

多点温湿度モニターシステムの開発

小林和宏、渡部豊喜

名古屋大学理学部 技術部

1 はじめに

ニュートリノ振動実験（OPERA 実験）の検出器として用いられる原子核乾板は、製造直後から素粒子などの飛跡反応などを蓄積する。これは実験で使用するまでの期間に雑音を蓄積し、実験データの質を大きく低下させる。この雑音を取り除くには、原子核乾板を温度 30℃、湿度 98%の環境下に 3 日以上保管することが必要であり、これをリフレッシュと呼んでいる。このリフレッシュ処理後、実験に使用するが、フィルムの履歴としてリフレッシュ中の環境データを保存する必要がある。

このリフレッシュ用のチェンバーは約 50 個あり、各々について 2 点ずつ温度、湿度をモニターする。

このチェンバーは鉱山の一部を利用しているため、このシステムのために利用できる空間は制限されている。また環境の制約上、小型軽量で、操作性や保守性も重要な要素となる。

これらの制約に加えて次のような性能を満たす必要がある。

- ・ 計測温度 15~30℃ 分解能 0.2~0.5℃
- ・ 計測湿度 40~98% 分解能 1%

当初市販の計測ユニットを使用することを検討したが、機能を始めいくつかの点で仕様を満たさないことがわかったため、独自のシステム開発を行うことにした。

2 構成

全体構成を図 1 に示す。

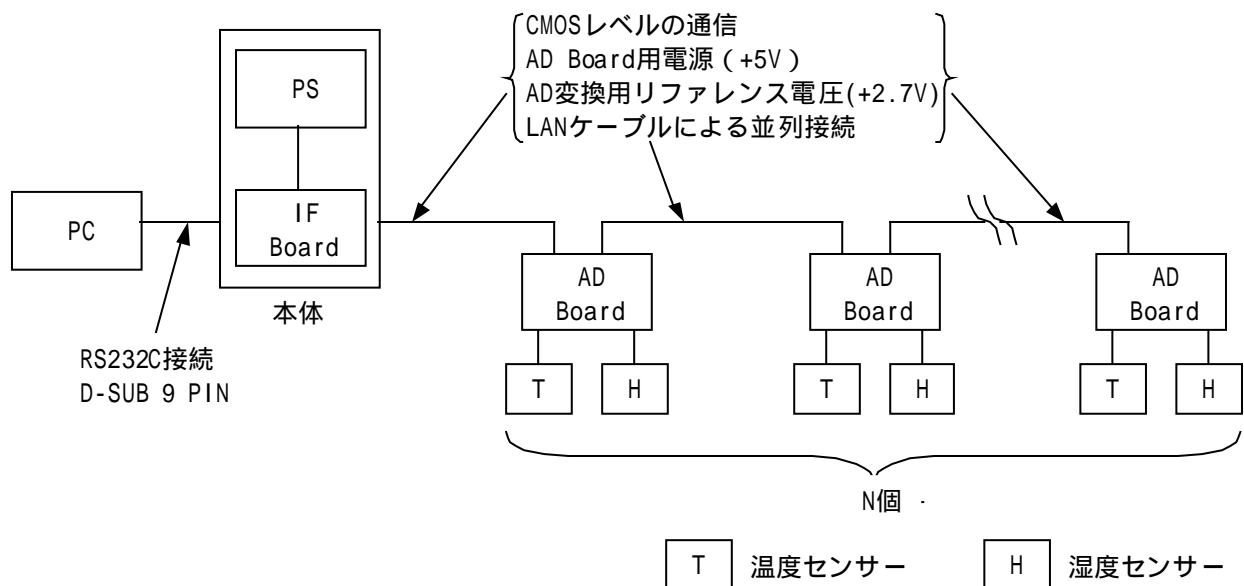


図 1. 全体構成

図ではわかりにくいですが、パソコン（PC）と本体（電源及び IF Board）は RS232C ケーブルで接続される。全ての AD Board は並列接続されており、IF Board から電源（5V、GND）、通信ライン、AD 変換用のリファレンス電圧（2.7V、GND）が供給されている。この接続にはネットワークなどに用いられる通信ケーブル（10Base-T CAT-5）を用い、モジュラーコネクタにより容易に接続できるようにした。

