

Hacheur 4 quadrants pour moteur de direction assistée

Théo CHAMPION BODIN
George SUNTOURIAN

2ème année GEII
Groupe K4A
2014-2015

Rapport d'Étude et Réalisation

Professeurs :
Thierry LEQUEU
Philippe AUGER

Université François-Rabelais de Tours
Institut Universitaire de Technologie de Tours
Département Génie Électrique et Informatique Industrielle



Hacheur 4 quadrants pour moteur de direction assistée

Théo CHAMPION BODIN
George SUNTOURIAN

2ème année GEII
Groupe K4A
2014-2015

Rapport d'Étude et Réalisation

Professeurs :
Thierry LEQUEU
Philippe AUGER

SOMMAIRE

Introduction.....	4
1.Cahier des charges et planning	5
1.1.Présentation et but du projet.....	5
1.2.Schéma de 1er niveau.....	6
1.3.Les tâches principales de projet.....	7
1.4.Présentation du planning.....	8
2.Analyse technique	9
2.1.Le moteur.....	9
2.2.L'alimentation.....	9
2.3.Le hacheur quatre quadrants.....	10
2.4.Choix des composants du circuit du puissance.....	11
2.4.1.Les composants principaux.....	11
2.4.1.1.Le transistor mosfet.....	11
2.4.1.2.La diode shottky.....	12
2.4.1.3.Le filtre capacitif.....	12
2.4.2.Les composants secondaires.....	13
2.4.2.1.le capteur de courant.....	13
2.4.2.2.Le dimensionnement des LED.....	13
2.4.2.3.les connecteurs.....	14
2.4.3.La nomenclature.....	15
2.4.4. La commande des composants.....	17
3.Création du circuit de puissance (Hacheur quatre quadrant) par le logiciel « KiCad ».....	17
3.1.Introduction au logiciel KiCad.....	18
3.2.La réalisation du schéma sur KiCad par « Eeschema ».....	19
3.3.La réalisation de la carte sur KiCad par « PcbNew ».....	21
3.4.La carte imprimée, la gravure, la soudure et le test.....	24
4.Le circuit du commande.....	26
Conclusion.....	33
Résumé.....	34
Index des illustrations.....	35
Bibliographie.....	36
ANNEXE.....	37
ANNEXE 1 _ Commande de matériel.....	38
ANNEXE2 _ Datasheet de la diode schottky.....	39
ANNEXE3 _ Datasheet du transistor mosfet.....	42
ANNEXE4 _ Datasheet du Condensateur.....	45
ANNEXE5 _ Datasheet du Capteur de courant.....	47

Introduction

Dans le cadre de nos études en 2ème année à l'IUT, et plus précisément dans le cadre du module d'étude et Réalisation, nous réalisons un projet qui met en pratique les différentes compétences acquises par le département GEII. Chaque groupe d'étudiants a un projet différent. Nous avons choisi un projet qui met en œuvre un système Hacheur 4 quadrants qui contrôlera le fonctionnement d'un moteur de direction assistée d'un Kart. Le projet nous a été proposé par notre professeur du module d'étude et réalisation.

Au cours de ce semestre, nous avons à notre disposition 14 séances de 3,5 heures pour mener à terme le cahier des charges du chapitre 1 de notre rapport.

1. Cahier des charges et planning

1.1. Présentation et but du projet

Dans la cadre du cours ER-GE et ER-ISI4, nous avons choisi le projet "Hacheur 4 quadrants pour moteur de direction assistée". Le but du projet est d'avoir une direction assistée sur un kart à l'aide d'un joystick. Dans un premier temps, nous devons mettre en œuvre la partie puissance qui se constitue d'un hacheur 4 quadrants. Le hacheur permettra de commander le sens de rotation (tourner à droite ou tourner à gauche) ainsi que la vitesse d'un moteur à courant continu (l'angle du virage). Dans un second temps, pour commander le hacheur, il faut une partie électronique qui permettra de commander le hacheur par un joystick à l'aide d'un microcontrôleur.



Illustration 1: Kart - IUT GEII [0]

Nous allons donc réaliser la partie puissance constitué d'un hacheur 4 quadrants sur une carte électronique. Cette carte sera réalisée par le logiciel KiCad. Nous allons chercher à alimenter la carte par 12V et 80A (l'ampérage maximal du moteur). Le hacheur va nous permettre de contrôler le sens de rotation de moteur pour tourner les roues à droite ou à gauche.

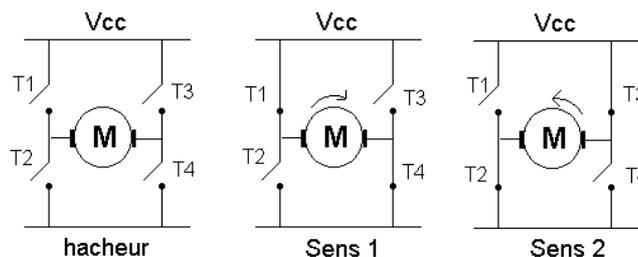
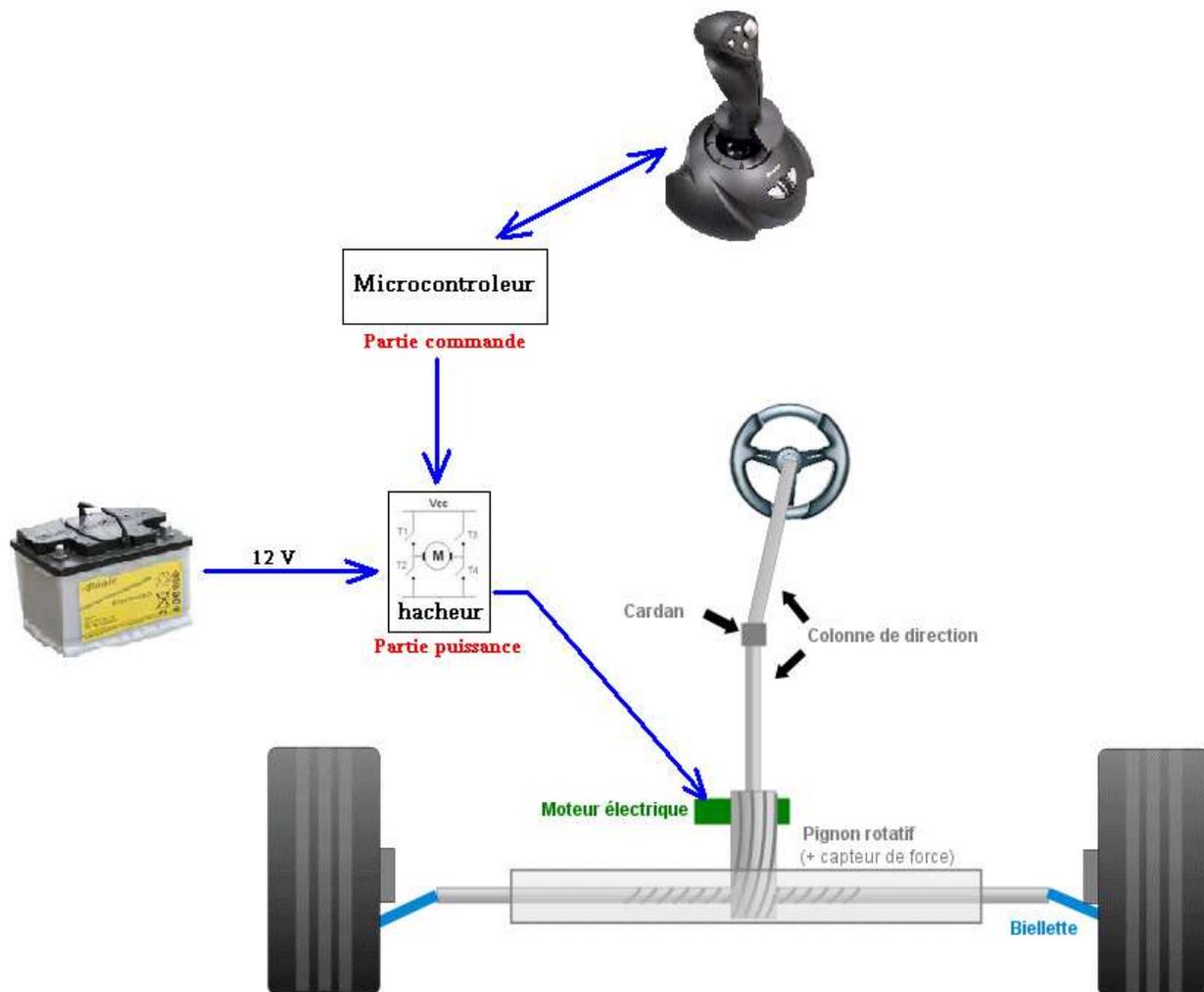


Illustration 2: Hacheur 4 quadrants [0]

1.2. Schéma de 1er niveau



Ce schéma montre les différentes parties de projet à réaliser. Il est constitué d'une batterie (alimentation) qui alimente le circuit de hacheur (partie puissance) à quatre quadrants. Le hacheur doit être limité en courant à environ 80A. On peut voir ainsi la connexion hacheur vers le moteur électrique qui tourne un pignon rotatif. La partie commande est constituée d'un joystick et d'un microcontrôleur.

1.3. Les tâches principales de projet

On peut donc par cette présentation, mettre en évidence plusieurs tâches principales de ce projet, ensuite, répartir ces tâches sous forme d'un planning.

1. Partie puissance :

- Compréhension du projet et rédaction du cahier des charges et du planning.
- Choisir les composants à utilisés pour construire la carte Hacheur de Kart.
- Création du circuit Hacheur 4 quadrants, le schéma bloc et le typon (carte réelle). Nous utilisons le logiciel KiCad pour réaliser cette étape.
- Étudier généralement les caractéristiques des composants choisis et savoir comment les concrétiser.
- Gravure, Soudure et tests pour toute la partie puissance (circuit Hacheur).

2. Partie commande :

- Récupération du circuit de commande avec microcontrôleur de notre professeur de projet. Ce circuit va commander le circuit de puissance. Il va donc principalement commander les transistors mosfets en permanence pour créer l'ondulation Hacheur.
- Gravure, Soudure et tests pour la carte partie commande.
- Tests finaux. Vérifier le bon fonctionnement du moteur de direction par le circuit hacheur créé.

1.4. Présentation du planning

Semaine		38		39		40		41		42		43		44		45		46	
		Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2	Séance 1	Séance 2
partie puissance	Compréhension du projet Rédaction Du cahier des charges et du planning	■	■																
	Choix des composants	■	■	■															
	Création du circuit Hacheur 4 quadrants				■	■	■	■											
	gravure, Soudure et tests						■	■	■	■									
	Création du circuit de commande avec microcontrôleur									■	■								
partie commande	gravure, Soudure et tests									■							■	■	
	Programmation du microcontrôleur À l'aide d'un joystick																		
	Tests finals																■	■	
	Rédaction du rapport			■	■	■	■	■	■	■							■	■	
Soutenance																		■	■
Planning prévisionnel																			
Planning réel		à compléter au faire et à mesure D'avancement de projet																	
Vacances																			

2. Analyse technique

2.1. Le moteur

Le moteur électrique est un moteur à balais à courant continu. Le moteur à une puissance de 60 A.

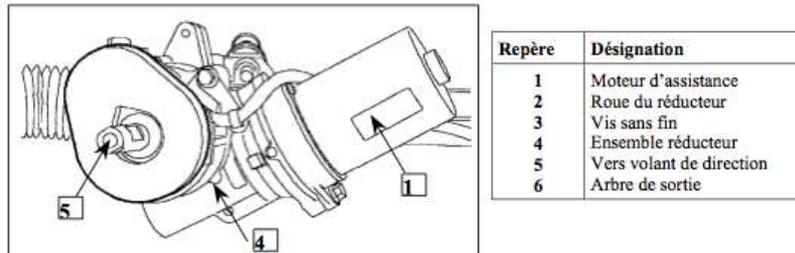


Illustration 3: moteur à c.c. de direction assistée [0]

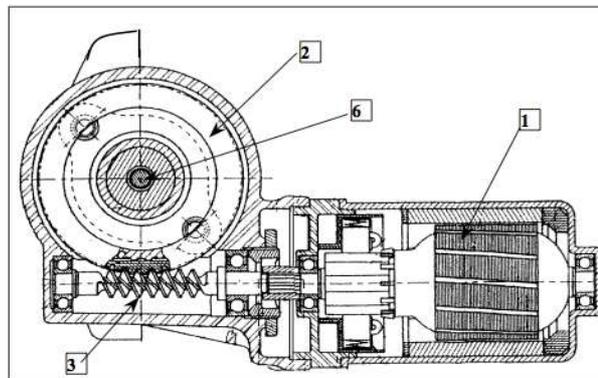


Illustration 4: moteur à c.c. de direction assistée [0]

Pour que le moteur fonctionne, deux conditions sont nécessaires :

- tension batterie supérieure à 9V
- régime moteur supérieur à 285 tr/min

2.2. L'alimentation

Le Kart est alimenté par quatre batteries de 12V / 48A.H au plomb OPTIMA jaune.



Illustration 5:
batterie de 12V[1]

Nous devons utiliser l'alimentation du Kart pour alimenter le circuit de puissance et le circuit de commande. Lors de nos séances d'étude et réalisation, on utilisera un générateur en mode parallèle afin d'obtenir 5A.

2.3. Le hacheur quatre quadrants

Pour faire le circuit de puissance, nous devons réaliser un hacheur quatre quadrants. Il est composé de quatre transistors avec des diodes en antiparallèle qui forment les deux bras d'un montage en pont.

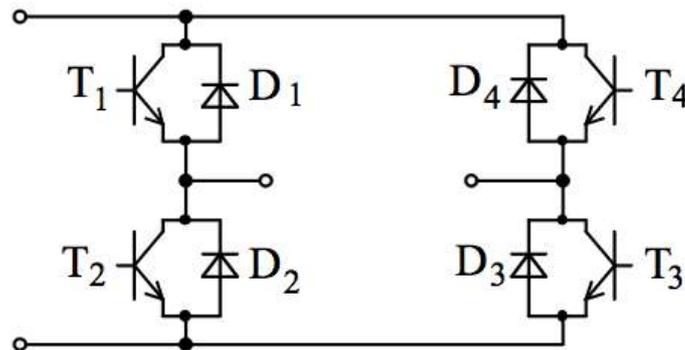


Illustration 6: schéma principal du hacheur

Ce hacheur est à la fois réversible en courant et en tension. Il peut alimenter un moteur DC afin de le faire fonctionner dans les quatre quadrants du plan couple-vitesse. En effet, nous savons d'après le cours ET2 d'électrotechnique que :

- la vitesse "N" est proportionnelle à la force électromotrice "Fem".
- le couple électromagnétique "Ce" est proportionnel au courant "I".

Il permet donc de faire tourner le moteur dans les deux sens de rotation et d'autoriser la récupération d'énergie pendant les phases de freinage. Pour notre part, nous voulons qu'il alimente un moteur DC afin de le faire tourner dans les deux sens de rotation (sens1, tourner à droite et sens2, tourner à gauche).

Le transistor est associé à une diode dite de récupération. Elles permettent la circulation du courant lorsque l'interrupteur est commandé et que le courant est dans le sens opposé au sens autorisé par le transistor.

2.4. Choix des composants du circuit du puissance

2.4.1. Les composants principaux

2.4.1.1. Le transistor mosfet

Il faut prendre une marge de sécurité car les parasites (lors des commutations) du transistor peuvent faire monter plus vite que prévu la tension. Il faut aussi prendre en compte, la résistance interne du transistor : "Rdson". Si on prend un transistor de 65A et 30V, on a une résistance de 8 mOhm.

