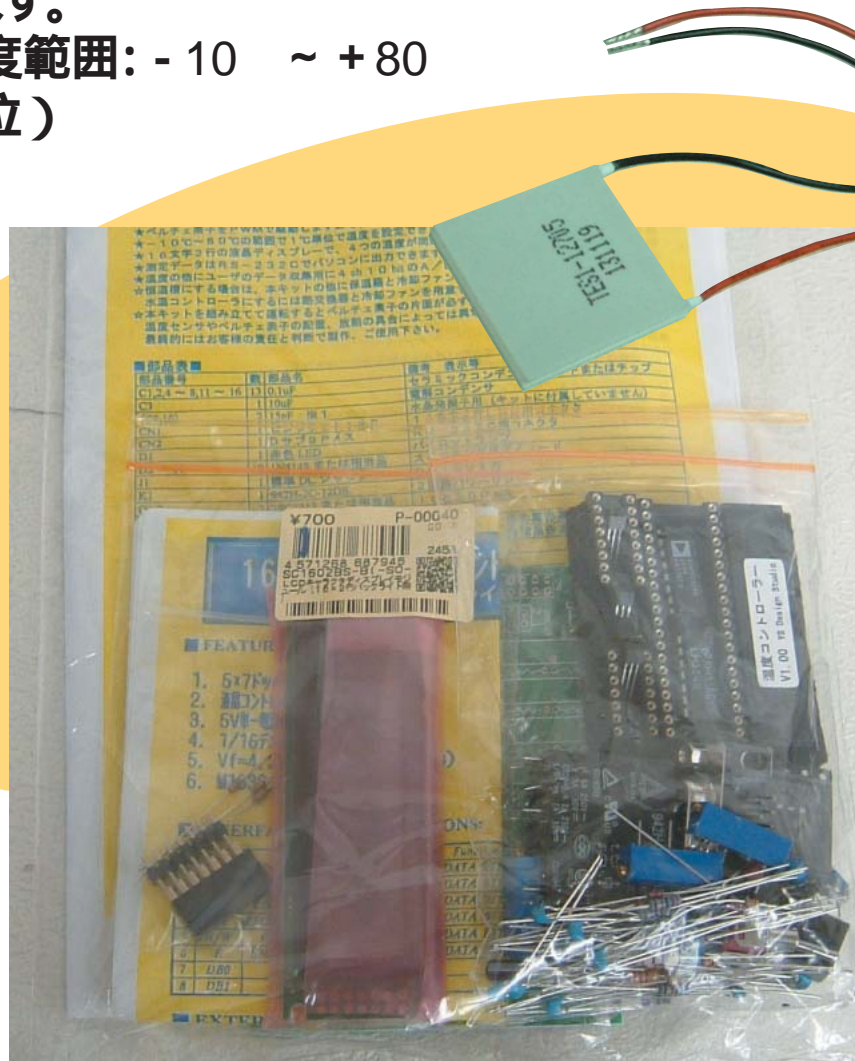


恒温槽や水温コントローラが作れる ペルチェ温度コントロールキット (ACアダプタ付)

PIC16F877A-I/Pを使ったペルチェ温度コントローラキット
S8100B温度センサを3個使用

0.1 分解能のPI(比例・積分)制御でコントロールします。
16x2行LCDに設定温度・気温・対象物温度・容器温度を表示
冷却・加熱の両方が行えます。ペルチェ素子はFETをPWMで
駆動します。

設定温度範囲: -10 ~ +80
(1 単位)



恒温槽や水温コントローラが作れる

温度コントロールキット

PIC16F877A-I/P, ペルチェ素子 3 個使用

- ★PIC16F877A-I/Pを使用した温度コントロールキットです。
- ★温度コントロールの演算は0.1℃分解能のPI制御で行います。
- ★ペルチェ素子をPWMで駆動しますので、加熱も冷却も可能です。
- ★-10℃～80℃の範囲で1℃単位で温度を設定できます。
- ★16文字2行の液晶ディスプレイで、4つの温度が同時に表示できます。
- ★測定データはRS-232Cでパソコンに出力できます。
- ★温度の他にユーザのデータ収集用に4ch10bitのA/D出力が使用できます。
- ☆恒温槽にする場合は、本キットの他に保温箱と冷却ファン(CPUクーラー等)を、水温コントローラにするには熱交換器と冷却ファンを用意する必要があります。
- ☆本キットを組み立てて運転するとペルチェ素子の片面が必ず発熱します。温度センサやペルチェ素子の配置、放熱の具合によっては異常な高温になる恐れがあります。最終的にはお客様の責任と判断で製作、ご使用下さい。

■部品表■

部品番号	数	部品名	備考 表示等
C1,2,4 ~ 8,11 ~ 16	13	0.1uF	セラミックコンデンサ。リードまたはチップ
C3	1	10uF	電解コンデンサ
(C9,10)	2	15pF ※1	水晶発振子用 (キットに付属していません)
CN1	1	ピンソケット14P	16文字2行LCD用コネクタ
CN2	1	Dサブ9Pメス	RS-232C用コネクタ
D1	1	赤色LED	パイロットランプ
D2 ~ 11	10	1N4148 または相当品	スイッチング用ダイオード
J1	1	標準DCジャック	DC19V入力
K1	1	942H-2C-12DS	2回路パワーリレー
Q1,2	2	2SC1213 または相当品	Ic ≥ 500 mA
Q3	1	IRFW540A または相当品	パワーFET
R1,2,4,5,7,8,10	7	22k Ω 金皮	金属皮膜抵抗 赤赤黒赤茶
R3,6,9,11	4	27k Ω 金皮	金属皮膜抵抗 赤紫黒赤茶
R18,19,20	3	10k Ω	1/6W 茶黒橙金
R12,13,16	3	1k Ω	1/6W 茶黒赤金
R14	1	47 Ω ※2 P.5 参照	1W 橙橙黒金
R15,17	2	220 Ω	1/4W 赤赤茶金
S1,2,3	3	S8100	温度センサ
SW1,2	2	トグルスイッチ3P	電源スイッチ、画面切替スイッチ
SW3,4	2	タクトスイッチ	赤、青。温度設定用
U1	1	78L05 または相当品	5V三端子レギュレータ
U2	1	LM324 または相当品	4回路入りオペアンプ
U3	1	PIC16F877A-I/P	温度制御ソフト書込済
U4	1	ADM3202 または相当品	RS-232C用
VR1	1	5kVR	多回転横型半固定抵抗 502
VR2 ~ 4	3	2kVR	多回転横型半固定抵抗 202
VR5	1	20kVR	半固定抵抗 203
X1	1	10MHz ※1	コンデンサ内蔵セラミック発振子
U2用	1	ICソケット14ピン	
U3用	1	ICソケット40ピン	
U4用	1	ICソケット16ピン	
P1 ~ 3	3	ペルチェ素子5Aタイプ	
	1	SC1602BS - B	16文字2行LCD
	1	両面基板	72×94 mm
	1	19V3.2A	ACアダプタ(セットにより付属しない場合あり)

