

S-8209Bシリーズの使用例

Rev.1.3_00

S-8209Bシリーズは、セルバランス機能付バッテリー保護用ICです。

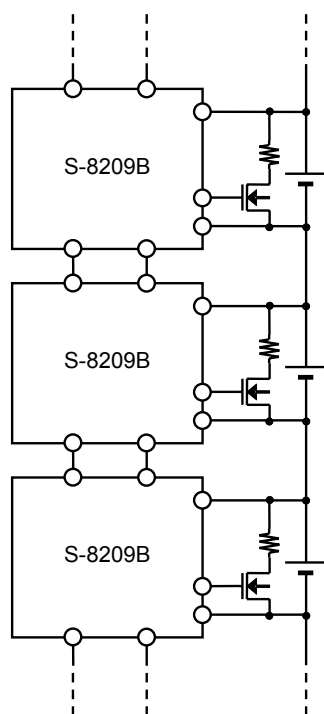
このアプリケーションノートは、S-8209Bシリーズを用いたアプリケーションについて代表的な接続例を説明した参考資料です。

製品の詳細、仕様についてはデータシートにてご確認ください。

S-8209Bシリーズを使用することにより、以下のアプリケーションが構成可能です。

- 2セル以上の多セル直列保護回路
- セルバランス機能を備えたバッテリー保護回路

• S-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路



目 次

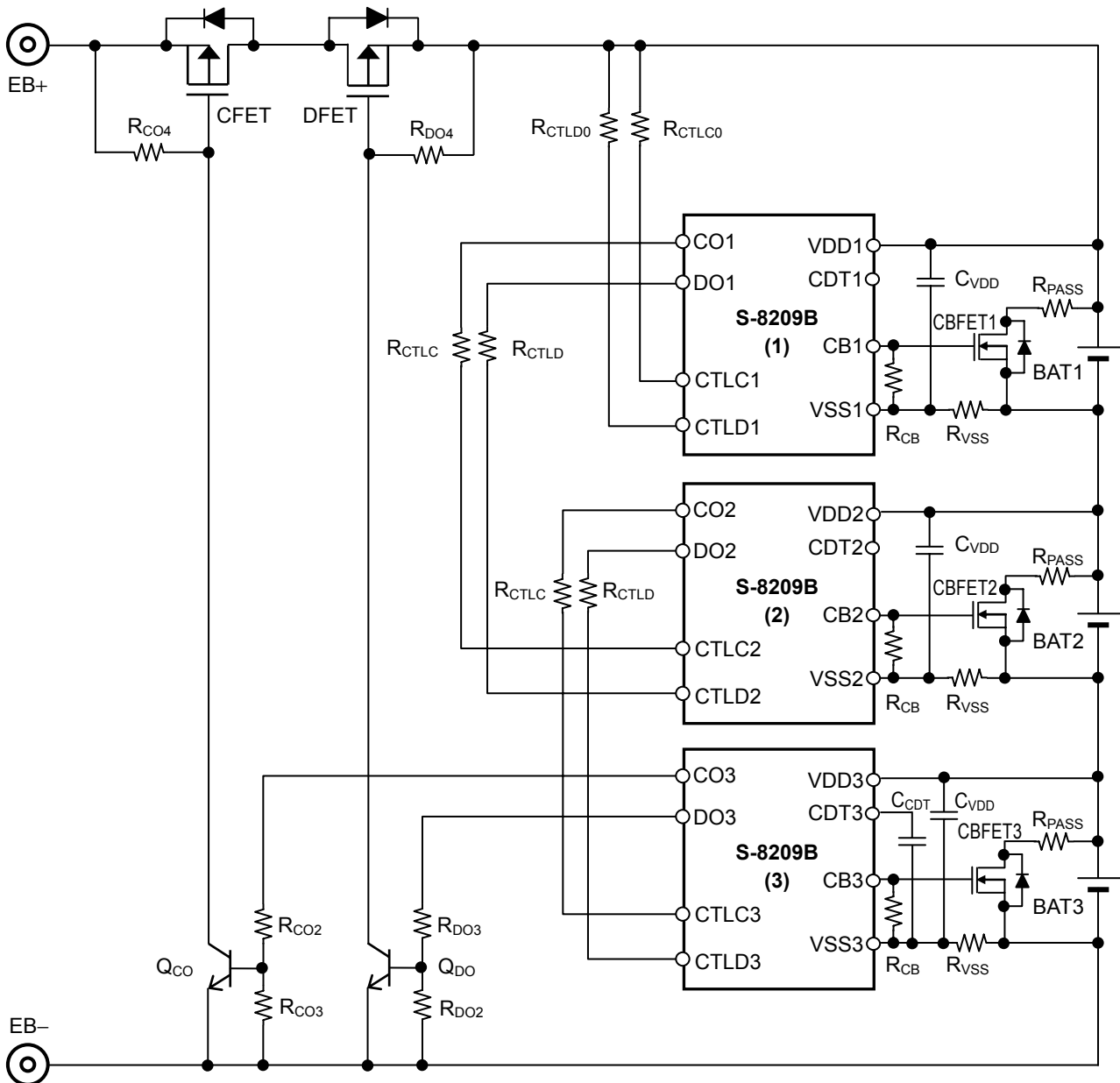
1. S-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路	3
1.1 バッテリー保護ICの接続例	3
1.2 動作説明	4
1.2.1 通常状態	4
1.2.2 充電禁止状態	5
1.2.3 放電禁止状態	6
1.2.4 セルバランス機能	7
1.2.5 遅延回路	7
1.3 タイミングチャート	8
1.3.1 過充電検出	8
1.3.2 過放電検出	9
1.4 充電セルバランス検出の実測データ	10
1.4.1 充電電流に対してバイパス電流の比率が高い場合	10
1.4.2 充電電流に対してバイパス電流の比率が低い場合	11
2. 過放電状態通信機能を追加した応用回路例	12
2.1 バッテリー保護ICの接続例	12
2.2 動作説明	13
2.3 過放電検出のタイミングチャート	14
2.4 過放電セルバランス検出の実測データ	15
2.5 外付け部品一覧	16
3. 参考回路	17
4. 注意事項	18
5. 関連資料	18

1. S-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路

S-8209Bシリーズは、CTLIC, CTLD端子を他のS-8209BシリーズのCO, DO端子と接続することで、複数の直列接続された電池の保護回路を構成することが可能です。

