



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

Étude et Réalisation

Alimentation 12V 100W à partir de 48V

Kamel AGHARBI
Vivien JAMET
2ème année-P2
Promotion 2005/2007

Enseignant :
M Thierry LEQUEU



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

Etude et Réalisation

Alimentation 12V 100W à partir de 48V

Kamel AGHARBI
Vivien JAMET
2ème année-P2
Promotion 2005/2007

Enseignant :
M Thierry LEQUEU

Sommaire

Introduction.....	4
1.Cahier des charges et objectifs.....	5
1.1.Cahier des charges.....	5
1.2.Objectif.....	6
2.Calcul des composants.....	9
2.1.Calcul de L:.....	9
2.2.Calcul de C:.....	10
3.Montage de la bobine:.....	10
4.La carte de puissance.....	12
4.1.Schémas Capture.....	12
4.2.Le typon.....	14
5.La carte de commande.....	17
6.Aspect économique.....	18
7.Planning.....	19
Conclusion	20
Index des illustrations.....	21
Annexe.....	22

Introduction

Le kart électrique GEII est un condensé des technologies les plus communes en électronique de puissance.

Notre projet est la réalisation d'une alimentation 12V 100W pour l'autoradio embarqué sur le kart. Le kart fournissant une tension de 48V par ces batteries, notre réalisation portera sur la mise en œuvre d'une alimentation de type hacheur abaisseur ou hacheur BUCK.

Le projet est divisé en la réalisation de deux cartes: une carte de puissance et une carte pour la commande et la protection en tension. La difficulté principale est le choix des composants et la conception du typon étant donné la puissance demandé, qui implique un fort courant.

1.Cahier des charges et objectifs

Pour réaliser notre projet nous sommes partie du cahier des charges donné par le professeur. Celui ci nous indique les contraintes aux quelles nous devrions respecter.

1.1.Cahier des charges

Les différentes contraintes qui nous ont été imposées pour notre hacheur BUCK sont:

- une tension d'entrée de 48V provenant de la batterie du karting, donc cette tension sera sans doute légèrement variable ce qui nous impose une protection en tension.
- une tension de sortie de 12V continue qui permettra d'alimenter le poste radio.
- Une puissance suffisante d'au moins 100W ce qui implique un fort courant.
- La taille des cartes doit être la plus petite possible pour pouvoir être facilement disposées sur le karting.

1.2.Objectif

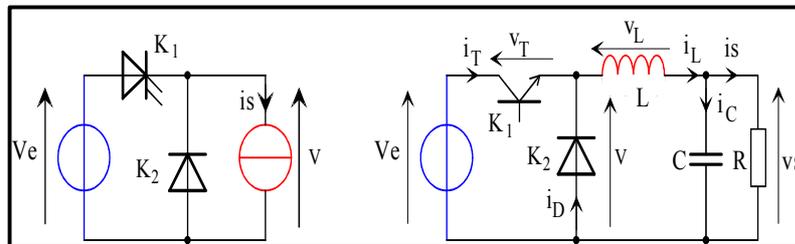
Notre objectif est de pouvoir à partir d'une tension continue de 48V d'alimenter un autoradio.

La façon la plus simple de réduire une tension est d'utiliser un diviseur de tension, mais les diviseurs de tension, dissipant sous forme de chaleur l'excès de tension, possèdent un faible rendement ce qui est rédhibitoire pour les applications d'électronique de puissance.

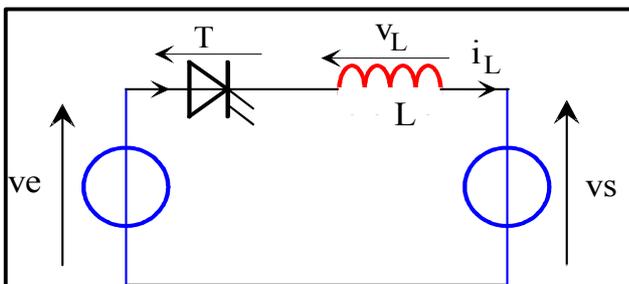
Un convertisseur Buck possédant un fort rendement (jusqu'à 95%), et offrant la possibilité de réguler la tension de sortie, est donc plus adapté pour les applications d'électronique de puissance comme la réduction des 12-24V fournis par une batterie d'ordinateur portable vers les quelques Volts nécessaires au processeur.