温度制御方式：P I（比例、積分）制御

加熱冷却素子：ペルチェ素子×3

駆動方式：PWM（ペルチェ、ファン共）

温度極性切替：リレー（自動切替）

設定温度範囲：-10℃～80℃

測定温度範囲：-10℃～92℃

表示温度：S、A、B、C（設定温度、気温、対象物温度、容器温度）

対象物：約100J/℃（水なら24g）以上（小さ過ぎると目標温度に収束しにくくなる）

最大熱流量：1ペルチェ素子あたり吸熱34W（J/sec）、発熱51W ×3素子（計算値）

制御間隔：1秒

分解能：10ビット（0.1℃が1ビットに対応） 基準電圧2.800V標準

入力電圧範囲：0～基準電圧

電源電圧：19VDC

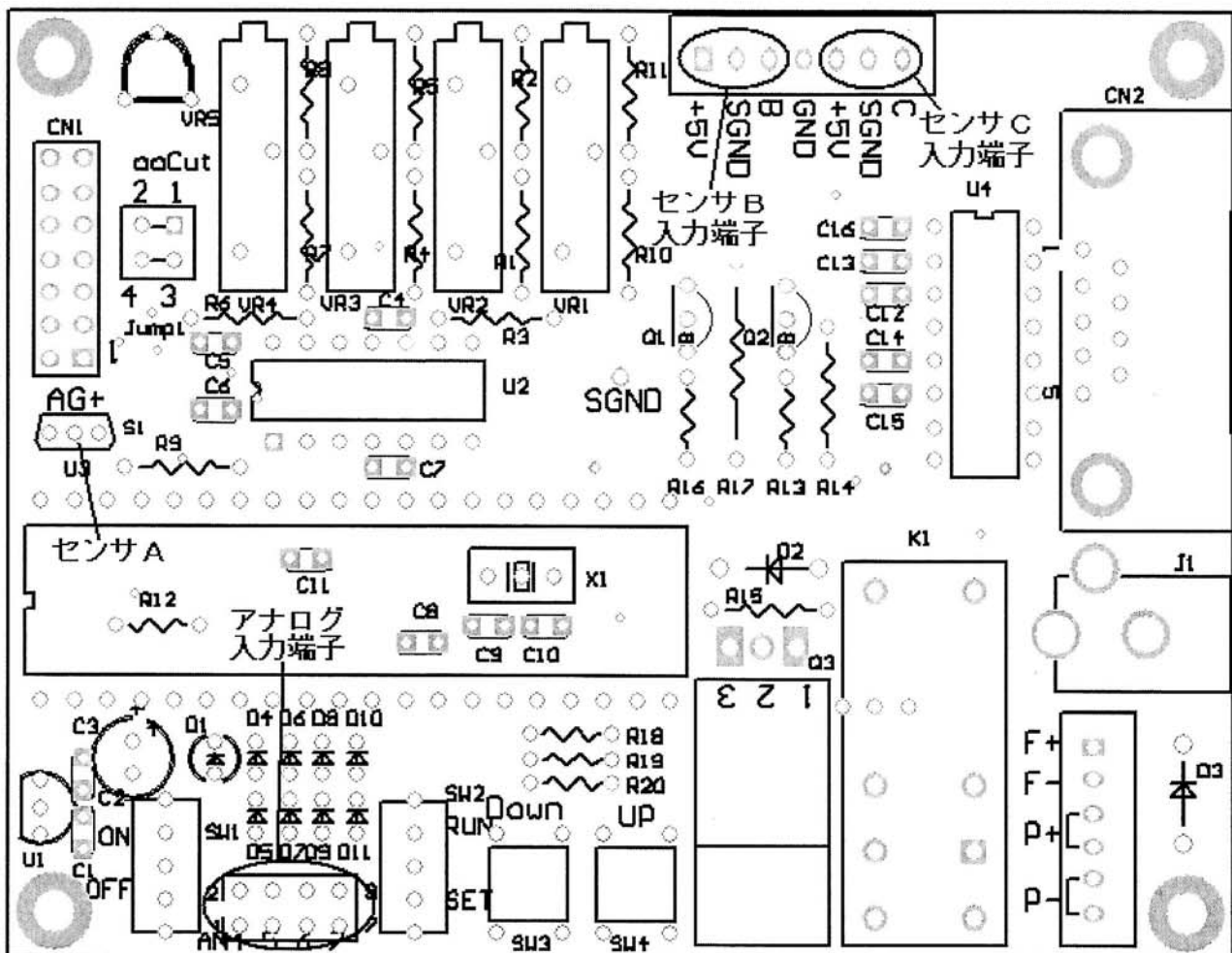
消費電力：51WDC（ファンを除く計算値）

ACの消費電力はアダプターの変換損失分を加える。

■製作■

○本体基板の組立 基本的に、背の低い部品から取り付けていきます。

- 1, 抵抗器 R1～R20 を取り付ける。
- 2, X1, D2, 3 を取り付ける。
- 3, C1, C2, C4～C8, C11～C16 を取り付ける。
- 5, U2, 3, 4用ソケット、D4～D11, Q1～3, U1, S1, D1, C3 を取り付ける。
- 6, SW3, 4, VR1～5, CN1, 2, J1, SW1, 2 を取り付ける。
- 7, K1 を取り付ける。



★動作不良原因の99%は部品の付け間違いかハンダ付けの不良です。極性のある、温度センサ、ダイオード、トランジスタ、IC、電解コンデンサには特に注意して下さい。

★隣り合ったランドが接近しているところがありますので、ハンダや部品の足でショートしないよ

うに気を付けて下さい。

★ベタアースになっているSGNDに接続された部分はハンダ鍍の熱が逃げやすいので、ハンダが溶け込むように注意をして、必要に応じて大きなハンダごてでハンダ付けを行って下さい。

○LCDの組立

LCD附属の14Pピンヘッダ（オス）をLCDの画面の裏側にハンダ付けします。

○ジャンパー-jump1の使い方

附属LCD SC1602BS-Bをご使用の場合は何もしません。

SC1602BS-B以外のLCDを使用する場合で、電源ピンの配置が異なる場合は部品面のooCutのoで囲まれた2箇所の部分のパターンをカッターナイフ等でカットし、jump1の1と2、3と4の2箇所を接続します。