1.1 バッテリー保護ICの接続例

図1にS-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路例を示します。



備考 各外付け部品の定数については、「2.5 外付け部品一覧」を参照してください。

図1

- 注意 1. 上記定数は予告なく変更することがあります。
2. 上記接続例および定数は、動作を保証するものではありません。実際のアプリケーションで十分な評価の上、定数を設定してください。

1.2 動作説明

ここでは、図1に示したS-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路例の動作について説明します。

1.2.1 通常状態

以下に、通常状態の動作を説明します。

S-8209B (1) はCTL1, CTLD1端子がそれぞれVDD1電位へプルアップされているため、BAT1が過放電検出電圧 (V_{DL}) より高く、かつ過充電検出電圧 (V_{CU}) 未満であれば通常状態となります。CO1, DO1端子はともにVDD1電位となります。

S-8209B (2) はCTL2, CTLD2端子がそれぞれCO1, DO1端子によりVDD1電位へプルアップされているため、BAT2が V_{DL} より高く、かつ V_{CU} 未満であれば通常状態となります。CO2, DO2端子はともにVDD2電位となります。

S-8209B (3) はCTL3, CTLD3端子がそれぞれCO2, DO2端子によりVDD2電位へプルアップされているため、BAT3が V_{DL} より高く、かつ V_{CU} 未満であれば通常状態となります。CO3, DO3端子はともにVDD3電位となります。通常状態の各端子の状態を表1に示します。

表1

CTL端子	CTLD端子	バッテリーの状態	CO端子	DO端子
CTL1 = VDD1	CTLD1 = VDD1	$V_{DL} < BAT1 < V_{CU}$	CO1 = VDD1	DO1 = VDD1
CTL2 = VDD1	CTLD2 = VDD1	$V_{DL} < BAT2 < V_{CU}$	CO2 = VDD2	DO2 = VDD2
CTL3 = VDD2	CTLD3 = VDD2	$V_{DL} < BAT3 < V_{CU}$	CO3 = VDD3	DO3 = VDD3

通常状態のS-8209B (3) はCO3, DO3端子に外付けされたバイポーラトランジスタ (Tr1, Tr2) を通じて充電制御用FET (CFET)、放電制御用FET (DFET) をともにオンします。

したがって、EB+-EB-間に接続された充電器もしくは負荷による充放電が可能です。

1.2.2 充電禁止状態

以下に、S-8209B (1) が過充電を検出し、S-8209B (2), (3) が通常状態の場合を例に、充電禁止状態の動作を説明します。

S-8209B (1) はBAT1が充電により V_{CU} 以上になると過充電状態となり、CO1端子がハイインピーダンスとなります。

S-8209B (2) のCTLC2端子は、CTLC端子シンク電流 (I_{CTLCL}) によってVSS2端子にプルダウンされています。CO1端子がハイインピーダンスとなることで、CTLC2端子はVSS2電位となります。したがってCTLC2端子電位がCTLC端子L電圧 (V_{CTLCL}) 以下になったことでS-8209B (2) も過充電状態となり、CO2端子はハイインピーダンスとなります。

同様にS-8209B (3) のCTLC3端子は I_{CTLCL} によってVSS3端子にプルダウンされています。CO2端子がハイインピーダンスとなることで、CTLC3端子はVSS3電位となります。したがってCTLC3端子電位が V_{CTLCL} 以下になったことでS-8209B (3) も過充電状態となります。

この場合の各端子の状態を表2に示します。

表2

CTLC端子	CTLD端子	バッテリーの状態	CO端子	DO端子
CTLC1 = VDD1	CTLD1 = VDD1	$V_{CU} \leq BAT1$	CO1 = High-Z	DO1 = VDD1
CTLC2 = VSS2	CTLD2 = VDD1	$V_{DL} < BAT2 < V_{CU}$	CO2 = High-Z	DO2 = VDD2
CTLC3 = VSS3	CTLD3 = VDD2	$V_{DL} < BAT3 < V_{CU}$	CO3 = High-Z	DO3 = VDD3

過充電状態のS-8209B (3) は、CO3端子に外付けされたバイポーラトランジスタ (Tr1) を通じてCFETをオフします。この場合、EB+—EB—間に接続された充電器による充電が禁止されます。

以上のようにして、CO端子—CTLC端子を通じて上段 (S-8209B (1)) から下段 (S-8209B (3)) へ過充電状態が通信されます。

BAT2またはBAT3が V_{CU} 以上になった場合にも、同様に充電が禁止されます。

S-8209Bシリーズの使用例

1.2.3 放電禁止状態

以下に、S-8209B (1) が過放電を検出し、S-8209B (2), (3) が通常状態の場合を例に、放電禁止状態の動作を説明します。

S-8209B (1) はBAT1が放電により V_{DL} 以下になると過放電状態となり、DO1端子がハイインピーダンスとなります。

S-8209B (2) のCTLD2端子はCTLD端子シンク電流 (I_{CTLDL}) によってVSS2端子にプルダウンされています。DO1端子がハイインピーダンスとなることで、CTLD2端子はVSS2電位となります。したがってCTLD2端子電位がCTLD端子L電圧 (V_{CTLDL}) 以下になったことでS-8209B (2) も過放電状態となり、DO2端子はハイインピーダンスとなります。

同様にS-8209B (3) のCTLD3端子は I_{CTLDL} によってVSS3端子にプルダウンされています。DO2端子がハイインピーダンスとなることで、CTLD3端子はVSS3電位となります。したがってCTLD3端子電位が V_{CTLDL} 以下になったことでS-8209B (3) も過放電状態となります。

この場合の各端子の状態を表3に示します。

表3

CTLC端子	CTLD端子	バッテリーの状態	CO端子	DO端子
CTLC1 = VDD1	CTLD1 = VDD1	$BAT1 \leq V_{DL}$	CO1 = VDD1	DO1 = High-Z
CTLC2 = VDD1	CTLD2 = VSS2	$V_{DL} < BAT2 < V_{CU}$	CO2 = VDD2	DO2 = High-Z
CTLC3 = VDD2	CTLD3 = VSS3	$V_{DL} < BAT3 < V_{CU}$	CO3 = VDD3	DO3 = High-Z

過放電状態のS-8209B (3) は、DO3端子に外付けされたバイポーラトランジスタ (Tr2) を通じてDFETをオフします。この場合、EB+—EB—間に接続された負荷への放電が禁止されます。

