

Le banc comprend un moteur universel à stator en série, provenant d'un lave-linge (500W 12000rpm). Le moteur est relié mécaniquement à l'organe à tester par une courroie Poly-V. Il est commandé par un module PWM à triac, ce module est piloté par un potentiomètre. Il est composé de modules indépendants (réutilisables dans d'autres projets)

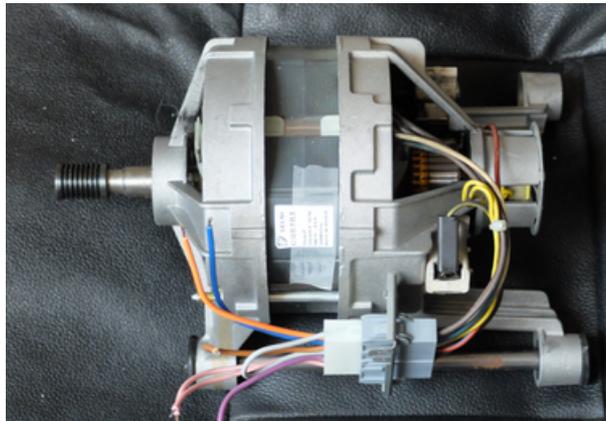
- commande PWM du moteur
- affichage du régime (galvanomètre analogique) mesure sur le volant

1 Objectifs

pouvoir commander en phase le moteur avec un minimum de puissance calé plus près du zéro que les gradateurs classiques. La puissance mini correspond à une impulsion de commande de triac générée au plus près de la fin de l'alternance. La commande classique est faite par déphasage de la tension secteur qui déclenche le triac via un diac (déclencheur à seuil) une erreur de phase (provoquée par les dispersions de valeurs des composants et leur sensibilité à la température) peut provoquer l'impulsion au début de l'alternance suivante, donc à puissance maximum. Les gradateurs commerciaux ont donc une marge de sécurité très importante pour éviter cette erreur de phase et le minimum de puissance est donc loin de la fin de l'alternance. Des sécurités matérielles l'évitent ici : inhibition logique de l'impulsion triac autour de la détection du zéro. Ce module est piloté par une tension provenant soit d'un potentiomètre.

2 Moteur

13/07/2015 **moteur obtenu à la déchetterie** (gratuit)
 moteur très peu utilisé, aspect très propre, gorge d'usure = 0,1mm, pas de date-code
 490W 12000 rpm



câblage mesuré

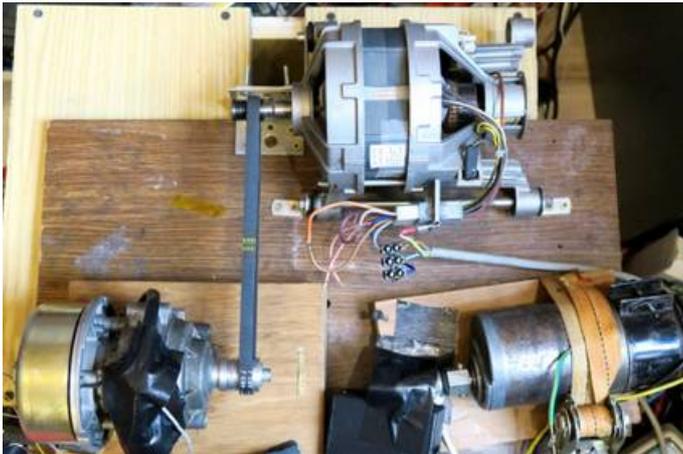
	Coté moteur	Coté câblage
Stator 1	brun	Gris (relié au rouge)
Stator 1	brun	orange
Stator 2	bleu	bleu
Stator 2	blanc	brun
rotor	rouge	Gris (relié au brun 1)
rotor	noir	violet
Alternateur tachy	jaune	rose
Alternateur tachy	jaune	rose

En plus il est made in France et de bonne qualité, rare !

Le moteur est un moteur série à balais (diamètre du fil des enroulements de stator plus grand que fil du rotor, en fait de section double - diamètre 1,4 fois plus grand - car dans le rotor, le circuit d'une lamelle vers la lamelle ¹opposée passe des deux côtés de l'axe, donc deux fils en parallèle. Lorsque le diamètre des fils est bien inférieur à celui du fil rotor, cela signifie que l'inducteur est branché directement sur le 230V (stator parallèle).

