

Éclairage progressif et intelligent pour véhicule électrique



Julien JONARD
Nicolas LOCQUE
Groupe Q2
2009/2011

Enseignants
Thierry LEQUEU
Véronique AUGER

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

UNIVERSITE FRANCOIS-RABELAIS
TOURS



Institut Universitaire de Technologie

Département
GENIE ELECTRIQUE ET
INFORMATIQUE INDUSTRIELLE

Éclairage progressif et intelligent pour véhicule électrique

Julien JONARD
Nicolas LOCQUE
Groupe Q2
2009/2011

Enseignants
Thierry LEQUEU
Véronique AUGER

Sommaire

Introduction.....	4
1. Présentation du projet.....	5
1.1. Cahier des charges.....	5
1.2. Synoptique général de fonctionnement.....	6
1.3. Planning prévisionnel.....	7
2. Étude théorique - Rôle des différents composant dans le CI.....	8
2.1. Micro contrôleur AtMega8535	8
2.1.1. Description des broches.....	8
2.1.2. Description des différentes fonctions.....	10
2.2. Les lampes.....	11
2.3. L'alimentation 5V.....	12
2.4. Les transistors.....	13
2.5. Les capteurs.....	13
2.5.1. Photorésistance.....	13
2.5.2. Potentiomètre mécanique.....	14
2.6. Nomenclature des composants.....	15
2.7. Modifications apportées à la carte précédente.....	15
3. Réalisation et différentes modifications – tests.....	16
3.1. Maquettes de test.....	16
3.2. Logiciel Orcad Capture.....	18
3.2.1. Atmega8535.....	19
3.2.2. Alimentation à découpage.....	20
3.2.3. Entrées.....	21
3.2.4. Sorties.....	22
3.3. Logiciel Orcad Layout.....	22
3.4. Planning prévisionnel et réel.....	24
Conclusion.....	26
Résumé.....	27
Index des illustrations.....	28
Bibliographie.....	29

Introduction

Dans le but de notre troisième semestre de DUT Génie Électrique et Informatique Industrielle, nous avons dans l'objectif de réaliser un projet en Étude et Réalisation. Ceci dans le but de mettre en applications nos compétences apprises au cours de notre cursus universitaire.

Notre projet vise à réaliser un éclairage progressif et intelligent pour véhicule électrique. Plus généralement, il consiste à créer des feux de signalisations avant et arrière pour un kart électrique. Les feux stop situés à l'arrière du véhicule seront progressifs en fonction de la pression exercée sur la pédale de frein, et les feux avant auront une luminosité proportionnelle à la lumière ambiante. Par la même occasion nous établirons des clignotants et des warning.

Ce projet a déjà été entrepris par un étudiant l'année précédente mais non terminé, c'est pour cela que nous allons corriger les défauts constatés puis nous développerons différentes améliorations tel que les feux de recul et l'intégration d'un boîtier pour stocker le circuit imprimé.

Dans un premier temps, nous allons réaliser l'étude du projet précédent afin de comprendre les modifications à entreprendre pour un bon fonctionnement de la carte. A partir de là, nous établirons un cahier des charges basé sur l'analyse précédente puis enfin nous mettrons en place un planning prévisionnel. Dans une seconde partie, nous traiterons toute la partie théorique de notre projet avec l'analyse des différents composants que nous allons utiliser. Enfin, pour terminer, nous effectuerons la réalisation et les tests de notre projet.

1. Présentation du projet

1.1. Cahier des charges

- Micro contrôleur AtMega8535
- Alimentation continue 0/12V grâce aux batteries du Kart
- Étude de la carte réalisée précédemment
- Réalisation d'un circuit de commande
 - Interrupteur deux positions (manuel/automatique)
 - Interrupteur trois positions (repos/feux de position/feux de croisement)
 - Interrupteur trois positions (clignotant gauche/repos/clignotant droit)
 - deux positions (repos/warning)
 - Signalisation des commandes par LEDs
- Programmation du micro contrôleur
 - Feux de position
 - Feux de croisement
 - Éclairage variable (mode automatique)
 - Clignotants
 - Warnings
 - Feux de recul
 - Feux stop
- Utilisation du logiciel de routage du typon Orcad Layout
- Coût et encombrement limités
- Le prix doit rester dans le budget accordé par l'IUT
- Respect des normes de sécurité
- Utilisation du logiciel Code Vision AVR afin d'implanter notre programme dans le micro-contrôleur AtMega8535 pour que celui-ci fonctionne en autonomie
- Adapter les dimensions de la carte à celle du boîtier

