



**IoT向け環境センサと
加速度センサのギャップを埋める、
連続ハーベスタと低電力RF技術**



ON Semiconductor®

IoT向け環境センサと加速度センサのギャップを埋める、 連続ハーベスタと低電力RF技術

背景

モノのインターネット(IoT)の急増については議論の余地はありませんが、急激に増加するセンサやトランシーバの数を支えるためのエネルギー可用性の問題に関して、これまでに発行された一般の人を啓発する出版物はわずかしかありません。

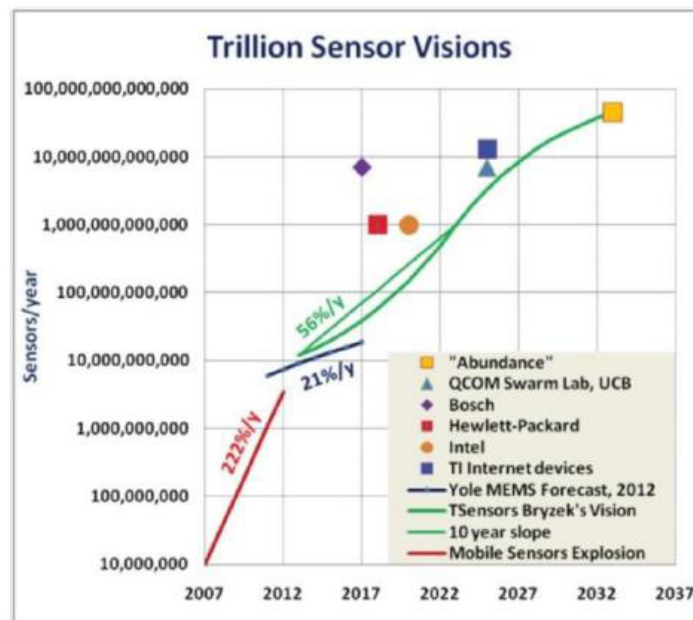


Figure 1. Forecast of Number of Sensors Deployed Annually
(Source: Sia and Tsensor.org 2015)

フランスのナンシーで開催された2018 World Materials Forumにおいて、IoTの急速な成長は、データの蓄積、処理、伝送に対する高い要求と相まって、プロジェクトの持続可能性にとって大きな懸念事項になることが確認されました。そのため、必須ということではないにせよ、あらゆる種類の環境発電(エネルギーハーベスティング)ソリューションが歓迎されます。

この課題に対する包括的ソリューションとして可能性があるのは、以下のものです。

- 超低消費電力の埋め込みハードウェアプラットフォームの設計
- インテリジェントなシステムレベルの電力管理
- 動作環境からエネルギーを採取(ハーベスティング)する電源内蔵型デバイスの開発

これらのソリューションを導入する場合、電子回路設計において、IoTセンサデバイスは値(温度、湿度、汚染、光レベルなど)を測定するだけでなく、それを限られた電源によりシステムホストに(多くの場合は無線で)伝達できなければならないことに留意する必要があります。

これを実現するには、センサ、レシーバ、エネルギー源、通信のデューティサイクルなど、設計のシステムレベルでの構成要素を個々に、徹底的に検討しなければなりません。

本書では、オンセミのエネルギー効率の高いソリューションを使用し、最先端連続センサ技術でバッテリーレスアプリケーションを実現する方法について検討します。

超低消費電力トランシーバと通信プロトコル

設計の最初のステップは、超低消費電力で情報伝送のための無線プロトコルに対応するRFトランシーバを選択することです。

適切な無線プロトコルは、以下の機能に対応し、それらを備えている必要があります。

- ローカルエリアネットワークの伝送距離への対応
(屋内でおおよそ数十メートル)
- 構造的に低電力
(短いフレームと低送信電力によりCPUと無線の電力バジェットを削減可能)
- セキュアな伝送が可能 (例: 暗号化)
- シンプルな受信メカニズムの提供 (ビーコン)
- ユーザーフレンドリーなハードウェア実装の提供
(例: センサとトランシーバ間の直接インターフェース)
- 高集積レベル (SiPまたはシングルチップ)
- センサノードとゲートウェイ間の相互運用性を含む標準化通信プロトコル
(IEEEやSIGの様式)
- 大量市場での普及を支える低い実装コスト

幸い、Bluetooth® SIGとZigbee® Allianceは、それぞれのプロトコルを数年間にわたって最適化することに重点を置いた無線プロトコルを提供しています。現在、当社ではBluetooth 5とZigbee Green Powerプロトコルが利用可能で、短フレーム持続時間、セキュリティ、送信電力の最適化を行っています。

接続に必要なすべてを10ミリ秒(ms)以内に送信することが可能です。

重要な点は、これらのプロトコルをエネルギー的に最適化された構成要素に実装し、電圧と電流源を最大限に活用する方法です。

オンセミは、超低消費電力マイクロコントローラや補聴器音声回路の専門技術に基づいてデバイスを設計し、6 dBmで10 mWという低い電力バジェットを実現しました。課題を克服するために、Zigbeeプロトコルに対応するNCS36510やBluetooth Low Energy向けのRSL10など、現在数種類の製品を供給しています。

プロトコルとスマートパワーの実装要件を組み合わせることによって、以下のFigure 2に示す式が得られます。

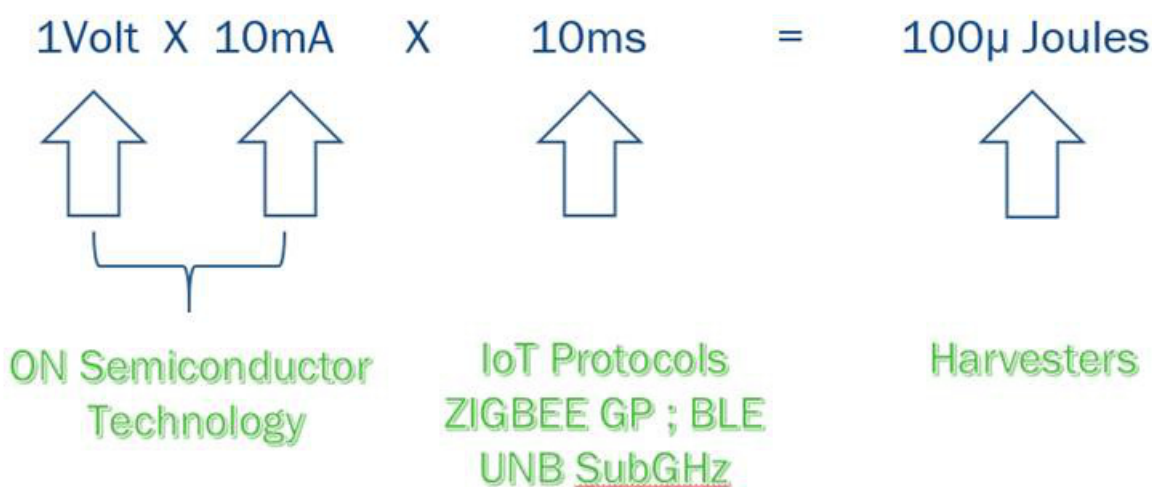


Figure 2. 'Rule of Thumb' for IoT Application Energy Consumption

環境発電の選択

Figure 2の式は、最新の低電力接続と通信プロトコルのエネルギー要件の指針となるものです。残っているのは、適切な環境発電源と使用分野を選択することです。時間も計算に入れる必要があるもう一つの要素です。

連続ハーベスタで発生する電力は低い場合がありますが、目的は時間をかけて電力を貯蔵することなので、ゲインファクタが重要です。例えば、1秒間のハーベスティングと10 msの送信では、ゲインは100になります。これに対し、10秒間のハーベスティングと5 msの送信では、ゲインは2000になります。

