



LICENCE SCIENCES ET TECHNIQUES
Génie Electrique

RAPPORT DE FIN D'ETUDES

Intitulé :

Réalisation d'un système de diagnostic pour les problèmes de contact
au niveau de la machine multi-test.

Réalisé Par :

Amine Iklil

Encadré par :

P^r Ali AHAITOUF (FST FES)

Mr. El-Mustapha LAANAIBRI (STMicroelectronics)

Soutenu le 8 Juin 2016 devant le jury

Pr Ali AHAITOUF (FST FES)

Pr Najia ESBAI (FST FES)

Pr Hicham GHENNIQUI (FST FES)

Avant-propos :

J'ai effectué mon stage entre les mois d'avril et mai 2016 au sein du groupe STMicroelectronics un leader de la fabrication des composants électroniques, j'ai été directement rattaché à l'équipe TO220 & WATT qui m'a aidé et encouragé tout au long de ma période de stage. Ma mission consistait à mettre en valeur un système de diagnostique pour faire face au problème contacting.

Une partie importante du travail a consisté en compréhension et l'assimilation du mécanisme qui permettent de se familiariser avec le quotidien de l'entreprise.

Au cours de cette réflexion. Il a alors fallu trouver les moyens à utiliser pour implanter cette solution afin de bien réussir le projet.

Remerciement :

Je tiens à remercier dans un premier temps, toute l'équipe pédagogique de FST FES et précisément M. Mohammed JORIO et aussi tous les intervenants responsables de la formation GE, pour avoir assuré un enseignement de qualité en adéquation avec nos orientations professionnelles.

J'exprime ma reconnaissance auprès de toute personne dont l'intervention au cours de ce projet a favorisé son bon déroulement.

Je tiens également à remercier Mr. Ali AHAITOUF, professeur au sein de la Faculté des Sciences et Techniques de Fès pour sa présence et sa contribution tout au long du stage.

Je remercie également Mr. El-Mustapha LAANAIBRI, Manager de la maintenance pour le sujet intéressant dont j'ai travaillé durant deux mois de stage dans le cadre de mon projet de fin d'étude.

J'exprime ma gratitude à l'ensemble des membres de l'équipe TO220 & WATT et particulièrement à Mr. Yassine LAMRINI, responsable des électroniciens de la ligne TO220 & WATT pour m'avoir accueilli parmi eux.

Enfin, je remercie chaleureusement l'ensemble des stagiaires et techniciens présents lors de la période de mon stage. Je remercie particulièrement M. Mehdi JMINE et M. Ismail ELMENGOUG pour leurs aides et leurs conseils.

Table des matières

CHAPITRE 1 GROUPE ST MICROELECTRONICS.....	8
1. PRESENTATION DE STMICROELECTRONICS	8
1.1. HISTORIQUE.....	8
1.2. SITES DE PRODUCTION.....	8
1.3. CLIENTS DE STMICROELECTRONICS	10
1.4. STMICROELECTRONICS CASABLANCA.....	10
1.5. FICHE D'IDENTIFICATION DE LA SOCIETE	11
1.6. ORGANIGRAMME DE STM.....	12
1.7. CHAINES DE PRODUCTIONS DE STM.	13
2. PRESENTATION DE LA LIGNE TO220 & WATT	14
2.1. PROCESSUS DE FABRICATION	14
3. PRESENTATION DE LA MACHINE MULTI-TEST.....	19
3.1. DESCRIPTION DE LA PARTIE TEST.....	19
3.2. HANDLER MULTI-TEST	19
3.3. TESTEUR	21
CHAPITRE 2 PROBLEMATIQUE ET SOLUTION PROPOSEE	22
1. PROBLEMATIQUE	22
1.1. PROBLEME DE CONTACT	22
1.2. DESCRIPTION ET FORMULATION DU PROBLEME.....	23
1.3. : SYSTEME EXISTANT	24
1.4. CAHIER DE CHARGE.....	25
1.5. ETUDE ET PROPOSITION.....	25
1.5.1. CONCEPT ET SOLUTION	25
1.5.2. MICROCONTROLEUR	26
1.5.3. ARDUINO.....	27
2. ETUDE THEORIQUE	28
2.1. PRINCIPE DE CALCUL	28
2.2. CONVERTISSEUR ANALOGIQUE NUMERIQUE.....	29
2.3. CONVERSION.....	30
2.4. RESISTANCE DE REFERENCE IDEALE.....	30
2.5. SOLUTION CHOISIE	31
2.6. ORGANIGRAMME.....	32
3. GENERALISATION DU SYSTEME ET COMPATIBILITE AVEC LA MACHINE MULTI-TEST	32
3.1. PROBLEMATIQUE	32
3.2. SOLUTION ELABOREES	33
3.2.1. SOLUTION DEMULTIPLEXEUR.....	33
3.2.2. SOLUTION RELAIS.....	33



3.2.3. SOLUTION MOSFET.....	34
3.3. SOLUTION CHOISIE	35
CHAPITRE 3 : REALISATION DU SYSTEME.....	36
1. CONCEPTION ET REALISATION	36
1.1. SCHEMA ARES.....	36
1.2. FABRICATION DE LA CARTE	37
1.3. TEST ET REALISATION	38
2. ACTION ET GAIN.....	38
2.1. ACTION.....	38
2.2. GAIN	39
CONCLUSION	40
ANNEXE :	41
REFERENCE :	45

Liste des figures

Figure 1 : Implantation de STMicroelectronics dans le monde	9
Figure 2: Clients de STMicroelectronics	10
Figure 3: STMICROELECTRONICS CASABLANCA.....	10
Figure 4: GRAPHE PIE DES PRINCIPAUX SEGMENTS DE MARCHÉ.....	11
Figure 5: ORGANIGRAMME DE STM. CASABLANCA.....	12
Figure 6 : Opération de collage du Wafer.	15
Figure 7 : (A) OPERATION DE DECOUPAGE DU WAFER, (B) WAFER DECOUPE.....	16
Figure 8: : L'ASSEMBLAGE DE LA PUCE.	16
Figure 9 : : DIE INTERCONNECTEE AVEC LE SUPPORT.....	17
Figure 10 : OPERATION DE MOULAGE.	17
Figure 11 : Machine HANDLER	20
Figure 12 : COURBE DE FREQUENCE D'APPARITION DE PROBLEME SUR LA LIGNE WATT.....	22
Figure 13 : Arduino MEGA.....	27
Figure 15: Circuit en thèse	28
Figure 14: fiche technique de l'Arduino Méga.....	28
Figure 16: Organigramme du processus de calcul de la valeur de résistance dans une pin.	32
Figure 17: Schéma électrique du relais	33
Figure 18 : Schéma électrique du MOSFET.	34
Figure 19: Caractéristiques techniques du 85NF55L.	35
Figure 20 : Schema ARES.....	36
Figure 21 : FACE A du prototype	37
Figure 22: FACE B du prototype	37
Figure 23: TEST DU PROTOTYPE AU NIVEAU DE LA MACHINE MULTI-TEST.....	38
Figure 24: : EVOLUTION DU PROBLEME CONTACTING.....	39
Figure 25: INSTRUCTION DE CALCUL DE LA RESISTANCE.....	41
Figure 26 : Solution démultiplexeur.....	42
Figure 27: Solution relais.....	43
Figure 28: Solution MOSFET.....	44

Liste des tableaux

Tableau 1: différents produits de ST	13
Tableau 2: Comparaison entre microcontrôleurs.....	26
Tableau 3: Plage de convertisseur	30

Introduction :

Les semi-conducteurs se présentent dans divers domaines notamment l'automobile, les communications, la mécanique et l'aéronautique. Ils évoluent selon le besoin du marché. Ce marché est sujet à une grande concurrence mondiale créé par des entreprises de grande réputation et fiabilité. STMicroelectronics faisant une partie prenante de ces entreprises opte pour la qualité supérieure de ses produits et une grande interaction avec ses clients pour répondre à leurs exigences. Ainsi, une gestion maîtrisée de la production et la maintenance, et l'amélioration du rendement pour élimination des pertes et diminution des coûts ont constitué la démarche d'excellence durable à STMicroelectronics. A cet effet, l'automatisation est considérée comme un facteur de la politique concurrentielle de l'entreprise industrielle, dont la supervision est un élément essentiel. Cette dernière a pour but le contrôle et le suivi en temps réel des différentes machines, afin d'assurer la continuité de fonctionnement des systèmes supervisés et d'éviter les états critiques d'arrêt des systèmes.

