

Application Note

BQ76905、BQ76907 電圧サンプリング測定ループについて

Jayden Li, Jenson Fang

概要

BQ76905、BQ76907 は BMS アナログフロントエンドで、2 ~ 7S バッテリパックをサポートしています。これには、高いサンプリング精度、低消費電力、豊富な保護機能、異常時パワーオンのサポート、内蔵ローサイドドライバ、内蔵 LDO、内部バランス回路などの多くの利点があり、掃除機、電動工具、ドローン、その他の用途向けの BMS 設計で広く使用されています。ただし、多くの人々は、デバイスを初めて使用するときに内部電圧サンプリングサイクルについて混乱することがよくあります。このデバイスを使用した設計の効率を向上させるため、この記事では、画像とテキストを組み合わせ、BQ76905、BQ76907 の電圧サンプリングロジックをより明確かつ直感的に理解できるようにしています。

目次

1 はじめに.....	2
2 通常モード.....	3
2.1 7 セルバッテリパックの場合.....	3
2.2 7 セル未満のバッテリパック.....	4
3 スリープ モード.....	6
4 スタートアップモード.....	6
5 セルバランスモード.....	7
6 まとめ.....	9
7 参考資料.....	10

商標

すべての商標は、それぞれの所有者に帰属します。

1 はじめに

図 1-1 は BQ76907 の機能ブロック図を示しています。図から、BQ76907 には各バッテリーセルの Δ - Σ ADC、TS ピン電圧、内部 LDO 出力電圧、VREF1 電圧などがあることが分かります。サンプリング精度は 4mV に達する場合があります。バッテリーセルはマルチプレクサを使用して ADC を共有するため、電圧サンプリングの実現には特定のスケジューリングが必要です。

