

# 300mA同期整流式降圧コンバータ 搭載の500mAスタンドアローン リチウムイオン・チャージャ

## 特長

- 降圧コンバータを搭載した完全なリニア・バッテリーチャージャ
- バッテリーチャージャ:  
■ サーマル・フィードバックによって過熱の恐れなく最大充電レートを実現する定電流/定電圧動作
- 終了用4.5時間安全タイマを内蔵
- 5%精度でプログラム可能な充電電流: 最大500mA
- C/10充電電流検出出力
- シャットダウン時の消費電流: 5 $\mu$ A
- スイッチング・レギュレータ:  
■ 高効率の同期整流式降圧コンバータ
- 出力電流: 300mA
- 入力電圧範囲: 2.7V~4.5V (BATピンから電力供給)
- 出力電圧範囲: 0.8V~V<sub>BAT</sub>
- MODEピンにより、固定周波数 (2.25MHz) PWMモード動作またはI<sub>CC</sub>の低い (23 $\mu$ A) Burst Mode<sup>®</sup>動作を選択
- シャットダウン時のBAT電流: 2 $\mu$ A

## アプリケーション

- ワイヤレスヘッドセット
- Bluetoothアプリケーション
- 携帯用MP3プレーヤ
- 多機能腕時計

## 概要

LTC4080は300mA同期整流式降圧コンバータを搭載した、1セル4.2Vリチウムイオン・バッテリー向けの完全な定電流/定電圧リニア・バッテリーチャージャです。LTC4080は小型パッケージに入っており、外部部品点数が少ないので、特に携帯用アプリケーションに適しています。また、LTC4080はUSB電源仕様の範囲内で動作するように特別に設計されています。

CHRGピンは、充電電流が設定値の10分の1まで減少したこと (C/10) を知らせます。内蔵の4.5時間タイマにより、充電サイクルが終了します。多機能のLTC4080バッテリーチャージャは、トリクル充電、自動再充電、(突入電流を制限するための) ソフトスタートなどの機能も搭載しています。

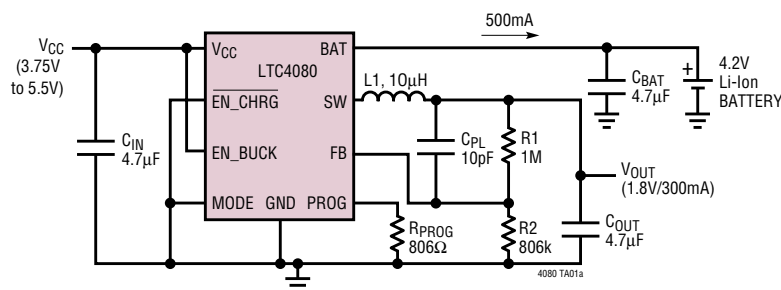
LTC4080はBATピンから電力供給される同期整流式降圧コンバータを搭載しています。降圧コンバータは出力電圧を調整可能で、最大300mAの負荷電流を供給できます。また、降圧コンバータは、MODEピンで選択できる低電流で高効率のBurst Mode動作を特長としています。

LTC4080は高さの低い (0.75mm) 3mm $\times$ 3mm 10ピンDFNパッケージとMSOP露出パッド付きパッケージで供給されます。

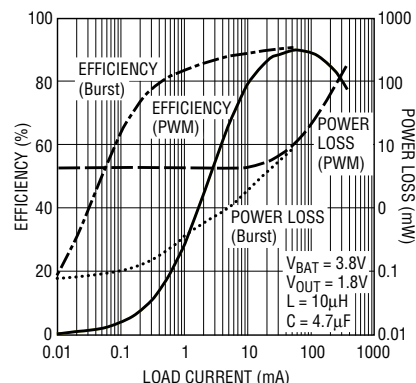
**LT**、**LT**、**LTC**、**LTM**およびBurst Modeはリニアテクノロジー社の登録商標です。他のすべての商標はそれぞれの所有者に所有権があります。6522118を含む米国特許によって保護されています。

## 標準的応用例

1.8V降圧レギュレータ付きリチウムイオン・チャージャ



降圧効率と負荷電流  
(V<sub>OUT</sub> = 1.8V)



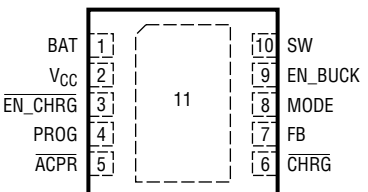
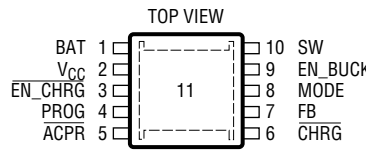
# LTC4080

## 絶対最大定格 (Note 1)

$V_{CC}$ ,  $t < 1\text{ms}$ およびデューティ・サイクル  $< 1\%$  .....  $-0.3\text{V} \sim 7\text{V}$   
 $V_{CC}$ の定常状態 .....  $-0.3\text{V} \sim 6\text{V}$   
 $BAT$ ,  $\overline{CHRG}$  .....  $-0.3\text{V} \sim 6\text{V}$   
 $EN\_CHRG$ ,  $PROG$ ,  $ACPR$  .....  $-0.3\text{V} \sim (V_{CC} + 0.3\text{V})$   
 $MODE$ ,  $EN\_BUCK$  .....  $-0.3\text{V} \sim (V_{BAT} + 0.3\text{V})$   
 $FB$  .....  $-0.3\text{V} \sim 2\text{V}$   
 $BAT$ 短絡時間 ..... 連続

$BAT$ ピン電流 .....  $800\text{mA}$   
 $PROG$ ピン電流 .....  $2\text{mA}$   
接合部温度 .....  $125^\circ\text{C}$   
動作温度範囲 (Note 2) .....  $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$   
保存温度範囲 .....  $-65^\circ\text{C} \sim 125^\circ\text{C}$   
リード温度 (MSE、半田付け、10秒) .....  $300^\circ\text{C}$

## パッケージ/発注情報

<p>TOP VIEW</p>  <p>DD PACKAGE 10-LEAD (3mm × 3mm) PLASTIC DFN <math>T_{JMAX} = 110^\circ\text{C}</math>, <math>\theta_{JA} = 43^\circ\text{C/W}</math> (NOTE 3) EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB</p>		<p>TOP VIEW</p>  <p>MSE PACKAGE 10-LEAD PLASTIC MSOP <math>T_{JMAX} = 125^\circ\text{C}</math>, <math>\theta_{JA} = 40^\circ\text{C/W}</math> EXPOSED PAD (PIN 11) IS GND, MUST BE SOLDERED TO PCB</p>	
ORDER PART NUMBER	DD PART MARKING	ORDER PART NUMBER	MSE PART MARKING
LTC4080EDD	LBXD	LTC4080EMSE	LTCQH
<p><b>Order Options</b> Tape and Reel: Add #TR Lead Free: Add #PBF Lead Free Tape and Reel: Add #TRPBF Lead Free Part Marking: <a href="http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/">http://www.linear-tech.co.jp/leadfree/</a></p>			

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

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $V_{EN\_CHRG} = 0\text{V}$ 、 $V_{EN\_BUCK} = V_{BAT}$ 、 $V_{MODE} = 0\text{V}$ での値。  
(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
V <sub>CC</sub>	Supply Voltage	(Note 4)	●	3.75	5	5.5	V
V <sub>BAT</sub>	Input Voltage for the Switching Regulator	(Note 5)	●	2.7	3.8	4.5	V
I <sub>CC</sub>	Quiescent Supply Current (Charger On, Switching Regulator Off)	V <sub>BAT</sub> = 4.5V (Forces I <sub>BAT</sub> and I <sub>PROG</sub> = 0), V <sub>EN_BUCK</sub> = 0	●		110	300	μA
I <sub>CC_SD</sub>	Supply Current in Shutdown (Both Battery Charger and Switching Regulator Off)	V <sub>EN_CHRG</sub> = 5V, V <sub>EN_BUCK</sub> = 0, V <sub>CC</sub> > V <sub>BAT</sub> V <sub>EN_CHRG</sub> = 4V, V <sub>EN_BUCK</sub> = 0, V <sub>CC</sub> (3.5V) < V <sub>BAT</sub> (4V)	●		3.9 2	10	μA μA
I <sub>BAT_SD</sub>	Battery Current in Shutdown (Both Battery Charger and Switching Regulator Off)	V <sub>EN_CHRG</sub> = 5V, V <sub>EN_BUCK</sub> = 0, V <sub>CC</sub> > V <sub>BAT</sub> V <sub>EN_CHRG</sub> = 4V, V <sub>EN_BUCK</sub> = 0, V <sub>CC</sub> (3.5V) < V <sub>BAT</sub> (4V)	●		0.6 2	5	μA μA

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $V_{EN\_CHRG} = 0\text{V}$ 、 $V_{EN\_BUCK} = V_{BAT}$ 、 $V_{MODE} = 0\text{V}$ での値。  
(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
<b>バッテリーチャージャ</b>						
$V_{FLOAT}$	$V_{BAT}$ Regulated Output Voltage	$I_{BAT} = 2\text{mA}$ $I_{BAT} = 2\text{mA}$ , $4.3\text{V} < V_{CC} < 5.5\text{V}$	● 4.179 4.158	4.2 4.2	4.221 4.242	V V
$I_{BAT}$	Current Mode Charge Current	$R_{PROG} = 4\text{k}$ ; Current Mode; $V_{EN\_BUCK} = 0$ $R_{PROG} = 0.8\text{k}$ ; Current Mode; $V_{EN\_BUCK} = 0$	● 90 ● 475	100 500	110 525	mA mA
$V_{UVLO\_CHRG}$	$V_{CC}$ Undervoltage Lockout Voltage	$V_{CC}$ Rising $V_{CC}$ Falling	● 3.5 ● 2.8	3.6 3.0	3.7 3.2	V V
$V_{PROG}$	PROG Pin Servo Voltage	$0.8\text{k} \leq R_{PROG} \leq 4\text{k}$	● 0.98	1.0	1.02	V
$V_{ASD}$	Automatic Shutdown Threshold Voltage	$(V_{CC} - V_{BAT})$ , $V_{CC}$ Low to High $(V_{CC} - V_{BAT})$ , $V_{CC}$ High to Low	60 15	82 32	100 45	mV mV
$t_{SS\_CHRG}$	Battery Charger Soft-Start Time			180		$\mu\text{s}$
$I_{TRKL}$	Trickle Charge Current	$V_{BAT} = 2\text{V}$ , $R_{PROG} = 0.8\text{k}$		35 50	65	mA
$V_{TRKL}$	Trickle Charge Threshold Voltage	$V_{BAT}$ Rising	● 2.75	2.9	3.05	V
$V_{TRHYS}$	Trickle Charge Threshold Voltage Hysteresis		100	150	350	mV
$\Delta V_{RECHRG}$	Recharge Battery Threshold Voltage	$V_{FLOAT} - V_{BAT}$ , $0^\circ\text{C} < T_A < 85^\circ\text{C}$		70 100	130	mV
$\Delta V_{UVCL1}$ , $\Delta V_{UVCL2}$	$(V_{CC} - V_{BAT})$ Undervoltage Current Limit Threshold Voltage	$I_{BAT} = 0.9 I_{CHG}$ $I_{BAT} = 0.1 I_{CHG}$		180 90	300 130	mV mV
$t_{TIMER}$	Termination Timer		● 3	4.5	6	hrs
	Recharge Time		● 1.5	2.25	3	hrs
	Low-Battery Charge Time	$V_{BAT} = 2.5\text{V}$	● 0.75	1.125	1.5	hrs
$I_{C/10}$	End of Charge Indication Current Level	$R_{PROG} = 2\text{k}$ (Note 6)	● 0.085	0.1	0.115	mA/mA
$T_{LIM}$	Junction Temperature in Constant-Temperature Mode			115		$^\circ\text{C}$
$R_{ON\_CHRG}$	Power FET On-Resistance (Between $V_{CC}$ and BAT)	$I_{BAT} = 350\text{mA}$ , $V_{CC} = 4\text{V}$		750		$\text{m}\Omega$
$f_{BADBAT}$	Defective Battery Detection CHRG Pulse Frequency			2		Hz
$D_{BADBAT}$	Defective Battery Detection CHRG Pulse Frequency Duty Ratio			75		%
<b>降圧コンバータ</b>						
$V_{FB}$	FB Servo Voltage		● 0.78	0.80	0.82	V
$I_{FB}$	FB Pin Input Current	$V_{FB} = 0.85\text{V}$		-50	50	nA
$f_{OSC}$	Switching Frequency		● 1.8	2.25	2.75	MHz
$I_{BAT\_NL\_CF}$	No-Load Battery Current (Continuous Frequency Mode)	No-Load for Regulator, $V_{EN\_CHRG} = 5\text{V}$ , $L = 10\mu\text{H}$ , $C = 4.7\mu\text{F}$		1.9		mA
$I_{BAT\_NL\_BM}$	No-Load Battery Current (Burst Mode Operation)	No-Load for Regulator, $V_{EN\_CHRG} = 5\text{V}$ , $\text{MODE} = V_{BAT}$ , $L = 10\mu\text{H}$ , $C = 4.7\mu\text{F}$		23		$\mu\text{A}$
$I_{BAT\_SLP}$	Battery Current in SLEEP Mode	$V_{EN\_CHRG} = 5\text{V}$ , $\text{MODE} = V_{BAT}$ , $V_{OUT} > \text{Regulation Voltage}$	● 10	15	20	$\mu\text{A}$
$V_{UVLO\_BUCK}$	Buck Undervoltage Lockout	$V_{BAT}$ Rising $V_{BAT}$ Falling	● 2.6 ● 2.4	2.7 2.5	2.8 2.6	V V

