Institut Universitaire Technologique
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle

Alimentation à découpage

+15V / -15V / +5V

Vincent MORTIER
Romain HARDOIN
Groupe : EDP1
2ème Année
Promotion 2003/2005

Chef du projet karting : Thierry LEQUEU

Institut Universitaire Technologique
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle

Vincent MORTIER
Romain HARDOIN
Groupe : EDP1
2ème Année
Promotion 2003/2005

Chef du projet karting : Thierry LEQUEU

Institut Universitaire Technologique
Département Génie Electrique et Informatique Industrielle

Alimentation à découpage

+15V / -15V / +5v

MORTIER Vincent
HARDOIN Romain
Groupe : EDP1
2eme Année
Promotion 2003/2005

Chef du projet karting : Thierry LEQUEU

Sommaire

Introduction

Cahier des charges 9
.1. Présentation du projet 9
.1.1. Origine du projet 9
.1.2. Description des fonctions principales 9
.1.3. Finalité du produit 10
.2. Résultats attendus et contraintes 10
.2.1. Taille du circuit imprimé 10

Bibliographie 11
.1. Les revues 11
.2. Les sources Internet 11

Schémas synoptiques 12
.1. Synoptique général du karting : 12
.2. Synoptique de l'alimentation : 13
.2.1. niveau 1 : 13
.2.2. niveau 2 : 13

Les différentes solutions 14
.1. Alimentation à découpage : 14
.1.1. Schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck: 15
.1.2. Schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck-Boost : 15
.2. Première solution : 16
.2.1. Schéma Tension +15V et +5V 16
.2.2. Schéma inverse tension -15V 16
.2.3. Calcul des composants 17
.2.3.1. Choix des résistance R1 et R2 : 17
.2.3.2. Choix de l'inductance L1 : 17
.2.3.3. Choix du condensateur C2 : 18
.2.3.4. Choix du condensateur C1 : 18
.2.3.5. Choix de la diode D1 : 19
.2.3.6. Choix de la Led et de la résistance R3 : 19
.2.4. Résumé et prix 20
.3. Deuxième solution : 21

Conclusion 22
Planning annuel 21
Les annexes 24

Sommaire des figures

Figure 1 : Taille du circuit imprimé 10

Figure 2 : synoptique général du karting 12

Figure 3 : synoptique d'alimentation niveau 1 13

Figure 4 : synoptique d'alimentation niveau 2 13

Figure 5 : rendement d'alimentation linéaire 14

Figure 6 : schéma d'un hacheur buck 15

Figure 7 :schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck-Boost 15

Figure 8 : schéma avec régulateur LM2575T-ADJ pour +15V , +5V 16

Figure 9 : schéma de l'inverseur de puissance à LM2575T-ADJ pour le - 15V 16

Introduction

Tout au long de cette deuxième année, notre but sera d'améliorer les performances du Karting électrique, notre projet d'étude.

Pour cela, chacun des binômes du groupe EEP1, encadré par M.LEQUEU, aura pour tâches de perfectionner les différents circuits de puissance du kart (alimentation, hacheur, régulation du courant dans le moteur…) afin de le rendre plus puissant.

Cependant, chacun des projets demandera une étude précise et beaucoup d'investissement personnel.

En effet, le temps sera notre principal ennemi, c'est pourquoi il faudra trouver des solutions adaptées et proposer différentes solutions de secours au cas où l'idée de départ ne pourrait être mis en pratique.

Une étude sur le dimensionnement des composants sera primordiale, une fois le bon circuit choisi.

Il faut donc ne pas hésiter à reprendre les schémas de principe des années précédentes, de les « retravailler », donc de les perfectionner si cela est possible.

Cahier des charges

.1. Présentation du projet

Notre projet sera d'étudier l'alimentation à découpage du karting alimentée en 24V (deux batteries de 12V chacune), et fournissant en sortie trois tensions: +15V,-15V,+5V.

Nous expliquerons plus en détail dans la suite du dossier les fonctions principales de ces trois tensions et les différents schémas qui les caractériserons.

.1.1. Origine du projet

L'utilisation de montage électronique logique et/ou analogique pour des applications « embarquées » de type robot mobile, électronique de contrôle dans une voiture ou un bateau pose le problème de leur alimentation à partir d'une tension de batterie (ex : entre 11V et 14V pour une batterie de voiture).

C'est pourquoi, notre alimentation à découpage est une pièce maîtresse, car c'est elle qui transformera le 24V continu issu des batteries qui alimentera tous les circuits de puissance avec des tensions adaptables.

On attend de cette alimentation qu'elle alimente les trois hacheurs primordiaux au bon fonctionnement du karting :

- hacheur abaisseur pour le + 5V
- hacheur élévateur pour le +15V
- hacheur inverseur pour le –15V

.1.2. Description des fonctions principales

Le karting est composé de diverses circuits de puissance, comme nous l'avons rappelé précédemment. En effet, le hacheur de puissance est aussi important car il est réversible en courant 150A/48V.