Principe de fonctionnement du Hacheur de type BUCK

Schéma du hacheur de type BUCK

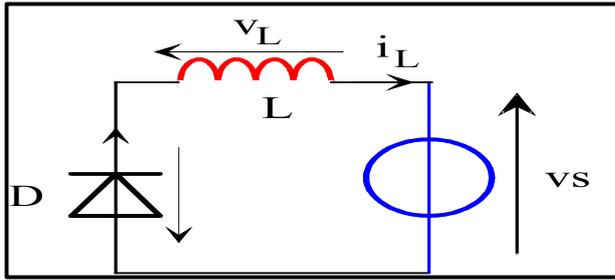


Pour $t \in [0 ; \alpha T]$, le transistor T est fermé



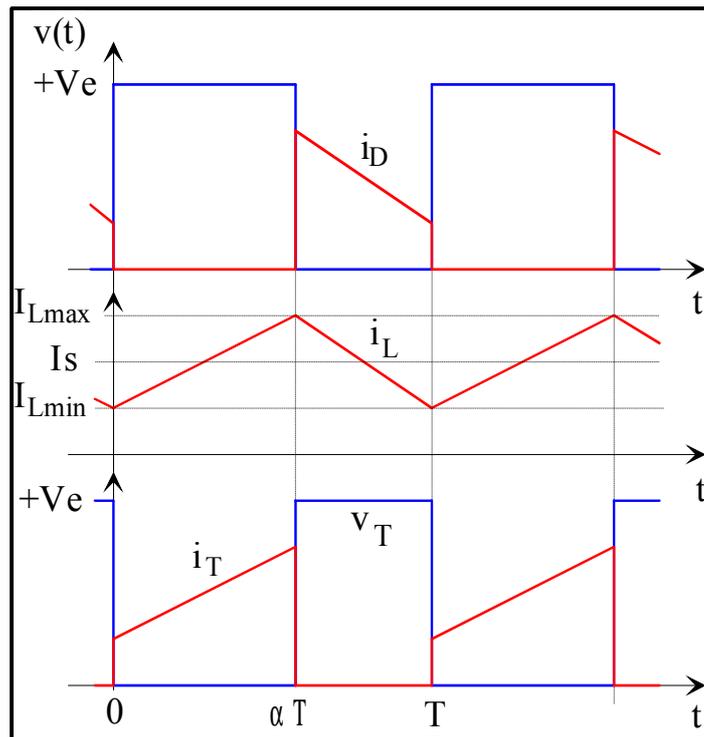
L'inductance se charge sous $V_e - V_s$ ($V_e > V_s$).

Pour $t \in [\alpha T ; T]$, T est ouvert

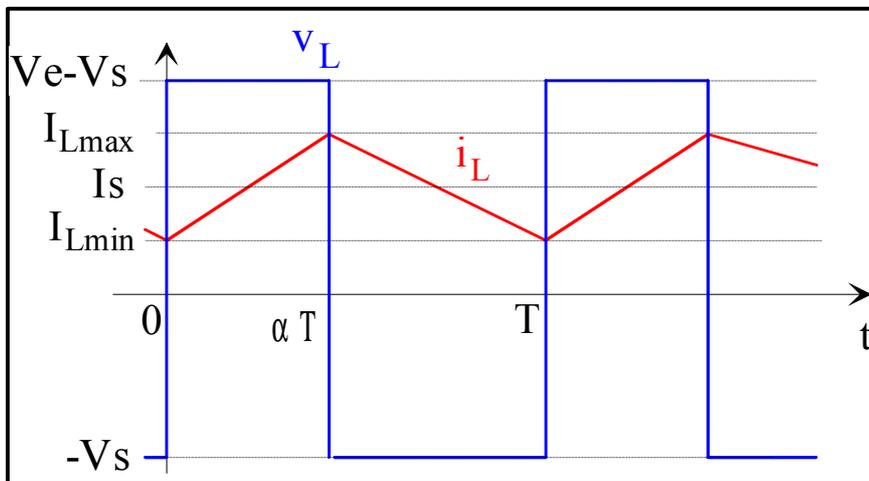


L'inductance se décharge sous $-V_s$ ($-V_s < 0$)

