

# 電気電子工学実験 レポート

題名：お絵かきマシンを作ろう。

A - 4 班

提出日 9月20日(水)

## 目次：

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1．概要・目的                | 3  |
| 2．動作原理                 | 3  |
| 3．システム構成               | 3  |
| 3．1 全体構成               | 3  |
| 3．2 電子回路部              | 4  |
| 3．2．1 モーター駆動用の回路について   | 4  |
| 3．2．2 トランジスタ、及び電源の選択   | 5  |
| 3．2．3 ベース抵抗 $R_b$ を求める | 6  |
| 3．2．4 設計した回路の動作確認      | 7  |
| 3．2．5 回路の制作            | 8  |
| 3．3 ソフトウェア部            | 10 |
| 3．3．1 記録部              | 10 |
| 3．3．2 制御部              | 12 |
| 3．4 機械部                | 13 |
| 4．動作結果と考察、             | 14 |
| 4．1 動作結果               | 14 |
| 4．2 考察と改善案             | 14 |
| 4．2．1 ペン駆動部の改善         | 14 |
| 4．2．2 回路の電源について        | 15 |
| 4．2．3 電子回路部の改良         | 15 |
| 4．2．4 プログラム、記録部と制御部の結合 | 15 |
| 5．担当内容：プログラム部の詳細       | 17 |
| 5．1 マウスの線の簡略化          | 17 |
| 5．2 ダブルバッファリング         | 18 |
| 5．3 ベンチマークルーチン         | 19 |
| 6．まとめ                  | 20 |
| 参考文献・資料                | 20 |

## 付録

- 使用部品リスト
- 経費内訳
- プログラムリスト
- 各部品のデータシート

## 1.概要・目的

マウスで98の画面に絵を描き、車輦型のロボットを制御してその通りに動かして紙に絵を描かせるシステムを、考案・制作します。

## 2.動作原理

PC9801の平行ポートから出てくる信号を、バスバッファICによって増幅し、フルブリッジ回路を使って、トランジスタのスイッチングによりDCモーターを制御し、車輦型ロボットを動かします。

プログラムの方ではマウスで描いた図形を数値化&簡略化し、そこからロボットを動かすためのデータ(距離・角度)を計算して、それに従って回路に信号を送るようにします。

## 3.システム構成

### 3.1全体構成

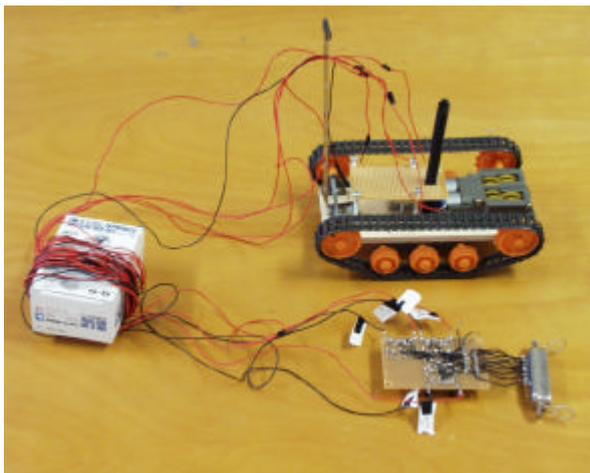


写真3.1 システム全景

今回制作したシステムは回路部と機械部の2つのユニットに分かれます。回路部の方は36ピン平行コネクタをもち、直接98の平行ポートに繋げて使います。

回路部は、モーター制御用回路を三組備えていて、それぞれのモーター接続用端子から機械部のモーターへと繋がっています。

98上のBASICプログラムはマウスで画面に描かれた絵を数値化・簡略化し、制御用のデータを作り出して、回路部を経由して、機械部の左駆動用、右駆動用、ペン上下の三個のモーターを制御して、機械部を動かし、絵を再現しようという仕組みです。

## 3.2 電子回路部

PC9801の平行ポートから得た信号を使って、今回使用する田宮模型のツインモーターギアボックス、及びペン駆動用モーター一個を駆動するための回路を作ります。

### 3.2.1 モーター駆動用の回路について

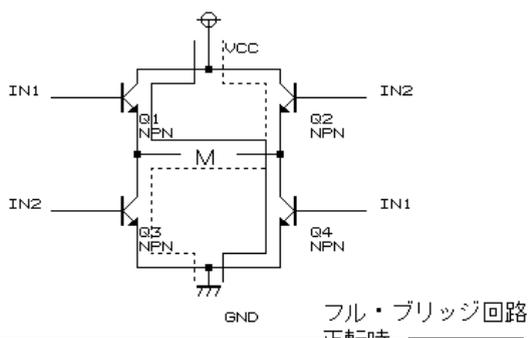


図3.1 フル・ブリッジ回路

図3.1は4個のトランジスタのスイッチングでモーターを制御する回路で、フル・ブリッジ回路と呼ばれ、半導体スイッチでモーターの正転・逆転を制御するための代表的な回路です。

IN1をHIGH、IN2をLOWにすると、Tr1とTr4がONになり、Tr2とTr3はOFFになります。

すると、図の実線のような経路で電流が流れ、モーターが回転します。

逆にIN2をHIGH、IN1をLOWにすると、Tr2とTr3がON、Tr1とTr4はOFFになり、今度は図の波線のような経路で電流が流れ、モーターはさっきとは逆方向に回転します。

フル・ブリッジ回路を使う上での注意点として、正転 逆転のようにいきなりモーターを逆に回すと、全てのトランジスタが同時にONになり、貫通電流が流れることがあります。これを防ぐためには、正転 停止 逆転のように、間に停止モードを入れるようにします。

今回は、左車輪と右車輪の駆動用にそれぞれ一個ずつ、ペンの昇降用に一個と合計三個のモーターを制御する必要があるので、この回路を三組用います。

### 3.2.2 トランジスタ、及び電源の選択

| 形名            | 電圧        |         | 無負荷   |      | 適正負荷時 |      |      |      | 静止 (停止) 時 |      |      |      |
|---------------|-----------|---------|-------|------|-------|------|------|------|-----------|------|------|------|
|               | 動作範囲<br>V | 公称<br>V | 速度    | 電流   | 速度    | 電流   | トルク  |      | 出力        | トルク  |      | 電流   |
|               |           |         | rpm   | A    | rpm   | A    | g・cm | mN・m | W         | g・cm | mN・m | A    |
| FA-130RA-2270 | 1.5 ~ 3.0 | 1.5     | 9100  | 0.2  | 7000  | 0.66 | 6    | 0.59 | 0.43      | 26   | 2.55 | 2.2  |
|               |           | 3       | 16400 | 0.23 | 13200 | 0.95 | 8.5  | 0.83 | 1.15      | 44   | 4.31 | 3.92 |

表3.1 模型用DCモータ FA-130RA-2270 の仕様表

ツインモーターギアボックスは、モーター付のギアボックスで、採用されているモーターはFA130という型番のものです。ミニ四駆に使われていることでお馴染みですね。上に今回使用したものと同型のモーターの仕様を示します。

FA130は小型のDCモーターですが、上の表からわかるように、始動時には1.5Vでも2.2A、3Vの時は4A近くの電流が流れていることがわかります。

当然、スイッチングに使用するトランジスタや、電源もこれに耐えられるものを選ぶ必要があります。

#### ■ 絶対最大定格 (Ta=25°C)

| 項目          | 記号               | 定格         | 単位 |
|-------------|------------------|------------|----|
| コレクタ・ベース電圧  | V <sub>CBO</sub> | 30         | V  |
| コレクタ・エミッタ電圧 | V <sub>CEO</sub> | 25         |    |
| エミッタ・ベース電圧  | V <sub>EBO</sub> | 5          | V  |
| せん頭コレクタ電流   | I <sub>CP</sub>  | 1.5        | A  |
| コレクタ電流      | I <sub>C</sub>   | 1          | A  |
| コレクタ損失      | P <sub>C</sub>   | 1          | W  |
| 接合部温度       | T <sub>j</sub>   | 150        | °C |
| 保存温度        | T <sub>stg</sub> | -55 ~ +150 | °C |

表3.2 トランジスタ 2SC1384 の定格

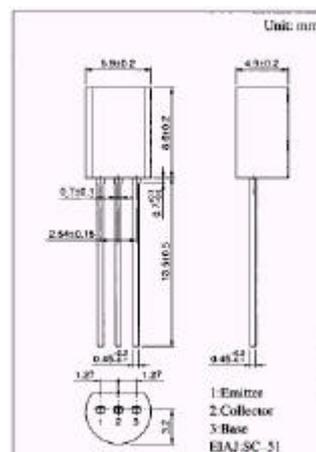


図3.2 トランジスタ外形

表3.2より実は今回用いたトランジスタ、C1384Rはコレクタ電流I<sub>c</sub>の定格が1A、せん頭コレクタ電流I<sub>cp</sub>の定格が1.5Aなので、FA-130の始動時電流にはとても耐えられないものであることがわかります。

今回はなんとか動いたからいいものの、FA-130モーターを制御するためには、もう少しこれらの定格が大きなトランジスタを選んだ方がいいと思います。

また、コレクタ・エミッタ間電圧V<sub>ceo</sub>は電源電圧の三倍以上にします。電源電圧は6V、C1384RのV<sub>ceo</sub>は50Vなので、こちらの方は楽々クリアしています。

### 3.2.3 ベース抵抗 $R_b$ を求める。

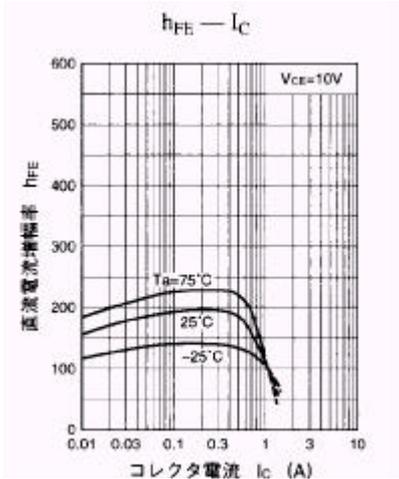


図 3.3  $h_{fe} - I_c$  特性

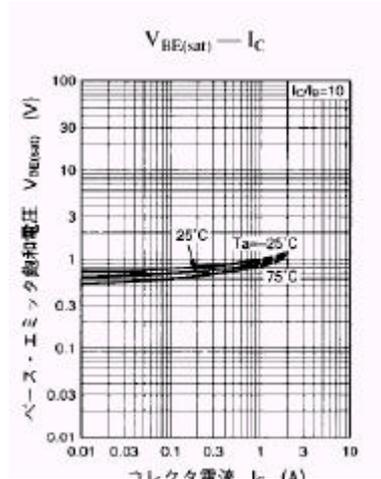


図 3.4  $h_{be} - I_c$  特性

モーターに流れる電流を  $0.7A$  とすると、図 3.3 の直流電流増幅率  $h_{fe}$  とコレクタ電流  $I_c$  の  $h_{fe} - I_c$  特性から、 $I_c$  が  $0.7A$  のときの  $h_{fe}$  は  $160$  です。この値からベースに流れる電流  $I_b$  を求めると

$$I_b = \frac{I_c}{h_{fe}} = \frac{700}{160} = 4.37 \text{ mA}$$

また、図 3.4 のコレクタ電流  $I_c$  とベース - エミッタ間電圧  $V_{be}$  の  $I_c - V_{be}$  特性から、 $I_c$  が  $0.7A$  の時の  $V_{be}$  は  $1V$  になります。

電気的特性  
DC 特性

| 項目                | 記号       | 測定条件   | $V_{CC}$<br>(V)   | $T_a = 25^\circ\text{C}$ |      |           | $T_a = -40 \sim 85^\circ\text{C}$ |           | 単位            |   |
|-------------------|----------|--|---|--------------------------|------|-----------|-----------------------------------|-----------|---------------|---|
|                   |          |  |   | MIN.                     | TYP. | MAX.      | MIN.                              | MAX.      |               |   |
| 入力電圧              | "H"レベル   | $V_{IH}$   | 4.5<br>↓<br>5.5   | 2.0                      | —    | —         | 2.0                               | —         | V             |   |
|                   | "L"レベル   | $V_{IL}$   | 4.5<br>↓<br>5.5   | —                        | —    | 0.8       | —                                 | 0.8       | V             |   |
| 出力電圧              | "H"レベル   | $V_{OH}$   | $V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$<br>$I_{OH} = -20 \mu\text{A}$                           | 4.5                      | 4.4  | 4.5       | —                                 | 4.4       | —             | V |
|                   | "L"レベル   | $V_{OL}$   | $V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$<br>$I_{OL} = 20 \mu\text{A}$<br>$I_{OL} = 6 \text{ mA}$ | 4.5                      | —    | 0.0       | 0.1                               | —         | 0.1           | V |
| スリープ状態<br>オフリーク電流 | $i_{OZ}$ | $V_{IN} = V_{IH}$ or $V_{IL}$<br>$V_{OUT} = V_{CC}$ or $GND$           | 5.5   | —                        | —    | $\pm 0.5$ | —                                 | $\pm 5.0$ | $\mu\text{A}$ |   |
| 入力電流              | $I_{IN}$ | $V_{IN} = V_{CC}$ or $GND$   | 5.5   | —                        | —    | $\pm 0.1$ | —                                 | $\pm 1.0$ | $\mu\text{A}$ |   |
| 静的消費電流            | $I_{CC}$ | $V_{IN} = V_{CC}$ or $GND$   | 5.5   | —                        | —    | 4.0       | —                                 | 40.0      |               |   |
|                   | $I_C$    | Per input: $V_{IN} = 0.5V$ or $2.4V$<br>Other input: $V_{CC}$ or $GND$ | 5.5   | —                        | —    | 2.0       | —                                 | 2.9       | mA            |   |