数秒の範囲のエネルギー貯蔵は、電解コンデンサ技術で十分に対応できます。

太陽光ベースの環境発電

Bluetooth 5無線用システムオンチップ(SoC)のRSL10あるいはZigbee用SoCのNCS36510を例として使用すると、最大10 ms継続するプロトコル送信中は約10 mAの電流が必要になると計算できます。1秒ごとの送信では、ゲインファクタは100倍です。10秒ごとに送信する場合にはゲインは1000倍となります。このことから、太陽光ハーベスタに対する電流源の目標値は、 $10 \text{ mA}/100 = 100 \text{ }\mu\text{A}$ または $10 \text{ mA}/1000 = 10 \text{ }\mu\text{A}$ となります。

興味深いことにRibes TechのFlexRB-25-7030などの太陽電池は、200 luxで16 μA 、1000 luxで80 μA を供給します。これがまさに必要なものです。

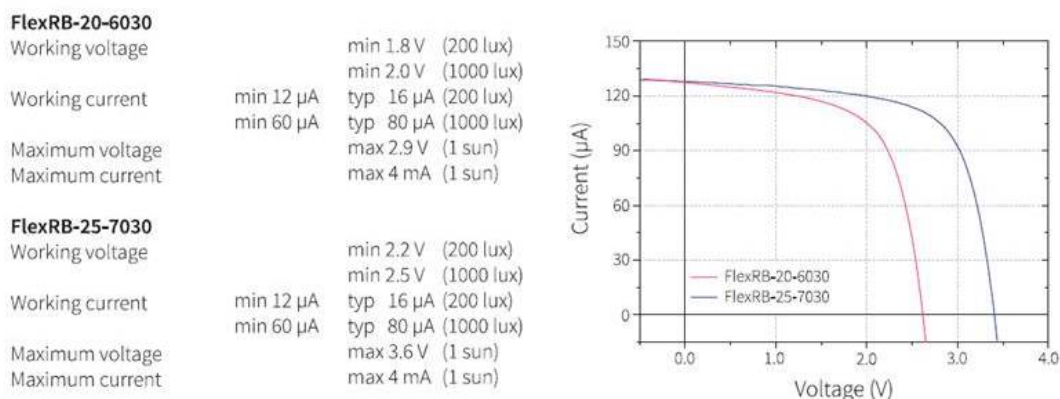


Figure 3. Electrical Specifications of the FlexRB-20-6030, FlexRB-25-7030 from Ribes Tech

Ribes TechのFlexRB-25-7030などの太陽電池を使用すれば、1~10秒のデューティサイクルでBluetooth Low EnergyやZigbeeのフレームを送信する自律センサを実現できます。

一般的な照明条件

ほとんどの太陽電池では、200 luxと1000 luxという2種類の照明条件で特性が示されています。これらの条件は、以下の表に示す広範囲における日々の照明状態をカバーしています。

Table 1. COMMON LIGHTING OPERATING CONDITIONS

Weather Conditions	Light Source	Time	Solar Cell Facing	Sensor Location	Lux Level*
Cloudy Winter	Natural	11:00 am	Sky	Office, Near Window	415
“	“	“	Indoor	Office, Near Window	230
“	“	“	Outdoor	Office, Near Window	630
“	“	3:40 pm	Indoor	Office desk	200
“	Ceiling Neon	11:00 am	Ceiling	Office Corridor	340
“	“	“	White wall	Office Corridor	220
“	“	“	Ground	Office Corridor	140**
“	“	4:30 pm	Ceiling	Office desk	250
“	Natural	9:00 am	Window	Automotive Dashboard	700
“	“	“	Ground	“	350
“	“	“	Front seat	“	400

*Measurements made with the Luxmeter app from Velux running on iPhone® 6.

**Not recommended as operating conditions with actual configuration.

連続測定領域

本書で前述した情報に基づいて、ハーベスティングシステム全体の動作の検討を開始できます。

最初の通信を開始する前に、デバイスが太陽電池からエネルギーを採取できるように、事前のエネルギー充填フェーズがなければなりません。次のセクション(技術的課題)で、実装を成功に導くさまざまなヒントやガイドラインについて詳述します。デバイスが十分なエネルギーを取得して貯蔵すると、マイクロコントローラ(MCU)は通信パラメータや送信電力、チャンネルの選択、温度測定を設定する必要があります。

この活動はMCUがほぼアクティブな間に行われるため、蓄えたエネルギーが、できるだけ多くのビーコンフレームを送信するのに十分でなければなりません。

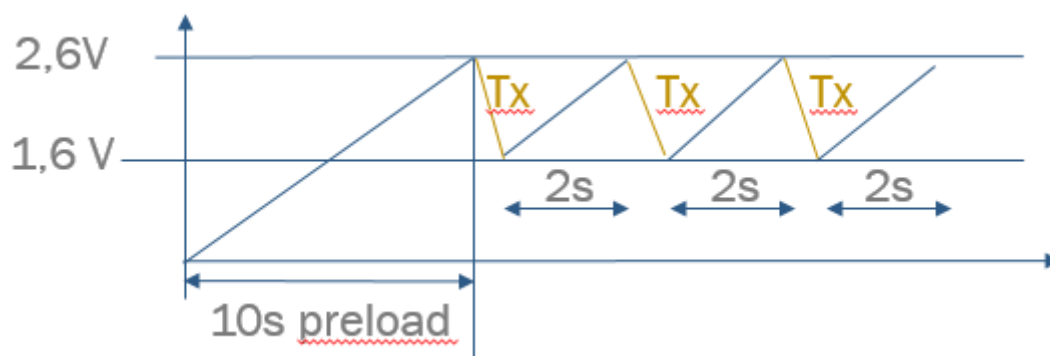


Figure 4. Conceptual Energy Consumption View at a Given Lighting Condition

2秒のデューティーサイクルでは、ゆっくり変化するパラメータ(例えば、湿度、温度、大気圧、屋内パラメータ、光量など)を測定できるバッテリー不要のセンサノードを実装できます。

技術的課題と実装

接続性

最初のステップは、ハーベスティングデバイスによって決まる利用可能なエネルギーバジェットで、所望の通信プロトコルをサポートできる通信およびデータ処理ICの選択です。ほとんどのケースで、選択したデバイスが動作が不要な場合にエネルギーを失わないよう、高効率のスタンバイモードやディープスリープモードをサポートしている必要があります。電力供給を簡素化するために、最小入力電圧が低いまたは入力電圧範囲が広いデバイスが望まれます。このようにして、単純なステップダウンレギュレータやリニアレギュレータを使用して、システム電圧を安定化させたり制限することができます。

システムで使用するセンサにも同様の要件が適用されます。スリープモードを利用できない場合は、パワーゲーティングを導入して、センシングが不要な場合にセンサへの電源供給を停止することができます。

エネルギーの貯蔵

次に検討すべきことは、センサとマイクロコントローラへの電力供給に使用するエネルギー貯蔵とエネルギー管理です。

採取したエネルギーの貯蔵には、複数の方法が可能です。どの方法が最適かは、対象アプリケーションの要件によって決まります。通常は、コンデンサまたはバッテリーをベースとしたソリューションを使用できます。

コンデンサをベースとしたソリューションは通常、バッテリーに比べてエネルギー密度が低いため、同一体積では全体の容量は低くなります。このため、光への曝露がなくても長期間動作を続ける必要があるセンサには、バッテリーのほうが適しています。

