

# ワンチップマイコンを用いたソーラーカー用 ネットワーク計測システムの構築

Microcontroller Controlling Network System for Measurement of Solar Car Datas

(報告日)

1997年3月20日

March 20, 1997

(指導教官)

電子制御工学科 鹿野 文久

Supervised by Fumihisa Kano  
Electronical Controlling Engineering

(提出者)

国立小山工業高等専門学校  
電子制御工学科 増淵 浩之

Reported by Hiroyuki Masubuchi  
Electronical Controlling Engineering  
Oyama National College of Technology

## 目次

はじめに

第1章	新計測システムの検討	
1.1	現在までの計測システムと問題点	4
1.2	ネットワーク計測システム	4
1.2.1	システム概要	4
1.2.2	各装置の役割	5
1.3	ワンチップマイコン	5
1.3.1	基本仕様	5
第2章	ネットワーク	
2.1	仕様	7
2.1.1	プロトコル	7
2.1.1.1	データフレーム	7
2.1.1.2	コマンド	8
2.1.1.3	通信速度	8
2.1.1.4	エラー検出、訂正	9
2.2	通信手順	9
2.2.1	接続チェック	9
2.2.2	データ収集	9
2.2.3	再転送	10
2.3	ソフトウェア	10
2.3.1	送信プログラム	10
2.3.2	受信プログラム	11

### 第3章 装置の開発

3.1	ネットワークコントローラ	15
3.1.1	動作	15
3.1.2	ハードウェア	15
3.1.2.1	LCD	15
3.1.2.2	RAM カード	15
3.1.2.3	回路	15
3.1.3	ソフトウェア	18
3.2	電圧測定装置	22
3.2.1	A/D 変換部	26
3.2.1.1	回路	27
3.2.1.2	ソフトウェア	29
3.2.2	センサ部	31
3.2.2.1	発電電流アンプ	31
3.2.2.2	モータ電流アンプ	32
3.2.1.3	バッテリー電流アンプ	33
3.2.1.4	バッテリー電圧アンプ	34
3.3	パルス計測装置	35
3.3.1	回路	35
3.3.2	ソフトウェア	37
3.4	メータ装置	39
3.4.1	回路	40
3.4.2	ソフトウェア	41

### 第4章 検討

4.1	各装置の検討	45
4.1.1	ネットワークコントローラ	46
4.1.2	電圧測定装置	46
4.1.3	パルス計測	46
4.1.4	メータ装置	46
4.2	まとめ	47
4.3	謝辞	47
4.4	参考文献	47

### 付録

## はじめに

近年、マイクロコンピュータの処理能力や信頼性の向上により、乗用車に搭載された制御、計測システムは大規模化、複雑化し、膨大な量の情報のやりとりが必要になってきた。システムの拡張に伴い一層複雑化、肥大化が進み、メンテナンス性も悪くなってしまふ。

この問題を解決するため、ネットワークを使い分散処理する方法が考案された。端末間同士でデータのやりとりをして、制御をしてしまうという物である。これにより、ネットワークに接続するだけで、スマートに拡張が行え、またシステムの変更、制御装置の改良が、容易になる。

このシステムは、CAN(Controller Area Network)と呼ばれ、広く採用されている。

ソーラーカーの計測システムでも同様な問題が生じてきた。ソーラーカーを効率よく走行させるためには、情報の収集は非常に重要なことである。シミュレーションプログラムの高精度化に当たり、必要となるデータが増え精度も必要になってきた。しかし、現在までの計測システムではこれに対応できない。また、ソーラーカーに搭載するので、極力消費電力を低く押さえなければならぬ。

そこで、ネットワークを使い柔軟性を持ち、省電力な、計測システムを構築することを目的とする。

## 第 1 章 新計測システムの検討

### 1.1 現在までの計測システムと問題点

現在までの計測システムは、複数のセンサーからの信号をアナログスイッチによって切り替え、A/D 変換し、RAM カードへ記録している。この回路のすべてのタイミングは、カウンタとデコーダで構成されたロジック回路で作られており、変更は不可能に近い。そのため、設計当時の仕様が現在まで残り、今となっては必要としていないデータまでを記録し RAM の容量を圧迫している。また、計測し記録したいデータが増えていることや、サンプリングレートの高速化など、現在の要求に対応できなくなった。

### 1.2 ネットワーク計測システム

そこで、ネットワークを使ってこの問題を解決することにした。ネットワークを使うことによって、配線は、ネットワークケーブルのみとなり、すべての装置がこれに接続される。また、処理の分散化により一装置での処理が限定されるため、機能の改善などですべての装置を変更する必要がなくなる。このため拡張性が格段に向上し、将来の変化にも柔軟に対応できるようになる。

しかしながら、ネットワークでの情報の交換の処理は複雑であり、なおかつ、その処理は接続されるすべての装置に必要となってくる。そこで、小型で消費電力が低いワンチップマイコンを使用することにした。これを使い、プログラムによって処理を実現することで、将来のプロトコルの変更などにも対応できる。また、計測もこのワンチップマイコンに処理させることで、回路の小型化も期待できる。

ネットワークでは、1本のケーブルで、データのやりとりが行われるため、衝突を回避するための処理も必要となってしまう。しかし、すべてのデータ転送の権限を、データを記録する装置が持つことでこの処理が必要なくなる。

ネットワークなので、転送しているすべてのデータをどこからでも参照できるようになる。これにより、制御装置もネットワークに接続し自動制御も将来可能になる。

#### 1.2.1 システム概要

##### システム構成

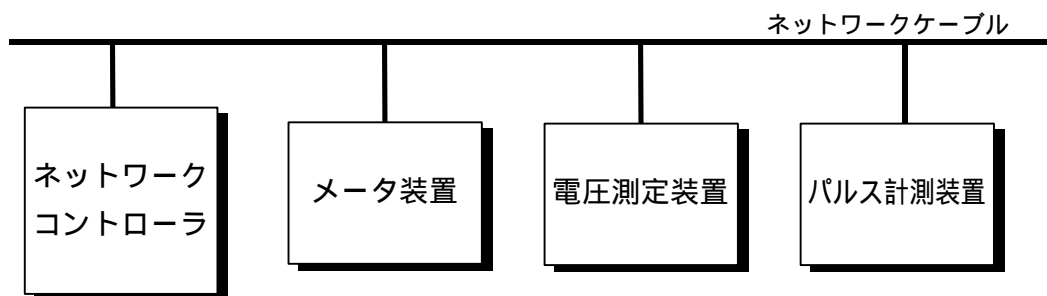


図 1.1 ネットワーク計測システム システム構成図

今回製作する計測システムの接続図を図 1.1 に示す。このシステムは、ネットワークコントローラ、電圧測定装置、パルス測定装置、メータ装置から構成される。電圧測定装置、パルス計測装置は、それぞれ固有の ID によって識別される。

### 1.2.2 各装置の役割

#### ネットワークコントローラ

サンプリング命令、データ転送命令などを出し、収集したデータを RAM カードに記録するなど、計測の管理を一括して行う。

サンプリング周期は、現在までの 2 秒を Slow mode とし、これに比べ 8 倍の 1/4 秒でサンプリングする Fast mode を加え、この 2 つから任意に設定できるようにする。

記録するデータは変更可能。

#### 電圧測定装置

サンプリング命令により測定電圧をサンプリングし、データ転送命令により測定結果を転送する。

#### パルス計測装置

一つ前のサンプリング命令から次のサンプリング命令までのカウントをデータ転送命令で転送する。

#### メータ装置

ネットワーク上のデータを取り込み表示する。表示するデータは変更可能。

## 1.3 ワンチップマイコン

これらのような装置を、小型にかつ低電力で動作させるためにワンチップマイコンを使うことにする。Z80 マイコンは高機能であるが、周辺 IC がすべて外付けとなり回路が大きくなってしまふ。小型化という点から、周辺 IC も含まれたワンチップマイコンが望まれる。そこで、Microchip Technology Incorporated の PIC16F84 と PIC16C71 を使用した。

### 1.3.1 PIC16F84、PIC16C71 の基本仕様

これらの IC は、ROM が 1kB、RAM が 64B、32B と少ないが、CPU、EPROM、RAM、PIO、SOC、が 18pin の DIP パッケージに収まりとてもコンパクトである。CPU は、RISC-CPU でワンクロックで 1 命令を実行できる。PIC16F84 の ROM は、EEPROM で電氣的に消去でき、PIC16C71 は UVEEPROM で紫外線の照射により消去できる。プログラミングはシリアルで転送

で、回路に組み込んだ後からでもプログラミングができる。

パラレルポートはソフトウェアによりピンごとに入出力の設定ができ、最大シンク電流 25mA、最大ソース電流 20mA と LED を直接駆動できるほどの能力を持っている。割り込みは、INT(外部)割り込み、タイマ割り込み、ポートの変化による割り込みなど充実している。

消費電力は、5V、4MHz で 2mA 以下と省電力で、動作電圧は、PIC16F84 が 2～6V、PIC16C71 が 3～6V と広い。

PIC16C71 にはサンプルホールド回路付き A/D コンバータも内蔵し、分解能は 8bit。A/D 入力 は 4ch でパラレル入出力ポートの 4pin と兼用となっていて、IC 内部のアナログスイッチをソフトウェアによって切り替えて使用する。

PIC16F84 の資料を付録 16 に PIC16C71 の資料を付録 17 にしめす。

## 第2章 ネットワーク

### 2.1 仕様

データ線は、ネットワークコントローラによって常に 5V にプルアップされている。これを、GND にショートすることにより 1 と 0 を作り通信を行う。この方法は、信号が衝突した場合お互いのインターフェースに負担がかからず、故障する心配がない。

ネットワークケーブルには、ノイズ対策のためツイストペアケーブルが 2 組入った 4 線式とした。このケーブルには、データの他、各端末用の電源 5 V、0 V と、強制リセット信号が含まれている。データ線のノイズを打ち消すため、データと 0 V をペアにした。5 V のノイズは端末のパソコンによって除去可能である。

コネクタには、脱着の容易さと信頼性から 4 線式のモジュラージャックを使用した。ピン配置を図 2.1 に示す。

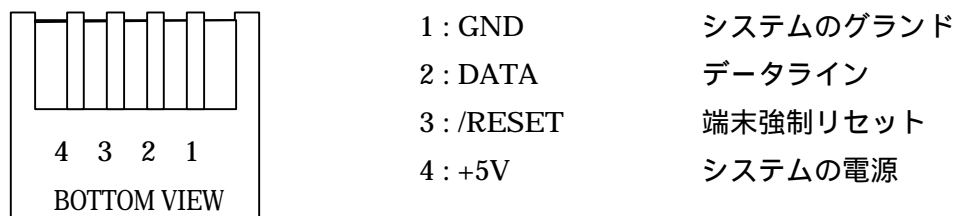


図 2.1 モジュラージャックの信号線名

#### 2.1.1 プロトコル

##### 2.1.1.1 データフレーム

データフレームは、12bit で構成されている。図 2.2 に各ビットを説明する。

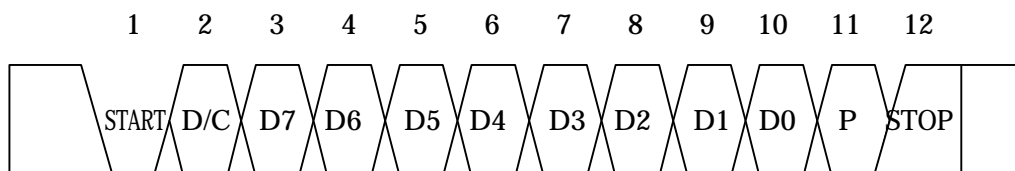


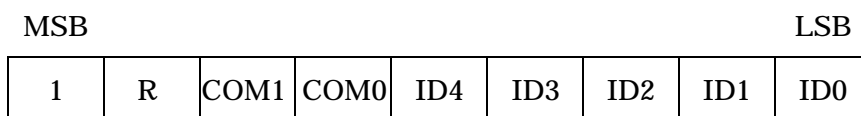
図 2.2 データフレーム

- START bit 0 レベルで、データフレームの先頭であることを示す。
- D/C bit DATA bit が、コマンドであるかデータであるかの識別ビット。0 でデータ、1 でコマンドを表す。
- DATA bit 8 bit で構成され、データの LSB から先に正論理で転送する。
- PARITY bit DATA bit 8 ビットに対するパリティで、偶数パリティである。
- STOP bit 1 レベルで、データフレームの終了を示す。



### 2.1.1.2 コマンド

D/C bit が 1 の時、DATA bit は、コマンドを表す。この時のデータ形式を図 2.3、コマンドを表 2.1 に示す。



R (RESERVED)                      予約ビット。通常 0 が入る。  
 COM (COMMAND)                  コマンドを表す。  
 ID                                      ID を表す。

図 2.3 命令のデータ形式

表 2.1 コマンド表

コマンド	意味	ID の値	備考
00	サンプリング要求	10101	
01	データ転送要求	要求先 ID	
10	データ送信	送信先 ID	続けてデータを送信する
11	初期化要求	要求先 ID	

### 2.1.1.3 通信速度

PIC のタイマ割り込みは、システムクロックを 256 分周したタイミングで発生する。また、システムクロックは、外付けの振動子を 4 分周したものである。PIC16F81 の最大動作周波数は 20MHz、PIC16C71 は 10MHz である。10MHz のとき、タイマ割り込みは式(2.1)より

$$f_{\pi} = \frac{10M}{4 \times 256} = 9765.625 [Hz] \quad (2.1)$$

約 9600Hz となる。通信速度は、後で述べるが、受信時のエラーチェックのため、その半分の 4800bps とした。

4800bps の場合サンプリング周期が 1/4 秒の Fast mode で、最大接続数である 32 のすべての測定装置のデータを転送できる、ぎりぎりの転送速度である。これでは、転送エラーが起きたときのことを考えると、すべての測定装置からのデータを、一度に収集することができない。このために、余裕をみて 1/4 秒中に記録する端末数を最大 10 に制限することにする。

#### 2.1.1.4 エラー検出、訂正

PARITY bit によって、DATA bit 中の 1bit のエラーを検出できる。また、4800bps の倍に当たる 9600Hz でサンプリングすることにより、0.5bit のエラー検出ができる。これとパリティを組み合わせることで、0.5bit のエラー訂正ができる。

端末で受けたデータにエラーがあり訂正できない場合は、そのデータは無効としデータを受けてないものとする。また、データフレーム中の D/C bit に 0.5bit のエラーが生じたとき、D/C は 0 と見なし、誤ってコマンドとして受け取らないようにする。

ネットワークコントローラの場合は、再転送要求をする。

## 2.2 通信手順

### 2.2.1 接続チェック

システムが起動したとき接続状況を知るため、接続チェックを行う。

はじめに ID0 ~ 31 まで初期化要求を転送し、初期化データが転送されるかどうかで接続を判断する。1 回目で初期化データが転送されない ID に対して、もう一度初期化要求を出し、これでも初期化データが転送されない場合は、接続されていないと見なす。

