

## スマート・パッシブ・センサによる測定



ON Semiconductor®

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

### APPLICATION NOTE

#### はじめに

Magnus®-S ICを実装したオン・セミコンダクターのスマート・パッシブ・センサ・タグは、センサ・タグの環境に関する情報を伝えるセンサ・コードを生成します。センサ測定の精度を高めるには、ユーザはリーダの送信周波数やセンサ・タグで受信する電力量に関する効果について理解し、考慮することが必要です。本書では、これらの効果について説明し、また対処するための戦略について記述します。

#### 周波数による効果

ISO 18000-6Cの通信を管轄する法的規制は、リーダが無期限に単一周波数で送信を行うことを禁止しています。規定最大期間が経過する前に、リーダの電源をオフにするか、より一般的には事前に定義された周波数セットの範囲内で別の周波数に切り替える必要があります。規定最小時間が経過した後、リーダは最初の周波数で再度送信することができます。周波数ホッピング時には、リーダは不連続の複

数のチャンネル間をランダムに見える順序で移動します。Magnus-S ICはアンテナ・インピーダンスの変化を検出します。このような変化は、湿気や何らかの金属への近接など、センサ・タグの設計時に想定された要因によって生じる可能性があります。ただし、インピーダンスは周波数にも依存します。これはデータが繰り返し読み取られたとき、リーダは送信周波数を変更するので、Magnus-Sが異なるセンサ・コードを報告する可能性があることを意味します。

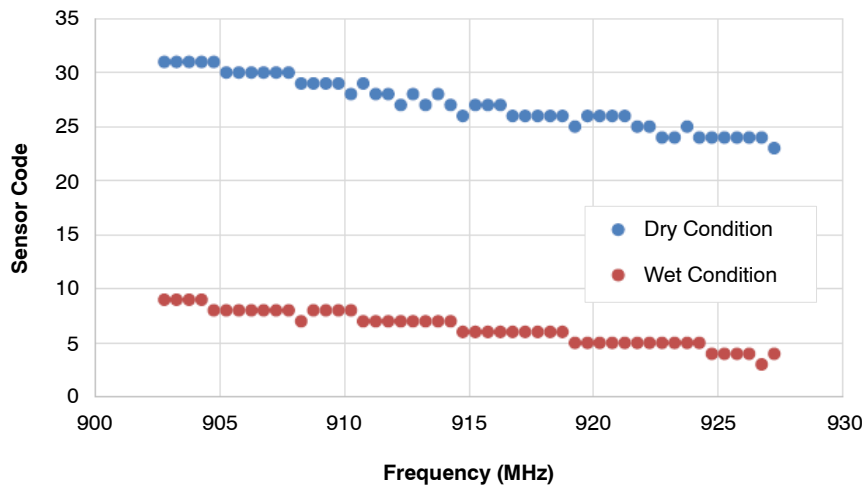


Figure 1. Sample Sensor Code Results for a Moisture Sensor in Dry and Wet Conditions

通常、センサ・コードは周波数に対してほぼ直線的に変化し、センシングの刺激が変化したときに、それに応じて直線が上または下にずれます。例えば、Figure 1は湿気を検知するよう設計されたスマート・パッシブ・センサ・タグを対象にして周波数と測定されたセンサ・コードをプロットしたものです。

センサ・コードが飽和し、コード端点の0または31のどちらかに張り付く可能性があります。センサの

ダイナミック・レンジ内の値のみ測定に使用されるように、端点の読み取り値を無視するのが得策です。センサ・コード対周波数のプロットで大きな傾きを示すセンサ・タグの場合、飽和が発生していると考えられます(Figure 2)。金属上に配置するよう設計されたセンサ・タグには、しばしばこの傾向があります。