# LTC4080

## 電気的特性

●は全動作温度範囲の規格値を意味する。それ以外は $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ 、 $V_{\overline{\text{EN\_CHRG}}} = 0\text{V}$ 、 $V_{\text{EN\_BUCK}} = V_{BAT}$ 、 $V_{\text{MODE}} = 0\text{V}$ での値。  
(Note 2)

SYMBOL	PARAMETER	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
$R_{\text{ON\_P}}$	PMOS Switch On-Resistance			0.95		$\Omega$
$R_{\text{ON\_N}}$	NMOS Switch On-Resistance			0.85		$\Omega$
$I_{\text{LIM\_P}}$	PMOS Switch Current Limit		375	520	650	mA
$I_{\text{LIM\_N}}$	NMOS Switch Current Limit			600		mA
$I_{\text{ZERO\_CF}}$	NMOS Zero Current in Normal Mode			15		mA
$I_{\text{PEAK}}$	Peak Current in Burst Mode Operation	$\text{MODE} = V_{BAT}$	50	100	130	mA
$I_{\text{ZERO\_BM}}$	Zero Current in Burst Mode Operation	$\text{MODE} = V_{BAT}$	20	35	50	mA
$t_{\text{SS\_BUCK}}$	Buck Soft-Start Time	From the Rising Edge of $\text{EN\_BUCK}$ to 90% of Buck Regulated Output		400		$\mu\text{s}$

## ロジック

V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	$\overline{\text{EN\_CHRG}}$ , EN_BUCK, MODE Pin Low to High	●	1.2		V	
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage	$\overline{\text{EN\_CHRG}}$ , EN_BUCK, MODE Pin High to Low	●	0.4		V	
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage ( $\overline{\text{CHRG}}$ , $\overline{\text{ACPR}}$ )	I <sub>SINK</sub> = 5mA	●	60	105	mV	
I <sub>IH</sub>	Input Current High	EN_BUCK, MODE Pins at 5.5V, V <sub>BAT</sub> = 5V	●	−1	1	μA	
I <sub>IL</sub>	Input Current Low	$\overline{\text{EN\_CHRG}}$ , EN_BUCK, MODE Pins at GND	●	−1	1	μA	
R <sub>EN_CHRG</sub>	$\overline{\text{EN\_CHRG}}$ Pin Input Resistance	V <sub>EN_CHRG</sub> = 5V		1	1.7	3.3	MΩ
I <sub>CHRG</sub>	CHRG Pin Leakage Current	V <sub>BAT</sub> = 4.5V, V <sub>CHRG</sub> = 5V	●	1		μA	
I <sub>ACPR</sub>	$\overline{\text{ACPR}}$ Pin Leakage Current	V <sub>CC</sub> = 3V, V <sub>CHRG</sub> = 5V	●	1		μA	

**Note 1:** 絶対最大定格に記載された値を超えるストレスはデバイスに永続的損傷を与える可能性がある。長期にわたって絶対最大定格条件に曝すと、デバイスの信頼性と寿命に悪影響を与える可能性がある。

**Note 2:** LTC4080は $0^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の温度範囲で性能仕様に適合することが保証されている。 $-40^\circ\text{C} \sim 85^\circ\text{C}$ の動作温度範囲での仕様は設計、特性評価および統計学的なプロセス・コントロールとの相関で確認されている。

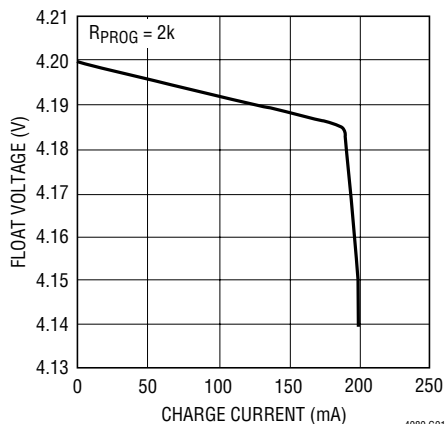
**Note 3:** パッケージの露出した裏面をPCボードのグランド・プレーンに半田付けしないと、熱抵抗が $43^\circ\text{C/W}$ よりもはるかに大きくなる。

**Note 4:** LTC4080のチャージャは3.75Vで適切に動作するとはいえ、最大充電電流を供給するには、 $\Delta V_{UVCL1}$ の仕様に従い、望みの最終バッテリー電圧より大きな入力電圧を必要とする。

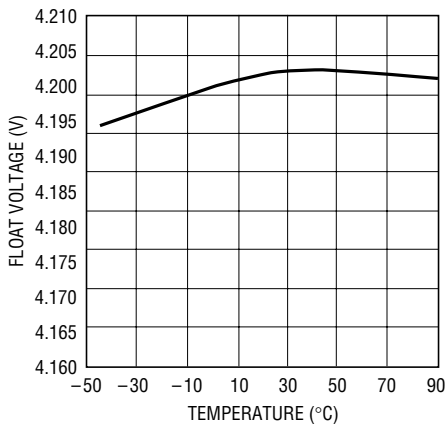
**Note 5:** 最小 $V_{BAT}$ 仕様が適用されるには、最初に2.8V最大降圧低電圧ロックアウト( $V_{UVLO\_BUCK}$ )中止スレッシュホールドを超える必要がある。

**Note 6:**  $I_{C10}$ は、示されているPROG抵抗を使って測定された最大充電電流に対する割合として表わされる。

## 標準的性能特性

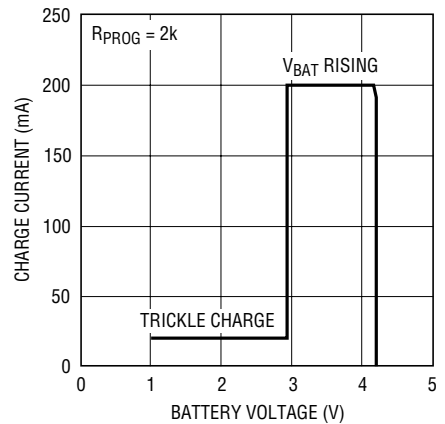
(注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ )バッテリー・レギュレーション  
(フロート)電圧と充電電流

4080 G01

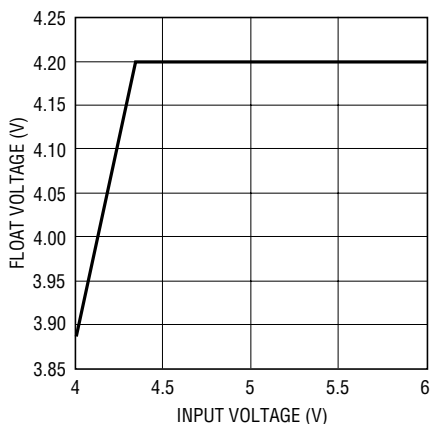
バッテリー・レギュレーション  
(フロート)電圧と温度

4080 G02

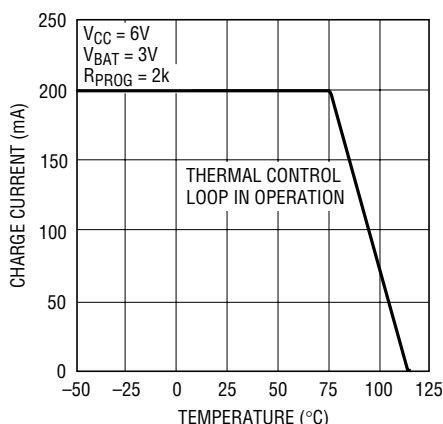
充電電流とバッテリー電圧



4080 G02a

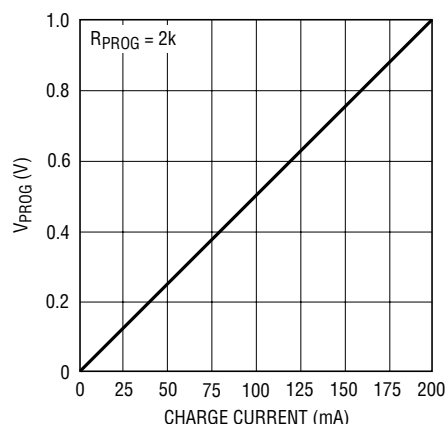
バッテリー・レギュレーション  
(フロート)電圧と電源電圧

4080 G03

サーマル・レギュレーション時の  
充電電流と温度(定電流モード)

