

# 1 溶液温度コントローラの作製

この項では、溶液温度コントローラの作製をもとに OP アンプ、トランジスタ、センサなどの使い方、及び 7 セグメント LED の表示方法について理解を深める。また回路製作においては、電源回路作製で使用したパターン化された基板ではなく市販のユニバーサル基板を使用し、各自配線を施すことで基板配線技術の習得を行う。

## 1-1 OP アンプについて

OP アンプ (演算増幅器: Operational Amplifier) とは、アナログ・コンピュータの演算用増幅素子として発達してきたもので、2つの入力端子と1つの出力端子をもつ高性能な増幅器である。しかも設計が容易であり、非常に演算誤差が少ないため手軽に高精度な演算が可能である。OP アンプの記号は、図1に示すように三角形が一般に用いられる。また、電源は普通正負の2電源が使用されるが、デジタル回路などとの相性がよいように1電源で動作するタイプもある。

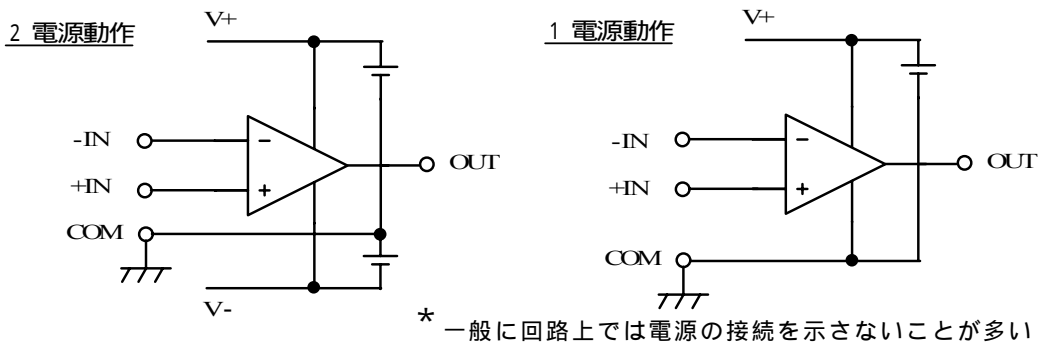


図1 OP アンプの記号

次にオペアンプの動作を理解する上で大切な考え方であるイマジナリショートとネガティブフィードバックについて説明する。

### イマジナリショート

OP アンプは実質的に無限大に近い増幅度をもった差動増幅器であり、その入・出力電圧が能動範囲内で正常に動作しているときは、+・- 両入力ピン間の電圧差は無限小、つまりゼロになるという考え方である。この考え方は、OP アンプの+・- 両入力ピン間が常に同電位である(見かけ上ショートされている)として解析できるので便利である。

### ネガティブフィードバック

これは増幅器の出力電圧を、入力電圧を打ち消す方向に加える(帰還: フィードバック)回路技術である。即ち図2において入力電圧  $V_i$  は  $R_1$  経由で、そして出力電圧  $V_o$  は  $R_2$  経由で、それぞれ - 入力に接続される。このとき出力電圧は入力電圧と位相(極性)が反対となり、 $V_i$  と  $V_o$  は互いに打ち消し合う形で - 入力に加えられることになる。これがネガティブフィードバックの考え方である。したがってイマジナリショートの考え方と合わせ図中の式が成立する。

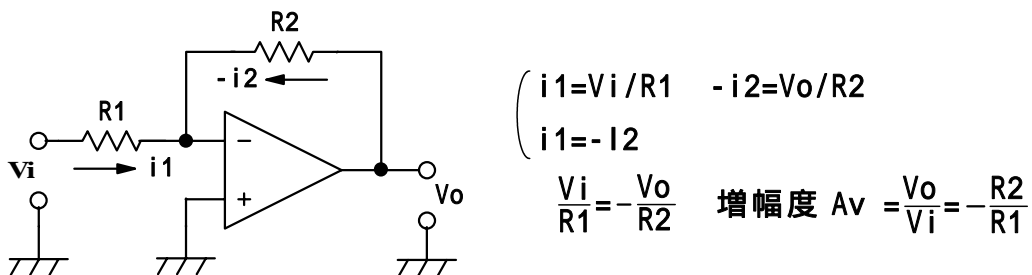


図2 ネガティブフィードバックの考え方



### 簡易リニアライズ

図5のようにサーミスタに固定抵抗を直列に接続し、これに定電圧を印加して固定抵抗の両端電圧を読む。この電圧は温度の変化と実用的な範囲で実用的な直線性を示す。

図の固定抵抗 R は次式で計算される。

$$R = (r_1 \cdot r_2 + r_2 \cdot r_3 - 2 \cdot r_1 \cdot r_3) / (r_1 + r_3 - 2 \cdot r_2)$$

ここに  $r_1$ ,  $r_3$  は直線化範囲の下限および上限でのサーミスタ抵抗、 $r_2$  は中間点でのサーミスタ抵抗をあらわす。

今回は、サーミスタを 0 ~ 50 で使用したとする。

下限、中間点、上限は、それぞれ 0、25、50 となるので、これらの温度でのサーミスタ抵抗を特性表から得ると、 $r_1 = 32.65$ 、 $r_2 = 10.0$ 、 $r_3 = 3.60$  である。これらの値を上式に代入すると  $R = 7830$  が得られる。

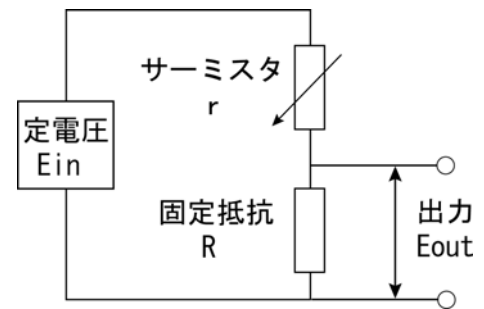


図5 リニアライズ処理回路

### 1-4 7セグメントLED表示器について

#### ！ セグメントLED

7セグメントLEDは、図6に示す様な配列で細長い発光面を持つ7個のLEDセグメントが並んでおり、複数セグメントの点灯の組み合わせで数字0~9の図形を表示しようというものである。実際に点灯させるためには、コモン端子にマイナスを、必要なセグメントの端子に抵抗を通してプラスの電圧をかけて10 mA程度の電流を流すと点灯する。これは図7に示すカソードコモンというタイプであり今回の回路で使用している。他に図8のようにアノードコモンというタイプもあり、この場合にはプラス、マイナスが逆になる。

