

# 「CPUの創りかた」のTD4CPU基板 組み立てマニュアル

## 1. 前振り

TD4基板がとうとう完成しました。

・・・といっても、いくつか間違いがあるため、本当の完成には至っていません。

しかしながら、現状でもいくつかの点に注意して製作すれば、ちゃんと動作するものとなっていますので、ご安心ください。

今回の間違い(影響箇所は6箇所)

1. シルクを間違えた( × 1 MHz <←> 10 MHz ○ 1 Hz <←> 10 Hz )  
(SW1 付近のシルク)
2. 14ピン SOP の部品配置禁止領域を間違えて登録していたため、  
パソコンの置く場所がとても小さくなってしまった。(向きを変えて無理やり実装)  
(C1・C2・C3・C14)
3. 20ピン SOP のサイズを間違えた。しかも無理やり実装すると、パターンに  
影響が出る(本来ショートすべきでないところがショートする)ため、実装の際には一工夫必要。  
(ショートしないようにマスキングしたのち、実装)  
(IC12)

※試作1回につき、4万円程度の費用(+部品代)がかかるため、上記の件については修正の予定はありません。もし、どうしても修正してほしい、という方がおられましたら、相応の費用がかかることをご承知ください。  
ただし、作成希望者が増えれば、当然費用も安くなるはず・・・ですよ。

## 2. まずは部品の確認

組み立てる前にまず、袋をあけて部品の確認をしてください。  
 私が人力でせっせと詰め込んでいるので、間違いがないとは断言できません。  
 なお、ここでは最小限必要な数を上げておきますので、  
 それ「以上」あることをご確認ください。(小さい部品が多いので、ちょっと多めにに入れてあります)

REF 番号	部品種類	定数など	個数	備考
IC1	14pinSOP IC	74HC10	1	
IC2	14pinSOP IC	74HC32	1	
IC3	14pinSOP IC	74HC74	1	
IC4	16pinSOP IC	74HC283	1	
IC5・IC6	16pinSOP IC	74HC153	2	
IC7～IC10	16pinSOP IC	74HC161	4	
IC11	14pinSOP IC	74HC14	1	
IC12	20pinSOP IC	74HC540	1	
IC13・IC14	16pinSOP IC	74HC155	2	
IC15	3端子レギュレータ	29M05	1	3端子レギュレータの表面実装品
CC1	チップ電解コンデンサ	100uF 16V	1	黒帯側がマイナス
CC2	チップ電解コンデンサ	10uF	1	10 EHP・無極性電解コンデンサ
C1～C15	チップセラミックコンデンサ	0.1uF 50V 2012	15	茶色
C17・C18	チップセラミックコンデンサ	10uF 50V 3216	2	茶色・上より一回り大きい
SW1・SW2	トグルスイッチ	表面実装タイプ	2	
SW3・SW4	タクトスイッチ	表面実装タイプ	2	
VR1	可変抵抗	1K $\Omega$	1	上部に 102
VR2	可変抵抗	10K $\Omega$	1	上部に 103
RA1	集合抵抗	10K $\Omega$ × 8	1	赤色・9ピン
R1・R9	チップ抵抗	1k $\Omega$ ・2012	2	黒地に白字で 102
R2	チップ抵抗	10k $\Omega$ ・2012	1	黒地に白字で 103
R3・R7・R10・R11	チップ抵抗	100k $\Omega$ ・2012	4	黒地に白字で 104
R4・R8	チップ抵抗	100 $\Omega$ ・2012	2	黒地に白字で 101
R5	チップ抵抗	2.2k $\Omega$ ・2012	1	黒地に白字で 222
R6	チップ抵抗	22k $\Omega$ ・2012	1	黒地に白字で 223
AJ1	ACアダプタ用端子	基板取り付け型	1	
RN1～RN16	集合ダイオード	D9-1C	16	CPUの創りかたで紹介
DS1～DS16	表面実装 DIP スイッチ	8 接点	16	ピン間 1.27mm
CN1	26ピンオス	26ピン	1	秋月ピンヘッダ
CN2	26ピンメス	26ピン	1	秋月ピンヘッダメス
CN3	10ピンメス	10ピン	1	秋月ピンヘッダメス