Ce présent rapport se divise en trois chapitres :

- Un premier dédié à l'organisme d'accueil, où je donnerai un aperçu sur l'organisation de la société et ses départements ainsi qu'une présentation de la ligne TO220 & WATT dans laquelle j'ai effectué mon stage et le processus de fabrication dans cette ligne.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation de la problématique et de la solution proposée qui répondra aux exigences spécifiées dans le cahier de charge.
- Le troisième chapitre présente deux dernières phases, la phase de conception et modélisation du projet et sa phase de réalisation.

Chapitre 1 GROUPE ST MICROELECTRONICS

1. PRESENTATION DE STMICROELECTRONICS

1.1. Historique

STMicroelectronics est une société internationale d'origine franco-italienne, qui développe, fabrique et commercialise une vaste gamme de circuits intégrés et de composants discrets utilisés dans de nombreuses applications.

Le groupe ST a été créé en 1987 à la suite du regroupement de Thomson Semi-conducteurs (France) et SGS Microelectronica (Italie).

En Avril 1989, SGS- Thomson renforce sa position internationale avec l'acquisition d'INMOS, société Britannique, possédant une gamme de produits MOS de pointe.

En mai 1998, SGS-Thomson Microelectronics prend le nom de STMicroelectronics.

1.2. Sites de production

En matière d'infrastructure industrielle, STMicroelectronics se positionne un peu partout dans le monde, totalisant globalement les chiffres suivants :

- Environ 50000 employés.
- 13 sites de production.
- 16 centres de Recherche & Développement avancée.
- 39 centres de conception et d'applications.

Au niveau des sites de production, deux types d'usines sont à distinguer : une division « Front End » qui assure le développement et la fabrication de la puce, et une division « Back End » qui se charge de l'assemblage des composants électroniques. L'usine de Casablanca est un site Back End.

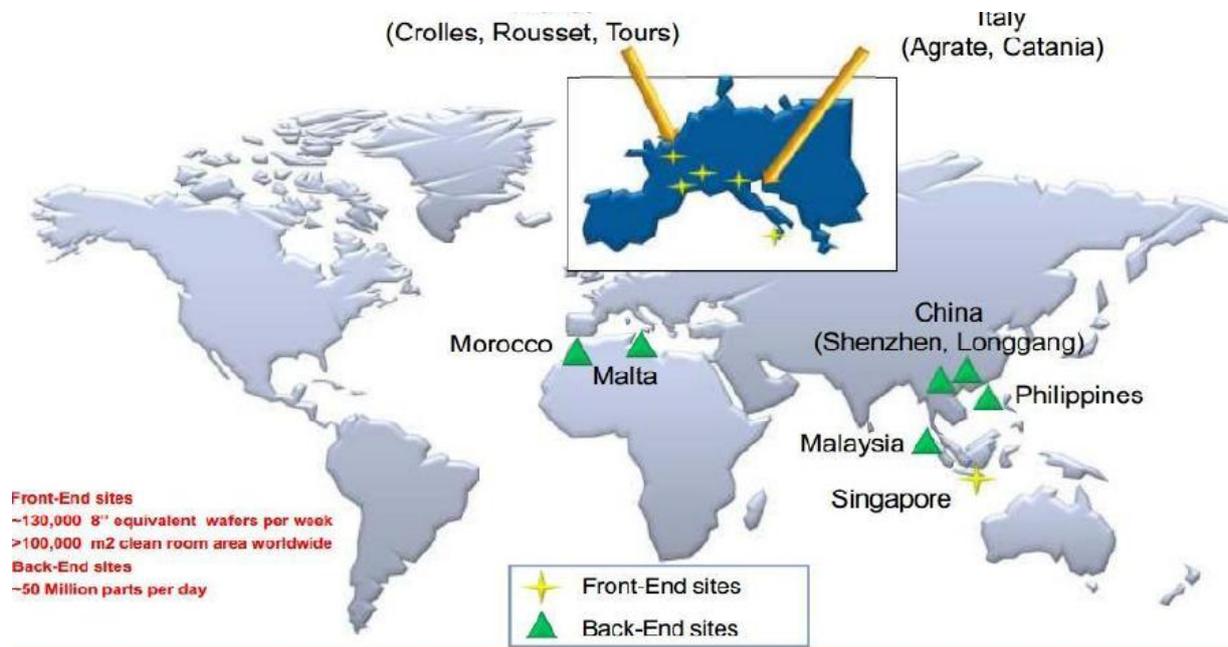


FIGURE 1 : IMPLANTATION DE STMICROELECTRONICS DANS LE MONDE

Les principaux sites où ST est implanté dans le monde sont représentés sur la figure 1:

- Grenoble et Crolles, Isère (France) : environ 6 000 employés.
- Milan et sa banlieue (Italie) : environ 4 500 employés.
- Casablanca, (Maroc) : environ 6 000 employés.
- Catane (Sicile, Italie) : environ 4 800 employés.
- Rousset, près d'Aix-en-Provence, (France) : environ 3 000 employés.
- Ang Mo Kio, (Singapour) : environ 2 000 employés.
- GreaterNoida, près de Dehli et Bangalore(Inde) : environ 1 600 employés.
- Phoenix, Arizona (USA).
- Tours (France) : environ 1 500 employés.
- Carrollton, prêt de Dallas, Texas (USA)

1.3. Clients de STMicroelectronics

La société compte plus de 1500 clients, dont les plus importants sont listés sur la figure ci-dessous:

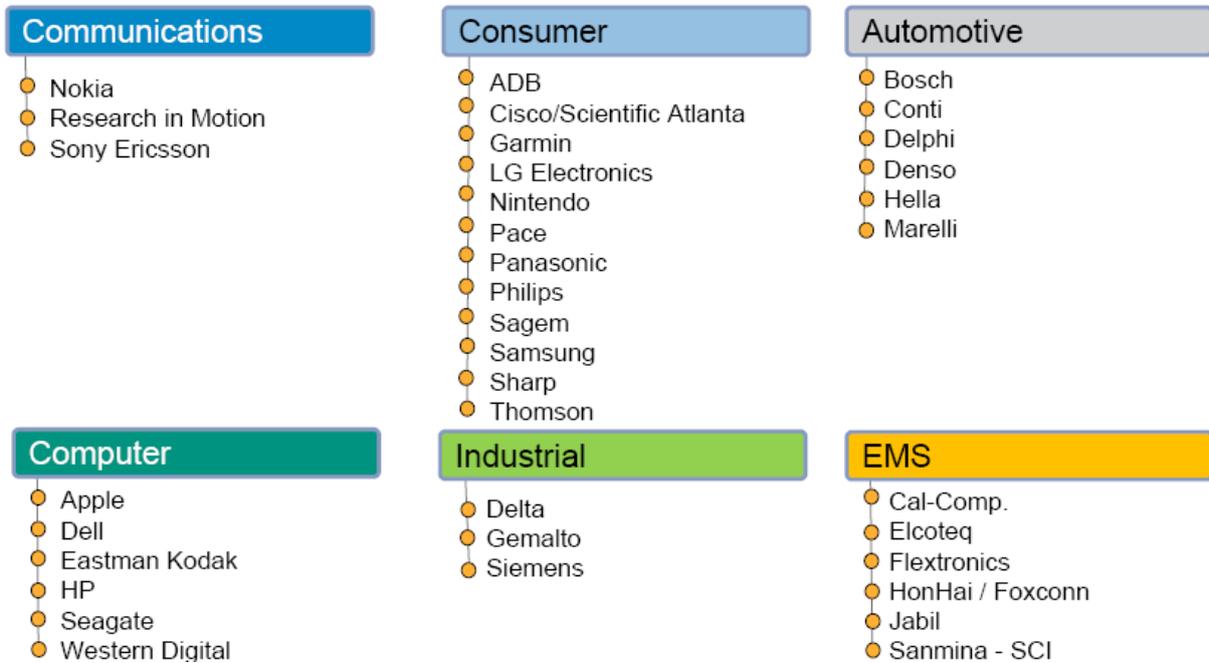


FIGURE 2: CLIENTS DE STMICROELECTRONICS

1.4. STMicroelectronics Casablanca

En 1998, la décision de construire le nouveau site à Casablanca (plus précisément à Bouskoura) a été prise, avec un investissement de 250 à 300 millions de dollars. La production a démarré en août 2000. Avec l'inauguration de cette nouvelle usine, STM Casa devint l'une des entreprises les plus importantes du Maroc avec près de 5000 employés au total.



