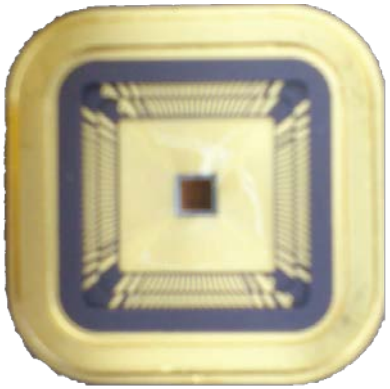
マイコンを用いたXRPIX制御



赤井隆一

京都大学理学部理学科

2013年度　卒業研究P6発表会

実験の目的

- FPGAを使用せず、マイコンでXRPIXに制御信号を入力しX線信号データを取得する。

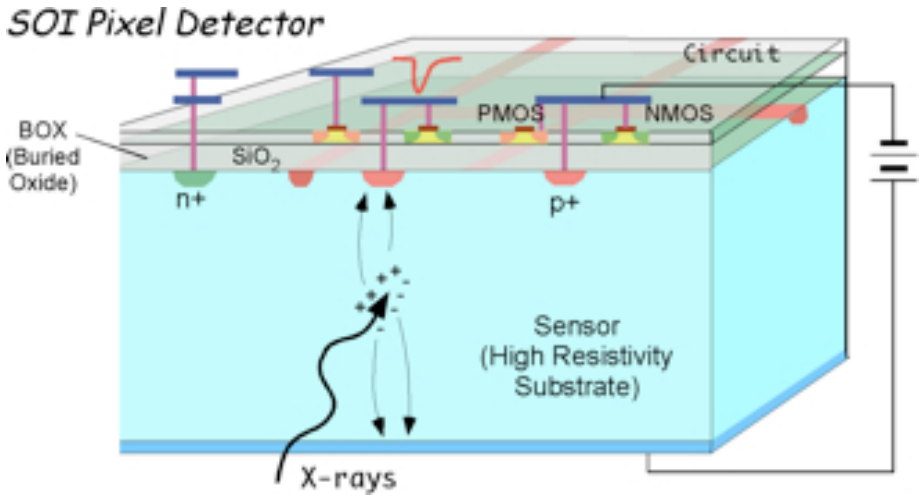
XRPIX

- 京大がKEK（高エネルギー加速器研究機構）と共同で設計開発したX線天文学用SOIPIX

- 各ピクセルにトリガー回路と読み出し回路を搭載したシリコンアクティブピクセルセンサー

- 反同時係数法を用いることにより、非X線バックグラウンド(NXB)の大幅な除去が可能

SOIPIXとは



- SOI(Silicon-On-Insulator)技術を利用し比抵抗の異なるSiレイヤーを一体化
- 上部のSiレイヤーをSOI-CMOS回路、下部のSiレイヤーをセンサーとして利用
- 従来型のCMOSセンサーに比べ、回路部が高速で省電力、放射線耐性に優れる。

