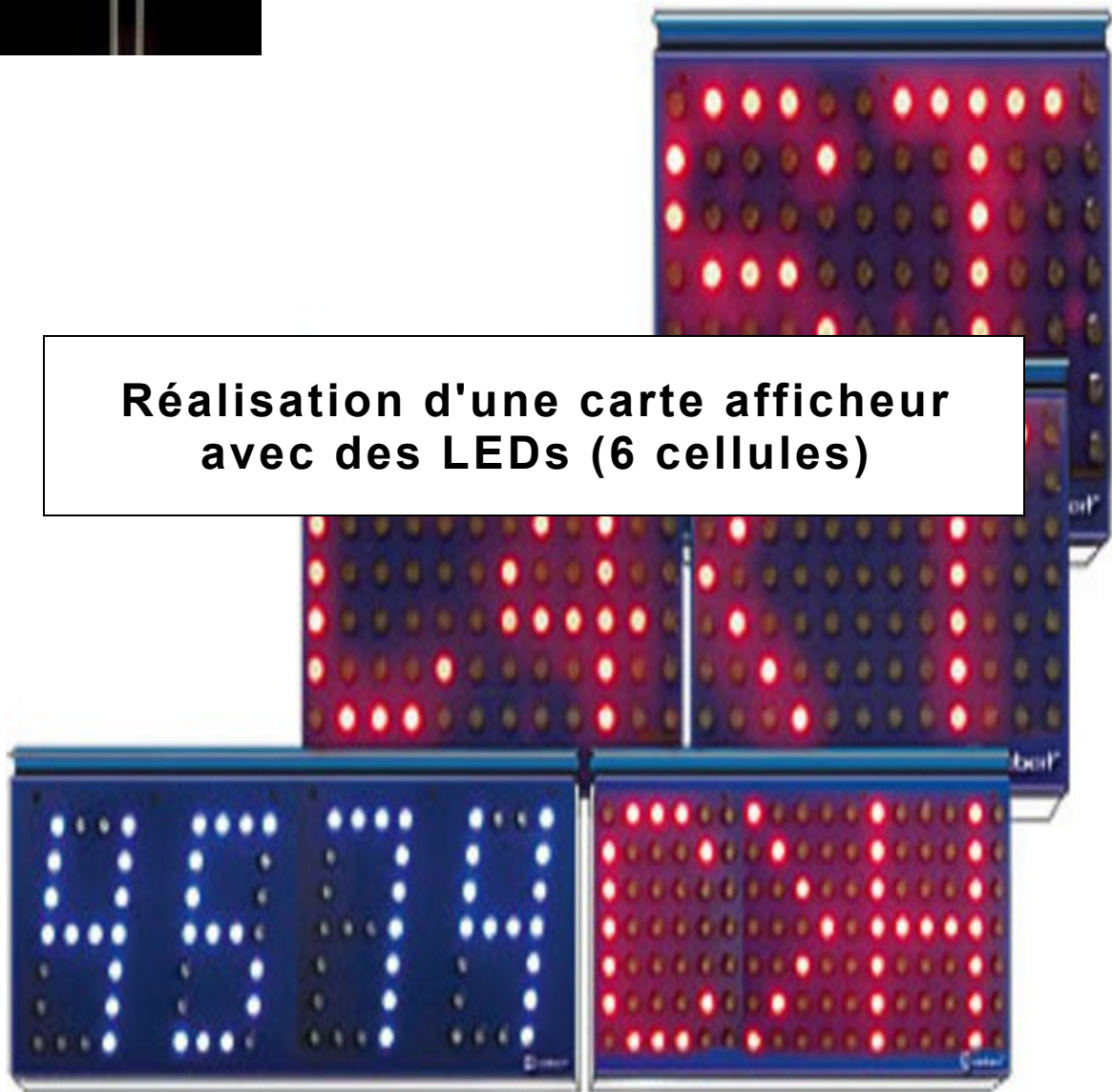




**Réalisation d'une carte afficheur
avec des LEDs (6 cellules)**





**Réalisation d'une carte afficheur
avec des LEDs (6 cellules)**



Sommaire

Introduction.....	4
1. Présentation du projet global.....	5
1.1. Présentation de l'épreuve.....	5
1.2. Présentation du système réalisé par des étudiants de GEII.....	5
2. Présentation de notre projet.....	7
2.1. Cahier des charges	7
2.1.1. Objectifs.....	7
2.1.2. Composition.....	7
2.1.3. Contraintes.....	7
2.2. Diagramme Sagittal.....	8
2.3. Planning	9
3. Fonction FP1 : Afficheur avec des LEDs (6 cellules).....	10
3.1. Carte afficheur LEDs.....	10
3.1.1. Principe de fonctionnement.....	10
3.1.2. Conception de la maquette d'essais.....	10
3.2. Carte interface afficheur 8 sorties.....	11
3.2.1. Principe de fonctionnement.....	11
3.3. Élaboration des cartes finales.....	14
3.3.1. Les cartes « afficheurs » et « interfaces ».....	14
3.3.2. Le coffret	15
3.3.3. L'assemblage final.....	16
4. Fonction FP2 : Programmation du micro-contrôleur	17
4.1. Principe de fonctionnement.....	17
4.2. Analyse fonctionnelle du programme.....	17
4.3. Programmation.....	17
5. Exemple d'essai réalisé pendant les séances du projet.....	18
5.1. Objectif du test :.....	18
5.2. Schéma de mesures :.....	18
5.3. Préparation du test :.....	18
5.4. Procédure de test :.....	18
6. Coût du projet.....	20
7. Suivi de projet.....	21
Conclusion.....	23
Résumé.....	24
Index des illustrations.....	25
Sources des illustrations.....	26
Bibliographie.....	27

Introduction

Nous avons choisi pour le semestre 4, l'option MC ER EDP. Cette option nous permet de réaliser, en outre des cours études et réalisation du semestre 4, un projet. Celui-ci est en relation avec l'association e-Kart de notre département Génie Électrique et Informatique Industrielle de Tours. Monsieur LEQUEU, le responsable du club e-Kart, nous a demandé de continuer un projet.

