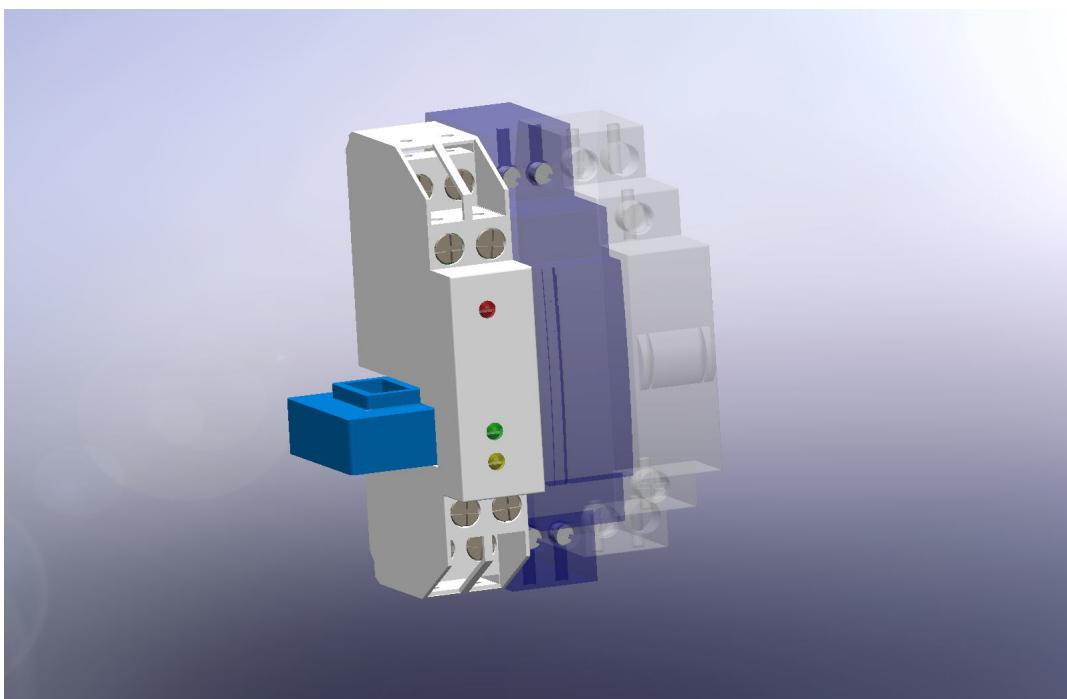


Gestionnaire d'aspirateur pour machine à bois

Guillaume Arreckx (Royaume-Uni)

Cette réalisation devrait réjouir les possesseurs d'atelier de menuiserie qui utilisent des machines à bois avec un aspirateur à copeaux. Grâce au 'LungMate', plus besoin de se préoccuper de l'aspirateur, car celui-ci s'allume automatiquement chaque fois que l'on démarre une des machines de l'atelier, puis se coupe une fois le travail terminé. Le montage est discret et se place directement dans le tableau électrique de l'atelier. Il mesure précisément les courants des machines par le biais d'un capteur à effet Hall sans contacts et transmet les résultats sur une interface série. Il permet également de contrôler l'aspirateur manuellement avec un simple bouton poussoir.



Les machines à bois engendrent dénormes quantités de sciure et l'utilisation d'un aspirateur à copeaux est indispensable dans un atelier. Le paradoxe est que ces aspirateurs génèrent beaucoup de poussières fines et nocives dans l'air. Ils sont également bruyants et gourmands en énergie. Il convient donc de ne les allumer que lorsque cela est nécessaire. LungMate allume l'aspirateur à copeaux chaque fois qu'une des machines à bois démarre, puis le coupe quelques secondes après l'arrêt de la dernière machine, pour permettre l'évacuation des copeaux restant dans les tuyaux.

L'allumage est également légèrement retardé; les machines à bois, qui utilisent pour la plupart des moteurs à induction, requièrent un très fort courant de démarrage. Ce délai évite de cumuler les courants de démarrage de la machine à bois et de l'aspirateur, et peut éviter ainsi de faire sauter les plombs !

Cette réalisation est en basse tension uniquement et utilise un capteur de courant sans contact, de type Hall. L'alimentation et le relais qui commande l'aspirateur font appel à des modules standards du commerce. Au final, cette réalisation trouve sa place dans un boîtier reprenant les dimensions

des coupe-circuits standards que l'on trouve dans les tableaux électriques modernes disposant d'un rail DIN 35MM. Ce montage ne s'adresse qu'aux machines en monophasé.

LungMate est également équipé d'un port série type RS232, qui permet de paramétriser le module. Accessoirement, toutes les mesures de puissance effectuées sont transmises 5 fois par seconde. Raccordé à un système externe, cela pourrait par exemple, permettre de calculer le coût de l'électricité utilisée...