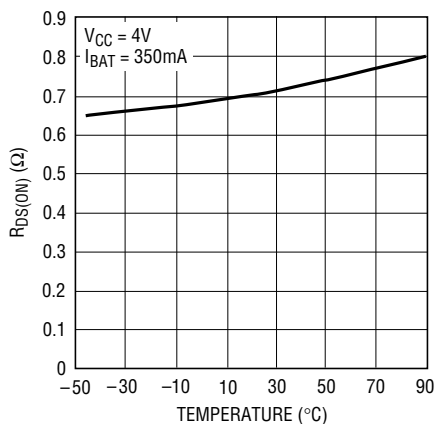
4080 G04

PROGピンの電圧と充電電流

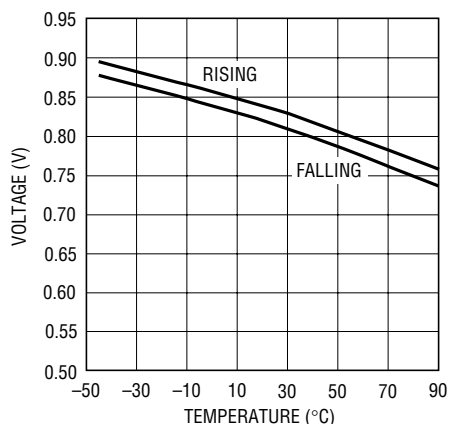


4080 G05

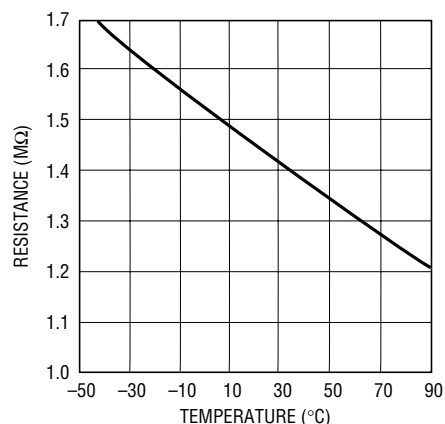
チャージャFETのオン抵抗と温度



4080 G06

EN\_CHRG、EN\_BUCKおよびMODEピ  
ンのスレッシュホールド電圧と温度

4080 G07

EN\_CHRGピンのプルダウン抵抗  
と温度

4080 G08

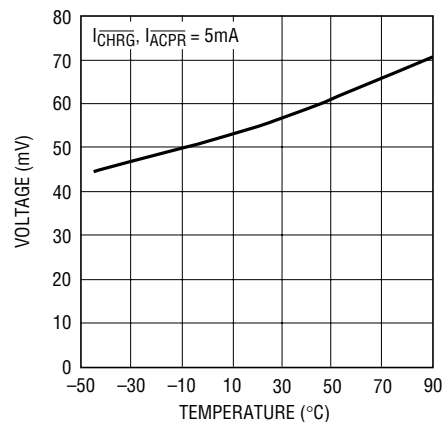
4080fa

# LTC4080

## 標準的性能特性

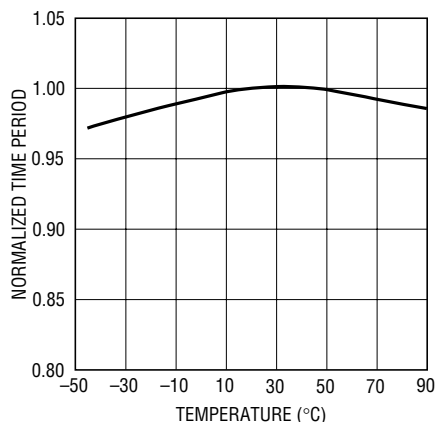
(注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ )

CHRGおよびACPRピンの出力“L”  
の電圧と温度



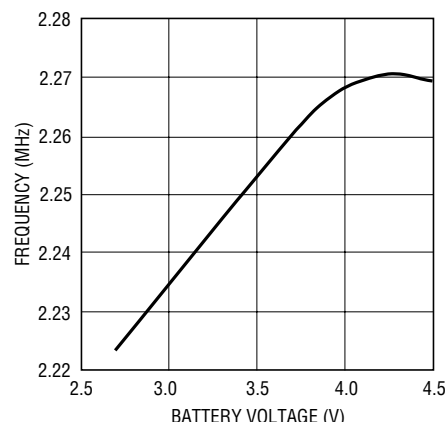
4080 G09

正規化されたチャージャ・タイマ  
の周期と温度



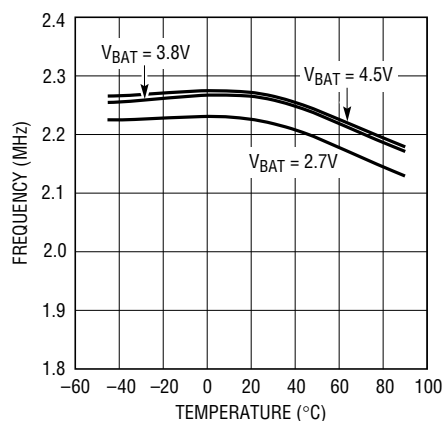
4080 G10

降圧発振器周波数と  
バッテリー電圧



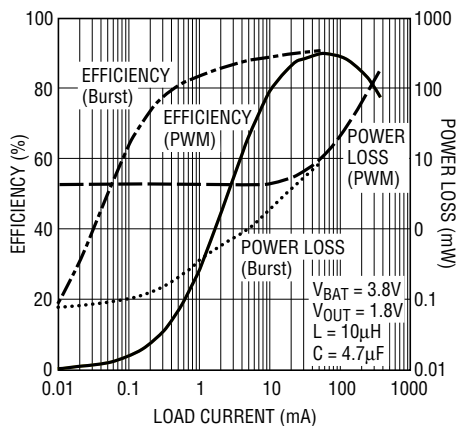
4080 G11

降圧発振器周波数と温度



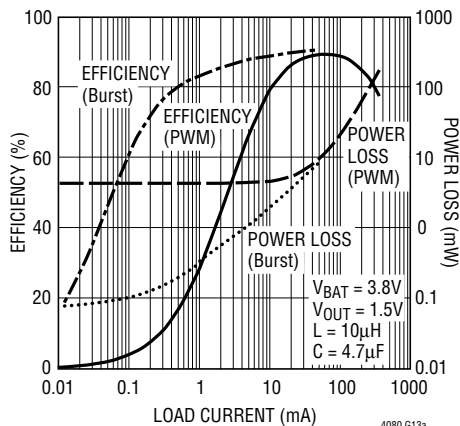
4080 G12

降圧効率と負荷電流  
( $V_{OUT} = 1.8\text{V}$ )



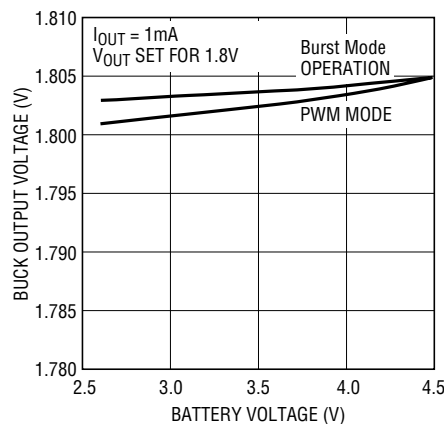
4080 G13

降圧効率と負荷電流  
( $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ )



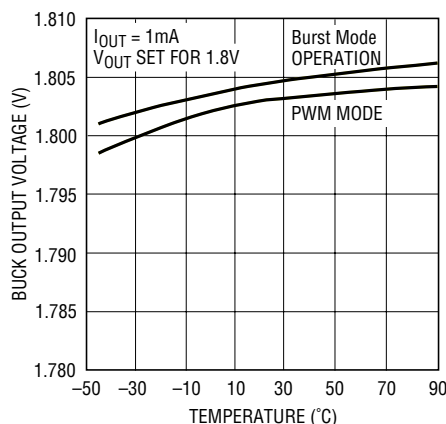
4080 G13a

降圧出力電圧とバッテリー電圧



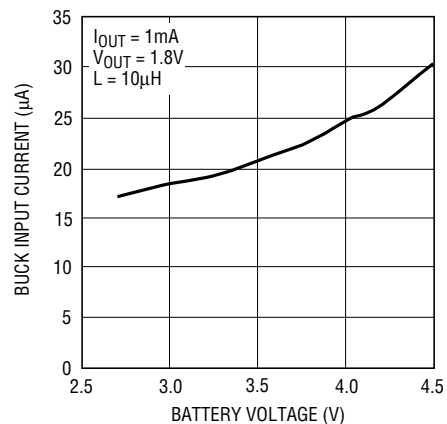
4080 G14

降圧出力電圧と温度



4080 G15

無負荷降圧入力電流  
(Burst Mode動作)とバッテリー温度



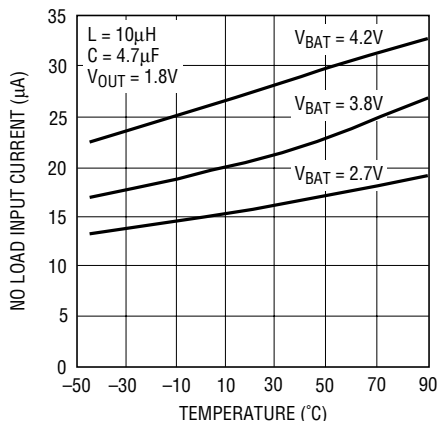
4080 G17

4080fa

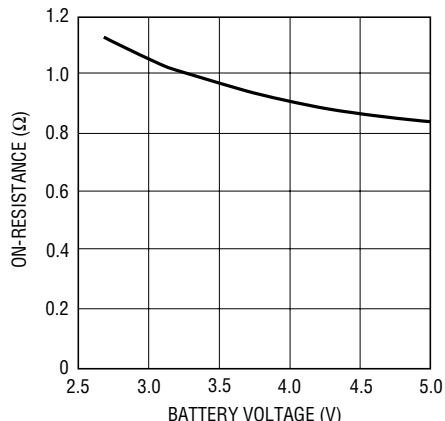
## 標準的性能特性

(注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ )

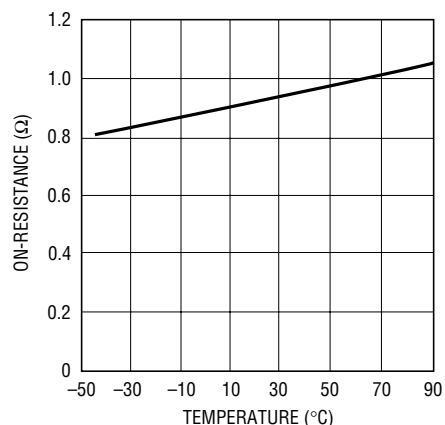
無負荷降圧入力電流  
(Burst Mode動作)と温度



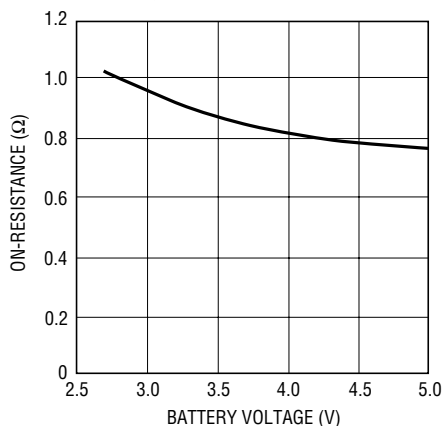
降圧メイン・スイッチ (PMOS) の  
オン抵抗とバッテリー電圧



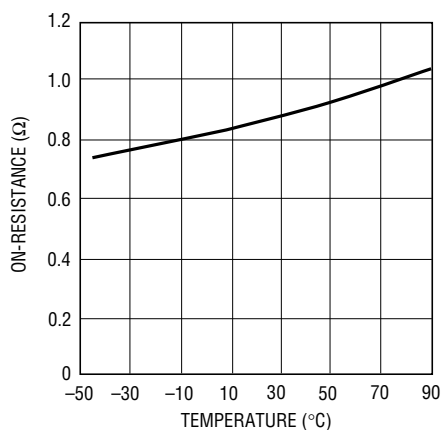
降圧メイン・スイッチ (PMOS) の  
オン抵抗と温度



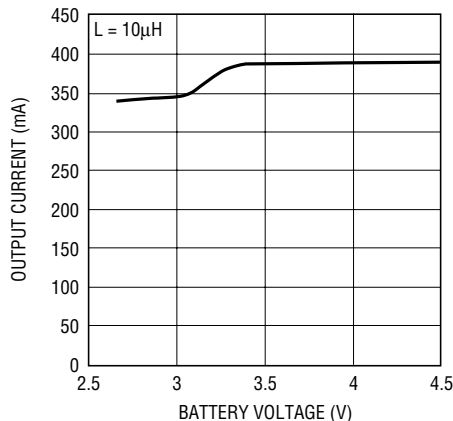
降圧同期スイッチ (NMOS) の  
オン抵抗とバッテリー電圧



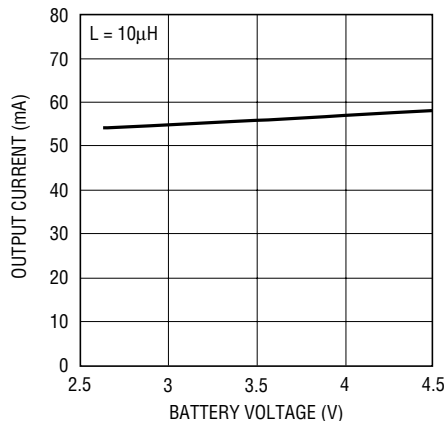
降圧同期スイッチ (NMOS) の  
オン抵抗と温度



最大出力電流 (PWMモード)



