

Motorisation en AD avec PIC16F84

BFC (c) 2007

I. Droits :

Ce document est librement utilisable par tous, dans toute entreprise ou projet à but non lucratif, à la seule condition du respect des droits d'auteurs.

II. Introduction :

Lorsque l'on a une monture modeste (EQ1, EQ2) et peu de budget, ou que l'on souhaite voyager léger, question motorisation AD, le choix n'est pas génial. L'on a droit :

- Soit au moteur DC, à 50 euro, avec la précision que l'on connait;
- Soit au moteur pas à pas dans les 150 euro, un peu cher à mon goût;

Étant beaucoup informaticien, et un peu électronicien, je me suis dit qu'il devait y avoir moyen de faire bien pour pas cher. J'ai donc attaqué la conception d'une motorisation AD à moteur pas à pas, et autant que cela profite à d'autre, si besoin est.

III. Remerciements :

Je tiens à remercier en particulier Bigonoff, dont les cours libres sur les pics m'ont beaucoup appris. Je remercie également Henry ainsi que Roger et Sok pour leurs conseils.

IV. Table des matières :

I. Droits.....	1
II. Introduction.....	1
III. Remerciements.....	1
IV. Table des matières.....	2
V. Cahier des charges.....	3
VI. L'électronique.....	4
1. La liste des composants.....	4
2. Le schéma.....	5
3. Explications.....	5
a. L'alimentation.....	5
b. Le micro-contrôleur.....	6
c. Le bridge.....	7
e. Le capteur PEC.....	7
f. La connectique.....	8
g. Le typon.....	8
VII. Le logiciel.....	13
VIII. La mécanique	
IX. L'utilisation	
1. La raquette	
2. Calcul de la base temps	
X. Annexes	
A. Code source	
B. Variante économe	
C. Réalisation pratique	

V. Cahier des charges :

Le cahier des charges de base est le suivant : pratique, pas cher, pas gourmand mais efficace. Plus concrètement, avec un moteur pas à pas bipolaire récupéré sur un lecteur de disquettes 5,25", cela nous donne :

- Basé sur un micro-contrôleur PIC16F84, qui peut être avantageusement remplacé par un 16F628.
- Une petite raquette avec une led d'information, quatre boutons poussoirs de rattrapage et de suivi, ainsi qu'un microswitch 4 bits pour effectuer les paramétrages et les corrections;
- Un boîtier pile séparé 12V;
- Inversion de sens hémisphère Nord/Sud;
- Base temps de 2ms +/-0,5µs, permettant une période de 8 à 510ms, soit 125 à 2 pas par seconde (vitesse sidérale, caractéristiques dépendant du moteur);
- Rattrapage x2 et x8 la vitesse sidérale (en avant et en arrière);
- Consommation hors moteur de l'ordre de 30mA;
- Tension d'alimentation comprise entre 8V et 15V.

Ce moteur peut tout à fait être remplacé par un autre, bipolaire ou non, avec plus ou moins de pas par tour. La seule contrainte est de ne pas dépasser 330mA par bobinage. Le brochage pour un moteur unipolaire sera à déterminer dans ce sens.

Il est également possible d'alimenter ce montage avec une tension allant jusqu'à 15V, si le courant maximum de 330mA par bobinage du moteur n'est pas dépassé. La puissance dissipée par le 7805 ne devant pas dépasser 1/4W, un radiateur sur celui-ci n'est pas nécessaire.

En fonction de vos fournisseurs de composants, le prix global ne devrait pas excéder 20 euro pour la partie électronique. La partie mécanique dépendra beaucoup de la monture cible.

Il a été choisi de fixer une horloge de 4MHz pour notre PIC. Cependant, en fonction du composant dont vous disposez, vous pouvez fort bien utiliser une horloge de 8MHz, 12MHz, 16MHz voir 20MHz. Il faudra alors modifier dans ce document toutes les informations concernant les bases de temps respectivement d'un facteur 2, 3, 4 ou 5.

VI. L'électronique :

1. La liste des composants :

La partie électronique ne requière qu'un nombre volontairement limité de composants, dont voici la liste :