1.2. Synoptique général de fonctionnement

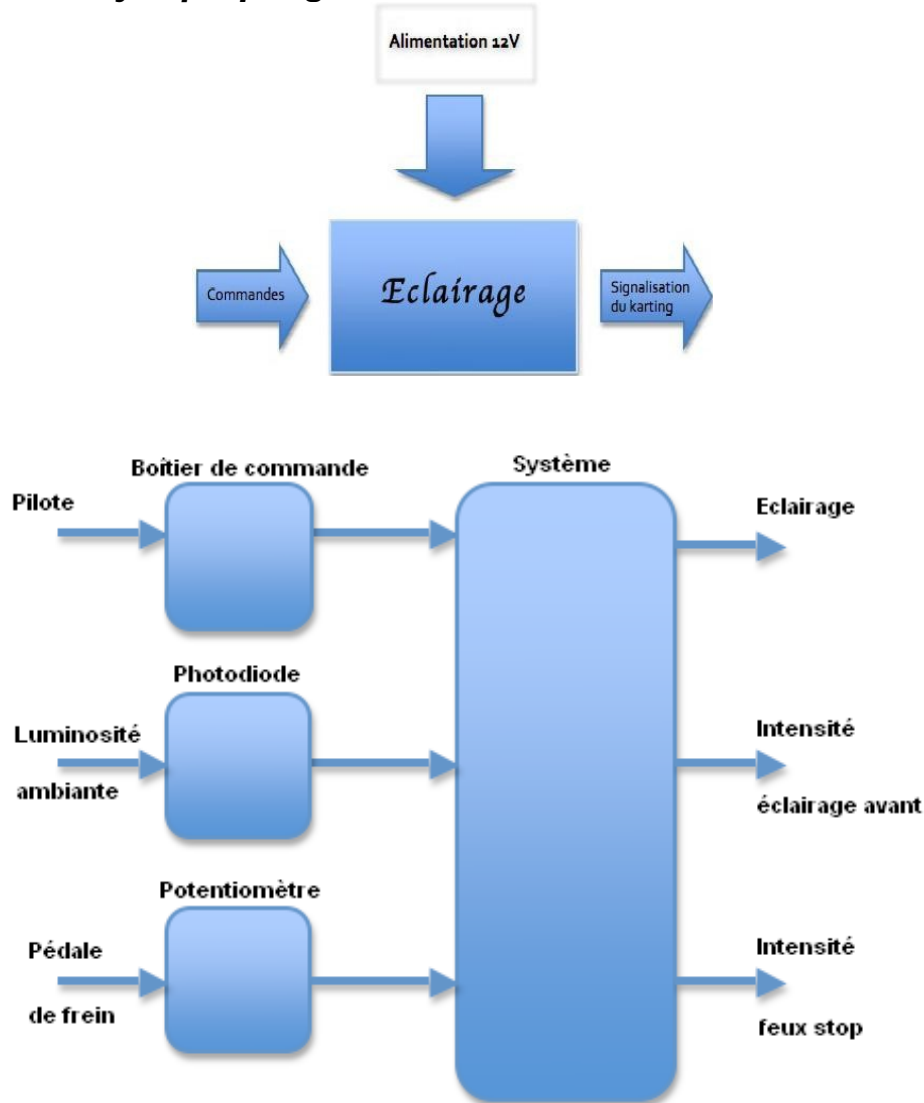


Illustration 1: Schéma fonctionnel

Un schéma synoptique a été réalisé ayant pour but de présenter notre projet sous forme d'imagé et simplifié.

Notre premier schéma démontre le principe de fonctionnement, c'est grâce à notre partie commande, l'ATMega8535, que tout est réalisé. De multiples fonctions seront intégrés à celui-ci afin de créer, grâce à notre alimentation 12V, un éclairage et donc une signalisation pour notre karting.

Le second schéma rentre plus en profondeur dans le projet, c'est un développement de notre partie commande. C'est en utilisant différents facteurs extérieurs tel que la luminosité ambiante ou la pression sur la pédale de frein, que nous allons mettre en œuvre notre projet. Par le biais de ces éléments qui interviendront dans notre système, nous ferons varier l'intensité émise par nos feux avant pour la luminosité et de même avec la pression sur la pédale de frein pour nos feux stop.

1.3. *Planning prévisionnel*

Dans le but de garder une bonne organisation de l'évolution de notre projet, nous avons conçu un planning prévisionnel de répartition des tâches à entreprendre. Celui-ci nous guidera à travers tout le semestre afin de pouvoir toujours visualiser l'évolution du projet.

Légende:

- Planning prévisionnel
- Planning réel
- Vacances et jours fériés

Planning prévisionnel																		
Taches/Semaines	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	01	02	3
Prise de connaissance du sujet																		
Recherche d'informations																		
Élaboration du cahier des charges et du planning																		
Formation Orcad																		
Recherche de solutions																		
Réalisation du typon																		
Test et vérification																		
Rédaction du document de synthèse																		
Essai du prototype																		
Remise des dossiers																		
Soutenance orale																		

2. Étude théorique - Rôle des différents composant dans le CI

2.1. Micro contrôleur AtMega8535



Illustration 2: AtMega8535

2.1.1. Description des broches

Le micro-contrôleur AtMega8535 constitue la partie commande de notre projet, c'est la pièce maitresse. Ce circuit intégré de 8bits possède 40 broches, il a pour fonction de commander les sorties de la carte en fonction de l'état de ses entrées. L'AtMega8535 contient quatre ports (A,B,C,D) ayant chacun des fonctions particulières et contenant 8 bits directionnels numérotés de 0 à 7. Pour chacun de ces ports les pattes peuvent être configurées comme entrée ou bien comme sortie, en effet elles sont reliées à des résistances de tirages, internes au circuit intégré. La programmation s'effectue via le connecteur JP1 qui possède (2x5 broches). En plus de ces ports, l'AtMega8535 possède plusieurs autres broches que nous allons lister et présenter ci-dessous:

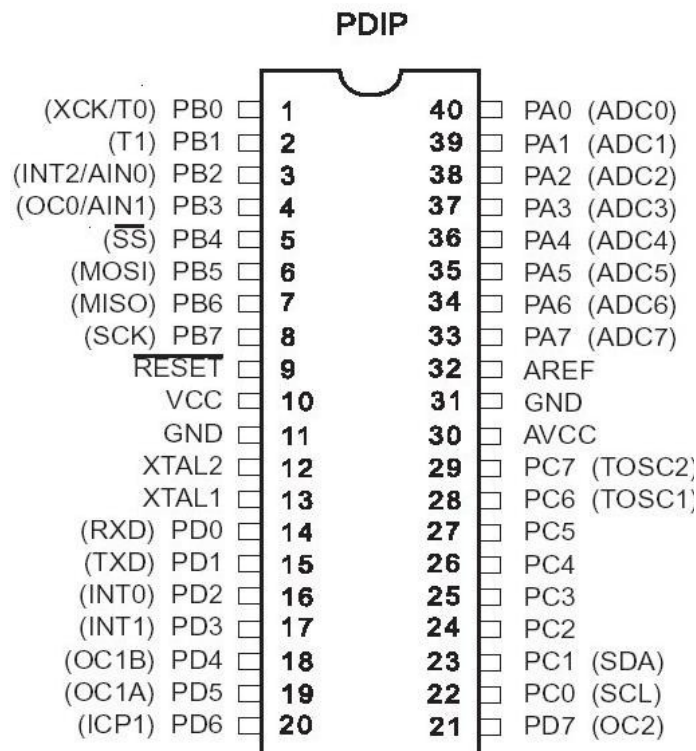


Illustration 3: Pin-out ATmega8535

- RESET** : Elle permet la réinitialisation du micro-contrôleur.
- XTAL1**: Entrée de l'oscillateur externe pour l'horloge interne (quartz de 16MHz dans notre cas).
- XTAL2** : Production de l'amplificateur d'oscillateur.
- AVCC** : C'est une broche d'alimentation pour le CAN1, qui doit être reliée à VCC par le biais d'un filtre passe-bas pour éviter les parasites.
- AREF** : C'est l'entrée de référence analogique pour le CAN.
- AGND** : C'est une masse analogique.
- VCC** : C'est la broche d'alimentation du micro-contrôleur (entre 3 et 5V, 5V dans notre cas).
- GND** : C'est la masse de l'alimentation.

