

G I D アプリケーション・アイデア集

数理設計研究所 98/05/14 Ver 2.0 22-edition
インターネット・ホームページ(<http://www.wind.co.jp/mad/>)で随時更新

はじめに

このプロジェクトを楽しもうとする人のために、既存の回路などから、このユニットを使った例に変換して提供するものです。

回路というものは同じ事をするのに多くの手法があります。このユニットにみあった形でとは考えていますが、ここにあげたものが最善の方法ではないだろうことに疑いはありません。

従来のハードやソフトウェアの設計手法と大幅に異なる発想を読み取られればいいのですが、読み取れないのならば、仕方がないので本業に精進されてください。

一般的注意

外部電源の接続方法

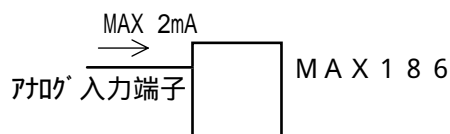
アナログコネクタ側(14番に+、17番に-、18~25番にGND) $\pm 6 \sim 20$ Vの外部電源を接続できます。センサー回路を外付けするときに必要なかもしれません。+電源だけを外付けしてもかまいません。

アナログ測定端子の最大入力電圧と最大入力電流

このユニットから出ている ± 5 V出力を使う限りは問題ありません。外部電源を使う場合には ± 5 として出力される電圧を基準にして 0.3 Vの超過電圧まで許されます。

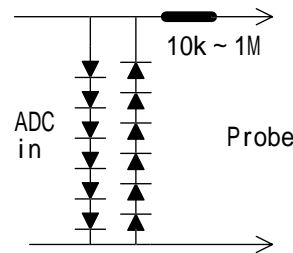
OPアンプからの出力を測定するとき、この制限を超える出力になることがあり列に $4.7 \sim 10$ k程度の抵抗を入れて保護するとよいでしょう。

保護がなければ、他チャンネルへの過電圧がまわりこんで予期しない測定値になることもあります。



ダメージを受けない最大許容電流は 2 mA。 30 μ A未満ならば他CHへの影響もありません。

入力保護の例 1



両極性の信号として変換するのなら ± 2 Vで測定値は飽和するので、図のようにSiダイオードを6つ直並列にする。これで $2.5 \sim 3$ vでリミットがかかる。発光ダイオードを使うと使用個数が少なく済みます。

電流制限抵抗は周波数特性を考えてつけるのがよい。周波数特性が低くてよいのならダイオードにコンデンサを付け加えてもよいだろう。

w 入力保護をしなくても、このユニットから出力される ± 5 V、またはTXの 5 v出力を工夫して使う限り、プロテクトの必要はない。それらの出力がADCの電源と同じなのでオーバースイングがおきない。保護の方法が書いてあるから保護するなど無節操にしないこと。

入力保護の例 1

外部電源を使うOPアンプ回路の測定では、想定される異常電圧が ± 15 Vです。 $+15$ Vから -5 Vへは 20 Vなので電流を 2 mAに制限するためには 10 kの保護抵抗が必要です。

すべてのアナログ入力に 10 kの保護抵抗を直列にしておくことをおすすめします。

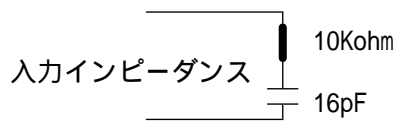
このときに立ち上がり電圧の遅れ時間は入力容量を 50 pFと見ても 0.5 μ 秒なので、まったく問題ありません。しかし 1 LSB未満の精度に達する時間は別なので、これは自分で計算してみましょう。

破壊モードの実験

アナログ入力に直接 -12 Vを与えてみた結果、アナログ入力からICの負電源側への短絡、負電源レギュレータICの破壊を起こしました。

◆ アナログ入力の入カインピーダンス

16 pF + 10 k の直列に見える。



一回のAD変換ごとにIC内部の16 pFは放電してしまい、変換ごとに流れ込み電流があり静的なものと考えてはいけません。

ちなみに1 Vを与え毎秒1万回(10 k)変換すると $Q = CV$ より $Q = 16 \text{ pC}$ 、10 k回であるから、160 nA流れることになる。

