

バッテリーマネジメントシステム リファレンスデザイン

EnerCera[®] Pouch + Nano Energy[™] コラボレーションボード

REFLVBMS001-EVK-001

はじめに

このユーザーズガイドは EnerCera[®] Pouch + Nano Energy[™] コラボレーションボード を動作させ評価を行うために必要な情報や手順を記載しております。基板回路図、周辺部品表、及び操作手順、アプリケーションデータが記載されています。

本基板は EnerCera と NanoEnergy の特性を簡易評価していただく目的で作成しており、品質に対する保証はできかねますのでご了承ください。また、本評価用ボードは、研究開発の目的のため研究開発施設においてのみ使用される専門家の為のボードです。このボードは、量産製品もしくはその一部に使用する事は目的としていません。

注) EnerCera[®]は、日本ガイシ株式会社の登録商標です。

注) Nano Energy[™]は、ローム株式会社の商標または登録商標です。

紹介

このコラボレーションボードは、日本ガイシ株式会社製二次電池 EnerCera Pouch を充電し、EnerCera に蓄電された電力を降圧・安定化して出力する機能を備えています。Nano Energy 技術を搭載した電源と RESET IC により、電池の駆動時間を最大限に伸ばすことが可能です。

これらの機能を実現する、リニアチャージャー、RESET IC、降圧 DC/DC コンバータの各 IC の仕様については、ローム株式会社ホームページ掲載のデータシートをご参照ください。また、EnerCera Pouch の仕様は、日本ガイシ株式会社ホームページ掲載の情報を参照ください。

日本ガイシ株式会社 (<https://www.ngk.co.jp/>)

Enercera 特設 Web サイト (<https://enercera.ngk-insulators.com/>)

バッテリー	EnerCera EC382704P-C
ローム株式会社 (https://www.rohm.co.jp/)	
リニアチャージャー	BD71631QWZ
降圧 DC/DC コンバータ	BD70522GUL
RESET	BD5230NVX

保管上のご注意

本ボードには、バッテリーが搭載されています。

保管時にはバッテリーの+極と-極の端子間が金属などでショートされないように袋に入れて保管するなどの処置をお願いいたします。また、基板上の EN のジャンパを L に設定していただき、DC/DC コンバータはオフさせていただきます。

動作条件

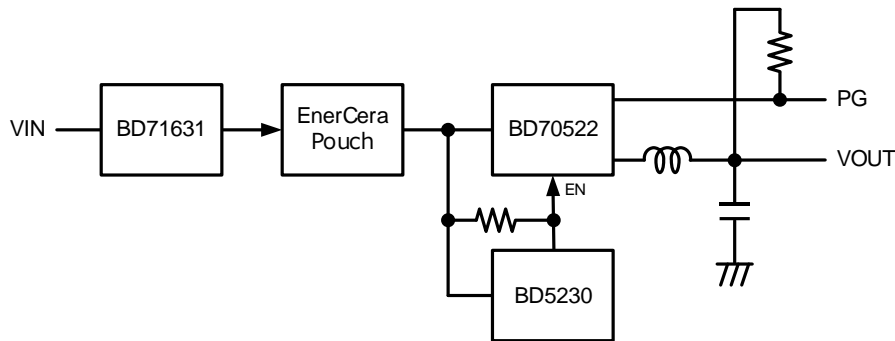


Figure 1 : EnerCera (バッテリー) と各 IC の簡易接続図

Figure 1 はコラボレーションボードの構成図を示しています。VIN 端子に電圧を印加することで充電 IC (BD71631) から EnerCera への充電が開始されます。充電が必要ない場合は VIN 端子をオープンとしてください。RESET IC (BD5230) は EnerCera の端子電圧を常に監視しており、EnerCera の電圧が 3.0V 以下になると DC/DC コンバータの動作を強制的に停止させます。DC/DC コンバータ (BD70522) は EnerCera に蓄積された電力を高効率で降圧変換し、最大 500mA まで出力可能です。放電可能時間は EnerCera の蓄積されている電力で決定されます。PG 端子は、DC/DC コンバータの出力電圧の監視状況を出力しており、正常動作中は High (VOUT) となります。

以下に、EnerCera Pouch + Nano Energy コラボレーションボードの推奨動作条件を示します。

項目	記号	最小	標準	最大	単位	条件
充電入力電圧	V_{IN}	4.5	-	5.5	V	充電電流 \leq 100mA, CV+0.3V
出力電流	I_{OUT}	-	-	0.5	A	
PG 端子シンク電流	I_{PG}	-	-	10	mA	
動作周囲温度 (充電)	$T_{a,chg}$	0	-	45	°C	EnerCera Pouch の規定による
動作周囲温度 (放電)	$T_{a,dischg}$	-20	-	45	°C	EnerCera Pouch の規定による

Table 1 : 推奨動作条件

代表的な特性を以下に示します。詳細特性は各 IC のデータシートをご参照ください。

項目	記号	最小	標準	最大	単位	条件
バッテリー監視検出電圧	V_{detect}	2.925	3.000	3.075	V	DC/DC コンバータオフ電圧
バッテリー監視解除電圧	$V_{release}$	3.105	3.150	3.195	V	DC/DC コンバータオン電圧
出力電圧設定範囲	V_{OUTSEL}	1.2	-	3.3	V	9 段階設定
出力電圧精度	V_{TOL}	-2.0	0.0	2.0	%	$I_{out} = 10mA$
VOUT 監視検出電圧	V_{PGdet}	-	95% of VOUT	-	V	VOUT スリープアップ
VOUT 監視解除電圧	V_{PGrel}	-	90% of VOUT	-	V	VOUT スリープダウン
PG 出力リーク電流	I_{PGleak}	-	0.0	1.0	μA	
PG 出力 Low レベル電圧	V_{PGlow}	-	0.0	0.3	V	$I_{sink} = 1mA$
充電電圧	V_{CHG}	-	4.143	-	V	$R4 = 620k\Omega, R5 = 105k\Omega$ 2V~4.7V 設定可能
充電電流	I_{CHG}	-	13	-	mA	$R2 = 39k\Omega, 1mA \sim 300mA$ 設定可能
終端電流	I_{TERM}	-	1.28	-	mA	$R3 = 39k\Omega, 50\mu A \sim 10mA$ 設定可能

Table 2 : IC の代表規格値 (抜粋)

ボード概要

本ボードは、超薄型の EnerCera Pouch と超小型パッケージに封止した Nano Energy IC により低背・省面積実装を実現しております。同一基板上に、バッテリーをマネジメントする充電機能と放電機能を有しているため「電池 + 電源」のトータル特性が評価可能です。

また、EnerCera Pouch は様々なタイプがラインアップされており、これらの端子形状が同じのため入れ替えて評価することも可能です。（使用する EnerCera Pouch に合わせて充電 IC の充電電流設定抵抗値を変更することが必要です。）



