

## 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たのですが とんでもない事が 分かりました。最初の思惑として、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 分かったのだでしょうね。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	<del>A3</del>	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。

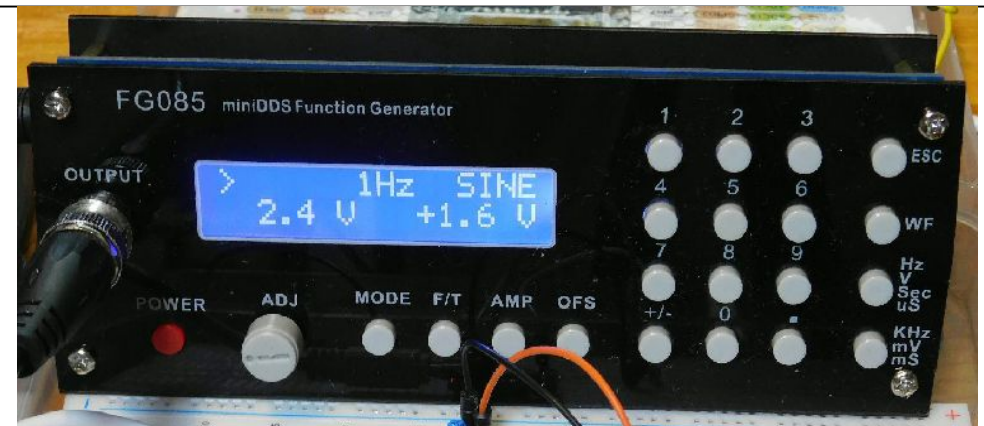
## ファンクションジェネレーターの ノイズ

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に 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、**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 狭い所に置けるので 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、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）を使用する場合があります。これは、どちらかという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 ±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  $\pm 2$ 電源の物と、単電源の物の 2種類が あります。

$\pm 2$ 電源の物は  $\pm 12V \sim \pm 15V$ で 使われる事が 多いです。単電源の 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:  $1.8 \sim 6V$   
GAIN: 85dB  
スリューレイト:  $0.7V/\mu s$

NJM13404 電源範囲:  $2 \sim 14V$   
GAIN: 100dB  
スリューレイト:  $1.2V/\mu s$

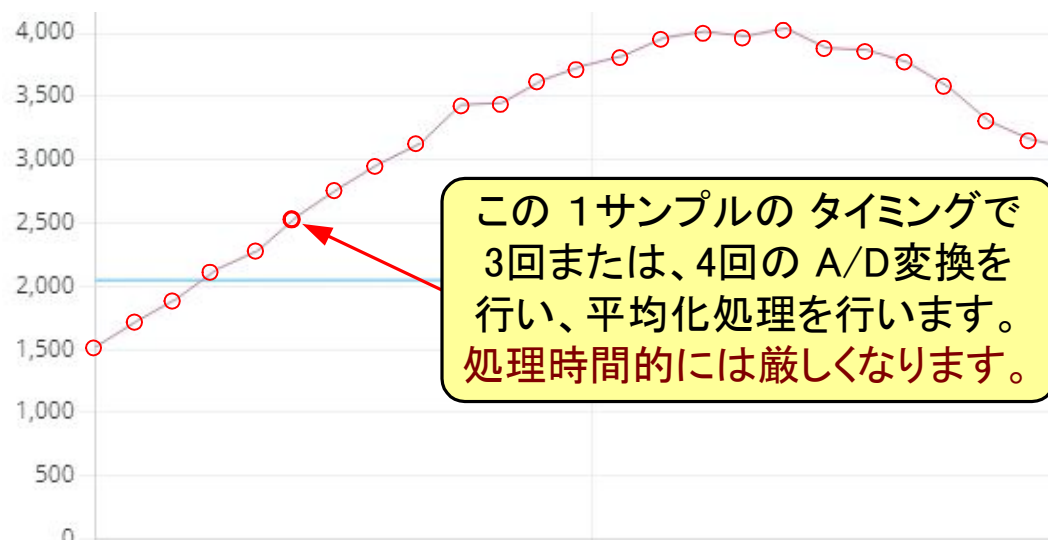
NJM7062 電源範囲:  $3 \sim 16V$   
GAIN: 95dB  
スリューレイト:  $0.4V/\mu s$





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個のデータはどうかというと、サンプルを取り込むタイミングで、同じチャンネルを 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チャンネルの例で 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
}
```