## 部品の確認補足

### x pinSOP IC



↑ みたいなやつのことです。DIPタイプと違って、基板表面に実装します。

ICの足は、横向きに寝そべったようについていて、足と足との間は、1.27 mmです。

(DIPは2.54 mm) 凹みがあるところを上にして、左側の列の1番上が1ピンです。

(DIPと同じ) 基板の1番ピン位置も同等の形状にしてあります。

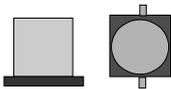
### 表面実装タイプ 3端子レギュレータ



3端子レギュレータの表面実装品です。赤の位置を半田付けします。

上の面積の広いところがGNDになります。

### チップ電解コンデンサ



銀色で筒状のものです。樹脂の台座の下から出ている足を半田付けします。

黒帯が端子のいずれか側に入っているものには、

極性があります。(逆につけると爆発します。)黒帯側がマイナスです。

ついていないものには極性はありません。

### その他チップ部品(チップ抵抗・チップコンデンサ)



左がチップ抵抗、右がチップコンデンサです。チップ部品のサイズは、2012とか3216という

数字であらわします。2012だと、長いほうの辺が2.0mm、短いほうの辺が1.2mmという

意味になります。(3216だと、3.2mm × 1.6mm)いずれも極性はありません。

## 集合ダイオード&集合抵抗



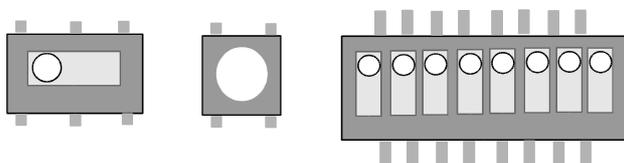
樹脂から複数の足が出ているものです。  
白い線や白い丸のところはコモン端子です。  
基板上に×が書かれているところがコモン端子の位置になります。

## 可変抵抗



3点接点の可変抵抗です。2本ある側のどちらかと、1本ある側の間に、  
可変抵抗があります。上部に書かれた数字は、何Ωかをあらわしています。  
(102 →10 00(ゼロが2個) →1 K)

## スイッチ類



左から、トグルスイッチ・タクトスイッチ・DIP スイッチです。  
基板のパターンに載るようにさえ置けば、180度逆でも動作します。  
ただし、DIP スイッチだけは、置き方を間違えると扱いにくくなるので注意が必要です。  
(置き方は好みで決めてください。お勧めは、基板の長辺側に「ON」がくる置き方です)

## コネクタ類

ACアダプタの口・・・部品面(DIP スイッチなどが見える側)に取り付けます。  
26ピン・10ピンコネクタ(メス)・・・部品面に取り付けます。  
26ピンコネクタ(オス)・・・TD4 CPU BOARD と書かれている側に取り付けます。

### 3. 組み立て順

どのように組み立てていただいても結構ですが、  
ここではお勧めの組み立て順序を、書いておきます。

#### (0) 表面実装部品取り付けの練習

※0番は飛ばしても良い

表面実装部品を取り付けたことがない方のための練習用。

(練習とはいえ、予備部品はないので慎重に)

DS1 を1個だけつけてみる。(つけ方は後述「5. 半田付けの方法」を参照)

#### (1) CPU ボードの作成

「TD4 CPU BOARD」と書かれた CPU ボードから先に完成させる。

半田付けは、IC → C → CN の順でやると一番楽。

※基板製作時にミスしているため、後述「4. 補修部分について」を読みながら作業のこと

#### (2) マザーボード(電源部)の作成

CPU ボードの動作チェックをかねて、

マザーボードの電源部分を作成する。

AJ1・CN2・CC1・IC15・C15

以上の部品を半田付けすると、CPU ボードに電源を供給できるようになる。

CN2 に CPU ボードを接続し、AC アダプタ(初回特典では付属・別売り)を接続。

CPU ボード IC の樹脂部分を触って、熱くならなければ問題なし。

(念のため、通電チェックをしてから行うこと！最悪部品が壊れます！)

