

論文

製造ライン用センシング回路の小型モジュール開発

小林丈士<sup>\*1)</sup> 平塚尚一<sup>\*2)</sup> 伊藤清<sup>\*3)</sup> 五十嵐美穂子<sup>\*1)</sup>

Development of a small module on the sensor circuit for use with manufacture lines

Takeshi KOBAYASHI, Shoichi HIRATSUKA, Kiyoshi ITOH and Mihoko IGARASHI

**Abstract** Many sensors, such as temperature and pH sensors, are used in manufacture lines, semiconductor fabrication machines and equipment. However, in the case of manufacture lines, what often happens is that a system dealing only with equipment is usually constructed. Therefore, whenever a manufacture line is changed, a system change must also be made, resulting in a loss of flexibility. In light of this, the sensor circuit (The circuit which processes the signal from a sensor) was module-ized, and a small circuit which is much more flexible was designed and made as an experiment. Using a personal computer, data about the items made in the experiment were communicated by USB, and were treated as a system which collects data. Consequently, it can respond to temperature sensors or pH sensors using a module about the size of a 3cm angle. From this point on, it now corresponds quickly to the trust trial production etc. using this technology.

**Keywords** sensor circuit, temperature, pH, module-ized

1. はじめに

製造ラインや半導体製造装置<sup>1)</sup>等では、温度や pH などのセンサが多く用いられている。しかし、製造ラインでは、通常装置専用のシステムが組まれている場合が多いため、製造ラインの構成が変わるたびに、システム変更しなければならず、フレキシビリティにかけている。そこで、製造現場ではフレキシビリティに富んだ汎用性のある製造ライン用センサモジュールが求められている。そのため、製造ライン等に用いられているセンシング回路を分散させモジュールにすることで、製造ライン等の構成が変わってもそのまま使用できるフレキシビリティに富んだ小型モジュールを設計・試作したので報告する。

パソコンへ通信する回路を、設計・試作する。さらに、複数のセンシングモジュールとデータ通信可能なソフトウェアを開発する。

パソコン (PC) 用ソフトウェア

通信制御用モジュールからの情報を処理し、パソコン上に表示するソフトウェアを設計・試作する。

2. 実験方法

2.1 開発したシステムの概要

図1が試作システムの概要であり、具体的には以下に示す。

センシング回路の小型モジュール

温度及び pH センサを対象としたセンシング回路をアナログ処理部、AMP、及び AD コンバータ等を用いて小型モジュール (図2) を試作する。

通信制御用モジュール

センシングモジュールのデータを処理し USB を介して、

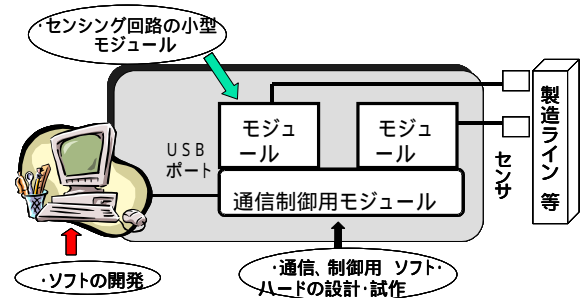


図1 試作システムの概要

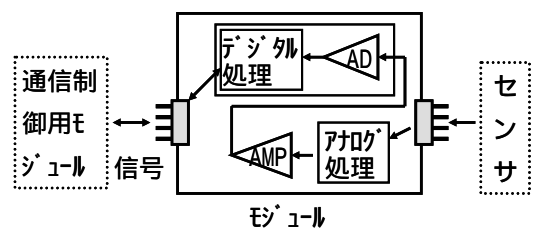


図2 センシング回路の小型モジュール

\*1) エレクトロニクスグループ, \*2) 多摩中小企業振興センター \*3) 産業支援部企画調整課

## 2.2 センシング回路の小型モジュール

### 2.2.1 白金測温抵抗体用モジュール

白金測温抵抗体(以下, PT100)は, 抵抗変化型センサの代表的な測温抵抗体である。今回試作に使用したセンサの写真を図3に示す。



図3 試作に使用した白金測温抵抗体

なお, PT100 の抵抗特性  $R_t$  は, 温度を  $t$  とすると次式で表される。(JIS C 1604)

温度特性 (0 ~ 600 )

$$R_t = 100(1 + 3.908 \times 10^{-3} \times t - 0.580195 \times 10^{-6} \times t^2) \quad [ \ ]$$