Nous avons le circuit de commande pour hacheur abaisseur de type « BUCK » réversible en courant 140A/50V.

Mais il y a aussi le circuit de commande pour le hacheur type « BOOST », qui aura pour rôle d'élever une tension 24V afin d'obtenir du 50V.

Enfin, un chargeur de batterie sera utilisé à partir du secteur 230V,50hz, pour recharger les batteries qui alimente le karting .

Synoptique générale ⇒ page 10

.1.3. Finalité du produit

Une fois terminé, notre produit sera adapté sur le karting et pourra être repris pour d'autres applications, telles que le domaine de l'aviation, de l'automobile de pointe, et les systèmes embarqués en général .

.2. Résultats attendus et contraintes

D'une tension d'entrée de 24V , notre alimentation doit être capable de nous délivrer une tension de sortie +15V , une tension de sortie –15V et une tension de sortie +5V .

Nous devrons adapter nos courants de sortie aux exigences des autres circuits . Pour des raisons pratique, nous choisirons un courant maximal de sortie de 1A .

Les solutions sont multiples pour concevoir cette alimentation : il faut rechercher la solution la plus fiable , la plus simple , tout en restant dans des prix abordables .

La taille du circuit imprimé contenant tout les projets a une dimension maximum , ce qui limite la place réservée à l'alimentation .

.2.1. Taille du circuit imprimé

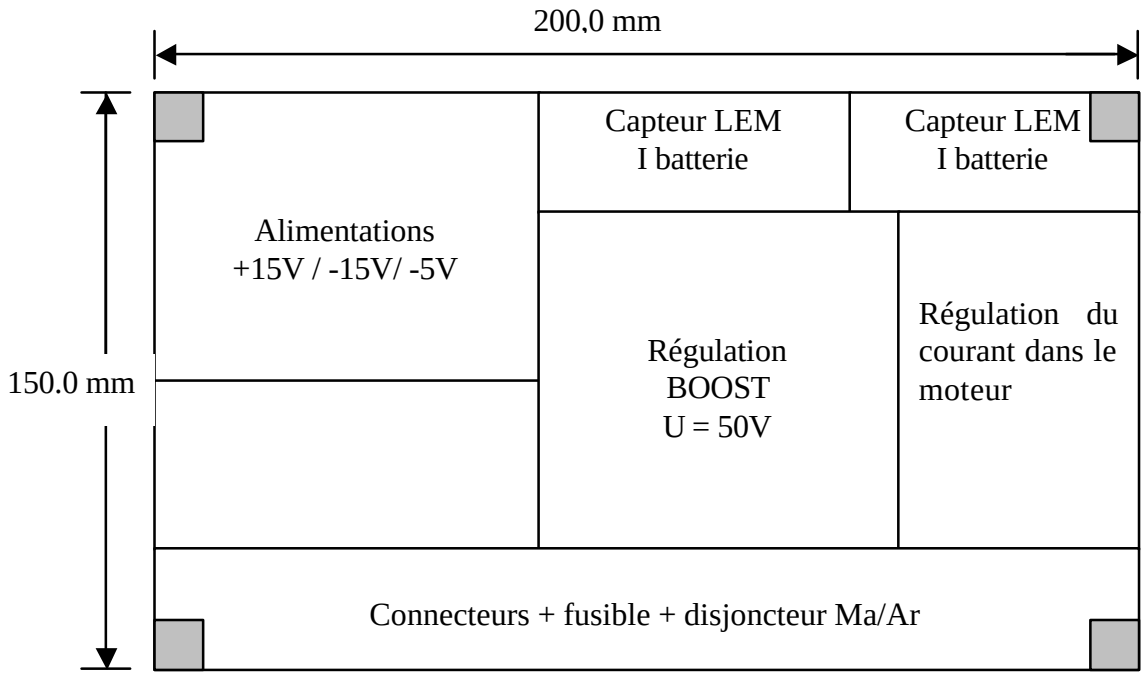


Figure 1 : Taille du circuit imprimé

Bibliographie

La recherche de documentations peut sembler simple et rapide grâce à la facilité des informations fournies par internet. Cependant nous avons fait preuve d'organisation et d'un esprit de synthèse afin de parvenir à un condensé de source utile.

Nous citerons, dans un premier temps, les recherches faites à l'aide des revues scientifiques car cela a été notre support principal. Ensuite, on abordera les différentes sources web.

.1. Les revues

Tout au long de notre étude, nous avons consulté un magazine mensuel d'électronique très intéressant, détaillant un dossier simple et complet sur les alimentations à découpage : la théorie, les applications, les montages, le panorama.

Nous avons étudié les revues suivantes :

- Electronique Pratique, octobre 2002, n° 269, dossier : « les alimentations à découpage ».
- Electronique Pratique, juillet/août 2004, n°285, dossier : « construisez vos robots ».

De plus, nous avons consulté les catalogues Farnell et Radiospares, afin de nous renseigner sur les différents prix des composants et par la suite acheter le moins cher.