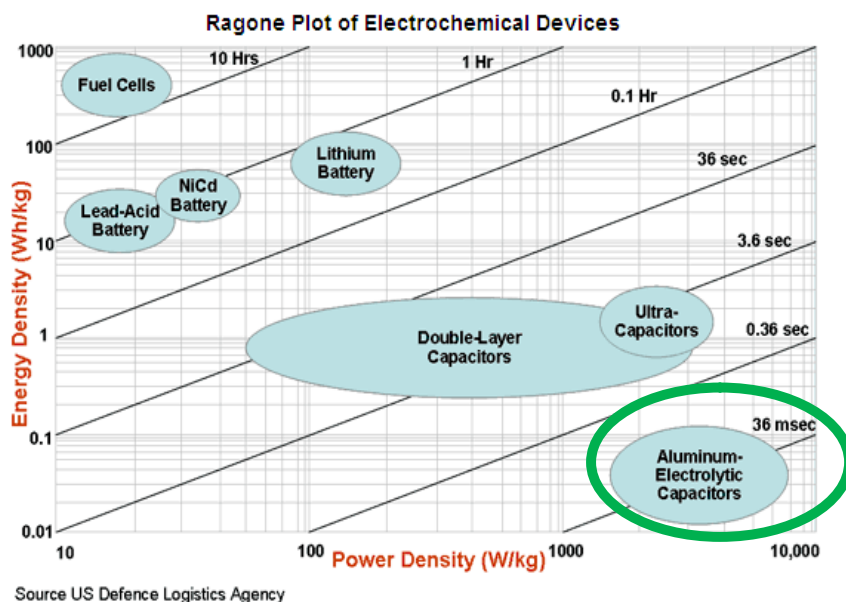


Figure 5. Ragone Plot Helping us to Select the Adequate Storage Technology

バッテリーベースシステムの課題は一般に、より複雑なエネルギー管理が必要なことです。これには充放電制御や過充放電に対するセルの保護が含まれます。このようなエネルギー管理システムにはスイッチングレギュレータ(および受動部品の追加)を使用する場合があります。多く、必要な機能のためにより複雑なICが必要となり、システムの複雑さやBOM(コスト)が増加します。高効率および低静止電流要件に加え、チップが複雑になるため、かなり高価なICソリューションとなります。

光の入射がない場合に長期間動作が必要ないアプリケーションでは、コンデンサベースソリューションのほうが(コスト)効率の高いソリューションになります。測定を実行し結果を送信するのに十分なエネルギーが得られるまで、貯蔵容量が太陽光ハーベスティングデバイスからのエネルギーを一時的に貯蔵します。適切な定格電圧のコンデンサを使用する場合、充電回路は不要です。予想される最大輝度が入射した場合に、使用する太陽光ハーベスタの開放電圧によって最大入力電圧が決まります。コンデンサの定格電圧が開放電圧より高ければ、充電回路や保護回路は不要です。

バッテリーおよびコンデンサベースソリューションの両方とも、接続された回路(センサ、マイクロコントローラなど)に適切な電圧を供給するために出力電圧の安定化が必要です。リチウムベースの蓄電を使用するシステムでは、4Vを上回る電圧に達し、センサやマイクロコントローラの入力電圧範囲を超えることがよくあります。通常1.8~3.3Vの供給電圧に合わせるには、ステップダウン電圧変換が必要です。コンデンサベースシステムでは、蓄積した電荷量に比例して電圧が変化するため、放電サイクル中に大きな電圧変動が生じる可能性があります。これはどのセンサやマイクロコントローラでも受け入れられないため、供給電圧を安定化するために何らかのレギュレータが必要です。

RSL10太陽電池マルチセンサボード

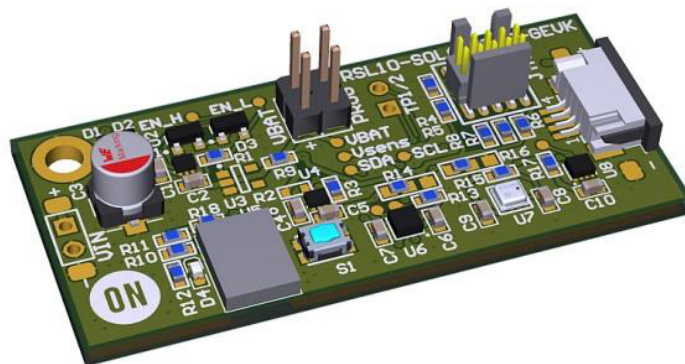


Figure 6. RSL10 Solar Cell Multi-Sensor Board

RSL10太陽電池マルチセンサボード(RSL10-SOLARSENS-GEVK)は、スマートビルディング、スマートホーム、およびインダストリー4.0など、バッテリー不要のIoTアプリケーション向けの包括的開発プラットフォームです。本ボードは業界最低電力のBluetooth Low Energy無線SoC (RSL10)をベースとして、温度や湿度検出用の複数のセンサ (スマート3軸加速度センサBMA400、スマート環境センサBME280、広範囲デジタル温度センサNCT203)を備えています。

本ボードは、超低コスト、軽量、薄型の47 μ Fの蓄電用コンデンサ、プログラミングおよびデバッグ用インターフェース、および接続された太陽電池も備えています。

デバイスは低電流電源からエネルギーを採取しているため、動作中およびエネルギー採取中のシステム全体のリークを小さくすることが重要です。そのために、超低静止電流LDO (NCP170)など、いくつかのスマートデバイスを選択してボードに実装しています。

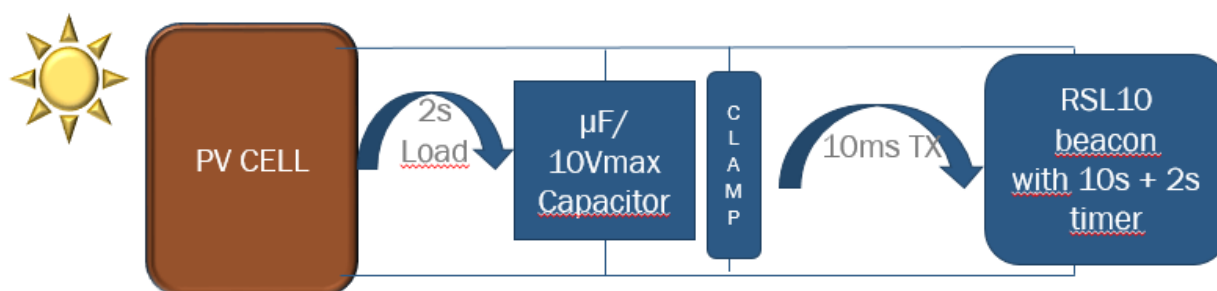


Figure 7. Conceptual View of the Multi-Sensor Board

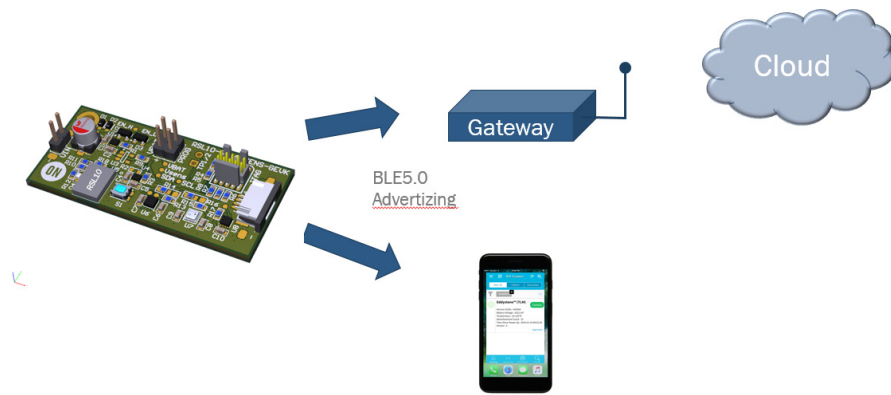


Figure 8. Complete System Outlook Including Sensor, Gateway and Cloud Service

可能性のあるアプリケーションは多数ありますが、一部を以下に掲載します

スマートビルディング:

- 環境制御(環境センサ)
- 窓ガラス割れ検出(3軸加速度センサ)
- ビルオートメーション(両方)
- ドア破壊検出(3軸加速度センサ)
- 窓やドアの開閉状況報告(3軸加速度センサ)
- 会議室占有監視(両方)

スマートホーム

- 環境制御(環境センサ)
- 屋根と窓の制御(両方)
- 窓ガラス割れ(侵入)検出(3軸加速度センサ)

インダストリー4.0 / スマートシティ

- 空気汚染検出(環境センサ)
- 従業員の安全(両方)
- セキュリティおよび監視(3軸加速度センサ)

モバイルヘルス

- 集積化 / 携帯用センサ(3軸加速度センサ)
- 自転車 / バイクのアクティブヘルメット(3軸加速度センサ)



Figure 9. Battery-free Windows Sensor Demonstration at Embedded World 2019

ハードウェアの設定と最適化

RSL10太陽電池マルチセンサボードでは、オンセミのRSL10を使用して測定データを処理し、Bluetooth Low Energyのアドバタイジングパケットとして結果を送信します。パケットは、スマートフォンやその他のBluetooth Low Energy対応機器を用いて受信し可視化できます。

アルミ電解コンデンサをメインのエネルギー貯蔵に使用します。使用する太陽光ハーベスタの開放電圧は3~6 Vなので、定格電圧が10 V程度のコンデンサを回路に、入力クランプや保護回路なしで使用できます。この回路では、コンデンサはショットキーダイオードを直列接続した太陽光ハーベスタによって直接充電されます。このダイオードは、ハーベスタがコンデンサの放電を防止するために置かれています。コンデンサの容量については、後のセクションで説明するいくつかの付加的局面に依存するため、後述します。

RSL10 SoCは、集積化DC/DCバックレギュレータを内蔵しているため、レギュレータを追加しなくても幅広い入力電圧(1.1~3.3 V)で動作できます。非常に明るい状況では、使用する太陽光ハーベスタがRSL10の最大定格電圧を超える可能性があるため、電圧リミッタとしてリニアレギュレータを使用します。入力電圧が3.3 Vを超える場合、レギュレータが一定の供給電圧を発生します。電圧が3.3 V未満の場合、レギュレータは安定化を行わずにコンデンサ電圧を通過させます。レギュレータは利用可能なエネルギーが「多すぎる」状況でのみ使用されるため、過剰なエネルギーが熱に変換されることは全く問題ありません。電力需要が増加する場合、コンデンサ電圧は降下し、レギュレータはアクティブではなくなり、エネルギーを「浪費」しなくなります。しかし、レギュレータが単純なため静止電流は低くなります。このことは、光量が低い状況で利用可能なエネルギーを保持するのに役立つため、非常に重要です。Figure 10に、典型的な動作シナリオを示します。ここでは、電力消費を低減するために周期的に電圧が制限されます。コンデンサ電圧が(電力使用量が増加したことにより) 3.3 V未満に低下すると、LDOレギュレータはアクティブではなくなり、電圧をそのまま通過させます。

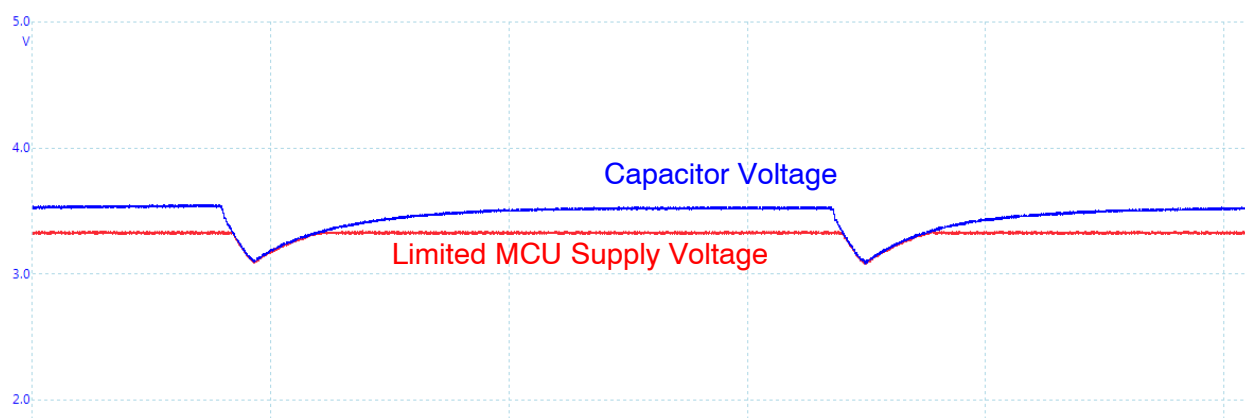


Figure 10. Voltage Limiting Using an LDO Regulator

システムが完全に放電した後で光が入射すると、コンデンサ電圧は、電荷の蓄積に伴いゆっくり上昇します。デフォルト設定では、RSL10は下側スレッシュホールド電圧 ~ 1 Vに達すると起動(を試行)します。これは太陽光ハーベスタが起動に必要な電力を連続的に供給し、コンデンサの電圧を1 Vに維持する場合にのみ動作します。太陽光ハーベスタが供給する電力が必要量より少ない場合、コンデンサの電圧は低下します。電圧が ~ 1 Vのスレッシュホールドを下回る場合、RSL10がオフになるため起動に失敗します。このシーケンスは、太陽光ハーベスタのエネルギー出力がRSL10の起動時の消費電力より低い間繰り返されます。ハーベスタは通常、どんな(光照射)状況でもそれほど多くのエネルギーを発生できるわけではなく、確実な起動を保証するために起動回路が必要です。

本デモ機に使用されている回路では、RSL10と他のデバイスへの給電前に確実に貯蔵コンデンサが十分プリチャージされます。正常な起動を保証するには、貯蔵コンデンサは、システムの完全な起動に必要なエネルギーを保持する必要があります。本件の場合、起動とは、最初の電源投入からシステムがディープスリープモードに入ることができる時点までのシーケンスです。

このシーケンスを実行するために必要なエネルギーは測定可能です。必要なエネルギーとマイクロコントローラの標準入力電圧範囲に基づいて、必要な最小コンデンササイズが決まります。提示したRSL10ベースの実装では、起動には約 $120 \mu\text{J}$ が必要です。これを約 $1.5\sim 3$ Vの所望電圧範囲と組み合わせると、理論上の最小容量は $35.6 \mu\text{F}$ となります。実際には、製造誤差、動作温度の違い、部品の経年変化などの要因による容量変動を補うために、より大きなコンデンサを使用する必要があります。

起動および保持回路

RSL10への電力をイネーブルおよびディスエーブルにするには、クランプLDOレギュレータのイネーブル信号を使用します。イネーブル用入力は、2つの信号源で生成されます。1つ目の信号源は、コンデンサの入力電圧が供給されている電圧監視IC (オンセミ製MAX809)で、コンデンサ電圧が2.63 Vを超えるとLDOレギュレータをイネーブルにします。2つ目の入力は、出力電圧が十分に高い限りイネーブルピンを確実にHighに維持するために使用します。必要なスレッシュホールドに応じて、LDOのデフォルトのターンオフスレッシュホールドを使用できます(NCP170では1.2 V以上、約1.5 Vにて測定)。この場合、LDOの出力電圧は、イネーブルピンにフィードバックされます。より高いターンオフ電圧が望ましい場合、1.5 Vを超えるスレッシュホールドの電圧監視ICを追加してもよく、LDOの出力が電圧監視ICによって規定されるスレッシュホールドを下回ると、イネーブルピンをプルダウンします。Figure 11に、使用した起動回路の回路図を示します。U3は所望のターンオフスレッシュホールド電圧に応じて選択する第2の電圧監視ICです。