Schéma

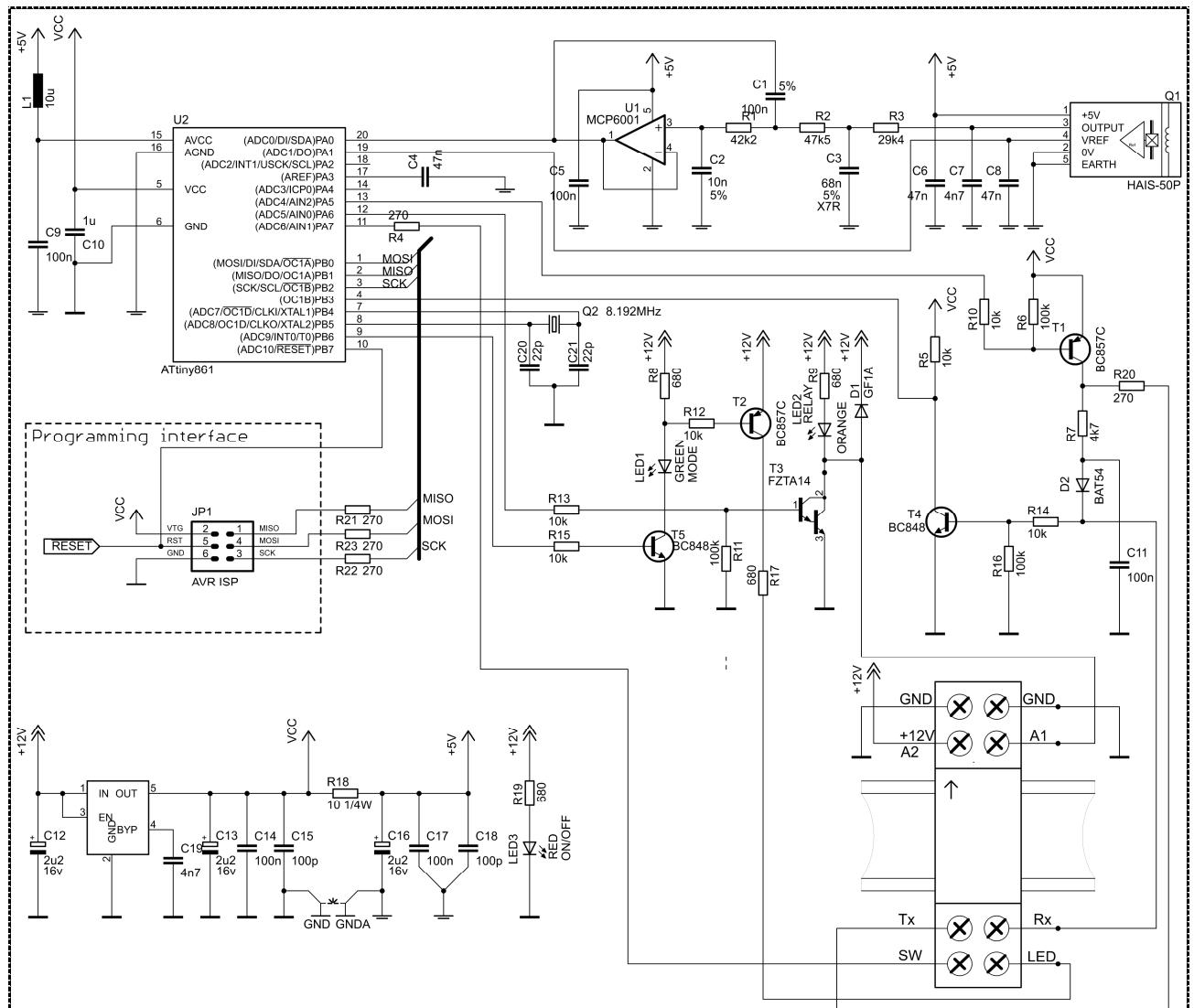


Figure 1. Circuit du LungMate

Le montage est articulé autour d'un microcontrôleur AVR d'ATMEL, l'ATtiny861 qui opère en chef d'orchestre. Cette version d'AVR est parfaitement adaptée pour le type de mesure que l'on réalise ici, notamment grâce à son convertisseur analogique/numérique qui offre un mode différentiel et un préamplificateur d'entrée de gain programmable, très utile ici.

Un quartz externe de 8.192MHz pilote l'horloge interne de l'AVR. Celui-ci permet des mesures précises sans avoir à calibrer l'horloge interne de l'AVR.

Un petit connecteur HE6 mâle standard permet de programmer la mémoire flash du microcontrôleur en utilisant un programmeur SPI pour les AVR. La broche RESET est également câblée et permet le raccord d'émulateurs Atmel JTAG-ICE ou Dragon.

L'électronique en détail

L'alimentation est confiée à un module externe de chez Lambda, le DSP 10-12.

Ce module à découpage reprend la taille d'un coupe-circuit standard et peut lui aussi être monté sur le rail 35mm du tableau électrique.

Il fournit jusqu'à 830mA de 12V continus et régulés. C'est bien plus qu'il nous en faut.

La tension de 12V est nécessaire pour piloter le relais monostable externe.

Un petit régulateur linéaire de type LDO abaisse cette tension à 5V pour alimenter le microcontrôleur et la partie analogique. Celle-ci bénéficie d'ailleurs d'un complément de filtrage par un petit filtre RC, alors que l'alimentation du convertisseur analogique/numérique du microcontrôleur se fait par une self de suppression pour tenter d'éliminer une partie du bruit numérique interne.

Les 3 DEL sont pilotées directement depuis le 12V à l'aide de petits transistors pour éviter toute fluctuation de la ligne d'alimentation 5V et fausser les mesures. Au final, le courant requis sur la ligne 5V est très faible, la majorité allant au capteur de courant.