Donc la puissance $P_{on} = RI^2 = 8 \cdot 10^{-3} \times 65^2 = 33,8W$ Chaque fois qu'on augmente en tension, on augmente en résistance. La résistance engendre une chute de tension et des pertes en conduction. Nous avons donc cherché chez les constructeurs la résistance la plus petite possible. De plus, la valeur du courant moyen maximal ne doit pas dépasser celle du transistor : $I_d = 60 \times 50 \%$ de marge de sécurité = 120 A Le choix retenu est le transistor mosfet référencé : IRL380PbF. (Voir ANNEXE 3)

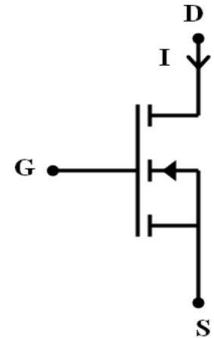


Illustration 7:

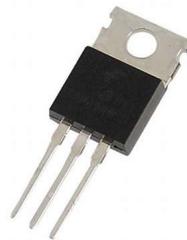


Illustration 8:
mosfet [2]

En effet, les contraintes du composant répondent à nos attentes fixées :

- $V_{dss} = 30 V > 12V$
- $I_d = 140 A > 120 A$
- $R_{ds} = 0,006 Ohm$

Ce type de boîtier (TO 220) permet de fixer au transistor, un radiateur. Ce transistor étant choisi, nous avons dû les protéger de la température, car ils conduisent de la puissance (beaucoup de courant) et ils génèrent de la chaleur. Or il faut évacuer la chaleur pour ne pas détériorer les composants. Nous avons donc prévu un dissipateur.

2.4.1.2. La diode shottky

La diode possède les même contraintes que le transistor, elle doit supporter un courant de 120 A. Nous avons choisi des diodes schottky pour limiter les pertes par conduction et par commutation.

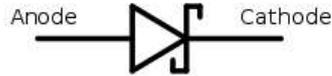


Illustration 9: diode shottky [3]

Chez les constructeurs, il n'y a pas de diode qui réponde à nos attentes fixées. La diode shottky référencée : MBRB4030T4G de On-Semiconductor (Voir ANNEXE 2) est la meilleure diode qui répond à nos attentes. Cependant, il faut trouver une solution pour résoudre sa contrainte en intensité 40 A. ($< 60 A$)

Pour ce faire, nous allons diviser l'intensité nécessaire par 2 en installant deux diodes en parallèle des transistors. Il faut donc le double de transistors (huit transistors et huit diodes).

Donc $60 A / 2 = 30 A$ et la contrainte du composant étant de 40 A, la marge de sécurité est de 10 A par composant.

2.4.1.3. Le filtre capacitif

Le filtre capacitif consiste en un condensateur électrolytique placé en parallèle avec le hacheur. Ces condensateurs sont polarisés. Le rôle de ces condensateurs est de diminuer l'ondulation de tension de sortie du hacheur. La capacité "C" doit être la plus grande possible pour limiter cette ondulation de tension mais son encombrement augmente en proportion. De plus, l'inductance interne doit être la plus petite possible. Cette inductance crée des parasites dans le montage et peut donc causer des surtensions. Nous avons donc retenu le condensateur suivant : PEH200HA5150MU2 du constructeur Kemet.

C _n	D x L	Case code	I _{rms} * 85°C	I _{rms} * 50°C	I _{rms} * 40°C	ESR* 20°C	ESR* 100 kHz	L _{ESR} Approx.	Article
μF	mm		100 Hz A	10 kHz A	10 kHz A	100 Hz mΩ	100 kHz mΩ	nH	U2 = Plain can B2 = Stud can
25 VDC (U_n)									
15000	35 x 51	A	11.9	28.7	19.0	25	21	12	PEH200HA5150M--
22000	35 x 75	C	15.2	34.3	24.4	17	14	12	PEH200HC220M--
33000	35 x 95	D	17.8	38.0	28.1	12	10	12	PEH200HD5330M--
47000	50 x 75	H	20.2	43.3	30.1	11	10	16	PEH200HH5470M--
68000	50 x 95	J	23.4	47.4	34.6	8	7	16	PEH200HJ5680M--
100000	50 x 105	K	23.9	46.1	34.7	7	7	16	PEH200HK6100M--
150000	65 x 105	O	26.3	50.0	37.2	7	7	16	PEH200HO6150M--
220000	75 x 105	T	35.0	63.6	49.5	5	5	17	PEH200HT6220M--
330000	75 x 145	V	40.0	73.1	56.9	4	4	17	PEH200HV6330M--
40 VDC (U_n)									
6800	35 x 51	A	9.9	27.2	18.1	33	25	12	PEH200KA4680M--
10000	35 x 60	B	12.0	31.5	21.4	23	18	12	PEH200KB5100M--
15000	35 x 75	C	14.6	36.1	25.5	16	12	12	PEH200KC5150M--
22000	35 x 95	D	17.1	39.8	29.2	12	9	12	PEH200KD5220M--
33000	50 x 75	H	18.9	41.1	28.8	11	9	16	PEH200KH5330M--
47000	50 x 95	J	22.1	46.3	33.6	8	7	16	PEH200KJ5470M--
68000	65 x 105	O	25.2	49.9	35.6	7	7	16	PEH200KO5680M--
100000	65 x 105	O	24.9	46.3	36.9	8	8	16	PEH200KO6100M--
150000	75 x 145	V	28.7	67.7	44.9	6	4	17	PEH200KV6150M--

Illustration 10: impr écran - doc condensateur



Illustration 11: condensateur KEMET

2.4.2. Les composants secondaires

2.4.2.1. le capteur de courant

Afin de protéger le moteur contre les surintensités, nous utiliserons un capteur de courant. Nous choisissons le capteur de courant "LEM" car il n'est pas nécessaire d'insérer un câble à l'intérieur du composant. Il faut choisir un des trois couplages dans la datasheet du composant.

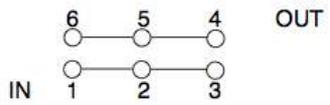
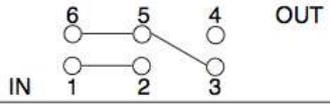
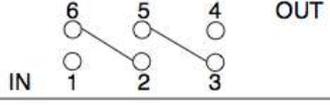
Nombre de spires primaires	Courant primaire efficace nominal I_{PN} [A]	Tension de sortie nominale V_{OUT} [V]	Résistance primaire [mΩ]	Inductance d'insertion primaire [μH]	Raccordement recommandé
1	± 25	2.5 ± 0.625	0.18	0.013	
2	± 12	2.5 ± 0.600	0.81	0.05	
3	± 8	2.5 ± 0.600	1.62	0.12	

Illustration 12: impr écran - datasheet LEM

Nous choisirons le premier couplage avec une spire au primaire.

Le capteur est composé d'une connectique à 9 broches, six pour le couplage, deux pour l'alimenter (+5V, 0V), et une pour récupérer la tension de sortie (V_{out}).

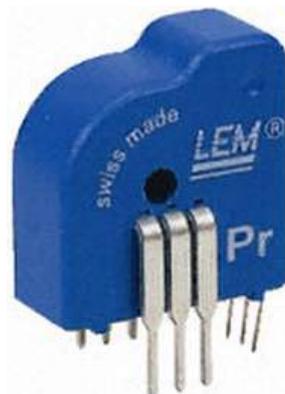


Illustration 13: LEM capteur du courant

2.4.2.2. Le dimensionnement des LED

Au magasin de l'IUT GEII, il y a deux sortes de Led. Les Led en 20mA et en 2mA. Nous choisissons les Led 2mA puisqu'elles consomment moins de courant. Cependant une led fonctionne comme une diode, il faut donc placer une résistance en série afin de la

protéger et éviter tout court-circuit. Nous connaissons ce qu'elle consomme et sa tension d'entrée, on peut donc déterminer la résistance grâce à loi d'ohm $U=RI$.

$U = RI$	Pour une led de 20 mA	Pour une led de 2 mA
Tension batterie = 12 V	600 Ohm	6000 Ohm
Tension du capteur de courant = $5V - \Delta V = 3V$ $\Delta V =$ chute de tension = 2 V	250 Ohm	1500 Ohm

On choisit les résistances dans la série standard du magasin, E24.

2.4.2.3. les connecteurs

Il y a trois types de connecteurs. Quatre connecteurs à vis de deux broches chacun qui permettent de commander chaque transistor du hacheur. Ces connecteurs seront donc branchés à la partie commande. Un connecteur à vis à trois broches relié au capteur de courant pour son alimentation (2 broches : +5V et 0V) et sa valeur de sortie (Vout). Et quatre embases femelles de sécurité dont deux pour le moteur et deux qui serviront pour la batterie de 12 V.



Illustration 14: connecteurs à vis



Illustration 15: connecteur embases [0]

2.4.3. La nomenclature

Lorsque tous les composants ont été dimensionné, nous avons pu réaliser la nomenclature suivante :

Nom du composant	Type de composant	Valeur
Q1	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q2	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q3	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q4	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q5	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q6	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q7	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
Q8	Transistor mosfet	30 V , 140 A , TO 220
D1	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D2	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D3	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D4	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D5	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D6	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D7	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
D8	Diode de redressement	30 V , 80 A Double
C1	Condensateur	15000 uF 25V
C2	Condensateur	15000 uF 25V
C3	Condensateur	15000 uF 25V
C4	Condensateur	4700 uF 25V
C5	Condensateur	4700 uF
D9	LED Verte	2mA
D10	LED Rouge	2mA
LTS_25	Capteur de courant	5 V

R1	Résistance	10K
R2	Résistance	10K
R3	Résistance	100 Ohm
R4	Résistance	100 Ohm
R5	Résistance	10K
R6	Résistance	10K
R7	Résistance	100 Ohm
R8	Résistance	100 Ohm
R9	Résistance	10K
R10	Résistance	10K
R11	Résistance	100 Ohm
R12	Résistance	100 Ohm
R13	Résistance	10K
R14	Résistance	10K
R15	Résistance	100 Ohm
R16	Résistance	100 Ohm
R17	Résistance	1500 Ohm
R18	Résistance	6000 Ohm
CONN_2 P1	Connecteur à vis	---
CONN_2 P2	Connecteur à vis	---
CONN_2 P3	Connecteur à vis	---
CONN_2 P4	Connecteur à vis	---
CONN_3 K1	Connecteur à vis	---
Moteur1	Embases femelle de sécurité	---
Moteur2	Embases femelle de sécurité	---
Bat. 12V	Embases femelle de sécurité	---
Bat. 0V GND	Embases femelle de sécurité	---

2.4.4. La commande des composants

Après avoir listé les composants nécessaires pour effectuer le hacheur. Nous sommes allés au magasin afin de savoir si les composants sont présents ou pas. Pour les composants qui n'étaient pas présent au magasin, nous avons cherché sur le site des fournisseurs de l'IUT.

Fournisseur	Désignation	Type de composant
Radiospares	MBRB4030T4G, 80A Double, D2PAK	Diode
Radiospares	IRL3803PBF, canal N, 140 A 30V TO 220	Transistor
Radiospares	Transducteur LEM de courant, 0 → 80A, 5V	Capteur de courant
Farnell	KEMET PEH200HA5150MU2 15000uF 25V	Condensateur

Le coût total des composants est de 177€48 TTC. Pour avoir plus d'informations sur le coût, vous pouvez vous reporter à l'annexe 1 (fiche commande matériel). Les composants ont été livrés sous quatre semaines.

Dans l'attente des composants, nous avons commencé à réaliser le circuit à l'aide du logiciel Kicad.

3. Création du circuit de puissance (Hacheur quatre quadrant) par le logiciel « KiCad »

Dans cette partie de notre rapport, nous allons expliquer les étapes principales qu'on a suivi pour réaliser notre circuit imprimé par le logiciel KiCad. Ce logiciel est une suite open source pour la réalisation de schémas électroniques et de circuits imprimés sous licence gratuite.

3.1. Introduction au logiciel KiCad

KiCad est un ensemble de quatre logiciels et un gestionnaire de projets destinés à la réalisation de cartes électroniques. Il est principalement utilisé pour la fabrication de circuits imprimés. Au moment qu'on accède sur ce logiciel, on peut trouver les sous-logiciels suivants :



Illustration 16: Kicad icon [4]

- Kicad: Gestionnaire de projets
- Eeschema: Entrée schématique
- PcbNew: Logiciel de réalisation de circuits imprimés
- Gerbview: Visualisation des documents générés au format GERBER.
- Cvpcb: Utilitaire de sélection des empreintes physiques des composants électroniques utilisés dans le schéma.

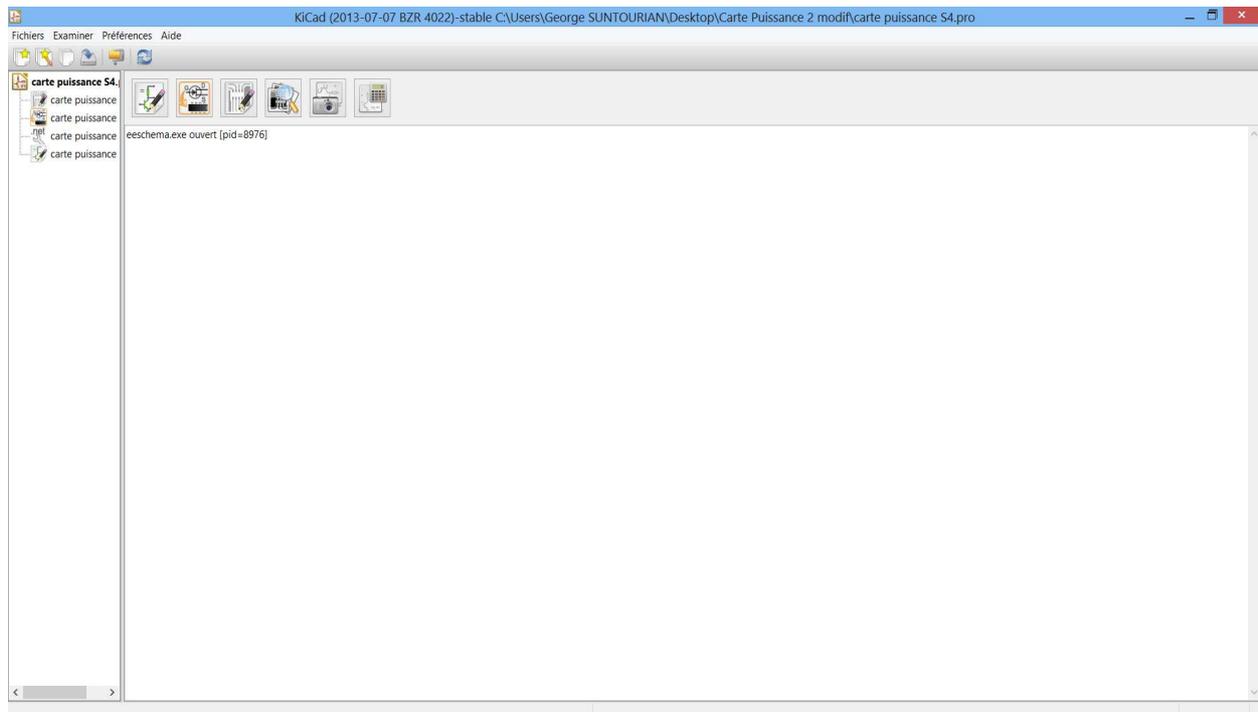


Illustration 17: impr écran KiCad 1

KiCad permet donc de faire le schéma, de générer une netliste et de réaliser le typon avec une fonction d'autoroutage. À partir de notre cahier des charges, après avoir étudié les principes de fonctionnement de chaque composant, nous avons réussi à finaliser cette étude en créant le schéma électrique final.

3.2. La réalisation du schéma sur KiCad par « Eeschema »

Le logiciel KiCad nous a permis de réaliser le schéma bloc de la carte. Ce logiciel contient dans sa data base les empreintes des composants les plus célèbres, par exemple les empreintes des résistances et des transistors mosfets.

La création du reste des empreintes n'est pas un travail difficile à faire avec KiCad. En suivant les documents (guides disponible à l'IUT), nous avons créé les empreintes qui manquaient. Ensuite, nous avons relié le schéma bloc final. Pour créer une empreinte, il faut passer par la commande « Éditeur de librairie → Créer et éditer les composants ».

