

# S6AE101A, S6AE102A, および S6AE103A を用いたエネルギーデリバリの基本的な考え方

著者: 高田 博行

関連製品ファミリ: S6AE101A, S6AE102A, S6AE103A

関連アプリケーションノート: AN210772

関連資料: S6AE101A, S6AE102A, S6AE103A データシート

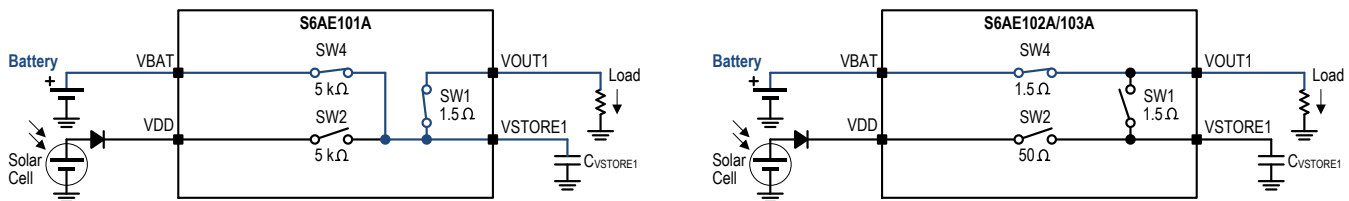
本アプリケーションノートは、S6AE101A および S6AE102A/103A のハイブリッド動作でのエネルギーデリバリの違いについて記述し、またソーラーセルに余剰発電がある場合の S6AE102A/103A のエネルギーデリバリについて解説しています。

## 1 はじめに

S6AE101A/102A/103A はエネルギーハーベスティング電源 IC (PMIC: Power Management IC) で、ソーラーセルとバッテリーの切り替えができるハイブリッド動作のエネルギーデリバリ回路を内蔵しています。Figure 1 で示すように、ソーラーセルとバッテリーで動作 (ハイブリッド動作) する場合、S6AE101A および S6AE102A/103A は異なるエネルギーデリバリ回路構成になっています。S6AE101A は、最初にバッテリーから容量  $C_{VSTORE1}$  に充電したのち  $VSTORE1$  電圧レベルに応じて  $VOUT1$  に電圧を出力します。また S6AE101A はバッテリー消費を抑えるため主としてソーラーセルで発電されたエネルギーをデリバリする設計となっており、S6AE102A/103A はソーラーセルとバッテリー間のシームレスなエネルギーデリバリを提供しています。(Figure 5 参照)。

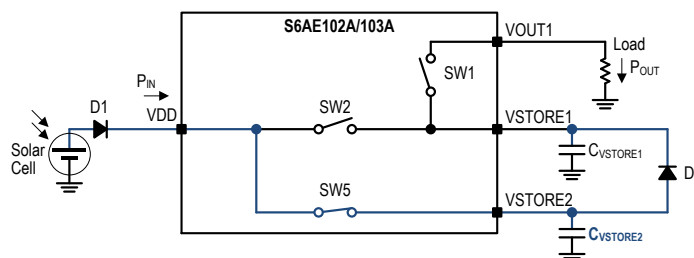
S6AE101A は入力電流を制限するため  $5\text{ k}\Omega$  のスイッチ (SW2 and SW4) を内蔵し、ソーラーセルから出力されるマイクロアンペア ( $\mu\text{A}$ ) の電流を得るために最適化しています。S6AE102A/103A はソーラーセル出力がマイクロアンペア ( $\mu\text{A}$ ) からミリアンペア ( $\text{mA}$ ) の電流に対応させるため、その抵抗値 (SW2 and SW4) を低くしています。

Figure 1. S6AE101A および S6AE102A/103A のエネルギーデリバリ回路の相違



S6AE102A/103A は追加のエネルギーデリバリ回路を内蔵しています。負荷電力 ( $P_{OUT}$ ) に対しソーラーセルの発電電力 ( $P_{IN}$ ) に余剰がある場合 ( $P_{IN} \gg P_{OUT}$ )、その余剰電力は SW5 経由で  $C_{VSTORE2}$  に充電されます (Figure 2 参照)。