Figure 2 : コラボレーションボード実装製品

【ご紹介】 EnerCera の薄さを活かした基板構成

EnerCera Pouch を裏面に実装すれば 電池実装面積は実質ゼロとなり IoT デバイスの小型化・薄型化に貢献できます。

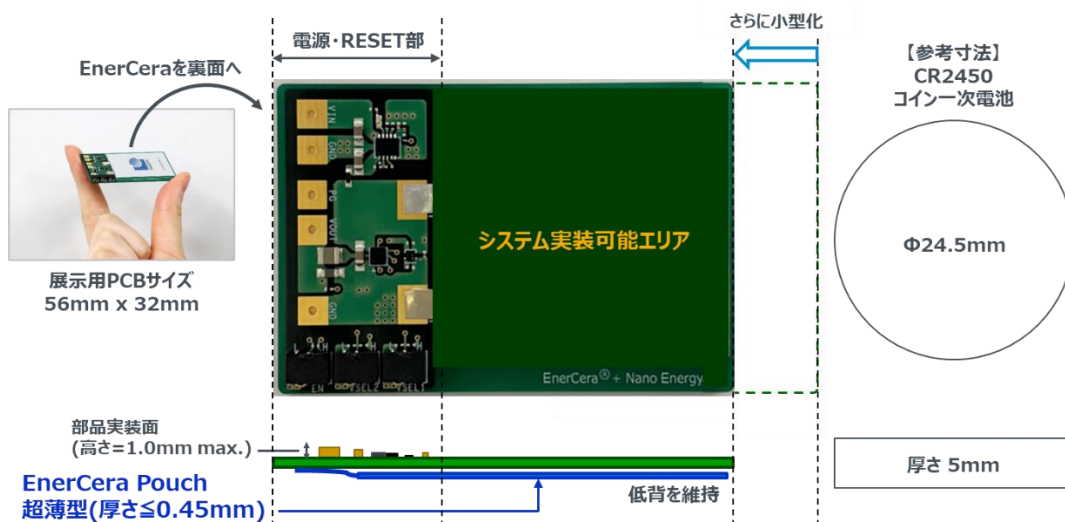


Figure 3 : EnerCera Pouch の薄さを活かした実装例

ボード写真



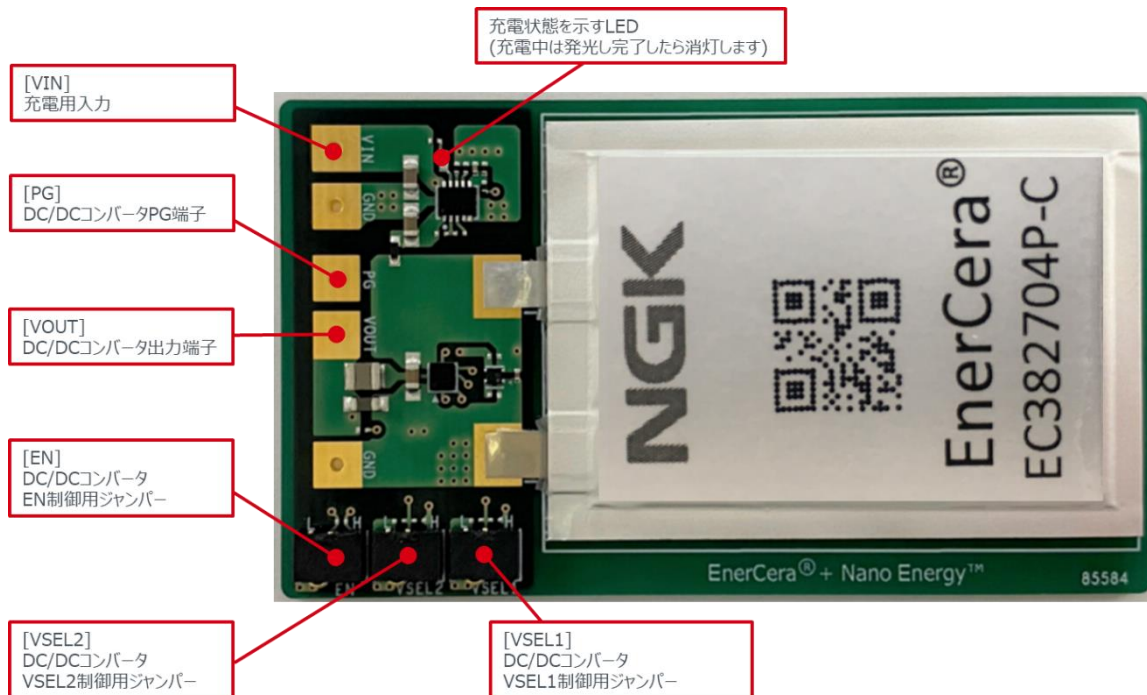
Top View



Bottom View

Figure 4 : コラボレーションボード写真

ボード説明



出荷時の端子設定は EN=L、VSEL1=L、VSEL2=L に設定しております。

Figure 5 : コラボレーションボード端子・ジャンパ説明

ジャンパ設定について

各ジャンパには、株式会社マックエイト製の HHP-3 を使用しています。H レベル、L レベルを設定する際には、HHP-3 の中央の端子をシルクで指定している H 側端子、L 側端子にショートしてください。

また、EN のジャンパを外した状態では中央の端子から DC/DC コンバータの EN を直接制御でき、H 側端子から EnerCera の出力電圧を監視している RESET の出力をモニタ出来ます。