La commande de l'aspirateur est confiée ici à un relais modulaire monostable de la société italienne Finder. Ce relais présente les avantages suivants:

- Un format compatible avec les tableaux électriques avec rail DIN de 35mm
- Une tension d'excitation continue de 12V, avec une bobine de 115ohm
- Une charge possible de 20A

Le microcontrôleur le pilote via un transistor type Darlington qui alimente également la DEL jaune de signalisation. Une diode vient supprimer la contre-réaction de la bobine du relais.

La plage de puissance mesurée est vaste ! Afin de déterminer quand allumer l'aspirateur, il faut détecter des courants de quelques centaines de mA. Une petite pinceuse à main, par exemple, peut ne consommer que quelques dizaines de Watts, alors qu'à l'autre extrême, un rabot d'atelier peut utiliser plusieurs dizaines de KW, surtout au démarrage.

De plus, le module doit pouvoir réaliser des mesures fiables si celles-ci devaient être exploitées en sortie de l'interface série.

Le capteur Hall de chez LEM peut mesurer des courants jusqu'à 150A ! Avec une plage optimale de 50A. L'avantage principal de ce type de capteur est que la tension de sortie est proportionnelle et linéaire au courant le traversant, avec peu de variations liées à la température.

Le signal de sortie du capteur est polarisé à mis-rail de l'alimentation. Un petit amplificateur opérationnel prend en charge ce signal et y applique un filtre analogique anti recouvrement du 3^e ordre avant d'attaquer l'entrée du convertisseur A/D de l'AVR. La tension de polarisation attaque elle aussi le microcontrôleur, qui différentie en interne les deux tensions, puis amplifie cette différence 8 fois.

Quelques transistors sont utilisés ici en guise de pilote RS232, plutôt que de faire appel à un circuit intégré, comme le classique MAX232. L'interface RS232 utilise des signaux en $\pm 12V$, même si on peut en pratique se contenter de $\pm 5V$, voire 0-5V sur de courtes distances. Un utilise ici une astuce, basée sur le fait que les échanges sur le port se font en alternatif, en venant recycler la tension négative de la broche d'entrée sur la sortie. Ainsi, seuls 2 transistors sont nécessaires.

Utilisation

Le module peut-être commandé par 1 ou plusieurs boutons poussoir à disposer stratégiquement dans l'atelier. Un bouton type contact fermé, avec ou sans DEL intégrée, fait l'affaire. Celui-ci permet entre autres de déclencher l'aspirateur manuellement.

Dans mon atelier, le bouton poussoir est monté dans la goulotte, à côté du point d'arrivée du tuyau d'aspiration. La DEL sur l'interrupteur rappelle le mode en cours.



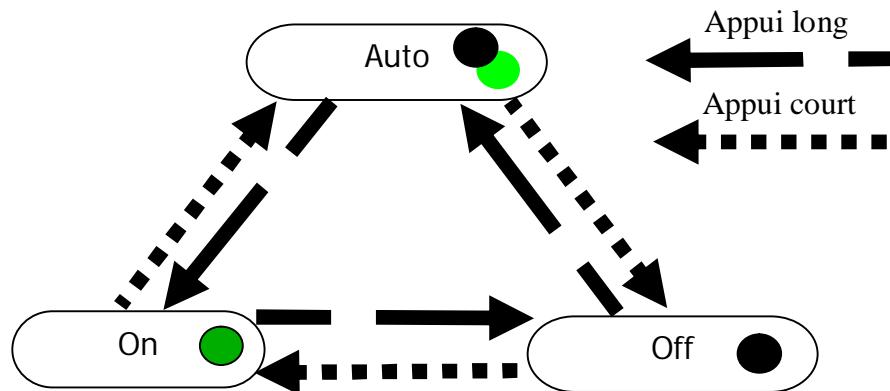
Les 3 modes sont:

1. Auto L'aspirateur s'allume automatiquement
La DEL clignote
2. On L'aspirateur est allumé
La DEL est allumée
3. Off L'aspirateur est éteint
La DEL est éteinte

Figure 2. Bouton de commande du mode monté dans la goulotte de l'atelier

Par défaut, à la mise sous tension, le mode est Auto.

Selon que l'on appuie brièvement ou longuement, le mode change différemment:



Le logiciel

Le logiciel est presque entièrement écrit en C et compilé avec les outils libres de la suite WinAVR. Il comporte plusieurs parties:

1. La boucle principale, qui traite tous les événements temps réel, et effectue le calcul de la puissance apparente.
2. L'état machine qui contrôle le pilotage à distance et les LED
3. La console série, pour changer les paramètres internes, stockés dans l'EEPROM

Il existe plusieurs méthodes de mesure d'un signal alternatif. Les livres sur le traitement numérique du signal regorgent d'algorithmes en tout genre !

Citons entre autres, les algorithmes de DFT (Discrete Fourier Transform), FFT (Fast Fourier Transform), et l'algorithme de Goerzel.

Il est également possible de redresser la sinusoïde 50Hz grâce à plus d'électronique et d'effectuer une mesure continue.

Au final, et malgré l'utilisation d'un petit microcontrôleur 8-bits, la solution retenue est l'algorithme de transformée de Fourier rapide (FFT). La transformée de Fourier est un algorithme permettant de convertir un signal temporel en ses différents composants fréquentiels, dont il devient alors possible de mesurer l'amplitude.

Ce type d'algorithme est souvent utilisé par les DSP, processeurs spécialisés dans le traitement

numérique et qui disposent d'instructions spécialisées pour ce type de calculs.

