

RL78 マイコン学習セット マニュアル 実用編

第3版 2019. 2. 6 詳細下記 第1版 2015. 4. 23

【 製品概要 】

本マニュアルはRL78/I1A R5F107DE（38ピン）マイコンを使ったマイコン学習セットの添付CDのサンプルプログラムの動作について解説されています。

実用編では入門編で見つけた知識を元に、実用になる機器のプログラムの書き方、ハードウェアの扱い方をサンプルプログラムから重点的に学習します。

※本学習セット開発にはルネサスエレクトロニクス社製E1が必要です。

【 第3版での変更点 】

1. 開発環境をCS+ for CA, CX から CS+ for CCに移行しました。これにより、RXマイコンと同じ環境で開発できます。
2. キャラクタ液晶16文字2行をブルー背景のものにし、パソコンからの視認性を高めました。
3. AC100Vを使用するサンプルソフトを廃止し、パソコンからのUSB電源（+5V）だけで全てのサンプルが動作するようにしました。
4. サンプルソフトで分かりにくいと思われるものをより分かりやすく改善しました。



実用

3. サンプルプログラム

- 3__1 LCD表示 電圧計 : sample10
- 3__2 PWM モーター速度制御 キーでUP/DOWN 出力%表示
: sample11
- 3__3 ゲーム スロットマシン
: sample12
- 3__4 サーミスタ温度計測、温度制御

: s a m p l e 1 3 O N / O F F 制 御
: s a m p l e 1 3 _ a 比 例 (P) 制 御

3. サンプルプログラム

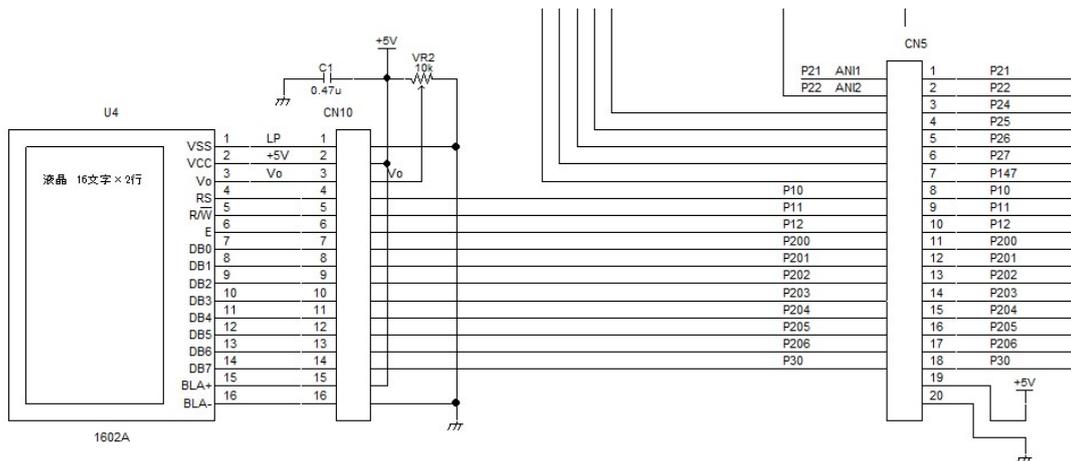
3-1 sample10 LCD表示 電圧計

【 概要 】

2桁16文字の液晶表示機にBeyond the River と ANI2 の電圧値を表示します。



【 ハードウェア 】



使われているキャラクタタイプ液晶は1602A（互換品）です。例えば秋月電子やストロベリーリナックスで販売しているものと使い方は同じです。理由はコントロールIC、HD44780（または互換品）がこのキャラクタLCD駆動のデファクトスタンダード（業界標準）だからで、世界中同じです。

8ビットバスモードで使用しています。回路図のPE0～PE7がデータバス、P10～12がコントロール線です。データバスはリード、ライト時で方向が異なりますので、ポートのイン、アウトをライブラリ中で切り替えています。コントロール線は3本、RSはデータ/コマンドの切替、R/_W（リード、ライト）、E信号は日立がモトローラ6800系のセカンドソーサー（ライセンスを得て、互換品を作っているメーカー）だった時代の名残で、同期信号です。

VR2は液晶の輝度調整が出来ます。

【 ライブラリ 】

```
/* Start user code for include. Do not edit comment generated here */
```

```
#include "LCD_RL78107.h"
```