Nous devons améliorer et continuer la balise de mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté. En effet, plusieurs groupes avaient travaillé dessus. Ils ont déjà réalisé la détection des karts par faisceaux, l'alimentation à partir d'une batterie Optima Jaune étanche de 12V, et un afficheur géant 7 segments de 4 cellules. Or Monsieur LEQUEU voudrait un afficheur géant 7 segments de 6 cellules. C'est pourquoi nous devons réaliser 6 grands afficheurs 7 segments à LEDs ainsi que la programmation du micro-contrôleur. La gestion de l'affichage sera programmée par un autre groupe qui aura à gérer à la fois l'affichage de chaque segment d'une cellule afin d'afficher le chiffre voulu, mais aussi la répartition des chiffres dans différentes cellules pour afficher un nombre.

1. Présentation du projet global

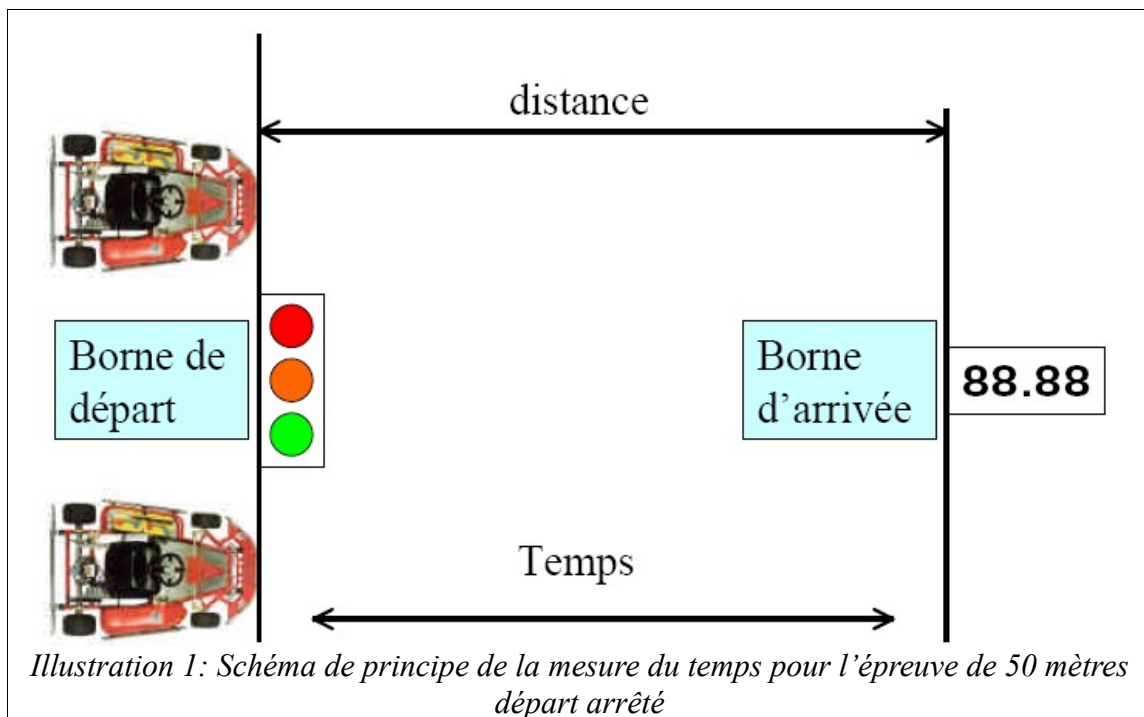
1.1. Présentation de l'épreuve

Le projet que nous allons continuer se base sur une épreuve appelée 50 m départ arrêté. Deux pilotes de kart s'affrontent sur 50 mètres. Celui qui met moins de temps pour faire 50 mètres a gagné. Cette épreuve consiste à révéler quel kart a la meilleure accélération, et donc au final d'étudier les performances de chaque technologie utilisée. Cette course se passe en ligne droite et les concurrents s'élancent en même temps. Il y a deux commissaires de piste. Un est à la ligne de départ, il donne le « top » départ. L'autre est à l'arrivée, il s'occupe du chronomètre. Or ce processus peut engendrer des mesures fausses ou des faux départs. Ce processus, avant utilisé, se révélait peu précis (mesures...) et caduque (faux départs...) d'où l'intérêt de gérer le départ, l'arrivée et le chronomètre par un système électronique.

1.2. Présentation du système réalisé par des étudiants de GEII

Depuis quelques années, des étudiants ont œuvré, sur la demande de Monsieur LEQUEU, à la réalisation d'une balise de mesure de temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté. Le principe est le suivant :

Il y a une borne au départ (0m) et une autre à l'arrivée (50m). Ces bornes peuvent gérer deux karts en même temps. Sur la première borne, il y a un dispositif qui permet ou non de détecter la présence d'un kart. Il permet d'éviter les faux départs, et éventuellement lancer le chronomètre (celui-ci peut être actionné par le commissaire de piste).



De plus, un système de signalisation (feux rouge, orange et vert) est relié à la borne de départ pour donner des informations en temps réel aux concurrents comme un faux départ (le feu rouge clignote), ou le kart est en position correct pour le départ (le feu vert clignote).

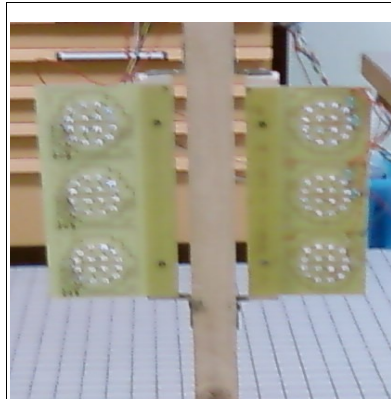


Illustration 2: Feux tricolores

Il y a aussi une borne à l'arrivée. Celle-ci permet de détecter l'arrivée des karts, d'arrêter le chronomètre et d'indiquer les temps aux pilotes sur un afficheur géant. Cette borne est dotée de faisceaux de détection pour déceler le passage du kart.