Ce moteur nécessite les deux stators en série. Accepte le secteur (avec PWM par triac) aux fils violet et bleu, les fils brun et orange reliés. N'accepte pas un seul stator (1), n'accepte pas l'inversion du stator 2, je n'ai pas encore d'explication claire pour cela. L'inversion de sens est donc faite par inversion des fils du rotor, qui n'était pas appliquée dans la machine d'où provient le moteur. Le stator 1 semble contenir simplement une protection de sécurité thermique genre Klixon (résistance très faible, plus faible que celle d'un polyswitch).

Inversion de la rotation par inversion du rotor = OK.



moteur accouplé au volant Moriyama neuf.
il y a une dynamo vintage Lucas E3H prête pour essais.

pour la poulie montée sur un palier pour la dynamo, j'ai pris l'option, chez France-Poulies, de l'ajustement H7 du trou central : tout faux ! La cote n'était pas respectée et ils m'ont téléphoné pour savoir si je voulais une saignée pour clavette, totalement inutile dans ce cas, j'ai donc répondu par la négative, trop tard, ils avaient déjà fait la connerie (sans doute avant leur coup de fil), et la saignée traverse la poulie ! Une trentaine de piastres foutus en l'air. Heureusement que leurs courroies et poulies nues sont de meilleure qualité. Leurs tableaux m'indiquent qu'une courroie à 4 nervures suffit ici, mais, comme j'ai pris l'option de 8 nervures, j'ai essayé de mettre une courroie 8 nervures puisque c'est possible, mais ça bouffe quand même inutilement de la puissance et tourne moins vite.

Réalisation avec un variateur I.B.

le montage sert aussi pour des dynamos Lucas

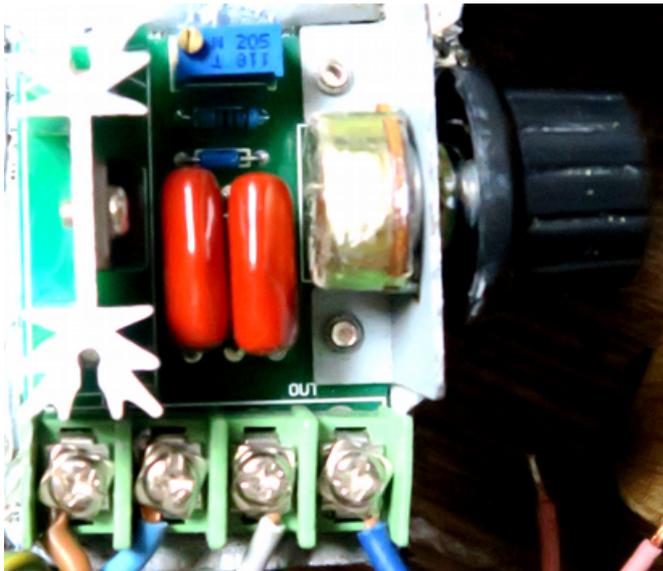
Un moteur d'aspirateur dispose d'une puissance supérieure, mais n'a pas de poulie Poly-V et se connecte bien plus difficilement au volant à tester, et surtout, exige une ventilation forcée et soignée.

1 Et une mèche sur ces lamelles ! (ctp*)

2.1 Commande moteur par gradateur de lumière commercial

Pour commander la vitesse d'un moteur universel (à balais) provenant d'un lave-linge, et destiné à un banc d'essais de dynamos et volants magnétiques, j'ai commencé par utiliser un variateur à bon marché d'origine chinoise. C'est plutôt destiné à des lampes halogènes où la précision n'est pas nécessaire et on ne s'apercevra guère de variations importantes. Dans mon cas, avec un moteur, la variation est très importante : pour un moteur tournant jusqu'à 10 000 rpm le ralenti ne peut commencer qu'à 1500 rpm et varie tout seul de 1000 rpm à 3000 rpm !

C'est pas parce qu'il est chinois, mais seulement par sa techno diac + triac et peu de composants et que la phase est en plus faussée par les variations de tension du secteur.