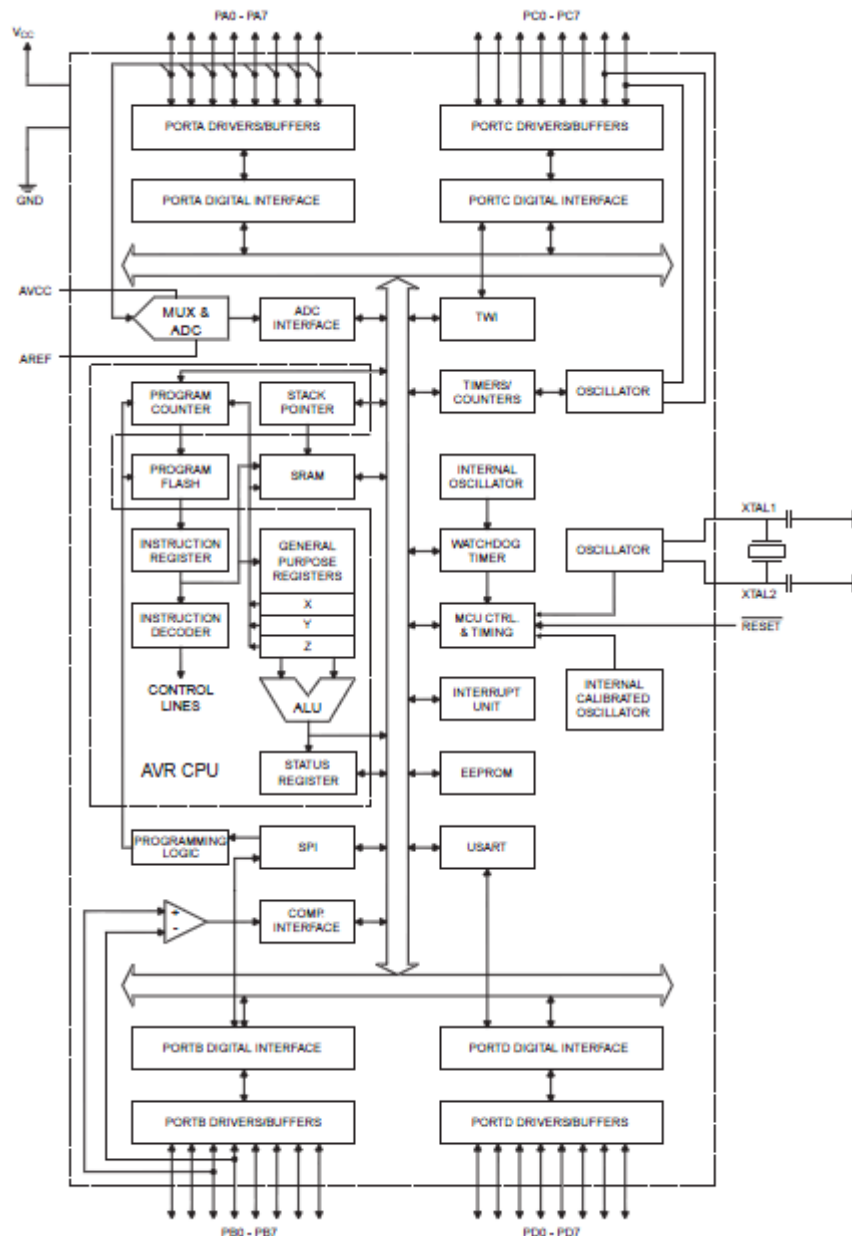


Illustration 4: Description interne des fonctions

2.1.2. Description des différentes fonctions

- **L'horloge**

Dans le cas présent, le signal d'horloge est réalisé grâce à la présence d'un quartz entre les entrées XTAL1 et XTAL2 (voir figure ci-après).

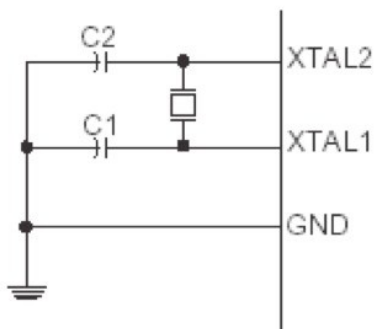


Illustration 5: Schéma électrique du Quartz

Le quartz est un composant qui possède la propriété d'osciller à une fréquence stable lorsqu'il est électriquement stimulé. Ce sont les propriétés piézoélectriques du minéral de quartz qui permettent d'obtenir des fréquences d'oscillation très précises. Les deux condensateurs constituent des filtres sélectifs de retour et c'est cette horloge ainsi réalisée qui nous permettra d'utiliser la fonction Timer. Le quartz utilisé est cadencé à 16MHz, il permet de remplacer l'horloge interne qui est cadencée à une fréquence moins élevée.

- **Timer :**

Le Timer est un compteur, selon son entrée, il peut compter du temps ou des événements. Il peut ainsi servir de base de temps, de compteur ou de générateur MLI. L'AtMega8535 en possède trois.

- **Les Convertisseurs Analogique Numérique :**

Un convertisseur analogique numérique est un montage électronique dont la fonction est de générer une valeur numérique à partir d'une valeur analogique codée sur plusieurs bits étant proportionnelle à la valeur analogique d'entrée. Les convertisseurs analogique numérique de l'AtMega8535 sont situés sur le port D, ils peuvent donner un résultat numérique codé sur 10 bits par l'équation suivante :

$$\text{Résultat numérique} = (\text{Tension d'entrée} / \text{Tension de référence AREF}) \times 1024$$

- **Les entrées-sorties logiques :**

Ces entrées ou sorties (selon la configuration du micro contrôleur) sont des interrupteurs tout-ou-rien, en effet quand elles reçoivent une valeur de tension, elles sont mises à l'état haut, de même quand elles sont réglées à un niveau haut au sein du micro-contrôleur, elles délivreront la tension VCC. Lorsqu'elles sont à l'état bas cela signifie que la tension délivrée ou reçue est de 0V. Un état haut correspond à une valeur numérique de 1 bit (0 bit pour un état bas).

- **La MLI**

La MLI (Modulation en Largeur d'Impulsion) ou PWM issu des initiales de Pulse Width Modulation en anglais, est tout simplement un moyen de générer une tension moyenne variable à partir d'une tension continue fixe (alimentation), en modulant le rapport cyclique d'un signal périodique.

Comme vous pouvez le voir sur le chronogramme (illustration 7), plus la durée T est importante plus la tension moyenne (en rouge) résultante est élevée. Le calcul $T/\text{Période}$ est appelé rapport cyclique, il est souvent exprimé en pourcentage. Quand celui-ci vaut 0% alors la tension est nulle, quand il vaut 100% alors la tension moyenne est maximale.