以上のようにして、DO端子—CTLD端子を通じて上段 (S-8209B (1)) から下段 (S-8209B (3)) へ過放電状態が通信されます。

BAT2またはBAT3が V_{DL} 以下になった場合にも、同様に放電が禁止されます。

1.2.4 セルバランス機能

S-8209Bシリーズは、次の2種類のセルバランス機能を有しています。

(1) 充電セルバランス機能

図1において、S-8209B (1) はBAT1が充電によりセルバランス検出電圧 (V_{BU}) 以上になるとCB1端子をVDD1電位とします。この動作により、セルバランス制御用FET (CBFET1) はオンとなり、BAT1に流れる充電電流はセルバランス制御用FETによりバイパスされます。

この時点でBAT2, BAT3が V_{BU} 未満の場合、BAT1の充電スピードはBAT2, BAT3の充電スピードと比較して緩やかになります。これを充電セルバランス機能と言います。どの電池が V_{BU} に達しても、それぞれ対応するセルバランス制御用FETがオンとなり、セルバランスが整えられます。

なお、放電により電池電圧がふたたびセルバランス解除電圧 (V_{BL}) 以下まで下がった場合、S-8209Bシリーズはセルバランス制御用FETをオフにします。

(2) 放電セルバランス機能

「1.2.3 放電禁止状態」で示したように、BAT1が放電により V_{DL} 以下になるとS-8209B (1) は過放電状態となり、次いでDO1端子-CTLD2端子を通じてS-8209B (2) も過放電状態となります。

このとき、BAT2が V_{DL} より高い場合、S-8209B (2) はセルバランス制御用FET (CBFET2) をオンにします。これを放電セルバランス機能と言います。さらにDO2端子-CTLD3端子を通じてS-8209B (3) も過放電状態となります。同様にBAT3が V_{DL} より高い場合、S-8209B (3) はセルバランス制御用FET (CBFET3) をオンにします。

このようにしてBAT1が V_{DL} に達したあとに、BAT1よりも電圧の高いBAT2, BAT3がそれぞれ対応するセルバランス制御用FET (CBFET2, CBFET3) を経由した放電を行うため、一定時間後にセルバランスが整えられます。

BAT2, BAT3の電圧が V_{DL} 以下まで下がると、それぞれ対応するセルバランス制御用FETはオフになります。

注意 図1の保護回路の組み立て時に、電圧が V_{BL} 以上または過放電解除電圧 (V_{DU}) 以下の電池が含まれていた場合は、電池接続直後にセルバランス制御用FETがオンとなる可能性があります。

1.2.5 遅延回路

図1のようにS-8209B (3) のCDT3端子にのみ遅延容量を接続すると、どのバッテリーが検出を行ってもほぼ一定の検出遅延時間 (t_{DET}) と解除遅延時間 (t_{REL}) を得ることができます。

(1) 検出遅延時間 (t_{DET})

BAT1が充電により V_{CU} 以上になった場合、CDT1には容量が接続されていないため、数百 μ s程度の遅延後にCO1がハイインピーダンスとなり、CTLC2端子はVSS2電位となります。

S-8209B (2) も同様に、CTLC2端子電圧が V_{CTLCL} 以下になってから数百 μ s程度の遅延後にCO2端子がハイインピーダンスとなります。

S-8209B (3) はCDT3端子に C_{CDT} が接続されているため、 $10.0 [M\Omega] (Typ.) \times 0.01 [\mu F] = 0.1 [s] (Typ.)$ の遅延後にCO3がハイインピーダンスとなります。

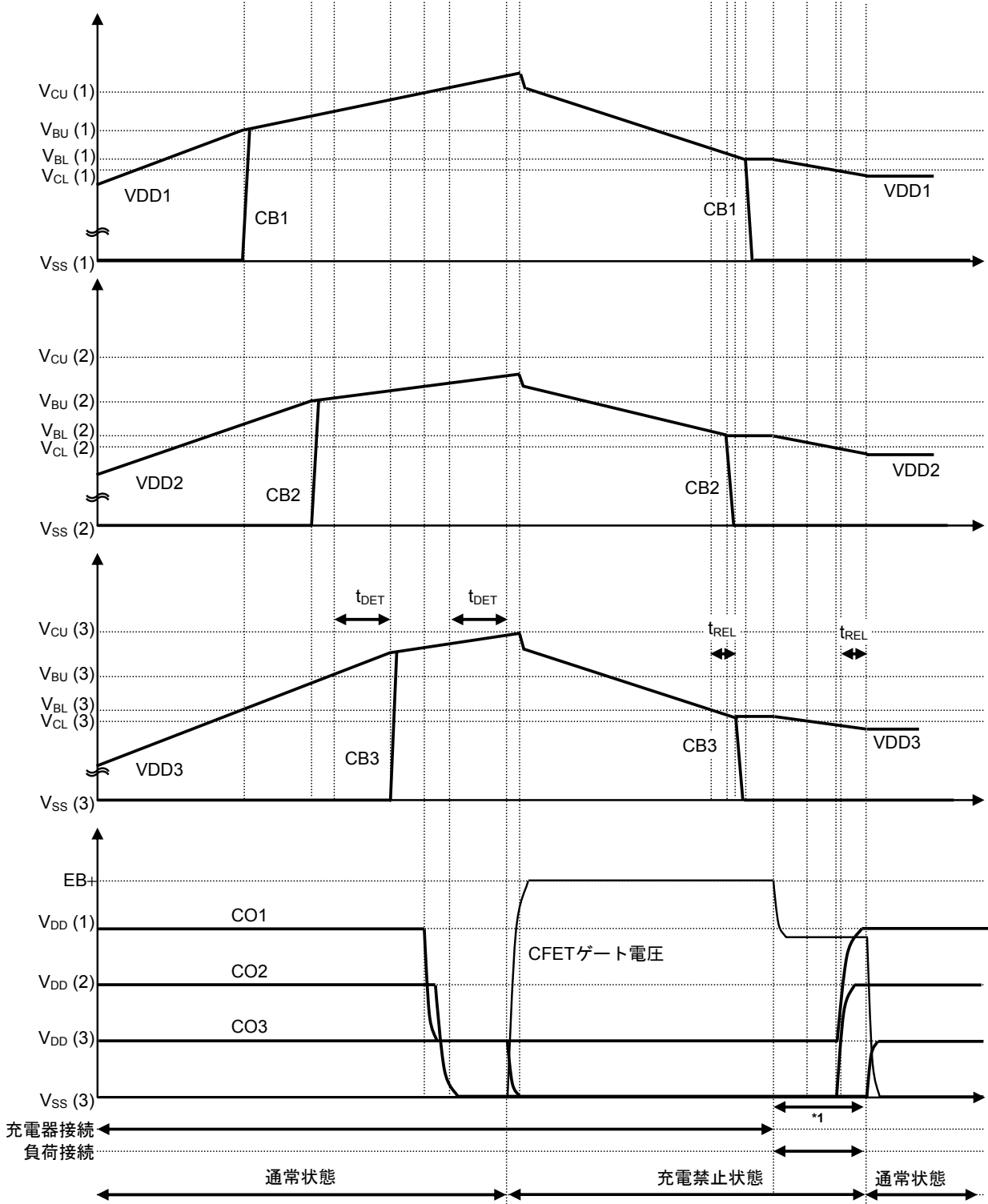
このようにして、S-8209B (3) の遅延時間によって全体の遅延時間が決定されるため、どのバッテリーが検出を行ってもほぼ一定の検出遅延時間を得ることができます。

