

Application Note

バッテリー駆動のカメラおよびビデオ・ドアベル用電源レールの設計



Dillen Chen, Jingquan Zhu

概要

バッテリー駆動のカメラおよびビデオ・ドアベルは、ここ数年で大きな成長を遂げています。これらの製品では、エンジニアの誰もが、バッテリーの動作寿命をいかに延ばすかという共通の問題に直面しています。本アプリケーション・ノートでは、高効率と低消費電力に重点を置いた電源レールの設計について説明します。

目次

1 はじめに.....	2
2 バッテリー駆動カメラの機能.....	2
3 電源.....	2
3.1 USB Type-C 充電ポート.....	2
3.2 ソーラー充電.....	3
4 電源構造の設計.....	6
4.1 常時動作する電源レール.....	7
4.2 間欠電源.....	8
4.3 高効率の電源レール.....	10
5 まとめ.....	10
6 関連資料.....	11

図の一覧

図 2-1. バッテリー駆動カメラの機能ブロック図.....	2
図 3-1. ソースとシンクのための USB Type-C 接続.....	3
図 3-2. TPS25750D 機能ブロック図.....	3
図 3-3. 太陽電池の等価回路.....	4
図 3-4. 太陽電池の P-V 曲線と I-V 曲線.....	4
図 3-5. ソーラー・チャージャの設計機能ブロック図.....	4
図 3-6. BQ21040/5 チャージャの機能ブロック図.....	5
図 3-7. ソーラー・チャージャの設計機能ブロック図.....	5
図 3-8. BQ21080 チャージャの機能ブロック図.....	6
図 3-9. BQ27427 残量計の機能ブロック図.....	6
図 4-1. バッテリー駆動カメラのパワー・ツリー.....	7
図 4-2. バッテリーの出力電圧と放電時間、および温度との関係.....	7
図 4-3. TPS631000 の効率.....	8
図 4-4. TPS62A02 の効率.....	9
図 4-5. TPS62A02 の 0.8V 出力効率.....	9
図 4-6. TLV62568 の効率.....	9
図 4-7. バッテリー駆動カメラのエネルギー消費例の円グラフ.....	10

商標

USB Type-C® is a registered trademark of USB Implementers Forum, Inc.
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

近年、ワイヤレス・カメラ、ビデオ・ドアベル、電子ロッカーなど、バッテリー駆動のカメラ製品は大きな成長を遂げています。これは、どこにでも簡単にバッテリー駆動のカメラを設置できるだけでなく、ビデオ性能やバッテリーの動作時間が向上していることも理由です。それに伴って、エンジニアは、大幅な省エネ設計やエネルギー供給設計を模索するように求められています。基本的に、バッテリーの動作寿命を延ばすには、以下のような方法が考えられます。通常の運転状態では動作しない超低シャットダウン電流の電源部品の確保、常時動作する部品に適した超低静止電流の電源部品の確保、電源利用率を高める高効率電源レールの設計、ソーラー・パネルなどの補助電源の取り付け、起動時間を短縮するファームウェアの最適化、動作モード。

2 バッテリー駆動カメラの機能

バッテリー駆動カメラの場合、最も重要な機能は、ビデオ・ストリームの録画とリモート・クラウドへのアップロード、リモート PC や携帯電話へのビデオ・ストリームの転送です。このような機能に加えて、PTZ 機能、リモート通話、ナイト・ビジョン、監視エリアへの侵入を検知した際の自動録画、どこにでも簡単に設置できるソーラーパネルによる電源供給など、さまざまなカメラ製品を特徴づけるその他の機能があります。

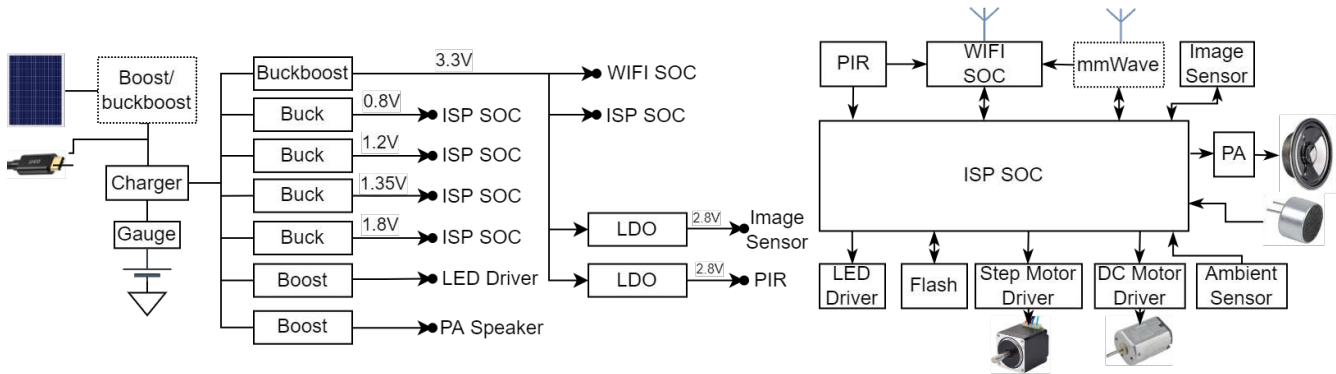


図 2-1. バッテリー駆動カメラの機能ブロック図

バッテリー駆動カメラには優れた機能がいくつかありますが、バッテリーが短時間しか動作しないのであれば、ユーザー・エクスペリエンスはあまり良いものとは言えません。そのため、電源レールを設計する際は、必要なさまざまな電源レールをすべて実装するだけでなく、妥当な電源設計トポロジの構造とファームウェアの実行処理、バッテリーの充電方法、シャットダウンまたはスリープ時の部品からの微小エネルギーの節電を含め、できるだけ長く動作寿命を延ばすための設計が求められます。