Forme d'onde des principales tensions et courants



Tension et courant de l'inductance :



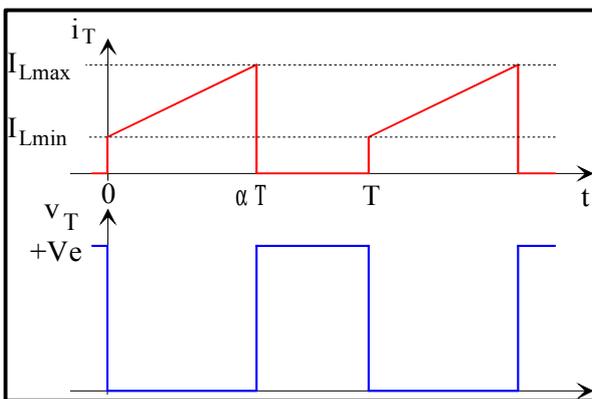
$$\langle v_L \rangle = \frac{1}{T} \int_0^T v_L(t) dt = \frac{1}{T} [(V_e - V_s) \times \alpha T + (-V_s) \times (T - \alpha T)] = \alpha V_e + \alpha V_s - V_s(1 - \alpha)$$

Donc en régime permanent :

$$V_s = \alpha \cdot V_e$$

Contraintes sur les interrupteurs

Le transistor:



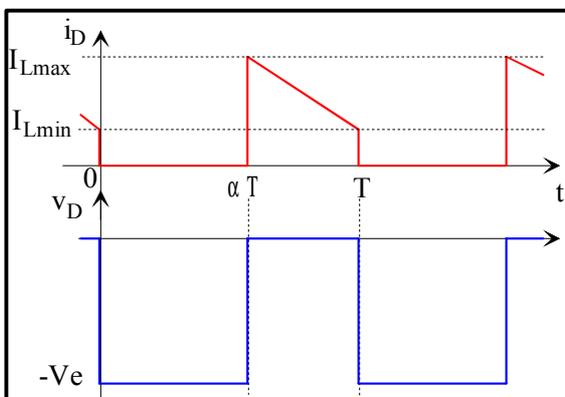
$$I_{T \max} = I_{TM} = I_{L \max} = I_s + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{V_e}{2 L F}$$

$$I_{T \text{ moy}} = I_{T(AV)} = \alpha \cdot I_s = I_{e \text{ moy}}!$$

$$I_{T \text{ eff}} = I_{T(RMS)} = \sqrt{\left(I_s^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12} \right) \cdot \alpha}$$

$$V_{T \max} = V_{TM} = + V_e$$

La diode :



$$I_{D \max} = I_{FRM} = \langle i_L \rangle + \frac{\Delta I_L}{2}$$

$$= I_s + \alpha \cdot (1 - \alpha) \cdot \frac{V_e}{2 L F}$$

$$I_{D \text{ moy}} = I_{F(AV)} = (1 - \alpha) \cdot I_s$$

$$I_{D \text{ eff}} = I_{F(RMS)} = \sqrt{\left(I_s^2 + \frac{\Delta I_L^2}{12} \right) \cdot (1 - \alpha)}$$

$$V_{D \text{ inv max}} = V_{DRM} = + V_e$$

2. Calcul des composants

Pour le choix des composants nous avons choisis d'utiliser des composants haute fréquence car notre carte fonctionnera sous une fréquence de 25000 Hz.

2.1. Calcul de L:

On calcul d'abord le courant dans la charge:

$$I = P/U \quad \text{avec } P = 100W \text{ et } U = 12V$$

$$I = 8,33 \text{ A}$$

$$\Delta i < 0,833 \text{ A}$$

$$\Delta i = (V_e * a * (1 - a)) / (L * F)$$

Ici a vaut $\frac{1}{4}$ car on effectue une conversion 48V \rightarrow 12V

On obtient:

$$L = (V_e * a * (1 - a)) / (\Delta i * F)$$

Application numérique avec $F = 25\text{kHz}$ et $V_e = 48V$:

$$L = 432\mu\text{H}$$

2.2.Calcul de C:

On sait que

$$\Delta V_s = (V_e * a * (1 - a)) / (8 * L * C * F^2)$$

$$C = (V_e * a * (1 - a)) / (8 * \Delta V_s * L * F^2)$$

Application numérique:

$$C = 8,33 \mu\text{F}$$

Choix des composants:

$L = 432 \mu\text{H} \text{ et } C = 10 \mu\text{F}$
--

Pour le calcul des composants nous avons réalisé ces calculs pour différentes valeurs de V_e sous Excel. Les résultats de ces calculs se trouvent en annexe.