(2) 解除遅延時間 (t_{REL})

S-8209Bシリーズは解除遅延時間 (t_{REL}) も備えており、検出遅延時間の約10分の1となるよう設定されています。検出遅延時間と同様に、S-8209B (3) のCDT3端子にのみ遅延容量を接続すると、ほぼ一定の解除遅延時間を得ることができます。

1.3 タイミングチャート

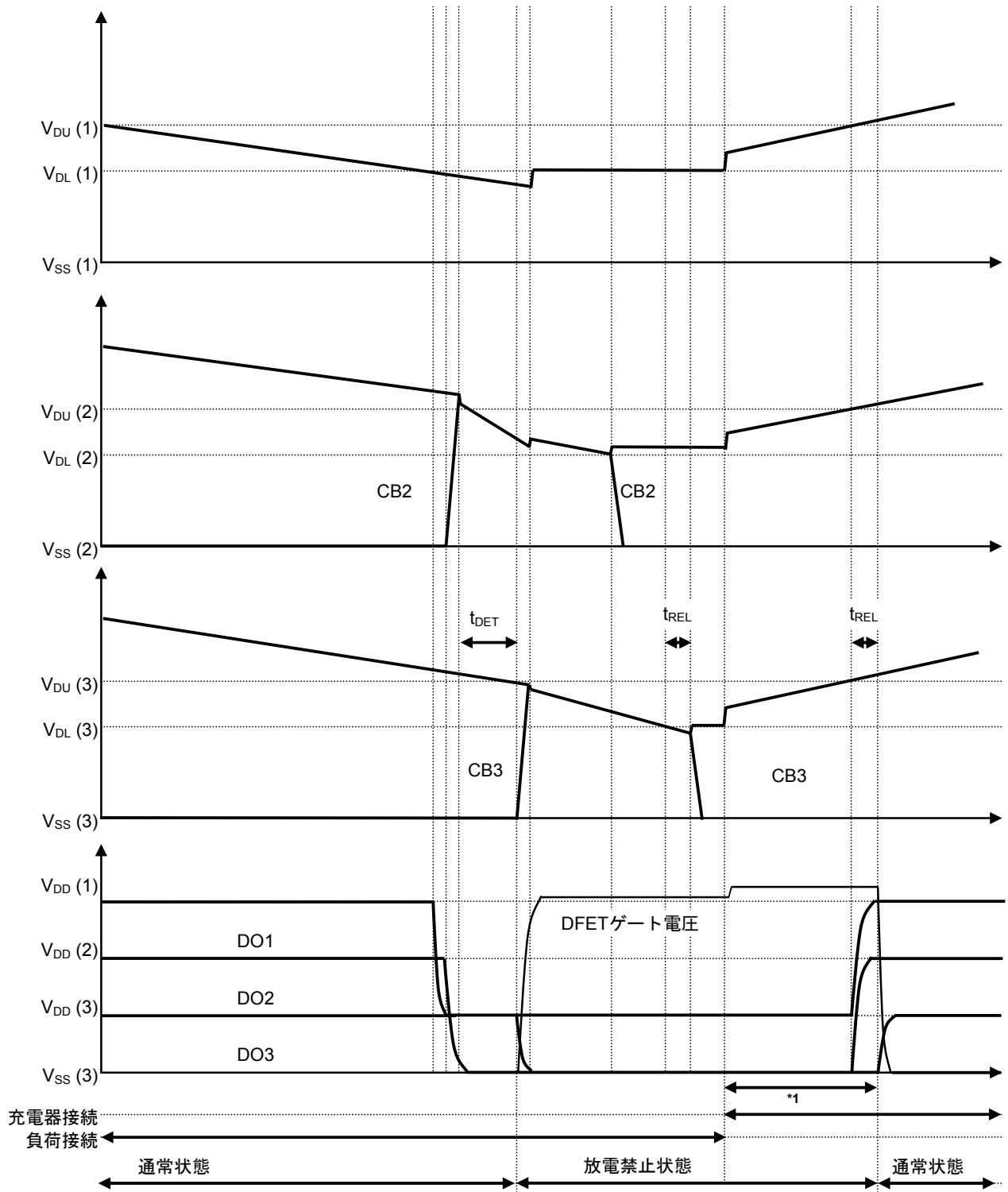
1.3.1 過充電検出



*1. この期間は、CFETの寄生ダイオードを経由して放電電流が流れます。

図2

1.3.2 過放電検出



*1. この期間は、DFETの寄生ダイオードを経由して充電電流が流れます。

図3

1.4 充電セルバランス検出の実測データ

S-8209BAAを使用して3セル直列リチウムイオン二次電池をセルバランスさせた実測データを示します。

1.4.1 充電電流に対してバイパス電流の比率が高い場合

充電器：定電流充電器 (0.05 C = 145 mA)

