

## Chameleon™ テクノロジによる 低コストの無電源ワイヤレス・センサの実現<sup>1</sup>

はじめに

Magnus<sup>®</sup>-SのICファミリを実装したオン・セミコンダクターの無電源ワイヤレス・センサは、Chameleonテクノロジーと呼ばれる業界唯一のセルフ・チューニング機能を搭載しています。オンチップのアナログ信号処理回路を実装したChameleonテクノロジーは、ICの入力インピーダンスを自動的に調整し、タグがアクセスされるたびに、タグを最適な方法でチューニングします。

従来型のICをベースとするセンサ・タグは、さまざまな外的要因、特に液体や金属への近接によって性能が低下するおそれがあります。このような要因により、タグのアンテナのインピーダンス特性が変化することがあります。タグのセンサICのインピーダンスが固定値である場合は、ICとアンテナ間でインピーダンス不整合が生じ、タグの性能が低下します。

### Chameleonテクノロジーによる無電源ワイヤレス・センサの実現

無電源ワイヤレス・センサは、アンテナとMagnus-Sセンサ・ダイで形成されたRFIDタグです(Figure 1)。Magnus-Sダイには、アンテナ・ポートとEPC™ Class-1 Gen2 RFIDエンジン間で機能する、チューニング・コンデンサのバンクが搭載されています(Figure 2)。Chameleonエンジンは、コンデンサを回路内に含めるか除外するかを切り替えることにより、入力インピーダンスを動的に調整して、RFIDエンジンに供給される電力を最大限に増やします。Magnus-Sダイにはコンデンサ・バンクがあり、チューニング設定値に相当する5ビットのセンサ・コードで表現される静電容量状態が32とおり用意されています。センサ・コードには、標準的なGen2のREADコマンドを使用してMagnus-S ICからアクセスできます。

センサ・コードは、タグ・アンテナのインピーダンスの尺度を提供します。タグ読取り間でアンテナのインピーダンスが変化した場合は、センサ・コードも変化します。これは、Chameleonエンジンが各タグを読み取る時点で、アンテナのインピーダンスが整合するように、コンデンサ・バンクを対応させるからです。センサ・コードの変化は、アンテナ・インピーダンスの変化を表します。つまり、センサ・コードはアンテナ環境の変化を反映します。

環境内の変化に対して既知の方法で応答するようにタグ・アンテナを設計しておく、センサ・コードは環境内の変化を量子化された測定値として表現することができます。実用上、タグはセンサ・コードに基づきワイヤレス・パッシブ・センサとして機能できます。



ON Semiconductor®

[www.onsemi.jp](http://www.onsemi.jp)

### APPLICATION NOTE

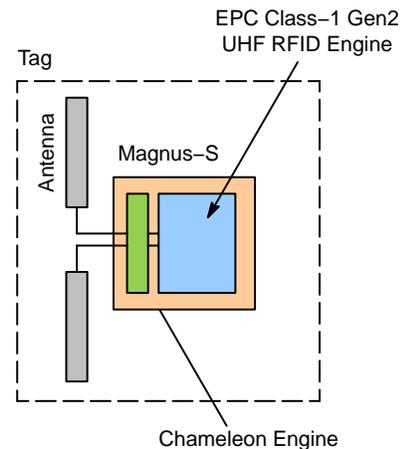


Figure 1. Battery Free Wireless Sensor Consisting of an Antenna and Magnus-S Die

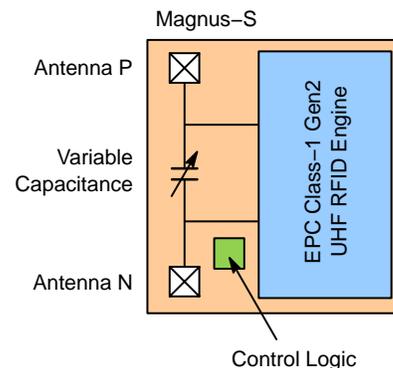


Figure 2. Magnus-S Die with EPC Class-1 Gen2 RFID Engine and Adaptive Front End Called the Chameleon Engine