Figure 2. 余剰電力充電回路



**注意:**

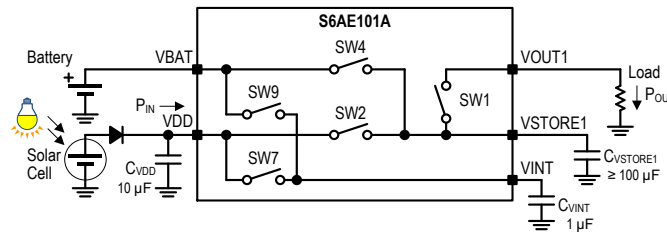
$C_{VSTORE1}$  と  $C_{VSTORE2}$  は双方とも、ソーラーセルの供給エネルギーを充電する蓄電容量です。特に、負荷に対しソーラーセル発電に余剰エネルギーがある場合  $C_{VSTORE2}$  を使用します。 $C_{VSTORE2}$  の大きさは 2 mF 以上とします (S6AE102A/103A データシート参照)。これら容量の容量値と充・放電時間の計算についてはアプリケーションノート AN210772 を参照ください。

## 2 エネルギーデリバリ回路

### 2.1 S6AE101A

S6AE101A はパワーゲーティングスイッチ (SW1), パワー蓄電スイッチ (SW2), およびソーラーセル・バッテリー切換えスイッチ (SW4) を内蔵しています。スイッチ SW7 と SW9 は内部回路駆動用容量 ( $C_{VINT}$ ) を充電するために用いられます (Figure 3 参照)。ソーラーセル電力源で動作しているときは SW7 が ON しています。バッテリー電力源で動作しているときは SW9 が ON しています (Figure 5 参照)。ソーラーセルにより得られる電力は SW2 経由で  $C_{VSTORE1}$  に充電されます。その後、VSTORE1 電圧が  $V_{OUTH}$  と下限電圧 ( $V_{OUTL}$ ) の範囲内にあるとき SW1 が ON し、その電力は負荷に印加されます。電力がソーラーセルで発電されていない時は、接続されたバッテリーから SW4 経由で  $C_{VSTORE1}$  に電力を供給します。詳しくは、S6AE101A データシートを参照ください。

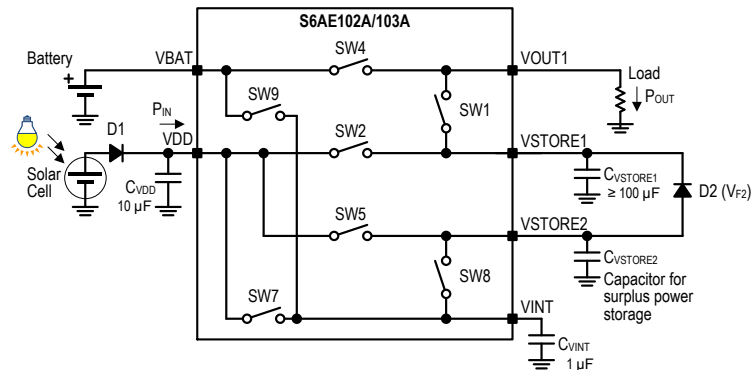
Figure 3. S6AE101A エネルギーデリバリ回路



### 2.2 S6AE102A/103A

S6AE101A の回路に加えて S6AE102A/103A は余剰電力蓄電スイッチ (SW5), および内部回路駆動用容量 ( $C_{VINT}$ ) の充電用スイッチ (SW8) を内蔵しています (Figure 4 参照)。SW8 は  $C_{VSTORE2}$  電力源で動作しているときのみ ON します。負荷電力 ( $P_{OUT}$ ) に対しソーラーセルの発電電力 ( $P_{IN}$ ) に余剰がある場合 ( $P_{IN} \gg P_{OUT}$ )、その余剰電力は SW5 経由で  $C_{VSTORE2}$  に充電されます。電力がソーラーセルで発電されていない時は、 $C_{VSTORE2}$  に充電された電力が外付けダイオード (D2) 経由で  $C_{VSTORE1}$  に供給されます。低順方向電圧 ( $V_{F2}$ ) の D2 を推奨しています。詳しくは、S6AE102A/103A データシートを参照ください。

