨されていません。デバイスは既存の顧客をサポートするために生産されていますが、TIでは新規設計にこの部品を使用することを推奨していません。

PREVIEW: デバイスは発表済みですが、まだ生産が開始されていません。サンプルが提供される場合と、提供されない場合があります。

OBSOLETE: TIによりデバイスの生産が中止されました。

<sup>(2)</sup> エコ・プラン - 環境に配慮した製品分類プランであり、Pb-Free(RoHS)、Pb-Free(RoHS Expert) およびGreen(RoHS & no Sb/Br) があります。最新情報および製品内容の詳細については、<http://www.ti.com/productcontent>でご確認ください。

TBD: Pb-Free/Green変換プランが策定されていません。

Pb-Free(RoHS): TIにおける“Lead-Free”または“Pb-Free”(鉛フリー)は、6つの物質すべてに対して現在のRoHS要件を満たしている半導体製品を意味します。これには、同種の材質内で鉛の重量が0.1%を超えないという要件も含まれます。高温で半田付けするように設計されている場合、TIの鉛フリー製品は指定された鉛フリー・プロセスでの使用に適しています。

Pb-Free(RoHS Exempt): この部品は、1)ダイとパッケージの間に鉛ベースの半田バンプ使用、または2)ダイとリードフレーム間に鉛ベースの接着剤を使用、が除外されています。それ以外は上記の様にPb-Free(RoHS)と考えられます。

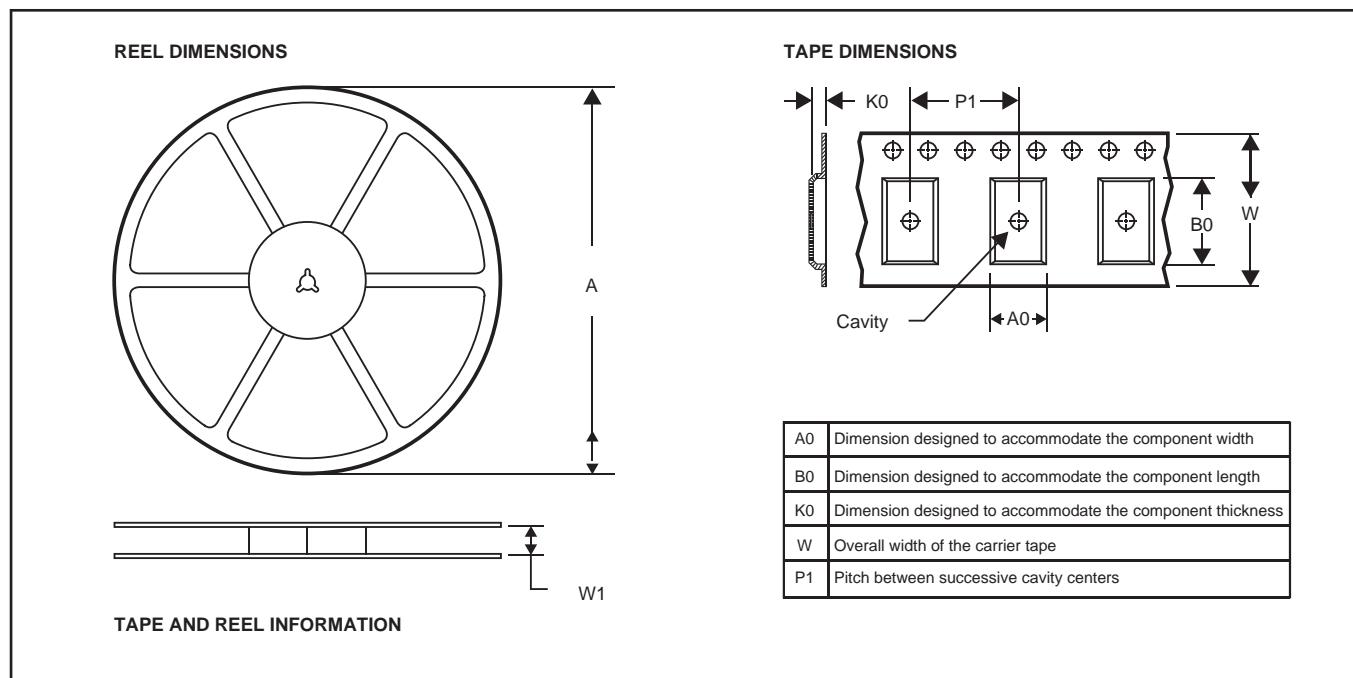
Green(RoHS & no Sb/Br): TIにおける“Green”は、“Pb-Free”(RoHS互換)に加えて、臭素(Br)およびアンチモン(Sb)をベースとした難燃材を含まない(均質な材質中のBrまたはSb重量が0.1%を超えない)ことを意味しています。

