

マイコンキットドットコムの「MK-515 零下から高温まで制御。保温・保冷・培養に最適。ペルチェ素子用 PWM 方式温度コントローラキット」は、シンプルな回路とPID制御プログラムによりペルチェ素子を制御して-3°Cから 70°Cまで発生させることができる温度コントローラキットです。

小型なので小さな保温庫や保冷庫を作って卓上で缶コーヒーを温めたり、ペットボトルを冷やしたり、または温度制御した培養実験なども簡単に行えます。

注意: 製品にペルチェ素子と電源は含まれません。アプリケーションに合致したペルチェ素子とその電源を入手し使用してください。

「PID制御」、「ペルチェ素子」などについては「用語説明」をご参照ください。

◆目次:

特長・仕様1 ページ
 接続方法2 ページ
 使用方法3 ページ
 用語説明5 ページ
 プログラムの説明6 ページ
 回路の説明6 ページ
 キット品の組み立て方法7 ページ
 回路図13 ページ

◆特長:

- -3°Cから+70°Cまで、ペルチェ素子の温度を PWM 制御
- ±0.1°C以内に短時間で到達しそれを維持
- 5V から 24V までのペルチェ素子を制御可能
- 最大電流は 5A
- ペルチェ素子に流れる最大電流を制限可能
- PID (比例積分微分) 制御の係数 (P、I、D) を調整可能
- 温度センサー (サーミスタ) の B 定数を設定可能

◆仕様:

温度設定範囲	-99.9°Cから+99.9°C(実際の制御範囲は使用するペルチェ素子とその電源の能力に依存します)(不揮発性メモリに記録)
温度設定分解能	0.1°C
温度測定範囲	約-3.0°Cから約+70.0°C
温度測定分解能	0.1°C
温度測定誤差	約1°C以上(個人・ホビー用として簡易な回路を採用しており、その誤差は環境温度、測定温度に依存します。しかし誤差はほぼ固定しているため正確な温度が必要な場合は実測し設定時にその値を加減算してください)
温度制御方法	PID(比例積分微分)制御方式。(詳細は「用語説明」を参照してください)
P 値設定範囲	1から99(不揮発性メモリに記録)
I 値設定範囲	0.1から9.9(不揮発性メモリに記録)
D 値設定範囲	1から99(不揮発性メモリに記録)
B定数	3000から5000(不揮発性メモリに記録)
電流制限設定範囲	1から999(最大電流は使用しているペルチェ素子の最大電流に依存します。例えば12V3Aのペルチェ素子を使用した場合、999で最大3A流れることを示します。この数値はペルチェ素子を駆動する

ペルチェ素子電圧

PWM信号のパルス幅です。999のとき100%の電流が印加されます。(不揮発性メモリに記録)

DC5Vから24V(7V以上の場合は制御回路用電源としても使用可能。**注意:ただし7V未満のペルチェ素子を制御する場合は制御回路用に7V以上の別の電源の接続必要。制御回路用の電源端子あり**)

制御回路電圧

DC7Vから24V(ペルチェ素子用電源が7V以上の場合は共有可能)

ペルチェ素子電流

最大5A(絶対最大電流7A)

制御回路電流

約50mA

駆動方式

PWM方式(パルス幅変調方式)

PWM信号の周波数

2000Hz

温度センサー

サーミスタ(NTC)、B定数3435、25°Cのとき10kΩ。約50cmの電線付き

電源コネクタ

3種類:

1. DCジャック型(J5) 軸径2.1mm、外径5.5mm(軸がプラス)・・・ペルチェ素子電圧供給。7V以上の場合は制御回路用電源と共有可能
2. 「E+」「GND」(J1,J2) ターミナルブロック(ネジ式端子)・・・ペルチェ素子電圧供給。7V以上の場合は制御回路用電源と共有可能(上記のDCジャックコネクタと電氣的に接続されています)
3. 「VCC」「GND」(J1,J2) ターミナルブロック(ネジ式端子)・・・制御回路専用電源端子。ペルチェ素子用電源電圧が7V以上の場合は接続不要。7V未満の時は7V以上の電圧を接続してください。

表示装置

0.96インチ、127x64ドットのOLED(有機LED)、白色

表示内容

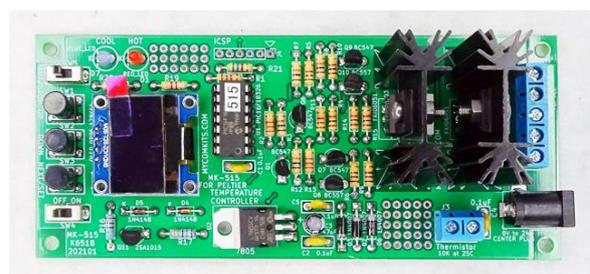
設定温度(SET)、実際の温度(ACT)、P値(P GAIN)、I(アイ)値(I GAIN)、D値(D GAIN)、電流制限値(L LIMIT)、B定数(B VALUE)、PWM信号のパルス幅、開始/停止状態(START/STOP)

状態表示LED

制御中は加熱時に赤色LED(D1)が点灯し、冷却時に青色LED(D7)が点灯します。

サイズ

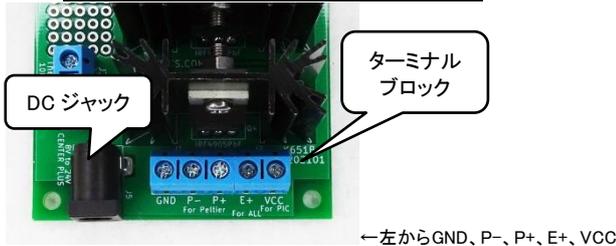
130.5x57.0x32.0mm(高さ)



◆接続方法:

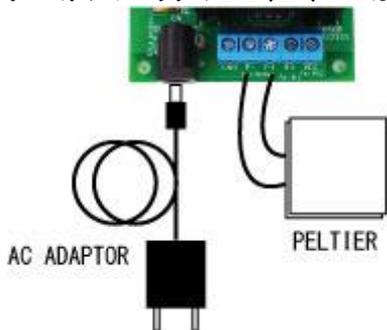
ここでは、1. 電源接続、2. ペルチェ素子接続、3. 温度センサー接続、4. ペルチェ素子に温度センサーを取り付け、の順に接続しています。