3 電源

ほとんどの場合、電源に USB 充電ポートが付いています。USB Type-C® ポートの普及に伴い、より多くのバッテリー駆動カメラが、新しい設計では従来の Micro USB ポートの代わりに USB Type-C 充電ポートを搭載しています。USB Type-C 充電ポートに加えて、一部のバッテリー駆動カメラはソーラー・パネル・エネルギー入力にも対応しており、USB ポートを使用することでデバイスをメンテナンス・フリーでどこにでも設置することができます。

3.1 USB Type-C 充電ポート

USB Type-C は、携帯電話、ノート PC、ハンディ電動工具、カメラなどの多くの電気機器にますます普及しています。USB Type-C には、PD プロトコルに基づく高出力、USB 3.1 対応、ディスプレイ・ポート・プロトコル対応、イヤフォン接続などの非常に強力な機能があります。最近、欧州連合 (EU) 議員により、EU 内で今後販売されるすべてのスマートフォンに USB Type-C ポート対応を義務付ける法案が合意されました。ほとんどのバッテリー駆動カメラは電源入力だけあればよく、電源出力機能を統合しているものもあります。アダプタのみでバッテリー充電を行う大半のバッテリー駆動カメラの場合、エンド・ユーザーはバッテリー充電のために長時間待ちたくないため、急速充電と高効率が求められています。

