

# リスト1

## M5Stack カード・トレーサの コード解説

```
#include <M5Stack.h>
#include <driver/adc.h>
#include <esp_adc_cal.h>
bool npn_measure = 0;
bool clear = 1;
const unsigned short PLOT_COLORS[3] = {TFT_WHITE,TFT_GREEN,TFT_RED};
int plot_count = 0;
//-----
class { //SMU
    unsigned char limit(float in){
        float tmp = (in > 255.0)? 255.0:(in);
        tmp = (tmp < 0)? 0:tmp;
        return ((unsigned char) tmp);
    }
public:
    float Io1,Io2,Vi1,Vi2;
    void measure(int avg_cnt,float Vo1,float Vo2){
        if(avg_cnt==0) return;
        dacWrite(25, limit(256.0* ((Vo1-0.1)/3.05)));
        dacWrite(26, limit(256.0* ((Vo2-0.1)/3.05)));
        Vi1=0.0;
        Vi2=0.0;
        for(int i=0;i<avg_cnt;i++){
            Vi1 += 3.3*(float)analogRead(35)/4096.0;
            Vi2 += 3.3*(float)analogRead(36)/4096.0;
        }
        Vi1=((Vi1/float(avg_cnt)) + 0.14)/0.965;
        Vi2=((Vi2/float(avg_cnt)) + 0.14)/0.965;
        Io1 = ((Vo1-Vi1)/1015.0); //1k ohm
        Io2 = ((Vo2-Vi2)/115.0); //100 ohm
    }
} SMU ;
```

インクルードファイル宣言  
M5Stack.h  
AD,DAコンバータ

SMU のデータと動作クラスの定義

DAコンバータのデータのリミット処理

SMUの変数 Io1,Io2 電流値、Vi1,Vi2測定電圧値

測定関数

DA出力 オフセット電圧(0.1V)とゲイン (3.3/3.05)補正

ADコンバータ読み込みとアベレージンググループ

ADコンバータのオフセット電圧(0.14V)と  
ゲイン補正(M5Stack Basic は0.965, M5Stack grayでは1.055)は要調整

出力電流計算。15ΩはDAコンバータの出力抵抗値

# リスト 1 b

## M5Stack カーブ・トレーサのコード

```

struct { //Screen public class
typedef struct {unsigned short ox,oy,wx,hy,tx,ty;} Axis;
const Axis Plot={20,20,200,200,25,25};
const Axis Menu={230,20,80,200,0,0};
TFT_eSprite sprite = TFT_eSprite(&M5.Lcd);
short x,y,px,py;
float VoltDiv,CurDiv;

void init(float VoltDiv_i,float CurDiv_i){
    VoltDiv = VoltDiv_i; //mV
    CurDiv = CurDiv_i; //mA
    M5.Lcd.fillScreen(TFT_LIGHTGREY);
    M5.Lcd.fillRect(Plot.ox,Plot.oy,Plot.wx,Plot.hy,0xA6DD);// light blue
    for(int i =Plot.ox;i <= (Plot.ox+Plot.wx);i+=Plot.tx) //Y AXIS GRID
        M5.Lcd.drawLine(i,Plot.oy,i,Plot.oy+Plot.hy,TFT_BLACK);
    for(int i =Plot.oy;i <= (Plot.oy+Plot.hy);i+=Plot.ty) //X AXIS GRID
        M5.Lcd.drawLine(Plot.ox,i,Plot.ox+Plot.wx,i,TFT_BLACK);
    sprite.createSprite(Menu.wx,Menu.hy);
    sprite.setTextColor(TFT_WHITE);
    sprite.setTextSize(1);
    sprite.printf("\nPER\nV\nE\nR\nT\nD\nV\n\nPER\nH\nO\nR\nI\nZ\nD\nV\n");
    sprite.setTextColor(TFT_ORANGE);
    sprite.setCursor(0,0);
    sprite.setTextSize(2);
    sprite.printf("\n %3.0f\n mA\n\n %3.0f\n mV\n",CurDiv,VoltDiv);
    sprite.pushSprite(Menu.ox,Menu.oy);
    sprite.deleteSprite();
}

void line(float h,float v,bool start_flag,unsigned short color){
    y = Plot.oy+Plot.hy-(unsigned short)(v * Plot.ty * 1000.0/CurDiv);
    x = Plot.ox+(unsigned short)(h * Plot.tx * 1000.0/VoltDiv);
    if(!start_flag & y > 0){ M5.Lcd.drawLine(px,py,x,y,color); }
    px=x;py=y;
}

void plot_value(float in1){
    M5.Lcd.setCursor(x,y);
    M5.Lcd.printf("%2.2f\n",in1);
}
} Screen;
    
```

スクリーン表示クラスの定義

表示位置の設定

メニュー表示エリア用のスプライト宣言

スクリーン表示クラスの変数

画面初期化関数 XY軸のスケールを引数で受ける

グラフのXY軸の描画

画面右側のメニューの文字描画

グラフのプロット

グラフに追加する文字描画

```
void setup() {  
  M5.begin();  
}
```

setup関数

```
void loop() {  
  if (M5.BtnA.wasPressed()){ npn_measure = 1; }  
  if (M5.BtnC.wasPressed()){ clear = 1; }
```

ボタンイベント処理

npn\_measureボタンが押されたときの処理

```
  if (npn_measure) {  
    unsigned short color = PLOT_COLORS[plot_count++];
```

グラフの色の設定

```
    if(plot_count >= 3){plot_count=0;}
```

ベース電圧スキャンループ (500mV ~ 800mV)

```
    for(int vb=500;vb<800;vb+=20){
```

```
      bool start_flag=1;
```

コレクタ電圧スキャンループ (100mV ~ 3V)

```
      for(int vc=100; vc<3000;vc+=100){
```

```
        SMU.measure(40,(float)vb/1000.0,(float)vc/1000.0);
```

SMU電圧印可

```
        if(SMU.Vi2 > 2.0) break;
```

コレクタ電圧が2V以内で測定

```
        Screen.line(SMU.Vi2,SMU.Io2,start_flag,color);//line draw  
        start_flag=0;
```

グラフの描画

```
      }
```

```
      Screen.plot_value(SMU.Io1*1000.0); //mA
```

ベース電流の値をグラフ上に表示

```
    }
```

```
    SMU.measure(1,0.0,0.0); // SMU OFF
```

ゼロボルト出力

```
    npn_measure = 0;
```

```
  }
```

Clearボタンが押されたときの処理

```
  if (clear) {
```

```
    Screen.init(250.0,2.0);//X:250mV/div Y:2mA/div
```

画面のクリアと再描画

```
    plot_count=0;
```

```
    clear=0;
```

```
  }
```

グラフの色の初期化

```
  M5.update();
```

```
}
```