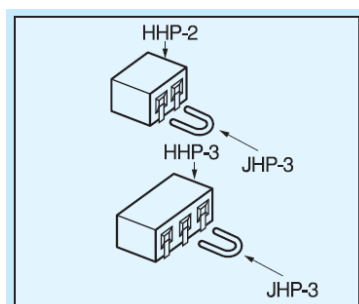
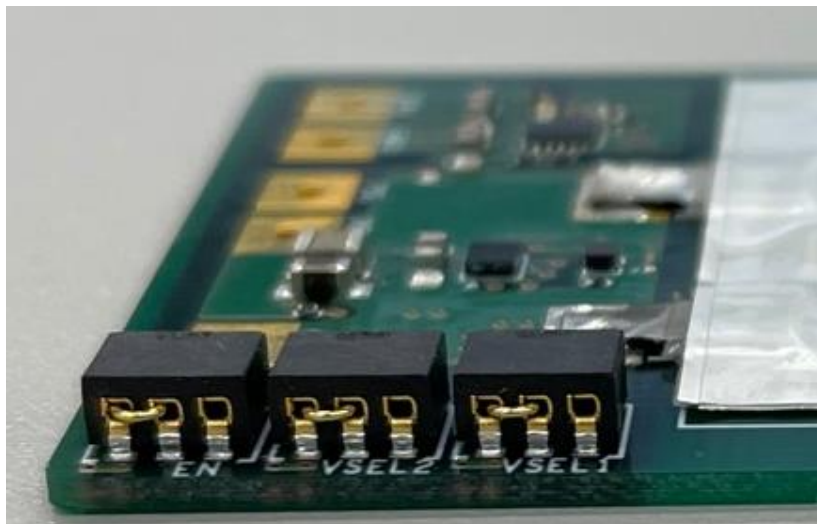
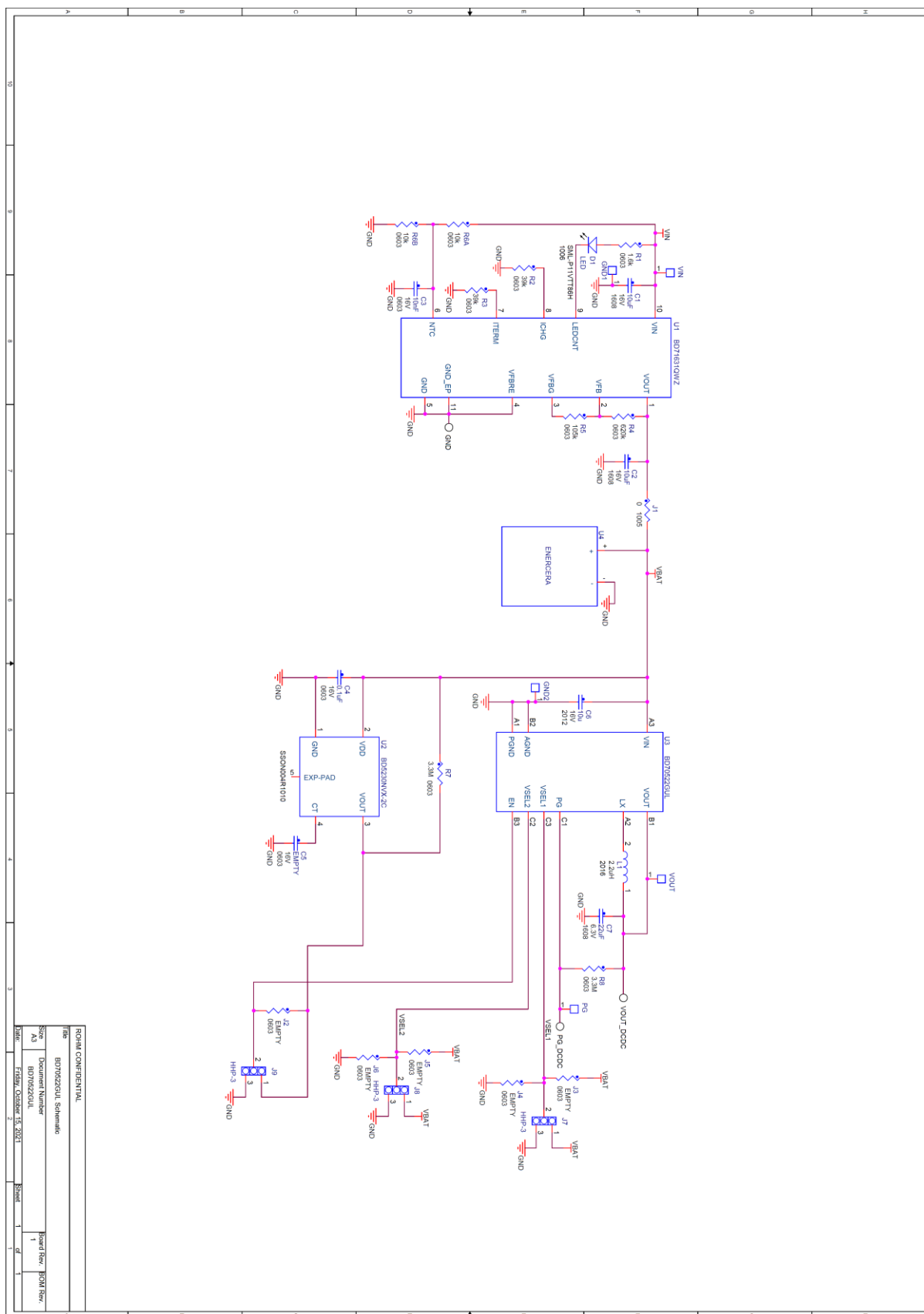


Figure 6 : 端子ジャンパ説明

ボード回路図



※部品定数値は次ページの部品表を参照してください。

Figure 7 : 基板回路図

部品表

Unit	Part	Value	Description		
Charger	U1	-	IC	ROHM	BD71631QWZ
	R1	1.6kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF1601
	R2	39kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF3902
	R3	39kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF3902
	R4	620kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF6203
	R5	105kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF1053
	R6A	10kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF1002
	R6B	10kΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPZF1002
	C1	10μF	Capacitor	TDK	C1608X5R1A106K
	C2	10μF	Capacitor	TDK	C1608X5R1A106K
	C3	10nF	Capacitor	TDK	C0603X7R1A103K
	D1	-	LED	ROHM	SML-P11VTT86RH
RESET	U2	-	IC	ROHM	BD5230NVX
	R7	3.3MΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPF3304
	C4	0.1μF	Capacitor	TDK	C0603X5R1A104K
	C5	EMPTY	Capacitor		
DC/DC	U3	-	IC	ROHM	BD70522GUL
	R8	3.3MΩ	Resistor	ROHM	MCR006PLPF3304
	C6	10μF	Capacitor	TDK	C1608X5R1A106K
	C7	22μF	Capacitor	TDK	C1608X5R0J226M
	L1	2.2μH	Inductor	TDK	TFM201610ALM-2R2MTAA
Battery	U4	-	EnerCera	日本ガイシ	EnerCera EC382704P-C
Other	J1	0Ω	Jumper	ROHM	PMR01ZZPJ000
	J2	EMPTY	Jumper		
	J3	EMPTY	Jumper		
	J4	EMPTY	Jumper		
	J5	EMPTY	Jumper		
	J6	EMPTY	Jumper		
	J7	-	Jumper	マックエイト	HHP-3
	J8	-	Jumper	マックエイト	HHP-3
	J9	-	Jumper	マックエイト	HHP-3

Table 3 : コラボレーションボード実装部品表

ボード動作手順

■ EnerCera への充電手順

VIN と GND 間に 4.5V~5.5V（電流能力 20mA 以上）の DC 電圧を入力してください。

EnerCera への充電中は LED が点灯し、充電が完了すると消灯します。

※EN ジャンパが H の状態のときは、充電中も DC/DC コンバータが動作し PG=H となります。

■ DC/DC 出力手順

DC/DC コンバータを動作させるには EN=H としてください。

起動が完了すると PG 端子が 0V から VOUT 設定電圧 に変化します。

■ DC/DC 出力電圧設定手順

① EN=L として DC/DC コンバータをオフしてください。

② VSEL1 と VSEL2 のジャンパ状態を設定したい出力電圧設定（下表）にしてください。

③ 再度、EN=H とすると DC/DC コンバータが起動し、設定した出力電圧が VOUT 端子から出力されます。

VOUT	VSEL1	VSEL2
1.2V	L	OPEN
1.5V	OPEN	L
1.8V	L	L
2.0V	H	L
2.5V	OPEN	H
2.8V	H	OPEN
3.0V	OPEN	OPEN
3.2V	L	H
3.3V	H	H

Table 4 : VSEL ジャンパによる DC/DC コンバータ出力電圧設定

充電 IC(BD71631QWZ)の動作について

充電 IC (BD71631QWZ) は、外付け抵抗で様々なパラメータを設定可能です。出荷時のボードでは、標準的な部品設定となっておりますが、特性を調整する場合には以下をご参照ください。