/* End user code. Do not edit comment generated here */

この1602A用に弊社で用意したライブラリ、LCD_RL78107.hがあります。使い方は本プログラム、解説を参考にしてください。

【 プログラム 】

```
①    lcd_init();           //LCD 初期化
②    lcd_disp_0();        //Beyond the river 液晶上段表示

ADS = _02_AD_INPUT_CHANNEL_2;

while (1U)
{

    ad_cnt = 0;
③    R_ADC_Start();           //AD 変換開始
    while(ADCS)               //変換待ち
        ;
    R_ADC_Get_Result(&ad_data2);

④    sdata = ad_data2 / 2.046;           //1023->500 になるよう演算
                                           //AD2 VR1
⑤    sprintf(lcd_buffer, "AD2=%04d¥n¥r",sdata); //lcd_buff に 10 進 ASCII 変換固定長セーブ
⑥    lcd_cursor_2();           //液晶 2 段目表示

⑦    lcd_data_write(lcd_buffer[0]);
    lcd_data_write(lcd_buffer[1]);
    lcd_data_write(lcd_buffer[2]);
    lcd_data_write(lcd_buffer[3]);
    lcd_data_write(lcd_buffer[5]);
    lcd_data_write('.');
    lcd_data_write(lcd_buffer[6]);
    lcd_data_write(lcd_buffer[7]);
    lcd_data_write('V');

}
```

【 簡単な解説 】

```
①    lcd_init();           //LCD初期化
LCD_RL78107.h  中にある関数で液晶で使うポートを初期化しています。
```

② `lcd_disp_0();` `//Beyond the river` 液晶上段表示
液晶の上段に `Beyond the river` と表示させています。

```
while (1U)
{
```

```
                  ad_cnt = 0;  
③                R_ADC_Start();                                //AD変換開始  
                  while(ADCS)                                                //変換待ち
```

A/D変換開始、終了待ちで
AN12のA/Dデータは `ad_data2` に入ります。

```
④                                sdata = ad_data2 / 2.046;                                //1023->500 になるよう演算
```

0-1023を0-5.00V電圧表示に変換するために2.046で割っています。

```
⑤                                sprintf(lcd_buffer, "AD2=%04d¥n¥r", sdata); //lcd_buffに10進ASCII変換固定長セーブ  
まだ16進数ですので、液晶に表示できるように10進、8ビットのアスキーコードに sprintf 文  
で変換し、lcd_buffer にセーブしています。
```

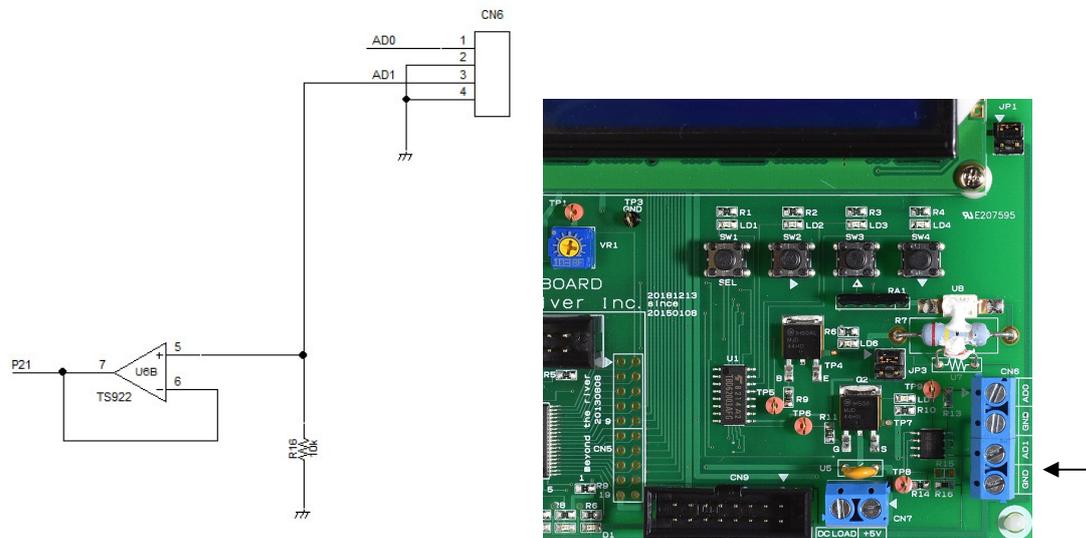
```
⑥                                lcd_cursor_2();                                                //液晶2段目表示  
液晶表示カーソルを2行目にします。
```

```
⑦                                lcd_data_write(lcd_buffer[0]);  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[1]);  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[2]);  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[3]);  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[5]);  
                  lcd_data_write('.');  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[6]);  
                  lcd_data_write(lcd_buffer[7]);  
                  lcd_data_write('V');
```