Variateur chinois, à une poignée de piastres

L'utilisation prévue de ce variateur est l'éclairage incandescence. Particularités : la lampe n'éclaire qu'à partir d'environ 20 % de la tension, le montage ne déclenche qu'au-delà de la tension de seuil du diac (environ 30V) et avec le retard apporté par la cellule RC, le calcul du schéma montre que le ralenti est à 70 % du temps de la demi-sinusoïde. Une LED a besoin de descendre bien plus bas, car dès qu'il y a le moindre courant, elle est visible. Ce gradateur est incapable de « dimmer » correctement des LEDs. Il en est de même pour le moteur qui peut démarrer à moins de 5 % de sa tension nominale

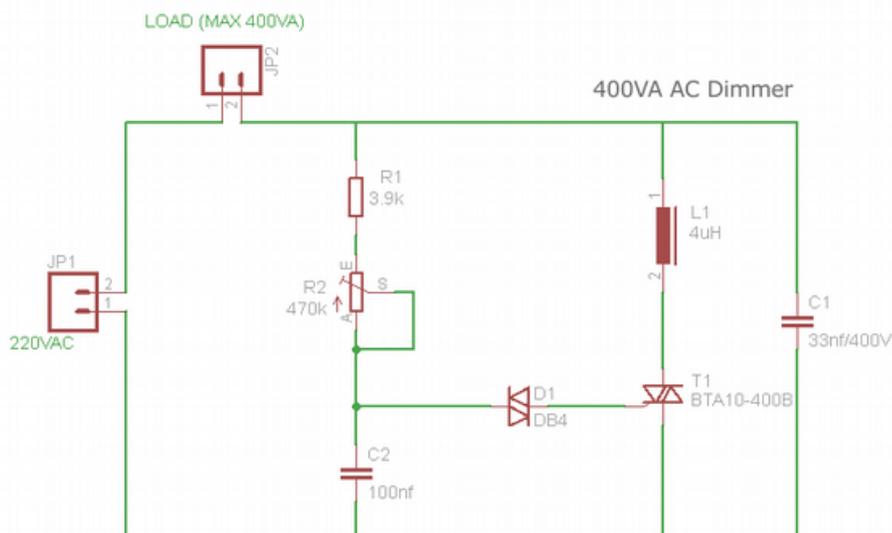


schéma typique d'un gradateur de lumière, sans détection de passage à zéro du secteur et sans transfo

vient d'ici : <http://www.electronic-lab.com/project/400va-ac-light-dimmer/>

La commande par triac placé en série avec la charge (lampe ou moteur) demande une impulsion de déclenchement, après quoi il reste conducteur jusqu'au prochain passage par zéro du courant (pas de la tension, ce qui amène quelques pièges sur des charges réactives - capacitives ou inductives) il faut envoyer le pulse quand il faut. En 50Hz (Europe) la période est de 20ms, la demi-période est de 10ms. Les deux demi-périodes délivrent chacune la même énergie, une fois en positif, une fois en négatif, mais pour un moteur universel (à balais) ou une lampe, c'est la même puissance délivrée, on utilise donc la demi-période.

À partir du moment de la détection du zéro de tension, il faut attendre le temps qui va bien et déclencher le triac. Ça peut être fait par un circuit RC (mais on ne peut pas couvrir 0 à 100%), par un monostable, ou un processeur (en fonction « monostable »).

Le point délicat est de commander le « ralenti » = envoyer le pulse quelques fractions de ms avant le zéro. Comme on a déclenché le monostable au début de la demi-alternance, il faut qu'il s'arrête précisément avant le passage à zéro. S'il s'arrête et envoie le pulse au début de la demi-alternance suivante, c'est un démarrage à donf, c'est donc brutal pour la mécanique, car on bénéficie des instabilités fortes inhérentes à un monostable variations de seuil et tolérances et variations des composants RC (sauf un monostable à μC). J'ai vu ça quand j'ai importé une machine à laver en Californie (Madame ne se contentait pas des machines rudimentaires américaines des 80', qui brassaient doucement, et ne lavaient que par des détergents agressifs ce qui faisaient renouveler souvent le linge) le microprocesseur rudimentaire de l'époque envoyait des impulsions, pour le démarrage au ralenti, toutes les 10ms (en France) au lieu de 8,33 ms, c'était du brutal ! Un petit changement de quartz (dans la Silicon Valley, on trouve immédiatement tous les composants électroniques nécessaires) et j'ai rétabli un fonctionnement doux et progressif du moteur, évidemment les temps de cycle ont aussi été augmentés de 20 % mais ça, Madame n'a même pas vu. La gueule de ses copines françaises qui regrettaient leur machine du pays, mais qui redoutaient tout SAV là-bas et n'osaient me demander de changer leur quartz ! C'était ma première expérience de gradateur sur un moteur de lave-linge, et, tiens, aujourd'hui j'y replonge !