.2. Les sources Internet

Nous avons utilisé les sites suivants :
www.electroniquepratique.com le 6 septembre 2004
Recherche complémentaire sur les alimentations à découpage.
www.national.com le 22 octobre
Recherche sur le dimensionnement des composants et les abaques de calculs.
www.farnell.com et www.radiospares.com le 23 octobre
Recherche sur la valeur des composants et leur prix.

Schémas synoptiques

.1. Synoptique général du karting

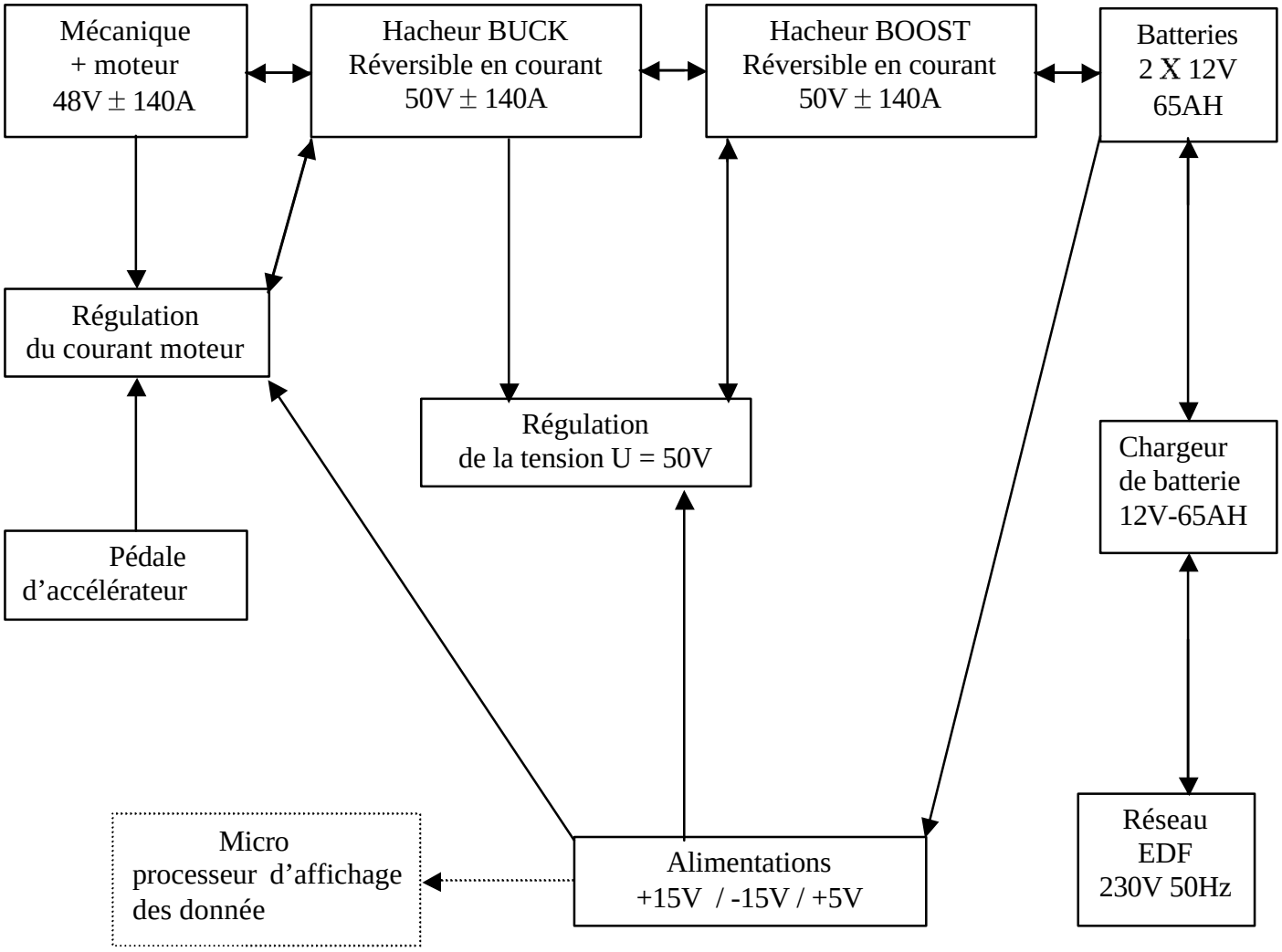


Figure 2 : synoptique général du karting

.2. Synoptique de l'alimentation

.2.1. Niveau 1

Figure 3 : synoptique d'alimentation niveau 1

.2.2. Niveau 2

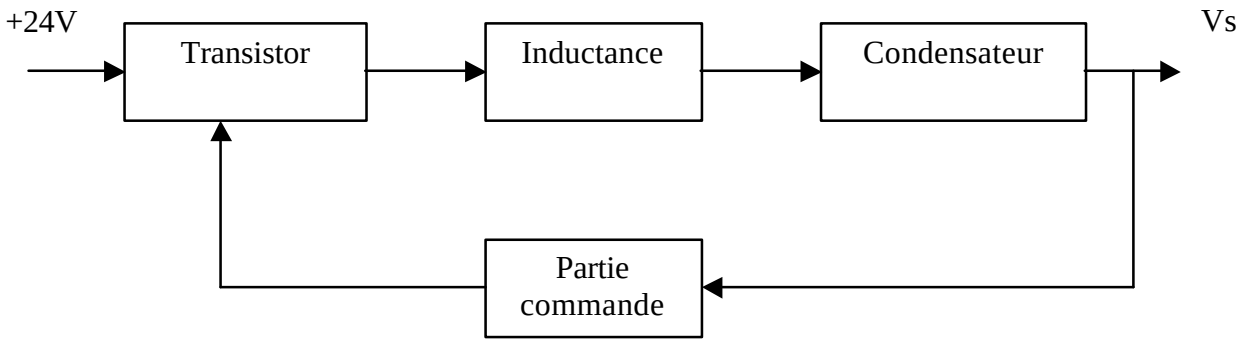


Figure 4 : synoptique d'alimentation niveau 2

Les différentes solutions

Il existe deux types d'alimentations , les alimentations linéaire et les alimentations à découpage . Pour réaliser notre projet, on choisira une alimentation à découpage . Les raisons de notre choix sont dues au défaut majeur de l'alimentation linéaire : d'une part, l'alimentation linéaire a obligatoirement une tension de sortie de même polarité que la tension d'entrée (– 15V impossible) , d'autre part, elle possède un très mauvais rendement .

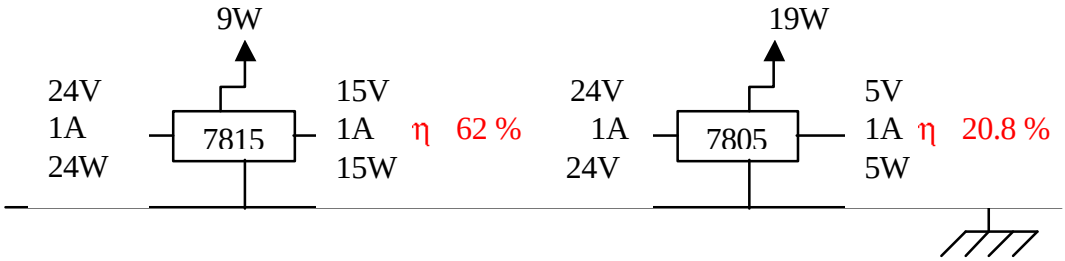


Figure 5 : rendement d'alimentation linéaire

Alors que l'alimentation à découpage permet d'obtenir une tension de sortie polarisée à l'inverse de celle d'entrée, et un bon rendement (65 à 90 %). Par contre, les problèmes de régulation et de CEM (comptabilité électromagnétique) sont plus difficiles à maîtriser.

.1. Alimentation à découpage