そこで, 温度を測定する対象物を液体と仮定, 温度測定範囲を 0 ~ 80 ( 抵抗変化 100 ~ 130 ) とし, 設計を行った。

図4は設計した回路のアナログ部分を示してある。

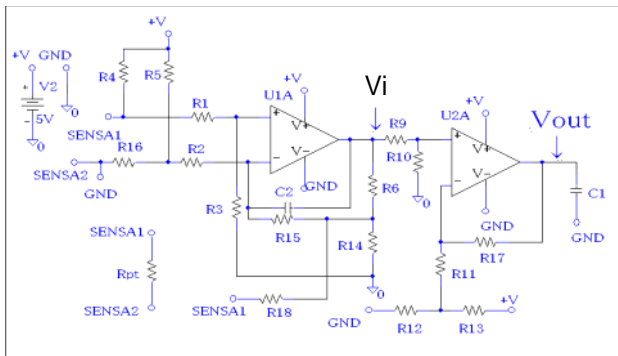


図4 白金測温抵抗体用センシング回路

$R_{17}$  の抵抗値をパラメータとしてシミュレーションを行った結果を図5に示す。これは, 図4の左下  $R_{pt}$  を白金測温抵抗体と仮定し, その値を 100 から 130 まで変化させたときの図4の  $V_i$  点(すなわち, バッファ出力)における電圧, 及び  $R_{17}$  の抵抗値を 80k, 100k, 120k と変化させたときの出力電圧  $V_o$  を示している。

図5の結果から, PT100の抵抗値が 100 ~ 130 に変化したとき,  $R_{17}$  の抵抗値を 100k とすれば, 出力電圧が 0.5V ~ 3.5V まで得られることが解る。

以上のアナログ回路に AD コンバータ内蔵(10ビット)のマイコンを付加してセンシング回路を構成した。このマイコンで計測データを AD 変換すると共に, 通信制御基板とのデータ

をやりとりする。

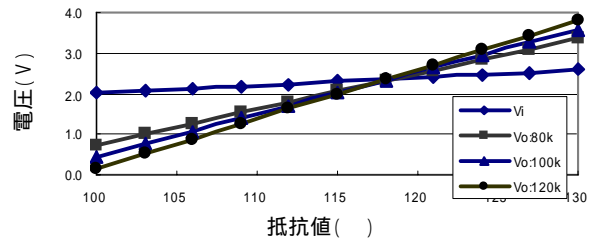


図5 シミュレーション結果の例

試作では一次試作として, アナログ回路部分のみを試作し回路の動作を確認した。試作した回路の写真が図6(a)である。次に二次試作として, AD コンバータ内蔵のマイコンを搭載した回路の試作を行ったものが図6(b)である。

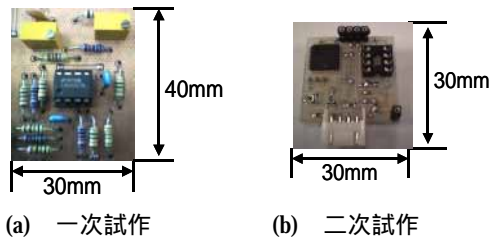


図6 試作した白金測温抵抗体用センシング回路

写真のように, 一次試作ではディスクリート部品を主に使用したが, 二次試作では, チップ部品を用い両面基板とすることで, サイズを小型化した。

また, AD 変換器を内蔵するマイコン用ソフトウェアは, アセンブラを用いて開発をおこなった。マイコンのプログラムフローを図7に示す。

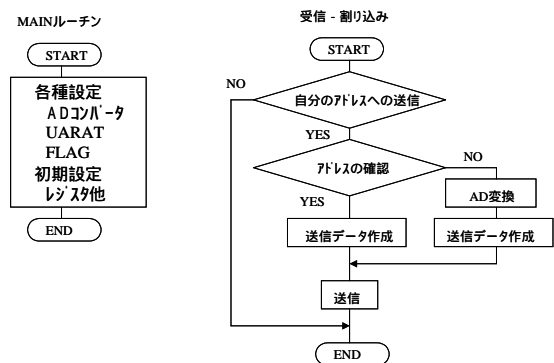


図7 マイコンのプログラムフロー

図7から解るようにプログラムでは, 通常センシングを行わず, PC からのリクエストを受けて AD 変換を行う構成とした。

### 2.2.2 pH センサ用モジュール

pH センサは、電圧出力型であり、今回試作に使用したセンサの写真を図8に示す。また、温度が25 のときのpH センサからの出力電圧の計算値及び実験値を図9に示す。実験値は、pH 標準液及びマルチメータを用いて測定した。