Le signal que nous mesurons ici est relativement lent (50Hz), et de plus, on ne cherche à mesurer qu'une seule fréquence du spectre – le 50Hz. Tout cela permet de réduire le nombre de calculs (de Radix-2 Butterfly) et l'AVR au final y arrive sans problème.

La FFT utilise une fenêtre de 64 échantillons avec fréquence échantillonnage telle que chaque composant fréquentiel ou 'bin' a une largeur de 5Hz. Ce choix nous permet de mesurer des fréquences de 50Hz ou 60Hz (US) sans avoir besoin de fonction de Windowing, tel que Hamming.

Chaque mesure est déclenchée par une interruption du *Timer* interne de l'AVR. Une salve de 16 conversions en 10-bits est réalisée par l'ADC dans un temps le plus court que possible.

Le microcontrôleur est à ce moment-là en mode *Sleep*, ce qui réduit le bruit interne et améliore la mesure analogique.

Ces 16 mesures sont décimées pour obtenir au final une mesure consolidée sur 12-bits.

Chaque nouvelle mesure consolidée donne lieu à un calcul partiel (1/64^{ème}) de la FFT.

À la 64^e mesure, la puissance finale est calculée et un nouveau cycle démarre.

Au final, on obtient 5 nouveaux résultats par secondes. Chaque résultat est évalué par l'automate qui contrôle le relais et les DEL, puis est transmis sur la liaison série.

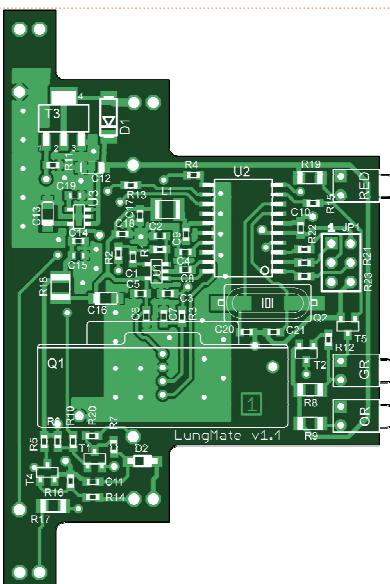
Le programme, une fois compilé remplit pratiquement la totalité de la mémoire FLASH de 8Ko. La RAM de 512 octets est consommée au 2/3 rien que par la mémoire tampon de la FFT.

Quant à l'EEPROM, elle stocke les paramètres de configurations que l'on peut ajuster en raccordant le module à un PC par le biais de son interface série.

Le chien de garde de l'AVR et le BOD sont activés en permanence par configuration des fusibles de l'AVR pour garantir un bon fonctionnement. Le compteur du Watchdog est remis à zéro dans la boucle principale de sorte qu'un hypothétique plantage redémarre le module. Le '*Brown Out Detector*' force un *reset* si la tension s'abaisse sous les 4.3V.

La réalisation

Le circuit imprimé est double face avec trous métallisés de 0.6mm dont la réalisation chez soi est très difficile. Autre petit problème, l'épaisseur du CI ne doit pas dépasser les 1.2mm, sans quoi, il ne rentre pas dans les encoches du boîtier. J'ai bien essayé avec du FR4 1.6mm classique, mais rien à faire, ça ne passe pas ! En revanche, le FR4 en 1.0mm convient très bien.



Le soudage des composants, lui, ne devrait pas poser trop de difficultés à ceux qui sont habitués à souder des CMS. Il ne faut pas se laisser impressionner par la petite taille des boîtiers 0603, on peut les souder au fer classique (petite panne requise) ou en reflux pour les mieux équipés. Il faut impérativement une fine pince brucelles (oubliez la pince à épiler de belle maman !), une loupe de vue et des mains habiles.

La méthode au fer à souder doit impérativement s'accompagner d'un apport complémentaire de flux lors du soudage. Utilisez pour cela un flux adapté aux CMS, et nettoyer toutes traces à la fin - le travail a l'air plus propre d'une part, et d'autre part, certains flux peuvent se révéler corrosifs à la longue.

Figure 3. Le circuit avec ses composants CMS

Les boîtiers 0603 doivent être soudés en premier, suivis des transistors SOT23, et finalement tous les composants CMS du plus plat ou plus épais. Le soudage des DEL et du petit connecteur se fait juste avant de souder les bornes de raccordement.

Le capteur peut alors être soudé, soit directement sur le CI, soit en le surélevant un peu avec une chute de FR4 ou tout autre isolant d'environ 1.5mm d'épaisseur pour aligner le trou du capteur avec la face du boîtier.

Les bornes de raccord du boîtier sont soudées directement au circuit imprimé. Le tout glisse dans les rainures du boîtier prévues à cet égard. Il faut percer 3 trous de 3mm en face avant du boîtier pour faire passer les DEL, et découper un des flans pour le capteur. La perceuse sur colonne de l'atelier est idéale pour percer les 3 trous. On peut utiliser son trusquin pour le marquage de la découpe latérale, puis faire une première coupe grossière. La coupe finale peut être réalisée avec un cutter le long du trait du trusquin, car la paroi est relativement fine, mais attention aux doigts !