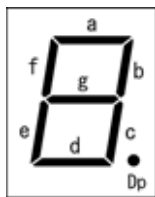


図6 7セグメントLED

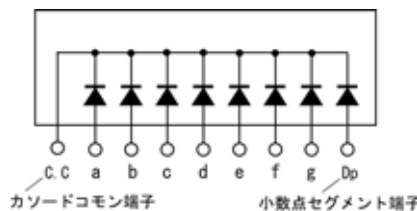


図7 カソードコモン型LED

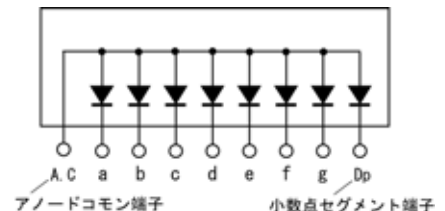
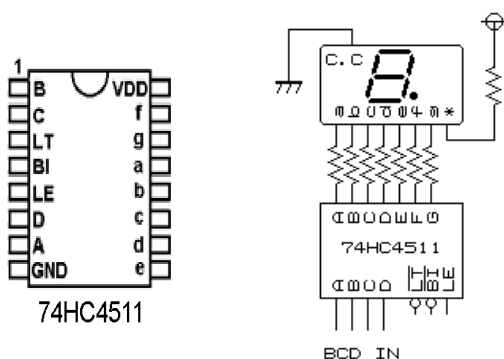


図8 アノードコモン型LED

#### 7セグメントデコーダ

7セグメントデコーダは、図9に示すように入力されたBCDコード(バイナリ)をそのコードに対応する数字のパターン出力で7セグメントLEDをドライブするものである。7セグメントLEDを直接ドライブするには、信号線が7本必要であるがデコーダを使えば4本の信号線で制御できる。今回は、PICの出力端子が不足していたためカソードコモン型LEDに対応するデコーダIC74HC4511を使用している。



数	BCDコード				7セグメント						
	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g
0	0	0	0	0	○	○	○	○	○	○	
1	0	0	0	1		○	○				
2	0	0	1	0	○	○		○			○
3	0	0	1	1	○	○	○	○			○
4	0	1	0	0		○	○			○	○
5	0	1	0	1	○		○	○		○	○
6	0	1	1	0			○	○	○	○	○
7	0	1	1	1	○	○	○				
8	1	0	0	0	○	○	○	○	○	○	○
9	1	0	0	1	○	○	○			○	○

図9 7セグメントデコーダの動作論理表

## ダイナミック点灯制御

7 セグメント LED を使う場合、問題になるのが多桁表示を行う時である。全ての桁のセグメントを独立に制御すれば、ダイナミック点灯制御は必要ないがそれでは制御ポートが全部で桁数×7 個も必要になってしまい実用的ではない。そこで7 セグメントの制御の方は全桁共通にして1 桁×7 だけにしてしまい、どの桁を点灯させるかをコモン端子の切替えを行うことで制御する。そうしておいて短時間の間一つの桁を光らせた後、すぐ次の桁を光らせるということを高速で繰り返す。こうするとある瞬間では1 個の桁だけが点灯していることになるが、人間の目には残像現象があり一度光を見ると、約 100 ms 程度その光を連続して見ているように錯覚する。そこで、上記点灯の繰り返しを数 10 ms の速さで繰り返すと、各桁が連続して点灯しているように見えるようになる。これがダイナミック点灯制御の原理である。

### 1-5 溶液温度コントローラの回路図

この回路のシステム構成は、マイコン制御に PIC-16F676 を使用し A/D 入力が溶液温度検出のためのサーミスタと溶液温度を設定するためのポテンショメータ、そして室温を測定するための温度センサの 3 入力である。I/O の方は、ヒータを ON/OFF 制御するための出力ポートが 1 個と 3 桁の 7 セグメント LED 表示に出力ポート 7 個を使用している。そして室温測定と溶液温度調節どちらの処理を行うかを判断するためのスイッチ入力ポートが 1 個で計 9 個使用している。

