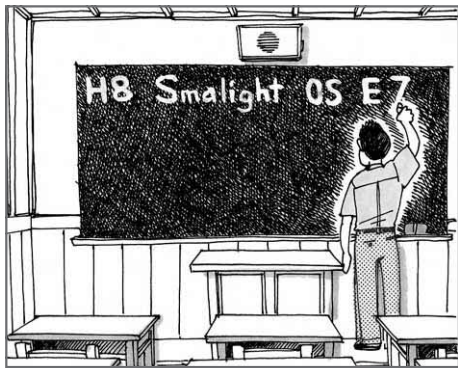


## 連載



C言語/OS/ICEを使って最先端の開発にチャレンジ

## 新世紀 マイコン教室

〈第6回〉 センサ・インターフェースの設計

北野 優

Masaru Kitano

今回は、連載第4回(2004年9月号)で仕様を決めた、サーミスタを使った温度計測部のインターフェースと、サーミスタの非直線性をソフトウェアで補正する手法について解説します(注1)。

## マイコンとサーミスタのインターフェース

## ● H8/3694F内蔵A-Dコンバータを使う

サーミスタは、温度の変化に対応して抵抗値が変化する素子です。この抵抗値の変化をマイコンに入力するには、A-Dコンバータを使ってアナログ値をデジタル値に変換します。H8/3694FにはA-Dコンバータが内蔵されているのでこれを使います。

A-Dコンバータはアナログ入力電圧の変化を量子化します。したがって、あらかじめ抵抗値の変化を電圧の変化に変換する回路が必要になります。

## ● 抵抗1本でサーミスタをつなぐ

抵抗値の変化を電圧の変化に変換するもっとも簡単な回路は、図6-1(a)のように温度変化に対して安定な固定抵抗(金属皮膜抵抗など)とサーミスタで電源電圧を分圧する回路です。

実際は、図6-1(b)のように簡単なCRフィルタ回路を挿入してA-Dコンバータにノイズが混入して誤変換したり、さらに大きなノイズが入ってマイコンを誤動作させたり破壊することを防止するようにします。

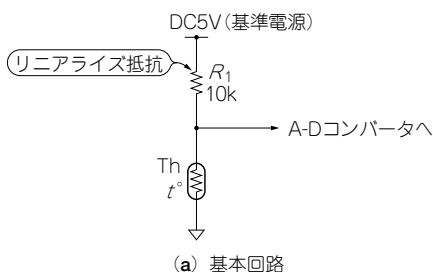
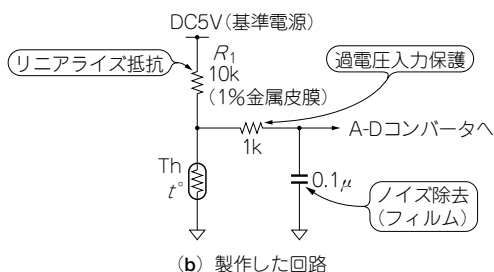


図6-1(1) サーミスタのリニアライズ回路



## ● 使用するサーミスタ

今回使用するサーミスタは、石塚電子のAT型サーミスタです(写真6-1)。これらは、秋葉原、日本橋などのパーツ店で入手できるうえ比較的高精度です。

また、ウェブ上の同社のサイトから特性データがダウンロードできます(図6-2)。

## サーミスタのリニアライズ

## ● サーミスタの抵抗温度特性

サーミスタの抵抗温度特性( $R-T$ 特性)は非直線的です。一般的に、抵抗と温度の関係は下式で表すことができますが、実際はこの式にピッタリ乗るものではなく複雑な特性を示します。

$$R_1 = R_2 \cdot \exp \left\{ B \left( \frac{1}{T_1} \right) - \left( \frac{1}{T_2} \right) \right\}$$

$T_1, T_2$ : ある点での温度(絶対温度)[°K]

$R_1, R_2$ : それぞれ  $T_1, T_2$  における抵抗値(ゼロ負荷)

$B$ :  $B$ 定数(サーミスタの感度を表す)