Pour des raisons de simplicité, nous utiliserons une alimentation de type Buck et non de type flyback.

En effet, nous obtenons les trois tensions de sortie, en reproduisant deux fois le circuit de type Buck (+15V,+5V) et un fois le circuit de type Buck-Boost (-15V) .

Cependant, rappelons rapidement le principe général de l'alimentation à découpage : la tension continue d'entrée est « découpée » par un ou plusieurs interrupteurs (transistors bipolaires ou MOS). Ce découpage s'effectue en général à des fréquences supérieures à une vingtaine de KHz (au delà des fréquences audibles) jusqu'à quelques MHz. Le transfert d'énergie de l'entrée vers la sortie, se fait par l'intermédiaire d'une inductance ou d'un transformateur qui stocke l'énergie sous forme magnétique puis la restitue au rythme du découpage. La régulation de tension se fait par action sur le temps de conduction de(s) l'interrupteur(s).

Puisque l'interrupteur fonctionne en commutation, les pertes du montage sont faibles. Elles se décomposent en pertes de conduction et pertes de commutation. Elles seront beaucoup plus faibles que dans le cas d'une alimentation fonctionnant en linéaire.

Par ailleurs, plus la fréquence de découpage sera élevée, plus les dimensions de l'inductance ou du transformateur pourront être réduites. On gagnera ainsi en encombrement et en prix !

.1.1. Schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck

Pour obtenir les deux tensions de sortie positives désirées, il faut reproduire deux fois le circuit .

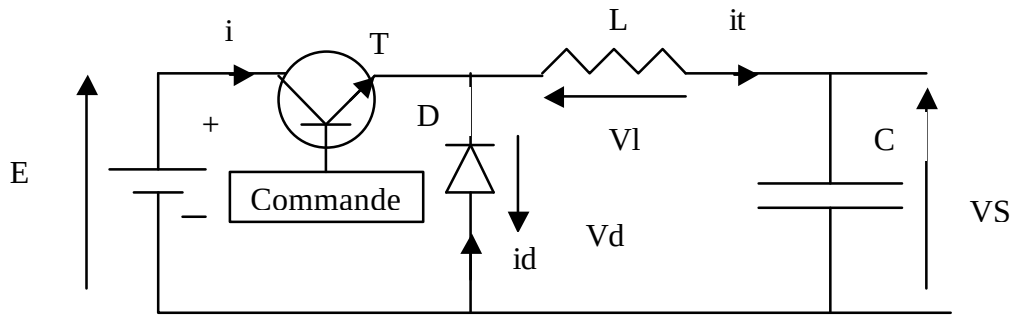


Figure 6 : schéma d'un hacheur buck .