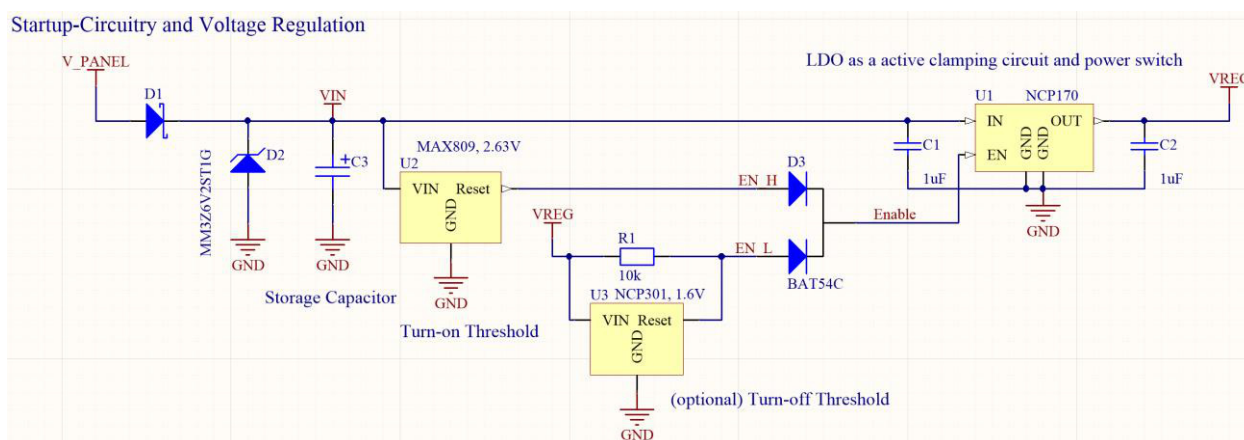


Figure 11. Start-up Circuit Schematic

Figure 12で起動回路の動作を観察できます。A点より前では、コンデンサの電圧は、A点で2.63 Vに到達するまでゆっくりと上昇します。電圧監視ICには内部遅延があり、実際のターンオンは t_D (使用した部品では140~460 ms)だけ遅れます。この遅延の後、MCUへの電圧供給が始動します。MCUの供給電圧が約1.5 Vを超えている間、システムは正常に動作できます。電圧が1.5 V未満に低下すると(B点)、使用したNCP170のイネーブルピンのスレッシュホールドが1.5 Vなので、MCUの供給電圧はディスエーブルされます。以後、MCUへの電圧供給を再びイネーブルにするには、コンデンサの電圧が再度2.63 Vを超える必要があります。

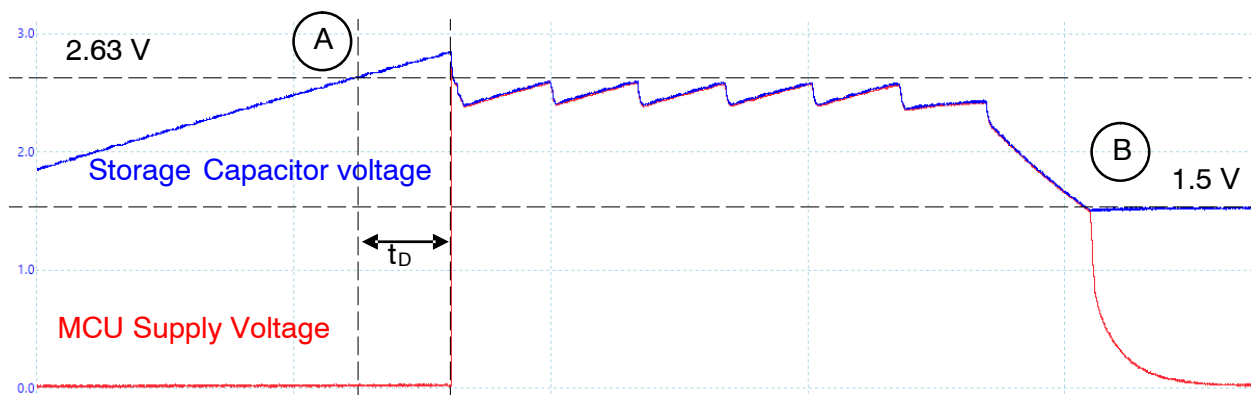


Figure 12. Start-up Circuit Behavior

本ボードは、温度、空気品質、および加速度のセンサを備えています。すべてのセンサはスリープモードに対応しており、不要な場合のエネルギー消費を低減できます。コンデンサ電圧が変化してデータ収集に悪影響を及ぼさないよう、1.8 Vに安定化したセンサ用供給電圧を使用します。このセンサ用供給電圧は、ディスエーブルにして電流消費をさらに削減できます。センサは、I²Cバスを介してRSL10 SoCに接続されています。

温度センサと加速度センサは、RSL10とやり取りせずにそれぞれの物理的状況を監視できる動作モードに対応しています。このモードでは、監視値が事前に設定した範囲を超えたり、プログラムされた条件が発生した場合、センサは専用の割り込みラインを使用してRSL10をウェークアップします。

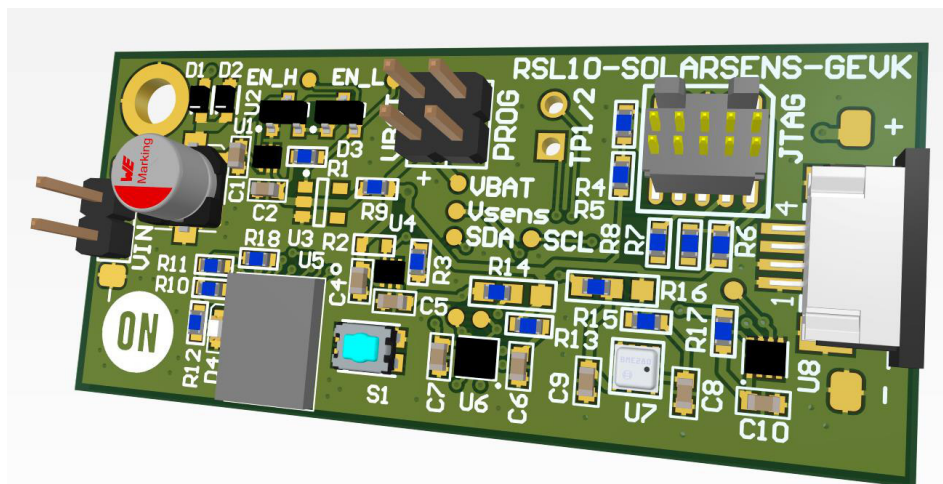


Figure 13. RSL10 Solar Cell Multi-Sensor Board

完成したPCBはサイズが24 x 51 mmで、全部品を上面に実装し、太陽光ハーベスタを裏面に実装できるようにした2層設計を使用しています。

太陽光ハーベスタは以下の方法で接続できます。

- ボード左側の100 milピッチのコネクタを使用
- ボード右側の1 mmピッチ4ピンのZIFコネクタを使用
- ボード両側のハンダパッドにパネルまたは追加コネクタを直接接続