図8 pH センサ

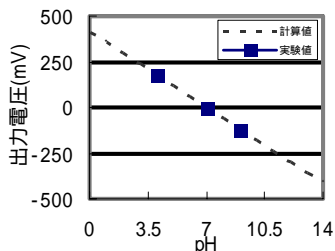


図9 センサの特性

このpH センサの出力電圧比は、測定物の温度によって影響を受け、温度を  $t$  ( ) とすると次式で表される。

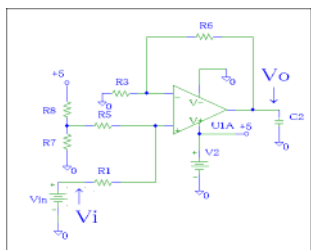
pH センサ出力電圧比

$$= \{59.16 + 0.1984 \times (t - 25)\} \text{ [mV/pH]}$$

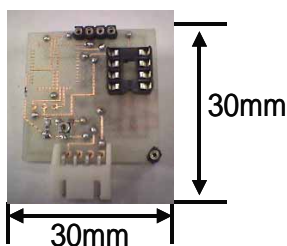
$$(0 \quad 54.20 \text{ mV/pH}, 25 \quad 59.16 \text{ mV/pH})$$

そこで、温度による補正については、白金測温抵抗体からの温度データを元に PC 側で補正処理することとし、回路の仕様を pH0 ~ 14 として設計した。図10(a)は設計した回路の入力部分を示してある。

また、白金測温抵抗体のセンシング回路同様、AD コンバータ内蔵のマイコンを付加し、プリント配線板 (PCB) CAD を用いて設計し、試作した基板が図10(b)である。



(a) 回路



(b) 試作基板

図10 pH センサ用センシング回路と基板

ここで、回路の各種抵抗値等は先ほど同様シミュレーションを用いて検証を行った。図10(a)の左下  $V_i$  を pH センサからの出力と仮定し、その値を  $-500\text{mV}$  から  $+500\text{mV}$  まで変化させ、さらに  $R_6$  の値が  $\pm 1\%$  のばらつきがあるとし、出力電圧  $V_o$  を解析した。その結果、 $-500\text{mV}$  から  $+500\text{mV}$  までの全範囲のグラフでは、ばらつきによる影響がわかりづらいため、図11に示すグラフでは、そのグラフの一部分 (pH3 以下すなわち、 $0.25\text{V}$  から  $0.4\text{V}$ ) を拡大して示した。全範囲のグラフを検討した結果、 $R_6$  の抵抗値のばらつきが大きい場合、pH の値が小さいすなわち  $+0.4\text{V}$  近辺では誤差が多くな

ることがわかった。

そこで試作した回路では、 $R_6$  に固定抵抗器と可変抵抗器を用いて補正可能のように設計するとともに、PC 用ソフトウェア側でも、pH 標準液を用いて調整可能とした。

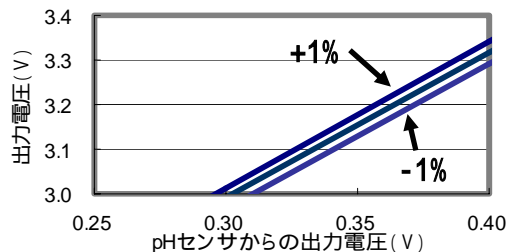
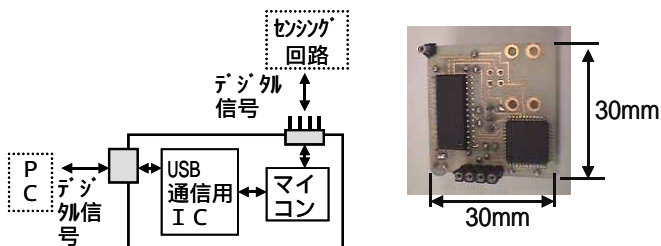