### 2.2.2 データ収集

データの収集は次のように行う。1/4 秒おきにサンプリング要求が出される。この後、Fast mode の ID に対して ID の小さい順からデータ転送要求が出され、これが終わると、Slow mode の ID に対して ID の小さい順にデータ転送命令が出される。

1 回目のデータ転送要求で、端末からのデータ転送がなかった場合、もう一度転送要求を行うが、2 度目の転送要求でデータが転送されなければデータは 0 となり、次の ID へ移る。

しかし、1 回のサンプリングに記録できる端末を 10 に制限したため、Fast mode の数が 10 を超えるとそれ以上の端末への、データの転送命令は出ない。Fast mode の数が 10 以下で、Slow mode と合わせて 10 を超える場合、Slow mode の超えた分は、次のサンプリング命令の後に持ち越す。そのため、Slow mode のデータは、すべてが同時刻にサンプリングされないことがある。

図 2.4 参照。

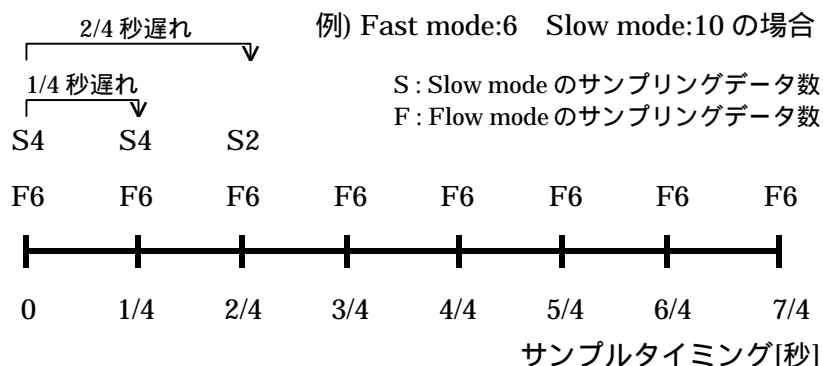


図 2.4 Slow mode データのサンプリングタイミングのずれの例

### 2.2.3 再転送

ネットワークコントローラは、端末からのデータを受けてデータのエラーが認められたときは、データの再転送を端末に対して要求する。再転送要求は1回のみで、これでだめならデータは0と見なす。

## 2.3 ソフトウェア

PICを使ったシリアル通信のプログラムを制作する。PICのRB0は外部割り込み入力ピンになっており、信号の変化により割り込みを発生する。信号の変化も、立ち上がりか、立ち下がり、どちらかを指定できる。立ち下がり指定することで、STARTビットを検出することができる。このことから、RB0をデータの入力とし、その隣のピンのRB1をデータの出力と設定する。その後は、タイマ割り込みによってビットを検出することにする。

### 2.3.1 送信プログラム

データの送信プログラムのフローチャートを図2.5に示す。

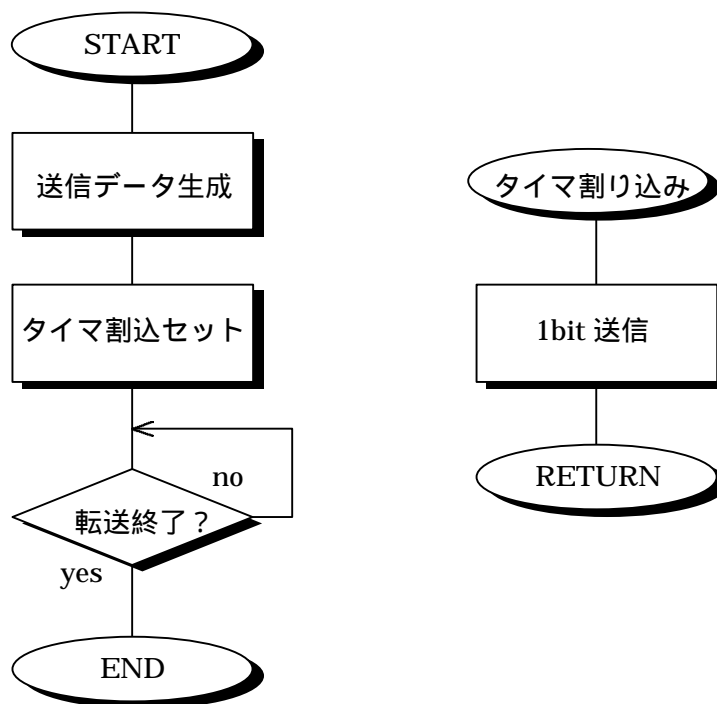


図 2.5 データ送信フローチャート

## 送信データ生成

送信する 8bit のデータ(RD0)に START、D/C、PARITY、STOP bit をつける。まず、PARITY を計算する。PARITY は、RD0 が偶数なら 0、奇数なら 1 とする。D/C は、RDC<5>を参照する。また、受信側に時間的な余裕を持たせるため、STARTbit の前に 1 を 1bit 設けて、13bit 長のデータフレームを生成する。データフレームの始めの 8bit は RD0 レジスタに、残りの 5bit は RD1 レジスタに保存する。送信データ生成後の RD0 と RD1 を図 2.6、図 2.7 に示す。

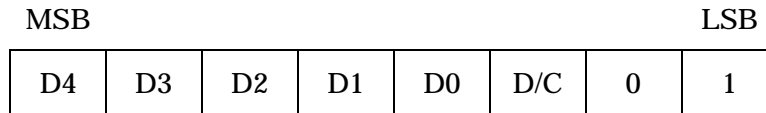


図 2.6 RD0 レジスタの内容

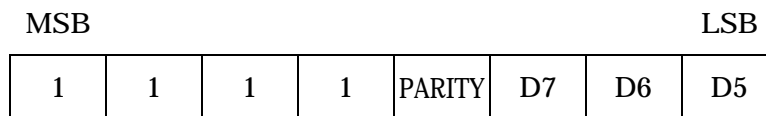


図 2.7 RD1 レジスタの内容

## タイマ割り込みセット

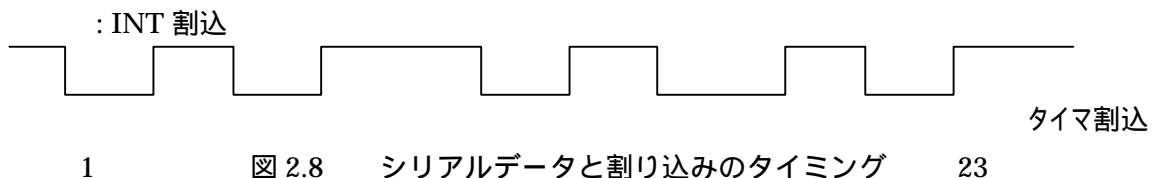
送信中のフラグ(sop<1> = 1)を立てて、タイマ割り込みをセットする。タイマ割り込みは、9600Hz で発生してしまうので、1:2 のプリスケアラを有効にし、4800Hz で割り込みが発生するようにする。

## 1bit 送信

RD1 を右シフト、RD0 を右シフトして、はみ出した 1bit を RB1 に出力する。13bit 出力し終わったら、フラグ(SOP<1> = 0)を下げる。転送の終了は、SOP<1>をチェックするする。

### 2.3.2 受信プログラム

データの受信は、INT 割り込みの発生によって STARTbit を検出することから始める。その後は、タイマ割り込みによって 0.5bit ずつ検出する。割り込みの発生は、図 2.8 のようなタイミングになる。



図を見てわかるとおり、INT 割り込みからタイマ割り込みが発生するまでの時間は、タイマ割り込みの周期の半分となる。そのため、タイマ割り込み発生のためのカウンタ(TMR0)に、直接オフセットを書き込み、割り込みが発生するまでの時間を縮める。オフセットの値は、測定の結果から DOH とした。割り込み回数のカウントは RB レジスタで行う。

受信プログラムのフローチャートを図 2.9 に示す。

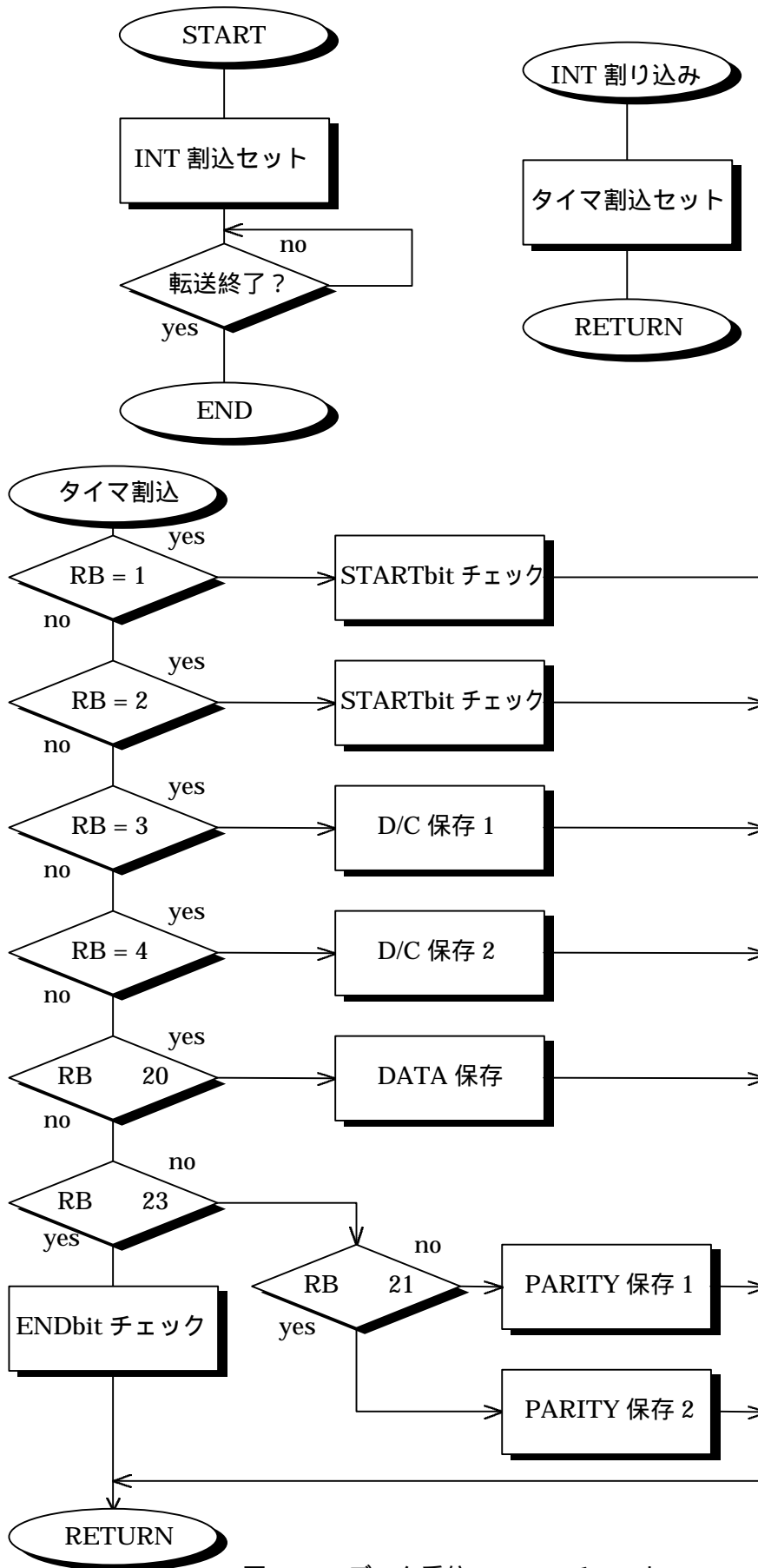


図 2.9 データ受信のフローチャート

### INT 割り込みセット

受信中のフラグ( $sop<0> = 1$ )を立てて、INT 割り込みをセットする。

### タイマ割り込みセット

STARTbit と思われる立ち下がリエッジを検出したので、タイマ割り込みをセットする。1 回目のタイマ割り込み発生のタイミングは、通常より短いため割り込み発生用のカウンタ (TMR0) に DOH を書き込む。

### STARTbit チェック

RB0 が 0 かどうかを調べる。0 でない場合は、RB を 0 にして、はじめからやり直す。

### D/C 保存 1、2

D/Cbit を保存する。D/Cbit に関しては、パリティによるエラーチェックができないため、2 つ分のデータを保存しても意味がない。そこで、COMMAND(1)より DATA(0)の方が優先するようにし、COMMAND(1)と誤認しないようにする。

D/C の情報は、RDC<5>に保存する。1 回目は、RB0 が 1 ならば RDC<5>に 1 をセットする。2 回目は、RB0 が 0 ならば RDC<5>を 0 とすることで、0 が優先される。

### DATA 保存

RB0 の状態を、RD レジスタに保存する。BR が奇数ならば RD0 へ、偶数ならば RD1 へ保存する。保存形式は図 2.10、図 2.11 のようになる。

MSB				LSB			
D7-0	D6-0	D5-0	D4-0	D3-0	D2-0	D1-0	D0-0

図 2.10 RD0 レジスタの内容

MSB				LSB			
D7-1	D6-1	D5-1	D4-1	D3-1	D2-1	D1-1	D0-1

図 2.11 RD1 レジスタの内容

また、PARITYbit との比較のためのパリティの計算を行う。RB が奇数なら RB0 を RDC<0> の XOR を、偶数なら RDC<1>と XOR を行う。

### PARITY 保存 1、2

RB0 の状態を保存する。1 回目を RDC<2>へ、2 回目を RDC<3>へ保存する。

### ENDbit チェック

RB0 が 1 かどうかをチェックする。1 でない場合、RB を 0 にしてはじめからやり直す。1

の場合、受信データが正常であるかのチェックを行う。チェックは次の図 2.12 の方法で判定する。

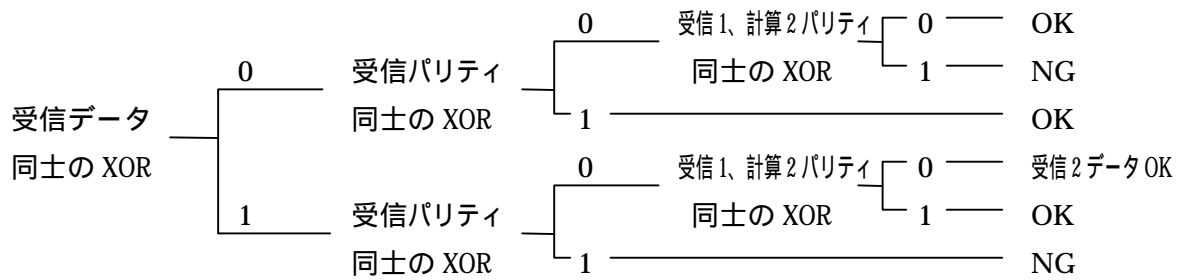


図 2.12 受信データチェックの方法

受信データ同士が等しくて、受信パリティが等しくなくても OK としたのは、データが 8bit なのに対しパリティは 1bit であるため、8bit のデータが等しい方が、1bit のパリティが等しくないより、信用できると考えたためである。

