

Technical White Paper

クラッシュ パワー モジュール パワー マネージメント設計分析



Miya Zhang, Travis Wang, Colin Chen, Mulin Yuan, Jing Ji

APP-SR-BCC

概要

新しいエネルギー車の時代において、自動車の衝突後にドアがロック解除できなくなり、重要な救助時間が遅れてしまうことがあります。クラッシュ パワー モジュール (CPM) は、車両向けに特別に設計された重要な冗長システムであり、衝突時や車両のメイン バッテリ故障時に非常用電源ユニットとして機能することを中核機能とし、車両安全の最後の砦を構築します。

この記事では、クラッシュ パワー モジュール システムの体系的な検討を主眼とし、CPM の主な機能を紹介するとともに、さまざまなアーキテクチャに対応した電源管理ソリューションを提示することで、CPM のエンジニアリング開発およびソリューション選定を行うお客様の参考となることを目指します。

目次

1 クラッシュ電源モジュールの概要.....	2
2 CPM システム ブロックおよび設計要件.....	3
2.1 システム ブロック.....	3
2.2 設計要件.....	4
2.3 システム アーキテクチャ.....	5
3 スーパーキャパシタのパラメータとドアロック負荷プロファイル.....	6
3.1 スーパーキャパシタのパラメータ.....	6
3.2 充電時間の要件.....	7
3.3 ドア ロック負荷プロファイル.....	8
4 パワー マネージメント設計.....	9
4.1 5s スーパーキャパシタの設計.....	9
4.2 3s スーパーキャパシタの設計.....	11
4.3 1s スーパーキャパシタの設計.....	13
4.4 各設計の比較とまとめ.....	15
5 まとめ.....	15
6 参考資料.....	15

1 クラッシュ電源モジュールの概要

クラッシュ電源モジュール (CPM) は、車両の安全システムの最も重要なコンポーネントの一つです。CPM は、衝突後に車のドアをすばやく開け、救命のための道をクリアする上で重要な役割を果たします。自動車の衝突後、CPM はボディセンサー、制御システム、アクチュエーターと連携して、極めて短時間でドアのロック解除を迅速に完了し、乗員が意識を失っている場合でもドアを開けられるようにすることで、外部からの救助の困難さを軽減します。極限的な状況に対応するため、CPM では二重冗長電源設計が採用されることが多くあります。図 1-1 に示すとおりです。通常状態では、12V 車載バッテリーを使用してモーターを駆動し、ロック解除を行います。衝突が発生した場合、12V 車載バッテリーは衝突による損傷や回路の故障により機能しなくなることがあります。このとき、スーパーキャパシタなどのバックアップ電源が独立した電源としてモータードライバに電力を供給し、緊急時にもドアを確実に開けられるようにします。

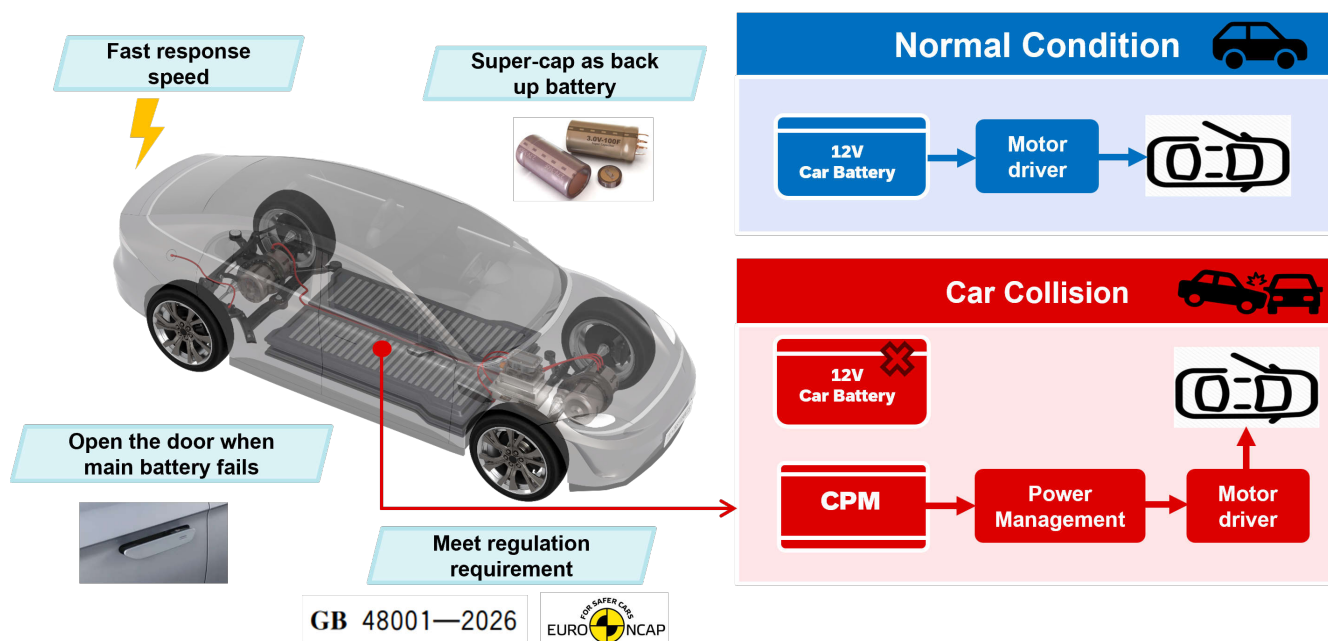


図 1-1. CPM の概要

規制の面では、欧州連合、米国、中国のいずれにおいても、衝突後にドアが正常に開けられることを求める規制要件が定められています。中国は 2026 年に強制国家規格「自動車ドアハンドルの技術要件」を制定し、衝突後にドアを手動で開けられることを義務付けています。これにより、CPM における二重冗長電源設計の採用が促進され、CPM 市場の発展が加速しています。

CPM は規制要件であるだけでなく、乗客の安全を確保し、救助効率を向上させるための重要なモジュールでもあります。CPM は、自動車の安全性を基本的な保護から全シナリオにわたる確実な保証へと引き上げ、車両の安全レベルを測る重要な指標となっています。

2 CPM システム ブロックおよび設計要件

2.1 システム ブロック

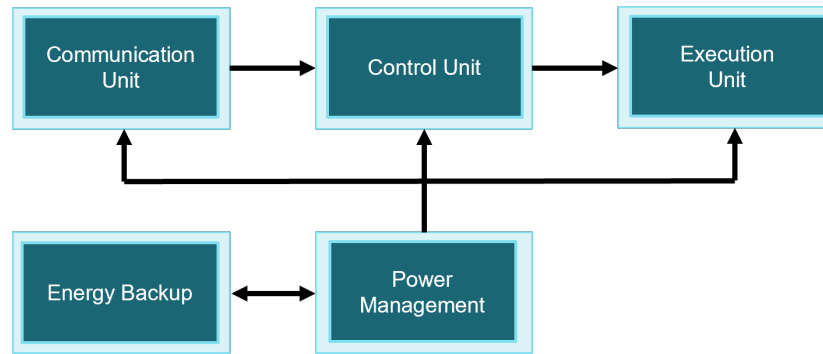


図 2-1. CPM システム ブロック

図 2-1 は CPM のシステム ブロックであり、五つのユニットで構成されています。

通信ユニットは、データの配信とコマンドの調整を担当します。受信したトリガー信号を CAN/LIN などの車載バスを介して制御ユニットに伝送し、制御ユニットに電源切り替えとロック解除を開始させます。同時に、モジュール内の各ユニットの動作状態をリアルタイムで監視します。