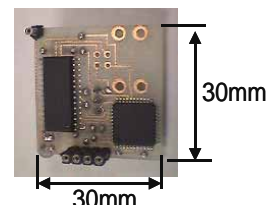
図11 シミュレーション結果の例

### 2.3 通信制御用モジュール

一昨年度行った研究「機能設定可能なキー入力装置の開発」<sup>1)</sup>を元に設計を行った。回路の概要を図12(a)に示す。



(a) 通信制御回路



(b) 試作基板

図12 通信制御モジュールの概要と試作基板

この回路は、通信制御用に使っているマイコンと USB 通信専用 IC を用いて構成した。

次にその回路の PCBCAD を用いて設計、試作した基板を図12(b)に示す。基板は両面基板を用いた。

また、マイコン用プログラムのフローを図13に示す。

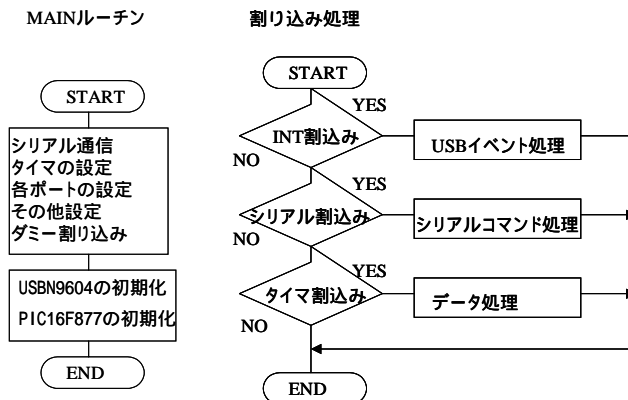


図13 マイコン用プログラムのフロー

2.4 PC用ソフトウェア

PC用ソフトウェアについては、Visual Basic をもちいて試作を行った。操作画面を図14に、プログラムのフローを図15に示す。このプログラムでは、サンプリング間隔を設定し、「開始」ボタンを押すと測定を始める構成とした。測定値は、中央のBOXの中に数値で表示されると共に右側のBOXのなかにグラフで表示される。また、ソウト上でもデータの補正(校正)できるようにプログラムを組み込んである。

また、プログラムのデータ処理の関係から、サンプリング時間は1ms以上必要である。

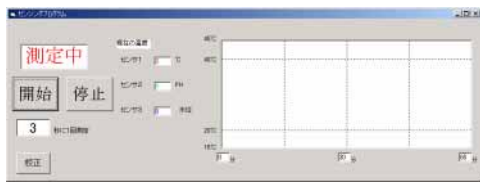


図14 試作したPC用ソフト画面

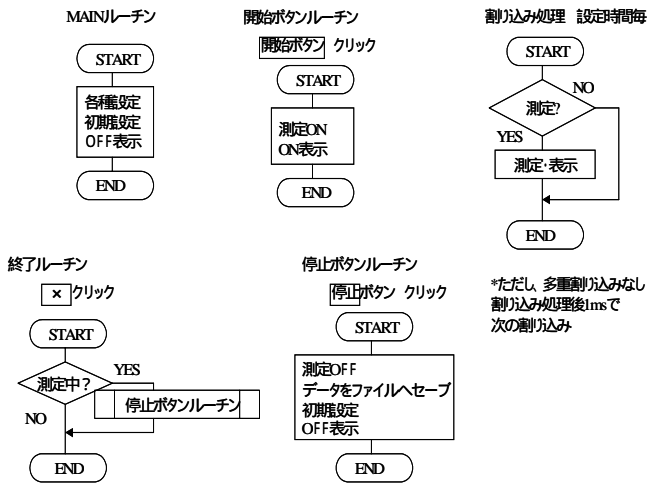


図15 PC用プログラムのフロー

3. 結果

図16に示す3cm角のセンシングモジュールを設計・試作した。同図で一番下の基板が通信制御用モジュールであり、上二つが、温度及びpH用センシング回路の小型モジュールである。

各基板は、コネクタで接続されており、取り付け・取り外しが簡単に可能な構造とすることで、フレキシビリティに富んだ小型モジュールとした。

今回試作に用いたADコンバータは10ビットで、白金測温抵抗体のセンシング回路の場合 精度は0~80 で約0.1

また pH センサのセンシング回路の場合は、pH0~14 で約0.04pH である。更に高精度が要求される場合(特に白金測温抵抗体)には、ADコンバータのビット数が多い物を使用するか、温度範囲を区切り測定を行う回路を付加する必要がある。また、他のセンサを用いる場合については、センシング回路のアナログ部分を変更することで対応可能である。

また、今回試作した小型モジュールの仕様を以下に示す。

大きさ 3cm x 3cm (各モジュール共通)

白金測温抵抗体用センシング回路の小型モジュール

測定範囲 0 ~ 80

分解能 ± 0.1

pH センサ用センシング回路の小型モジュール

測定範囲 0 ~ 14pH

分解能 ± 0.04pH

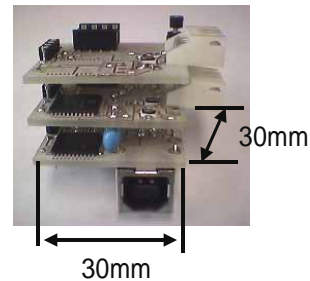


図16 試作モジュール全体

4. まとめ

本設計・試作によって、小型でフレキシビリティに富んだセンシングモジュールを設計・試作することができ、センシングモジュールを自由に付け替え、あるいは組み合わせることが可能となった。

また、設計・試作にあたり、USBによる通信、ソフトウェア、その他ハード設計等の関連技術を習得したことで、製造ライン・半導体製造装置等への応用を始め、PCを用いたセンシング、制御、プログラム試作依頼等に、迅速に対応することが可能となり、今後、受託試作等における開発期間の短縮につながるが見込まれる。

参考文献

- 1) 小林丈士,三上和正,平塚尚一,芦田春幸,川田誠一,村上昇,三森康史:研究報告第6号,101-102,東京都立産業技術研究所(2003).
- 2) 平塚尚一,三上和正,小林丈士:研究報告第5号,135-136,東京都立産業技術研究所(2002).

(原稿受付 平成16年8月6日)