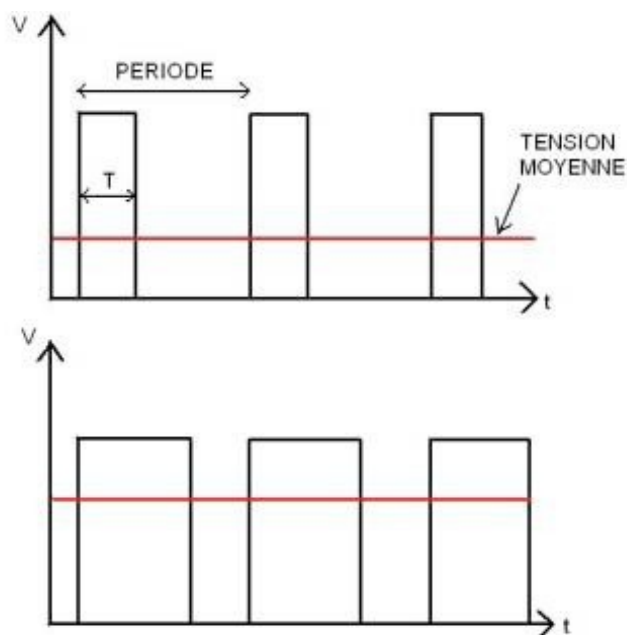


Illustration 6: Exemple de signal MLI

2.2. Les lampes

L'éclairage de la voiture doit fournir une visibilité maximale au conducteur de la voiture électrique. Pour cela nous nous sommes basés sur l'étude faite sur 3 différents types de lampes faites par d'anciens étudiants. Cette étude a permis d'établir un comparatif sur un tableau les capacités de chacune de ces lampes.

Type de lampe	Tension d'alimentation	Puissance	Luminosité
Lampe à LED	12V	1W	11 Klux
Lampe allogène	12V	20W	40 Klux
Prototype	30V	1W	7 Klux

Le choix des lampes se fera donc en fonction de l'usage et de l'intensité lumineuse nécessaire. Nous avons donc fait le choix suivant. Cette étude a permis de démontrer que les lampes à LED délivrent une faible luminosité. Ceci n'est pas en accord avec notre cahier des charges car les lampes doivent être visibles des utilisateurs à une distance suffisante. Pour cela

nous avons choisis les lampes de types halogènes qui nous fournissent un courant de 1,6A . Pour avoir ce résultat on a fait le calcul suivant :

$$I = P/U = 20W/12V = 1,6A.$$

Ces lampes nous fournissent plus de luminosité que les deux autres types de lampes. Donc ce modèle de lampes halogènes pourrait convenir à peu près à ce que l'on recherche. En raison des différentes luminosités obtenues lors des tests nous utiliserons les LED pour les clignotants, les feux de reculs et feux arrières, alors que les lampes halogènes seront plus adaptées pour les feux de croisements, les feux avant progressif.

Voici le calcul fait pour savoir quelles intensités doivent supporter les transistors :

$$I = P/U = 1W/12V = 20mA.$$

Ainsi les LEDS de 1W nous permettrons de préserver l'autonomie des batteries grâce à leur faible consommation en courant.



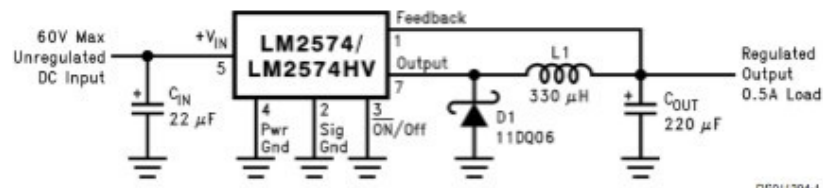
Illustration 7: LEDs pour feux de karting

2.3. L'alimentation 5V

Le micro-contrôleur ATmega8535 est alimenté grâce à une tension de 5V. Pour cela, il nous faut donc convertir la tension de 12V provenant des batteries montées sur le kart électrique afin de pouvoir alimenter le micro-contrôleur. Nous avons décidé d'utiliser une alimentation à découpage basée sur un régulateur **LM2574**. Grâce au montage fourni dans la documentation constructeur du composant, il permet d'abaisser une tension de 12V en une tension de 5V.

Comme vu dans le cours de MC-ET2, l'alimentation à découpage de type BUCK sert à obtenir une tension continue d'une certaine valeur à partir d'une tension continue de valeur supérieure en entrée. Ici, on veut obtenir une tension continue de 5 V à partir d'une tension continue de 12 V.

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



Note: Pin numbers are for 8-pin DIP package.

DS011394-1

Illustration 8: Montage LM2574 donné par le fabricant

2.4. Les transistors

Nous avons choisi des transistors MOSFET connu sous le nom **IRL2203NPBF** pour la commande des lampes. Nous utiliserons ces transistors car ils peuvent supporter un courant au niveau de la grille d'au moins 1,6 A. Ils sont branchés de la manière suivante :

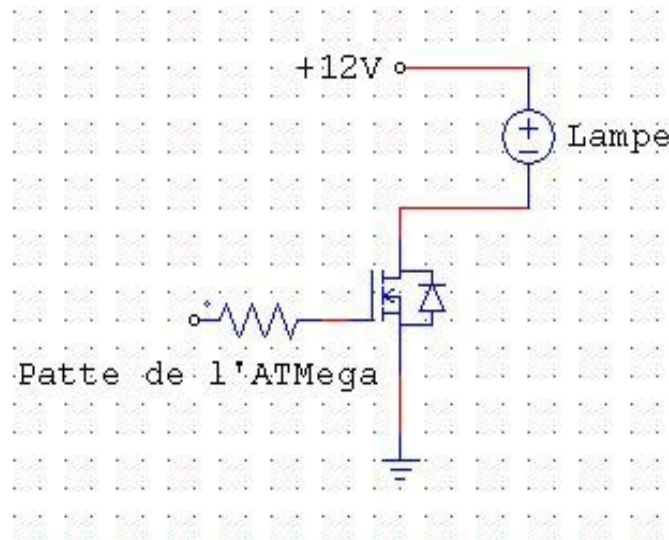


Illustration 9: Schéma transistor MOSFET

Les transistors jouent le rôle d'interrupteur lorsque la sortie du micro-contrôleur est activée. Il possède 3 pattes : la Grille (patte 1) est reliée ici à la résistance, le Drain (patte 2) est relié à la lampe puis à une tension de 12V, et la Source (patte 3) est relié à la masse. Ici la Grille sera reliée directement à L'ATMega8535 et recevra des impulsions. Ces impulsions au niveau de la grille vont occasionner le contact entre le Drain et la Source et ainsi permettre à la lampe d'être alimenté par une tension de 12 volts. Si la sortie du micro-contrôleur est à 0V, la grille du transistor ne recevra plus d'impulsions et cela occasionnerait l'ouverture du contact Drain Source, et l'extinction de la lampe.

