

## 予想外のトラブルが、発生

後々、4chの データロガーを作るつもりで いたので 旧 ESP32でも良かったのですが、たまには違うシリーズを使ってみようと思って、小型の AIXO ESP32 C3 を使うつもりで いました。

AIXOのシリーズを 販売している会社の HP を 詳しい資料が無いかなと見ていましたのですが とんでもない事が 分かりました。 最初の疑惑として、AD入力が 4chあるのでちょうどいいと思っていたのですが、何とピンアサイン表の A3 に 斜線が 引いてあるのです。 多分、後で使えない事が 分かったのでしょうね。 A0、A1 、A2 は 使えるようです。 私が AIXO ESP32 C3を 秋月電子から購入したのは 5月頃で、3ヶ月ほど、前です。 その時の ピンアサイン表には、A3に 斜線は 入ってなかったです。

今、秋月電子のサイトを見たら AIXOの製品は 削除されていました。 あらら...

## 3ヶ月前の

AIXO ESP32 C3の ピンアサイン表 左半分

GPIO2	A0	D0
GPIO3	A1	D1
GPIO4	A2	D2
GPIO5	A3	D3
GPIO6	SDA	D4



## 現在の

AIXO ESP32 C3の ピンアサイン表 左半分

GPIO2	A0	D0
GPIO3	A1	D1
GPIO4	A2	D2
GPIO5	A3	D3
GPIO6	SDA	D4



実際に 信号を入れて 前回と同様の動作確認を してみます。

## ファンクションジェネレーターのノイズ

A/D入力等のテストを行う用途で、アナログの信号源が、必要になります。で、マイコンのA/D変換器に入力するアナログ信号は、100KHzを超える高速な信号はまず必要無いと思います。

通常売られているFG(ファンクションジェネレーター)は、いろんな用途に対応できるようレンジが0.1Hzから数MHz出力出来る物が多いです。出力周波数だけでなくS/Nも有る程度以上の性能を確保しています。

優れた性能のFGは高価で、なかなかアマチュアの手が届きません。

で、私は秋月電子で販売している低価格のファンクションジェネレーターのキットを使用しています。右上の画像の物です。いろいろ制約はありますが、一応使えます。



FG085という型番の製品です。機能的には、欲張っていろいろ付けてあります。今回の用途ではESP32のA/D入力電圧が0～3.3Vなのでほぼ中点の+1.6VのDCオフセットが付けられるのが、交流信号を入れる用途で都合よかったです。

操作面では押しボタンスイッチが、ややチャタリングが有り1と入れたい時に111とか一気に入る時があります。その場合はESCボタンで1文字ずつ削って1にします。

内部は Arduino UNOで 使用されるマイコン ATMEGA328で、ラダー抵抗を直接 ON、OFFしているので、**ややノイズが多いです。**

それと、早い周波数の信号を 出すと ソフトによる ジッターで、**タイミング的な揺らぎが、目立ってきます。**

まあ、このような制限がありますが、価格の割に 頑張っていると思います。

小型なのは 狹い所に置けるので 便利がいいです。

今回の実験は **A/D変換データの ノイズの低減**なので、テスト信号として FGの方で ある程度ノイズを付けて 信号を出しているので都合が いいです。

## A/Dコンバータのノイズ対策

前にも 話してますが、対策は 2つあります。

① マイコンの A/D入力端子前段に 何らかの素子、アナログ回路を置いてノイズフィルターを構築する事です。 右は 秋月電子で見つけた **EMI除去フィルター**です。

真ん中の足が グランドで両端の足が 入力と出力になります。 画像は 0.1uFの物で、信号 グランド間に 0.1uFのコンデンサが入ってます。 両側の足に フェライトビーズが付けられています。 耐圧 50Vです。 特徴として ノイズ対策効果が高く、電磁環境の悪いところにも安心して使用できます。 と書いてありました。 村田製作所の製品です。 このタイプの素子は 私も過去に 何度か使った事があります。

通常 外部から取り込んだ信号を 最初にこの素子に通します。



場合によっては、コモンモードフィルター（コモンモード チョーク）を使用する場合もあります。これは、どちらかというと電源回路によく使われます。これは行きと帰りの信号線にグランドに対して共通のノイズが乗る事を防ぐ物です。



あとは、A/Dコンバータ入力の前段によく使われるのは **OPAMP**を 使用した回路です。ノイズフィルターも構成出来ますが、小さいセンサ信号を増幅したり、逆に大きい信号を小さくしたり、直流レベルを、シフトしたり出来ます。特に**振動データを扱う場合は、信号が 土両側に振れる**ので レベルシフトが 必要になってきます。因みに OPAMPには 土2電源の物と、单電源の物の 2種類が あります。