表 3.3 TC74HCT541AP の電気的特性 (DC 特性)

回路全体の電源電圧  $V_{CC}$  は、今回 6 V とします。出力電流 4 mA のときの CMOS IC TC74HC541AP の出力電圧は、 $V_{CC}$  より少し下がるみたいなので、 $V_{in}$  は 5.6 V とします。

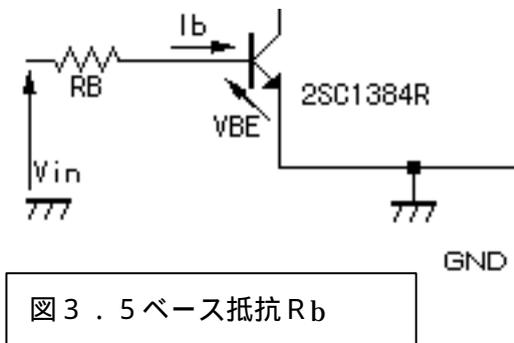


図 3 . 5 ベース抵抗  $R_b$

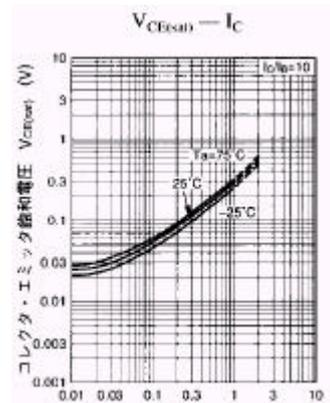


図 3 . 6  $V_{ce(sat)} - I_c$

以上から、ベース抵抗  $R_b$  を求めてみます。

$$R_b = \frac{V_{in} - V_{be}}{I_b} = \frac{5.6 - 1}{4.37} = 1.26 \text{ (k)}$$

ということで、多少オーバーになりますが、 $R_b$  を 1 k に設定します。

### 3.2.4 設計した回路の動作確認

図 3 . 6 のコレクタ電流  $I_c$  とコレクタ - エミッタ間飽和電圧  $V_{ce(sat)}$  の  $I_c - V_{ce}$  特性から、 $I_c$  が 0.7 A のときの  $V_{ce(sat)}$  は 0 . 2 5 V とわかります。

安全動作領域特性で  $I_c = 700 \text{ mA}$ 、 $V_{ce} = 1 \text{ V}$  の所を見てみると、安全動作領域内であることがわかります。

コレクタ損失  $P_c$  を求めてみると

$$P_c = I_c V_{ce} = 0.7 \times 0.25 = 0.175 \text{ W}$$

C1384 のコレクタ損失の定格は 1 W までなので、十分に余裕があります。

### 3.2.5回路の制作

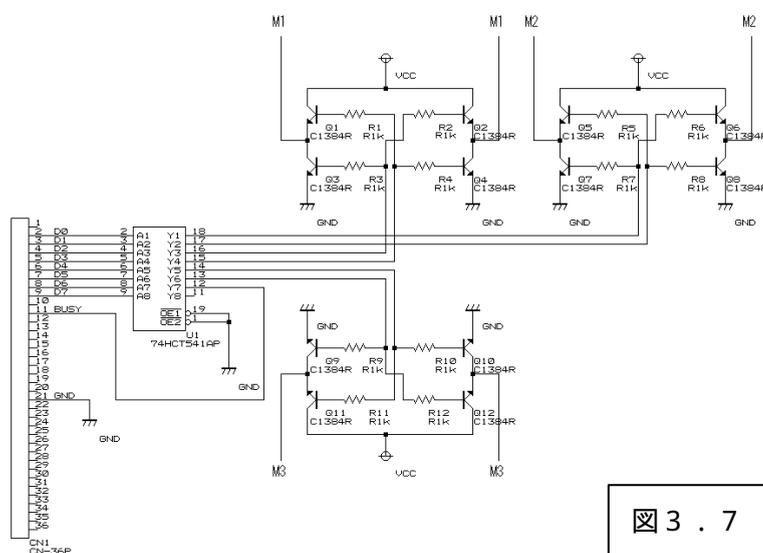


図 3.7 全回路図

それでは、回路の制作に移ります。図 3.7 に全回路図を示します。フル・ブリッジ回路が 3 組あるので複雑に見えますが、36 ピンコネクタと CMOS IC、フル・ブリッジ回路三組を、ただ繋げてだけの簡単な回路です。モーターのノイズ対策等、いっさい考えられていない素晴らしい回路です。

CMOS IC の Y 7 は直接 36 ピンパラレルコネクタの BUS Y 入力へ繋げています。これは、BASIC プログラムのほうで、回路の接続チェックを行うためのものです。

実際に回路へ信号を送って制御する前に、bit6 (回路図では D 6) を ON にして、BUS Y に信号が入っていることが確認できれば、回路は接続されていることになります。

詳しくは、ソフトウェア部の説明を参照してください。

ブレッドボード上で回路を組んでもよかったのですが、今回はユニバーサル基板上に実装してしまいました。やや無理矢理ですが、サンハヤトの ICB-288 という小型の基板に、4 回路まで実装できる設計になってます。

36 ピンパラレル IO は、アンフェノールフルピッチタイプを用います。また、CMOS IC を直接基板に実装するのもなんなので、IC ソケットを使ってみました。

今回、電源は IC とモーターで共通になってますが、出来れば別にした方がいいでしょう。

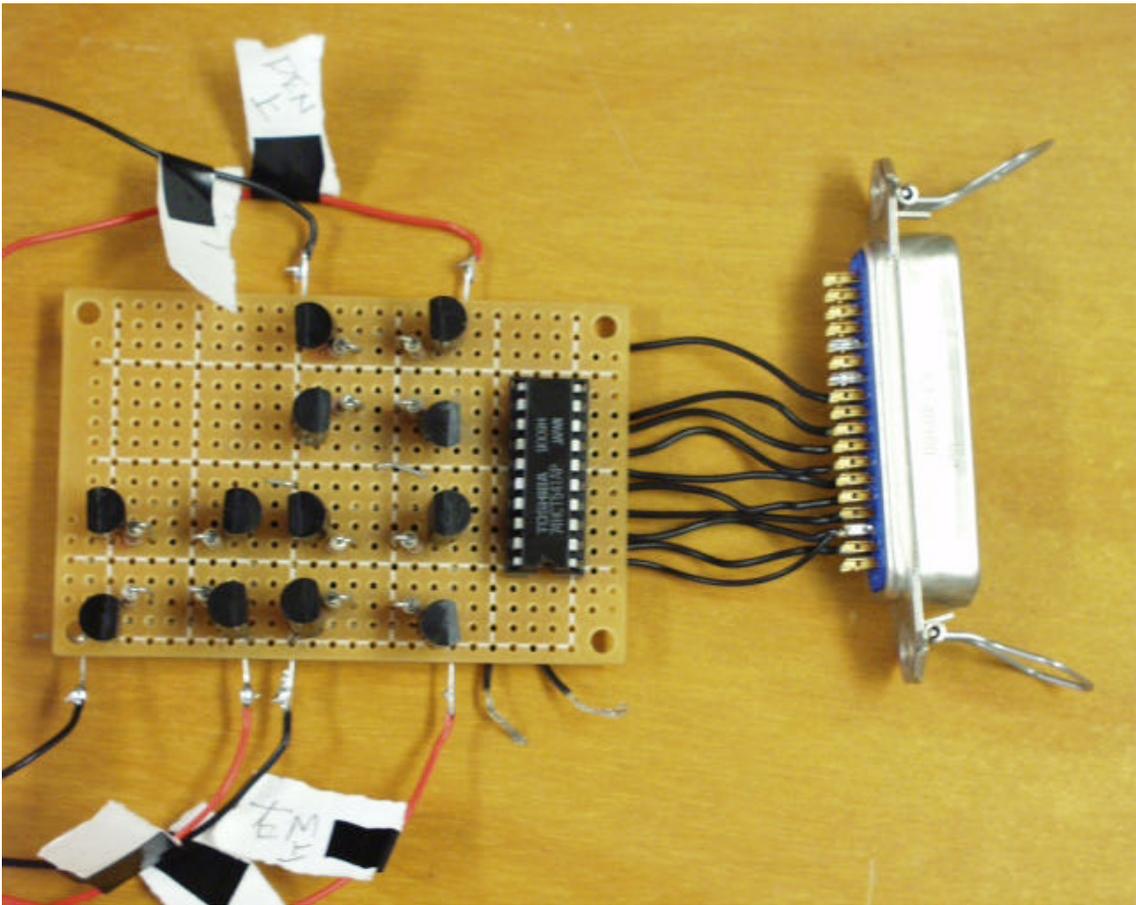


写真3.2 回路基板（部品実装面）

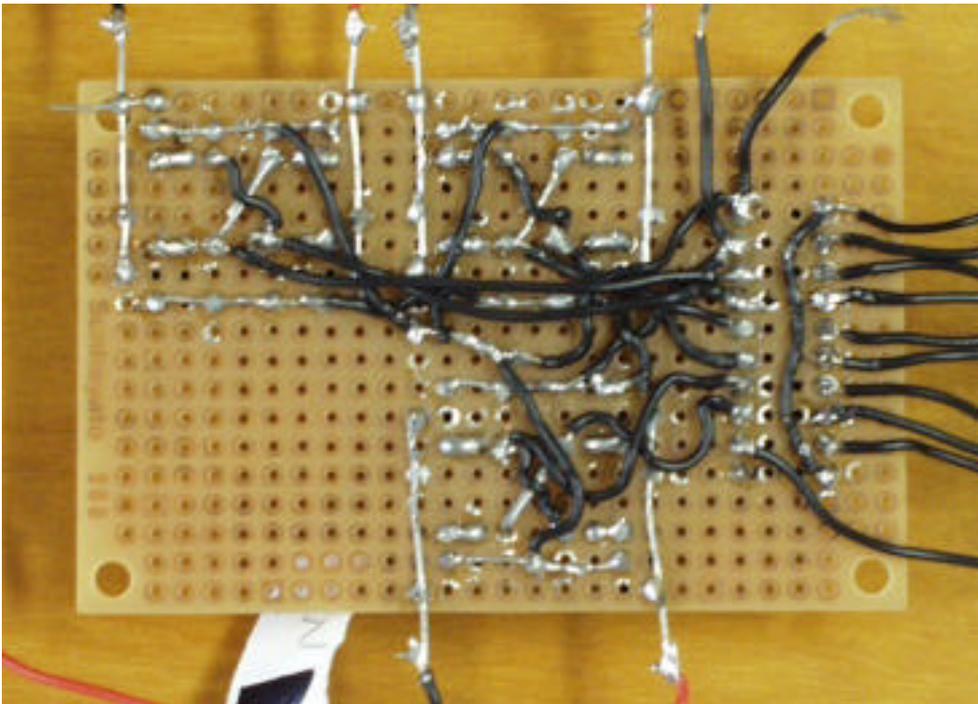


写真3.3 回路基板（配線面）

### 3.3ソフトウェア部

98の画面上にマウスで絵を描き、それを数値化してディスクに保存し、そのデータをもとに戦車型マシンを制御して、マウスで描いたとおりに動かすためのプログラムです。

今回のプログラムは、開発&デバッグのしやすさから、マウスの動きをディスクに保存する記録部と、ディスクに保存されたデータを使い実際に戦車型マシンを制御する制御部の二本に分かれています。

実は、この二本は後で結合するつもりで作っていたので、簡単に結合が可能です。(結局時間の都合上出来ませんでした...) この二本のプログラムの結合については、5考察と改善策のところの説明します。

#### 3.3.1記録部

マウスによって98の画面上に描かれた絵をデータ化しディスクに保存します。

マウスで描いた絵を、そのまま数値化したのでは、データが膨大な量になってしまいます。それではメモリがいくらあっても足りませんし、戦車型ロボットもそんなに細かくは動かさません。そこで、適度に(実はかなりおおざっぱに)データを間引く必要があります。

また、実際に制御するにあたって、データから、実際に動かす距離・回転させる角度を算出しなければなりません

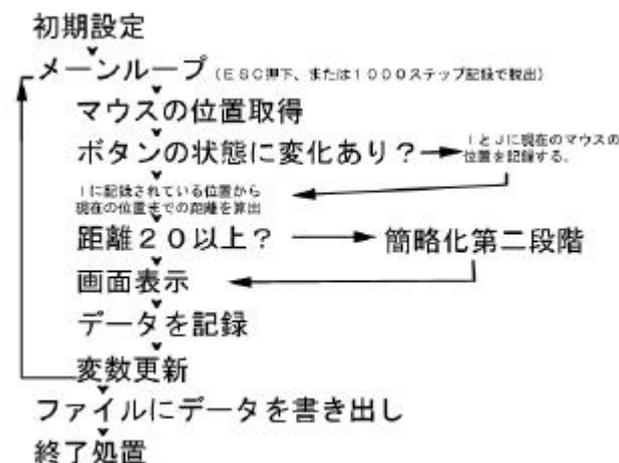


図3.8 記録部全体の流れ

図3.8に記録部全体の流れをおおざっぱに示します。

記録部ではマウスの位置を一時的に記録するためにIとJという二つの記憶場所を用意しています。これらは簡略化された線の点の位置を示しています。Iはただ一定距離ごとに区切るだけの簡略化第一段階の線の点、Jは更に簡略化を進めた第二段階の線の点です。