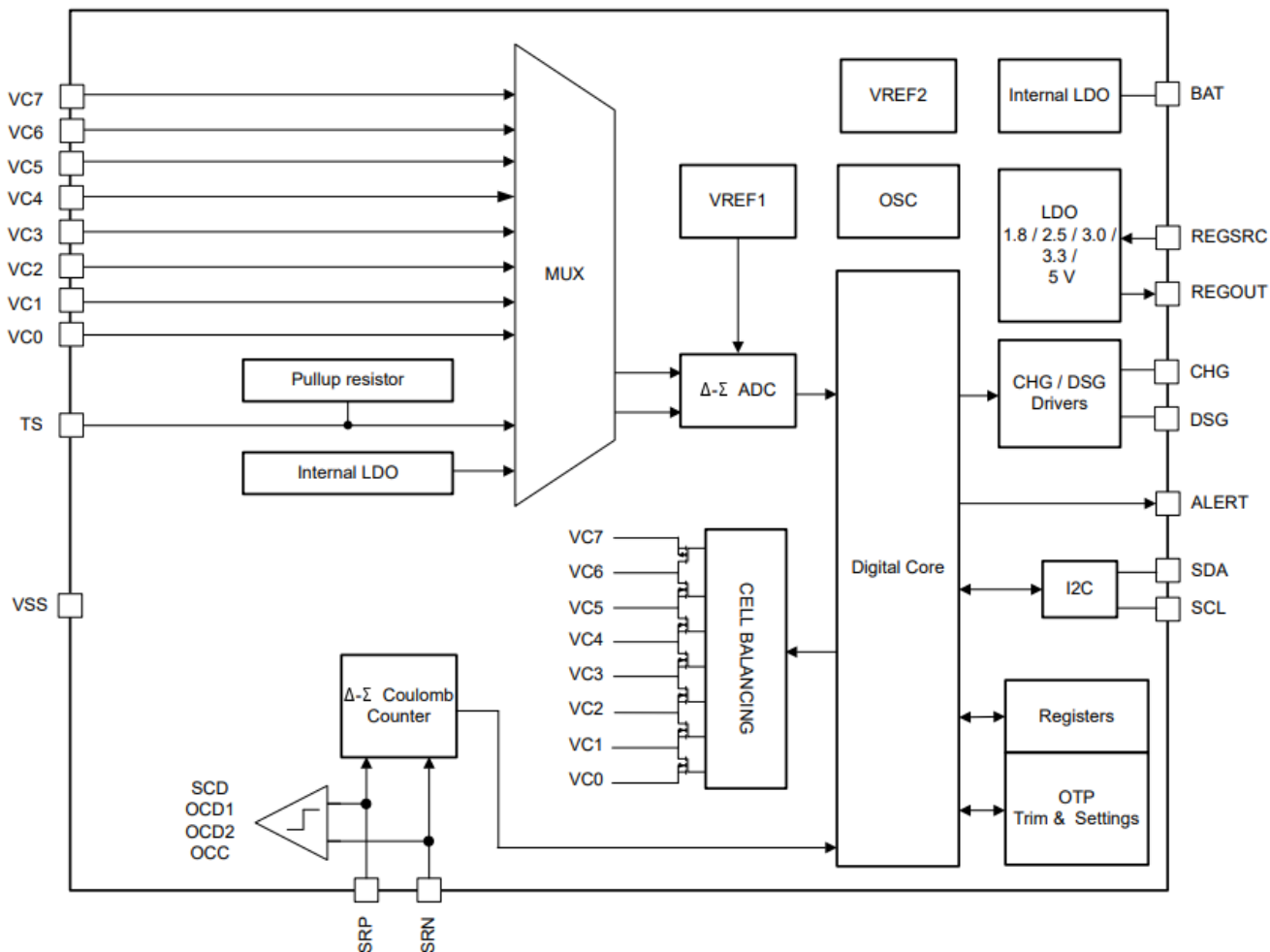


図 1-1. BQ76907 のブロック図

ただし、異なるさまざまな作業シナリオ、バッテリーセル数の違い、サンプリング精度と速度の要件が異なること、およびデバイスの消費電力が異なることを考慮して、異なる実装方法を用いる場合があります。以下の章では、例として BQ76907 を使用した実装について詳細に説明します。

2 通常モード

2.1 7 セルバッテリーパックの場合

このセクションでは、通常モードにおける、7S バッテリーパック、および 7S より小さいバッテリーパックのサンプリングロジックについて説明します。図 2-1 に示すように、7S バッテリーパックの場合、BQ76907 は ADSCAN LOOP として電圧サンプリングを実行します。

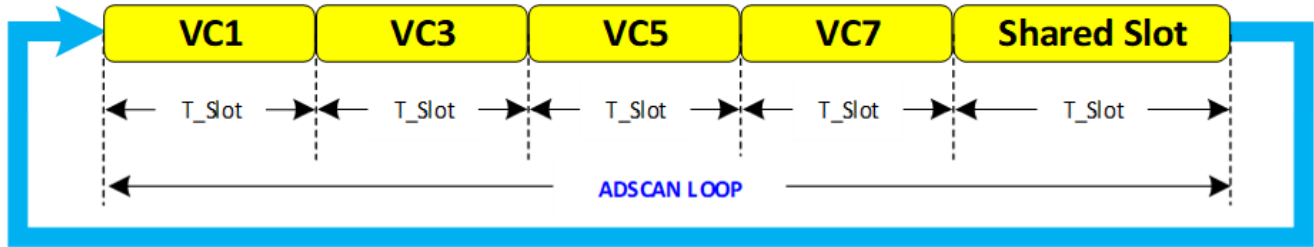


図 2-1. 7S パック用 ADSCAN LOOP

各 ADSCAN LOOP には 8 つのスロットがあり、そのうち最初の 7 つのスロットは 7 つのセルの電圧を連続的に収集し、最後のスロットは共有スロットです。