今回用いた素子の仕様

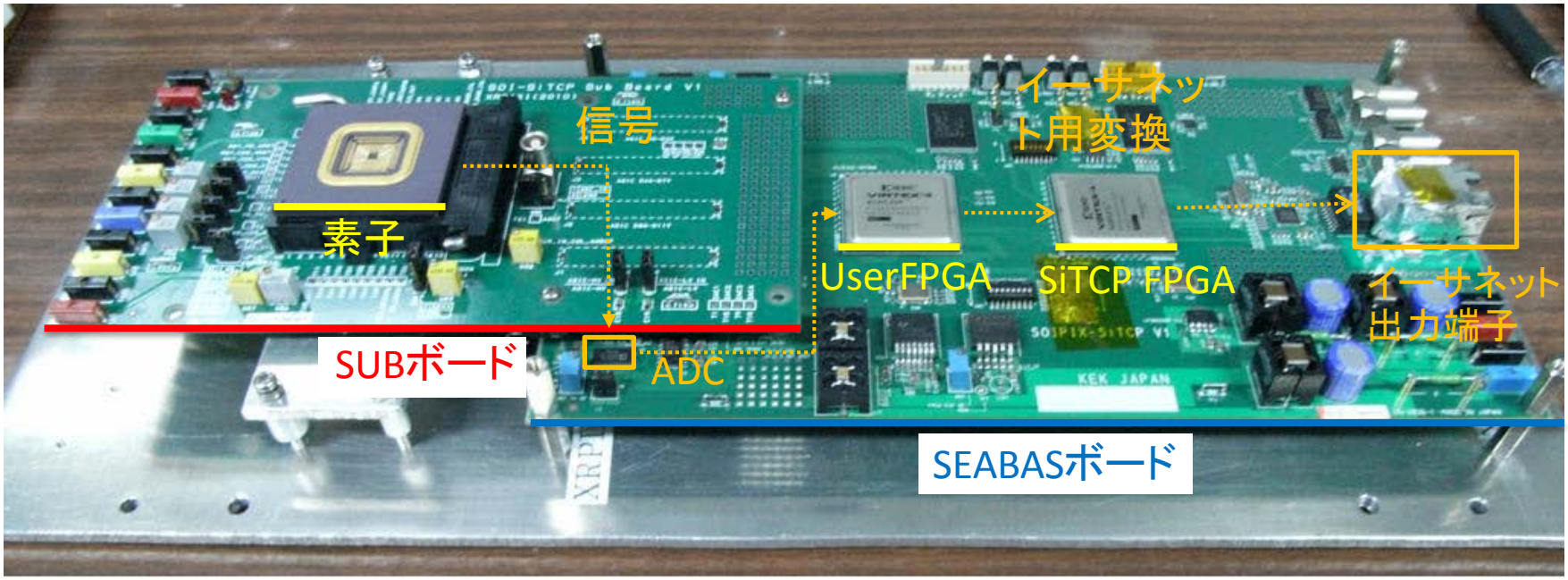
- 実験で用いた素子はXRPIX1b-CZ-100μm

XRPIX1b-CZ-100μm仕様

ピクセルサイズ	30 μm x 30 μm
フォーマット	32 x 32 pixel
センサー層厚	100 μm
センサー層の比抵抗	0.7 kΩ cm

信号の流れ

- 通常、XRPIX1bの制御にはFPGA(Field Programmable Gate Array)を用いる。



FPGA

・ユーザーがハードウェア記述言語を用いて設計を書き込む事で、構成を変更可能な集積回路。

・ハードウェア記述言語にはVHDL,Verilog HDL等がある。

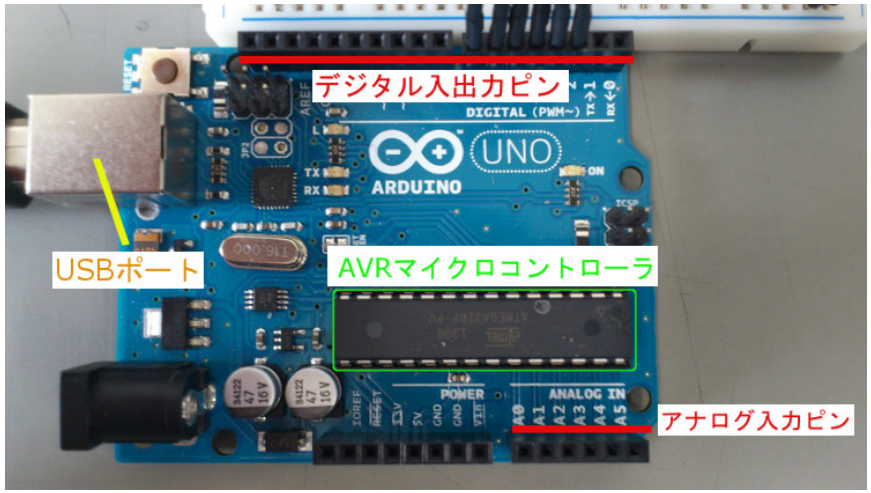
マイクロコントローラ（マイコン）

- コンピュータの動作に必要な主要部品を一つのチップに実装したもの。