Le moteur de lave-linge est très intéressant pour un banc de dynamo ou de volant, car :

- moteur universel (AC/DC), à balai commandable par un triac (ce qu'il est d'origine mais la commande, par un μC , est difficilement récupérable)
- bas prix en déchetterie, j'ai eu celui-ci gratuitement
- puissance de 500 W
- régime élevé (12 000 rpm à vide)
- sortie sur poulie poly-V, ça permet une transmission souple et de ne pas trop se soucier du parallélisme et du positionnement moteur-volant, mais ça rend la régulation de vitesse difficile

Spécifications de conception

sécurité secteur :

- il y a du 230V, c'est mortel, pas seulement pour le claud François, mais aussi pour l'électronique, j'ai eu un problème de bout de cuivre baladeur, après le blast, je n'ai même pas tenté de remettre le jus sur les restes d'arduino, j'avais oublié qu'un transfo d'impulsion isole très bien mais que si on lui met 230V d'un côté, il envoie 230V au μC ! Voir photo
- Isolation par optocoupleur ou transfo d'impulsion
- distances d'isolement > 5mm, et aralditage des électrodes à nu
- nettoyage soigneux des restes de flux de brasure à l'alcool isopropylique
- ligne de fuite (creepage distance) > 7 mm par fente dans le circuit imprimé (regardez donc dans tout bloc d'alim moderne sur secteur marqué CE, il y a des fentes dans le circuit entre côté 230V et basse tension.
- Collage final de feuilles d'isolant rigide

sécurité emballage

- interdiction logique de pulse pendant l'impulsion de détection de passage à zéro

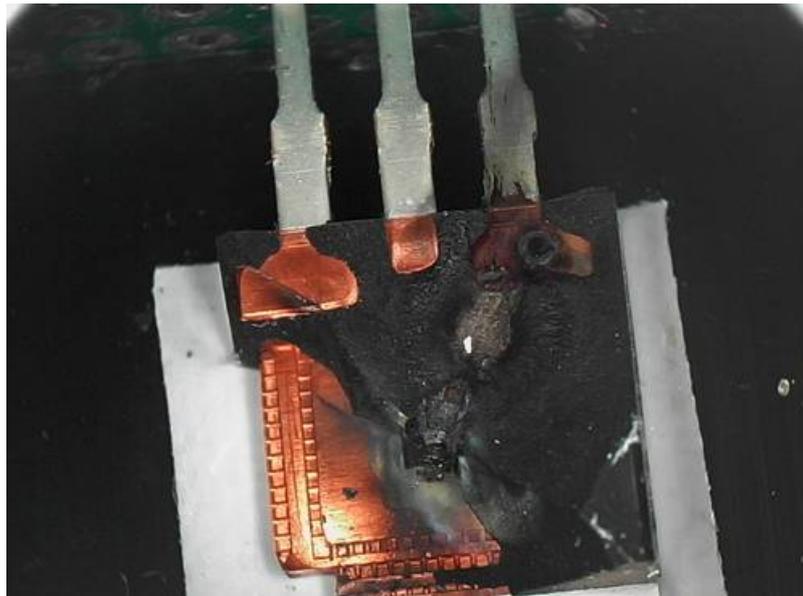


Triac explosé !

Voici le résultat d'une explosion du triac, en cours de mise au point, sans autre dommage, toutes les précautions nécessaires avaient été prises.

Faissez gaffe !

La commande de grille du triac par un coupleur opto évite toute réinjection de tension parasite ou surtension du secteur vers l'électronique, contrairement au transfo d'impulsion.



2.2 Commande de triac

La commande se fait entre Terminal 1 et gate, et il y faut une impulsion $>1,6V$, avec un courant dépendant du quadrant de commande.