液晶に1文字ずつ表示しています。`lcd_buffer[4]` の0は表示しません。小数点とVをキャラクタで追加しています。

【 応用 】

CN6のAD1入力はAN11 (P21) に接続されています。メインプログラムの `ad_data2` を `ad_data1` に書き換えてコンパイル、実行すれば外部の電圧を液晶に表示することが出来ます。



U6BのオペアンプTS922は入力に1Vが入ったときに出力に1Vを出します。電圧増幅が1倍です。電圧増幅が1倍で、何のために入っているか(入れる必要があるのか?、線でつないであるのと同じでは?)というインピーダンス変換のために入っています。

入っている理由の詳細は

1. このマイコンはアナログ入力源 (ANIX) に出力インピーダンスは1KΩ以下のものを接続する、という決まりがあります。ハードウェアマニュアル第12章より

(6) アナログ入力 (ANIn) 端子の入力インピーダンスについて

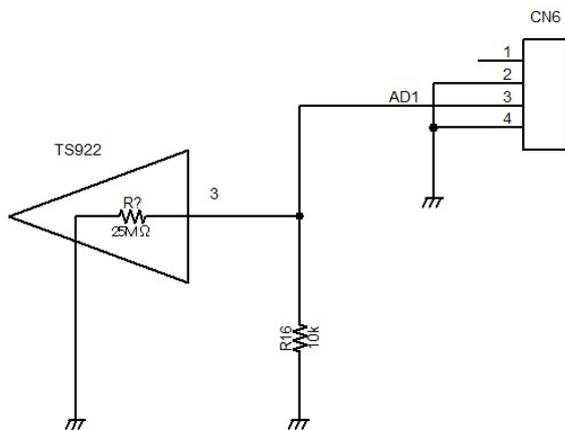
このA/Dコンバータでは、サンプリング時間で内部のサンプリング・コンデンサに充電して、サンプリングを行っています。

したがって、サンプリング中以外はリーク電流だけであり、サンプリング中にはコンデンサに充電するための電流も流れるので、入力インピーダンスはサンプリング中とそれ以外の状態で変動します。

ただし、十分にサンプリングするためには、アナログ入力源の出力インピーダンスを1kΩ以下にしてください。出力インピーダンスが1kΩ以下にできないときはサンプリング時間を長く設定するかANI0-ANI2, ANI4-ANI7, ANI16-ANI19端子に0.1μF程度のコンデンサを付けることを推奨します(図12-44参照)。また、変換動作中にADCS=0に設定した場合および再変換を開始した場合は、サンプリング・コンデンサに充電された電圧は不定となります。そのため、ADCS=0を設定時は次の変換が、再変換時はその変換が不定状態から充電を開始します。そのため十分に充電するためには、アナログ信号の変化の大きさによらず、アナログ入力源の出力インピーダンスを低くするか十分なサンプリング時間を確保してください。

例えば10KΩのポリウムを直接A/Dの入力に接続しても正確に測定できない場合があります。ですので、ANI1の前にオペアンプを入れて繋がるものの抵抗値の影響を受けないようにしています。

オペアンプTS922は入力インピーダンスが非常に高く、出力インピーダンスが低いです。具体的には入力バイアス電流が最大でも100nA ($V_{out} = V_{cc} / 2$) ですので、 V_{in} を2.5V ($V_{cc} = 5V$ ゲイン1) とすると $2.5V / 100nA = 25MΩ$ です。CN6の3番はR16 10KΩにも接続されていますので、入力インピーダンスは10KΩとなります。



CN6 3番からみた入力インピーダンスは25MΩと10KΩの並列ですので、 $25M * 10K / 25M + 10K = 2.5^{11} / 25010000 = 9996.0\Omega \approx 10K\Omega = R16$ の抵抗値となります。25MΩ >> 10KΩ なので、接続されていないのと等価になります。

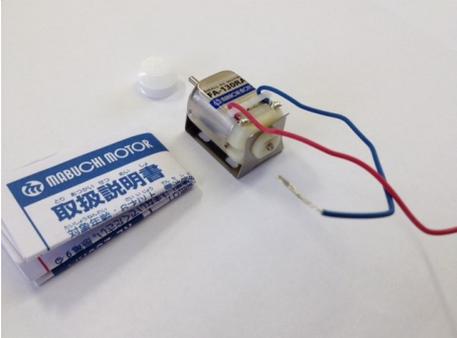
出力インピーダンスは負荷抵抗の変化時に出力電圧の変動の割合で計算しますが、限りなく0Ωになります。(許容出力電流内であれば出力抵抗の変化で、出力電圧は変わりません)
従って、1.の規定である1KΩ以下を十分満足します。