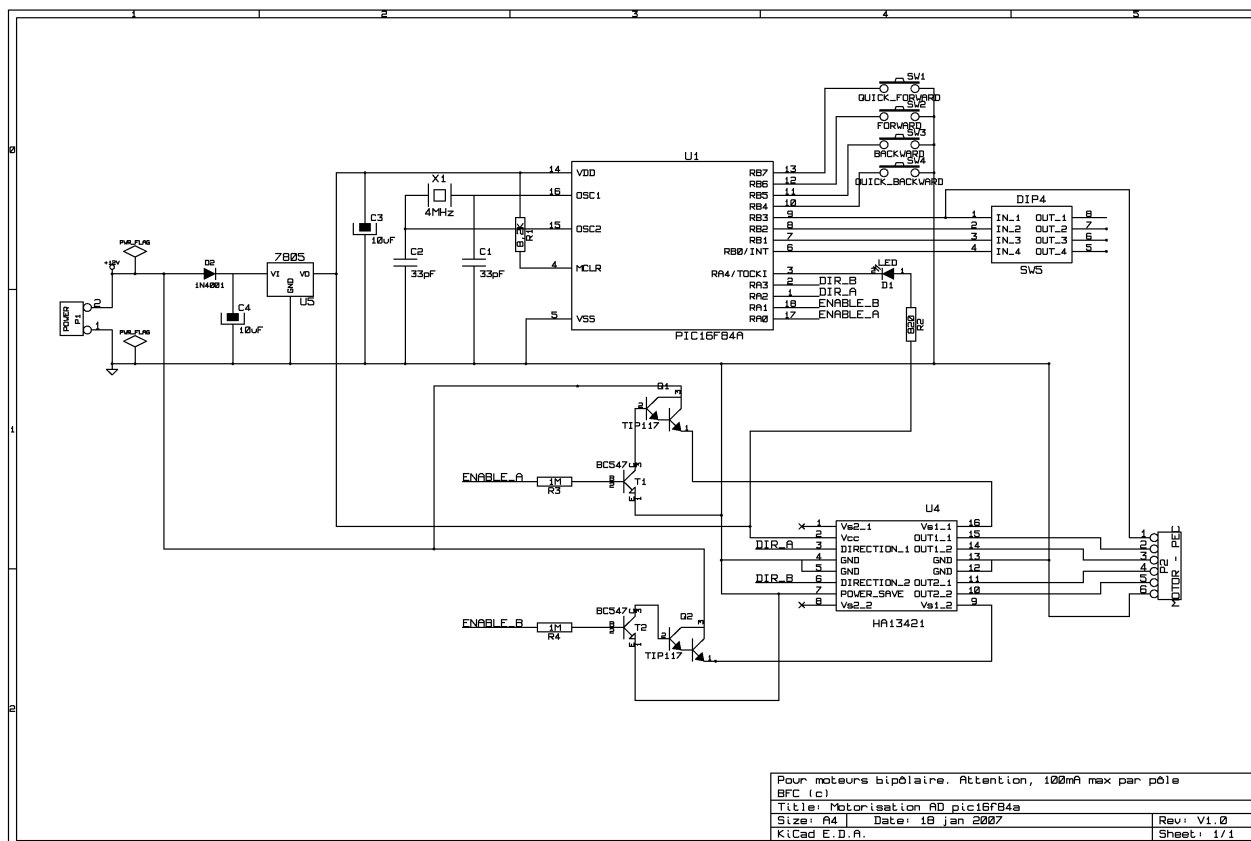
- U1 : micro-contrôleur PIC16f84A (peut être remplacé par un 16F628, moins cher);
- U4 : 1 bridge HA13421 récupéré sur un lecteur de disquettes 5,25";
- U5 : 1 régulateur 7805;
- T1, T2 : 2 transistors NPN BC547, servent à adapter la tension 5V/12V;
- Q1, Q2 : deux transistors Darlington de puissance pour alimenter le bridge.
- X1 : 1 quartz 4Mhz, coupe parallèle;
- SW1, SW2, SW3, SW4 : 4 boutons poussoir;
- SW5 : 1 microswitch DIL 4 bits, peut être éventuellement être remplacé par des jumpers;
- D1 : 1 led;
- D2 : 1 diode 1N4001, protège simplement le 7805 d'une inversion de polarité;
- R1 : 1 résistance de pull-up. 8,2K Ω ici. La valeur n'a pas beaucoup d'importance;
- R2 : 1 résistance de protection pour la led, 820 Ω est une bonne valeur;
- R3, R4 : 2 résistances de limitation pour les transistors. Vu les hfe cumulés par les BC547 et les Darlington, une résistance de l'ordre du M Ω est envisageable.
- C1, C2 : 2 condensateurs de lissage pour le quartz, entre 15pF et 33pF;
- C3 : 1 condensateur de découplage. La valeur n'a ici non plus, pas beaucoup d'importance. Une valeur de l'ordre du μ F est tout à fait suffisante;
- C4 : 1 condensateur jouant le rôle de réserve d'énergie pour le régulateur.

Et bien sûr un moteur pas à pas récupéré sur le même lecteur de disquette, quelques fils, un bon fer à souder, une plaque de test, un voltmètre, un peu de soudure et beaucoup de patience ! Un bon oscilloscope serait un plus.

Avec cette base électronique, il est possible d'aller bien plus loin que notre cahier des charges. Les évolution suivantes sont déjà prévues, uniquement de manière logiciel :

- Micro-pas
- PEC
- Programmation des paramètres dans l'EEPROM, sans reprogrammation du PIC.