- あらかじめプログラムを書き込んでおくことで、独立した電子機器の制御が可能。

- 今回の実験ではAtmel AVR マイクロコントローラを搭載したArduino UNOを使用

Arduino UNO 主な入出力端子

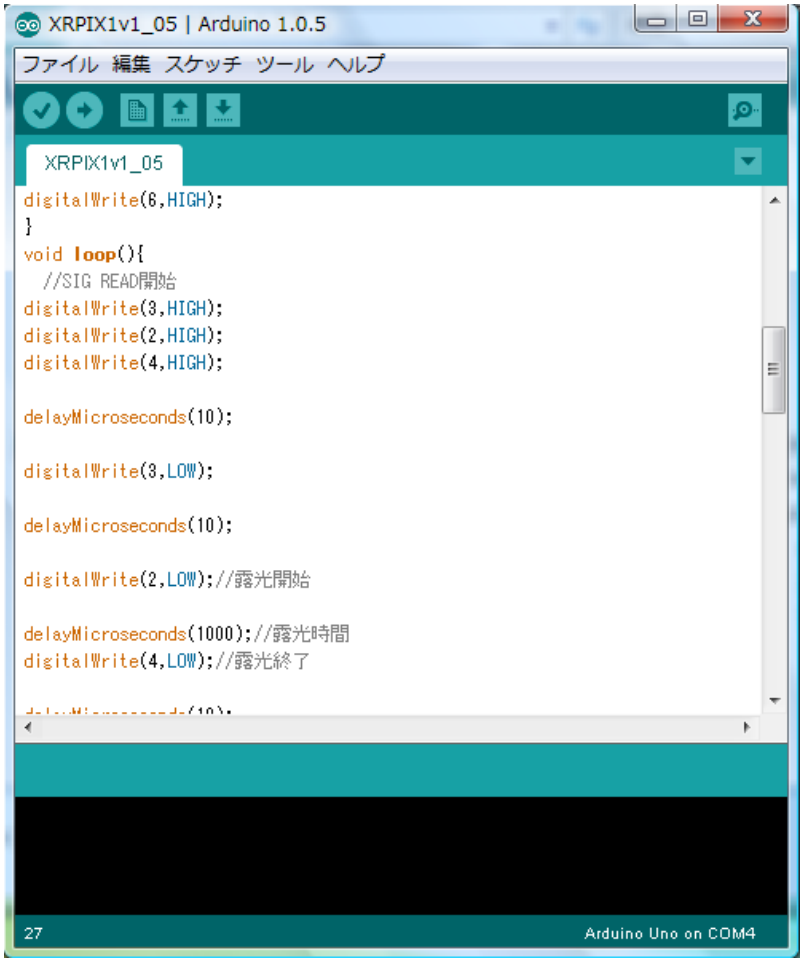


・14本のデジタル入出力ピン
…5V(HIGH),0V(LOW)を出力可能

・6本のアナログ入力ピン
…5Vまたは1.1Vを基準電圧として1024段階で電圧を測定可能
今回は1.1Vを基準として使用
（1単位1.1mv）

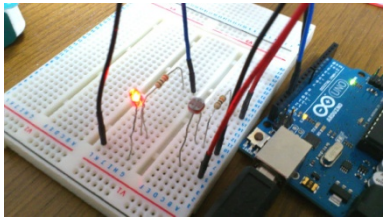
・USBポート
…PCとの通信、マイコンへのプログラム書き込みに使用

Arduino IDE(統合開発環境）



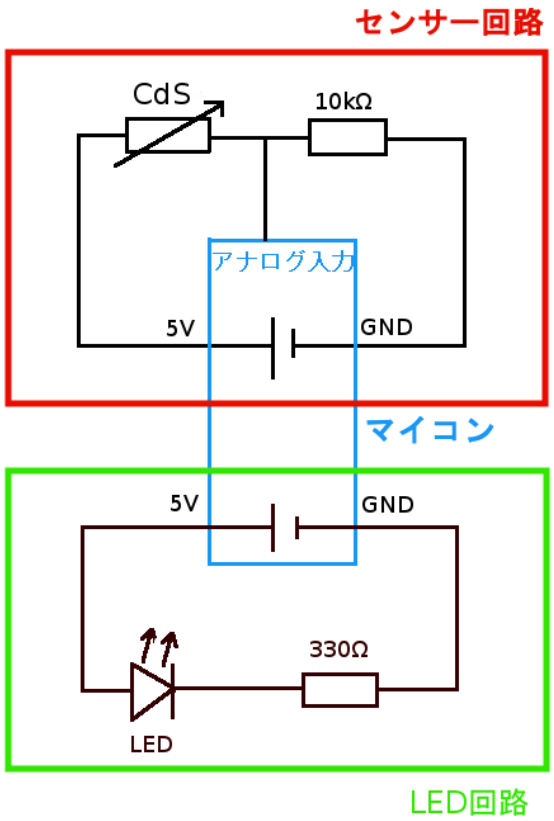
- C言語風の構文
- 作成したプログラムはgccによってコンパイルされhexファイルに変換後マイコンに書き込まれる