○動作確認の注意点

- ・基板の組立が終わったら、部品の組み付けと極性をもう一度チェックしてU2, 3, 4を差し込む前に5VとSGNDの間がショートしていないことをテスタで確認します。
その後ACアダプターをJ1に接続し、SW1を上にしてD1が点灯することを確認します。
電源を取り外してからU2, 3, 4の取り付け方向を良く確認して差し込んで下さい。
- ・CPUの動作確認は、基板上の部品に加えて温度センサまでを全て取り付けて行って下さい。
U4と周辺部品も取り付けていないとソフトは正常に動作することはありません。

○ペルチェ素子周辺の組立

ペルチェ素子の電氣的な配線は必ず3つを直列に接続して下さい。

ペルチェ素子の配置は自由に行えますが、基本的には直列か並列の何れかになります。

恒温槽のように大きな温度変化が欲しい場合には直列が、

水槽の温度コントロールのように多くの熱量を移動させたい場合には並列が向いています。

冷却のために直列に配置する場合は、

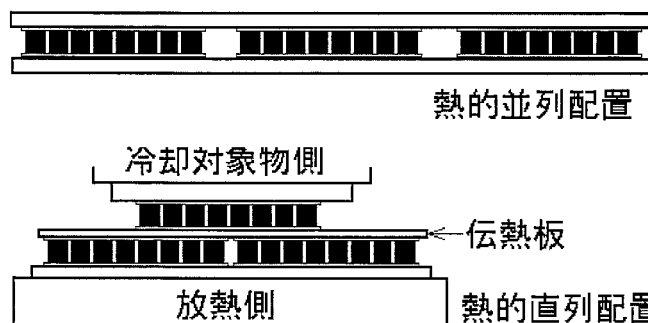
3つ全てを直列にするのではなく、

ピラミッド状に3つを配置して、

1素子の側を冷却する対象物に、

2素子の側を放熱ファンに密着させて下さい。

ペルチェ素子の裏表は、結線した上で試運転を行い、素子の温度変化を見て決定して下さい。



○センサの配置

センサを固定する前に調整を済ませておきます。センサCは

制御のための温度情報をフィードバックする重要なセンサですので、温度を一定に保ちたい目標の点に密着させて下さい。恒温槽であれば槽の内側の壁面で、ペルチェ素子に近い位置が適当です。

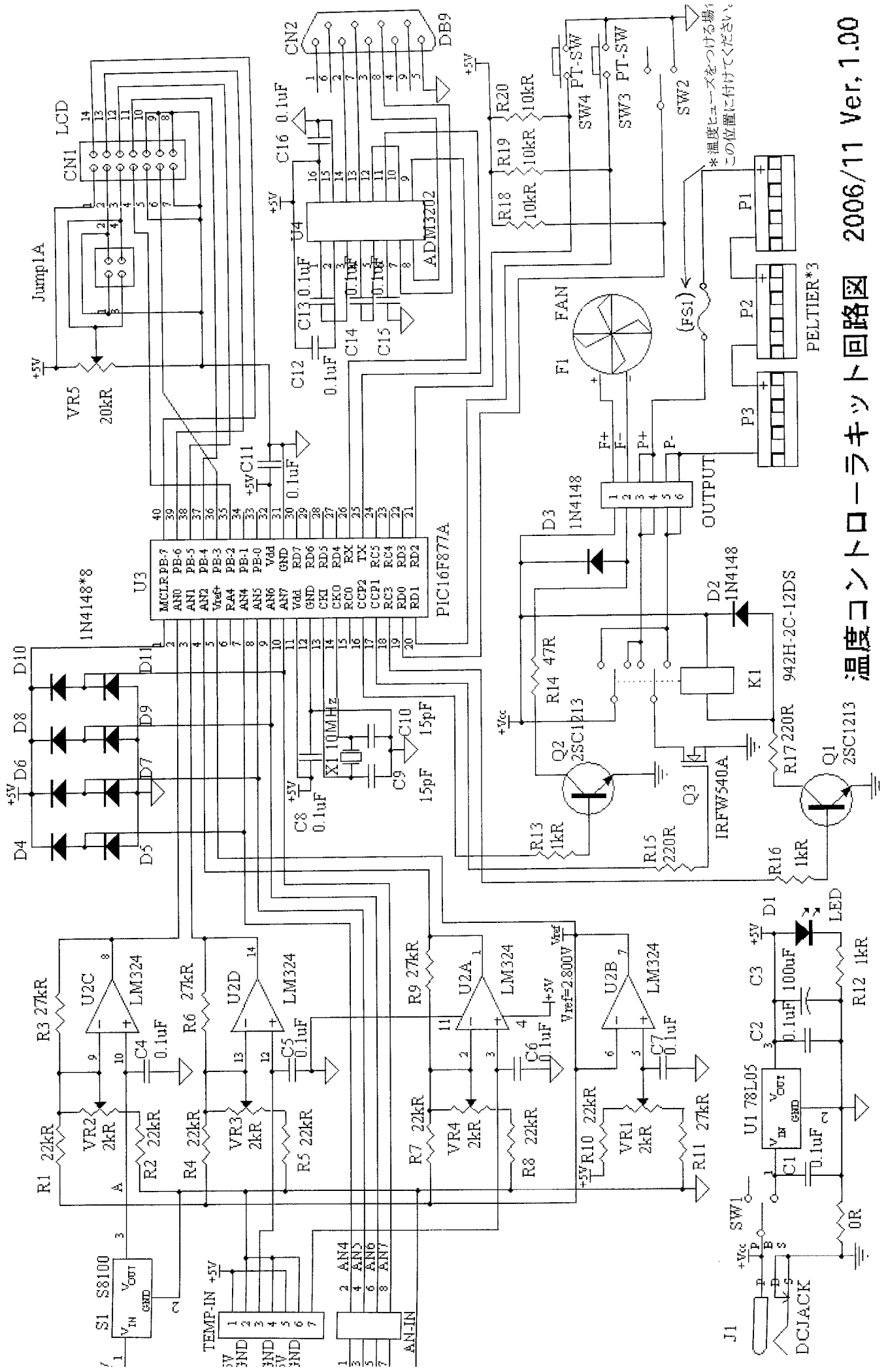
このセンサをペルチェ素子から遠い点に置くと、素子の温度情報が正しくフィードバックされずにペルチェ素子の付近で過剰に加熱や冷却がなされ、危険な状態になる恐れがあります。

センサBは温度を観測したい目標物に取り付けます。

○対象物を加熱冷却する構造の設計・製作にあたっての留意点

ペルチェ素子の説明書を熟読して、素子の性質を良く理解した上で行って下さい。ペルチェ素子は特に冷却に使用する場合は定格電流に対して軽い条件で使用した方が効率が良くなります。