初期設定を済ませてメインループにはいると、まずマウスの位置を取得します。マウスの位置の取得にはMOUSE命令を使います。

ボタンの状態を調べて、変化があればIとJに今のマウスの位置を記憶します。これは

なにをやっているかという、線の始点と終点を記録しているのです。

I に記憶されている位置から現在の位置までの距離を調べます。一定距離以上なら、その位置が区切りの位置であることを示す IMOU フラグを立て、簡略化第二段階を行うルーチンへ処理を渡します。このルーチンではその区切りの点が間引くべきものか、残すべきものかを判断しています。もし、残すべきと判断された場合は JMOU フラグが立ちます。

後にループ最後尾の変数更新のところで IMOU フラグが立つと I の点が、JMOU フラグが立つと J の点が、それぞれ更新されるようになっていきます。

こうして、二段階の簡略化プロセスを行った後、結果を画面に描画します。自分がマウスで描いている線はもちろん、簡略化が終わった線も随時描画されていきます。

次に簡略化が終わったデータを記録します。具体的に言うと J に記憶されてる点のデータです。従って J のデータが更新されている場合のみ、このルーチンは働きます。データは移動距離・回転角度といった形に直されて記録されます。

データ記録ルーチンは、中間点保存用の \*RECMOUSE1、始点保存用の \*RECMOUSE2、終点保存用の \*RECMOUSE3 の三つに分かれています。これは一体型のルーチンを開発する時間的余裕がなかったために、こーなってしまってます。このときはディスクに保存するのではなく、配列変数にデータを記憶させているだけです。

それが終わると、次のループのために、変数を更新します。今回、マウスカーソルの動きをなめらかにするため、ダブルバッファリングなどという技術を使ったために、変数の数が膨大になってしまいました。

ここまで来てメインループ終了。この記録部は中で処理を止めたりせず、常にループを回す通過型のルーチンになっています。このため全ての処理はリアルタイムで行われます。

ESC が押されるか、1000 ステップ記録するとループを脱出し、配列変数に記憶していたデータをファイルへと保存します。

その後プログラムは終了処置を行い、終了します。

### 3.3.2 制御部

記録部によって保存されたデータを読み出し、回路に信号を送って実際に戦車型マシンを制御します。

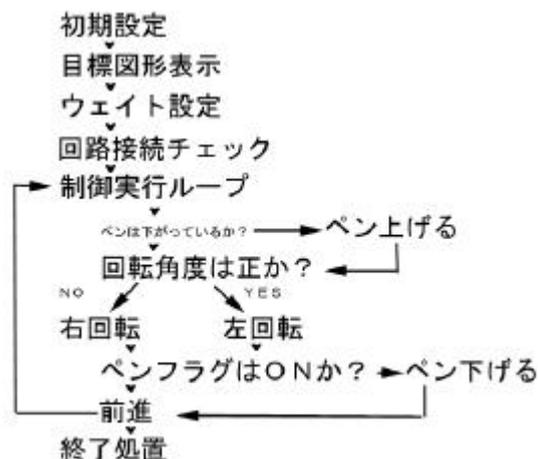


図3.9 制御部の流れ

これにより、使用するパソコンの速度によってモーターの回転時間が変わってしまったり、正転 逆転のような場合、間に入れる停止モードの長さが変わってしまいモーターの確実な駆動が出来なくなってしまうのを防いでいます。

次に回路の接続をチェックします。3.2.5回路の制作の所で説明したように、ポート & H40の bit6 を1にしたときに、BUSYの値を調べることで回路が繋がれているかどうかをチェックしています。ここは WHILE ループを使用し、回路が繋がれて電源が入るまでプログラムが先へ進まないようになっています。

回路のチェックが終わったら、いよいよ制御の始まりです。ファイルから読み込んだデータを1ステップずつ実行し、戦車型マシンを動かしていきます。

まず、回転中にペン先が弧を描いてしまうのを防ぐため、ペンを上げます。

次に、記録されている角度だけ回転します。記録されている角度の値が正ならば左回転、負ならば右回転を表しています。

ここで、線を描かなければならない動きならばペンを下げ、線の終点から次の線の始点までの移動ならペンを上げたままにします。これはペンフラグ(RMPP(X))によって制御されています。

最後に、記録されている距離だけ前進します。ペンが下がっていれば線が引かれることになります。

こうして、記録されたステップ分の制御が終了したら、終了処置を行ってプログラムは終了します。

図3.9に制御部全体の流れを示します。

ファイルを読み込んだら、そのデータから計算してこれから描く目標の図形を画面に表示します。記録部により保存された距離・角度といったデータから図形を再現するので、記録部で表示されていたものとは若干図形が変形します。

次に、パソコンの処理速度を測定するための簡単なベンチマークルーチンを実行し、最適なウェイトを設定します。

### 3.4機械部

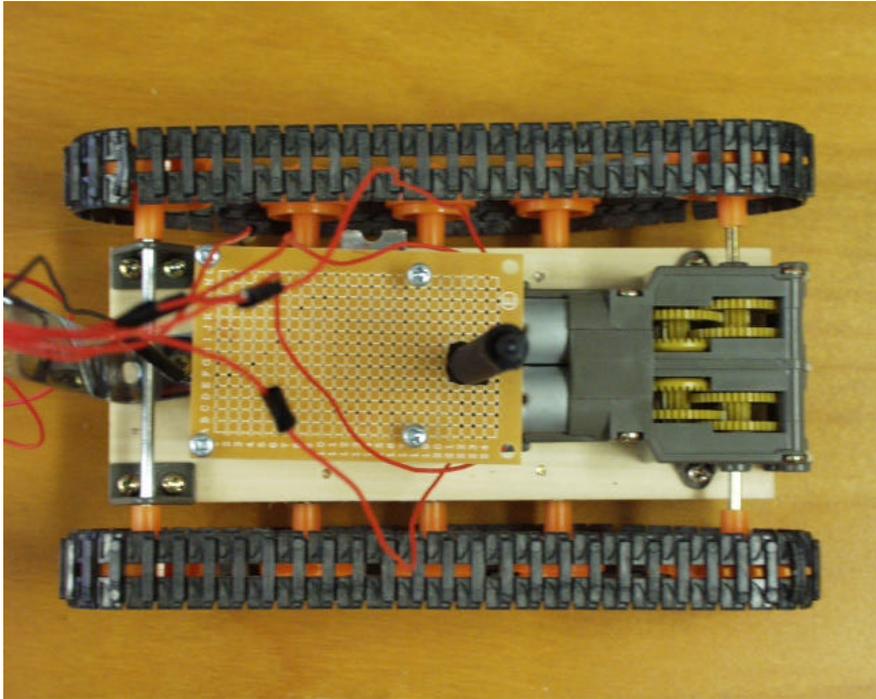


写真3.4 機械部

その場で回転する信地転回が出来ることから、ロボットの形状は戦車型としました。回転したときにペンの先が弧を描かないように、ペンはロボットの回転の中心、つまり中央に立てています。写真ではペン固定用のユニバーサル基板に隠れていて見えませんが、ペン駆動用のF A 1 3 0モーターが固定されています。

本来なら、トラック&ホイールセットを使用したいところですが、見つからなかったため、仕方なくタンク工作基本セットを使うことにしました。

タンク工作基本セットには、ギアボックスがついていますが、このギアボックスは左右独立に動かせるタイプではなかったため、ツインモーターギアボックスに寄せ換えています。付属の電池ボックス、スイッチ等は使用しません。

また、ギアボックスのモーターや、ペン駆動用モーターの端子を回路に繋ぐわけですが、そのまま線を伸ばしていたのではすぐに絡まったり、キャタピラに巻き込んだりされてしまいます。

そこで、車体後部にクロム鉄製の板で作った棒を立て、上部の穴にコードを通してまとめています。

## 4.動作結果と考察

### 4.1動作結果

動作結果としては、98の画面にマウスで描かれた絵を記録&再生し、戦車マシンの駆動自体までは出来たのですが、ペンが動かず、結局絵を描けるまでには至りませんでした。

ペンの動作は発表の直前まで調整していたのですが、本番で動かせなかったのが残念ではありません。

でも、マウスで絵を描き、それらしく戦車型マシンを動かすことは出来たと思います。

プログラムがおかしな動きをすることもなく、回路のチェックルーチンやら、ベンチマークルーチンやらも正しく動いたのでよかったです。

### 4.2考察と改善案

とにかく、最後までペンが動かせず、絵を描くのに至らなかったことが残念です。ここでは、このあたりの機構の改善と、記録部・制御部二本に分かれているプログラムの統合などの改善案を考えます。

#### 4.2.1ペン駆動部の改善

ペンを確実に駆動させるため、パテを使ってモーターのピニオンに合わせた歯形を作り、ペンに張り付けるといった手段が考えられます。

とはいっても、直接ペンにパテを盛るのは美しくないなので、ペンよりも内径が一回り大きい(ペンが楽に通るくらいのもの)プラパイプを用意し、その外側にパテを盛るといいと思います。

モーターのピニオンで歯形をつけた後、ピンバイスで穴をあけ、中に通したペンをねじで締め付けるように固定します。

また、ペンがスムーズに上下するよう、余ったパイプでペンの上側を支持するものを作るといいと思います。

ペン駆動用モーターもRA140と専用固定金具なんかをつかえば、もったきちんと固定出来ると思います。

## 4.2.2 回路の電源について

発表本番では、回路の電源に電源装置を使ったのですが、FA130 の 2 個同時始動に要求する電流に耐えられず、電圧が下がって回路の動作が不安定になり気味でした。

このような場合、回路の電源には、モーターの始動時のような突発的な大電流の放電にも耐えられる乾電池のようなものを使うか、電源装置を複数個並列に繋げたものを使うといった対策をしたほうがいいと思います。

また、今回の回路では IC とモーターの電源が共通になっていますが、これも別にした方がいいでしょう。

## 4.2.3 電子回路部の改良

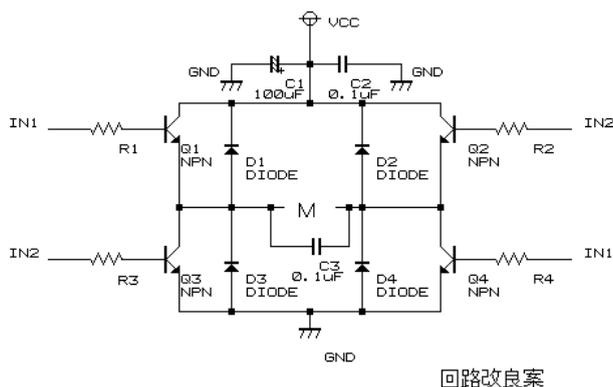


図 4.1 に、電子回路の改良案を示します。

電源ラインにはモーターの始動による大電流放電によるショックを吸収するため、電解コンデンサを配しました。

また、モーターのブラシノイズを少しでも低減するため、積層コンデンサ C3 を入れています。

ダイオード D1 ~ D4 はモーターがとまるときの逆起電力対策に入れています。このダイオードには、整流用の 1 A 程度のものを使います

## 4.2.4 プログラム、記録部と制御部の結合

二つに分かれているプログラムを一つに統合し、簡略化してみます。

前提として電源には乾電池を使用するようにすれば、制御部で行っていた一個ずつモーターを始動させていくといった処理が必要なくなりますので、この処理を外します。

両プログラムとも、認識する最低角度が入力できるようになっていますが、入力が面倒なので、これを省略します。

つぎに、ファイル入出力機能を外します。二つが統合されればいらぬからです。

こうしておいてから、二つのプログラムを結合します。もともと結合することを頭に入れて作ったので、変数名は出来るだけ重ならないようになっていきますし、データ保存用の配列関数の名前や構造は共通になっています。さらに行番号も制御部は2000行からですので、エディタなどで繋ぐだけで大丈夫でしょう。

こうして、繋いでみたプログラムのリストが付録の所にあります。制御部はサブルーチン\*SEIGYOBU となって旧記録部のメインルーチンから呼び出す形になっています。

また、ウェイトルーチンも改良版のものに置き換えてみました。

## 5.担当箇所 :プログラム部の詳細

ここでは、担当したプログラム部の詳細を説明します。

とはいっても、プログラムの全部の部分について細部まで説明するときりがないので、代表的な部分に絞って説明します。

### 5.1 マウスの線の簡略化

記録部がマウスの線を簡略化していく過程を簡単に説明します。

基本的に、簡略化の第一段階の点や線は赤、第二段階の点や線は緑で示しています。

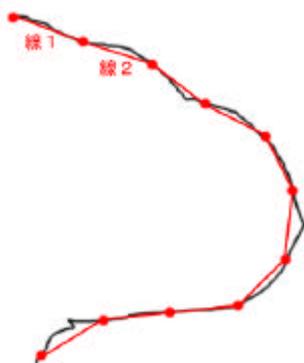


図5.1は、マウスで描いた線を一定距離ごとに区切り、線で結んだ所を示しています。これが第一段階の簡略化です。

ここまでの処理が済んだら、次に赤の線1と線2の角度を比べます。

図5.1では線1と線2の角度の差があまりないので、線1と線2の間の点に、第二段階の点である緑の点は設定されません。

図5.1 簡略化1



線1と線2の間の点に緑の点が設定されなかったため、始点から線2と線3の間の点まで、緑の仮線1が引かれます。

そして、今度はこの緑の仮線1と赤の線3の角度が比較されます。(図5.2)