エネルギー バックアップ ユニットは、スーパーキャパシタです。通常の条件下では、メイン バッテリーがシステムに電力を供給します。衝突によってメイン バッテリーが切断された場合、バックアップ電源が迅速に作動し、ロック解除エネルギーの安定した出力を確保します。

パワー マネージメント ユニットはスーパーキャパシタの充電と放電を行います。通常状態では、車両のメイン バッテリーがスーパーキャパシタを充電し、エネルギーを蓄えます。衝突が発生した後は、スーパーキャパシタのエネルギーを放出しますが、その際にセル バランスとバッテリー健全性検出も考慮する必要があります。

制御ユニットはシステムのコアです。衝突信号を受信するとともに、スーパーキャパシタの残存エネルギーに基づいてロック解除回数を動的に計算し、電圧およびエネルギー消費データをリアルタイムでフィードバックします。

実行ユニットは、ドア ロック、チャイルド ロック、ドア ハンドル ロックの各部品が要求する異なる電流と時間に応じて、各ロックを順番に駆動してロック解除します。

2.2 設計要件

車両のパッシブ セーフティシステムの重要部品として、CPM は「極限条件下での確実なアンロック」という中核目標を軸に設計されなければならない、同時に車載環境への適応性および車両システム全体との連携も考慮する必要があります。技術の実装過程においては、電源の信頼性、応答時間、環境適応性といった課題が、モジュール設計における中核的な課題となります。

a) 高い信頼性と冗長性: 二重電源冗長設計と機能安全

CPM はデュアル電源アーキテクチャをサポートする必要があります。主電源 (12V 低電圧バッテリー) は、通常状態においてシステムに電力を供給します。衝突によってメイン電源が短絡または遮断された場合には、スーパーキャパシタなどのバックアップ電源がシームレスに切り替わる必要があります。さらに、バックアップ電源は「低自己消費」の要件を満たし、車両のライフサイクル全体にわたって電力供給能力を維持するとともに、複数回のロック解除動作を支えるのに十分なエネルギー出力を備えている必要があります。CPM は、50 万回の充放電サイクル、 $-40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ の広い温度範囲での安定動作、振動、電磁干渉など、複雑な車載環境を想定した厳格な信頼性試験に合格する必要があります。メイン バッテリーとバックアップ バッテリーの切り替えとロック解除の成功率は、両方とも 100% に達する必要があります。

b) 高速応答速度: ms レベルの速度

衝突信号の検出からすべてのドアロック、チャイルド ロック、ドア ハンドル ロックのロック解除完了までの総応答時間は 200ms 以内に抑える必要があり、電源切り替え時間は 10ms を超えてはなりません。駆動実行ユニットは、あらかじめ設定されたタイミング シーケンスに従って複数種類のロックを迅速に駆動し、衝突後の脱出のゴールデン タイム内に確実にアンロックできるようにしなければなりません。

c) コストと信頼性: トレードオフ

CPM はコストと信頼性のバランスをとる必要があります。冗長設計はモジュールのコストとサイズを大幅に増加させます。そのため、高集積チップの選定や冗長ロジックの簡素化によって回路アーキテクチャを最適化し、機能安全および信頼性の要件を満たしつつ、コストとサイズを抑える必要があります。

2.3 システム アーキテクチャ

CPM は、図 2-2、図 2-3 および図 2-4 に示すように、その場所に応じて三つのアーキテクチャに分割できます

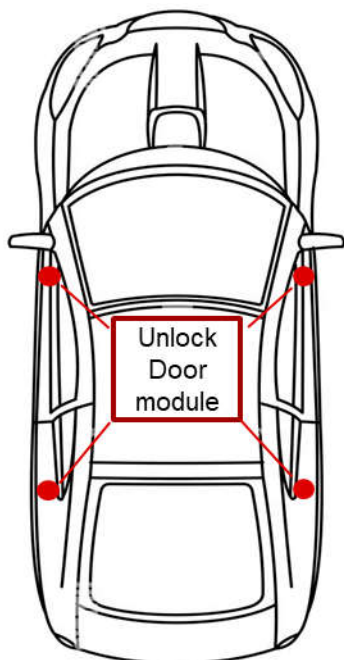


図 2-2. 集中型

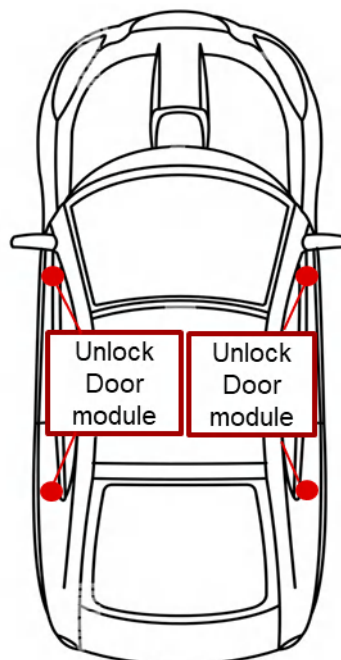


図 2-3. 半分散型

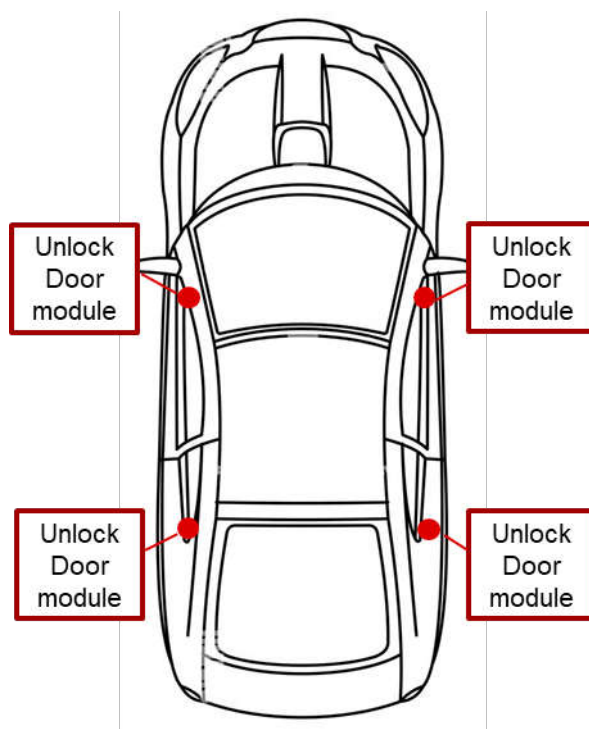


図 2-4. 分散型

CPM を車両の中央に配置し、一つのモジュールで四つのドアをロック解除する構成は、集中型アーキテクチャと呼ばれます。集中型アーキテクチャは構造がシンプルで開発が容易、コストも低く、スペースの制約なしに車内のどこにでも配置

でき、衝突時に損傷を受けにくいという特長があります。ただし、CPM はドアから離れているため、応答速度が遅くなります。衝突後にケーブルが損傷しやすく、単一点故障のリスクが高く、冗長性が低いという課題があります。