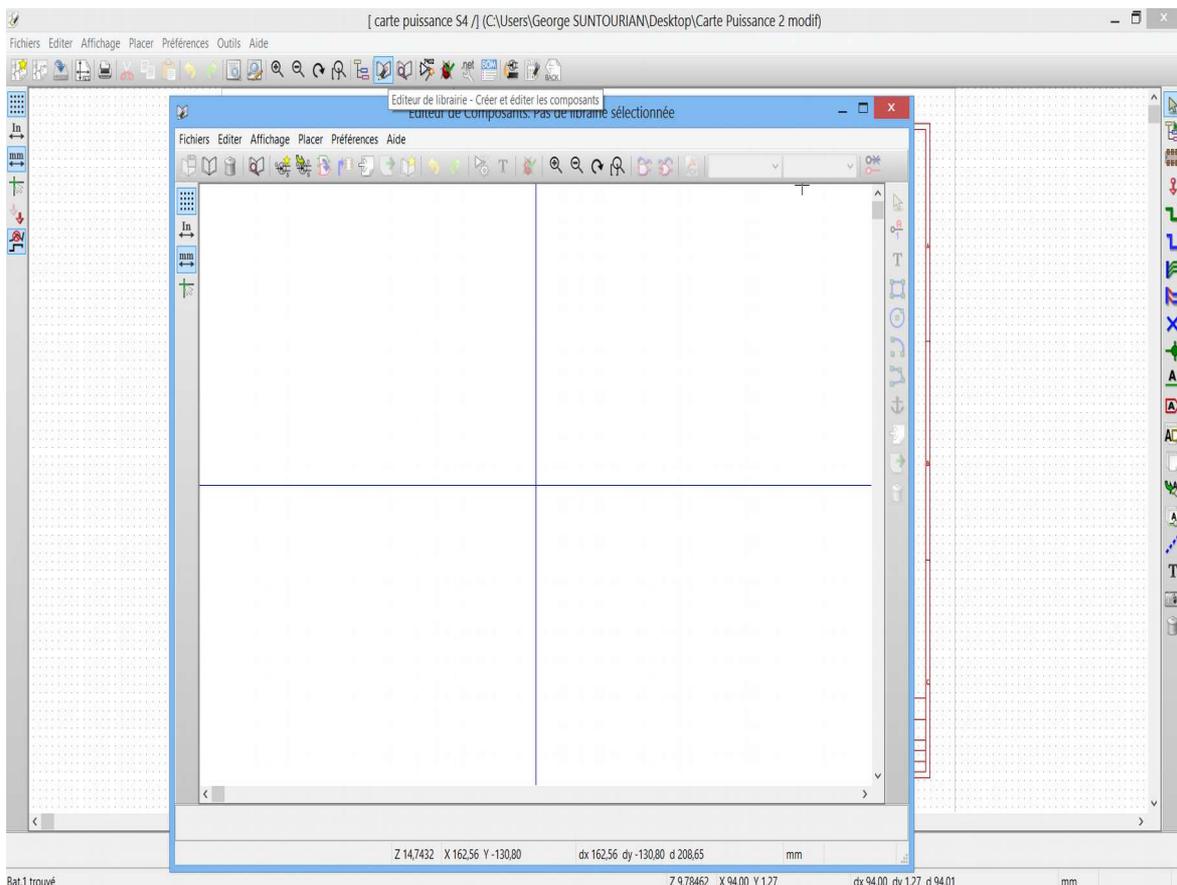


Illustration 18: impr écran KiCad 2

Après avoir créé toutes les empreintes nécessaires, par la commande "Placer →fil", on place les fils entre les blocs pour câbler le schéma final de la carte.

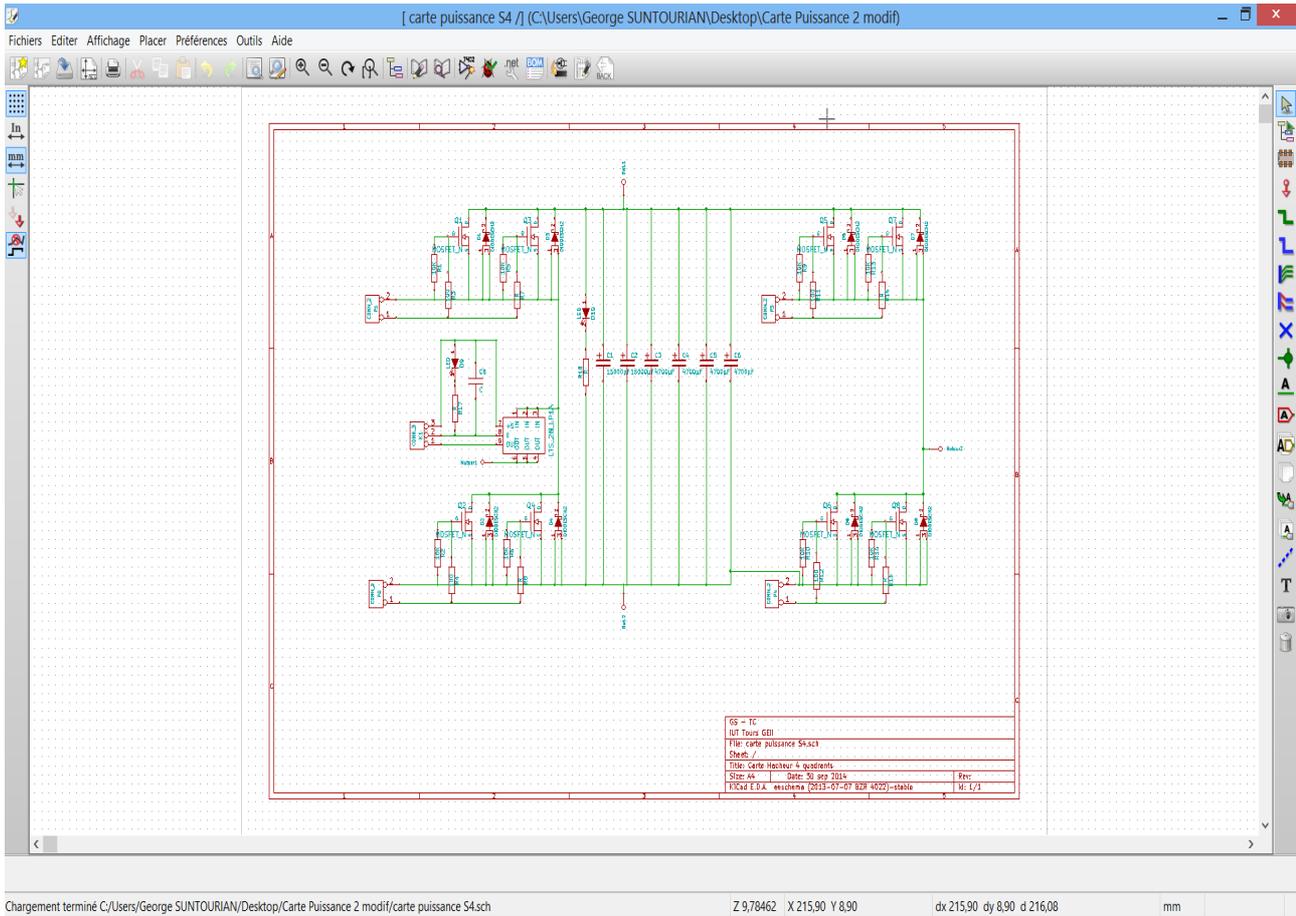


Illustration 19: impr écran KiCad 3

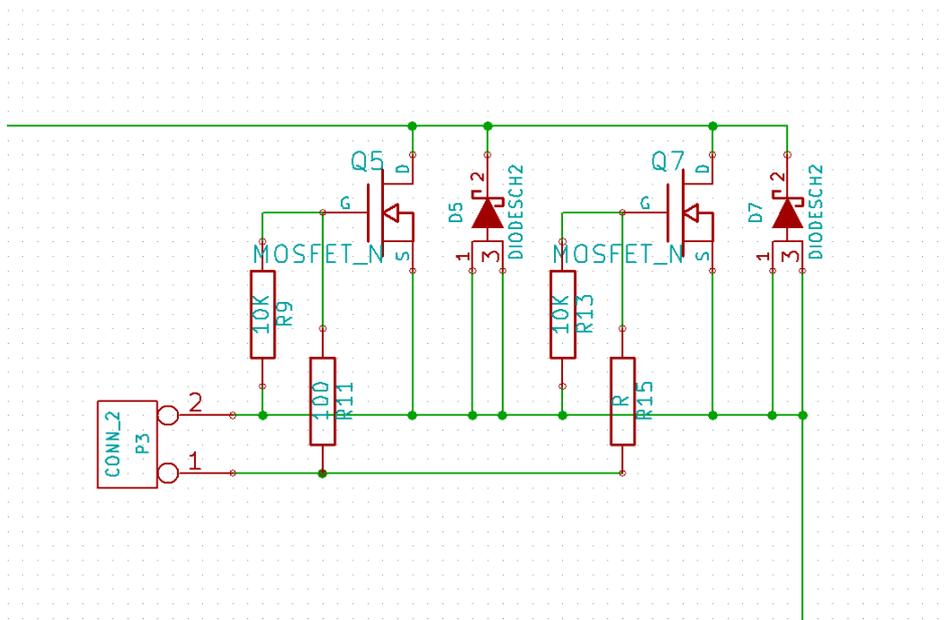


Illustration 20: impr écran KiCad 4 - Un bloc du Hacheur 4 quadrants

Le réalisateur schématique, nous permet de numérotter les empreintes de schéma bloc par une fonction automatique (numérotter les composants en schématique). Il nous permet aussi,

de vérifier la liaison du schéma et les empreintes créées, ainsi que les jonctions et les fils, par la fonction (Exécuter le contrôle des règles de conception).



*Illustration 21:
impr écran
KiCad 5*

à gauche : numérotter les composants

à droite : exécuter un contrôle

3.3. La réalisation de la carte sur KiCad par « PcbNew »

Pour réaliser la carte réelle (en empreintes physiques), il faut d'abord créer une "netliste" qui contient les composants qui étaient installés dans le schéma bloc « Eeschema ».

Par la commande "Génération de netliste" dans « Eeschema », on transfère le schéma bloc vers une liste des composants.

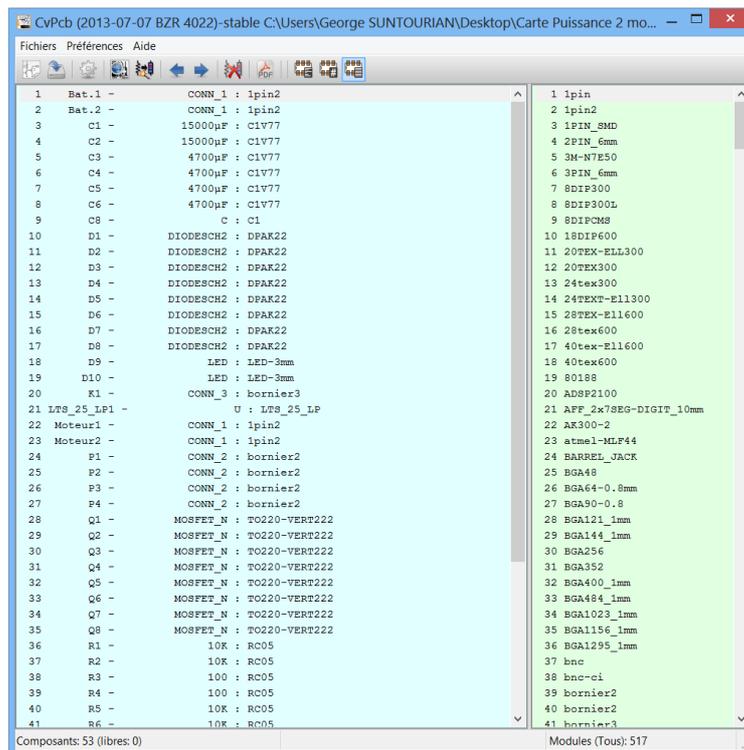


Illustration 22: impr écran KiCad 6 - netliste

On devait ensuite, choisir les empreintes physiques de chaque composant. Il faut donc chercher dans la liste des bibliothèques qui sont déjà installés sur le logiciel. Le logiciel

contient donc, un grand nombre des empreintes, de différents types des composants, mais bien évidemment, il y a pas toutes les empreintes ! On était donc obligé, encore une fois, de créer les empreintes physiques, des composants de la carte. Cette fois, c'est à l'aide du sous-logiciel « PcbNew » qu'on peut modifier, ou créer, des nouvelles empreintes physiques.

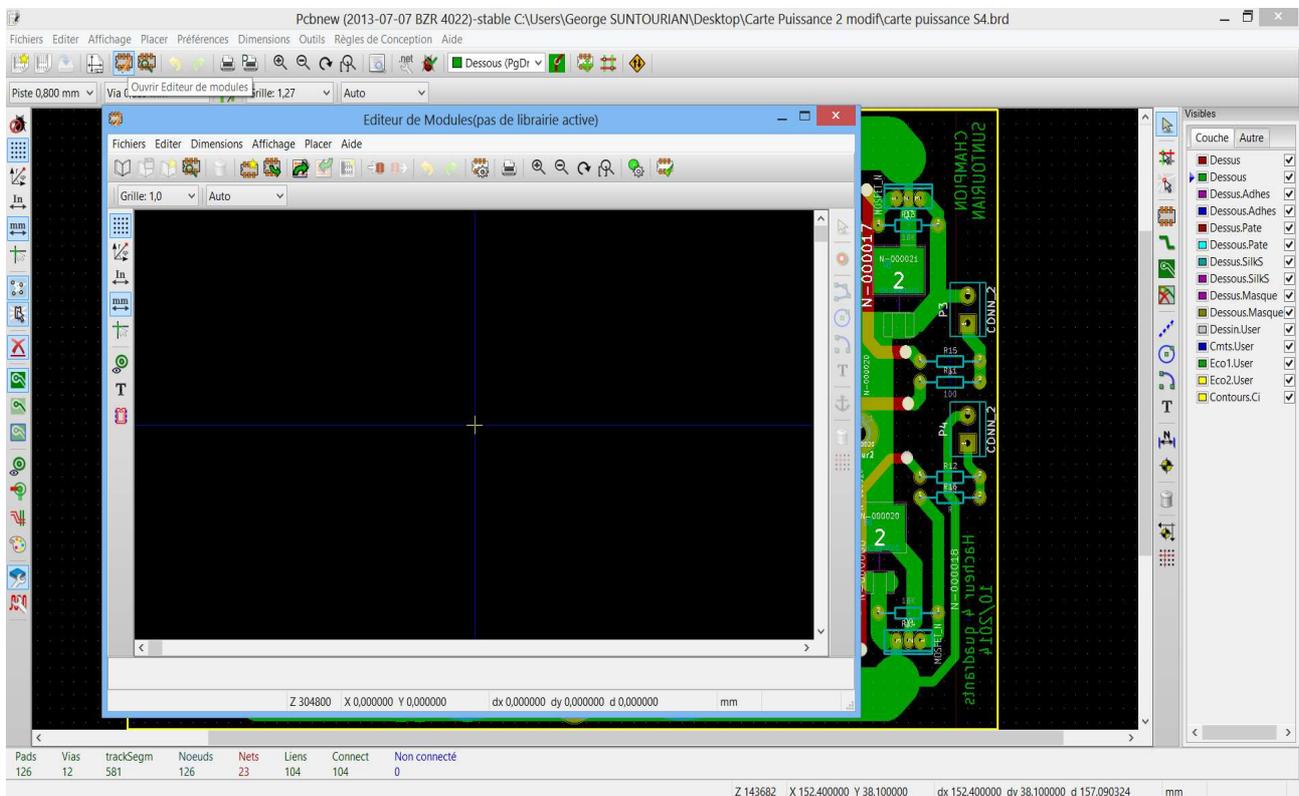


Illustration 23: impr écran KiCad 7- Éditeur de modules

Par la fonction "Éditeur de modules", nous avons créé plusieurs empreintes physiques. Il faut également, passer par la "data-base" du logiciel et dessiner l'empreinte, en prenant compte de toutes les mesures et les échelles du composant (Document de constructeur en Annexe). Ici, nous donnons l'exemple, de deux empreintes, que nous avons créé : Le LEM (comparateur de courant), ainsi que, celui de condensateur PEH200 ROHS de 15000µF.