<sup>(3)</sup> MSL、ピーク温度 -- JEDEC業界標準分類に従った耐湿性レベル、およびピーク半田温度です。

重要な情報および免責事項: このページに記載された情報は、記載された日付時点でのTIの知識および見解を表しています。TIの知識および見解は、第三者によって提供された情報に基づいており、そのような情報の正確性について何らの表明および保証も行うものではありません。第三者からの情報をより良く統合するための努力は続けております。TIでは、事実を適切に表す正確な情報を提供すべく妥当な手順を踏み、引き続きそれを継続してゆきますが、受け入れる部材および化学物質に対して破壊試験や化学分析は実行していない場合があります。TIおよびTI製品の供給者は、特定の情報を機密情報として扱っているため、CAS番号やその他の制限された情報が公開されない場合があります。

TIは、いかなる場合においても、かかる情報により発生した損害について、TIがお客様に1年間に販売した本書記載の問題となった TIパーツの購入価格の合計金額を超える責任は負いかねます。

パッケージ・マテリアル情報  
テープおよびリール・ボックス情報

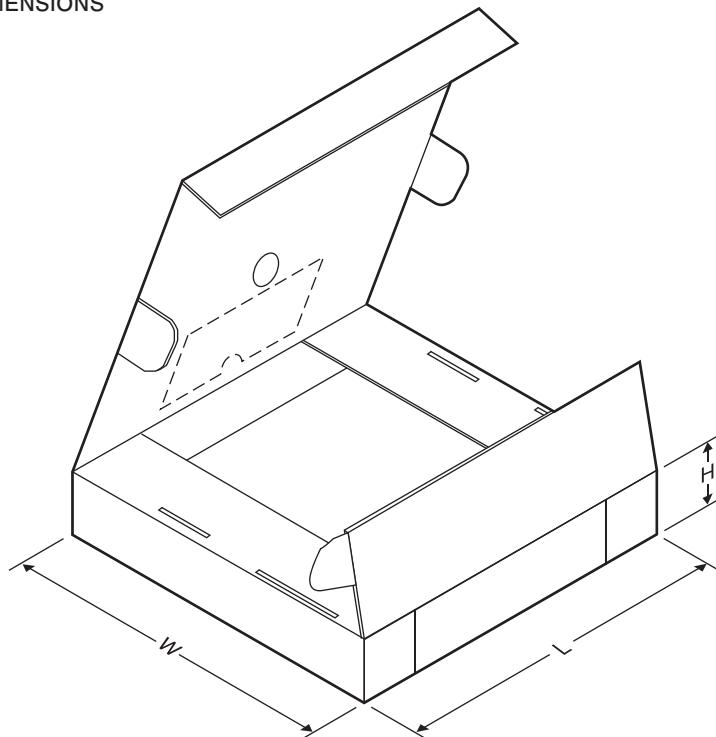


\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1(mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
BQ24140YFFR	DSBGA	YFF	30	3000	180.0	8.4	2.4	2.7	0.69	4.0	8.0	Q1
BQ24140YFFT	DSBGA	YFF	30	250	180.0	8.4	2.4	2.7	0.69	4.0	8.0	Q1