CPM が各ドアに配置されている場合は、分散アーキテクチャと呼ばれます。分散型アーキテクチャでは、モジュールがドアの近くに配置されるため、応答速度が速くなります。衝突によって一つのモジュールが損傷しても、他のモジュールは引き続き正常に動作できるため、分散型アーキテクチャは高い信頼性と高い冗長性を備えています。ただし、四つの CPM が必要になるため、コストは増加します。さらに、四つのドアロックが互いに協調して動作する必要があるため、連携ロジックが複雑になります。

最後は一部分散型アーキテクチャです。半分散型アーキテクチャは左ドメインと右ドメインに分けられ、各ドメインにロックを制御するモジュールが一つずつ配置されます。コストと冗長性はいずれも集中型アーキテクチャと分散型アーキテクチャの中間に位置しており、折衷案となるソリューションです。

表 2-1 に、三つのアーキテクチャの比較を示します。集中型アーキテクチャは、コストに敏感で、かつシステムの高い統合性が求められる車両に適しています。分散型アーキテクチャは、高い応答速度と冗長性が求められるシナリオや、多様な車両構成に対して、より適しています。

表 2-1. CPM のさまざまなシステム アーキテクチャの比較

アーキテクチャ	集中型	半分散型	分散型
利点	シンプルな構造。 低開発の難易度 低コスト フレキシブルなポジショニング 低い衝突確率。	中程度のコスト 中程度の信頼性。	高い冗長性 高信頼性。 高速応答速度。
欠点	応答速度が遅い。 高いシングル ポイント故障率。	拡張性が低い。	高いコスト。 調整が困難。

3 スーパーキャパシタのパラメータとドアロック負荷プロファイル

3.1 スーパーキャパシタのパラメータ

CPM において、スーパーキャパシタは中核となるエネルギー貯蔵部品であり、その選定がアンロック動作の信頼性、即時性、安全性を直接左右します。リチウム電池と比較して、スーパーキャパシタは電気二重層による物理的なエネルギー貯蔵メカニズムに基づいており、化学反応を伴わずにミリ秒レベルの充放電が可能です。極限条件下での安定性と瞬時の電力出力能力は、衝突時アンロックの中核的な要件をより良く満たしており、このシナリオにおいて最適なエネルギー貯蔵ソリューションとなっています。

スーパーキャパシタを選択する場合、主な係数がロック解除のエネルギー要件になります。まず考慮すべきは、静電容量、電圧、およびスーパーキャパシタの個数です。スーパーキャパシタのサイズを考慮すると、一般的に選択可能な静電容量は 25F および 30F、定格電圧は 2.5V、2.7V、または 3V です。スーパーキャパシタは直列接続することでエネルギーを増やすことができ、一般的な直列数は 1 ～ 5 です。エネルギー計算式は次のとおりです：

$$E = \frac{1}{2}CV^2 \quad (1)$$

2.7V、25F のスーパーキャパシタを 3 個直列接続した場合を例に、放出可能なエネルギーを計算します。

等価キャパシタンス：

$$25F/3 = 8.33F$$

動作電圧範囲：

$$8.1V \sim 3V$$

放出エネルギー：

$$E = \frac{1}{2}C(V_1^2 - V_2^2) = 236J \quad (2)$$

スーパーキャパシタの放電時には、内部抵抗の影響を考慮すると、電圧は最低 3V まで低下することがあります。したがって、動作範囲は 8.1V から 3V までとなります。異なる電圧、静電容量、直列数の組み合わせによって、さまざまなエネル

ギー要件に対応することができます。そのため、スーパーキャパシタを選定する際には、システムが必要とするエネルギーに応じて選択し、かつ一定のマージン (一般的に 30% 程度) を確保しておく必要があります。

スーパーキャパシタの等価直列抵抗 (ESR) も、アンロックの応答速度に影響を与える重要な要素です。衝突時のロック解除ではドア ロック モーターを駆動するために瞬間的な大電流が必要となり、ESR が低いほどエネルギー損失と発熱を抑えることができます。車載グレードの選定では、室温での ESR が 30mΩ 未満の製品を優先すべきで、瞬時放電電流が 15A 以上に達することを確保し、さらに -40°C の低温環境においても 10A 以上の出力能力を維持して、ドア ロック モーターの正常な駆動要件を満たせるようにします。

スーパーキャパシタは、型式選定の際に車載グレードの信頼性および安全性の基準を満たしている必要があります。CPM は車両のライフサイクル全体にわたって動作する必要があるため、スーパーキャパシタのサイクル寿命は 50 万回以上に達している必要があります。温度適応性も不可欠であり、スーパーキャパシタは -40°C から 105°C までの広い動作温度範囲をカバーする必要があります。

3.2 充電時間の要件

衝突時、ロック解除用の非常用電源として、スーパーキャパシタは車両の電源投入後、極めて短時間のうちに定格電圧の 90% 以上まで充電される必要があり、走行中は常に緊急でロック解除が可能な準備状態を維持できるようにします。充電時間に対する要求は OEM によって異なりますが、一般的には 10 秒から 60 秒以内です。図 3-1 は、スーパーキャパシタの充電特性曲線を示しており、定電流 (CC) 充電と定電圧 (CV) 充電の二つの段階に分けられます。CC 段階では、メイン電源が定電流でスーパーキャパシタを充電し、キャパシタ電圧を急速に上昇させます。スーパーキャパシタの電圧が一定値に近づくと、自動的に定電圧モードに切り替わり、充電電流を制限してキャパシタの過電圧による損傷を防ぎつつ、満充電状態を維持します。スーパーキャパシタの充電電流と充電時間の関係は以下のとおりです：

$$I = C \frac{dU}{dt} \quad (3)$$

充電電流が大きいほど、充電時間は短くなります。3s、2.7V、25F のキャパシタを例にとると、等価静電容量は 8.3F となります。スーパーキャパシタを 0V から定格電圧の 8.1V まで 10 秒以内に充電する必要がある場合、必要な充電電流は 6.7A となります。マージンを考慮すると、7A の定電流充電をサポートできる IC (TPS552892-Q1 など) を選定する必要があります。

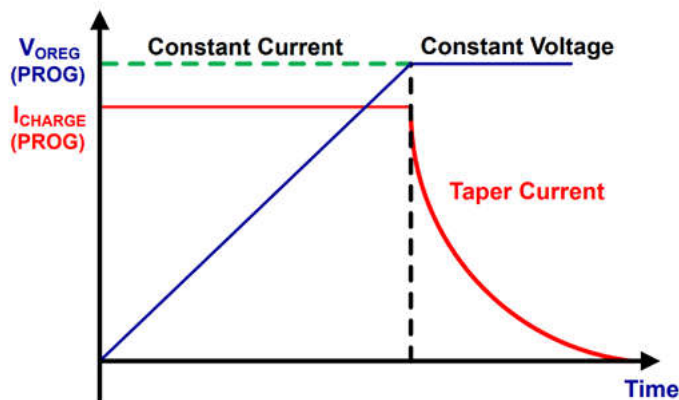


図 3-1. スーパーキャパシタの充電特性

3.3 ドア ロック負荷プロファイル

自動車のドア システムにおいて、一般的なロックにはドア ロック、ドア ハンドル ロック、チャイルド ロックがあります。CPM でロックを解除する必要があるロックの数は、システム アーキテクチャによって異なります。集中型アーキテクチャの場合、一つの CPM が 4 つのドア ロック、2 つのチャイルド ロック、4 つのドア ハンドル ロックを含むすべてのロックを駆動する必要があります。分散型アーキテクチャの場合、各 CPM はドア ロック 1 つ、チャイルド ロック 1 つ、ドア ハンドル ロック 1 つのみを駆動すればよいことになります。ロックの数は異なり、必要なエネルギーは異なります。