各スロットの時間 T_{Slot} は、[CVADCSPEED_1, CVADCSPEED_0] によって設定できます。表 2-1 に例を示します。 T_{Slot} が小さいほどサンプリングレートは高くなりますが、精度は低下します。反対に、 T_{Slot} が大きいほどサンプリングレートは低くなりますが、精度は向上します。したがって、 T_{Slot} を構成する際は、BQ76907 サンプリングの速度と精度間で妥協する必要があります。

表 2-1. T_{Slot}

CVADCSPEED_1	CVADCSPEED_0	T_{Slot}
0	0	2.93ms
0	1	1.46ms
1	0	732us
1	1	366us

共有スロットは (TS ピン電圧、内部温度、VC7 ピン電圧、VREF 電圧、VSS 電圧) と共有されます。これらの電圧はセル電圧ほど高速なサンプリングレートを必要としないため、各 ADSCAN LOOP は電圧のうち 1 つしかサンプリングできません。このプロセスでは、電圧のサンプリングを完了するまでに 5 つの各 ADSCAN LOOP を要します。したがって、図 2-2 に示すように、5 つのすべての ADSCAN LOOP は FULLSCAN LOOP と呼ばれます。

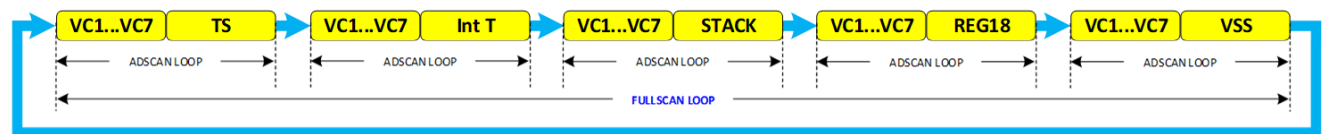


図 2-2. FULLSCAN LOOP

多くのアプリケーションシナリオでは、顧客のサンプリングレートに対する要件はそれほど高くありませんが、消費電力に対する要件は高く、通常モードにおいて比較的低い消費電力レベルを維持したいと考えています。このため、BQ76907 は以下のレジスタを開きます: LOOP_SLOW [1, 0]。このレジスタを構成することで、ユーザーは各アクティブスロットの後に複数の IDLE スロットを挿入できます。この方法を使用するとサンプリングレートを下げて消費電力を低減できます。図 2-3 に例を示します。

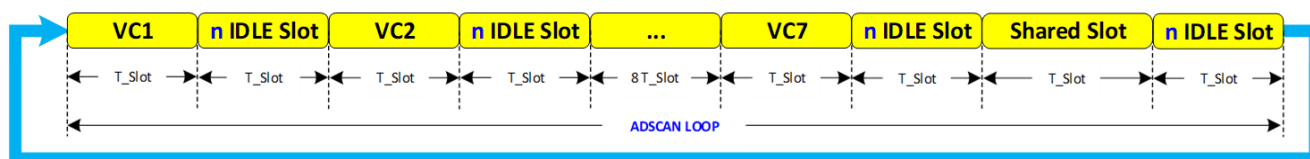


図 2-3. LOOP_SLOW 速度制御を使用する ADSCAN LOOP

$$n = 2^{Loop_SLOW[1:0]} - 1 \quad (1)$$

ここで、n と IDLE スロット数の関係は、表 2-2 で直接参照することもできます。

表 2-2. LOOP_SLOW 速度制御

LOOP_SLOW [1]	LOOP_SLOW [0]	ループ速度
0	0	フル速度 (1 つのアクティブスロットの後にアイドルスロットが 0)
0	1	半分の速度 (1 つのアクティブスロットの後に 1 つのアイドルスロット)
1	0	4 分の 1 の速度 (1 つのアクティブスロットの後に 3 つのアイドルスロット)
1	1	8 分の 1 の速度 (1 つのアクティブスロットの後に 7 つのアイドルスロット)

2.2 7 セル未満のバッテリーパック

7S 未満のバッテリーパックの場合は、表 2-3 に記載されている接続方法に従ってセルを接続する必要があり、「Settings:Configuration:Vcell Mode」にも実際のセル数を設定する必要があります。