Figure 8 は BD71631QWZ の充電ステートです。

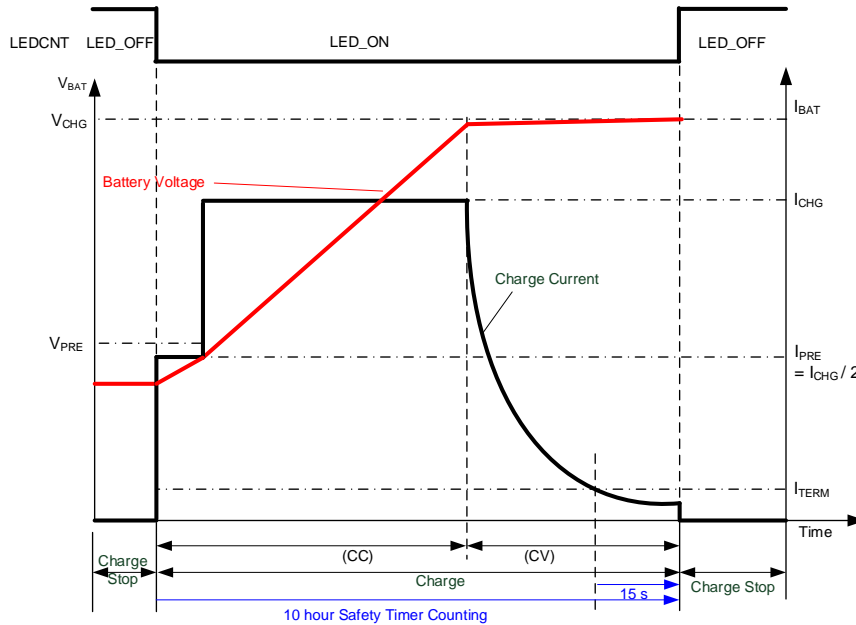


Figure 8 : 充電プロファイル

Figure 8 左側の Charge Stop の箇所は Figure 9 の SUSPEND の状態で充電は停止しています。

Charge の箇所では充電が開始され、充電電流 I_{PRE} か I_{CHG} が流れます。

プリチャージ電流 I_{PRE} は、バッテリー電圧がプリチャージ電圧 V_{PRE} に達するまで流れます。 I_{PRE} は $I_{CHG} / 2$ の定電流 (CC) で充電され、充電電流 I_{CHG} が流れます。

バッテリー電圧がプリチャージ電圧 V_{PRE} に達すると、定電流 (CC) で充電され、充電電流 I_{CHG} が流れます。

バッテリー電圧が V_{CHG} 電圧に達すると、定電圧 (CV) で充電され、充電電流が減少します。

充電電流が終止電流 I_{TERM} に達すると TOP-OFF 状態になり、15 秒経過すると DONE 状態になり、Charge stop となります。

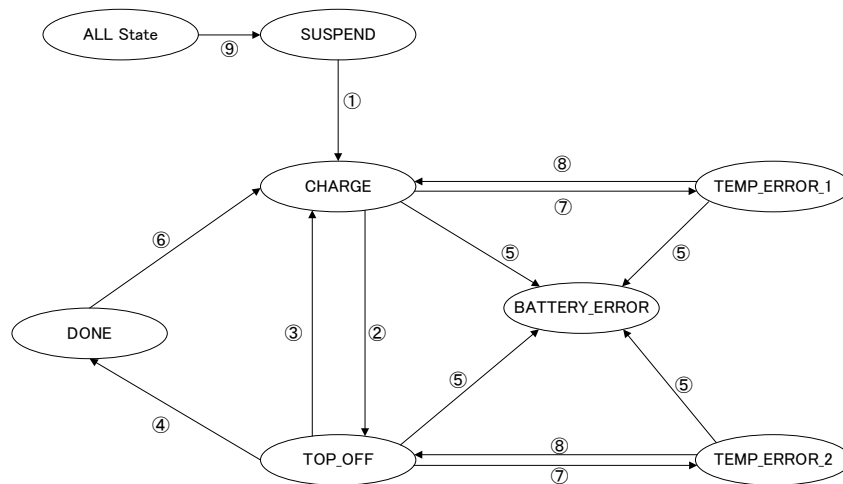


Figure 9 : 充電ステート

充電 IC(BD71631QWZ)の動作について — 続き

No.	ステート遷移	条件
①	SUSPEND -> CHARGE	UVLO, TSD 未検出 VIN > V _{BAT} +0.3 V V _{BAT} OVP 未検出 Temp Error 未検出 上記条件を 25ms 継続
②	CHARGE -> TOP_OFF	充電電流 < I _{TERM} 上記条件を 25ms 継続
③	TOP_OFF -> CHARGE	充電電流 > I _{TERM} 上記条件を 25ms 継続
④	TOP_OFF -> DONE	③の条件を 15s 継続
⑤	CHARGE or TOP_OFF or TEMP_ERROR_1 or TEMP_ERROR_2 -> BATTERY ERROR	V _{BAT} OVP 検出 または、10 時間のセーフティタイムを経過
⑥	DONE -> CHARGE	V _{BAT} < 再充電電圧 上記条件を 25ms 継続
⑦	CHARGE -> TEMP_ERROR_1 or TOP_OFF -> TEMP_ERROR_2	Temp Error 検出 上記条件を 25ms 継続
⑧	TEMP_ERROR_1 -> CHARGE or TEMP_ERROR_2 -> TOP_OFF	Temp Error 未検出 上記条件を 25ms 継続
⑨	ALL State -> SUSPEND	UVLO, TSD 検出 または、VIN < V _{BAT} +0.3 V

Table 5 : 充電ステート遷移条件

ステート	バッテリー充電	10 時間 セーフティタイム	LEDCNT
SUSPEND	停止	停止とリセット	Hi-Z
CHARGE	充電	カウント	Low
TOP_OFF	充電	カウント	Low
DONE	停止	停止とリセット	Hi-Z
BATTERY_ERROR	停止	停止とリセット	Hi-Z
TEMP_ERROR_1	停止	カウント	Hi-Z
TEMP_ERROR_2	停止	カウント	Hi-Z

