

非接触 主軸回転数 表示器の制作

作成日 : 2012-01-02
追加 : 2013-09-15

作成者 : H - Take

目 次

[1] 概要 :	3
[2] ミニフライス盤の取り付け箇所 :	3
[3] 光センサの選択 :	3
[4] LBR-127HLD 添付資料の一部分 :	4
[5] LBR-127HLDセンサ回路の抵抗値 :	5
[6] LBR-127HLDセンサ評価回路と評価実験器具の作成 :	7
[7] センサ出力の波形整形 :	8
[8] 使用PICマイコン（PIC18F2320）ピンアサイン :	9
[9] 回路図 :	10
[10] 表示用 7segmentLED :	11
[11] 使用する基板 :	11
[12] 表示器基板回路図 :	12
[13] 回路図（変更後） :	13
[14] 配線が終了した基板 :	14
[15] M L 3に 実装 :	15
[16] 実機でのセンサパルス検証 :	16

[1] 概要 :

ミニフライス盤に主軸回転計を付けたい。（最初から付いている機種もあります。）という事で今回の制作が始まりました。

非接触センサは、磁気または、光を用いるものがあります。今回は光センサを用いる事にしました。表示は、4桁の7segmentLEDを用います。

[2] ミニフライス盤の取り付け箇所 :

私のところのミニフライス盤は、秘密基地さんの モスマッチML 3 という機種です。主軸の引きネジ部分にセンサと表示ユニットを取り付けようとしています。

左の画像がML 3 主軸上部です。右の画像がヘッドカバーを取り外したところです。



右画像の主軸露出部分に白黒ストライプの紙を巻き付け、反射型の光センサで回転数を読み取る予定です。

ヘッドカバー最前面に、7segmentLEDの表示窓を開けて表示を行わせる予定です。

取り付け場所の空間が狭いのですが、何とか取り付け可能だと思います。

電源は、ランプ用の12V電源が近くにあるのでそこから引っ張ってこようと思います。

但し、ここにセンサを取り付けると 一つ不具合が発生します。

クイルを下げるとき、この軸も下がります。つまりクイルを下げる時は、回転数の測定が出来ないので正常な回転数表示は出来ません。

これはもう仕方ないという事で妥協します。クイルを下げるときはボール盤的な使い方をする時で、その場合は回転数はあまり気にしないと思います。

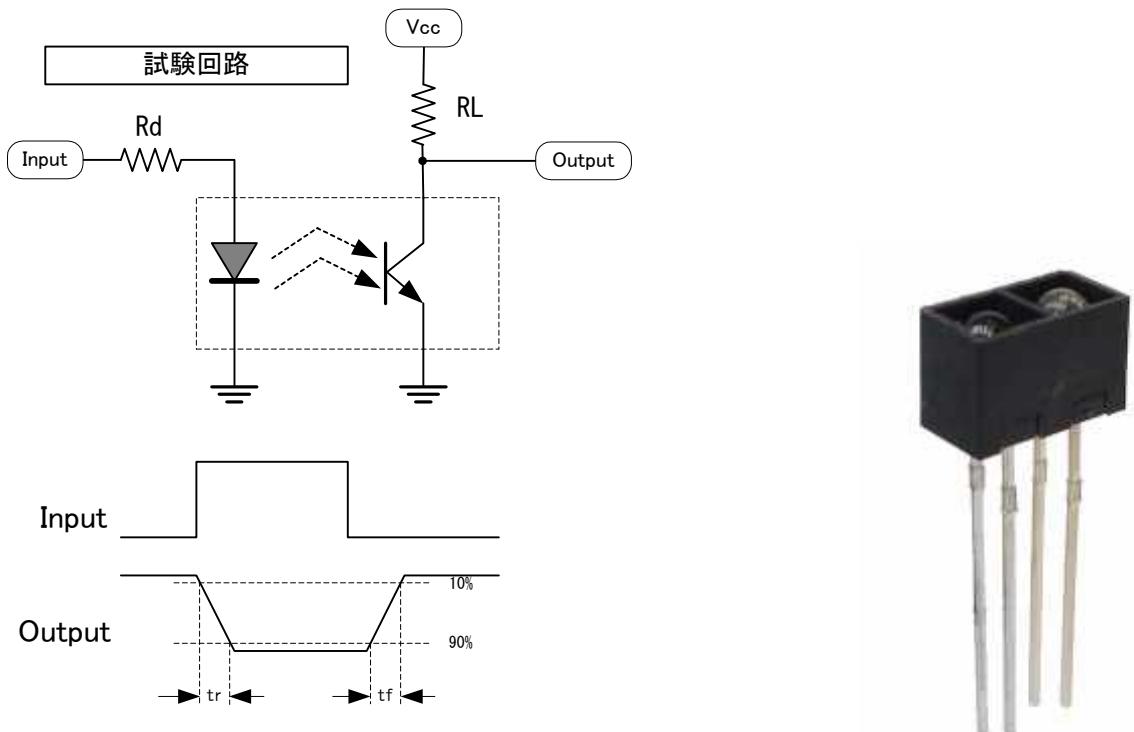
[3] 光センサの選択 :

今回は、フォトリフレクタという反射型の光センサを用います。

軸に 白黒のストライプの紙を貼り付け、縞模様を光センサで読ませようとしています。使用するフォトリフレクタですが 秋月電子で入手した LBR-127HLD を用います。

添付データシートに簡単なテスト回路図は記載されてますが、いまいち使い方の勘所が掴めません。特に白黒の縞模様を読ませる時の感度調整をどのように行うのかが分からないので、今回のフォトリフレクタ（LBR-127HLD）を用いて回転する縞模様を読ませる実験器具を作り評価を行う事にしました。