2 回目のデータが正しいと判断された場合、RD0 に RD1 の値をいれる。NG と判断された場合、RB を 0 にして受信をはじめからやり直す。

これらのデータチェックにより、誤ってデータフレームの途中から検出を始めても、ほとんどの場合 NG となり、数個のデータフレームで正常に受信できるようになる。

## 第3章 装置の開発

ネットワークコントローラ、電圧測定置、パルス計測装置、メータ装置を開発する。

### 3.1 ネットワークコントローラ

#### 3.1.1 動作

電源投入時にネットワークに接続されている測定装置をチェックし、接続状況を表示装置に表示する。この時、記録する ID と Fast mode、Slow mode の設定をボタンによって変更できる。

測定方法は、定期的に 1/4 秒間隔でサンプリング命令を出すことから始め、記録する ID 順に転送命令をだし、転送されたデータを RAM カードに保存していく。RAM カードの容量がなくなり次第保存を停止する。しかし、メータ装置などへのデータ提供のため、サンプリング、転送命令は継続する。また、テレメータインターフェースへのデータの供給も行う。

#### 3.1.2 ハードウェア

##### 3.1.2.1 LCD

システムの省電力化のため、表示装置には LCD を、また、表示処理の簡略化から LCD モジュールを用いることにした。LCD モジュールには、セイコー電子工業の M1632-0A を使用した。

##### M1632-0A の仕様

表示能力は 16 文字 2 桁で、システムの最大接続数が 32 と、すべての接続状態を一度に表示できる。視野角も 70 度と視認性がよい。

モジュールへのデータ転送は、制御線が 2bit とデータ線が 8bit、4bit のいずれかから選択できる。データ線に 4bit 選択することで、6bit で LCD へのデータ転送が可能となり、ポート数の少ないワンチップマイコンで、容易に使用することができる。

##### 3.1.2.2 RAM カード

RAM カードには、512kB の SRAM カードを使用した。新システムでは、RAM への記録を効率よく行うため、今までと同じ容量でも十分にデータの記録ができる。そのため、旧システムと同じ物を使用する。

##### メモリマップ

RAM カードには、図 3.1 のようなメモリマップが形成される。



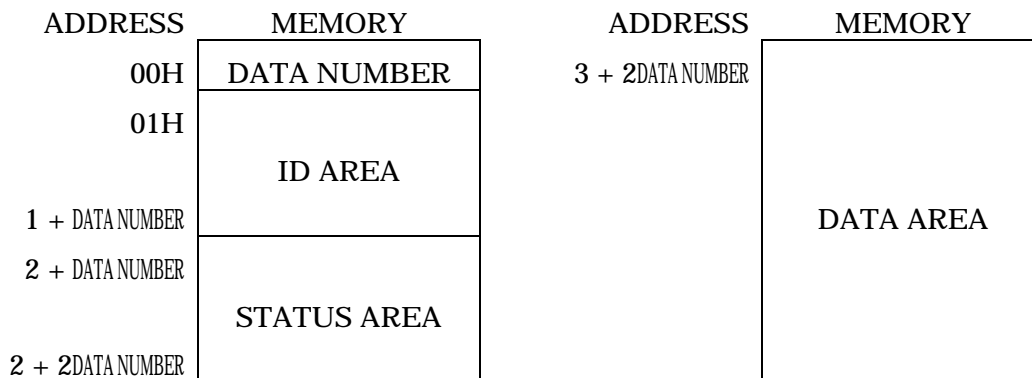


図 3.1 RAM カードメモリマップ

DATA NUMBER (1Byte)

記録されているデータ ID の数が 16 進で記録する。

ID AREA (DATA NUMBER Byte)

記録されてる順に、ID と Fast mode、Slow mode の情報が、図 3.2 の形式で記録する。

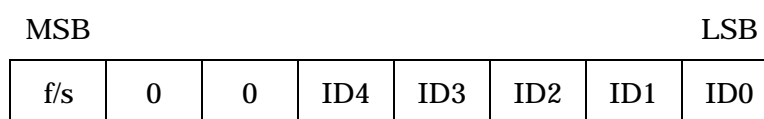


図 3.2 ID AREA 形式

f/s (FAST/SLOW 1bit)

Fast mode Slow mode をしめす。0 なら Fast mode。

始めに Fast mode の ID の小さい順に、次に Slow mode の ID の小さい順に記録する。DATA NUMBER の値と 7bit 目の 0 から Fast mode の ID の数が分かり、 DATA NUMBER の値と Fast mode の ID の数から、 Slow mode の ID の数が分かる。

STATUS AREA (DATA NUMBER Byte)

ID AREA の ID 順にその測定装置固有の情報が、図 3.3 の形式で記録する。

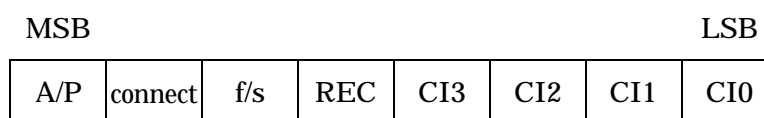


図 3.3 STATUS AREA 形式

CI (CERCUIT INFORMATION 4bit)

測定装置のデータの加工方法を記録する。意味を表 3.1 に示す。

REC (1bit)

ネットワークコントローラが、記録をする ID であることをしめすビットで、通常関係ない。正常なら 1 が入る。

f/s (FAST/SLOW 1bit)

Fast mode Slow mode をしめす。0 なら Fast mode。

CONNECT (CONNECTED 1bit)

ネットワークに測定装置が接続されていることをしめす。接続されていたなら 0 が入る。

A/P (ANALOG/PULSE 1bit)

測定装置が電圧測定装置か、パルス計測装置かをしめす。電圧測定装置なら 0 が入る。

表 3.1 CI と表示方法

A/P	CI3	CI2	CI1	CI0	表示方法	例
0	0	0	0	0	そのままの値を表示	128 128
	0	0	0	1	1/2 して表示	128 64
	0	0	1	0	1/4 して表示	128 32
	0	0	1	1	1/8 して表示	128 16
	0	1	0	0	80H を 0 として表示	128 0 0 -128 255 127
	0	1	0	1	80H を 0、1/2 して表示	128 0 0 -64 255 63.5
	0	1	1	0	80H を 0、1/4 して表示	128 0 0 -32 255 31.8
		その他			そのままの値を表示	128 128
1	0	0	0	0	rpm で表示 (DATA × 24)	50 1200
	0	0	0	1	rpm/3 で表示 (DATA × 8)	128 1024
	0	0	1	0	そのままの値を表示	128 128
	0	0	1	1	4 倍して表示	128 512
		その他			そのままの値を表示	128 128

## DATA AREA

Fast mode のデータを ID AREA の ID 順に記録する。このデータが 8 セット続き、その後 Slow mode のデータを同様に記録する。メモリマップを図 3.4 に示す。

ADDRESS	MEMORY	ADDRESS	MEMORY
+0	Fast mode DATA	+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA
+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA	+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA
+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA	+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA
+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA	+Fast mode DATA 数	Slow mode DATA
+Fast mode DATA 数	Fast mode DATA	+Slow mode DATA 数	次の Fast mode DATA

図 3.4 DATA AREA メモリマップ

Fast mode のデータはサンプリング順に記録しているが、Slow mode のデータは前にも述べたとおり、すべてが同じ時間にサンプリングしたものではない。よって、(10-Fast mode データ)ごとに 1/4 秒ずつ遅れている。

### 3.1.2.3 回路

回路図を図 3.5 にしめす。

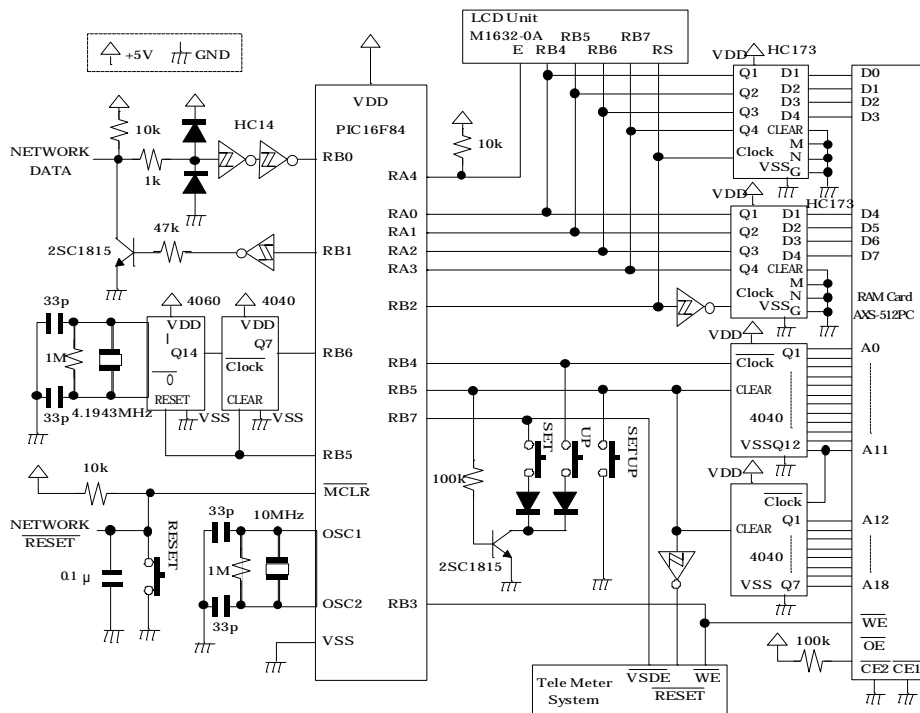


図 3.5 ネットワークコントローラ回路図

各部の回路の説明を以下にまとめる。

### クロック

PIC のクロックには、10MHz の水晶振動子を使用した。これにより 1/4 の 2.5MHz で 1 命令を実行する。

### ネットワーク接続部

ネットワークのデータは、PIC の RB0 から入力され、RB1 より出力される。

入力は、ダイオードによるリミッタにより、電源電圧を超えるかグランド電位を下回る信号をカットする。その後、シュミットトリガにより波形整形し、PIC の RB0 へ入力する。

RB0 は、INT(外部割込み)ピンとなっており、立ち下がりで割込み発生し、スタートビットを検出する。

ネットワークへのデータ出力は、NOT ゲートを通しトランジスタを駆動する。

### サンプリングタイミング発生

水晶発振による 4.194MHz のパルスカウンタ(4060,4040)により 21 分周し 2Hz を得る。4060 には、カウンタと発振用の回路が入っており発振回路を別に設けなくてすむ。4060 で 14 分周し 4040 で 7 分周して PIC の RB6 へ入力する。

RB4 ~ RB7 は入力される信号の論理レベルの変化で割込みが発生する。立ち上がり立ち下がりで割込みが発生するため、2Hz を入力すると 1 秒間に 4 回の割込みが発生することになる。このサンプリングタイミング信号以外に、信号の変化による割込みが発生しないように、RB4、RB5、RB6 は、出力ピンになるよう設計した。

### LCD モジュールへデータ転送

PIC の RA0 ~ RA3 を LCD モジュールの RB4 ~ RB7 に、RB2 を RS に、RA4 をデータ取り込み信号 E に接続する。RA4 は、オープンコレクタとなっているためプルアップ用の抵抗をつける。100k ~ 50 k では、出力の変化に追いつかず波形がなまってしまったため 10k とした。

また、PIC の RA0 ~ RA3 は RAM カードのデータバスと、RB2 はデータラッチ信号と兼用である。LCD モジュールの E が H でない限り LCD にデータは取り込まれないので問題はない。

### RAM カードデータ生成

PIC の RA0 ~ RA3 の 4bit を RB2 の信号でラッチして 8bit としている。RB2 の立ち上がりで上位 4bit が、立ち下がりで下位 4bit が確定する。タイムチャートを図 3.6 に示す。

### RAM カードアドレス生成

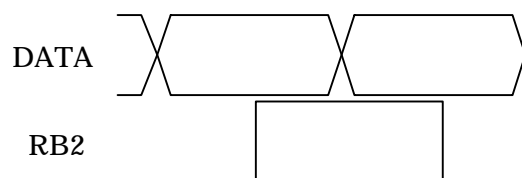


図 3.6 データ生成タイムチャート

PIC の RB4 をカウントすることによってアドレスを生成する。立ち下がりエッジでカウントアップされる。RB5 を H とすることでカウンタのリセットを行う。

#### RAM カード制御信号

PIC の RB3 を RAM カードの /WE とする。

/OE は、100k の抵抗でプルアップした。そのため、PIC 側から RAM カードの内容を確認することはできない。

#### テレメータインターフェースへのデータ出力

テレメータへのデータ出力は 2 秒に 1 回行う。PIC の RB3 を /WE、RB7 を /VSDE、RB5 を /RESET にする。/WE は、RAM カードの /WE と兼用になっている。このままでは、RAM カードへ記録されるデータがすべて、テレメータインタフェースにも出力されてしまう。そこで /WE を有効にするための /VSDE を設け、/WE と /VSDE が 0 のとき、データが有効とする。また、/WE が 1 で /VSDE が 0 のとき、データ先頭であることを示す。真理値表を表 3.2 に、タイムチャートを図 3.7 に示す。/RESET は、テレメータインターフェースの強制リセット。

テレメータインタフェースへは、Fast mode DATA の 8 セット目と、その次の Slow mode DATA のセットのデータが出力される。

表 3.2 /WE と /VSDE の真理値表

/WE	/VSDE	意味
0	0	データ有効
0	1	無効
1	0	データ先頭
1	1	無効

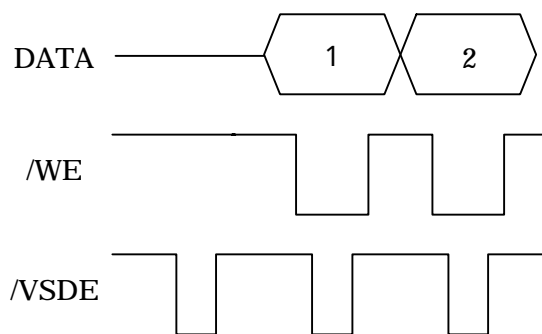


図 3.7 出力タイムチャート

#### 設定スイッチ

記録設定スイッチは、SETUP(設定)、SET(Fast,Slow,none の設定)、UP(ID up)の 3 つを使い、それぞれ、PIC の RB5、RB7、RB4 に接続する。それぞれのピンが GND にショートすることにより押されたことを判定する。これらのピンは RAM カードアドレス生成のカウンタと兼用になっている。