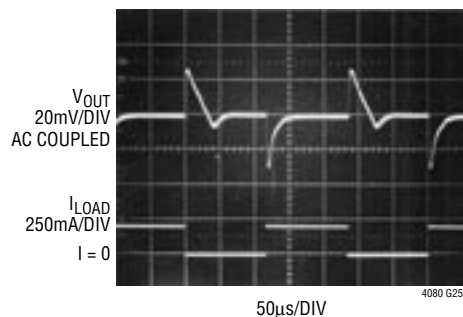
最大出力電流 (Burst Mode動作)



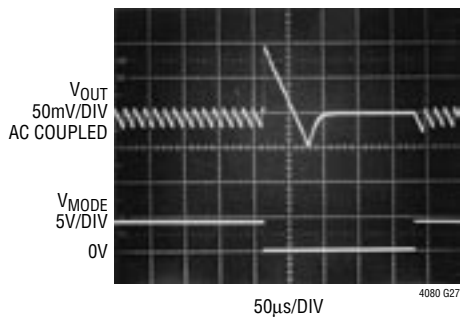
# LTC4080

標準的性能特性 (注記がない限り、 $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{CC} = 5\text{V}$ 、 $V_{BAT} = 3.8\text{V}$ )

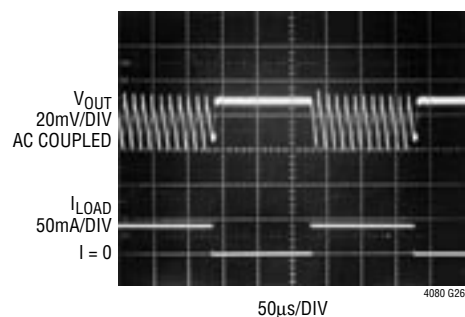
出力電圧過渡ステップ応答  
(PWMモード)



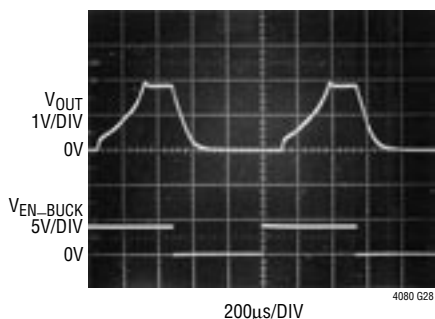
Burst ModeとPWMモードの切替え  
時の出力電圧波形 ( $I_{LOAD} = 10\text{mA}$ )



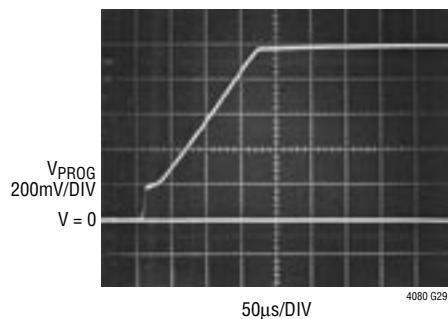
出力電圧過渡ステップ応答  
(Burst Mode)



降圧 $V_{OUT}$ ソフトスタート  
( $I_{LOAD} = 50\text{mA}$ )



チャージャの  
 $V_{PROG}$  ソフトスタート





## ピン機能

**BAT (ピン1):** 充電電流の出力と降圧レギュレータの入力。バッテリーへの充電電流を供給し、最終フロート電圧を4.2Vに制御します。このピンに接続されている内部高精度抵抗分割器がこのフロート電圧を設定しますが、チャージャ・シャットダウン・モードでは切り離されます。このピンは低ノイズ降圧動作のために低ESRのコンデンサでデカップリングします。

**V<sub>CC</sub> (ピン2):** 正入力電源電圧。このピンはバッテリーチャージャに電力を供給します。3.75V～5.5Vの範囲のV<sub>CC</sub>を使用することができます。このピンは少なくとも1μFのコンデンサを使ってバイパスします。V<sub>CC</sub>がBATピンの電圧を32mV以上超えないとき、バッテリーチャージャはシャットダウン・モードになります。

**EN\_ $\overline{\text{CHRG}}$  (ピン3):** バッテリーチャージャのイネーブル入力ピン。このピンをマニュアル・シャットダウン・スレッシュホールド(V<sub>IH</sub>)より上に引き上げるとLTC4080のチャージャはシャットダウン・モードになり、充電サイクルを停止します。バッテリーチャージャ・シャットダウン・モードでは、レギュレータが動作していないとLTC4080の電源電流は10μA未満で、バッテリー流出電流は5μA未満です。イネーブルが既定の状態ですが、このピンを使わない場合はGNDに接続します。

**PROG (ピン4):** 充電電流設定および充電電流モニタ用ピン。1%抵抗(R<sub>PROG</sub>)をグラウンドに接続するとバッテリー充電電流がプログラムされます。定電流モードで充電する場合、このピンは1Vにサーボ制御されます。全てのモードで、このピンの電圧を使って、次式に従って充電電流を測定することができます。

$$I_{\text{BAT}} = \frac{V_{\text{PROG}}}{R_{\text{PROG}}} \cdot 400$$

**ACPR (ピン5):** オープン・ドレインの電源状態出力。V<sub>CC</sub>が低電圧ロックアウト・スレッシュホールド(3.6V)およびV<sub>BAT</sub>+80mVよりも高いと、ACPRピンはグラウンドに引き下げられます。それ以外は、このピンは高インピーダンスになります。

**$\overline{\text{CHRG}}$  (ピン6):** オープン・ドレインの充電状態出力。充電状態インジケータ・ピンには3つの状態があります。プルダウン、高インピーダンスおよび2Hzのパルスです。この出力はロジック・インタフェースまたはLEDドライバとして使うことができます。バッテリーの充電中、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは内部NチャネルMOSFETによって“L”に引き下げられます。充電電流がフルスケール電流の10%に低下すると、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは高インピーダンス状態に強制されます。バッテリー電圧が全充電時間の1/4の間2.9Vより下に留まると、バッテリーは不良であるとみなされ、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは周波数が2Hzでデューティ・サイクルが75%のパルスを出します。

**FB (ピン7):** 降圧レギュレータの帰還ピン。レギュレータの出力からFBピンに抵抗分割器を接続して、出力電圧をプログラムします。このピンのサーボ値は0.8Vです。

**MODE (ピン8):** Burst Modeイネーブル・ピン。LTC4080レギュレータを全ての負荷条件でBurst Modeに強制するにはこのピンを“H”に接続します。全ての負荷条件で固定周波数モードの動作を強制するには、このピンを“L”に接続します。このピンはフロート状態にしないでください。

**EN\_BUCK (ピン9):** スイッチング・レギュレータのイネーブル入力ピン。レギュレータをイネーブルするにはこのピンを“H”に、シャットダウンするには“L”にします。このピンはフロート状態にしないでください。

**SW (ピン10):** 降圧レギュレータのスイッチ・ピン。このピンに接続されるメタル・トレースの長さを最小にします。インダクタはできるだけこのピンに近づけて配置します。

**GND (ピン11):** グラウンド。このピンは露出パッド・パッケージの裏面で、電気的接続と定格熱性能を与えるため、PCBに半田付けする必要があります。

# LTC4080

## ブロック図

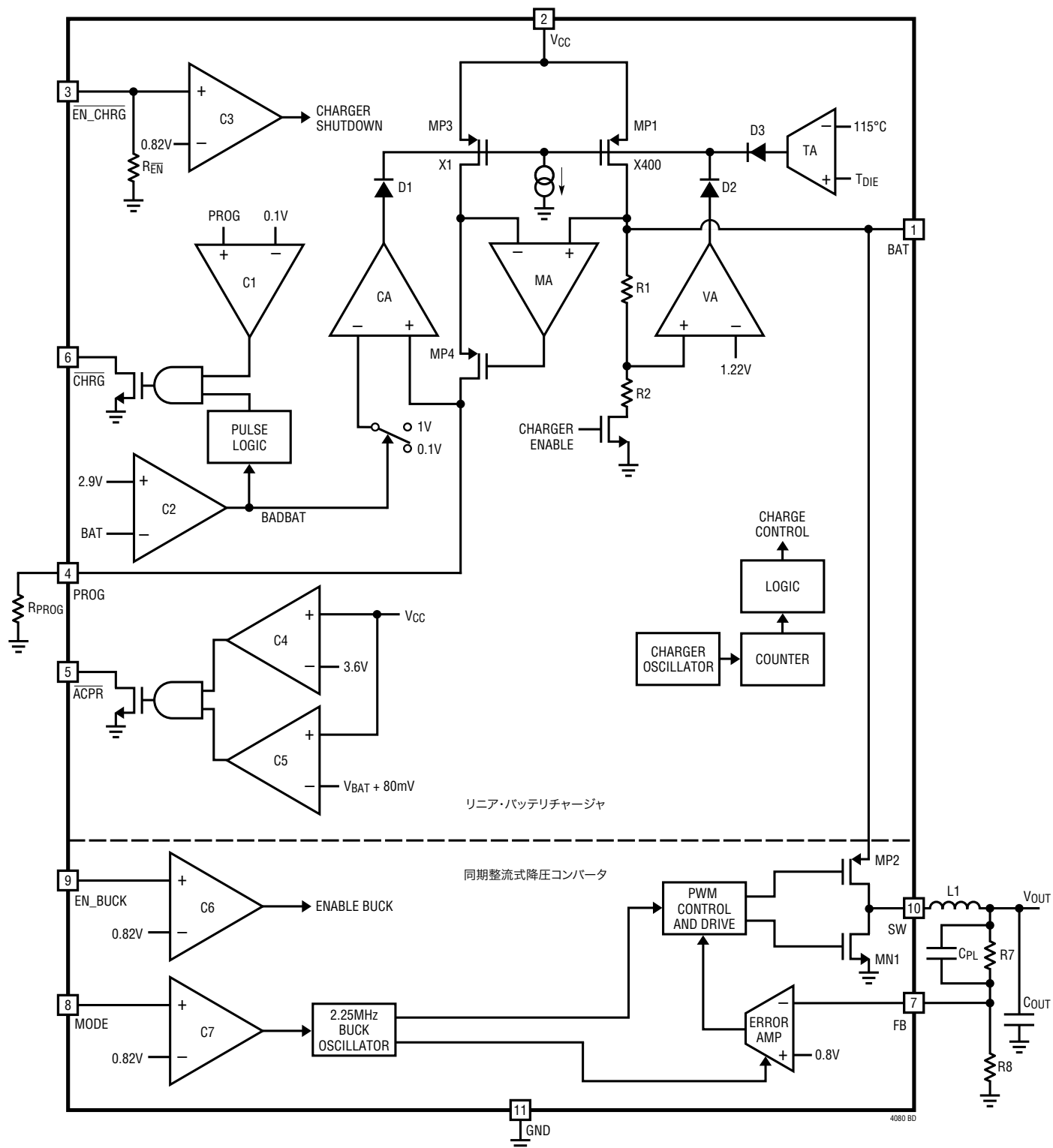


図1. LTC4080のブロック図

## 動作

LTC4080はフル機能を備えたりニア・バッテリーチャージャで、主にハンドヘルド機器向けに設計された同期整流式降圧コンバータを内蔵しています。バッテリーチャージャは1セル4.2Vリチウムイオン・バッテリーを充電することができます。降圧コンバータはBATピンから給電され、出力電圧はプログラム可能で、最大300mAの負荷電流を供給します。コンバータとバッテリーチャージャは同時に、または相互に独立して動作することができます。