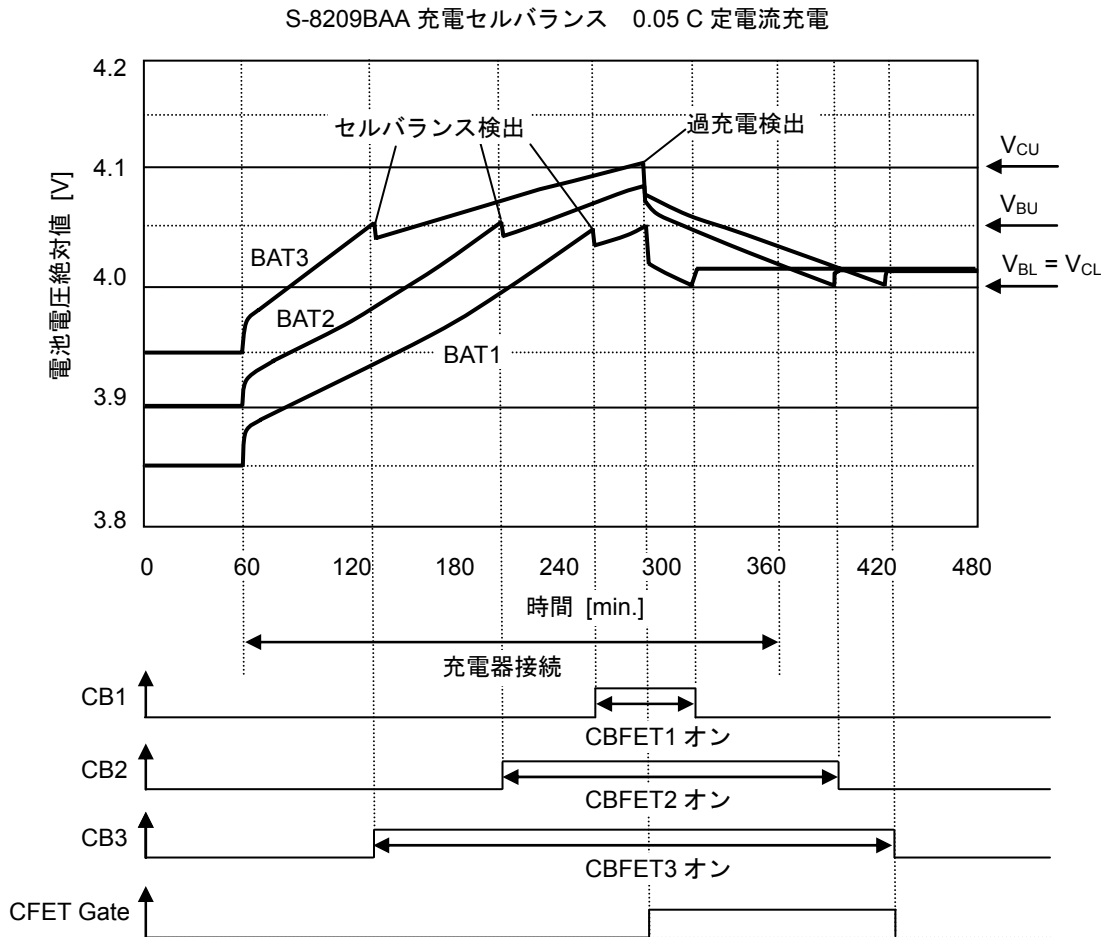


図4

測定条件

測定回路：図1

IC：S-8209BAA ($V_{CU} = 4.100\text{ V}$, $V_{CL} = 4.000\text{ V}$, $V_{BU} = 4.050\text{ V}$, $V_{BL} = 4.000\text{ V}$, $V_{DL} = 2.500\text{ V}$, $V_{DU} = 2.700\text{ V}$)

電池：3セル直列 リチウムイオン二次電池 公称容量：2.9 Ah サイズ：18650

$R_{PASS} : 51\ \Omega (1\text{ W}) \rightarrow$ バイパス電流 = $4.1\text{ V} / 51\ \Omega = 80\text{ mA}$

1.4.2 充電電流に対してバイパス電流の比率が低い場合

充電電流に対してバイパス電流の比率が低い場合は、セルバランスサイクルを数回繰り返すことでセルバランスを揃えることが可能です。

充電器：定電流充電器 (0.1 C = 290 mA)

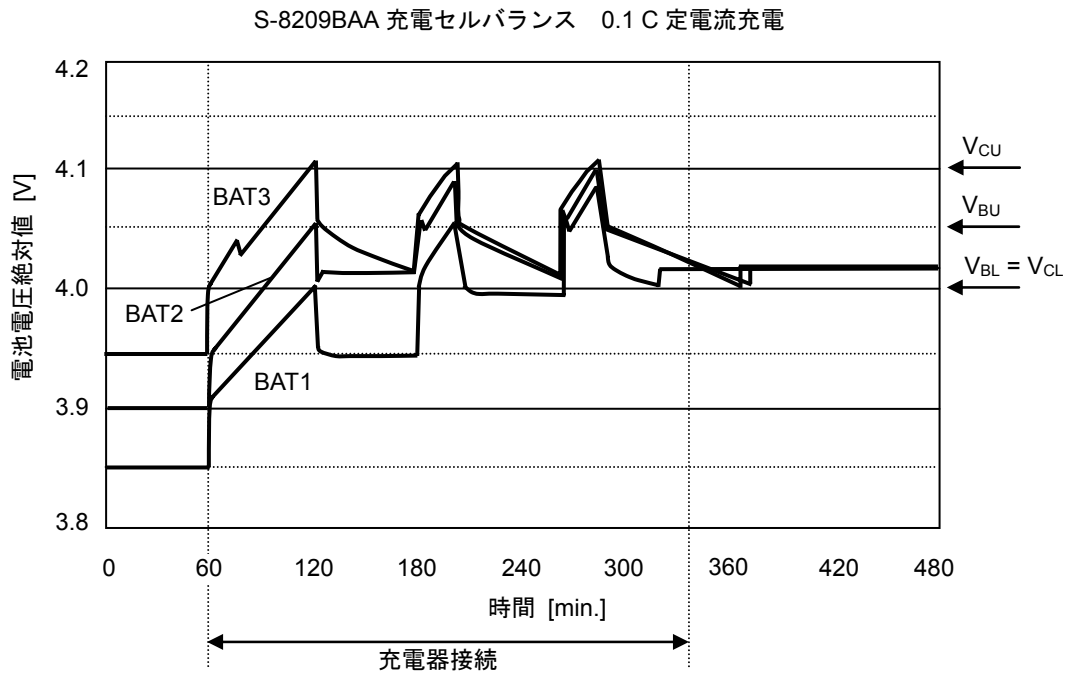


図5

測定条件

測定回路：図1

IC：S-8209BAA ($V_{CU} = 4.100\text{ V}$, $V_{CL} = 4.000\text{ V}$, $V_{BU} = 4.050\text{ V}$, $V_{BL} = 4.000\text{ V}$, $V_{DL} = 2.500\text{ V}$, $V_{DU} = 2.700\text{ V}$)