図 2 にこの IF Board と AD Board のブロック図を示す。

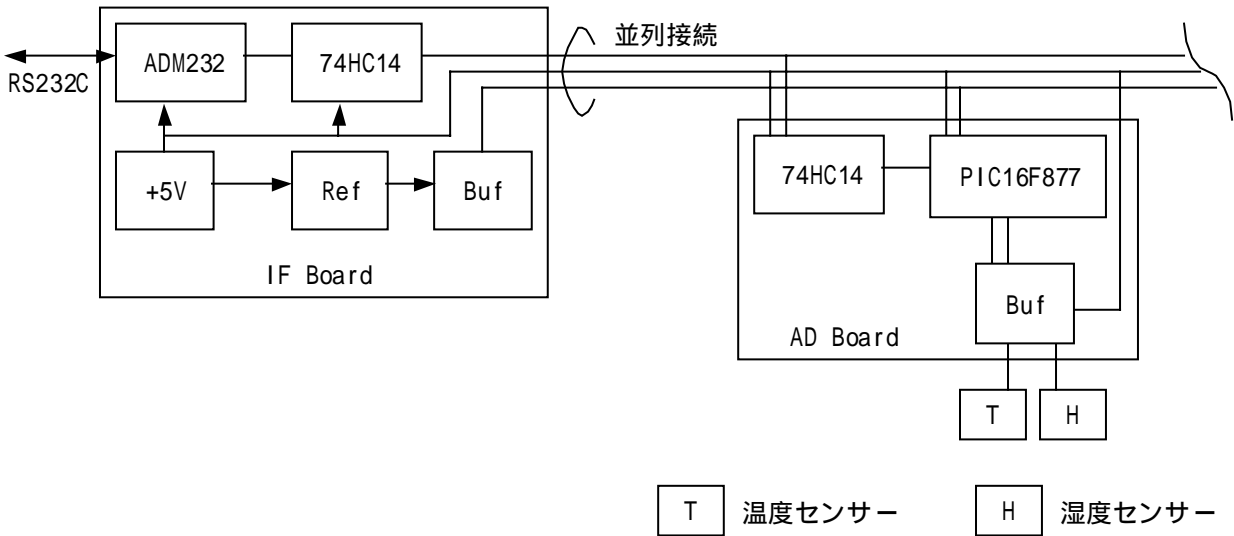
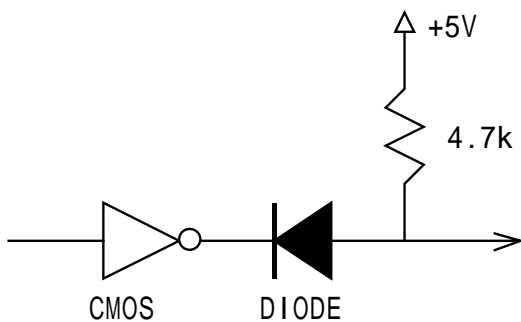


図 2. IF Board 及び AD Board の接続ブロック図

図からわかるように、RS232C の信号は専用 IC（ADM232）で 0/5V のデジタルレベルに変換されその後ラインドライブするため 74HC14 を経由して各 AD Board へと接続される。各 AD Board にはワンチップマイコン（PIC16F877）を搭載しているが、この PIC は 10Bit の AD 変換機や RS232C 通信機能を持っている。

温度センサーと湿度センサーの信号はバッファアンプを通り、AD 入力へ接続されており、PC からの要求に応じてセンサー電圧を AD 変換し、データと共にセンサーの ID コードを PC へ送る。

図 3 に AD Board 上の信号線を並列接続するために用いたロジックを示す。



CMOS の出力が L の場合のみダイオードを経由して出力側が L に変化する。このような回路を追加することでそれぞれの出力がショートすることなく並列接続が可能となる。

図 3. 並列接続用回路

図 4、5 に試作した IF Board と AD Board を示す。基板サイズはそれぞれ 60x30mm と 68x44mm になっている。

また消費電力は IF Board が約 60mW、AD Board が約 30mW である。AD Board に実装されている PIC には、AD の制御を始め、通信ソフト、センサーの ID コードを記憶、変更するためのソフト等が実装されている。