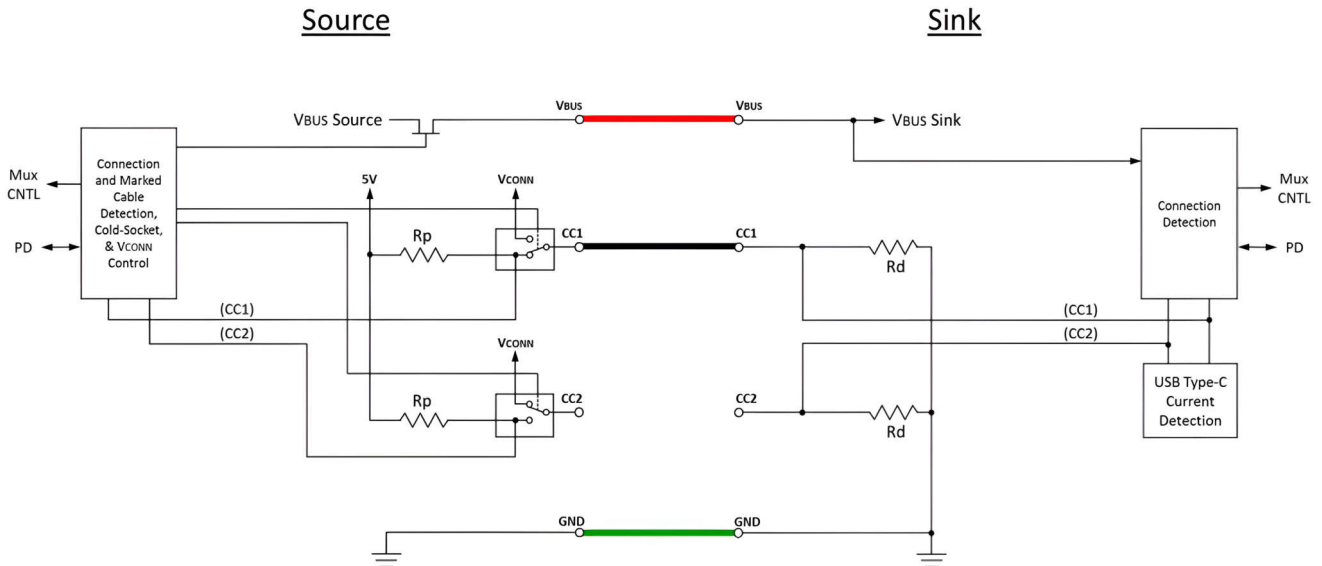


図 3-1. ソースとシンク間の USB Type-C 接続

USB Type-C 電源は、CC ラインによる 2 つのデバイス間のネゴシエーションが完了した後でのみ出力できます。

5V 入力のみが必要な場合、単純な方法としては、CC ピンに 5.1kΩ の抵抗を直接接続し、ソースが対応していれば、シンクは最大 5V/3A を受け取ります。

高電力の入力を実装していたり、電力の入出力機能を搭載していたりする場合は、PD コントローラが必要です。

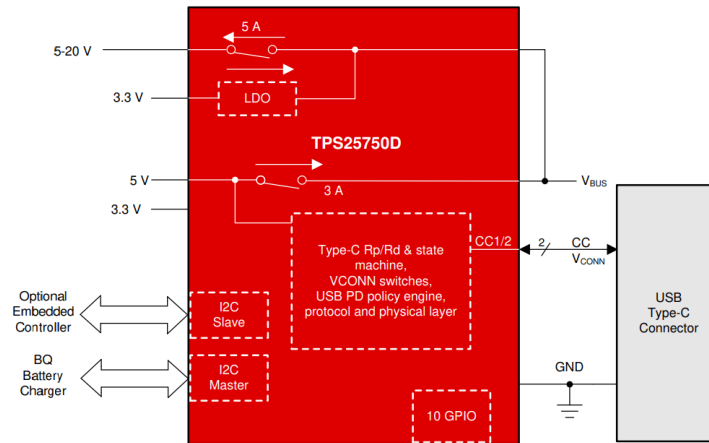


図 3-2. TPS25750 機能ブロック図

テキサス・インスツルメンツでは、ほとんどの USB Type-C アプリケーション・チップで、フル機能の USB Type-C、またはパワー・パス管理機能のみを提供しています。TPS25750 は FET および PD 統合型コントローラであり、最大で 20V/5A の入力と 5V/3A の出力のプロトコルを処理できます。また、TPS25750 には、デッド・バッテリー起動、電流または電圧保護など、多くの電源保護機能が備わっています。シンプルな GUI 構成により、TPS25750 はほとんどの PD パワー・マネージメントを実装できるだけでなく、プライマリ I2C ポート経由でテキサス・インスツルメンツのバッテリー・チャージャ IC を構成することもできます。

3.2 ソーラー充電

太陽電池の等価回路を 図 3-3 に示します。太陽電池は実際には、内部抵抗が幾分大きく、ダイオードの主な特徴を備えている電源です。太陽電池の P-V 曲線と I-V 曲線を 図 3-4 に示します。

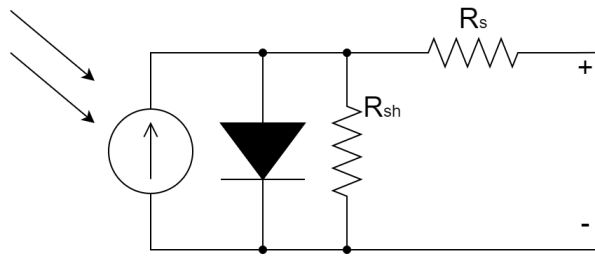


図 3-3. 太陽電池の等価回路

特定の光と温度条件下では、太陽電池の P-V 曲線と I-V 曲線は 図 3-4 のようになります。電圧の上昇に伴って変化する最大電力点があります。

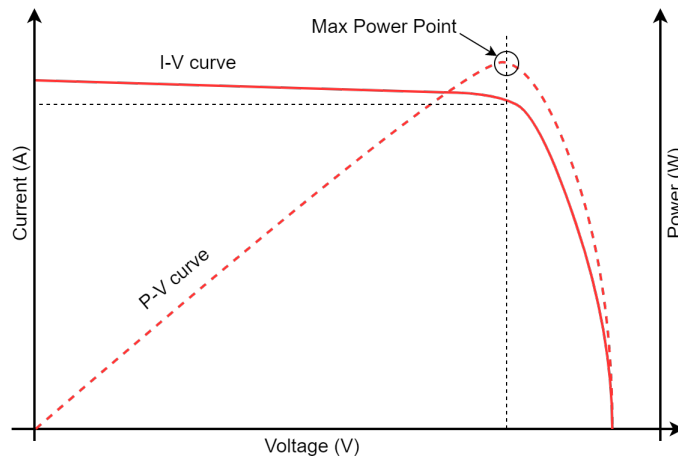


図 3-4. 太陽電池の P-V 曲線と I-V 曲線

太陽電池はリチウム・イオン電池などの通常の電池とは異なり、内部抵抗が幾分大きい定電流源に最も似ています。曇りの日中や夜間には、出力電流も電圧も小さくなります。温度も太陽電池バッテリーの電流や最大電圧に影響を及ぼします。そのため、MPPT (最大電力点追従) はソーラー・エネルギー・システム、特に電力グリッドや高電力のエネルギー・ハーベスト・システムには重要な機能です。ただ、バッテリー駆動カメラ用電源の場合は、太陽電池の最大電力点を重視するのではなく、昼夜を問わずいかに継続的かつ高効率にエネルギーを得るかに主眼を置いている設計者も少なくありません。

TLV61070A は、パススルー機能付きの 2.5A 昇圧部品で、静止電流は 20uA です。接続されている USB アダプタまたはソーラー・パネルの出力電圧が昇圧電圧の設定値よりも高い場合、電力は TLV6170 を通過し、直接リア・チャージャに到達できます。また、曇りの日中や夜間照明でソーラー・パネルの出力電圧が低い場合、TLV6170 は入力電圧を 4.3V などの設定電圧へ変換し始めます。このプロセスにより、ソーラー・パネルの電圧や電流が低くなっても、チャージャは継続的にバッテリーを充電できます。

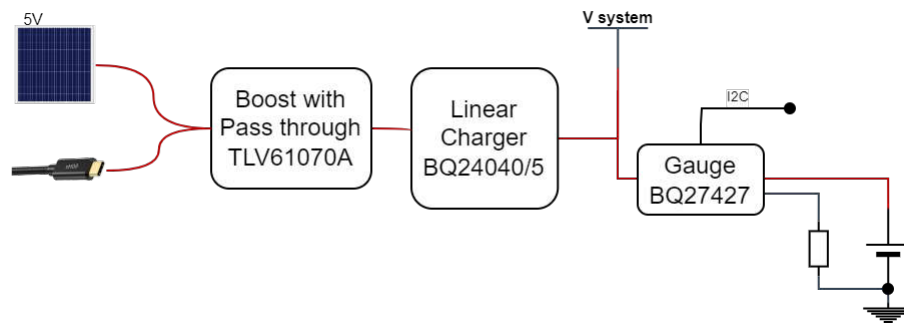


図 3-5. ソーラー・チャージャの設計機能ブロック図

BQ21040/5 は、非常に低コストな、最大 1A の 1 セル・リニア・リチウム・バッテリー・チャージャですが、パワー・パス管理機能とシップ・モード機能は搭載されていません。ほとんどの場合、ビデオ処理回路はスリープ・モードを維持し、総平均電流は 1mA 未満です。バッテリーがフル充電状態になると、チャージャは自動的に充電を終了し、連続充電によるバッテリーの損傷はありません。