<sup>1</sup>ここで説明する動作原理と潜在的用途は例示目的のものであり、オン・セミコンダクターはこれらの精度や有効性に関する表明は行いません。オン・セミコンダクターは、記載したMagnus-SデバイスおよびChameleonエンジンの特性や能力を、いつでも予告なく変更することがあります。

## AND9209/D

Chameleonエンジンをセンサとして使用する方法を、Figure 3に示す湿気タグを例にとって説明します。このタグは一般的なメアンダ状ダイポール・アンテナに、楕円形コンデンサを追加して構成されており、センシング領域を形成します。Figure 4に水滴が

付着した状態のセンシング領域を示します。Figure 5に、標準的なEPCのREADコマンドを使用して標準的なRFIDリーダーで読み取ったセンサ・コードを示します。この無電源ワイヤレス・センサが水滴の存在を容易に検出することは明らかです。



Figure 3. A Capacitance-Based Battery Free Wireless Moisture Sensor

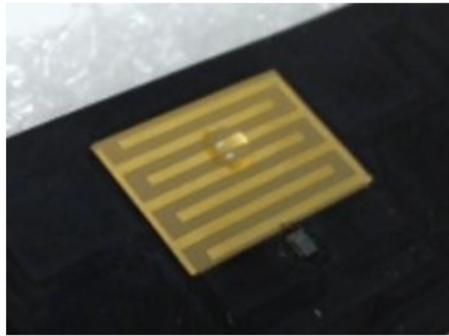


Figure 4. A Water Droplet Applied to the Sensor Capacitor of the Moisture Sensing Tag

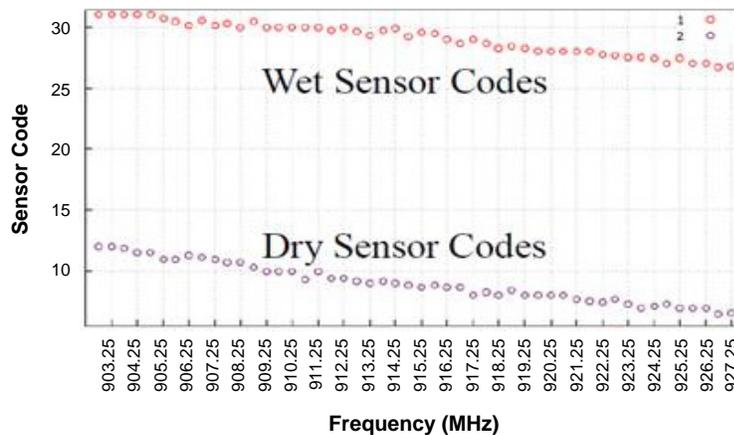


Figure 5. Sensor Code Movement Indicating the Presence of the Water Droplet

### 簡易で安価

Magnus-S ICを使用すると、現時点でまだ利用できない低コストで能力の高い斬新なパッシブ・センサを実現できます。従来のGen2パッシブ・タグと同様、無電源ワイヤレス・センサはアンテナに1個のICを取り付けた構成を採用しており、追加部品は必要ありません。したがって、センサのコストは、他のGen2パッシブ・タグと同程度まで低減できます。さらに、無電源ワイヤレス・センサはバッテリーを必要としないので、メンテナンス・フリーです。

無電源ワイヤレス・センサを使用すると、従来は実用的なソリューションが利用できなかった分野

で、センサ・ベースの監視機能のある程度実現できるようになります。例えば、非常に低いコスト、ワイヤレス・アクセス、膨大な数のタグ、メンテナンス・フリーの寿命、超小型または薄型フォーム・ファクタなどです。

Magnus-SはEPC Class-1 Gen2規格を活用することで、容易に入手できると同時に広く導入されている既存の低コストUHF RFID機器を使用して、完全パッシブ型のワイヤレス・センシング機能を実現します。

## システムの考慮事項

Magnus-S ICを使用する無電源ワイヤレス・センサにとって重要な要素は、環境変数をインピーダンスの変化に変換するアンテナの設計です。その後、Chameleonエンジンはインピーダンスの変化を検出してセンサ・コードに変換し、アンテナ・インピーダンスをダイ・インピーダンスに動的に整合させることができます。

