



持続可能な社会に向けたROHMの新技术 超低消費電流技術：Nano Energy[®]

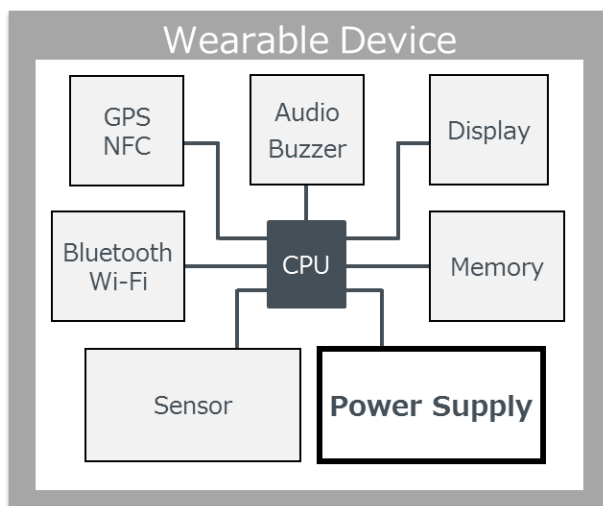
はじめに

近年、スマートフォンなどのモバイル機器、ウェアラブル機器や IoT 機器など、バッテリーで駆動する電子機器の普及が進んでいる。そして、これらに搭載される電子部品には、デザイン性向上や新機能搭載用スペース確保のために小型化が、バッテリーの持ちを良くするために極限までの低消費電力化が求められている。

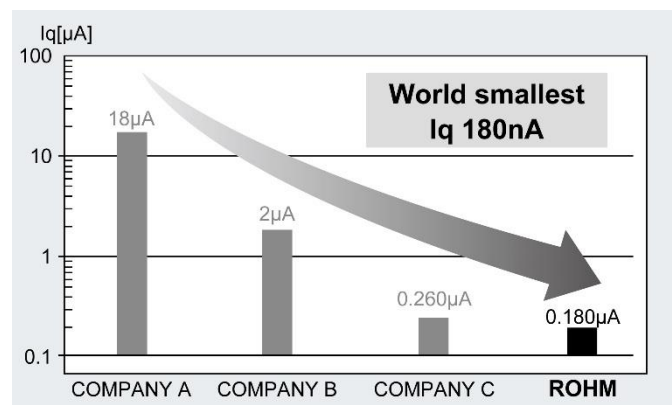
上述の電子機器は、全体の制御を司る CPU (Central Processing Unit) や、必要な情報を取得するセンサ、情報通信を行う無線機器等で構成され(図 1)、それらの情報を適切に処理することで、様々な機能を実現している。ここに用いられる各種部品に対して、動作する為に必要な電源電圧をバッテリーから安定して供給することが電源 IC に求められる役割である。さらに、電子機器は待機状態においても外部からの信号に対して即座に応答する必要がある為、外部の信号を監視する機能は動作し続けている。この機能に対しても電源電圧を供給する為に、電源 IC も常に動作し続ける必要がある。このため、バッテリーを長時間維持するためには電源 IC 自身の消費電流の低減が不可欠となる。

ロームは、アナログ設計技術やパワー系プロセスなど、垂直統合型の生産体制を活かし、市場ニーズに応える電源 IC を開発してきた。今、世間では持続可能な社会の実現が強く求められている。実際、コイン電池で 10 年駆動技術は、IoT やウェアラブルの分野での共通のキーワードとなっている。今回、ロームはそういった社会的需要に対し、これまで確立した技術を駆使して、超低消費電流技術「Nano Energy[®]」搭載の電源 IC を開発。コイン電池を用いたデバイスの 10 年連続駆動を容易に実現することが可能となった。

この Nano Energy[®] 技術を搭載した製品として、「BD70522GUL」がある。この BD70522GUL は、バッテリー駆動に対応したスイッチングレギュレータにおいて世界最小(2018 年 1 月ローム調べ)の消費電流 180nA を実現した(図 2)。今回は BD70522GUL に搭載されている Nano Energy[®] 技術について紹介する。