FIGURE 3: STMICROELECTRONICS CASABLANCA.

Les produits de ST fabriqués à Casablanca sont très diversifiés, et englobent plusieurs domaines industriels. En général, ces derniers se divisent en six catégories figurant dans le graphe Pie suivant.

Le marché cible de STMicroelectronics:

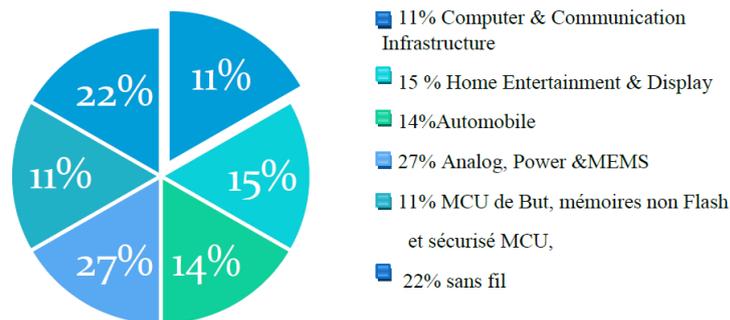


FIGURE 4: GRAPHE PIE DES PRINCIPAUX SEGMENTS DE MARCHE.

- Communication (11%) : circuits intégrés destinés aux téléphones et infrastructures cellulaires, aux réseaux. etc.
- Informatique (11%) : circuits intégrés destinés aux produits de stockage de données, d'imprimantes, de Souris optiques, d'écrans et affichages, etc.
- Produits grand public (15%) : circuits pour décodeurs et TV numériques, lecteurs de DVD, appareils photo numériques, Audio numérique, etc.
- Automobile (14%) : Moteurs/sécurité, Autoradios, Multimédias automobiles, etc.
- Industriel (27%) : Alimentations, mesures, cartes à puce, etc.

1.5. Fiche d'identification de la société

Raison sociale : STMICROELECTRONICS BOUSKOURA 2000

Siège social : Route Provinciale RP 3013, km17, BP 97, 20180 Bouskoura

Date de création : 3 Avril 2001
Capital social : 66000000 Dh
Chiffre d'affaire mondiale : 2.58 Billon de \$ en 2009.
Tel : 0522 936 060
Fax : 0522 936 300
Principaux clients: Olivetti, Thomson, Grunding, Philips, Samsung, Nixdorf
Corps professionnel : 2752 personnes.
Capacité de production : 11.500 mille unité/jour
Activité : test et assemblage des circuits intégrés

1.6. Organigramme de STM.

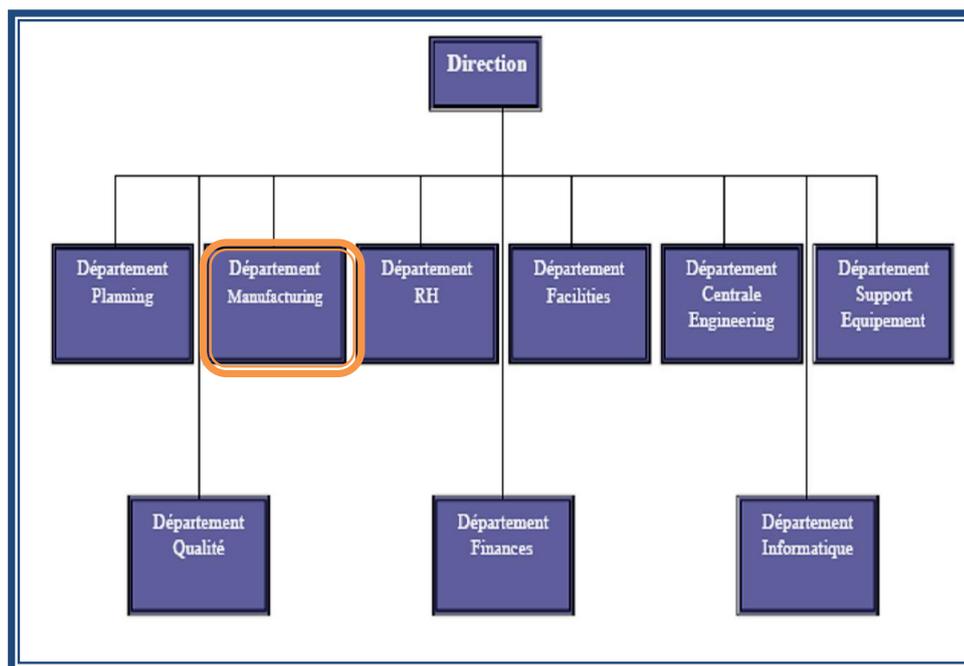


FIGURE 5: ORGANIGRAMME DE STM. CASABLANCA.

Le présent projet se déroule au sein du département Manufacturing. Il comprend trois départements : le département production, engineering, et maintenance.

Parmi ses missions :

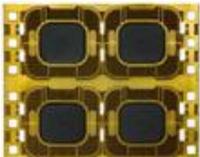
- Installer et qualifier tous les nouveaux projets.
- Développer les habilités techniques et améliorer les performances des systèmes, des processus et des équipements.
- Déployer la culture TPM (Total Productivity Management)
- Gérer l’usine de fabrication et les investissements.
- Développer et standardiser les outils des machines et les produits.

1.7. Chaines de productions de STM.

Il existe sept chaines de production à STM, qui sont relatives au type du boitier produit. Ils englobent plusieurs domaines industriels. En général, ces produits se divisent en cinq catégories, présentés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU 1: DIFFERENTS PRODUITS DE ST

Catégories de produits	Secteurs d'utilisations	
Informatique et Périphériques 	Stockage de données	
	Cartes mères	
	Adaptateurs LAN sans fil	
	Afficheur LCD et CRT	
	Alimentation	
Grand public 	Appareil domotique	
	DVD	
	Télévision (vidéo/audio)	
	Décodeurs numériques	
	Produits pour « Sagem Communication »	
	Imprimantes	

Automobile 	Sécurité et confort (ABS, Airbag, electronic stability control...)	
	Divertissement	
	Moteur	
	Alarme, serrure, contrôle des sièges...	
Communications 	Téléphones cellulaires	
	Multimédia	
	Produits pour « ST-ERICSSON »	
Cartes à puces 	e-Gouvernement	
	Commerce	
	Transport	
	Chaîne TV payante	
	Téléphone public	

2. Présentation de la ligne TO220 & WATT

La ligne TO220 & WATT est l'ensemble de deux lignes de production, chaque ligne produit un type différent de boîtier.

Le **TO-220** est un boîtier de composant électronique couramment utilisé pour les transistors, les diodes, les régulateurs de tension et certains circuits intégrés. Une caractéristique notable de ces composants est la présence d'un radiateur généralement métallique percée d'un trou.

Le boîtier multi WATT est un composant qui enveloppe un circuit électronique, ces circuits sont dédiés au secteur automobile.

2.1. Processus de fabrication

Pour réaliser l'assemblage et le test des composants semi-conducteurs, STM reçoit les plaquettes de silicium (wafer) réalisée à Tours en France et à Catane en Italie.

L'assemblage et le test & finish sont réalisés dans une salle blanche où la concentration particulaire est maîtrisée afin de minimiser l'introduction, la génération et la rétention de particules à l'intérieur.

Le processus de fabrication en Back-end se déroule sur 3 étapes: Assembly1, Assembly2, Test & finish, qu'on va détailler dans ce qui suit, tout en respectant l'ordre chronologique des opérations.

