

第2章 数 mV の直流信号を 1 万分の 1 まで高精度に分解

直流信号をデジタル信号に 変換する

中村 黄三
Kozo Nakamura

読者プレゼントのお知らせ

24ビット A-Dコンバータを搭載した温度測定用ボードを10名様にプレゼントいたします。

測定範囲：0～1000℃，表示温度分解能：0.1℃ 詳細はp.269 Reader's FORUMを参照ください。〈編集部〉

私たちの身の周りであってなじみ深い物理量といえ
ば温度，圧力，重量などです。

工業でのプロセス制御や商取引で用いる重量計測に
おいて，これらの物理量を高精度に測定するため，熱
電対やロードセルといったセンサが開発され改良され
てきましたが，電気的な視点から見れば昔も今もその
動作原理に大きな変化はなく，出力もさほど大きくな
っていません。

最大測定量すなわちフルスケールにおいて10 mV
前後と考えればよいでしょう。より細かな量を測るこ
とができるようになったのは，OPアンプやA-Dコン
バータなどの高性能化(低ノイズ，低ドリフト，

高分解能)に帰するところが大きでしょう。

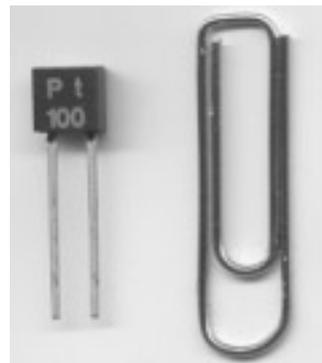
本章では，高分解能な $\Delta\Sigma$ 型A-Dコンバータを用
いて，10 mV程度のセンサ信号を取り込み，10000カ
ウントまで安定に表示する設計手法を解説します。

例題としては，写真1に示す熱電対と測温抵抗体
(RTD：Resistive Temperature Detector)による絶
対温度測定回路です。熱電対による温度測定で10000
カウントを目指すとするれば，0～1000℃のレンジを仮
定した場合0.1℃ステップとなります。この場合，セン
サ出力は数 $\mu\text{V}/0.1^\circ\text{C}$ と小さい値になりますが，微
弱な信号に対する付き合いかがわかれば何の心配も
ありません。



- ゼーベック効果により，温度に比例した電圧が発生する
ことを利用
- 感度：10 μV ～60 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$

(a) 熱電対



- 温度によって金属の電気抵抗が変化することを利用
- 特に白金(Pt)は温度特性が良好で経時変化が少ない

(b) 測温抵抗体(RTD：Resistive Temperature Detector)

写真1 本章で製作した絶対温度測定回路に使った2種類の温度センサ

Keywords

熱電対，測温抵抗体，RTD，冷接点，ゼーベック係数，Pt100，定電圧駆動，定電流駆動，インスツルメンテーション・アンプ，
ENOB，ロードセル，レシオメトリック，寄生熱電対，ADS1244，REF3225，INA128，DCP010507DBP，TL1431，ISO721，
ADS1217，ADS1232

0 ~ 500 °C, 0.1 °C精度の温度測定回路

熱電対の信号を取り込む回路の設計

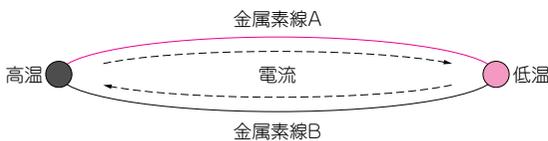
はんだ槽の温度制御システム用として、表1の目標仕様による温度計測回路を設計します。下記のような筆者流の設計プロセスの順で行います。

- ①信号源の調査 → ②構想設計 → ③詳細設計 →
- ④部品の選択 + 誤差見積 → ⑤試作 + 実験 → (手直し)

まずJIS関係の資料を調べ、熱電対の熱起電力表や

表1 温度計測部の仕様

| 項目 | 値など |
|--------|-----------------------------------|
| 測定温度範囲 | 0 ~ 500°C |
| 表示精度 | 機器内温度 25 ± 25°Cで0.1% (± 0.5°C) |
| 表示のゆらぎ | 0.1°Cきざみの5,000カウントで、0.1°Cの桁が揺らがない |
| 電源 | アナログ側：+ 5V, デジタル側：+ 3.3V |
| 冷接点補償 | 基準点の温度測定にはPt100を使用 |



起電力ペアにする金属素線の形状/サイズに依存しない

- (a) 異なる金属素線をペアにして閉回路を構成すると、2点間の温度差に比例する熱起電力(ゼーベック効果)が発生し電流が流れる

RTDの温度対抵抗表から、測定レンジにおけるセンサの感度を調べることから始めます。

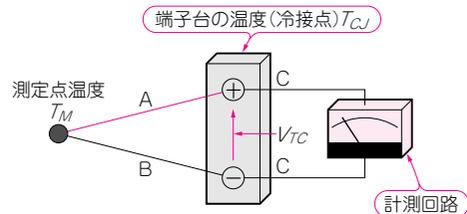
ステップ1…センサ(信号源)の仕様や性質を調べる

■ 熱電対

● 熱電対の動作原理

図1に熱電対の動作原理を示します。

異なる種類の金属素線をペアにして両端を結ぶと、2点間の温度差に比例する熱起電力(ゼーベック効果)が発生して電流が流れます。このとき、起電力はペアにするときの形状やサイズに依存しません。結ばれている片方をオープンにすると測定点温度 T_M と基準点温度 T_{CJ} との温度差に比例した電圧となって現れ、これを利用して温度計測が行えます。図中のCは計測回路へのリード線ですが、これも金属なので測定には不要な熱起電力を発生するため、2本とも同じ材質にして熱起電力を相殺します(通常は基板の銅箔)。



- (b) 一端を開放すると、熱起電力により温度差($T_M - T_{CJ}$)に比例した電圧が得られる

図1 熱電対の動作原理

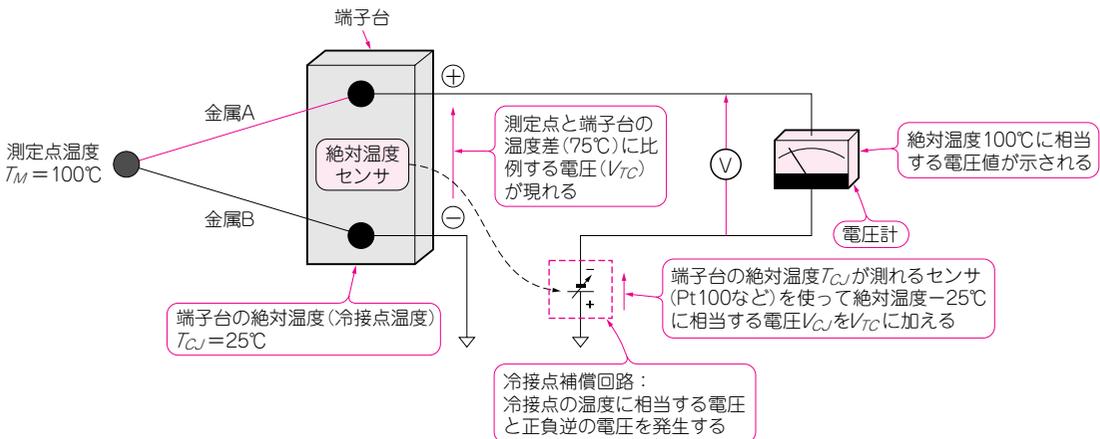


図2 熱電対で絶対温度を測るには冷接点補償が必要
現在主流となっている氷水を使わない冷接点補償の原理