[図 1] ウェアラブルデバイスの構成例



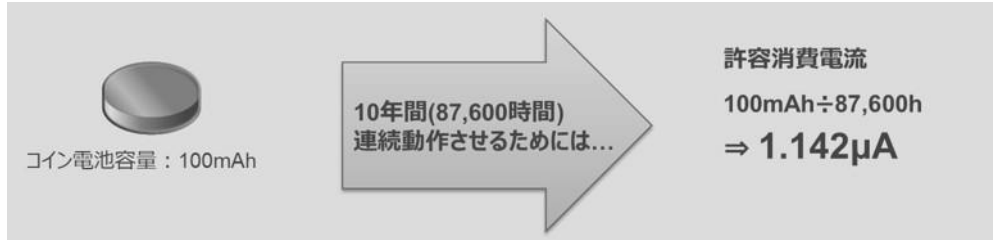
[図 2] 消費電流の競合比較

コイン電池で 10 年駆動するには

コイン電池として最も有名な製品は CR2032 である。この電池の電池容量は 220mAh と、各社の共通の仕様がある。このコイン電池を用いて電子機器の連続駆動時間 10 年を達成する為に、必要な電源 IC の動作時消費電流を見積もる。電池容量が 220mAh といっても、その全てを電源 IC で消費することはできない。多めに見積もったとして 100mAh を電源 IC が消費できると想定して算出する。

$$ICC(\text{消費電流}) = 100\text{mAh} (\text{電池容量}) \div 87,600\text{h} (10 \text{ 年間}) \div 1\mu\text{A} \text{ (図 3)}$$

この $1\mu\text{A}$ という値が、電源 IC として流すことが許容される最大の動作時の平均消費電流だ。つまり、電源 IC の消費電流は nA オーダーの消費電流であることが必要条件である。これによって、バッテリーの容量を増やさなくても電源 IC の消費電流を限りなく少なくすることで、電子機器としての連続駆動時間を維持しながら機能の拡張を行うことが可能となる。BD70522GUL では、消費電流 180nA までの削減を実現しており、大幅な改善に貢献することができる。



[図 3] コイン電池で 10 年駆動する為の必要条件

消費電流の削減によって顕在化する課題

電源 IC において消費電流を削減する手法として最も簡易的な方法は、内部に存在する抵抗の値を大きくすることだ。しかし、単純に抵抗を大きくすると次のような様々な課題が浮き彫りになる。

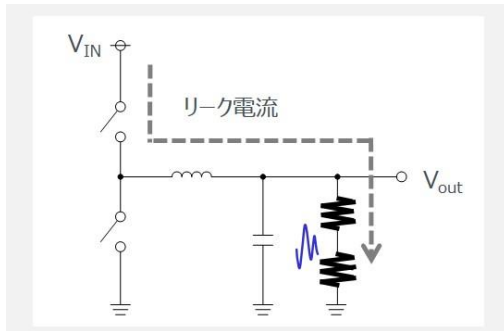
- ・回路面積の増加
- ・素子のリーク電流に対する影響の増加
- ・インピーダンスの増加に伴う外乱ノイズに対する感度の上昇
- ・アナログ回路の応答速度の劣化

「回路面積の増加」というのは、抵抗の値が増えることに伴う抵抗分の面積だ。

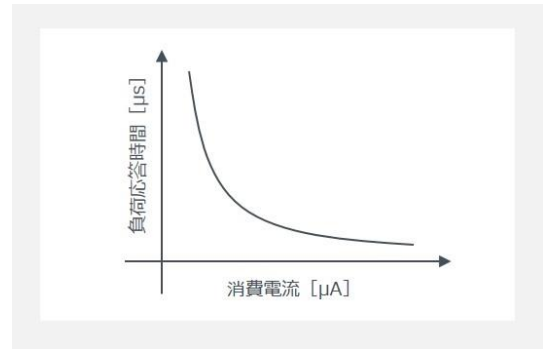
「素子のリーク電流に対する影響の増加」というのは、電源 IC を構成するパーツに MOS(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)トランジスタに関する問題だ。このトランジスタは OFF の状態であっても一定のリーク電流が流れる。このリーク電流は内部回路や出力段で発生する。例として、帰還抵抗に流れ込んだリーク電流について考えた場合(図 4)、従来の抵抗値であれば出力電圧から作られる定常電流 (=出力電圧÷帰還抵抗) に対してリーク電流が十分に小さいので無視できたが、抵抗が大きくなることで定常電流も小さくなりリーク電流の影響が無視できなくなるのである。

「インピーダンスの増加に伴う外乱ノイズに対する感度」というのは、簡単化の為に抵抗(R)で接続されたパイ型フィルタを想定する。その一端に電圧が与えられ、もう一方にノイズが入った時、ノイズが入った端子の電圧がもとの電圧にセトリングするまでの時定数はパイ型フィルタの RC で決まる。この抵抗が大きくなることで、時定数も大きくなり安定までの時間が長くなってしまう。

「アナログ回路の応答速度」は、様々な要因で決まるが、一例としてコンデンサに対する電荷の充電を考える。一定の動作電圧まで電荷が充電する時間が応答速度であり、この応答速度は充電に用いられる電流に比例するため、消費電流が減少すると劣化することになる(図 5)。