Table 6 : セーフティタイム LEDCNT ステート毎の内部制御設定

充電 IC (BD71631QWZ) の部品設定

1. 充電電圧 (V_{CHG})、再充電電圧 (V_{RECHG}) の設定

充電電圧 V_{CHG} は、次の式で設定できます。

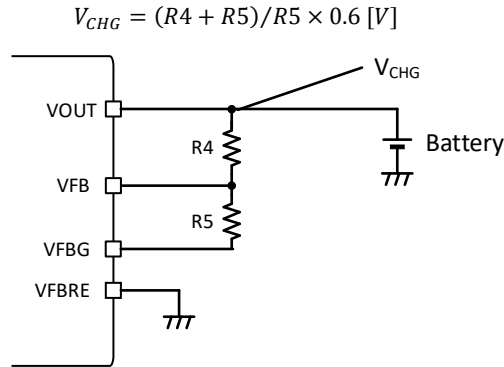


Figure 10 : V_{CHG} 抵抗設定

再充電電圧を設定する場合は VREBRE 端子に抵抗 RFBRE1 と RFBRE2 を追加して、下記で求められます。

$$V_{RECHG} = (RFBRE1 + RFBRE2) / RFBRE2 \times 0.6 [V]$$

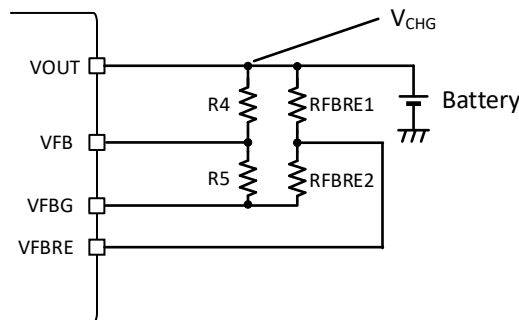


Figure 11 : V_{RECHG} 抵抗設定

これらのフィードバック抵抗について動作設定の参考例は下記となります。

充電条件	V _{CHG} = 4.143 V	V _{CHG} = 2.2 V	V _{CHG} = 4.2 V
	V _{RECHG} = Disable	V _{RECHG} = Disable	V _{RECHG} = 3.9 V
抵抗値 [Ω]			
R4	620 k	200 k	600 k
R5	105 k	75 k	100 k
RFBRE1	-*	-*	1.1 M
RFBRE2	-*	-*	200 k

*VFBRE 端子を GND に接続

Table 7 : 抵抗 参考値

充電 IC (BD71631QWZ) の部品設定 — 続き

FB 端子と FBRE 端子の外部抵抗で発生する電流について

VFBG 端子と GND 端子の間に Nch FET が内蔵されています。

VIN 端子を接続すると、Nch FET がオンになり、バッテリーから外付け抵抗に電流が流れます。

VIN 端子が切断されると、Nch FET がオフになり、バッテリーから外付け抵抗に電流が流れなくなります。

VFBRE 端子を GND に接続し再充電を無効とした場合、VIN が接続されていても、充電が完了すると内部 Nch FET がオフになり、外付け抵抗に電流が流れなくなります。

2. 充電電流、終止電流の設定

充電電流 I_{CHG} は、外付け抵抗 $R2$ を用いて、次の式で設定できます。

$$I_{CHG} = (500000 / R2 [\Omega])[mA]$$

充電電流の使用範囲には、VIN と VOUT 間の電圧に制限があります。VIN \geq 4 V で VIN-VOUT \geq 1 V の条件で 300mA まで、VIN \geq 4 V で VIN-VOUT \geq 0.3 V の条件で 100 mA まで、2.9 V \leq VIN \leq 5.5 V で VIN-VOUT \geq 0.3V の条件で 30mA までで外付け抵抗で設定できます。

終止電流 I_{TERM} は、外付け抵抗 $R3$ を用いて、次の式で設定できます。

終止電流は外付け抵抗で 50 μ A から 10mA に設定できます。

$$I_{TERM} = (50000 / R3 [\Omega])[mA]$$

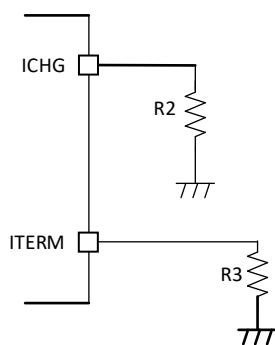


Figure 12 : ICHG、ITERM 抵抗設定

充電 IC (BD71631QWZ) の部品設定 — 続き

3. 充電電流とバッテリー温度について

NTC サーミスタを使用してバッテリーの温度を監視することが可能です。

Figure 13 の温度プロファイルのように、電池の温度によって充電電流が制御されます。

これは、Figure 14 の NTC サーミスタとプルアップ抵抗によって設定されます。

成分定数は、各温度での NTC 端子の電圧に応じて設定できます。

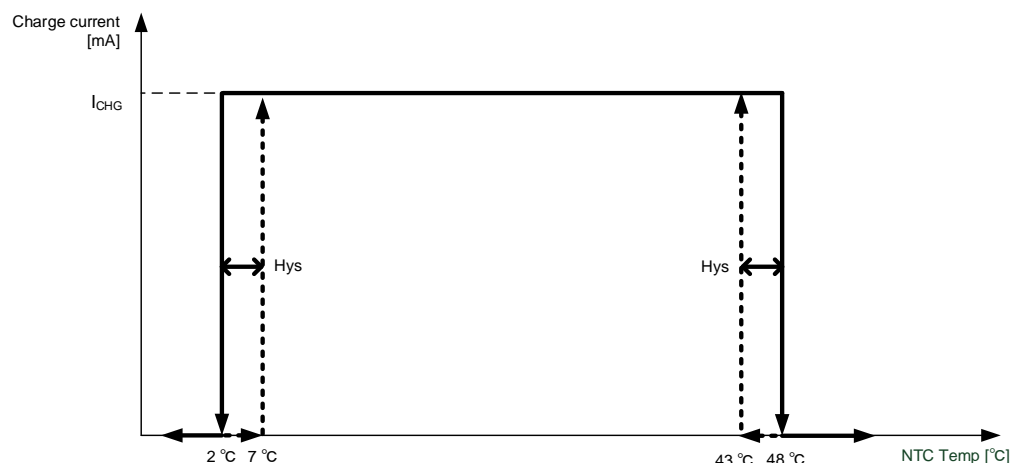
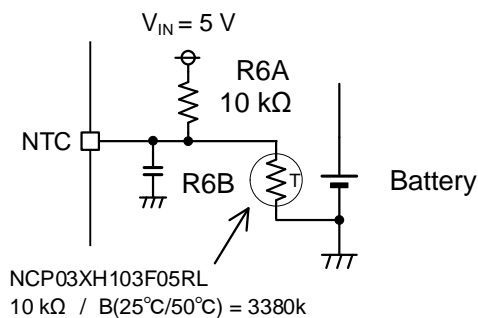


Figure 13 : 充電電流 vs バッテリー温度



NTC 端子電圧 (V_{NTC_Cold} 、 V_{NTC_Hot})

2 °C: 3.605 V

7 °C: 3.375 V

43 °C: 1.720 V

48 °C: 1.535 V

Figure 14 : NTC 端子の抵抗設定

充電 IC (BD71631QWZ) の部品設定 — 続き

NTC 端子の外部抵抗と NTC 定数の求め方は以下の通りです。

R6A と R6B を計算するときは、Figure 13 の NTC サーミスタの温度プロファイルで、充電が停止するときの抵抗分圧値 V_{Hot} と V_{Cold} を計算します。