RB5 はカウンタの CLEAR と兼用になっているが、カウンタのクリアは H のため、記録中にスイッチが押され GND にショートされても問題は起きない。

RB7 と RB4 は記録中にスイッチが押され GND にショートすると問題が生じるため、RB5 が H(カウンタがリセット)の時でない限り、ショートできないようトランジスタによりスイッチング回路を設けた。

## コネクタ

設定スイッチ、LCD、RAM カード、テレメータとの接続にコネクタを使用した。コネクタには、ヘッダピンを使用した。基板につけたコネクタの位置を図 3.8 にピン配置を表 3.3～3.6 に示す。

- 1:設定スイッチ、ネットワーク接続
- 2:LCD
- 3:RAM カード
- 4:テレメータ

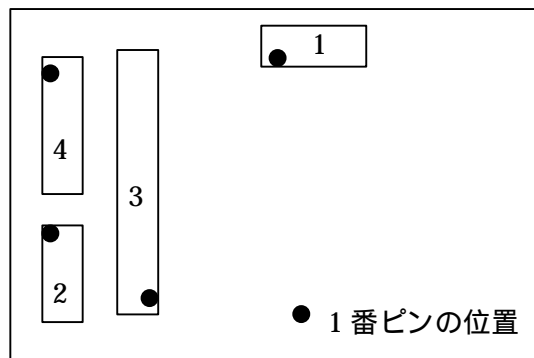


図 3.8 コネクタの位置

表 3.3 設定スイッチ、ネットワークコネクタピン配置

1	GND	2	/MCLR
3	GND	4	SET
5	GND	6	UP
7	GND	8	SETUP
9	GND	10	DATA
11	+5V	12	/RESET

表 3.4 LCD コネクタピン配置

1	DB7	2	DB6
3	DB5	4	DB4
5	E	6	RS
7	+5V	8	GND

表 3.5 RAM カードコネクタピン配置

1	GND	2	GND
3	A1	4	A0
5	A3	6	A2
7	A5	8	A4
9	A7	10	A6
11	A9	12	A8
13	A11	14	A10
15	A13	16	A12
17	A15	18	A14
19	+5V	20	+5V
21	+5V	22	+5V
23	A17	24	A16
25	A19	26	A18
27	/CE2	28	/CE1
29	/WE	30	/OE
31	D6	32	D7
33	D4	34	D5
35	D2	36	D3
37	D0	38	D1
39	GND	40	GND

表 3.6 テレメータコネクタピン配置

1	GND	2	GND
3	D0	4	D1
5	D2	6	D3
7	D4	8	D5
9	+5V	10	+5V
11	+5V	12	+5V
13	D6	14	D7
15	/WE	16	/VSDE
17	RESET	18	NC
19	GND	20	GND

3.1.3 ソフトウェア  
フローチャート

フローチャートを図 3.9 にしめす。

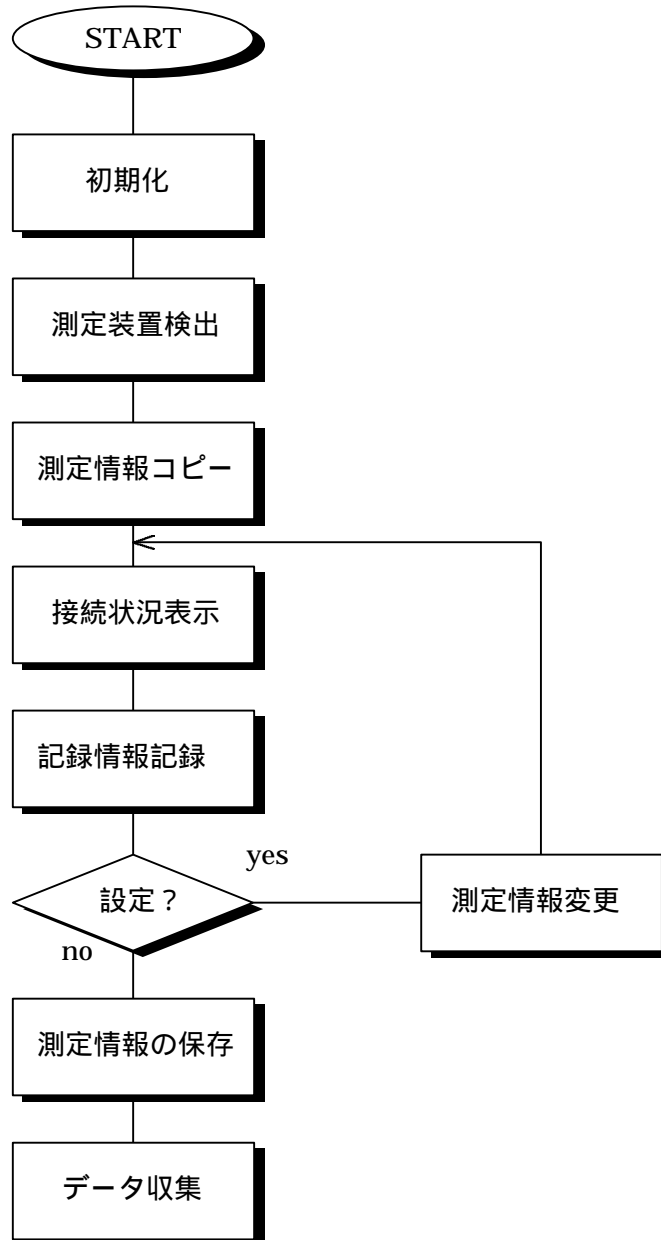


図 3.9 ネットワークコントローラ フローチャート



## 初期化

変数の初期化、パラレルポートの設定、割り込み設定を行う。

## 測定装置検出

30H～4FH は、測定装置からの受信データバッファで、30H から ID 順に対応する。このバッファは 40H で初期化する。測定装置からの CI の収集は、初期化要求、データ受信の順で ID0～ID31 まで行ない、要求先からのデータをバッファに保存する。測定装置からのデータの 6bit 目は、必ず 0 のため、バッファの 6bit 目をチェックすることで接続されているかが判定できる。

1 回目の初期化要求で応答しなかった ID に対しては、もう一度初期化要求を行う。

バッファの保存形式を図 3.10 に示す。

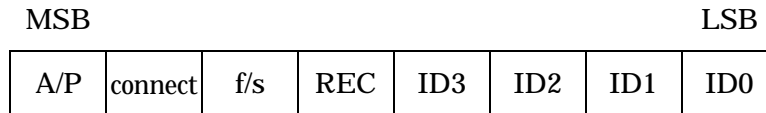


図 3.10 受信データバッファ形式

## 測定情報のコピー

EE-PROM に保存された前回測定したときの測定情報(記録する/しない、Fast / Slow の情報)をバッファにコピーする。これにより、前回設定した ID は、再設定の必要がなくなる。測定情報の保存形式を図 3.11 に示す。

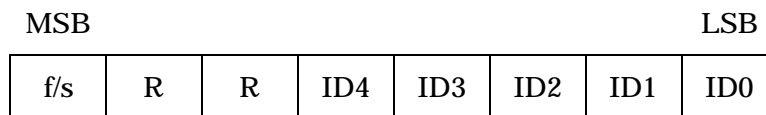


図 3.11 EEPROM 測定情報形式

今回接続されたが、前回接続されていなかった ID に関しては、Fast mode となる。

## 接続状況の表示

バッファの情報をもとに LCD モジュールに接続状況を表示する。LCD の一文字が一 ID 分に相当し、LCD の左上を ID0、右下を ID31 とした。表示する文字は、-,C,F,f,S,s の 6 種類。文字の意味を、表 3.7 に示す。

表 3.7 表示文字の意味

文字	意味
-	測定装置は接続されていない
C	測定装置は接続されているが、記録しない
F	Fast mode で記録
f	接続されていないが、Fast mode で記録
S	Slow mode で記録
s	接続されていないが、Slow mode で記録

#### 記録情報を RAM カードへ記録

RAM カードの DATA NUMBER、ID AREA、STATUS AREA を書き込む。

#### 測定情報の変更

設定ボタンが押されている場合、測定情報の変更モードとなる。メカニカルスイッチの場合、必ずチャタリングが生じるため、押されたことを判定した後に適当に WAIT して、チャタリングを回避する。UP スイッチのように、押した回数だけ変化するという場合、WAIT がないと 1 回押されただけで、チャタリングの分だけ変化してしまう。

#### 測定情報の保存

測定情報を EEPROM に保存する。データ収集の順は、この情報を参照する。

#### データ収集

測定情報に基づき、各測定装置からデータを収集し RAM カードへ記録する。1/4 秒の INT 割り込みによりサンプリング命令をだし、データの収集を始める。測定装置からのデータは、いったんメモリに保存され 1/4 秒分のデータの収集が終わった後 Fast mode のデータを一括して RAM カードへ記録する。これを 8 回繰り返した後 Slow mode のデータを RAM カードへ記録する。

RAM カードへデータを出力すると同時にテレメータインターフェースにもデータを出力する。

### 3.2 電圧測定装置

A/D 変換部とアンプ部からなる。A/D 変換部は、0 から 5V までの電圧を 0 から 255 のデジタル 16 進に変換しネットワークに転送する。アンプ部は、センサなどからの電圧を、5V がフルスケールとなるように調整する。A/D 変換部とアンプ部は独立して製作し汎用性とメンテナンス性を高める。

#### オフセットについて

PIC の A/D 変換の入力電圧範囲は、PIC の電源電圧範囲であるため、マイナスの信号は測定できない。そのため、測定電圧がマイナスとなる場合はオフセットをつけることにした。しかし、適当にオフセットをつけると、センサによって違うオフセット値を持ってしまい、その後の処理が非常に難しくなる。

そこで、マイナス電圧まで測定する場合は、A/D 変換後の 128(80h)を 0V に固定(A/D 変換後のオフセットは必ず 128(80h))するようにする。センサ部で加えるオフセット電圧を A/D 変換し、この結果をオフセット値である 128 と比較し、その差分を測定電圧の A/D 変換の結果に加えることでオフセットの固定を実現する。これにより、オフセット電圧の変動によるオフセットの変動が自動的に補正されるようになり、調整がいらなくなる。計算式は式 3.1 にしめす。

$$AD1' = 128 - AD3 + AD1 \quad (3.1)$$

AD1:測定電圧の A/D 変換後の値  
AD3:オフセット電圧の A/D 変換後の値  
AD1':測定電圧のオフセット補正された値

そのため PIC の A/D 入力 4ch のうちの 1ch をオフセット電圧入力に割り当てる。これにより、電圧測定装置 1 つ分の A/D 変換入力は 3ch となる。

ID は、ch 毎に配分し、それぞれのチャンネルを独立して考えられるようにする。この測定装置に設定した ID から +3 までが、AD0 ~ AD3 に対応する。

### 3.2.1 A/D 変換部

#### 3.2.1.1 回路

図 3.12 に回路図を示す。

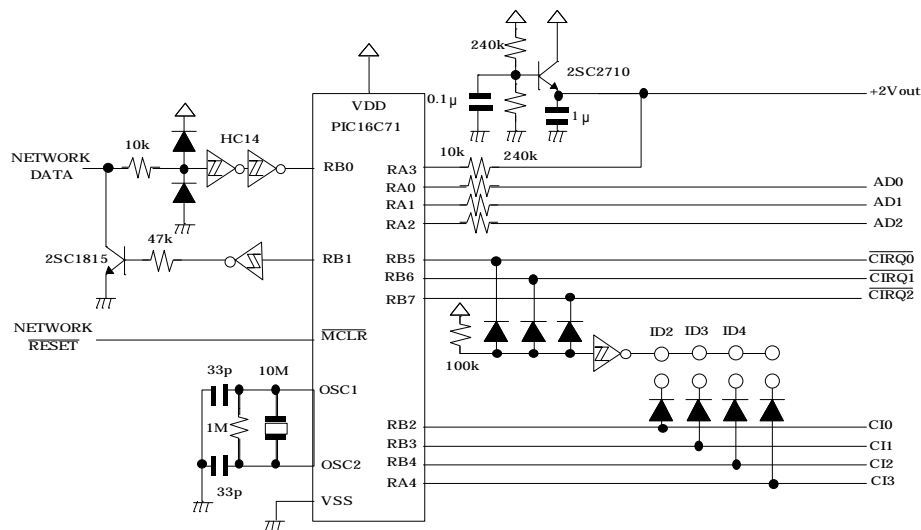


図 3.12 電圧測定装置 A/D 変換部

各回路の説明を以下にまとめる。

#### オフセット電圧発生

電源電圧を値の等しい抵抗で分圧することにより、電源電圧の半分の電圧を得て、トランジスタのエミッタフォロアによってインピーダンスを下げる。分圧抵抗が高抵抗のため、トランジスタにはゲインの高い物を使用しが、エミッタフォロア後も数 mA しか取ることができない。

出力は、トランジスタの BE 間の順方向電圧の分、電圧が降下し 2V 程度になる。2.5V でなく 2V 程度にしたのは訳があり、センサ部の説明で述べる。

#### A/D 入力

A/D 入力は、入力ピンに過大な電圧の印加による IC 破損を避けるため、ピンに近いところに直列に 10k の抵抗を入れた。これにより起こる最大誤差は  $\pm 0.25\text{LSB}$  であるため変換に支障はない。しかし、ホールドキャパシタのチャージングに時間がかかるので、変換を開始するまで約  $5\mu\text{sec}$  必要になる。

RA0 ~ RA2 を測定電圧入力 ch0 ~ ch2 とし、RA3 をオフセット電圧入力とする。

#### センサ部の回路情報の取得

RB5 ~ RB7 を ch0 ~ ch2 の CI 取得信号/CIRQ0(CIRCUIT INFORMATION REQUEST) ~ /CIRQ2 とし、論理レベルが 0 になったとき有効を示す。

RB2 ~ RB4 を情報入力ピン CI0 ~ CI2 に割り当てる。論理レベルが 0 になったとき、そのビットを 1 とみなす。

## ID の取得

PIC の RB5 ~ RB7 までがすべて 1 のときにジャンパピンの設定が RB2 ~ RB4 に有効になる。RB5 ~ RB7 は、センサ部の CI 取得信号と兼用のため、すべてを 1 とすることで衝突を避ける。

RB5 ~ RB7 すべての 1 を検出するための AND ゲートを回路の小型化のためダイオードにより構成した。プルアップの抵抗が 100k と高く、ジャンパピンの設定が RB2 ~ RB4 に有効になるまで遅れが発生するので、取り込みを遅らす必要がある。

## コネクタ

設定スイッチ、LCD、RAM カード、テレメータとの接続にコネクタを使用した。コネクタには、ヘッダピンを使用した。基板につけたコネクタの位置を図 3.13 にピン配置を表 3.8 ~ 3.11 に示す。