接続先の影響を受けないように入力インピーダンスは高く、接続先に影響を与えないように出力インピーダンスは低く、というのが電子回路接続の定石です(インピーダンス整合を除く)。

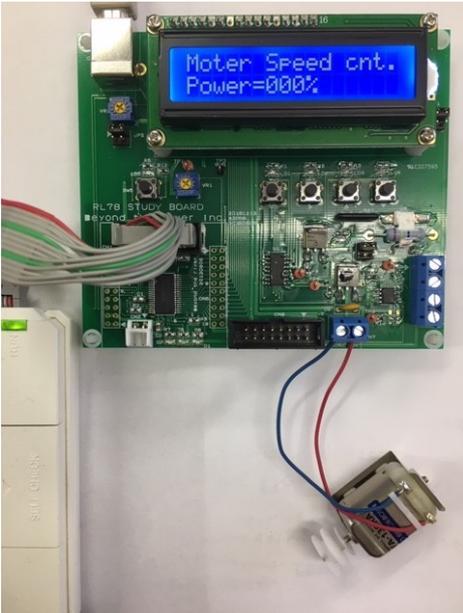
3-2 sample 11 モーター速度制御 キーでUP/DOWN 出力%表示

【 概要 】

DCモーターをPWMで速度制御して回してみます。添付のモーターFA-130RAを箱から出して、プーリーを取り付け、CN7の1番に青、2番に赤線を接続して下さい。



プログラムを動作させると初め0%出力ですので、モーターは回りませんが、SW1を押すと出力が増加していきます。50%超えたあたりから回転が確認出来ます。減速はSW2を押します。



以下省略

3-3 sample 12 ゲーム スロットマシーン

【 概要 】



SW1 オンでスタート 3桁の数字が増加方向で変化します。0～F。 SW2, 3, 4がそれぞれ桁のストップ。数字が3つ揃えば(Win) 得点が得られます。揃わないと負け(Loose)