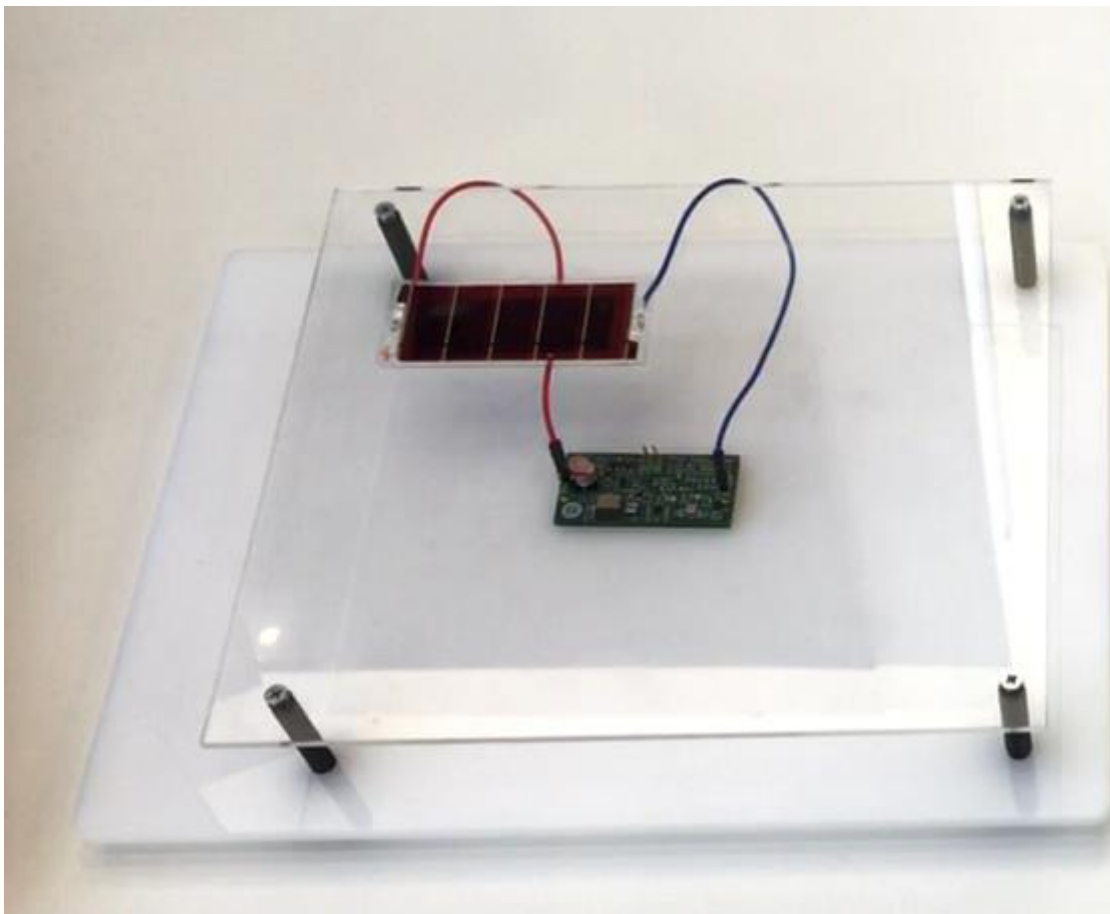


Figure 14. Battery Free Multi-sensor Node as Demonstrated at EWC 2019

ファームウェアの設定と最適化

RSL10太陽電池ボードの目標とする動作は、環境パラメータを測定し、それらをBluetooth Low Energyのアドバタイジングパケットとして送信することです。測定と送信を実行する間隔は利用可能なエネルギーによって決まります。ファームウェアでは、システム性能を最適化するために、利用可能なエネルギーを監視し、システムの電力状態を調整する必要があります。

システムが起動するとき、RSL10は必要な周辺機器、クロックリソース、およびBluetooth Low Energyのベースバンドをすべて初期化します。これらのステップは、RSL10の電力状態をすべて利用可能にするために不可欠です。節電のため、使用していない周辺機器をすべてディスエーブルに維持します。さらに、実際の測定が必要になるまでセンサの電源を停止します。

RSL10の初期化後、システムは何らかの測定を実行するためのエネルギーが十分に残っているか、超低電力ディープスリープモードに入って貯蔵コンデンサを充電して電圧レベルを上げる必要があるかを判断する必要があります。現在利用可能なエネルギー量を判断するために、RSL10は供給電圧を測定できます。3.3 Vの電圧であれば、コンデンサはフル充電状態でLDOは既に出力電圧を制限していることを示しています。供給電圧が3.3 V未満の場合、RSL10はコンデンサ電圧を直接測定して、エネルギー貯蔵量を判断します。

所要の測定を実行するのにエネルギー量が不十分な場合、RSL10はディープスリープモードに入ります。このモードでは、RSL10で消費される電力は62.5 nWの範囲なので、低光量状態でも貯蔵コンデンサを再充電することができます。ディープスリープモードでは、RSL10の周辺機器はディスエーブル状態です。ディープスリープモード中の一部のシステム変数の状態を保存するために、RAMの1セクションが保持されます。ディープスリープからのウェイクアップはかなり速く、完全な起動に比べはるかに低いエネルギーしか必要ありません。

ディープスリープモードで一定期間経過後、RSL10がウェイクアップし、貯蔵コンデンサが測定およびデータ送信を実行するのに十分なエネルギーを貯蔵したかどうか確認します。測定可能なエネルギーしきい値は実験で決定されています。エネルギーレベルがまだ不十分な場合、RSL10は再度ディープスリープモードに入ります。

利用可能なエネルギーが測定に十分な場合、センサの電源がイネーブルになり、I²Cインタフェースが初期化されます。I²Cを介して、センサは測定実行のための設定が行われます。測定が完了すると、その結果が読み戻され、測定データの送信に使用するアドバタイジングパケットにコピーされます。

その後、測定値を含むアドバタイジングパケットが送信されます。送信後、RSL10は所望の最小送信間隔の間だけディープスリープモードに入ります。その後、ウェイクアップ後に利用可能なエネルギー量を判断することからスタートして、このシーケンスが繰り返されます。

Bluetooth Low Energyに関する検討事項

Bluetooth Low Energyでデータを送信するのに最も電力効率がよい方法として、測定したセンサデータを他の機器に送信するのにアドバタイズメントパケットを使用することを選択しました。これはRSL10太陽電池ボードのハーベスタが接続の確立および維持を行うことなく、近くのBluetooth Low Energy機器をすべてスキャンニングする方法となります。さらに、太陽光ハーベスタはブロードキャストモードでデータを送信するため、各アドバタイズメントパケットの送信後、レシーバをイネーブルにしないこととなります。これにより、コネクタブルにしないことやアドバタイズメントデータの最大限度を31バイトから62バイトに引き上げるスキャンレスポンスパケットを送信できないという犠牲の基に、電力の増加を抑えています。アプリケーションのニーズによっては、コネクタブルモードでアドバタイズして、機器が推奨アドバタイジング間隔や推奨測定間隔などのセンサノードのパラメータを設定できるようにするのが望ましい場合があります。

わずか31バイトのデータしか扱えない小さいアドバタイズメントパケットの限界を克服するために、各アドバタイズメント間隔において異なるアドバタイズメントペイロード間で切り替えることができます。これを使用して、一つのアダバタイジングパケットでセンサのカスタムデータフレーム、次のアドバタイジングパケットでEddystone BeaconのURLフレームを送信することができます。Eddystone Beacon URLパケットは、追加情報を記載しているウェブページにリンクし、センサデータの表示用アプリケーションをダウンロードするのに使用できます。

Bluetooth SIGによって環境検知サービスが定義されている接続機器とは異なり、広範囲のセンサデータをアドバタイジングパケットだけを使用して送信するための標準化フォーマットはありません。

したがって、カスタムアドバタイズメントデータのフレームは、センサのデータをスキャンニング機器に渡すために使用します。これらの機器には、アドバタイズメントパケットの内容を解析したり処理できる特別なソフトウェアやアプリケーションが必要です。単独の組織がインフラストラクチャ全体を管理している産業分野のユースケースでは、このことで問題が起きることはないでしょう。しかし、複数のベンダーのデバイスが連携する必要がある市場に適用する場合、相互運用上の問題が起きる可能性があります。