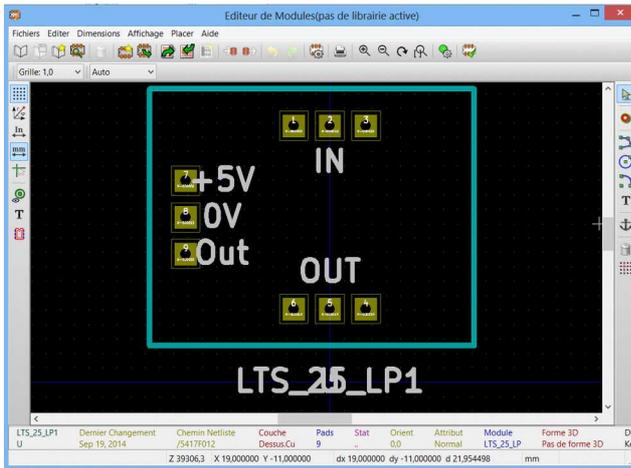


Illustration 24: impr écran KiCad 8 - empreinte LEM

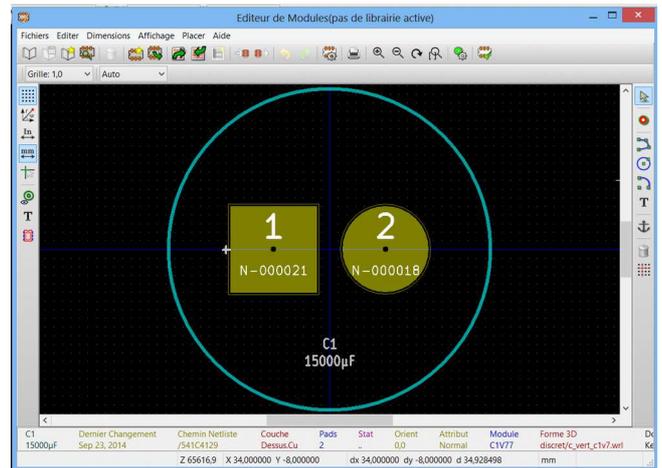


Illustration 25: impr écran KiCad 9 - empreinte condensateur PEH200

Après avoir collecté toutes les empreintes physiques des composants, nous avons tracé les pistes. Nous avons au départ, utilisé la fonction "autoroutage", mais cette dernière, n'a pas été efficace, donc nous avons tracé les pistes manuellement par bloc. Étant donné que nous réalisons un Hacheur qui va supporter un courant maximum de 80A, nous avons été obligé de renforcer les pistes qui relient les composants principaux du Hacheur. Pour avoir la largeur approximative de piste à utiliser, nous avons utilisé la fonction "pcb calculator".

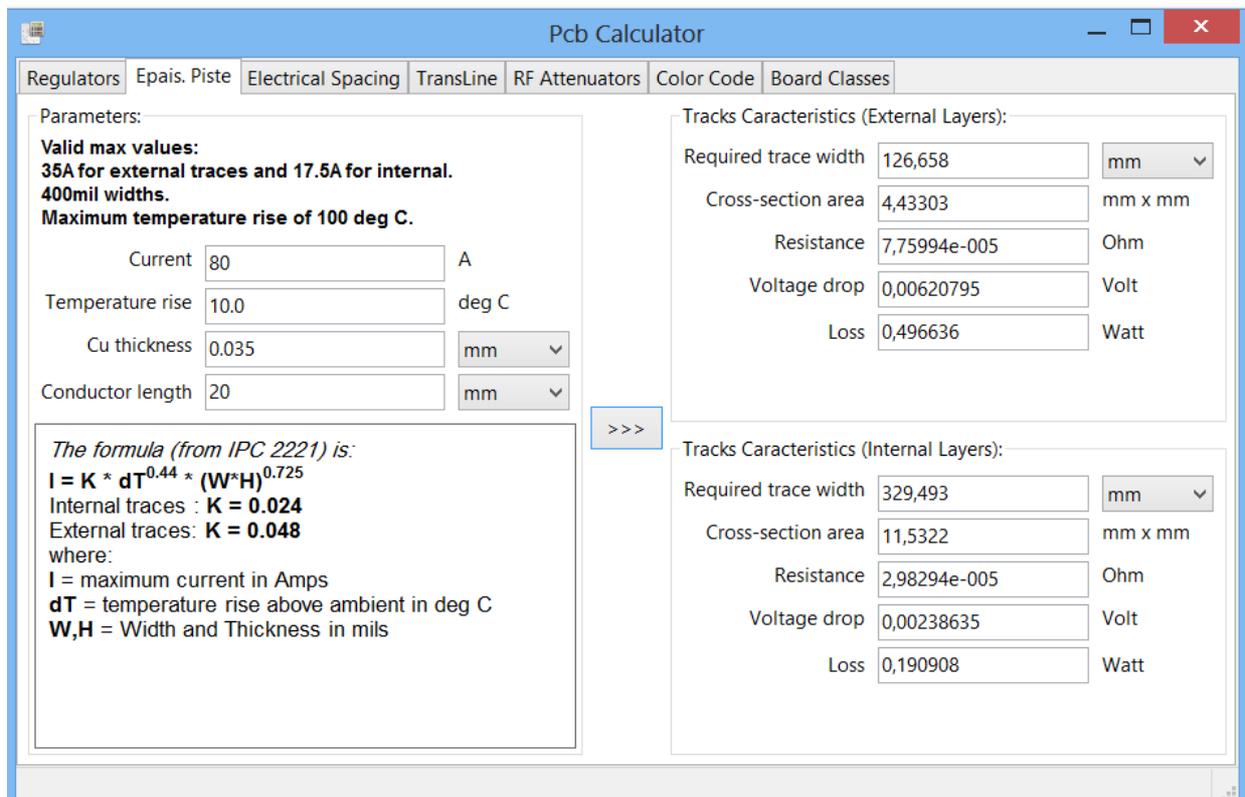


Illustration 26: impr écran KiCad 10 - pcb calculator

Mais comme on le voit sur l'illustration, la piste calculée est d'une largeur trop grande qui est impossible à réaliser sur une petite carte. Nous avons donc choisi de diviser cette largeur en deux et de renforcer la piste ensuite par des larges routes de soudure.

3.4. La carte imprimée, la gravure, la soudure et le test

Sur un papier "calque", Nous imprimons le module de la carte finale réalisée. La carte est imprimée par la procédure de la gravure. Cette opération nécessite deux appareils. Dans un premier temps, nous avons récupéré -au magasin- la plaque de la carte. Ensuite, nous avons placé le papier calque du typon imprimé au dessus la plaque. Nous avons passé la plaque dans l'insoleuse pendant 2 minutes et 30 secondes. Nous avons placé, ensuite, la plaque dans le révélateur qui enlève la première surface indésirable du cuivre de la carte. Nous avons passé la plaque dans la gravure pour enlever les surfaces redondantes du cuivre et, enfin, Nous avons utilisé l'éliminateur qui supprime les couches parasites restantes.

Dans l'étape suivante, Nous avons cherché à percer les pastilles pour placer les composants THT, et enfin, placer ces dernières à l'aide d'un fer à souder et de l'étain.

Comme nous avons dit dans la partie "réalisation schématique de la carte", notre circuit imprimé doit supporter un courant de 80A. Ce courant est largement grand, et il nous oblige à renforcer les liaisons entre les composants. Pour cela, nous avons choisi de renforcer les pistes par une rigide que nous avons récupéré d'un fil de 3mm. Sur cette piste rigide, nous avons placé une grande quantité d'étain, afin de la fixer sur la carte, ainsi que, rajouter une largeur aux pistes.

Après toutes ces opérations, Nous avons testé la carte. Les tests effectués sont pour les courts-circuits et les tensions d'alimentation. Pour effectuer ces tests, nous avons utilisé une sonde reliée à un oscilloscope.

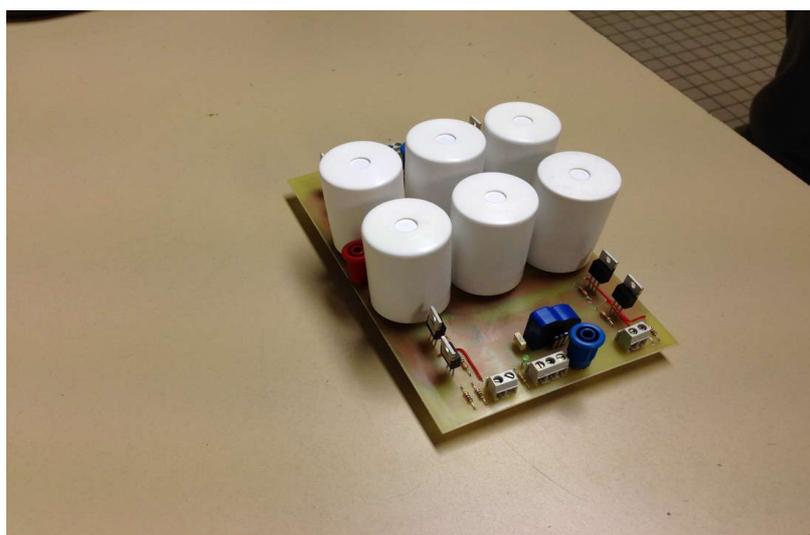


Illustration 27: Carte puissance 1

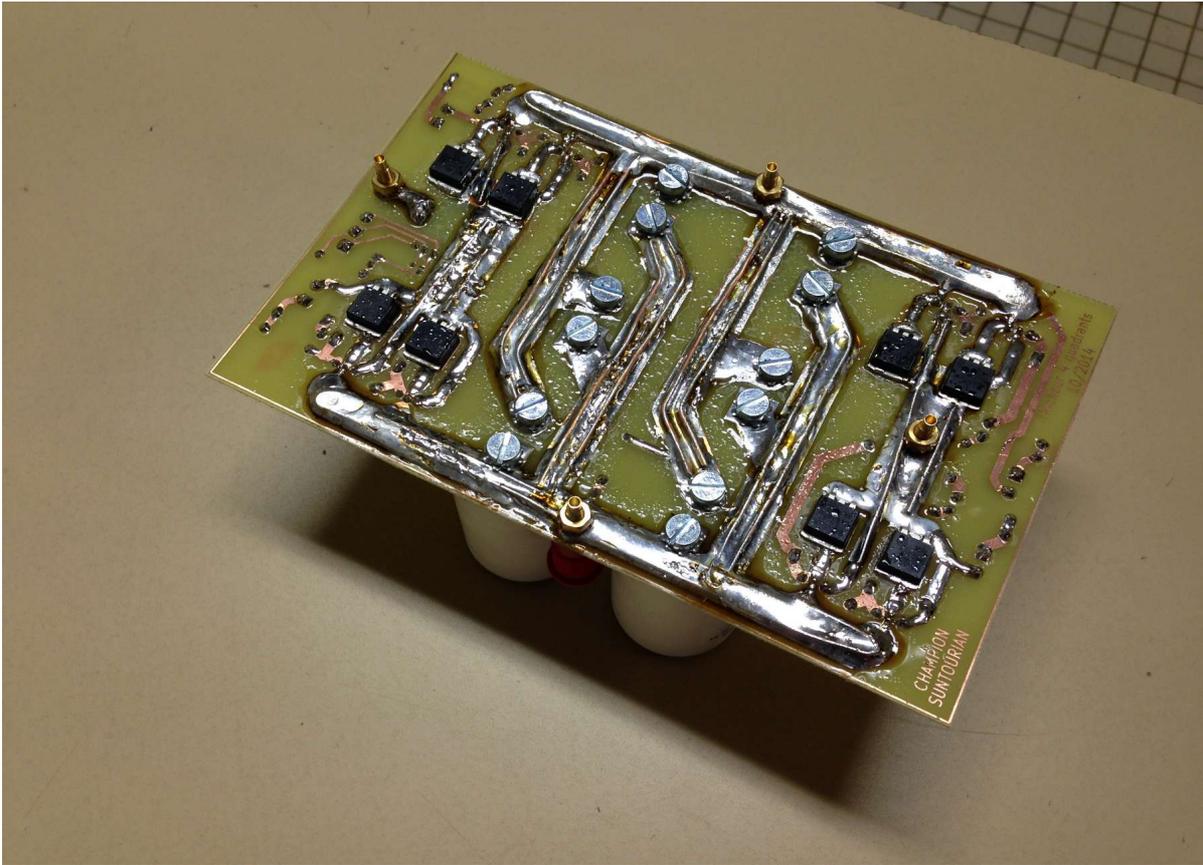


Illustration 28: Carte puissance 2

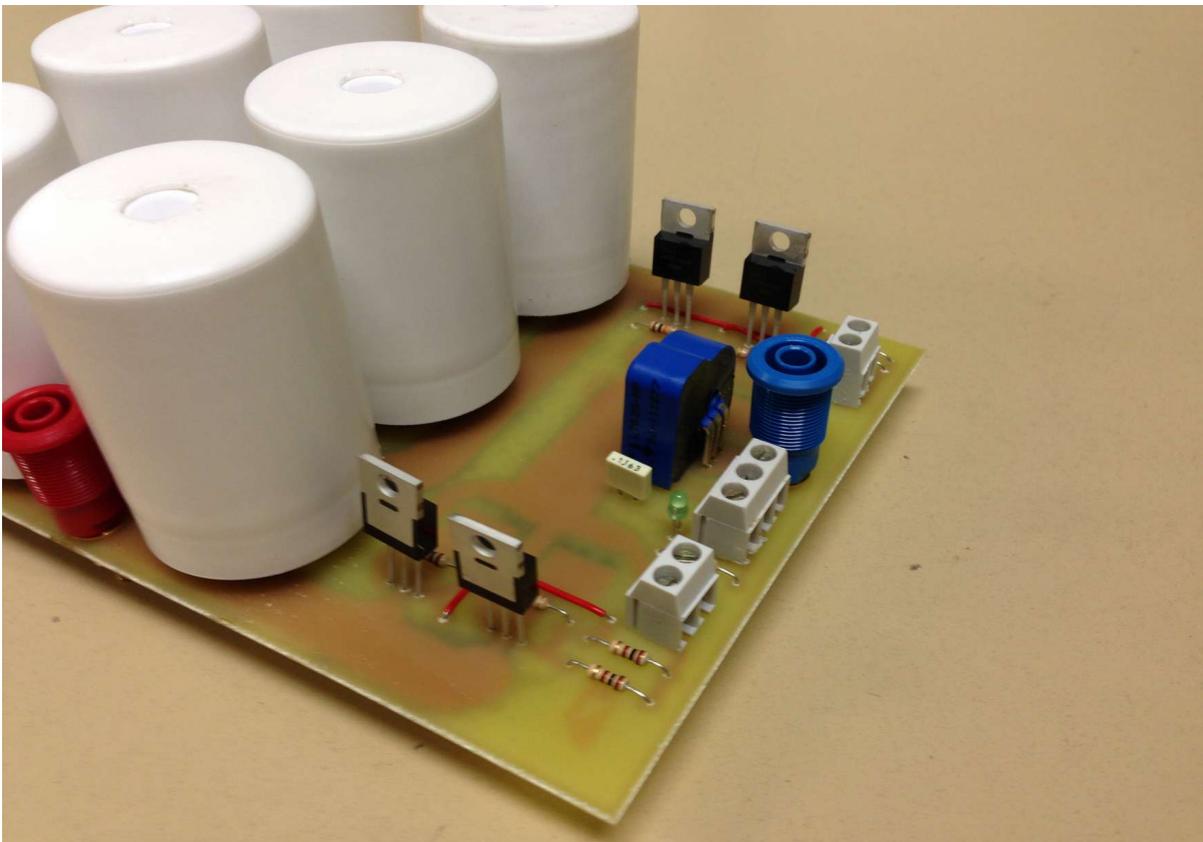


Illustration 29: Carte puissance 3

4. Le circuit du commande

Dans cette partie de notre travail, nous montrons les étapes principales que nous avons suivi, pour réaliser la partie commande de notre projet. Comme nous avons vu, pour faire fonctionner le moteur de direction assistée de la kart, nous avons besoin d'un Hacheur quatre quadrants, Le Hacheur est nécessaire pour pouvoir inverser le sens de rotation ainsi que changer la vitesse d'un moteur à courant continu [5] (commande par pont de transistors). Pour commander cet Hacheur, nous avons besoin d'une ou de plusieurs cartes de commande. La carte de commande est alors pour un principe simple, qui est de contrôler la fonctionnement de chaque bras du Hacheur.

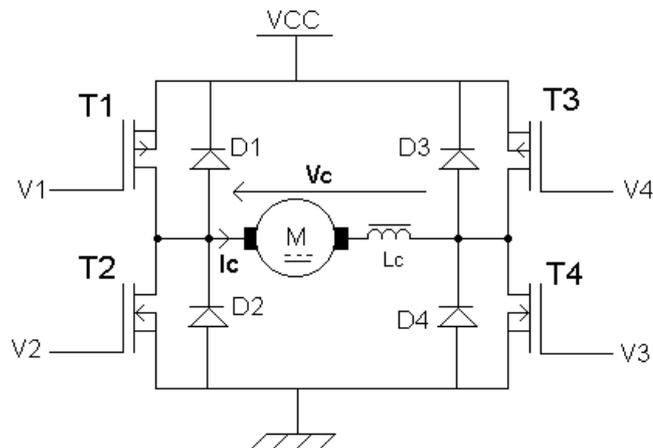


Illustration 30: Hacheur 4 quadrants [0]

Le Hacheur peut donc, changer le sens de rotation, à l'aide d'un signal inversible délivré par un microcontrôleur d'une carte de commande. Le principe général de changement du sens de rotation par des bras du Hacheur est démontré par l'illustration n° 31.