ロック解除の動作中、モーターの動作電圧は一般的に 12V に設定され、電流は時間とともに変化し、起動段階、定常段階、ストール段階に分けられます。図 3-2 に、一般的な車両ドアロック解除モーターが動作中の電流の変化を示します。起動段階では、逆起電力がまだ確立されていないため、電流は定格電流の 2 倍まで急速に上昇し、最大 5A に達して、過渡的なサージ スパイクを形成します。この段階は、わずか 10ms という短時間しか続きません。突入電流の後、モーターの逆起電力が確立され、電流は速やかに低下して定格電流の範囲内 (一般的に約 3A) で安定し、その持続時間は 150ms です。最悪のケースはモーターのストール状態であり、電流は 8A に達し、50ms 持続します。したがって、このモーターのロック解除に必要な総エネルギーは以下のとおりです：

$$E = UIt = 12V \times (5A \times 10ms + 3A \times 150ms + 8A \times 50ms) = 10.8J \quad (4)$$

一つの CPM ですべてのドアをロック解除する必要がある場合、ロックの数を 10 個、回数を 2 回とすると、必要な総エネルギーは以下のとおりです：

$$E_{total} = 10 \times 2 \times 10.8J = 216J \quad (5)$$

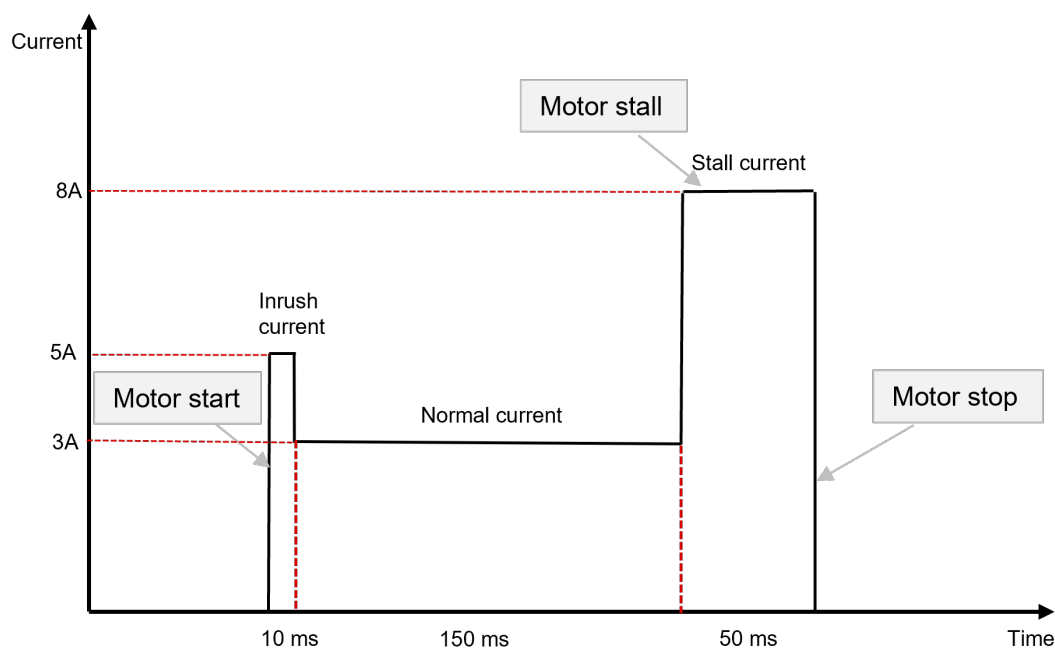


図 3-2. 自動車ドア ロック モーター動作時の電流の時間変化の代表的な図

4 パワー マネージメント設計

4.1 5s スーパーキャパシタの設計

5s スーパーキャパシタ設計は、より多くのエネルギーを供給できるため、主に集中型アーキテクチャで使用されます。次のセクションでは、5s スーパーキャパシタ向けの三種類の電源管理設計を示します。

• 昇降圧充電 + ダイオード放電

スーパーキャパシタの充電には、昇降圧コンバータを使用します。ダイオードは、スーパーキャパシタのエネルギーをモータードライバへ放電するために使用されます。5s、2.7V、25F のスーパーキャパシタを例にとると、スーパーキャパシタの定格電圧は 13.5V となります。自動車の 12V 主バッテリーの動作電圧範囲は 9V ~ 16V であるため、TPS552892-Q1 などの昇降圧チャージャが必要です。モーターに電力を供給するための放電として、ダイオード LM74700-Q1 を使用しています。モーターの動作範囲が 9V ~ 16V であるため、スーパーキャパシタは 9V までしか放電できず、9V 以下のエネルギーは利用できません。スーパーキャパシタの生産と製造上のばらつきにより、スーパーキャパシタを直列接続した場合、各直列セルにかかる電圧が不均衡になることがあります。そのため、BQ79607-Q1/BQ78709-Q1 (ASIL-B 対応版) のようなセルバランス IC が必要となり、各セルの電圧をリアルタイムで監視し、パッシブ放電を行うことで各セルの電圧を均一化し、スーパーキャパシタの寿命を延ばします。

また、CPM には、マイコン、SBC、モータードライバも必要とします。マイコンは CPM を制御する中央システムとして動作するため、MSPM0G3107-Q1 を使用することを推奨します。SBC には、CAN-FD トランシーバと 3.3V LDO を内蔵した TCAN2845-Q1 も使用できます。このデバイスは、マイコンへの電源供給および ZCU との通信に使用できます。DRV8244-Q1 などのモータードライバを使用してモーターを駆動します。システム全体のブロック図を、図 4-1 に示します。