本キットでは最大で2.6Aを流します。この時の1素子当たりの吸熱量は計算上で3.4W、素子単体での表裏の温度差は計算上で5.2℃になります。



* 温度ヒューズをつける場合、この位置に付けてください。

温度コントローラキット回路図 2006/11 Ver. 1.00

■調整方法■

- 1, LCDコントラストの調整
VR5を廻して、LCDの文字が見やすいコントラストに合わせます。
- 2, 基準電圧の調整
基板中央のSGNDを基準にしてU2-7ピンの電圧が2.80VになるようにVR1を調整します。
- 3, センサAの調整
基準になる温度計を用意して、室温センサS1の位置の温度を測定します。
使い方の1～5を参考にしてLCDに温度を表示させ、Aの数字が基準の温度に一致するようにVR2を調整します。
- 4, センサB、Cの調整
センサB、CをセンサAの近くに寄せて、センサB、Cの表示がセンサAと一致するようにVR3, 4を調整します。

○本キットの温度測定部の問題点と対応

温度センサの誤差には大別して、原点(オフセット)の誤差、感度の誤差、直線性の誤差があります。これらを全て補正するためにはセンサ毎の補正データマップが必要になりますが、簡便な装置では全てには対応できませんので、本機では主として原点の誤差を補正する調整部を設けています。原点の補正をした場合には、調整した温度付近では比較的正確な値が得られますが、感度や直線性の誤差により調整した原点から離れた温度域では測定値の誤差が大きくなります。このため、主として使う温度域が決まっている場合は、その温度をセンサB、Cの調整の原点としてVR3, 4を調整すると実用的な誤差を少なくすることが出来ます。

■使い方■

- 1, SW1, 2を下に倒してACアダプターを接続します。
- 2, SW1を上にするるとLCDに温度設定画面が表示されます。
- 3, タクトスイッチSW4を押すと数字が上昇し、SW3を押すと減少します。
目標とする温度に設定して下さい。
- 4, SW2を上を倒すとペルチェ素子に通電が始まると同時にファンが回転を始めます。
LCDには設定温度S、室温A、対象物温度B、容器(フィードバック)温度Cが表示されます。
- 5, SW3と4を同時に長押しすると、ペルチェ素子とファンが止まります。
運転を止めて温度変化を観察するときはこのモードを使って下さい。
- 6, SW3と4を同時に再度長押しすると運転を再開します。
- 7, RS-232Cポートからは常時1回/1秒、目標温度+7ch分の測定データが垂れ流しされます。

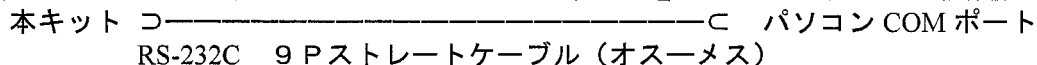
○外部入力

AN4～7はユーザのデータ収集用に設けた4ch10bitのA/Dコンバータ入力端子です。
ここに0V～基準電圧(2.80V)までの電圧を加えることで結果をRS-232Cポートから出力されます

■パソコン(Winマシン)との接続■

○ハードの接続

本機のRS-232CポートとパソコンのCOMポートをストレートケーブル(別売)で接続します。

本キット  パソコンCOMポート
RS-232C 9Pストレートケーブル(オスメス)

パソコンにRS-232Cポートが無い機種では別売のUSB・シリアル変換ケーブルをお使い下さい。

○パソコン(Winマシン)の設定

スタート→プログラム→アクセサリ→通信 から ハイパーターミナルを立ち上げます。

新しい接続の名前を例えば「温度コントローラ」と書き入れて、

接続方法でCOM1, 2・・・等のキットを接続したCOMポートを選択します。

次のポートの設定では以下のように設定します。

ビット/秒 : 9600
データビット : 8
パリティ : なし
ストップビット : 1
フロー制御 : なし

○温度設定、パラメータ設定○

通常はパラメータの変更は不要です。

1. set と打ってエンタキーを押す。
2. 設定温度を変更するか聞いてくるので、y と打ってエンタキーを押す。
変更しない場合は n を入力する。
3. 数値入力後エンタキーを押す。(−10~80)
4. kpパラメータを変更するか聞いてくるので y と打ってエンタキーを押す
変更しない場合は n を入力する。 初期値：1
5. 数値入力後エンタキーを押す。(0.1~100)
6. kiパラメータを変更するか聞いてくるので y と打ってエンタキーを押す
変更しない場合は n を入力する。 初期値：1
7. 数値入力後エンタキーを押す。(0.1~100)

定数の意味

$P(n)$ (比例出力) = $k_p * a * (\text{目標値}S - \text{実測値}C)$

$I(n)$ (積分出力) = $I(n-1) + k_i * b * I(n)$

a,bはkp,kiを調整する定数

$PI(n)$ (PWM出力) = $P(n) + I(n)$

このような関係があり、

kpを大きくすると出力の変化が大きくなる。→ 対象物が大きいときはkpを大きく。

kiを大きくすると積分する時間が短くなる。→ 対象物が大きいときはkiを小さく。

初期値で殆どの条件で温度が収束するように設定しています。

○設定した温度 とパラメータの確認方法○

1. list と打ってエンタキーを押すと設定値が表示されます。

■本キットの制御特性■

自動制御は対象物の状態（この場合は熱容量や熱伝達の具合）によっては目標温度に収めることが難しいことがあります。

制御装置は制御する対象の特性を把握した上で制御特性を決めるのが本来の手順なのですが、本キットのように対象が決まらずに制御装置を供給する場合には無難な特性にせざるを得ません。本キットでは対象の大きさに関わらず目標温度に収束できることを狙って初期値を設定していますのでペルチェの能力が充分な対象物では殆どの場合温度が収束しますが、素早い応答は出来ません。

自動制御ではPID制御にするのが一般的ですが、D（微分）動作は制御対象によっては収束の安定性に悪影響を与える可能性が大きいので、本キットではP（比例）動作とI（積分）動作のみを用いてPI制御としています。

■部品表の※■

※1：時間経過による特性変化が重要な測定用途ではX1を水晶発振子に交換してください。

その時にはC9,10を追加します。

※2：R14の決め方 使うファンによっては変更を要します。

電源電圧： V_c

抵抗に加える電圧： V_r

ファンの定格電圧： V_f

抵抗器の抵抗値： R_r

$V_r = (V_c - V_f)$

$R_r = V_r / I_f$

$W_r = V_r \times I_f$

抵抗を流れる電流： I_r

ファンの定格電流： I_f

抵抗器の消費電力： W_r

$I_r = I_f$

とすると

抵抗器の値は R_r に近いもので、 W 数は W_r とほぼ同じか大きなものを選びます。

キット標準の 47Ω は $V_c = 19V$ 、 $V_f = 12V$ 、 $I_f = 150mA$ 程度を想定しています。

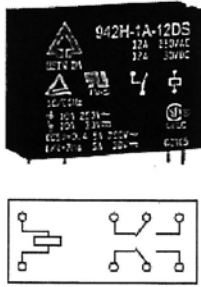
■参考文献■ ペルチェ素子使用例

トランジスタ技術 2003/11月号 P.203 ペルチェ素子の使い方とその駆動回路 森本/中野

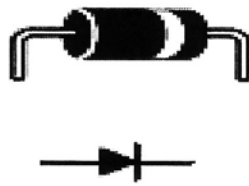
トランジスタ技術 1996/7月号 P.379 冷却にペルチェ素子を使った水温コントローラ 松林