■ Assemblage1 (Assembly 1)

Le premier assemblage se constitue de trois opérations :

- **Sawing**

Cette opération se compose également de deux sous opérations:

➤ Collage de la plaquette (Wafer Mouting)

Le collage de la plaquette est la première opération dans le processus d'assemblage. Celle-ci consiste à coller la plaquette contenant les puces électroniques, sur un film adhésif (scotch Nitto) pour faciliter son traitement et garantir son maintien par la suite. Une fois collée, le wafer doit subir une stabilisation à base d'azote pendant 2 heures.

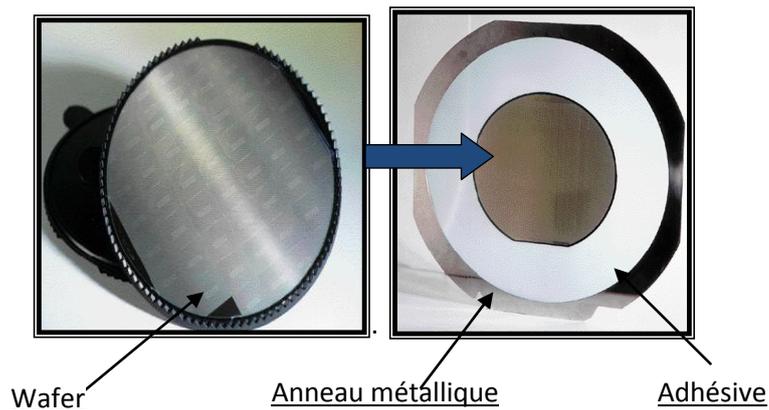
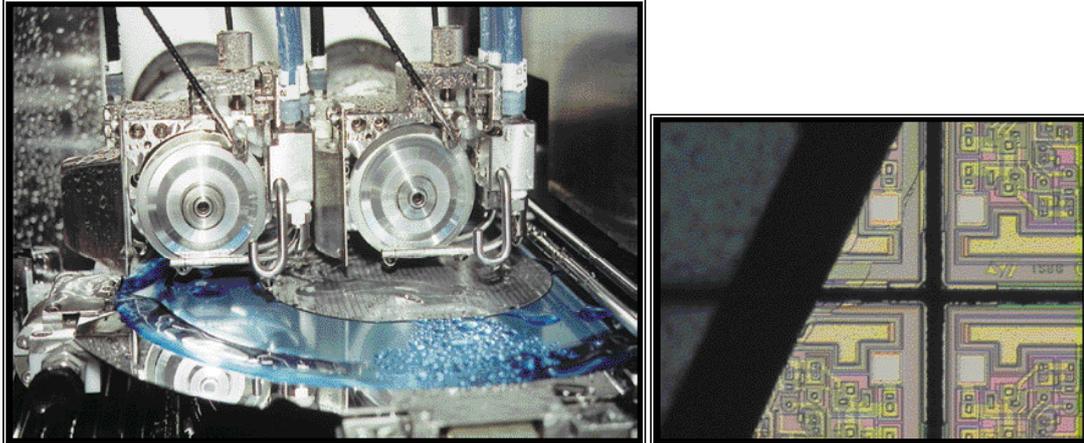


FIGURE 6 : OPERATION DE COLLAGE DU WAFER.

➤ Découpage de la plaquette (Wafer sawing)

La plaquette de silicium passe dans une machine qui la découpe à l'aide d'une lame en diamant, tournant à une vitesse de 500tr/s. Un arrosage avec de l'eau très pure permet d'éliminer les résidus de silicium sans dégrader les caractéristiques électriques de la puce.



(A)

(B)

FIGURE 7 : (A) OPERATION DE DECOUPAGE DU WAFER, (B) WAFER DECOUPE.

- collage des puces (Die-Attach)

Le collage est un processus qui consiste à attacher les puces électroniques sur des grilles métalliques nommées Frames, par l'utilisation d'une colle (Glue) ou d'une pâte à souder (Solder Paste). Une partie de ce support représente le radiateur du produit final.

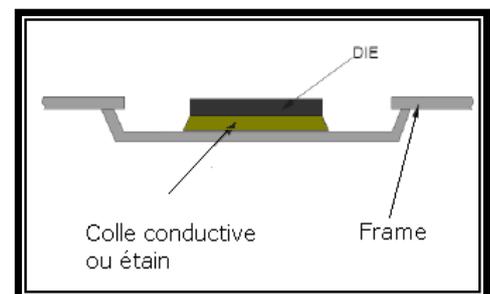
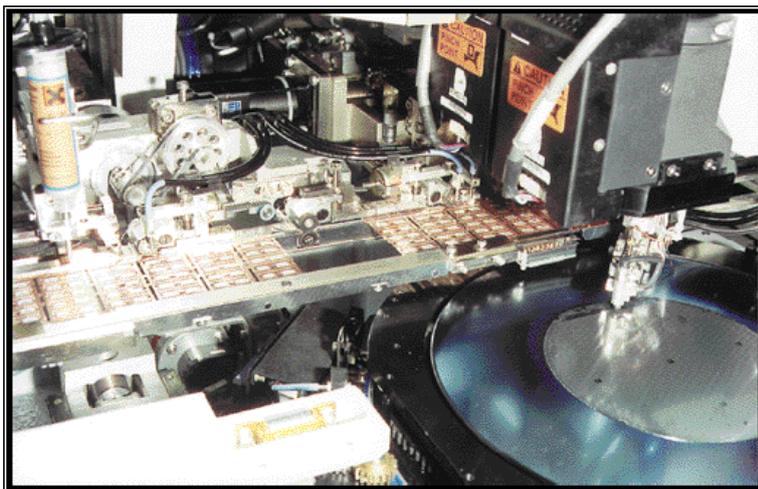


FIGURE 8 : L'ASSEMBLAGE DE LA PUCE.

- **soudure des fils (Wire Bonding)**

La soudure des fils est une technique d'interconnexion électrique entre la Die et son support par le soudage ultrason, avec un fin fil d'or. Cette opération se fait à l'aide d'une sorte d'aiguille nommée « Capillaire ».

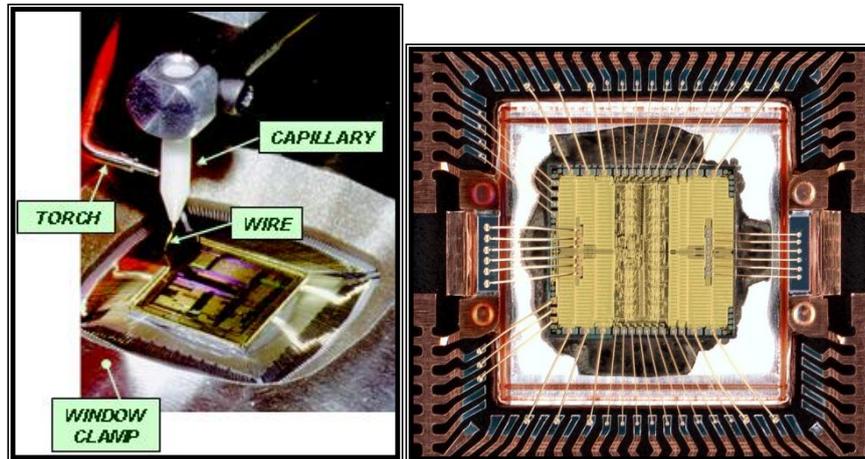


FIGURE 9 : : DIE INTERCONNECTEE AVEC LE SUPPORT.

- Assemblage 2 (Assembly 2)

Le deuxième assemblage se constitue de six opérations :

- **Moulage (Molding)**

Cette opération se fait à une température de 180°C et sert à couvrir la puce d'une résine isolante pour la protéger du milieu extérieur. Avant chaque manipulation, l'opérateur met un lubrifiant pour que la résine ne colle pas dans le moule.