#### (3) ROM 部分の作成

ROM 部分を作る。非常に面倒だが、DIP スイッチの足が大変もろいため、  
慎重に行うこと。2回くらいに分けてやると良いかもしれない。

DS 1～DS16 まで接続したら、回路図を見ながら通電チェックをする。

RN 1～RN 16はまだ半田付けしない。(作業性が悪くなるので。)

#### (4) マザーボード部仕上げ

マザーボードの残り部分を作る。

お勧めは、IC→C→R→CC→SW→VR→RA→RN の順。

#### (5) テスト回路製作

後述「6. テスト回路の製作」を見ながらテスト回路を製作。これを使って  
テストする。

#### 4. 補修部分について

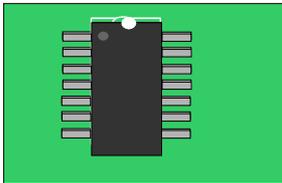
今回の基板はいくつかミスをしているため、人間の手でこのミスをカバーしないと  
いけません。カバーすべき箇所は5箇所です。カバー方法は2種類です。

カバー部位(1)・14 pin SOP のパスコンデンサ

14 pin SOP のパターンが、正確なものでなかった(欧州スタイルのものだった)ため、  
IC 1・IC 2・IC 3・IC 11 の上部に取り付けるパスコンのスペースが非常に狭くなっています。  
(具体的には、C1・C2・C3・C14 がそれに相当)

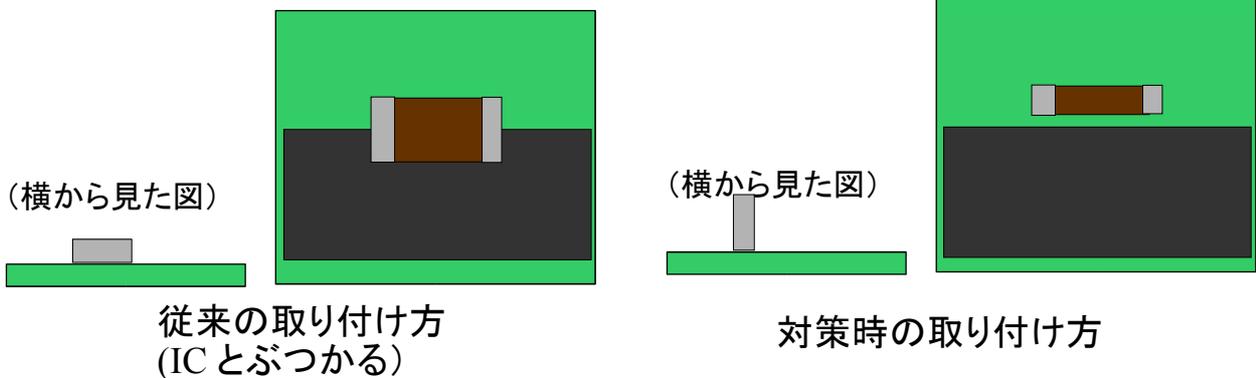
対策・ 1. IC をやや下よりにつけ、パスコン位置を確保(0.2mm 程度)

(効果が薄いため、周りとのショートが懸念される場合は、行わないほうが良い)

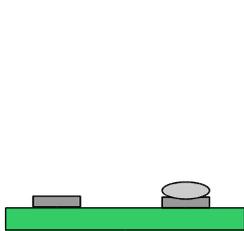


心持下より。  
周りのパターンと  
ショートしないよう注意。  
無理な場合は普通につける  
(あまり効果がないので)

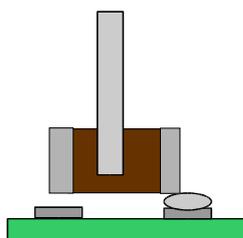
2. パスコンを従来とは違う向き(たて向き)につける。



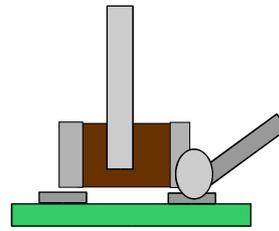
取り付け方は、以下のとおり。(先に IC をつけてからやると、やりやすい。)  
先がとても細いピンセットが必須。ない場合は困難かも。