注意: ペルチェ素子用電源スイッチはありませんので電源を接続するとペルチェ素子用端子に空冷ファンを接続している場合は、空冷ファンが回転します。注意してください。しかし制御回路用の電源スイッチがオフの場合は、ペルチェ素子に電流が流れることはありません。

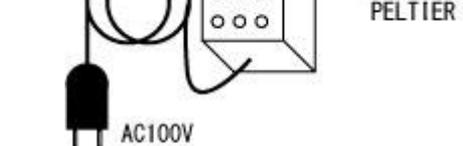


1. 電源接続: 接続方法は3種類あります。A) 7V以上のACアダプタを使用、B) 7V以上の電源装置(パワーサプライ)を使用、C) 5V動作のペルチェ素子用の5V出力ACアダプタまたは電源装置と制御回路用の電源(7V以上)を使用の場合の3種類です。

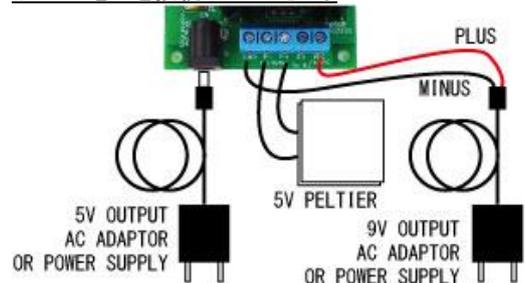
A) ペルチェ素子電圧が7V以上でDCプラグを使用する場合・DCジャック(J5)を使用。使用するペルチェ素子の電圧電流仕様に合致したACアダプタ(たとえば12V5A)のDCプラグ(軸径2.1mm、外径5.5mm(軸がプラス))をDCジャック(J5)に挿入します。その電圧が7V以上の場合は制御回路用の電源は不要です。ターミナルブロックのGND、E+、VCCは使用しません。



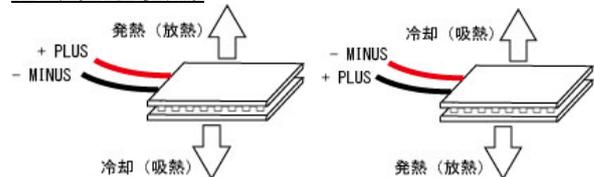
B) ペルチェ素子電圧が7V以上でターミナルブロックに電源装置の電線を接続する場合・「E+」「GND」(J1,J2)ターミナルブロック(ネジ式端子)を使用。使用するペルチェ素子の電圧電流仕様に合致した直流電源(たとえば12V5A)を接続します。プラスをE+に、マイナスをGNDに接続します。その電圧が7V以上の場合は制御回路用の電源は不要です。ターミナルブロックのVCCは使用しません。**注意: 上記のDCジャックコネクタと電気的に接続されています。**



C) ペルチェ素子電圧が7V未満の場合・上記の「A」「B」のペルチェ素子電圧の接続以外に制御回路用電源を接続する必要があります。「VCC」「GND」(J1,J2)ターミナルブロック(ネジ式端子)を使用。制御回路専用電源として7V以上100mA以上の電源(たとえば9V500mAの電源など)のプラスをVCCに、マイナスをGNDに接続します。ペルチェ素子用の5V出力のACアダプタを使用する場合はターミナルブロックのE+は使用しません。**注意: ペルチェ素子用電源電圧が7V以上の場合は接続不要。7V未満の時は7V以上の電圧を接続してください。**



2. ペルチェ素子の接続: プラス電位が加わると使用する面が加熱する電線を「P+」に、もうひとつの電線を「P-」に接続します。**注意: ペルチェ素子は電流の方向により、同じ面があるときは発熱し、あるときは冷却します。ペルチェ素子がすでに実装されている場合は、どちらの電線にプラス電圧を加えると使用する面が発熱するか、冷却されるかを確認してください。逆に接続すると冷却しているつもりで発熱させることとなります。最悪の場合、素子および周辺回路を破壊します。下図参照。**



3. 温度センサーの接続: 付属の電線付き温度センサー(サーミスタ)をターミナルブロック(J3)に接続します。極性はありません。接続しにくい場合は2本の電線の先端をニッパやカッターナイフで開いて挿入してください(左の写真参照)。



付属の温度センサーはB定数が3435の素子を使用しており、その値が出荷時に内部の不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に設定されています。付属の温

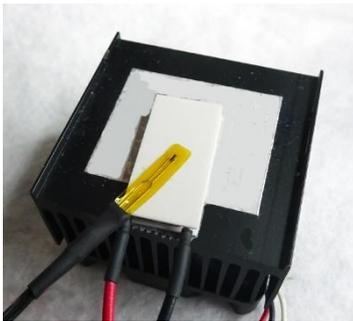
度センサーを使用しない場合は、お持ちのサーミスタのB定数を「B定数設定画面(使用方法を参照)」で設定してください。**注意:使用できる温度センサー(サーミスタ)は25°Cで10kΩを示すものに限ります。またB定数は3000から5000までのものに限ります。**



←温度センサー(サーミスタ)端子
 ↓付属の電線付き温度センサー(サーミスタ。10k@25°C)



4. ペルチェ素子に温度センサーを取り付け: 温度センサーの取り付け位置は重要です。使用目的に依存しますが、基本的にペルチェ素子の使用する面(発熱面、または冷却面)に密着させ、取り付けてください。
 ←取り付け例



◆使用方法:

1. 電源オン...電源スイッチ(SW4、スライドスイッチ、写真の右端)をON側(上側)にスライドします。画面に1行目から順に、前回設定した温度(SET)、温度センサーが測定した実際の温度(ACT)、パルス幅、駆動中(START)か、または停止(STOP)状態、を表示します。**注意:START(開始)スイッチがオンの場合、電源をオンにすると温度制御を開始します。**