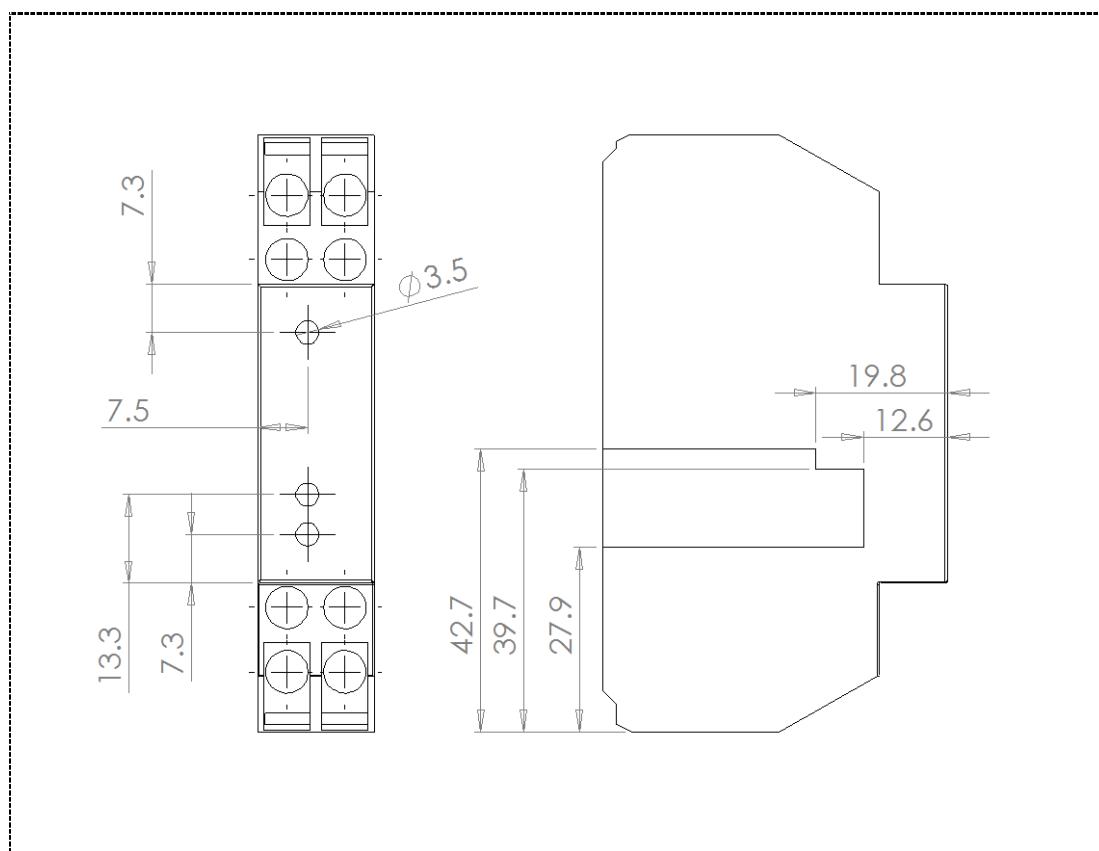


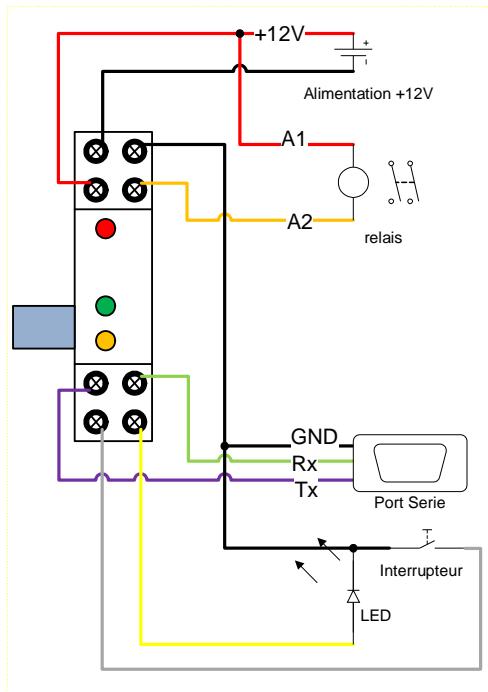
Figure 4. Découpe à prévoir pour le boîtier

La mise en place et les raccords

Le LungMate, le relais et l'alimentation se clippent simplement sur le rail du tableau.

Mais avant tout montage final dans le tableau, il convient de repérer tous les plots du module, quitte à utiliser un feutre ou une étiqueteuse pour marquer chaque plot au préalable.