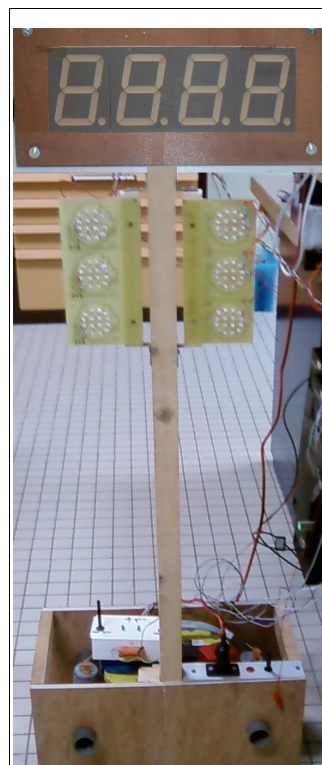


Illustration 3: Borne complète

2. Présentation de notre projet

2.1. Cahier des charges

2.1.1. Objectifs

Notre projet consiste à réaliser 6 cartes « afficheur sept segments » à LED, basé sur une réalisation de l'année

précédente d'un afficheur 4 cellules.

La carte sera gérée par un micro contrôleur de type AT MEGA.

Celui-ci transmet les données à afficher sur 8 bits par un système d'adressage.

2.1.2. Composition

Nous aurons un module de réception des données (driver), et une carte supportant les LEDs, ce qui

constituera une cellule.

La carte « driver » recevra les informations de l'ATMEGA et les transmettra sur les 8 bits de la carte « afficheur ».

La carte « afficheur » comportera 7 LEDs par bit. Il y aura 8 bits, à savoir 7 bits pour les 7 segments et 1 bit pour la virgule.

Pour une cellule on aura donc 50 LEDs qu'il nous faudra multiplier par 6 pour les 6 cellules.

Au total, nous aurons 300 LEDs à souder.

2.1.3. Contraintes

Un afficheur doit être branché sur une tension de 15V, et chaque carte a une consommation de 20mA par segment, soit un total de 105mA par carte. En effet les LEDs utilisées sont de haute luminosité (10mm), et consomment 20mA pour la couleur rouge.

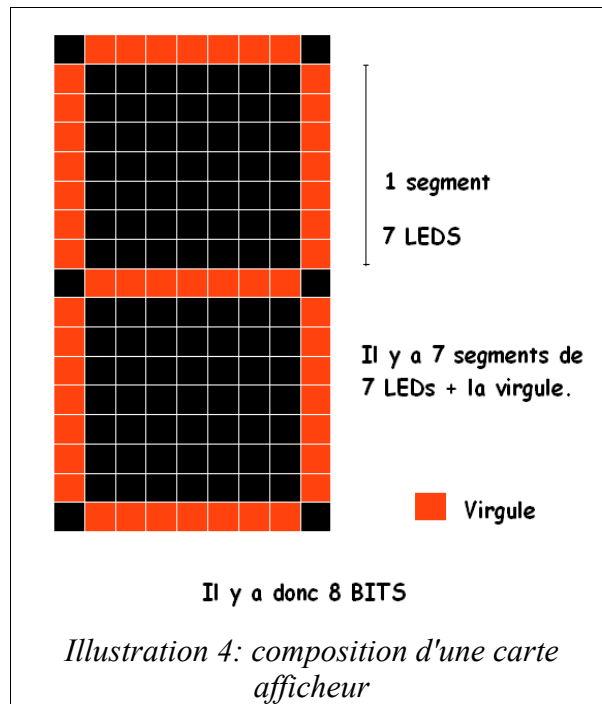
Les dimensions de la carte afficheur seront de 15cm de largeur par 20cm de longueur.

Pour la carte « driver » les dimensions seront 6cm de largeur par 9cm de longueur au maximum.

Le groupe de l'an dernier a réalisé la carte du micro-contrôleur mais ils n'ont pas eu le temps de le programmer.

Le langage utilisé pour programmer l' ATMEGA est du C.

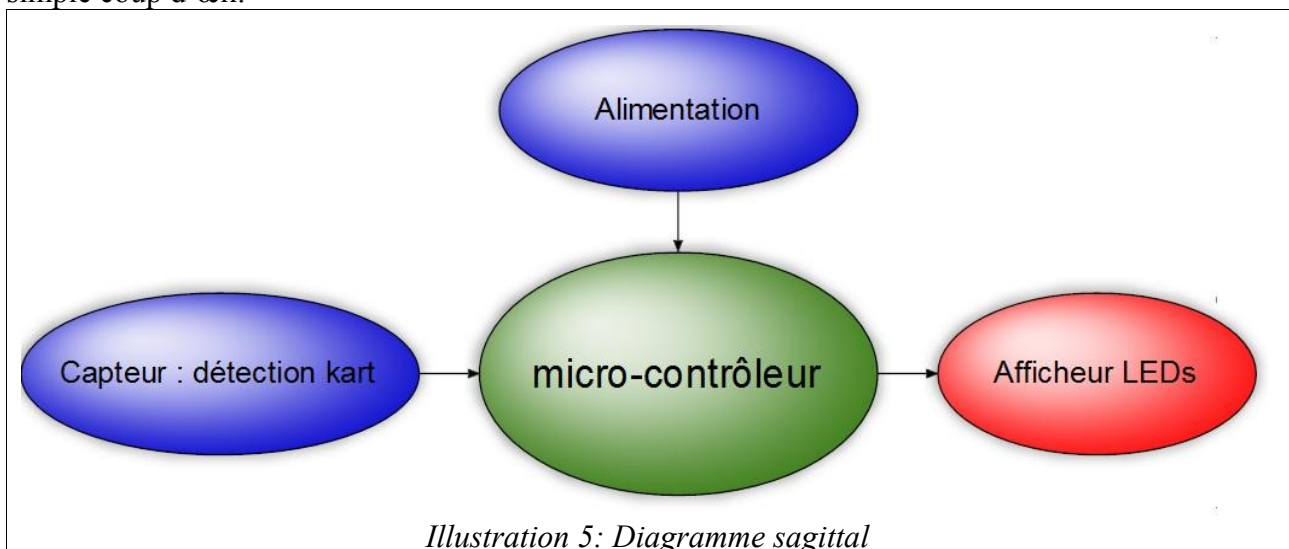
Nous devons enfin créer un support sur lequel les afficheurs seront fixés.