その他、”ペルチェ”でネット検索を行ってみてください。

リレー 942H-2C-12DS



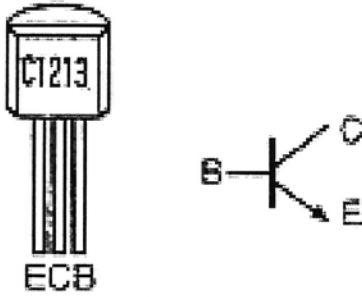
ダイオード 1N4148



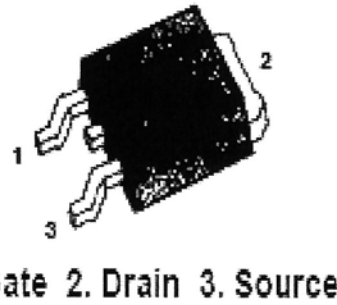
LED



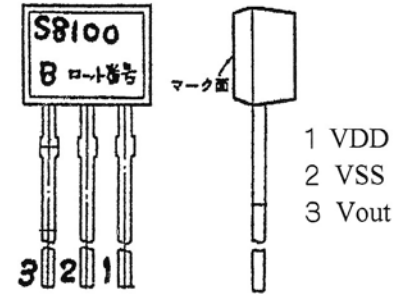
トランジスタ 2SC1213



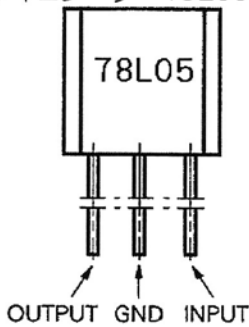
FET IRFW540A



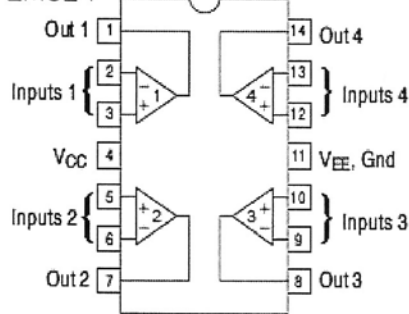
温度センサー S8100B



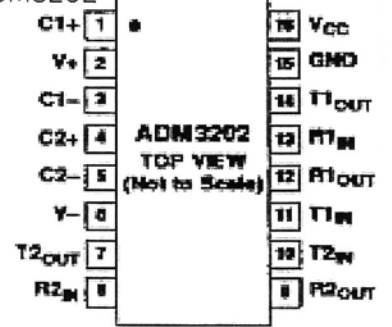
3端子レギュレータ 78L05



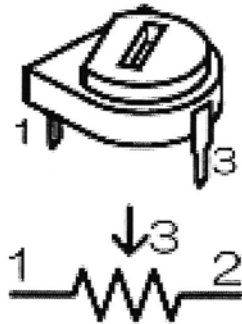
IC LM324



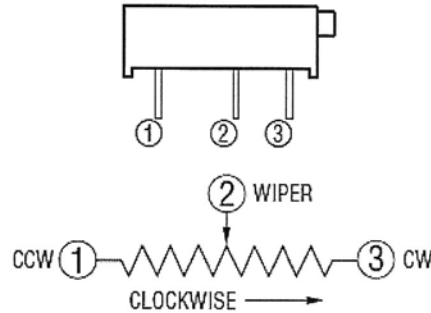
IC ADM3202



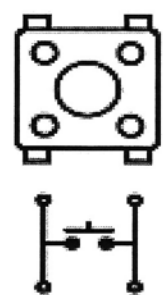
半固定抵抗 20KΩ



多回転半固定抵抗



タクトスイッチ



温度コントローラキット説明書

2006/12

■キットの部品に関するお問い合わせ■

秋月電子通商まで、往復ハガキ、または返信用切手同封の封書または下記サイトの温度コントローラキットのページにてお願いいたします。

電話、FAX、Eメールでのお問い合わせは受け付けておりません。

〒158-0095 東京都世田谷区瀬田5-35-6 (株)秋月電子通商 質問係

■技術的なお問い合わせ■

YS DESIGN STUDIO <http://www5b.biglobe.ne.jp/~YASUSI/> まで

Eメールでのお問い合わせに対して回答がQ&Aページに載ることがありますのでご了承下さい

設計：YS DESIGN STUDIO

企画：有限会社トウロッシュ <http://keromin.com/>

■恒温槽の具体例の紹介■

温度コントローラキットを使って恒温槽を作る具体例を紹介します。
キットの他に必要なものを以下に示します。

1. 金属製のケース

恒温槽の箱になる部分で、目的に合わせた手頃なサイズのものを用意します。
熱伝導の良いアルミダイキャスト製が一番簡単で性能が出しやすいでしょう。
ここでは秋葉原で買ってきた 12cm × 9cm × 6cm ぐらいのものを使いました。
小さな基板を中に入れて温度特性測定することを想定しています。

2. 放熱器、放熱ファン

CPUクーラーがサイズ、入手性から一番手頃でしょう。

ここでは Pentium III 時代の純正ファンを使いました。このファンは発熱量が 30W クラスの CPU を冷却するものですので、もっと大きなものの方が良いでしょう。

- ・放熱性能はほぼ風量に比例します。
 - ・ファンが相似形で回転数が同じなら、風量はファンの直径の 3 乗に比例します。
 - ・風量は回転数に比例します。
 - ・同じファンから出る騒音は回転数の 6 乗に比例すると言われています。
- ですから、大きなファインをゆっくり廻すのが静かで効率の良い放熱に向いています。