- 1:ID 設定
- 2:A/D 入力 2
- 3:A/D 入力 1
- 4:A/D 入力 0

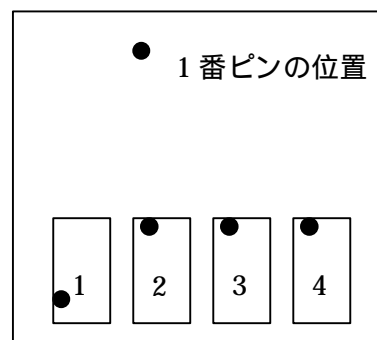


図 3.13 コネクタ配置図

表 3.8 ID 設定コネクタピン配置

4	Don't Use
3	ID4
2	ID3
1	ID2

表 3.9 A/D 入力 2 コネクタピン配置

1	GND	2	+5V
3	+2V	4	CI2
5	/CIRQ2	6	CI1
7	INPUT	8	CI0

表 3.10 A/D 入力 1 コネクタピン配置

1	GND	2	+5V
3	+2V	4	CI2
5	/CIRQ1	6	CI1
7	INPUT	8	CI0

表 3.11 A/D 入力 0 コネクタピン配置

1	GND	2	+5V
3	+2V	4	CI2
5	/CIRQ0	6	CI1
7	INPUT	8	CI0

3.2.1.2 ソフトウェア  
フローチャート

フローチャートを図 3.14 にしめす。

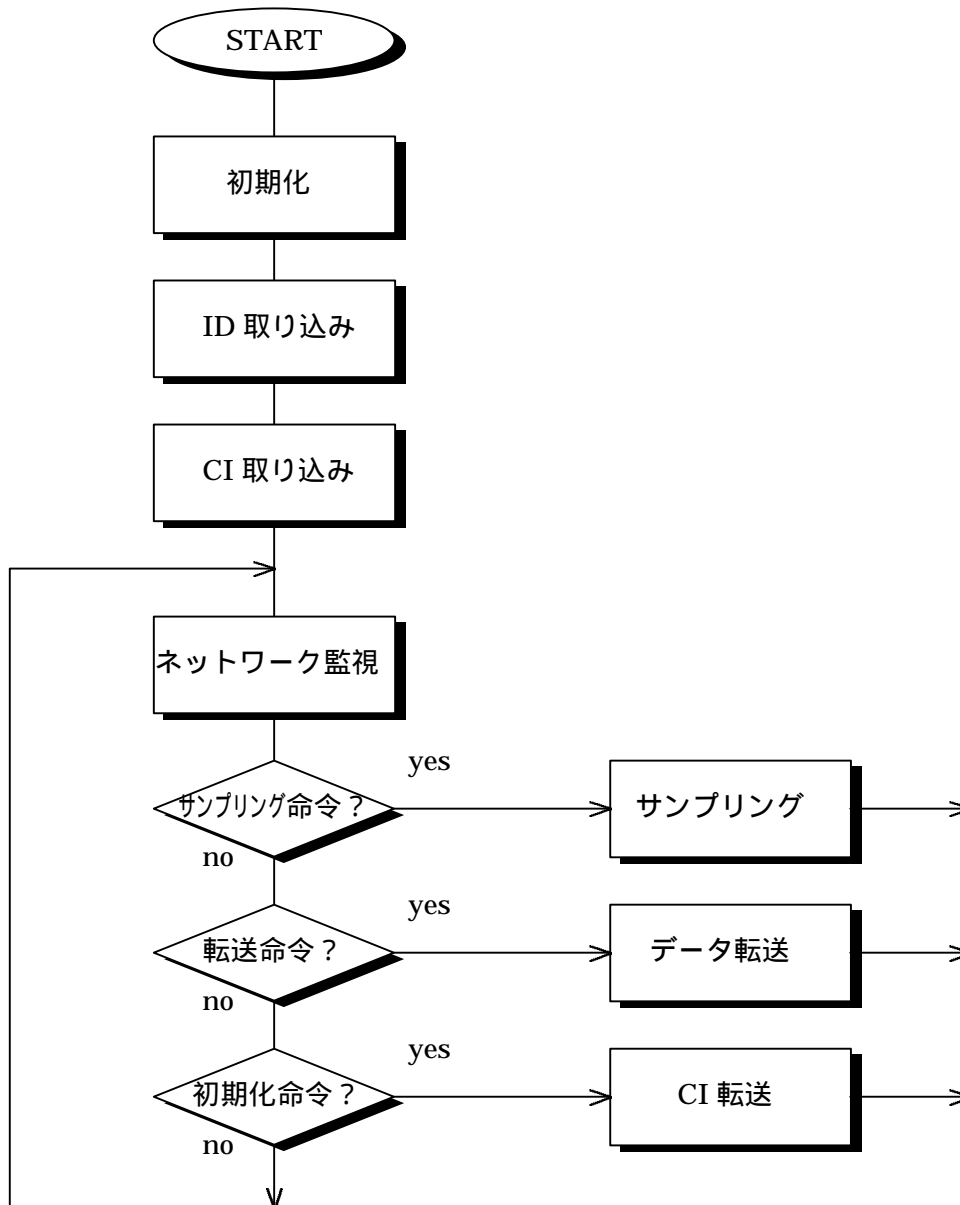


図 3.14 電圧測定装置 フローチャート

## 初期化

変数の初期化、パラレルポートの設定、割り込み設定を行う。

## ID 取り込み

自分自身の ID を取り込む。RB5 ~ RB7 をすべて 1 にすることで、RB2 ~ RB4 に ID の 2bit 目 ~ 4bit 目が有効になる。RA4 も ID の検出に使おうとしたが、A/D コンバータとの兼ね合いが、誤認が多かったため使用をやめた。RB5 ~ RB7 をすべて 1 にしてから ID のデータが有効になるまで多少時間がかかるので、約 26ms の WAIT を入れる。

## CI 取り込み

RB5 ~ RB7 が /CIRQ0 ~ /CIRQ2 に対応しているため、それぞれを 0 にすることで RB2 ~ RB4 にそれぞれの CI が有効になる。ID 取り込み同様、CI を確実にするため /CIRQ を 0 にした後 6.5ms の WAIT を入れる。

## ネットワーク監視

自分に対する命令を監視する。受信データが、命令で、かつ ID が自分自身の ID ~ +3 までの範囲のとき次の処理へ進む。サンプリング命令のときは、無条件にサンプリング処理をする。

## サンプリング

まず RA3 をサンプリングしオフセット電圧を測定する。次に RA0 ~ RA2 をサンプリングする。CI からオフセット付きの信号の場合、オフセット調整を行う。DATA0 に RA3、DATA1 ~ DATA3 に RA0 ~ RA2 の変換結果を保存する。

A/D 入力チャンネルを設定(切り替え)してから、PIC 内のホールドキャパシタのチャージが完了するまで、サンプリングを開始してはいけない。そのためチャンネルを設定してから約 100  $\mu$ s の WAIT を入れた。

## データ転送

転送命令のあった ID のデータをネットワークへ転送する。サンプリング要求がなくデータ転送命令があった場合も関係なく、DATA0 ~ DATA3 のデータを転送する。

## CI 転送

転送命令のあった ID の CI をネットワークへ転送する。データ形式を図 3.15 に示す。

MSB					LSB		
0	0	0	0	0	CI2	CI1	CI0

図 3.15 電圧測定装置の CI 転送形式

### 3.2.2 センサ部

発電電流、モータ電流、バッテリー電流、ライン電圧のアンプ部を設計する。

#### 3.2.2.1 発電電流アンプ

1000W 程度(20A)まで測定できることを前提に設計する。そのため、最大レンジを 32A とする。太陽電池からの電流は 0.05 のシャント抵抗によって、電圧として検出される。32A 時の入力電圧は式(3.2)から 1.6 となる。

$$V_{in}[V] = R[ \ ] \times I[A] = 0.05 \times 32 = 1.6 \quad (3.2)$$

32V をフルスケールとするためこの 1.6V を 5V まで増幅しなければならない。そこでゲインは式(3.3)から 3.125 となる。

$$G = 5 / 1.6 = 3.125 \quad (3.3)$$

オペアンプの増幅回路は、反転増幅回路を 2 段とし、前段でフルスケールを 5V とする増幅を行い、次段をゲインが-1 のバッファとした。反転を 2 段とすることで全体で非反転として動作する。

非反転増幅回路は図 3.16 で、ゲインは、式(3.4)で求めることができる。

$$-G = \frac{R_f}{R_1} \quad (3.4)$$

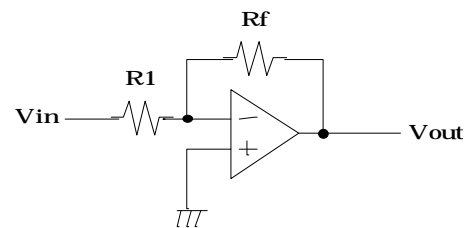


図 3.16 非反転増幅回路

ゲインは前に求めたように 3.125、フィードバック抵抗を 100k とすると R1 は式(3.5)より

$$R_1 = \frac{R_f}{-G} = \frac{100k}{3.125} = 32k \quad (3.5)$$

32k と求まる。

オペアンプには低消費電力の TLC27LC2 を使用した。このオペアンプの出力振幅は電源電圧範囲まで振れない。そこで、マイナス電源を付け加えることで 0V まで出力が振れるようにした。マイナス電源の発生には 7660 を使用した。

7660 は、チャージポンプ IC で正電圧から負電源を作り出す。これを使うことにより電力増となるが、変換効率が良く消費電力が実測値で 300  $\mu$ A 程度と非常に低かったため使用することにした。しかし、取り出す電流が大きくなるほど変換効率が落ち、リップルが増えるため A/D 変換部ではなくセンサ部に組み込むことにした。

チャージポンプによる電源のリップルは実測で 7mV であったが、A/D 変換の最小電圧が 19.53mV のため影響のない範囲である。



回路

図 3.17 に回路図を示す。

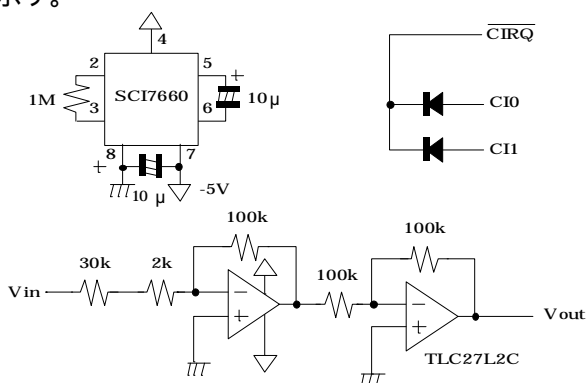


図 3.17 発電電流測定用 アンプ回路

各回路の説明を以下にまとめる。

CI

CI はフルスケールが 32 なので 03h となる。CI 信号の電流の逆流により誤動作するため、それぞれのビットにダイオードを設ける。

### 3.2.2.2 モータ電流アンプ

最大レンジを 64A として設計した。モータ電流は 0.05 のシャント抵抗によって電圧に変換される。

回路

図 3.18 に回路図を示す。

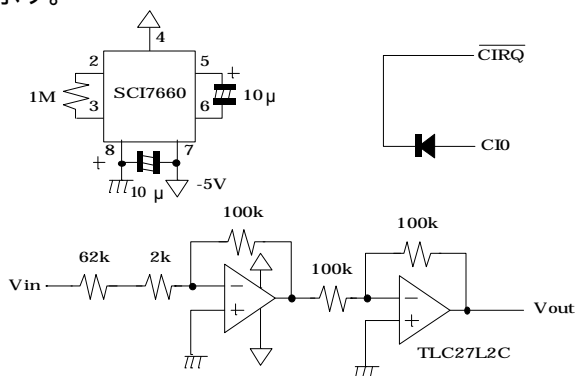


図 3.18 モータ電流測定用 アンプ回路

各回路の説明を以下にまとめる。

CI

CI はフルスケールが 64 なので 02h となる。

### 3.2.1.3 バッテリ電流アンプ

バッテリー電流は 0.05 のシャント抵抗により電圧に変換される。測定レンジは将来のモータ出力アップに備え ±64A に設定した。バッテリー電流は、マイナスもあるのでオフセットをつける。オフセット電圧は A/D 変換部から供給されるので、これとシャント抵抗の電圧を加算する。加算増幅回路の回路図を図 3.19 に、式を式(3.6)にしめす。

$$V_{out} = -R_f \left( \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right) \quad (3.6)$$

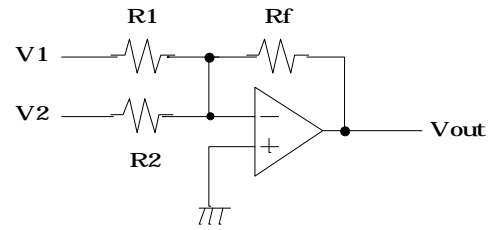


図 3.19 加算増幅回路

V1 に信号、V2 にオフセット電圧を入力するとする。64A の時の入力電圧は 3.2V、オフセット電圧が 2.5V、R1 以外の抵抗を 100k とすると R1 は式(3.7)のように求められる。

$$R_1 = \frac{V_1 \times R_2 \times R_f}{V_o \times R_2 + V_2 \times R_f} = \frac{3.2 \times 100k \times 100k}{5 \times 100k + 3.2 \times 100k} = 128k \quad (3.7)$$

オペアンプのマイナス電源は-5V のため出力が 0V までだが、プラス電源は 5V のため出力が 5V まででない。そのためオフセット電圧を少し下げ、マイナスの出力振幅範囲を狭めるぶん、プラスの振幅範囲を広げることにした。