Figure 4. S6AE102A/103A エネルギーデリバリ回路



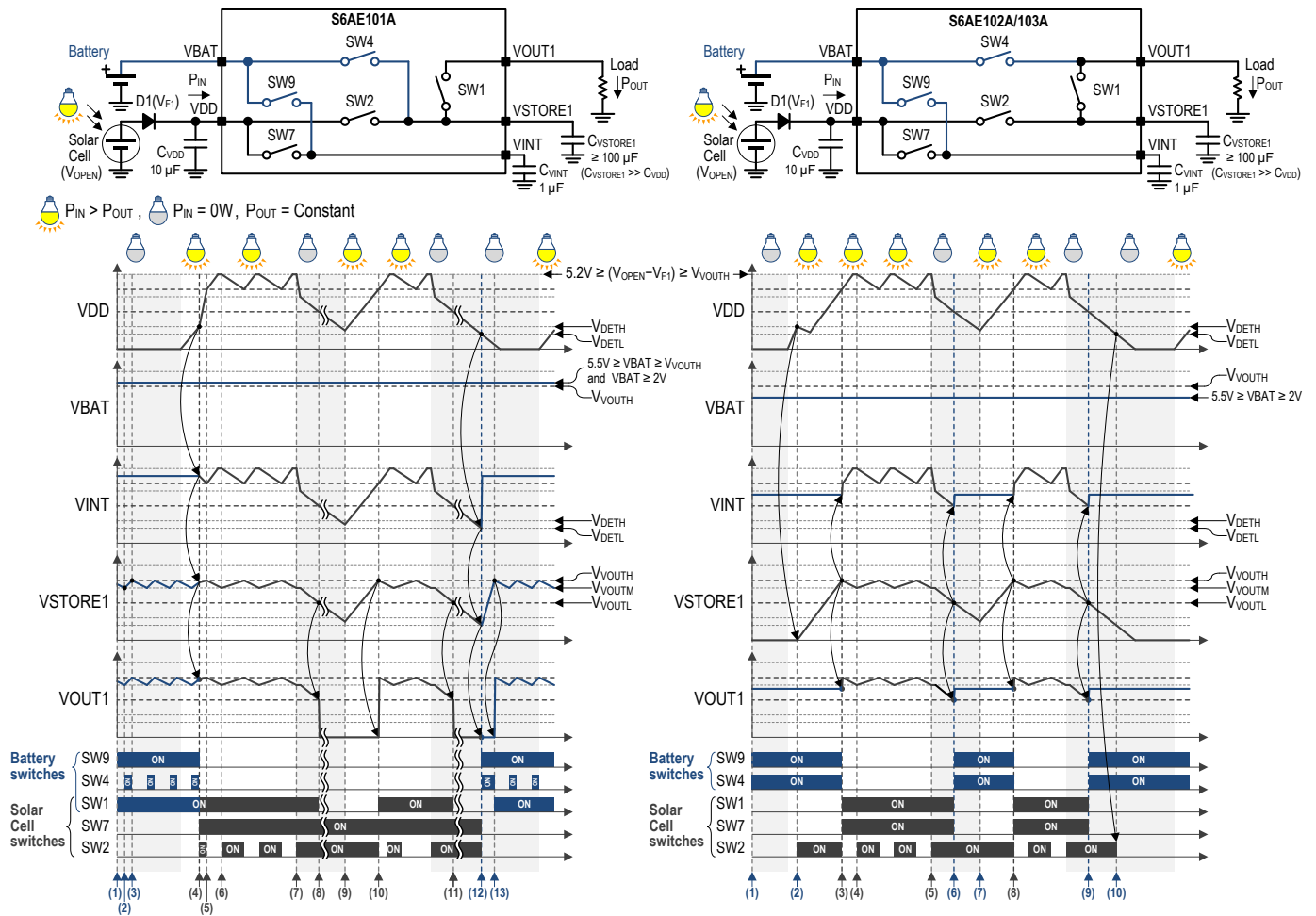
### 3 ハイブリッド動作エネルギーデリバリ

冒頭で触れましたが Figure 5 に示すように、ソーラーセルとバッテリー両方の電力源で動作 (ハイブリッド動作) する場合の S6AE101A および S6AE102A/103A は異なるエネルギーデリバリ回路構成になっています。最初にバッテリーから容量  $C_{VSTORE1}$  に充電したのち  $V_{STORE1}$  電圧レベルに応じて  $V_{OUT1}$  に電圧を出力します。一方、S6AE102A/103A はバッテリーから直接  $V_{OUT1}$  に電圧を出力します。Figure 5 は S6AE101A および S6AE102A/103A を用いたハイブリッド動作のエネルギーデリバリシーケンスを示します。Table 1 に Figure 5 の説明を記載しました。VOUT1 に電圧が出力されたとき、一定負荷 ( $P_{OUT}$ ) が与えられます。「 $P_{IN} > P_{OUT}$ 」はソーラーセルの発電電力 ( $P_{IN}$ ) が負荷電力 ( $P_{OUT}$ ) より大きいことを意味します。「 $P_{IN} = 0W$ 」は電力がソーラーセルで発電されていないことを意味します。

**注意:**

- ソーラーセル電圧は、解放電圧 ( $V_{OPEN}$ ) から 順方向電圧 ( $V_{F1}$ ) 引いた電圧です。ソーラーセル電圧は、VOUT 上限電圧 ( $V_{VOUTH}$ ) 以上で、OVP 検出電圧 ( $V_{OVPH}$ ) の最小値 5.2V 以下にしてください。
- S6AE101A の VBAT 入力電圧範囲は  $5.5V \geq V_{BAT} \geq V_{VOUTH}$  かつ  $V_{BAT} \geq 2V$  にしてください。
- S6AE102A/103A の VBAT 入力電圧範囲は  $5.5V \geq V_{BAT} \geq 2V$  にしてください。

Figure 5. ハイブリッド動作でのエネルギーデリバリシーケンス



ON: Power supply from battery, DN: Power supply from solar cell,  
 $V_{VOUTH}$ : VOUT maximum voltage,  $V_{VOUTM}$ : Input power reconnect voltage,  $V_{VOUTL}$ : VOUT minimum voltage,  $V_{DETH}$ : Power detection voltage,  $V_{DETL}$ : Power un-detection voltage

Table 1. Figure 5 の説明: S6AE101A および S6AE102A/103A の相違

電力 バランス	S6AE101A		S6AE102A/103A	
	No.	説明	No.	説明
$P_{IN} = 0W$	(1)	<b>バッテリー電力動作中:</b> SW9, SW1 が ON 電力はバッテリーから供給され、VOUT1 に出力	(1)	<b>バッテリー電力動作中:</b> SW9, SW4 が ON 電力はバッテリーから供給され、VOUT1 に出力
	(2)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW4$ が ON.		