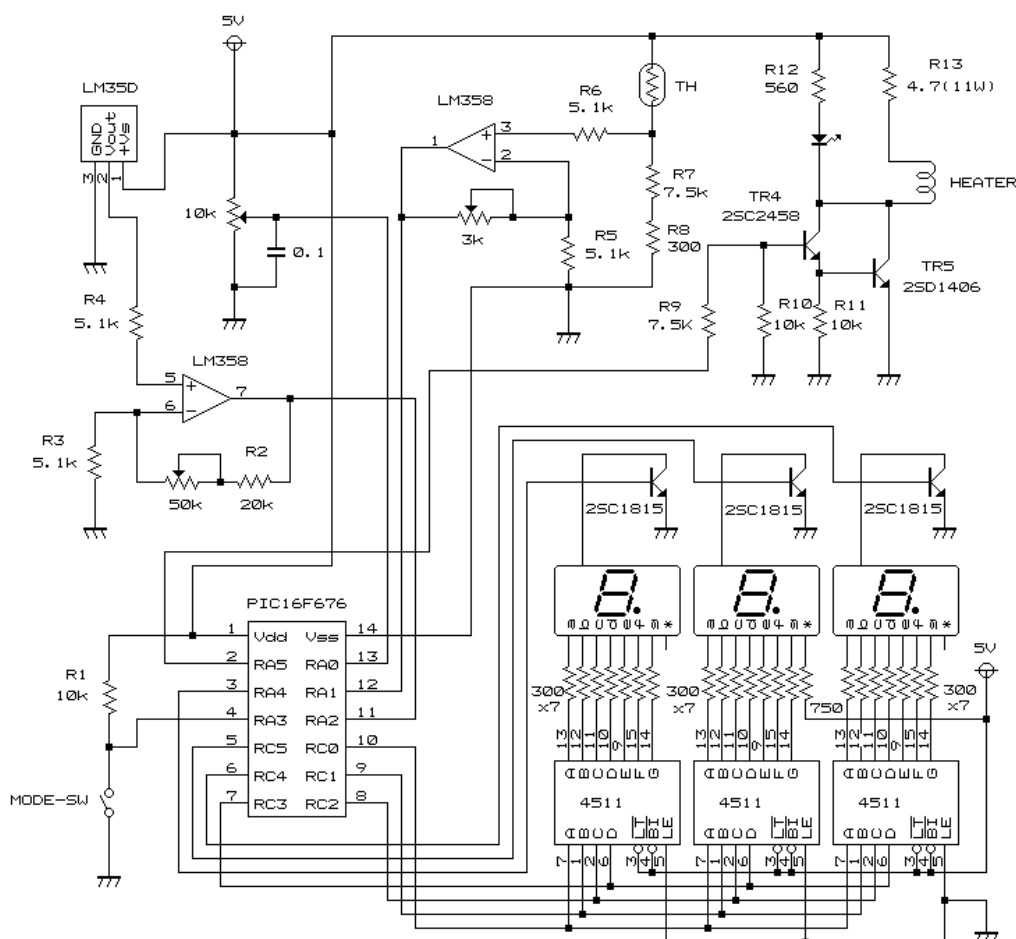


図 10 溶液温度コントローラ回路図

### 1-6 部品実装の手順

回路の製作工程は各項目ごとに説明を分けている。それぞれの実体配線図を参考にして順番に部品の取り付けを行っていく。抵抗などは、カラーコードをよく見て間違えないように注意する。また極性のある素子に付いては、方向に注意して取り付ける。

## 実装手順1 ソケットの取り付け・電源ラインの接続

### 手順1 ソケットの取り付け・電源ラインの接続

ICソケットを図に示す所定の場所に配置し、対角の2点をハンダ付けする。

- ・取付後、ソケットの浮きがないかチェックする。

コンデンサを取り付ける。

- ・コンデンサの足を配線方向に折り曲げ、適当な長さに切ってハンダ付けする。

スズメッキ線を使い電源ラインを作る。

- ・スズメッキ線は、ホールに沿わせてできるだけまっすぐに取り付ける。

- ・ソケットの電源ピンも一緒にハンダ付けする。

ジャンパ線を2カ所取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
プリント基板	サハヤト UK-18P-69	1		片面プリント
ICソケット	2列 - 16ピン端子	3	IC1-3	方向注意
ICソケット	2列 - 14ピン端子	1	IC4	方向注意
ICソケット	2列 - 8ピン端子	1	IC5	方向注意
コンデンサ (積層セラミック)	50 V , 0.1 $\mu$ F	5	IC1-5	

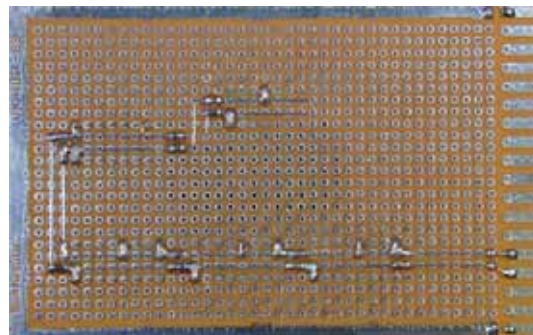
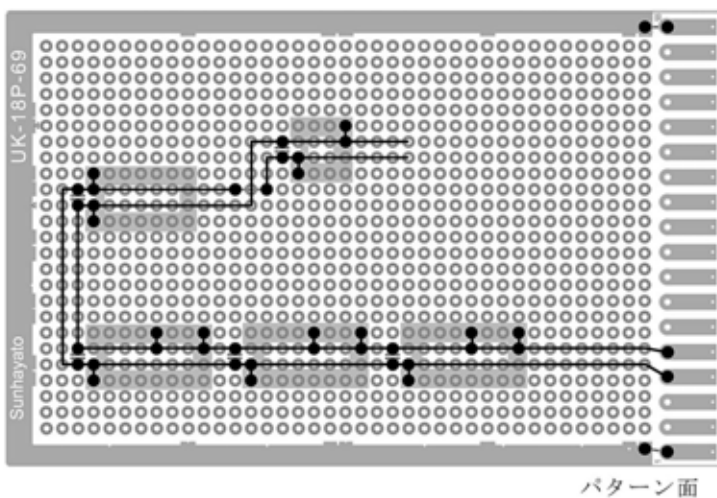
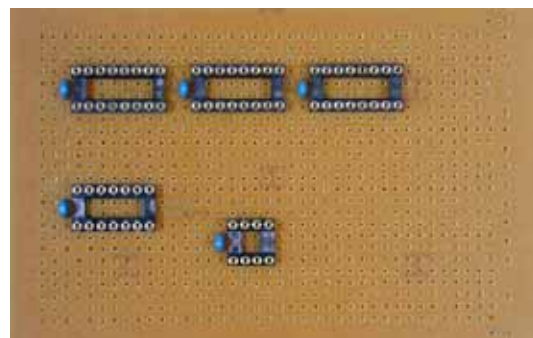
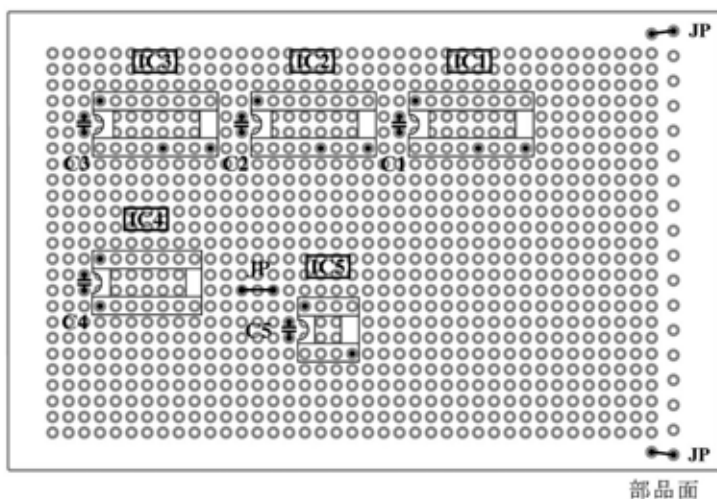