今回もあまり角度の差がありませんので、やはり赤の線2と線3の間の点に緑の点は設定されません。

図5.2 簡略化2

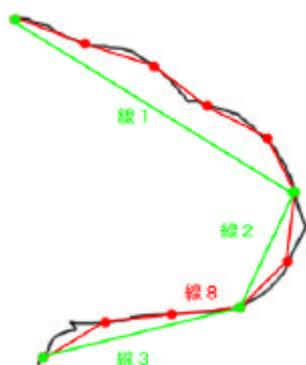


同じようにして、赤の線4、線5、線6についても比較していきます。

図5.3は赤の線6との比較の図です。同じように始点から緑の線を引っ張ったとき、赤の線6との角度の差が大きくなっています。

そこで、赤の線5と線6の間の点に緑の点が設定され、緑の線1が確定します。

図5.3 赤の線6との比較



こうして、簡略化を進めたのが図5.4です。

緑の線2と線3は比較的角度が緩やかですが、赤の線8との角度の差が一定値以上であれば、このように緑の点が設定され緑の線が引かれます。

その後は、線の終点まで角度が急なところがありませんので、緑の線3が終点まで引かれているわけです。

図5.4 簡略化完了

こうやってみてみると、かなりおおざっぱに簡略化されていますね。でも、戦車型マシンをそんなに細かくは動かせないなので、これでちょうどよいと思います。

## 5.2ダブルバッファリング

記録部では、マウスのカーソルをPUT命令で描画していますが、(内蔵のマウスカーソルの出し方がわからなかった)ちらつきを抑えたなめらかな表示を実現するためにダブルバッファリングという手段を使っています。

98の画面には、実際にディスプレイに表示されている画面のほかに、裏の画面がもう一枚あります。表示されている方を表画面、表示されていない方を裏画面と呼びます。そして裏画面と表画面は、簡単に入れ替えることが出来ます。

表画面が表示されている間に、裏画面に次の画面を描いておき、描き終わったところで

表裏の画面を入れ替える。そしてさっきまで表示されていて裏になった画面に、また次の画面を描いて描き上がったところで、また表裏の画面の入れ替えを行うのです。

こうすることで、いったん消して描き直す、といったような描画の過程が見えないので画面がちらつかず、なめらかな表示ができます。

注意として、表画面と裏画面を交互に使う関係上、画面を描くときはそれぞれ二画面分ずつ進めて描く必要があります。また、片方の画面に対して行った変更はもう一つの画面に対してもやっておかないと表示に不都合を生じます。

### 5.3 ベンチマークルーチン

```
2370 *BENCH
2380 PRINT "パソコンの能力を測定しています ..."
2390 BENCT1$=TIMES$
2400 WHILE BENCT1$=TIMES$:WEND:BENCT1$=TIMES$
2410 WHILE BENCT1$=TIMES$:BENCP=BENCP+1:WEND:PRINT "測定終了 測定結果：";BENCP
2420 BENC=BENCP/10:RETURN
```

上にベンチマークルーチンを示します。パソコンの内蔵タイマを使用して、一秒の間に何回 WHILE ループを回せるかをはかることで、パソコンのスピードを測っています。

2390行で BENCT1\$ に TIMES\$ の値を代入していますが、98のタイマは秒以下の値が読み出せないため、たとえば 11 時 32 分 56 秒 000 なのか、11 時 32 分 56 秒 999 なのかわかりません。

そこで、2400行で次の秒の変わり目を待っています。こうすることで例えのどちらの場合でも 11 時 32 分 57 秒 000 から測定を開始できるわけです。

その後 2410行で次の秒の変わり目までの一秒間、本測定を行います。2400行のおかげで正確に一秒間計ることが出来ます。

注意として、測定の都合上 WHILE ループの中で TIMES\$ を読み出しているため、対応するウェイトルーチンの方でも同じように TIMES\$ を読み出すような処理を入れておかないと、正確にウェイト時間を制御できないことがあります。

なぜなら、WHILE ループはコンパイル等で劇的に速くなりますが、TIMES\$ の読み出しの方はそれほど速くないからです。

例えば、次のようにします。

```
1000 *W
```

```
1010 WHILE I<BENC*WAITP
```

```
1020   DUMMY$=TIMES           このように、タイマ読み出し処置をはさむ
```

```
1030   I=I+1
```

```
1040 WEND
```

```
1050 RETURN
```

## 6.まとめ

実は、今回かなりのんびり構えていたので、直前になってかなり焦りました。

発表の5日前まで、ほとんどなにも進んでいなかったというのは、嘘のようでホントの話です。

担当したプログラムの方も、本格的に組み始めたのが発表の5日前で、その後2日間で仕上げるといふ突貫工事ぶりです。おかげで、プログラムは非効率的で汚く、大変読みにくいものになってしまいました。リストを見るとその突貫工事ぶりがよくわかります。

本当に何とか形になってよかったです。こういうのはもともと大好きなので、大変楽しい実験になりました。

## 参考文献

トランジスタ技術 2000年8月号 CQ出版社

田宮工作カタログ 田宮模型

東芝のホームページ(<http://www.toshiba.co.jp>)にある TC74HCT541AP のデータシート

松下のホームページ(<http://www.matsushita.co.jp>)にある 2SC1384 のデータシート

マブチモーターのホームページ(<http://www.mabuchi-moter.co.jp>)にある FA-130RA のデータシート

## 使用部品リスト

| 品目                 | 数量 |
|--------------------|----|
| ツインギアボックス          | 1  |
| タンク工作基本セット         | 1  |
| ペン                 | 1  |
| 粘着ゴム               | 1  |
| 竹筒                 | 1  |
| ネジ                 | 1  |
| ビニールテープ            | 1  |
| クロム鉄               | 1  |
| CMOS IC 74HCT541AP | 1  |
| トランジスタ C1384-R     | 12 |
| ユニバーサル基板           | 2  |
| ICソケット 20Pin用      | 1  |
| アソメール36Pinコネクタ     | 1  |
| ビニル線               | 3  |
| マブチモーター FA-130     | 1  |
| 1k カーボン抵抗          | 12 |

## 経費内訳

| 摘要         | 金額   |
|------------|------|
| OHP        | 1260 |
| ペン         | 120  |
| 粘着ゴム       | 160  |
| 竹筒         | 100  |
| ネジ         | 200  |
| カッターナイフ    | 78   |
| ビニールテープ    | 100  |
| クロム鉄       | 130  |
| CMOS IC    | 400  |
| 36ピンコネクタ   | 800  |
| ユニバーサル基板代  | 380  |
| トランジスタ     | 1760 |
| LED        | 320  |
| 抵抗         | 160  |
| ICソケット代    | 60   |
| 木材         | 10   |
| 電池ボックス     | 250  |
| ツインギアボックス  | 700  |
| タンク工作基本セット | 1200 |
| B紙         | 110  |
| OHP印刷代     | 20   |
| 導線代        | 200  |
| 税          | 357  |
| 小計         | 8943 |

KIROKUB7.BAS

```
100 SCREEN 3,,1,1:SCRPAGE=0:CONSOLE,,0,1:CLEAR:WIDTH 80,25
110 LMTARG=30:FILNAME$="moumovki.dat"
120 INPUT "認識する最小の角度を指定して下さい。lmtarg=";LMTARG
130 INPUT "出力するファイル名を指定して下さい。filename$=";FILNAME$
140 DIM MCURSOR(121):DIM RMLENG(1000):DIM RMARG(1000):DIM RMCARG(1000):DIM RMPP
(1000)
150 *MAIN
160 GOSUB *MCURSORMAKE
170 MOUSE 0:GOSUB *SHOKI
180 WHILE (INP(&HE9) OR &H7F)=&HFF AND RMSTEP<1000
190   MOUZ=MOUSE(2,1):MOUX=MOUSE(0):MOUY=MOUSE(1)
200   WHILE MOUX>619:MOUX=619:WEND:WHILE MOUY>379:MOUY=379:WEND
210   IF MOUZ<>MOUOZ THEN IMOUX=MOUX:IMOUY=MOUY:JMOUX=MOUX:JMOUY=MOUY
220   KYORI=(MOUX-MOUOX)^2+(MOUY-MOUOY)^2
230   IKYORI=(MOUX-IMOUX)^2+(MOUY-IMOUY)^2
240   IF IKYORI>400 AND MOUZ>=1 THEN IMOU=1:GOSUB *ITBLMOUP ELSE IMOU=0
250   REM if mouz=0 and mouoz=1 then jmou=1:jmoux=ojmoux:jmouy=ojmouy
260   GOSUB *DISP
270   IF JMOU=1 THEN GOSUB *RECMOUSE
280   IF MOUZ=0 AND MOUOZ=1 THEN GOSUB *RECMOUSE2
290   IF MOUZ=1 AND MOUOZ=0 THEN GOSUB *RECMOUSE3
300   AMOUX=MOUX:AMOY=MOUY
310   MOUO2X=MOUOX:MOUO2Y=MOUOY:MOUOX=MOUX:MOUOY=MOUY:MOUOZ=MOUZ
320   OIMOU=IMOU:OIMOUX=IMOUX:OIMOUY=IMOUY:OJMOU=JMOU:OJMOUX=JMOUX:OJMOUY=JMOUY
330   IF JMOU=1 THEN JMOUX=IMOUX:JMOUY=IMOUY:JMOU=0
340   IF IMOU=1 THEN IMOUX=MOUX:IMOUY=MOUY
350 WEND
360 GOSUB *FILWRITE
370 SCREEN 3,,0,1:END
380 *MCURSORMAKE
390 CLS 3
400 LINE(0,0)-(14,0),7:LINE(0,0)-(0,14),7:LINE(0,0)-(20,20)
410 GET@(0,0)-(20,20),MCURSOR:CLS 3
420 RETURN
430 *SHOKI
440 CLS 3:PUT@(MOUO2X,MOUO2Y),MCURSOR,XOR:SCREEN,,0:CLS 3:PUT@(MOUOX,MOUOY),MC
URSOR,XOR:SCREEN,,1
450 MOUSE 0:IMOUOX=MOUX:IMOUX=MOUX:IMOUOY=MOUY:IMOUY=MOUY
460 RETURN
470 *DISP
480 PUT@(MOUO2X,MOUO2Y),MCURSOR,XOR
490 IF MOUZ>=1 THEN LINE(MOUX,MOUY)-(MOUOX,MOUOY),7
500 IF MOUOZ>=1 THEN LINE(MOUOX,MOUOY)-(MOUO2X,MOUO2Y),7
510 IF IMOU=1 THEN LINE(MOUX,MOUY)-(IMOUX,IMOUY),2
520 IF OIMOU=1 THEN LINE(MOUOX,MOUOY)-(OIMOUX,OIMOUY),2
530 IF JMOU=1 THEN LINE(IMOUX,IMOUY)-(JMOUX,JMOUY),4
540 IF OJMOU=1 THEN LINE(OIMOUX,OIMOUY)-(OJMOUX,OJMOUY),4
550 IF MOUZ<1 AND MOUOZ>=1 THEN LINE(IMOUX,IMOUY)-(OJMOUX,OJMOUY),4
560 IF MOUOZ<1 AND MOUOZ2>=1 THEN LINE(OIMOUX,OIMOUY)-(O2JMOUX,O2JMOUY),4
570 GOSUB *ATANP:LOCATE 0,0:PRINT ATANPP;KYORI;IMI;RMSTEP
580 IF RMSTEP>0 THEN LOCATE 0,1:PRINT RMLENG(RMSTEP-1);RMARG(RMSTEP-1);RMCARG(R
MSTEP-1)
590 PUT@(MOUX,MOUY),MCURSOR,XOR
600 LOCATE 0,22:PRINT USING "@=###" " ; " X座標";MOUSE(0);"左ボタン";MOUZ;"右ボ
タン";MOUZ2
610 LOCATE 0,23:PRINT USING "@=###" " ; " Y座標";MOUSE(1);"FPS";FPSP
620 IF SCRPAGE=0 THEN SCREEN,,0,17:SCRPAGE=1 ELSE SCREEN,,1,1:SCRPAGE=0
```

KIROKUB7.BAS

```
630 IF TIME$<>OLDTIME$ THEN OLDTIME$=TIME$:FPSP=FPSC:FPSC=0 ELSE FPSC=FPSC+1
640 MOUOZ2=MOUOZ:O2JMOUX=OJMOUX:O2JMOUY=OJMOUY
650 RETURN
660 *ATANP
670 IF ATANY<>0 THEN ATANP1=ATANX/ATANY ELSE ATANP1=32000
680 ATANPP=ATN(ATANP1)*180/3.14:IF ATANY<0 THEN ATANPP=ATANPP+90 ELSE ATANPP=AT
ANPP-90
690 RETURN
700 *ITBLMOUP
710 ATANX=(MOUX-IMOUX):ATANY=(MOUY-IMOUY)
720 GOSUB *ATANP:IMI=ABS(ATANPP-OATANPP)
730 IF IMI>180 THEN IMI=(180-ABS(ATANPP))+(180-ABS(OATANPP))
740 IF IMI>=LMTARG THEN JMOU=1:OATANPP=ATANPP ELSE JMOU=0
750 RETURN
760 *RECMOUSE
770 ATANX=(MOUX-JMOUX):ATANY=(MOUY-JMOUY)
780 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
790 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
800 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((MOUX-JMOUX)^2+(MOUY-JMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=1
810 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1
820 RETURN
830 *RECMOUSE2
840 ATANX=(IMOUX-OJMOUX):ATANY=(IMOUY-OJMOUY)
850 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
860 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
870 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((IMOUX-OJMOUX)^2+(IMOUY-OJMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=1
880 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1:RMMOUX=IMOUX:RMMOUY=IMOUY
890 RETURN
900 *RECMOUSE3
910 ATANX=(MOUX-RMMOUX):ATANY=(MOUY-RMMOUY)
920 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
930 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
940 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((MOUX-RMMOUX)^2+(MOUY-RMMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=0
950 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1
960 RETURN
970 *FILWRITE
980 OPEN FILNAME$ FOR OUTPUT AS #1
990 FOR I=0 TO RMSTEP-1:WRITE #1,RMLENG(I),RMCARG(I),RMPP(I):NEXT
1000 WRITE #1,9999,9999,9999
1010 CLOSE #1
1020 RETURN
```