	(3)	$VSTORE1 \geq V_{VOUTH} \rightarrow SW4$ が OFF		
$P_{IN} > P_{OUT}$	(4)	<b>ソーラーセル電力動作開始:</b> $VDD \geq V_{DETH} \rightarrow SW9, SW4$ が OFF、かつ SW7, SW2 が ON 電力はソーラーセルから供給され、VOUT1 に出力	(2)	$VDD \geq V_{DETH} \rightarrow SW2$ が ON
	(5)	$VSTORE1 \geq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が OFF	(3)	<b>ソーラーセル電力動作開始:</b> $VSTORE1 \geq V_{VOUTH} \rightarrow SW9, SW4, SW2$ が OFF、かつ SW7, SW1 が ON 電力はソーラーセルから供給され、VOUT1 に出力
	(6)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が ON	(4)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が ON
$P_{IN} = 0W$	(7)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が ON、しかし十分な電力がソーラーセルから供給されず、VSTORE1 は降下開始	(5)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が ON、しかし十分な電力がソーラーセルから供給されず、VSTORE1 は降下開始
	(8)	$VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW1$ が OFF 電力は VOUT1 に供給なし <b>注意.</b> 次の段階に進むためには $C_{VSTORE1}$ の大きさに依存しているので、時間がかかることがあります	(6)	<b>バッテリー電力動作開始:</b> $VSTORE1 \leq V_{VOUTH} \rightarrow SW7, SW1$ が OFF、かつ SW9, SW4 が ON 電力はバッテリーから供給され、VOUT1 に出力
$P_{IN} > P_{OUT}$	(9)	$VSTORE1 \geq V_{DETL}$ 、および十分な電力がソーラーセルから供給され、VDD 上昇開始	(7)	$VSTORE1 \geq V_{DETL}$ 、および十分な電力がソーラーセルから供給され、VDD 上昇開始
	(10)	$VSTORE1 \geq V_{VOUTH} \rightarrow SW2$ が OFF、かつ SW1 が ON 電力は VOUT1 に出力開始	(8)	(3)に同じ
	(11)	(8)に同じ		
$P_{IN} = 0W$	(12)	<b>バッテリー電力動作開始:</b> $VDD \leq V_{DETL} \rightarrow SW9, SW4$ が ON、かつ SW7, SW2 が OFF.	(9)	(6)に同じ
	(13)	$VSTORE1 \geq V_{VOUTH} \rightarrow SW4$ が OFF、かつ SW1 が ON 電力はバッテリーから供給され、VOUT1 に出力	(10)	$VDD \leq V_{DETL} \rightarrow SW2$ が OFF.