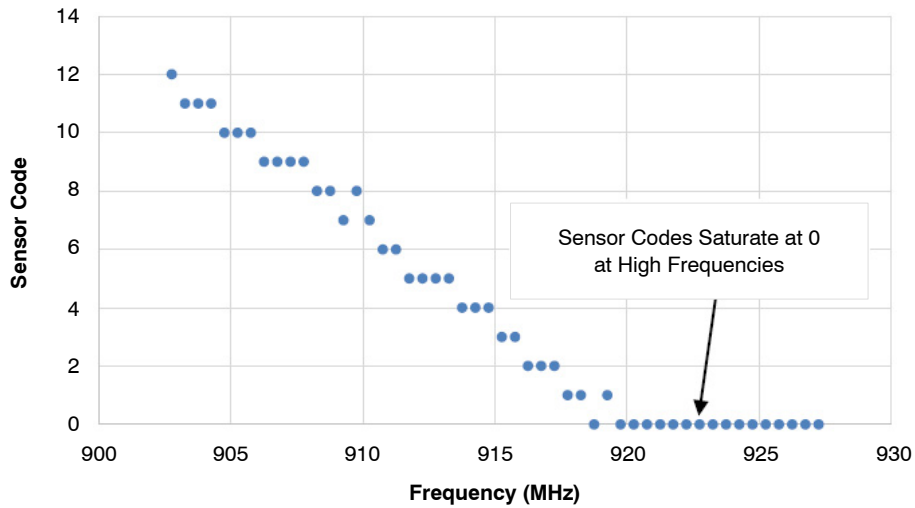


Figure 2. Example Sensor Code Results Showing Saturation at High Frequencies

一連の測定の要約

周波数に対してセンサ・コードをプロットすると、センサ条件の変化を目で簡単に認識できます。ただし、多くの場合は、データを1つの数値に集約して周波数依存性を排除し、全面的にセンサ環境に的を絞るほうが望ましいと言えます。異なる周波数

を使用して得られた結果を組み合わせても、ランダム・ノイズを平均化して、精度を高めることができます。Table 1に、周波数依存性に対処するため、また一連の読取値を1つの数値に集約するために可能な3つのアプローチを示します。

Table 1. TECHNIQUES FOR DEALING WITH FREQUENCY DEPENDANCE

Technique	Pros	Cons
Use Sensor Code value from one frequency only	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplest to implement</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regulatory requirements prevent continuous transmission at a single frequency; compliance will limit the sample rate</li> <li>Lack of averaging reduces precision</li> </ul>
Use the average Sensor Code value over the entire frequency band	<ul style="list-style-type: none"> <li>Simplest to implement</li> <li>Averaging over frequency improves precision and reduces numerical noise</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Must collect enough data to ensure that the frequency range is adequately and evenly sampled to avoid biasing the results</li> </ul>
Use regression analysis to fit the Sensor Codes to a line, then take the value of the line at some fixed frequency. (See Appendix for details)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Regression process improves precision and reduces numerical noise</li> <li>Can achieve good results even when sampling only a fraction of the frequencies in the band</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>More complex to implement</li> </ul>

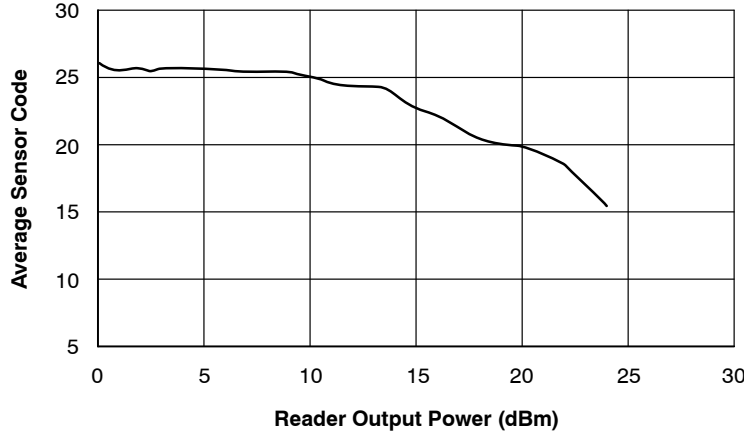
規制方式が異なると、規制に含まれる周波数チャンネル数も大幅に異なります。例えば、北米には50個の周波数チャンネルがあり、それぞれは500 kHz離れており、全体は902~928 MHzの範囲内にあります。欧州ETSI EN 302 208仕様の下では、865~868 MHz

の範囲内にわずか4個のチャンネルが存在するだけです。そのため、実際の結果を生成する前に、すべてのチャンネルでセンサ・コードを読み取るために要する時間と得られる精度は、規制要件に大きく依存します。

**受信電力量による効果**

Magnus-S ICが受信する電力量が少ない場合、そのICが生成するセンサ・コードはほとんど正確な電力レベルを示していません。受信した電力が特定のスレッシュホールドを超えて増加すると、センサ・コードは受信電力と逆相関の関係を示す傾向があります。

電力レベルが大きいほどセンサ・コードの値は小さくなります。Figure 3に電力と周波数で平均化したセンサ・コード値の関係を表したサンプル・プロットを示します。センサ・タグが受信する電力は、リーダーの出力電力だけでなく、距離やアンテナ・ゲインなど多くの要因に依存することに注意してください。



**Figure 3. Sample Sensor Code vs. Reader Output Power Plot for a Magnus-S2 IC**

ゲインが小さいアンテナを使用する用途では、センサ・タグとリーダー間の最小間隔が大きい場合や高いセンサ精度が必要ない場合は、この効果は問題にならないことがあります。ただし、状況によっては、センサ・タグがセンサ・コードに大きな影響を与えるほど大きい電力を受信しないようにすることが望まれます。On-Die RSSI Codeを使用すると、これを容易に達成できます。