#### 回路

図 3.20 に回路図を示す。

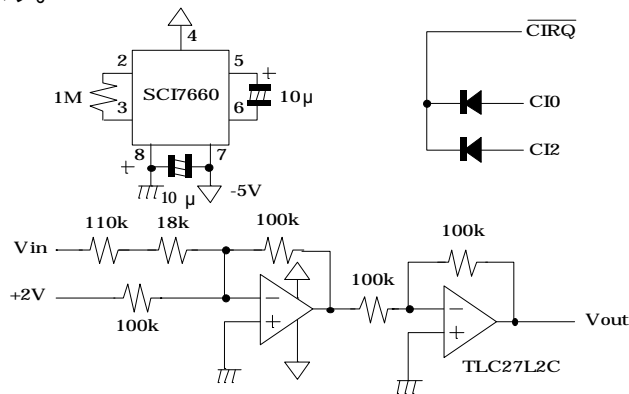


図 3.20 バッテリ電流測定用 アンプ回路

各回路の説明を以下にまとめる。

#### CI

CI はフルスケールが 64 でオフセットがあるので 05h となる。

### 3.2.1.4 バッテリ電圧アンプ

バッテリー電圧は満充電時 60V を超えるため、フルスケールを 128V として設計する。抵抗の分圧によって、A/D 入力範囲にあわせる。回路図を図 3.21 に式を式(3.8)に示す。

$$V_{out} = \frac{R2}{R1} + R2 V_{in} \quad (3.8)$$

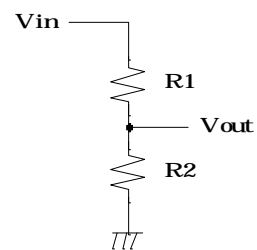


図 3.21 抵抗の分圧

$V_{out}=5$ 、 $V_{in}=128$ 、 $R2=2k$  をとすると  $R1$  は  $49.2k$  となる。

回路

図 3.22 に回路図を示す。

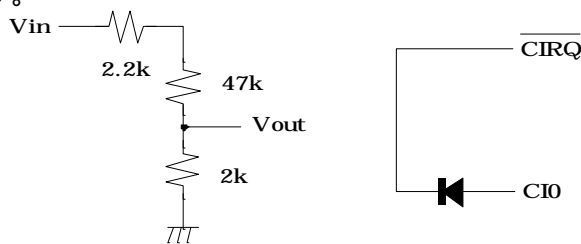


図 3.22 バッテリ電圧測定用 分圧回路

各回路の説明を以下にまとめる。

CI

CI はフルスケールが 128 なので 01h となる。

### 3.3 パルス計測装置

パルスをカウントする装置。カウンタを外付け回路にすることで PIC のソフトウェアによるパルスの取りこぼしをなくし、またの PIC の処理負担を低減する。

#### 3.3.1 回路

図 3.23 に回路図を示す。

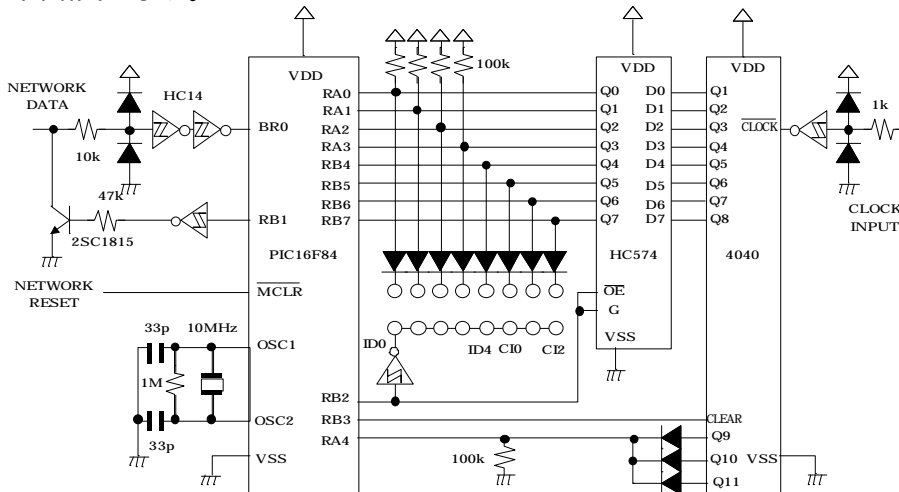


図 3.23 パルス計測装置回路図

各回路の説明を以下にまとめる。

#### ネットワーク接続部

ネットワークコントローラでの説明と同じ。

#### データ取り込み

PIC へのデータ入力幅は 8bit。RA0 ~ RA3 を下位 4bit(RA0 が LSB)、RB4 から RB7 を上位 4bit(RB7 が MSB)に割り当てた。

#### カウント部

パルスの入力部には、過大な入力の保護としてダイオードによるリミッタを設け、その後のシュミットリガで波形整形を行う。カウンタ IC には、4040 を使用した。この IC は 12bit までカウントできるが、PIC のカウントデータの取り込みは 8bit である。そこで、9 ~ 11bit を OR しカウンタがオーバーフローしたことを示すビットとして PIC の RA4 に接続した。OR は、ダイオードで構成したため 100k の抵抗でプルダウンした。

カウンタのリセットはネットワークコントローラのサンプリング命令によって行われる。サンプリング命令の周期は 1/4 秒なので、計測可能な最大周波数は、式(3.9)から約 1kHz となる。

$$f[\text{Hz}] = \frac{2^8}{T[\text{sec}]} = \frac{256}{\frac{1}{4}} = 1024 \quad (3.9)$$

PIC へのデータ入力は、カウンタデータと、ID、CI データ両用となっている。カウンタの 4040 は 3 ステート出力となっていないため、バッファを設けることにした。バッファには、3-Ste D-FF の 74HC574 を使用した。ラッチしてからデータを取り込むことで、万が一カウンタアップ中にデータの取り込みがあった場合に、誤った値を取り込まないようにする。

HC574 制御信号は、出力が High-Z になる Output Control と、ラッチのための CLOCK の 2 本だが、真理値表からこの 2 本をまとめて PIC の RB2 で扱うことにした。HC574 の真理値表と、2 本まとめたときのタイムチャートを図 3.24 に示す。

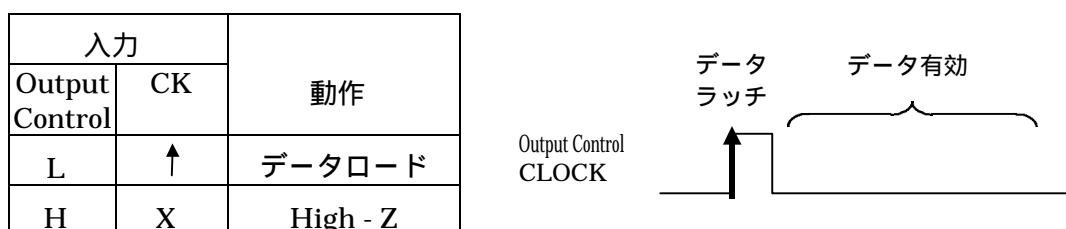


図 3.24 HC574 の真理値表とタイムチャート

### ID 検出

ID と CI の検出は、PIC の RB2 を 1 とするとジャンパピンの設定が有効になる。ジャンパがオープンの場合、0 と判断される。PIC の RA0 ~ RA3 にはプルアップの能力がないので 100k の抵抗でプルアップした。

CI の設定は表 3.11 のようになっている。

表 3.12 CI の設定法

CI3	CI2	CI1	CI0	設定の意味
0	0	0	0	rpm 表示を要求する計測装置
0	0	0	1	rpm/3 表示を要求する
0	0	1	0	そのままの値の表示を要求する
0	0	1	1	4 倍した値の表示を要求する
その他				予約

### コネクタ

設定スイッチ、LCD、RAM カード、テレメータとの接続にコネクタを使用した。コネクタには、ヘッダピンを使用した。基板につけたコネクタの位置を図 3.25 に、ピン配置を表 3.13 に示す。

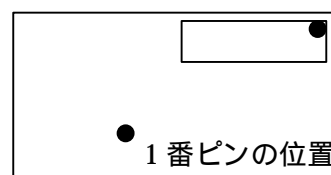


図 3.25 コネクタ配置図

表 3.13 ID 設定コネクタピン配置

1	ID0
2	ID1
3	ID2
4	ID3
5	ID4
6	CI0
7	CI2
8	CI3

3.3.2 ソフトウェア  
フローチャート

フローチャートを図 3.26 にしめす。

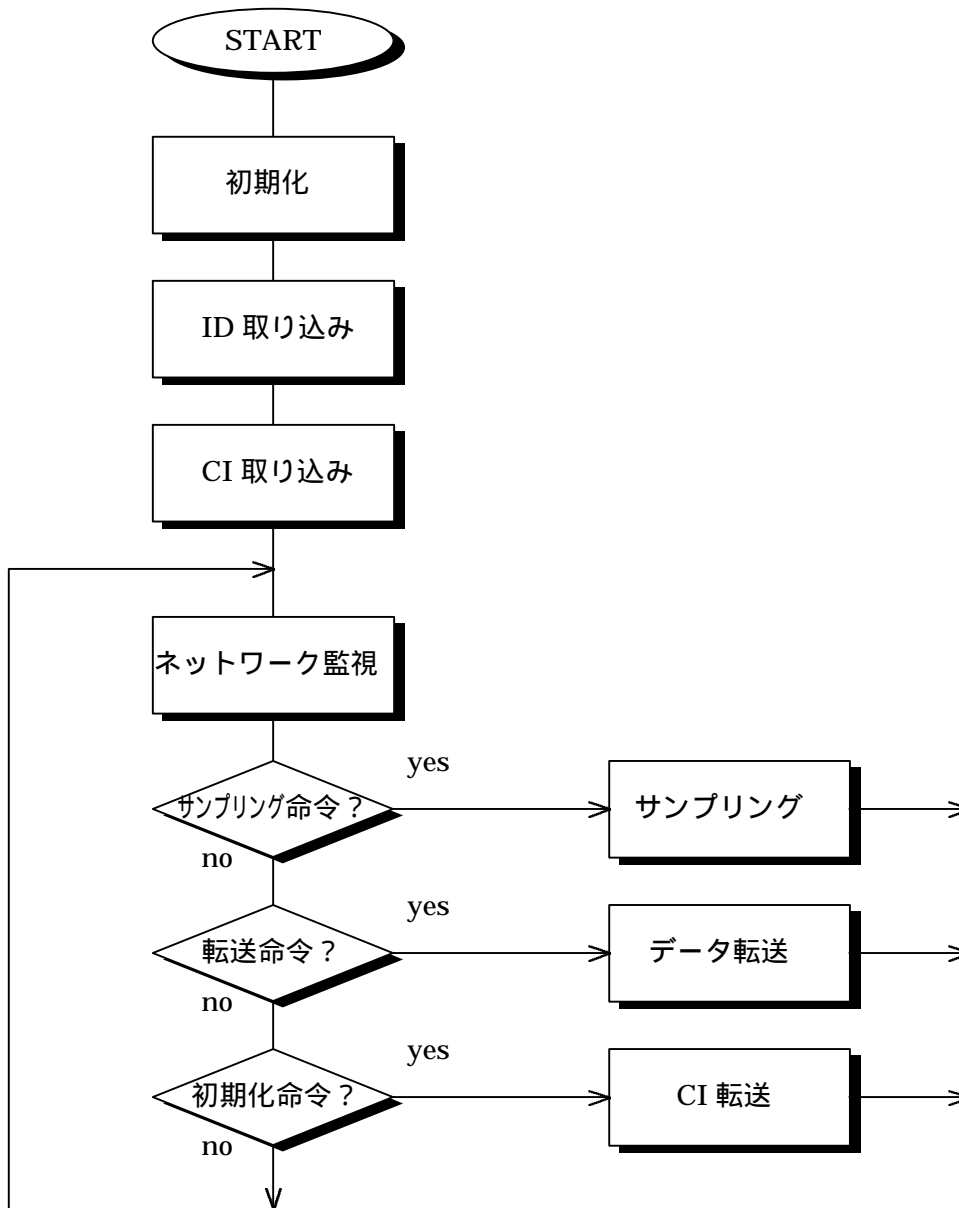


図 3.26 パルス計測 フローチャート

## 初期化

変数の初期化、パラレルポートの設定、割り込み設定を行う。

## ID 取り込み

自分自身の ID を取り込む。RB2 を 1 にすることで、RA0～RA3 に ID の 0bit 目～3bit 目が、RB4 に ID の 4bit 目が有効になる。取り込んだデータは MYID レジスタに保存される。

## CI 取り込み

RB2 を 1 にすることで、RB5～RB7 に CI の 0bit 目～2bit 目が有効になる。取り込んだデータは DSTAT レジスタに保存される。

## ネットワーク監視

自分に対する命令を監視する。受信データが、命令で、かつ ID が自分自身の ID のとき次の処理へ進む。サンプリング命令のときは、無条件にサンプリング処理をする。

## サンプリング

カウンタの値は、サンプリング命令から次のサンプリング命令までの積算となる。そのため、サンプリング命令がきたら、カウンタのデータを読み込み、カウンタをリセットする必要がある。

また、サンプリング命令からカウンタのリセットまでの時間差は、計測の誤差となるためなるべく短い方がいい。

PIC の RB2 を 0 から 1 にしてカウンタデータをラッチし、次に RB3 を 1 にしてカウンタをクリアする。ラッチされているため、カウンタをクリアしても影響ない。RB3 を 0 にしてリセット解除し、RB2 を 0 にする。これで、RA0～RA3 にカウンタのデータの下位 4bit が、RB4～RB7 にカウンタのデータの上位 4bit が有効になる。取り込んだデータを COUNT レジスタに保存する。

## データ転送

COUNT レジスタの値をネットワークへ転送する。サンプリング要求がなくデータ転送命令があった場合も関係なく、COUNT の値を転送する。

## CI 転送

DSTAT レジスタの内容をネットワークへ転送する。図 3.27 にデータ形式を示す。

MSB				LSB			
1	0	0	0	CI3	CI2	CI1	CI0

図 3.27 パルス計測装置の CI 転送形式

### 3.4 メータ装置

ネットワークに流れているデータの中から、表示したいデータのみを抽出し表示装置に表示する。表示したいデータは、ID によって設定する。

#### 抽出方法

ネットワークには、図 3.28 のような順でデータが流れている。

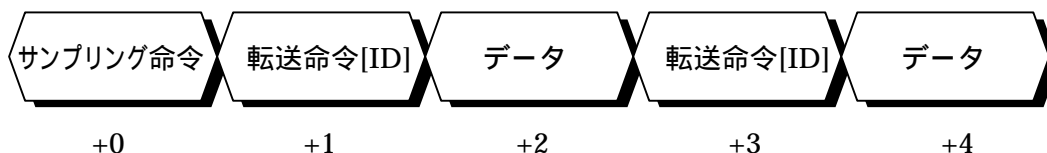


図 3.28 ネットワーク上のデータ

ネットワークコントローラのデータ転送命令の後に、転送要求先からのデータの順に流れている。データ転送命令には、転送要求先の測定装置の ID が含まれている。この ID を検出することで、次のデータがどの測定装置が測定したのか認識できる。

#### 表示形式

表示装置への表示形式は、測定装置固有の CI によって違ってくる。CI は、システムの初期化の時、ネットワークコントローラの初期化要求により 1 回だけ測定装置から転送される。この CI の情報を取り込んで保存しておく必要がある。

#### 表示装置

表示装置には省電力の点から、LCD を使用することにした。LCD は LED などと違い特殊な駆動方法をとらなければならない。ネットワークコントローラの使用した LCD モジュールは、駆動回路を持ち視野角も広いが、表示文字が小さい。走行中のドライバが見るので、視認性がいいように文字は大きい方がいい。そのため、表示文字の大きい LCD を選び駆動回路を自作することにした。