[4] LBR-127HLD 添付資料の一部分：



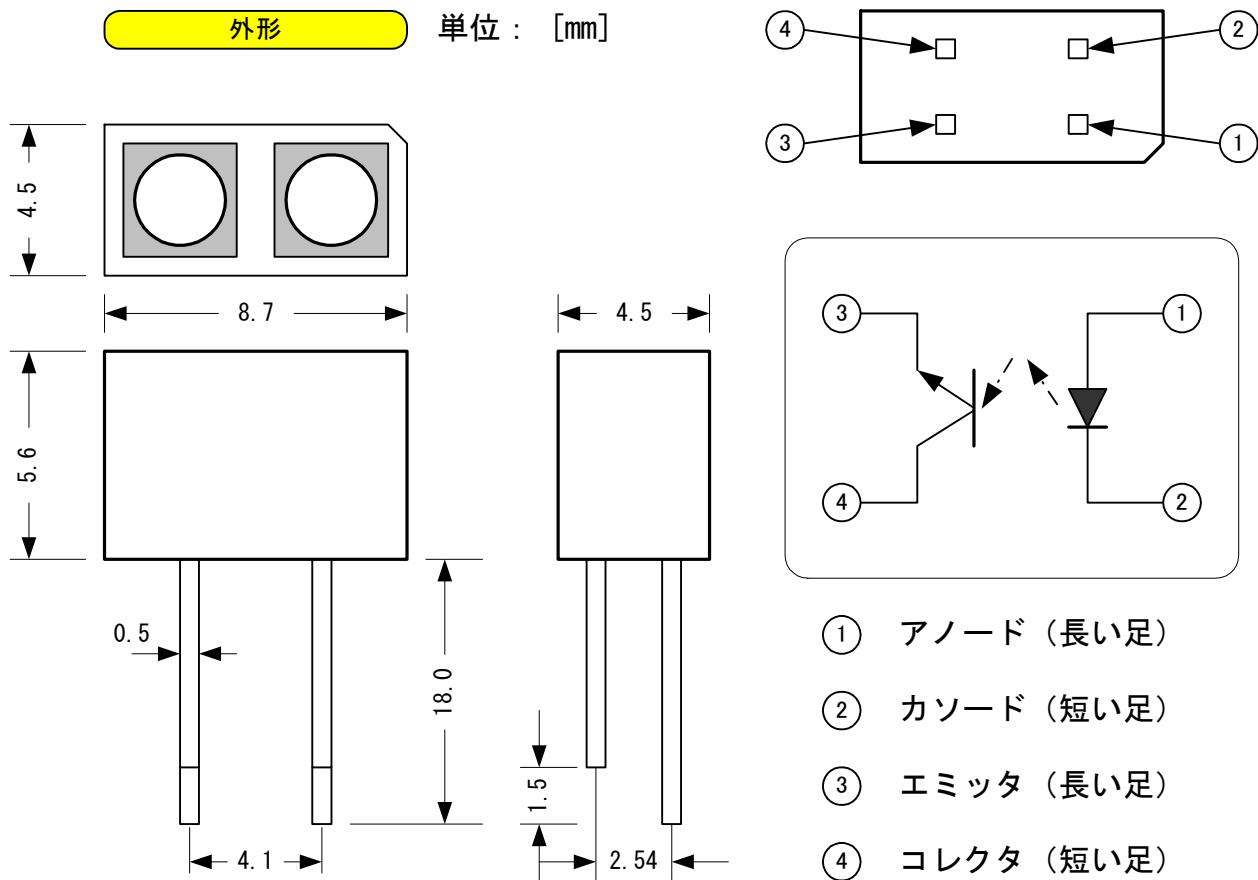
LBR-127HLD外観画像：



絶対最大定格		
項目	最大値	
LED側	順方向電流 (IF)	60mA
	逆耐圧 (VR)	5V
	瞬間順方向電流 (IFP)	1A (10us)
	消費電力 (PD)	160mW
Ptr側	コレクタ電流 (Ic)	20mA
	コレクタ：エミッタ電圧 (Vceo)	30V
	コレクタ：エミッタ逆電圧 (Veco)	5V
	コレクタ消費電力 (Pc)	100mW

電気的特性 (25°C)				
	項目	Min	Typ	Max
LED側	順方向電圧 (VF)	-	1.2V	1.5V
	逆方向電流 (IR)	-	-	10uA
	Peak wavelength (λ_p)	-	940nm	-
	View angle (2θ 1/2)	-	35deg	-
Ptr側	暗電流 (Iceo)	20mA	20mA	100nA
	C-E 飽和電圧 (Vce(sat))	-	-	0.4V
Speed	Light current (Ic(on))	0.2mA	-	-
	漏れ電流 (ILeak)	-	-	1uA
	Rise Time (tr)	-	15us	-
	Fall Time (tf)	-	15us	-

添付資料の表紙の一部分のみ記載しました。 (詳細はメーカー資料を参照して下さい。)



[5] LBR-127HLDセンサ回路の抵抗値 :

メーカーの試験回路の、LEDの電流制限抵抗(R_d)と フォトトランジスタのコレクタ抵抗(RL)については、Speedの欄にて $RL = 1K\Omega$ がありますが他は書いてありません。絶対最大定格を超えない範囲で抵抗値は、利用する状況に応じて適切に選択しろ。ということだと思います。特に光を何かに当てて反射させる関係で感度調整は必須条件になります。

まず、使用条件として電源電圧を 5Vに決めます。
 どのように調整するかというと、フォトトランジスタのコレクタ抵抗を半固定抵抗などで可変出来る様にして波形をオシロで見ながらON, OFFの波形の振幅が大きく振れるように調整する事になります。私の場合 $1K\Omega$ (固定抵抗) + $10K\Omega$ (可変抵抗) の直列接続にしました。

LED側の電流制限抵抗ですが、さしあたり 330Ω にします。

$$5V - 1.2V(V_f) = 3.8V$$

$$3.8V / 330\Omega = 0.0115 \text{ で LED電流は } 11.5mA \text{ になります。}$$

$$0.0115A * 1.2V = 0.0138 \text{ で LED消費電力は、} 13.8mW \text{ となります。}$$

LEDの最大定格より十分低い値です。

フォトトランジスタの $1K \sim 11k\Omega$ の場合は $1K\Omega$ が最も電流が流れるのでその場合

$$5V - 0.4V = 4.6V$$

$$4.6V / 1K\Omega = 0.0046 \text{ で ON 時のコレクタ電流は } 4.6mA \text{ です。}$$

$$0.0046 * 0.4 = 0.00184 \text{ で ON時の消費電力 } 1.84mW \text{ と十分低い値です。}$$

但しフォトトランジスタは OFF → ON , ON → OFF が滑らかに変化します。
 (スパッと変化して欲しいのですがアナログ的に変化するので仕方ありません。)

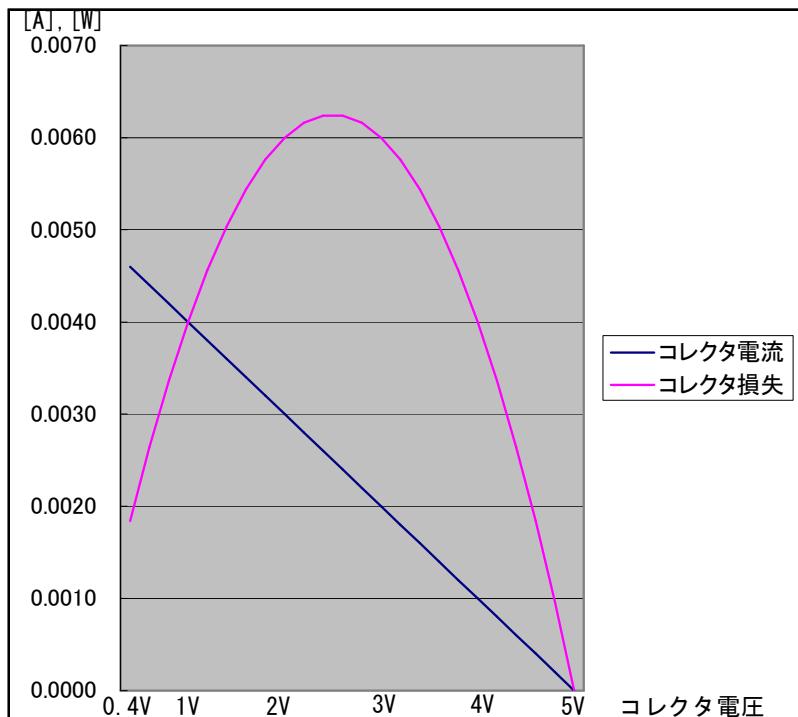
OFF → ON , ON → OFF に変化する間電力をやや消費します。
 コレクタ電圧が電源電圧の半分ぐらいの時が際も消費電力が大きくなるので