2.5. Les capteurs

2.5.1. Photorésistance

Pour permettre la variation de l'éclairage en fonction de la luminosité ambiante, nous avons effectué des recherches qui nous ont amenées au choix de deux types de composants : les photodiodes et les photorésistances. Via à un montage spécifique associé, ces deux composants fournissent une tension fonction de la luminosité.



Illustration 10: Photorésistance

2.5.2. Potentiomètre mécanique



Illustration 11: Potentiomètre mécanique - pédale de frein

La commande des feux de stop sera réalisé grâce à une pédale de frein. Cette pédale est équipée d'un potentiomètre mécanique. La luminosité des feux de stop va varier au fur et à mesure de la pression exercée sur cette pédale. Ce potentiomètre nous permettra d'obtenir une tension variable qui nous est fournie en entrée de L'ATMega8535 afin de varier la valeur moyenne de la tension d'alimentation des feux arrières. La résistivité de ce potentiomètre varie en fonction d'un mouvement mécanique. Sa valeur va diminuer en fonction de la pression qu'il subit, et plus la pression est forte et plus sa valeur deviendra faible.

2.6. Nomenclature des composants

Nom	Référence	Empreinte	Valeur	Quantité	Prix unitaire	Prix total
Résistances	R9, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19	RC04L	1,5k	10	0,05	0,5
'	R4, R5	RC04L	10k	2	0,05	0,1
'	R6, R8	RC04L	820 ohms	2	0,05	0,1
'	R1, R2, R7, R10	RC04L	1k	4	0,05	0,2
Condensateurs	C1, C7	RADIAL06	10µF	2	0,45	0,9
'	C2, C8	CK06	100nF	2	0,51	1,02
'	C3, C4	CK06	22pF	2	0,51	1,02
'	C5	RADIAL08	100µF	1	0,45	0,45
'	C6	RADIAL06L	470µF	1	0,45	0,45
LEDs	D1	LED3	3mm	1	0,09	0,09
'	D4	LED3	2mA	1	0,09	0,09
Diodes	D2	D041	1N5819	1	2	2
'	D3	D041	1N5819	1	2	2
Connecteurs	J1, J2, J3, J4, J5	10 broches	Molex – 5569	5	3,31	16,55
'	JP1	2 x 5 broches	CON ISP	1	2,4	2,4
'	JP2	2 broches	Alim	1	2,3	2,3
'	P1	DB15 femelle		1	2,53	2,53
Inductances	L1	RADIAL06L	10µH	1	0,73	0,73
'	L2	RADIAL06L	47µH	1	0,73	0,73
Transistors	Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8, Q10, Q11	TO220	IRL2203N	10	1,73	17,3
Quartz	Q9	HC18UV	16Mhz	1	0,39	0,39
Réseau de résistance	R3	09PL1	8 x 4,7k	1	0,28	0,28
µContrôleur	U1	40DIP600L	ATMega8535	1	5,93	5,93
Régulateur	U2	08DIP300L	LM2574M	1	1,8	1,8
Boitier mâle			484-1861	10	5,5	55
Boitier femelle			484-1798	10	4,64	46,4
Contact à sertir femelle			172-9134	10	0,17	1,7
Contact M.5558 TL			172-9140	10	0,23	2,3
Total				94		165,26

2.7. Modifications apportées à la carte précédente

Sur la carte de Cheikh Abba DIEME, il faut faire la modification suivante :

- la sortie FEUX ROUGE ARRIERE PROGRESSIF est à connecter sur PB3 (sortie PWM OC0 du TIMER 0) et non pas sur PB0. Un strap est pour le moment réalisé nous allons donc modifier cette erreur sur notre nouvelle carte.
- le TIMER 1 (16 bits) est utilisé pour la base de temps (0,5 seconde).
- le TIMER 2 est utilisé en PWM pour les FEUX AVANT PROGRESSIF, sortie PD7 (OC2).
- Dimension de la carte : 120 x180
- déplacer le boitier de commande plus proche du bord pour pouvoir le relier
- rapprocher le quartz de l'ATMega8535. Les composants doivent être placés de telle sorte qu'on puisse avoir des connections les plus courtes possibles afin de pouvoir limiter les problèmes de compatibilité électromagnétique.
- bien aligner les transistors

- réduire les pistes des entrées/sorties analogique
- changement des ports de sortie
- changement complet de la disposition des composants sur la carte

3. Réalisation et différentes modifications – tests

3.1. Maquettes de test

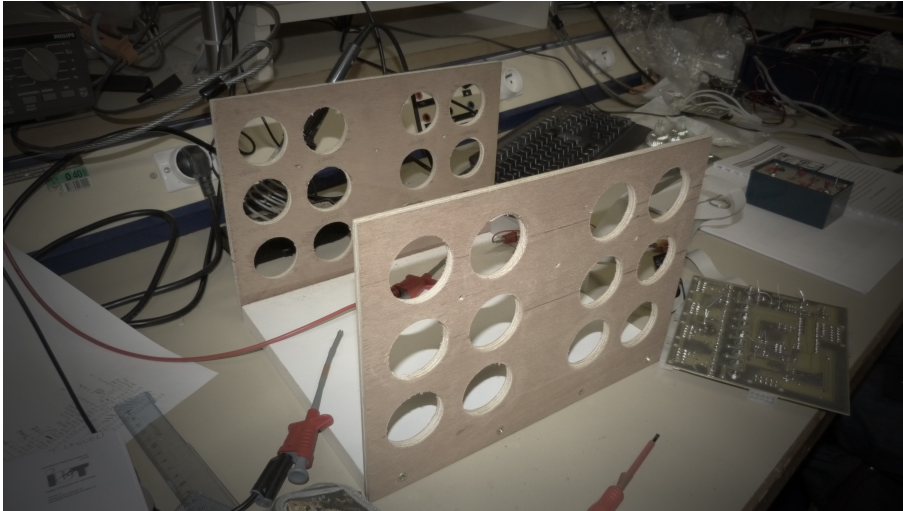


Illustration 12: Maquette de test

Une maquette de test a été réalisée les années précédentes, elle a pour fonction de d'installer les différentes LEDs représentant celles des feux d'un karting. A partir de là, nous pouvons installer notre carte électronique dans le but de tester son fonctionnement.