① 片方のパッドに  
半田を盛る。



② ピンセットでパスコンを  
つかみ、取り付け位置へ。

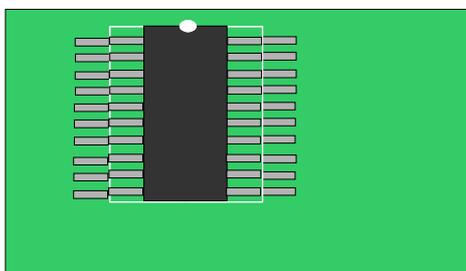


③ 片方の電極を半田付けする。  
固定され、周りショートしていない  
ことを確認後、もう片方をつける。

## カバー部位(2)・20 pin SOP 74 HC 540

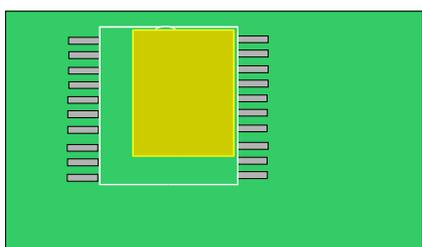
20 pin SOP のパターンが、正確なものでなかった(欧州スタイルのものだった)ため、そのままではパターンに載りません。

(IC 12がそれに相当します。)



そのため、無理やりつけようと置くと、このようになります。

ところが、この置き方だと、一部パターンとショートしてしまうため、以下の対策を行う必要があります。

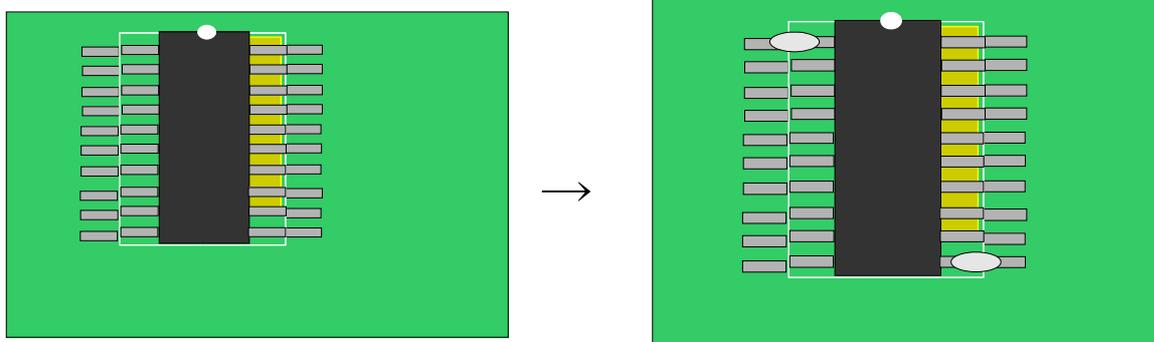


①絶縁性のテープを、パターン右上あたりに貼る。

(貼る位置に注意。右側列の IC 接続パターンぎりぎりに貼ります。一部基板は対策済み)

半田付けするので、できるだけ熱に強いシールを張ること。

初期版 DIP スイッチは、スイッチの上に黄色で半透明の紙が貼ってありますが、それを貼り付けるのが最適でしょう。



② IC を置く。(ちゃんと位置合わせしましょう。ちゃんと合っていれば、

失敗する確率を大幅に下げることができます。)