$2.5V / 1K\Omega = 0.0025$ で 2.5mAです。
 $0.0025 * 2.5V = 0.00625$ で 6.25mW です。 (下のグラフ参照)

5Vで使用する分には ON 時のフォトトランジスタの飽和電圧が 0.4Vなので
 消費電力に極端な開きは出ないようです。
 最大コレクタ損失 100mWなので 全く問題ない値です。

- ※ 但し、コレクタ抵抗の抵抗値が高いと応答速度が遅くなる傾向があります。
 用途に応じてLED側、フォトトランジスタ側の抵抗値は調整する必要があります。
 一般的に抵抗値を低くすると応答は早くなります。 (限度はあります。)
 その分電流を消費しますので、許容範囲内で余裕を持って使用して下さい。
 詳細は メーカーのデータシートを参照して下さい。

コレクタ電圧	コレクタ電流	コレクタ損失
0.4	0.0046	0.0018
0.6	0.0044	0.0026
0.8	0.0042	0.0034
1.0	0.0040	0.0040
1.2	0.0038	0.0046
1.4	0.0036	0.0050
1.6	0.0034	0.0054
1.8	0.0032	0.0058
2.0	0.0030	0.0060
2.2	0.0028	0.0062
2.4	0.0026	0.0062
2.6	0.0024	0.0062
2.8	0.0022	0.0062
3.0	0.0020	0.0060
3.2	0.0018	0.0058
3.4	0.0016	0.0054
3.6	0.0014	0.0050
3.8	0.0012	0.0046
4.0	0.0010	0.0040
4.2	0.0008	0.0034
4.4	0.0006	0.0026
4.6	0.0004	0.0018
4.8	0.0002	0.0010
5.0	0.0000	0.0000



余談 :

私自身 今まで センサに消費させる電流、電力を意識する事は殆ど無かったので
 自分自身の確認のため今回計算してみました。

低価格のフォトカプラ(H11A817C)を用いてシリアル通信を絶縁する時も使用する抵抗値
 は自分の中では決まっていて、LED側、フォトトランジスタ側共に 330Ω で PullUpして
 ました。 10年前ぐらいに検証はしてますが 10KHzの波形は結構 鈍っていましたが
 9600[bps]で問題なく通信できます。

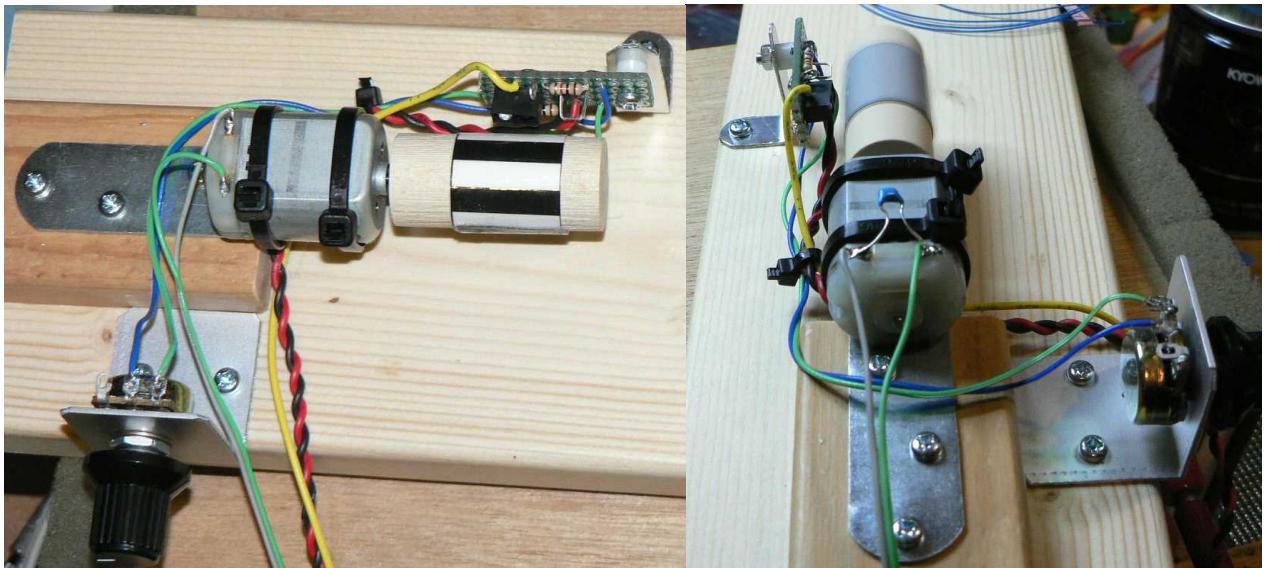
今回の用途では、軸の回転数が 3600rpmの場合 $3600 / 60 = 60\text{Hz}$ で 軸1回転に
 10発パルスが出るとして 600Hzとなります。