表 2-3. セルの使用と接続

使用されているセル数	接続されるセル	短絡されるセル
6	VC7、VC6、VC5、VC3、VC2、VC1	VC4
5	VC7、VC5、VC3、VC2、VC1	VC6、VC4
4	VC7、VC5、VC3、VC1	VC6、VC4、VC2
3	VC7、VC5、VC1	VC6、VC4、VC3、VC2
2	VC7、VC1	VC6、VC5、VC4、VC3、VC2

BQ76907 のサンプリングサイクルでは、サンプリングリソースを節約してサンプリング効率を向上させるため、BQ76907 は実際にセルに接続されていないチャンネルを自動的にスキップできます。4S バッテリーパックの例では、図 2-4 に示すように、BQ76907 は 2 番目、4 番目、6 番目のチャンネルのサンプリングを自動的にスキップします。このようにして、ADSCAN LOOP 内のスロット数が 8 から 5 に減り、サンプリング効率が大幅に向上します。

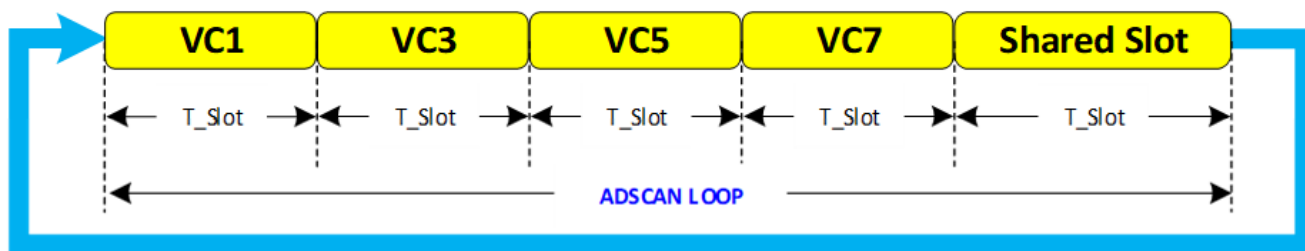


図 2-4. 4S パック用 ADSCAN LOOP

前のセクションで説明した LOOP_SLOW 速度制御はここでも適用されます。

3 スリープモード

デバイスがスリープモードのときは、電力を節約するために、BQ76907 は通常モードのように常にサンプリングを実行するわけではなく、断続的にサンプリングを実行できます。図 3-1 に示すように、スリープモードでは、BQ76907 は IDLE 状態を一定時間維持した後、バーストサンプリング段に移行できます。前述のバーストサンプリングと ADSCAN LOOP の違いは、バーストサンプリングですべてのセル電圧と共有スロットを一度に収集し、バーストの回数を減らしてスリープモードでの消費電力を節約できることです。

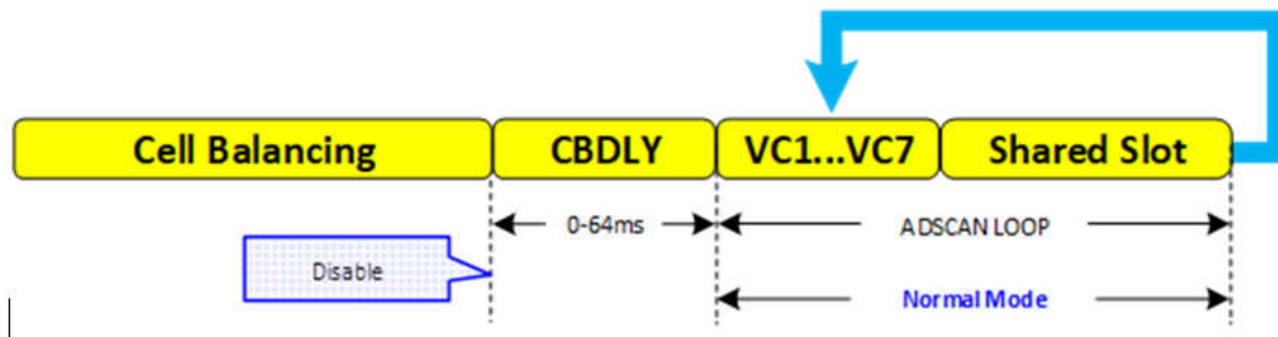


図 3-1. スリープモードでの電圧測定ループ (7S バージョン)