SEIGY017.BAS

```
2000 SCREEN 3,,0,1:CONSOLE,,0,1:CLEAR:WIDTH 80,20:CLS 3
2010 MSP=12:PSP=15:MSTP=30:MENP=15:MLNP=1:DRSC=3:drsl=2:drsr=2
2020 LMTARG=30:FILNAME$="moumovki.dat"
2030 INPUT "無視する最大の角度を入力して下さい。";NLARG
2040 INPUT "読み込むファイル名を指定して下さい。";READFIL$
2050 DIM RMLENG(1000):DIM RMARG(1000):DIM RMCARG(1000):DIM RMPP(1000)
2060 *MAIN
2070 PRINT "ファイルを読み込んでいます。"
2080 OPEN READFIL$ FOR INPUT AS #1
2090 I=0:WHILE RMLENG(J)<>9999:INPUT #1,RMLENG(I),RMCARG(I),RMPP(I):I=I+1:J=I-1:RSTEP=RSTEP+1:WEND
2100 CLOSE #1
2110 FOR I=0 TO J-1:PRINT RMLENG(I),RMCARG(I),RMPP(I):NEXT
2120 REM WHILE INP(&HE9)<>&HBF:wend
2130 PRINT "データを計算しています。"
2140 WLPX=0:WLPY=0:WLPOX=0:WLPOY=0:OMPARG=0
2150 I=0:WHILE I<(RSTEP-1)
2160 MPARG=MPARG+RMCARG(I)/180*3.14
2170 WLPX=WLPX+RMLENG(I)*COS(MPARG):WLPY=WLPY-RMLENG(I)*SIN(MPARG)
2180 PRINT I;WLPX;WLPY;RMLENG(I);MPARG;COS(MPARG);SIN(MPARG);RMPP(I)
2190 IF RMPP(I)=1 THEN LINE(WLPX,WLPY)-(WLPOX,WLPOY),4
2200 WLPOX=WLPX:WLPOY=WLPY:OMPARG=MPARG
2210 I=I+1
2220 WEND
2230 REM WHILE INP(&HE9)<>&HBF:wend
2240 GOSUB *BENCH:OUT 64,64
2250 IF (INP(66) AND 4)<>0 THEN PRINT "回路をコンピュータに接続し、回路側の電源を入れて下さい。"
2260 WHILE (INP(66) AND 4)<>0:WEND:OUT 64,128
2270 PRINT "回路の接続を確認しました。"
2280 DOSTEP=1:WHILE DOSTEP<(RSTEP-1)
2290 PRINT "実行 データ";DOSTEP;"移動距離";RMLENG(DOSTEP);"回転角度";RMCARG(DOSTEP);"ペン";RMPP(DOSTEP)
2300 IF NOTNP=1 and dostep>2 THEN RMCARGP=RMCARG(DOSTEP-1)+RMCARG(DOSTEP) ELSE RMCARGP=RMCARG(DOSTEP)
2310 IF ABS(RMCARGP)>LMTARG and dostep>1 THEN NOTNP=0:GOSUB *DOTURN ELSE NOTNP=1
2320 IF RMPP(DOSTEP)=1 AND ORMPP=0 THEN PRINT "ペン下降":OUT 64,32:WAITP=PSP:GOSUB *W:ORMPP=1
2330 LENP=RMLENG(DOSTEP):GOSUB *ZENSIN
2340 DOSTEP=DOSTEP+1:WEND:OUT 64,64
2350 PRINT "終了しました。回路の電源を落とすとプログラムを終了します。"
2360 WHILE (INP(66) AND 4)<>4:WEND:OUT 64,128:END
2370 *BENCH
2380 PRINT "パソコンの能力を測定しています。 . . ."
2390 BENCT1$=TIMES$
2400 WHILE BENCT1$=TIMES$:WEND:BENCT1$=TIMES$
2410 WHILE BENCT1$=TIMES$:BENCP=BENCP+1:WEND:PRINT "測定終了 測定結果 : ";BENCP
2420 BENC=BENCP/10:RETURN
2430 *DOTURN
2440 IF ORMPP=1 THEN PRINT "ペン上昇":OUT 64,16:WAITP=PSP:GOSUB *W:ORMPP=0
2450 TRNP=ABS(RMCARGP)
2460 IF RMCARG(DOSTEP)>0 THEN GOSUB *TURNLEFT ELSE GOSUB *TURNRIGHT
2470 RETURN
2480 *ZENSIN
2490 PRINT "前進 距離":LENP
2500 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
```

SEIGY017.BAS

```
2510 OUT 64,1:WAITP=MSP:GOSUB *W
2520 OUT 64,4:WAITP=MSP+4:GOSUB *W
2530 OUT 64,5:WAITP=MSP:GOSUB *W
2540 WAITP=(DRSC/10)*LENP*MLNP:GOSUB *W
2550 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2560 RETURN
2570 *TURNLEFT
2580 PRINT "左回轉 角度";TRNP
2590 IF TRNS>45 THEN TRNS=1.22 ELSE TRNS=1
2600 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
2610 OUT 64,2:WAITP=MSP:GOSUB *W
2620 OUT 64,4:WAITP=MSP:GOSUB *W
2630 OUT 64,6:WAITP=MSP:GOSUB *W
2640 WAITP=(DRS1/10)*(TRNP-15)*TRNS:GOSUB *W
2650 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2660 RETURN
2670 *TURNRIGHT
2680 PRINT "右回轉 角度";TRNP
2690 IF TRNS>45 THEN TRNS=1.22 ELSE TRNS=1
2700 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
2710 OUT 64,1:WAITP=MSP:GOSUB *W
2720 OUT 64,8:WAITP=MSP:GOSUB *W
2730 OUT 64,9:WAITP=MSP:GOSUB *W
2740 WAITP=(DRSr/10)*(TRNP+8-15)*TRNS:GOSUB *W
2750 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2760 RETURN
2770 *W:I=0:WHILE I<BENC*WAITP:I=I+1:WEND:RETURN
```

tougou1.bas

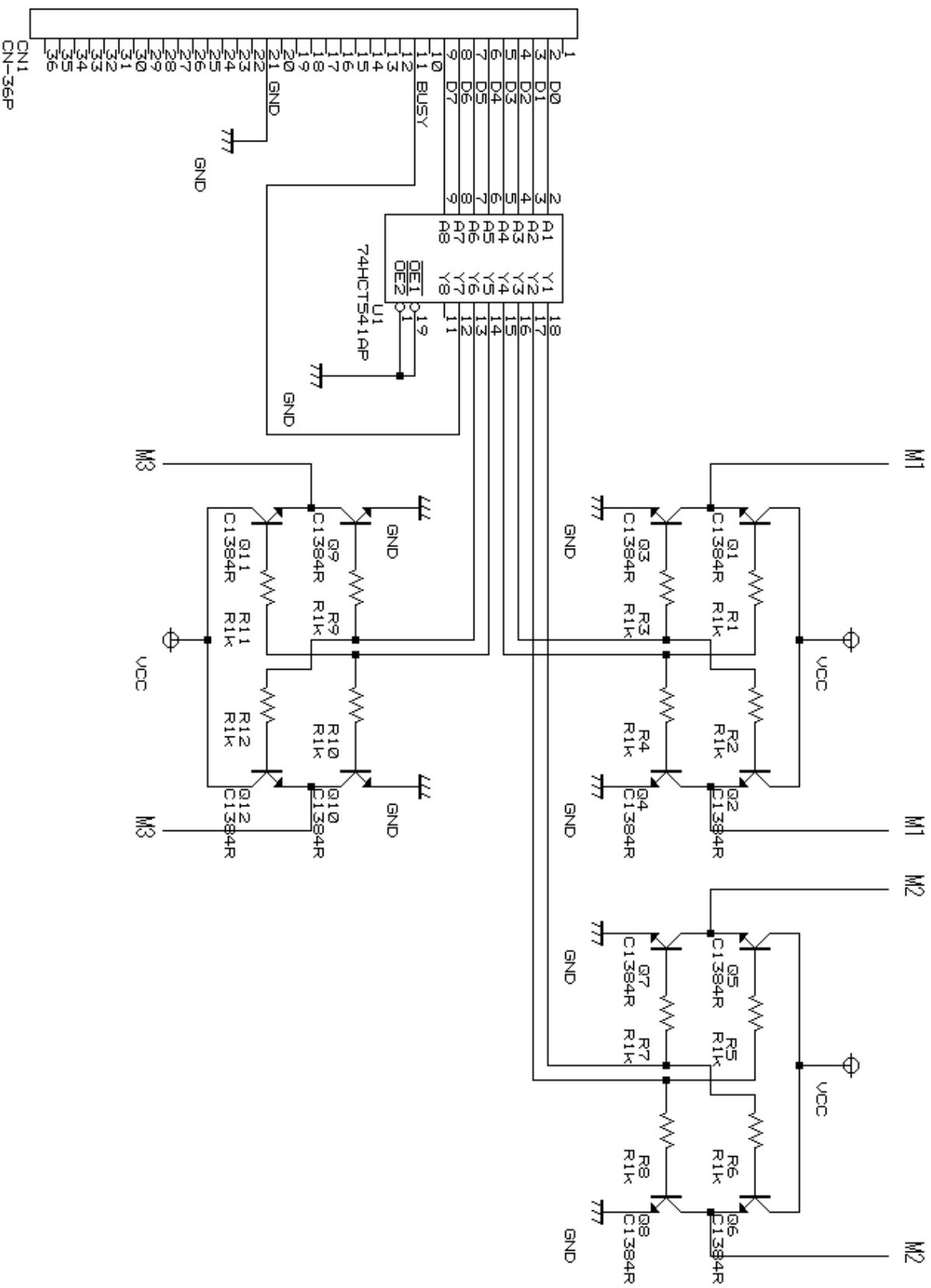
```
100 SCREEN 3,,1,1:SCRPAGE=0:CONSOLE,,0,1:CLEAR:WIDTH 80,25
110 LMTARG=30
140 DIM MCURSOR(121):DIM RMLENG(1000):DIM RMARG(1000):DIM RMCARG(1000):DIM RMPP
(1000)
150 *MAIN
160 GOSUB *MCURSORMAKE
170 MOUSE 0:GOSUB *SHOKI
180 WHILE (INP(&HE9) OR &H7F)=&HFF AND RMSTEP<1000
190   MOUZ=MOUSE(2,1):MOUX=MOUSE(0):MOUY=MOUSE(1)
200   WHILE MOUX>619:MOUX=619:WEND:WHILE MOUY>379:MOUY=379:WEND
210   IF MOUZ<>MOUZ THEN IMOUX=MOUX:IMOY=MOUY:JMOUX=MOUX:JMOY=MOUY
220   KYORI=(MOUX-MOUOX)^2+(MOUY-MOUOY)^2
230   IKYORI=(MOUX-IMOUX)^2+(MOUY-IMOY)^2
240   IF IKYORI>400 AND MOUZ>=1 THEN IMOU=1:GOSUB *ITBLMOUP ELSE IMOU=0
250   REM if mouz=0 and mouoz=1 then jmou=1:jmoux=ojmoux:jmouy=ojmouy
260   GOSUB *DISP
270   IF JMOU=1 THEN GOSUB *RECMOUSE
280   IF MOUZ=0 AND MOUZ=1 THEN GOSUB *RECMOUSE2
290   IF MOUZ=1 AND MOUZ=0 THEN GOSUB *RECMOUSE3
300   AMOUX=MOUX:AMOY=MOUY
310   MOUOX=MOUX:MOUY=MOUY:MOUX=MOUX:MOUY=MOUY:MOUZ=MOUZ
320   OIMOU=IMOY:OIMOUX=IMOY:OIMOUY=IMOY:OJMOU=JMOU:OJMOUX=JMOU:OJMUY=JMUY
330   IF JMOU=1 THEN JMOUX=IMOY:JMUY=IMOY:JMOU=0
340   IF IMOU=1 THEN IMOUX=MOUX:IMOY=MOUY
350 WEND
370 SCREEN 3,,0,1:CLEAR:WIDTH 80,20:CLS 3:GOSUB *SEIGYOBUE:END
380 *MCURSORMAKE
390 CLS 3
400 LINE(0,0)-(14,0),7:LINE(0,0)-(0,14),7:LINE(0,0)-(20,20)
410 GET@(0,0)-(20,20),MCURSOR:CLS 3
420 RETURN
430 *SHOKI
440 CLS 3:PUT@(MOUOX,MOUY),MCURSOR,XOR:SCREEN,,0:CLS 3:PUT@(MOUX,MOUY),MC
URSOR,XOR:SCREEN,,1
450 MOUSE 0:IMOY=MOUX:IMOY=MOUX:IMOY=MOUY:IMOY=MOUY
460 RETURN
470 *DISP
480 PUT@(MOUOX,MOUY),MCURSOR,XOR
490 IF MOUZ>=1 THEN LINE(MOUX,MOUY)-(MOUOX,MOUY),7
500 IF MOUZ>=1 THEN LINE(MOUOX,MOUY)-(MOUOX,MOUY),7
510 IF IMOU=1 THEN LINE(MOUX,MOUY)-(IMOY,IMOY),2
520 IF OIMOU=1 THEN LINE(MOUOX,MOUY)-(OIMOUX,OIMOUY),2
530 IF JMOU=1 THEN LINE(IMOY,IMOY)-(JMUY,JMUY),4
540 IF OJMOU=1 THEN LINE(OIMOUX,OIMOUY)-(OJMUY,OJMUY),4
550 IF MOUZ<1 AND MOUZ>=1 THEN LINE(IMOY,IMOY)-(OJMUY,OJMUY),4
560 IF MOUZ<1 AND MOUZ2>=1 THEN LINE(OIMOUX,OIMOUY)-(OJMUY,OJMUY),4
570 GOSUB *ATANP:LOCATE 0,0:PRINT ATANP;KYORI;IMI;RMSTEP
580 IF RMSTEP>0 THEN LOCATE 0,1:PRINT RMLENG(RMSTEP-1);RMARG(RMSTEP-1);RMCARG(R
MSTEP-1)
590 PUT@(MOUX,MOUY),MCURSOR,XOR
600 LOCATE 0,22:PRINT USING "@=###" " ; " X 座標";MOUSE(0);"左ボタン";MOUZ;"右ボ
タン";MOUZ2
610 LOCATE 0,23:PRINT USING "@=###" " ; " Y 座標";MOUSE(1);"FPS";FPSP
620 IF SCRPAGE=0 THEN SCREEN,,0,17:SCRPAGE=1 ELSE SCREEN,,1,1:SCRPAGE=0
630 IF TIME$<>OLDTIME$ THEN OLDTIME$=TIME$:FPSP=FPSP:FPSC=0 ELSE FPSC=FPSC+1
640 MOUZ2=MOUZ:OJMUY=OJMUY:OJMUY=OJMUY
650 RETURN
```