この速度であればセンサの応答速度はあまり考えなくてもよいのではと思ってます。

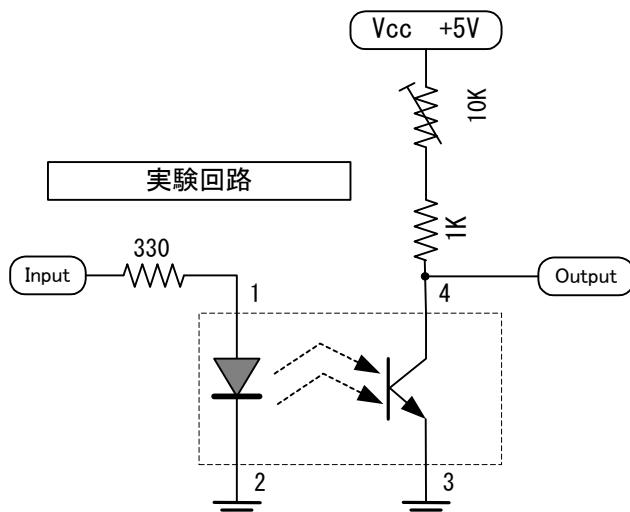
[6] LBR-127HLDセンサ評価回路と評価実験器具の作成：

模型用モーター軸に直結した円筒状の木片に白黒の縞模様の紙を貼ったものを用意してその縞模様の回転体の横にセンサ回路を置きます。（写真参照）

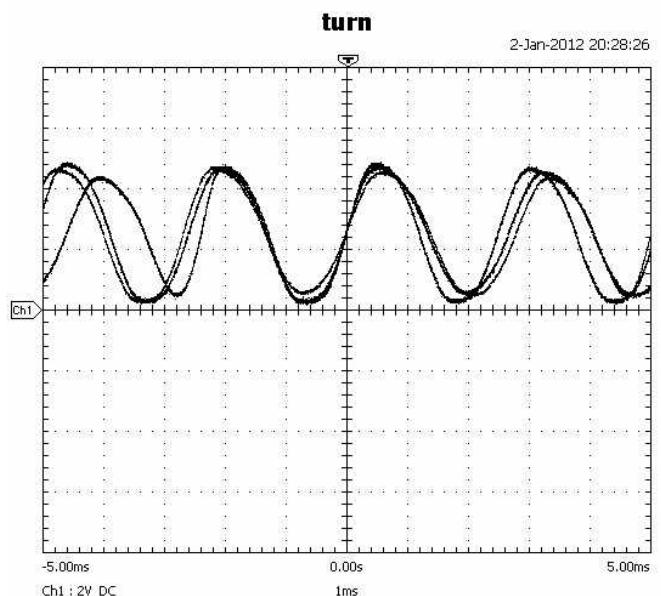
（白黒の縞模様の回転方向の幅 約 5mm、センサの発光部と受光部は、横に並ぶ状態で配置しています。）



左が実験器具の全容で板に金具を固定して金具の端にモーターを固定しています。左手前のボリュームにてコレクタ抵抗値を可変させます。右側の画像は軸が回っている状態を写した物です。わりと早い速度で回ります。（回転時、軸が多少ブレます。）



センサ素子は温度変化を受けやすい物もあるのでドライヤーで熱して様子を見ました。1分ほど熱しましたがあまり影響受けないみたいです。逆に低い温度は冷却剤を持ってなかつたのでアルコールをセンサに付けて回してみました。立ち上がり若干振幅が小さくなるのが確認されました。温度が低いとややONしくいみたくなります。



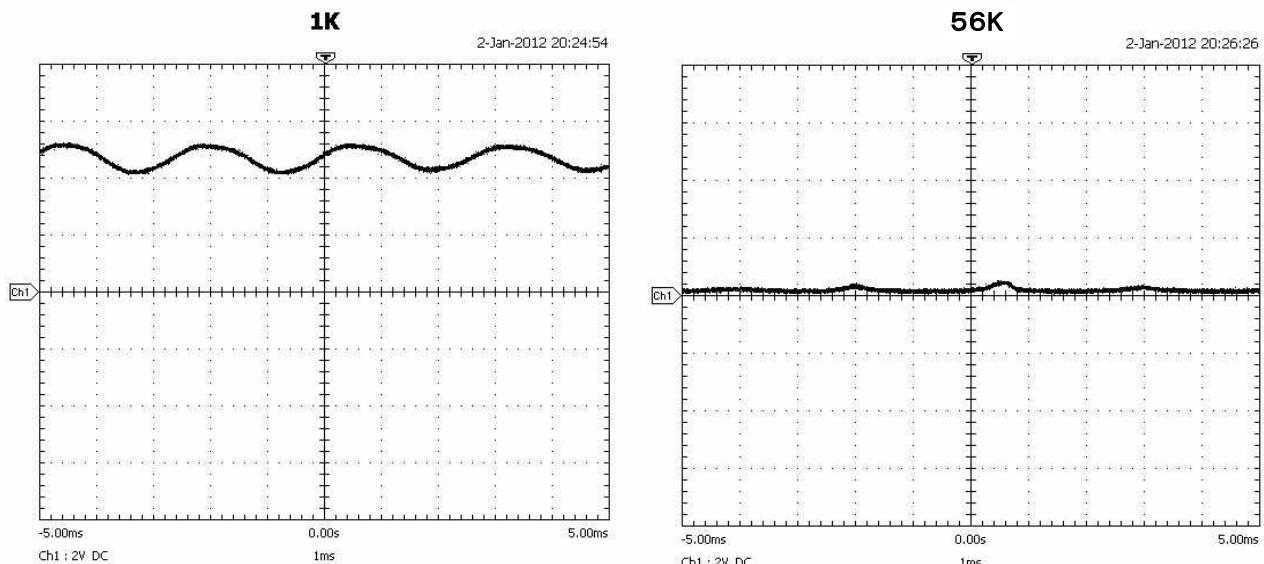
軸ブレとセンサが読み取るストライプの幅にムラがあるため波形が時間軸方向で揺らいでいます。継ぎ目の部分が盛り上がっているので振幅のムラも発生しているものと思われます。約 400Hz ぐらいの波形です。軸の回転数は 1/6 の毎秒 67 回転ぐらいです。振幅は、4.6V ぐらいです。この時のコレクタ合成抵抗は約 6KΩ です。

ちなみに調整が取れてない場合の波形をお見せします。

左は、コレクタ抵抗値が低くて($1\text{K}\Omega$)

フォトトランジスタが Lowに十分引っ張り落とせない状態です。

右は逆で、コレクタ抵抗値が高くて($56\text{K}\Omega$) ほぼ Lowに落ちっぱなしになった波形です。
特に反射型は光の漏れにより、OFFしてほしいタイミングで OFFしきれない場合があるよう
です。コレクタ抵抗の調整により振幅の大きいところを探し出して下さい。



★ 今回の実験により、回転軸に白黒のストライプ模様を巻き付け、フォトリフレクタを
使用して読み取ることは可能と判断します。

[7] センサ出力の波形整形：

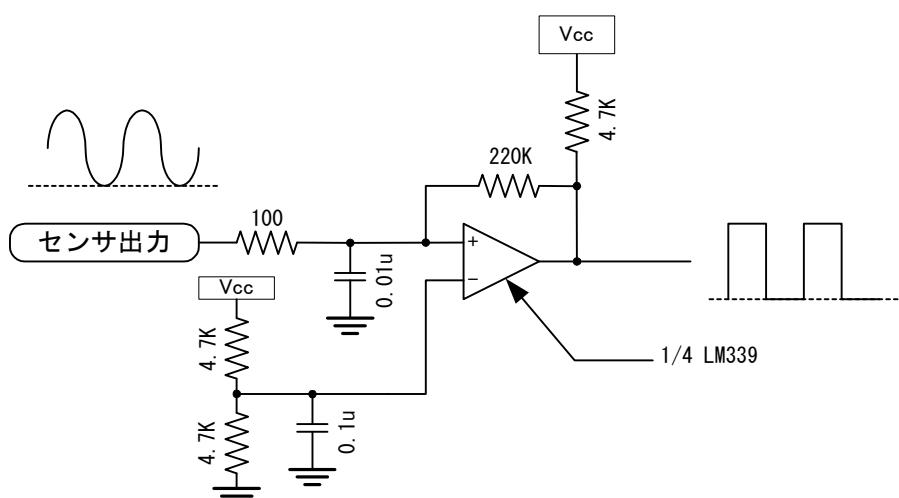
センサ出力波形はアナログ的なので波形整形を行います。

ノイズ吸収用として $0.01\mu\text{F}$ ぐらいのコンデンサを入れます。

信号源抵抗 $6\text{K}\Omega$ ぐらいなので $6000 * 0.00000001 = 0.00006$ 時定数 = $60[\text{us}]$
になります。コンパレータを用い 電源電圧の半分 2.5V を閾値とします。