2.2. Diagramme Sagittal

Ce diagramme représente les éléments extérieurs qui vont interagir avec notre système.

L'aspect graphique du diagramme permet d'avoir un maximum de données utiles d'un simple coup d'œil.



Les parties à réaliser sont l'afficheur LEDs, la programmation du micro contrôleur, et l'interface entre l'afficheur et le microcontrôleur.

2.3. Planning

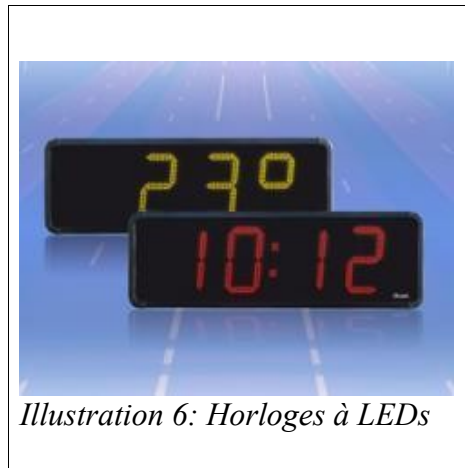
N° Semaine	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Réalisation du cahier des charge et du planning prévisionnel	Yellow				X	X	X				
Afficheur avec des LEDs	Blue				X	X	X				
Etude des solutions technologiques	Blue	Yellow	Yellow		X	X	X				
Réalisation d'une carte de test et essais		Blue	Blue	Yellow	X	X	X				
Réalisation du schéma et du typon de la carte finale			Blue		X	X	X				
Elaboration de la carte finale et tests				Blue	X	X	X	Yellow	Yellow		
Connexion de la carte finale sur le microcontrôleur et tests					X	X	X			Yellow	Yellow
Elaboration du dossier			Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
Cartes interface											
Étude de la carte		Blue			X	X	X				
Réalisation des cartes finales			Yellow	Yellow	X	X	X				
Fonction : programmation du microcontrôleur				Blue	X	X	X	Blue	Blue		
études (ordinogamme)					X	X	X	Yellow	Yellow		
Programmation du microcontrôleur					X	X	X		Yellow	Yellow	
Tests finaux...					X	X	X			Yellow	
					X	X	X				

3. Fonction FP1 : Afficheur avec des LEDs (6 cellules)

3.1. Carte afficheur LEDs

3.1.1. Principe de fonctionnement

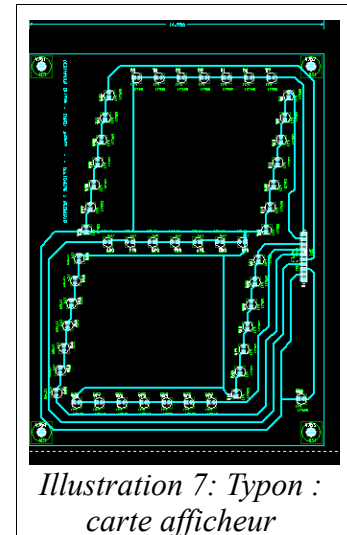
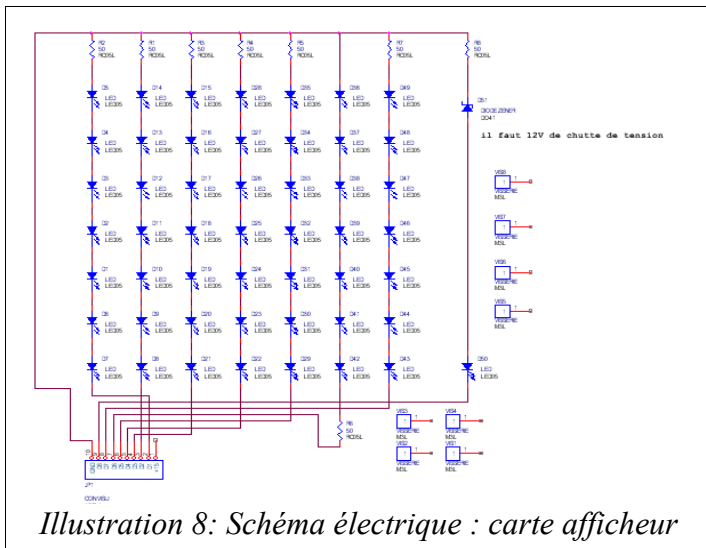
L'afficheur à LEDs fonctionne selon le même principe que les afficheurs que l'on trouve dans les horloges géantes comme celles que nous avons à l'IUT.



Nous aurons donc sept segments, de façon à pouvoir écrire les 10 chiffres - de 0 à 9 -, chacun composé de 7 LEDs de 10mm rouges. Un segment fera donc environ 7,5cm et sera visible à 50m. Sur chaque cellule, nous mettrons également une LED en guise de point, qui séparera les minutes des secondes et des millisecondes. Les segments seront alimentés en +15V et seront pilotés par le 0V. Ainsi, en allumant plusieurs segments, nous pourront écrire tout les chiffres.

3.1.2. Conception de la maquette d'essais

Nous avons réalisé sur Orcad, le schéma électrique et le typon de la carte « afficheur LEDs ». Une carte d'essai avec ce typon a été créée pour que l'on se rende compte des erreurs. En regardant les réalisations précédentes, nous avons remarqué qu'il était judicieux d'incliner les segments de chaque afficheur afin d'avoir une meilleure visibilité. En effet, les LEDs ayant un angle d'ouverture de 4°, à 50m, si on les incline, seront davantage visibles.



Nous avons effectué des tests pour voir si notre typon correspond à notre attente. Ce fut le cas bien que nous ayons changé un peu le typon pour qu'il soit plus esthétique. Nous avons aussi décidé de peindre la plaque en noir et de coller les LEDs à la plaque d'hypoxie.