それぞれの数字の変化の速度が桁により異なり、ゲーム性を向上させています。

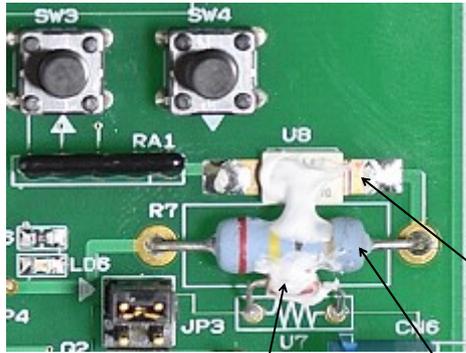
【 プログラム 】

以下省略

3-4 sample 13 サーミスタ温度計測、制御

【 概要 】

抵抗の温度をサーミスタで測り、トランジスタで電流をON, OFFし、一定温度になるよう制御します。

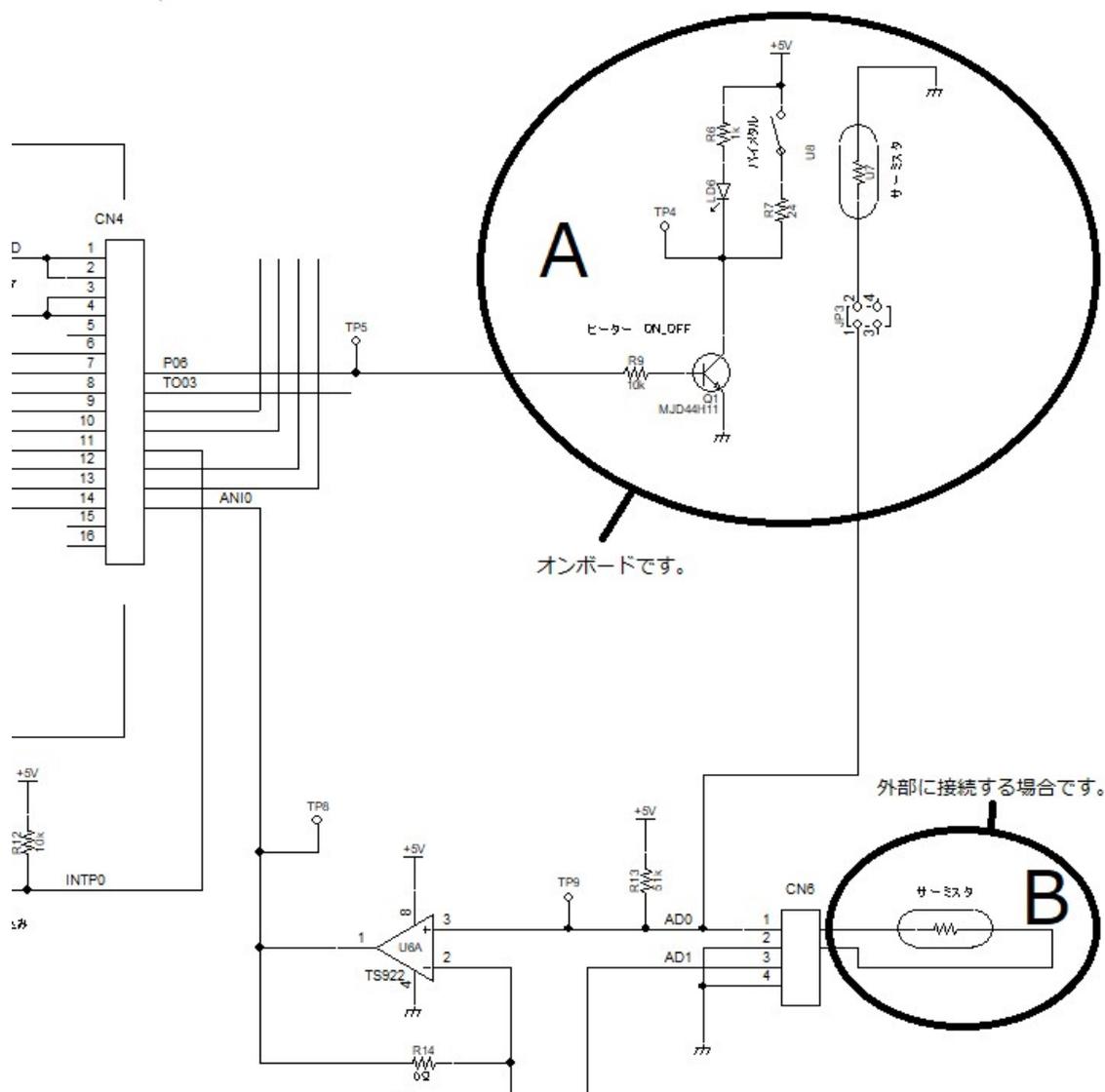


サーミスタ 抵抗 バイメタル

サーミスタ、抵抗、バイメタルがシリコンで熱結合されています。

1. 抵抗は室温より少し熱くなりますが、設定温度が40℃ですので、触っても問題ありません。
2. デバックで、トランジスタ ONの状態を継続すると抵抗温度が上昇しますが45℃くらいまでしか上がりません(室温20℃の場合)。
3. 室温が低い場合、設定温度の40℃まで到達しない場合が考えられます、その場合は設定温度を下げて、再コンパイル、実行してみてください。

【 回路図 】



P06は汎用ポートとして使用しています。トランジスタQ1をドライブしています。Q1のコレクタにはON時に点灯するQ1、ヒーター代わりの抵抗R7 24Ωが接続されています。抵抗R7にはシリコン樹脂で熱結合されたサーミスタU7があります。上図Aの部分の部品はすべて基板上にあります。

設定温度40℃で、それ以下の場合、P06が5Vになり、Q1がONし、抵抗R7に電流が流れます。 $5V / 24\Omega = 208mA$ の電流が流れ、R7が少し加熱します。LD6が赤く点灯します。

測定温度40℃以上の場合、P06が0V、Q1がOFFし、R7の加熱が停止します。自然冷却で温度下がります。LD6が消灯します。

なお、添付のサーミスタで外部の温度を測ることもできます。その場合、JP3を3-4ショートにし、基板上のサーミスタの影響を無くし、CN6の1-2間にサーミスタを付けて計測してください。