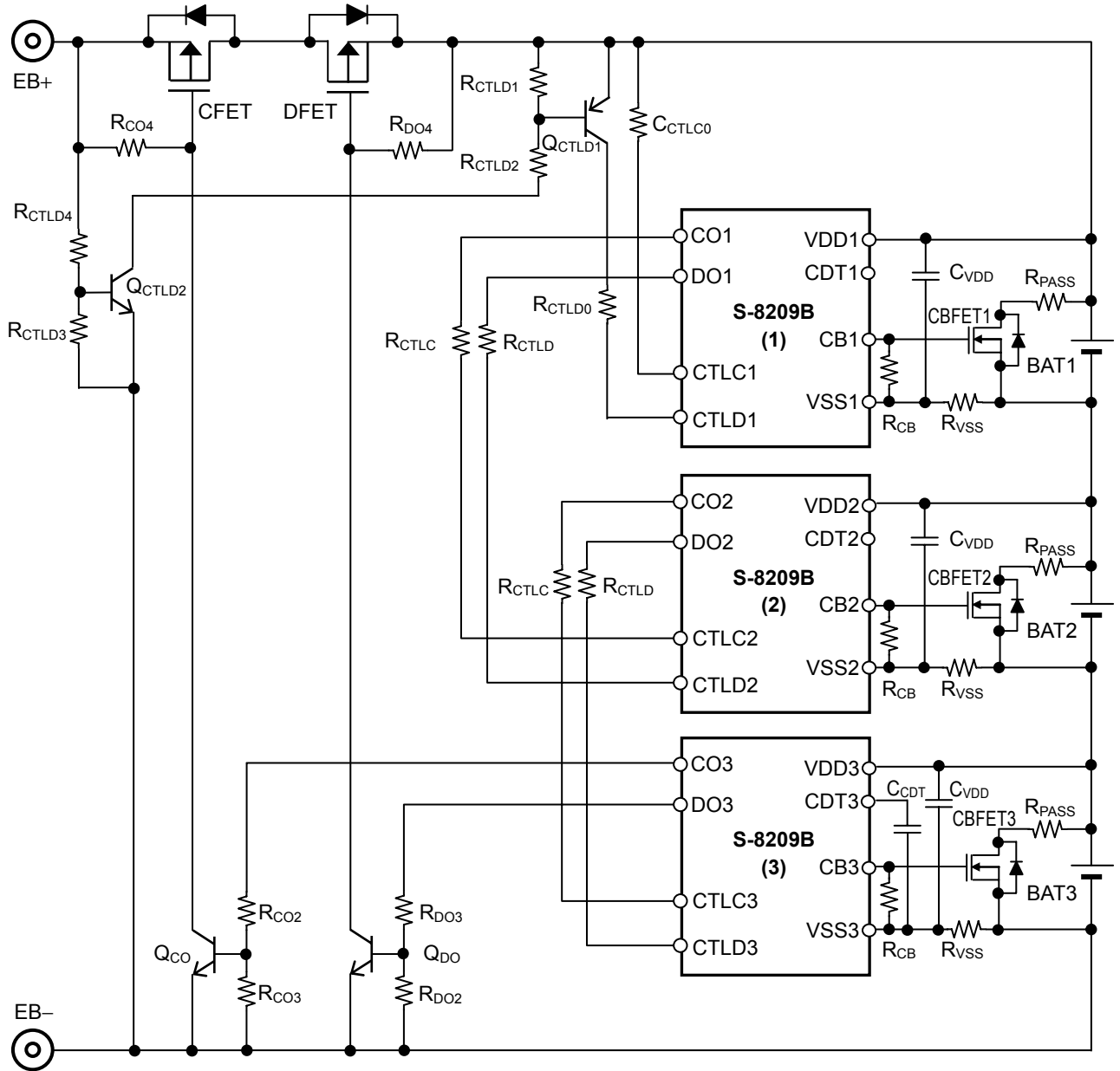
電池：3セル直列 リチウムイオン二次電池 公称容量：2.9 Ah サイズ：18650

$R_{PASS} = 51\ \Omega$ (1 W) → バイパス電流 = $4.1\text{ V} / 51\ \Omega = 80\text{ mA}$

2. 過放電状態通信機能を追加した応用回路例

2.1 バッテリー保護ICの接続例

バイポーラトランジスタ (Q_{CTLD1} , Q_{CTLD2}) を追加することにより、最下段 (S-8209B (3)) から最上段 (S-8209B (1)) へ過放電状態を通信する機能が追加されます。



備考 各外付け部品の定数については、「2.5 外付け部品一覧」を参照してください。

図6

- 注意 1. 上記定数は予告なく変更することがあります。
 2. 上記接続例および定数は、動作を保証するものではありません。実際のアプリケーションで十分な評価の上、定数を設定してください。

2.2 動作説明

ここでは、図6に示したS-8209Bシリーズを用いた多セル直列保護回路例の動作について説明します。

図1の回路にバイポーラトランジスタ(Tr3, Tr4)を追加することにより、最下段(S-8209B(3))から最上段(S-8209B(1))へ過放電状態を通信する機能が追加されます。これにより、S-8209B(1)～(3)のどれが最初に過放電状態になっても、他のすべてのS-8209Bシリーズのセルバランス制御用FET(CBFET)をオンにさせることができますので、より確実にセルバランスを整えることができます。

以下に、S-8209B(2)が過放電を検出し、S-8209B(1)、(3)が通常状態の場合を例に、放電禁止状態の動作を説明します。

1. BAT2が放電により V_{DL} 以下になるとS-8209B(2)は過放電状態となり、DO2端子はハイインピーダンスとなります。
2. DO2端子-CTLD3端子を通じてS-8209B(3)も過放電状態となります。
3. 放電セルバランス機能によってS-8209B(3)はセルバランス制御用FET(CBFET3)をオンにします。
4. 過放電状態のS-8209B(3)は、バイポーラトランジスタ(Tr2)を通じてDFETをオフし、EB+-EB-間に接続された負荷への放電を禁止します。
5. EB+端子はEB+-EB-間に接続された負荷によりプルダウンされます。
6. Tr3, Tr4はともにオフとなり、S-8209B(1)のCTLD1端子がハイインピーダンスとなります。
7. S-8209B(1)も過放電状態となり、放電セルバランス機能によってセルバランス制御用FET(CBFET1)はオンとなります。