10 k S / sの時には1 Vあたり160 nAであるから6 Mに見えます。変換速度が遅ければ、変換周期に比例して高インピーダンスになります。

◆ 変換速度と入力インピーダンス

変換速度と入力インピーダンスの間には上記のように相関がある。

◆ TX (TTL) 端子の波形

RS232波形はケーブルの浮遊容量とPCのドライブ能力に見合った崩れた波形しかえられない。

そこで、ヒステリシスを持つシュミットバッファ(74HC14)によりTX(232C)信号を整形しているので、立ち上がり、立ち下りの波形はケーブルによらず急峻なものになり、無負荷では0 ~ 5 Vをフルスイングする。

w TX (TTL) 端子から取り出せる電流

最大でも1 mAにとどめること。

w TX (TTL) の制御

BIOSで制御すると、DINとして使っているRTS信号の定常状態を負に制御している。独自に制御するときは注意すること。

◆ 電源容量

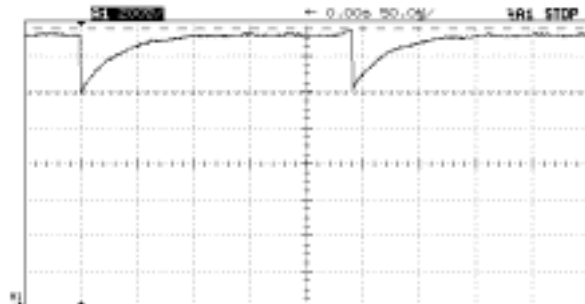
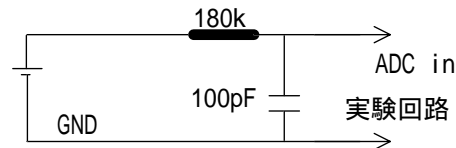
COMポートを電源に使い内部コンデンサの容量も小さいので、ClkTimeを長くしたばあいには±5 Vを保持できないことがある。アナログ入力側の±8 ~ 15 Vの端子に100 μF、15 ~ 25 Vぐらいの大容量コンデンサを外付けするとよい。

| A/D変換による影響 1996/10/23

入力インピーダンスは高いが、A/D変換をすると瞬間的に内部コンデンサへの充電が開始され非常に低インピーダンスに見えます。

低消費電力、周波数特性の低いOPアンプで高利得な回路のばあい、出力抵抗の周波数特性が高い周波

数まで伸びていないため変換途中で観察対象の電圧降下やOPアンプの出力から入力への回り込みなどが見られる事があります。観察周波数レンジを考慮して以下の対策が有効です。



1.5V電池 180kΩ 100pF 1.55V から 1.18V へと変化する

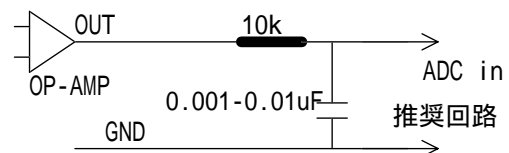
180k 100pF 電池(1.5V) の実験

data 取得時の入力端子電圧変動の様。瞬時的には300 mVの電圧降下がある

◆ 結論

オペアンプからの出力を観察する際に考慮すべき事は2点ある。

1. 毎秒1万回ぐらいの測定では6 Mほどに見えるため、1 LSB精度でデータを取得するならば直列インピーダンスは6 k以下にすべきである。2 LSBでなら10 k。これはオペアンプ出力からの過大入力を制限する意味も持つ。
2. 瞬時的にMAX186内部の16 pFを充電する事により細かいインパルスノイズが出るので、これによるオペアンプへの帰還回路への影響や誤変換をさけるために0.001 ~ 0.01 μFぐらいのコンデンサを入力に並列にする。