1. quadrant 1 = Terminal 2 positif, gate positive, sensible
2. quadrant 2 = Terminal 2 positif, gate négative, moyennement sensible
3. quadrant 3 = Terminal 2 négatif, gate négative, moyennement sensible
4. quadrant 4 = Terminal 2 négatif, gate positive, peu sensible

A noter que les triacs snubberless ont été insensibilisés pour le quadrant 4

La commande est faite par un optocoupleur qui assure une très bonne isolation et une absence totale de rétro-action (un incident sur la partie 230V, n'aura aucune répercussion sur le circuit 5V)

La commande par transfo d'impulsion était classique il y a quelques décades, et encore à ce jour, pour les réalisations professionnelles à grande dynamique, présente une isolation qui peut être très importante, et envoie l'impulsion entre T1 et la gate, où la tension de déclenchement est toujours inférieure à 2V. Par contre il faut protéger le circuit BT de tout accident sur la partie HT, le transfo d'impulsion marchant dans les deux sens. Cette protection est assurée par des résistances qui normalement limitent le courant de gate, et, en cas de surtension HT servent de fusibles, l'énergie en excès étant absorbée par une TVS (transient voltage suppressor, transzorb, transil, varistors, décrivant plusieurs variantes de zeners rapides, apte à encaisser des surcourants brefs importants, le temps que la résistance fusible explose)

La commande par quadrants 1-3 permet la commande double alternance du moteur quasiment de 0 à 100 %, par triac (sans thyristor + pont de diodes).

Le transfo d'impulsion est réalisé par bobinage avec fils isolés téflon (très forte isolation électrique et tenue à très haute température) d'au moins un bobinage, sur un tore ferrite.

3 Commande par 555 CMOS

Particularité des versions CMOS dont je me sers :

Applying a negative pulse simultaneously to the Reset terminal (pin 4) and the Trigger terminal (pin 2) during the timing cycle discharges the external capacitor and causes the cycle to start over.

Ça permet de bien synchroniser le 555 sur le zéro secteur et d'empêcher la commande du triac dans la zone interdite.

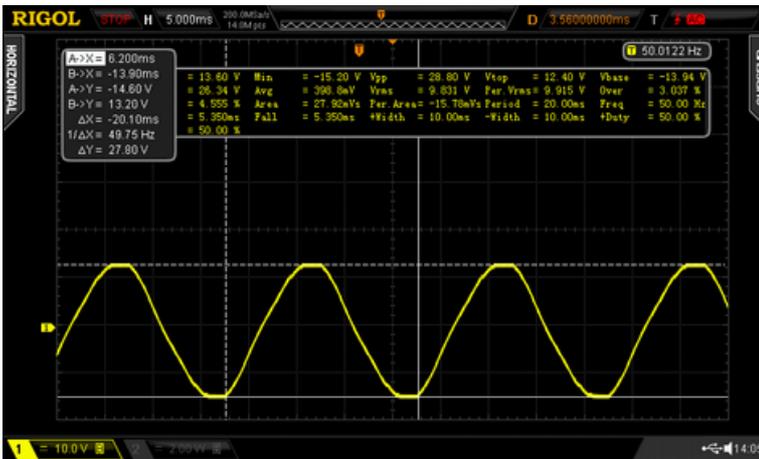
3.1 le transfo secteur :



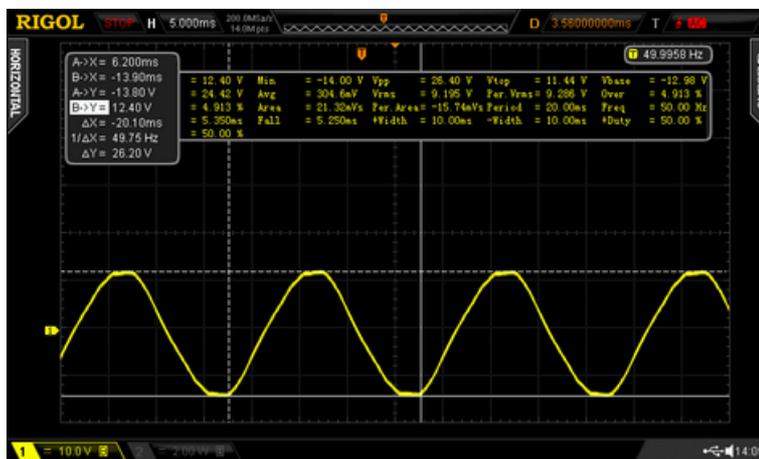
transfo récent (labellisé 230V) mais sans marquage CE, **il faudra donc un fusible**

une autre valeur de sortie que 9V changera la largeur de la détection de zéro

Le circuit électronique a besoin d'un transfo secteur pour l'alimenter et pour pouvoir détecter le passage à zéro de cette tension. La tension de sortie montre une tension à vide non sinusoïdale, il y a donc début de déformation due à une saturation commençante (économies de fer et de cuivre), on va faire avec, et avec son léger échauffement.