↓設定温度(SET)は40.0°C、実際の温度(ACT)は19.2°C、PWM信号のパルス幅はゼロ、停止(STOP)状態、であることを示しています。



2. 温度を設定...電源オン後の初期画面のときに、UP(増)スイッチを押すと0.1°C設定温度(SET。1行目に表示)が増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと0.1°C設定温度が減少します。押し続けると連続して減少します。設定範囲は-99°Cから+99°Cまでです。写真の丸いキャップが付いた押ボタンスイッチの

左側2個がUPとDOWNスイッチです。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。



3. P値の設定(比例制御の係数の設定)・・・電源オン後の初期画面のときにNEXT/SET(次の画面)スイッチを押すと1行目にP値を表示します。PID制御方式により温度を制御しています。そのP値を1から99までの範囲で設定します。UP(増)スイッチを押すと増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと減少します。押し続けると連続して減少します。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。
 ←P値(P GAIN)設定例。画面では75に設定されています



4. I(アイ)値の設定(積分制御の係数の設定)・・・P値の設定画面のときにNEXT/SET(次の画面)スイッチを押すと1行目にI(アイ)値を表示します。PID制御方式により温度を制御しています。そのI(アイ)値を0.1から9.9までの範囲で設定します。UP(増)スイッチを押すと増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと減少します。押し続けると連続して減少します。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。
 ←I(アイ)値(I GAIN)設定例。画面では1.0に設定されています



5. D値の設定(微分制御の係数の設定)・・・I(アイ)値の設定画面のときにNEXT/SET(次の画面)スイッチを押すと1行目にD値を表示します。PID制御方式により温度を制御しています。そのD値を1から99までの範囲で設定します。UP(増)スイッチを押すと増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと減少します。押し続けると連続して減少します。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。
 ←D値(D GAIN)設定例。画面では10に設定されています



6. 電流制限値(LIMIT)の設定・・・D値の設定画面のときにNEXT/SET(次の画面)スイッチを押すと1行目に電流制限値としてPWM信号の最大パルス幅を表示します。その電流制限値を1から999までの範囲で設定します。UP(増)スイッチを押すと増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと減少します。押し続けると連続して減少します。最大値999に設定した場合、最大電流が流れることを示しています。**「最大電流」とは、接続したペルチェ素子とその電源装置により決定されず、たとえば接続されているペルチェ素子の最大電流が2Aで、接続した電源装置の最大電流が2A以上であれば、「最大電流」は2Aとなります。**PWM信号によりペルチェ素

子を制御していますので、そのパルス幅を制限することでペルチェ素子に印加される電圧を制御し、簡易に電流を制限しています。電流を測定し制御しているわけではありません。簡易な方法です。たとえば接続されているペルチェ素子の最大電流が5Aで、接続した電源装置の最大電流が3Aであれば、電流を制限しない場合、電源装置は過電流状態となり出力がオフになるか、最悪の場合、故障します。ここで電流制限値(LIMIT)を500に設定すると最大でも約2.5Aしか流れないので、最大5A流れるペルチェ



素子でも制御できることになります。最大電流はペルチェ素子が決定することに注意してください。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。
 ←電流制限値(L LIMIT)設定例。画面では999(最大値)に設定されています

7. B定数(B VALUE)の設定・電流制限値(L LIMIT)の設定画面のときにNEXT/SET(次の画面)スイッチを押すと1行目にB定数を表示します。温度センサーとして使用しているサーミスタの仕様は基本的にB定数で規定されています。このB定数とサーミスタの抵抗値から温度を計算しています。そのB定数を設定します。そのB定数を3000から5000までの範囲で設定します。UP(増)スイッチを押すと増加します。押し続けると連続して増加します。DOWN(減)スイッチを押すと減少します。押し続けると連続して減少します。製品に付属する温度センサー(サーミスタ)のB定数は3435なので、出荷時に3435に設定しています。お持ちのサーミスタを使用する場合は、そのB定数を設定してください。使用可能なサーミスタは25°Cで10KΩを示し、B



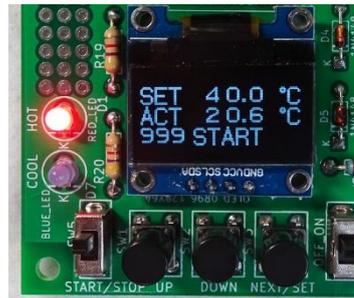
定数が3000から5000の範囲のもので(この範囲に入らない場合はご相談ください)。設定した値は不揮発性メモリ(電源をオフにしても消えない)に記録されます。
 ←B定数(B VALUE)設定例。画面では3435に設定されています

8. 温度制御の開始・表示画面に関係なく、開始/停止(START/STOP)スイッチ(SW5、スライドスイッチ、写真の左端)を上側にスライドすると温度制御を開始します。



温度制御中は、2行目に実際の温度が表示され、3行目の左に、PWM信号のパルス幅(0から999。出力電流に比例)、次にSTART(開始中)を表示します。同時に、赤色LEDと青色LEDが加熱状態(赤色LED点灯)か、冷却状態(青色LED点灯)かを示します。

↓目標の40°Cに対して加熱している状態を示しています。対象物の温度は20.6°Cを示しています。PWM信号のパルス幅が最大の999で最大電流が流れていることを示しています。赤色LEDが点灯し加熱状態であることを示しています。



↓目標の40°Cに対して冷却している状態を示しています。対象物の温度は43.6°Cを示しています。PWM信号のパルス幅が662なので最大電流の6割程度の電流が流れていることを示しています。青色LEDが点灯し冷却状態であることを示しています。



温度設定値を変更した直後は、設定温度に対して、対象物の温度が何度か(おおむね2、3回)、設定温度よりも高い温度または低い温度になり、最終的に設定温度で安定します。この現象は「振動する」と表現されています。この振動が少なくなるようにPID値を設定する必要があります。詳しくは「用語説明」を参照してください。

