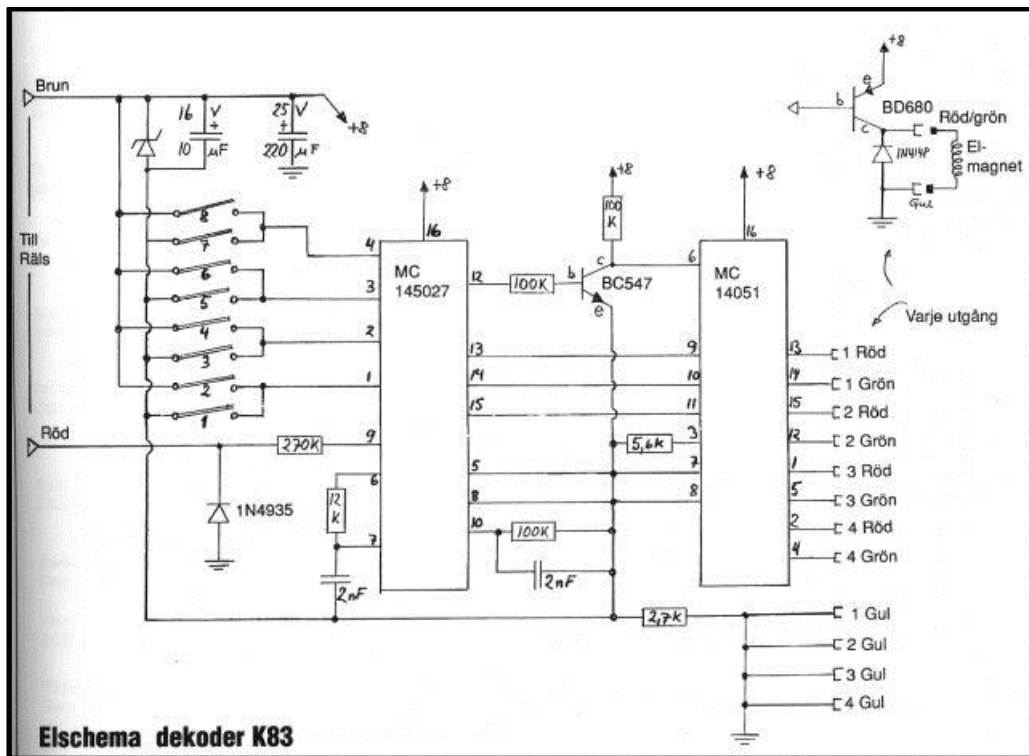


SIMULATION DU DYSFONCTIONNEMENT DU MOTEUR D'AIGUILLAGE MARKLIN

1. Schéma de base du décodeur

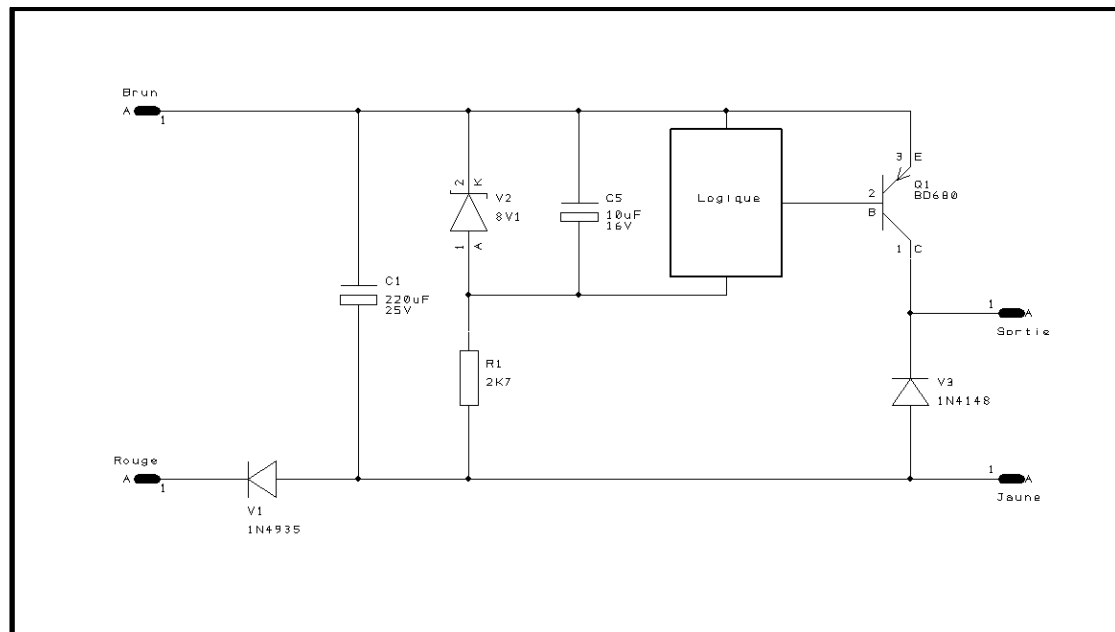


Ce schéma provient du web et décrit la partie décodage d'adresses et démultiplexeur avec la logique associée pour commander les transistors de puissance permettant la commutation de 4 aiguillages, donc 8 bobines. Cela complique la compréhension du dispositif et n'apporte rien dans la compréhension de ce qui se passe au niveau d'un seul « switch » de fin de course qui est l'élément défaillant des moteurs d'aiguillage voie C et voie K.

La tension d'alimentation du moteur est réalisée par redressement du signal digital. Le schéma ci-dessus est également ambigu quant à l'alimentation du Darlington de puissance, qui semble être alimenté par une tension de 8 V alors qu'il est en fait alimenté sous environ 17 volts.

Cette partie peut être simplifiée comme me l'a proposée Sylvain (Delias82) que je remercie de sa participation dans cette étude pour la rendre plus accessible.

Si on se focalise uniquement sur la partie commutation avec le Darlington de puissance, ce schéma peut être réduit à celui que m'a communiqué Sylvain :



J'ai simulé la partie alimentation en prenant un signal digital, dont on peut faire varier le rapport cyclique, et j'ai introduit une résistance d'arc au niveau du switch de fin de course pour limiter le phénomène transitoire pour qu'il soit plus proche de la réalité physique puisque compte tenu des tensions mise ne jeu, cet arc se produira, et c'est lui qui est responsable de la défaillance de nos moteurs.

Le retour de masse de cette alimentation se fait par la diode 1N4935 figurant en bas à gauche du schéma. Cette représentation nuit aussi à la compréhension de ce schéma, car le fil brun, qui est souvent pris comme référence de masse, se retrouve au potentiel de 17 V quasi continu.

J'ai modélisé avec les outils que je possède, LT SPICE, le schéma de la partie sensible du système.