sortie à vide
 $V_{rms} = 11,6V_{rms}$
 $V_{crête} = 33V_{pp}$

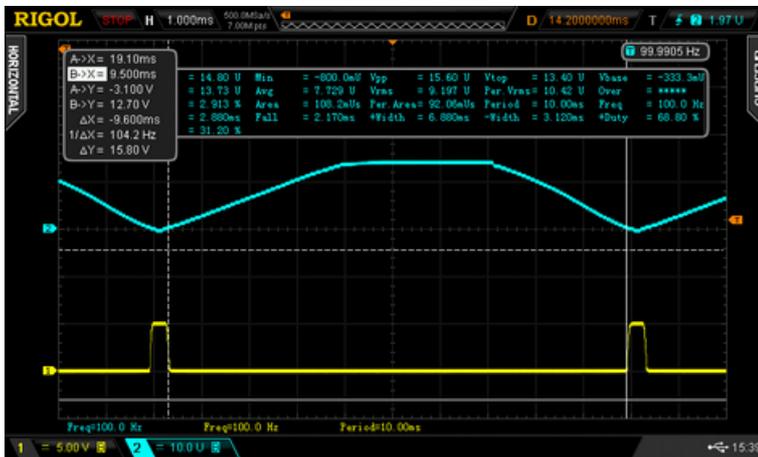


sortie sur résistance 44Ω
 à la charge max prévue du transfo $I = 0,2A$
 tension efficace 9,2Vrms, 26,4Vpp

guère plus sinusoïdal

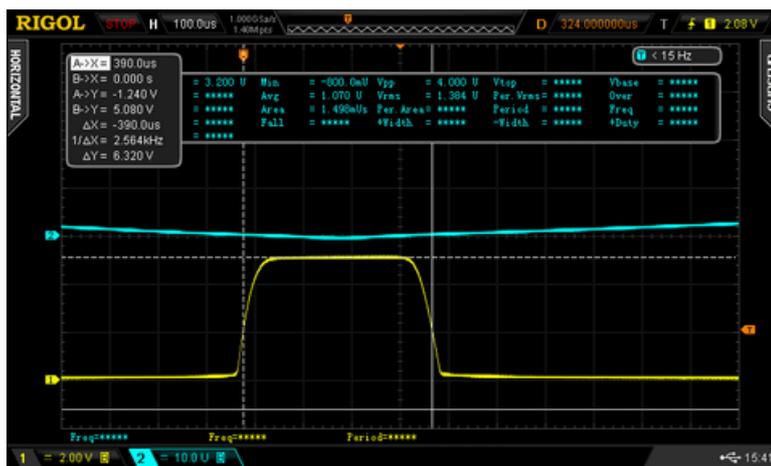
3.2 circuit de détection du zéro secteur

La détection du passage à zéro du secteur utilise les doubles demi-alternances (demi-sinusoïdes de même polarité et descendant à zéro volts, un transistor bipolaire (BC547) ne conduit qu'à partir de 0,6V sur les 13V crête, un autre transistor (MOS BS170) inverse le pulse pour obtenir la polarité correcte pour le 555, appliquée simultanément à RESET et TRIG.