#### 4 S6AE102A/103A の余剰電力用追加エネルギーデリバリ回路

本節は、ソーラーセルに余剰電力がある場合の S6AE102A/103A のエネルギーデリバリについて記述しています。負荷電力 ( $P_{OUT}$ ) に対しソーラーセルの発電電力 ( $P_{IN}$ ) に余剰があるとき ( $P_{IN} \gg P_{OUT}$ )、S6AE102A/103A は余剰電力状態を自動で検知し、その電力を SW5 経由で  $C_{VSTORE2}$  に充電します。電力がソーラーセルで発電されていない時は、 $C_{VSTORE2}$  に充電された電力が外付けダイオード (D2) 経由で  $C_{VSTORE1}$  に供給されます。

Figure 6 にソーラーセルに余剰電力がある場合の S6AE102A/103A のエネルギーデリバリシーケンスを示しています。Table 2 に図の説明を記載しました。前提として、VOUT1 に電圧が出力されたとき一定負荷 ( $P_{OUT}$ ) が与えられます。「 $P_{IN} \gg P_{OUT}$ 」はソーラーセルの発電電力 ( $P_{IN}$ ) が負荷電力 ( $P_{OUT}$ ) より非常に大きいことを意味します。「 $P_{IN} = 0W$ 」は電力がソーラーセルで発電されていないことを意味します。