マイコン使用例



- 周囲の明るさに応じてon/offするLED

光を当てると抵抗の減少するCdSセルを光センサーとして利用

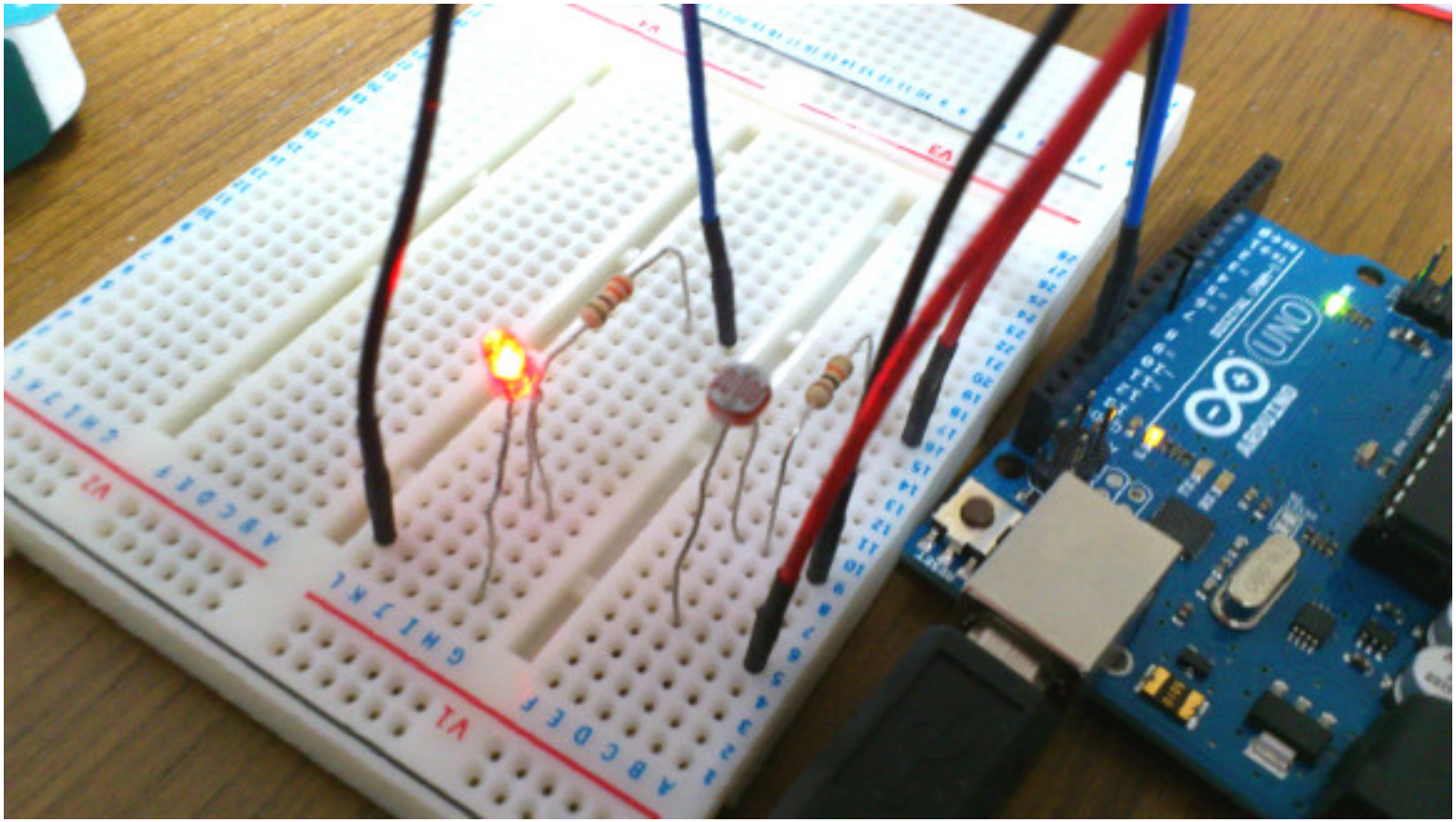


CdSセルの抵抗の変化によりマイコン
アナログ入力ピンにかかる電圧が変化

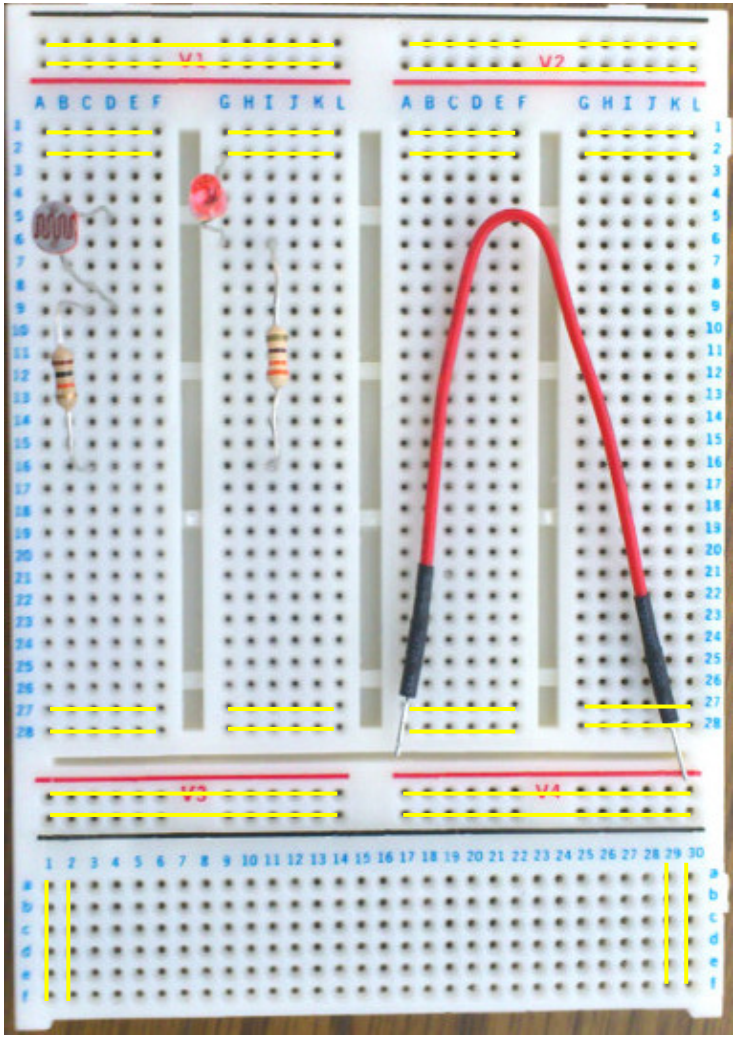
↓

入力電圧がしきい値以下になるとLED
回路に電圧を出力させる

実際の回路



ソルダーレス・ブレッドボード



- 抵抗等の部品とジャンプワイアを差し込む事で簡単に回路を構成、組み換えができる試作用基板

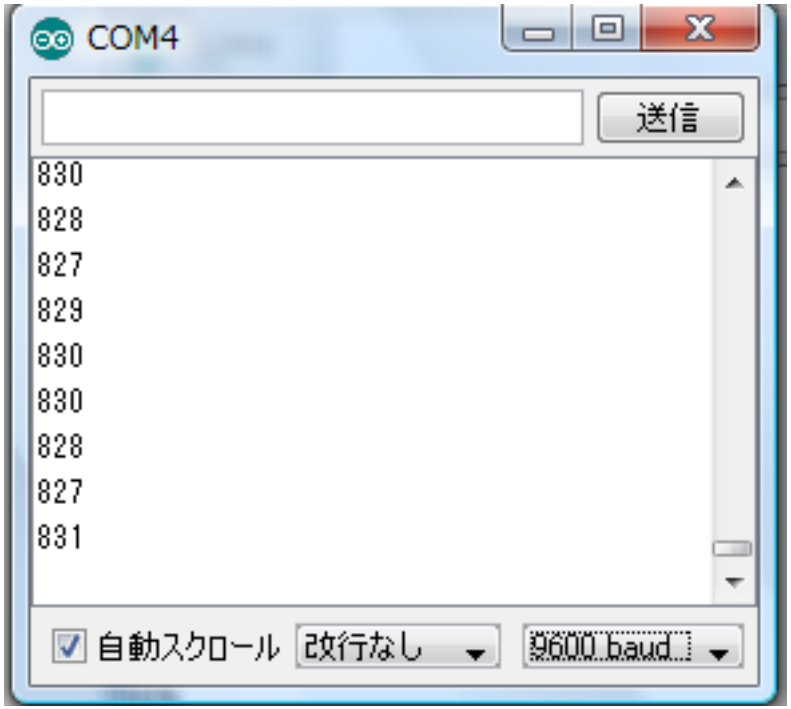
- 図中のライン方向の穴は内部で電気的に接続している

マイコンのプログラミング

```
int i;//0-1023

void setup(){
  pinMode(13,OUTPUT); //デジタル13番を出力に設定
  Serial.begin(9600);//9600bpsでポートを開く
}
void loop(){
  i = analogRead(0);//0-1023
  if(i<500){  //500がしきい値
    digitalWrite(13,HIGH);//LEDオン
    }else{
    digitalWrite(13,LOW);//LEDオフ
    }
  Serial.print(i,DEC);//シリアル通信で電圧値を送信
  Serial.print("¥n");
  delay(1000);
}
```

PC側の受信データ(電圧値)