最も基本的な部分では、アンテナは抵抗/インダクタ/コンデンサ(RLC)からなるチューニング回路として動作します。これらのいずれか、または3つの成分の任意の組み合わせを活用すると、アンテナが環境を検知するように設定できます。

センサの設計者は物理的メカニズムを選択し、アンテナ・インピーダンスの変化がメカニズムに最大限に伝わるように、アンテナを設計する必要があります。物理メカニズムの数は本質的には無制限なので、例を用いて説明するのが最も簡単でしょう。

Figure 3のセンサは、タグを実際に濡らした水が存在することを測定によって検出します。水の誘電率は最大約80と非常に大きなもので、コンデンサが乾いているか濡れているかに応じて、楕形コンデンサの静電容量は大きく変化します。コンデンサに付着している水の量に応じてダイポール・アンテナのインピーダンスが変化し、Chameleonエンジンはこの変化を、存在する水の量を表すセンサ・コードに変換します。その場合、センサ・コードはタグに付着している水の量を表す役割を果たします。

一般に、環境の影響を受ける特性を持つ材料を使用するか、寸法の物理的変化を使用することによって、インダクタンスと静電容量を調べることができます。抵抗損失が大きくなるとタンク回路の共振周波数が上方に移動するというを活用して、抵抗値を調べることができます。インダクタンスまたは静電容量を使用する利点は、これらのメカニズムが一般に読み取り範囲に影響を与えないことです。抵抗値の変化を調べると、抵抗で電力が消費されるため、タグの読み取り範囲がある程度失われることとなります。

## 分解能

Chameleonエンジンは、インピーダンスを5ビット分解能で表される数値に変換するアナログ/デジタル・コンバータ(ADC)です。単一のRFIDチャンネルでサンプリングする場合、センサの最大分解能は5ビットです。センサが利用可能なコードのサブセットを使用する場合は分解能が低下します。

米国のRFID帯域は902~928 MHzにまたがる50のチャンネルを使用しています。帯域幅に占める比率はわずか2.8%です。周波数変化がこのように小さいということは、各チャンネルでの測定のほとんどは同じ情報をキャプチャしていることを意味します。したがって、50チャンネル全部で測定を行うと、オーバサンプリングを形成することになります。

アナログ/デジタル・コンバータ(ADC)は多くの場合、オーバサンプリングを使用し平均化を行うことで分解能を高めま。以下のような複数の制約を満たす必要があります。

1. 変換時に生じるノイズがおおよそホワイト・ノイズであることが必要です。
2. ノイズの振幅は、サンプリングされたインピーダンスを少なくともコード1つ分移動できるだけ大きくなければなりません。
3. インピーダンスが、2つのコードのどちらかの値をとる確率が等しいことが必要です。

Chameleonエンジンを使用するセンサは、一般にこれらの条件を満たします。

オーバサンプリングと平均化を実行すると、分解能の実効ビット数Nが増加します。式で表現すると $ZOS = 4NZ_S$ です。ここで、 $Z_{OS}$ はオーバサンプリングされるチャンネル数、 $Z_S$ はオーバサンプリング前にサンプリングされるチャンネル数です。 $Z_S = 1$ 。これはセンサを読み取る最小サンプル数を意味するためです。

米国の50チャンネルすべてを使用する場合は、増加する有効分解能は $50 = 4N$ で表され、 $N = 2.8$ という値が得られます。Chameleonエンジンの32とおりの状態すべてを1個のセンサで使用する場合、最大有効分解能は $5 + 2.8 = 7.8$ ビットです。これより少ない状態を使用する場合は有効分解能も減少します。例えば、1個のセンサが8個のコードのみを使用する場合、最大有効分解能は $3 + 2.8 = 5.8$ ビットになります。EU帯域に含まれる10チャンネルを使用する場合、最大分解能は $10 = 4N$ で、 $N = 1.7$ が得られることから、合計最大分解能は6.7ビットです。

## アプリケーション

Chameleonエンジンを使用してセンサ・コードを読み取り、完全パッシブ・センサを実装するアプリケーション分野は事実上無制限です。静電容量、インダクタンス、抵抗、またはアンテナの負荷に影響を及ぼすあらゆる物理的効果を調べて、センサを製作することができます。複数の周波数でサンプリングを実行するので、分解能は最大7.8ビットになります。