IDLE 状態の時間は、レジスタ「Power:Sleep:Voltage Time」により構成できます。ただし、「Power:Sleep:Voltage Time」中に BQ76907 がスリープモードを終了すると、直ちにバーストサンプリングのラウンドを実行してから、前述の通常モードサンプリングモードに移行できます。

4 スタートアップモード

図 4-1 に示すように、これにより SHUTDOWN モードからウェークアップ、DEEPSLEEP モードが終了、CONFIG_UPDATE モードが終了すると、BQ76907 はスタートアップモードに移行できます。図 4-1 に示すように、ウェークアップまたは終了の瞬間に、BQ76907 はスリープモードと同様のバーストサンプリング、つまりすべてのセル電圧と共有スロットのサンプリングを直ちに実行できます。サンプリング後に保護などの異常イベントがない場合は、通常モードに移行する場合があります。

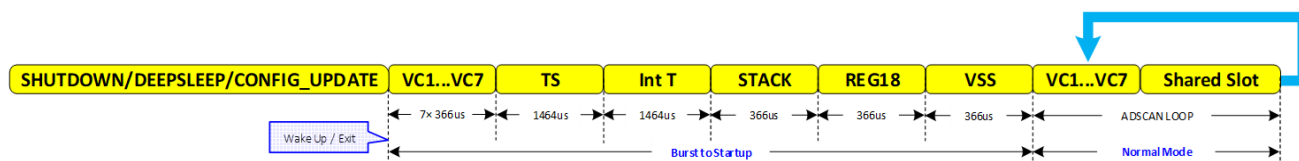


図 4-1. スタートアップモードでの電圧測定ループ (7S バージョン)

スタートアップモードのバーストサンプリング相では、すべての T_Slots は固定されており、構成できないことに注意してください。さらに、温度に関連するサンプリングを除くすべての電圧サンプリングは最小時間に従って実行され、すべての電圧サンプリングはできるだけ早く完了し、起動時間が高速化され、ユーザーエクスペリエンスが最適化されます。

5 セルバランシングモード

BQ76907 は、パッシングバランシング方式を使用して最大 50mA の内部バランシング電流をサポートする、バランシング回路を内蔵しています。ただし、バランシングを有効にするため、ホストがコマンドを送信する必要があります。これは隣接していないセルの同時バランシングだけでなく、隣接するセルの同時バランシングもサポートしています。

バランシングをオンにすると、対応するセルおよび隣接するセルのピン電圧が変化することがあります。図 5-1 は、Cell_n セルのバランシングがオンになる前後の等価回路を示しています。