ノイズ耐性を上げるため若干ヒステリシスをかけることにします。

2.5V 基準電源は、A/D変換器ではないので 抵抗で電源電圧を 2分割して供給でも
よいと思います。綺麗な方形パルスになれば、マイコンに放り込むだけです。



[8] 使用PICマイコン（PIC18F2320）ピンアサイン：

今回は、7segmentは4桁でいいのでその分ピン数は減ります。
また今回は単純に表示器として作ろうとしているので、通信ポートも使いません。
設定用に ショートピンを 1bit用意しておこうかと思います。



前回のデジタルスケールを用いたDROとの変更点：

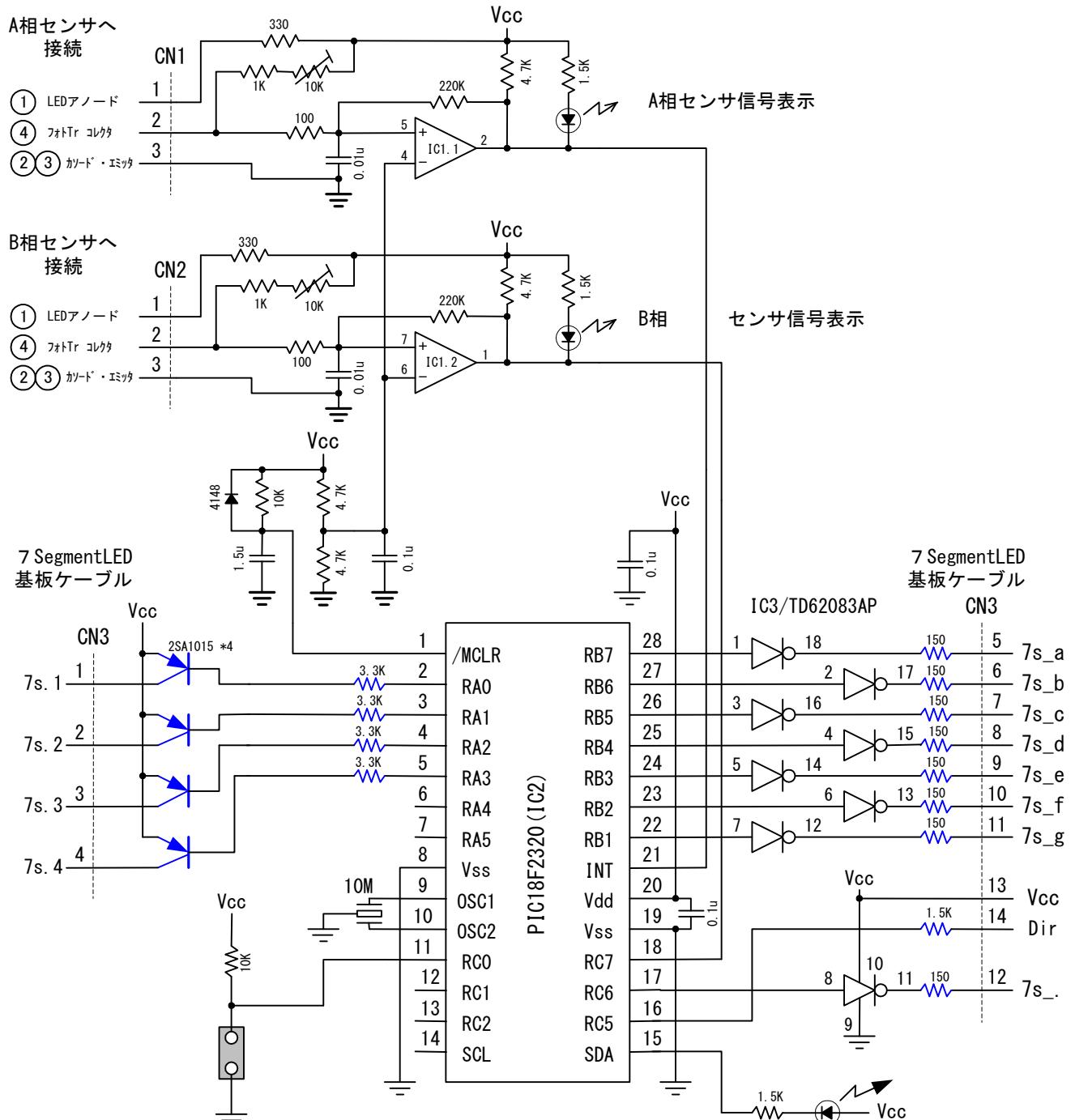
今回は、7segmentは4桁ということで、前回の8桁（1/8）に対して1/4になるので同じLED電流制限抵抗値だと点灯している時間が倍になるので倍の明るさになります。よって抵抗値を、ほぼ倍にしています。

今回は、元々内蔵されている12Vの電源を使おうとしているので三端子レギュレータを実装する事にしました。その他今回使用しないものは取り外しています。

それと今回欲張って、回転方向も検出出来る様に2相でセンサ信号を取り出せる様にしました。

2つのセンサの位相差は、90度というかパルス周期の1/4程度の時間差にします。

[9] 回路図 :