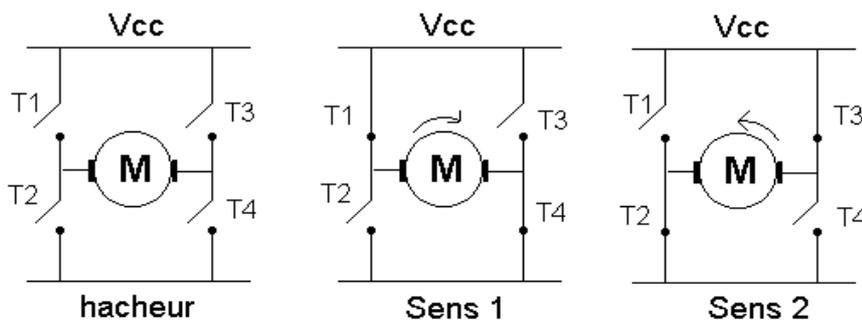


Illustration 31: Principe de fonctionnement [0]

4 transistors (8 dans notre cas), peuvent être symbolisés par des interrupteurs T1, T2, T3 et T4, comme dans l'illustration, sont montés en pont. Ils permettent de commander le sens de rotation du moteur. Lorsque T1 et T4 sont fermés (saturés), le moteur tourne dans un sens (sens 1) . Lorsque T2 et T3 sont fermés, le moteur va tourner dans l'autre sens (sens 2) [5]. Cette commande de blocage (saturation) et déblocage de chaque bras, est faite à l'aide d'un inverseur du signal.

On peut aussi montrer le principe de la variation de vitesse dans le Hacheur à l'aide d'une carte de commande. Il est possible de faire varier la vitesse de rotation du moteur en limitant plus où moins la puissance fournie au moteur (rapport tension – courant), cela va faire varier la fréquence de commutation (rapport cyclique) des transistors, ce qui fait, ensuite, varier la vitesse de rotation du moteur.

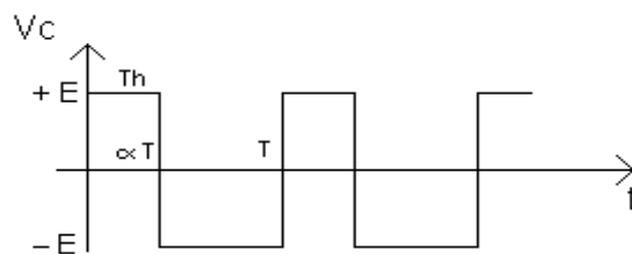


Illustration 32: Variation de vitesse et le rapport cyclique [0]

La commande des interrupteurs est du type complémentaire : Les transistors T1, T4 d'une part et T2, T3 d'autre part reçoivent des signaux de commande identiques : au cours d'une période de fonctionnement, lorsque T1 et T4 sont commandés à l'amorçage, T2 et T4 sont commandés au blocage et inversement.

Sur le schéma ci-dessus, T1 et T4 sont commandés pendant le temps aT et les transistors T2, T3 sont commandés pendant le temps $(T - aT)$ [$0 \leq a \leq 1$] . On constate naturellement que la tension V_c aux bornes du moteur s'inverse [5].

Dans un premier temps, nous avons récupéré de notre professeur (Monsieur Thierry Lequeu) une carte de commande à plusieurs entrées. Le but, au début, était de faire fonctionner un seul bras de notre Hacheur, afin de vérifier le bon fonctionnement entre deux commutations.

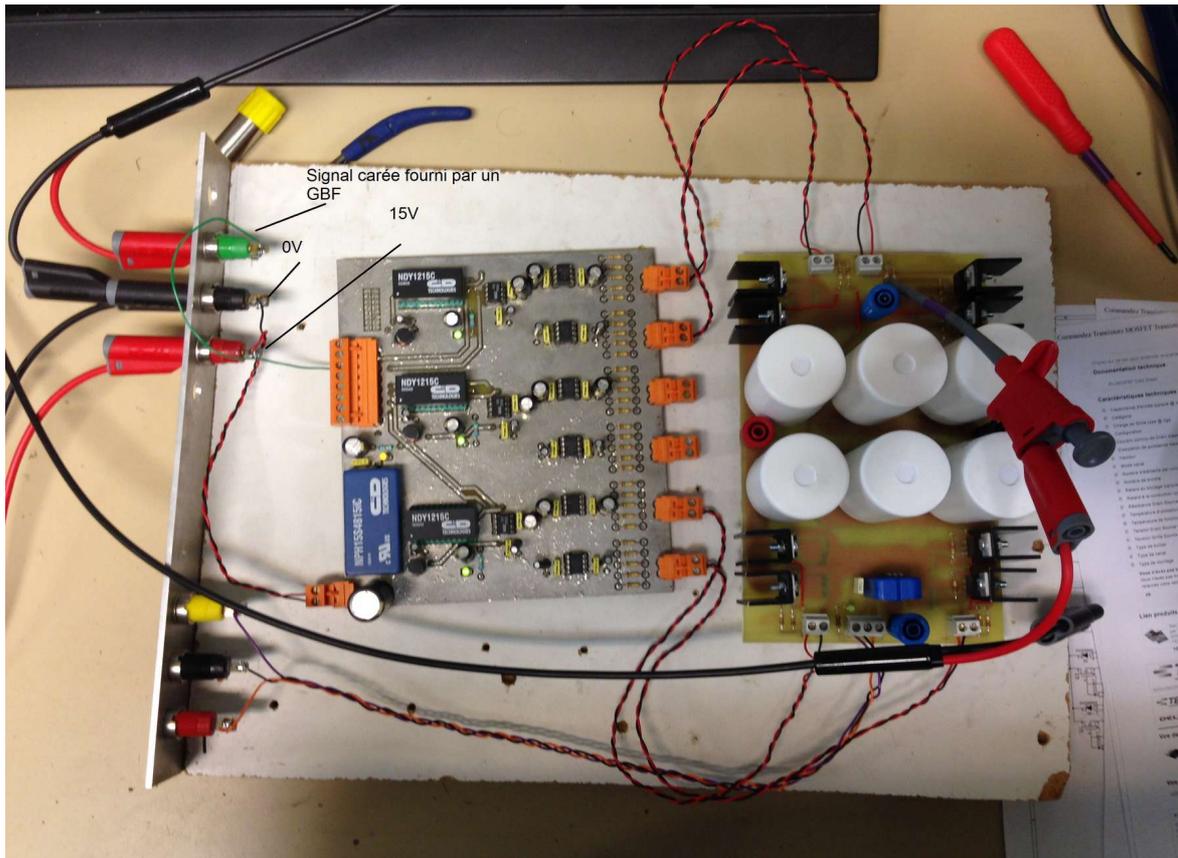


Illustration 33: Carte de commande à plusieurs entrées T.L.

Pour vérifier le bon fonctionnement d'un bras du Hacheur, il faut avoir une charge sur la sortie de circuit de puissance (Hacheur). Nous avons récupéré un moteur à courant continu à forte perte qui permettrait de simuler le fonctionnement mécanique du circuit. Par la carte de commande, nous avons pu choisir l'entrée qui nous intéresse (par rapport à la sortie) en changeant le fil qui délivre un signal carré fourni par un GBF. Quatre transistors ont mis en marche (2 sur chaque coté de la même bras). Ce branchement nous a montré à l'aide d'un oscilloscope que les signaux de commutation des transistors sont en courts-circuits à chaque moment que ces derniers passent de l'état de conduction à l'état de saturation, en conséquence, les transistors chauffent rapidement.

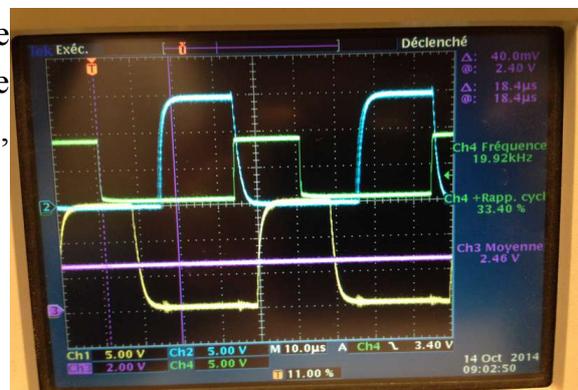


Illustration 34: Signaux de commande de Hacheur

Il fallait donc corriger cette erreur de commande en rajoutant un pont RDC (résistance + diode + condensateur), à l'entrée de la carte de commande, qui nous a permis de décaler les signaux l'une par rapport à l'autre.

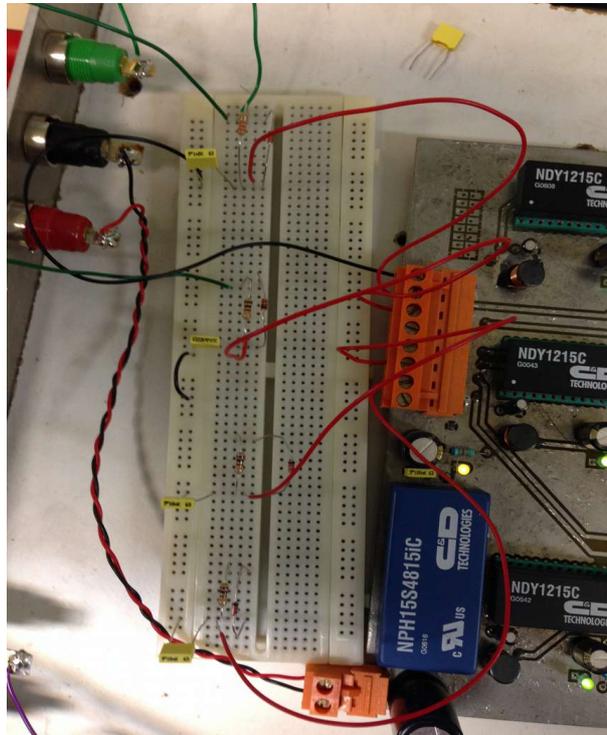


Illustration 35: Pont RDC

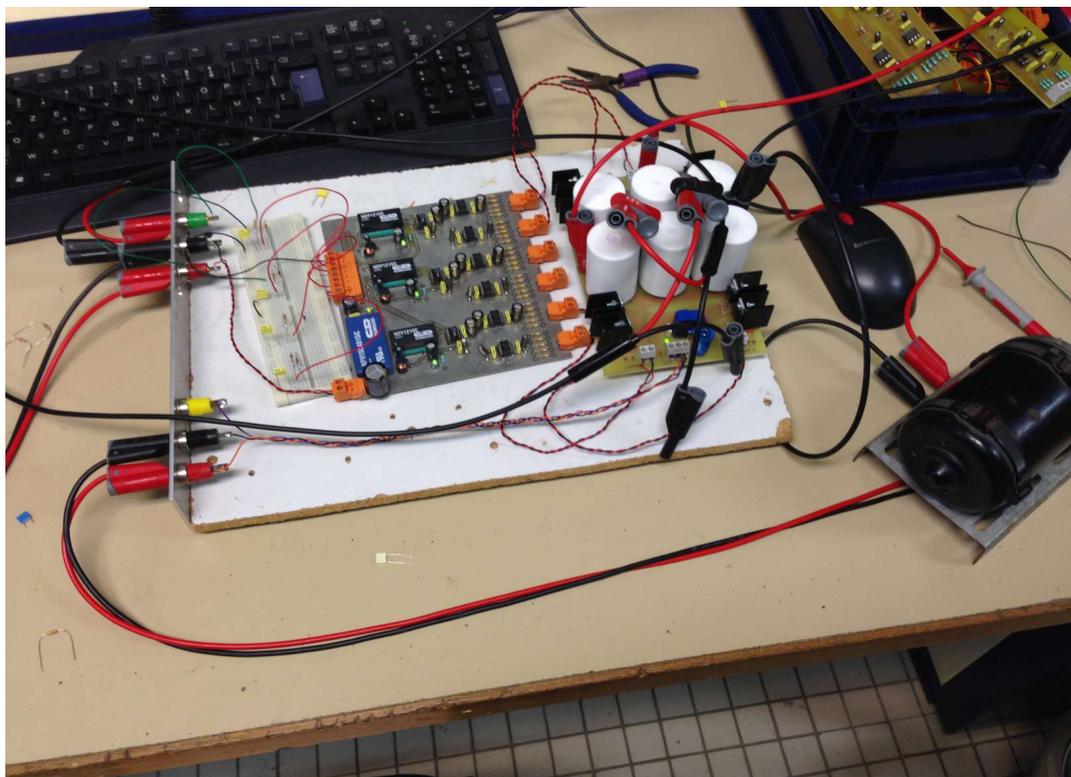


Illustration 36: ensemble : pont + commande + puissance + charge

Ensuite, nous avons décidé, de reprendre un module d'une carte de commande et l'imprimer, pour remplacer la grande carte utilisée.

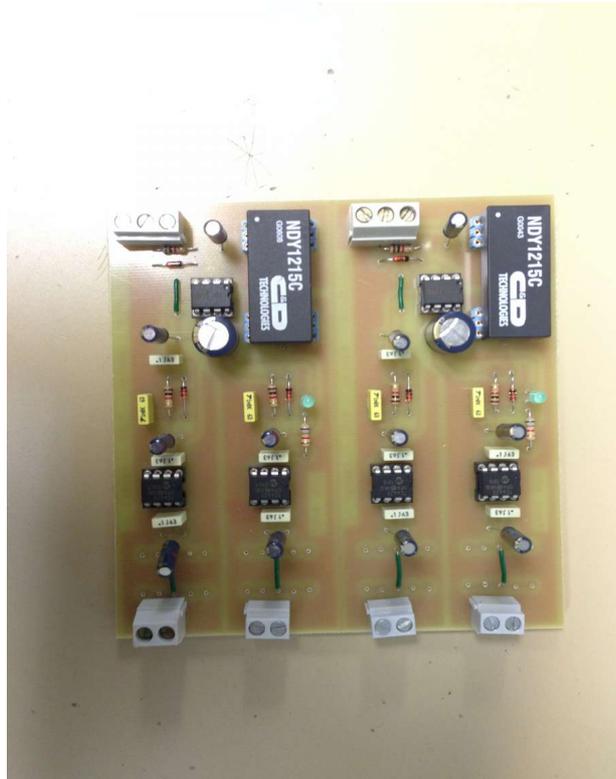


Illustration 37: Carte de commande réalisée

Cette carte, nous a permis d'avoir quatre sorties de puissances, pour contrôler les quatre regroupements du transistors. Elle est déjà occupée par un pont (Résistance + Diode + Condensateur) qui nous permet d'avoir un décalage de temps entre les signaux de commutation de transistors. Nous avons dû changer la valeur des résistances afin d'avoir le décalage demandé.