2. Le schéma :



3. Explications :

a. L'alimentation :

L'alimentation "haute tension" peut se faire par batterie ou convertisseur, régulée ou non, car elle ne fait qu'attaquer indirectement les bobinages du moteur. Celle-ci doit être comprise 8V et 15,5V. Le minimum de 8V est fixé par la tension de chute du régulateur 7805, qui peut aller jusqu'à 2V. Le maximum de 15,5V est fixé par le dual-bridge HA13421. En effet, celui-ci ne supporte que du 15V en entrée.

Il est donc conseillé de rester dans la fourchette de 12V-15V, afin de disposer de suffisamment de couple au niveau du moteur et de ne pas trop stresser le bridge.

Il est de toute façon hors de question de dépasser le courant de 300mA par bobinage du moteur, cette limite étant fixée par le bridge. La tension maximum à appliquée sera donc éventuellement conditionnée par l'impédance de votre moteur.

Travaillant à des fréquences assez basses, l'on peu oser une approximation sur la base de la résistance de chaque bobinage. Soit R la résistance d'un bobinage, elle ne devra pas être inférieure à dix fois la tension appliquée. Soit 46Ω pour 15V, par exemple.

Pour l'alimentation "basse" tension (5V), celle-ci est simplement générée et régulée par un 7805, dans un boîtier TO220 de préférence. L'utilisation d'un 78L05 en boîtier TO92 est également possible, bien qu'un peu limite. Le courant ne devant pas excéder 25 à 50 mA, celui-ci ne devrait pas avoir besoin de radiateur, la puissance dissipée ne devant pas excéder 1/4W. Il peut-être préférable d'ajouter un condensateur en amont du 7805, entre la "haute" tension et la masse, la commutation des moteur pouvant engendrer une chute de cette tension. Cependant, les composant utilisés sont relativement tolérants à une alimentation plus ou moins stable...La diode D2 protège le 7805 d'une éventuelle inversion de polarité. Elle fait de plus chuter la tension d'alimentation du régulateur de 0,7V, ce qui fait toujours cela de moins à dissiper par celui-ci.

Comme nous le verrons dans l'annexe B, il est également possible d'envisager une régulation à découpage de type drop-down, pour augmenter le rendement et donc minimiser la consommation.

Le condensateur C3 en sortie du 7805 joue le rôle de condensateur de découplage entre les différents composants. Il est ici "sur-gonflé" pour la version économe de l'annexe B. L'utilisation d'un 7805 en boiter TO220 est alors un minimum. C4 sert de réserve d'énergie pour le régulateur.

b. Le micro-contrôleur :

Concernant le micro-contrôleur, il y a assez peu à dire. Il est alimenté via Vdd et relié à la masse via Vss. MCLR est maintenu à 1 via un pull-up, afin d'éviter la "patte en l'air" et donc les reset en fonction de la vitesse du vent et de l'âge du capitaine...

OSC1 et OSC2 sont reliés au quartz dans un montage oscillateur classique, suivant le datasheet.

Les 8 bits du port B sont maintenus à H par les résistances en pull-up internes du micro-contrôleur. Un cours circuit à la masse via les boutons poussoirs ou le DIL les fait donc passer à L. Le port B est uniquement utilisé en entrée. Il peut être intéressant d'inverser le DIL (bit4 sur RB0, etc), afin d'éviter l'inversion des nombres binaire lors de la configuration.

Le détecteur de passage passage à zéro de la PEC est également branché sur RB3. Le passage à zéro est détecté lorsque cette patte est mise à la masse.

Les 5 bits du port A sont exclusivement utilisés en sortie. Les bits 0 et 1 indiquent les bobinages actifs via les transistors. Les bits 2 et 3 indiquent le sens d'alimentation de ces bobinages (nous gérons le moteur en uni-polaire). Le bit 4 nous sert d'informateur via la led DA, suivie d'une résistance de protection. La led est montée de manière s'allumer lorsque RA4 est à L, car RA4 est

en collecteur ouvert. Les pic étant capables de fournir 25mA par sortie, il est tout à fait capable de piloter cette led directement, comme d'ailleurs les bases des transistors, elles aussi précédées d'une résistance de protection.

Dans la version de l'annexe B, ce bit servira également à passer en mode "powersave".

c. Le bridge :

Le dual bridge HA13421 à de nombreux avantages, notamment les suivants :

- Être piloté en niveau TTL/CMOS;
- Fournir jusqu'à 330mA par bobine, et ce jusqu'à 15V;
- Être capable d'inverser la polarité de chaque bobine selon la valeur d'une seule entrée par bobine, absolument nécessaire pour un moteur bipolaire;
- De fournir ou non le courant de chaque bobine séparément, en fonction de l'alimentation apportée;
- De disposer de diodes de roue libre intégrées.
- De fournir un mode "powersave" dont nous nous servirons dans l'annexe B.

L'alimentation du bridge se fait par Vcc sous 5V. Les pattes GND connectent à la masse, et aident également au refroidissement du composant. La polarisation des bobines du moteur est respectivement dictée par le entrées DIRECTION_1 et DIRECTION_2, directement depuis le µC. L'alimentation des bobines se fait pour les couples de sorties OUT_1 et OUT_2.

