

アプリケーションノート

超高感度磁界センサ:IoT モジュール

■概略

超高感度磁界センサは、機器が発生する磁界を高感度に検出するセンサです。本 IoT モジュールは、USB 電源をつなぐだけで簡単に機器の磁界を検出するユニットです。図 1 に IoT ユニットの外觀写真を示します。ユニットは、センサ、ユニットボックス(FPGA ボード搭載)、電源、からなります。センサ出力は、アナログ出力として BNC または MSA の同軸ケーブルで出ています。

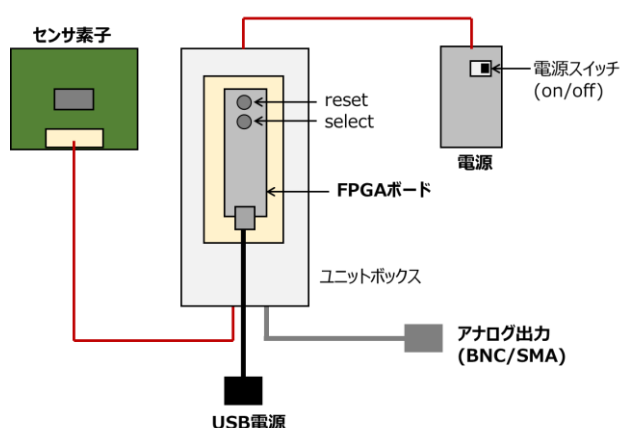
IoTユニット外觀



■各ユニットと配線

右図に、各ユニットとそれらの配線の模式図を示します。ユニットボックス上には FPGA ボードが搭載されています。FPGA ボードへの電源はマイクロ USB 端子での供給となっています。ユニットボックスの電源は乾電池ボックス(9V)が付属しています。乾電池ボックスには on/off スイッチがあります。センサ素子は 8 芯のケーブルでユニットボックスとつながっています。センサ出力は BNC または MSA の同軸ケーブルで出ています。磁界強度に比例した、最大±1.2V の電圧が出力されます。検出する磁界信号に応じて、適宜オシロスコープなどの測定器におつなぎください。

各ユニットと配線の模式図



■仕様

【電源】

電源の仕様は右図に示すようになっています。素子電源は乾電池ボックス内の 9V 乾電池から供給されます。FPGA ボードには、通常の 5V の USB 電源をお使いください。ボード側はマイクロ USB 端子となっています。

【アナログ出力】

アナログ出力の仕様は右図のようになっています。

項目	電源仕様
素子電源	9V(乾電池)
FPGAボード	USB電源(5V)

項目	アナログ出力仕様
ケーブル	同軸BNC/SMA
出力範囲	<±1.2V
LPF	1 kHz
HPF	6 Hz

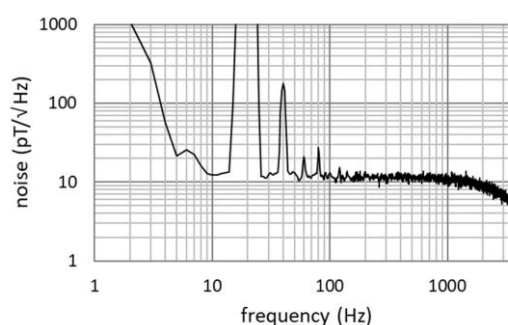
す。BNC または MSA の同軸ケーブルとなっています。磁界強度に比例した、最大±1.2V の電圧が出力されます。信号には LPF と HPF がかけられています。カットオフ周波数は、それぞれ、LPF が 1kHz、HPF が 6 Hz となっています。HPF のカットオフ周波数が 6 Hz となっているため、スイッチ切り替え等の後で信号が安定するまで数秒かかります。

【センサ】

センサ仕様は右図のようになっています。センサのノイズレベルは $10\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @1 kHz です。ただしこの数値は十分に磁気シールドされた場所での測定値です。一般の環境では、 $5\ \mu\text{T}$ 程度の地磁気、および、5-10nT の電源周波数(50/60 Hz)のスイッチングノイズ磁界が存在します。このため、特段の処置を施さない場合、これらのレベル以下の磁界は測定できませんので、ご注意ください。

磁気シールドボックス内で測定した、典型的なノイズスペクトルを右に示します。20Hz に大きく見えるピークは、縦軸校正のための測定磁界の信号です。

項目	センサ仕様
ノイズレベル	$10\text{pT}/\sqrt{\text{Hz}}$ @1 kHz*
最大印加磁界	20 μT
直線性	<1% ($\pm 10\ \mu\text{T}$)
	*シールドルーム内



このセンサは、最大磁界 20 μT で飽和します。飽和しても、測定レンジの磁界に戻れば数秒程度で通常の測定が可能な状態となります。ただし、強力磁石などからの大きな磁界が印加された場合には、動作の保証はできなくなりますのでご注意ください。

磁界センサ感度の直線性は、 $0\pm 10\ \mu\text{T}$ の範囲内で、1%以下です。地磁気等の DC 磁界の影響で、測定原点磁界がずれている場合にはこの限りではありませんので、ご注意ください。