.1.2. Schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck-Boost

Pour obtenir la tension de sortie négative désirées, il faut reproduire le circuit

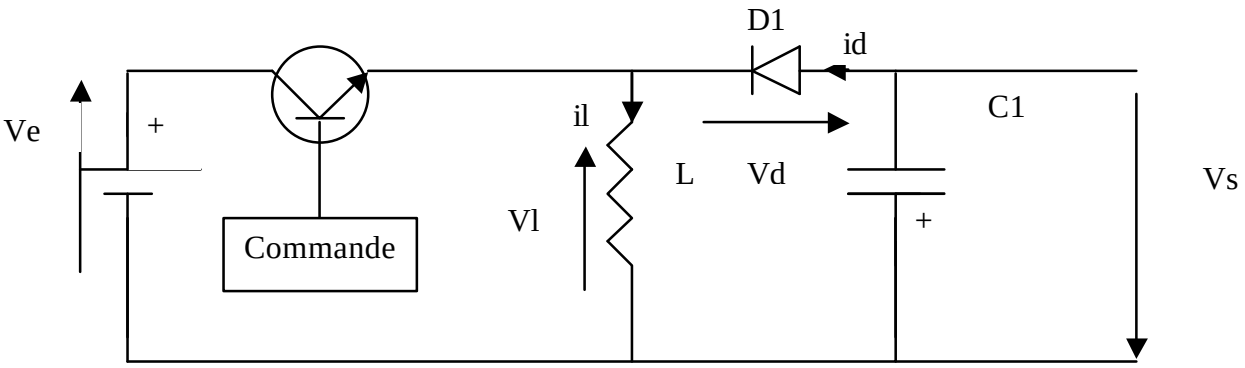


Figure 7 :schéma principal d'une alimentation à découpage de type Buck-Boost

.2. Première solution

Notre première solution est l'utilisation d'un circuit intégré d'alimentation à découpage du type « simple switchers » .En d'autres termes, le circuit intégré est comparable au régulateur trois pattes utilisé dans les alimentations linéaires . Pour des raisons de valeurs précises de tension de sortie, on utilisera un modèle ajustable.

Rappel : on concevra trois petits montages correspondants aux trois tensions désirées .