| ユニットの特徴

1. アマチュア自習用として部品、PCBレイアウト、回路形式を配慮してある
2. プロユースに耐える性能
3. ローコスト、商業的に成り立つ価格

4. ソフト費用がハードに込みになっている（ひとつあたり500円）
5. 70%がソフトとアイデアの力である
6. センサの近くに置けノイズの問題が少ない
7. デジタル信号の伝送なので長距離に使える
8. 超低電力でCOMポートだけからのエネルギーで動作し、事実上無電源
9. デジタル出力を1本持つので対象に働きかけて反応を見ることができる。一般的な制御信号としても使える。
10. 8chのアナログ入力を持ち、絶対精度、チャンネル間の相対精度が非常によい
11. 毎秒1万回の測定が限界、PCによる
12. 12ビット、8ch、1mV分解能
13. 0~4095mV、または±2047mV

◆ 以下のアプリケーションがおもしろい

無電源

危険環境、使い捨て可能

長距離伝送が可能、無制限に低速度が可能

既存回路と異なる測定方法

簡素な回路による高精度測定

出力を使いアクティブに反応を見る

多チャンネルを同時に使って広大なダイナミックレンジを確保

| ハードウェア・アプリ

◆ ユニバーサル基板を使うばあい

1. 部品のリード線は穴を通して半田面に出た部分を曲げずにまっすぐのまま、逆さまにしても部品が落ちない程度に内側か外側に少し曲げておきます。
2. 半田付を行った後でリード線の余りをニッパで切り取る。
3. 部品の取り付け後に部品間をあまったメッキ線やジュフロン線で接続していく。

上記は試作品のばあいの手順です。それなりに信頼性を要求するばあいや技能検定の実技試験の時などでは好ましくありません。

◆ ユニバーサル基板セット

ケース、コネクタ+基板キットとして提供しています。1200円ぐらい。

◆ 測定レンジの拡大

前述の入力インピーダンスと変換速度の項を参照すること。

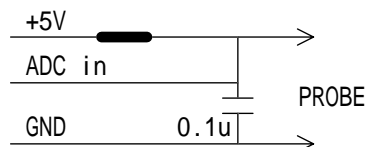
厳密には静的なインピーダンスで分圧するわけで

はない。ただし1メガオーム未満の抵抗で分圧するのなら数100サンプル毎秒までは影響がないと思える（評価していない）。

◆ 抵抗測定

w その1 通常抵抗

5VよりXを直列にし被測定抵抗の両端電圧を測る。



被測定抵抗値がXのとき2500mVが測定される。抵抗の比率計算をすればよい。

最小分解能力はX/5000となる。

X	max	min
1M	4M	500
100k	400k	50
10k	40k	5

w その2 超高抵抗

0.1μFほどの高性能コンデンサにダイオードを介して充電し並列に接続した高抵抗の時定数を測定。完全放電まで待たずとも計算で表示可能。

w その3 超低抵抗

外部電源を必要とするが、Cへ蓄積した電荷を使うなどなんとかならんもんか？

◆ 導通計

プリント基板などの短絡試験に使用するので測定電圧を通常のダイオードの立ち上がり電圧以下に設定し、電流の状態をブザーなどで実感的に表現する。

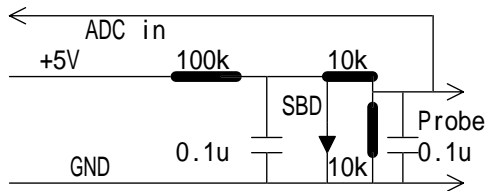
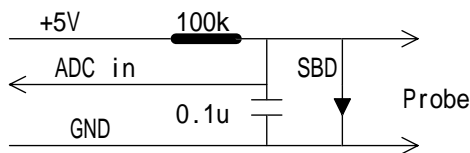
w 1案