Les entrées d'alimentation Vs2 ainsi que l'entrée POWER_SAVE sont laissées libres. Elles seront utilisées dans l'annexe B. Le fait qu'un bobinage soit actif ou non est conditionné par l'alimentation fournie respectivement en Vs1_1 et Vs1_2. Cette alimentation est fournie par les transistors Darlington, pilotés par les BC547 , depuis la "haute" tension, sous contrôle du µC. Ceux-ci sont simplement pilotés en saturation (0 ou 1). Le courant maximum qui doit être fourni par ces transistors est de 330mA, pour ne pas endommager le bridge. Le rôle des BC547 est simplement d'adapter les niveau entre le TTL du PIC et le 12V de la base des TIP117.

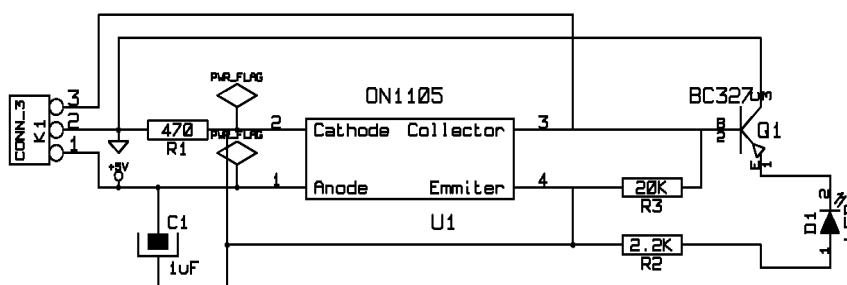
Si vous comptez travailler "aux limites" à des courants de 330mA, il est sans doute préférable de munir le HA13421 de petits radiateurs, sous la forme d'une petite plaque d'aluminium, par exemple. Pour les Darlington, nous sommes loin des 2A qu'ils peuvent fournir. Un refroidissement supplémentaire n'est donc pas nécessaire.

e. Le capteur PEC :

Le capteur pour détecter le point zéro de la rotation de la vis sans fin est un capteur optique du type ON1105 (capteur récupéré sur un lecteur de disquette). La précision est de 0.3mm. Ce capteur à l'avantage de fournir une led infrarouge puissante en émission et un photo transistor NPN à collecteur ouvert en réception. Le branchement sur la broche de notre pic en pull-up est alors direct.

La led peut être alimentée jusqu'à 50mA. Mais 6 mA seront suffisant afin de ne pas trop augmenter la consommation. Elle sera donc protégée par une résistance de 470Ω

Voici le schéma de la partie électronique coté capteur (monture) :



C1 sert de réserve d'énergie, le câble pouvant être un peu long. R1 limite le courant dans la led IR, RB3 est reporté sur le collecteur du photo transistor. RB3 est donc à l'état bas lorsque la lumière passe (point zéro). Le BC327 sert simplement à piloter la led. Cette led permet de savoir si l'on est calé ou non sur le point zéro lors d'une manipulation manuelle. Celle-ci s'allume lorsque l'on est sur le point zéro.

f. La connectique :

La connectique se limite à 3 choses :

- Un connecteur d'alimentation 2.1mm;
- Un petit interrupteur sur le +12V;
- Le connecteur moteur/raquette.

J'ai choisi pour ce dernier un mini-din six contacts. Il n'est pas trop encombrant, facile à trouver (connecteur PS2), et fourni quatre contacts pour les deux bobinage du moteur, ainsi que le +5V et un report de la patte RB3 du pic, pour le capteur de passage à zéro. Le retour à la masse se fait pas la masse du connecteur.

g. Le typon :

Pour ce qui est de l'implantation, assez peu de choses à dire. Il est bien sûr fortement conseillé de monter le HA13421 sur un support de CI, même si le refroidissement s'en trouve réduit. Cela facilitera le remplacement en cas de claquage suite à une mauvaise manipulation, ou de le détériorer suite à une température de soudure trop élevée.

Pour le micro-contrôleur, le support de CI est indispensable, si l'on veut pouvoir le retirer pour pouvoir le reprogrammer. Une température de soudure trop élevée pourrait ici également lui être fatale. Il est d'ailleurs possible d'intégrer un connecteur pour faire de la programmation ICSP (In Situ) du PIC, pour plus de facilité.