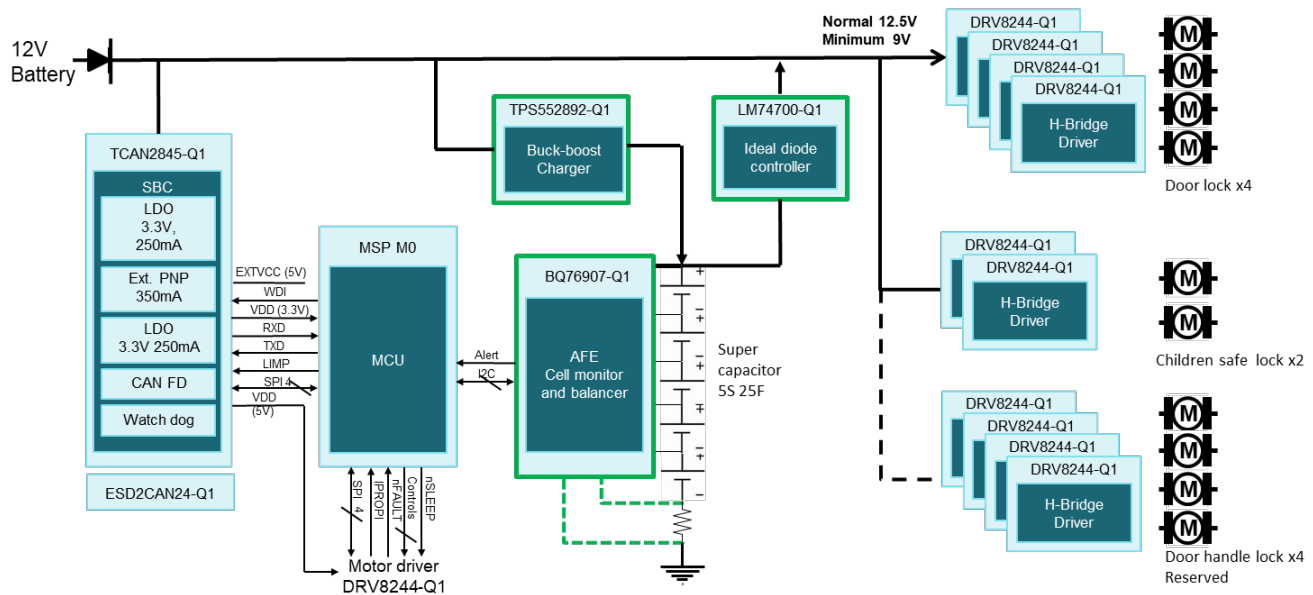


図 4-1. 5s スーパーキャパシタのシステム ブロック:昇降圧充電およびダイオード放電

図 4-2 はスーパーキャパシタを充電する TPS552892-Q1 のテスト波形です。チャンネル 1 ~ 3 は、それぞれイネーブルピン EN、スーパーキャパシタ電圧 VOUT、充電電流 IOOUT です。波形から分かるように、イネーブルピンが high になった後、TPS552892-Q1 は定電流充電フェーズに入り、電圧が約 12.5V に達するまで 2.5A の定電流でスーパーキャパシタを充電します。その後、IC は定電圧充電フェーズに入り、この間、充電電流は徐々に減少していきます。充電プロセス全体は 25 秒間続きます。アプリケーションの詳細については、『昇降圧コンバータを使用する 5S SuperCaps ソリューションを使用する E-latch』を参照してください。

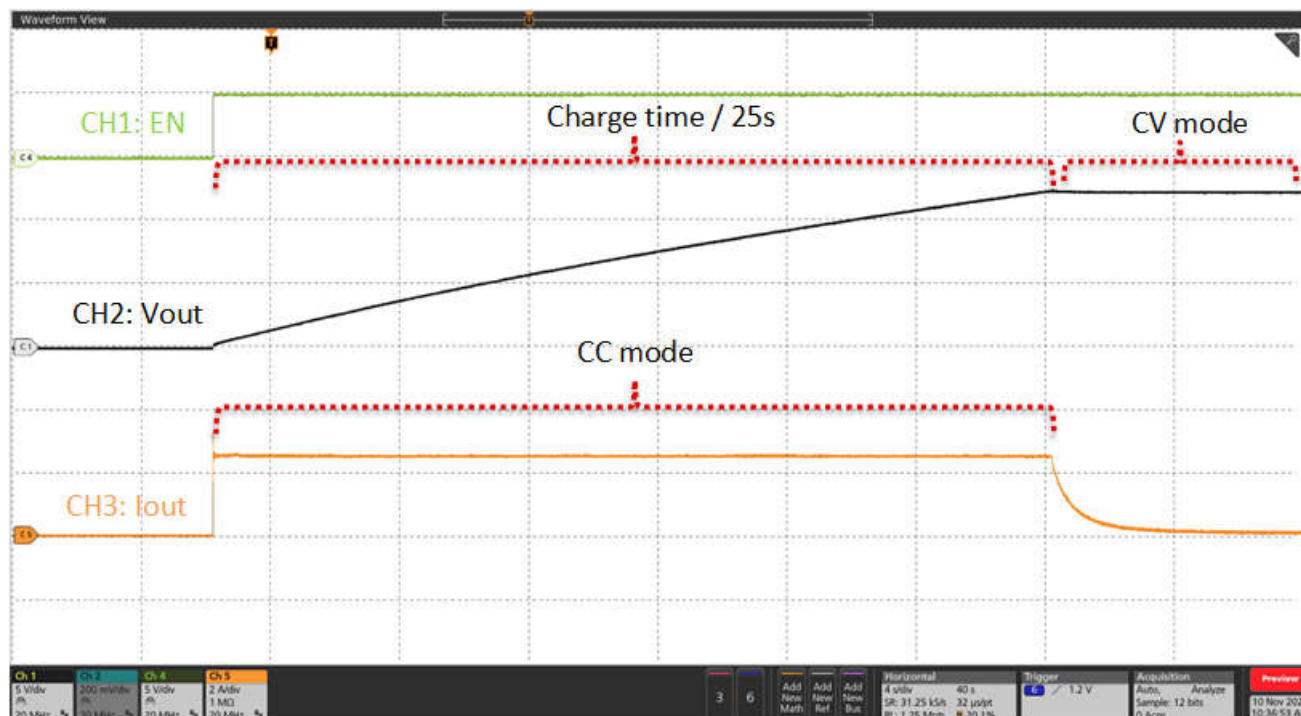


図 4-2. スーパーキャパシタの充電に対する TPS552892-Q1 のテスト波形

・ 昇降圧充電 + 昇圧放電

放電時には、ダイオードの代わりに **LM5122-Q1** のような昇圧コントローラを使用することで、スーパーキャパシタのエネルギーを最大限に活用できます。スーパーキャパシタの電圧が **9V** 以下になった場合でも、昇圧コントローラによって出力を **12V** まで昇圧し、モーターを駆動することができます。図 4-3 にこの機能ブロック図を示します。