ショットキーダイオードに10~100μAぐらい流し、0.2~0.3Vを得る（さらに半分に分圧してもよい）。

定常状態を記憶。

1. 短絡は0mV
2. 10で1mV
3. 100で10mV
4. 容量性のばあいには0mV~300mVまで変動する。

したがって定常状態と0mVの間で逆数に比例するようにブザーなどを鳴らすとよい。



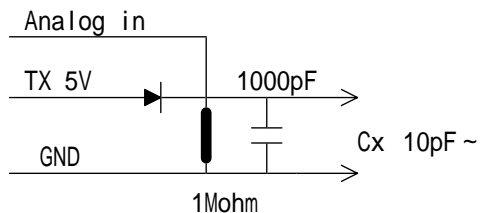
◆ 容量計

通常は負になっているTXからDiで1000pF程度につなぎ、1M + 1000pFに並列に接続した10pFから1μF程度の容量を検査する。

w 手順

1. TXを1にする
 2. 4VをこえるとTXを元に戻す
 3. 適当な時間減衰を測定し標準測定と比較する
- 測定は時間と電圧の関数になり両方を多数回測定することにより精度が向上し、一定の測定時間ですむ。

大容量でも完全減衰まで待つ必要はなく、適当に打ち切って計算可能。



◆ インダクタンス計

試験インダクタンスに100μA流し、瞬断する。ダイオードを介して容量に充電しフライバックした電圧を測定。フォーム、これは困難だ！

◆ 20mAデータレコーダ

単に100ほどの抵抗を入れて読み出す。

◆ ダイオード温度計(実験済み)

5Vから200kの抵抗を介してSiダイオードをひとつから数個直列にして、ダイオードの順電圧を知るだけで測定できる。対応温度範囲は-20からダイオードの耐熱温度(120度から150)まで。

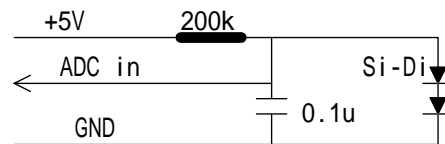
ひとつでは温度係数が2~3mVなので温度分解

能は0.3~0.5。数個直列にすると分解能力は向上する。

雑音抑制のために0.1~1μFぐらいのコンデンサを並列にするとよい。

w 部品

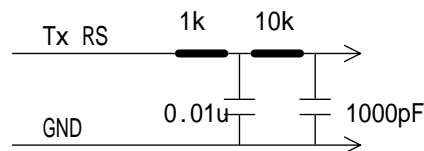
1. 1S1588 ¥10/parts
2. 200k0hm ¥10
3. 0.1uF ¥10
4. ケーブル ¥100/m



立ち上がり電圧は絶対温度に比例し0.2度/mV。

◆ OSC

プログラムで波形を出力することができる。



上記回路にPWM信号を与える。for nextでもよいが、割り込み駆動を使い、測定しながら出力すれば非常によい波形が得られる可能性がある。

測定しながら数学モデルを立てて追跡制御、または簡易回路の代わりに積分回路を設けた方が数学モデル上は扱いやすいだろう。

◆ 熱電対

ダイオード温度計と高安定度のアンプを組み合わせてもよいが、AD545などの熱電対専用のアンプを外部に設置して温度保証をするのが簡便。

たとえば800度から1000度の間を0.1度おきに、特定の温度領域だけを精密に知りたい場合には2chを使用し、片方で広い範囲、もう片方で高分解能になどと使い分けが必要。

GIDは8chあることを忘れずに。同一対象を複眼的に観察できるので、対象からの増幅度や減衰度を複数にして同一の物を眺めれば事実上のオートレンジとして扱える。

ただし、過大入力別途に制限しておかなくてはならない。

- S 白金ロジウム10%
- K クロメル・アルメル

	S	K		
--	---	---	--	--

	mV	mV		
0	0	0		
100	0.65	4.1		
200	1.44	8.14		
300	2.32	12.21		
400	3.26	16.4		
500	4.23	20.64		
600	5.24	24.9		
700	6.27	29.13		
800	7.35	33.28		
900	8.45	37.33		
1,000	9.59	41.27		
1,100	10.75	45.11		
1,200	11.95	48.83		
1,300	13.16	52.4		
1,400	14.37			
1,500	15.58			
1,600	16.77			
1,700	17.94			