Illustration 39: pont RDC dans la carte de commande réalisée

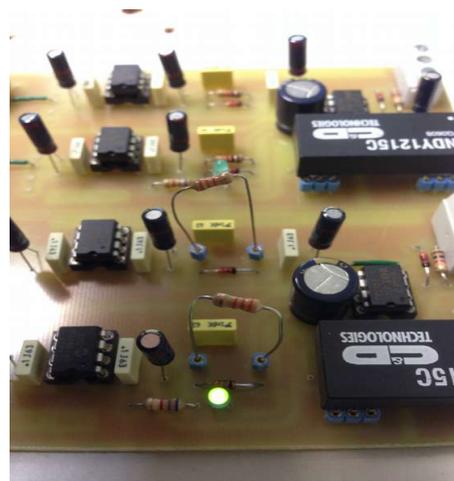


Illustration 38: changement de la valeur des résistance dans la carte de commande

Après avoir testé plusieurs valeurs de résistances, nous avons obtenu le résultat montré par l'oscilloscope dans les illustrations suivantes :

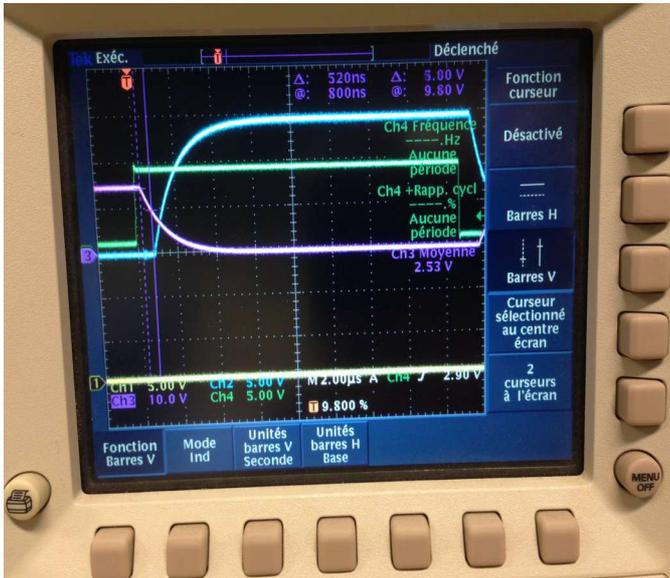


Illustration 40: avec une résistance de 1K

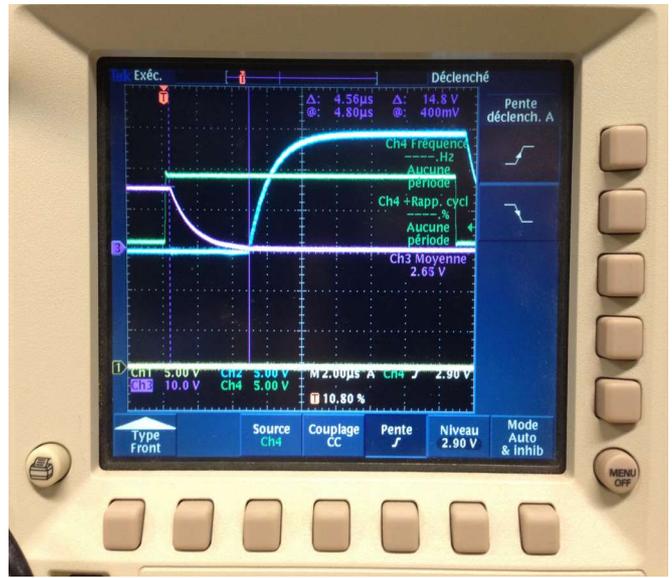


Illustration 41: avec une résistance de 33k

Finalement, pour obtenir un signal MLI qui remplace notre GBF, il fallait rajouter au montage une carte qui fournit deux signaux carrés (MLI), directs et inversés.

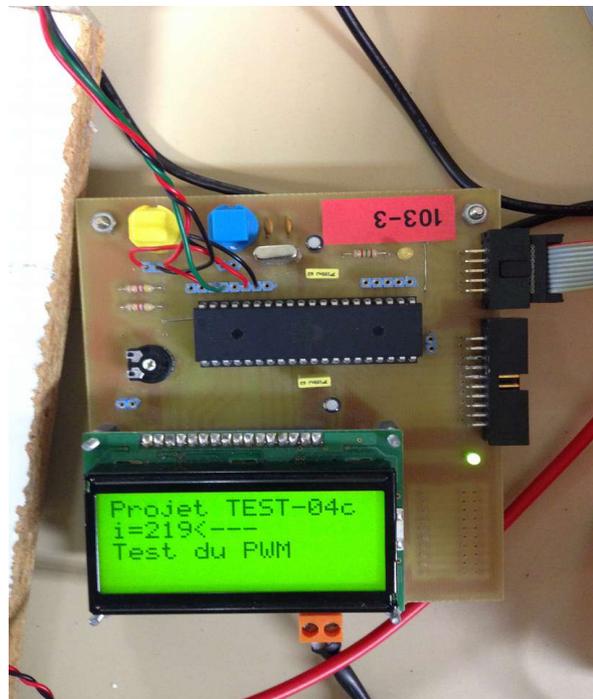


Illustration 42: carte MLI -> signal carrée

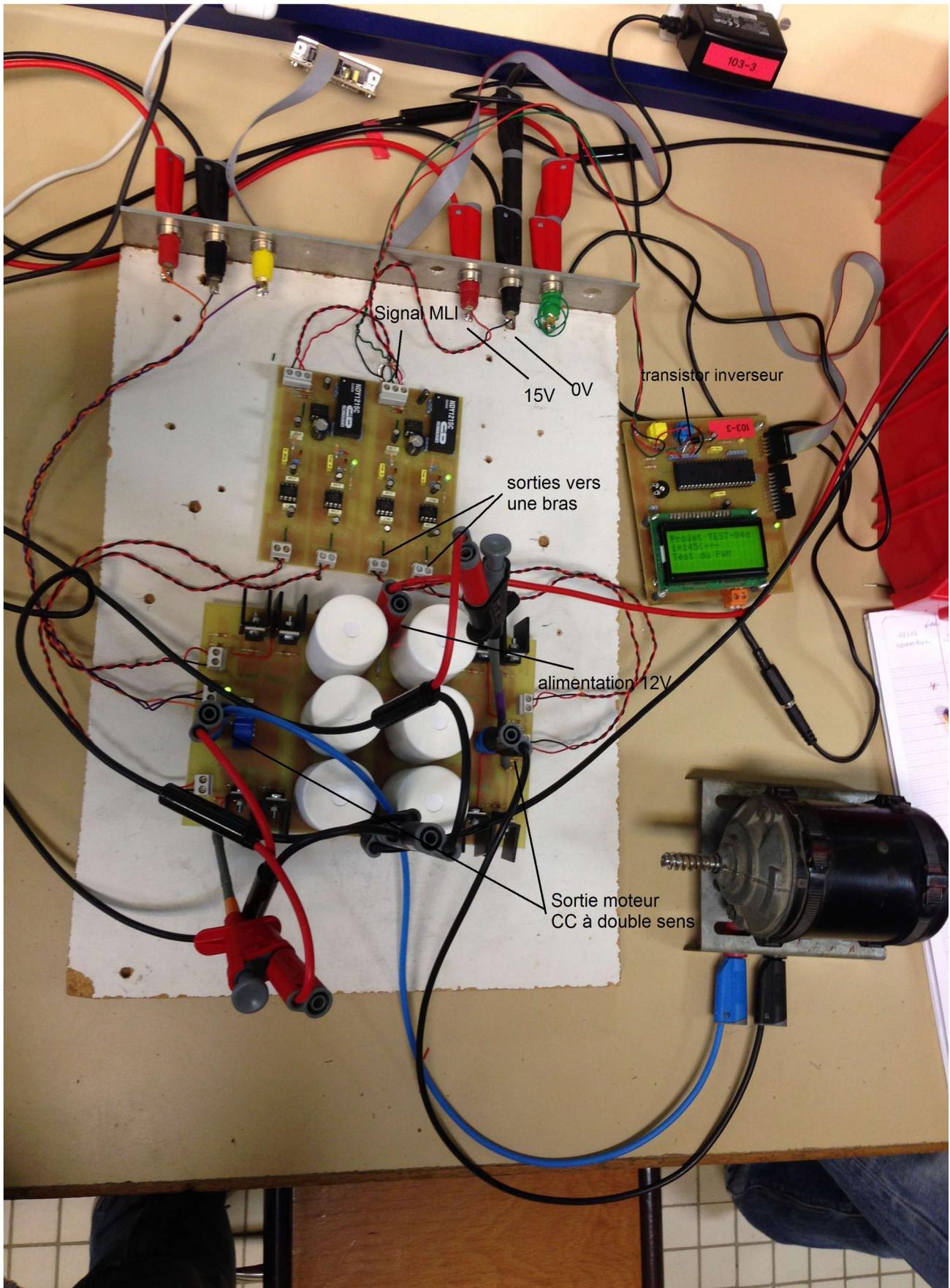


Illustration 43: ensemble de montage

Conclusion

Dans le cadre de notre projet d'étude et de réalisation, nous avons élaboré le projet d'un « Hacheur 4 quadrants pour moteur de direction assistée ». Nous avons divisé les tâches principales en trois parties. La première partie, était d'étudier le principe de fonctionnement d'un Hacheur 4 quadrants, afin de réaliser la carte de puissance. La deuxième partie était de finaliser cette carte à l'aide d'un logiciel de création de schémas électroniques « KiCad ». La dernière partie était de rajouter une partie commande au montage, afin qu'on puisse contrôler la direction et la vitesse de rotation du moteur à l'aide du système Hacheur.

Le fait de rencontrer divers problèmes et de les confronter, nous a permis de maîtriser l'utilisation des deux logiciels cités ci-dessus, et de mieux comprendre la partie électronique de la carte réalisée.

Ce projet nous a appris beaucoup de choses sur nos études et sur le travail en équipe. C'est un exemple concret et vivant d'une situation de travail que l'on peut rencontrer dans notre vie professionnelle future.

Résumé

Dans le but de réaliser un système Hacheur à quatre quadrants qui contrôlera la direction assistée d'un moteur de kart et pour le projet d'étude et de réalisation, nous avons développé une carte de puissance. Le hacheur permet de commander le sens de rotation (tourner à droite ou tourner à gauche) ainsi que la vitesse d'un moteur à courant continu (l'angle du virage). Nous avons tout d'abord, mis en place, un cahier des charges qui explique le principe exact du fonctionnement du Hacheur, ainsi que, la partie commande.

Nous avons dû réaliser par le logiciel KiCad, le schéma électrique et le typon de la carte électronique. Ensuite, nous avons choisi les composants à utiliser sur la carte de puissance. La commande des composants a fait partie de notre travail.

La carte de puissance a été mise en marche à l'aide de la partie commande qui était récupérée par notre professeur du module d'études et réalisation. Finalement, nous avons essayé le bon fonctionnement de l'ensemble du montage sur un moteur à courant continu. L'ensemble du montage était finalement fonctionnel.

177 mots

Index des illustrations

Illustration 1: Kart - IUT GEII [0].....	5
Illustration 2: Hacheur 4 quadrants [0].....	5
Illustration 3: moteur à c.c. de direction assistée [0].....	9
Illustration 4: moteur à c.c. de direction assistée [0].....	9
Illustration 5: batterie de 12V[1].....	9
Illustration 6: schéma principal du hacheur.....	10
Illustration 7: transistor mosfet.....	11
Illustration 8: mosfet [2].....	11
Illustration 9: diode shottky [3].....	12
Illustration 10: impr écran - doc condensateur.....	12
Illustration 11: condensateur KEMET.....	12
Illustration 12: impr écran - datasheet LEM.....	13
Illustration 13: LEM capteur du courant.....	13
Illustration 14: connecteurs à vis.....	14
Illustration 15: connecteur embases [0].....	14
Illustration 16: Kicad icon [4].....	18
Illustration 17: impr écran KiCad 1.....	18
Illustration 18: impr écran KiCad 2.....	19
Illustration 19: impr écran KiCad 3.....	20
Illustration 20: impr écran KiCad 4 - Un bloc du Hacheur 4 quadrants.....	20
Illustration 21: impr écran KiCad 5.....	21
Illustration 22: impr écran KiCad 6 - netliste.....	21
Illustration 23: impr écran KiCad 7- Éditeur de modules.....	22
Illustration 24: impr écran KiCad 8 - empreinte LEM.....	23
Illustration 25: impr écran KiCad 9 - empreinte condensateur PEH200.....	23
Illustration 26: impr écran KiCad 10 - pcb calculator.....	23
Illustration 27: Carte puissance 1.....	24
Illustration 28: Carte puissance 2.....	25
Illustration 29: Carte puissance 3.....	25
Illustration 30: Hacheur 4 quadrants [0].....	26
Illustration 31: Principe de fonctionnement [0].....	26
Illustration 32: Variation de vitesse et le rapport cyclique [0].....	27
Illustration 33: Carte de commande à plusieurs entrées T.L.....	28
Illustration 34: Singnaux de commande de Hacheur.....	28
Illustration 35: Pont RDC.....	29
Illustration 36: ensemble : pont + commande + puissance + charge.....	29
Illustration 37: Carte de commande réalisée.....	30
Illustration 38: changement de la valeur des résistance dans la carte de commande.....	30
Illustration 39: pont RDC dans la carte de commande réalisée.....	30
Illustration 40: avec une résistance de 1K.....	31
Illustration 41: avec une résistance de 33k.....	31
Illustration 42: carte MLI -> signal carrée.....	31
Illustration 43: ensemble de montage.....	32

Bibliographie

- [0] Kart - IUT GEII. Kart - IUT GEII, , [En ligne]. (Page consultée le 10/10/2014) <http://www.e-kart.fr/index.php?option=com_content&task=view&id=809&Itemid=2>
- [0] Hacheur 4 quadrants. Hacheur 4 quadrants, , [En ligne]. (Page consultée le) <http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/hacheur_principe.gif>
- [0] moteur à cc. moteur à cc, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/6c/Transistor_MOSFET.png&imgrefurl=http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Transistor_MOSFET.png&h=500&w=410&tbnid=vpydMUuq3W-0aM:&zoom=1&tbnh=90&tbnw=74&usg=__Hi-hB27amaWkMeJ9Sc2JeGsINio=&docid=HVKINUSTFn7GiM&sa=X&ei=gfBbVJbWNIWsPba7gMAF&ved=0CDoQ9QEwAg&dur=109>
- [1] Batterie 12V. Batterie 12V, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <<http://www.thierry-lequeu.fr/data/DATA395b.pdf>>
- [2] mosfet. mosfet, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <http://www.google.fr/imgres?imgurl=http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/c/c9/Schottky_diode_symbol.svg/250px-Schottky_diode_symbol.svg.png&imgrefurl=http://fr.wikipedia.org/wiki/Diode_Schottky&h=107&w=250&tbnid=AlumZOuHkLreAM:&zoom=1&tbnh=85&tbnw=198&usg=__83ZLvKkR>
- [3] shottky. shottky, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <http://www.google.fr/imgres?imgurl=http%3A%2F%2Fimg-europe.electrocomponents.com%2Fimages%2FRF321631-91.jpg&imgrefurl=http%3A%2F%2Fbefr.rs-online.com%2Fweb%2FgeneralDisplay.html%3Ffile%3Dproducts_20%26id%3DAutomation2011%26cm_sp%3DPCA--Automation2011--capteurs_et_transducteurs&h=280&w=203&tbnid=aA2-qgMa3RgJpM%3A&zoom=1&docid=UJXmbT13_TJ3vM&ei=FvFbVM6-A8SdPbn6gKAO&tbnid=isch&iact=rc&uact=3&dur=464&page=1&start=0&ndsp=20&ved=0CDIQrQMwBg>
- [0] embases. embases, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <www.conrad.fr>
- [4] KiCad icon. KiCad icon, , [En ligne]. (Page consultée le 03/11/2014) <<https://lists.launchpad.net/kicad-developers/pngCuldih9yYP.png>>
- [5] <http://www.ile-reunion.org/>. <http://www.ile-reunion.org/>, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <<http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/hacheur4-quadrants.htm>>
- [0] Hacheur 4 quadrants. Hacheur 4 quadrants, , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <<http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/hacheur4-quadrants.htm>>
- [0] Principe de fonctionnement . Principe de fonctionnement , , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <<http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/hacheur4-quadrants.htm>>
- [0] Variation de vitesse et le rapport cyclique . Variation de vitesse et le rapport cyclique , , [En ligne]. (Page consultée le 05/11/2014) <<http://www.ile-reunion.org/louispayen/cours/hacheur4-quadrants.htm>>

ANNEXE

ANNEXE2 _ Datasheet de la diode schottky

MBRB4030G, NRVBB4030T4G

Preferred Device

SWITCHMODE Power Rectifier

These state-of-the-art devices use the Schottky Barrier principle with a proprietary barrier metal.

Features

- Guardring for Stress Protection
- Maximum Die Size
- 175°C Operating Junction Temperature
- Short Heat Sink Tab Manufactured – Not Sheared
- AEC-Q101 Qualified and PPAP Capable
- NRVBB Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Unique Site and Control Change Requirements
- All Packages are Pb-Free*

Mechanical Characteristics:

- Case: Epoxy, Molded, Epoxy Meets UL 94 V-0
- Weight: 1.7 Grams (Approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads Readily Solderable
- Device Meets MSL1 Requirements
- ESD Ratings:
 - ◆ Machine Model = C (> 400 V)
 - ◆ Human Body Model = 3B (> 8000 V)



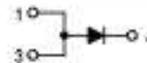
ON Semiconductor®

<http://onsemi.com>

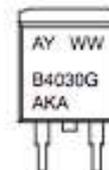
SCHOTTKY BARRIER RECTIFIER 40 AMPERES, 30 VOLTS



D²PAK
CASE 418B
STYLE 3



MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
Y = Year
WW = Work Week
B4030 = Device Code
G = Pb-Free Package
AKA = Diode Polarity

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 2 of this data sheet.