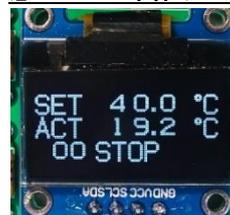
↓最終的に設定温度の40°Cで安定している状態の画面例。PWM信号のパルス幅は97なので、最大電流(999)の約10%が流れ、加熱し続け、安定していることを示しています。



9. 温度制御の停止・表示画面に関係なく、開始/停止(START/STOP)スイッチ(SW5、スライドスイッチ、写真の左端)を下側にスライドすると温度制御を停止します。

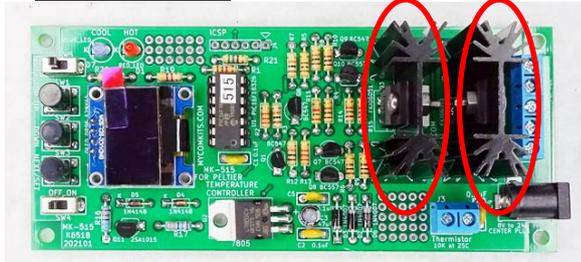


同時に3行目のPWM信号のパルス幅がゼロとなり、STOP(停止)を表示します。電源スイッチ(右端のスライドスイッチ)をOFF側にスライドさせ停止させることもできます。**注意:MK-515本体やペルチェ素子などが異常に発熱している場合や、緊急な場合は、START/STOPスイッチか、電源スイッチをオフにするか、ACアダプタをすぐに取り外してください。設定値は不揮発性のメモリに記録されていますので電源をオフにしても消えません。**

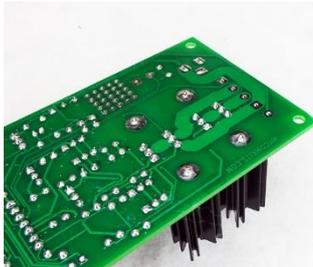


◆使用上の注意:

1. ヒートシンク2個(下の写真の赤線で囲まれた部分)は**いずれも、MOSFETトランジスタに電氣的に接続されており、電圧が印加されています。金属線や金属ケースに接触しないように使用してください。接触した場合、発火、発熱、故障する場合があります。**



2. MK-515には使用するペルチェ素子に依存しますが、**最大5Aまたはそれ以上の電流が流れます。ボードの裏面には大きな電流が流れる金属端子がむき出しになっています。巨大な電流ですので接触不良、設定ミス、接続ミス、部品の故障などで異常に発熱、発火する可能性があります。その場合は、すぐに電源をオフにするか、電源を取り外し、問題を排除してください。問題が解決しない場合はご相談ください。**



巨大な電流ですので**接触不良、設定ミス、接続ミス、部品の故障などで異常に発熱、発火する可能性があります。その場合は、すぐに電源をオフにするか、電源を取り外し、問題を排除してください。問題が解決しない場合はご相談ください。**

◆用語説明

>PID制御とは・・・対象物の温度を設定温度に近づけるための制御方法のひとつで、比例(P:Proportional)、積分(I:Integral)、微分(D:Derivative)の頭文字を並べてPID制御と呼ばれています。MK-515ではペルチェ素子を駆動するPWM信号のパルス幅(0から999)をPIDの各値に従って算出しています。次の式のお通り。

PWM信号=P値成分+I値成分+D値成分

P値(比例値)成分=P値×温度差

I値(積分値)成分=I値×温度差の積分

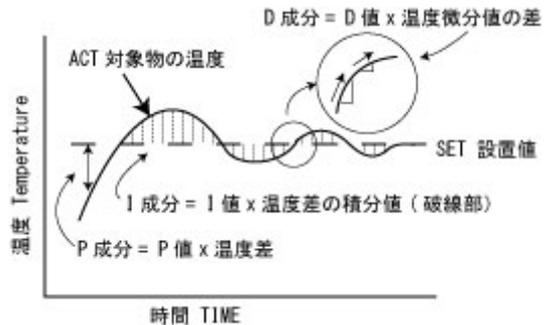
D値(微分値)成分=D値×温度の傾きの差

<P値(比例値)成分>は、設定温度と対象物の温度の差に設定したP値を乗算し算出しています。たとえば、設定温度が40℃で対象物の温度が25℃の場合、その差は15℃です。その15にP値(たとえば50)を乗算し750を得てそれをPWM値とします。単純な温度制御装置ではこのP値だけを使用してペルチェ素子に電流を流し、差がマイナスになると電流をオフにして、温度制御する場合があります。リレーを使うことで簡単に実現できます。ただしP値だけで温度制御した場合、振動が止まりません。

<I値(積分値)成分>は、設定温度と対象物の温度の差を積分し、その値にI値を乗算し算出します。温度差の積分値はその差がある限り加算されるので徐々にPWM値が増加しゆっくりと設定温度に近づきます。例えばI値が1.0で温度差が0.5℃ある場合、積分値(0.5=1×0.5)が時間とともに高速に増えていき、最終的に最大999まで増加するかも知れません。このとき温度差が0.5℃なのでP値成分は25(P値が50の場合)

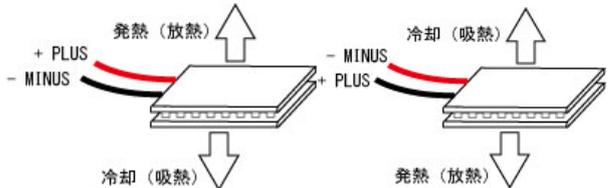
なのでほとんど電流は流せません。つまりP値では制御できませんがI値は時間に比例して増加するので制御できます。

<D値(微分値)成分>は、設定温度と対象物の温度の差の傾きの差にD値を乗算し算出します。温度差は小さくても、その温度変化が急激な場合にはP値、I値では制御が難しいですがD値成分で制御できます。