3.Montage de la bobine:

Comme expliqué précédemment un fort courant circule dans le montage, ce courant a une incidence directe sur le choix de la bobine et son montage.

Tout d'abord il faut savoir qu'un courant de 8,33 A circulera dans la bobine, on portera ce courant à 10A afin de garder une marge de sécurité pour la suite et simplifier les calculs.

Un fil de cuivre supporte un courant de 5A/mm², on doit donc prendre une section de 2 mm². Ce qui nous donne un diamètre de:

$$2\text{mm}^2 = (\pi \cdot D^2)/4$$

$$D = 1,59 \text{ mm}$$

Or cette section étant trop importante pour le type de câble employé on décide d'utiliser deux câbles de section 1 mm en parallèle.

La section de câble étant trouvé il s'agit maintenant de calculer de nombre de spires. Pour cela il est nécessaire de connaître la surface entre l'entrefer et l'aimant. Cette zone est appelée Winding Area dans la documentation constructeur et est de 111 mm² (voir annexe). Une fois en possession de ces informations on à pu en déduire qu'il fallait effectuer 55 tours afin d'obtenir la valeur d' inductance souhaité. Afin d'avoir une valeur plus précise de l' inductance il a été nécessaire de rajouter un entrefer à la bobine.

En effet la mise en place d'un entrefer est obligatoire car sinon l'inductance est trop importante a celle voulut, pour cette entrefer nous avons suivis le conseil de M Lequeu qui nous a indiqué la marche a suivre. Il fallait utilisé de l'époxy qui est un bon isolant. Nous nous somme placé en salle d'électronique qui dispose un dispositif qui mesure la valeur de l'inductance équipé d'une lime nous avons poncer cette entrefer pour avoir la valeur voulut.

Une des choses a savoir est que l'entrefer doit être divisé en deux parties et être placer a chaque extrémité de la bobine car si nous le plaçons au centre le faite de fixé les deux morceaux de ferrites peu provoqué la casse de l'un deux.

4.La carte de puissance

Nous avons conçu le typon de la carte avec le logiciel Orcad. On utilise Capture pour entrer le schéma du montage, on passe ensuite sur Layout pour créer le typon du circuit imprimé en utilisant la netlist fait dans Capture.

4.1 Schémas Capture

Voici le schéma du montage tel que nous l'avons entré dans Capture :