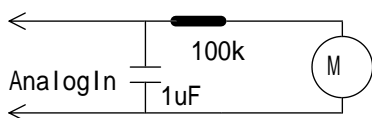
◆ 日照計

太陽電池の小さなセル（短絡電流が $100\mu\text{A}$ 、開放電圧が 3V 程度、電卓用）に $100\sim 1\text{k}$ ほどの負荷を与え測定。

ほとんど短絡させて短絡電流を測定するのが常道なので、セル数を増やして無負荷電圧を上げ、太陽光に直接さらしても無負荷電圧の半分を超えないような抵抗値にすること。

◆ 風速計

小さなモータの起電力を測定。開放電圧を測定すればよい。過電圧抑制のために 100k を直列にして $1\mu\text{F}$ 程度で平滑する。時定数 0.1 秒なので十分な応答性があり過電圧も問題無い。



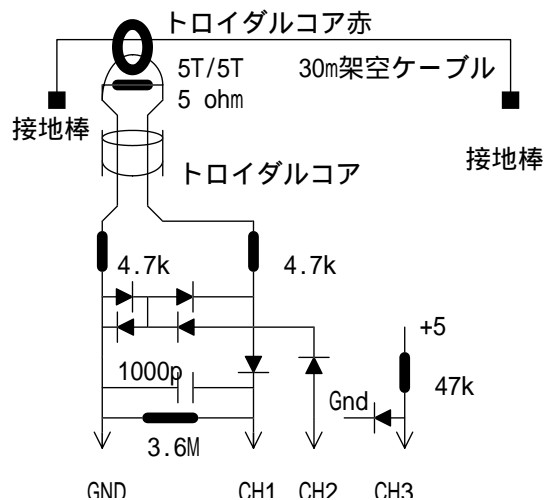
◆ 落体運動実験

センサーは種々あるが、非接触で測定する。

ちいさな鉄心にまいたコイルを2組み用意し、一部にちいさな磁石を組み込む。磁石にコイルを巻いてもよい。垂直に配置し、磁石に張り付かない適当な距離を置くようにしてパチンコ玉などを落下させる。2つのコイルの起電力を測定し時間差とする。などなど・・・

◆ 落雷地電流の頻度計数

1996年7月より観測実験中



約 $30\sim 50\text{m}$ 離れた2点間に流れる $1\sim 100\text{A}$ ぐらいの落雷による地電流を計数測定する物です。

文献によると雷の電流は立ち上がりが $1\sim 2\mu\text{s}$ 、減衰が $40\sim 100\mu\text{s}$ で、放電の主電流は $1\text{万}\sim 10\text{万A}$ に達します。

落雷電流は主に地表を流れ緩和すると考えられ、その落雷電流のオーダーと頻度を計数する物です。

入力の場合には 25mm ぐらいのSW電源に使用されていた赤いトロイダルコアを使い測定装置からのグラウンドループを切断しておきます。巻き数は1次、2次ともに5回で実測によればインダクタンスが $100\mu\text{H}$ になります。

数 μs のパルスでは、このトランスでほぼ完全な結合がなされ、 100A 流れると5両端に 500V の電圧を発生します。

4.7k を2つ直列にして並列+直列にしたシリコンSWダイオード(1SS110)に分流します。 500V の時に 50mA ぐらい流れ、ダイオードの両端電圧が電流の対数に変換された電圧として観察されます。

絶対値回路を使ったりするのが普通ですが、測定チャンネルが8個もあるので、 \pm 別個に 1000pF に充電し、時間を引き延ばして測定します(CH2には 1000pF と 3.6M が書いてないだけで必要です)。