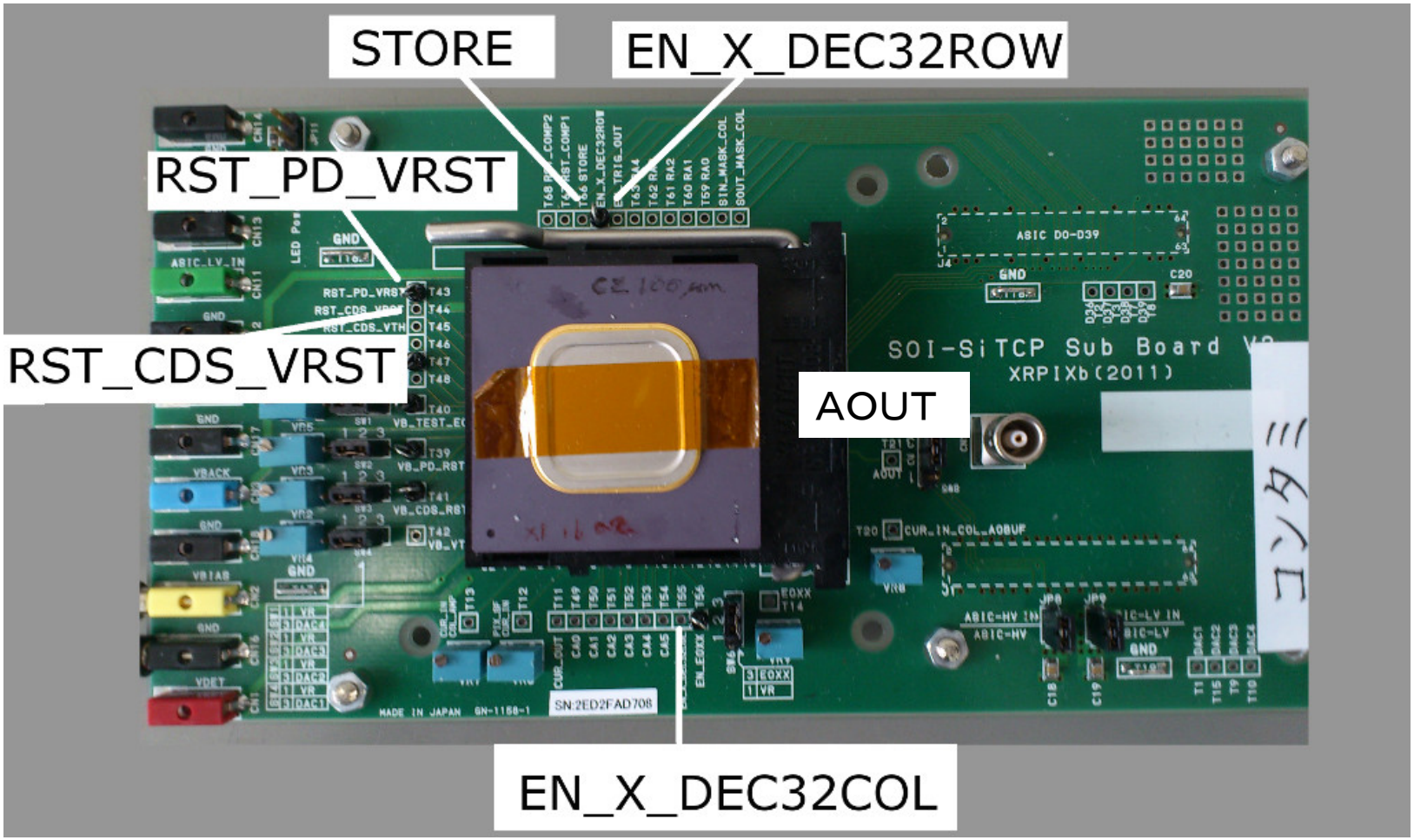


Arduino IDE付属のシリアルモニタ

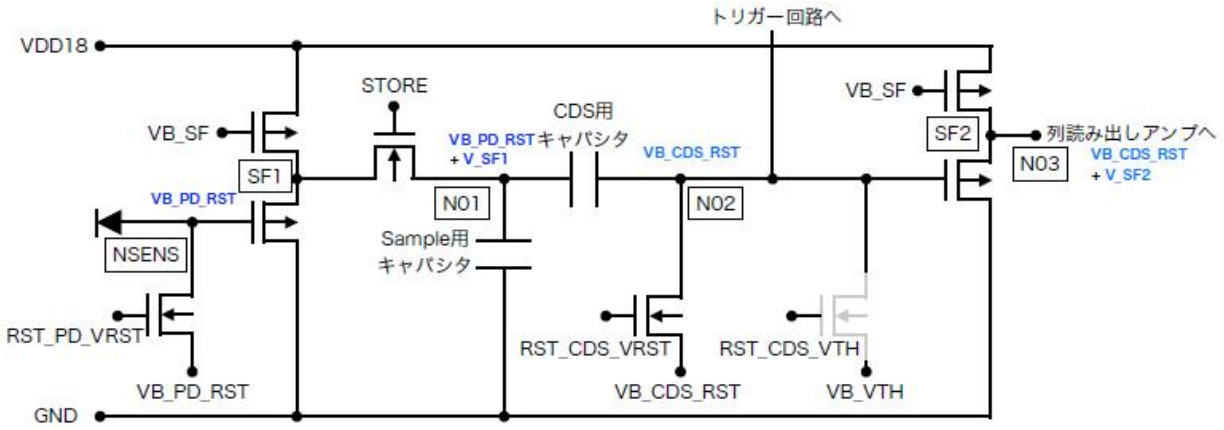
値を見てしきい値を設定すれば完成

XRPIX1bからの信号の読み出し

- 読み出しに使用する6つの信号の入出力場所

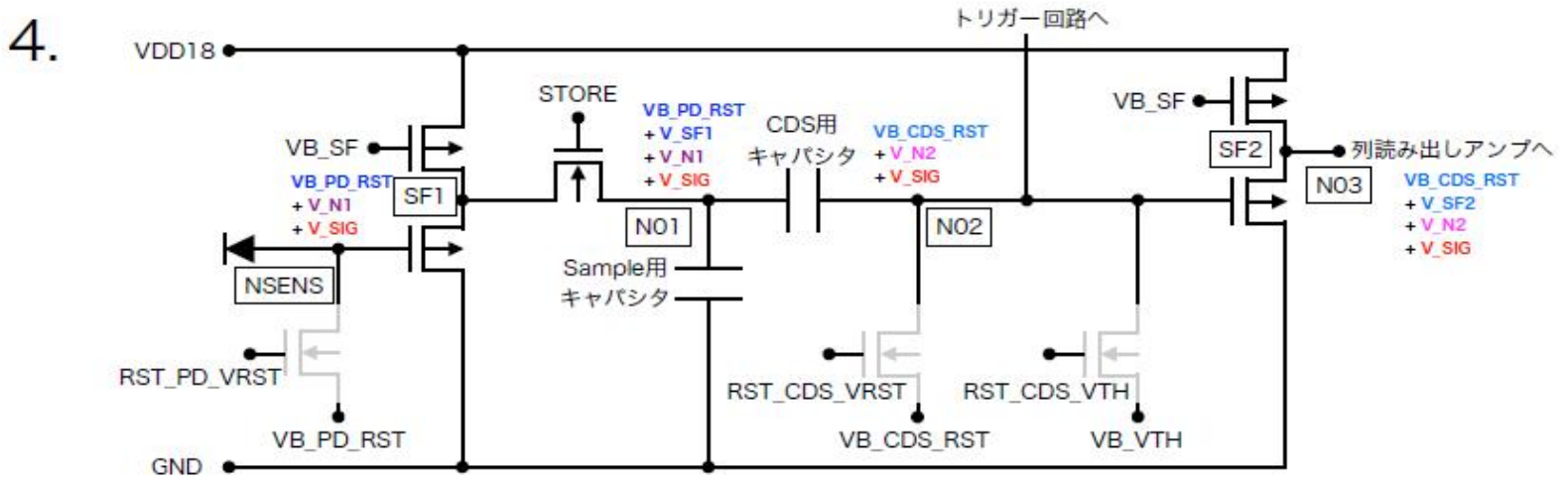


・各ピクセルの読み出し回路



- RST_PD_VRST… VSENSノードをリセット電圧に設定
- RST_CDS_VRST… N02をリセット電圧に設定
- STORE… オンにしている間、Sampleキャパシタに信号が積分される
- EN_X_DEC32ROW… ピクセルの位置指定（行）を有効にする
- EN_X_DEC32COL… ピクセルの位置指定（列）を有効にする

X線入射後電圧読み出し手順



- 1.NSENSとN02をリセット電圧に固定
- 2.RST_PD_VRSTをオフ
- 3.RST_CDS_VRSTをオフ（露光開始,露光時間1ms）
- 4.N03の電圧(V_SIG+V_N2S+V_SF2）をアンプを通しAOUTから読み出す