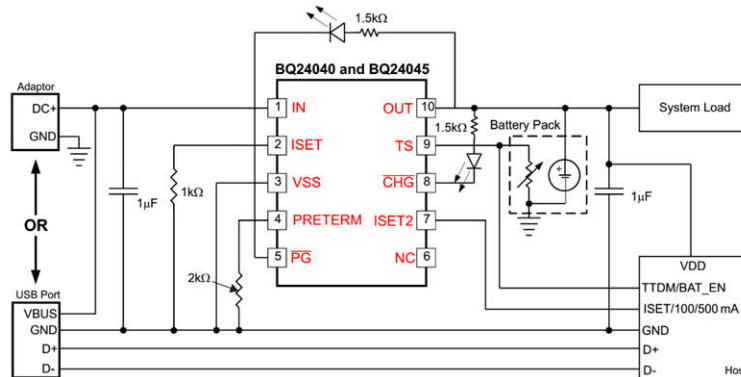


図 3-6. BQ21040/5 チャージャの機能ブロック図

BQ21040/5 はスタンドアロン・チャージャで、外付け抵抗構成は非常にシンプルです。急速充電電流と充電終了電流を別々に設定できるため、晴天時に比較的大きな充電電流を入力したり、暗い日に小さな充電電流を入力したりすることが可能です。

BQ21080 チャージャを使用する場合、BQ21080 のパワー・パス管理機能を使用すると、バッテリーが満充電でビデオ録画が継続しているときに充電をシャットダウンすることができます。シップ・モードでは、充電を終えたバッテリーのエネルギーがエンド・ユーザーに引き渡される状態が維持されます。

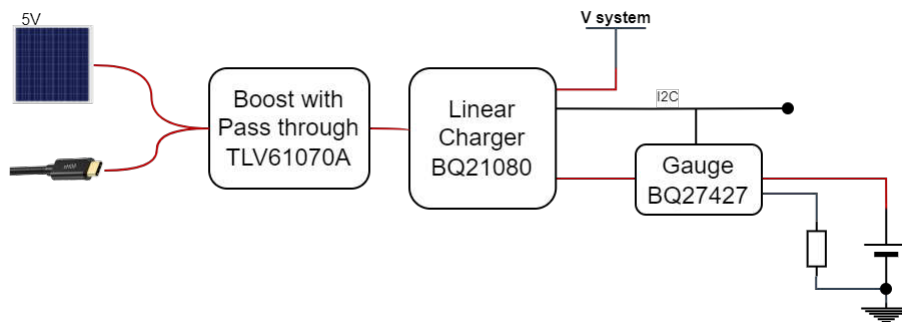


図 3-7. ソーラー・チャージャの設計機能ブロック図

BQ21080 は、パワー・パス管理機能とシップ・モード機能を備えた 800mA の 1 セル・リニア・リチウム・バッテリー・チャージャです。シップ・モード機能を備えている場合、カメラ内のバッテリーを着脱不可に設計することが可能で、コストを削減できます。

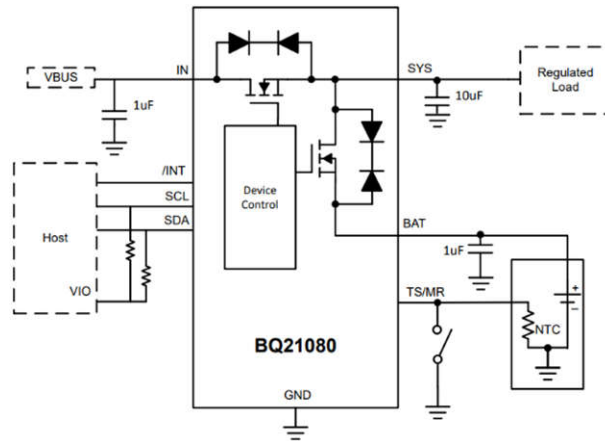


図 3-8. BQ21080 チャージャの機能ブロック図

BQ21080 は、充電電流、終了電流、VINDPM のイネーブル/ディセーブル、充電時間などを、I2C を介して簡単に構成することもできます。また、BQ21080 は精度 0.5% のバッテリー・レギュレーション電圧を 3.6V ~ 4.65V の間で 10mV 刻みで設定できるため、4.35V、4.4V、4.45V の高電圧のリチウム・バッテリー充電に対応できます。充電電流範囲は 5mA ~ 800mA です。