### バッテリーチャージャの動作

このチャージャは内部Pチャネル・パワーMOSFET(MP1)を備えており、定電流/定電圧充電アルゴリズムを使い、電流をプログラムすることができます。充電電流は、 $4.2V \pm 0.5\%$ の最終フロート電圧で最大500mAまでプログラムすることができます。 $\overline{\text{CHRG}}$ オープン・ドレイン状態出力はC/10に達すると表示します。ブロッキング・ダイオードと外付けのセンス抵抗は不要なので、基本的なチャージャ回路には2つの外付け部品しか必要ありません。 $\overline{\text{ACPR}}$ オープン・ドレイン出力は、 $V_{CC}$ 入力電圧、および $V_{CC}$ とBATの間の差が充電に十分かどうかを示します。内部終了タイマはバッテリー・メーカーの安全ガイドラインに従います。さらに、LTC4080のバッテリーチャージャはUSB電源で動作可能です。

充電サイクルは、 $V_{CC}$ ピンの電圧が3.6Vを超え、BATピンの電圧の約80mV上を超え、1%プログラム抵抗がPROGピンからグラウンドに接続され、 $\overline{\text{EN\_CHRG}}$ ピンがシャットダウン・スレッシュホールド( $V_{IL}$ )よりも下に引き下げられると開始されます。バッテリー電圧が2.9Vより低いと、バッテリーチャージャはプログラムされた充電電流の10%でトリクル充電を開始します。

BATピンが4.2Vの最終フロート電圧に近づくと、バッテリーチャージャは定電圧モードになり、充電電流が減少し始めます。電流がフルスケール充電電流の10%に低下すると、内部コンパレータが $\overline{\text{CHRG}}$ ピンをドライブしているNチャネルMOSFETをオフし、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは高インピーダンスになります。

内部熱制限により、ダイ温度が約115°Cの予め設定された値を超えようとするプログラムされた充電電流が減少します。この機能により、LTC4080は過度の温度上昇から保護されるので、LTC4080や外付け部品を損傷するお

それなしに、特定の回路基板の電力処理能力の限界を広げることができます。熱制限の別の利点として、ワーストケースの条件ではバッテリーチャージャが自動的に電流を減らす保証があるので、特定のアプリケーションに対して充電電流を(ワーストケースではなく)標準的周囲温度に従って設定することができます。

内部タイマにより総充電時間 $t_{\text{TIMER}}$ (標準4.5時間)が設定されます。この時間が経過すると充電サイクルが終了し、C/10に達していなくても、 $\overline{\text{CHRG}}$ ピンは高インピーダンスになります。充電サイクルを再開するには、入力電圧を取り去り、再度印加するか、 $\overline{\text{EN\_CHRG}}$ ピンを短時間 $V_{IH}$ より上に強制します。BATピンの電圧が $V_{\text{RECHRG}}$ (標準4.1V)より下に下がると、新しい充電サイクルが自動的に再度開始されます。

### 定電流/定電圧/定温度

LTC4080のバッテリーチャージャでは固有のアーキテクチャが使われており、定電流、定電圧、さらに定温度の方式でバッテリーを充電します。LTC4080の簡略ブロック図を図1に示します。示されている3つのアンプ帰還ループにより、定電流(CA)、定電圧(VA)、および定温度(TA)の各モードが制御されます。1対の電流源MP1とMP3(MP1は内部Pチャネル・パワーMOSFETであることに注意してください)の出力インピーダンスを大きくするために、4番目のアンプ帰還ループ(MA)が使われています。これにより、MP1のドレイン電流はMP3のドレイン電流の正確に400倍になります。

アンプのCAとVAが別々の帰還ループ内で使われ、それぞれ定電流モードまたは定電圧モードにチャージャを強制します。ダイオードD1とD2は、定電流ループまたは定電圧ループのうち、充電電流を最も大きく減らそうとしているループに優先権を与えます。他方のアンプの出力は"L"に飽和して、対応するループをシステムから実効的に取り去ります。定電流モードでは、CAはPROGピンの電圧が正確に1Vになるようにサーボ制御します。VAはその非反転入力を定電圧モードで正確に1.22Vにサーボ制御し、R1とR2で形成される内部抵抗分割器はバッテリー電圧が4.2Vに保たれるようにします。PROGピンの電圧は、「アプリケーション情報」のセクションの「充電電流のプログラミング」で説明されているように、充電サイクルの間いつでも充電電流を表します。

## 動作

内部電力消費によりダイ温度が115°Cを超えて上昇し始めると、トランスコンダクタンス・アンプ(TA)が充電電流を減らしてダイ温度を約115°Cに制限します。ダイオードD3はダイ温度が115°Cより低いときTAが充電電流に影響を与えないようにします。サーマル・レギュレーションでは、PROGピンの電圧は引き続き充電電流を表します。

標準的動作では、充電サイクルは定電流モードで開始され、バッテリーに供給される電流は $400V/R_{PROG}$ に等しくなります。LTC4080の電流消費により接合部温度が115°Cに近づくと、アンプ(TA)は充電電流を減らし始め、ダイ温度を約115°Cに制限します。バッテリー電圧が上昇するにつれ、LTC4080は定電流モードに戻るか、あるいは定温度モードから直接定電圧モードに入ります。

### バッテリーチャージャの低電圧ロックアウト(UVLO)

内部低電圧ロックアウト回路が入力電圧をモニタし、 $V_{CC}$ が3.6Vを超え、少なくともBATピンの電圧より80mV上にくるまで、バッテリーチャージャをオフ状態に保ちます。3.6V UVLO回路には約0.6Vのヒステリシスが作り込まれており、80mVの自動シャットダウン・スレッシュホールドには約50mVのヒステリシスが作り込まれています。低電圧ロックアウト状態の間、最大バッテリー流出電流は5 $\mu$ A、最大電源電流は10 $\mu$ Aです。

### 低電圧充電電流制限(UVCL)

LTC4080内のバッテリーチャージャには低電圧充電電流制限が備わっており、入力電源電圧がバッテリー電圧( $\Delta V_{UVCL1}$ )の約300mV上に達するまで最大充電電流が流れないようにします。この機能はLTC4080がリードの長い(または出力インピーダンスが比較的高い)電源から給電される場合に特に役立ちます。詳細については「アプリケーション情報」のセクションを参照してください。

### トリクル充電と不良バッテリーの検出

充電サイクルの開始時にバッテリーの電圧が2.9Vより低いと、バッテリーチャージャはトリクル充電モードになり、充電電流をプログラムされた電流の10%に減らします。低バッテリー電圧が全充電時間の1/4(1.125時間)続くと、バッテリーには欠陥があるとみなされ、充電サイクルは終了し、 $\overline{CHRG}$ ピンの出力は2Hzの周波数で75%のデューティ・サイクルのパルスを出します。バッテリー電圧が何らかの理由で2.9Vを超えると、充電サイクルが再開されます。充

電サイクルを再開するには(つまり、不良バッテリーを2.9V以下の放電したバッテリーと交換するとき)、入力電圧を取り去ってから再度印加するか、または $\overline{EN\_CHRG}$ ピンを一時シャットダウン・スレッシュホールドより上に引き上げて、チャージャをリセットする必要があります。

### バッテリーチャージャのシャットダウン・モード

LTC4080のバッテリーチャージャは $\overline{EN\_CHRG}$ ピンをシャットダウン・スレッシュホールド( $V_{IH}$ )より上に引き上げるによりディスエーブルすることができます。シャットダウン・モードでは、バッテリー流出電流は2 $\mu$ A未満に減少し、レギュレータがオフしていれば $V_{CC}$ 電源電流は約5 $\mu$ Aに減少します。入力電圧が印加されていないと、バッテリーチャージャはシャットダウン状態になり、バッテリー流出電流は5 $\mu$ A以下になります。

### 電源状態インジケータ(ACPR)

電源状態の出力には2つの状態があります。プルダウンと高インピーダンスです。プルダウン状態は $V_{CC}$ が低電圧ロックアウト・スレッシュホールドを超えており、BAT電圧より少なくとも80mV高いことを示します(「低電圧ロックアウト」を参照)。これらの条件が満たされていないと、ACPRピンは高インピーダンスになり、LTC4080がバッテリーを充電できないことを示します。

### $\overline{CHRG}$ 状態出力ピン

充電状態インジケータ・ピンには3つの状態があります。プルダウン、2Hzのパルス(「不良バッテリーの検出」を参照)および高インピーダンスです。プルダウン状態はバッテリーチャージャが充電中であることを示します。高インピーダンス状態は充電電流がフルスケール電流の10%に低下したか、またはバッテリーチャージャがディスエーブルされていることを示します。タイマの時間が経過すると(4.5時間)、 $\overline{CHRG}$ ピンも高インピーダンスに強制されます。UVCLによって充電電流がフルスケール電流の10%より下に低下するように強制されるときバッテリーチャージャが定電圧モードではないと、 $\overline{CHRG}$ は強くプルダウンされた状態に留まります。

### 充電電流のソフトスタートとソフトストップ

LTC4080のバッテリーチャージャにはソフトスタート回路が組み込まれており、充電サイクル開始時の突入電流を最小に抑えます。



## 動作

充電サイクルが開始される時、充電電流はゼロからフルスケール電流まで約180 $\mu$ sかけて増加します。同様に、バッテリーチャージャがオフにされたとき、または自己終了するとき、内部回路が充電電流をフルスケールからゼロまでゆっくりランプさせます。これには、電源に対する起動時および充電終了時の過渡電流負荷を最小に抑える効果があります。

### タイマと再充電

LTC4080のバッテリーチャージャには内部終了タイマが備わっており、このタイマは、入力電圧が低電圧ロックアウト・スレッシュホールドより高く、BATの少なくとも80mV上を超えていて、バッテリーチャージャがシャットダウン状態から抜け出すと、スタートします。

電源立上げ時、またはシャットダウン状態から抜け出すとき、充電時間が4.5時間に設定されます。充電サイクルが終了すると、バッテリーチャージャはフィルタ時間が2msのコンパレータを使って連続的にBATピンの電圧をモニタします。平均バッテリー電圧が4.1V（これはバッテリー容量の80%～90%に相当します）より下に下がると、新しい充電サイクルが開始され、2.25時間のタイマが始動します。これにより、バッテリーは満充電状態か、またはその近くに確実に保たれるので、定期的に充電サイクルを開始する必要がありません。CHRG出力は、C/10に達するか、または再充電サイクルが終了するまで、再充電サイクルの間強いプルダウン状態になります。

### スイッチング・レギュレータの動作

LTC4080のスイッチング・レギュレータは、EN\_BUCKピンを $V_{IH}$ より上に引き上げるによりオンすることができます。それにはユーザーが選択可能な2つの動作モードがあります。固定周波数(PWM)モードとBurst Modeの動作です。固定周波数モードの動作は、効率を代価にしてノイズが減少します。他方、Burst Mode動作は、軽負荷で効率が向上しますが、ノイズと出力電圧リップルが増加します。異なった動作モードの動作の詳細を以下説明します。ブロック図を参照すると動作をよく理解できます。