% V_{Cold} および % V_{Hot} しきい値の誤差は、選択した NTC サーミスタの抵抗と温度係数 B に依存します。

模擬計算により、各温度での NTC 端子電圧の誤差が小さくなるように抵抗値を求めます。

$$V_{Cold} = \left(\frac{R_{NTC_cold}}{R_{NTC1} + R_{NTC_cold}} \right) \times V_{IN} [V]$$

$$V_{Hot} = \left(\frac{R_{NTC_Hot}}{R_{NTC1} + R_{NTC_Hot}} \right) \times V_{IN} [V]$$

$$\%V_{Cold} = \frac{V_{Cold}}{V_{NTC_cold}}$$

$$\%V_{Hot} = \frac{V_{Hot}}{V_{NTC_Hot}}$$

T_{Cold} および T_{Hot} 温度での NTC サーミスタの抵抗は下記のように求められます。

$$R_{NTC_cold} = R_0 \times e^{B(1/T_{cold} - 1/T_0)}$$

$$R_{NTC_Hot} = R_0 \times e^{B(1/T_{Hot} - 1/T_0)}$$

V_{Cold} : 低温での抵抗分圧の計算値

V_{Hot} : 高温での抵抗分圧の計算値

V_{NTC_Cold} : 低温での NTC 端子の検出電圧。Ta=2 °C で 3.605 V。

V_{NTC_Hot} : 高温での NTC 端子の検出電圧。Ta=48 °C で 1.535 V。

R_{NTC_Cold} : 低温での NTC 抵抗値。

R_{NTC_Hot} : 高温での NTC 抵抗値。

R_0 : Ta=25°Cでの NTC 抵抗値

B : NTC の B 定数

T_{Cold} : 低温時の温度

T_{Hot} : 高温時の温度

T_0 : 25 °C

ボードレイアウト

■ 基板情報

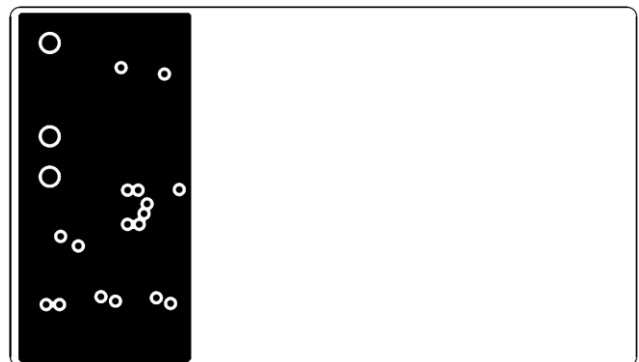
基板総数	基板材	基板寸法	銅箔厚
4	FR-4	56mm x 32mm x 1.0mm	1oz (35μm)

Table 8 : 基板情報

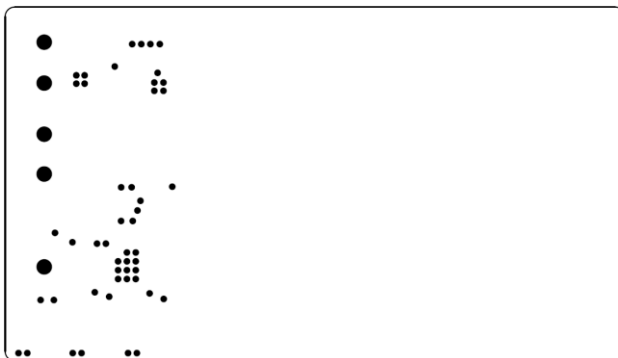
■ ボードレイアウト



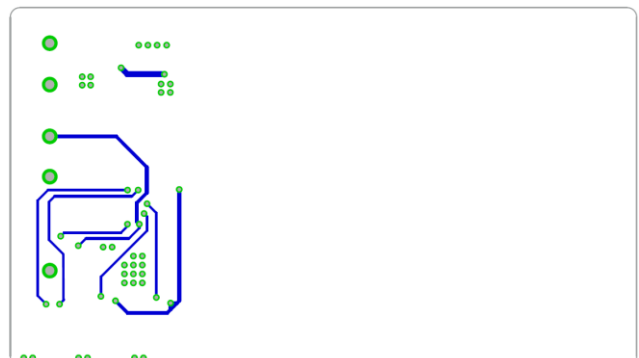
Top Layer レイアウト



Middle Layer レイアウト



Middle2 Layer レイアウト

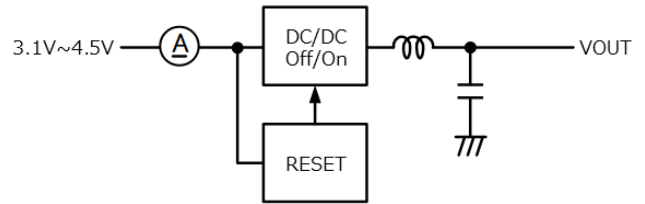
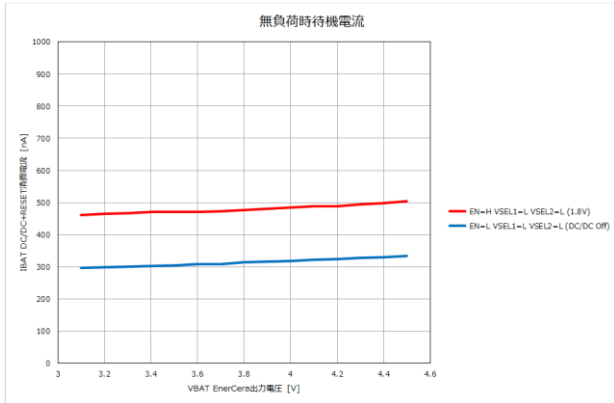


Bottom Layer レイアウト

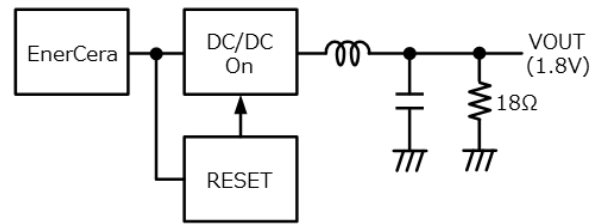
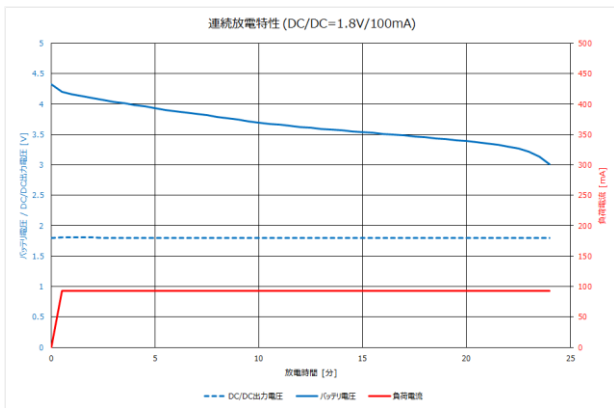
Figure 15 : コラボレーションボードレイアウト