【 プログラム 】

省略

【 簡単な解説 】

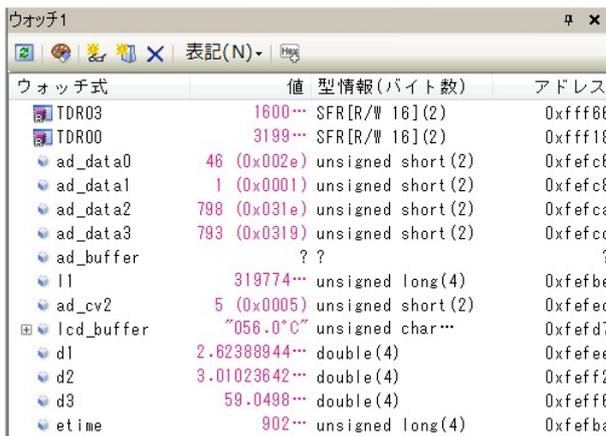
省略、、、、

後半は式

$$T (^{\circ}\text{C}) = 1 / (\ln (R/R_0) / B + 1/T_0) - 273.15$$

を忠実に演算しているだけです。なお、 $\log (d1)$ の \log は自然対数 \ln のことです。常用対数は $\log_{10} ()$ を使用します。

演算にオーバーフローが無いように `double` を使用しています。



| ウォッチ式 | 値 | 型情報(バイト数) | アドレス |
|------------|---------------|-------------------|----------|
| TDR03 | 1600... | SFR[R/W 16](2) | 0xffff66 |
| TDR00 | 3199... | SFR[R/W 16](2) | 0xffff18 |
| ad_data0 | 46 (0x002e) | unsigned short(2) | 0xfefc6 |
| ad_data1 | 1 (0x0001) | unsigned short(2) | 0xfefc8 |
| ad_data2 | 798 (0x031e) | unsigned short(2) | 0xfefca |
| ad_data3 | 793 (0x0319) | unsigned short(2) | 0xfefcc |
| ad_buffer | ?? | ?? | ?? |
| l1 | 319774... | unsigned long(4) | 0xfefbe |
| ad_cv2 | 5 (0x0005) | unsigned short(2) | 0xfefec |
| lcd_buffer | "056.0°C" | unsigned char... | 0xfefd7 |
| d1 | 2.62388944... | double(4) | 0xfefee |
| d2 | 3.01023642... | double(4) | 0xfeff2 |
| d3 | 59.0498... | double(4) | 0xfeff6 |
| etime | 902... | unsigned long(4) | 0xfefba |

バーンアウトというのはサーミスタなどのセンサの断線を言い、断線で温度が低いと判断するハードウェアですと、マイコンは出力をONして温度を上げようとしますので、負荷が際限なく高温になり、最終的に火災になると非常に危険です。センサの断線をA/D値の異常(有り得ない値)で検出し、出力をOFFにしています。温度制御機器では必須の機構です。

【 応用 】

さて、このON, OFF温度制御ソフトを動作させると、設定温度が40°Cにも関わらず最高1°Cくらいまで温度が上下します(環境に依存します)。これは抵抗に通電してから温度が上昇し、センサが検出するまでの時間的な遅延がどんな系にも存在し、検出した時点では既に必要以上のエネルギーが注入されているため、出力をOFFにしても温度が上昇してしまう、温度サンプリング周期が長過ぎると、出力OFF後、温度が下がるため等、いくつかの要因が考えられます。



ON、OFF制御でも実用になる用途もありますが、現代では最低でもP制御（比例制御）、PID制御（比例、積分、微分）が一般的です。

そこでsample13_aに比例制御プログラムをサンプルで用意しました。同じ系でこのソフトに制御を変えると温度が安定してからは $3.4^{\circ}\text{C} \pm 0.3^{\circ}\text{C}$ くらいに収まりました（環境に依存します）。ご参考まで。

比例動作は設定温度に対してオフセットが生じるので、 4.0°C になっていません。実用にはオフセットを消すソフトを追加する必要があります。

それぞれはそれぞれの会社の登録商標です。
フォース及びFORCE®は弊社の登録商標です。

1. 本文章に記載された内容は弊社有限会社ビーリバーエレクトロニクスの調査結果です。
2. 本文章に記載された情報の内容、使用結果に対して弊社はいかなる責任も負いません。
3. 本文章に記載された情報に誤記等問題がありましたらご一報いただけますと幸いです。
4. 本文章は許可なく転載、複製することを堅くお断りいたします。

お問い合わせ先：

〒350-1213 埼玉県日高市高萩1141-1

TEL 042(985)6982

FAX 042(985)6720

Homepage : <http://beriver.co.jp>

e-mail : info@beriver.co.jp

有限会社ビーリバーエレクトロニクス ©Beyond the river Inc. 20190206