En effet, les ports nécessaires sont tous exploitables directement, sans avoir à couper les circuits :

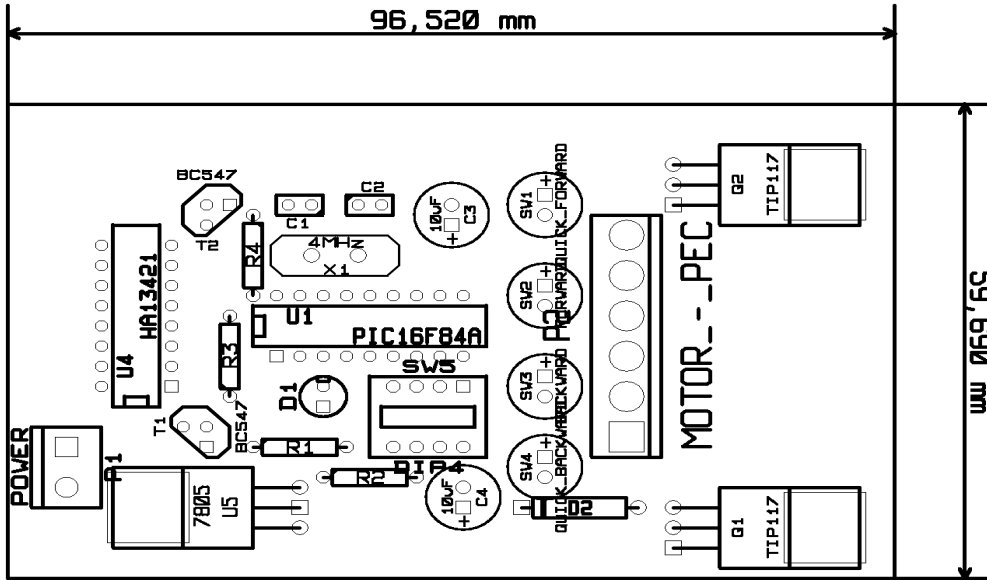
- Vpp sur MCLR : donne sur le Vout du 7805, il faut alors protéger le circuit +5V par une diode entre MCLR et la résistance, ou entre la résistance et Vdd
- Vdd : n'alimente que le PIC et le HA13421, la connexion avec le Vout du 7805 n'a ici aucune importance. Il est cependant possible de mettre une diode entre le +5V et Vdd. Il y aura alors une tension de chute sur l'alimentation du pic.
- Masse : aucun problème
- DATA et CLOCK : sur les entrées des boutons poussoir, ouverts au repos.

ATTENTION : Les trois éléments auxquels il faut faire alors attention :

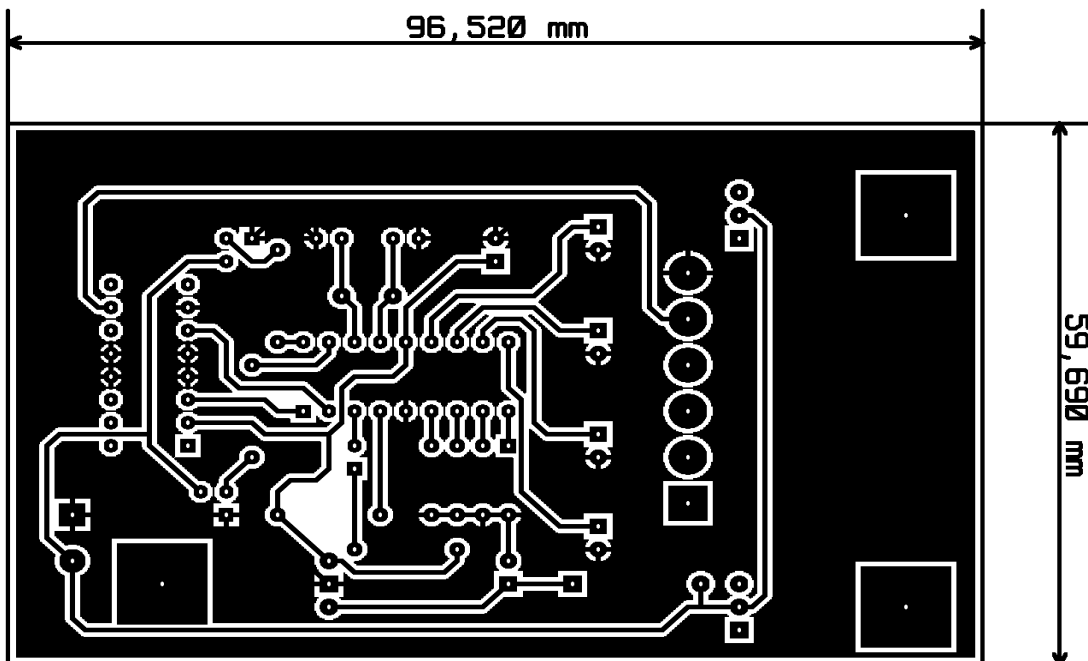
- Ajouter une diode de protection entre MCLR et la résistance ou entre la résistance et Vdd, pour éviter d'envoyer Vpp (+13V) sur Vdd.
- Débrancher l'alimentation;
- Éviter d'appuyer sur les boutons de recul rapide et lent pendant la programmation;

Il est également possible d'utiliser un microswitch vertical, qui sera alors facilement accessible de l'extérieur après percement d'une petite fenêtre dans le boîtier.