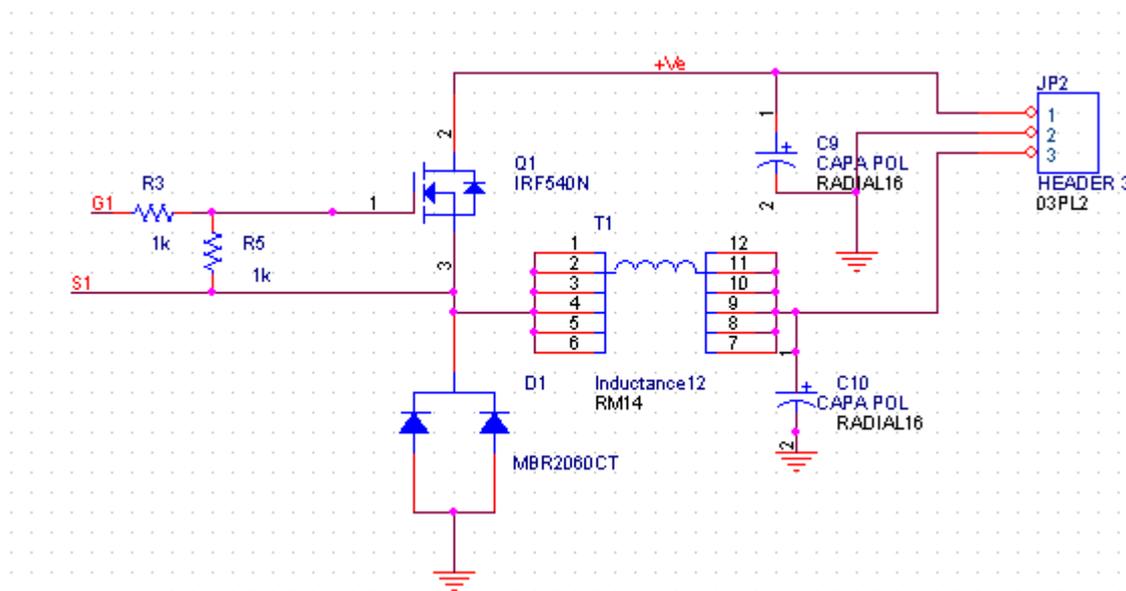


Illustration 1: Schémas de la puissance

Cette partie constitue l'alimentation Buck au niveau de la puissance, on y retrouve la bobine (T1), la diode (D1) et le transistor (Q1). Pour simplifier le schéma et pour le rendre plus visible nous avons placé des repères (S1,G1) pour ne pas l'encombrer de fil.

Nous avons ensuite la partie chargée de la commande du transistor. Cette partie est articulée principalement autour d'un composant : le IR2111.

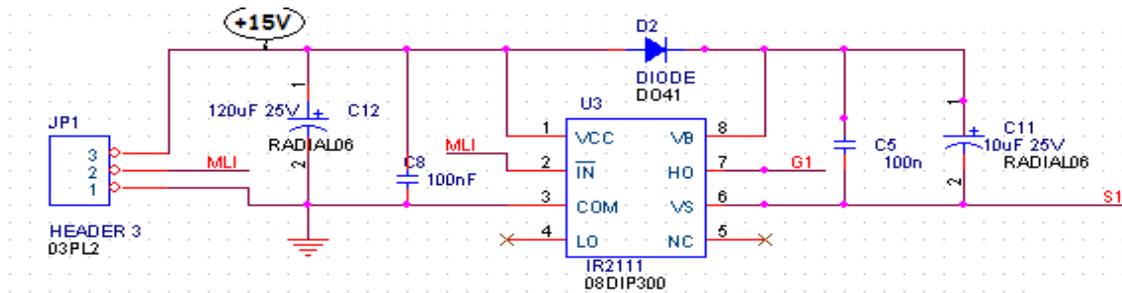


Illustration 2: la commande du transistor

Ce composant commande le transistor de l'alimentation Buck, l'avantage est qu'il peut recevoir un rapport cyclique réglable d'une autre carte que nous n'avons pas eu le temps de réaliser mais dont le principe est expliqué dans le chapitre suivant. Le schémas de cette partie « commande du transistor » et ci-dessus.

Dans se montage le composant principal est le IR2111, nous avons besoin de celui-ci car il permet de commander le transistor car le SG3524 n'est pas assez puissant. Nous nous servons juste que d'une seul sortie HO et non la sortie LO, car nous avons qu'un seul transistor, cela est du a notre hacheur où il nous est pas demandé d'être réversible. Pour le montage nous somme servis de la DATASHEET où se trouve le montage à effectué que voici:

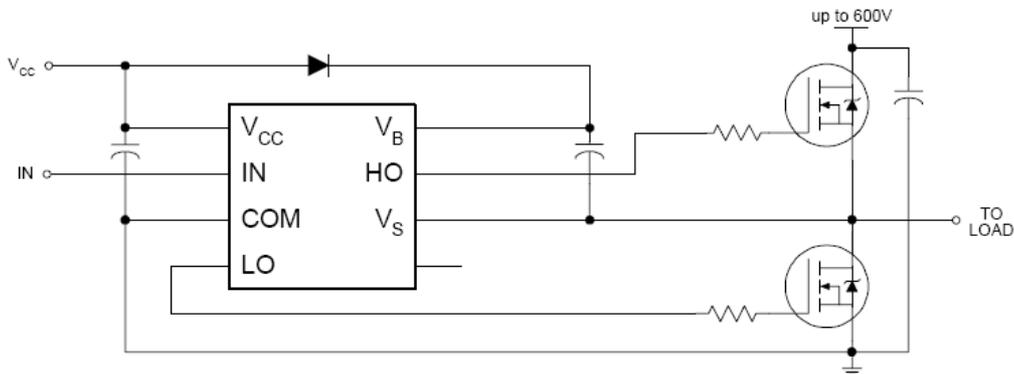


Illustration 3: Montage du IR211

Voici la partie comprenant le IR2111:



Illustration 4: Partie commande du transistor

4.2 Le typon

Le typon est obtenu après la création d'une netlist à partir de Capture. Une fois la netlist effectué le logiciel créé un fichier d'extension .mnl, on ouvre ce fichier avec le logiciel Layout. A l'ouverture du fichier on nous demande d'ouvrir un fichier de référence pour le typon puis d'entrer l'empreinte des différents composants. Une fois cette étape effectuée les composants sont « alignés » sur la carte. En l'état ce placement n'est pas exploitable pour la création du typon, il convient de les placer par nous-même d'une manière la plus intelligente possible. Cette étape est plutôt longue car elle nécessite d'aider au mieux le logiciel pour l'auto routage.

Après plusieurs essais nous sommes parvenus à un résultat satisfaisant dans la mesure où les dimensions de la carte n'étaient pas trop imposantes et que le typon était resté en simple face. L'illustration suivante présente le résultat obtenu avec Orcad.

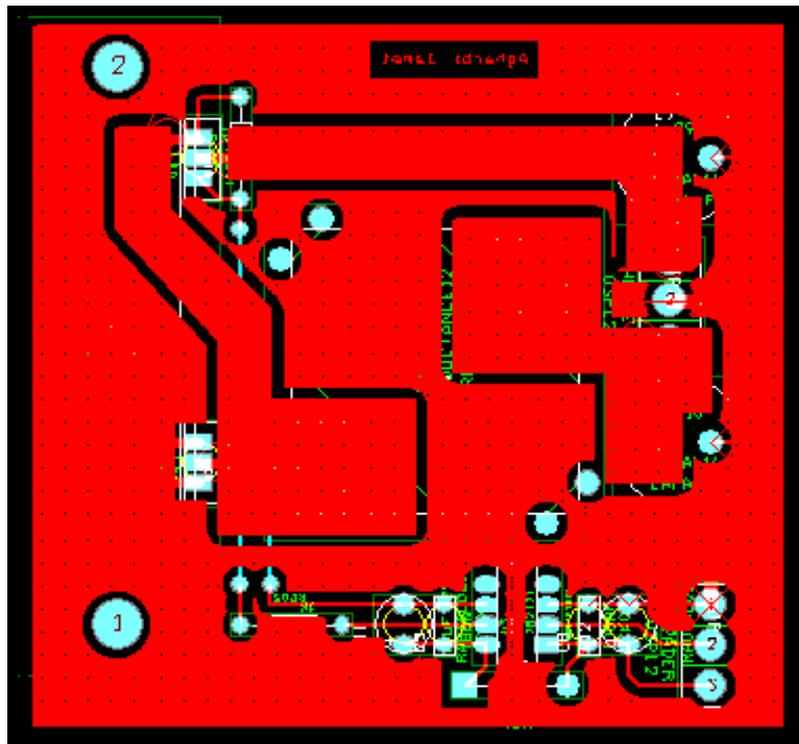


Illustration 5: typon de l'alimentation Buck

Voici le schémas d'implantation des composants :