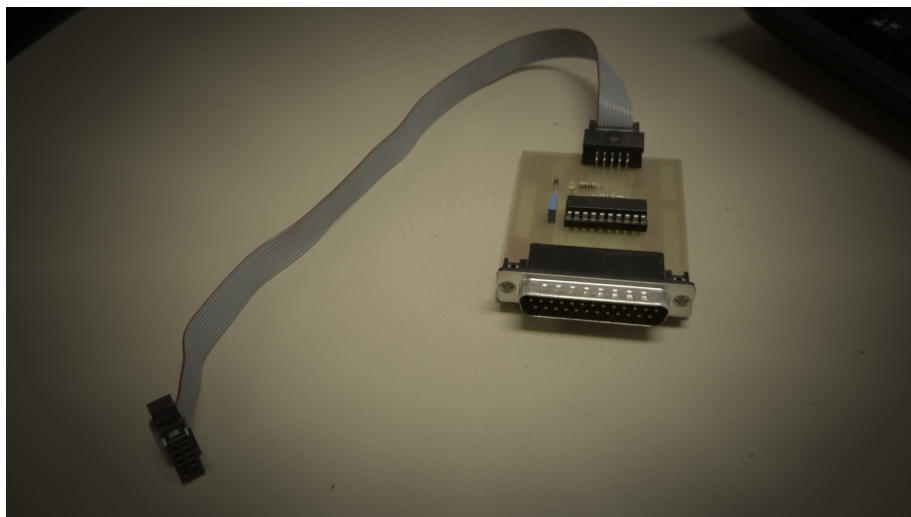


Illustration 13: Connecteur de programmation

Un connecteur a été adapté dans le but d'intégrer notre programme à l'intérieur de l'AtMega8535. C'est à partir du logiciel codeVisionAVR que celui-ci sera instauré.



Illustration 14: Boîtier de commande

Afin de commander l'éclairage ainsi que les autres fonctions de la carte électrique, il est nécessaire d'intégrer au prototype un boîtier de commande des entrées. Pour respecter le cahier des charges que nous nous sommes imposé, ce boîtier devra être étanche. Il comportera les éléments suivants :

- Alimentation générale ON/OFF
- Un bouton trois positions commandant les clignotants gauche et droite (avec une position repos).
- Une commande pour des warnings.
- La commande de marche arrière sera simulée par un interrupteur
- Le choix du mode d'éclairage : automatique/manuel.
- La mise en marche des feux de position.
- La mise en marche des feux de routes.

3.2. Logiciel Orcad Capture

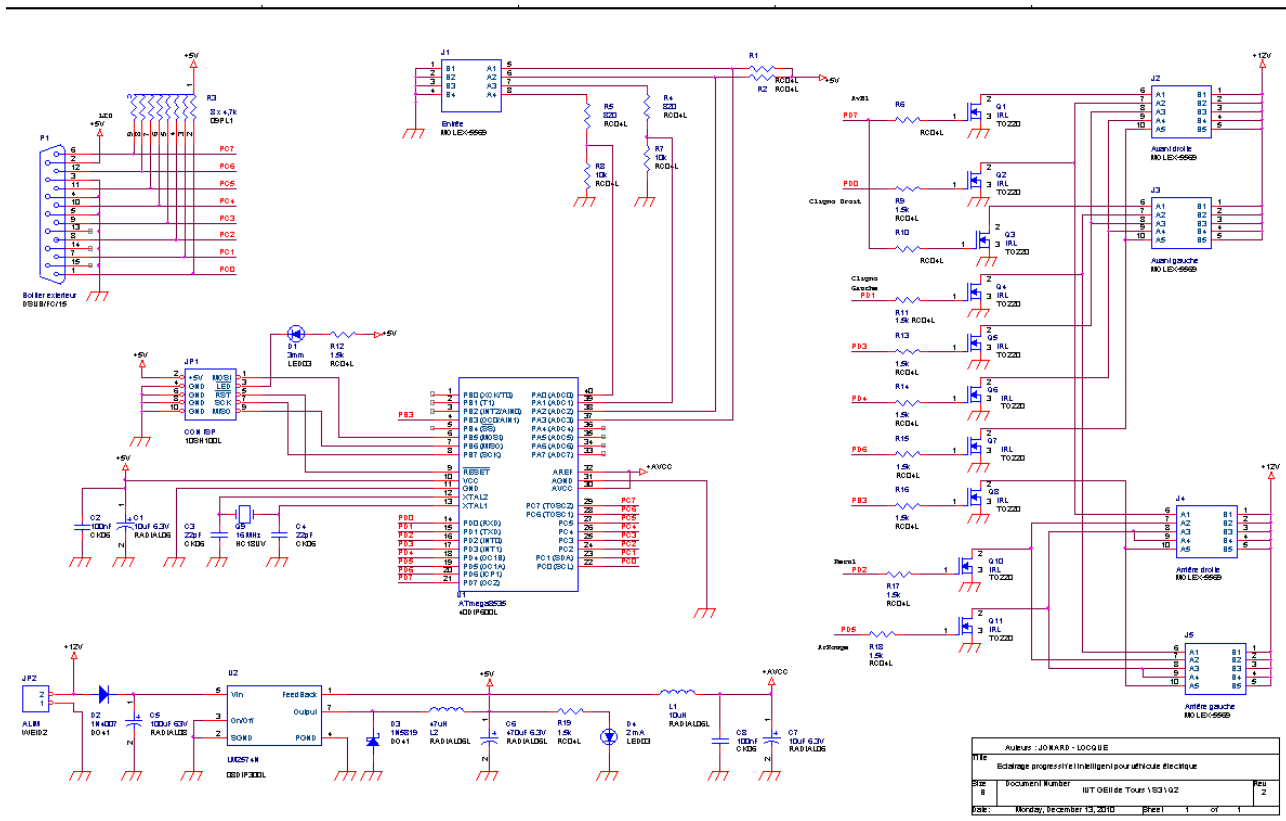


Illustration 15: Schéma électrique

Notre schéma électrique ci dessus est composé de quatre parties que nous développerons en détail par la suite. Tout d'abord l'Atmega8535, puis l'alimentation à découpage et enfin les différentes entrées-sorties.