LCD には SP521PR を使用。3-1/2 表示ができ、文字高は 12.7mm。視野角は広く、コントラストが高いため非常に視認性がよい。

駆動回路には、LCD 駆動専用の IC を使うことで PIC の負担を軽減し、回路の簡略化ができる。

#### 表示 ID の変更

ID の変更は操作のしやすさから、ボタンスイッチでできるようにして、スイッチの数も極力少なくする。このためスイッチは、設定と、ID のカウントアップの 2 つにすることにした。



### 3.4.1 回路

設計した回路図を図 3.29 に示す。

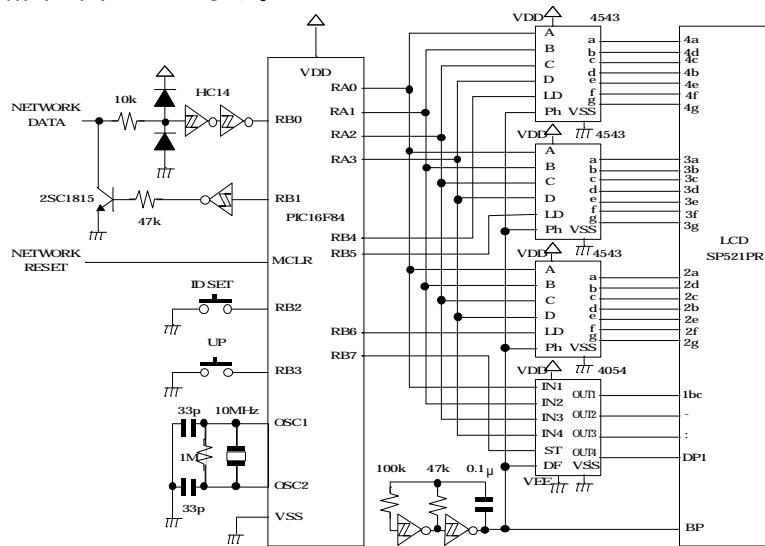


図 3.29 メータ装置回路図

各回路の説明を以下にまとめる。

#### 液晶駆動回路

使用した液晶 SP521PR は交流駆動の液晶である。しかし、交流電源を用意することは、困難である。そのため、液晶のバックプレーンに方形波を加え、ON にしたいセグメントにはバックプレーンに加えた方形波の位相を反転した方形波を加える。これにより、バックプレーンを基準に考えたとき、ON したいセグメントの電圧は、プラスからマイナスへと振れ、交流が加わったと同じ状態になる。位相の反転は EX-OR で行える。

表示するセグメントは 3-1/2 桁のほか、小数点、マイナスマーク、ID 設定中を表すマークの合計 25 セグメントある。すべてのセグメントを PIC が直接制御することはできない。そこで、数字の 3 桁は、BCD で扱いビット数を減らすことにする。

BCD デコーダ IC には、データラッチと LCD 駆動回路も一緒に入った 4543 を使用する。それ以外の 4 つについても 4543 のような、データラッチ、LCD 駆動回路が入った 4054 を使用する。4543 と 4054 を使うことで、データ 4bit とラッチ用の信号 4bit の計 8bit ですべてのセグメントを制御することができる。4543 はブランク端子を持っているが、10 以上のデータを加えることによりブランクとなるため、使用していない。

データには PIC の RA0~RA3 を、制御には RB4~RB7 を割り当てた。

液晶のバックプレーンや、駆動 IC に加える駆動パルスは、NOT ゲートの発振回路で作っている。周波数と消費電力は、比例関係にあるので、なるべく低く 50Hz 程度とした。

#### 設定スイッチ

設定スイッチを PIC の RB2 に、ID アップスイッチを RB3 に接続した。RB0~RB3 は、PIC 内部でプルアップするため外付けプルアップ抵抗は必要ない。

### 3.4.2 ソフトウェア

#### フローチャート

フローチャートを図 3.30 にしめす。

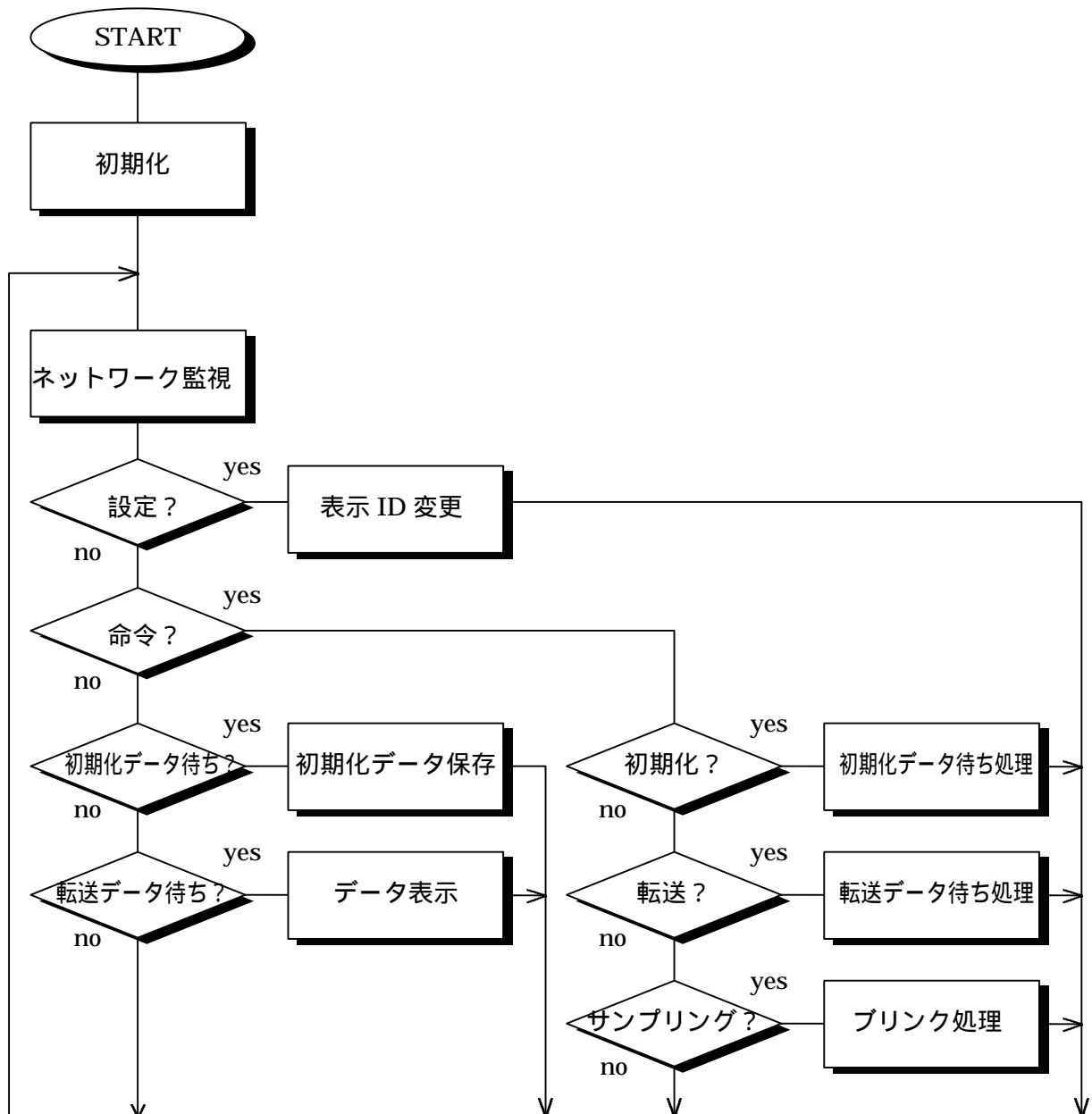


図 3.30 メータ装置 フローチャート

## 初期化

変数の初期化、パラレルポートの設定、割り込み設定を行う。

## ネットワーク監視

ネットワークから 1 データフレームを受信するまで待つ。また、設定スイッチを押された場合、フラグを立てて次へ進む。

## 表示 ID 変更

メカニカルスイッチにはチャタリングが発生する。メータは走行中も操作するため、チャタリングによる誤動作はなくさなければならない。ネットワークコントローラのスイッチは、押された後 WAIT を入れることで解決したが、それでは押しっぱなしのとき、カウントアップされ続けてしまう。そこで、図 3.31 のような処理によってチャタリングを消した。

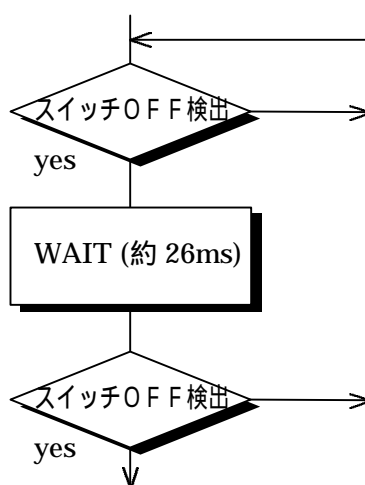


図 3.31 チャタリング消去 フローチャート

ID は、0~31 までであるが、すべての ID に測定装置が接続されているとは限らない。接続されていない ID に関してはスキップするようにした。各測定装置の情報は 30H(STP)~4FH に保存されている。これの 6bit 目が 1 の場合接続されていないのでスキップする。

ID の設定が終了し、正常な表示動作に入るために、サンプリング命令を待ってから通常の表示動作に入る。

## 初期化データ待ち処理

制御装置への初期化要求命令を受信したので、次に制御装置から送られる CI データを待つためのフラグ(SOP<4>を 1)を立てる。また、受信した命令から要求先の ID を抽出し ID\_W に保存する。

### 転送データ待ち処理

制御装置への転送要求命令を受信したので、受信した命令から要求先の ID を抽出し、表示する ID かどうかチェックする。命令の場合、制御装置から送られるデータを待つためのフラグ (SOP<5>を 1)を立てる。

### 初期化データ保存

測定装置の初期化データ(CI)を受信したので、そのデータをメモリへ保存する。保存場所は、[ STP + ID\_W ]番地。

### データ表示

測定装置からのデータを表示する。測定装置の CI によって表示形式が違うので、初期化データを参照する。保存場所は、[ STP + D\_ID ]番地。

表示方法は、測定装置が電圧測定の場合、そのまま、1/2、1/4、1/8、オフセット付き、1/2、1/4 の 7 種。パルス計測の場合、rpm、rpm/3、そのまま、4 倍の 4 種類。

### 16 進-BCD 変換

受信データは 16 進であるが、表示するためのデータは BCD である。16 進-BCD 変換は、データから 100 を引けるまで引いた数を 100 の桁のレジスタ D\_D3 に入れ、同様に 10 の桁を D\_D2、余りを D\_D1 に入れることで、BCD に変換できる。

### 1/2<sup>n</sup> の BCD 変換

1/2、1/4、1/8 の計算は、まず、1/2<sup>1</sup>、1/2<sup>2</sup>、1/2<sup>3</sup>として考える。2 の n 乗の n の分だけデータを右シフトすれば、1/2<sup>n</sup>となる。残った分が整数部で、右シフトによって右へはみ出した分が、小数部である。整数部はそのまま BCD 変換できるが、小数部はそのままでは BCD へ変換できない。そこで 1/2<sup>n</sup> の BCD 変換は、次のような方法で変換することにした。

整数部のデータを整数部レジスタに、小数部のデータを小数部レジスタに入れるとする。小数部レジスタは、最大 1/8 までなので、3bit とする。変換するデータは整数部レジスタへ入れる。

小数部レジスタを右シフト。次に整数部レジスタを右シフトして、はみ出たビットを小数部レジスタの MSB へ入れる。これを n 回繰り返す。空いているビットには 0 が入る。

整数部レジスタは BCD 変換し、小数部は、次の法則で BCD に変換する。LSB を 0 ビット目とすると、0 ビット目が 1 なら+1、1 ビット目が 1 なら+3、2 ビット目が 1 なら+5。それぞれの和が小数部(小数点第 1 位以下を四捨五入)の値となる。図 3.32 参照。

整数部レジスタ	小数部		2bit +5	1bit +3	0bit +1	計算 結果	実際の値
7 6 5 4 3 2 1 0		変換前	0	0	0	0	0
7 6 5 4 3 2 1	0	1/2	0	0	1	1	0.125
7 6 5 4 3 2	1 0	1/4	0	1	0	3	0.25
7 6 5 4 3	2 1 0	1/8	0	1	1	4	0.375
			1	0	0	5	0.5
			1	0	1	6	0.625
			1	1	0	8	0.75
			1	1	1	9	0.875

図 3.32 1/2<sup>n</sup>の整数部と小数部のBCD変換方法

### オフセットの処理

オフセット処理は、次のように行う。データ(D\_D)の7bit目(MSB)が0の場合、80H-D\_D。1の場合7bit目を0にする。オフセット付きの1/2<sup>n</sup>の処理の場合、オフセット処理を先に行う。

### rpmの計算

rpmは、1分間のパルス数であるため、単位変換は式(3.10)のようになる。

$$rpm = DATA \times 60 \times 4 = DATA \times 240 \quad (3.10)$$

しかし、LCDが1999までしか表示できないために、1/10して表示することにした。そのため、データを24倍することになる。変換式は式(3.11)のようになる。

$$rpm = DATA \times 3 \times 8 \quad (3.11)$$

3倍は、左シフトの後に元の値を足すことによって、8倍は3回左シフトすることで、実現できる。rpm/3は、×8する手前から実行する。

### ブリンク処理

LCDの表示はデータが受信されないと更新されない。そのため、測定中に測定装置が外れたなどでデータが受信されないとき、LCDには過去のデータが表示され続けるため、誤解を招く恐れがある。そこで、サンプリング命令を9回受信するまでデータが受信されなかった場合(NDC>8)、表示をブリンクすることにした。Slow modeは、2秒間隔なので8回サンプリング命令が受信されるため8以上とした。D\_D4<7>を1にすることでブランクになる。サンプリング命令を受信した回数が奇数のとき1、偶数のとき0とすることで、サンプリング命令を受信するたびに、表示がブリンクすることになる。NDCは、正常にデータを受信したときにクリアされる。