### 固定周波数(PWM)モードの動作

スイッチング・レギュレータは、MODEピンが $V_{IL}$ より下に引き下げられると、固定周波数(PWM)モードで動作します。このモードでは、優れたライン・レギュレーションとロード・レギュレーションを実現するため、発振器、

誤差アンプおよびPWMコンパレータを含む電流モード・アーキテクチャを使います。FBピンの電圧が0.8Vのリファレンス電圧より低いと、メイン・スイッチMP2(PチャネルMOSFET)がオンして、各クロック・サイクルの始点でインダクタを充電します。インダクタ(および負荷)に流れ込む電流は誤差アンプによって要求されるピーク電流に達するまで増加します。到達すると、出力スイッチがオフし、同期スイッチMN1(NチャネルMOSFET)がオンしますので、次のクロック・サイクルが始まるか、または電流がゼロ電流( $I_{ZERO}$ )レベルに減少するまで、インダクタ電流がグラウンドから負荷に流れます。

発振器: 固定周波数モードでは、スイッチング・レギュレータは、2.25MHzの固定周波数で動作する専用の発振器を使います。この周波数が選択されたのは、AM帯域との干渉を最小に抑えるためです。

誤差アンプ: 誤差アンプは内部補償されたトランスコンダクタンス( $g_m$ )アンプで、 $g_m$ は65マイクロモーです。内部の0.8Vリファレンス電圧がFBピンの電圧と比較され、誤差アンプの出力に電流信号が発生します。この電流信号が次に電圧信号( $I_{TH}$ )に変換され、安定化を達成するのに必要なピーク・インダクタ電流を表します。

PWMコンパレータ: 無損失電流センスによりPMOSスイッチ電流信号を電圧に変換して、内部スローブ補償信号に加算します。PWMコンバータはこの加算された信号を $I_{TH}$ と比較し、いつメイン・スイッチをオフするか決定します。スイッチ電流検出は各クロック・サイクルの始点で約12nsの間無効にされ、スイッチが誤ってオフするのを防ぎます。

### Burst Mode動作

Burst Mode動作は、MODEピンを $V_{IH}$ より上に引き上げるにより選択することができます。このモードでは、内部発振器はディスエーブルされ、誤差アンプはFB電圧をモニタするコンパレータに変換され、インダクタ電流は、FBピンの電圧が0.8Vのリファレンス電圧以下である限り負荷電流には無関係に、固定された $I_{PEAK}$ (約80mA)と $I_{ZERO}$ (35mA)の間で振幅します。 $V_{FB}$ が0.8Vを超えると、制御ロジックがほとんどの回路とともに両方のスイッチをオフしますので、レギュレータは「SLEEPモードに入る」と言われます。

## 動作

SLEEPモードでは、バッテリーチャージャがオフしていれば、レギュレータにはBATピンから約20 $\mu$ Aが流れるだけです。出力電圧が公称値から約1%垂下するとレギュレータが覚醒し、インダクタ電流が $I_{PEAK}$ と $I_{ZERO}$ の間を再度振幅し始めます。出力コンデンサが再充電され、出力負荷が十分軽いまま留まると、レギュレータはSLEEP状態に戻ります。この間欠バースト動作の周波数は負荷電流に依存します。つまり、負荷電流がさらに低下するにつれ、レギュレータがオンする頻度が下がります。こうして、Burst Mode動作は、スイッチング損失と消費電流損失を最小に抑えることにより、軽負荷での効率を上げます。ただし、出力電圧リップルが約2%に増加します。

出力電圧のリップルを最小に抑えるため、Burst Mode動作での両方のスイッチの電流リミットは、固定周波数モードでのそれらの値の約20%に減少します。同期スイッチのゼロ電流も約35mAに変えられ、インダクタに逆電流が流れるのを防ぎます。したがって、レギュレータはBurst Mode動作ではわずかに約55mAの負荷電流しか供給できません。どんな方法でも負荷電流を増やそうとすると、出力電圧が安定化状態から外れます。

### 電流制限

インダクタ電流の暴走を防ぐため、PMOSメイン・スイッチとNMOS同期スイッチの両方に対して絶対電流リミット( $I_{LIM}$ )があります。これらのリミットはPWMモードでは内部でそれぞれ400mAと600mAに設定されます。誤差アンプによって要求されるピーク・インダクタ電流がPMOSの $I_{LIM}$ を超えることがあれば、誤差アンプは無視され、インダクタ電流はPMOSの $I_{LIM}$ に制限されます。Burst Mode動作では、PMOSの電流制限が80mAに減少して出力電圧リップルを最小に抑えます。

### ゼロ電流コンパレータ

ゼロ電流または逆電流のコンパレータは出力へのインダクタ電流をモニタし、この電流が予め決められた値( $I_{ZERO}$ )に下がると同期整流器をオフします。固定周波数モードでは、これは負の15mAに設定されます。つまり、レギュレータはインダクタ電流が15mAの最大値まで逆方向に(出力から同期整流器を通過してグラウンドに)流れるのを許容します。これがなされるのは、レギュレータが軽負

荷でサイクルを1つもスキップしないで出力を安定化できるようにし、それによって(効率を犠牲にしても)出力電圧リップルとノイズを低く抑えるためです。

ただし、Burst Mode動作では、 $I_{ZERO}$ は正の35mAに設定されます。つまり、インダクタを通過して出力に流れる電流が放電サイクルで35mAに減少すると直ちに同期スイッチがオフします。これにより、出力コンデンサに電荷が保存され、軽負荷での全体的効率が上がります。

### ソフトスタート

LTC4080のスイッチング・レギュレータは内部コンデンサをゆっくり充電することにより、両方の動作モードでソフトスタートを実現します。このコンデンサの電圧は次に両方のスイッチの電流リミットを低い値からそれぞれの最大値まで約400 $\mu$ sの時間をかけてゆっくりランプさせます。ソフトスタート・コンデンサはレギュレータがディスエーブルされると完全に放電します。

### 短絡保護

出力に短絡が生じたとき、または起動時、 $V_{OUT}$ はほとんどゼロボルトになります。インダクタ電流の下りスロープは約 $V_{OUT}/L$ なので、インダクタ電流は暴走状態を避けるのに十分なだけ放電する機会を得られない可能性があります。電流検出は各クロック・サイクルの始点で約12nsの間無効になりますので、メインPMOSスイッチにはハード電流リミットがあるとはいえ、インダクタ電流が多数のサイクルが経過する間に危険なほど高く増加する可能性があります。このため、LTC4080のスイッチング・レギュレータは同期NMOSスイッチを通る電流もモニタしてそれにハード・リミットを課します。NMOSスイッチを通るインダクタ電流が放電サイクルの終点でこのリミットより下に下がっていないと、レギュレータは次の充電サイクルをスキップして、インダクタ電流の暴走を防ぎます。

### スイッチング・レギュレータの低電圧ロックアウト

$V_{BAT}$ が2.7Vより低いとき、低電圧ロックアウト回路がレギュレータをオフに保ち、不安定動作を防ぎます。ただし、レギュレータが既に動作しており、バッテリーの電圧が低下していると、低電圧コンパレータは $V_{BAT}$ が2.5Vより下に下がるまではレギュレータをシャットダウンしません。

## 動作

### ドロップアウト動作

BATピンの電圧が $V_{OUT}$ に近づくと、スイッチング・レギュレータのデューティ・サイクルが100%に近づきます。 $V_{BAT}$ が $V_{OUT}$ にほぼ等しくなると、レギュレータは「ドロップアウト状態である」と言われます。ドロップアウトでは、スイッチ(MP2)が連続的にオンしたままで、出力電圧はバッテリー電圧からメイン・スイッチとインダクタの電圧降下を差し引いた電圧に等しくなります。

### グローバル・サーマル・シャットダウン

LTC4080にはグローバル・サーマル・シャットダウンが備わっており、ダイ温度が $160^{\circ}\text{C}$ を超えると、デバイス全体(バッテリーチャージャとスイッチング・レギュレータの両方)をオフします。LTC4080は温度が約 $14^{\circ}\text{C}$ 下がると通常動作を再開します。

## アプリケーション情報

### バッテリーチャージャ

#### 充電電流のプログラミング

バッテリー充電電流はPROGピンからグラウンドに接続された1個の抵抗を使ってプログラムされます。充電電流はPROGピンから流れ出す電流の400倍です。プログラム抵抗と充電電流は以下の式を使って計算されます。

$$R_{PROG} = 400 \cdot \frac{1V}{I_{BAT}}, I_{BAT} = 400 \cdot \frac{1V}{R_{PROG}}$$

BATピンから流れ出す充電電流は、いつでもPROGピンの電圧をモニタして次式を使って計算することができます。

$$I_{BAT} = \frac{V_{PROG}}{R_{PROG}} \cdot 400$$

#### 安定性に関する検討事項

LTC4080のバッテリーチャージャには定電圧と定電流の2つの制御ループが備わっています。定電圧ループはバッテリーが低インピーダンスのリードで接続されているときは補償なしでも安定しています。ただし、リードが長すぎると、十分大きな直列インダクタンスが加わり、BATからGNDに少なくとも $1\mu\text{F}$ のバイパス・コンデンサが必要になることがあります。さらに、バッテリーが外されているときリップル電圧を低く抑えるため、 $0.2\Omega \sim 1\Omega$ の直列抵抗とともに $4.7\mu\text{F}$ のコンデンサがBATからGNDに必要です。

定電流モードでは、バッテリー電圧ではなくPROGピン電圧が帰還ループに存在します。PROGピンの容量によ

て追加のポールが生じますので、このピンの容量は最小に抑えます。PROGピンに追加の容量がなければ、最大25kまでのプログラム抵抗の値でバッテリーチャージャは安定です。ただし、このノードに容量が追加されると、最大許容プログラム抵抗が減少します。PROGピンのポール周波数は $100\text{kHz}$ より高くします。したがって、PROGピンに容量( $C_{PROG}$ )が付加される場合、次式を使って $R_{PROG}$ の最大抵抗値を計算します。

$$R_{PROG} \leq \frac{1}{2\pi \cdot 10^5 \cdot C_{PROG}}$$

ユーザーは(瞬時バッテリー電流ではなく)平均バッテリー電流に関心があると思われます。たとえば、低電流モードで動作しているスイッチング・レギュレータがバッテリーに並列に接続されているとき、瞬時電流パルスよりBATピンから引き出される平均電流に一般には関心があります。このような場合、図2に示されているように、PROGピンに簡単なRCフィルタを使って平均バッテリー電流を測定します。安定性を確保するため、PROGピンとフィルタ・コンデンサの間に10kの抵抗が追加されています。

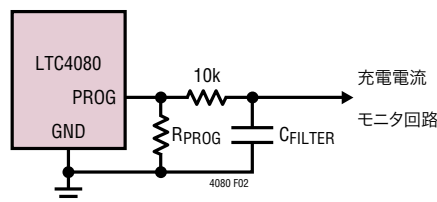


図2. PROGピンの容量性負荷とフィルタ回路の分離



## アプリケーション情報

### 低電圧充電電流制限(UVCL)

USBから給電されるシステムのソース・インピーダンスは(主にケーブルの品質と長さにより)大きく異なる傾向があります。このようなインピーダンスと結合された過渡負荷により、低電圧充電制限が実装されていない限り、UVLOスレッシュホールドが簡単にトリップしてバッテリーチャージャをオフすることがあります。