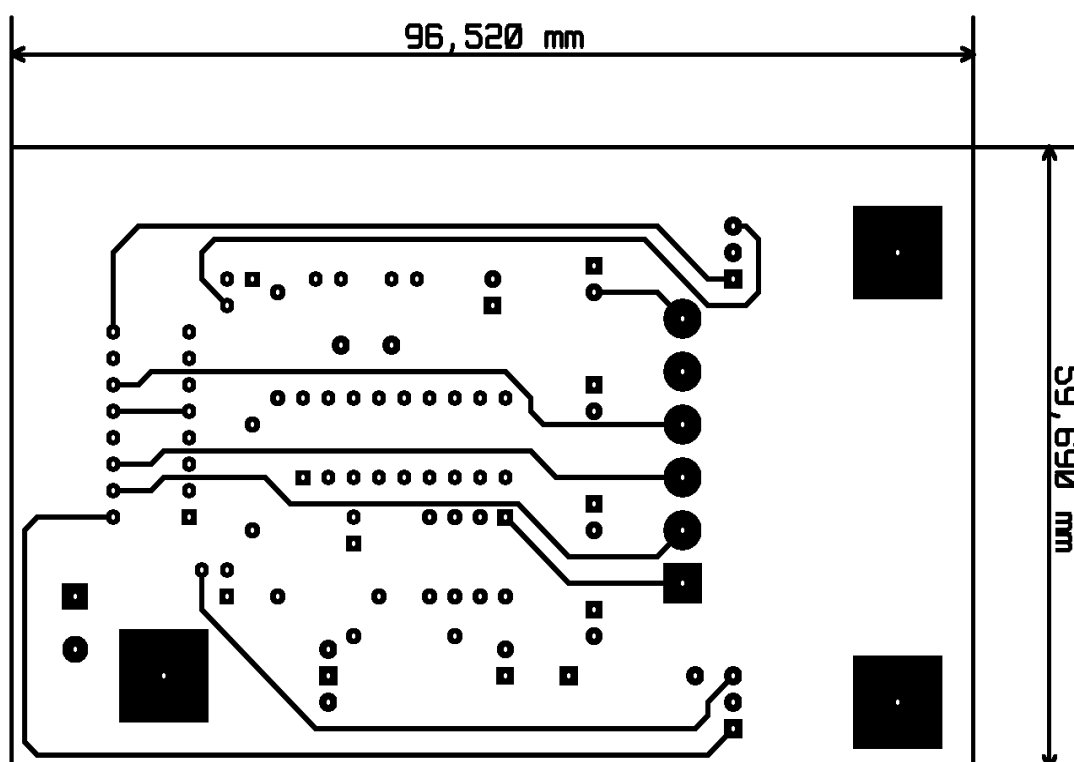
Implantation :



Typon : Couche 1 (cuivre)



Typon : Couche 2 (composants)



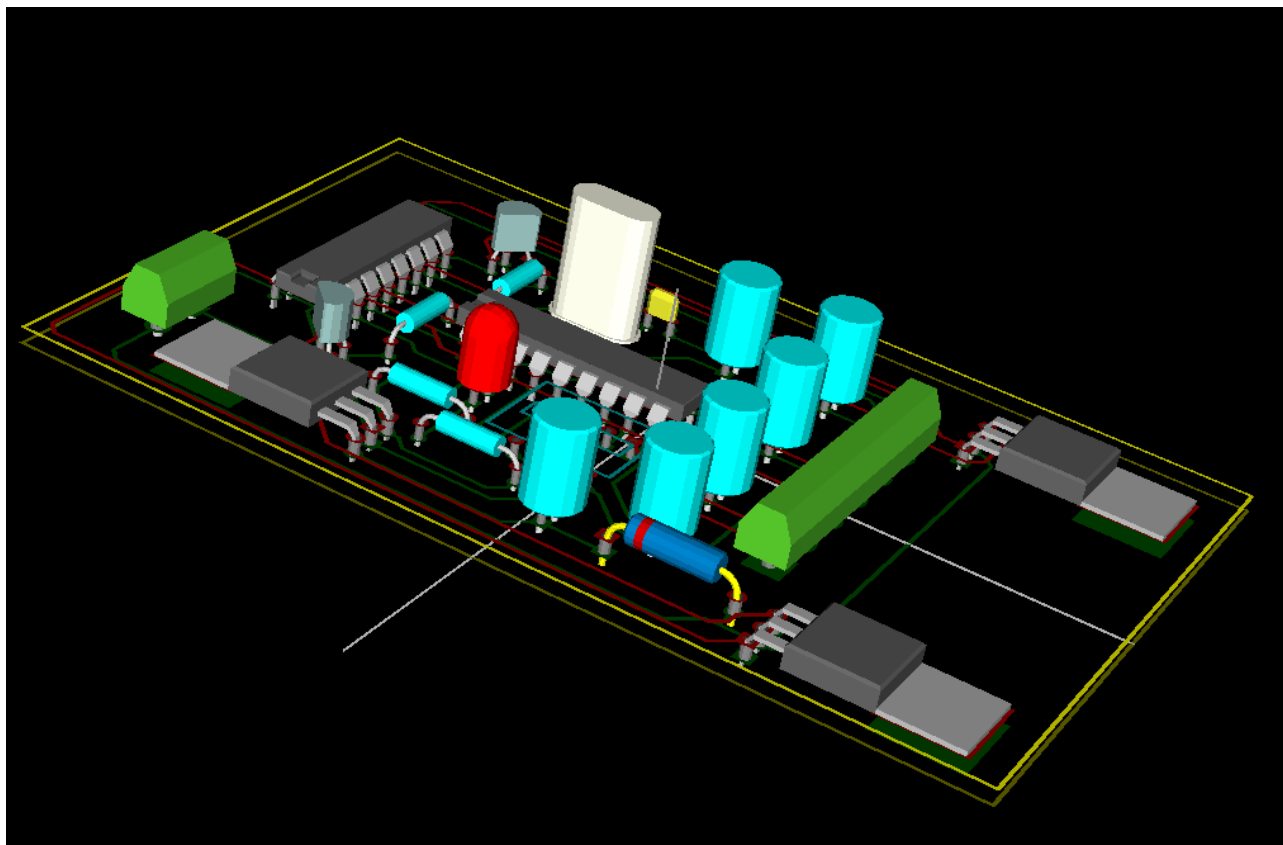
Commentaires :