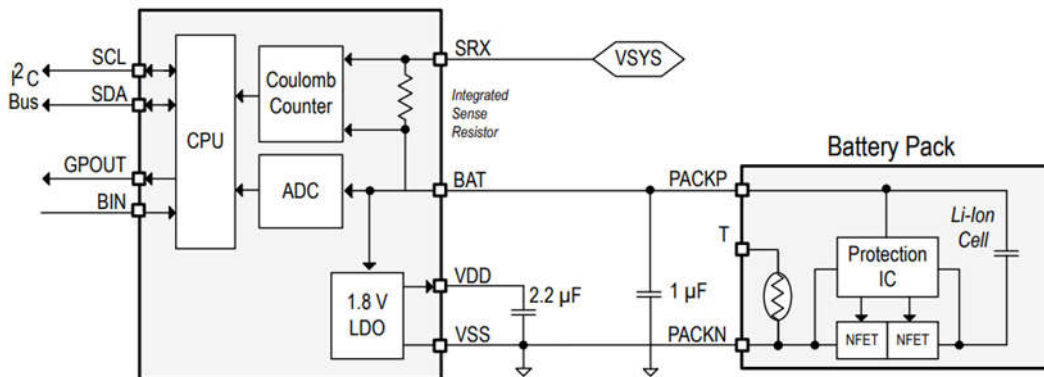


図 3-9. BQ27427 残量計の機能ブロック図

BQ27427 は、センシング抵抗を内蔵した、システム側の 1 セル、低コストのリチウム・バッテリー残量計です。4.2V、4.35V、4.4V の充電戦略に適したバッテリーに対応し、バッテリーの経年劣化、自己放電、温度、変化率を自動的に調整します。

4 電源構造の設計

低消費電力設計には、優れた電源構造が非常に重要です。電源構造は高電力効率を実現するだけでなく、どの電源レールを常時オンにするか、どの電源レールをスリープ状態にするか、またウェイクアップさせるかなど、妥当なパワー・マネージメント・ロジックでなければなりません。これは、電源レールを常時オンの電源、およびビデオ処理の消費電力が大きすぎる場合にシャットダウンできる電源に振り分ける必要があるためです。ビデオ SOC がスリープ・モードのままでも流れる電流は小さくありません。電源構造がリモート要求に適時に応答できるように、Wi-Fi はインターネットに常時接続する必要があります。

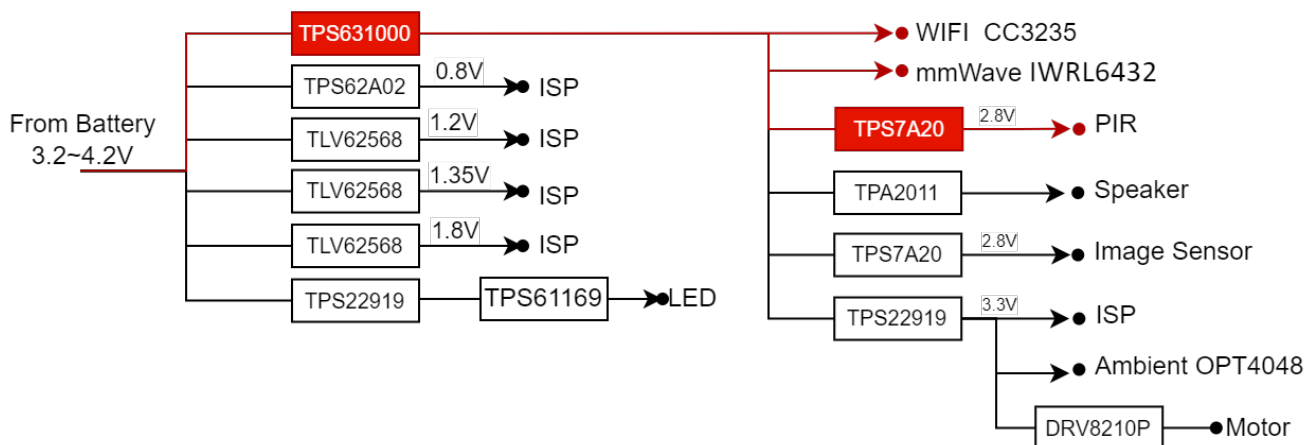


図 4-1. バッテリー駆動カメラのパワー・ツリー

4.1 常時動作する電源レール

イベントが適時応答できるように、トリガ・イベントは常に電源オンである必要があります。PIR は、近づいてくる人間がいるかどうかを検出するために、主にバッテリー駆動カメラに適用されます。場合によっては、誤ったアラームでシステム全体がウェークアップされてしまうため、PIR は日光が当たりやすい場所には適していません。低コストの mmWave (IWRL6432) デテクタであれば、このような心配はありません。このデテクタは、ドップラー法と耐熱温度および光を通してのみ動きを検出するものです。Wi-Fi は主な転送ビデオ・ストリームであるだけでなく、録画開始コマンドなどのリモート・コマンドを受信する必要があります。Wi-Fi 接続の消費電力はそれほど小さくありませんが、たとえば、Wi-Fi6 の TWT を使用したり、断続的に動作とスリープを繰り返す Wi-Fi SOC を使用したり、Sub-1GHz のプライベート・プロトコルを使用して特別なリモート・ステーションを接続したりするなど、改善するにはいくつかの方法があります。テキサス・インスツルメンツの Wi-Fi SOC CC3235 は、ハイバネーション・モードでわずか 4.5uA、ディープ・スリープ・モードで 120uA という低消費電力に対応するように特化して設計されています。

図 4-2 は、一般的な電源構造設計を示しています。一部の低電圧電源レールは、異なる ISP SOC を使用しているため、多少異なる場合もあります。

図 4-3 に示すように、リチウム・バッテリーの出力電圧は温度と放電時間に応じて変化します。大半のエネルギーをバッテリーから確保し、センシングと RF 性能のために安定した電圧を得るには、昇降圧部品が適しています。