リセット電圧読み出し

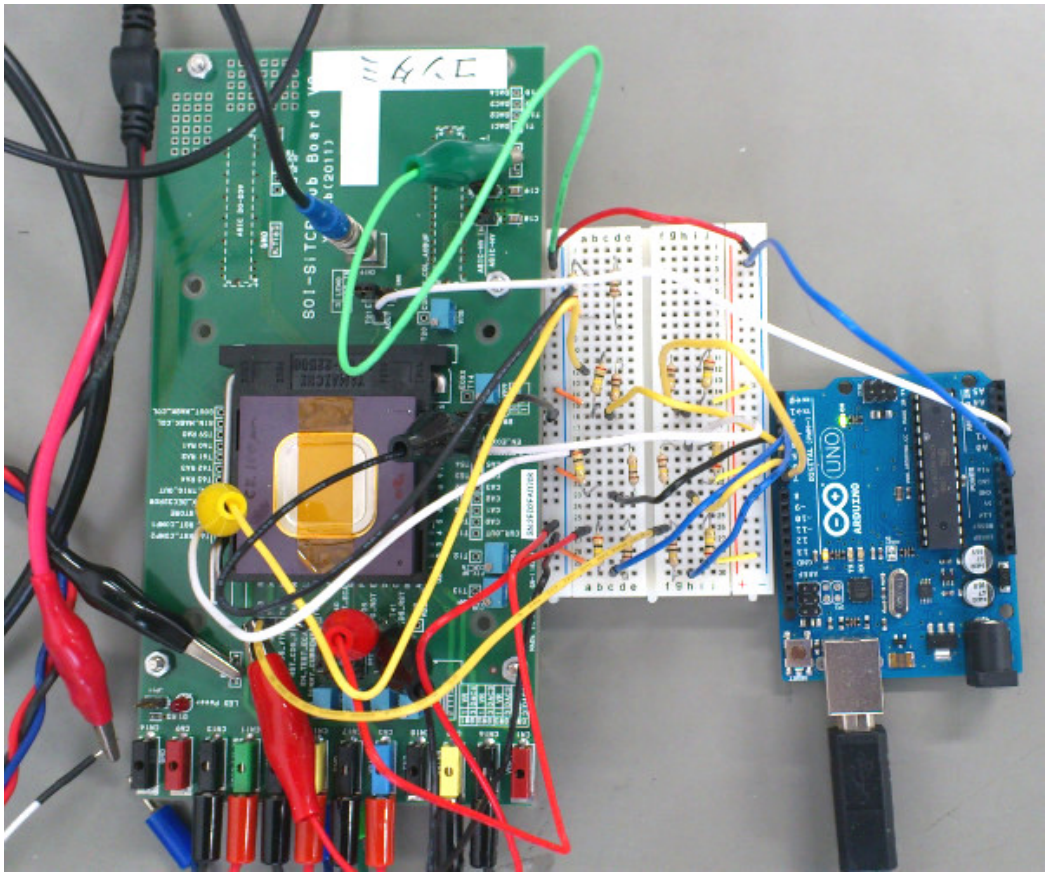
- 1.NSENSとN02をリセット電圧に固定
- 2.RST_PD_VRSTをオフ
- 3.RST_CDS_VRSTをオフ
- 4.N03の電圧(V_N2R+V_SF2）をアンプを通しAOUTから読み出す

- X線入射後電圧ーリセット電圧

  ＝V_SIG+(V_N2S-V_N2R)