Figure 6. 余剰電力がある場合の S6AE102A/103A エナジーデリバリシーケンス

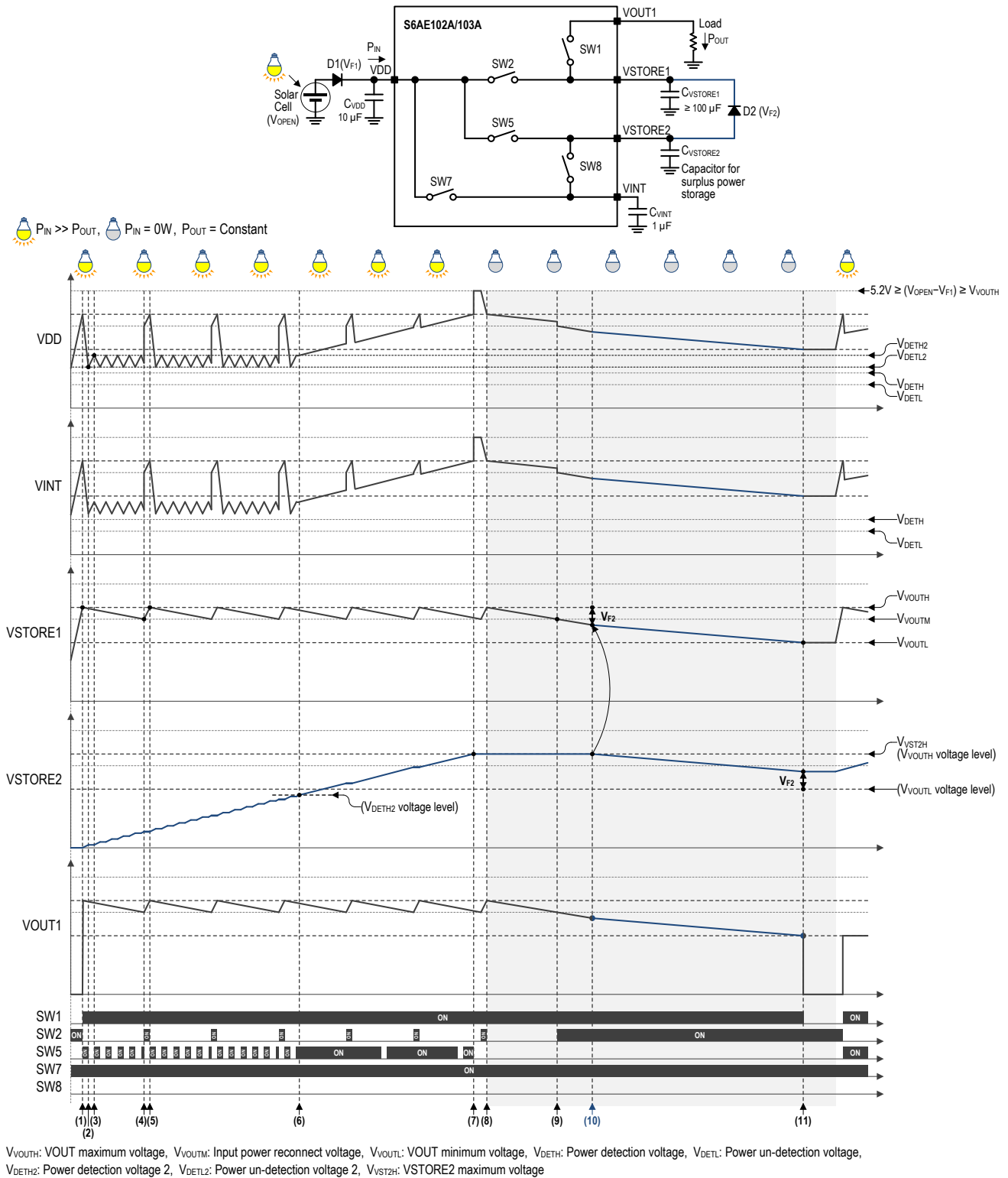


Table 2. Figure 6 の説明: C<sub>VSTORE1</sub> と C<sub>VSTORE2</sub> の充・放電

電力 バランス	No.	充・放電	
		C <sub>VSTORE1</sub>	C <sub>VSTORE2</sub>
P <sub>IN</sub> >> P <sub>OUT</sub> (余剰電力)	(1)	起動時: VSTORE1 ≥ V <sub>VOUTH</sub> → SW2 が OFF, SW1 が ON. 電力は C <sub>VSTORE1</sub> から供給され VOUT1 に出力	起動時: VSTORE1 ≥ V <sub>VOUTH</sub> → SW5 が ON. C <sub>VSTORE2</sub> に充電開始
	(2)	–	VDD ≤ V <sub>DETL2</sub> → SW5 が OFF. C <sub>VSTORE2</sub> に充電停止
	(3)	–	VDD ≥ V <sub>DETH2</sub> → SW5 が ON. C <sub>VSTORE2</sub> に充電開始
	(4)	VSTORE1 ≤ V <sub>VOUTH</sub> → SW2 が ON. C <sub>VSTORE1</sub> に充電開始	VSTORE1 ≤ V <sub>VOUTH</sub> → SW5 が OFF. C <sub>VSTORE2</sub> に充電停止
	(5)	VSTORE1 ≥ V <sub>VOUTH</sub> → SW2 が OFF. C <sub>VSTORE1</sub> に充電停止	VSTORE1 ≥ V <sub>VOUTH</sub> → SW5 が ON. C <sub>VSTORE2</sub> に充電開始
	(6)	–	SW5 が ON かつ VSTORE2 ≥ V <sub>DETL2</sub> . (VDD と VINT の電圧上昇開始)
	(7)	–	VSTORE2 ≥ V <sub>VST2H</sub> → SW5 が OFF, 満充電
P <sub>IN</sub> = 0W (電力なし)	(8)	電力がないため VSTORE1 降下 (VDD と VINT の電圧下降開始)	(VDD と VINT の電圧下降開始)
	(9)	VSTORE1 ≤ V <sub>VOUTM</sub> → SW2 が ON.	–
	(10)	VSTORE1 ≤ (V <sub>VST2H</sub> – V <sub>F2</sub> ) → D2 が ON. C <sub>VSTORE2</sub> から C <sub>VSTORE1</sub> に充電開始	(VSTORE2 ≥ (VSTORE1 + V <sub>F2</sub> ) → D2 が ON.)
	(11)	VSTORE1 ≤ V <sub>VOUTL</sub> → SW1 が OFF. 電力は VOUT1 に供給されない	–