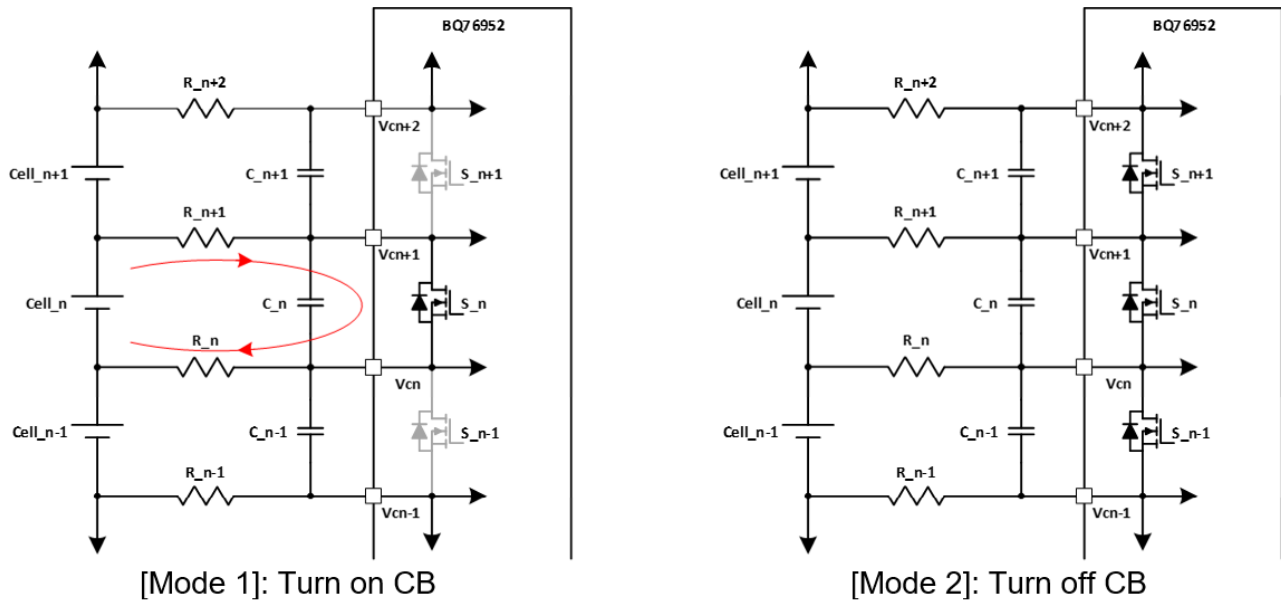


図 5-1. BQ76907 内部バラン回路

図 5-1 では、対応する VCx 入力ピンの電圧は次のように変化します：

表 5-1. セルバランがオンになる前後の VCx ピン電圧の変化

電圧	バランがオフ	バランがオン
$V_{(cn+1)} - V_{cn}$	V_{cell_n}	$\frac{V_{cell_n}}{R_n + R_{n+1} + R_{dson}} \times R_{dson}$
$V_{(cn)} - V_{(cn-1)}$	V_{cell_n}	$V_{cell_n-1} + \frac{V_{cell_n}}{R_n + R_{n+1} + R_{dson}} \times R_{dson}$
$V_{(cn+2)} - V_{(cn+1)}$	V_{cell_n+1}	$V_{cell_n+1} + \frac{V_{cell_n}}{R_n + R_{n+1} + R_{dson}} \times R_{dson}$

バッテリーのバランシングのためにサンプリング電圧が不正確になることを防止するため、サンプリング中はバランシングを無効化する必要があります。バランシング機能（デューティサイクルのバランシング）とサンプリングレートのバランを取るため、BQ76907 は通常のサンプリング ADSCAN LOOP の後に複数の IDLE スロットを追加できます

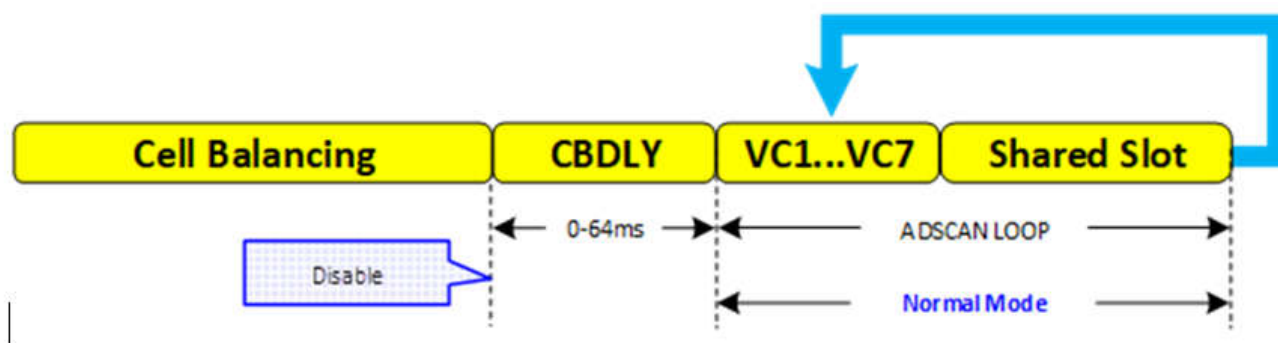


図 5-2. セルバランスモードでの電圧測定ループ (7S バージョン)