図 11 ICソケットと電源配線の実体配線図

## 実装手順2 7セグメントデコーダ回路部の製作

### 手順2 7セグメントデコーダ回路部の製作

コネクタを所定の位置に配置し、スズメッキ線を使ってハンダ付けする。

- ・端から順番に取り付けていく。

ジャンパ線を6カ所取り付ける。

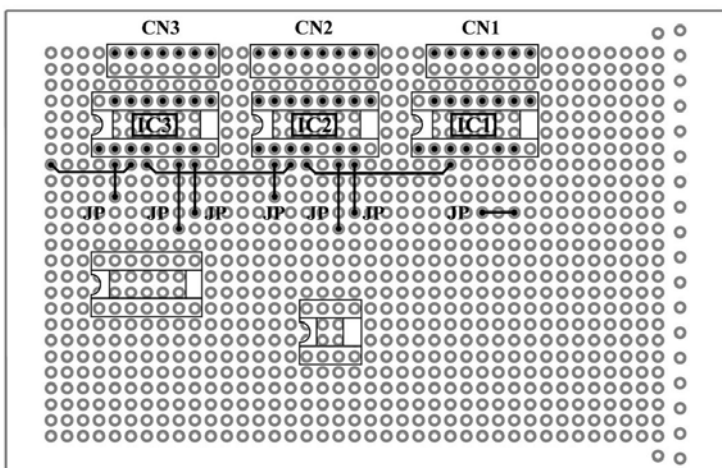
- ・ジャンパ線は、予め挿入位置に合わせて足を曲げておくと浮かなくて良い。

配線コードを適正な長さで切って取り付ける。

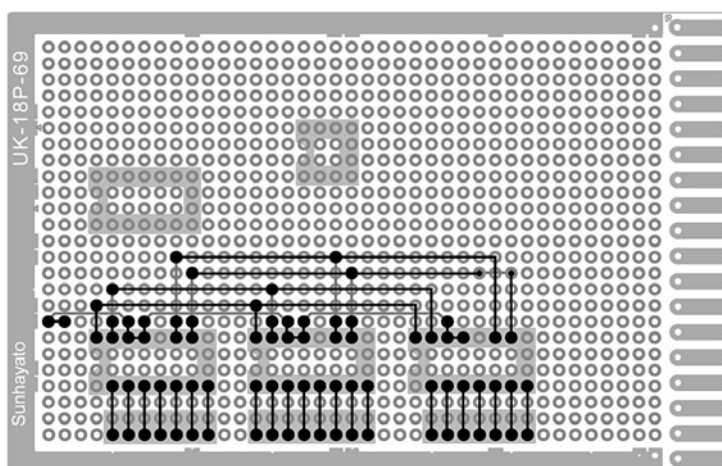
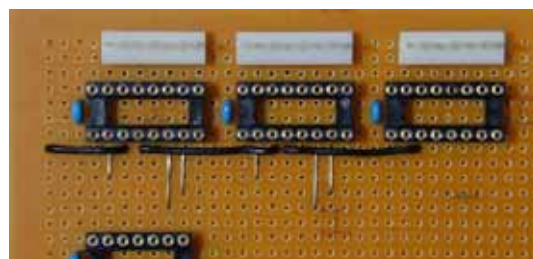
- ・配線コードは、被服を剥いたら予備ハンダをしておくが良い。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
7セグメントドライバIC	74HC4511	3	IC1-3	方向注意
コネクタ(オス)	7ピン	2	CN1-3	方向注意
コネクタ(オス)	8ピン	1	CN2	方向注意