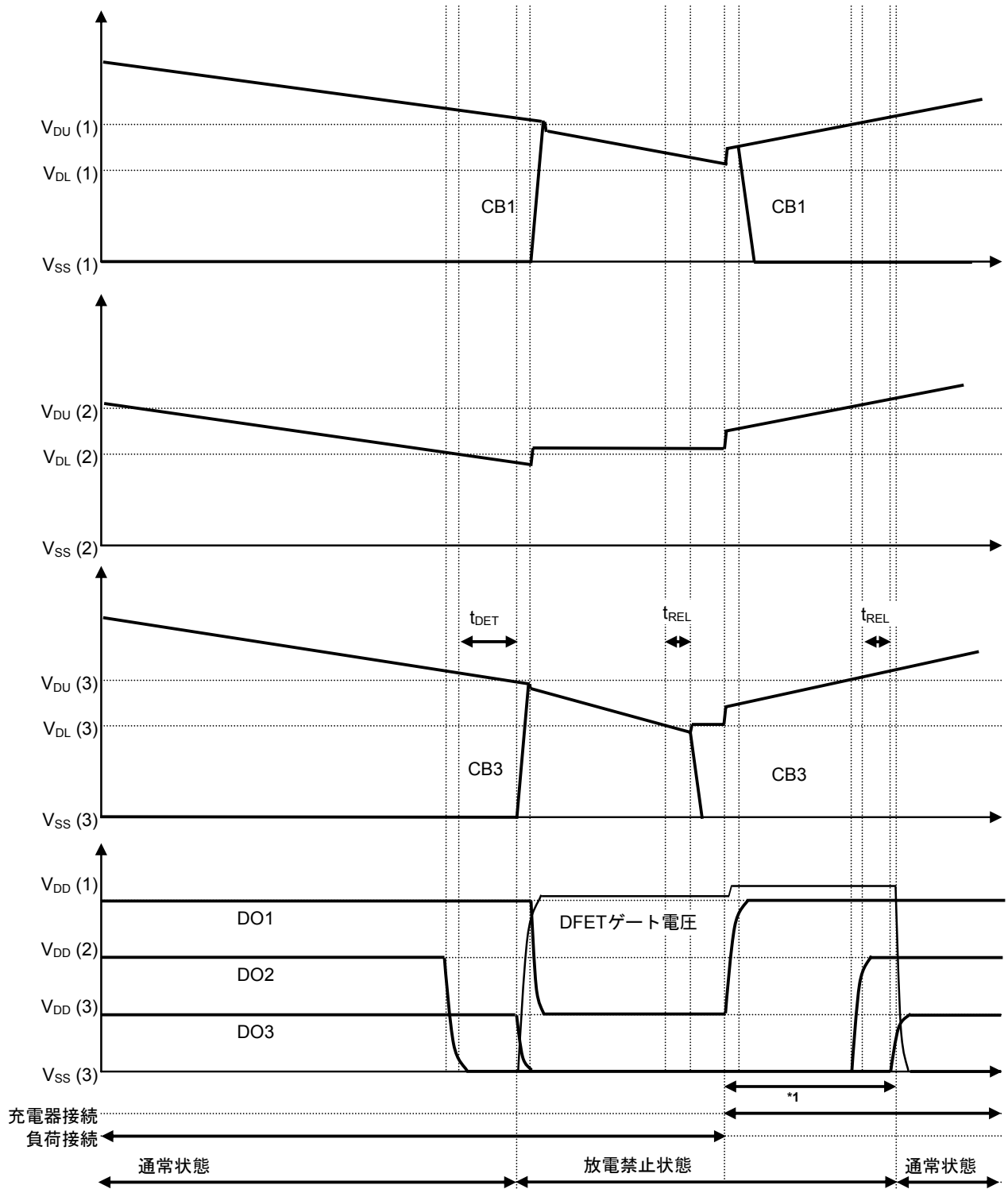
以上のようにして、BAT2の電圧低下によりS-8209B(2)が最初に過放電を検出した場合でも、Tr3, Tr4を通じてS-8209B(3)からS-8209B(1)へ過放電状態が通信され、その結果S-8209B(1)～(3)のすべてが過放電状態となり、それぞれのBATが V_{DL} より高い場合には放電セルバランス機能によりセルバランスが整えられます。

BAT1～3の電圧が V_{DL} 以下まで下がると、それぞれ対応するセルバランス制御用FETはオフになります。

また、放電禁止後にEB+-EB-間に充電器を接続した場合、Tr3, Tr4はオンとなり、CTLD1端子はVDD1電位へプルアップされます。したがってBAT1の電圧が V_{DL} 以下に達していなくてもS-8209B(1)の放電セルバランス制御FET(CBFET1)はオフとなります。

注意 図6の保護回路の組み立て時に、電圧が V_{BL} 以上または過放電解除電圧(V_{DU})以下の電池が含まれていない場合にも、電池接続直後にセルバランス制御用FETがオンとなる可能性があります。その際にはEB+-EB-間に充電器を接続すると、セルバランス制御用FETはオフになります。