.2.1. Schéma Tension +15V et +5V

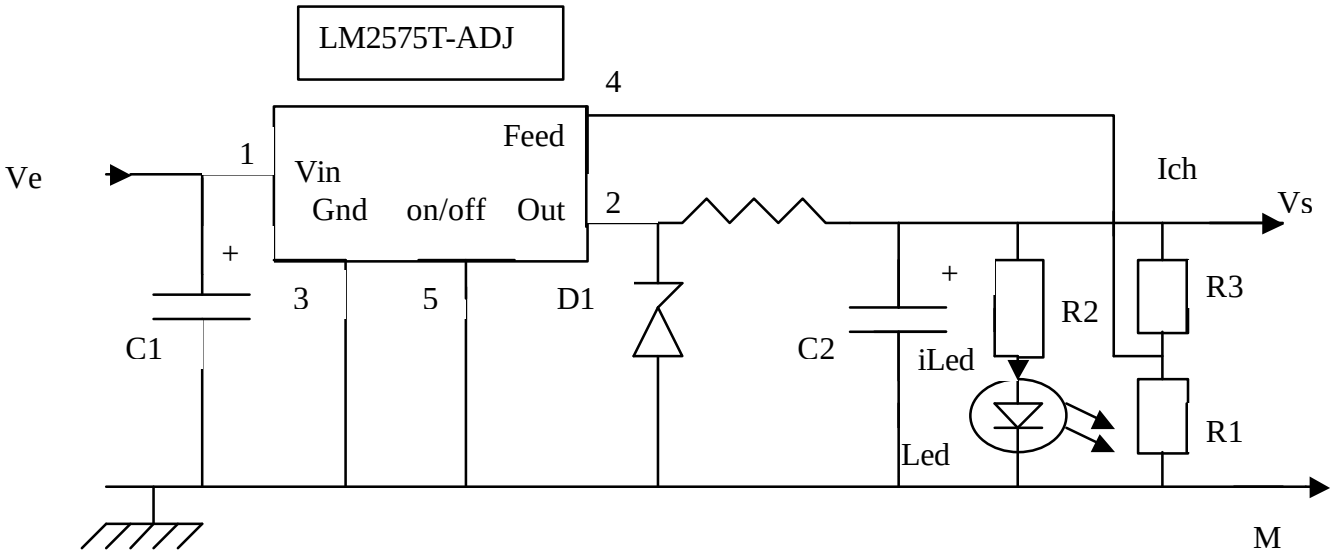


Figure 8 : schéma avec régulateur LM2575T-ADJ pour +15V , +5V

.2.2. Schéma inverse tension -15V

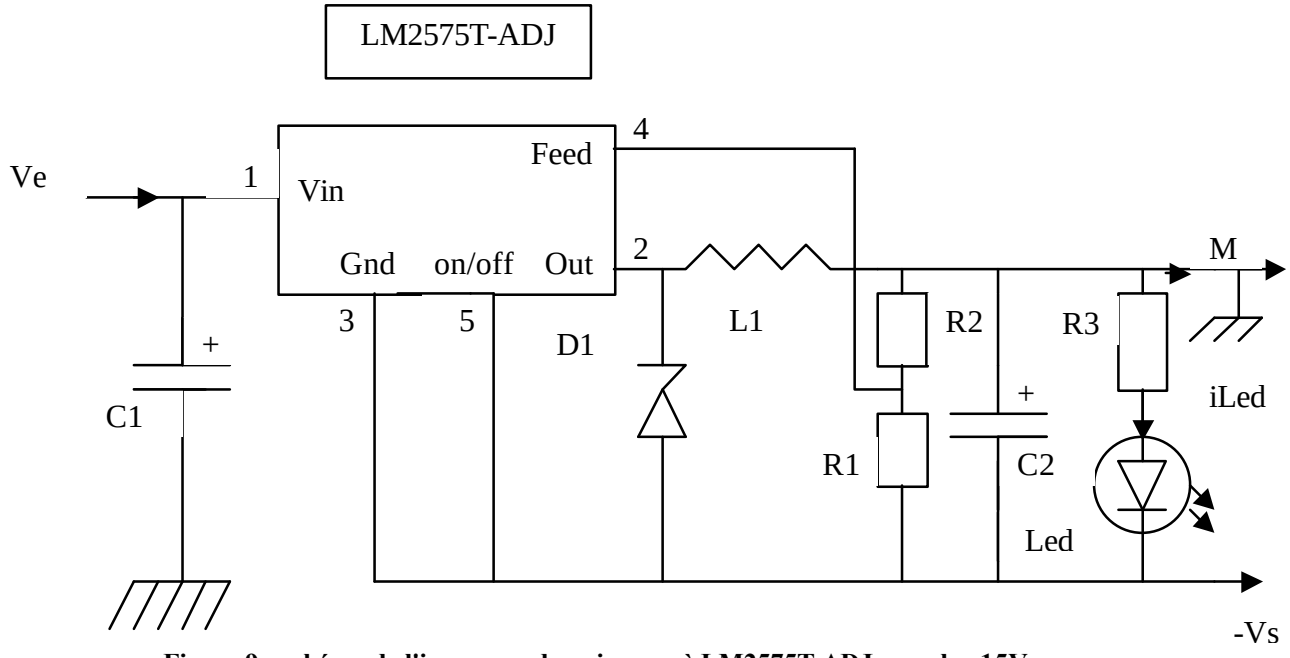


Figure 9 : schéma de l'inverseur de puissance à LM2575T-ADJ pour le - 15V

.2.3. Calcul des composants

.2.3.1. Choix des résistance R1 et R2

Pour choisir les résistance R1 et R2, on utilise la formule suivante :

$$Vs = Vref\ (1+R2/R1) \Longrightarrow Vref = 1{,}23V \text{ pour un LM2575}$$

Il faut arbitrairement fixer R1 entre 1 et 5 KΩ , puis réécrire la relation sous la forme de :

$$R2 = R1 \times ((Vs/Vref) - 1)$$

- Pour Vs = +15V, -15V :

  Si **R1 = 1 kΩ , R2 = 11.195 kΩ**

- Pour Vs = +5V

  Si **R1 = 1 kΩ , R2 = 4065.04 Ω**

.2.3.2. Choix de l'inductance L1

Pour choisir l'inductance , on a à notre disposition un abaque (cf :annexe) . Pour l'utiliser, il faut déterminer la valeur du produit E × T avec la relation suivante :

$$E \times T = (Vemax - Vs) \times (Vs / Vemax) \times 19{,}23$$

La zone où se trouve le point d'intersection entre le courant de charge max. et le résultat du produit E × T est la zone qui donne la valeur de la self en µH . L'inductance choisie, devra supporter un courant maximum égale à 1,15 × Ichmax, et fonctionner à une fréquence de 52 khz (fréquence du régulateur) .