部品面



パターン面

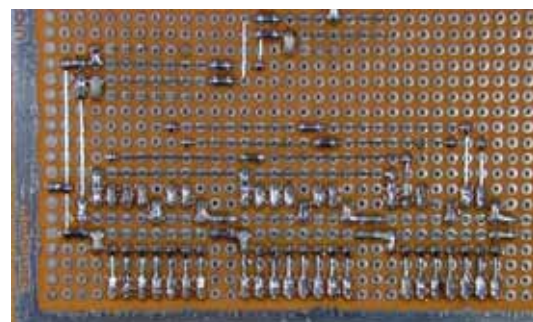


図12 7セグメントデコーダ回路部の実体配線図

## 実装手順3 PIC周辺回路部の製作

### 手順3 PIC周辺回路部の製作

抵抗、コンデンサを取り付ける。

トランジスタの向きに注意して取り付ける。

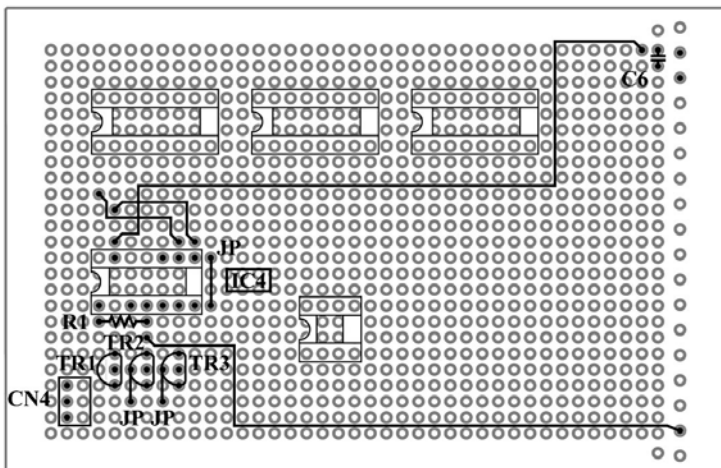
・トランジスタを取り付ける際は、熱を掛けすぎないように注意する。

コネクタの向きに注意して取り付ける。

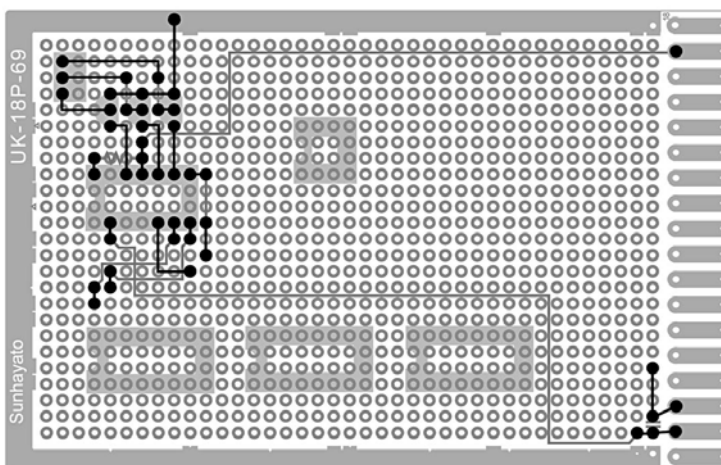
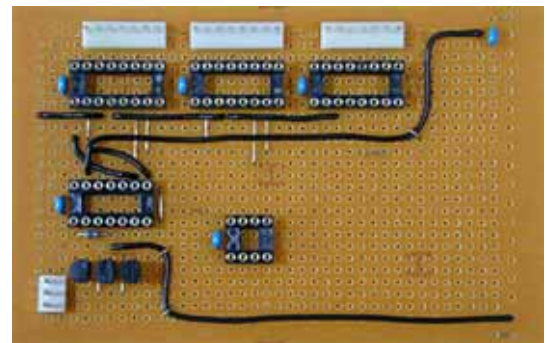
配線コードを適正な長さで切って取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
PIC-IC	PIC16F676	1	IC4	方向注意
トランジスタ	2SC1815	3	TR1-3	方向注意
抵抗	10 k	1	R1	茶黒黒赤茶
コンデンサ(積層セラミック)	50 V, 0.1 $\mu$ F	1	C6	
コネクタ	3ピン	1	CN4	方向注意



部品面



パターン面

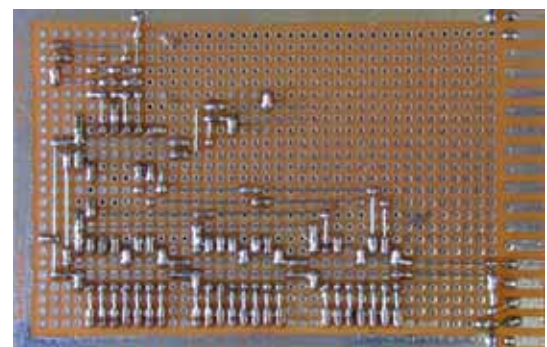


図 13 PIC 周辺回路部の実体配線図

## 実装手順4 OP アンプ回路部の製作

### 手順4 OP アンプ回路部の製作

抵抗の種類を間違えないように取り付ける。R2、R7、R8 は縦置きにする。

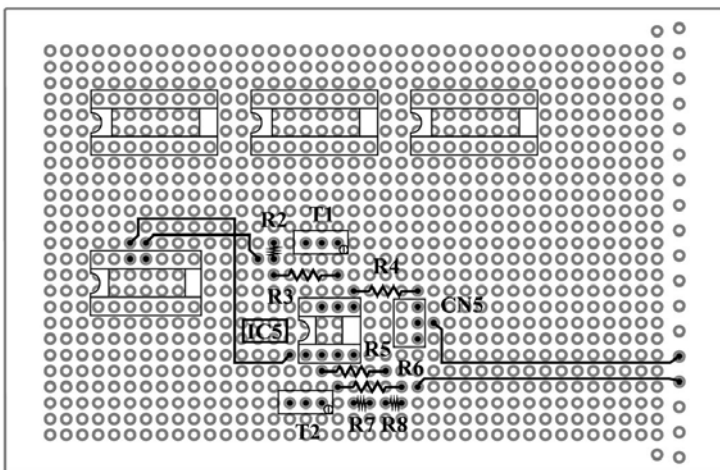
・基本的にソケットに近い部品から取り付けると良い。またカラーコードの向きを揃えると良い。トリマの向きに注意して取り付ける。トリマの2本の端子はショートさせる。

3ピンコネクタを向きに注意して取り付ける。

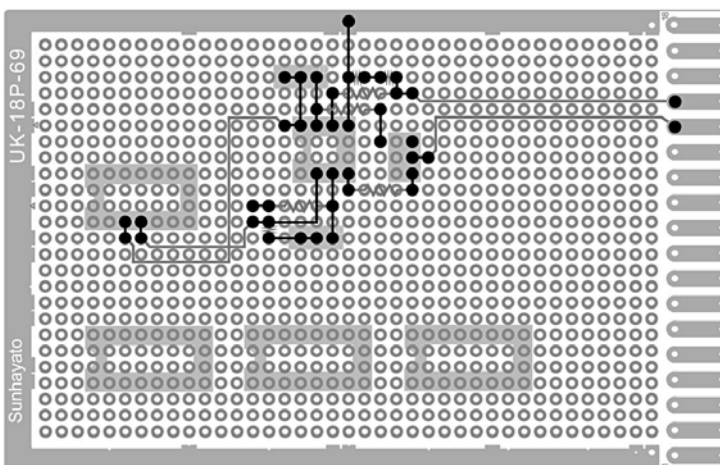
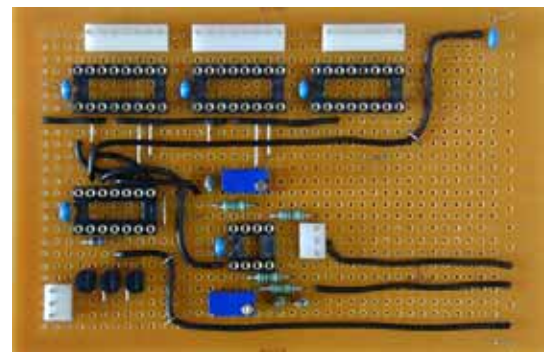
配線コードを適正な長さに切って取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
OPアンプ	LM358	1	IC5	方向注意
抵抗	20 k	1	R2	赤黒黒赤茶
抵抗	5.1 k	4	R3-6	緑茶黒茶茶
抵抗	7.5 k	1	R7	紫緑黒茶茶
抵抗	3 00	1	R8	橙黒黒黒茶
トリマ	50 k	1	T1	方向注意
トリマ	5 k	1	T2	方向注意
コネクタ	3ピン	1	CN5	方向注意