これらは CCS-C コンパイラを用いて C 言語により開発を行っている。

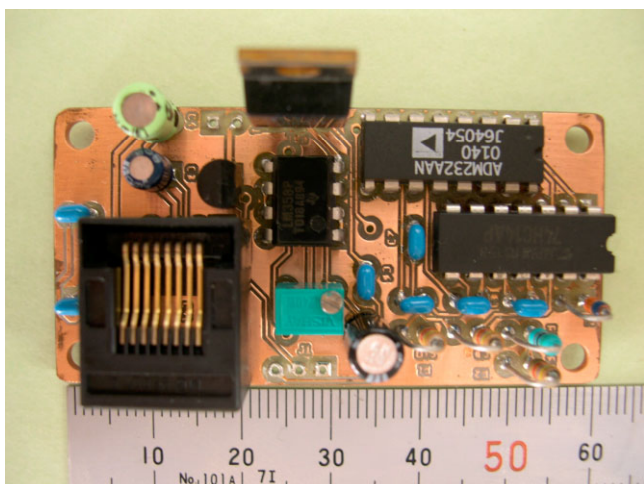


図 4. IF Board

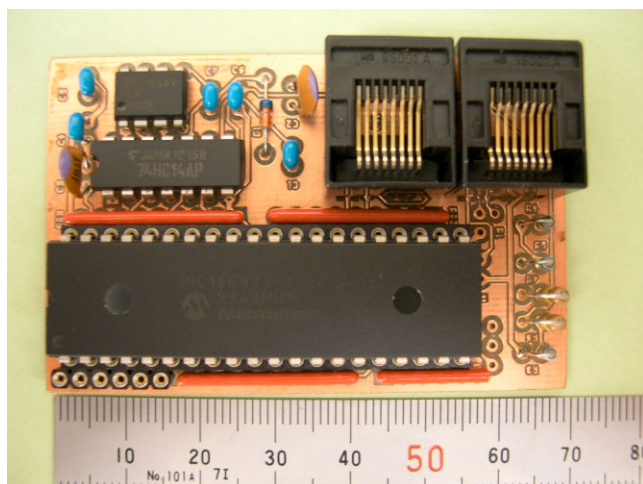


図 5. AD Board

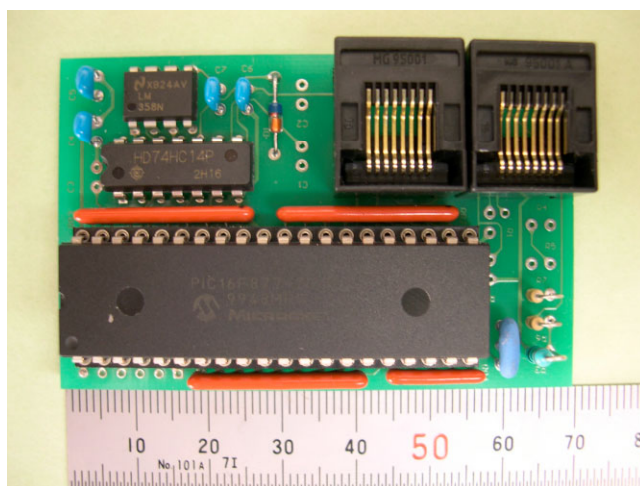


図 6. AD Board (外注品)

図 4、5 からわかるように、この試作基板は我々が持つ基板加工機とメッキ処理装置により製作したものである。設計から基板の試作まで CAD ソフト (Protel 99SE) で一貫して行っているため、試作を行った基板の加工データ (CAM データ) を外注業者にそのまま渡すことで、全く同じものが納入される。今回のシステムでは、IF Board は加工機による基板を、AD Board は外注業者により 100 枚製作したものを用了。

この基板に部品を実装したものを図 6 に示す。

3 評価

センサーのキャリブレーションは、恒温恒湿度試験装置を用い、温度を 15~35 まで、湿度を 40~98%まで変化させて行った。このときのデータを図 7 に示す。これは各点で 150 個のデータを取り、平均と分散を示したものである。これをそれぞれのセンサー（全部で 100 個）について行う。図は 1 個のみを示した。

このセンサーでは温度が 0.33 %/Bit、湿度が 0.25%/Bit となった。またそれぞれの分散が 1Bit 以下となった。

現在このシステムは東濃鉱山の地下トンネルに設置されたチェンバー内で稼働している。

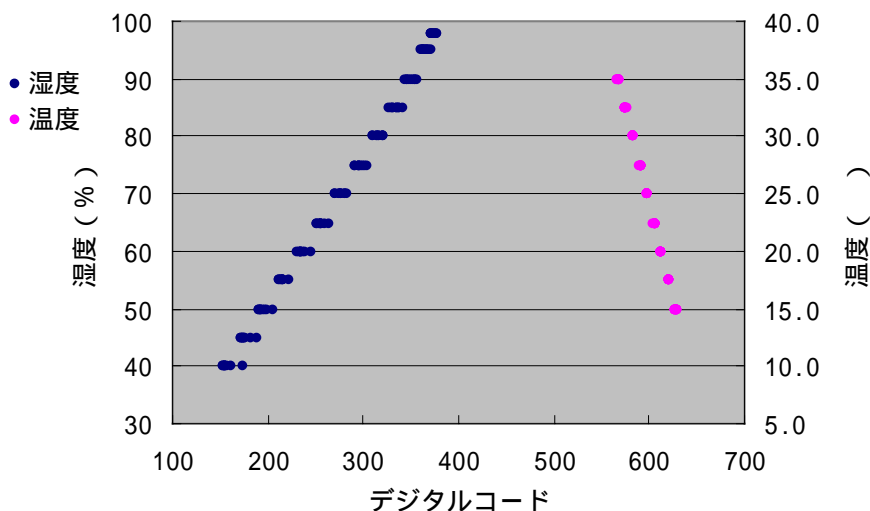


図 7. 温度・湿度キャリブレーション結果

4 まとめ

今回の開発により次のことを実現することができた。

- ・ RS232C 信号をデジタルの CMOS レベルに変換することで 1:N の通信を実現した (RS232C の通信規約を用いているためソフト開発が容易である)
- ・ 回路設計から外注による基板の製作まで一貫した開発環境の整備ができた
- ・ モジュラーコネクタと PIC によりメンテナンスの容易なシステムが実現できた

今回の開発において次の点が課題として挙げられる。

- ・ ケーブル長に起因する電圧降下が大きく (約 100m で 200mV 程度) AD の誤差を生じる
- ・ ケーブルの浮遊容量の影響で AD Board が 40 個を超えると通信が不安定となる