3. ペルチェ素子の取り付け金具

金属加工が出来ないとこの部分が一番苦勞する部分だと思います。

今回は手近にあったアルミの板とブロックにボール盤で穴空け加工しました。

4. ボルト

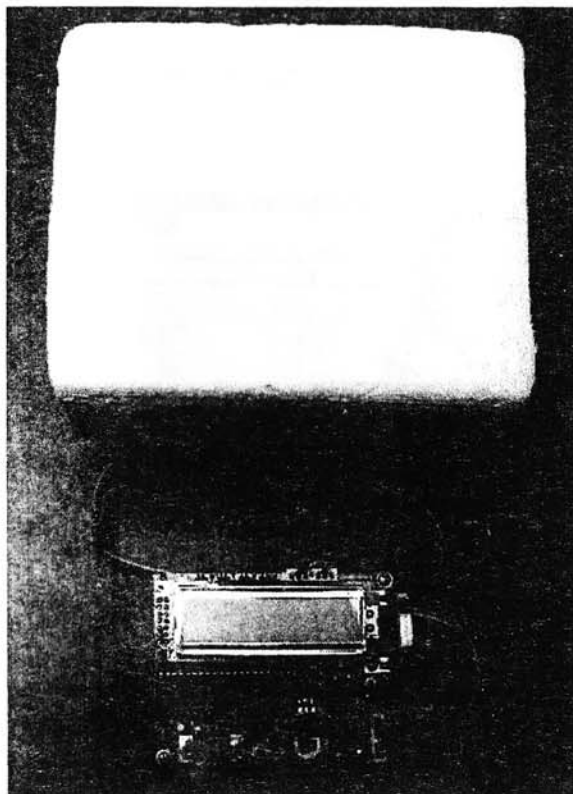
温度差が生じる金属ケースと放熱器を結ぶものですので、力を伝えて熱は伝えないことが理想です。

ここでは樹脂製のボルトがベストでしょう。ナットは安い金属製で OK です。

この他に足にするための長いボルトやスペーサも用意します。

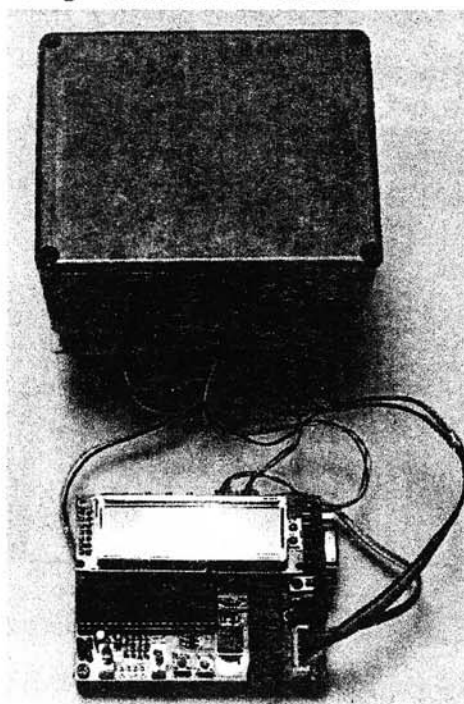
5. 断熱材： DIY ショップで売っている厚さ 2 cm 程度の断熱材が手頃です。