## パッケージ・マテリアル情報

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



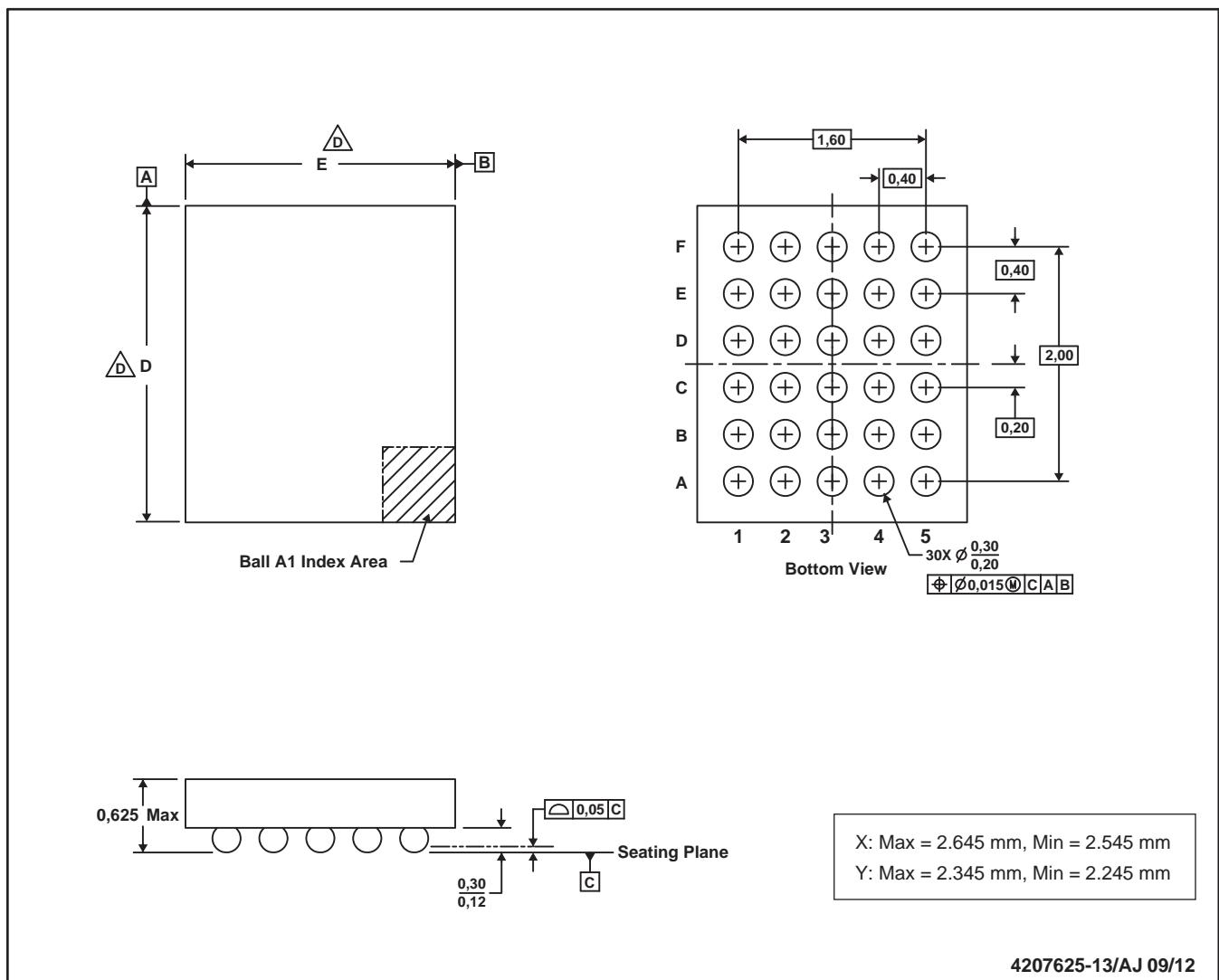
\*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
BQ24140YFFR	DSBGA	YFF	30	3000	210.0	185.0	35.0
BQ24140YFFT	DSBGA	YFF	30	250	210.0	185.0	35.0

# メカニカル・データ

YFF (R-XBGA-N30)

DIE-SIZE BALL GRID ARRAY



注 : A. 全ての線寸法の単位はミリメートルです。

B. 図は予告なく変更することがあります。

C. NanoFree™パッケージ構成です。

△ このパッケージ構成(デバイスの寸法Dと寸法E)は特定デバイスの正確なパッケージ寸法を見出すには、  
そのデバイスのデータシートを参照するか、またはTIの代理店にお問い合わせください。

E. ボールの配列については製品のデータシートを参照してください。7 × 7のマトリクスのみ図示しています。

F. このパッケージには鉛フリーのボールが含まれています。

(SLUSA05)

## 重要なお知らせと免責事項

テキサス・インスツルメンツは、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の默示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または默示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、テキサス・インスツルメンツ製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1)お客様のアプリケーションに適したテキサス・インスツルメンツ製品の選定、(2)お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3)お客様のアプリケーションに該当する各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、規制、または他の要件への確実な適合に関する責任を、お客様のみが単独で負うものとします。

上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されているテキサス・インスツルメンツ製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、テキサス・インスツルメンツはその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。テキサス・インスツルメンツや第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、テキサス・インスツルメンツおよびその代理人を完全に補償するものとし、テキサス・インスツルメンツは一切の責任を拒否します。

テキサス・インスツルメンツの製品は、[テキサス・インスツルメンツの販売条件](#)、または [ti.com](http://ti.com) やかかるテキサス・インスツルメンツ製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。テキサス・インスツルメンツがこれらのリソースを提供することは、適用されるテキサス・インスツルメンツの保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案した場合でも、テキサス・インスツルメンツはそれらに異議を唱え、拒否します。

郵送先住所 : Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265  
Copyright © 2025, Texas Instruments Incorporated