CH3はダイオードの特性が温度により変化するので周囲気温の評価用にわずかな電流を流して基準として、のちに電流を推算するのに役立ちます。

プログラムは、早い周期でCH1, CH2を観察し、 100mV ぐらいを超えるとピーク値を捜して時間とch1~3を表示し、ファイルに落とします。測定は数百回/秒で、その間の電圧保持を 1000pF に頼るわけです。

PCの電源は落雷時に動作させるために太陽電池

による無停電電源(12V150AHのバッテリー)からノートPCを動かしています。

◆ その他

気圧計、温度計などの実験結果はインターネットホームページをご覧ください。

| ケーブルやソフトウェア

ユニットの特徴を生かしたアプリの注意点

◆ (超)遠距離データ取得

プログラムで波形を1秒1ビットほどに落としてもよい、下限速度はない。

したがって、3.5mW(700 μ A)を流して7Vぐらいがえられる限り動作する。

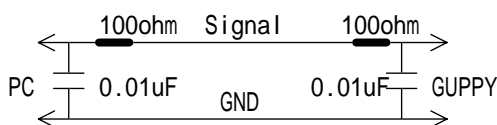
その間の降下電圧が5Vとすると線路抵抗が行き帰り700になるまでの距離が遠距離の範囲である。数km以上はあるだろう。

ただしケーブルの長さにより変換可能速度が変化するのでケーブル長を調べて動作するようにしなければならない。

ADCバイオスのクロック関係の設定を操作する必要がある(SetWaitなど)。

遠距離の伝送をおこなうばあいには誘導ノイズの影響が大きくなるので、あらかじめ100pF~0.1 μ Fぐらいのコンデンサを信号線につけたしてノイズを抑制しておいたほうが良い。

100程度の直列抵抗を入れてコンデンサのほうがよいのかもしれない。



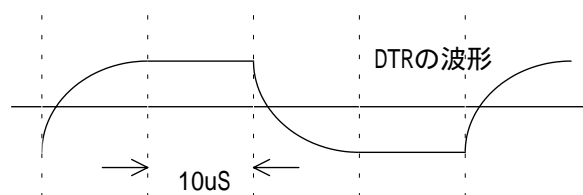
クロック速度を判定するソフトが必要。

w 長いRS232Cケーブルの実験 1996/10/19

品番(MVV-S CJC 0.3 DAIICHI -DDK-)

10Pシールド 外径 8.5 25m 両端Dsub25

このケーブルは1本の線と他のケーブル+シールド間の容量が5000pFぐらい。MAX232C相当のドライバで駆動したばあい、動作する限界を観察すると



となる。実験したPCではSetWait(1000L)として

1000回のループ時間を必要としていた。ただし、このループ回数はマシンにより大幅に異なるので、この値は参考にするだけの事。

w ケーブル長さと静電容量の目安

200pF/mで概算してよいだろう。100mのケーブルなら20000pF=0.02 μ Fとなる

実際に適用する前に、ケーブル長に応じて見積もられたコンデンサを短いケーブルに付加して試験して、タイミングを調整したほうがよい。

w ケーブル長さと変換速度の目安

ちなみに1000mのケーブルでは0.2 μ Fに相当するので25mケーブルの実験を元にして考えると40倍の時間、1クロックあたり800 μ 秒、1m秒とすると20クロックで1データなので、1データあたり20m秒要し、50データ/秒の変換速度となる。

◆ デジタルオシロ+FFT

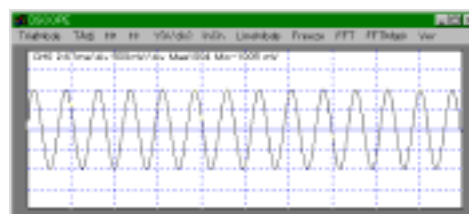
気になる高速性能はデジタルスコープ+FFTで実験しています。P5-150MHzですと1024点のデータ取得に117m秒、FFTに50m秒、表示の更新は500m秒おきにして他のプロセスに時間を与えます。このプログラムだけにCPUパワーを割り当てれば表示まで含めて200m秒で完了します。