## 5 まとめ

本アプリケーションノートは、サイプレスの S6AE101A/102A/103A 電源 IC に基づいて、エネルギーハーベスティングアプリケーションのエネルギーデリバリについて説明しています。S6AE101A は主にソーラーセル駆動型ビーコン、S6AE102A/103A はソーラーセル駆動型ワイヤレスセンサーノードとして用いることができます。本アプリケーションノートから得られるべき最も重要なコンセプトは、S6AE101A/102A/103A のエネルギーデリバリの 特徴を把握することにより、システム内のエネルギーの有効利用および削減に繋げることにあります。

S6AE101A/2A/3A は、ユーザーの開発プロセスを支援する他のアプリケーションノートなどのドキュメント、開発ツールおよびオンラインリソースが用意されています。詳細については、[www.cypress.com/energy-harvesting](http://www.cypress.com/energy-harvesting) をご覧ください。

## 改訂履歴

文書名: AN213948 - S6AE101A, S6AE102A, および S6AE103A を用いたエナジーデリバリの基本的な考え方

文書番号: 002-13949

版	ECN	変更者	発行日	変更内容
**	5394000	HIXT	08/08/2016	新アプリケーションノート。 これは英語版の 002-13948 Rev. ** を翻訳した日本語版です。
*A	5801341	AESATMP9	07/06/2017	更新されたロゴと著作権。



## ワールドワイドな販売と設計サポート

サイプレスは、事業所、ソリューション センター、メーカー代理店、および販売代理店の世界的なネットワークを保持しています。お客様の最寄りのオフィスについては、[サイプレスのロケーション ページ](#)をご覧ください。

## 製品

ARM® Cortex® Microcontrollers	<a href="http://cypress.com/arm">cypress.com/arm</a>
車載用	<a href="http://cypress.com/automotive">cypress.com/automotive</a>
クロック&バッファ	<a href="http://cypress.com/clocks">cypress.com/clocks</a>
インターフェース	<a href="http://cypress.com/interface">cypress.com/interface</a>
IoT (モノのインターネット)	<a href="http://cypress.com/iot">cypress.com/iot</a>
メモリ	<a href="http://cypress.com/memory">cypress.com/memory</a>
マイクロコントローラ	<a href="http://cypress.com/mcu">cypress.com/mcu</a>
PSoC	<a href="http://cypress.com/psoc">cypress.com/psoc</a>
電源用 IC	<a href="http://cypress.com/pmuc">cypress.com/pmuc</a>
タッチ センシング	<a href="http://cypress.com/touch">cypress.com/touch</a>
USB コントローラー	<a href="http://cypress.com/usb">cypress.com/usb</a>
ワイヤレス	<a href="http://cypress.com/wireless">cypress.com/wireless</a>

## PSoC®ソリューション

[PSoC 1](#) | [PSoC 3](#) | [PSoC 4](#) | [PSoC 5LP](#) | [PSoC 6](#)

## サイプレス開発者コミュニティ

[フォーラム](#) | [WICED IOT Forums](#) | [Projects](#) | [ビデオ](#) | [ブログ](#) | [トレーニング](#) | [Components](#)

## テクニカルサポート

[cypress.com/support](http://cypress.com/support)