puisqu'on a un redressement double alternance, la période est de 10ms (fréquence 100Hz)
la durée utile est limitée à 9,6ms

la courbe en bleu devrait être une magnifique demi-sinusoïde, mais avec un transfo saturant un peu et avec le reste des circuits, il y a un écrêtage du sommet, mais on s'intéresse ici au passage à zéro



durée du pulse de zéro : 390μs, bien centré sur le minimum de tension

pendant cette durée, le triac ne doit absolument pas être rendu conducteur

3.3 le 555

Le 555 est en version CMOS (TLC555 ou TS555 par exemple). Il est commandé par les broches RESET et TRIG en parallèle, ce qui fait que l'excursion de tension du RC est de 0 à 2/3 de Vcc et sa période est donc plus longue que celle d'un astable avec le même réseau RC : pot 47k (avec talon de 470Ω) et 0,2μF. Le fait de pouvoir relier RESET et TRIG permet d'assurer que même avec une résistance de pull-up de la broche 6 trop forte, l'impulsion de sortie ne débordera pas sur l'alternance suivante (ce qui équivaldrait à une commande à fond)

Sa sortie est capable de commander un courant de 100mA avec une excursion rail-to-rail (0,4 à 4,8V).

Le courant à l'état bas permet de commander la LED du coupleur opto via un condensateur pour ne pas faire durer le plaisir trop longtemps. Comme la résistance de pull-up est reliée au +5, d'où son nom, et que la LED du coupleur ne conduit pas sous le seuil de 1,5V, la tension de décharge de la capa n'est pas affectée de l'incertitude de l'asymptote classique d'un circuit RC. La durée, compte tenu du déchet de 0,4V et de la limite de 1,5V de l'AsGa du coupleur, correspond à 62 % de



l'exponentielle (contre 63 % de la valeur de τ pour la constante de temps RC pur). Avec $R=150 \Omega$ et une capa de $0,1\mu\text{F}$, la durée utile de l'impulsion est donc de $15\mu\text{s}$ et ne doit absolument pas dépasser le zéro de tension secteur avec une impulsion de zéro de durée totale de $390\mu\text{s}$.

3.4 Commande du triac

La commande du triac se fait par un optocoupleur MOC3021. Sa LED d'entrée est en arséniure de gallium (AsGa) dont la tension directe est de $1,2\text{V}$ mais dont la tension inverse ne doit pas dépasser 3V .

La commande se fait entre Terminal 1 et gate, et il y faut une impulsion $>1,6\text{V}$, avec un courant dépendant du quadrant de commande.

5. quadrant 1 = Terminal 2 positif, gate positive, sensible
6. quadrant 2 = Terminal 2 positif, gate négative, moyennement sensible
7. quadrant 3 = Terminal 2 négatif, gate négative, moyennement sensible
8. quadrant 4 = Terminal 2 négatif, gate positive, peu sensible

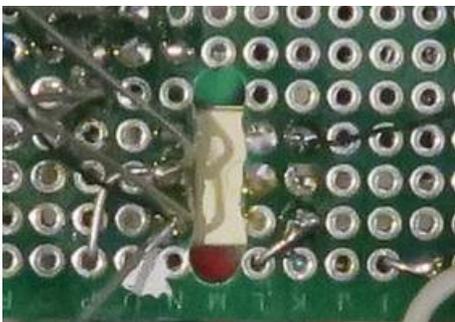
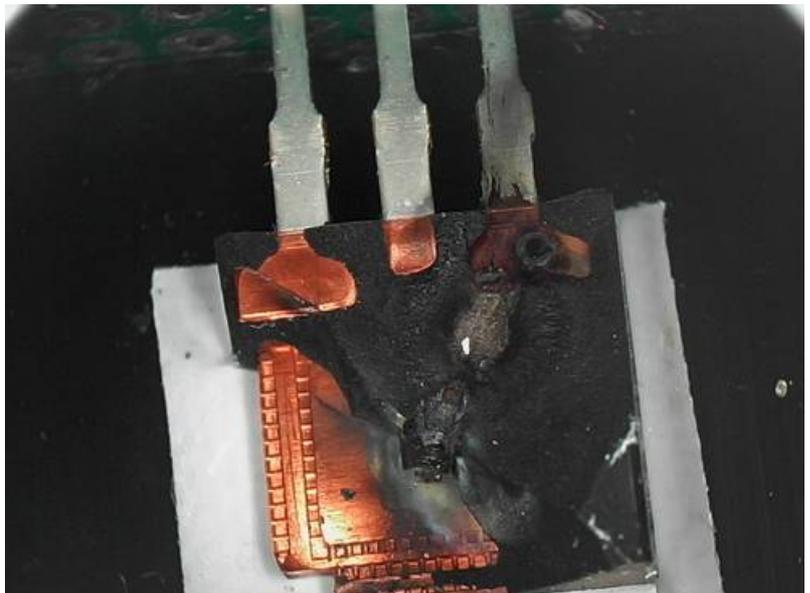
A noter que les triacs snubberless, dont le BTA16-600 que j'ai choisi ici, ont été (quasi) insensibilisés pour le quadrant 4