tougou1.bas

```
660 *ATANP
670 IF ATANY<>0 THEN ATANP1=ATANX/ATANY ELSE ATANP1=32000
680 ATANPP=ATN(ATANP1)*180/3.14:IF ATANY<0 THEN ATANPP=ATANPP+90 ELSE ATANPP=AT
ANPP-90
690 RETURN
700 *ITBLMOUP
710 ATANX=(MOUX-IMOUX):ATANY=(MOUY-IMOUY)
720 GOSUB *ATANP:IMI=ABS(ATANPP-OATANPP)
730 IF IMI>180 THEN IMI=(180-ABS(ATANPP))+(180-ABS(OATANPP))
740 IF IMI>=LMTARG THEN JMOU=1:OATANPP=ATANPP ELSE JMOU=0
750 RETURN
760 *RECMOUSE
770 ATANX=(MOUX-JMOUX):ATANY=(MOUY-JMOUY)
780 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
790 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
800 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((MOUX-JMOUX)^2+(MOUY-JMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=1
810 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1
820 RETURN
830 *RECMOUSE2
840 ATANX=(IMOUX-OJMOUX):ATANY=(IMOUY-OJMOUY)
850 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
860 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
870 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((IMOUX-OJMOUX)^2+(IMOUY-OJMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=1
880 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1:RMMOUX=IMOUX:RMMOUY=IMOUY
890 RETURN
900 *RECMOUSE3
910 ATANX=(MOUX-RMMOUX):ATANY=(MOUY-RMMOUY)
920 GOSUB *ATANP:RMARG(RMSTEP)=INT(ATANPP):RMCARG(RMSTEP)=INT(ATANPP-RMOATANPP)
930 IF ABS(RMCARG(RMSTEP))>180 THEN RMCARG(RMSTEP)=RMCARG(RMSTEP)+360*RMCARG(RM
STEP)/ABS(RMCARG(RMSTEP))*(-1)
940 RMLENG(RMSTEP)=INT(SQR((MOUX-RMMOUX)^2+(MOUY-RMMOUY)^2)):RMPP(RMSTEP)=0
950 RMOATANPP=ATANPP:RMSTEP=RMSTEP+1
960 RETURN
2000 *SEIGYOBU
2010 MSP=12:PSP=15:MSTP=30:MENP=15:MLNP=1:DRSC=3:drr=2:drrr=2
2020 NLARG=30
2110 FOR I=0 TO J-1:PRINT RMLENG(I),RMCARG(I),RMPP(I):NEXT
2120 REM WHILE INP(&HE9)<>&HBF:wend
2130 PRINT "データを計算しています。"
2140 WLPX=0:WLPY=0:WLPOX=0:WLPOY=0:OMPARG=0
2150 I=0:WHILE I<(RSTEP-1)
2160 MPARG=MPARG+RMCARG(I)/180*3.14
2170 WLPX=WLPX+RMLENG(I)*COS(MPARG):WLPY=WLPY-RMLENG(I)*SIN(MPARG)
2180 PRINT I;WLPX;WLPY;RMLENG(I);MPARG;COS(MPARG);SIN(MPARG);RMPP(I)
2190 IF RMPP(I)=1 THEN LINE(WLPX,WLPY)-(WLPOX,WLPOY),4
2200 WLPOX=WLPX:WLPOY=WLPY:OMPARG=MPARG
2210 I=I+1
2220 WEND
2230 REM WHILE INP(&HE9)<>&HBF:wend
2240 GOSUB *BENCH:OUT 64,64
2250 IF (INP(66) AND 4)<>0 THEN PRINT "回路をコンピュータに接続し、回路側の電源
を入れて下さい。"
2260 WHILE (INP(66) AND 4)<>0:WEND:OUT 64,128
2270 PRINT "回路の接続を確認しました。"
2280 DOSTEP=1:WHILE DOSTEP<(RSTEP-1)
```

tougou1.bas

```
2290 PRINT "実行 データ";DOSTEP;"移動距離";RMLENG(DOSTEP);"回転角度";RMCARG(DOSTEP);"ペン";RMPP(DOSTEP)
2300 IF NOTNP=1 and dostep>2 THEN RMCARGP=RMCARG(DOSTEP-1)+RMCARG(DOSTEP) ELSE RMCARGP=RMCARG(DOSTEP)
2310 IF ABS(RMCARGP)>LMTARG and dostep>1 THEN NOTNP=0:GOSUB *DOTURN ELSE NOTNP=1
2320 IF RMPP(DOSTEP)=1 AND ORMPP=0 THEN PRINT "ペン下降":OUT 64,32:WAITP=PSP:GOSUB *W:ORMPP=1
2330 LENP=RMLENG(DOSTEP):GOSUB *ZENSIN
2340 DOSTEP=DOSTEP+1:WEND:OUT 64,64
2350 PRINT "終了しました。回路の電源を落とすとプログラムを終了します。"
2360 WHILE (INP(66) AND 4)<>4:WEND:OUT 64,128:RETURN
2370 *BENCH
2380 PRINT "パソコンの能力を測定しています . . ."
2390 BENCT1$=TIMES$
2400 WHILE BENCT1$=TIMES$:WEND:BENCT1$=TIMES$
2410 WHILE BENCT1$=TIMES$:BENCP=BENCP+1:WEND:PRINT "測定終了 測定結果 : ";BENCP
2420 BENC=BENCP/10:RETURN
2430 *DOTURN
2440 IF ORMPP=1 THEN PRINT "ペン上昇":OUT 64,16:WAITP=PSP:GOSUB *W:ORMPP=0
2450 TRNP=ABS(RMCARGP)
2460 IF RMCARG(DOSTEP)>0 THEN GOSUB *TURNLEFT ELSE GOSUB *TURNRIGHT
2470 RETURN
2480 *ZENSIN
2490 PRINT "前進 距離":LENP
2500 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
2530 OUT 64,5:WAITP=MSP:GOSUB *W
2540 WAITP=(DRSC/10)*LENP*MLNP:GOSUB *W
2550 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2560 RETURN
2570 *TURNLEFT
2580 PRINT "左回転 角度":TRNP
2590 IF TRNS>45 THEN TRNS=1.22 ELSE TRNS=1
2600 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
2630 OUT 64,6:WAITP=MSP:GOSUB *W
2640 WAITP=(DRSl/10)*(TRNP-15)*TRNS:GOSUB *W
2650 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2660 RETURN
2670 *TURNRIGHT
2680 PRINT "右回転 角度":TRNP
2690 IF TRNS>45 THEN TRNS=1.22 ELSE TRNS=1
2700 OUT 64,128:WAITP=MSTP:GOSUB *W
2730 OUT 64,9:WAITP=MSP:GOSUB *W
2740 WAITP=(DRSr/10)*(TRNP+8-15)*TRNS:GOSUB *W
2750 OUT 64,128:WAITP=MENP:GOSUB *W
2760 RETURN
2770 *W:I=0:WHILE I<BENC*WAITP:DUMM$=TIMES$:I=I+1:WEND:RETURN
```



全回路图

代表的用途 / 玩具・模型  
 ●玩具  
 ●プラモデル

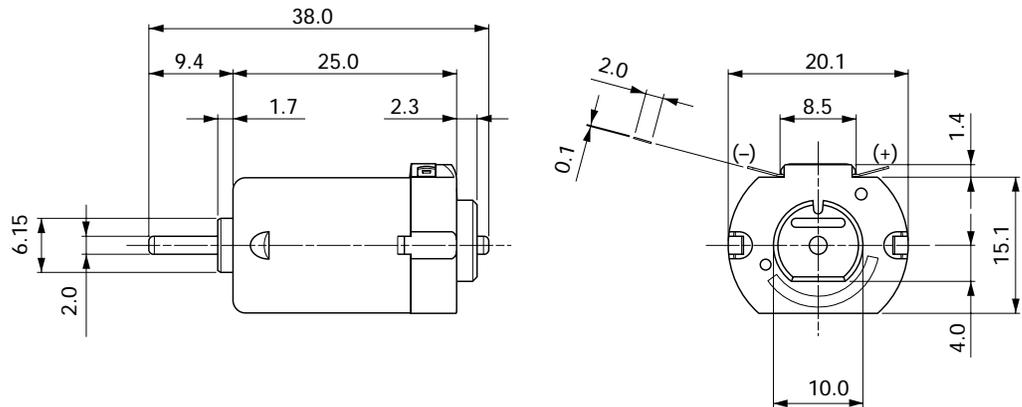
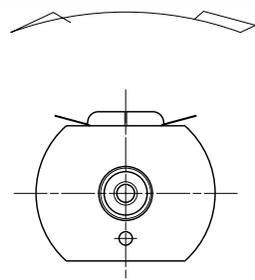
Typical Applications / Toys and Models  
 ● Motorized Toy  
 ● Motorized Plastic Model



| MODEL          | VOLTAGE         |               | NO LOAD |         | AT MAXIMUM EFFICIENCY |         |        |        | STALL  |         |      |      |
|----------------|-----------------|---------------|---------|---------|-----------------------|---------|--------|--------|--------|---------|------|------|
|                | OPERATING RANGE | NOMINAL       | SPEED   | CURRENT | SPEED                 | CURRENT | TORQUE | OUTPUT | TORQUE | CURRENT |      |      |
|                |                 |               | r/min   | A       | r/min                 | A       | g-cm   | mN-m   | W      | g-cm    | mN-m | A    |
| FA-130RA-2270  | 1.5 ~ 3.0       | 1.5V CONSTANT | 9100    | 0.20    | 7000                  | 0.66    | 6.0    | 0.59   | 0.43   | 26      | 2.55 | 2.20 |
|                |                 | 3V CONSTANT   | 16400   | 0.23    | 13200                 | 0.95    | 8.5    | 0.83   | 1.15   | 44      | 4.31 | 3.92 |
| FA-130RA-18100 | 1.5 ~ 3.0       | 1.5V CONSTANT | 6200    | 0.15    | 4500                  | 0.41    | 4.8    | 0.47   | 0.22   | 18      | 1.76 | 1.12 |
|                |                 | 3V CONSTANT   | 12300   | 0.15    | 9700                  | 0.56    | 7.5    | 0.74   | 0.75   | 36      | 3.53 | 2.10 |
| FA-130RA-14150 | 1.5 ~ 4.5       | 3V CONSTANT   | 8300    | 0.11    | 6800                  | 0.25    | 4.0    | 0.39   | 0.28   | 23      | 2.25 | 0.90 |

UNIT: MILLIMETERS

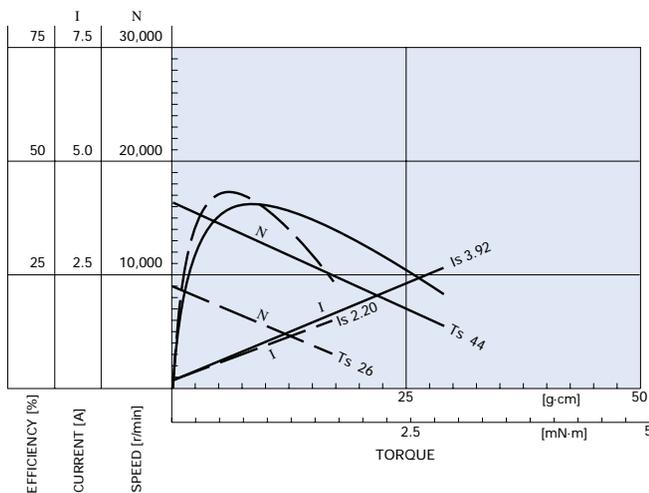
DIRECTION OF ROTATION



WEIGHT: 17g (APPROX)