部品面



パターン面

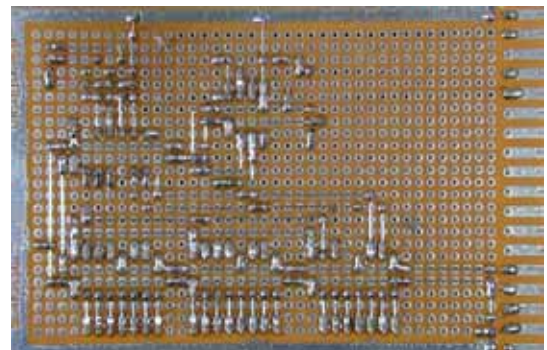


図 14 OP アンプ回路部の実体配線図



## 実装手順5 ダーリントン接続回路部の製作

### 手順5 ダーリントン接続回路部の製作

トランジスタを所定の位置に取り付ける。

- ・TR5 には、放熱フィンを付ける。

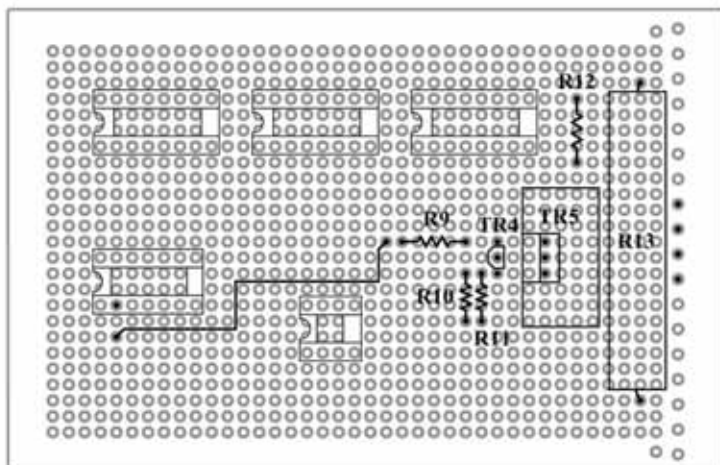
抵抗を取り付ける。

- ・セメント抵抗は、基板からあまり浮かないようにする。

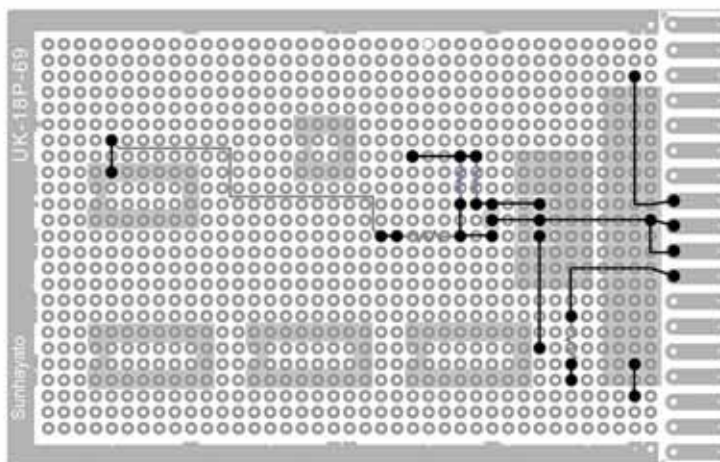
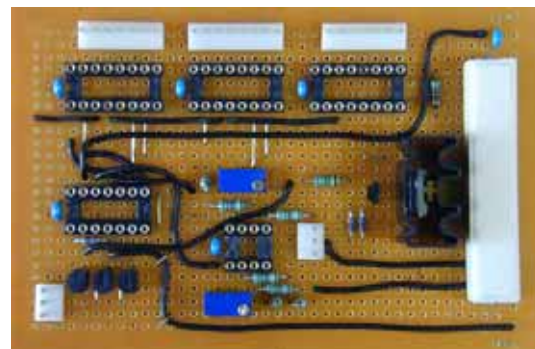
配線コードを適正な長さに切って取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
トランジスタ	2SC2458	1	TR4	方向注意
トランジスタ	2SD1406	1	TR5	放熱板有り
抵抗	7.5 k	1	R9	紫緑黒茶茶
抵抗	10 k	2	R10,R11	茶黒黒赤茶
抵抗	560	1	R12	緑青黒黒茶
セメント抵抗(11W)	4.7	1	R13	



部品面



パターン面

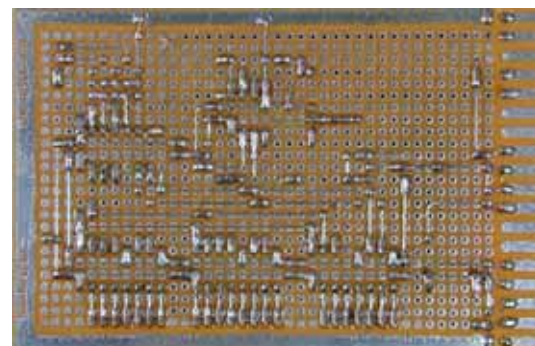


図 15 ダーリントン接続回路部の実体配線図

## 実装手順 6 表示回路部の製作

### 手順 6 表示回路部の製作

LED パネルを所定の位置に取り付け 4 隅をハンダ付けする。  
抵抗を取り付ける。R14 だけ値が違うので注意する。  
コネクタの配線を間違えないように取り付ける。  
温度センサの足を直角に折り曲げて取り付ける。

### 使用する部品

部品名	規格	個数	記号	備考
プリント基板	サハヤト ICB-88	1		片面プリント
7セグメントLED	コネクート 3桁	1		
温度センサ	LM35DZ	1	SS	
抵抗	750	1	R14	紫緑黒黒茶
抵抗	300	2 1	R15-36	橙黒黒黒茶
コネクタ (メス)	7ピン	2	CN1, CN3	
コネクタ (メス)	8ピン	1	CN2	
コネクタ (メス)	3ピン	1	CN4	