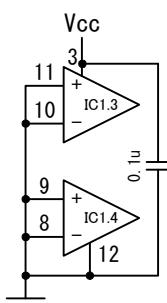


★ 青で描いている部品は基板サイズの問題で表示器基板に移した部品です。
「表示器基板回路図」参照のこと。

Dir信号は、LED駆動信号で回転方向が逆の時点灯させようと思います。

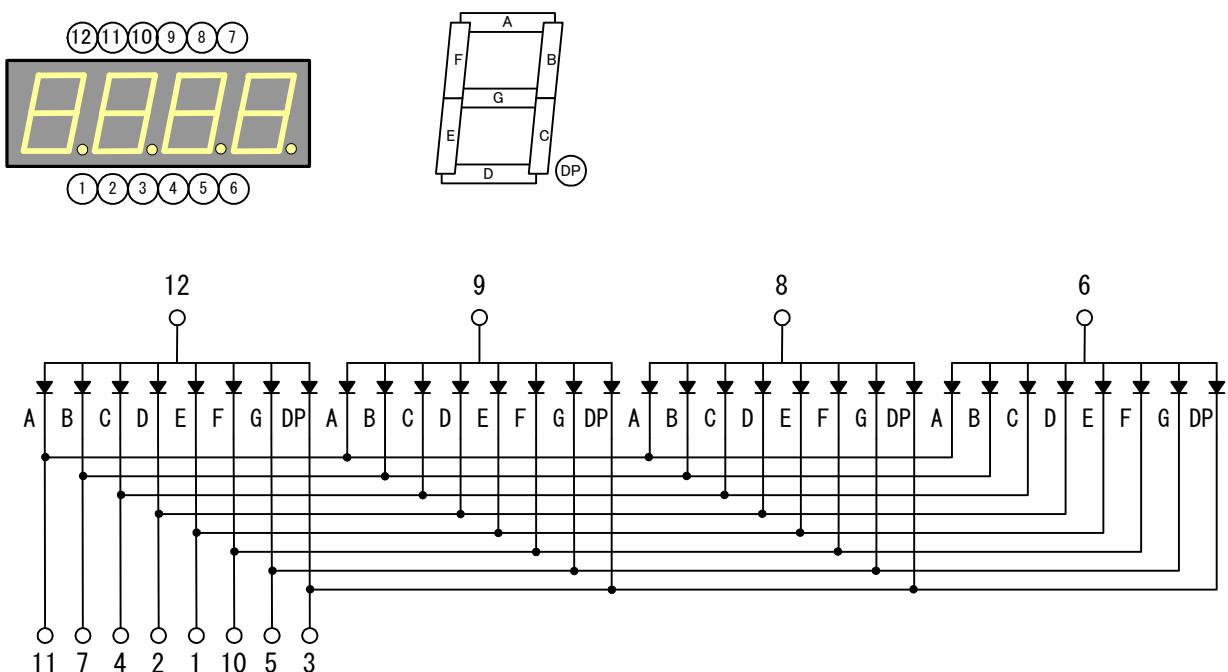
IC1 : LM339
IC2 : PIC18F2320
IC3 : TD62083AP
IC4 : 7805

CN1 : モレックス 5051(3P)
CN2 : モレックス 5051(3P)
CN3 : フラットケーブルコネクタ (16P)
CN4 : モレックス 5051(2P)



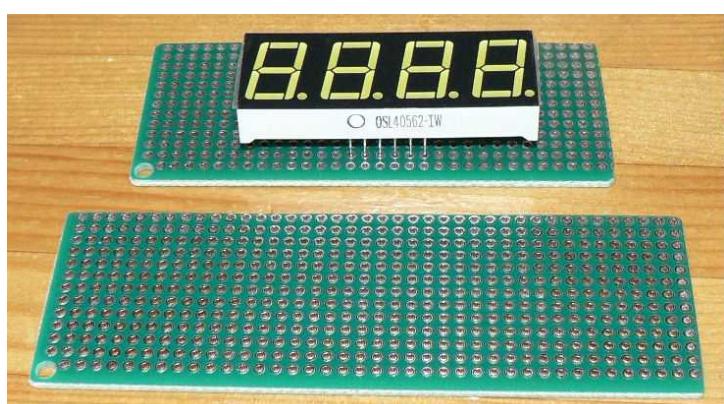
[10] 表示用 7segmentLED :

今回は、7segmentは4桁なのでちょうどいい4桁一体型の7segmentLEDがあります。
(型式 : OSL40562-IW / 秋月電子にて購入)
pin数 12本 7segment間の配線をしなくていい分配線の手間が省けます。



[11] 使用する基板 :

今回は、一組だけなのでユニバーサルボードにて作ります。
以前、秋月電子から購入した細長い形状の基板を使います。
ML3のヘッドカバー内に格納する関係で基板幅を少し短くしました。
ヘッドカバー前面部分の内部高さが約40mmで、基板幅も40mmで接触しそうなので
3mmほど基板幅を短くしました。
長い方がマイコンを乗せる基板で、短い方が7segmentLEDを乗せる基板です。



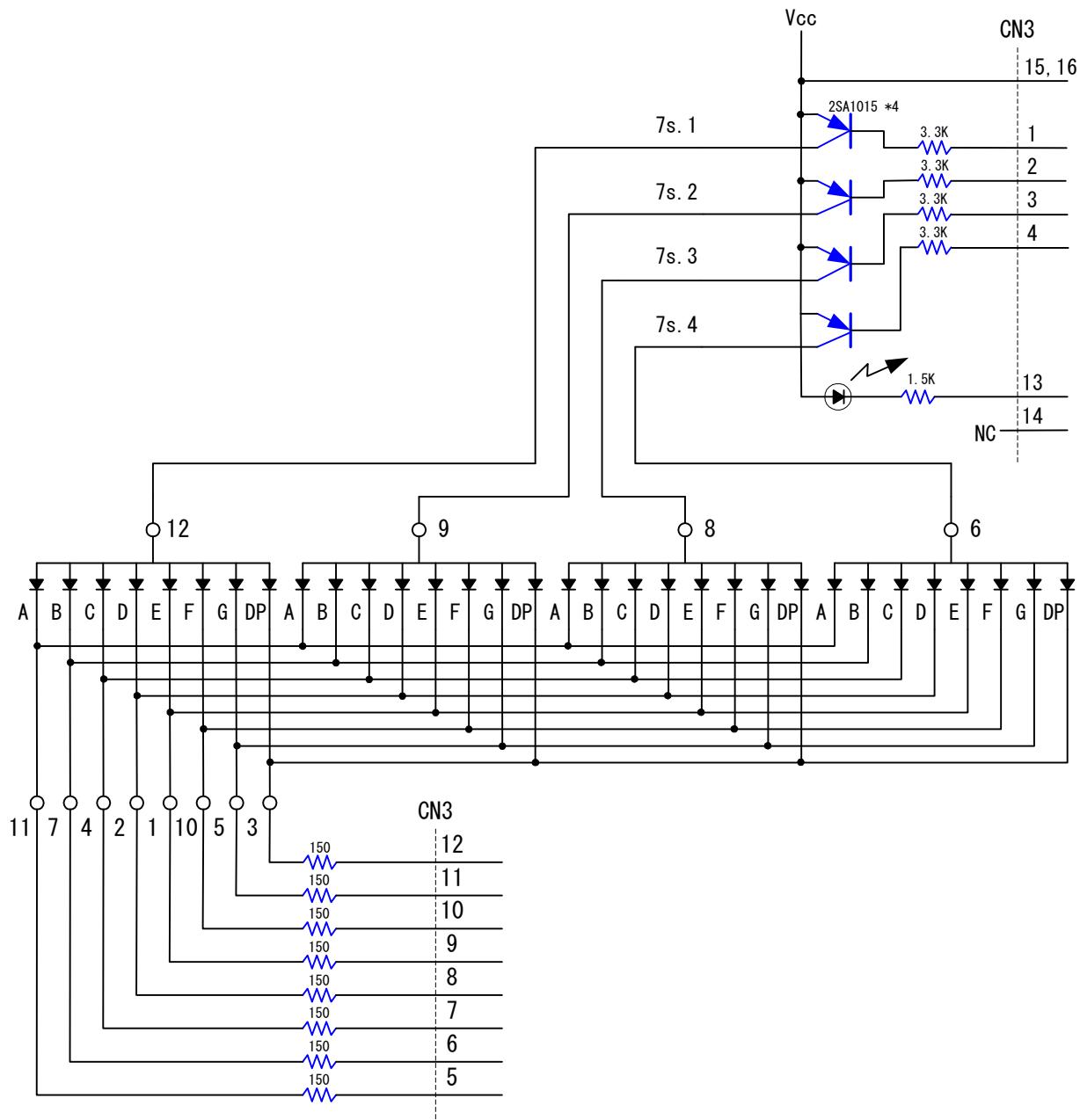
それともう一つ センサ（フォトフレクタ）を固定するための
小さな基板が必要になります。