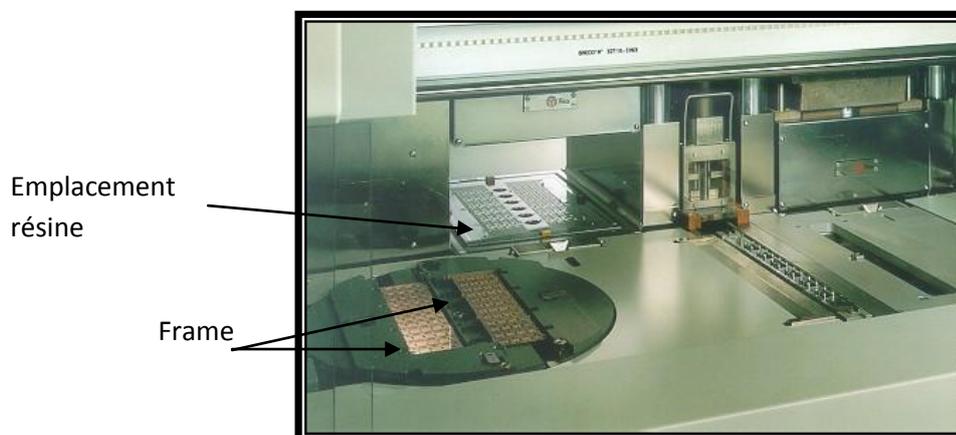


FIGURE 10 : OPERATION DE MOULAGE.

- **four après moulage (PMC : Post Mold Cure)**

A cette étape, les pièces passent dans un four d'azote pour enlever l'humidité ainsi la résine est plus rigide.

- **Ebavurage (Deflashing)**

Après le moulage, on met les frames dans une machine qui sert à éliminer les résidus de la résine en propulsant contre les frames un mélange de poudre abrasif et d'air comprimé.

- **Plating (étamage)**

Elle a pour rôle d'enrober les broches des composants par une fine couche d'alliage (Etain-Plomb) rendant soudure plus aisée.

- **découpage (Cropping)**

Le découpage permet d'enlever les interconnexions entre les pattes de la pièce par une opération de poinçonnage.

- **Forming**

Le Forming est l'opération qui consiste à donner une forme adéquate aux connexions de la pièce.

- **Test & Finish**

Cette phase de production est constituée de deux opérations :

- **Test**

un test électrique est effectué sur la totalité des composants pour vérifier leur fonctionnalité et évaluer avec précision leurs caractéristiques électriques.

- **Finish**

C'est une deuxième étape qui permet d'inspecter visuellement les pièces, leurs boîtiers et connexions avant le marquage.

3. PRESENTATION DE LA MACHINE MULTI-TEST

Le travail de ce projet se focalise sur la machine multi-test. L'objet de ce paragraphe est de donner une description générale sur cette machine localisé dans la ligne WATT en précision.

3.1. Description de la partie test

Au niveau du test, la pièce à ce stade est testée, pour approuver le fonctionnement du circuit intégré aux différents environnements auxquels il peut être soumis prochainement, le test suit un ordre chronologique bien précis, commençant par le Test Hot, effectué à 125°C, puis le Test Cold, à -40°C, et enfin le Test Ambient à la température ambiante 25°C.

Le système de test est constitué d'un ensemble de machines pouvant être divisés en deux parties, la première responsable d'assurer l'environnement de test (Hot, Cold, ou Ambient) et présenter les pièces aux contacts, qui est le Handler, la deuxième constituée de l'AutoJig qui va de pair avec, le Test Head et le Testeur. Ce dernier est commandé à travers un programme choisi selon la race testée.

3.2. HANDLER multi-test

Le Handler est la partie mécanique dans l'ensemble de Test. Elle est responsable de faire passer les pièces paires par paires au contact tout en assurant la température de Test : très basse, très chaude ou ambiante.

Le Handler travaille avec grande vitesse, il peut tester jusqu'à 17500 pièces/heure, avec la possibilité de Travailler dans une large gamme de température peut aller de -55°C jusqu'à +155°C.

Le Multi-test se compose de plusieurs parties dont celles cités dans les paragraphes qui suivent.

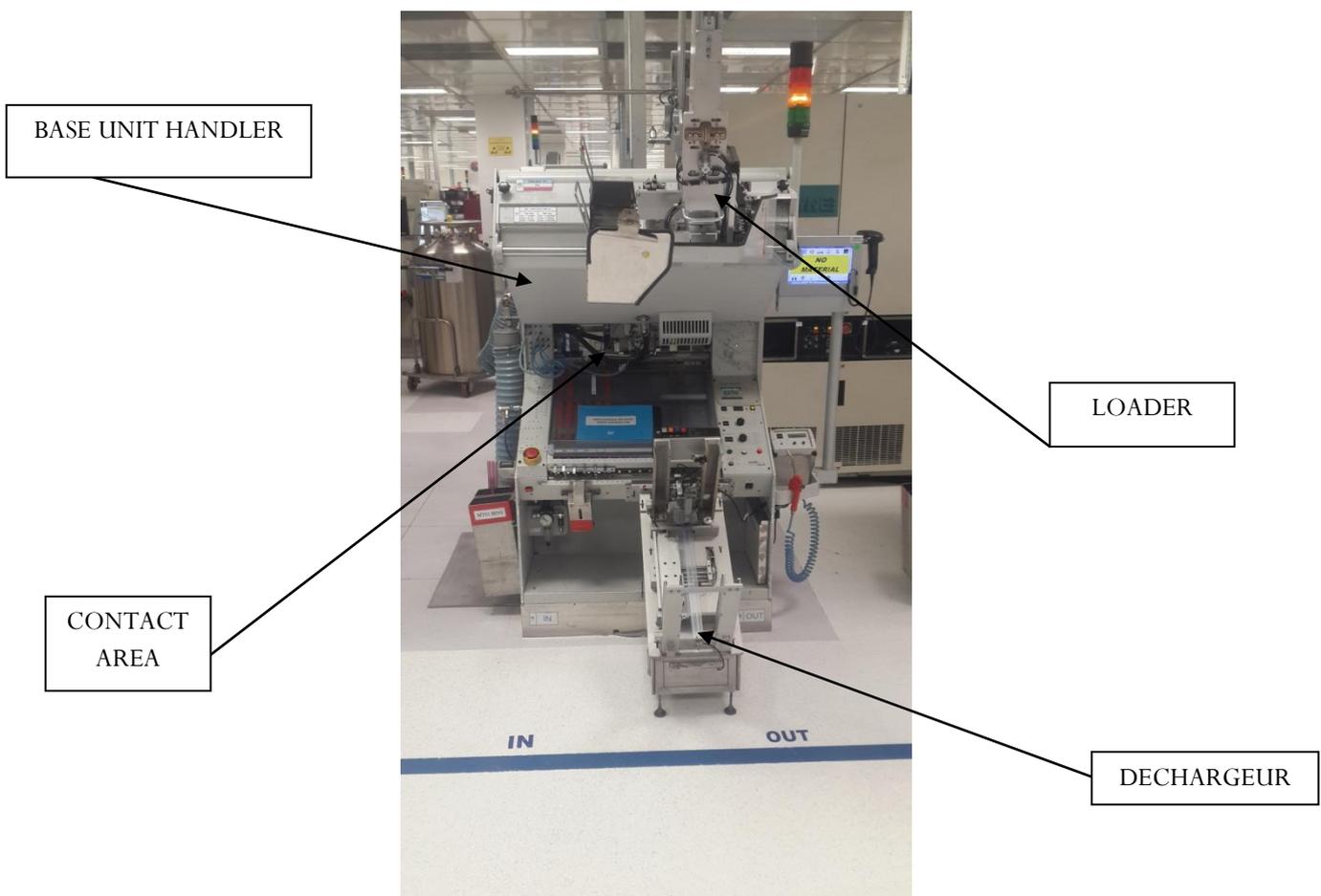


FIGURE 11 : MACHINE HANDLER

- Loader (Chargeur)

Le chargeur est un système automatique dédié à un seul type de pièces. C'est là où on pose les plateaux (Trays) des pièces prêtes à être testé. Il est sur le côté supérieur de la manutention système.

- Base Unit Handler

A la sortie du chargeur, la Base Unit Handler s'occupe de faire passer les pièces une par une à la pince de contact pour pouvoir effectuer le test. C'est dans cette partie que la pièce est exposée à la température adéquate au type de test.