  信号　　ノイズ

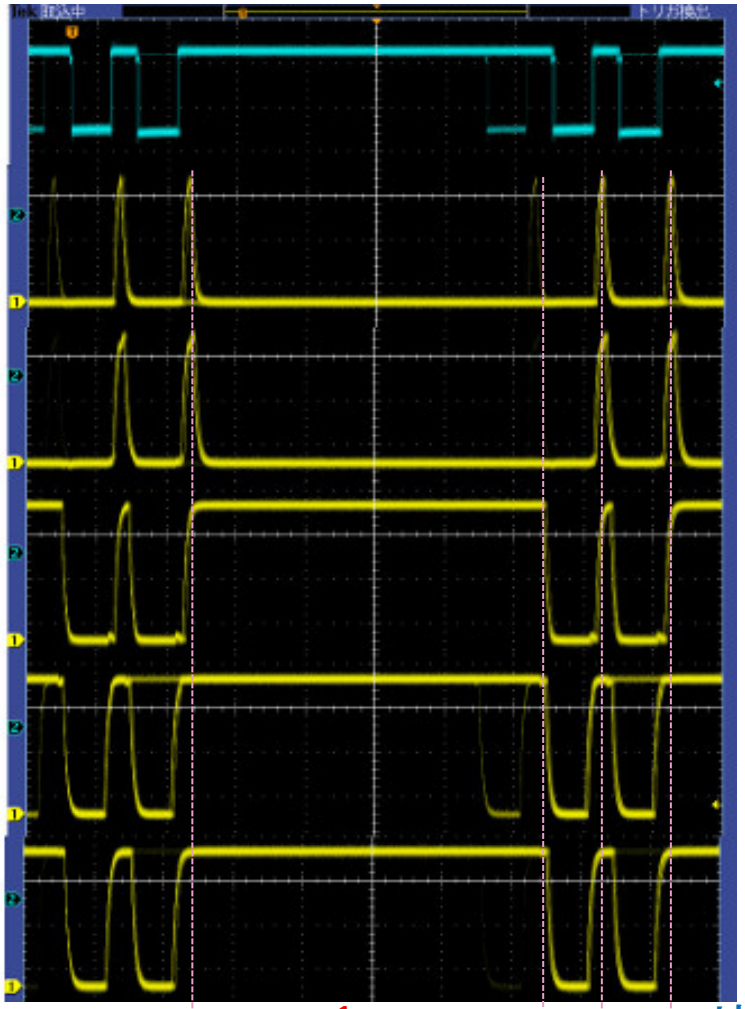
配線の様子



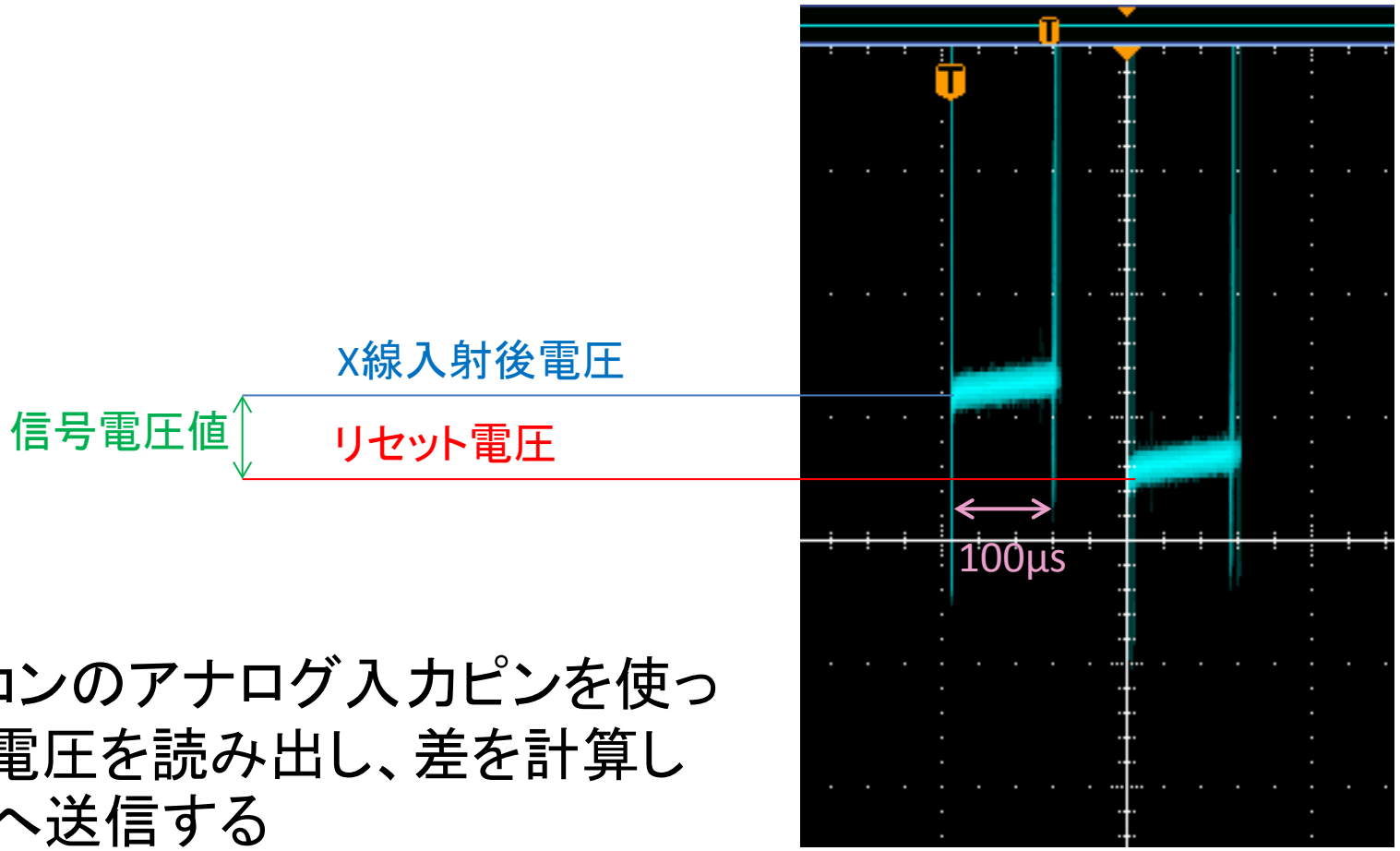
- マイコンからSUBボードへ5つの信号を出力
- SUBボードのAOUT(アナログ信号出力)をマイコンのアナログ入力ピンに接続
- 間のブレッドボードは電圧調整の為の分圧回路