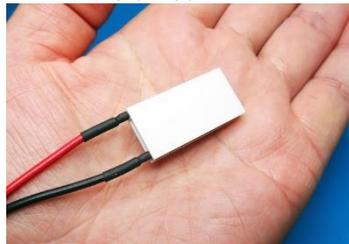


>ペルチェ素子とは・・・2種類の金属の結合部に電流を流すと一方の金属からもう一方の金属に熱が流れる、というゼーベック効果を逆利用し、冷却(吸熱)と放熱(発熱)を行う素子です。つまり**ヒーターのように電流を流せば発熱するような素子ではなく、片面から熱を吸熱し、反対側にその熱を放熱する、という仕組みです。この仕組みを十分にご理解ください。**電流の向きによってどちらの面が冷却されるか、放熱されるか決定されます。基本的に厚さ5mm程度の板状の素子で、大きさは5mm角くらいから100mm角程度まで多くの種類が販売されており、電子素子や電子機器の中で素子の温度を安定させるために使用されています。注意しなければいけないことはこの素子は電流を流すことで熱を移動させる、ということです。片面で冷却(吸熱)すると、反対面ではその熱が放熱されます。逆に片面で発熱すると、反対面では吸熱され冷やされます。**一般的なヒーター素子とはまったく動作が異なることにご注意ください。**片面を冷却(吸熱)する場合は、反対の面は高温になるため、その熱を逃がすためにその冷却温度に比例して巨大な放熱器(ヒートシンク)や空冷ファンが必要となります。**放熱が不十分な場合は、冷却面の温度が上昇し「熱暴走」が発生し、冷却面が逆に高温になり、対象物を破壊するかも知れません。**

↓ペルチェ素子の放熱と吸熱



↓ペルチェ素子の例



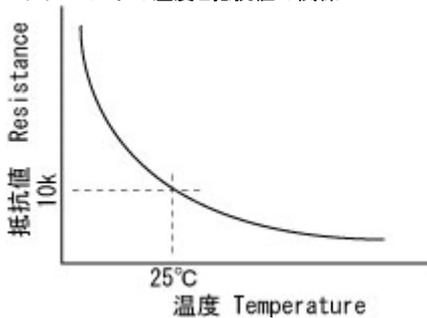
>B定数とは・・・温度センサーとして使用しているサーミスタの温度と抵抗値の関係を示す定数です。一般的に25℃のときに10kΩの抵抗を持つ素子が多く使われています。温度に

比例して抵抗値が下がるので負性抵抗 (NTC: Negative Temperature Coefficient) と呼ばれています。MK-515では温度センサーとして、サーミスタを利用し、その抵抗値とB定数から下記の式を利用して温度を算出しています。

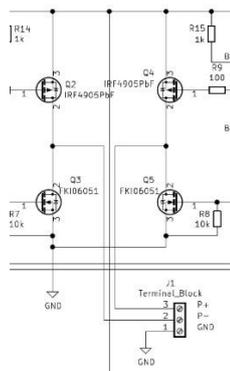
↓ B定数と抵抗値から温度を算出する計算式

$$R = R_0 \times e^{\left(B \left(\frac{1}{(T+273)} - \frac{1}{(T_0+273)} \right) \right)}$$

↓ サーミスタの温度と抵抗値の関係



▶ **H型ドライブ回路**・4個のトランジスタを組み合わせて電子素子に流す電流の向きと大きさを任意に制御する回路です。下図のように上下に2個のトランジスタが出力端子をはさんで左右に並んでいる構成からH型と呼ばれています。下図はMK-515で使用されている実際の回路図です。Q4(右上)とQ3(左下)のトランジスタがオンのときにP+端子がプラス、P-端子がマイナスになります。逆にQ2とQ5のトランジスタがオンのときにP-端子がプラス、P+端子がマイナスになり、逆方向の電流がペルチェ素子に流れます。



◆プログラムの説明(CCS社のコンパイラで製作しています。製品ページでダウンロード可能です。ご参照ください。):

H型ドライブ回路の制御は、PICマイコンに内蔵されているフルブリッジ回路制御機能 (CWG機能) を使用しています(290行目前後)。温度センサー(サーミスタ)の値を電圧として10ビットのADコンバータで読み(354行目前後)、その値を抵抗値に変換し、設定したB定数を利用して温度を算出しています。温度センサーの値は読み取りエラーを抑制するために16回の移動平均を計算しています(354行目前後)。PWM信号発生回路の周波数は、マイコンのクロック信号8MHzを分周して、2000Hzに設定しています。

温度センサーから得た温度情報と目標となる設定温度からP値成分、I値成分、D値成分を計算し、PWM値を算出しています

(858行目前後)。そのPWM値をもとにH型ドライブ回路の出力極性、とPWM信号の幅(デューティ)を設定しています。「PID制御」については「用語の説明」を参照してください。

PWM値(0から999)=P値成分+I値成分+D値成分

P値(比例値)成分=P値×温度差

I値(積分値)成分=I値×温度差の積分

D値(微分値)成分=D値×温度の傾きの差

PWM信号の幅(デューティ)をOLED表示装置の3行目の左端に常に表示することで、流れている電流の大きさを示しています(226行前後)。

プログラムを公開していますので、確認し、必要であれば自由に変更してください。CCS社のCコンパイラで作成しています。

◆回路の説明:

このMK-515の制御回路の電源とペルチェ素子の電源は、同じ電源を使用することも、別の電源を使用することもできます。

マイコン用の電圧は装置用として接続された電圧を電圧レギュレータで5Vに降圧し、安定化させて使用しています。そのため制御回路の電源として最低7V以上が必要となります。したがってペルチェ素子の電源電圧が7V以上の場合は共有できます。つまり電源は1つです。しかし、7V未満のペルチェ素子、たとえば5Vのペルチェ素子を使用する場合は、制御回路用に7V以上、たとえば9Vの電源を専用のターミナルブロック(ネジ式端子)に接続する必要があります。

表示装置として0.96インチのOLED(有機LED)ドットマトリクスパネルを使用しています。分解能は128x64ドットです。I2C制御なので2本の信号線で制御しています。これに文字高さ16ドットの文字列を3行表示しています。