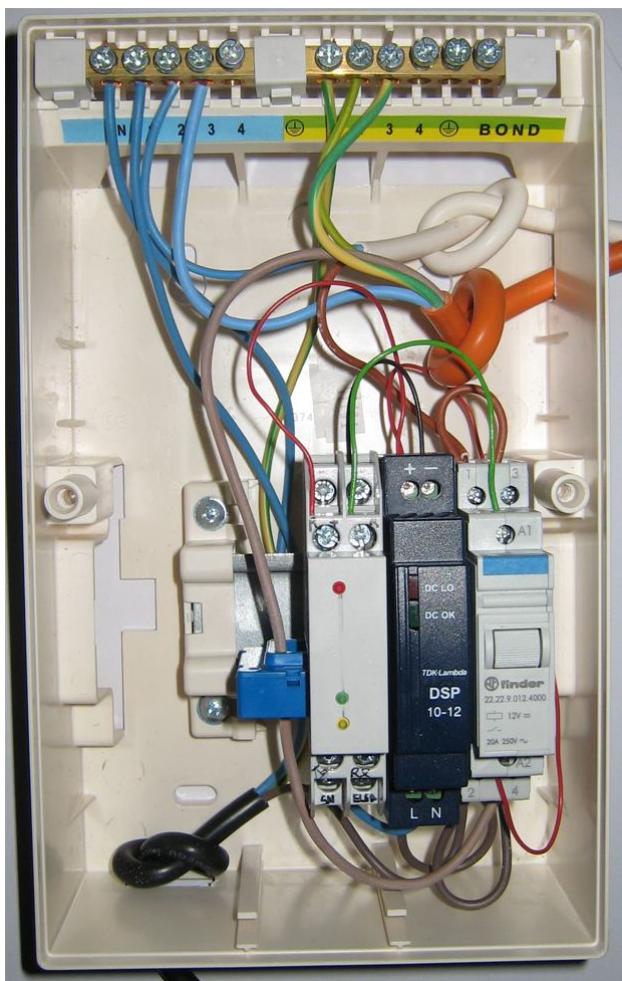
Il faut, bien entendu couper le courant avant d'entreprendre quoi que ce soit dans le tableau. Aucun des fils raccordés au module de commande ne doit être en 230V – ce serait rédhibitoire ! Pour faciliter cette tâche, on peut utiliser des fils de couleur (autres que les couleurs déjà utilisées dans le tableau) en diamètre 1mm pour tous les raccords en basses tensions.



Pour que le système fonctionne correctement, il faut que le capteur HAIS détecte le courant de toutes les machines sous monitoring. En revanche, il ne faut surtout pas que celui-ci détecte le courant de l'aspirateur. En effet, en mode automatique, une fois la machine à bois éteinte, le capteur de courant continuerait de détecter la charge de l'aspirateur, et donc, ne s'éteindrait jamais !

Dit autrement, on ne peut pas se contenter de faire passer l'arrivée principale de la tension secteur par le capteur. La détection marche aussi bien avec les phases qu'avec les neutres – mais surtout pas les deux ni quelconque mélange, sans quoi, on aurait fabriqué un différentiel !

Figure 5. Câblage du module. Tous les fils sont en basse tension.



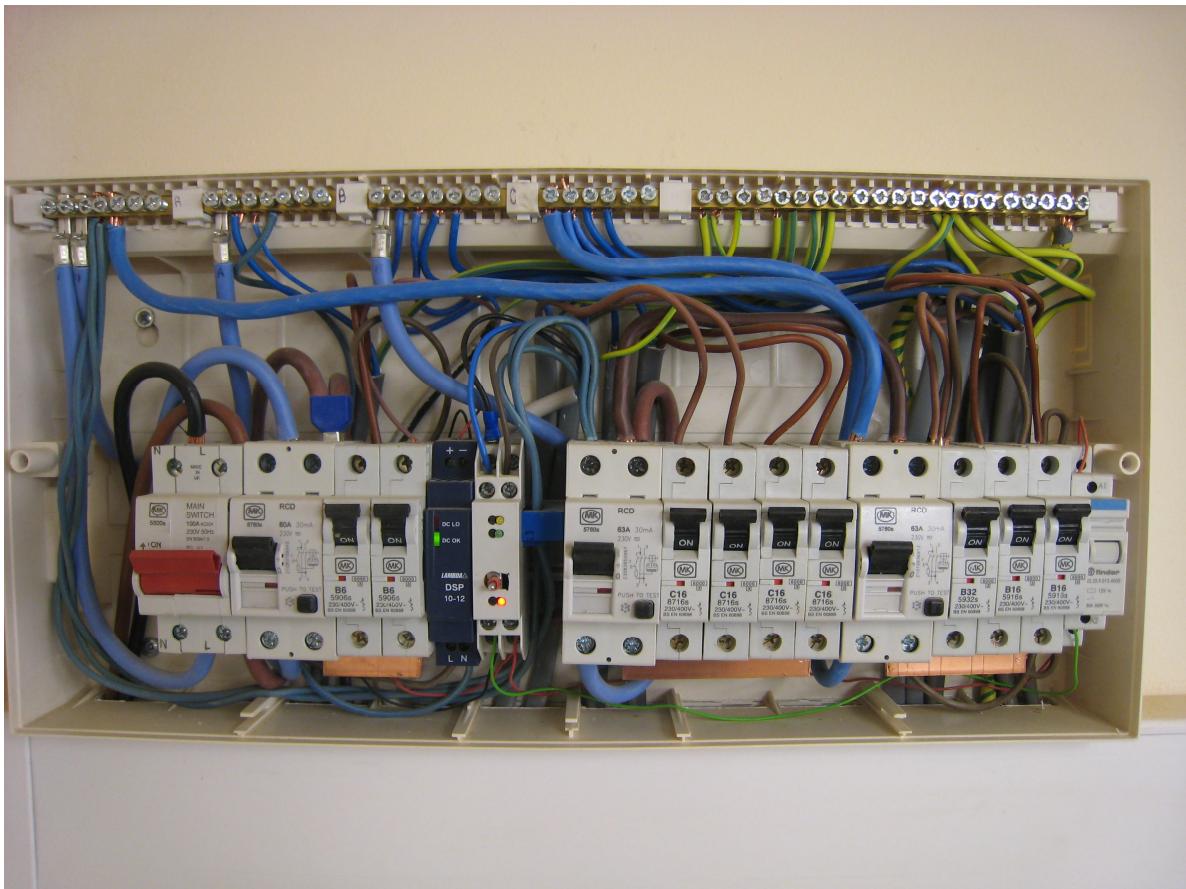


Figure 6. Exemple d'installation dans un tableau dédié. Ici, seule une phase est utilisée.