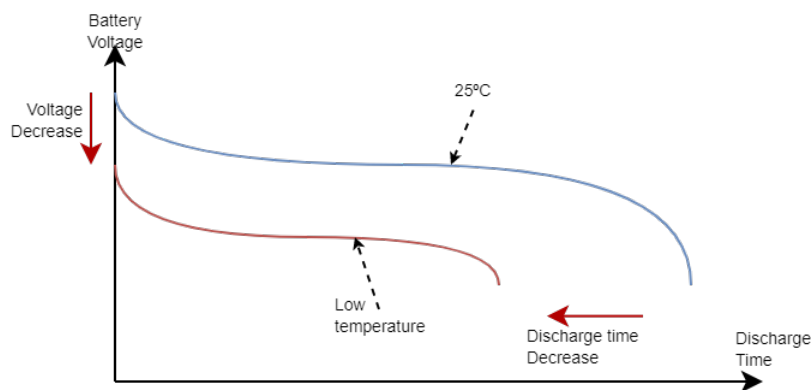


図 4-2. バッテリーの出力電圧と放電時間、および温度との関係

TPS631000 はテキサス・インスツルメンツの最新の低コスト昇降圧部品で、TPS631000 SOT パッケージとわずかな外付け部品により、設計全体のコストを削減することができます。

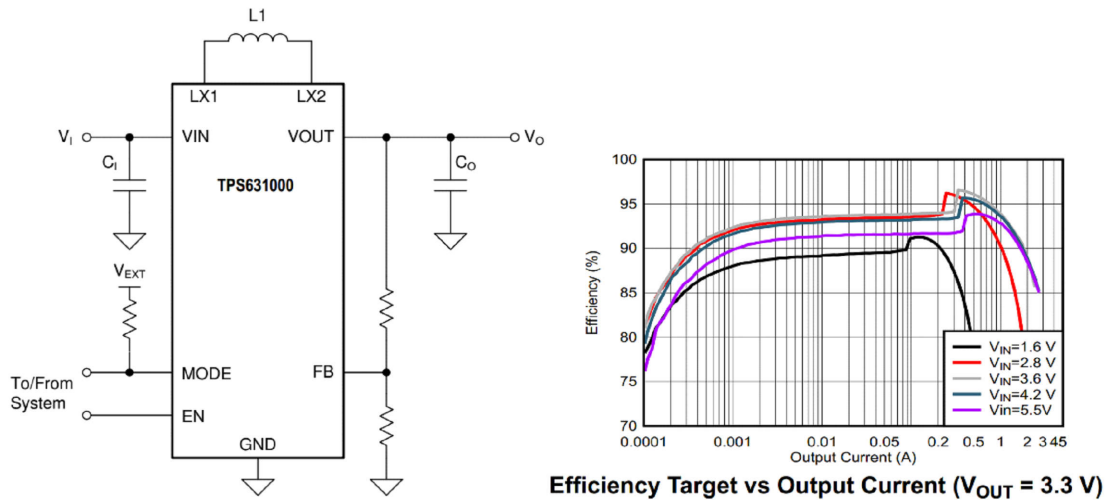


図 4-3. TPS631000 の効率

TPS631000 はバッテリー電源用に特別に最適化された設計で、その効率はほとんどの場合 90% 以上、場合によっては 95% 以上にもなります。標準静止電流は 8uA、スイッチング周波数は 2MHz です。こうしたことから、常時動作モードでエネルギーを節約するバッテリー電源システムに大変適しています。

TPS7A20 は、7uVrms のノイズ、6.5uA の静止電流、95dB/1KHz の高 PSRR LDO を備えた 300mA の低コスト LDO です。これらの特長から、低消費電力システムで常にセンサに給電するのに最適です。シャットダウン電流は、リチウム・バッテリーの電源入力時に 5nA 未満であり、シャットダウンが必要なシステムにも使用できます。

Wi-Fi 部品は常に TPS631000 から電源供給されますが、Wi-Fi 接続の消費電力は非常に大きいです。ほとんどの場合、Wi-Fi SOC はインターバル動作モードで動作します。CC3235 の SDK は、ディープ・スリープ・モードまたはハイパネーション・モードに簡単に設定でき、RTC や GPIO、またはリモート・ネットワークの要求によって自動的にウェークアップできます。

一般に、常時動作する電源レールがエネルギー消費の主な原因であるため、電力効率、および静止電流については、パワー・コンバータ、PIR LDO、PIR 回路、mmWave 電源レール、Wi-Fi 動作モードに関係なく、さらに考慮する必要があります。

4.2 間欠電源

バッテリー動作寿命を延ばすために、ビデオ処理回路はほとんどの時間シャットダウン・モードになっており、PIR トリガ、通常のタスク、リモート・ネットワーク要求などのトリガ・イベントが発生するとウェークアップして動作を開始します。ビデオ処理回路は、ISP SOC、イメージ・センサ、フラッシュ、周辺センシング、IR / 白色のフラッシュ LED、IR カットなどで構成されています。ビデオ処理回路はほとんどの時間シャットダウン・モードで動作しているため、シャットダウン時の電流と電力効率により多くの注意が払われています。実際、ビデオ処理回路の動作時間はそれほど長くありませんが、ビデオ処理回路はエネルギー消費の主な原因でもあります。