温度センサーとして温度により抵抗値が変化する素子「サーミスタ(NTCとも呼ばれる)」を使用しているため定電流回路で約120uAの電流を発生させ、その電流を流すことでサーミスタの両端に発生する電圧を検出し、その電圧値から温度を計算しています。25°Cのときに10kΩのサーミスタを使用しているので25°Cのときに約1.2Vの電圧が発生しています。定電流回路はトランジスタを1個使用した簡易な回路なので周囲温度や付加抵抗値により電流値は少し変動します。

PWM信号により、H型とよばれるMOSFETトランジスタをH型に配置した回路でペルチェ素子へ加える電圧の極性(向き)と電流の大きさを制御しています。PWM信号はPICマイコン自身の約8MHzのクロック信号を分周し、約2000Hzの周波数のPWM信号を発生させています。

H型ドライブ回路のローサイド側はNMOS型のFKI06051(またはTK7R4A10PL)を使用しています。ハイサイド側はPMOS型のIRF4905を使用しています。ハイサイド側のIRF4905のゲート端子は、静電容量が大きく、また電位も異なるため、PICマイコンでは直接駆動できないのでBC547とBC557を組み合わせたプッシュプル回路で駆動しています。ローサイド側のFKI06051は出力する極性が変わるときにだけ制御し、ハイサイド側のIRF4905をPWM信号で制御しています。「用語説明」の「H型ドライブ回路」をご参照ください。

キットで使用しているMOSFET「IRF4905」は最大74Aまで、また「FKI06051」(またはTK7R4A10PL)は最大69A(後者は50A)まで駆動できます。しかし、MOSFETからネジ式ターミナルへ電流が流れるプリント板のパターンはおおむね5Aが限界です。MOSFETはそれぞれ0.02Ω、0.005Ωの抵抗を持っているため、その電流に比例して、少し熱くなりますが(消費電力=電流×電

流×抵抗。電力は熱として放出される)、最大5Aとしているので、空冷ファンなどは基本的に不要です。

注意:上記のとおり、基板のパターン幅、MOSFET の内部抵抗値、端子の最大電流から、最終的にこの装置で出力できる絶対最大電流は「7A」となります。ご注意ください。

◆組み立て手順:

組み立てる前に、部品リストの部品が入っているか確認してください。

各部品の取り付け方法、PCBのシルク印刷の見方、抵抗値の読み方などは、WEB上の「電子工作便利ノート」(PDF)を参照してください。

最初に、背の低い部品(抵抗、ダイオード)をハンダ付けし、次にコンデンサーをハンダ付けしてください。

IC、電解コンデンサー、ダイオード、LED、トランジスタには極性、向きがありますので基板上の白い印刷(シルク印刷)に注意して取り付けてください。ICとそのソケットに1番ピン側を示すヘコミがあり、PCB上にわかりやすくシルク印刷されています。

電解コンデンサーの極性はPCB上にシルク印刷されていますので、注意深く確認し、リードを挿入しハンダ付けしてください。

LEDはカソード側に直線が描かれています。LEDの線が短いほうがカソードです。

トランジスタはその形状を示す半円が描かれていますのでその印字に向きをあわせてハンダ付けしてください。

最後にMOSFETをヒートシンクに仮止めし、プリント基板に挿入して位置を確認し、再度プリント基板から取り外し、しっかりとねじ止めしてから再度プリント基板に挿入し、ハンダ付けします。

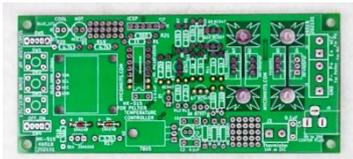
電源を接続する前に、もう一度部品の極性を確認してください。

詳細な組み立て手順:

注意:抵抗、ダイオード(1N4007)は基本的に10.16mm(0.4インチ、400mil)幅に曲げて実装します。小型ダイオード(1N4148)だけは7.62mm(300mil)幅に曲げて実装します。写真では便利なピン曲げツール(Sanhayato, RB-5)を使用しています。



●小型ダイオード 1N4148 を 2 個実装します。極性(向き)がありますので注意してください。カソード側に黒い帯が印字されています。



●1/4W のカーボン抵抗と金属皮膜抵抗(R16、R17)をハンダ付けします。基本的にカーボン抵抗は茶色(クリーム色)、金属皮膜抵抗は青色で、その上に抵抗値を示す色の付いた帯が印字されています。例えば 1kオームは茶黒赤。カーボン抵抗は値を示す帯は 3 本ですが、金属皮膜抵抗は 4 本です。

注意してください。色と抵抗値の関係は WEB 上の「電子工作便利ノート」(PDF)をダウンロードしてご参照してください。



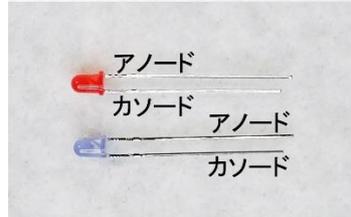
●ダイオード(1N4007)3本を向きに注意してハンダ付けします。カソード側に白い帯が印字されています。



●セラミックコンデンサー0.1uF(104)(青色、または茶色)4 個をハンダ付けします。



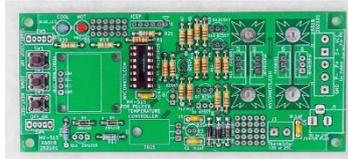
●青色と赤色の LED をハンダ付けします。極性があります。長いリード線がアノード、短いリード線がカソードです。プリント基板の LED の図にはカソード側に直線が描かれています。