$$m = \left(2^{CB_Loop_SLOW[1:0]} + 1 - 1\right) \times 8 \quad (2)$$

IDLE スロットが多くなるほどバランシングデューティサイクルは大きくなり、バッテリーパックのバランシング能力は強くなりますが、サンプリングリフレッシュレートは低下する可能性があります。そのため、実際の使用シナリオに応じて `CB_LOOP_SLOW[1:0]` レジスタを構成する必要があります。

また、セルバランシングをオフにすると、RC ネットワークが存在するため電圧回復には一定の時間がかかり、セルバランシングをオフにした後、いくつかの電圧サンプリングで大きな誤差が発生する可能性があります。このような誤差を回避するため、**BQ76907** は遅延サンプリングレジスタを開きます: 設定: セルバランシング: バランシング構成 [`CBDLY2:0`]。このレジスタを使うと、図 5-3 に示すように、セルバランスがオフになってから電圧サンプリングが有効になるまでに 0 ~ 64ms の遅延を挿入できます。

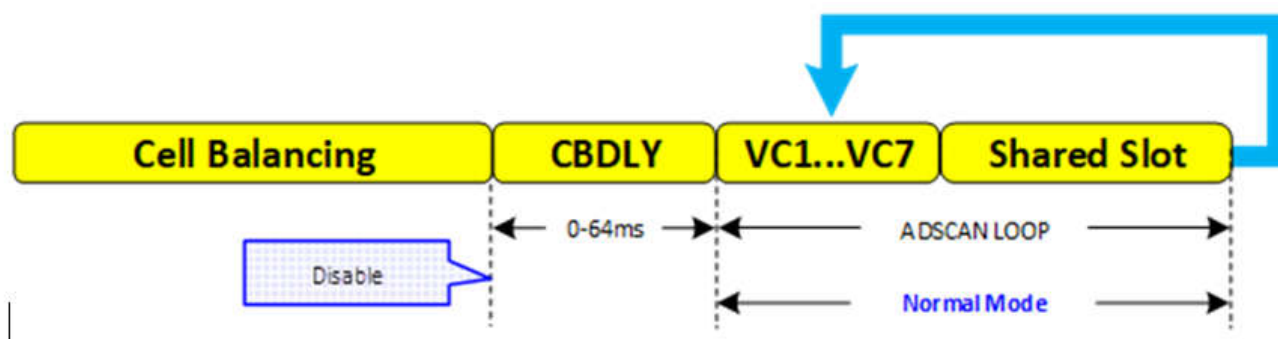


図 5-3. セルバランスモードでの電圧測定ループ (7S バージョン)

6 まとめ

この記事では、BQ76905/07 の電圧サンプリングロジックについて詳細に説明し、BQ76905/07 をより明確かつ直感的に理解するのに役立つ、さまざまなモードの設定方法を提案しています。

7 参考資料

- テキサス インスツルメンツ、『[BQ76907、2 から 7 直列のリチウムイオン、リチウムポリマ、LiFePO4 \(LFP\)、および LTO バッテリー パック用高精度バッテリー モニタおよびプロテクタ](#)』データシート。
- テキサス インスツルメンツ、『[BQ76907 テクニカルリファレンスマニュアル](#)』。
- テキサス インスツルメンツ、『[ローサイド MOSFET 制御付き 5 から 7 直列バッテリーパックのリファレンスデザイン](#)』、デザインガイド。

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黙示保証、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、明示的または黙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](https://www.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

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黙示保証、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、明示的または黙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](https://www.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