本書で言及するその他すべての商標または登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。



Cypress Semiconductor  
198 Champion Court  
San Jose, CA 95134-1709

©Cypress Semiconductor Corporation, 2016-2017. 本書面は、Cypress Semiconductor Corporation 及び Spansion LLC を含むその子会社（以下「Cypress」という。）に帰属する財産である。本書面（本書面に含まれ又は言及されているあらゆるソフトウェア若しくはファームウェア（以下「本ソフトウェア」という。）を含む）は、アメリカ合衆国及び世界のその他の国における知的財産法及び条約に基づき Cypress が所有する。Cypress はこれらの法令及び条約に基づく全ての権利を留保し、本段落で特に記載されているものを除き、その特許権、著作権、商標権又はその他の知的財産権のライセンスを一切許諾しない。本ソフトウェアにライセンス契約書が伴っておらず、かつ Cypress との間で別途本ソフトウェアの使用方法を定める書面による合意がない場合、Cypress は、(1) 本ソフトウェアの著作権に基づき、(a) ソースコード形式で提供されている本ソフトウェアについて、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためののみ、かつ組織内部でのみ、本ソフトウェアの修正及び複製を行うこと、並びに (b) Cypress のハードウェア製品ユニットに用いるためののみ、（直接又は再販売者及び販売代理店を介して間接のいずれかで）本ソフトウェアをバイナリコード形式で外部エンドユーザーに配布すること、並びに (2) 本ソフトウェア（Cypress により提供され、修正がなされていないもの）が抵触する Cypress の特許権のクレームに基づき、Cypress ハードウェア製品と共に用いるためののみ、本ソフトウェアの作成、利用、配布及び輸入を行うことについての非独占的で譲渡不能な一身専属的ライセンス（サブライセンスの権利を除く）を付与する。本ソフトウェアのその他の使用、複製、修正、変換又はコンパイルを禁止する。

**適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、本書面又はいかなる本ソフトウェア若しくはこれに伴うハードウェアに関しても、明示又は黙示をとわず、いかなる保証（商品性及び特定の目的への適合性の黙示の保証を含むがこれらに限られない）も行わない。**いかなるコンピューティングデバイスも絶対に安全ということはない。従って、Cypress のハードウェアまたはソフトウェア製品に講じられたセキュリティ対策にもかかわらず、Cypress は、Cypress 製品への権限のないアクセスまたは使用といったセキュリティ違反から生じる一切の責任を負わない。加えて、本書面に記載された製品には、エラーと呼ばれる設計上の欠陥またはエラーが含まれている可能性があり、公表された仕様とは異なる動作をする場合がある。適用される法律により許される範囲内で、Cypress は、別途通知することなく、本書面を変更する権利を留保する。Cypress は、本書面に記載のあるいかなる製品若しくは回路の適用又は使用から生じる一切の責任を負わない。本書面で提供されたあらゆる情報（あらゆるサンプルデザイン情報又はプログラムコードを含む）は、参照目的のためのみに提供されたものである。この情報で構成するあらゆるアプリケーション及びその結果としてのあらゆる製品の機能性及び安全性を適切に設計、プログラム、かつテストすることは、本書面のユーザーの責任において行われるものとする。Cypress 製品は、兵器、兵器システム、原子力施設、生命維持装置若しくは生命維持システム、蘇生用の設備及び外科的移植を含むその他の医療機器若しくは医療システム、汚染管理若しくは有害物質管理の運用のために設計され若しくは意図されたシステムの重要な構成部分としての使用、又は装置若しくはシステムの不具合が人身傷害、死亡若しくは物的損害を生じさせるようなその他の使用（以下「本目的外使用」という。）のためには設計、意図又は承認されていない。重要な構成部分とは、その不具合が装置若しくはシステムの不具合を生じさせるか又はその安全性若しくは実効性に影響すると合理的に予想できるような装置若しくはシステムのあらゆる構成部分という。Cypress 製品のあらゆる本目的外使用から生じ、若しくは本目的外使用に関連するいかなる請求、損害又はその他の責任についても、Cypress はその全部又は一部をとわず一切の責任を負わず、かつ Cypress はそれら一切から本書により免除される。Cypress は Cypress 製品の目的外使用から生じ又は本目的外使用に関連するあらゆる請求、費用、損害及びその他の責任（人身傷害又は死亡に基づく請求を含む）から免責補償される。

Cypress, Cypress のロゴ, Spansion, Spansion のロゴ及びこれらの組み合わせ, WICED, PSoC, Capsense, EZ-USB, F-RAM, 及び Traveo は、米国及びその他の国における Cypress の商標又は登録商標である。Cypress のより完全な商標のリストは、[cypress.com](http://cypress.com) を参照すること。その他の名称及びブランドは、それぞれの権利者の財産として権利主張がなされている可能性がある。