●IC ソケットをハンダ付けします。IC とそのソケットには 1 番ピン側を示すヘコミがあり、PCB 上にもわかりやすくシルク印刷(白い印字)されています。

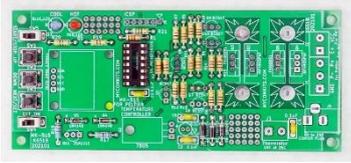


●タクトスイッチ 3 個(押ボタンスイッチ)をハンダ付けします。L

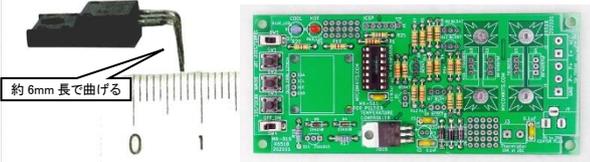


●スライドスイッチ 2 個をハンダ付けします。

MK-515 零下から高温まで制御。保温・保冷・培養に最適。ペルチェ素子用 PWM 方式温度コントローラキット



●電圧レギュレータIC「7805」をハンダ付けします。ハンダ付けの前に写真のように必ずリード線を90度曲げてください。ハンダ付けてから曲げることは不可能です。



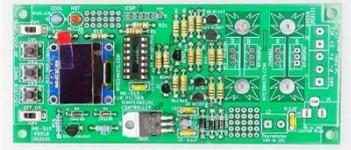
●OLED(有機LED)表示器をハンダ付けします。OLED表示器は、できるだけプリント基板と水平になるように取り付けてください。リード線は太いのでしっかりしたニッパで切断してください。



●トランジスタBC547を4個、BC557を2個、2SA1015を1個ハンダ付けします。すべて同じ形なので注意して素子に書かれている名前を虫メガネで確認してください。**注意：極性がありますので、正しい位置に、向きに注意して挿入しハンダ付けしてください。プリント基板にトランジスタの型番が印字されています。トランジスタの向きを示すために半円の形状がプリント基板に印刷されています。誤ると通電時に発火、発熱、する場合があります。**



●電解コンデンサー47uFを1個ハンダ付けします。電解コンデンサーの極性(プラス記号)はPCB上にシルク印刷されていますので、注意深く確認し、リードを挿入しハンダ付けしてください



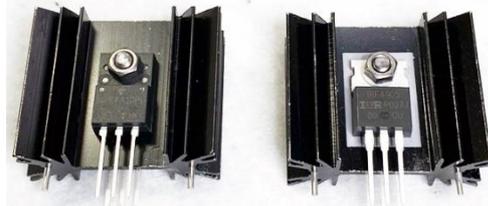
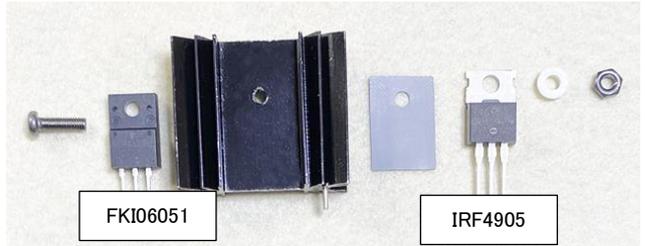
●MOSFET4 個をヒートシンク 2 個に取り付けます。**注意：まだハンダ付けしません。**MOSFET は 2 種類、4 個使用しています。異なる MOSFET IRF4905 と FKI060511(または TK7R4A10PL など)をペアにしてヒートシンク(黒色の放熱板)にねじ止めします。

注意：使用する MOSFET とその向き、そしてネジの向きが重要です。慎重に写真を見ながらねじ止めしてください。ネジの向きを誤るとネジをしっかりと締めることができなくなる場合があります、また MOSFET が故障したときに交換が難しくなります。

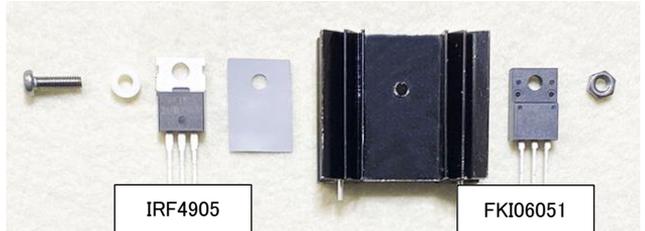


注意：ネジ穴が開いている部分が金属製の IRF4905 を取り付けるときは絶縁ワッシャと絶縁シートを同時に取り付けます(写真参照)。

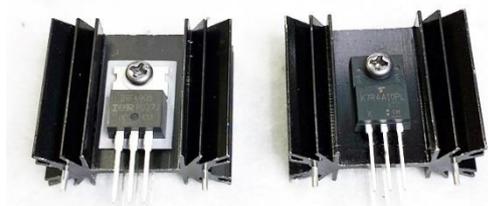
1 つのヒートシンクには下の写真のとおり、ネジ→FKI060511(または TK7R4A10PL など)→ヒートシンク→絶縁シート→IRF4905→絶縁ワッシャ→ナットの順にゆるく取り付けます(仮止め)。



もう1つのヒートシンクには下の写真のとおり、ネジ→絶縁ワッシャ→IRF4905→絶縁シート→ヒートシンク→FKI060511(または TK7R4A10PLなど)→ナットの順にゆるく取り付けます(仮止め)



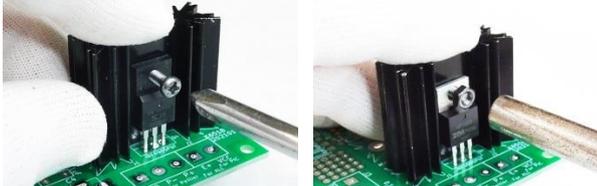
MOSFETを最適な位置に配置し、まっすぐに下向きに取り付けてください。



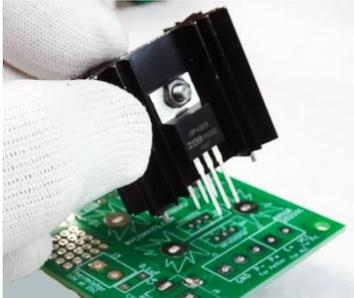
確実にまっすぐ下向きに取り付けるために、そのヒートシンクを

一時的にひとつずつプリント基板に挿入し、ネジをしっかりとめるという方法もあります。同じ作業を2つのヒートシンクに対して行います。

↓ビス側をしっかりとめる ↓ナット側をしっかりとめる



↓ヒートシンクに対してまっすぐに取り付けることができます

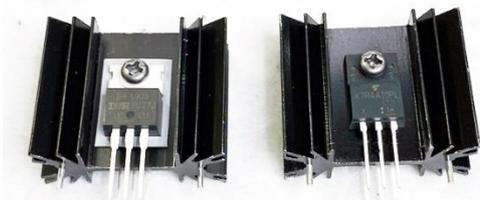


注意:ヒートシンクの固定ピン(2個)が曲がっている場合は、挿入できるようにペンチなどでまっすぐにし、挿入してください。

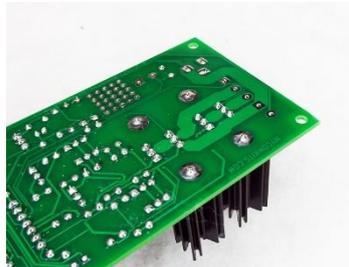
注意:フィンの一部に曲げやキズがある場合があります。性能には影響しません。ご容赦ください。