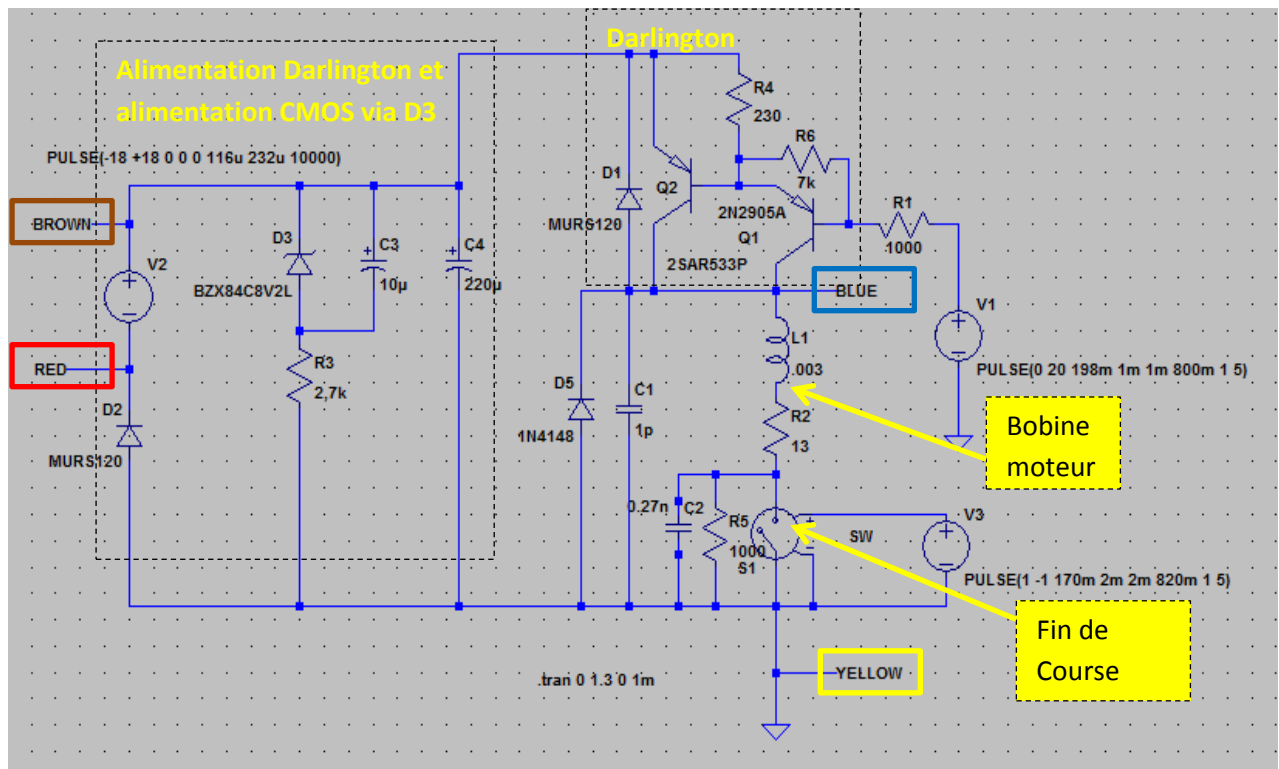
J'ai simulé le Darlington BD680 à partir de sa « data sheet », car je n'ai pas trouvé de Darlington dans la bibliothèque LT SPICE.

J'ai pris les composants les plus connus ou ayant des caractéristiques compatibles.

2. Schéma de simulation

J'ai fait en sorte que ce schéma soit le plus cohérent possible avec le schéma simplifié et j'ai repéré les accès pour que l'on puisse bien visualiser les interfaces :

- Signal digital d'entrée (bornes marron et rouge), qui après redressement et filtrage fournit l'énergie, sous forme d'une tension quasi continue (DC en anglais), au Darlington de puissance
- Alimentation de la bobine d'aiguillage (bornes jaune et bleue) par ce Darlington pendant un bref instant de l'ordre de 200 ms



Les sources à droite du schéma permettent de faire les excitations temporelles

- Du transistor Darlington de commutation pour V1
- Du switch de fin de course pour V3, avant la fin de l'excitation du transistor pour voir ce qui se passe au niveau de ce switch.

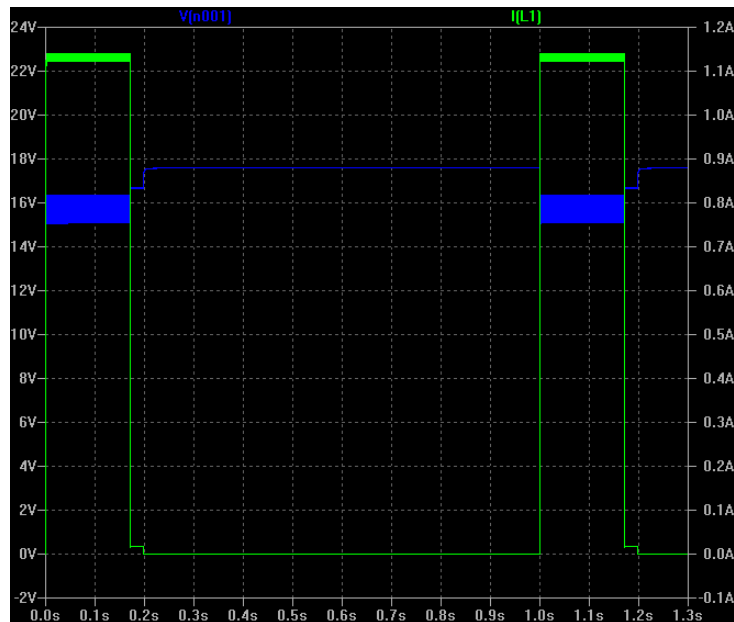
Le switch S1 est idéal et pose quelques problèmes de stabilité quant au fonctionnement du logiciel !!