- Contact area (pince)

Il s'agit d'un mécanisme de deux pinces de contact qui fonctionnent en alternance pour tenir la pièce pendant le test (CLAMP). Il existe plusieurs types de pinces qui diffèrent selon le nombre de connexions.

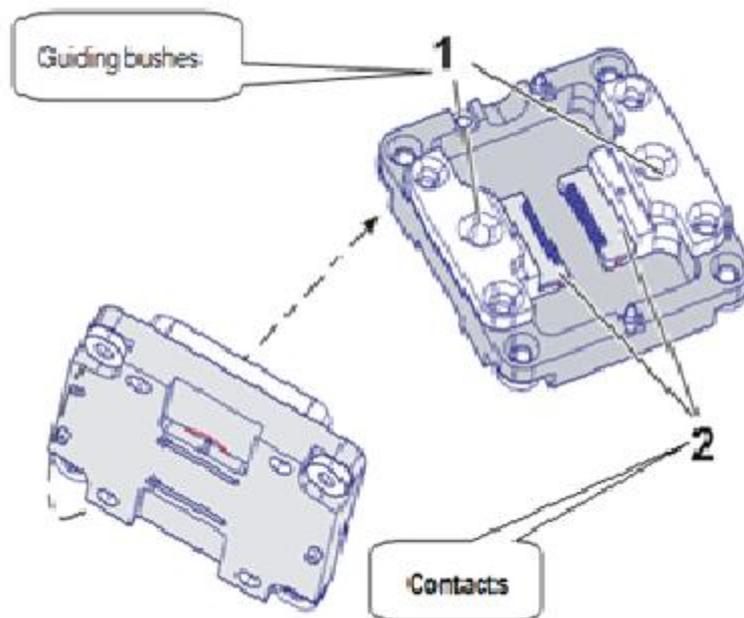


FIGURE 13: PINCE DE CONTACT.

- Unloader (Déchargeur)

C'est là où on obtient les résultats des tests. Les pièces sont à la sortie classées dans des Trays différentes selon leur état.

3.3. Testeur

La ligne WATT dispose de deux types de testeur, Les testeurs sont reliés au Handler à partie d'un autojig .Les testeurs sont constitués d'un ensemble de cartes électroniques qui jouent le rôle de plusieurs instruments de mesure tel qu'un multimètre, un générateur de courant et de fréquences.

Il existe deux types de testeurs, celui utilisé dans la ligne WATT : le QT200 et le TERADYNE.

Chapitre 2 PROBLEMATIQUE ET SOLUTION PROPOSEE

1. Problématique

1.1. Problème de contact

Le problème de contact est fréquente au niveau de la machine multi-test, ce problème est dû à plusieurs anomalies, la plupart sont des problèmes mécaniques ou des problèmes liés à la fabrication du composant. Ces anomalies sont les causes principales de l'augmentation des valeurs des résistances. Les problèmes mécaniques s'engendrent au niveau du clamp (un clamp faible) ou encore au niveau de la pince de clamp qui nécessite des interventions de nettoyage fréquemment. Les problèmes reliés au composant sont en général dû à l'étamage.

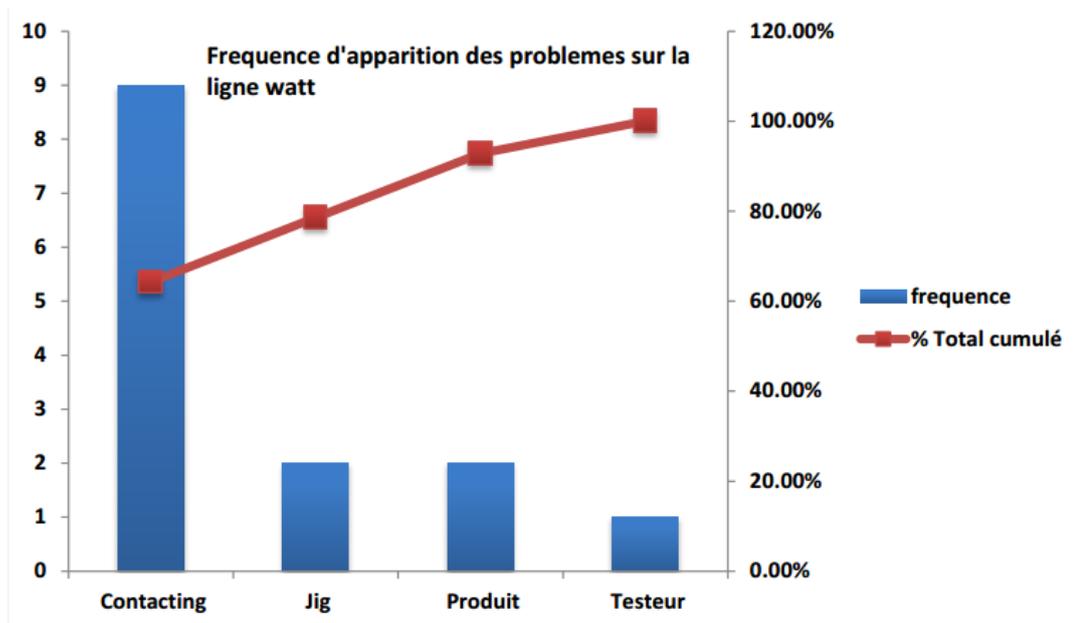
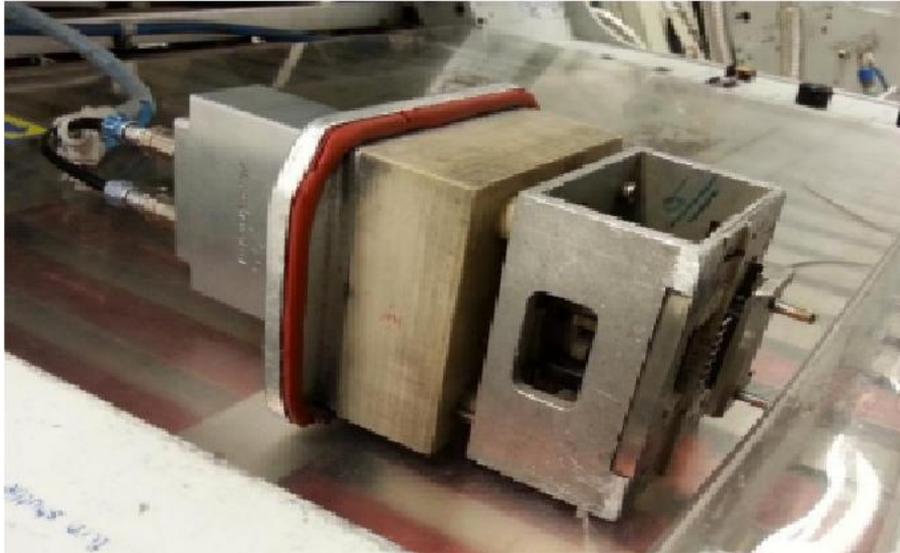


FIGURE 12 : COURBE DE FREQUENCE D'APPARITION DE PROBLEME SUR LA LIGNE WATT.

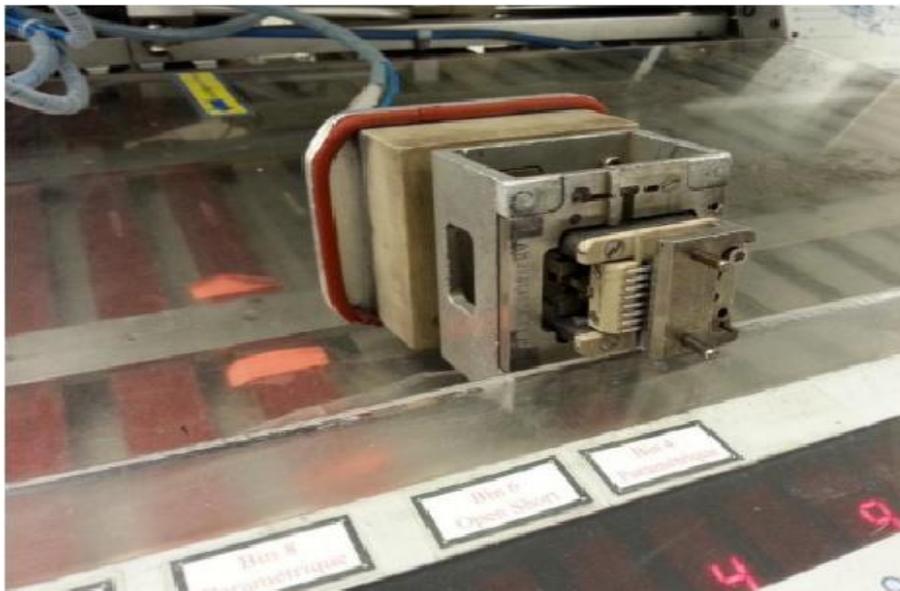
La valeur de résistance souhaitable au niveau des pins se situe dans l'intervalle suivant :]0,1[ohms. Chaque pin indiquant une valeur de résistances dépassant cet intervalle demande une intervention de l'équipe de maintenance sur le système de contacting.