3.2.1. Atmega8535

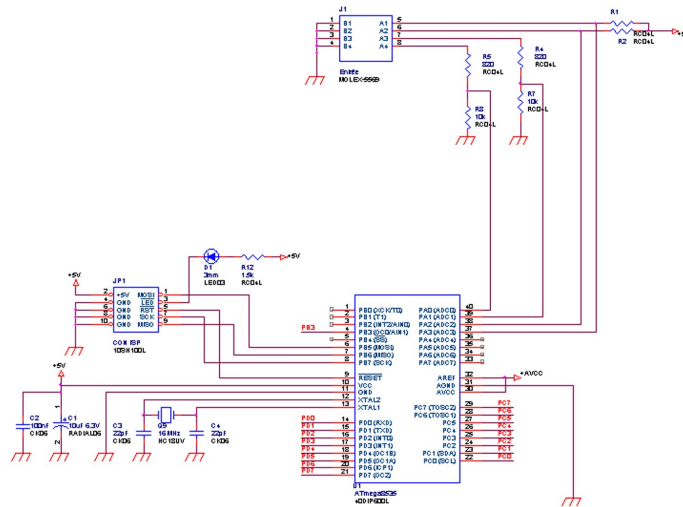


Illustration 16: Schéma électrique de l'ATMEGA8535

On peut observer sur le schéma précédent le micro-contrôleur ATmega8535 qui commandera les sorties de la carte en fonction de l'état de ses entrées et du programme implanté au sein du micro-contrôleur. La programmation s'effectuant via le connecteur JP4 également sur le schéma. Le quartz présent sert de base de temps au micro-contrôleur, ce qui permet, entre autres, l'utilisation de la fonction de modulation de largeur d'impulsion.

3.2.2. Alimentation à découpage

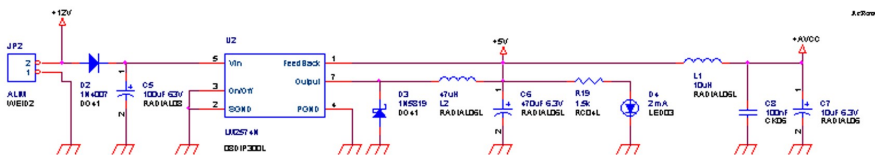


Illustration 17: Schéma électrique de l'alimentation à découpage

Le fonctionnement d'un convertisseur Buck peut être divisé en deux configurations suivant l'état de l'interrupteur S comme vu dans le cours de MC-ET2:

- Dans l'état passant, l'interrupteur S est fermé, la tension aux bornes de l'inductance vaut $V_L = V_i - V_o$. Le courant traversant l'inductance augmente linéairement. La tension aux bornes de la diode étant négative, aucun courant ne la traverse.
- Dans l'état bloqué, l'interrupteur est ouvert. La diode devient passante afin d'assurer la continuité du courant dans l'inductance. La tension aux bornes de l'inductance vaut $V_L = -V_o$. Le courant traversant l'inductance décroît.

C'est alors grâce au LM2574 que nous pouvons créer une tension continue de 5V à partir d'une tension continue de 12V délivré par la batterie du karting.

3.2.3. Entrées

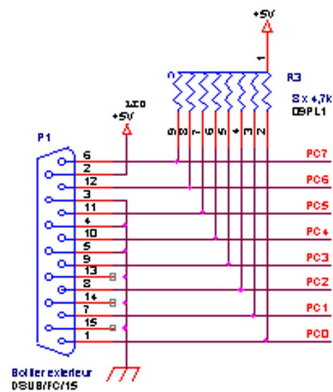


Illustration 18: Schéma électrique des entrées

Pour respecter le cahier des charges, nous avons besoin de 8 entrées:

- Photorésistance
- Potentiomètre de frein
- Signal marche arrière
- Clignotants (2 entrées)
- Feux de détresse (Warnings)
- Mode automatique/manuel
- Feux position/route
- Interrupteur général.

3.2.4. Sorties

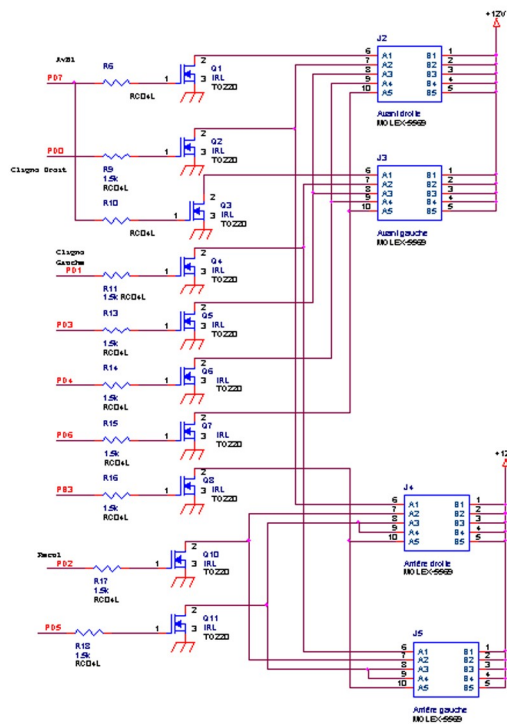


Illustration 19: Schéma électrique des sorties

Sur ce schéma sont visibles les connecteurs de sortie, reliés par la suite aux lampes. L'affectation des sorties est telle qu'il nous est permis de n'utiliser qu'un transistor pour la commande de plusieurs lampes. Ainsi, seul un transistor est utilisé pour la commande des clignotants gauches et un second gère le côté droit.

3.3. Logiciel Orcad Layout

Grâce au logiciel Orcad Layout, on effectue la réalisation de notre typon du schéma électrique effectué précédemment sur Orcad Capture. Il nous suffit alors de placer les composants et de tracer les pistes indiquées par le logiciel entre les différents composants. Pour faciliter la réalisation de notre typon, on a choisit d'effectuer un routage en double face, avec une face TOP et un face BOTTOM. La face TOP correspondant au coté composants alors que la face BOTTOM au plan de masse. On peut voir la réalisation des deux faces ci-dessous.