±2電源の物は ±12V ~ ±15Vで 使われる事が 多いです。单電源の OPAMPは 電源電圧範囲内で フルスイング出来るものが 多いです。レールツウレールとも言います。

マイコンの電源で動かす場合は、このフルスイングの OPAMPが便利です。売られている物は 2個 OPAMPが、入っている 8pinDIPパッケージの物が 多いです。表面実装タイプもあります。私が持っている物3個を紹介します。

NJM2737 電源範囲: 1.8 ~ 6V

GAIN: 85dB

スリューレイト: 0.7V/us



NJM13404 電源範囲: 2 ~ 14V

GAIN: 100dB

スリューレイト: 1.2V/us

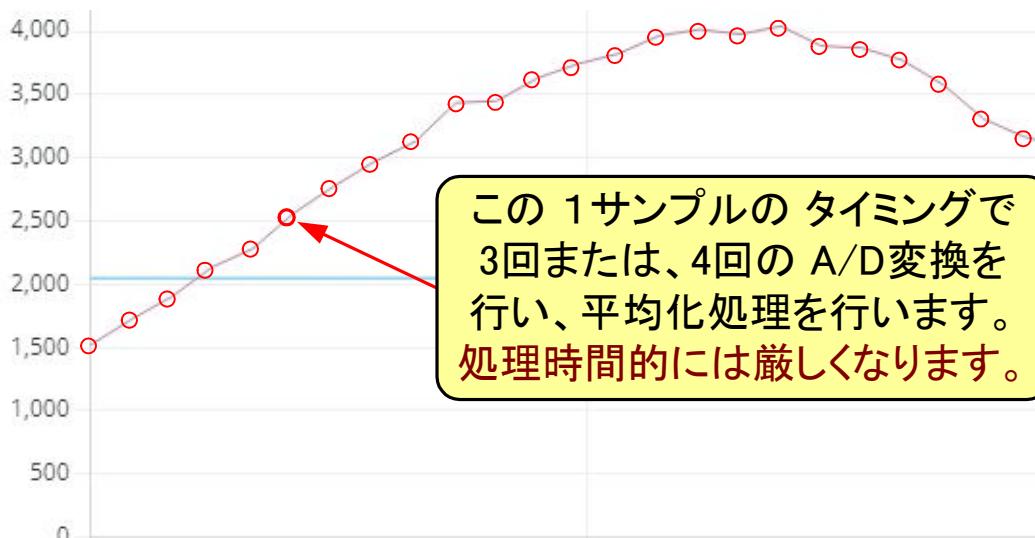
NJM7062 電源範囲: 3 ~ 16V

GAIN: 95dB

スリューレイト: 0.4V/us

② もう一つは、A/D変換後の **量子化データの平均化処理**を 行う事です。で、仮に 3個のデータで平均化するとして、その3個のデータはどうするかというと、サンプルを取り込むタイミングで、同じチャネルを 3回連続してA/D変換します。3回の量子化データを 合計して 3で割り 平均値を出します。それを1サンプルのデータとして扱います。

言葉での説明では 分かりにくいですよね。  
下のグラフは、前回のグラフを 画像コピーして



サンプリングされたポイントに 小さい赤丸を付けたものです。このグラフの場合 約 50Hzのサンプルレイトで、データを 取り込んでいます。

このグラフは 赤丸のところは、1回の A/D変換の値です。この1個の赤丸のタイミングで、連続 3回A/D変換して 3回の平均値を そのタイミングのサンプルとして採用しようという事です。ESP32の場合、1回のA/D変換が 2.2usぐらいなので、3回連続してA/D変換を行って 6.6usぐらいです。6.6usの時間幅であれば ノイズは 別として本来の正弦波は 殆ど電圧値は 動いて無いと思います。こうする事でスパイクノイズ等の 影響は小さくなって 真値に 近い電圧が 取り込めると 思います。出来れば 4回連続A/D変換して、先頭のサンプルを 捨てた方がいいと思います。キックバックの影響を、小さく出来ると 思います。

## ノイズ低減のプログラム

今回は 時間の関係もあり ②の ソフトによる後処理で、ノイズを低減する実験を 行います。  
ひとつには、ハードを作らずに ソフトだけで、どうにかならないか。?  
というリクエストが、あった事も あります。 単純にするため、1チャネルの例で 示します。

```
int get_one_sample( int chno ) // 1サンプル分のデータ取り込み
{
    int ad;

    analogRead( chno ); // キックバックノイズ対応の1回目 読み捨て

    ad = analogRead( chno ); // 1回目 取り込み
    ad += analogRead( chno ); // 2回目 取り込み
    ad += analogRead( chno ); // 3回目 取り込み
    ad = ad / 3; // 平均化

    return ad; // 関数値：平均化データ
}
```