1.2. Description et formulation du problème

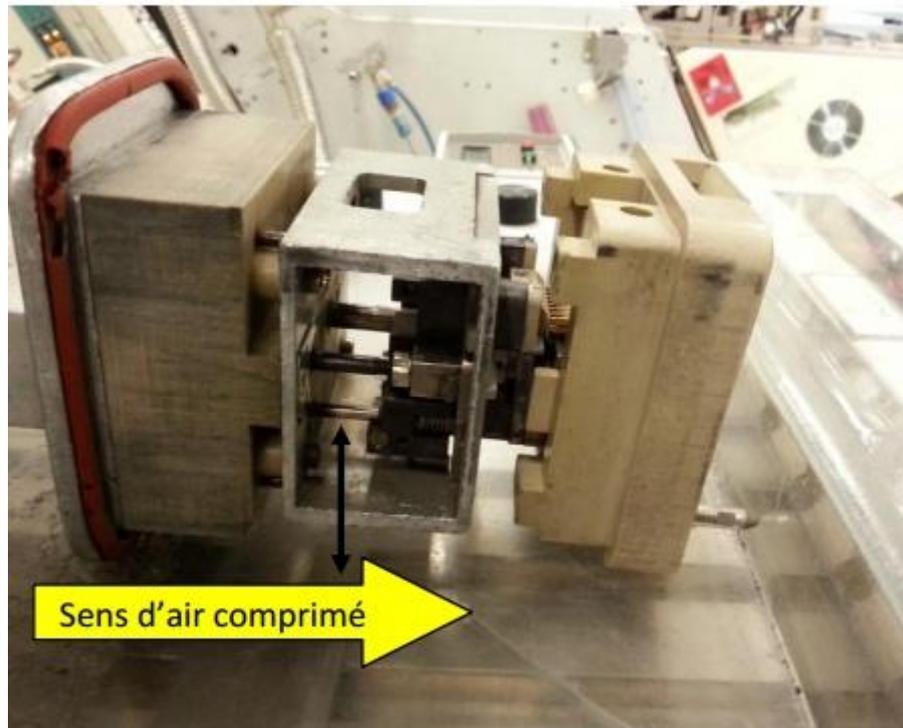
Le problème de contacting est relié directement au mauvaise positionnement de la pièce dans l'ensemble pince et unit contact :



Etape 1 : la pièce est à l'intérieur de la pince



Etape 2 : un piston sort pour positionner la pièce avec l'unité contact (CLAMP)



Etape 3 : la pièce est entre le pince et l'unit contact est prête au test

Cela veut dire que les conditions nécessaires pour tester la pièce électriquement ne sont pas favorable ce qui cause des tests erroné (Circuit ouvert et court-circuit), résultats la pièce se classe rejets sur la machine alors qu'en réalité elle est bonne.

1.3. : Système existant

La procédure d'intervention suivie par l'équipe des techniciens est basique, La mesure des résistances nécessite un multimètre. Cet instrument qui fonctionne avec un circuit électronique imposé par le constructeur, avec une incertitude qui ne correspond pas forcément aux exigences requises.

La solution suivie pour détecter et corriger ces problèmes génère beaucoup de contraintes. La gestion du temps en premier lieu, est l'un de ces problèmes car une intervention de ce genre peu prendre jusqu'à 15 min ou plus mais aussi la disponibilité de deux techniciens de maintenance pour faire l'opération.

Autrement la ligne TO220 &WATT contient deux multimètres, or cette instrument est utilisé souvent par les techniciens alors sa non disponibilité agrandi le temps d'intervention.

Par ailleurs la ligne TO220 & WATT doit investir tous ces capacités et moyens pour minimiser le temps d'arrêt des machines et même chercher à élaborer des stratégies d'intervention efficace.

Dans ce cadre ma mission était de proposer une solution pour résoudre le problème et proposer une stratégie de maintenance avec moins de temps, un budget minimum et une meilleure qualité d'intervention.

1.4. Cahier de charge

Mon cahier de charge insiste sur l'utilisation d'un microcontrôleur à bas prix et de l'électronique de base disponible dans l'atelier de réparation ou dans le magasin. Il oblige aussi à respecter le fonctionnement normal de la machine test.

Le cahier de charge n'était pas restrictif, il était toujours traité selon le progrès des recherches en gardant l'objectif de base : l'automatisation d'une solution au problème avec un coup minimum.

1.5. Etude et proposition

1.5.1. Concept et solution

Le système proposé sera contrôlé par un microcontrôleur, ou un microprocesseur. Dans ce dernier sera implémenté un programme software rédigé sur une plateforme de programmation. Ce programme doit afficher les valeurs des résistances des pins dans un temps très court. Et aussi donner à l'utilisateur la possibilité de choisir le mode d'emplois désiré (11 pins) (8 pins) (15 pins). Cette opération sera en synchronisation avec le fonctionnement normal de la machine.

Un menu de commande sera établi pour faciliter la manipulation de l'appareil. Il sera contrôlé par un clavier matriciel.

Le fonctionnement hardware suivra le cycle suivant :

Le principe est simple, on place la résistance à calculer dans un pont diviseur de tension.

Le diviseur de tension diminue la valeur de la tension aux bornes des pins, cela est dû à la résistance de référence et la valeur de résistance du pin.

On mesure la tension aux bornes du pin à l'aide d'une entrée analogique. Cette entrée sera contrôlée par une fonction prédéfinie qui utilise un convertisseur analogique numérique à approximation successive (microcontrôleur).

Ensuite à l'aide d'un calcul, on convertit le nombre obtenu en volt puis on calcule la résistance avec la loi d'Ohm. Et pour finir, on affiche les valeurs au niveau d'un afficheur LCD.

1.5.2. Microcontrôleur

Le choix du microcontrôleur a été fait suivant deux caractéristiques le coût et l'efficacité. Les systèmes embarqués disponible dans le marché local sont : Rasperry, Arduino, PIC

TABLEAU 2: COMPARAISON ENTRE MICROCONTROLEURS

Microcontrôleur	Avantage	Inconvenant
P I C	<ul style="list-style-type: none"> - Coût très faible - Disponible sur le marché 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessite un équipement pour transférer le programme - Pas de fonction prédéfinie
Arduino	<ul style="list-style-type: none"> - Fonction prédéfinie - Similaire au langage C - Disponible sur le marché - Pratique au niveau du Breadboard - Open source 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût moyen
Rasperry	<ul style="list-style-type: none"> - Pratique au niveau du Breadboard - Disponible sur le marché 	<ul style="list-style-type: none"> - Coût élevé

Le choix le plus efficient était l'Arduino car son langage était le plus confortable pour moi, ainsi la capacité de trouver des fonctions prédéfinies au niveau du Web, le coût d'un Arduino Méga est 17\$; dispose de 53 sortie numérique et 16 sorties analogiques. Ce qui est suffisant pour le connecter avec un afficheur LCD et un Clavier matriciel.

1.5.3. Arduino

L'Arduino est une carte électronique sur laquelle se trouve un microcontrôleur. Le microcontrôleur peut être programmé pour analyser et générer des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses dont le pilotage d'un système embarqué.

Le logiciel de programmation est une application JAVA, libre et multiplateforme, servant d'éditeur de code et de compilateur. Le programme est transféré à travers une liaison série. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec avg-g++, et lié à la bibliothèque de développement Arduino.