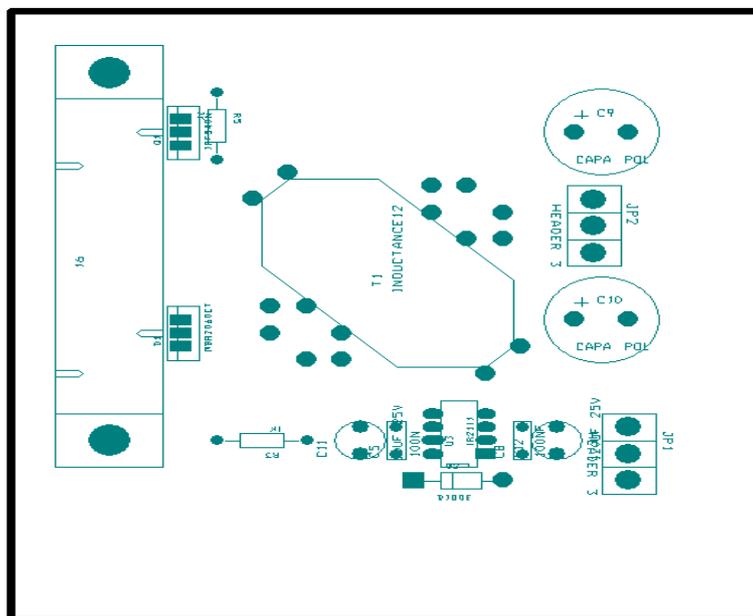


Illustration 6: schémas d'implantation

Comme on peut le voir sur le typon nous avons dû utiliser un plan de masse ainsi que des pistes de taille importante, en effet notre carte est une carte de puissance et sera traverser par un fort courant. Le courant qui traversera la carte sera de l'ordre de 10 ampère et une piste de taille normale ne peut en aucun cas faire passer un courant aussi fort.

Sur la carte on peut aussi remarquer la présence d'un radiateur de refroidissement assez imposant, son rôle est de dissipé l'énergie calorifique émise par le transistor et la diode de puissance. La mise en place d'un tel élément n'est pas aisé car il faut en tenir compte dès la conception du typon. Ensuite son implantation sur la carte à nécessiter le perçage de deux trous pour les vis avec un foré suffisamment grand.

En ce qui concerne le radiateur nous avons préféré placé entre celui-ci et les composants: diode et transistor de puissance un isolant pour être sur de ne pas avoir de courts circuit si les refroidisseurs de ces composant sont reliés au Vcc.

Voici la carte où se trouve la partie puissance:

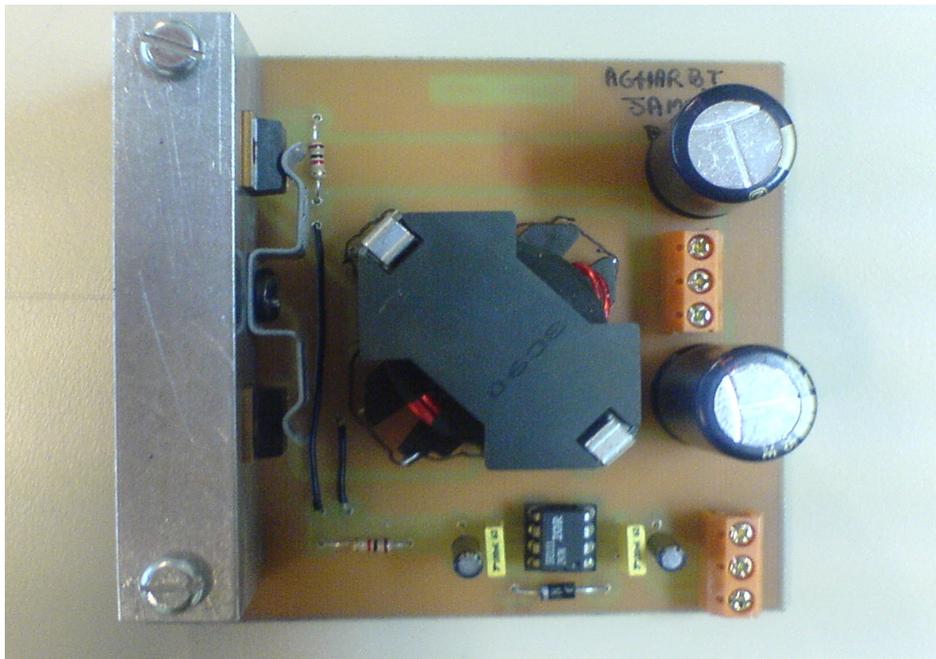


Illustration 7: Carte avec les composants soudés

5.La carte de commande

Cette carte à pour rôle de créer un rapport cyclique réglable pour le IR2111 qui commande le transistor de l'alimentation Buck. Cette carte est composé principalement d'un composant : il s'agit d'un SG3524. L'alimentation de ce composant est assuré par convertisseur continu/continu, il s'agira d'un TEN5-4823 de TRACO. Ce composant abaisse la tension d'entrée de 48 V afin de fournir du 15 V continu pour d'autre composant. En effet par le biais du connecteur on amènera aussi du 15 V au IR2111 de la carte de puissance.