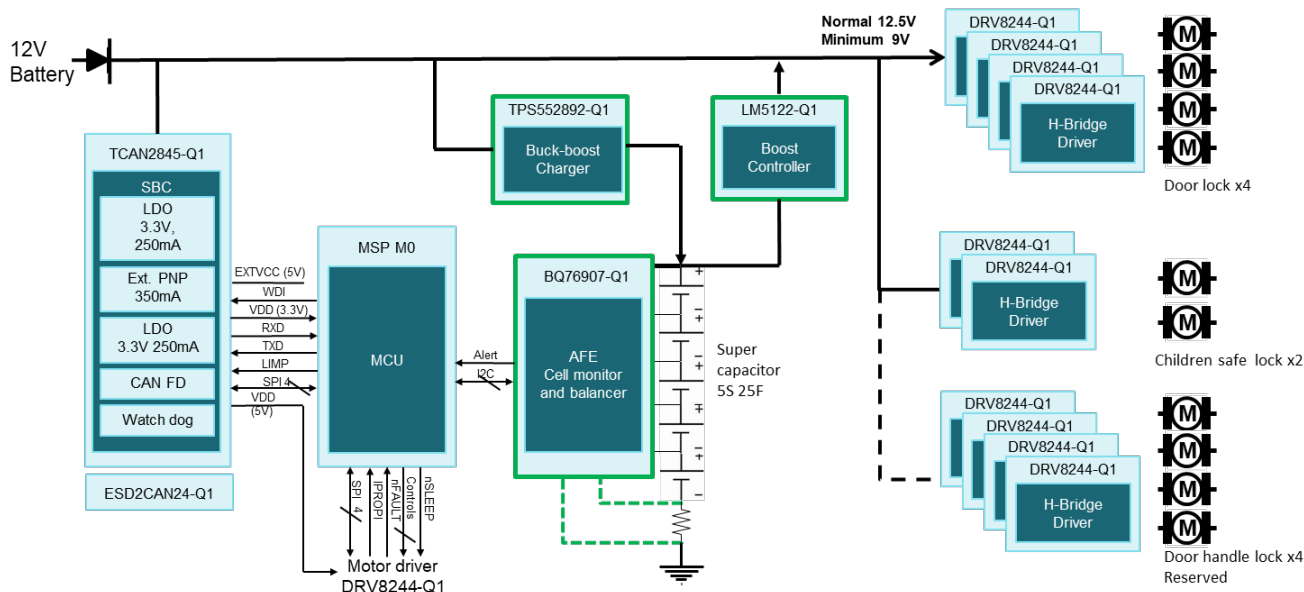


図 4-3. 5s スーパーキャパシタのシステム ブロック: 昇降圧充電 + 昇圧放電

・ 充放電用の双方向昇降圧コントローラ

下記の設計では、昇降圧チャージャと、放電用の昇圧コントローラが必要になります。TI は、双方向昇降圧コントローラである **LM51772-Q1** を発表しました。この製品は、同じ回路を使用して充放電を行います。より高い集積度を備えており、

システムコストを大幅に削減することができます。図 4-4 にこの機能ブロック図を示します。テキサス インストルメンツ、『LM51772 によるバッテリーまたはキャパシタ バックアップ動作』アプリケーション ノート。

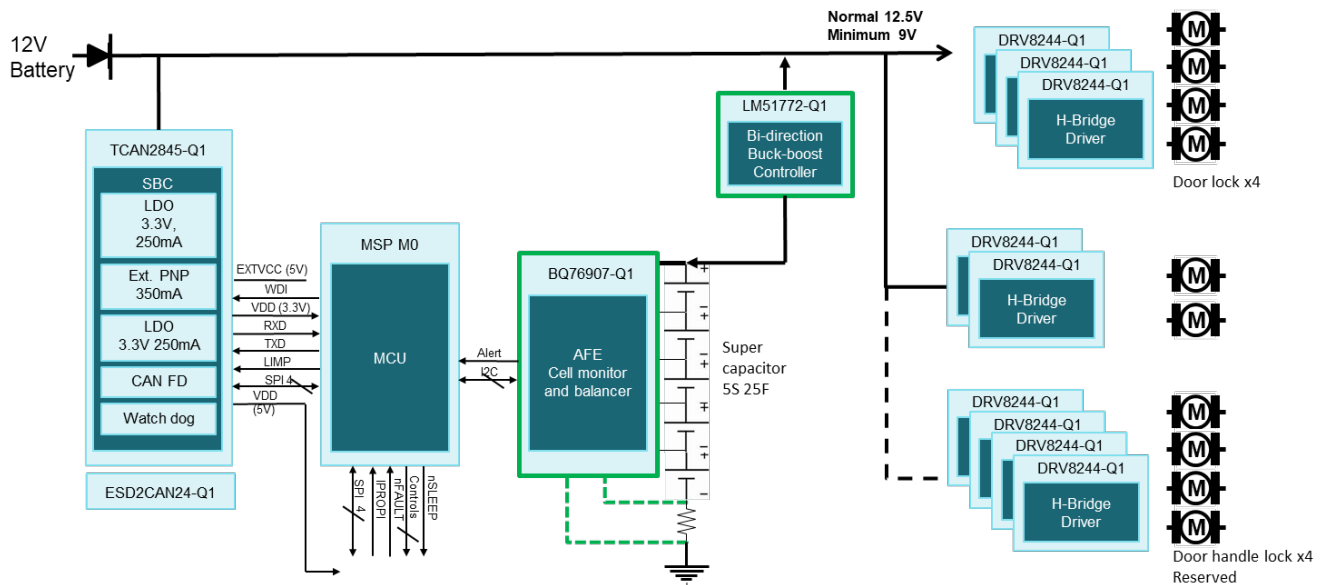


図 4-4. 5s スーパーキャパシタのシステム ブロック: 充放電用の双方向昇降圧コントローラ

4.2 3s スーパーキャパシタの設計

3s スーパーキャパシタ設計では、スーパーキャパシタの数を減らしつつ、エネルギーのバランスを取ることができます。これは、集中型アーキテクチャと分散型アーキテクチャの両方に対応した設計です。以下は、3s スーパーキャパシタ向けの二種類の異なる電源管理設計です。

- 降圧充電 + 昇圧放電

3s、2.7V、25F のスーパーキャパシタを例にとると、スーパーキャパシタの定格電圧は 8.1V なので、LM5190-Q1 のような降圧充電が必須です。放電中、昇圧コントローラ LM5152-Q1 を使用して電圧を 12V に上昇させ、モーターを駆動します。同様に、このシステムにもセル バランス IC、マイコン、SBC、モーター ドライバが引き続き必要です。推奨されるシステムブロック図を図 4-5 に示します。