Figure 7. Exemple d'installation dans un tableau complet existent. Toutes les machines sont protégées par un bloc différentiel dont le retour de neutre passe par le capteur. L'aspirateur se trouve sur un autre bloc différentiel.

Seules les machines dont on souhaite qu'elles déclenchent l'aspiration doivent avoir un des fils de leur alimentation passé à travers le capteur HAIS. Si une seule machine est gérée, on peut faire passer le fil de phase par le trou du capteur. Si on souhaite gérer plusieurs machines à la fois, il faut faire passer chaque phase de chaque machine par le capteur. Une meilleure solution consiste dans ce cas, à regrouper toutes les machines à bois sur un disjoncteur différentiel commun, et de faire passer le retour de neutre de celui-ci par le capteur.

Voici le schéma du montage de mon atelier, qui est équipé de 5 machines de puissance contrôlant l'aspiration. Tous les circuits électriques sont protégés par des disjoncteurs différentiels, y compris le module de commande, et l'aspirateur.

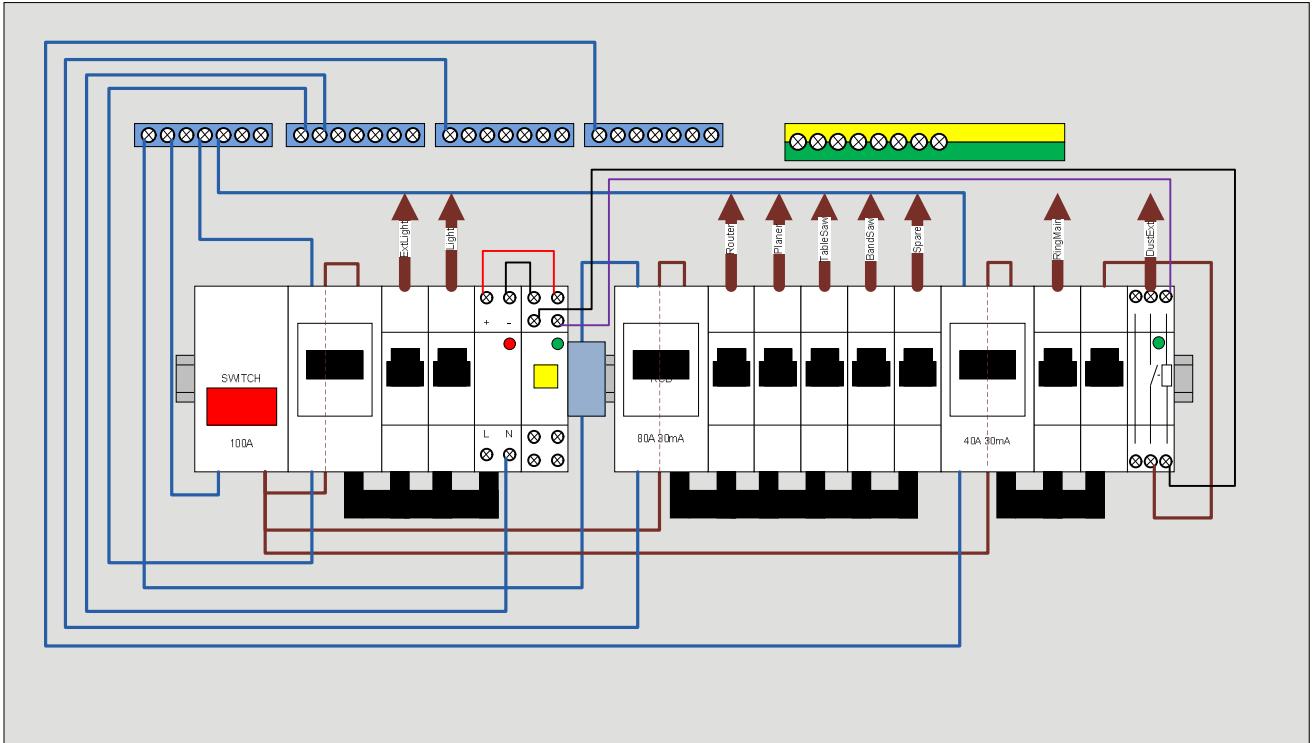


Figure 8. Un schéma de câblage du tableau de l'atelier aidera un électricien à se repérer.



Figure 8. Le tableau électrique dans l'atelier avec l'aspirateur à copeaux.

Configuration du module

Le module est préprogrammé avec un certain nombre de paramètres standards.

Lors de la première mise sous tension, le programme lit la mémoire EEPROM, et calcule un 'checksum'. Comme celui-ci est incorrect, tous les paramètres par défaut sont alors écrits dans la mémoire EEPROM. À la mise sous tension suivante, seule l'EEPROM fait foi.

Les paramètres peuvent être modifiés en connectant l'interface série du module à un PC utilisant n'importe quel émulateur de terminal tel que HyperTerminal.

La transmission s'effectue en 8N1 à 19200 bauds (8Bits, 1bit de stop, pas de parité) et pas de contrôle de flux.