2.3 過放電検出のタイミングチャート

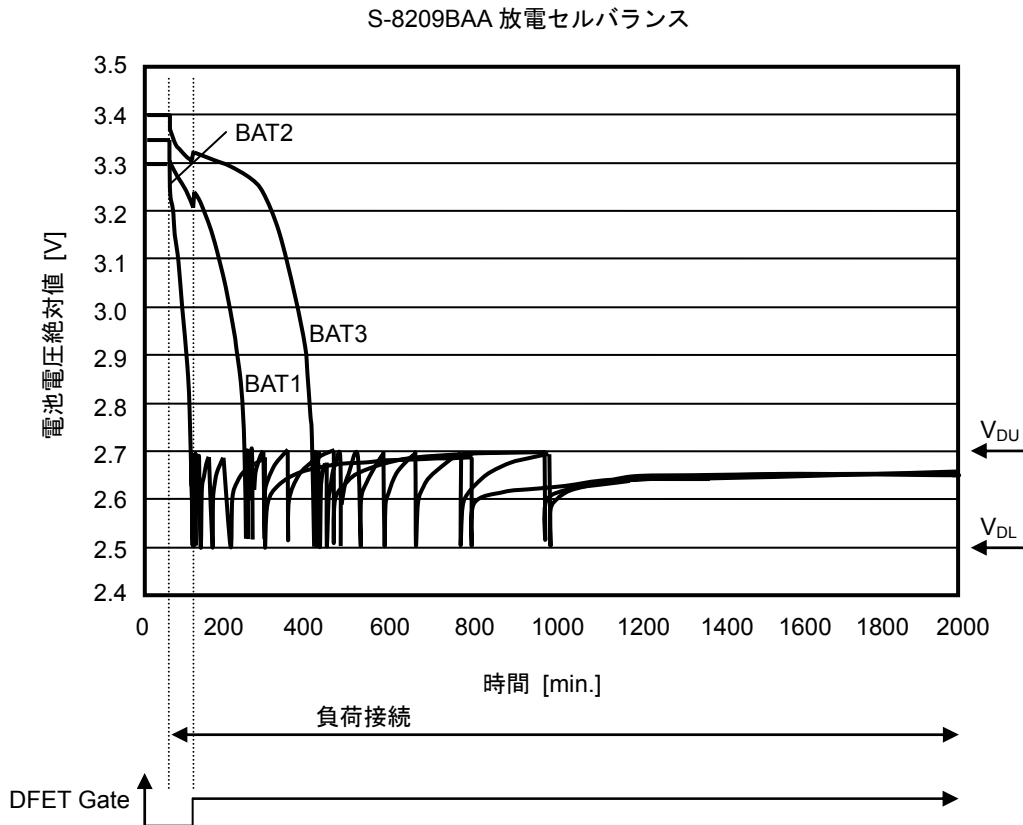


*1. この期間は、DFETの寄生ダイオードを経由して充電電流が流れます。

図7

2.4 過放電セルバランス検出の実測データ

S-8209BAAを使用して3セル直列リチウムイオン二次電池をセルバランスさせた実測データを示します。



測定条件

測定回路：図6

IC：S-8209BAA ($V_{CU} = 4.100\text{ V}$, $V_{CL} = 4.000\text{ V}$, $V_{BU} = 4.050\text{ V}$, $V_{BL} = 4.000\text{ V}$, $V_{DL} = 2.500\text{ V}$, $V_{DU} = 2.700\text{ V}$)

電池：3セル直列 リチウムイオン二次電池 公称容量：2.9 Ah サイズ：18650

$R_{PASS} : 51\ \Omega$ (1 W) → バイパス電流 = $2.5\text{ V} / 51\ \Omega = 49\text{ mA}$

負荷：100 Ω

電池電圧の発振について

- ① 電池電圧が過放電検出電圧 (V_{DL}) 以下まで下がるとセルバランス制御用FETはオフになります。
- ② セルバランス制御用FETを経由した放電が停止するため電池電圧が上昇します。
- ③ 電池電圧が過放電解除電圧 (V_{DU}) 以上まで上がるとセルバランス制御用FETはオンになります。
- ④ セルバランス制御用FETを経由した放電が開始するため電池電圧が下降します。

①～④を繰り返すことによりセルバランスが整えられます。

2.5 外付け部品一覧

表4に図1、図6、図9の接続例における各外付け部品を示します。

表4

記号	代表値	単位	部品名称	メーカー
CBFET1~CBFET5	—	—	SSM3K301T	株式会社 東芝
R _{PASS} ^{*1}	—	—	—	—
R _{VSS}	470	Ω	MCR03	ローム株式会社
R _{CB}	10	MΩ	MCR03	ローム株式会社
C _{VDD}	0.1	μF	GRM188	株式会社村田製作所
C _{CDT}	0.01	μF	GRM188	株式会社村田製作所
Q _{CTLD1}	—	—	25A1037AK	ローム株式会社
Q _{CTLD2}	—	—	2SC2412K	ローム株式会社
Q _{CO}	—	—	2SC2412K	ローム株式会社
Q _{DO}	—	—	2SC2412K	ローム株式会社
R _{CTLC} ^{*2}	—	—	—	—
R _{CTLD} ^{*2}	—	—	—	—
R _{CTLC0}	1	kΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CTLD0}	1	kΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CTLD1}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CTLD2}	4.7	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CTLD3}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CTLD4}	4.7	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CO1}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CO2}	510	kΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CO3}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{CO4}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{DO1}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{DO2}	510	kΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{DO3}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
R _{DO4}	1	MΩ	MCR03	ローム株式会社
CFET	—	—	—	—
DFET	—	—	—	—

*1. 定格電力に注意してください。

*2. R_{CTLC}, R_{CTLD}は、0 Ω~1 kΩの範囲から選択してください。

注意 1. 上記定数は予告なく変更することがあります。

2. 上記接続例および定数は、動作を保証するものではありません。実際のアプリケーションで十分な評価の上、定数を設定してください。

3. 5セル直列以上の保護回路を構成する場合、外付け部品の耐圧に注意して選定してください。

4. 注意事項

- 本資料に掲載のアプリケーション例は、弊社ICを使用した代表的な応用例を説明したものです。ご使用の際は、十分な評価を行ってください。
- 本資料に掲載の応用回路を量産設計に用いる場合には、外付け部品の偏差およびその温度特性に注意してください。また、掲載回路に関する特許については、弊社ではその責任を負いかねます。
- 弊社ICを使用して製品を作る場合には、その製品での当ICの使い方や製品の仕様、出荷先の国などによって当ICを含めた製品が特許に抵触した場合、その責任を負いかねます。

5. 関連資料

S-8209Bシリーズの詳細については、下記のデータシートを参照してください。

S-8209Bシリーズ データシート

このアプリケーションノートおよびデータシートの内容は、予告なく変更することがあります。最新版については、弊社営業部までお問い合わせください。

またはSIIの半導体Webサイトにて製品カテゴリと製品名をお選びいただき、PDFファイルをダウンロードしてください。

www.sii-ic.com SII半導体製品Webサイト

本資料の内容は、製品の改良に伴い、予告なく変更することがあります。

本資料に記載されている図面等の第三者の工業所有権に起因する諸問題については弊社はその責任を負いかねます。

また、応用回路例は製品の代表的な応用を説明するものであり、量産設計を保証するものではありません。

本資料に掲載されている製品が、外国為替及び外国貿易法に定める規制貨物（又は役務）に該当する場合は、同法に基づく日本国政府の輸出許可が必要です。

本資料の内容を弊社に断ることなしに、記載または、複製など他の目的で使用することは堅くお断りします。

本資料に記載されている製品は、弊社の書面による許可なくしては、健康機器、医療機器、防災機器、ガス関連機器、車両機器、航空機器、及び車載機器等、人体に影響を及ぼす機器または装置の部品として使用することはできません。

弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品はある確率で故障や誤動作する場合があります。故障や誤動作により、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご注意ください。