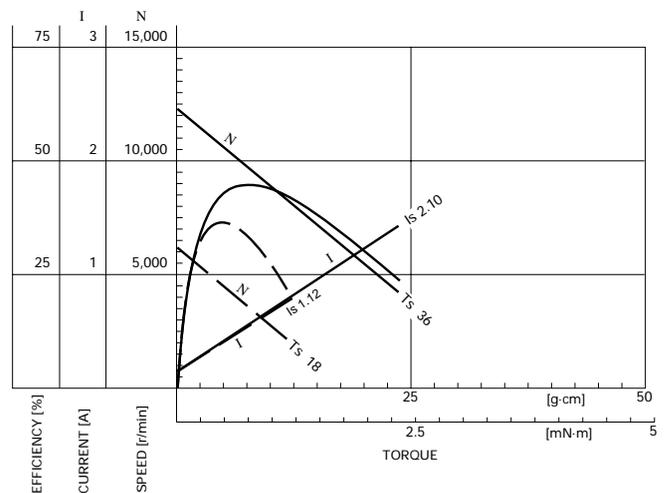
## FA-130RA-2270

---- 1.5V --- 3.0V

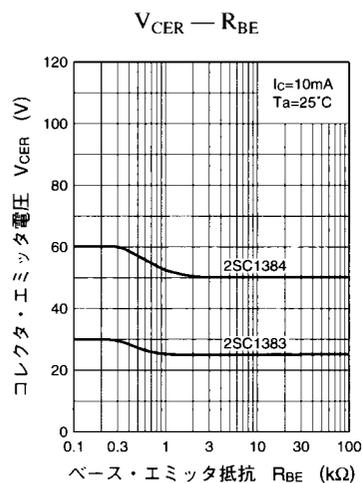
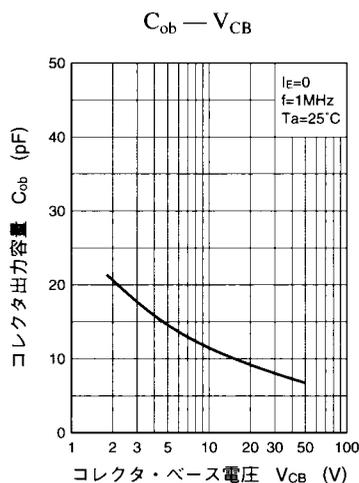
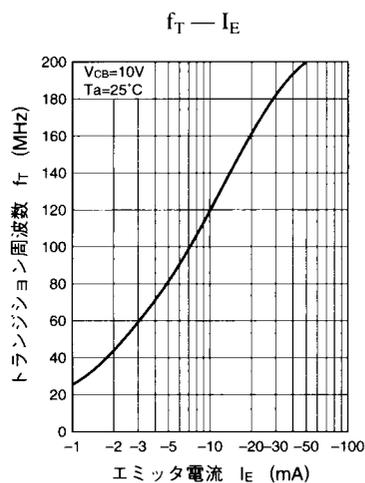
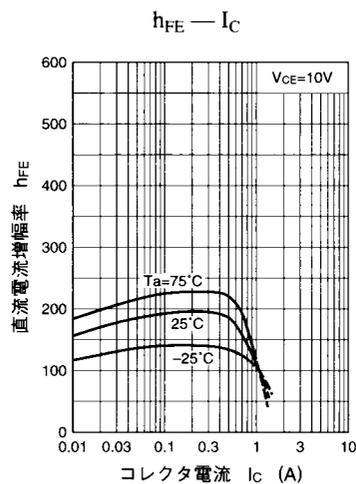
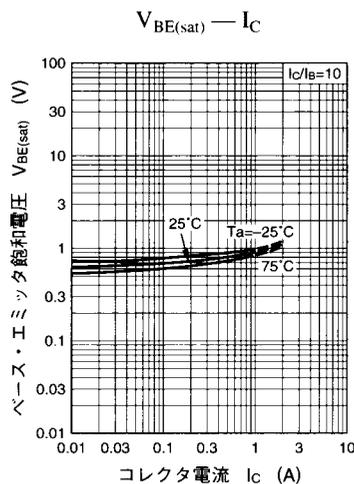
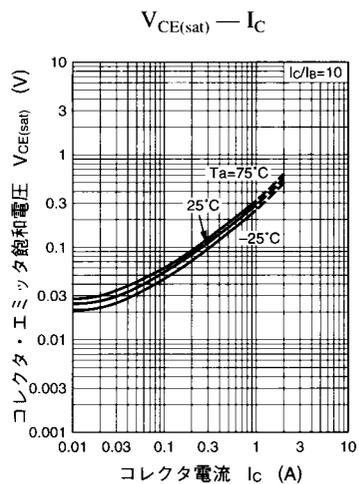
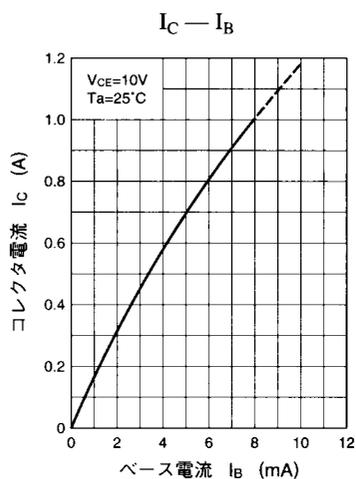
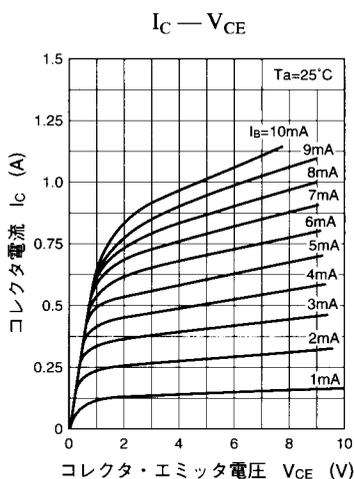
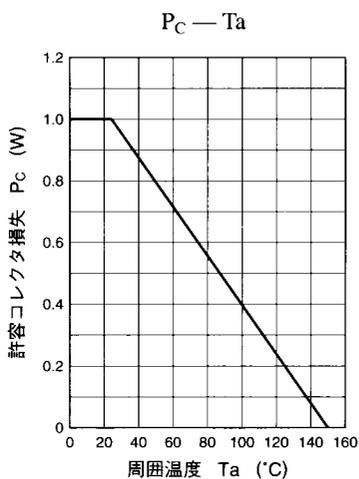


## FA-130RA-18100

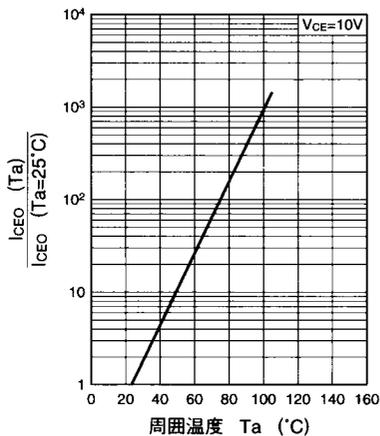
---- 1.5V --- 3.0V



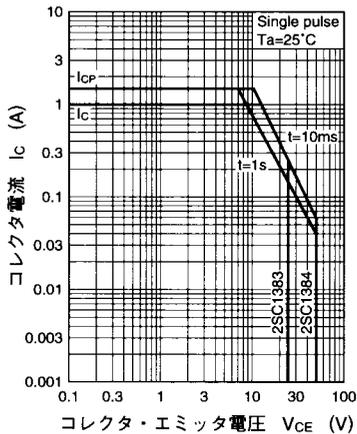




$I_{CEO} - T_a$



安全動作領域 ASO



2SC  
タイプ

TC74HCT540AP, TC74HCT540AF, TC74HCT541AP, TC74HCT541AF

OCTAL BUS BUFFER

TC74HCT540AP/AF INVERTED, 3-STATE OUTPUTS

TC74HCT541AP/AF NON-INVERTING, 3-STATE OUTPUTS

TC74HCT540A/T541Aは、シリコンゲートCMOS技術を用いた高速CMOS 8ビット回路入りバスバッファです。CMOSの特長である低い消費電力で、LSTTLに匹敵する高速動作を実現できます。入力はTTLレベルですので、TTLレベルのバスに直結可能です。

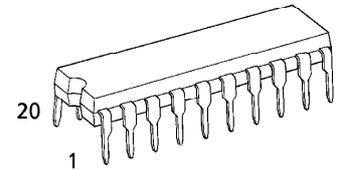
これらのICは8回路入りのバッファで共通の2本のイネーブル信号( $\bar{G}1$ 、 $\bar{G}2$ )により、コントロールされます。

TC74HCT540Aは反転出力タイプ、TC74HCT541Aは非反転出力タイプで、いずれも $\bar{G}1$ 、 $\bar{G}2$ の両方あるいはどちらか一方を“H”レベルにすることにより出力を高インピーダンス状態にできるため、バスラインへのインタフェースが容易です。

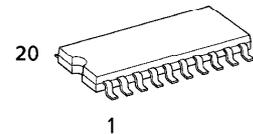
また、すべての入力には静電破壊から素子を保護するために、ダイオードが付加されています。

〔特長〕

- 高速動作 .....  $t_{pd} = 10ns$  (TYP.) ( $V_{CC} = 5V$ )
- 低消費電流 .....  $I_{CC} = 4\mu A$  (MAX.) ( $T_a = 25^\circ C$ )
- TTLレベル入力 .....  $V_{IL} = 0.8V$  (MAX.)  
 $V_{IH} = 2.0V$  (MIN.)
- バッファ出力 ..... LSTTL15個を直接駆動可能
- 対称出力インピーダンス .....  $|I_{OH}| = I_{OL} = 6mA$  (MIN.)
- バランスのとれた遅延時間 .....  $t_{pLH} \approx t_{pHL}$
- LSTTL (74LS540/541) と同一ピン接続、同一ファンクション



P (DIP20-P-300-2.54A)  
質量 : 1.30g (標準)



F (SOP20-P-300-1.27)  
質量 : 0.22g (標準)

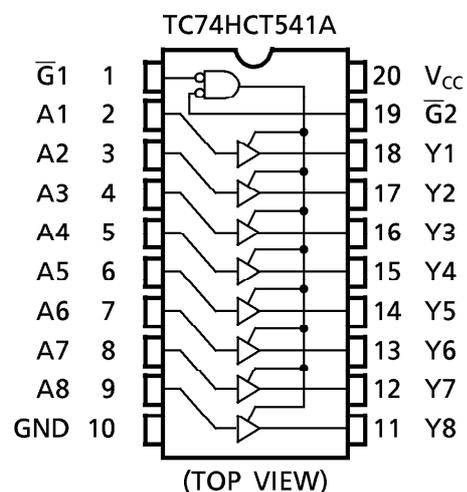
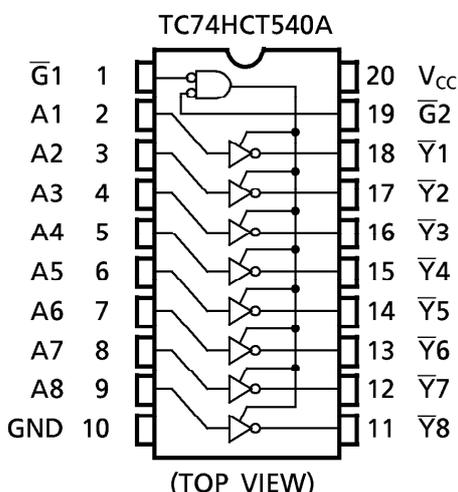
真理値表

| INPUTS     |            |    | OUTPUTS  |                   |
|------------|------------|----|----------|-------------------|
| $\bar{G}1$ | $\bar{G}2$ | An | Yn(T541) | $\bar{Y}n$ (T540) |
| H          | X          | X  | Z        | Z                 |
| X          | H          | X  | Z        | Z                 |
| L          | L          | H  | H        | L                 |
| L          | L          | L  | L        | H                 |