3.2. Carte interface afficheur 8 sorties

3.2.1. Principe de fonctionnement

Monsieur LEQUEU nous a donné le typon de cette carte et il a réalisé 6 cartes en février 2008. Il nous a juste fallu les percer et souder les composants dessus, en ayant préalablement étudié son typon pour comprendre le rôle de la carte et des composants.

F1 : Alimente la carte en 5V, récupère les informations du micro-contrôleur et les convertit en mot binaire

F2 : Sélectionne l'adresse de chaque cellule (dizaine, unité etc...)

F3 : Cavalier qui sélectionne le nombre d'adresses utilisées

F4 : Décodeur d'adresse

F5 : Permet de mémoriser

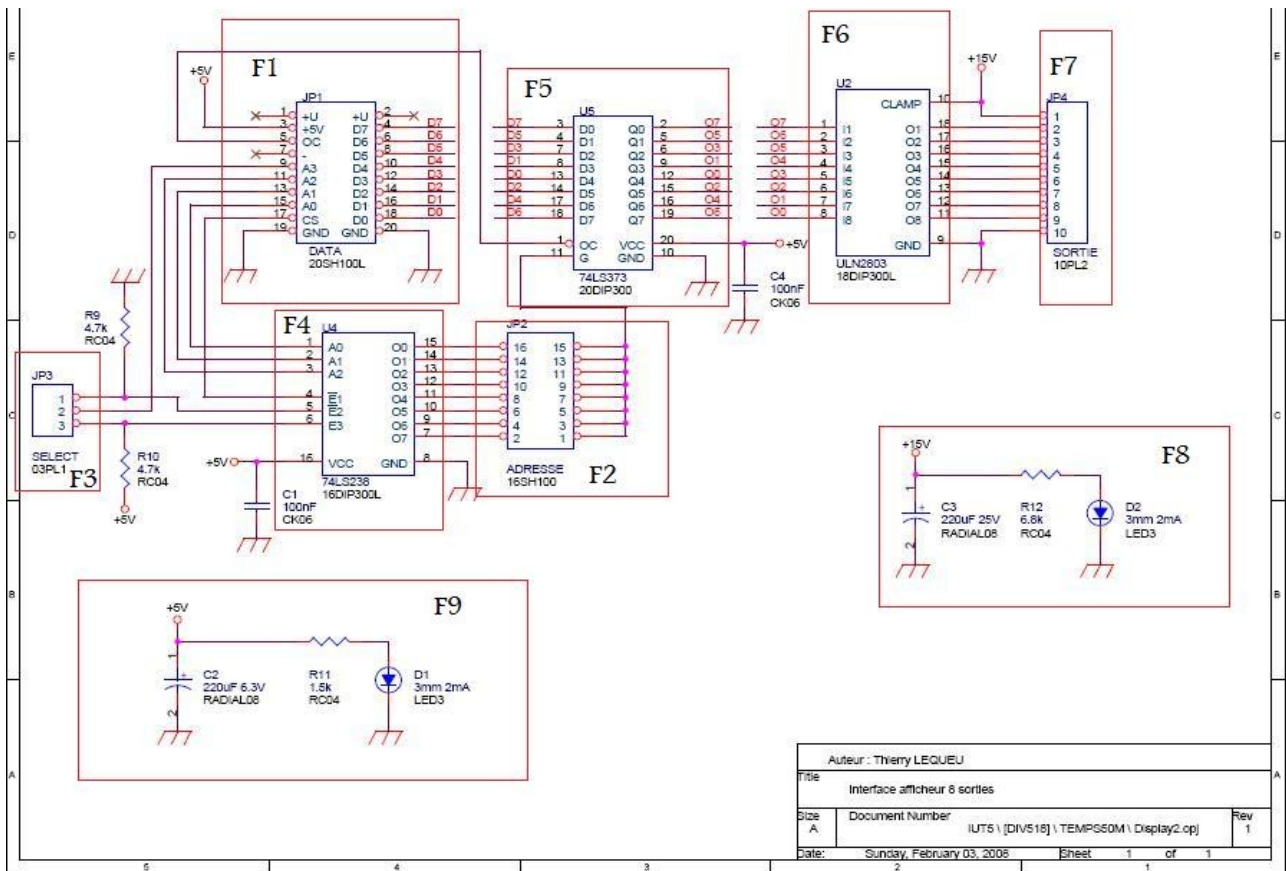
F6 : Amplifier le courant. Il permet de piloter jusqu'à 500 mA / 50 V(max) par voie à partir de 8 bits logiques "classiques" (TTL)

F7 : Se dirige vers les cartes « afficheur à LEDs »

F8 : Indique la présence du 15 V

F9 : Indique la présence du 5 V

Illustration 10: Schéma électrique de la carte "interface" réalisé par M. LEQUEU



N°	Quantité	Référence	Désignation	Empreinte
1	2	C1,C4	100nF	CK06
2	1	C2	220uF 6.3V	RADIAL08
3	1	C3	220uF 25V	RADIAL08
4	2	D1,D2	3mm 2mA	LED3
5	1	JP1	DATA	20SH100L
6	1	JP2	ADRESSE	16SH100
7	1	JP3	SELECT	03PL1
8	1	JP4	+15V	10PL2
9	7	R1,R2,R3,R4,R5,R6,R7	120	RC04
10	1	R8	250	RC04
11	2	R10,R9	4.7k	RC04
12	1	R11	1.5k	RC04
13	1	R12	6.8k	RC04
14	1	U2	ULN2803	18DIP300L
15	1	U4	74LS238	16DIP300L
16	1	U5	74LS373	20DIP300

Tableau 1: Liste des composants

3.3. *Élaboration des cartes finales*

3.3.1. *Les cartes « afficheurs » et « interfaces »*

Tout d'abord nous avons réalisé les 6 cartes afficheur de LEDs, que nous avons peint en noir afin d'avoir un meilleur rendu final aussi bien au niveau esthétique, mais aussi pour améliorer la visibilité à 50m. Nous avons par la suite percé et soudé les composants. Enfin, nous avons testé tous les segments de chaque carte. Quelques segments ne fonctionnaient pas correctement au début mais nous avons pu corriger les anomalies facilement.