位置あわせが成功したら、対角線を半田付けして、IC を固定します。

あとはふつうにはんだづけすれば OK です。ちょっと多めに半田を盛りましょう。

## 5. 半田付けの方法

今回は表面実装部品が多いため、半田付けが難しいです。  
そこで、うまく半田付けするための方法をここに書いておきます。  
ただし、表面実装部品にのみ書きます。

### (1) 道具を準備する

以下の道具が全部あると、とても簡単に半田付けできます。

私は一部道具なしでやりましたが、(そのせいか3箇所ほど半田不良があった)  
なれない方は、絶対そろえましょう。

- 先の細い半田ごて(22 W~30 W)こて先 0.8mm 前後・細いほど良い
- フラックス(はけがついていて、簡単にぬれるタイプ)
- 半田吸い取り器(吸い取り口周辺が小さいもの)
- パワーのあるこて(100W 以上)やや細いこて先 (半田吸い取り専用のこて)
- 半田吸い取り線(パワーのあるこてを使うなら、太め、そうでないなら細めのものを。)
- 細めの半田(0.8 mmくらいのものでできれば共晶はんだ)
- こてさきを整えるための専用スポンジと台
- 先がとても細いピンセット(700 円くらいの良いもの)
- フラックス除去剤(消毒用アルコールで十分・専用品は高いので)
- 両面テープ(小さいもの)
- 瞬間接着剤

## (2) まずは IC からつける

SOP タイプの IC (74 HC シリーズ) から先につけると良いでしょう。

(詳しい製作順は前述「3. 組み立て順」を参照のこと)

### ① まずは方向を確認します。

2の「部品の確認補足」を参考に、取り付け方法を確認してください。

表面実装部品は「一度つけてしまうとまず修復は不可能」

な部品です。設備さえあればそんなことはないのですが、初心者向きではありませんので、「ちゃんと確認する」ことによってこれを防いでください。

### ② 部品を位置あわせし、仮固定します。

ICの裏に両面テープを張る、などすると位置あわせした後の仮固定がやりやすいです。

表面実装部品の半田付けは「位置あわせが全て」です。

これに成功すれば、8割方終わったようなものです。

### ③ 半田付けして本固定します。

ICだと、対角線上の足を半田付けし、固定します。まだこの段階だったら、

後戻りできます。1つつけた段階で、全体を確認しましょう。

位置が狂っていたら、今つけた足はずし、再度①に戻しましょう。

(半田吸い取り線を使うとやりやすいです。)

### ④ フラックスを塗る

もし、フラックスがあるなら、この段階で全部の足に塗ってください。

半田ブリッジがおきる確率を、大幅に下げることができます。

また、半田不良の確率もかなり下がります。

### ⑤ 半田付け

全ての足を半田付けします。もし半田がブリッジしたとしても、気にせずつけてください。

ブリッジは、

・半田吸い取り線で吸い取る。

・ブリッジした部分にこて先をあてて溶かしつつ、半田吸い取り器で吸い取る。

・ブリッジが浅いなら、フラックスをブリッジの上に塗り、こてを当ててみる。

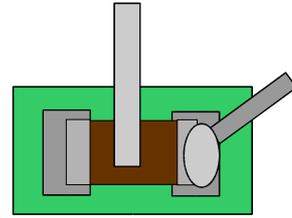
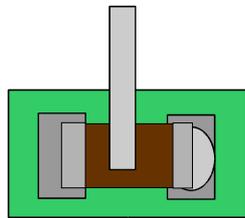
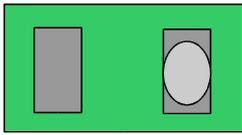
以上のいずれかの方法で対処することができます。

### (3) チップ抵抗・チップコンデンサ(セラミック&アルミ電解)をつける

つけ方は2種類あります。

私としては、前者をお勧めします。

#### 方法・1

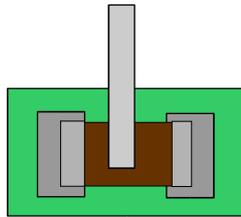
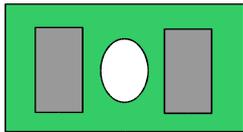


① 片方のパッドに半田を盛る。

② ピンセットで部品をつかみ、取り付け位置へ。

③ 片方の電極を半田付けする。固定され、周りショートしていないことを確認後、もう片方をつける。

#### 方法・2



① 目標位置に瞬間接着剤を極微量たらす

② ピンセットで部品をつかみ、素早く取り付け位置へ。

③ 後は普通に半田付けする。瞬間接着剤でなく、両面テープでも可能。

(4) スイッチ類(タクト **SW**・トグル **SW**・**DIPSW**)をつける

**Ic** の取り付け方と同じです。そちらを参考にしてください。

(5) 3端子レギュレータのつけ方

チップ抵抗と同じように、2点の足を止めた後、上の放熱器取り付け部分(**GND**)