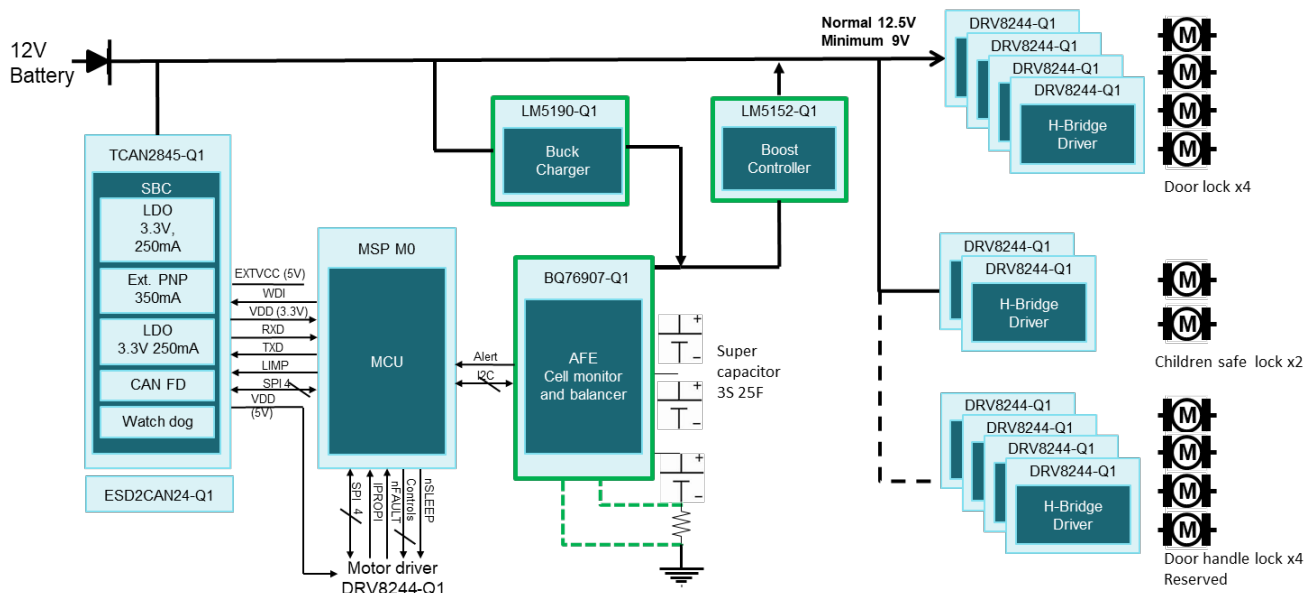


図 4-5. 3s スーパーキャパシタ システム ブロック:降圧充電 + 昇圧放電

• 充放電用の双方向昇降圧コンバータ

二番目の設計は、高集積の双方向昇降圧コンバータ **TPS61383-Q1** を使用することです。この製品は、降圧チャージャ、昇圧ディスチャージャ、バッテリー状態検出機能を内蔵しています。12V メイン バッテリーが正常に動作している場合、降圧モードでスーパーキャパシタを充電することができ、最大充電電流は **7A** です。メイン バッテリーが故障した場合、メイン バッテリー端子電圧の低下を検出して自動的に昇圧モードに切り替わり、スーパーキャパシタの電圧を **12V** まで昇圧してモーターに電力を供給します。このときの最大入力電流は **30A** です。さらに、このデバイスはバッテリーの状態検出機能を搭載しており、スーパーキャパシタの正常性の状態を検出できます。ディスクリート設計と比較して、**TPS61383-Q1** は高集積で小型化された設計です。推奨されるシステムブロックは図 4-6 です。アプリケーションの詳細については、『**TPS61383-Q1** を使用した車載用 E ラッチ システムの設計ガイドライン』を参照してください。

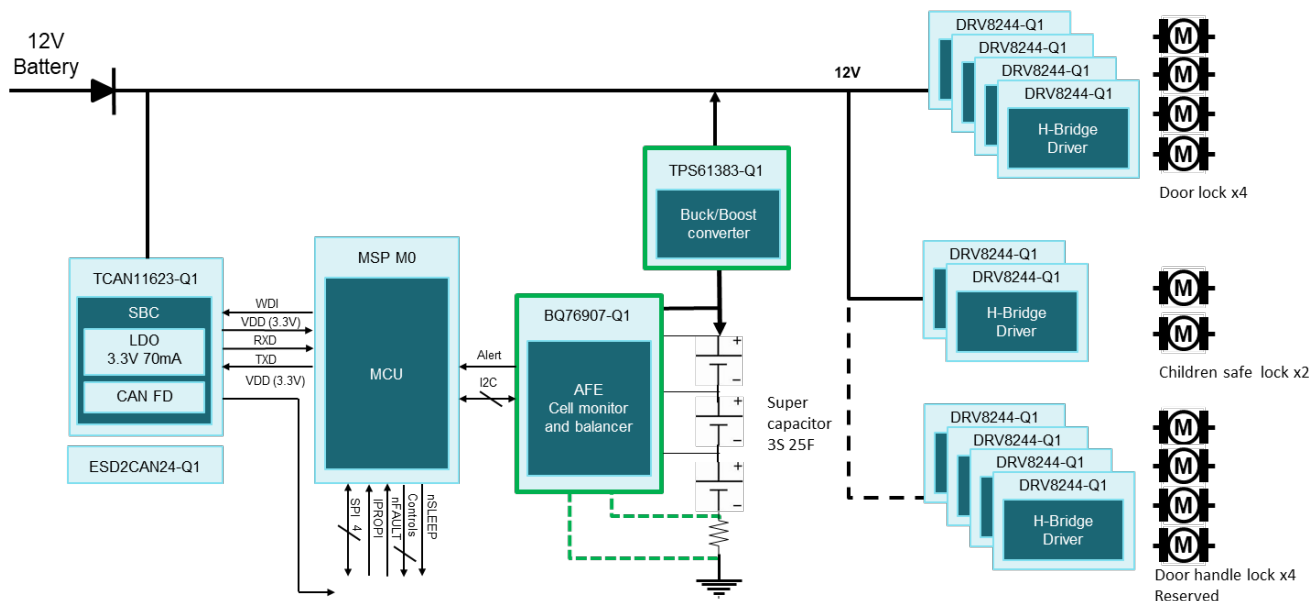


図 4-6. 3s スーパーキャパシタ システム ブロック:双方向昇降圧コンバータ

図 4-7 および図 4-8 はテスト波形です。図 4-7 は充電プロセス中の波形を示します。チャンネル 1 と 2 はそれぞれスーパーキャパシタの電圧と充電電流を表しています。**TPS61383-Q1** は **3A** の充電電流を使って、スーパーキャパシタの電圧

を 0V から 8.1V まで充電します。充電時間はわずか 25 秒です。図 4-8 は放電プロセスの波形を示します。チャンネル 1 ～ 4 はスーパーキャパシタの電圧、IC SW 電圧、負荷電圧、負荷電流を表しています。負荷は実際のアンロック動作を模擬しており、ロック電圧を 10V に設定し、起動電流は 5A で 10ms、定常電流は 2.5A で 200ms、ストール電流は 8A で 20ms としています。ロックの数は 10 個で、二回に分けてアンロックします。図 4-7 と図 4-8 からわかるように、このデバイスはロック解除プロセス全体をサポートできます。

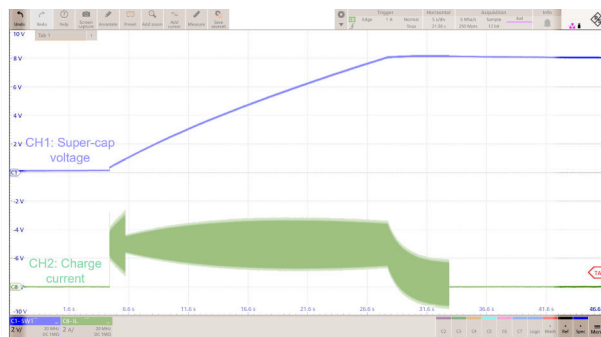


図 4-7. TPS61383-Q1 の充電波形

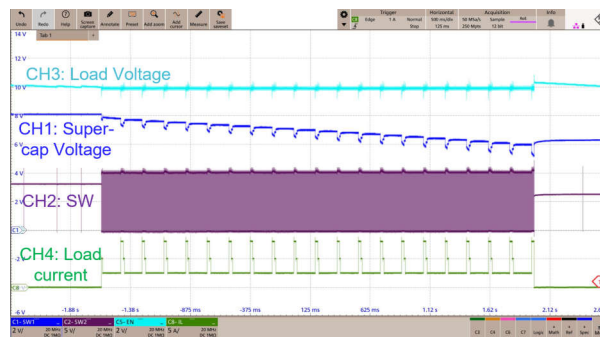


図 4-8. TPS61383-Q1 の放電波形

4.3 1s スーパーキャパシタの設計

CPM が分散型アーキテクチャを採用する場合、各モジュールは一つのドアのみをロック解除すればよいので、1s のスーパーキャパシタを使用することができます。以下は、1s スーパーキャパシタ向けの設計です。