[図 4]消費電流の削減に伴う課題（リーク電流）



[図 5]消費電流の削減に伴う課題（応答速度）

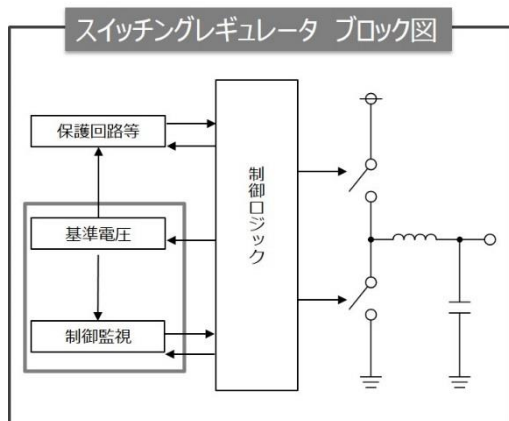
課題を克服する要素技術とその結果得られた特性

前述した様々な課題に対して、ロームでは垂直統合型生産体制における「回路設計」「レイアウト」「プロセス」、3つの先端アナログ技術を融合し、Nano Energy[®]技術を作り上げた。この融合により、各種課題に対して各々最適な対策を実現した。ここでは、BD70522GUL に搭載されている Nano Energy[®]技術の回路設計技術例として、次の2つの要素技術と結果を紹介する。

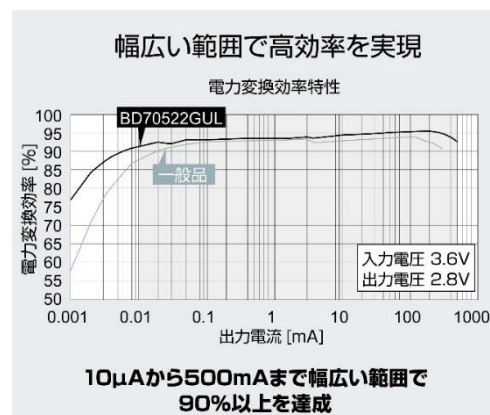
- ・基準電圧ブロック・制御監視ブロックの低消費電流化
- ・制御監視部の低消費電流、高速応答、高精度の間に存在するトレードオフを克服する技術

BD70522GUL は降圧のスイッチングレギュレータである。スイッチングレギュレータでは、負荷となる出力電流が一定の値よりも小さくなった時に間欠動作に切り替えることで、出力電圧を維持しつつも消費電流を削減することが可能となる。Nano Energy[®]技術が必要とされる多くのアプリケーションにおいては、間欠動作状態が長く続くことが予想される。その為、BD70522GUL ではこの間欠動作時の電流に対して徹底的な分析とその結果に基づく削減の実施を行った。

まず、分析結果から間欠動作時の消費電流の主要因を基準電圧ブロックと制御監視ブロックの2つに絞り込んだ（図6）。そして、そのブロックに対して最適な消費電流の削減方法を適用し、各ブロックに対して従来比100分の1程度まで削減。その結果、電源ICの最重要特性である効率特性において、後段がスタンバイ状態である負荷電流10μAにおいて効率90%以上の特性を実現した（図7）。また、最大負荷電流500mAまでの広範囲においてその特性を維持することができている。