- Si on pose :
  Vemax = +28V ; Vs = +15V ou Vs = -15V
  Ichmax = 1A
  E × T = 133 Vµs

  Valeur de l'inductance d'après l'abaque = 470 µH

- Si on pose :
  Vemax = +28V ; Vs = + 5V
  Ichmax = 1A
  E × T = 78.98

  Valeur de l'inductance d'après l'abaque = 330 µH

.2.3.3. Choix du condensateur C2

Le condensateur de sortie C2 doit avoir une valeur supérieur à celle donnée par la relation suivante :

$$C2 > 7785 \times Vemax / (Vs \times L1)$$

Avec L1 en µH
C2 en µF

Conseil : il est préférable d'utiliser une valeur plus grande que celle calculée

- Si on pose :
  Vemax = 28V
  Vs = +15 V ou – 15V
  L1 = 470 µH

Valeur du condensateur C2 d'après le calcul > 30.91 µF

Valeur du condensateur C2 conseillée : 1000 µF

- Si on pose :
  Vemax = 28V
  Vs = +5
  L1 = 330 µH

Valeur du condensateur C2 d'après le calcul > 132.10 µF

Valeur du condensateur C2 conseillée : 1000 µF

.2.3.4. Choix du condensateur C1

Le condensateur C1 est un condensateur de découplage destiné à assurer un fonctionnement stable du régulateur . Sa tension de service doit être égale à $1{,}25 \times$ Vemax . Il ne se calcule pas et sa valeur est comprise entre **47µF et 100µF** .

Conseil : il doit être câblé le plus près des pattes du régulateur .

.2.3.5. Choix de la diode D1

La diode D1 est appelée diode « de roue libre » , elle doit être une diode Schottky afin d'avoir une très faible chute de tension directe et une très grande vitesse de commutation.

Son courant maximum admissible doit être égal au minimum à $1,2 \times$ Ichamax mais, si le régulateur doit pouvoir supporter des court-circuit permanents en sortie, ce courant doit être égal au courant de court-circuit du régulateur(2.2A pour les LM2575) .

La tension inverse de cette diode doit être égale au minimum à $1,25 \times$ Vemax .

Grâce à un tableau de références et aux deux informations (tension inverse max et courant max) le choix de la diode Schottky est possible .

Si on pose :

Vemax = 28V
Ichmax = 1A

Tension inverse minimum de $1,25 \times 28 = 35$ V
Courant maximum de $1,2 \times 1 = 1,2$ A

On choisira un modèle 40V /3A pour la diode

.2.3.6. Choix de la Led et de la résistance R3

Calcul de R3 :

- Si on pose :

Vled (tension au borne de la Led) = 1,8V
On désire avoir iLed de 2 mA ; Vs = +15V , -15V

R3 = (Vs - Vled) / iLed

R3 = (15 – 1,8) / 2×10^{-3}

R3 = 6600 Ω

Puissance R3 = ¼ W

- Si on pose :

Vled (tension au borne de la Led) = 1,8V
On désire avoir iLed de 15 mA ; Vs = + 5V

R3 = (5 – 1,8) / 15×10^{-3}

R3 = 213.33 Ω ; Puissance R3 = ¼ W

.2.4. Résumé et prix

Carte d'alimentation +15 V			
Composants	Désignation	Fournisseur	Prix
Régulateur	LM2575T-ADJ	FARNELL	6,20 ª
Résistance R1	1000Ω / 1W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Résistance R2	10.000/ 1 W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Inductance L1	470 µH	FARNELL	5.77 ª
Condensateur C1	100µF / 25V	FARNELL	0.20 ª (+ de 10)
Condensateur C2	1000 µF / 25V	FARNELL	0.89 ª (+ de 10)
Diode D1	Schottky	FARNELL	/
Led	Del rouge	FARNELL	0.17 (+ de 5)
Résistance R3	820Ω / ¼W	FARNELL	0.028 (+ DE 50)

Carte d'alimentation –15 V			
Composants	Désignation	Fournisseur	Prix
Régulateur	LM2575T-ADJ	FARNELL	6,20 ª
Résistance R1	1000Ω / 1 W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Résistance R2	10.000/1 W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Inductance L1	470 µH	FARNELL	5.77 ª
Condensateur C1	100µF / 25V	FARNELL	0.20 ª (+ de 10)
Condensateur C2	1000 µF / 25V	FARNELL	0.89 ª (+ de 10)
Diode D1	Schottky	FARNELL	/
Led	Del rouge	FARNELL	0.17 (+ de 5)
Résistance R3	820Ω / ¼W	FARNELL	0.028 (+ DE 50)

Carte d'alimentation + 5 V			
Composants	Désignation	Fournisseur	Prix
Régulateur	LM2575T-ADJ	FARNELL	6,20 ª
Résistance R1	1000Ω / 1W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Résistance R2	4.7kΩ/1W	FARNELL	0.090 (+ de 10)
Inductance L1	330 µH	FARNELL	5.77 ª
Condensateur C1	100µF / 10V	FARNELL	0.12 ª (+ de 10)
Condensateur C2	1000 µF / 10V	FARNELL	0.48 ª (+ de 10)
Diode D1	Schottky	FARNELL	/
Led	3mm T1, standard	FARNELL	0.17 (+ de 5)
Résistance R3	220Ω / ¼W	FARNELL	0.028 (+ DE 50)

.3. Deuxième solution

La deuxième solution est beaucoup plus simple à réaliser mais plus coûteuse .

En effet , elle consiste à utiliser un convertisseur DC/DC (Traco Power :cf annexe) qui a comme avantage de remplacer tout le montage .

Elle nous permettrait de gagner de la place et du temps .