■FPGA ボード

FPGA ボードは、Artix Cmod A7-35T に ADC/DAC ユニット Pmod I2S2 を接続したものです。外観を右図に示します。この FPGA は、センサ素子への AC 変調電圧の供給、センサ出力の増幅、センサ信号の復調、フィルター処理、を行います。FPGA ボードの USB 電源端子横に LED インジケータがあり、電源供給時に点灯します。

Pmod モジュールの端子の横には、プッシュボタンが二個設けてあります。端子側が reset ボタンで、FPGA の動作を電源投入時の状態に戻します。その隣にあるのは select ボタンです。このボタンを押す毎に、デジタルアンプの倍率、信号種類(符号付絶対値、I 信号(in-phase)、Q 信号(out-of-phase)、符号なし絶対値)が連動して変わっていきます。各セレクト状態に応じて、ボタン横の LED インジケータの色と点灯状況が変化します。プッシュボタンを押す回数と、それに伴って変化する倍率と信号種類の一覧表を右下図に示します。

電源投入時、または reset ボタン投入時には「16」の状態になります。ボタンを押す毎に表の数字

がカウントアップされます。すなわち、倍率、符号付絶対値→I 信号→Q 信号→符号なし絶対値の順に変わっていきます。倍率は 4 回押す毎に変わっていきます。最後の「39」の次は「0」になります。

電源投入/reset ボタン投入時の「16」の状態は、標準的な IoT 測定で感度を最大に生かす設定になっていますので、基本的にはこの select ボタンを押す必要はありません。感度や信号を変化させたい時などにお使いください。動作が不安定になった場合には、電源を再投入するか、reset ボタンを押してください。

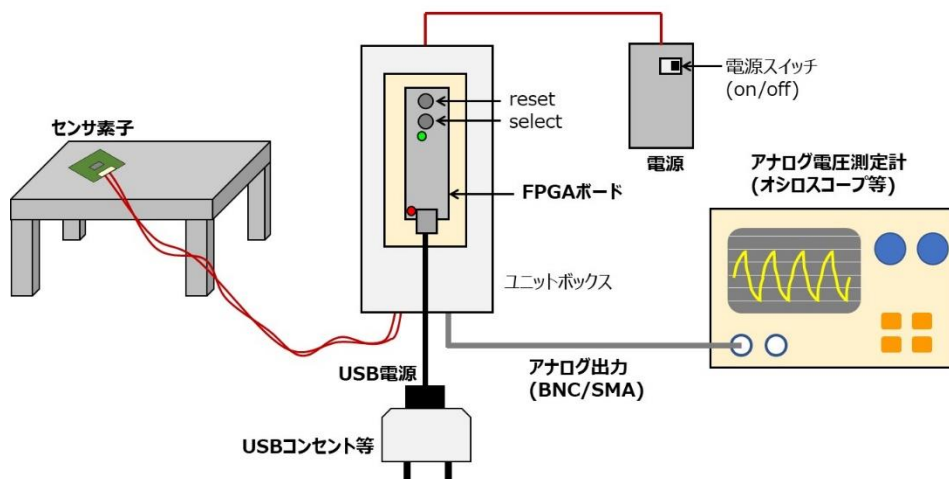
■クラウドへの接続

上述のように、本 IoT モジュールはアナログ信号を出力する仕様になっておりますので、アナログ入力端子を備えてあるものであれば、クラウド接続のための種々のプラットフォームがご利用になれます。

たとえば、Wifi ルーターを用いて MSM-PF の端末をサーバーとみなしてクラウドに接続する場合には、MSM-PF のアナログ入力端子に本 IoT モジュールのアナログ出力を接続してください。必要に応じて BNC-SMA 変換コネクタなどを用いてください。これ以降は、MSM-PF のユーティリティを活用して、クラウド上のデータサーバにデータを保管したり、クラウド上で信号波形を表示させたりすることができます。MSM-PF の使用方法、およびそれを用いてクラウド上で画像表示させる方法につきましては、MSM-PF のマニュアルあるいは、エッジプラットフォームコンソーシアムの web ページをご参照ください。

◇測定例:スイッチング電源の磁界ノイズ測定◇

スイッチング電源磁界ノイズ測定



上図に示すようにセンサとユニットを配置します。センサはケーブル接続コネクタ側を手前に見て、左右方向が磁界検出方向になります。

測定手順は以下のようになります。

[1]センサとユニットを配置する

センサの磁界検出方向に注意しながら、適切な位置にセンサを設置します。センサは動かないようにテープなどで固定することをお勧めします。センサが振動すると、振動の周波数で地磁気変動することに相当し、その信号が検出されてしまいます。