L1= 3 mH représente la self de la bobine du moteur, et R2 =13 ohms sa résistance ohmique mesurée.

C2 = 270 pf est le condensateur placé aux bornes du micro switch de fin de course.

La résistance R5 a été ajoutée pour simuler une résistance moyenne, correspondant à ce qui se passe à l'amorçage de l'arc. Cette résistance amortit le régime transitoire pseudo sinusoïdal que l'on trouve en l'absence de cette résistance et qui n'est pas visible en réalité. Avec cette valeur, la tension transitoire monte tout de même à plus de 900 volts, tension qui justifie la présence de cet arc destructeur du contact de fin de course, à long terme.

3. Commutation sur 2 cycles



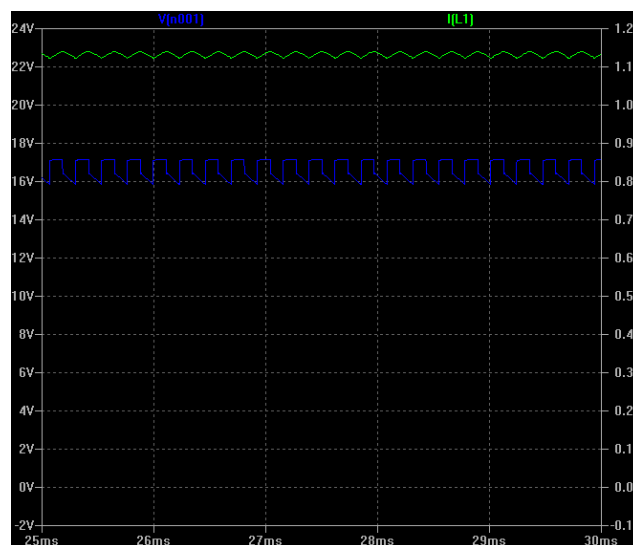
Le courant dans la bobine du moteur semble un peu fort, plus de 1,1 ampère (courbe verte).

NOTA : Les décodeurs récents M83 permettent de réduire l'énergie sur le transistor Darlington et ainsi la sollicitation sur les composants, dont contact le contact de fin de course.

La tension alimentant le dispositif est de plus de 16 volts (Courbe bleue). Cette tension est fortement ondulée pendant la période de forte consommation et remonte autour de 17,5 volts hors appel de courant.

Le condensateur de filtrage de 220 microfarads est un peu faible, mais il n'y avait peut-être pas la place d'en mettre un de plus forte valeur !!

Loupe sur l'ondulation :