Il y a assez peu à dire sur cette implantation. La taille est volontairement petite, sans être réduite au maximum, afin de disposer d'une raquette qui tient bien en main. Le connecteur d'alimentation est vers l'arrière, mais rien n'empêche de ramener les fils vers l'avant. L'avant est laissé très libre afin de disposer de la place nécessaire pour pouvoir monter un connecteur d'alimentation standard ainsi qu'une prise de type DIN pour le moteur.

Bien que la led soit indiquée directement sur le montage, il est dans doute préférable de la déporter via un petit connecteur et deux fils, afin de la placer n'importe où en façade du boîtier.

Le plan de masse "chargé" permet une bonne dissipation de la chaleur des transistors et du bridge si besoin est.

Si tous se passe bien, vous devriez obtenir une carte ressemblant à cela :



VII. Le logiciel :

Si la partie électronique à vocation à ne plus beaucoup bouger, la partie logicielle, en revanche, risque d'évoluer beaucoup dans le temps. Je me cantonne pour l'instant au fonctionnalités de base, mais l'objectif est bien sûr, à terme, d'exploiter au maximum les possibilités du 16f84. Tant qu'à placer un micro-contrôleur dans le montage, autant l'utiliser au mieux !

A FINIR

VIII. La mécanique :

A FAIRE

IX. L'utilisation :

1. La raquette :

L'utilisation de la raquette est très simple. Une fois le pic programmé, il suffit de la démarrer pour que le suivi démarre.

Les bits 1 et 2 du microswitch servent à ajuster la base temps :

- 00 : +0ms
- 01 : +0,5ms
- 10 : +1ms
- 11 : +1,5ms

La précision passe alors à +/-0,25ms, soit 13,5" d'arc par heure.

ATTENTION : sur notre montage, il y a deux points capitaux :

- Si le DIL est connecté dans le sens des PIN du micro-contrôleur (bit 1 sur RB0, etc), le bit de poids faible du quartet est à gauche, et le bit de poids fort à droite. Il faut alors inverser (gauche, droite) tous les quartets donnés en exemple.

- Nous prendrons ici par convention : 1 = ON; 0 = OFF

- Le DIL étant branché en pull-down sur les ports du micro-contrôleur, un interrupteur à ON présente en fait une valeur à 0, et un interrupteur à OFF une valeur à 1. Pour simplifier le paramétrage, ces bits sont inversés logiquement.

Le rattrapage se fait par les quatre boutons, x2 et x8 le temps sidéral, en avant ou en arrière. La led s'allume et s'éteint une fois tous les seize pas, battant la mesure.

Si vous souhaitez un rattrapage très lent en arrière, le mieux est de stopper le suivi. Le rattrapage se fait alors à une fois la vitesse sidérale. Pour cela, il vous suffit de maintenir les deux boutons de rattrapage lent enfoncés.

2. Calcul de la base temps :

Le calcul de la base temps se fait de manière très simple. Un jour sidéral, soit une révolution complète de la Terre se fait en 86164 secondes. L'axe en ascension droite de notre monture devra donc également faire un tour complet en 86164 secondes. Le nombre de tours que devra faire l'axe de notre moteur dépendra donc du rapport de démultiplication existant entre l'axe d'ascension droite et

l'axe du moteur. Enfin, le nombre de ms entre chaque pas dépendra du nombre de pas par tour du moteur. Soient :

- T : la période en seconde entre chaque pas;
- N : le nombre de pas par tour du moteur;
- R : le rapport de démultiplication entre l'axe d'ascension droite et l'axe du moteur.