低電圧出力の効率は、特に似たような電圧出力効率が存在する場合に、簡単に見落とされることがあります。たとえば、設計では 0.8V の効率が必要であるのに、SPEC には 1.2V の電圧出力効率しか示されていないような場合です。たいていの場合、低電圧出力であるほど、効率は悪くなります。そのため、電圧出力が SPEC よりも高い場合にのみ、リファレンス電力効率が必要になります。

TPS62A02 は、2A 降圧部品で低電圧出力の効率が非常に優れています。

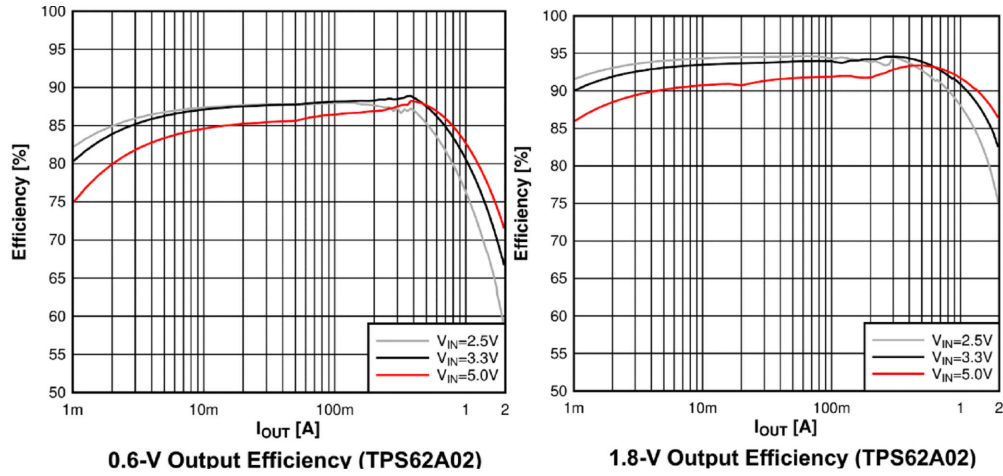


図 4-4. TPS62A02 の効率

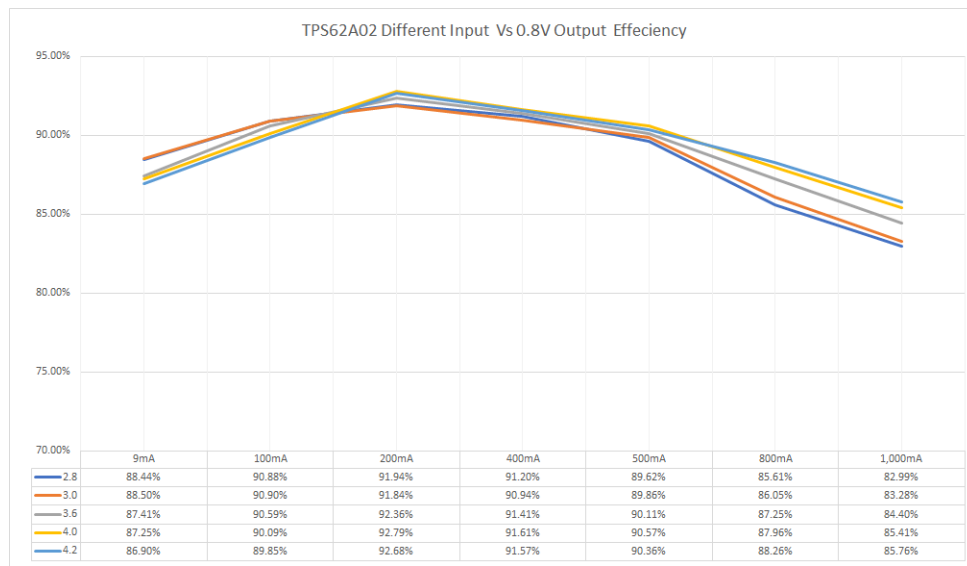


図 4-5. TPS62A02 の 0.8V 出力効率

TPS62A02 のシャットダウン電流は標準値で 10nA で、シャットダウン・モードでも非常に優れた性能を発揮します。

TLV62568 は電力効率が優れた超低コストの 1A 降圧部品で、シャットダウン電流は標準値で 100nA です。

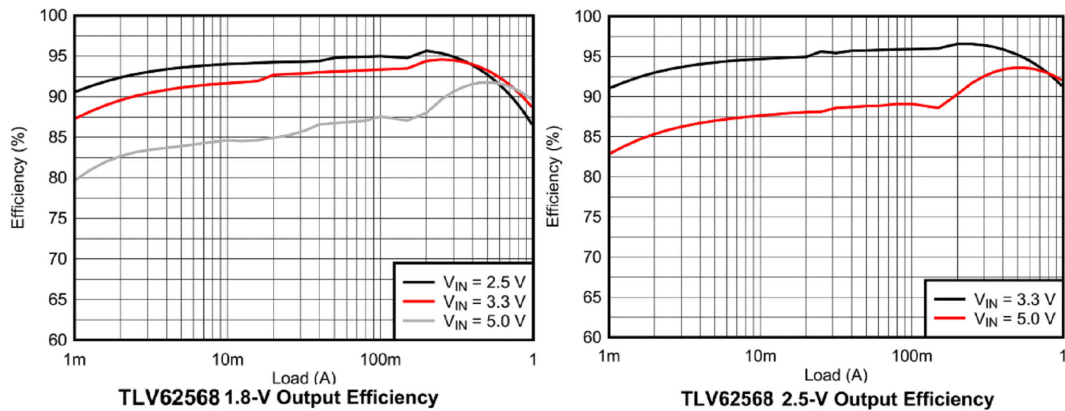


図 4-6. TLV62568 の効率

ロード・スイッチは、多くの場合、動作していない回路をシャットダウンするのに適切なオプションです。TPS22919 は低コストの 1.5A ロード・スイッチで、静止電流は 8uA、シャットダウン電流は 2nA です。