Preferred devices are recommended choices for future use and best overall value.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDEPDM/D.

MBRB4030G, NRVBB4030T4G

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{RWM} V_R	30	V
Average Rectified Forward Current (At Rated V_R) $T_C = +115^\circ\text{C}$ (Note 1)	$I_{F(AV)}$	40	A
Peak Repetitive Forward Current (At Rated V_R , Square Wave, 20 kHz), $T_C = +112^\circ\text{C}$	I_{FRM}	80	A
Non-Repetitive Peak Surge Current (Surge Applied at Rated Load Conditions Halfwave, Single Phase, 60 Hz)	I_{FSM}	300	A
Peak Repetitive Reverse Surge Current (2.0 μs , 1.0 kHz)	I_{RRM}	2.0	A
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +175	$^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature Range (Note 2)	T_J	-65 to +175	$^\circ\text{C}$
Voltage Rate of Change (Rated V_R)	dv/dt	10,000	$\text{V}/\mu\text{s}$
Reverse Energy (Unclamped Inductive Surge), ($T_C = 25^\circ\text{C}$, $L = 3.0\text{ mH}$)	W	600	mJ

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.

- Rating applies when pins 1 and 3 are connected.
- The heat generated must be less than the thermal conductivity from Junction-to-Ambient: $dP_D/dT_J < 1/R_{\theta JA}$

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Thermal Resistance, Junction-to-Case	$R_{\theta JC}$	1.0	$^\circ\text{C}/\text{W}$
Thermal Resistance, Junction-to-Ambient (Note 3)	$R_{\theta JA}$	50	$^\circ\text{C}/\text{W}$

- Rating applies when surface mounted on the minimum pad size recommended.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage (Notes 4 and 5), per Device ($I_F = 20\text{ A}$, $T_C = +25^\circ\text{C}$) ($I_F = 20\text{ A}$, $T_C = +150^\circ\text{C}$) ($I_F = 40\text{ A}$, $T_C = +25^\circ\text{C}$) ($I_F = 40\text{ A}$, $T_C = +150^\circ\text{C}$)	V_F	0.48 0.34 0.55 0.45	V
Maximum Instantaneous Reverse Current (Note 5), per Device (Rated DC Voltage, $T_C = +25^\circ\text{C}$) (Rated DC Voltage, $T_C = +125^\circ\text{C}$)	I_R	0.35 150	mA

- Rating applies when pins 1 and 3 are connected.
- Pulse Test: Pulse Width = 300 μs , Duty Cycle $\leq 2.0\%$

ORDERING INFORMATION

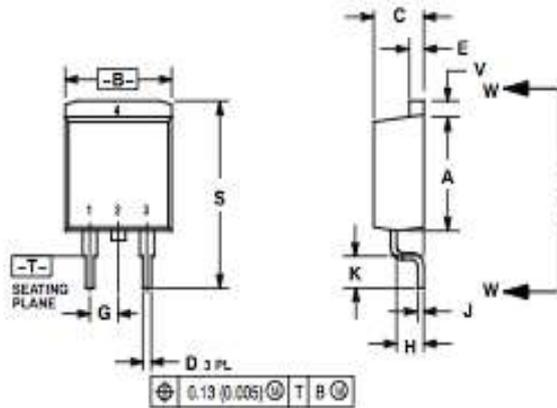
Device	Package	Shipping [†]
MBRB4030G	D ² PAK (Pb-Free)	50 Units / Rail
MBRB4030T4G	D ² PAK (Pb-Free)	800 Units / Tape & Reel
NRVBB4030T4G	D ² PAK (Pb-Free)	800 Units / Tape & Reel

[†]For information on tape and reel specifications, including part orientation and tape sizes, please refer to our Tape and Reel Packaging Specifications Brochure, BRD8011/D.

MRB4030G, NRVBB4030T4G

PACKAGE DIMENSIONS

D²PAK 3
CASE 418B-04
ISSUE K



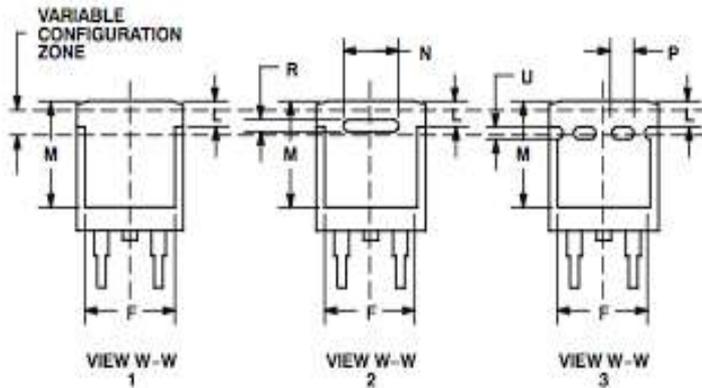
NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. 418B-01 THRU 418B-03 OBSOLETE, NEW STANDARD 418B-04.

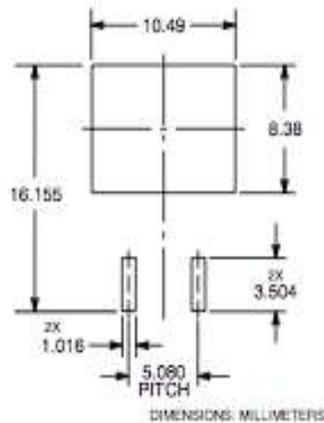
DIM	INCHES		MILLIMETERS	
	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.240	0.292	6.64	8.65
B	0.380	0.405	9.65	10.29
C	0.160	0.190	4.08	4.83
D	0.020	0.035	0.51	0.89
E	0.245	0.295	6.14	7.49
F	0.210	0.290	5.33	7.38
G	0.100 BSC	2.54 BSC		
H	0.560	0.110	14.17	2.79
J	0.018	0.025	0.46	0.64
K	0.090	0.115	2.29	2.92
L	0.052	0.072	1.32	1.83
M	0.260	0.320	6.60	8.13
N	0.187 REF	0.00 REF		
P	0.070 (REF)	2.00 (REF)		
R	0.030 (REF)	0.99 (REF)		
S	0.575	0.625	14.60	15.88
V	0.045	0.055	1.14	1.40

STYLE 3:

1. ANODE
2. CATHODE
3. ANODE
4. CATHODE



SOLDERING FOOTPRINT*



*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

ANNEXE3 _ Datasheet du transistor mosfet

International
IR Rectifier

PD - 94996

IRL3803PbF

- Lead-Free
- Logic-Level Gate Drive
- Advanced Process Technology
- Ultra Low On-Resistance
- Dynamic dv/dt Rating
- 175°C Operating Temperature
- Fast Switching
- Fully Avalanche Rated

Description

Fifth Generation HEXFETs from International Rectifier utilize advanced processing techniques to achieve the lowest possible on-resistance per silicon area. This benefit, combined with the fast switching speed and ruggedized device design that HEXFET Power MOSFETs are well known for, provides the designer with an extremely efficient device for use in a wide variety of applications.

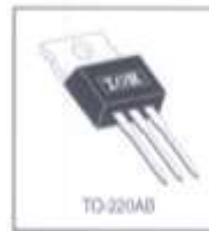
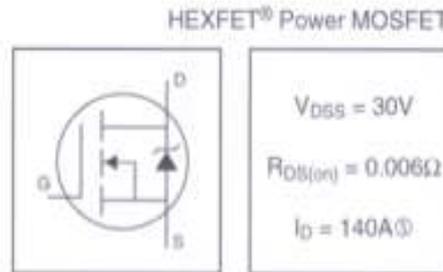
The TO-220 package is universally preferred for all commercial-industrial applications at power dissipation levels to approximately 50 watts. The low thermal resistance and low package cost of the TO-220 contribute to its wide acceptance throughout the industry.

Absolute Maximum Ratings

Parameter	Max.	Units
I_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	140	A
I_D @ $T_C = 100^\circ\text{C}$	90	A
I_{DM}	470	A
P_D @ $T_C = 25^\circ\text{C}$	200	W
	1.3	W/°C
V_{GS}	±18	V
E_{AS}	610	mJ
I_{AS}	71	A
E_{AR}	20	mJ
dv/dt	5.0	V/ns
T_J	-55 to +175	°C
T_{STG}	300 (1.0min from case)	°C
	10 lb-in (1.1N-m)	

Thermal Resistance

Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	—	—	0.75	°C/W
$R_{\theta CS}$	—	0.50	—	°C/W
$R_{\theta JA}$	—	—	62	°C/W



Electrical Characteristics @ $T_J = 25^\circ\text{C}$ (unless otherwise specified)

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
$V_{(BR)DS}$	Drain-to-Source Breakdown Voltage	30	—	—	V	$V_{GS} = 0V, I_D = 250\mu A$
$\frac{dV_{(BR)DS}}{dT}$	Breakdown Voltage Temp. Coefficient	—	0.052	—	V/°C	Reference to $25^\circ\text{C}, I_D = 1mA$
$R_{DS(on)}$	Static Drain-to-Source On-Resistance	—	—	0.008 0.009	Ω	$V_{GS} = 10V, I_D = 71A$ ⓐ $V_{GS} = 4.5V, I_D = 50A$ ⓑ
$V_{GS(th)}$	Gate Threshold Voltage	1.0	—	—	V	$V_{DS} = V_{GS}, I_D = 250\mu A$
g_m	Forward Transconductance	55	—	—	S	$V_{DS} = 25V, I_D = 71A$
I_{DSS}	Drain-to-Source Leakage Current	—	—	25 250	μA	$V_{GS} = 30V, V_{DS} = 0V$ $V_{GS} = 24V, V_{DS} = 0V, T_J = 150^\circ\text{C}$
I_{GSS}	Gate-to-Source Forward Leakage	—	—	100	nA	$V_{DS} = 18V$
	Gate-to-Source Reverse Leakage	—	—	-100	nA	$V_{DS} = -18V$
Q_g	Total Gate Charge	—	—	140	nC	$I_D = 71A$
Q_{gs}	Gate-to-Source Charge	—	—	41	nC	$V_{DS} = 24V$
Q_{gd}	Gate-to-Drain ("Miller") Charge	—	—	78	nC	$V_{GS} = 4.5V$, See Fig. 6 and 13 ⓑ
$t_{d(on)}$	Turn-On Delay Time	—	14	—	ns	$V_{GS} = 18V$
t_r	Rise Time	—	230	—	ns	$I_D = 71A$
$t_{d(off)}$	Turn-Off Delay Time	—	29	—	ns	$R_G = 1.5\Omega, V_{GS} = 4.5V$
t_f	Fall Time	—	30	—	ns	$R_D = 0.20\Omega$, See Fig. 10 ⓑ
L_D	Internal Drain Inductance	—	4.5	—	nH	Between lead (8mm @ 25in.) from package and center of die contact
L_S	Internal Source Inductance	—	7.5	—	nH	
C_{iss}	Input Capacitance	—	5000	—	pF	$V_{DS} = 0V$
C_{oss}	Output Capacitance	—	1800	—	pF	$V_{GS} = 25V$
C_{rds}	Reverse Transfer Capacitance	—	880	—	pF	$f = 1.0MHz$, See Fig. 5

Source-Drain Ratings and Characteristics

Parameter	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
I_S	Continuous Source Current (Body Diode)	—	—	1400	A	MOSFET symbol showing the integral reverse p-n junction diode.
I_{SM}	Pulsed Source Current (Body Diode) ⓐ	—	—	470	A	
V_{SD}	Diode Forward Voltage	—	—	1.3	V	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 71A, V_{GS} = 0V$ ⓑ
t_r	Reverse Recovery Time	—	120	180	ns	$T_J = 25^\circ\text{C}, I_S = 71A$
Q_{rr}	Reverse Recovery Charge	—	450	680	nC	$dI/dt = 100A/\mu s$ ⓑ
t_{on}	Forward Turn-On Time	Intrinsic turn-on time is negligible (turn-on is dominated by $L_D + L_S$)				

Notes:

- ⓐ Repetitive rating; pulse width limited by max. junction temperature. (See Fig. 11)
- ⓑ $V_{GS} = 15V$, starting $T_J = 25^\circ\text{C}$, $L = 180\mu H$, $R_D = 25\Omega$, $I_{DS} = 71A$. (See Figure 12)
- ⓐ $I_{SD} \leq 71A$, $dI/dt \leq 130A/\mu s$, $V_{GS} \leq V_{GS(max)}$, $T_J \leq 175^\circ\text{C}$

- ⓑ Pulse width $\leq 300\mu s$; duty cycle $\leq 2\%$.

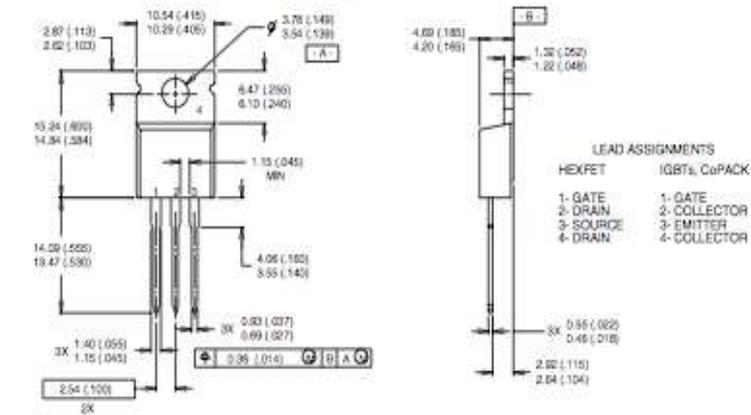
- ⓐ Calculated continuous current based on maximum allowable junction temperature for recommended current-handling of the package refer to Design Tip # 93-4

IRL3803PbF



TO-220AB Package Outline

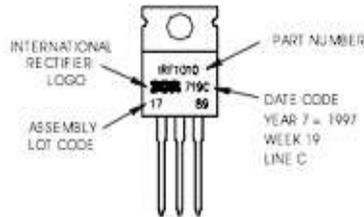
Dimensions are shown in millimeters (inches)



- NOTES:
- 1 DIMENSIONING & TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 - 2 CONTROLLING DIMENSION - INCH.
 - 3 OUTLINE CONFORMS TO JEDEC OUTLINE TO-220AB.
 - 4 HEAT SINK & LEAD MEASUREMENTS DO NOT INCLUDE BURRS.

TO-220AB Part Marking Information

EXAMPLE: THIS IS AN RF1010.
 LOT CODE 178P
 ASSEMBLED ON WW 19, 1997
 IN THE ASSEMBLY LINE "C"
Note: "P" in assembly line position indicates "Lead-Free"



Data and specifications subject to change without notice.



IR WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, USA Tel: (310) 252-7105
 TAC Fax: (310) 252-7903

Visit us at www.irf.com for sales contact information.02/04
www.irf.com

ANNEXE4 _ Datasheet du Condensateur

PEH 200 85°C

RoHS
Compliant

- High CV-value
- Long Life
- Low ESR and ESL
- Compact size
- Optimized designs available on request

APPLICATION

Typical applications for the new PEH 200 would be found in Uninterruptable Power Supplies (UPS), Ground Power Units (GPU), Welding Equipments and Drives where high current ratings and compact size are important.

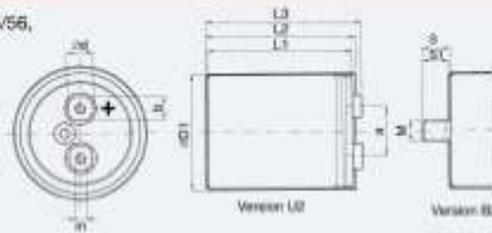
BASIC DESIGN

PEH 200 series has a polarized, all-welded design, heavy duty screw terminals, extended cathode construction, safety vent and plastic insulation. The sealing systems designed for electrolyte leakage free operation and a very low gas-diffusion rate of electrolyte.

Mechanical contact between the winding and the aluminium case allows excellent heat transfer from the winding hot spot to the ambient, which means cooler operation and very high current ratings.