Nous avons :

$$T = \frac{86164}{(N \times R)}$$

Exemple :

Pour un moteur de 200 pas par tours, avec une vis sans fin de 139 dents et un moto-réducteur 1:50 entre le moteur et la vis sans fin :

$$R = 139 * 50 = 6950$$

$$N = 100 * 2 = 200$$

donc

$$T = \frac{86164}{(200 \times 6950)} \simeq 0.062s \text{ soit } 62ms$$

Tous les calculs sont indiqués ici en utilisant une horloge de base de 1ms.

ATTENTION :

Cette horloge ne doit pas être confondue avec l'horloge du PIC lui même. Tous les calculs énoncés ici sont basé sur une horloge externe du PIC à 4MHz, soit une horloge interne de 1MHz (1µs par instruction). Si vous décidez de donner à votre PIC une horloge de 8, 16 voir 20MHz, il faut multiplier toutes les valeurs calculées ici respectivement par 2, 4 et 5.

XI. Annexes :

A. Code source :

A FAIRE

B. Variante économe :

Pour les personnes souhaitant absolument économiser leurs batteries, il est possible de réaliser une version de notre appareil un peu moins gourmande. En doublant R2, par exemple, la diode ne consomme plus que 3mA, ce qui est largement suffisant avec une diode basse consommation. Nous gagnons donc 3mA en 5V.

Il est également possible d'utiliser la broche "powersave" du HA13421. Pour cela, il faut coupler de nouveau transistors de puissance sur les BC547, mais entre le 5V et Vc2, cette fois. Nous pouvons alors coupler la LED, par exemple, à la broche powersave, à activer quelques ms après un nouveau pas. Attention, ceci ne sera valable que pour de petites vitesses. En effet, le 5V ne servant que pour le maintien.

Si l'on choisit cette solution, il nous faut une source de courant sous 5V importante (de l'ordre de 300mA). Un bête 7805 ne nous ferait rien économiser, il chaufferait simplement plus, dissipant les $(12-5)*0.3 = 2,1W$. Il faut alors envisager une alimentation à découpage de type step-down, ayant un rendement de l'ordre de 80% (environ 40% pour le 7805, ici).

Dans le cas de l'utilisation d'un petit moteur 70mA par bobinage, avec un ratio mouvement/maintien de 50%, voici la différence de consommation :

Configuration "normale" :

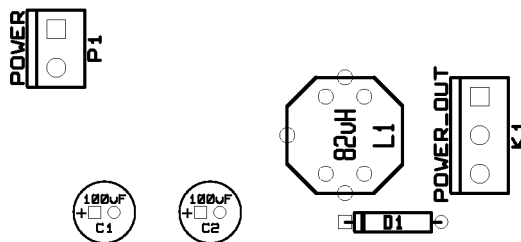
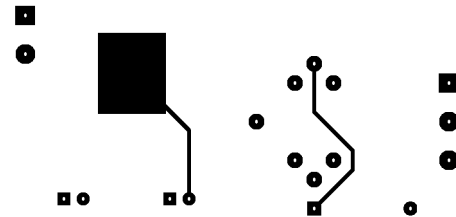
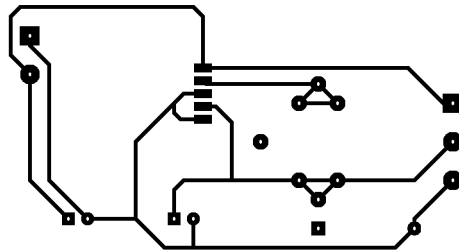
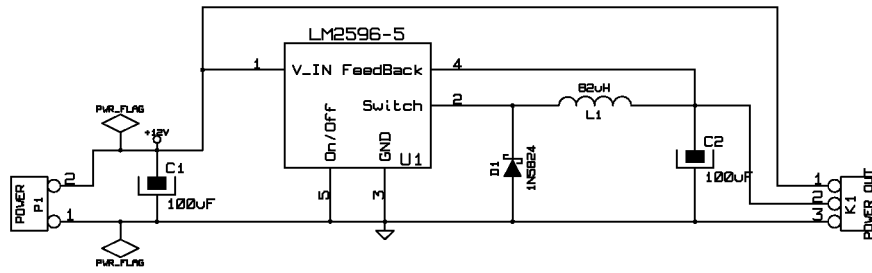
Consommation en 5V : 30mA
Consommation en 12V : 140mA
Consommation totale : 170mA

Configuration "économe" :

Consommation en 5V : $27 + 70 = 77mA$, soit environ 40mA en 12V
Consommation en 12V : 70mA
Consommation totale : 110mA

Comme vous pouvez le constater, l'économie est de l'ordre de 1/3, ce qui n'est pas négligeable, cela veut dire 10h30 au lieu de 7h30 de suivi avec la même batterie 1200mAh.

Voici le schéma ainsi que le typon de l'alimentation 5V :



C. Réalisation pratique :

Voici, en ce qui me concerne, le résultat de cette petite réalisation.

La face avant...



...et l'électronique...