したがって、A-D変換値を上式に当てはめるだけでは誤差が大きく実用的ではありません。



写真6-1(1) 使用したAT型サーミスタの外観

Feb.22.2001		[ DATA FOR REFERENCE ]		
<b>103AT-1.11</b>				
TEMPERATURE VS RESISTANCE CHARACTERISTICS (ITS-90)				
Resistance 10k Ohms at 25 deg. C				
Resistance Tolerance +/- 1 %				
B Value 3435K at 25/85 deg. C				
B Value Tolerance +/- 1 %				
<b>SEMITEC®</b>				
Temp. (deg. C)	Rmax. (k Ohms)	Rst. (k Ohms)	Rmin. (k Ohms)	Tolerance (deg. C)
-50	344.6	329.5	314.9	-0.8 +0.8
-49	325.0	310.9	297.3	-0.8 +0.8
-48	306.6	293.5	280.9	-0.8 +0.8
-47	289.4	277.2	265.4	-0.8 +0.8
-46	273.4	262.0	251.0	-0.8 +0.8
-45	258.3	247.7	237.4	-0.8 +0.8
-44	244.2	234.3	224.7	-0.8 +0.8
-43	231.0	221.7	212.8	-0.8 +0.8
-42	218.6	209.9	201.6	-0.8 +0.8
-41	207.0	198.9	191.0	-0.8 +0.8
-40	196.0	188.5	181.1	-0.8 +0.8
-39	185.5	178.5	171.6	-0.8 +0.8
-38	175.6	169.0	162.6	-0.8 +0.8
-37	166.3	160.2	154.2	-0.8 +0.8
-36	157.6	151.9	146.3	-0.7 +0.8
-35	149.4	144.1	138.8	-0.7 +0.7
-34	141.7	136.7	131.8	-0.7 +0.7
-33	134.5	129.8	125.2	-0.7 +0.7
-32	127.7	123.3	119.0	-0.7 +0.7
-31	121.2	117.1	113.1	-0.7 +0.7
-30	115.2	111.3	107.5	-0.7 +0.7
-29	109.4	105.7	102.2	-0.7 +0.7
-28	103.9	100.5	97.20	-0.7 +0.7
-27	98.68	95.52	92.45	-0.7 +0.7
-26	93.80	90.84	87.97	-0.7 +0.7
-25	89.20	86.43	83.73	-0.7 +0.7
-24	84.85	82.26	79.74	-0.7 +0.7
-23	80.76	78.33	75.96	-0.7 +0.7
-22	76.89	74.61	72.39	-0.7 +0.7
-21	73.23	71.10	69.01	-0.7 +0.7
-20	69.77	67.77	65.82	-0.6 +0.7
-19	66.44	64.57	62.74	-0.6 +0.6
-18	63.30	61.54	59.83	-0.6 +0.6
-17	60.32	58.68	57.07	-0.6 +0.6
-16	57.51	55.97	54.46	-0.6 +0.6
-15	54.85	53.41	51.99	-0.6 +0.6
-14	52.33	50.98	49.65	-0.6 +0.6
-13	49.95	48.68	47.43	-0.6 +0.6
-12	47.69	46.50	45.32	-0.6 +0.6
-11	45.55	44.43	43.33	-0.6 +0.6
-10	43.52	42.47	41.43	-0.6 +0.6
-9	41.55	40.57	39.60	-0.6 +0.6
-8	39.69	38.77	37.86	-0.6 +0.6
-7	37.92	37.06	36.21	-0.6 +0.6
-6	36.25	35.44	34.64	-0.6 +0.6
-5	34.66	33.90	33.15	-0.6 +0.6
-4	33.15	32.44	31.73	-0.5 +0.5
-3	31.72	31.05	30.39	-0.5 +0.5
-2	30.36	29.73	29.11	-0.5 +0.5
-1	29.06	28.48	27.89	-0.5 +0.5
0	27.83	27.28	26.74	-0.5 +0.5
1	26.65	26.13	25.62	-0.5 +0.5
2	25.52	25.03	24.55	-0.5 +0.5
3	24.44	23.99	23.54	-0.5 +0.5

図6-2(3) ダウンロードしたサーミスタの特性データ(R-T特性表)

### ● 折れ線近似で近似する

サーミスタのような複雑な特性を示す素子の出力値を近似する簡単な方法として、折れ線近似があります。

折れ線近似とは、図6-3のように曲線を多数の直線をつなぎ合わせて近似する手法です。

## Excelで折れ線近似計算

### ● 特性表のダウンロードと加工

折れ線近似では、折れ線の折れ曲がるポイントを決定の必要があります。

さいわい、AT型サーミスタはメーカーのウェブ・ページからExcel形式の特性表をダウンロードできるのでこの特性表を加工して使います。

特性表には、図6-2のように-50℃から105℃まで1℃ごとの抵抗値が標準値と最高、最低値の3種が一覧表になっています。これを加工して折れ線近似値を計算したのが図6-4です。

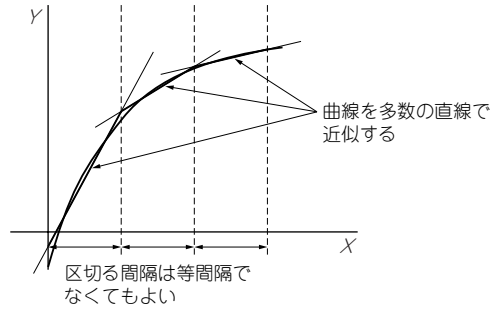


図6-3(1) 折れ線近似の模式図

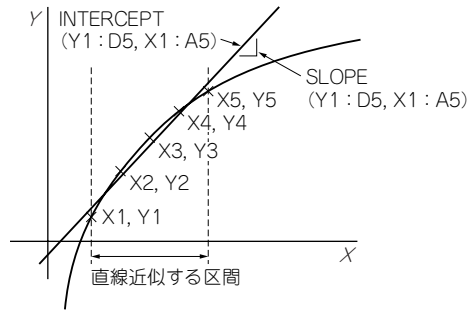


図6-5(1) Excelの回帰直線関数

### ● 計算の手順

以下に計算の手順を簡単に説明します。

#### (1) 分圧電圧の計算

ダウンロードした抵抗温度特性(R-T特性)表の標準抵抗値の項から図6-1の回路にて分圧される電圧を算出します(図6-4のC列)。

#### (2) A-D変換値の算出

それぞれの電圧からH8/3694Fの内蔵A-Dコンバータの変換値を割り出します(図6-4のD列)。

#### (3) 回帰分析により折れ線値を計算する(図6-4のG列)

適当な区間のA-D変換値と対応する温度で回帰直線の傾きと切片を算出し、その数値で区間最初の温度におけるA-D変換値を逆に計算します。ここでは10℃ごとに折れ線区間を区切って計算しました。この区間の幅は一定間隔でなくてもかまいません。あとで見積もる誤差を見て、問題があるならば適当に狭めたり広げたりして再度計算します。図6-4の関数入力窓には-25℃における折れ線値を計算する式が入っています。

このように、使用する区間の温度とそのときのA-D変換値を入力して、そのサンプルにもっとも当てはまる直線をExcelで計算します。今回使用したExcelの関数の働きを図6-5に示します。

#### (4) 折れ線テーブルの作成(表6-1)

H8/3694FのA-Dコンバータは10ビットの分解能