水蒸気が充満している場所などに関連する用途として、水蒸気検出、濡れた資材在庫検出、水気があると製品の廃棄や劣化が生じる状況、カビや腐食に敏感な用途での湿気検出、近づきにくい場所での水漏れの検出を挙げることができます。

固体フィルムは各種気体に反応して抵抗値が変化するので、CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、H<sub>2</sub>S、O<sub>2</sub>、Cl<sub>2</sub>など、産業用途で重要な気体に反応するセンサ・タグを構築することができます。楕形コンデンサに付着させた薄膜は、回路のQに十分な変化をもたらすことができ、センサ・コードを通じて読み取り可能なワイヤレス・パッシブ・センサを製作するのに役立ちます。

マイクロン単位の分解能での近接性も、金属表面付近での渦電流によって形成されるインダクタンスの変化を通じて検出できます。この特性を使用して動きを検出するか、圧力センサを構築できます。

アンテナ自体の物理的な歪み自体も、アンテナの共振周波数に変化をもたらす、Chameleonエンジンはセンサ・コードを調整してこの変化に対応します。

Magnus is a registered trademark of RfMicron, Inc. Chameleon is a trademark of RfMicron, Inc. EPC is a trademark of EPCglobal, Inc.

ON Semiconductor及びONのロゴはSemiconductor Components Industries, LLC (SCILLC) 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における登録商標です。SCILLCは特許、商標、著作権、トレードシークレット(営業秘密)と他の知的所有権に対する権利を保有します。SCILLCの製品/特許の適用対象リストについては、以下のリンクからご覧いただけます。[www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Marking.pdf)。SCILLCは通告なしで、本書記載の製品の変更を行うことがあります。SCILLCは、いかなる特定の目的での製品の適合性について保証しておらず、また、お客様の製品において回路の応用や使用から生じた責任、特に、直接的、間接的、偶発的な損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。SCILLCデータシートや仕様書に示される可能性のある「標準的」パラメータは、アプリケーションによっては異なることもあり、実際の性能も時間の経過により変化する可能性があります。「標準的」パラメータを含むすべての動作パラメータは、ご使用になるアプリケーションに応じて、お客様の専門技術者において十分検証されるようお願い致します。SCILLCは、その特許権やその他の権利の下、いかなるライセンスも許諾しません。SCILLC製品は、人体への外科的移植を目的とするシステムへの使用、生命維持を目的としたアプリケーション、また、SCILLC製品の不具合による死傷等の事故が起こり得るようなアプリケーションなどへの使用を意図した設計はされておらず、また、これらを使用対象としておりません。お客様が、このような意図されたものではない、許可されていないアプリケーション用にSCILLC製品を購入または使用した場合、たとえ、SCILLCがその部品の設計または製造に関して過失があったと主張されたとしても、そのような意図せぬ使用、また未許可の使用に関連した死傷等から、直接、又は間接的に生じるすべてのクレーム、費用、損害、経費、および弁護士料などを、お客様の責任において補償をお願いいたします。また、SCILLCとその役員、従業員、子会社、関連会社、代理店に対して、いかなる損害も与えないものとします。SCILLCは雇用機会均等/差別撤廃雇用主です。この資料は適用されるあらゆる著作権法の対象となっており、いかなる方法によっても再販することはできません。

## PUBLICATION ORDERING INFORMATION

### LITERATURE FULFILLMENT:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor  
19521 E. 32nd Pkwy, Aurora, Colorado 80011 USA  
**Phone:** 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada  
**Fax:** 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada  
**Email:** [orderlit@onsemi.com](mailto:orderlit@onsemi.com)

**N. American Technical Support:** 800-282-9855 Toll Free  
USA/Canada  
**Europe, Middle East and Africa Technical Support:**  
Phone: 421 33 790 2910  
**Japan Customer Focus Center**  
Phone: 81-3-5817-1050

**ON Semiconductor Website:** [www.onsemi.com](http://www.onsemi.com)

**Order Literature:** <http://www.onsemi.com/orderlit>

For additional information, please contact your local Sales Representative