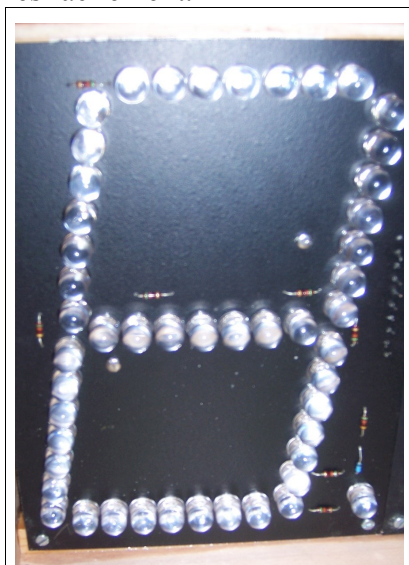


Illustration 11: Carte finale de l'afficheur

Après la réalisation et le test de fonctionnement des cartes afficheur LEDs, nous avons réalisé les cartes « interface afficheur 8 sorties ». Monsieur LEQUEU a déjà gravé les 6 cartes que nous avons juste à percer, souder et tester.



Illustration 12: Carte finale de l'interface

Celles-ci seront fixées derrière les plaques des afficheurs. Chaque carte « interface » sera reliée avec une des cartes « afficheurs LEDs » par 10 fils (les bits de 0 à 8 + fils d'alimentation 15V & 0V).

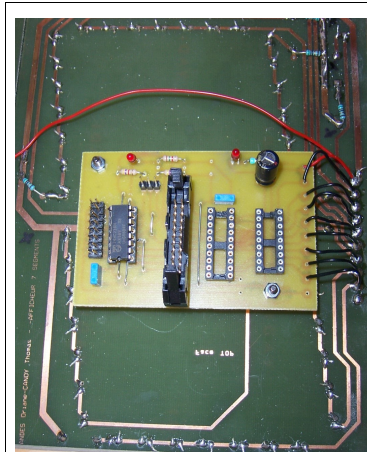


Illustration 13: Carte interface relié à la carte afficheur

3.3.2. Le coffret

Monsieur LEQUEU a réalisé le coffret qui va accueillir les cartes. Nous avons décidé avec lui, que le coffret serait en bois. On y fixera, grâce à des visse, les cellules « afficheur ».



Illustration 14: Le coffret après la réalisation finale

3.3.3. L'assemblage final

Il ne reste plus qu'à placer les cartes dans le coffret. Tout d'abord, nous avons fixé les cartes « afficheurs ». Il nous a suffi de prendre des écrous de 3mm et de les fixer conformément aux trous.

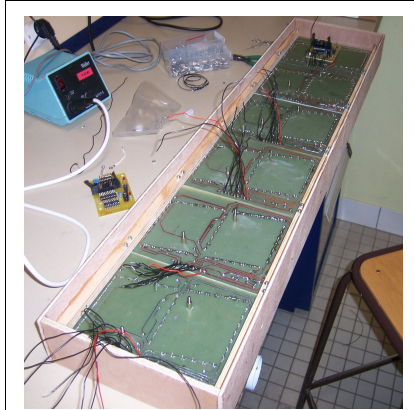


Illustration 15: Fixation des cartes afficheurs

Ensuite, nous avons fixé les cartes « interfaces » sur les cartes « afficheurs ». Nous avons relié le 15V et la masse de chaque carte entre elles.

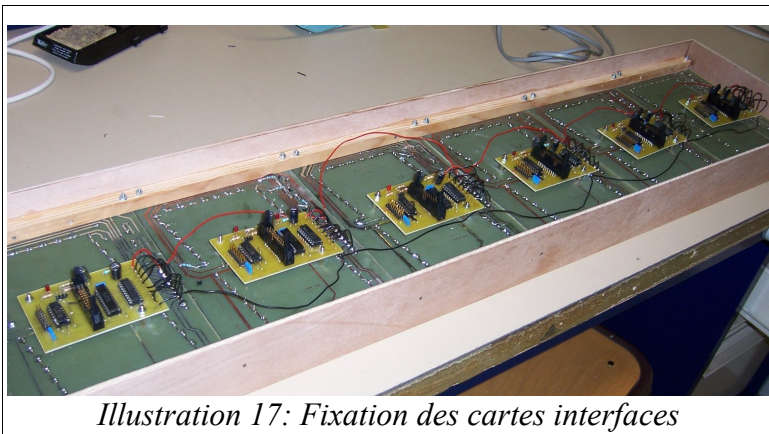


Illustration 17: Fixation des cartes interfaces

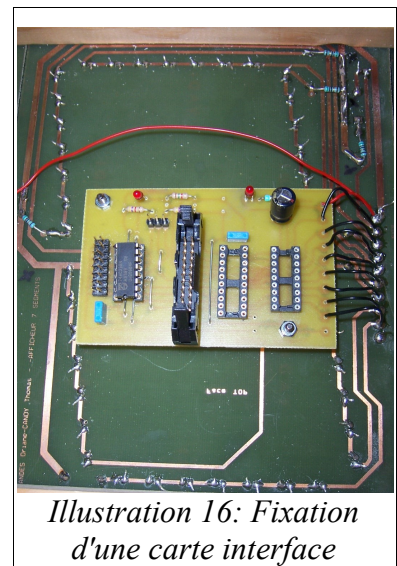


Illustration 16: Fixation d'une carte interface

Il ne manque plus qu'à intégrer le programme. Malheureusement vu les événements, nous n'avons pas pu programmer notre afficheur. Nous avons donc demandé à des étudiants qui avaient comme sujet la programmation de la balise de mesure de temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté, de nous expliquer leur programmation et d'essayer de l'intégrer dans notre borne.