LTC4080が通常の状態で作動しており、入力電源電圧が垂下し始める(たとえば、外部負荷が入力電源を引き下げる)状況について検討します。入力電圧が $V_{UVCL}$ (バッテリー電圧 $\Delta V_{UVCL}$ より約300mV上)に達すると、低電圧充電電流制限が $\Delta V_{UVCL}$ を $V_{CC}$ とBATの間に維持しようとして充電電流を減らし始めます。入力電源電圧が増加するか、または電圧モードにより充電電流がさらに減少するまで、LTC4080は引き続き減少した充電電流で作動します。

### 電流制限されたACアダプタからの動作

電流制限されたACアダプタを入力電源として使うと、LTC4080が電源のリミットより高い電流にプログラムされている場合、LTC4080の電力消費がかなり少なくなることがあります。

放電した800mAhのリチウムイオン・バッテリーに200mAの充電電流を必要とするアプリケーションの場合について検討します。標準5Vの入力電源(電流制限なし)を利用できる場合、デバイス内部のピーク電力消費は300mWを超えることがあります。

同じシナリオだが200mAに電流制限された5V入力電源の場合を次に検討します。この電源の利点を利用するには、200mAを超える電流で充電するようにLTC4080をプログラムする必要があります。デバイスの許容差を考慮してもプログラムされた電流が200mAより上に確実に保たれるように、LTC4080のチャージャは300mA(つまり、 $R_{PROG} = 1.33k\Omega$ )にプログラムされていると仮定します。バッテリーチャージャが電源の電流リミットより高い充電電流を要求しますので、電源電圧は(バッテリー電圧 +  $200mA \times$  内部PFETのオン抵抗)まで低落します。バッテリーチャージャのパワーデバイスのオン抵抗は5V電源で約0.75 $\Omega$ です。実際のオン抵抗は、入力電源が5Vより下まで低落しているのでわずかに大きくなります。この充電フェーズのあいだに消費される電力は約30mWです。これは電流制限されていない電源の電力消費に比べて10倍改善されています。

### USBとACアダプタ電源

LTC4080を使うとUSBポートからの充電が可能です。ACアダプタを使ってリチウムイオン・バッテリーを充電することもできます。ACアダプタ入力とUSB電源入力を組み合わせる方法の一例を図3に示します。ACアダプタが接続されているときUSBポートに逆流するのを防ぐためにPチャネルMOSFET(MP1)が使われており、1k $\Omega$ プルダウン抵抗を通してUSBの電力が失われるのを防ぐためにショットキー・ダイオード(D1)が使われています。

一般に、ACアダプタは、電流制限されているUSBポートよりもかなり大きな電流を供給することができます。したがって、ACアダプタが接続されているときは、NチャネルMOSFET(MN1)と追加のプログラム抵抗を使って、充電電流を増やすことができます。

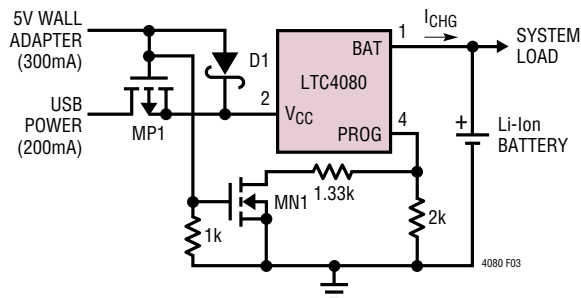


図3. ACアダプタとUSB電源の組合せ

### 消費電力

サーマル・フィードバックによりLTC4080のバッテリーチャージャが充電電流を減少させる条件は、このICで消費される合計電力を検討して概算することができます。高充電電流の場合、LTC4080の消費電力は次のように概算されます。

$$P_D = (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} + P_{D\_BUCK}$$

ここで、 $P_D$ はデバイス内部の合計消費電力、 $V_{CC}$ は入力電源電圧、 $V_{BAT}$ はバッテリー電圧、 $I_{BAT}$ は充電電流、 $P_{D\_BUCK}$ はレギュレータによる消費電力です。 $P_{D\_BUCK}$ は次のように計算することができます。

$$P_{D\_BUCK} = V_{OUT} \cdot I_{OUT} \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right)$$



## アプリケーション情報

ここで、 $V_{OUT}$ はスイッチング・レギュレータの安定化された出力、 $I_{OUT}$ はレギュレータの負荷、 $\eta$ はその特定の負荷でのレギュレータの効率です。

LTC4080は自動的に充電電流を減らしてダイ温度を約115°Cに保つので、ワーストケースの電力消費のシナリオを検討する必要はありません。ただし、サーマル・フィードバックがデバイスを保護し始めるおよその周囲温度は次のように与えられます。

$$T_A = 115^\circ\text{C} - P_D \theta_{JA}$$

$$T_A = 115^\circ\text{C} - (V_{CC} - V_{BAT}) \cdot I_{BAT} \cdot \theta_{JA} \text{ (レギュレータがオフしている場合)}.$$

例:LTC4080が6V電源で動作していて、3Vリチウムイオン・バッテリーへ250mAを供給しており、レギュレータがオフしている極端な場合について検討します。そこを超えるとLTC4080が250mAの充電電流を減らし始める周囲温度はおおよそ次のとおりです。

$$T_A = 115^\circ\text{C} - (6\text{V} - 3\text{V}) \cdot (250\text{mA}) \cdot 43^\circ\text{C/W}$$

$$T_A = 115^\circ\text{C} - 0.75\text{W} \cdot 43^\circ\text{C/W} = 115^\circ\text{C} - 32.25^\circ\text{C}$$

$$T_A = 82.75^\circ\text{C}$$

レギュレータによってもっと多くの電力が消費されると、これよりいくらか低い温度でサーマル・レギュレーションが起動します。上の状況では、LTC4080は82.75°Cを超える周囲温度で使用できますが、充電電流は250mAから減少します。特定の周囲温度での充電電流は次のように概算できます。

$$I_{BAT} = \frac{115^\circ\text{C} - T_A}{(V_{CC} - V_{BAT}) \cdot \theta_{JA}}$$

周囲温度が85°Cの前の例を使うと、充電電流はおおよそ次のように減少します。

$$I_{BAT} = \frac{115^\circ\text{C} - 85^\circ\text{C}}{(6\text{V} - 3\text{V}) \cdot 43^\circ\text{C/W}} = \frac{30^\circ\text{C}}{129^\circ\text{C/A}} = 232.6\text{mA}$$

注記:  $1\text{V} = 1\text{J/C} = 1\text{W/A}$

さらに、「充電電流のプログラミング」のセクションで説明されているように、PROGピンの電圧は充電電流に比例して変化します。

### $V_{CC}$ バイパス・コンデンサ

多くの種類のコンデンサを入力バイパス用に使用できますが、多層セラミック・コンデンサを使うときは注意が必要です。セラミック・コンデンサの種類によっては自己共振特性や高いQ特性により、(バッテリーチャージャの入力を通電中の電源に接続する場合など)起動条件によっては高電圧の過渡現象が生じることがあります。1Ωの直列抵抗をX5Rセラミック・コンデンサに直列に接続すると、起動時の過渡電圧を最小に抑えます。詳細については、「アプリケーションノート88」を参照してください。

### スイッチング・レギュレータ

#### 降圧コンバータの出力電圧の設定

LTC4080のレギュレータはFBピンの電圧を内部の0.8Vリファレンスと比較し、誤差アンプの出力に誤差信号を発生します。 $V_{OUT}$ からグラウンドに接続された(ブロック図に示されている)分圧器が、次式に従って、FBを介して出力電圧をプログラムします。

$$V_{OUT} = 0.8\text{V} \cdot \left[ 1 + \frac{R7}{R8} \right]$$

これらの抵抗を流れる電流を低く(<5μA)抑えると効率が向上しますが、あまり低すぎると寄生容量がノイズの問題を発生させ、誤差アンプのループの位相マージンが減少するおそれがあります。周波数応答を改善するには、約10pFの位相リード・コンデンサ( $C_{PL}$ )を使うことができます。FBラインはインダクタやSWラインなどのノイズ源から離して配線するように十分注意してください。

#### インダクタの選択

インダクタ内の電流リップルは主にインダクタの値によって決まります。インダクタ・リップル電流 $\Delta I_L$ は次式で示すようにインダクタンスが高いほど減少し、 $V_{IN}$ または $V_{OUT}$ が高いほど増加します。

$$\Delta I_L = \frac{V_{OUT}}{f_0 \cdot L} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right)$$

大きな $\Delta I_L$ の値を許容すれば低インダクタンスを使用できますが、出力電圧リップルが高くなり、コア損失が大きくなり、出力電流能力が低下します。

## アプリケーション情報

リップル電流を設定するための妥当な出発点は $\Delta I_L = 0.3 \cdot I_{LIM}$ です。ここで、 $I_{LIM}$ はピーク・スイッチ電流リミットです。最大入力電圧で最大リップル電流が発生します。リップル電流が規定された最大値を超えないようにするには、次式に従ってインダクタンスを選択します。

$$L \geq \frac{V_{OUT}}{f_0 \cdot \Delta I_L} \cdot \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN(MAX)}} \right)$$

$V_{OUT} = 1.8V$ のアプリケーションでは、上式により、正しく動作させるため少なくとも $6.8\mu H$ のインダクタを使います。

多くのメーカーからサイズと形の異なるインダクタが豊富に提供されています。効率を最大にするため、DC抵抗の低いインダクタを選択します。非常に薄いか、体積が非常に小さいほとんどのインダクタは一般にコア損失とDCR損失がとて大きく、最高の効率は得られないことに注意してください。また、DC電流定格がピーク・インダクタ電流リミットの少なくとも1.5倍あるインダクタを選択して、通常動作時にインダクタが飽和しないようにします。放射ノイズを最小に抑えるには、フェライトまたはパーマロイを素材とするトロイド、またはシールドされた壺型コアのインダクタを使用します。インダクタのメーカーをいくつか表1に示します。

表1. 推奨表面実装インダクタ・メーカー

Coilcraft	<a href="http://www.coilcraft.com">www.coilcraft.com</a>
Sumida	<a href="http://www.sumida.com">www.sumida.com</a>
Murata	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
Toko	<a href="http://www.tokoam.com">www.tokoam.com</a>

## 入力コンデンサと出力コンデンサの選択

降圧コンバータへの入力電流波形は方形波なので、非常に高い周波数成分が含まれています。等価直列抵抗(ESR)の低い多層セラミック・コンデンサを使って、コンバータへの入力であるBATピンをバイパスすることを強く推奨します。タンタル・コンデンサやアルミ・コンデンサはESRが大きいため推奨しません。BATのコンデンサの値により、与えられた負荷電流に対する入力電圧リップルの大きさが直接支配されます。このコンデンサのサイズを大きくすると入力リップルが小さくなります。

過渡負荷状態の間大きな $V_{OUT}$ 電圧ステップを防ぐため、セラミック・コンデンサを使って $V_{OUT}$ をバイパスすることも推奨します。このコンデンサの標準的値は $4.7\mu F$ です。

多層セラミック・チップ・コンデンサ(MLCC)は一般に非常に優れたESR特性をもっています。切れ目の無いグラウンド・プレーンを備えた注意深くレイアウトされた基板をMLCCと組み合わせると、非常に良い性能が得られEMI放射が低く抑えられます。

特性が大きく異なるいくつかの種類のセラミック・コンデンサがあります。Y5VとX5Rのセラミック・コンデンサのパッキング密度は明らかに高いのですが、定格電圧範囲または定格温度範囲全体での性能は劣ります。与えられた電圧と温度の条件のもとで、Y5V、X5RおよびX7Rのセラミック・コンデンサを(望みの最小容量の規定値ではなく)ケース・サイズによって直接比較します。いくつかのメーカーがそれらのウェブサイトで、実現可能な容量に関する優れたデータを提供しています。セラミック・コンデンサ・メーカーをいくつか表2に示します。