SPECIFICATION

Standards	IEC 60384-4 Long Life Grade 40/85/56, DIN 41240
Capacitance range	100-330000 µF
Capacitance tolerance	-20 to +20%
Rated voltage	25-550 VDC
Temperature range	-40 to +85°C
Shelf life	2000 h at 0V +85°C, or 4 years at 0V +40°C
Operational life time	60000 h at +85°C (Case Ø = 90 mm)
Diameter range	35-90 mm



Dimensions table PEH 200 (mm)

D x L	Case code	D1 ±1.0	L1 ±1.0	L2 ±1.0	L3 ±1.0	S	S1	M	s ±0.5	b	d	m*	Weight approx (g)
35 x 47	E	36.6	47.5	50.5	55.0	12	11.0	M8	13.0	—	8	M5	60
35 x 51	A	36.6	51.5	54.5	58.9	12	11.0	M8	13.0	—	8	M5	70
35 x 60	B	36.6	59.5	62.5	66.9	12	11.0	M8	13.0	—	8	M5	85
35 x 75	C	36.6	73.5	76.5	80.9	12	11.0	M8	13.0	—	8	M5	105
35 x 95	D	36.6	84.5	87.5	101.9	12	11.0	M8	13.0	—	8	M5	130
50 x 49	G	51.6	48.5	51.5	56.4	16	15.0	M12	22.0	13	15	M5	150
50 x 75	H	51.6	74.5	77.5	82.4	16	15.0	M12	22.0	13	15	M5	180
50 x 95	J	51.6	85.5	88.5	103.4	16	15.0	M12	22.0	13	15	M5	240
50 x 105	K	51.6	103.5	106.5	111.4	16	15.0	M12	22.0	13	15	M5	265
50 x 115	I**	51.6	115.5	118.5	123.4	16	15.0	M12	22.0	13	15	M5	300
65 x 105	O	66.6	106.0	109.2	113.0	16	14.8	M12	28.5	13	15	M5	415
65 x 115	Q**	66.6	116.0	121.2	125.0	16	14.8	M12	28.5	13	15	M5	460
65 x 130	S**	66.6	129.0	132.2	136.0	16	14.8	M12	28.5	13	15	M5	520
65 x 140	R**	66.6	141.0	144.2	148.0	16	14.8	M12	28.5	13	15	M5	650
75 x 76	L	76.6	77.0	80.2	84.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	430
75 x 98	P**	76.6	98.0	101.2	105.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	530
75 x 105	T	76.6	106.0	109.2	113.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	585
75 x 115	U	76.6	116.0	121.2	125.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	640
75 x 145	V	76.6	146.0	149.2	153.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	800
75 x 220	X	76.6	221.0	224.2	228.0	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	1400
90 x 78	M	91.6	78.5	79.7	83.4	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	750
90 x 98	N	91.6	97.5	100.7	104.4	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	950
90 x 145	Y	91.6	145.5	148.7	152.4	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	1400
90 x 220	Z	91.6	220.0	223.2	226.9	16	14.8	M12	32.0	13	15	M5	1500

* M6 and other threads on request. **on request

EVOK RIFA

BHC

47

ARTICLE TABLE PEH 200 (85°C)

C _n	D x L	Case code	I _{rms} *	I _{rms} *	I _{rms} *	ESR*	ESR*	L _{ind} Approx.	Article code
			85°C	50°C	40°C	20°C	20°C		
μF	mm		100 Hz A	10 kHz A	10 kHz A	100 Hz mΩ	100 kHz mΩ	nH	U2 = Plain can B2 = Stud can
25 VDC (U_n)									
15000	35 x 51	A	11.8	28.7	19.0	25	21	12	PEH200HA5150M--
22000	35 x 75	C	15.2	34.3	24.4	17	14	12	PEH200HC5220M--
33000	35 x 95	D	17.8	38.0	28.1	12	10	12	PEH200HD5330M--
47000	50 x 75	H	20.2	43.3	30.1	11	10	16	PEH200HH5470M--
68000	50 x 95	J	23.4	47.4	34.6	8	7	16	PEH200HJ5680M--
100000	50 x 105	K	23.8	46.1	34.7	7	7	16	PEH200HK6100M--
150000	65 x 105	O	26.3	50.0	37.2	7	7	16	PEH200HO6150M--
220000	75 x 105	T	35.0	63.6	49.5	5	5	17	PEH200HT6220M--
330000	75 x 145	V	40.0	73.1	56.9	4	4	17	PEH200HV6330M--
40 VDC (U_n)									
6800	35 x 51	A	9.9	27.2	18.1	33	25	12	PEH200KA4680M--
10000	35 x 60	B	12.0	31.5	21.4	23	18	12	PEH200KB5100M--
15000	35 x 75	C	14.6	36.1	25.5	16	12	12	PEH200KC5150M--
22000	35 x 95	D	17.1	39.8	29.2	12	9	12	PEH200KD5220M--
33000	50 x 75	H	18.9	41.1	28.8	11	9	16	PEH200KH5330M--
47000	50 x 95	J	22.1	46.3	33.6	8	7	16	PEH200KJ5470M--
68000	65 x 105	O	25.2	49.9	35.6	7	7	16	PEH200KO5680M--
100000	65 x 105	O	24.9	46.3	35.9	6	6	16	PEH200KQ6100M--
150000	75 x 115	U	35.7	67.7	51.2	5	4	17	PEH200KU6150M--
220000	75 x 145	V	34.4	62.3	48.9	5	5	17	PEH200KV6220M--
63 VDC (U_n)									
4700	35 x 51	A	9.0	26.8	18.0	32	21	12	PEH200MA4470M--
6800	35 x 75	C	11.5	32.7	23.5	21	14	12	PEH200MC4680M--
10000	35 x 95	D	13.6	36.0	27.0	15	10	12	PEH200MD5100M--
15000	50 x 75	H	16.1	37.3	26.5	14	11	16	PEH200MH5150M--
22000	50 x 95	J	19.0	42.0	30.9	10	8	16	PEH200MJ5220M--
33000	65 x 105	O	22.8	45.9	34.8	10	8	16	PEH200MO5330M--
47000	65 x 105	O	21.8	42.7	32.0	10	9	16	PEH200MOS470M--
68000	75 x 115	U	31.5	61.3	46.8	6	5	17	PEH200MU5680M--
100000	75 x 145	V	34.3	62.2	50.3	5	5	17	PEH200MV6100M--
100 VDC (U_n)									
1500	35 x 51	A	5.7	18.0	12.1	92	63	12	PEH200PA4150M--
2200	35 x 60	B	7.0	21.3	14.7	63	44	12	PEH200PB4220M--
3300	35 x 75	C	8.7	25.0	17.8	43	30	12	PEH200PC4330M--
4700	35 x 95	D	10.3	28.9	21.1	31	21	12	PEH200PD4470M--
6800	50 x 75	H	12.7	30.4	21.5	33	27	16	PEH200PH4680M--
10000	50 x 95	J	15.3	34.7	25.6	23	19	16	PEH200PJ6100M--
15000	50 x 105	K	17.3	37.6	27.9	17	14	16	PEH200PK5150M--
22000	65 x 105	O	19.3	38.7	30.1	15	13	16	PEH200PO5220M--
33000	75 x 105	T	26.3	53.0	39.8	10	8	17	PEH200PT5330M--
47000	75 x 145	V	30.8	60.5	47.3	7	6	17	PEH200PV5470M--
250 VDC (U_n)									
330	35 x 51	A	2.2	13.5	8.7	330	170	12	PEH200SA3330M--
470	35 x 60	B	2.7	15.9	10.6	240	120	12	PEH200SB3470M--
680	35 x 75	C	3.4	18.7	13.0	160	84	12	PEH200SC3680M--
1000	35 x 95	D	4.1	21.2	15.6	110	58	12	PEH200SD4100M--
1000	50 x 49	G	4.3	20.7	12.6	120	69	16	PEH200SG4100M--
1500	50 x 75	H	5.9	28.7	19.5	78	42	16	PEH200SH4150M--
2200	50 x 95	J	7.3	32.5	23.2	54	29	16	PEH200SJ4220M--
3300	65 x 105	O	10.0	39.8	29.4	38	22	16	PEH200SO4330M--
3300	75 x 78	L	10.5	43.8	29.6	38	22	17	PEH200SL4330M--
4700	65 x 105	O	11.3	38.2	27.2	29	18	16	PEH200SO4470M--

* Maximum values. ** 2 m/s forced air, studmounted on 3°C/W aluminium chassis.



Capteur de courant multi-calibre LTS 25-NP

Pour la mesure électronique des courants : DC, AC, Impulsionnels, mixtes, avec une isolation galvanique entre le circuit primaire (courant fort) et le circuit secondaire (circuit électronique).

$I_{PN} = 8 - 12 - 25 A$



Caractéristiques électriques principales

I_{PN}	Courant primaire efficace nominal	25	A1
I_p	Courant primaire, plage de mesure	0 .. ± 80	A1
V_C	Tension d'alimentation ($\pm 5\%$)	5	V
V_{OUT}	Tension de sortie analogique @ $I_p = 0$	2.5 ¹⁾	V
	@ $\pm I_{PN}$	2.5 ± 0.625	V
I_C	Courant de consommation @ $I_p = 0, V_C = 5 V$ Typ	20	mA
N_s	Nombre de spires secondaires ($\pm 0.1\%$)	2000	
R_L	Résistance de charge	≥ 2	k Ω
R_{int}	Résistance de mesure interne ($\pm 0.5\%$)	50	Ω
TCR_{int}	Dérive en température de R_{int}	< 50	ppm/K
V_d	Tension efficace d'essai diélectrique, 50/60 Hz, 1 min	2.5	kV
V_0	Tension efficace de dimensionnement	525 ²⁾	V

Précision - performances dynamiques

X	Précision @ $I_{PN}, T_A = 25^\circ C$	± 0.2	%
X_g	Précision globale @ $I_{PN}, T_A = 25^\circ C$	± 0.7 ³⁾	%
B_L	Linéarité	< 0.1	%
TCV_{OUT}	Dérive en température de V_{OUT} @ $I_p = 0 - 10^\circ C .. + 85^\circ C$	Typ 50 Max 100	ppm/K
TCE_G	Dérive en température du gain - $10^\circ C .. + 85^\circ C$	50 ⁴⁾	ppm/K
V_{OV}	Tension résiduelle @ $I_p = 0$, après une surintensité de	$3 \times I_{PN}$ $5 \times I_{PN}$ $10 \times I_{PN}$	± 0.5 ± 2.0 ± 2.0 mV
t_{in}	Temps de réaction @ 10 % de I_{p_max}	< 50	ns
t_d	Temps de retard @ 90 % de I_{p_max}	< 200	ns
di/dt	di/dt correctement suivi	> 100	A/ μs
f	Bande passante @	0 .. - 0.5 dB - 0.5 .. 1dB	DC .. 100 kHz DC .. 200 kHz

Caractéristiques générales

T_A	Température ambiante de service	- 10 .. + 85	$^\circ C$
T_S	Température ambiante de stockage	- 25 .. + 100	$^\circ C$
m	Masse	10	g
	Normes	EN 50178	

Notes: ¹⁾ Valeur absolue @ $T_A = 25^\circ C, 2.4875 < V_{OUT} < 2.5125$
²⁾ Classe de pollution 2, catégorie III
³⁾ 0.2 % + 0.5 % dû à la précision de R_{int}
⁴⁾ Seulement dû à TCR_{int}

Généralités

- Capteur de courant de type boucle fermée (à compensation) utilisant l'effet Hall
- Tension d'alimentation unipolaire
- Conception compacte pour montage sur circuit imprimé
- Résistance de mesure incorporée
- Plage de mesure étendue
- Boîtier injecté en matière isolante auto-extinguible de classe UL 94-V0.

Avantages

- Excellente précision
- Très bonne linéarité
- Faible dérive en température
- Temps de retard optimal
- Bande passante élevée
- Pas de pertes d'insertion apportées dans le circuit à mesurer
- Grande immunité aux perturbations extérieures
- Surcharges de courant supportées sans dommages.

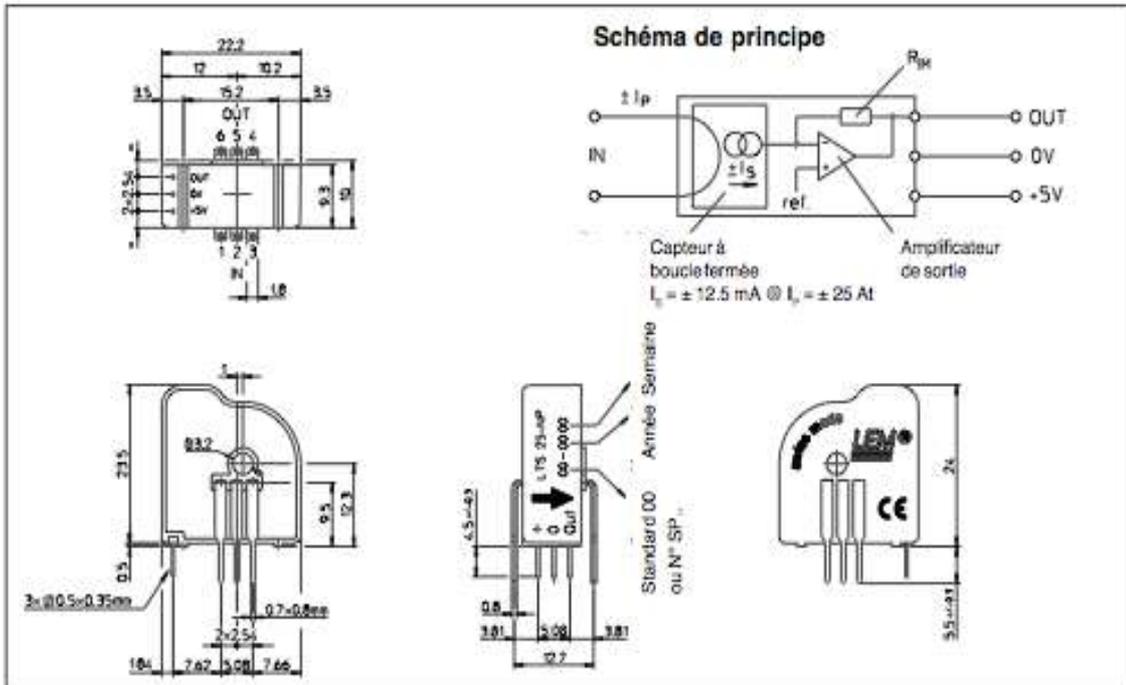
Applications

- Variateurs de vitesse et entraînements à servomoteur AC
- Convertisseurs statiques pour entraînements à moteur DC
- Applications alimentées par batteries
- Alimentations Sans Interruption (ASI)
- Alimentations à découpage
- Alimentations pour applications de soudage.

Modèle déposé.

980212/3

Dimensions LTS 25-NP (en mm)



Nombre de spires primaires	Courant primaire efficace nominal I_{pN} [A]	Tension de sortie nominale V_{OUT} [V]	Résistance primaire [mΩ]	Inductance d'insertion primaire [μH]	Raccordement recommandé
1	± 25	2.5 ± 0.625	0.18	0.013	
2	± 12	2.5 ± 0.600	0.81	0.05	
3	± 8	2.5 ± 0.600	1.62	0.12	

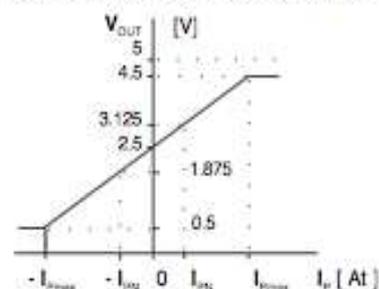
Caractéristiques mécaniques

- Tolérance générale ± 0.2 mm
- Fixation et connexion primaire 6 picots 0.7 x 0.8 mm
Perçage recommandé ∅ 1.3 mm
- Fixation et connexion secondaire 3 picots 0.5 x 0.35 mm
Perçage recommandé ∅ 0.8 mm
- Connexion primaire supplémentaire trou ∅ 3.2 mm

Remarques générales

- V_{OUT} est positif lorsque I_p circule des bornes 1, 2, 3 vers les bornes 6, 5, 4.

Tension de sortie - Courant primaire



LEM se réserve le droit d'apporter certaines modifications sur ses capteurs, dans le sens d'une amélioration, ceci sans avis spécial.