6. 接着剤： 断熱材を組み立てるのに使います。断熱材の材質に合わせて選んで下さい。



← fig 1 断熱材で覆った完成状態

↓ fig 2 断熱材を外した状態



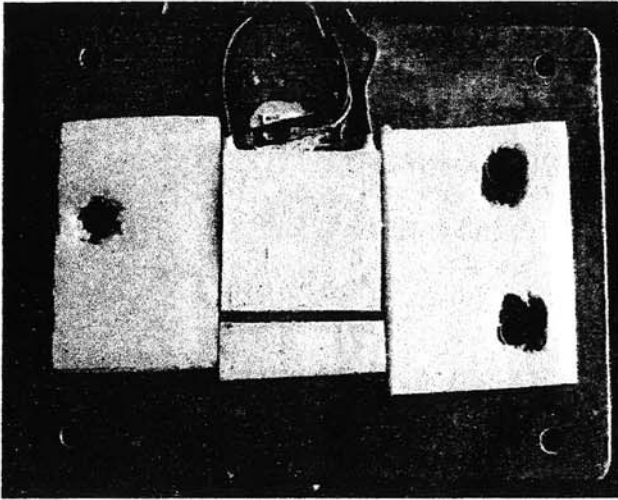


fig 3

fig 3 ケースの底面にペルチェ素子1つを密着させます。ペルチェの上に見えるのがセンサB
ペルチェ素子の周囲は同じ厚みの断熱材で覆います。

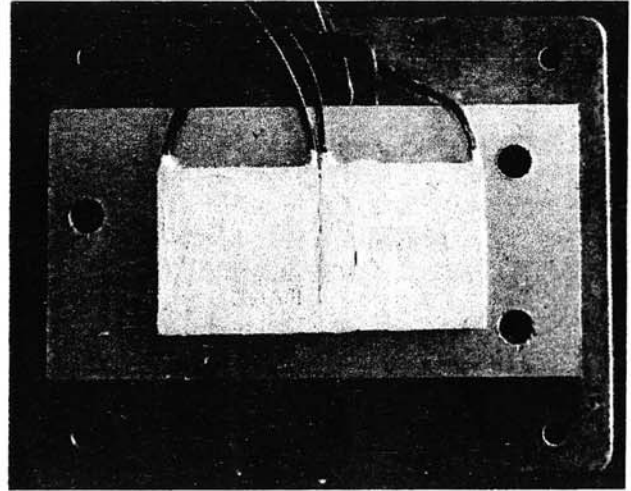


fig 4

fig 4 fig 3の上にアルミの伝熱板をはさんで更にペルチェ素子2つを密着させます。

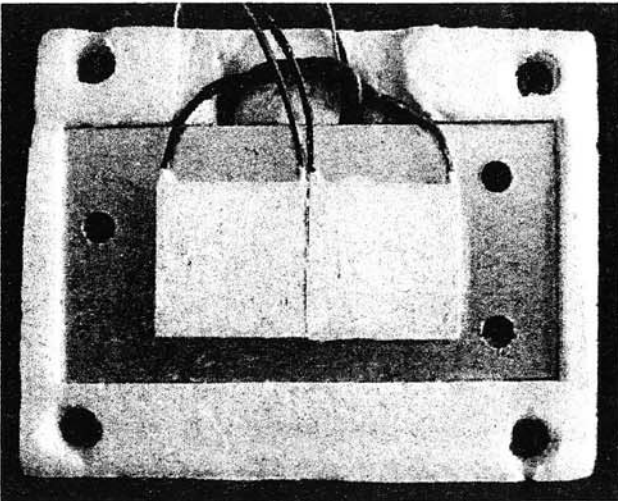


fig 5

fig 5 伝熱板の周囲も断熱材で覆います。

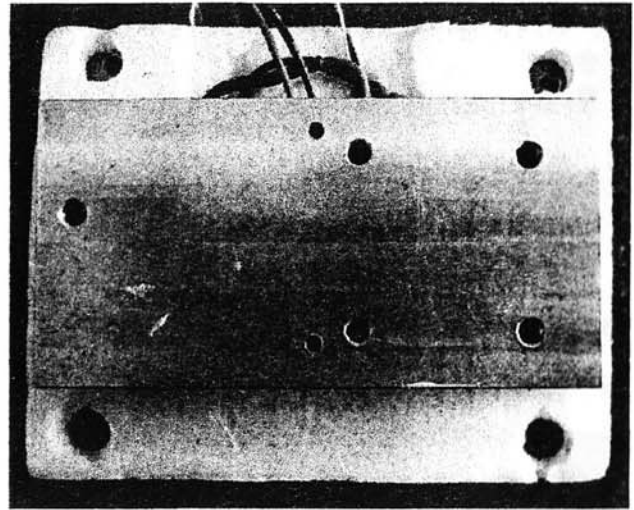


fig 6

fig 6 2枚のペルチェ素子の上にアルミブロックを乗せています。

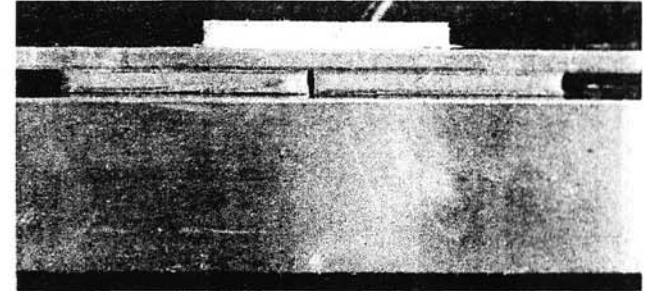
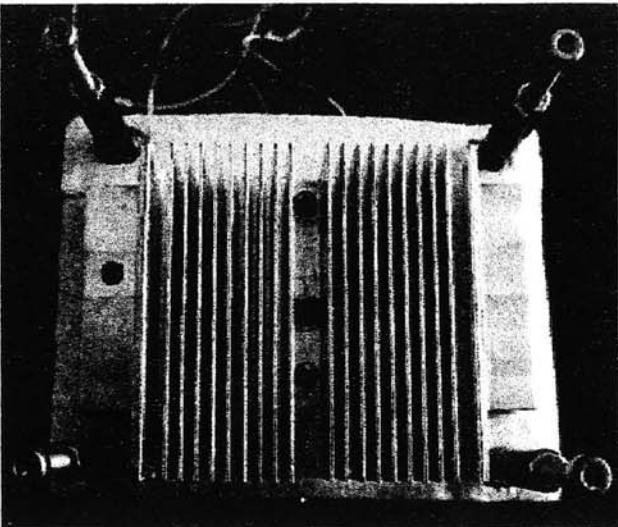