[12] 表示器基板回路図 :

マイコン基板の実装部品数と基板の面積をみるとやや狭いようなので、回路の一部分を表示器基板の方へ写す事にしました。

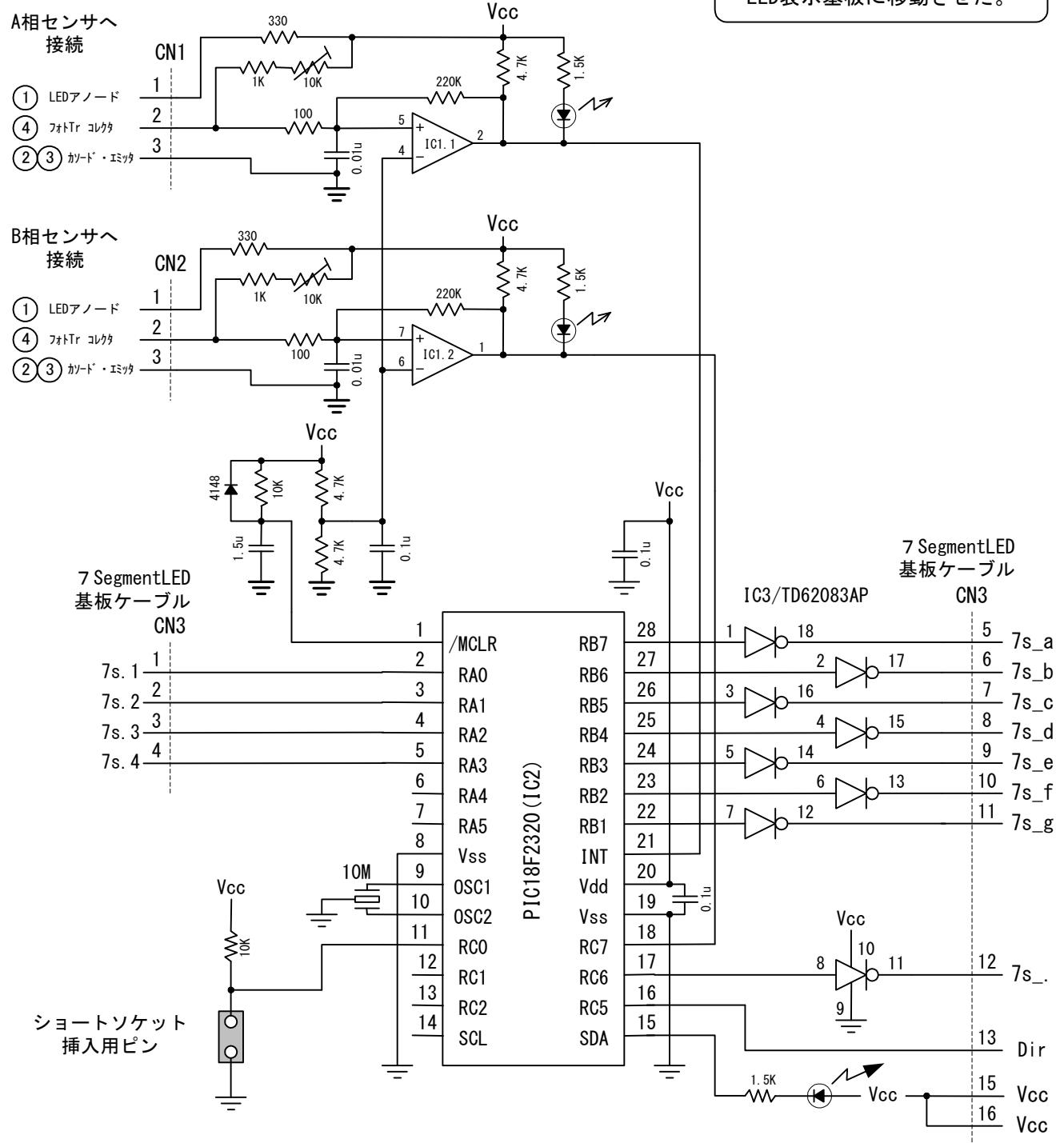
具体的には、表示器基板が以下のような回路となります。

マイコン基板からどの部品が移動したか分かるように移動した部品を青で描きます。



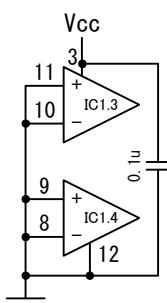
[13] 回路図（変更後）：

一部の部品を
LED表示基板に移動させた。



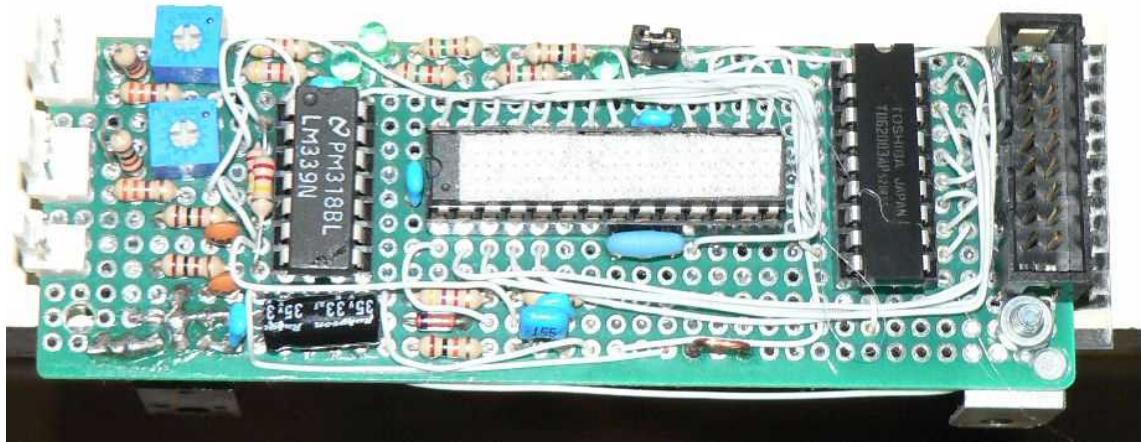
青で描いている部品は基板サイズの問題で
表示器基板に移した部品です。
「表示器基板回路図」参照のこと。