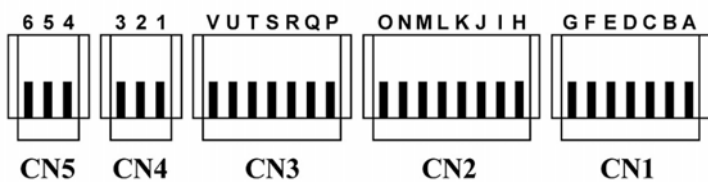
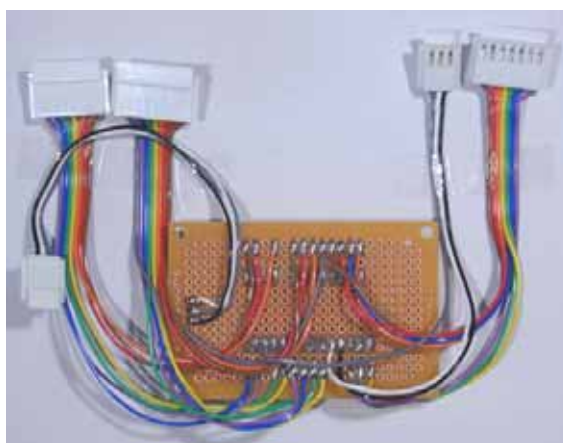
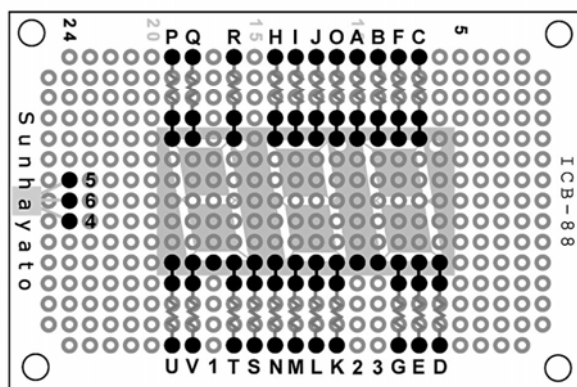
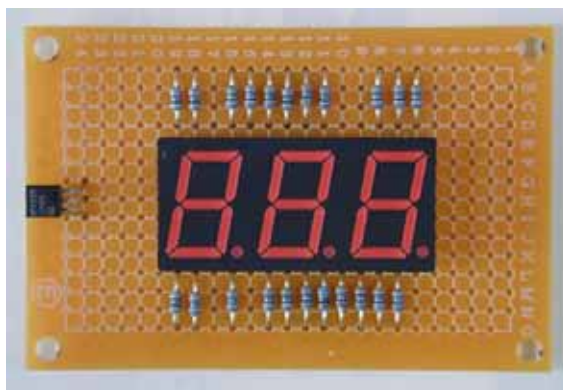
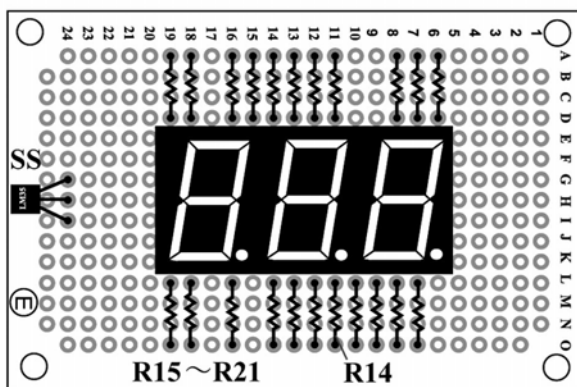