En cas de défaillance de la solution numéro n°1, c'est la solution n° 2 dite de secours, qui sera réalisée .

Convertisseur 15 W Série TEN15				
Réf.Fab	Etrée Vcc	Sortie Vcc	Sortie mA	Code Commande
TEN 15-2411	18-36	+5	30000	417-357001
TEN 15-2423	18-36	+15;-15	500	417-360001

Conclusion

En conclusion, nous pouvons dire que les solutions que nous avons retenues sont simples à concevoir.

En effet pour notre pré-projet, nous allons établir trois cartes différentes que nous associerons et une seule et unique carte, pour un gain de place pour les autres circuits sur le karting.

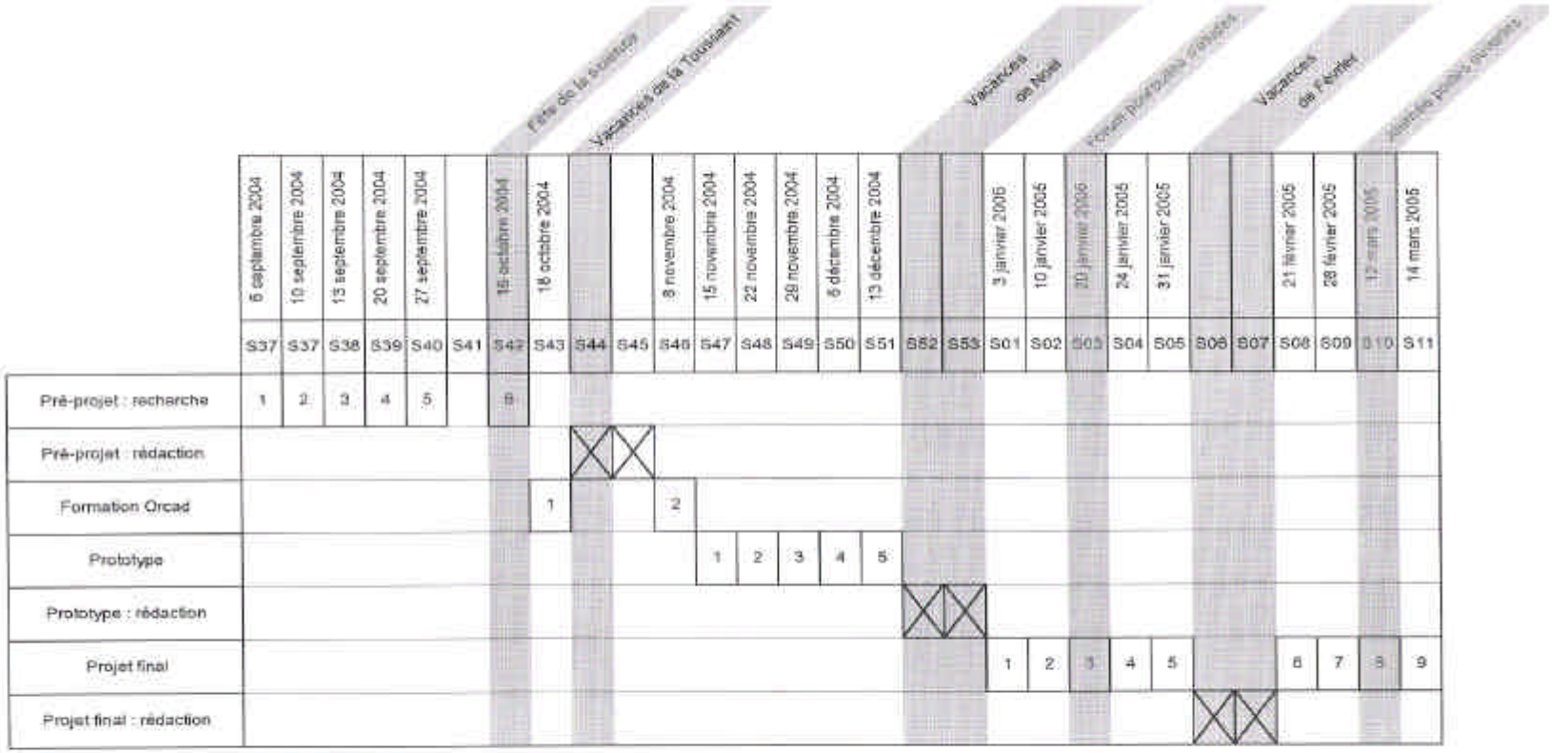
Nous aurons à concevoir deux circuits « BUCK » (Un pour le +15V et l'autre pour le +5V) et un circuit « BUCK-BOOST ou inverting » (pour obtenir du –15V). Cependant nous avons pensé à un circuit de secours très utile au cas ou les cartes ne fonctionneraient pas.

En effet, le composant « Traco Power » comporte tous les éléments d'un circuit dans son composant, ce qui facilite la tâche et permet une seule solution sûre d'utilisation

.

Planning annuel

Thierry LEQUEU — ER2004-2005.xls \ Planning — 18/10/04



Les annexes