ファームウェアの実装

上記の動作に基づいて、RSL10太陽電池マルチセンサボード向けのファームウェアが開発されました。

RSL10ベースのプラットフォーム上でソフトウェアを開発するために、オンセミはEclipseをベースとした開発環境であるRSL10 SDKを提供しています。RSL10 SDKには、強力なエディタ、ツールチェーン、幅広いコード例、およびCMSIS-Packベースのソフトウェアパッケージを備えた完全統合開発環境が含まれています。

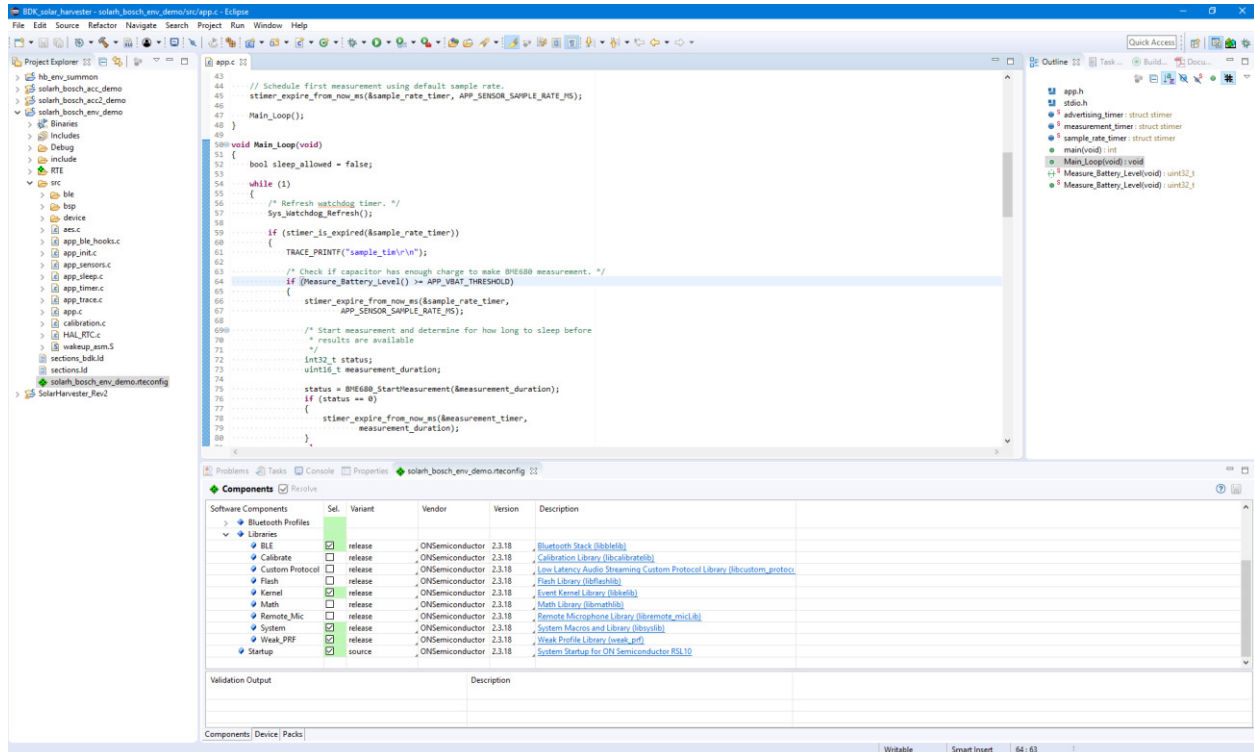


Figure 15. RSL10 Software Development Kit (SDK)

本ファームウェアは、Figure 16に示すように、RSL10 SDKに付属しているCMSISの設定ウィザードエディタを用いて設定することができます。これにより、詳細説明を提供し各パラメータに対する入力値が正しい範囲にあることを確認できるグラフィカルインターフェースを用いて所望のパラメータを変更することにより、さまざまなソフトウェアの設定を迅速に評価できます。評価のためにより複雑な変更が必要な場合に備えて、CMSIS-Pack内にソースコードとプロジェクト例が提供されています。

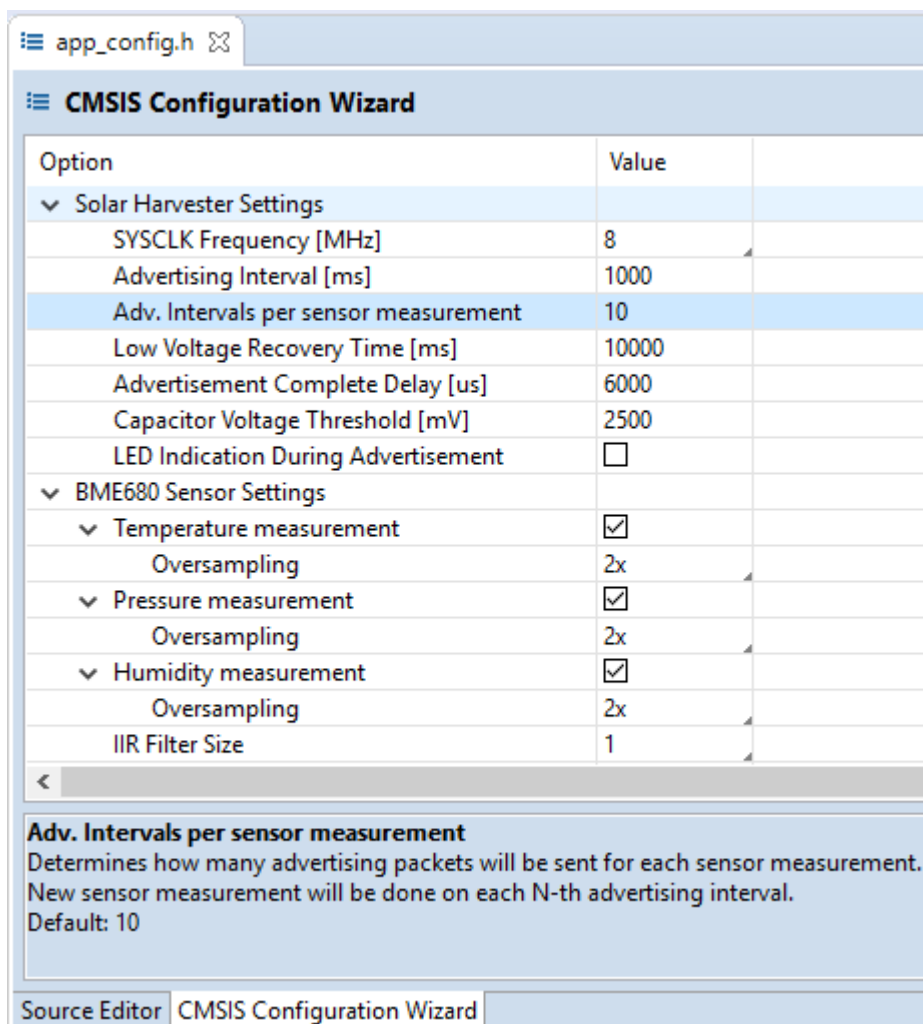


Figure 16. Configurable Parameters Shown in the CMSIS Configuration Wizard

Figure 17は、センサの測定イベント中のボードの電流消費量と、それに続く測定データのアドバタイズメントを示しています。このイベント中、合計60 μJ のエネルギーが、センサデータの測定とその結果のアドバタイズに使用されました。センサの測定がスケジュールされておらず、ボードがアドバタイズするだけであれば、エネルギー消費量は20 μJ に低下します。