注意:まだハンダ付けはしません。

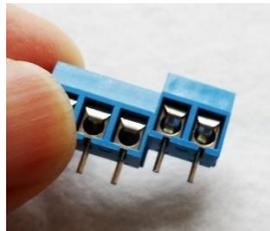
MOSFETがしっかりとねじ止めされたヒートシンク2個。下の写真のようにひとつはネジの頭とFKI060511(またはTK7R4A10PLなど)が見え、もうひとつにはネジの頭とIRF4905が見えます。異なる場合は再度正しく取り付けてください。



●ヒートシンク2個をプリント基板にハンダ付けします。**注意:**向きがあります。プリント基板に印字されているMOSFETの型番とヒートシンクに取りつけられたMOSFETの型番(素子に印字されています。虫メガネで確認してください)と一致させ、挿入し、MOSFETのリード線とヒートシンクの固定ピン(2個)をハンダ付けします。



●ターミナルブロック(ネジ式端子)2個(3極と2極)をハンダ付けする前に側面の溝にスライドさせて組み合わせます。残りのターミナルブロック(2極)はJ31にハンダ付けします。DCジャックをハンダ付けします。



●最後にICソケットにPICマイコンを向きに注意して挿入します。ICの1番ピン側にクボミ(ヘコミ)があります。プリント基板にも同様の印字があります。タクトスイッチに専用のキャップを上から少し押し込んで取り付けます。最後にOLED表示器の保護用ビニール(赤色などのタブが付いています)を取り除いてください(そのままでも使用可能です)。



◆トラブルシューティング(動かない場合)

組み立て後に動作しなかった場合、90%以上のケースで部品取り付けミスまたはハンダ付け不良が原因です。正しい位置に正

しい部品が実装されているか再度、虫メガネなどを使用して確かめてください。

明るい照明の下で、再度部品名とそのハンダ付け部分を確認してください。ハンダ付け部分はピカピカ輝いてますか？

パッド間にハンダブリッジがありませんか？

ICピンが、ICの内側に曲がっていませんか？キチンとソケットに刺さっていない場合があります。ICソケットにICを差し込むときによくこのトラブルを起こします。

部品表 - MK-515

抵抗 (5%, 1/4W)

1KΩ (茶、黒、赤) R1、4、11、14、15.....	5
2.2KΩ (赤、赤、赤) R2、13.....	2
10KΩ (茶、黒、ダイダイ) R3、7、8、12.....	4
100Ω (茶、黒、茶) R5、6、9、10.....	4
56kΩ 金属皮膜 1%(緑、青、黒、赤) R16.....	1
3.3kΩ 金属皮膜 1%(ダイダイ、ダイダイ、黒、茶) R17.....	1
4.7kΩ (黄、ムラサキ、赤) R19、20.....	2
560Ω (緑、青、茶) R21.....	1

コンデンサー

0.1uF(104) 無極性 C1、2、4、5.....	4
47uF 電解コンデンサー C5.....	1

半導体

LED(赤色、3mm、発光ダイオード) D1.....	1
LED(青色、3mm、発光ダイオード) D7.....	1
ダイオード 1N4007 D2、3、6.....	3
ダイオード 1N4148 D4、5.....	2

トランジスタ BC547(または BC548) Q1、6、7、9.....	4
トランジスタ BC557 Q8、10.....	2
トランジスタ 2SA1015 Q11.....	1
Pch MOSFET IRF4905 Q2、4.....	2
Nch MOSFET FKI060511(または TK7R4A10PL) Q3、5.....	2
プログラム済みマイコン IC 16F18326(または相当品) U1.....	1
電圧レギュレータ IC LM7805(または相当品) U2.....	1

その他

OLED(有機 LED, 0.96 インチ)表示器 DS1.....	1
タクトスイッチスイッチ(4ピン) SW1、2、3.....	3
タクトスイッチスイッチ用キャップ.....	3
スライドスイッチ SW4、5.....	2
IC ソケット, 14 ピン(U1 用).....	1
ターミナルブロック(2極、ネジ式、つないで使用).....	2
ターミナルブロック(3極、ネジ式、つないで使用).....	1
MOSFET 用ヒートシンク(34X30X12mm) HS1、2.....	2
DC ジャック(軸径 2.1mm、外径 5.5mm) J5.....	1
ケーブル付き薄型サーミスタ(温度センサー).....	1
ネジ(3x10mm、または 3x8mm).....	2
ナット(3mm 用).....	2
絶縁ワッシャ(白).....	2
絶縁シート(灰).....	2
MK-515 プリント基板(K651B)(サイズ 131x57x32mm).....	1

注意: 半導体(トランジスタ、IC など)は、性能向上のため、または入手困難のため、予告なく変更する場合があります。ご容赦ください。不明な点がありましたらサポート担当 (support@mycomkits.com)にお問い合わせください。

注意: フィンの一部に曲げやキズがある場合があります。性能には影響しません。ご容赦ください。

問合せ先

関連する詳細資料は以下のマイコンキットドットコムの WEB サイトから入手してください。 <https://www.mycomkits.com>
不明な点は下記の Email アドレスにお問い合わせください。
support@mycomkits.com

MK-515 零下から高温まで制御。保温・保冷・培養に最適。ペルチェ素子用 PWM 方式温度コントローラキット

外観