X : Don't Care

Z : 高インピーダンス

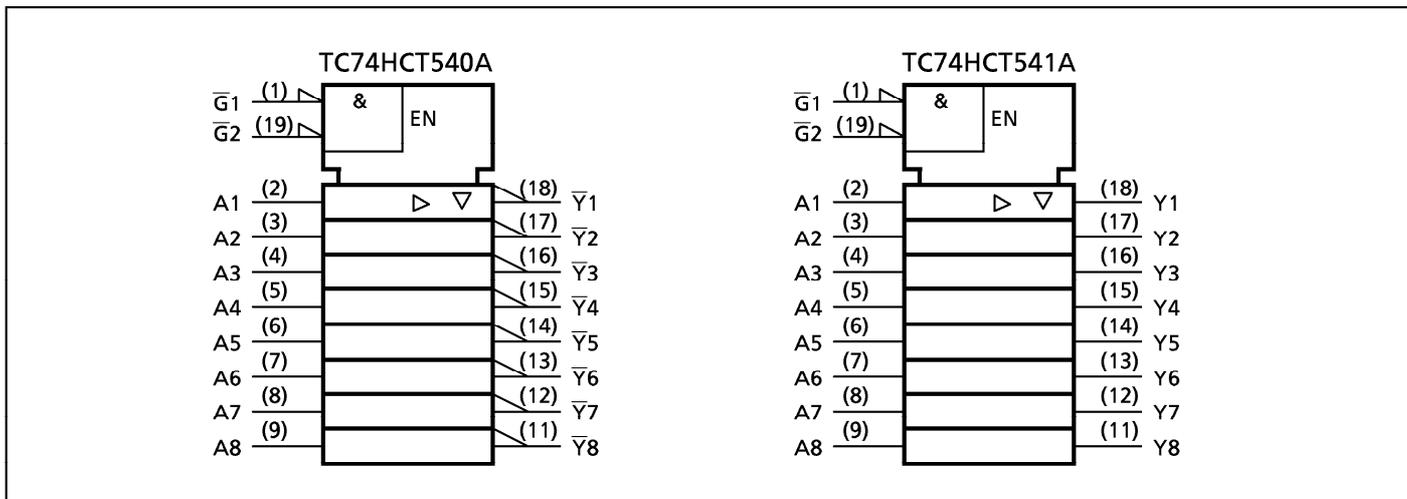
ピン接続図



960917TBA2

● 当社は品質、信頼性の向上に努めていますが、一般に半導体製品は誤作動したり故障することがあります。当社半導体製品をご使用頂く場合は、半導体製品の誤作動や故障により、他人の生命・身体・財産が侵害されることのないように、購入者側の責任において、装置の安全設計を行うことをお願いします。なお、設計に際しては、最新の製品仕様をご確認の上、製品保証範囲内でご使用頂くとともに、考慮されるべき注意事項や条件について「東芝半導体製品の取り扱い上のご注意とお願い」、「半導体信頼性ハンドブック」などをご活用ください。

論理図



最大定格

| 項 目             | 記 号       | 定 格                    | 単 位 |
|-----------------|-----------|------------------------|-----|
| 電 源 電 圧         | $V_{CC}$  | -0.5~7                 | V   |
| 入 力 電 圧         | $V_{IN}$  | -0.5~ $V_{CC}+0.5$     | V   |
| 出 力 電 圧         | $V_{OUT}$ | -0.5~ $V_{CC}+0.5$     | V   |
| 入力保護ダイオード電流     | $I_{IK}$  | ±20                    | mA  |
| 出力寄生ダイオード電流     | $I_{OK}$  | ±20                    | mA  |
| 出 力 電 流         | $I_{OUT}$ | ±35                    | mA  |
| 電 源 / G N D 電 流 | $I_{CC}$  | ±75                    | mA  |
| 許 容 損 失         | $P_D$     | 500 (DIP)* / 180 (SOP) | mW  |
| 保 存 温 度         | $T_{stg}$ | -65~150                | °C  |

\*  $T_a = -40 \sim 65^\circ\text{C}$ まで、500mW。  $T_a = 65 \sim 85^\circ\text{C}$ の範囲では-10mW/°Cで、300mWまでディレーティングしてください。

推奨動作条件

| 項 目        | 記 号        | 定 格         | 単 位 |
|------------|------------|-------------|-----|
| 電 源 電 圧    | $V_{CC}$   | 4.5~5.5     | V   |
| 入 力 電 圧    | $V_{IN}$   | 0~ $V_{CC}$ | V   |
| 出 力 電 圧    | $V_{OUT}$  | 0~ $V_{CC}$ | V   |
| 動 作 温 度    | $T_{opr}$  | -40~85      | °C  |
| 入力上昇, 下降時間 | $t_r, t_f$ | 0~500       | ns  |

960917TBA2'

● 本資料に掲載されている製品は、外国為替および外国貿易管理法により、輸出または海外への提供が規制されているものです。  
 ● 本資料に掲載されている技術情報は、製品の代表的動作・応用を説明するためのもので、その使用に際して当社および第三者の知的財産権その他の権利に対する保証または実施権の許諾を行うものではありません。  
 ● 本資料の掲載内容は、技術の進歩などにより予告なしに変更されることがあります。

電氣的特性  
DC特性

| 項 目                 | 記 号             | 測 定 条 件   | V <sub>CC</sub><br>(V)                                  | Ta = 25°C                |      |      | Ta = -40~85°C |      | 単位   |      |   |
|---------------------|-----------------|---|---|--------------------------|------|------|---------------|------|------|------|---|
|                     |                 |   |   | MIN.                     | TYP. | MAX. | MIN.          | MAX. |      |      |   |
| 入力電圧                | "H"レベル          | V <sub>IH</sub>   | 4.5<br>5.5  | 2.0                      | —    | —    | 2.0           | —    | V    |      |   |
|                     | "L"レベル          | V <sub>IL</sub>   | 4.5<br>5.5  | —                        | —    | 0.8  | —             | 0.8  | V    |      |   |
| 出力電圧                | "H"レベル          | V <sub>OH</sub>   | V <sub>IN</sub> =<br>V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> | I <sub>OH</sub> = -20 μA | 4.5  | 4.4  | 4.5           | —    | 4.4  | —    | V |
|                     |                 |   |   | I <sub>OH</sub> = -6 mA  | 4.5  | 4.18 | 4.31          | —    | 4.13 | —    | V |
|                     | "L"レベル          | V <sub>OL</sub>   | V <sub>IN</sub> =<br>V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub> | I <sub>OL</sub> = 20 μA  | 4.5  | —    | 0.0           | 0.1  | —    | 0.1  | V |
|                     |                 |   |   | I <sub>OL</sub> = 6 mA   | 4.5  | —    | 0.17          | 0.26 | —    | 0.33 | V |
| スリープステート<br>オフリーク電流 | I <sub>OZ</sub> | V <sub>IN</sub> = V <sub>IH</sub> or V <sub>IL</sub><br>V <sub>OUT</sub> = V <sub>CC</sub> or GND | 5.5   | —                        | —    | ±0.5 | —             | ±5.0 | μA   |      |   |
| 入 力 電 流             | I <sub>IN</sub> | V <sub>IN</sub> = V <sub>CC</sub> or GND  | 5.5   | —                        | —    | ±0.1 | —             | ±1.0 |      |      |   |
| 静的消費電流              | I <sub>CC</sub> | V <sub>IN</sub> = V <sub>CC</sub> or GND  | 5.5   | —                        | —    | 4.0  | —             | 40.0 |      |      |   |
|                     | I <sub>C</sub>  | Per input: V <sub>IN</sub> = 0.5V or 2.4V<br>Other input: V <sub>CC</sub> or GND                  | 5.5   | —                        | —    | 2.0  | —             | 2.9  | mA   |      |   |

AC特性 (Input t<sub>r</sub> = t<sub>f</sub> = 6ns)

| 項 目                     | 記 号                                  | 測 定 条 件              | C <sub>L</sub><br>(pF) | V <sub>CC</sub><br>(V) | Ta = 25°C |      |      | Ta = -40~85°C |      | 単位 |
|-------------------------|--------------------------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------|------|------|---------------|------|----|
|                         |                                      |                      |                        |                        | MIN.      | TYP. | MAX. | MIN.          | MAX. |    |
| 出力上昇, 下降時間              | t <sub>TLH</sub><br>t <sub>THL</sub> |                      | 50                     | 4.5                    | —         | 7    | 12   | —             | 15   | ns |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 6    | 11   | —             | 14   |    |
| 伝搬遅延時間<br>(TC74HCT540A) | t <sub>pLH</sub><br>t <sub>pHL</sub> |                      | 50                     | 4.5                    | —         | 12   | 20   | —             | 25   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 9    | 18   | —             | 23   |    |
|                         |                                      |                      | 150                    | 4.5                    | —         | 17   | 26   | —             | 33   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 14   | 24   | —             | 30   |    |
| 伝搬遅延時間<br>(TC74HCT541A) | t <sub>pLH</sub><br>t <sub>pHL</sub> |                      | 50                     | 4.5                    | —         | 14   | 23   | —             | 29   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 11   | 21   | —             | 27   |    |
|                         |                                      |                      | 150                    | 4.5                    | —         | 19   | 29   | —             | 36   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 16   | 27   | —             | 33   |    |
| 出力イネーブル時間               | t <sub>pZL</sub><br>t <sub>pZH</sub> | R <sub>L</sub> = 1kΩ | 50                     | 4.5                    | —         | 18   | 30   | —             | 38   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 16   | 27   | —             | 35   |    |
|                         |                                      |                      | 150                    | 4.5                    | —         | 23   | 36   | —             | 45   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 21   | 33   | —             | 41   |    |
| 出力ディセーブル時間              | t <sub>pLZ</sub><br>t <sub>pHZ</sub> | R <sub>L</sub> = 1kΩ | 50                     | 4.5                    | —         | 18   | 30   | —             | 38   |    |
|                         |                                      |                      |                        | 5.5                    | —         | 16   | 27   | —             | 35   |    |
| 入 力 容 量                 | C <sub>IN</sub>                      |                      |                        |                        | —         | 5    | 10   | —             | 10   | pF |
| 出 力 容 量                 | C <sub>OUT</sub>                     |                      |                        |                        | —         | 10   | —    | —             | —    |    |
| 等価内部容量<br>(注 1)         | C <sub>PD</sub>                      | TC74HCT540A          |                        |                        | —         | 35   | —    | —             | —    |    |
|                         |                                      | TC74HCT541A          |                        |                        | —         | 31   | —    | —             | —    |    |

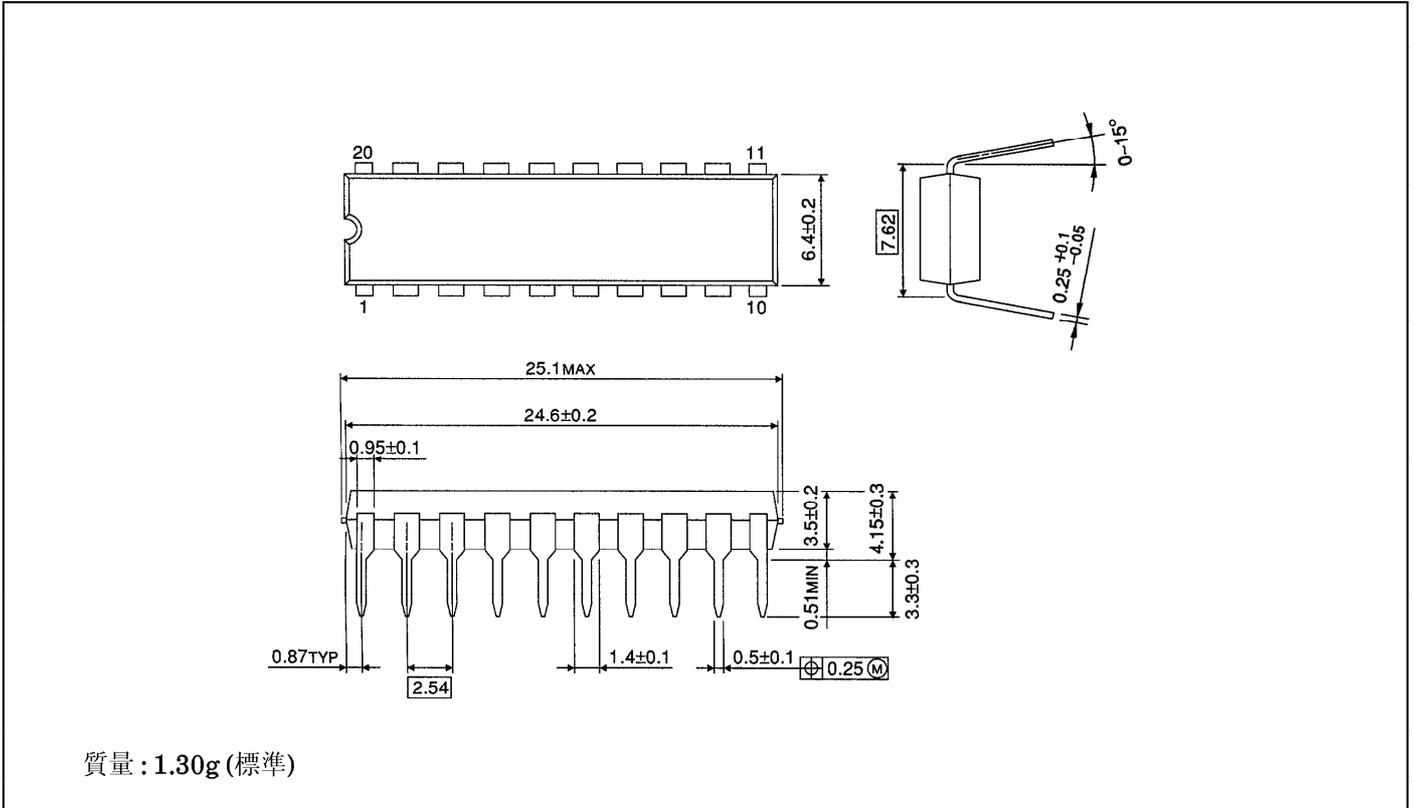
注 1: C<sub>PD</sub> は、無負荷時の動作消費電流より計算した IC 内部の等価容量です。

無負荷時の平均動作消費電流は、次式により求められます。

$$I_{CC}(\text{opr}) = C_{PD} \cdot V_{CC} \cdot f_{IN} + I_{CC} / 8 (\text{ビット当たり})$$

外形図P (DIP20-P-300-2.54A)

単位: mm



外形図F (SOP20-P-300-1.27)

単位: mm