fig 8

fig 7 放熱器をアルミブロックの上に固定します。
放熱器上にファンが乗ります。
箱の四隅から足を伸ばします。

fig 8 ペルチェ素子部分の側面
上からペルチェ素子1個、伝熱板、
ペルチェ素子2個、アルミブロック。

- ・箱の部分から順番に重ねてきたアルミ部品を樹脂製のボルトで貫通して固定します。
- ・断熱材で全体をすっぽり覆うカバーを作って被せて組立は終了です。

■製作した恒温槽のデータ■

温度推移のグラフ

加熱時の温度推移

室温 25℃ 目標値 80℃

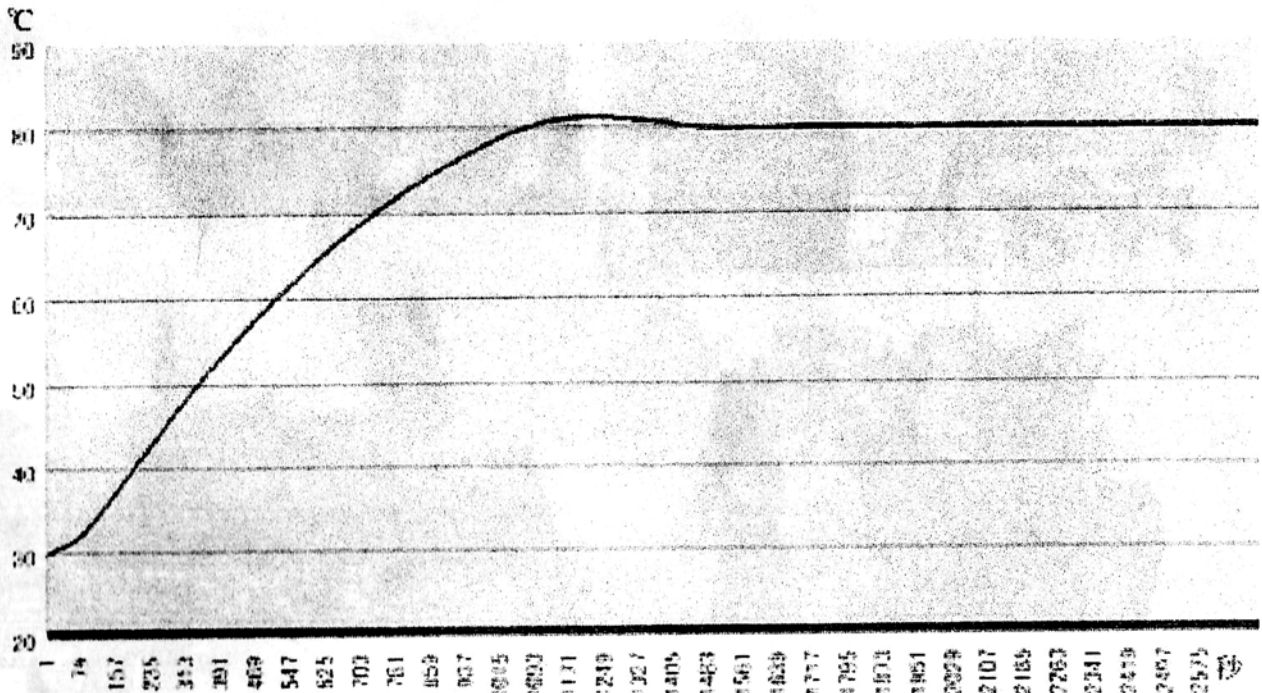


fig 9 加熱時の温度推移例

冷却時の温度推移

室温 25℃ 目標値 -2℃

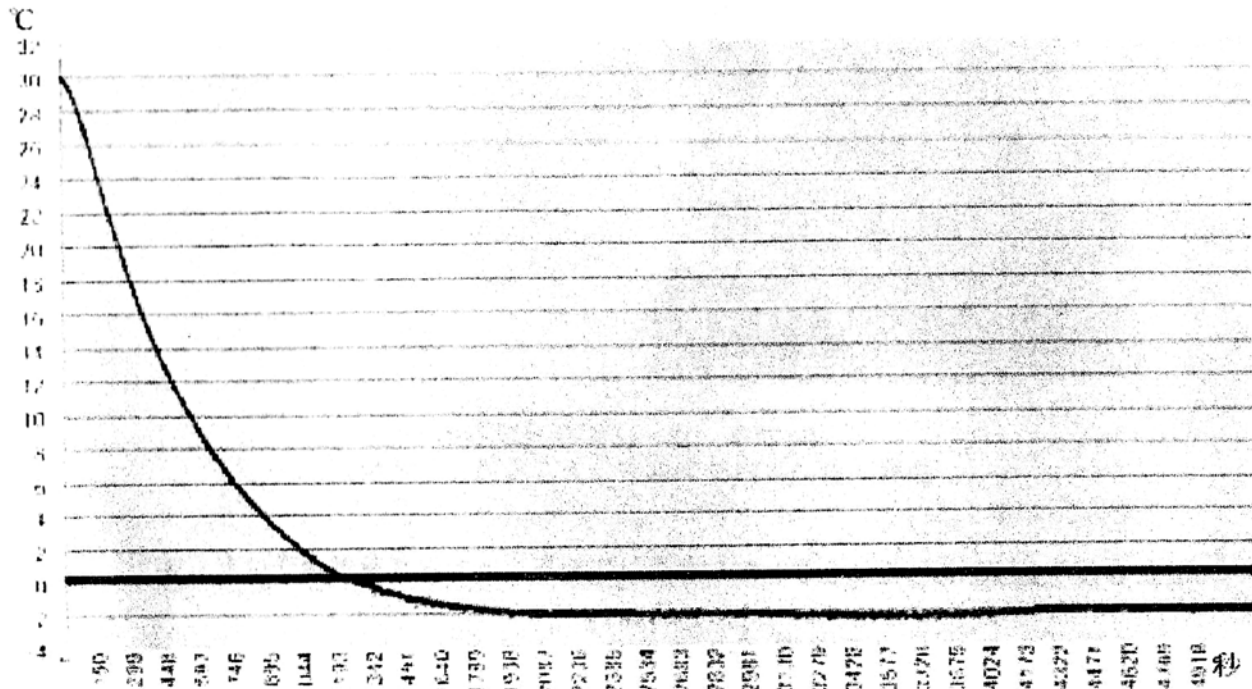


fig 10 冷却時の温度推移例

このデータは試作バラック時のものであり、キットではこれよりも温度の微小変動が減っています。

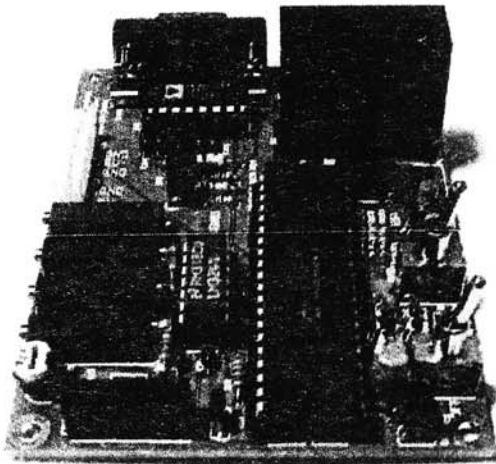
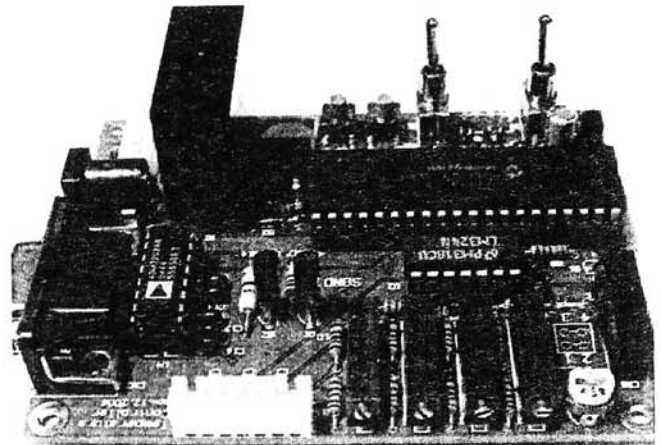
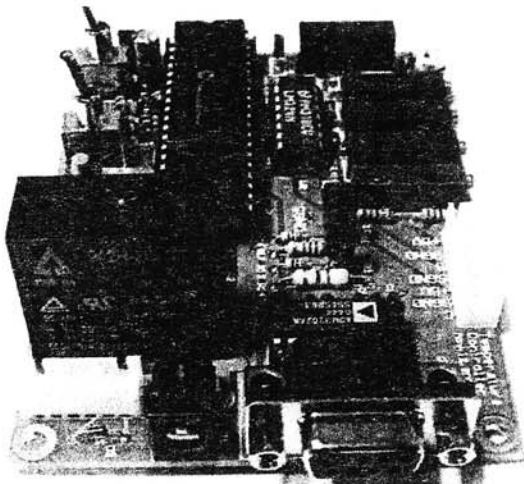
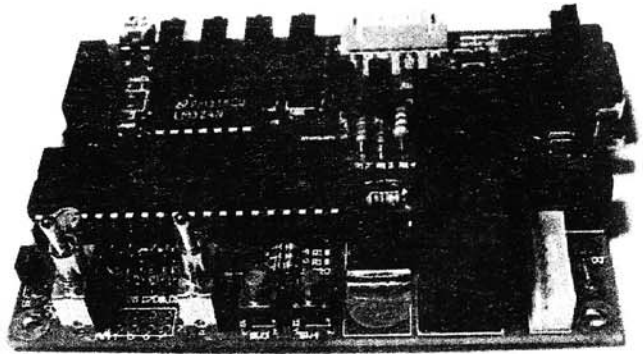
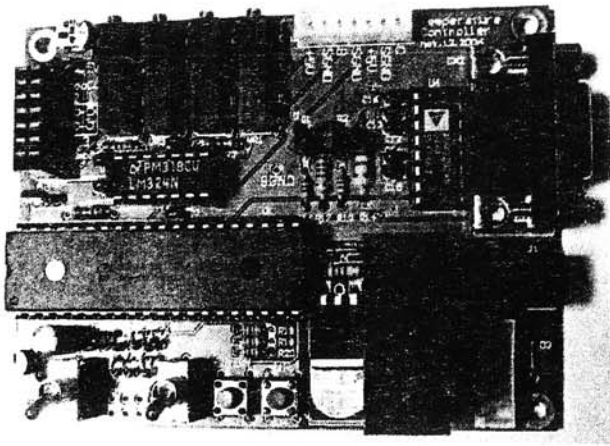


fig 1 1 ボード組立完成写真
注意：白いコネクタはキットに付属しません。

ここで取り上げたキットに含まれない部品は下記サイトで順次通信販売いたします。

YS DESIGN STUDIO <http://www5b.biglobe.ne.jp/~YASUSI/>