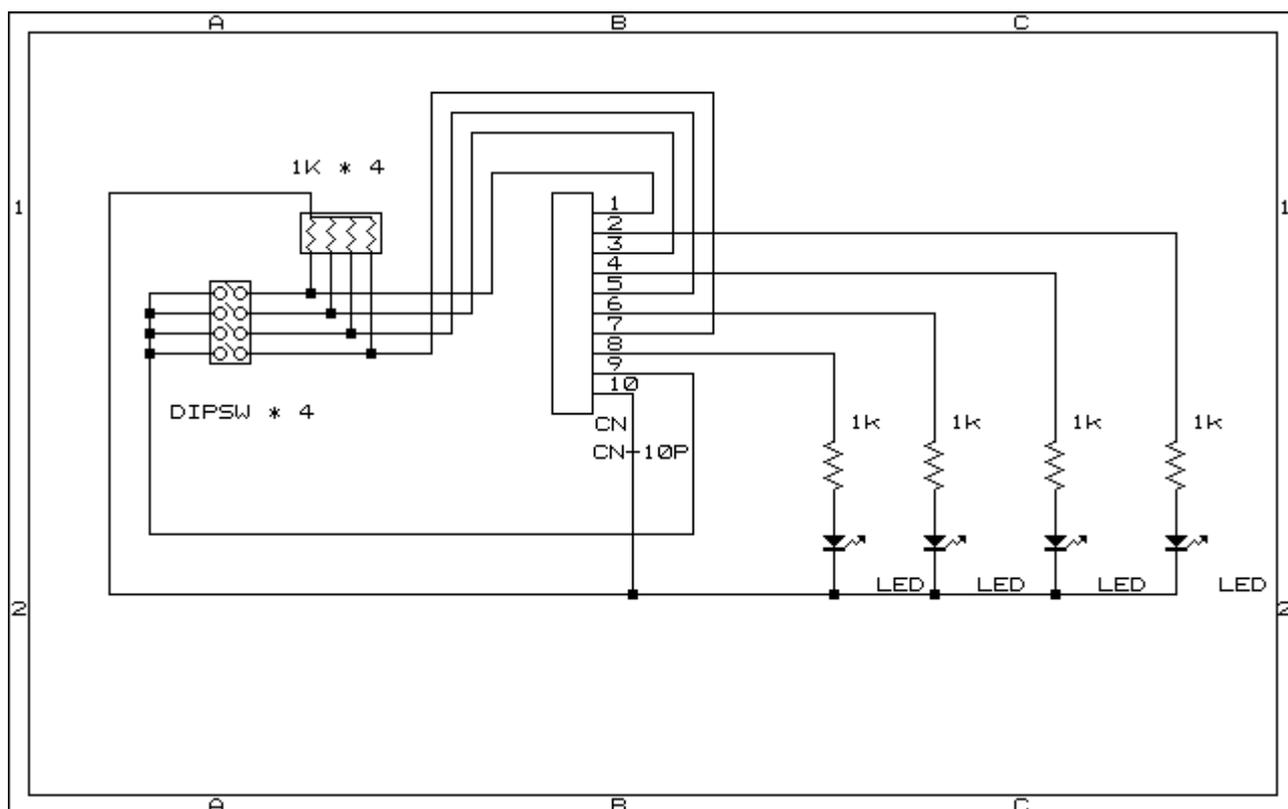
を半田付けします。放熱器取り付け部分の **GND** があるため、チップ部品

取り付けの「後者の方法」が使いません。

つけるときは気をつけてください。

## 6. テスト回路の作成

マザーボードの 10pin コネクタからは、出力ポート4つ、入力ポート4つと、VCC・GND が出ています。これを利用して、外部の周辺機器を動かすことができます。ここでは「CPU の創りかた」にあるとおりの、DIP スイッチと LED をつなげて、テスト回路を作成してみます。回路図は以下のとおりです。