4. Fonction FP2 : Programmation du micro-contrôleur

4.1. Principe de fonctionnement

Lors du départ du kart, le chronomètre doit s'activer grâce à un capteur qui se situe sur la balise de départ et au micro-contrôleur. Lorsque le kart passe la balise n°2, un deuxième capteur donne une information qui arrêtera chronomètre. De plus l'afficheur doit annoncer la vitesse du kart. Comme on connaît la distance et le temps qui a mis pour faire ses 50 mètres, ce n'est pas difficile de connaître sa vitesse.

$$v = \frac{d}{t}$$

v : vitesse en km/h

d : distance en mètre

t : temps en heure

4.2. Analyse fonctionnelle du programme

4.3. Programmation

Nous avons fait des tests qui se sont avérés concluants. Mais nous n'avons pas eu le temps de finir cette programmation.

5. Exemple d'essai réalisé pendant les séances du projet

5.1. Objectif du test :

Notre but est de déterminer les valeurs des résistances qui vont protéger les LEDs de 10 mm rouges. Pour cela, nous avons regardé les datasheets des LEDs. Chaque LED ne peut pas supporter un courant supérieur à 30 mA. De plus, l'alimentation de la carte des LEDs est en 15 V, et il faut voir les LEDs à environ 50 mètres. C'est pourquoi, il faut que la luminosité soit assez grande. Nous avons décidé qu'il faudrait environ un courant de 20 mA qui traversent chaque LED.

5.2. Schéma de mesures :

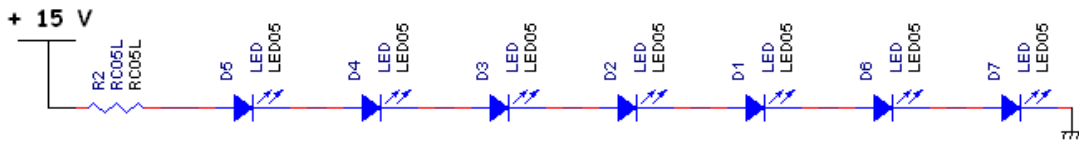


Illustration 18: Schéma électrique de notre test

5.3. Préparation du test :

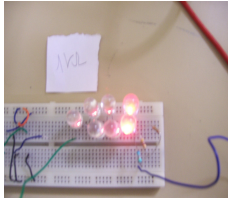
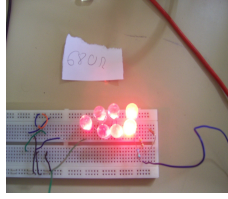
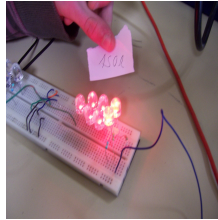
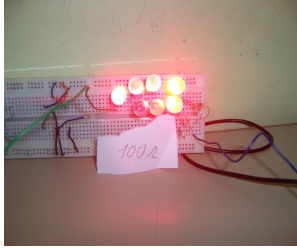
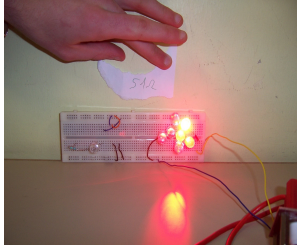
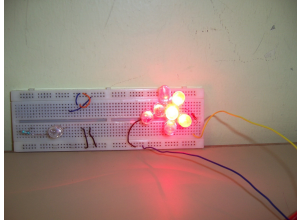
Nous avons besoin d'une alimentation de 15 V, de 7 LEDs reliées entre elles en série, de résistances de différentes valeurs, d'une plaque d'essais et d'un ampèremètre.

5.4. Procédure de test :

Nous avons mis les 7 LEDs en série sur une plaque d'essais et une résistance à l'anode (ou cathode), nous les alimentons en 15 V. Nous regardons si les LEDs chauffent, si la luminosité est assez grande pour voir de loin, et mesurons l'ampérage. Nous avons mis 6 différentes valeurs de résistances : 1 k Ω , 680 Ω , 150 Ω , 100 Ω , 51 Ω et 47 Ω

Ci-dessous, un tableau récapitulatif avec les valeurs des résistances, les valeurs du courant et les photos qui nous permettent de montrer l'éclairage des LEDs. Après plusieurs valeurs de résistances, nous avons donc décidé d'utiliser les résistances de 51 Ω pour protéger les LEDs car la luminosité est assez élevée et le courant est inférieur à 30 mA. Nous avons aussi mesuré la chute de tension au niveau d'une LED afin de voir déterminer la tension d'alimentation.

Nous devons faire attention au niveau de la LED « point » qui séparera les minutes des secondes des millisecondes. En effet il faudra utiliser une diode zerner de 15-2=13V pour éviter que cette LED grille.

Valeur de la résistance (Ω)	Valeur de l'alimentation (V)	Valeur du courant (mA)	Photo
1000	15	2,1	
680	15	5,9	
150	15	8,77	
100	15	10,94	
51	15	20,95	
47	15	25,05	

6. Coût du projet

Nom	référence	Constructeur	Quantité	Prix (unitaire)	Prix total
Résistances	51 Ω		42	0,01 €	0,42 €
LEDs	10 mm		294	0.20 €	565,00 €
Diode zener			6	0,10 €	0,60 €
Condensateur	100 nF		12	0,15 €	1,80 €
Condensateur	220 μ F 6,3 V		6	0,60 €	3,60 €
Condensateur	220 μ F 25 V		6	2,05 €	12,30 €
Diode	3 mm 2mA		12	0,25 €	3,00 €
Data	20SH100L		6	0,20 €	1,20 €
Adresse	16SH100		6	0,20 €	1,20 €
Select	03PL1		6	0,20 €	1,20 €
Résistances	120 Ω		6	0,01 €	0,06 €
Résistances	250 Ω		42	0,01 €	0,42 €
Résistances	4,7 k Ω		12	0,01 €	0,12 €
Résistances	1,5 k Ω		6	0,01 €	0,06 €
Résistances	6,8 k Ω		6	0,01 €	0,06 €
Amplificateur	ULN2803		6	2,95 €	17,70 €
Décodeur	74LS238		6	1,60 €	9,60 €
Octuple verrou	74LS373		6	0,60 €	3,60 €
				Total :	621,94 €

Illustration 19: Coût du projet

7. Suivi de projet

Semaine 4 :

Fait durant cette séance :

- Choix du sujet
- Élaboration du cahier des charges
- Création du planning prévisionnel