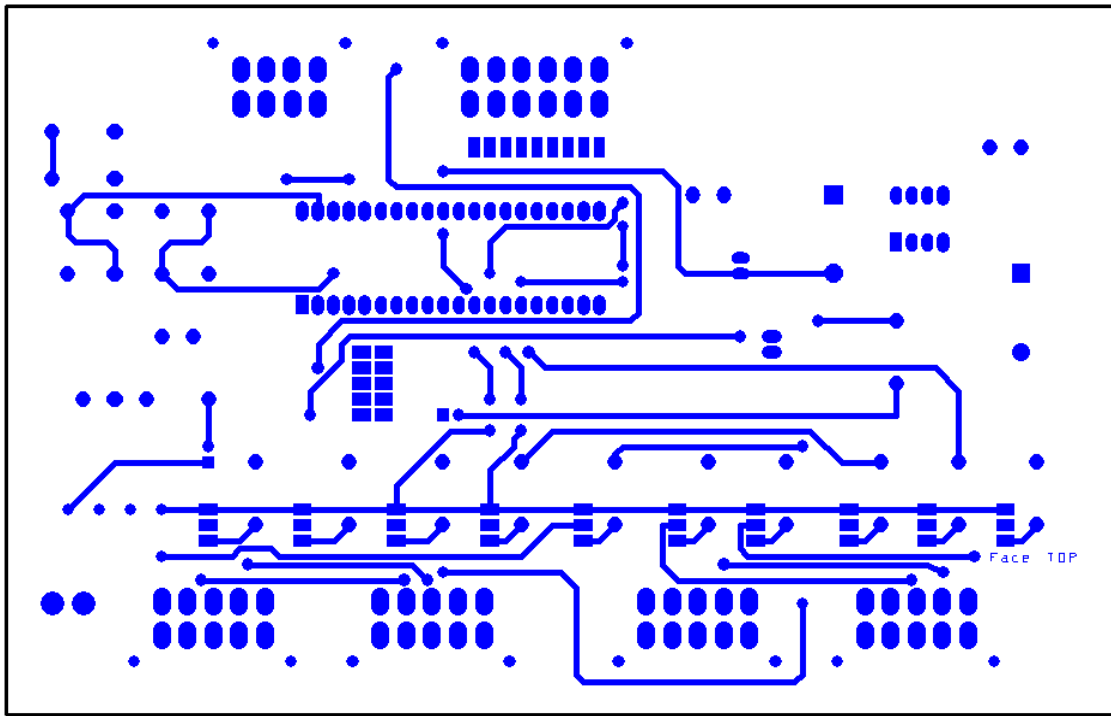


Illustration 20: Face TOP du typon

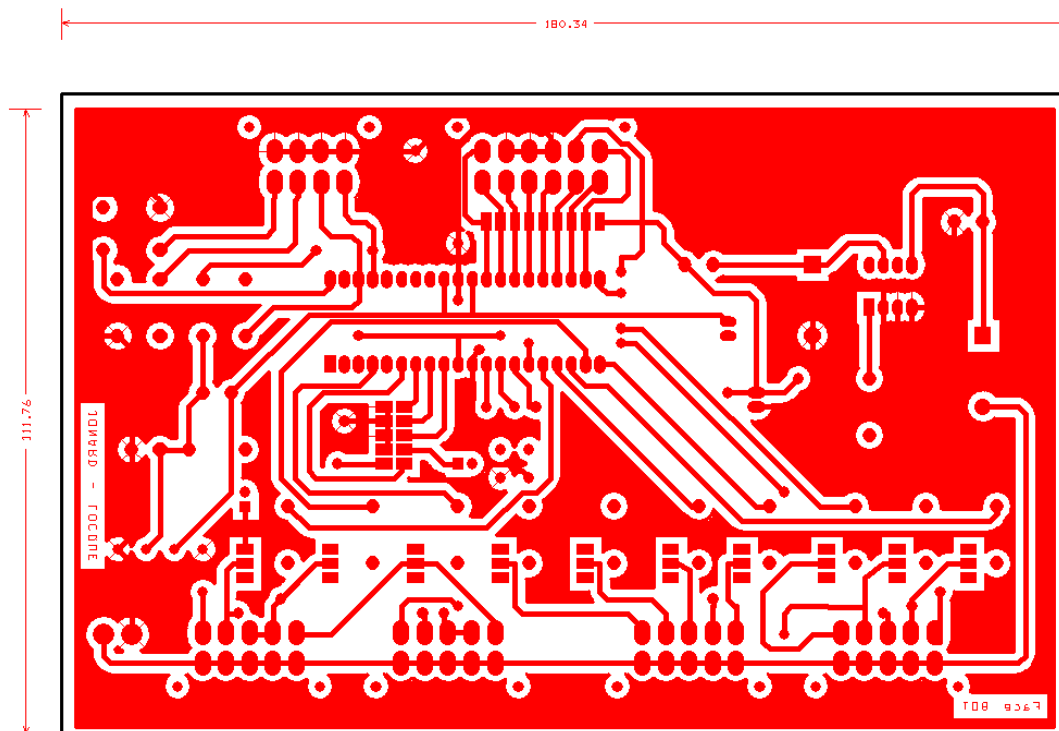


Illustration 21: Face BOTTOM du typon

3.4. *Planning prévisionnel et réel*

Planning prévisionnel 

Planning réel 

Vacances et jours fériés 

Taches/Semaines	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	01	02	3
Prise de connaissance du sujet	Light Blue	Red				Grey								Grey	Grey			
Recherche d'informations	Light Blue	Light Blue				Grey								Grey	Grey			
Élaboration du cahier des charges et du planning		Light Blue				Grey								Grey	Grey			
Formation Orcad			Light Blue			Grey								Grey	Grey			
Recherche de solutions		Light Blue	Light Blue	Light Blue		Grey								Grey	Grey			
Réalisation du typon				Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Test et vérification					Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Red
Rédaction du document de synthèse			Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue	Light Blue
Essai du prototype						Grey								Grey	Grey	Light Blue	Red	
Remise des dossiers						Grey								Grey	Grey		Light Blue	
Soutenance orale						Grey								Grey	Grey			Light Blue
						Grey								Grey	Grey			Red

Index des illustrations

Illustration 1: Schéma fonctionnel.....	6
Illustration 2: AtMega8535	8
Illustration 3: Pin-out ATmega8535.....	8
Illustration 4: Description interne des fonctions.....	9
Illustration 5: Schéma électrique du Quartz.....	10
Illustration 6: Exemple de signal MLI.....	11
Illustration 7: LEDs pour feux de karting.....	12
Illustration 8: Montage LM2574 donné par le fabricant.....	13
Illustration 9: Schéma transistor MOSFET.....	13
Illustration 10: Photorésistance.....	14
Illustration 11: Potentiomètre mécanique - pédale de frein.....	14
Illustration 12: Maquette de test.....	17
Illustration 13:	17
Illustration 14: Boitier de commande.....	18
Illustration 15: Schéma électrique	19
Illustration 16: Schéma électrique de l'ATMEGA8535.....	20
Illustration 17: Schéma électrique de l'alimentation à découpage.....	20
Illustration 18: Schéma électrique des entrées.....	21
Illustration 19: Schéma électrique des sorties.....	22
Illustration 20: Face TOP du typon.....	23
Illustration 21: Face BOTTOM du typon.....	23