コネクタのピン配置は以下のようになっています。

- |           |           |
|-----------|-----------|
| 1:入力ポート 1 | 2:出力ポート 1 |
| 3:入力ポート 2 | 2:出力ポート 2 |
| 5:入力ポート 3 | 2:出力ポート 3 |
| 7:入力ポート 4 | 2:出力ポート 4 |
| 9:VCC     | 10:GND    |

## 7. テストプログラムの実行

TD4の全ての命令がちゃんと動くかどうかをテストするため、テストプログラムを実行します。

out im 命令テスト (LED が 16 進順に点灯)

```
out 0 10110000
out 1 10110001
out 2 10110010
out 3 10110011
out 4 10110100
out 5 10110101
out 6 10110110
out 7 10110111
out 8 10111000
out 9 10111001
out A 10111010
out B 10111011
out C 10111100
out D 10111101
out E 10111110
out F 10111111
```

mov A,im•add A,im•mov B,A•mov B,im•add B,im•mov A,B•out Breg•jmp im 命令テスト

```
mov A,0 00110000 ;Aレジスタを0クリア
add A,F 00001111 ;Aレジスタを0x Fに
mov B,0 01110000 ;Bレジスタを0クリア
mov B,A 01000000 ;BレジスタにAレジスタ内容を転送
out Breg 10010000 ;Bレジスタの内容をLEDに出力(0x Fなので全部光るはず)
out 0 10110000 ;LEDを消灯
mov B,0 01110000 ;Bレジスタを0クリア
mov A,0 00110000 ;Aレジスタを0クリア
add B,4 01010100 ;Bレジスタに4加算
mov A,B 00010000 ;AレジスタにBレジスタ内容を転送
add A,4 00000100 ;Aレジスタに4加算
mov B,A 01000000 ;BレジスタにAレジスタ内容を転送
out Breg 10010000 ;Bレジスタの内容をLEDに出力(0x8なので1つだけ光るはず)
out 0 10110000 ;LEDを消灯
jmp 0 11110000 ;0番地に戻る
out 6 10110110 ;LED2つ点灯(本来実行されない。この命令が実行されたらjmp命令がおかしい)
```

in A · in B · jnc im 命令テスト(実行する前に全部の入力ポートを OFF にしておいてください。)

```
mov A,0 00110000 ;Aレジスタを0クリア
in  A   00100000 ;入力ポート状態を A レジスタに入力
add A,F 00001111 ;A レジスタに0x Fを加算
jnc 0   11100000 ;キャリーフラグが1でないなら 0 番地へ(入力ポートが全部 OFF)
out F   10111111 ;LEDを全部点灯(入力ポートが1つでも ON ならこれがおきる。)
out 0   10110000 ;LEDを消灯
mov B,0 01110000 ;Bレジスタを0クリア
in  B   01100000 ;入力ポート状態を B レジスタに入力
add B,F 01010001 ;B レジスタに0x1を加算
jnc 6   11100000 ;キャリーフラグが1でないなら 0 番地へ(入力ポートが全部 ON されていない)
out F   10111111 ;LEDを全部点灯(入力ポートが1つでも ON ならこれがおきる。)
out 0   10110000 ;LEDを消灯
jmp A   11110000 ;0番地に戻る (LED がついたり消えたりが繰り返されるはず。)
out 6   10110110 ;LED2 つ点灯(本来実行されない。この命令が実行されたらjmp命令がおかしい)
```

## 8. 最後に

テストプログラムが全て動けば、TD4 は完成です。  
お疲れ様でした。

なお、この TD4 基板は、I/O 部分が別コネクタとして取り出せますので、  
その先に

- ・モータをつけてみる(モータドライブ回路必要)
- ・ブザーをつけてみる(ブザードライブ回路必要)
- ・各種防犯センサをつけてみる

など様々な応用が利きます。  
取り合えず、センサ+モータ+電池で、ライントレースも可能なはずです。

皆さん、ぜひいろいろ挑戦してみてください。