参考アプリケーションデータ

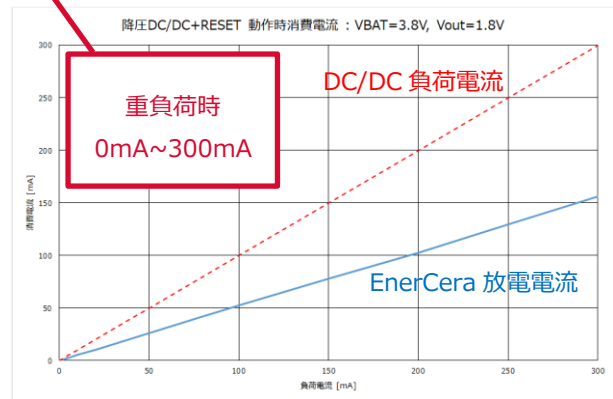
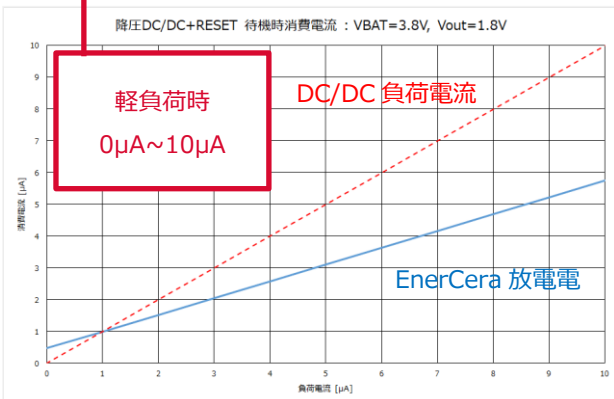
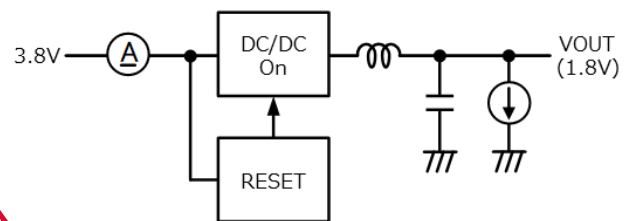
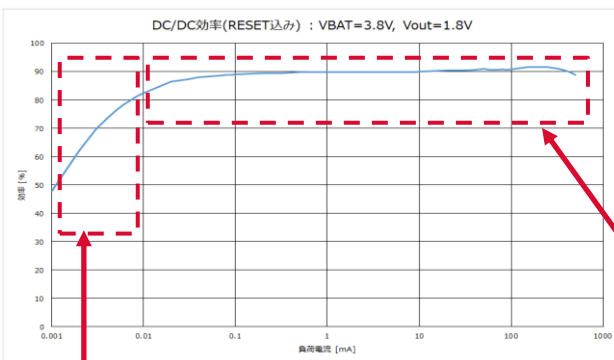
■ 無負荷時待機電流



■ 連続放電特性 (100mA 相当抵抗負荷)

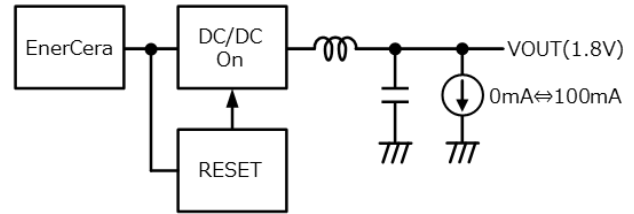
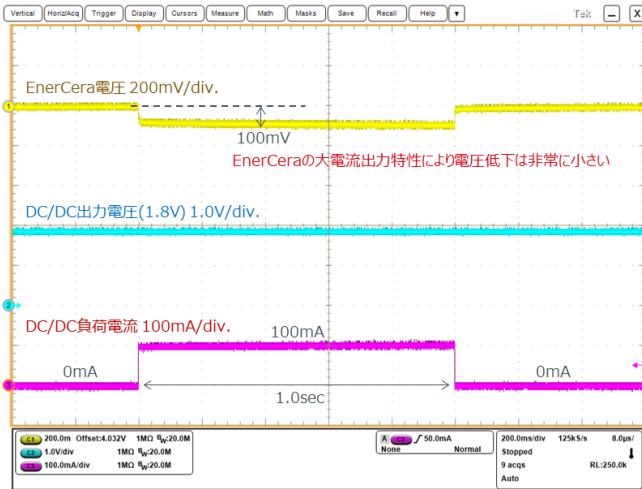


■ 待機時・動作時電流



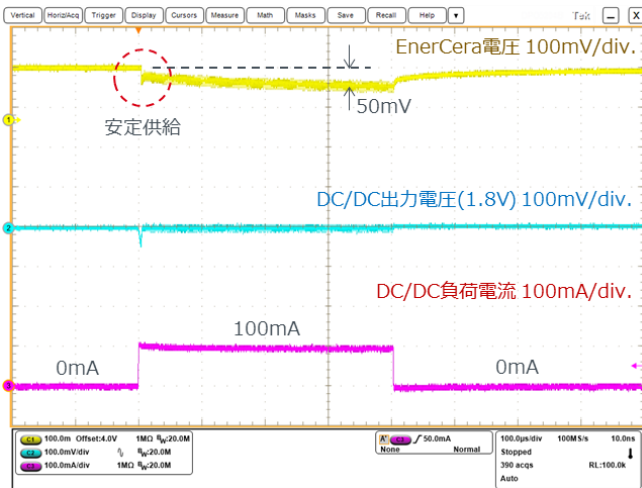
参考アプリケーションデータ — 続き

■ 放電波形

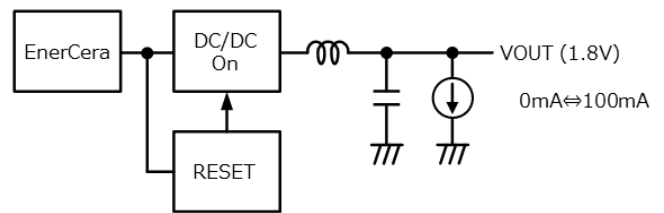


■ 負荷急変時波形 (1/2)