## 4 検討

### 4.1 各装置の検討

製作したネットワーク計測システムの全体図を図 4.1 に、各装置の消費電流と重量、基板のサイズを表 4.1 にまとめる。

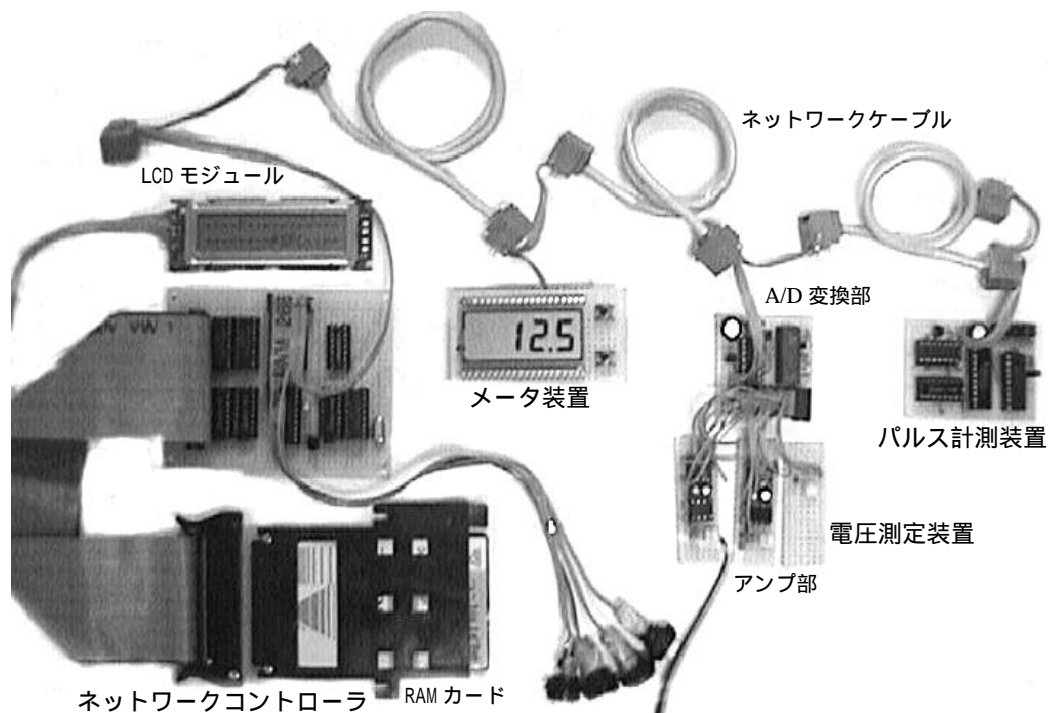


図 4.1 完成したネットワーク計測システム

表 4.1 各装置の消費電流、重量、サイズ

装置名	消費電流 [mA]	重量 [g]	外形 [mm]
ネットワークコントローラ	5.6	43	100 × 80 × 20
電圧測定装置 A/D 部	3.6	15	45 × 50 × 20
アンプ部 (バッテリー電圧測定は除く)	0.12	7	45 × 20 × 20
パルス計測装置	3.7	25	60 × 50 × 20
メータ装置	3.7	37	80 × 40 × 25

アンプ部のバッテリー測定用の回路は分圧抵抗だけなので、測定しなかった。

#### 4.1.1 ネットワークコントローラ

時々、電源投入時や、リセット時の LCD モジュールの初期化に失敗し接続状況が、モニタできなくなる。LCD モジュールは、リセットすると 8bit 入力モードとなる。これを 4bit モードに設定しているのだが、この設定に失敗するらしい。パルス間隔を変えてみたが、今一つ原因が分からない。そのほか、測定に関しては不具合は認められなかった。

表 4.1 から、ほかの測定装置より消費電流が 2mA 大きいのは、LCD モジュールの消費電流の分である。

#### 4.1.2 電圧測定装置

電圧測定装置では、オフセット電圧をアンプ部へ供給し、また、オフセット電圧をも測定することで、オフセットの自動調整を行っている。そのため、80H は必ず 0 となるはずだが、OP-AMP のオフセットと配線の電圧降下によって、81H~82H が 0 となることがある。PIC の A/D コンバータは 0V~5V までの変換能力を持っているのに対し、OP-AMP は、5V までの出力能力がなく、A/D コンバータを十分に使っていない。OP-AMP に出力範囲の広いものを使用することで解決する。そのほか、測定に関しては不具合は認められなかった。

#### 4.1.3 パルス計測

そのほか、測定に関しては不具合は認められなかった。

#### 4.1.4 メータ装置

すべての表示方法で、正常に表示できた。

#### 4.2 まとめ

製作の検討の結果、ネットワークを使った、柔軟で小型、かつ省電力な計測システムが開発でき、目的を達成した。

#### 4.3 謝辞

鹿野研究室の研究生、ならびに他の研究室の諸先生方、学生の皆様には助言や惜しめない協力を頂き感謝致します。

1996年度の卒業研究全般にわたってご指導、助言を頂いた鹿野文久教官に深く感謝致します。

#### 4.4 参考文献

- 1.井上秀和 著 屋根裏の資料室「LON と CAN」  
トランジスタ技術 1997.3 pp382-383 CQ 出版社
- 2.幾島康夫 著 PIC16 シリーズと PIC16C84 の概要  
トランジスタ技術 1995.12 pp228-247 CQ 出版社
- 3.野澤康夫 著 パラレルポート接続の PIC16C84 ライタの製作  
トランジスタ技術 1995.12 pp248-262 CQ 出版社
- 4.吉田 功 著 パラレルポートの信号とタイミング  
トランジスタ技術 1995.10 pp248-261 CQ 出版社

#### 参考 URL

Omega Software Systems Controller Area Network <http://www.omegas.co.uk/CAN/>



# 付 録

## 付録目次

1	PIC ライタの製作	2
2	PIC ライタプログラムの制作	2
3	RAM カードリーダーの製作	3
4	RAM カードリーダープログラムの制作	3
5	PIC に関する資料、ユーティリティの入手方法	4
6	PIC16F84、PIC16C71 ピン配置	4
7	LCD モジュール M1632-0A ピン配置	5
8	LCD SP521PR ピン配置	5
9	SCI7660C ピン配置	5
10	ネットワークコントローラプログラム	6
11	電圧測定装置プログラム	21
12	パルス計測装置プログラム	29
13	メータ装置プログラム	37
14	PIC ライタプログラム	50
15	RAM カードリーダープログラム	59
16	PIC16F84 の資料	64
17	PIC16C71 の資料	65

## 付録

### 1.PIC ライタの製作

PIC にプログラムを書き込むためのライタを参考文献 3 を参考に製作した。このライタは、パソコンの平行ポートに接続して使用する。

### 2.PIC 書き込みプログラムの制作

パソコンから PIC へプログラムを書き込むためのプログラムを MS-C で制作した。IBM A/T 互換機と NEC PC9801 シリーズでは平行ポートの I/O アドレスが違うため、それぞれの機種別にプログラムを制作することにした。

PIC16F84 と PIC16C71 では、書き込みアルゴリズムが多少違うため、それぞれ別に制作した。付録 1 にプログラムファイル名と、説明を示す。ファイル名のみで実行した場合、使用方法が表示されるようにした。

付録 1 制作したプログラムの対応表

ファイル名	対応パソコン	対応 PIC
PP.EXE	IBM A/T 互換機	PIC16F84,C84
PP71.EXE	IBM A/T 互換機	PIC16F71
PP98.EXE	NEC PC9801 シリーズ	PIC16F84,C84

### 使用方法

PIC の初期化 (PP71 を除く)

PP /E

コンフィグレーションビットとプログラムメモリの初期化。

データメモリの初期化 (PP71 を除く)

PP /ED

データメモリを 00 で埋める。

コンフィグレーションビットの書き込み

PP /C

実行すると、会話形式でコンフィグレーションビットの設定ができる。

プログラムの書き込み

PP ファイル名

ファイル形式は、16Bit INTEL HEX FORMAT(INHX16)である。これは、microchip inc. が提供しているアセンブラでの hex ファイルのフォーマット形式と同じである。

データメモリへの書き込み (PP71 を除く)

PP /D ファイル名

ファイル形式は、簡易 HEX(HEXHL)である。8bit の 16 進をそのまま保存した形式で、テキストエディタで容易に制作できるため、この形式にした。

ID Location の書き込み

PP /I XXXX [XXXX XXXX XXXX XXXX]

XXXX は 16 進 4 桁

プログラムメモリのダンプ

PP /D

データメモリのダンプ (PP71 を除く)

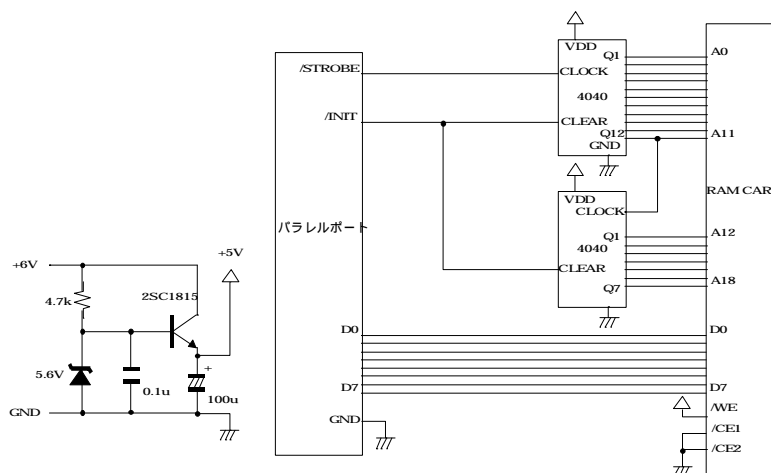
PP /DD

コンフィグレーションビットのダンプ

PP /DC

### 3. RAM カードリーダー

RAM カードに保存されたデータを吸い上げる回路を製作した。RAM カードリーダーとパソコンは、パラレルポートで接続する。回路図を付録 2 に示す。



付録 2 RAM カードリーダー回路図

### 4. RAM カードデータ吸い上げプログラムの制作

RAM カードリーダーを使って、RAM カードからデータを吸い上げるプログラムを制作した。言語には、MS-C を使用し、パラレルポートの I/O アドレスの関係で IBM A/T 互換機専用とした。NEC PC9801 シリーズへも、簡単な変更で対応可能である。

吸い上げたデータは、ID 別にカレントディレクトリへ保存される。また、誤ってファイルの上書きをしないよう読取専用のファイルとし、また、吸い上げた時間が分かるようファイル名に時間を含ませた。ファイル名は次の形式になる。

XXDDHHMM.prn

XX:ID 番 DD:日にち HH:時 MM:分 1桁の場合は0が入る

データの保存形式は、データ毎に改行コードが入る。データは CI の情報によって加工した状態で保存されるので、そのまま表計算ソフトで読み込むことができる。

製作したプログラムは、最低限吸い上げることができることを目標に製作したので、吸い上げが非常に遅い。パラレルポートを直接扱うことで、高速化は可能である。

#### 5. PIC に関する資料、ユーティリティの入手

PIC の詳しい資料や、アセンブラなどのユーティリティは、microchip Technology inc.のホームページから入手することができる。日本支社から日本語版の参考資料(PIC16C84、PIC16C71 のみ)を頂くことができるが、ホームページにある英語版の資料の方が詳しく記載されている。アセンブラもこのページからダウンロードができる。

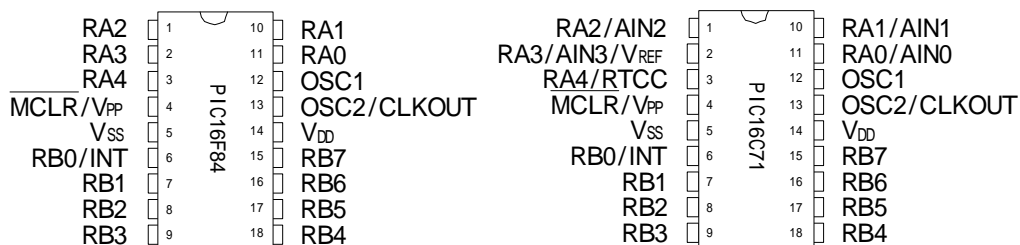
#### URL

microchip ホームページ	<a href="http://www.microchip.com/">http://www.microchip.com/</a>
資料のページ	<a href="http://www.microchip2.com/products/micros/mid/">http://www.microchip2.com/products/micros/mid/</a>
ユーティリティのページ	<a href="http://www.microchip2.com/softupdt.htm">http://www.microchip2.com/softupdt.htm</a>

(3.18.97 現在)

#### 6. PIC16F84、PIC16C71 ピン配置

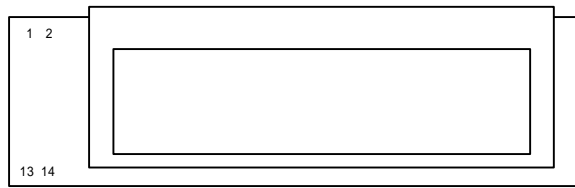
付録 3 に PIC16F84、PIC16C71 のピン配置を示す。



付録 3 PIC16F84、PIC16C71 のピン配置

## 7.LCD モジュール M1632-0A ピン配置

付録 4 に LCDSP521PR のピン配置を示す。

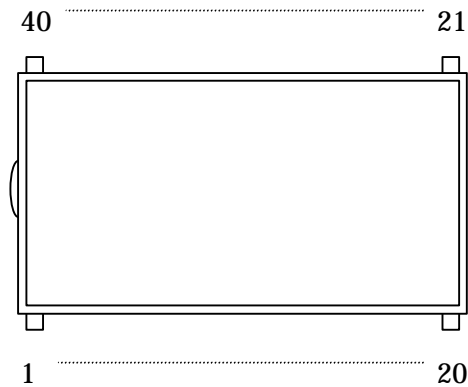


No.	意味	No.	意味
1	DB7	2	DB6
3	DB5	4	DB4
5	DB3	6	DB2
7	DB1	8	DB0
9	E	10	R/ /W
11	RS	12	V <sub>LC</sub>
13	V <sub>SS</sub>	14	V <sub>DD</sub>

付録 4 LCDSP521PR のピン配置と意味

## 8.LCD SP521PR ピン配置

付録 5 に LCDSP521PR のピン配置を示す。

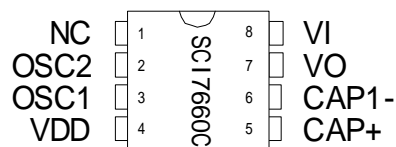


No.	意味	No.	意味
1	COMMON	21	4a
2	マイナスマーク	22	4f
3	1bc	23	4g
4		24	4b
5		25	4a
6		26	3f
7		27	3g
8	DP3	28	:
9	2e	29	2b
10	2d	30	2a
11	2c	31	2f
12	DP2	32	2g
13	3e	33	
14	3d	34	
15	3c	35	
16	DP1	36	
17	4e	37	
18	4d	38	LOW BAT
19	4c	39	+
20	4b	40	COMMON

付録 5 LCD SP521PR ピン配置と意味

## 9.SCI7660C ピン配置

SCI7660C ピン配置を付録 6 に示す。



付録 6 SCI7660C ピン配置

## ワンチップマイコンを用いたソーラーカー用ネットワーク計測システムの修正内容

修正日	修正内容
Nov.6.1997	2.1.1.1 図2.2でD0～D7の順番が逆。 3.2.2.1 図3.16のタイトルが非反転..となっていたが反転..の誤り。 3.2.2.1 11行目 非反転増幅となっていたが反転増幅の誤り。

---