図 16 表示回路部の実体配線図

## 実装手順7 コネクタの配線

### 手順7 コネクタの配線

図 17 のコネクタ配線図、図 18 の実体配線図を参考にしてコネクタと部品の配線を行う。  
電源とヒーターの線は、太めの線を使用する。

配線時の取り回しを考慮して、電線は長めにカットしておく。

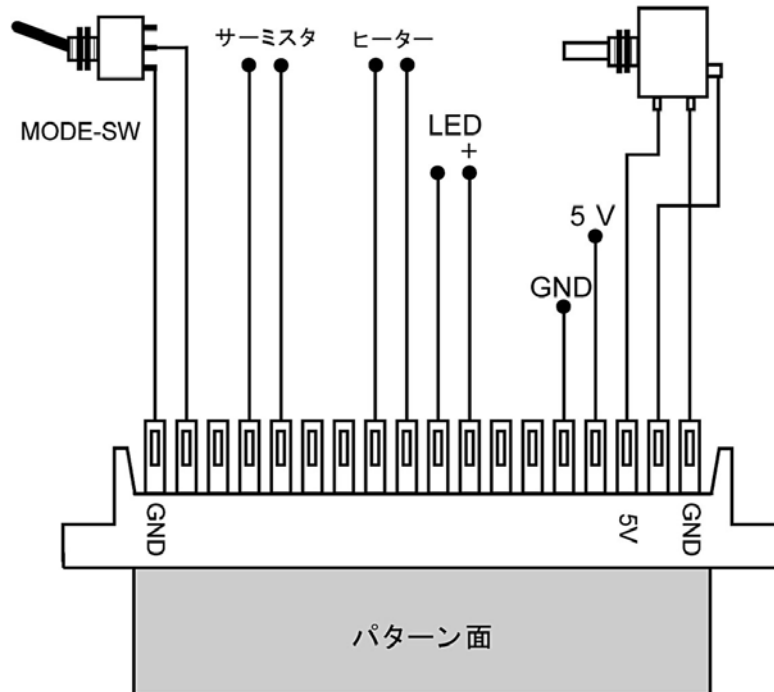


図 17 コネクタ配線図

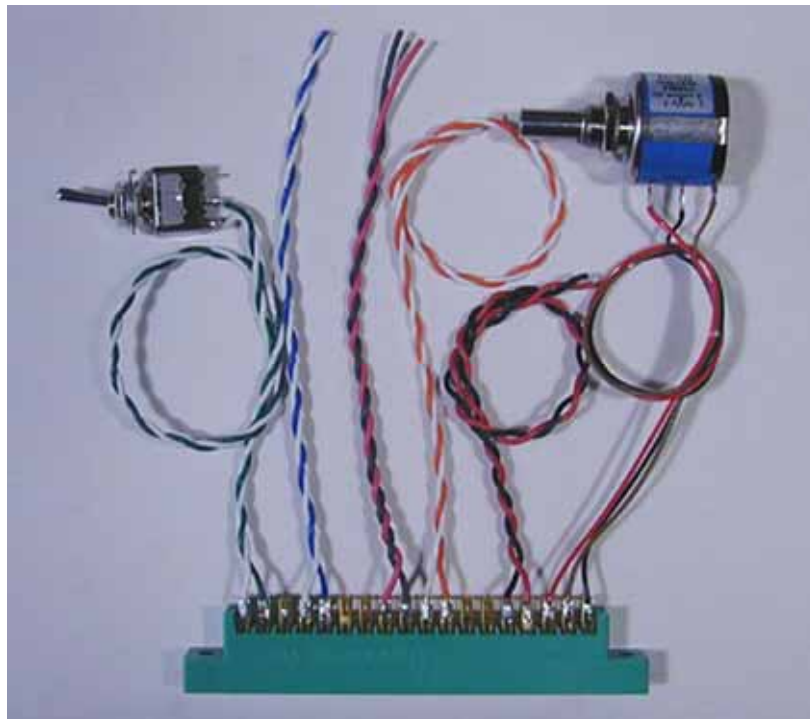


図 18 コネクタ実体配線図

## 実装手順 8 ケース実装

### 手順 8 ケース実装

- 図 19、20 に完成基板の实体配線図を示す。ケース実装の前に配線の最終確認を行う。
- 図 21 のケース内配線を参考にしてケースの所定位置に部品を取り付け配線を行う。
- ・ポテンショメータの取り付けはダイヤル表示に合わせてネジ止めする。
  - ・LED パネルは、ケースから出すぎないように固定ナットの位置を調節して取り付ける。
- 図 22、23 に完成した溶液温度コントローラの外観を示す。
- ・所定の位置にシールを貼り付ける。

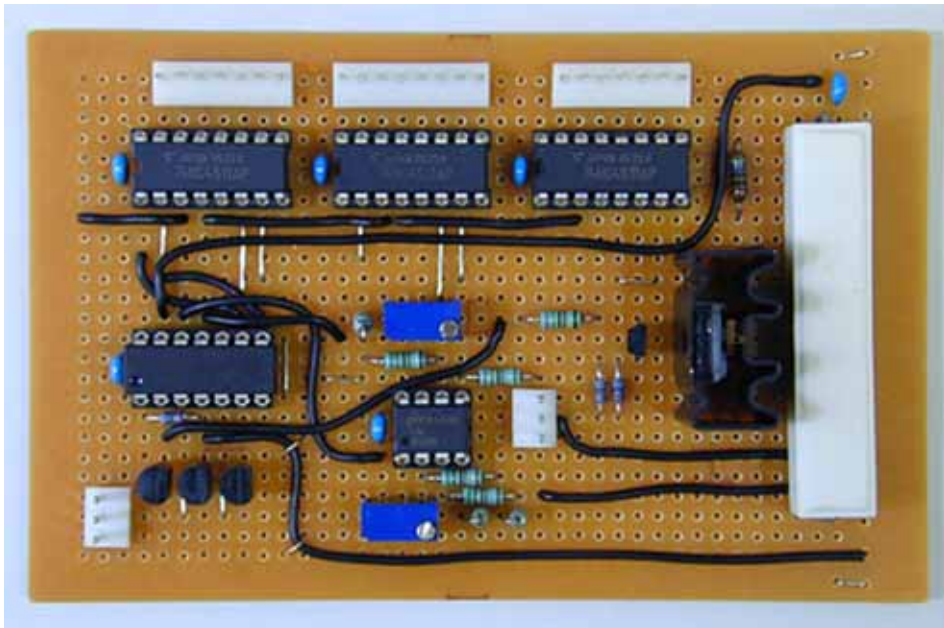


図 19 完成基板部品面

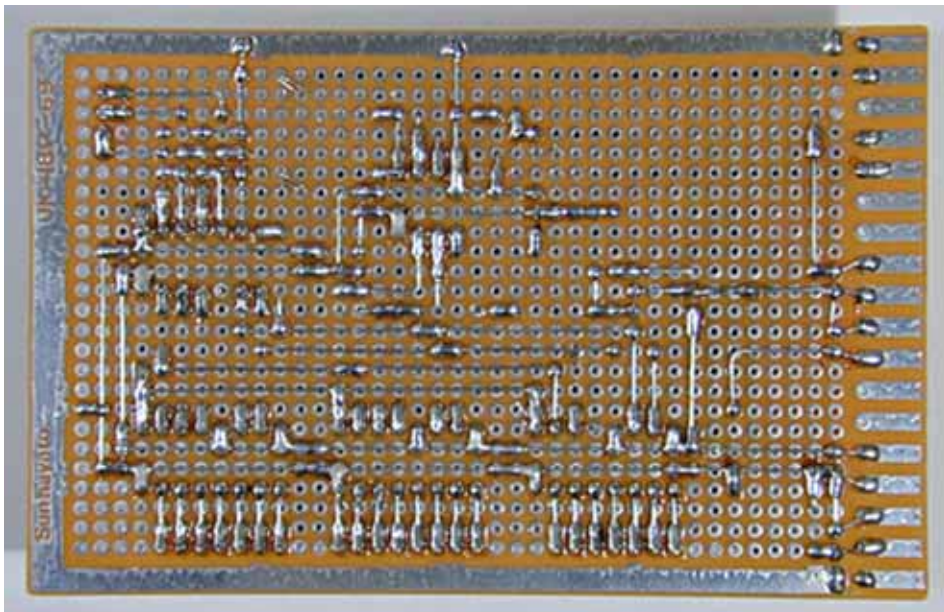


図 20 完成基板パターン面



図 21 ケース内の配線



図 22 外観(前部)



図 23 外観(後部)