On-Die RSSI Codeは、Magnus-Sから読み取ることができる5ビット値(0~31)で、受信中の電力量の表示を与えます。大きさは大きい電力に対応しています。On-Die RSSI Codeが、Table 2に示す推奨上位スレッシュホールドを上回っている場合は、センサ・コー

ドに影響を与えないように、リーダーの電力を小さくする必要があります。

また、Magnus-Sに供給する電力量が極端に小さくならないようにすることが望まれます。その主な理由は、特定の周波数では読み取れるが他の周波数では読み取れない可能性が高くなることです。これは周波数での電力放射が様でないリーダーやアンテナで起こる傾向が強くなっています。状況によって、電力が非常に小さい場合はセンサ・コードの値も小さくなりますが、最大で約1コード値にすぎません。On-Die RSSI CodeがTable 2に示す推奨下位スレッシュホールドを下回っている場合は、可能ならばリーダーの電力を大きくする必要があります。

**Table 2. RECOMMENDED RANGES FOR MEASURED ON-DIE RSSI CODE**

Recommended On-Die RSSI Values	Magnus-S2	Magnus-S3
Upper Threshold (to avoid affecting Sensor Code)	21	TBD
Lower Threshold, if Achievable (to reduce the chance of missed reads)	16	TBD

用途によっては、センサ・タグが受信する電力をほぼ一定レベルに維持することが可能です(センサ・タグとリーダーの配置を固定し、送信経路内の干渉を制御することにより)。これらの状況では、リーダーの電力をTable 2に示すコードを生成できるレベルにリセットし、電力を一定に保持できます。ただし、多くの場合、リーダーは望ましい電力レベルを自動的に探索するよう、また受信する電力に影響を及ぼす環境の変化に対応するために周期的に自己調整を行うようプログラムすることになります。

上述したように、On-Die RSSI Codesが大きいほど受信電力が大きく、最大コード値は31です。ただ

し、Magnus-Sが非常に大きい電力量を受信している場合は、電力検出回路がそれに対応し、On-Die RSSI値は予測不能です。この現象が発生するのは、リーダーが規定で許容されている上限近くのEIRPを送信しており、センサ・タグがリーダーから数フィート以内の距離にある場合のみです。しかしこの理由により、望ましい電力レベルを探索するときは、リーダーは最大電力で探索を開始する代わりに、少ない電力で探索を開始し、必要に応じて電力を大きくする必要があります。

## 付録

## 線形回帰分析による確認

線形回帰分析は、異なる周波数で得られた一連のセンサ・コード読取値を要約するための直接的な方法です。線形回帰により、測定データに最も適合する直線の傾きとy切片を見つけるため、平均値より複雑な他の指標を計算する必要はありません。

N個の一連の読取値を検討しましょう。次式で、 $f_i$  はi番目の測定周波数、 $s_i$  はi番目のセンサ・コード値を表します。単純に、次のように一連の平均値を計算します。

$$\bar{f} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i \quad \bar{s} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N s_i$$

$$\overline{fs} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i s_i \quad \overline{f^2} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_i^2$$

データ・ポイントに適合する直線は次式で与えられます。

$$s = mf + b$$

$$m = \frac{\overline{fs} - (\bar{f})(\bar{s})}{\overline{f^2} - (\bar{f})^2} \quad b = \bar{s} - m\bar{f}$$

式の傾き(m)とy切片(b)が計算されます。適合した直線が、固定周波数(バンドの中心など)で示す値を、全体の測定に関する代表値として使用できます。

Magnus is a registered trademark of RFMicron.

ON Semiconductor及びON SemiconductorのロゴはON Semiconductorという商号を使うSemiconductor Components Industries, LLC 若しくはその子会社の米国及び/または他の国における商標です。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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-Markings.pdf](http://www.onsemi.com/site/pdf/Patent-Markings.pdf)。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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、偶発的な損害など一切の損害に対して、いかなる責任も負うことはできません。お客様は、ON Semiconductorによって提供されたサポートやアプリケーション情報の如何にかかわらず、すべての法令、規制、安全性の要求あるいは標準の遵守を含む、ON Semiconductor製品を使用したお客様の製品とアプリケーションについて一切の責任を負うものとします。ON Semiconductor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。ON Semiconductor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。ON Semiconductor製品は、生命維持装置や、いかなるFDA(米国食品医薬品局)クラス3の医療機器、FDAが管轄しない地域において同一もしくは類似のものと分類される医療機器、あるいは、人体への移植を対象とした機器における重要部品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ON Semiconductor製品を購入または使用した場合、たとえ、ON Semiconductor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、ON Semiconductor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。ON Semiconductor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

**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