Semaine 5 :

Fait durant cette séance :

- Conception du typon de la carte « afficheur »
- Étude de la carte « interface afficheur 8 sorties »

Semaine 6 :

Fait durant cette séance :

- Tests pour choisir la valeur des résistances et de la diode de la carte « afficheur »
- Réalisation de la carte test « afficheur »
- Test de la carte test

Difficultés rencontrées :

-

Semaine 7 :

Fait durant cette séance :

- Réalisation des 6 cartes « afficheur »
- Test de 4 cartes « afficheur »
- Réalisation de 3 cartes « interface »

Difficultés rencontrées :

-

Semaine 11 :

Fait durant cette séance :

- Mise en place des derniers composants

Difficultés rencontrées :

-

Semaine 12 :

Fait durant cette séance :

- Fixation des cartes et connections entre elles via une nappe et les fils Vcc et GND
- Essais de programmation

Difficultés rencontrées :

- La programmation ne fonctionne pas pour le moment

Semaine 13 :

Fait durant cette séance :

- Essais de programmation et vérification des cartes

Difficultés rencontrées :

- La nappe était défectueuse ce qui nous a causé des pannes mais l'afficheur semble fonctionner avec la nouvelle nappe et le programme test

Conclusion

Cette réalisation nous a permis de travailler en équipe en échangeant pour faire avancer le projet, et gagner toujours plus en autonomie. Nous avons aussi pu nous familiariser avec les techniques et technologies utilisées pour commander des afficheurs. Enfin nous sommes de plus en plus respectueux de l'emploi du temps que l'on s'est fixé, ce qui est une grande qualité dans le monde professionnel. Ce projet est réellement la conclusion de deux années d'une formation de qualité, qui nous rend apte à travailler d'abord dans le cadre du stage de fin d'étude, mais aussi peut être dans le cadre de notre post DUT si on décide de ne pas continuer nos études.

Nous tenons remercier Monsieur LEQUEU pour son aide au niveau de l'entourage bois de l'afficheur, et à sa présence, ce qui nous a motivé à venir continuer le projet, malgré la grève.

Résumé

Nous avons choisi pour le semestre 4, l'option MC ER EDP. Cette option nous permet de réaliser, en outre des cours études et réalisation du semestre 4, un projet. Celui-ci est en relation avec l'association e-Kart de notre département Génie Électrique et Informatique Industrielle de Tours. Monsieur LEQUEU, le responsable du club e-Kart, nous a demandé de continuer un projet.

Nous devons améliorer et continuer la balise de mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté.

La réalisation de la partie détection étant faite, nous devons, en nous basant sur les études et réalisations précédentes, réaliser un afficheur géant à LEDs visible à 50m.

Celui ci sera composé de 6 afficheurs 7 segments, c'est à dire que l'on pourra écrire 6 chiffres de 0 à 9 les uns à coté des autres. Ces chiffres pourront être séparés par des « LEDs point » afin de distinguer les minutes des secondes et des millisecondes.

Pour gérer un afficheur, il est nécessaire d'avoir deux cartes:

Une carte sur laquelle seront soudées les LEDs qui constitueront l'afficheur (7 LEDs par segment)

Une carte appelée « driver » qui sera une interface entre l'afficheur et l'ATMEGA. En effet , l'ATMEGA nous enverra des informations sous forme de mots, dans lesquels il y aura à la fois le numéro à afficher, donc l'état de chacun des 8 bits constituant les segments et le point d'un afficheur, et l'adresse de l'afficheur pour savoir sur quelle afficheur il faut afficher un chiffre.

Les cartes afficheur seront peintes en noir et les segments seront inclinée afin d'améliorer la visibilité à 50m. Les cartes driver nous seront fournies par monsieur LEQUEU. Il nous suffira de souder les composants dessus et de le connecter à nos afficheurs.

Coté programmation, faute de temps, nous avons du demander à un autre groupe de nous aider.

305 mots

Index des illustrations

Illustration 1: Schéma de principe de la mesure du temps pour l'épreuve de 50 mètres départ arrêté	5
Illustration 2: Feux tricolores.....	6
Illustration 3: Borne complète.....	6
Illustration 4: composition d'une carte afficheur.....	8
Illustration 5: Diagramme sagittal.....	8
Illustration 6: Horloges à LEDs.....	10
Illustration 7: Typon : carte afficheur.....	11
Illustration 8: Schéma électrique : carte afficheur.....	11
Illustration 9: Carte test qui fonctionne.....	11
Illustration 10: Schéma électrique de la carte "interface" réalisé par M. LEQUEU.....	12
Illustration 11: Carte finale de l'afficheur.....	14
Illustration 12: Carte finale de l'interface.....	14
Illustration 13: Carte interface relié à la carte afficheur.....	15
Illustration 14: Le coffret après la réalisation finale.....	15
Illustration 15: Fixation des cartes afficheurs.....	16
Illustration 16: Fixation d'une carte interface.....	16
Illustration 17: Fixation des cartes interfaces.....	16
Illustration 18: Schéma électrique de notre test.....	18
Illustration 19: Coût du projet.....	20
Tableau 1: Liste des composants par carte réalisé par M. Lequeu.....	9
Tableau 2: Liste des composants.....	10

Sources des illustrations

Illustration 1 et 10: **Thierry LEQUEU**, "*La documentation de Thierry sur OVH*", [En ligne].
<<http://www.thierry-lequeu.fr/>> (Page consultée tout au long de la réalisation de notre projet).

Illustration 2, 3: Photos prises par Mademoiselle BESSE

Illustration 4, 5, 7 et 8: Réalisations personnelles

Illustration 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16 , 17, 18 et 19 : Photos personnelles

Tableau 1 et 2: **Thierry LEQUEU**, "*La documentation de Thierry sur OVH*", [En ligne].

<<http://www.thierry-lequeu.fr/>> (Page consultée tout au long de la réalisation de notre projet).

Bibliographie

Site internet de Thierry Lequeu <<http://www.thierry-lequeu.fr/>>

Radiospares <www.radiospares.com>

Annexes :

Dataheet LED 10mm