En effet nous avons donc décidé de mettre la partie commande sur une autre carte pour une question de place car le cahier des charges nous impose d'avoir une carte la plus petite possible se qui est difficile avec des composants de puissance. Sur cette carte se trouve donc le convertisseur 48V->15V DC, celui ci est facilement utilisable car c'est un composant qui convertie la tension sans aucun montage pour l'accompagner. Il suffit juste de placer la tension d'entrer sur les pattes 2,3, pour la masse et 22,23, pour la tension arrivant de la batterie soit 48V. Avec cela nous pouvons avoir en sortie (patte 14=+Vout, patte 16=-Vout).

Sur cette carte se trouve aussi le SG3524 qui est le composant principal de la carte. Celui permet de créer un signal avec rapport cyclique que l'on peu modifier selon une tension que l'on réglera avec un potentiomètre. Ce composant doit être implanté sur une carte avec plusieurs autre composants gravitant autour de lui. En effet pour choisir une fréquence au signal de commande des transistors il nous faut calculer la valeur des différentes résistances et capacités pour avoir une fréquence assez importante, cette formule la voilà:

$$f=1,18/(Rt*Rc) \quad \text{avec } Rt \text{ en Kohm, } Ct \text{ en } \mu F, f \text{ en Khz}$$

En ce qui concerne le rapport cyclique nous avons utilisé la formule en régime permanent d'un Hacheur BUCK, qui est :

$$V_s = \alpha \cdot V_e$$

Donc dans notre cas notre tension de sortie est de 12V et notre tension d'entrée est de 48V.

$$\text{Soit: } \alpha = V_s / V_e = 12 / 48 = 0,25$$

$\alpha = 0,25$

Sur cette même carte se trouve un bornier qui permet de relier le signal cyclique sur la carte de puissance. Celui-ci représente les repères sur le schéma d'Orcade (S1,G1).

6.Aspect économique

Voici le tableau qui récapitule le prix des composants:

Désignation	Valeur	Quantité	Prix unitaire en euros
R3/R5	X ohms	7	0,01
C9/C10	330 μ F	2	2,20
C5/C8	100 nF	2	0,15
C11	10 μ F	2	0,20
C12	120 μ F	1	0,25
DIODE D041		1	1,09
BOBINE RM14		1	3,80
CLIPS POUR pot RM14		2	0,51
BORNIER 3 BROCHES		3	9,35
TRANSISTOR IRF 540		1	1,09
DIODE MBR20100CTP		1	18
TRACO DC/DC		1	52,02
SG3524		1	1,20

7.Planning

<i>Séance</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
Reflexion								
Choix des composants								
Calcul des composants								
Gravure/Soudure								
Essais/Depannage								
Conception du typon								

Conclusion

Durant ces 8 séances d'étude et réalisation nous avons du apprendre a chercher des solutions techniques seul. Nous avons une certaine autonomie qui nous a parfois embêté car on ne trouvé pas la solution adéquate de plus en ce qui concerne les composants de puissance il y a quelque règle a connaître lorsque l'on réalise un typon comme par exemple l'épaisseur des pistes. La fabrication de la bobine fut aussi difficile car il nous fallait bien placer le fil de cuivre.

Ce fut une bonne expérience et qui correspondait bien a l'attente de cette option. La mise en pratique des connaissances en électronique de puissance nous a permit de voir ce que en entreprise nous pourrons effectué. La démarche pour réaliser un projet avec un cahier des charges et temps donné sont des choses que l'on pratique constamment en entreprise.

Index des illustrations

Illustration 1: Schémas de la puissance.....	12
Illustration 2: la commande du transistor.....	13
Illustration 3: Montage du IR211	13
Illustration 4: Partie commande du transistor.....	14
Illustration 5: typon de l'alimentation Buck.....	15
Illustration 6: schémas d'implantation.....	15
Illustration 7: Carte avec les composants soudés.....	16

Annexe