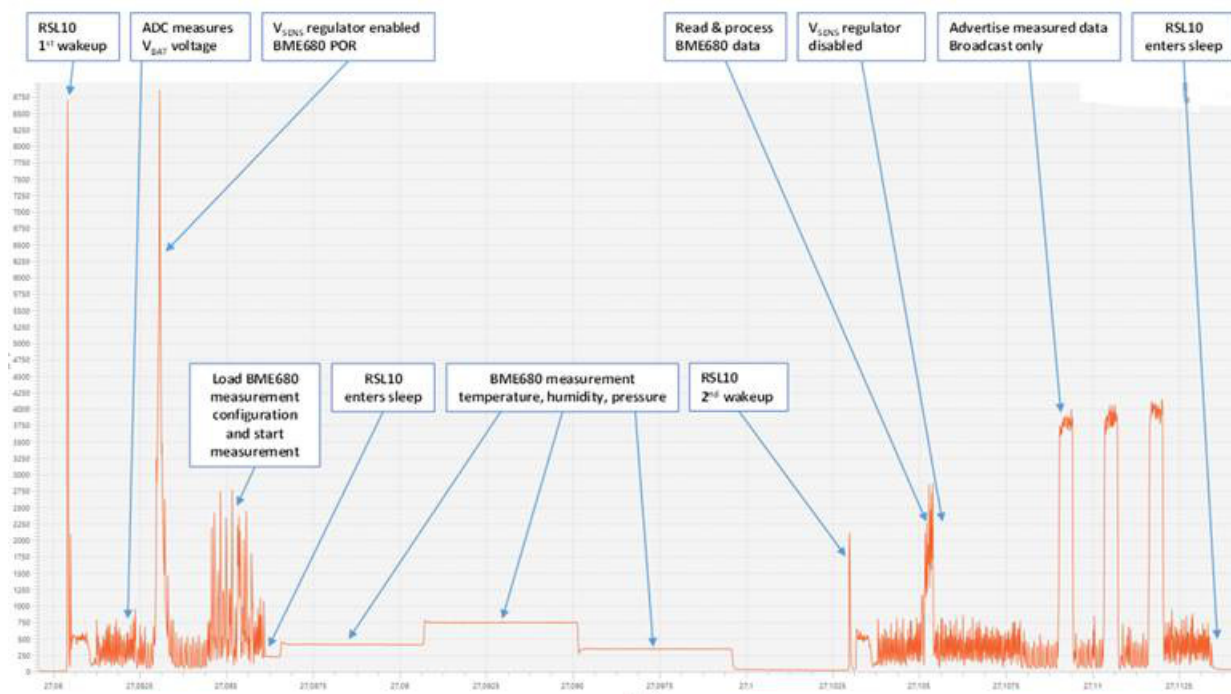


Figure 17. Typical Operation Cycle with Sensor Measurement and Advertising (3 V Power Supply, Advertising Interval set to 1 s, and Sensor Measurement during Every Advertising Interval)

ビーコンデータの受信

RSL10太陽電池マルチセンサボードによってアドバタイズされるセンサデータは、Bluetooth Low Energyのフラグおよびボードの完全なローカル名とともに、アドバタイジングパケットのメーカー固有データセクションの一部として含まれます。これによって、Android™やIOS®機器など、メーカー固有データをアプリケーションに渡す全機器のセンサデータにアクセスできます。

このシナリオではRSL10のUSB Dongle (RSL10-USB-001-GEVK)は、取得したセンサデータを表示するのに使用するホストPCに接続されています。RSL10のUSB DongleとPythonバインディングの付属ソフトウェアBluetooth Low Energy Explorerを使用して、近くのBluetooth Low Energy機器をスキャンし、一致するアドバタイズメントデータがある場合にはセンサデータを表示する簡単なスクリプトを作成しました。

```
 /cygdrive/c/Program\ Files/IronPython\ 2.7/ipy.exe C:/Us...
Found device:
Time: 2019-03-06 14:21:47.034000
Name: SoLaRSL10_V2_E
UUID: 00000000-0000-0000-0000-60c0bf0d62d2
Advertisement data:
  Flags: 0x04
  LongLocalName: SoLaRSL10_V2_E
  ManufacturerSpecificData: 0x620345087B07920185A4
  Company Identifier: ON Semiconductor
  Environmental sensor data frame: 0x45L
    Temperature: 29.39 degC
    Humidity: 19.38 %
    Pressure: 99748 Pa
Found device:
Time: 2019-03-06 14:21:57.052000
Name: SoLaRSL10_V2_E
UUID: 00000000-0000-0000-0000-60c0bf0d62d2
Advertisement data:
  Flags: 0x04
  LongLocalName: SoLaRSL10_V2_E
  ManufacturerSpecificData: 0x620345087B07920185A4
  Company Identifier: ON Semiconductor
  Environmental sensor data frame: 0x45L
    Temperature: 29.39 degC
    Humidity: 19.38 %
    Pressure: 99748 Pa
```

Figure 18. Displayed Sensor Data as Captured by the RSL10 USB Dongle

まとめ

本リファレンスプラットフォームを用いて、オンセミは、太陽光エネルギーだけで電力を供給し、継続的なセンサの監視やクラウドゲートウェイへのデータ送信などの機能を備えた低コストで小型のセンサノードを製作できることを実証しました。スマートビルディング、都市管理、モバイルヘルスなど、RSL10太陽電池マルチセンサプラットフォームなどの新技術と機能を活用できるユースケースがいくつかあります。このプラットフォームを新しい革新的センサの設計に使用すれば、何十億個ものスマートセンサの実装によって生じるエネルギー需要のギャップを埋め、IoTに大変革をもたらすのに役立ちます。

Bluetooth is a registered trademark of Bluetooth SIG.

ZigBee is a registered trademark of ZigBee Alliance.

Android is a trademark of Google LLC.

IOS is a trademark or registered trademark of Cisco in the U.S. and other countries and is used under license.

onsemi, **Onsemi**, and other names, marks, and brands are registered and/or common law trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC dba "**onsemi**" or its affiliates and/or subsidiaries in the United States and/or other countries. **onsemi** owns the rights to a number of patents, trademarks, copyrights, trade secrets, and other intellectual property. A listing of **onsemi**'s product/patent coverage may be accessed at www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf. **onsemi** reserves the right to make changes at any time to any products or information herein, without notice. The information herein is provided "as-is" and **onsemi** makes no warranty, representation or guarantee regarding the accuracy of the information, product features, availability, functionality, or suitability of its products for any particular purpose, nor does **onsemi** assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. Buyer is responsible for its products and applications using **onsemi** products, including compliance with all laws, regulations and safety requirements or standards, regardless of any support or applications information provided by **onsemi**. "Typical" parameters which may be provided in **onsemi** data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. **onsemi** does not convey any license under any of its intellectual property rights nor the rights of others. **onsemi** products are not designed, intended, or authorized for use as a critical component in life support systems or any FDA Class 3 medical devices or medical devices with a same or similar classification in a foreign jurisdiction or any devices intended for implantation in the human body. Should Buyer purchase or use **onsemi** products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold **onsemi** and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that **onsemi** was negligent regarding the design or manufacture of the part. **onsemi** is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer. This literature is subject to all applicable copyright laws and is not for resale in any manner.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

LITERATURE FULFILLMENT:

Email Requests to: orderlit@onsemi.com

onsemi Website: www.onsemi.com

TECHNICAL SUPPORT

North American Technical Support:
Voice Mail: 1 800-282-9855 Toll Free USA/Canada
Phone: 011 421 33 790 2910

Europe, Middle East and Africa Technical Support:

Phone: 00421 33 790 2910

For additional information, please contact your local Sales Representative