FFTは標準的な方法で、256点FFTにすればデータ取得からFFT終了まで40m秒、メカトロニクス分野でのリアルタイム処理ならP5-150MHzで実現できます。

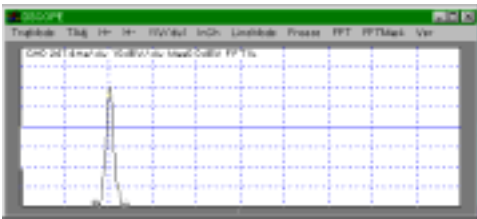
デジタルオシロにはかなりの工夫が必要で、Win95のプロセス切り替えを禁止するためにバースト変換の間は割り込み禁止し、全体の変換時間をPCごとに測定して時間軸の目盛りを確定しています。

w デジタルオシロ+FFTの性能(P5-150MHz)

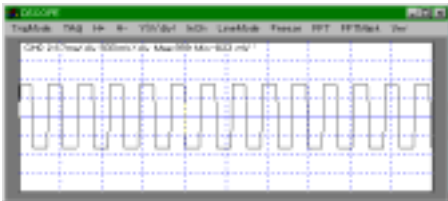
- 8kCPS、DC~4kHz、 \pm 2047mV or 0~4095mV
- オシロ部は任意停止させカーソルで時間、電圧、周波数を読み取れる
- 1024点FFT、窓関数5、変換時間50m秒、+14dBV~-60dBV対数表示



500Hz正弦波(S500.GIF)



FFT 500Hz正弦波 ハミング窓(S500HUM.GIF)



FFT 500Hz矩形波(SQ500.GIF)



FFT 500Hz矩形波ハミング窓(S500HUM.GIF)



アマチュア無線F2デジタル信号(DSCOPE.GIF)

難です。おまけに「CPUの部分はブラックボックスとしましょう」と言われては歯がゆいものです。LSI化した高性能なものは経験を積むこと、改造や変更がほとんどできないのです。

◆ キットにしよう

私が顔を出している数社の友人に「自費でキットを作ろうと思う」と話してみました。そうすると、試作費で部品の手配とストック、自社ガス炉の温度測定、さらに別の会社は中小企業の技術者育成と話がまとまり、キットになったのです。

損をするのでは長続きしません、そこで商業的に続けられるレベルの値段に設定しています。

◆ 支援企業と契約

この試みの研究開発は企業に支援されています。

- | | |
|-------------------|-------|
| • 数理設計研究所 | 企画、設計 |
| • 大永ドリーム(株) | アプリ開発 |
| • クシダ工業(株) | 製造、開発 |
| • (株)ぐんま産業高度化センター | 開発、販売 |

ハードウェア、原理、ソフトウェアなど、すべてを公開し人々の自由な利用を目的とする。

| 現代の鉱石ラジオを提供しよう

人はすべて初心者から始まり、近頃はほとんどがソフトプログラムの道筋でこの世界に入ってきます。

技術は知の集積ですが、狭い意味のソフトウェアの集積ではないので、物を作る現場では全体像を理解する技術者の枯渇を嘆く状態になっています。

設計用シミュレータを操作できても実際の現象を知らないのでは机上の空論です。大学や専門学校で教育する側も実物を作り悩んだ経験が無いのです。

論理を教えることはできても経験を教えることはできません。TR技術の記事は有用ですが、読むだけで物を作り動かせるわけではないのです。

理論は美しく世界の精髓ですが精髓であるがゆえに現実の一部、実験による経験が必須なのです。

しかし、どうもPC関連の教材におもしろいものがありません。世界を知るための素材は失敗の自由を軽んじてはいけません。

周到に製造されたソフトやハードを使いまわすだけではつまらないし、LSIから組み立てるのは困