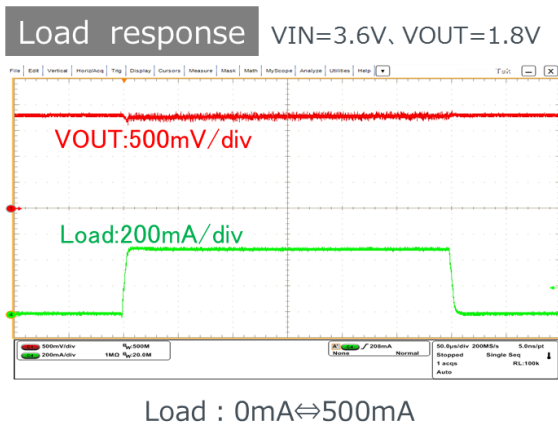


[図 6] スwitchングレギュレータブロック図

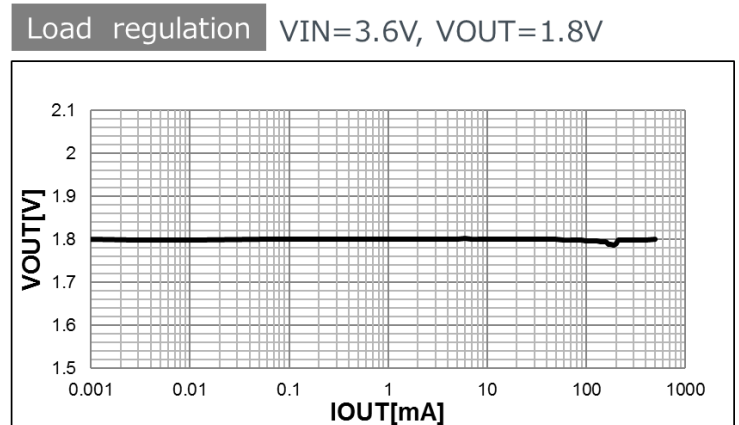


[図 7] BD70522GUL の効率特性

次に制御監視部のトレードオフを克服する技術に関して説明する。前述の課題に挙げたように、制御監視部の消費電流を削減したことによって、応答速度の劣化が生じる。加えて、制御監視部によって決まるもう 1 つ重要な回路の特性がある。それが、安定した出力電圧だ。従来の制御監視部の回路構成では、「低消費電流、高速応答、高精度」の 3 つの特性を同時に尖らせることは不可能だった。しかし、BD70522GUL に搭載されている Nano Energy[®] 技術では回路構成の徹底的な見直しの結果、従来では実現できなかった 3 つの特性を同時に尖らせることに成功した。そして、世界最小の無負荷時消費電流と、負荷変動時の高速応答性(Load response)と、全負荷領域範囲での安定した出力電圧(Load regulation)を実現することができた (図 8,9)。



[図 8] BD70522GUL 高速応答特性



[図 9] BD70522GUL 出力電圧安定性

Nano Energy[®]搭載製品によって広がるアプリケーション

Nano Energy[®] 技術は電源を必要とするすべてのアプリケーションにおいて永遠のテーマである低消費電流化に対して非常に有益な技術になる。冒頭でも述べたように、この技術はとりわけスタンバイの状態が長い動作時にはすばやく応答することが求められるようなアプリケーションにおいて最適な技術だ。例えばコイン電池やリチウムイオン電池等で動作するモバイル機器やセキュリティ機器等がアプリケーションとして挙げられる。これらに加えて近年では、車の電子化の加速によって車載部品としても必要な技術になりつつある。ロームのもつ電源 IC 技術としては、スイッチングレギュレータだけでなく、LDO(Low Drop Out)レギュレータもある。現在 Nano Energy[®] 搭載の LDO レギュレータも既に開発をスタートさせており、さらなる省スペース化や低ノイズ化といっ

幅広いソリューション提案を今後も行い、持続可能な社会の実現に貢献していく。(図 10)



[図 10] Nano Energy[®]技術搭載製品の対応アプリケーション例

まとめ

ロームの開発した超低消費電流技術である Nano Energy[®]技術によって、電源 IC の消費電流の大幅な削減が可能となった。例として、Nano Energy[®]搭載の BD70522GUL では世界最小の消費電流 180nA を実現している。また、低消費電流化に伴うトレードオフの課題に対しても、BD70522GUL では Nano Energy[®]技術を適用することで、超低消費電流、高速応答、出力電圧の安定性を同時に実現した。これにより、コイン電池で 10 年駆動というキーワードをもつモバイル機器をはじめ、近年急速に加速している車載電子部品を含めた幅広いアプリケーションに対してソリューション提案を行うことができる。

ロームは現在、電源 IC の先端技術として 2 つの Nano 技術（Nano Pulse Control[®]※1、Nano Energy[®]）を市場に展開している。これらの技術は特定の分野にのみ有効な技術ではなく、突き詰めた性能によって幅広い分野への展開が可能という点で一致している。今後も Nano 技術搭載製品群の拡張を進め、さらに幅広い需要に応えていくことで、持続可能な社会の実現に貢献する。

※1 パルス幅をできるだけ細く安定制御させる技術で、降圧比の大きい環境下での「電源システム 1chip 化」と、コイルを含めた「実装面積小型化」を実現する。

本資料に記載されている内容はロームの製品（以下「ローム製品」といいます）のご紹介を目的としています。ローム製品のご使用にあたりましては、別途最新の仕様書およびデータシートを必ずご確認ください。本資料に記載されております情報は、何ら保証なく提供されるものです。万が一、当該情報の誤りまたは使用に起因する損害がお客様または第三者に生じた場合においても、ロームは一切の責任を負うものではありません。本資料に記載されておりますローム製品に関する代表的動作および応用回路例は、一例を示したものであり、これらに関する第三者の知的財産権およびその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。ロームは、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。本資料に記載されております製品および技術のうち、「外国為替及び外国貿易法」その他の輸出規制に該当する製品または技術を輸出する場合、または国外に提供する場合には、同法に基づく許可が必要です。本資料の記載内容は 2018年 6月 現在のものであり、予告なく変更することがあります。