- 降圧充電 + 昇圧放電

1S、2.7V、25F のスーパーキャパシタを例にして、図 4-9 が推奨されるシステム ブロックです。LM5190-Q1 は降圧チャージャーで、LM5152-Q1 は放電に使用できる昇圧コントローラです。LM5152-Q1 の最小電源電圧は 3.8V です。BIAS 電圧が 3.8V を超えると、最小入力電圧は 0.8V です。したがって、LM5152-Q1 にバイアスを印加するには、低電圧スタートアップ機能を備えた追加の昇圧コンバータ TPS61299-Q1 が必要です。TPS61299-Q1 はわずか 95nA の I_q であり、スーパーキャパシタのエネルギーを消費することはほとんどありません。1s スーパーキャパシタを使用する場合、セルバランスは不要ですが、マイコン、SBC、モータードライバは引き続き必要です。

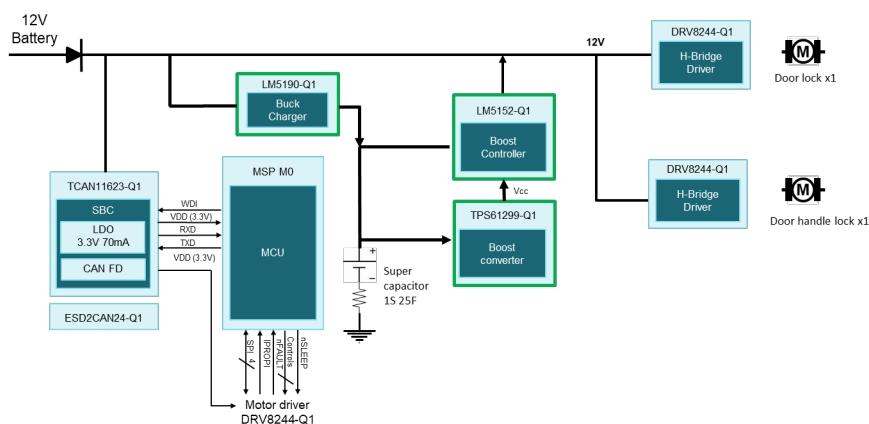


図 4-9. 1s スーパーキャパシタのシステム ブロック: 昇降圧放電

- 充放電用の双方向昇降圧コンバータ

図 4-10 に、双方向昇降圧コンバータ TPS61383-Q1 を充放電チップとして使用したシステム ブロックを示します。ディスク리트設計と比較して、集積設計はコストが低く、集積度が高く、今後の主流となる傾向でもあります。

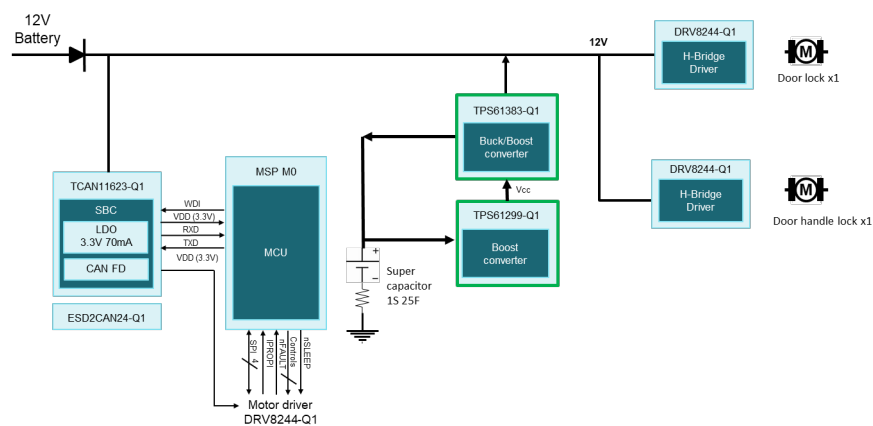


図 4-10. 1s スーパーキャパシタのシステム ブロック: 双方向昇降圧コンバータ

4.4 各設計の比較とまとめ

前のセクションでは、**5s** スーパーキャパシタ、**3s** スーパーキャパシタ、**1s** スーパーキャパシタそれぞれの設計を示しました。表 4-1 に、各設計の利点と欠点を示します。**5s** スーパーキャパシタ設計はより多くのエネルギーを持ち、集中型アーキテクチャに適しています。**3s** スーパーキャパシタ設計は、スーパーキャパシタの数を減らしつつエネルギーのバランスを取り、コスト面の優位性と小型化を実現しており、集中型アーキテクチャと分散型アーキテクチャの両方に適しています。**1s** スーパーキャパシタ設計は冗長性が高い一方でコストも高く、より高い安全性が求められる分散型アーキテクチャに適しています。また、ディスクリート設計と比較して、双方向設計はソリューション サイズが小さく、**BOM** コストも低いいため、今後の設計トレンドとなっています。

表 4-1. 設計ごとの比較

		5s スーパーキャパシタ	3s スーパーキャパシタ	1s スーパーキャパシタ
ディスクリート設計	充電	昇降圧: TPS552892-Q1	降圧: LM5190-Q1	降圧: LM5190-Q1
	放電	ダイオード: LM74700-Q1/ 昇圧: LM5122-Q1	昇圧: LM5152-Q1	昇圧: LM5152-Q1
双方向設計		双方向昇降圧コントローラ: LM51772-Q1	双方向昇降圧コンバータ: TPS61383-Q1	双方向昇降圧コンバータ: TPS61383-Q1
利点		エネルギーとスケーラビリティの向上	コスト面での優位性と小型サイズ	セル バランス不要、高冗長性
欠点		セル バランスが必要	セル バランスが必要	高いコスト
アプリケーション		集中型アーキテクチャ	集中型 / 半分散型 / 分散型アーキテクチャ	分散型アーキテクチャ

5 まとめ

新しいエネルギー車の衝突シナリオにおける生命維持システムとして、**CPM** の中核的な価値は、メイン バッテリーの故障後にバックアップ電源から電力を供給してドアをロック解除し、乗員脱出のための最後の砦を構築することにあります。**E-latch** の普及と安全規制の強化に伴い、**CPM** は必須の安全要件となっており、市場規模は着実な成長傾向を示すと見込まれています。今後、**CPM** はより高い集積度、より長い寿命、そしてより低コストなソリューションへと発展していきます。

6 参考資料

1. テキサス インスツルメンツ、[E-Latch 設計リソース](#)、Web ページ。
2. テキサス インスツルメンツ、[昇降圧コンバータを用いた 5S スーパーキャパシタ搭載 E-latch ソリューション](#)、アプリケーション ノート。
3. テキサス インスツルメンツ、[LM51772 によるバッテリーまたはキャパシタ バックアップ動作](#)、アプリケーション ノート。
4. テキサス インスツルメンツ、[TPS61383-Q1 を使用した車載 E ラッチ システムの設計ガイドライン](#)、アプリケーション ノート。

重要なお知らせと免責事項

TI 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、TI 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 TI 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、TI は一切の責任を拒否します。

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 TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI 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。TI 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、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、[TI の販売条件](#)、[TI の総合的な品質ガイドライン](#)、[ti.com](https://www.ti.com) または TI 製品などに関連して提供される他の適用条件に従い提供されます。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI 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。TI がカスタム、またはカスタマー仕様として明示的に指定していない限り、TI の製品は標準的なカタログに掲載される汎用機器です。

お客様がいかなる追加条項または代替条項を提案する場合も、TI はそれらに異議を唱え、拒否します。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

最終更新日：2025 年 10 月