CN1 : モレックス 5051(3P)
CN2 : モレックス 5051(3P)
CN3 : フラットケーブルコネクタ (16P)
CN4 : モレックス 5051(2P)

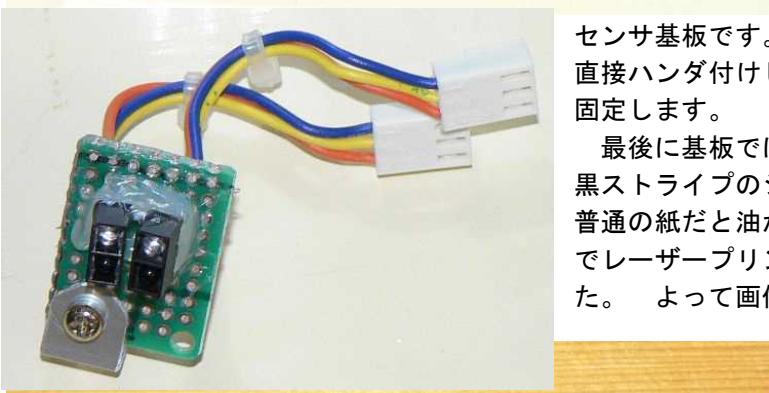
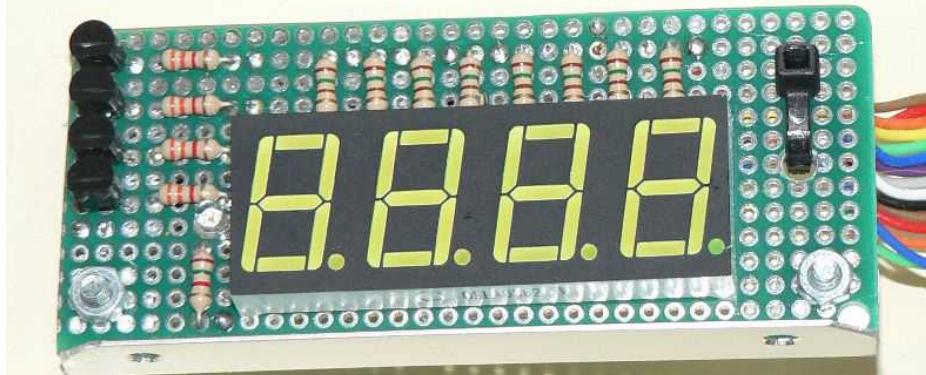


[14] 配線が終了した基板：

マイコンきばんです。 PICマイコン(18F2320)に白い紙のような物が張り付いてますが電磁波吸収シートです。 取り付ける場所が主軸駆動用モーターのすぐ横なのでノイズ対策として付けました。 一応無くても動くのは確認しましたが何らかのノイズ対策はやっておいた方がいいと思われます。（というよりは動力モーターのすぐ横にマイコン基板を配置する事自体非常識なのかもしれません。） 固定は、基板下部にアルミ金具と5V三端子電源ICの放熱器取り付け穴を利用してM3ネジ2個で固定します。



表示基板は、リボンケーブルを部品の足に直接ハンダ付けしています。
固定は、下部に薄いアルミアングルを付けています。 M3ネジにて固定します。



センサ基板です。センサ素子の足にリード線を直接ハンダ付けしてます。 基板はM3ネジ1個で固定します。

最後に基板ではないですがセンサが読み取る白黒ストライプのシールを作ります。
普通の紙だと油が染みてたりするとよくないのでレーザープリント用OHPシートに印刷しました。 よって画像では白黒のように見えますが実際は透明、黒です。

裏に貼った両面テープの関係で白く見えます。



[15] M L 3に 実装 :





モーターカバー前面に7セグメントの四角い表示穴を開けます。 内側からスモークのアクリルパネルを貼ります。



★★★ 完成時の表示 ★★★

"7777"は起動時の
7SegmentLEDの自己診断表示です。
結構、鮮明に見えます。

[16] 実機でのセンサパルス検証：

フォトリフレクタセンサの
出力波形です。

上が A 相、下が B 相です。
A 相が 3.4Vp-p ぐらい。
B 相が 3Vp-p ぐらいで
B 相の方がやや出力が低い
ですね。

調整できますが 0~5V の
フルスイングは出来ないよ
うです。

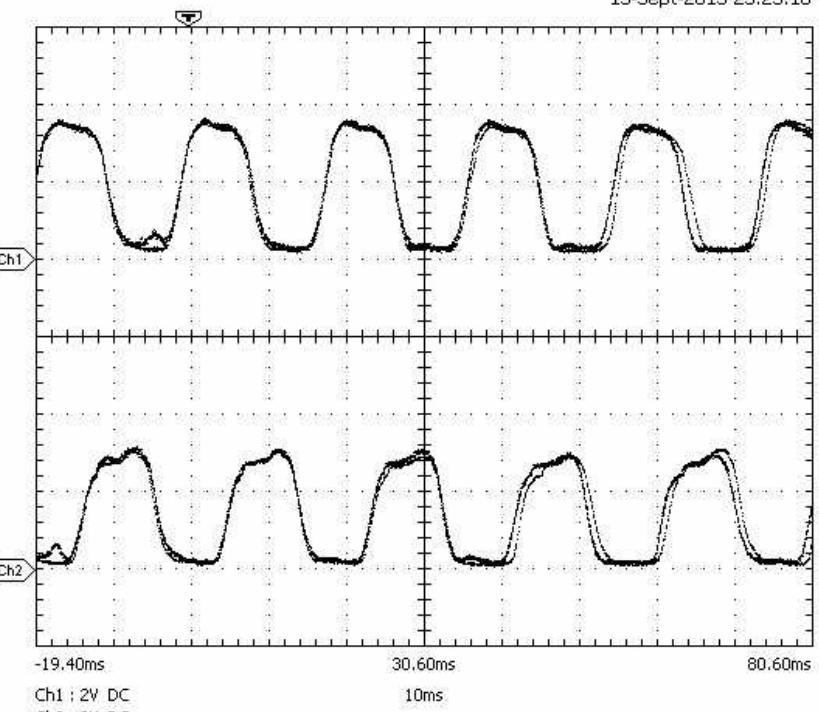
PeaktoPeak 値で 3V 強で
ればいいのではないかと
思いますが、調整は、Low サイド寄り
にしています。

このての光のセンサは寒く
なるとオンにくくなるの
で、9月半ばの調整なので
Low サイド寄りとしました。
コンパレータの閾値を現在
2.5V にしていますが、この
波形をみると 2V にしてもい
いような気がします。

左側に小さい山が B 相 → A
相の順に出てますがこれは
ストライプ模様のシールの
継ぎ目ではないかと思いま
す。

ML3 主軸回転計センサ波形

13-Sept-2013 23:25:18



結果として、速度の検出はうまく行きましたが、位相差による
回転方向の検出は、ストライプ模様のシール継ぎ目のところで
うまくいきませんでした。 2つのセンサの位置関係を微調整
するとうまく行くかもしれません。