Il suffit de taper sur <Entrée> pour activer le mode console. Dans ce mode, le module n'effectue pas de mesure.

Index	Description	Unité	Type de valeurs	Valeur par défaut
1	Seuil de puissance requis pour déclencher l'aspiration	Watt	De 50 à 9999	50 (Watt)
2	Redémarrer en mode 'Auto'	-	0 pour non 1 pour oui	1 (oui)
3	Temps de maintien de l'aspiration une fois la charge disparue	Seconde	De 0 à 99	5 (secondes)
4	Coefficient de calibration	-	De 1 à 32768	3380
5	Fréquence centrale à mesurer	Hz	De 40 à 70	50 (Hz)

Figure 9. Récapitulatif des paramètres configurables dans la console

Pour changer une valeur, il faut saisir l'index de la valeur à modifier puis <Entrée>, suivi de la nouvelle valeur.

Seuls les caractères valables sont acceptés. Un message d'erreur est affiché si la nouvelle valeur est hors norme. Le message 'OK' indique que la nouvelle valeur a d'ores et déjà été programmée. Un '0' fait quitter le mode console pour le mode mesure, et le système redevient alors actif. Si au bout de 8 secondes, rien n'est tapé, le chien de garde redémarre le module.

Liste des composants

Résistances (toutes 0603, sauf indication):

R1 = 42k2 (1%)

R2 = 47k5 (1%)

R3 = 29k4 (1%)

R4, R20, R21, R22, R23 = 270Ω

R5, R10, R12, R13, R14, R15 = 10kΩ

R6, R11, R16 = 100kΩ

R7 = 4k7

R8, R9, R17, R19 = 680Ω (boîtier 1206)

R18 = 10Ω (boîtier 1210)

Condensateurs (tous 0603):

C10 = 1 - 4.7µF (6.3V minimum)

C7, C19 = 4n7

C2 = 10nF

C20, C21 = 18pF

C4, C6, C8 = 47nF

C3 = 68nF

C1, C5, C9, C11, C14, C17 = 100nF

C15, C18 = 100pF

Condensateurs au tantale:

C12, C13, C16 = 2µ2 en boîtier A (16V)

Semi-conducteurs:

U1 = MCP6001(T) Ampli-Op en boitier SOT23-5 ou équivalent

U2 = Atmel Attiny861 20SU, boitier SO20

U3 = Micrel MIC5205U ou compatible

T1,T2 = BC857C

T4,T5 = BC848C

T3 = FZTA14

D1 = GF1A (DO214A)

D2 = BAT54 (SOD123)

LED1 = Led type H13X rouge

LED2 = Led type H13X orange

LED3 = Led type H13X verte

Divers:

L1 = 10 μ H, en boitier 1210, tel que Murata LQH32CN100K

Q1 = Capteur de courant HAIS-50P de chez HAIS (Farnell ou RS)

Q2 = Quartz 8.192MHz en boitier HC49

Relais, Finder 22.21.9.012.4000 (Farnell, 1765071)

Module d'alimentation, Lambda DSP10-12

Boitier, Altech 91.201 (RS, 2508420317)

JP1 = Connecteur 2x3 pin au pas 2.54mm

Chère rédaction,

Tout d'abord un grand merci et bravo pour votre publication que j'attends avec toujours autant d'impatience chaque mois depuis plus de 20 ans maintenant.

Électronicien de cœur et de formation, mais également passionné par le travail du bois, je souhaiterais vous proposer une réalisation qui, il me semble, pourrait parfaitement trouver sa place dans votre publication.

Il s'agit d'un gestionnaire d'aspirateur pour machines à bois. Cette réalisation, qui a trouvé sa place au sein de mon atelier, marche parfaitement depuis plus d'un an maintenant et m'apporte un réel confort.

Ne sachant pas vraiment la conduite à tenir, je vous fais parvenir un article, pour que vous puissiez vous faire une idée. Si cette réalisation venait à susciter votre intérêt, je vous pourrais vous faire parvenir un échantillon (j'en possède plusieurs déjà montés), ainsi que toutes informations complémentaires dont vous pourriez avoir besoin. Je peux également vous faire parvenir l'article en Anglais.

Je suis expatrié en Angleterre depuis plus de 17ans où je travaille comme ingénieur chez JDSU à la conception de systèmes embarqués pour le test des réseaux de télécommunication du monde entier. Bien qu'électronicien de formation, je travaille le plus souvent sur l'élaboration des logiciels.

Cordialement,

Guillaume Arreckx

Woodland

Franklyn's

Plymouth, Devon

PL6 5JG

Angleterre

+44 (0)1752 765 319

elektor@arreckx.com

Information sur la réalisation

- CAO CI sur Eagle 5.6
- CAO 3D pour côtes et visualisation sur SolidWorks 2009
- Conception du logiciel sur suite WinAVR et compilateur AVR-GCC (dont je suis contributeur)
- Documentation autre, Word, Acrobat et Visio.
- Circuit imprimé fabriqué par PCB-POOL
- Soudage à la main initialement puis par reflux. Le circuit peut être réalisé à la main.

Les points suivants ne sont pas vraiment abordés ici, mais pourraient être abordés :

- Fonctionnement interne du capteur de courant à effet Hall
- Calcule de la FFT (couvert par Elektor Janvier2010, no 379)
- Logiciel (organigramme)