Le snubber, dont je n'ai plus besoin (c'est juste pour vous envoyer un peu dans la culture (*)) est un réseau RC en parallèle sur T1 - T2 destiné à empêcher les déclenchement parasites en cas de charge réactive (dont les moteurs) et à assurer des commutations-décommutations plus propres). Il fait 33Ω 5W et $0,1\mu\text{F}/400\text{V}$ isolant MKP, classe X2.

Triac explosé !

Voici le résultat d'une explosion de triac, en cours de mise au point

Faissez gaffe !



La ligne de fuite HT est augmentée par une fente dans le PCB, sous le MOC3021, qui sera remplie d'époxy. Exigence IPC et CE.

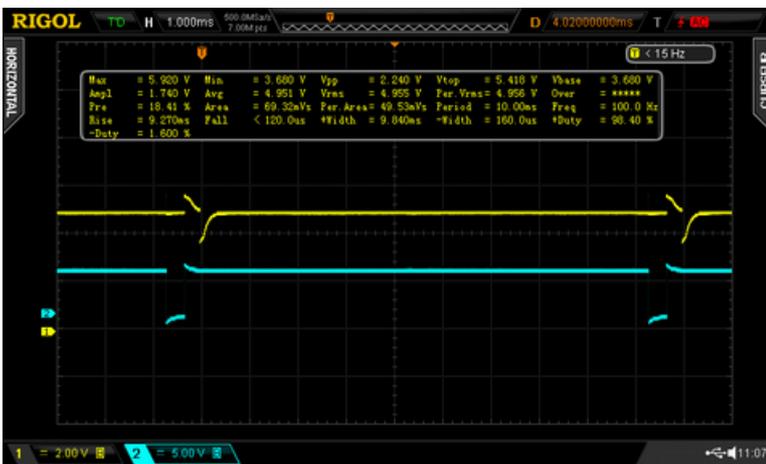
3.4.1 Variateur, vitesse minimale



En bleu : pulse zéro secteur
 en jaune impulsion au coupleur opto (seul le début du front négatif est actif)

le triac est activé quasiment à la fin de l'alternance
 = tension efficace nulle

3.4.2 Variateur, vitesse maximale



En bleu : pulse zéro secteur
 en jaune impulsion au coupleur opto (seul le début du front négatif est actif)

le triac est activé quasiment au début de l'alternance = tension efficace maximale

Ce petit différenciateur clampé évite l'utilisation d'un monostable supplémentaire, l'amplitude du signal est limitée de (+5V -1,5V) à (+5V +0,6V).

4 Conclusions

Ce montage qui n'utilise que des composants courants et non programmables permet une commande très souple d'un moteur universel alimenté par le secteur 230V (moteur de lave-linge, d'aspirateur, etc). Un minimum d'explications est donné dans ce papier, il ne faut toutefois pas changer inconsidérément les valeurs, sous peine de comportement incontrôlé.

La commande fonctionne bien avec un moteur universel, une lampe à incandescence, mais pas avec une LED secteur ordinaire (non dimmable).

Inutile de rappeler (mais je le fais quand même) que ce genre de montage qui mélange électronique, basse tension et secteur est **dangereux. Il ne doit être entrepris que par ceux dont les compétences sont suffisantes et dépassent cette note, forcément liminaire, et à leurs propres risques.**

Video disponible sur mon site :

http://www.hackerschicken.eu/www/electronics/variableur_555.MOV



Table of Contents

1 Objectifs.....	1
2 Moteur.....	1
2.1 Commande moteur par gradateur de lumière commercial.....	3
2.2 Commande de triac.....	5
3 Commande par 555 CMOS.....	6
3.1 le transfo secteur :.....	6
3.2 circuit de détection du zéro secteur.....	7
3.3 le 555.....	7
3.4 Commande du triac.....	8
3.4.1 Variateur, vitesse minimale.....	9
3.4.2 Variateur, vitesse maximale.....	9
3.5 schéma.....	10
4 Conclusions.....	11