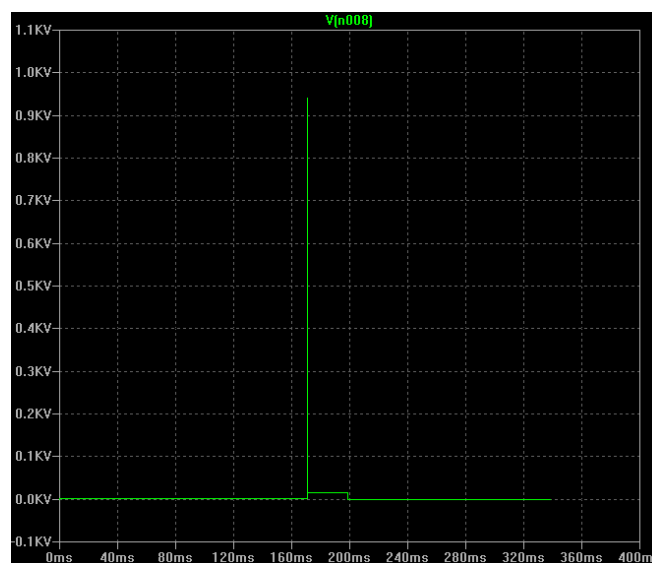


4. Transition au moment de la commutation du switch de fin de course

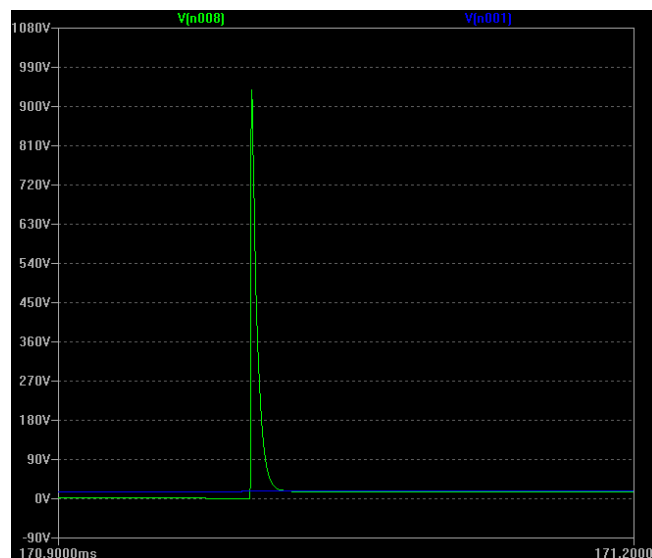
Cette réponse transitoire très amortie résulte de l'introduction de la résistance d'arc fixée à 1000 ohms de façon arbitraire.

Elle fait tout de même apparaître une tension de plus de 900 volts, tension qui bien sûr, va provoquer l'amorçage de l'arc lors de l'écartement des contacts du switch de fin de course. On peut rappeler qu'un arc peut se produire pour une tension de 3600 volts pour un espacement entre contact de 1 mm dans de l'air sec (champ disruptif) et que cela sera bien inférieur en cas d'humidité.

Dès l'ouverture du contact lors de la course du noyau plongeur, l'arc va se produire.



Loupe sur cette transition



Cette transition se fait à 0,171 secondes. Cette valeur est dépendante de la contrainte temporelle sur la tension V3 qui commande le switch et qui est défini dans les paramètres de la simulation : transition à 170 ms. Plus la descente est rapide, plus la tension de ce pic est élevée (Loi de LENZ). Ce temps de descente dépend de la structure mécanique du switch, donc de ses dimensions et de la vitesse de déplacement du noyau plongeur, paramètres qui sont difficiles à apprécier.

5. Loupe sur le transitoire autour de 170 millisecondes sans résistance d'arc.

La fréquence d'oscillation amortie d'environ 170 kHz correspond bien au calcul de la fréquence du Circuit Oscillant composé de la self de 3mH mesurée sur la bobine d'un moteur et la capacité du condensateur de 270 pf mesurée sur le même moteur.



Ce chronogramme ne sera jamais visible compte tenu de la présence de la résistance d'arc non linéaire et difficilement modélisable. La tension crête est considérable (3,5 kV) compte tenu de la valeur du courant commuté. L'introduction de la résistance d'arc amortit complètement cette oscillation à une seule impulsion positive.

6. Conclusions

Je remercie encore Sylvain pour la relecture de mon premier document et ses conseils prodigués pour mener avec le plus de rigueur possible cette simulation.

Le switch de fin de course subit de fortes sollicitations, et lui, n'est pas protégé des transitoires hautes tensions à ces bornes comme l'est le Darlington avec sa diode. Ce switch se dégrade par étincelage petit à petit, jusqu'à ne plus remplir son rôle, en isolant une extrémité de la bobine !!! Le moteur devient inopérant sur un sens.

Remarque : Quand on se trouve dans un état de mauvais fonctionnement il suffit quelquefois de manipuler le levier de commande de l'aiguillage pour retrouver un fonctionnement pendant « quelques commutations ». C'est la raison pour laquelle je n'enlève jamais les petits leviers de commande manuelle.

J'ai repéré, sur mon réseau, 2 moteurs qu'il faudra « opérer » dans peu de temps !!

La solution PTC, évoquée sur un autre fil du forum, ou un système équivalent semble être effectivement une solution pour palier ce dysfonctionnement notoire.

Je n'ai pas « autopsié » les tous nouveaux moteurs 74491, mais je ne pense pas que le problème soit vraiment résolu compte tenu de ce que l'on peut lire actuellement sur les forums.

Le réglage de l'énergie envoyée vers les moteurs, avec les nouveaux décodeurs M83 permettra peut-être d'augmenter leur durée de vie, mais ne résoudra pas le problème à long terme.

La solution la plus pérenne aujourd'hui me semble rester la suppression des switches de fin de course, soit par leur suppression physique soit par court-circuit du switch par un fil.