4.3 高効率の電源レール

これまでのビデオ動作モードによると、妥当な高効率の電源レールを使用することで、バッテリーの動作寿命が延長されます。図 4-7 を参照すると、最もエネルギーを消費しているのは、LED ライティング、ビデオ処理、常時オンの Wi-Fi およびオーディオです。常時オンの電源レール以外は、ほとんどの場合、電源レールがウェークアップして完全に動作しているときに多くの電流が消費されます。特に低電圧出力レールの場合、適切な部品を注意深く選択しなければ、効率は非常に悪くなります。コストは製品における重要な要素ですが、総等価電力効率もバッテリーの寿命に大きな影響を及ぼす重要な特性です。

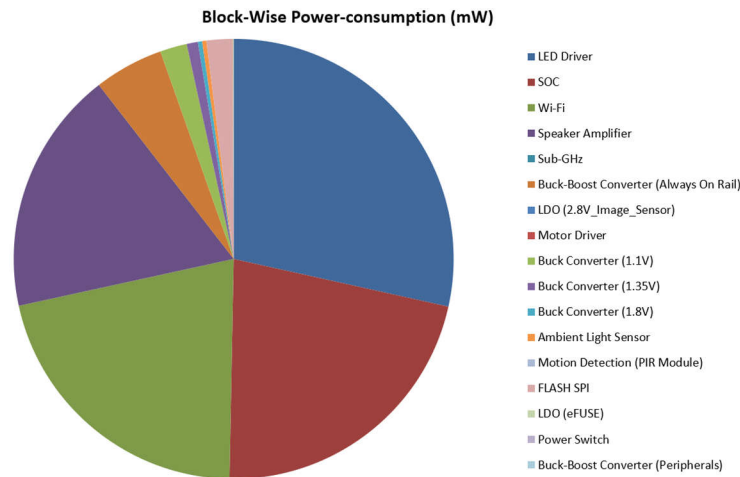


図 4-7. バッテリー駆動カメラのエネルギー消費例の円グラフ

たとえば、設計上の総電力効率が 70%、常時オンの電源レールを使用しない場合のエネルギー消費が総エネルギーの 80% を占めて、実際のバッテリー動作寿命が 100 日と仮定します。総電力効率を 88% に引き上げると、バッテリー寿命は次のようになります。

$$100 \times ((1 - 80\%) + 80\% \times \frac{88\%}{70\%}) \approx 120.5(\text{day}) \quad (1)$$

バッテリーの総動作寿命は 20% を上回って延長されます。スリープ、静止、シャットダウンの各電流変化を加えていないため、これは大まかな計算にすぎませんが、この計算は、バッテリー駆動カメラでは総電力効率が非常に重要であることもとも示唆しています。

ビデオ処理回路では高電力効率、低シャットダウン電流の部品を使用し、常時動作する回路では高電力効率、低静止電流の部品を使用するほか、優れた電源構造は効率を向上させるのに有効です。たとえば、図 4-1 では、PIR LDO とイメージ・センサ LDO を昇降圧の前に配置し、バッテリーに直接接続する場合、電源構造によって優れたノイズ除去が可能ですが、効率は多少低下することがあります。

優れたパワー・マネージメント戦略によって、消費電力の構造設計に基づいてバッテリー寿命を延ばすことができます。さらに、Wi-Fi SOC の低消費電力機能や動作モードも、バッテリー寿命に大きな影響を及ぼします。

5 まとめ

バッテリー駆動カメラの電源設計では、低消費電力設計だけでなく、電力効率、スリープ / 静止 / シャットダウンの各電流など、優れた電源構造が非常に重要です。常時動作する電源レール、ビデオの処理とトリガの妥当な動作シーン、LED の使用戦略などの設計に対してより注意を払う必要があります。

6 関連資料

- テキサス・インスツルメンツ、『[USB パワー・デリバリ搭載 USB Type-C をバッテリー駆動アプリケーションに追加](#)』E2E™ 設計サポート・フォーラム
- テキサス・インスツルメンツ、『[USB Type-C ® および USB パワー・デリバリのアプリケーションと要件に関する基礎](#)』マーケティング・ホワイト・ペーパー
- テキサス・インスツルメンツ、『[リニア・チャージャとスイッチング・チャージャのどちらを使用すべきか?](#)』E2E™ 設計サポート・フォーラム
- テキサス・インスツルメンツ、『[リニア電源システムにおける静止電流の基盤理解](#)』マーケティング・ホワイト・ペーパー,
- テキサス・インスツルメンツ、『[MLCC の供給不足による電源アプリケーションへの影響を軽減](#)』、E2E™ 設計サポート・フォーラム

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、

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](#)、または [ti.com](https://www.ti.com) やかかる TI 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。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。

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、TI 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 © 2023, Texas Instruments Incorporated