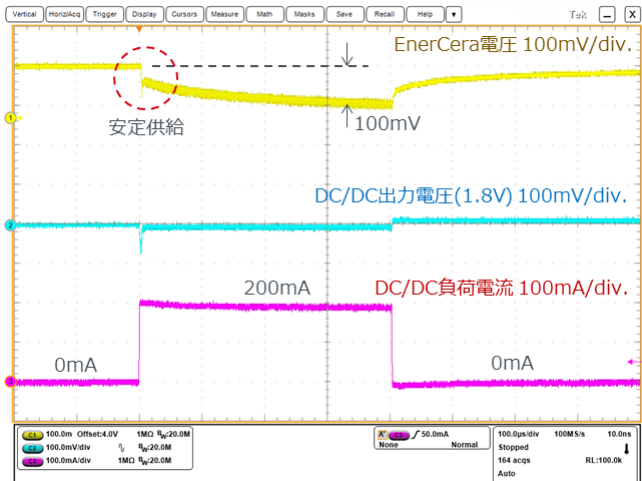
0mA⇔100mA 負荷応答時波形



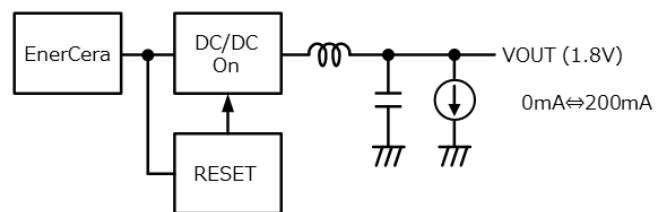
※ 負荷電流 $t_r=t_f=1\mu\text{sec}$



0mA⇔200mA 負荷応答時波形



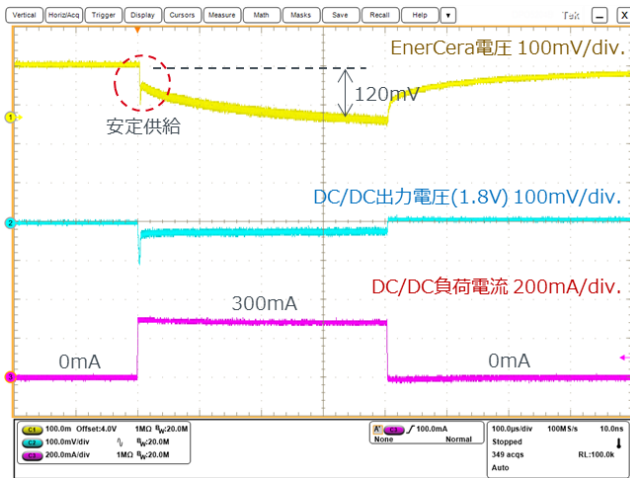
※ 負荷電流 $t_r=t_f=1\mu\text{sec}$



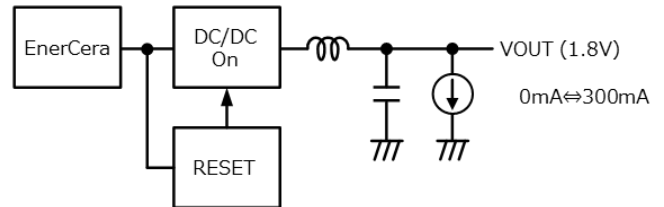
参考アプリケーションデータ — 続き

■ 負荷急変時波形 (2/2)

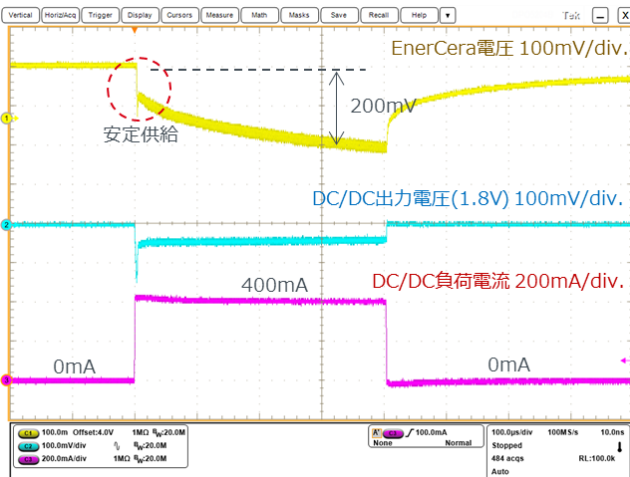
0mA⇔300mA 負荷応答時波形



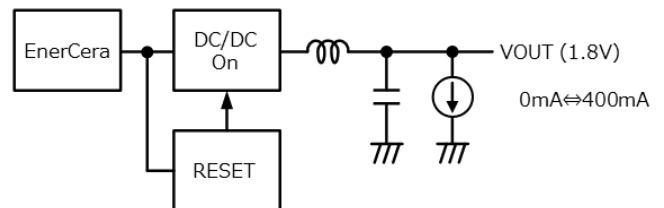
※ 負荷電流 $t_r=t_f=1\mu\text{sec}$



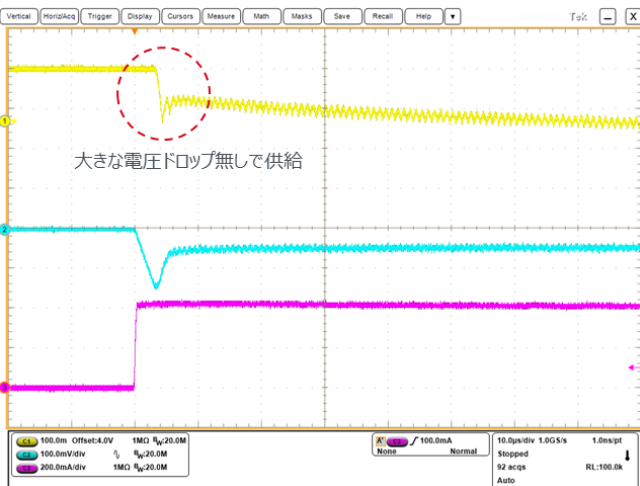
0mA⇔400mA 負荷応答時波形



※ 負荷電流 $t_r=t_f=1\mu\text{sec}$



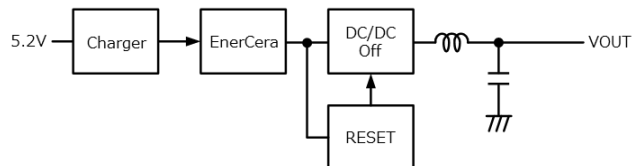
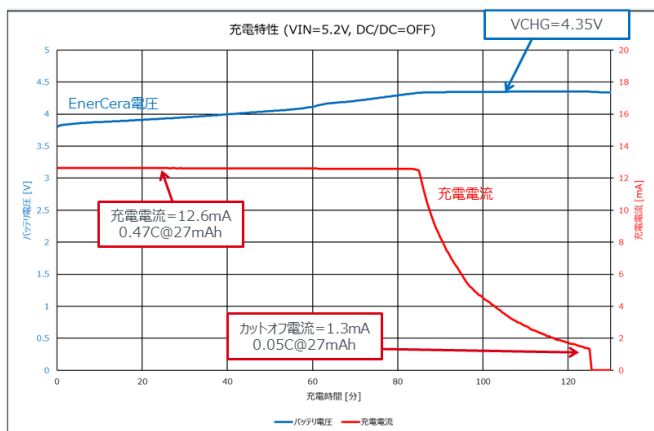
0mA⇔400mA 負荷応答時波形【拡大】



※ 負荷電流 $t_r=t_f=1\mu\text{sec}$

参考アプリケーションデータ — 続き

■ 充電特性



充電時間は目安としてください。(完全放電状態からの充電ではありません)

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上ご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>