表2. 推奨セラミック・コンデンサ・メーカー

Taiyo Yuden	<a href="http://www.t-yuden.com">www.t-yuden.com</a>
AVX	<a href="http://www.avxcorp.com">www.avxcorp.com</a>
Murata	<a href="http://www.murata.com">www.murata.com</a>
TDK	<a href="http://www.tdk.com">www.tdk.com</a>

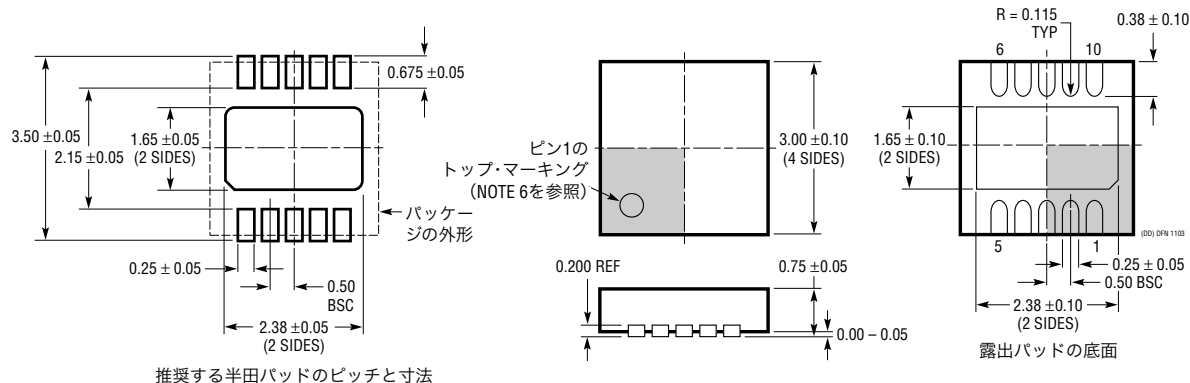
## 基板レイアウトの検討事項

全ての条件で最大充電電流の供給を可能にするには、LTC4080のパッケージの背面の露出メタルパッドがPCボードのグラウンドに熱的に十分接触していることが不可欠です。 $2500mm^2$ の1オンス両面銅基板に正しく半田付けすると、LTC4080の熱抵抗は約 $43^\circ C/W$ になります。パッケージの裏面の露出パッドと銅基板間の熱接触が良くなると、 $43^\circ C/W$ よりはるかに大きな熱抵抗になります。

さらに、高周波数のスイッチング回路なので、入力コンデンサ、BATピンのコンデンサ、インダクタおよび出力コンデンサをできるだけLTC4080に近づけ、LTC4080とその全ての高周波部品の下に切れ目の無いグラウンド・プレーンを置くことが不可欠です。

## パッケージ寸法

**DDパッケージ**  
**10ピン・プラスチックDFN (3mm×3mm)**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1699)



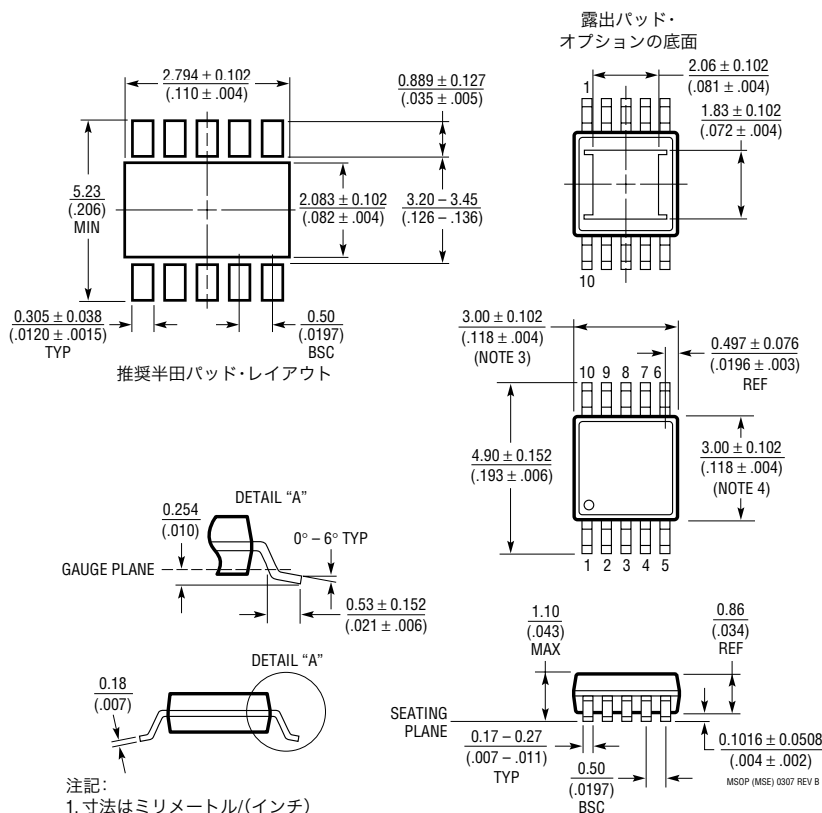
推奨する半田パッドのピッチと寸法

注記:

1. 図はJEDECパッケージ・アウトラインMO-229のバリエーション(WEED-2)になる予定。バリエーションの指定の現状についてはLTCのWebサイトのデータシートを参照
2. 図は実寸とは異なる
3. すべての寸法はミリメートル

4. パッケージ底面の露出パッドの寸法にはモールドのバリを含まない。モールドのバリは(もしあれば)各サイドで0.15mmを超えないこと
5. 露出パッドは半田メッキとする
6. 網掛けの部分はパッケージのトップとボトムのピン1の位置の参考に過ぎない

**MSEパッケージ**  
**10ピン・プラスチックMSOP、露出ダイ・パッド**  
 (Reference LTC DWG # 05-08-1664 Rev B)



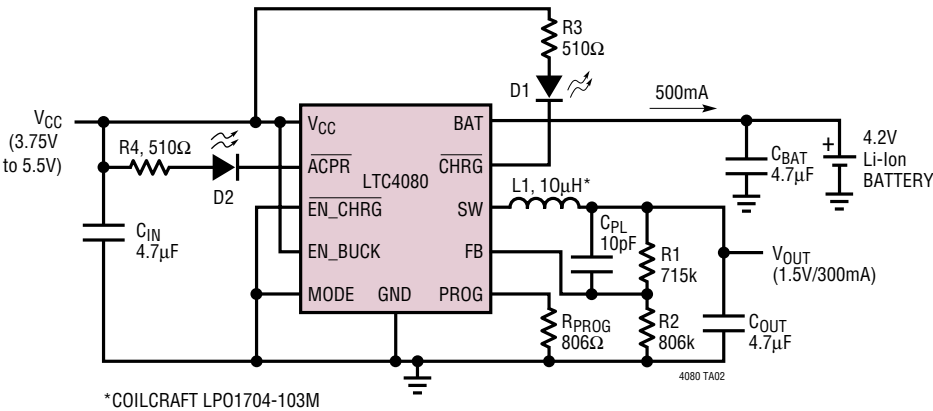
注記:

1. 寸法はミリメートル/(インチ)
2. 図は実寸とは異なる
3. 寸法にはモールドのバリ、突出部、またはゲートのバリを含まない。モールドのバリ、突出部、またはゲートのバリは、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
4. 寸法には、リード間のバリまたは突出部を含まない。リード間のバリまたは突出部は、各サイドで0.152mm(0.006")を超えないこと
5. リードの平坦度(整形後のリードの底面)は最大0.102mm(.004")であること

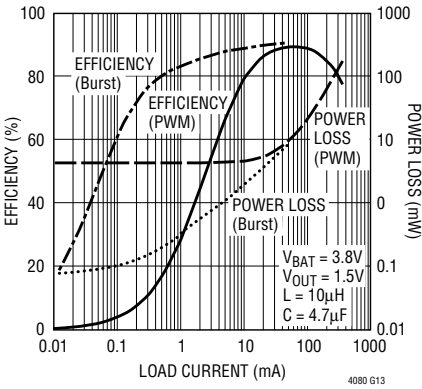
4080fa

標準的応用例

1.5V降圧レギュレータ付きリチウムイオン・バッテリーチャージャ



降圧効率と負荷電流  
(VOUT = 1.5V)



関連製品

製品番号	説明	注釈
<b>バッテリーチャージャ</b>		
LTC3550	出力を調節可能な600mA降圧コンバータ付きデュアル入力USB/ACアダプタ・リチウムイオン・バッテリーチャージャ	同期式降圧コンバータ、効率:93%、調節可能な出力:600mA、充電電流:950mA、プログラム可能なUSB互換の自動入力電源検出および選択機能
LTC3550-1	600mA降圧コンバータ付きデュアル入力USB/ACアダプタ・リチウムイオン・バッテリーチャージャ	同期式降圧コンバータ、効率:93%、出力:600mAで1.875V、充電電流:950mA。プログラム可能なUSB互換の自動入力電源検出および選択機能
LTC4053	USB互換のモノリシック・リチウムイオン・バッテリーチャージャ	プログラム可能なタイマ付きスタンドアローン・チャージャ、充電電流:最大1.25A
LTC4054	内蔵バスタージスタ付きスタンドアローン・リチウムイオン・バッテリーチャージャ(ThinSOT™パッケージ)	サーマル・レギュレーションにより過熱を防止、C/10終了
LTC4061	サーミスタ用インタフェース付きスタンドアローン・リチウムイオン・チャージャ	4.2V±0.35%のフロート電圧、充電電流:最大1A、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4061-4.4	サーミスタ用インタフェース付きスタンドアローン・リチウムイオン・チャージャ	4.4V(最大)±0.4%のフロート電圧、充電電流:最大1A、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4062	マイクロパワー・コンバータ付きスタンドアローン・リニア・リチウムイオン・バッテリーチャージャ	充電電流:最大1A、USBポートから充電、サーマル・レギュレーション、3mm×3mm DFNパッケージ
LTC4063	リニア・レギュレータ付きリチウムイオン・チャージャ	充電電流:最大1A、100mA/125mV LDO、3mm×3mm DFNパッケージ
<b>パワーマネージメント</b>		
LTC3405/LTC3405A	300mA (IOUT)、1.5MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	効率:95%、VIN:2.7V~6V、VOUT = 0.8V、IQ = 20μA、ISD < 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3406/LTC3406A	600mA (IOUT)、1.5MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	効率:95%、VIN:2.5V~5.5V、VOUT = 0.6V、IQ = 20μA、ISD < 1μA、ThinSOTパッケージ
LTC3411	1.25A (IOUT)、4MHz同期式降圧DC/DCコンバータ	効率:95%、VIN:2.5V~5.5V、VOUT = 0.8V、IQ = 60μA、ISD < 1μA、MSパッケージ
LTC3440	600mA (IOUT)、2MHz同期式昇降圧DC/DCコンバータ	効率:95%、VIN:2.5V~5.5V、VOUT = 2.5V、IQ = 25μA、ISD < 1μA、MSパッケージ
LTC4411/LTC4412	ThinSOTの低損失PowerPath™コントローラ	DCソース間の自動切替え、負荷分担、OR結合ダイオードの代替
LTC4413	DFNパッケージのデュアル理想ダイオード	2チャンネル理想ダイオードによるOR結合、低い順方向オン抵抗、低い安定化された順方向電圧、2.5V ≤ VIN ≤ 5.5V

ThinSOTとPowerPathはリニアテクノロジー社の商標です。