[2]センサ出力表示系を接続する

IoT ユニットからの BNC/SMA コネクタを、オシロスコープなどのアナログ電圧計測器に接続します。計測器の電源を入れます。

[3]電源を入れる

USB 電源ケーブルを FPGA のマイクロ USB 端子に接続します。FPGA が動作状態になり、USB コネクタ横の LED ランプが点灯します。

[4]センサ電源を入れる

電池ケースのスイッチを ON にします。この状態で、センサ出力がアナログ電圧計測器に表示されるはずですが。

[5]FPGA のスイッチを押して、センサの動作条件を設定する

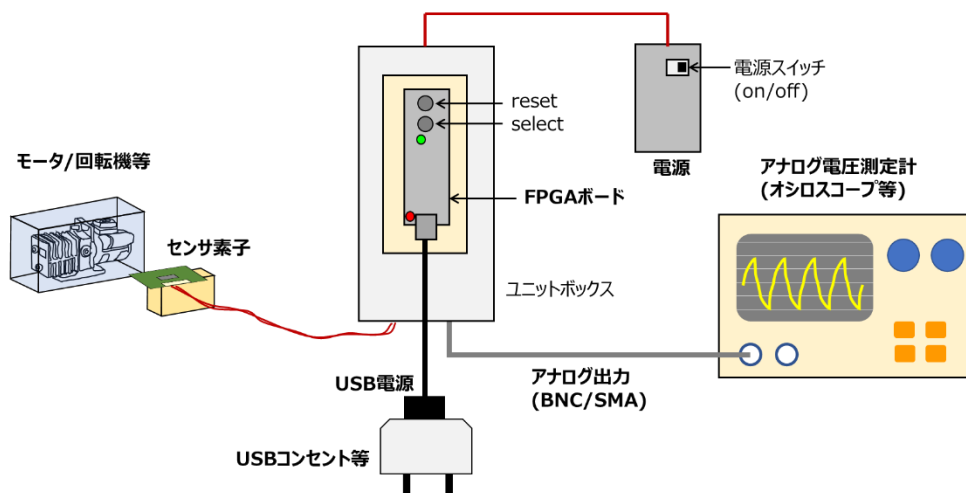
FPGA の reset ボタンを押します。これにより、初期状態に戻します。この状態で、「倍率 100 倍、符号付絶対値」の磁界信号が得られます。

[6]磁界信号波形を観察する

アナログ電圧測定器上では、50/60Hz の電源周波数に対応した波形が観測されます。これは、その部屋にあるスイッチング電源から発生する磁界ノイズであると思われます。センサの向きを変えることで、このノイズの振幅も変わります。

◇測定例：モータ等の機器からの磁界信号測定◇

モータ等の機器からの磁界信号測定



上図に示すようにセンサとユニットを配置します。センサはケーブル接続コネクタ側を手前に見て、左右方向が磁界検出方向になります。

測定手順は以下ようになります。

[1]センサとユニットを配置する

センサの磁界検出方向に注意しながら、適切な位置にセンサを設置します。センサの振動が地磁気に対する振動信号となって検出されてしまいますので、センサは、回転機器などの振動するものからは離れた位置に取り付ける必要があります。図には、モータから少し離れた適切な位置に固定した例を示してあります。

このセンサは超高感度ですので、多少離れていても磁界信号を検出することができます。ただし、対象とする機器とは別の機器からも磁界が出ている場合には、それらの磁界信号を拾わないように注意する必要があります。周波数等で弁別できれば大きな問題とはなりません。

センサの感度軸方向に磁界が来るように設置すればよいですが、必ずしも機器に向かう方向とは限りません。機器からある程度離すと、周回するように磁界が発生しますので、機器に向かう方向以外の方向でも磁界信号を検出できます。センサの感度軸方向に地磁気があると、信号が大きくシフトして検出されたり、場合によっては飽和してしまうことがあります。このような状況を避けるためには、感度磁気を地磁気の方から避けるような場所にセンサを設置するとよいでしょう。

[2]センサ出力表示系を接続する

IoT ユニットからの BNC/SMA コネクタを、オシロスコープなどのアナログ電圧計測器に接続します。A/D コンバータを有する手持ちの IoT モジュールデバイスでも構いません。

[3]電源を入れる

USB 電源ケーブルを FPGA のマイクロ USB 端子に接続します。FPGA が動作状態になり、USB コネクタ横の LED ランプが点灯します。

[4]センサ電源を入れる

電池ケースのスイッチを ON にします。この状態で、センサ出力がアナログ電圧計測器に表示されるはずですが。

[5]FPGA のスイッチを押して、センサの動作条件を設定する

FPGA の reset ボタンを押します。これにより、初期状態に戻します。この状態で、「倍率 100 倍、符号付絶対値」の磁界信号が得られます。

[6]磁界信号波形を観察する

アナログ電圧測定器上では、対象となる機器からの磁界信号波形が観測されます。他の機器からのノイズ、電源周波数の磁界ノイズ等も観測されることが予想されます。回転周波数等が明らかな場合には、FFT などを使ってその周波数成分を観測することで、機器からの信号を観測することができます。場合によっては、2 次、3 次などの高調波成分を抽出して観測することで、他のノイズの影響を小さくできることがあります。

- お問い合わせ

操作方法などお困りの場合には下記よりお問い合わせください

一般社団法人エッジプラットフォームコンソーシアム

<https://www.epfc.jp/contact/>