信号のタイミング

- AOUT
- RST_PD_VRST
- RST_CDS_VRST
- STORE
- EN_X_DEC32ROW
- EN_X_DEC32COL



信号の波形

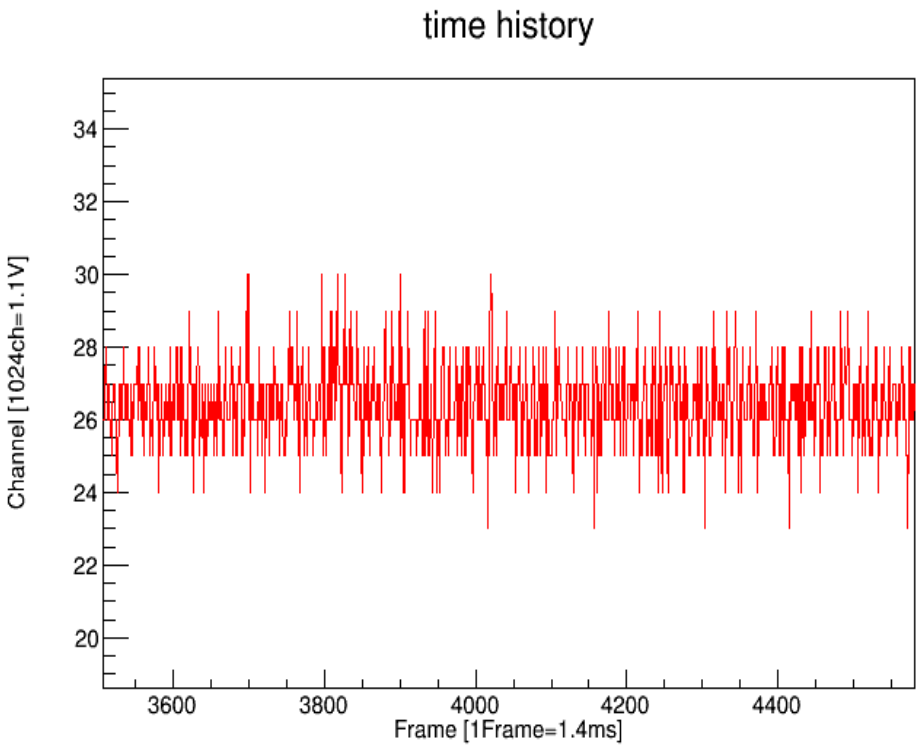


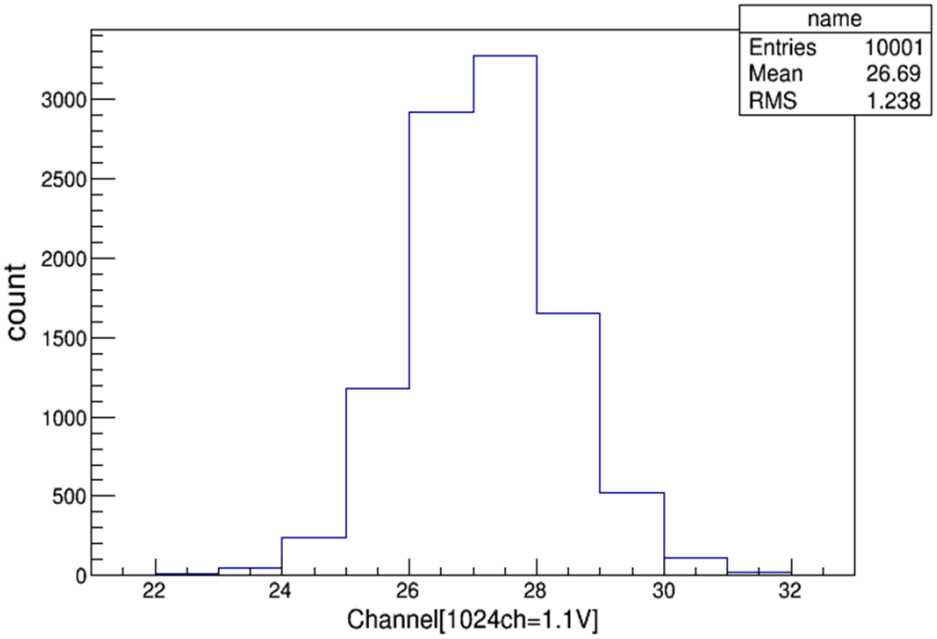
マイコンのアナログ入力ピンを使って各電圧を読み出し、差を計算してPCへ送信する

PC側のデータの記録方法

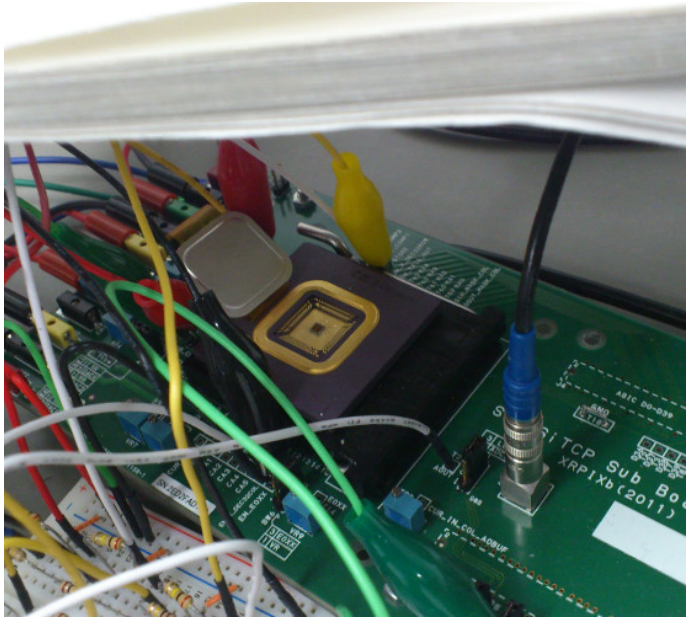
- Processingによるシリアル通信記録プログラム

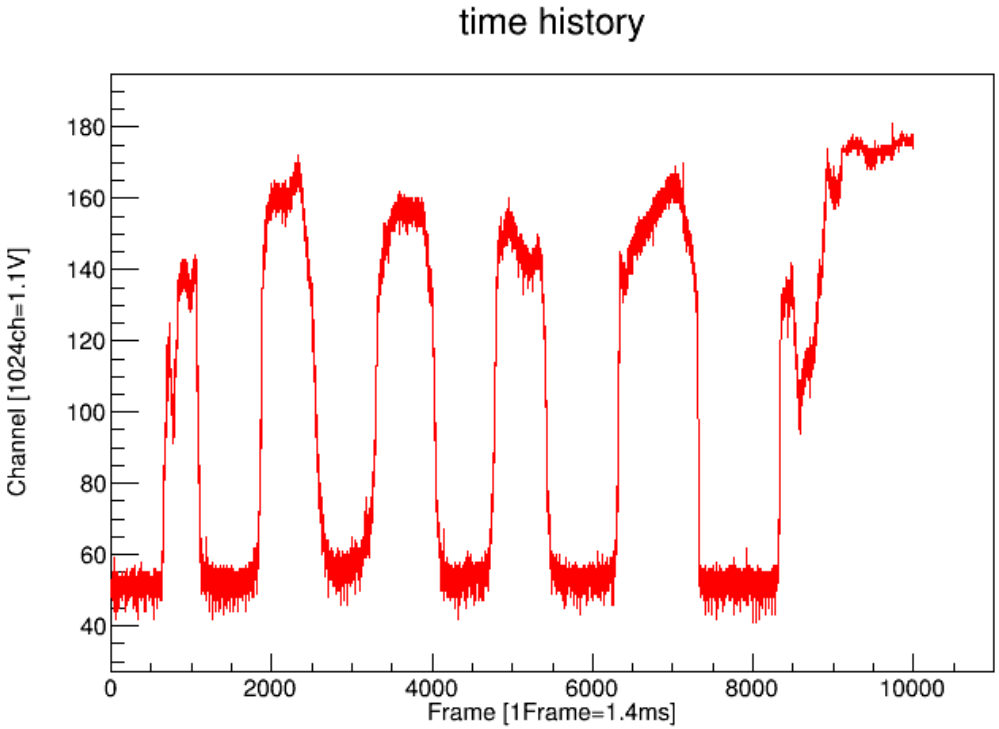
1pixel[RA0,CA0]のペデスタル（遮光状態での出力）





蓋を開けて光を遮ってみる





まとめ

- 1ピクセルに固定しての信号読み出し成功
- 複数ピクセルを読むための課題として

・マイコンの電圧読み出し時間100μs

今回露光時間1msの設定で1フレーム1.4ms。

1000ピクセル読む場合1フレーム約400msになってしまう。