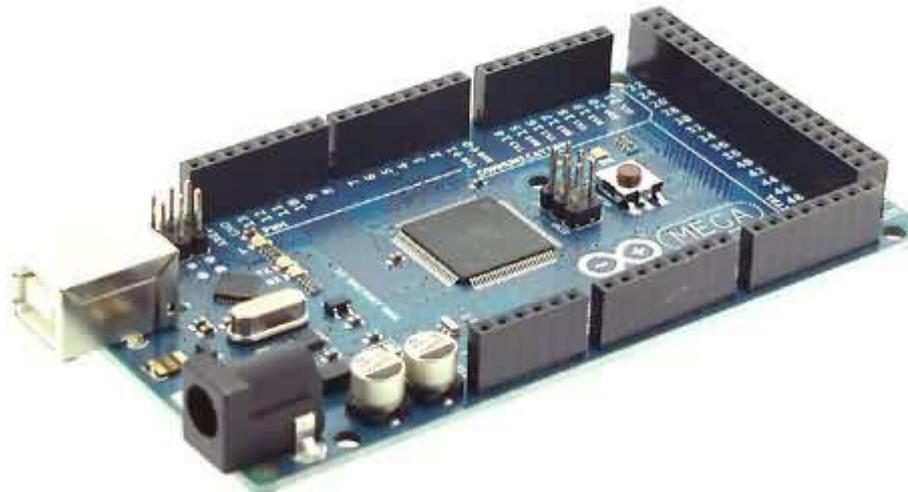


FIGURE 13 : ARDUINO MEGA

Chacune des 54 sorties numériques de la carte Méga peut être utilisée soit comme une entrée numérique ou sortie numérique, en utilisant les instructions `pinMode ()`, `digitalWrite ()` et `digitalRead ()` du langage Arduino, Ces broches fonctionnent en 5V. Chaque broche peut fournir ou recevoir 40 mA d'intensité et dispose d'une résistance interne de 20-50 KOhms.

Microcontrôleur	ATmega2560
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandée)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	54 (dont 14 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	16 (utilisables en broches E/S numériques)
Intensité maxi disponible par broche E/S (5V)	40 mA (ATTENTION : 200mA cumulé pour l'ensemble des broches E/S)
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 5V	Fonction de l'alimentation utilisée - 500 mA max si port USB utilisé seul
Mémoire Programme Flash	256 KB dont 8 KB sont utilisés par le bootloader
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	8 KB
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	4 KB
Vitesse d'horloge	16 MHz

FIGURE 14: FICHE TECHNIQUE DE L'ARDUINO MEGA.

2. Etude théorique

2.1. Principe de calcul

Supposant le circuit suivant :

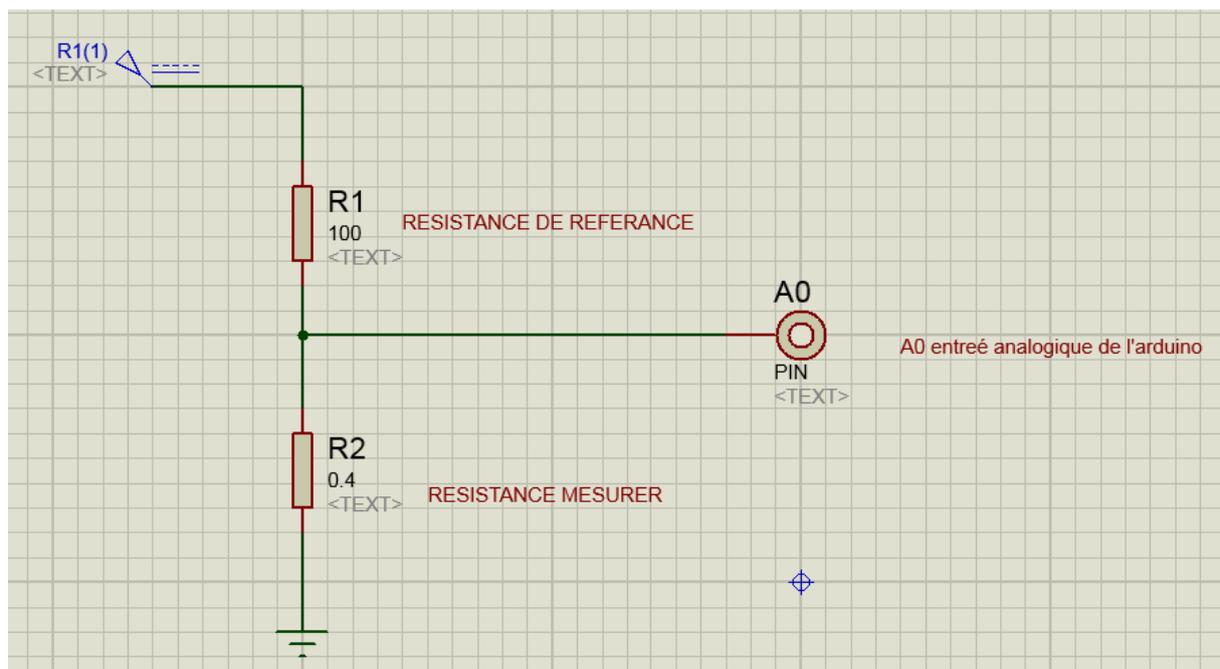


FIGURE 15: CIRCUIT EN THESE

- La valeur du courant au niveau de la première broche :

$$i = \frac{Ur1}{R1} \quad ; \quad i = \frac{VCC-Ur2}{R1}$$

- Puisque A0 représente une haute impédance, la valeur du courant dans la première résistance est du même ordre que la résistance mesurer.

$$R2 = \frac{Ur2}{i}$$

- On utilisant les deux équations : $R2 = (Ur2 * R1) / (VCC - UR2)$

La valeur de tension entre les broches de la résistance à mesurer est calculée par le convertisseur analogique numérique.

2.2. Convertisseur analogique numérique

Le convertisseur est prédéfini par la fonction `analogread()`. Cette fonction utilise un convertisseur à approximation successive existant dans le microcontrôleur.

Chaque fois que cette fonction est appelée, le microcontrôleur calcule la valeur de la tension au niveau de la broche cible.

Les caractéristiques principales du convertisseur analogique numérique de l'Arduino utiliseront:

- **la plage de tension d'entrée** : le convertisseur analogique de l'Arduino ne peut recevoir à son entrée que des tensions comprises entre 0V et +5V.
- **la précision** : la précision du convertisseur est très bonne sauf pour les deux derniers bits de poids faible. On dit alors que la précision est de + ou - 2LSB (due au pas de calcul).
- **la vitesse de conversion** : le convertisseur N/A de la carte Arduino n'a pas une très grande vitesse de conversion par rapport à un signal audio par exemple. Ainsi, si l'on convertit un signal audio analogique en numérique grâce à la carte Arduino, on ne pourra entendre que les fréquences en dessous de 10kHz.

2.3. Conversion

La valeur retournée par le convertisseur est entre 0 et 1024, c'est une image de la tension mesurée, elle-même comprise entre 0V et +5V.

Tension	valeur retourné par le convertisseur
5v	1024
0v	0

TABLEAU 3: PLAGÉ DE CONVERTISEUR

Alors pour calculer la valeur de la tension, on procède par un simple produit en croix

$$V0 = (5 * A)/1024$$

Avec :

A : valeur retourné par le convertisseur après le calcul de la tension

V0 : tension à la broche du convertisseur

2.4. Résistance de référence idéale

Puisque la valeur de la tension est fixe, un système de calibrage reste inutile, Certes une valeur judicieuse de la résistance de référence peut servir à calibrer le diviseur de tension, car si l'intervalle entre les deux résistances est grand, le diviseur de tension devient erroné.

Le choix de la valeur de la résistance peut s'expliquer par le calcul suivant :

On a : $V_e = 5V$

Le diviseur de tension s'exprime de la manier suivante : $V_s = V_e * (R2/(R1 + R2))$

Alors : $R2 = V_s * ((R1 + R2)/V_e)$

Et sachant qu'une variable flottante est d'une précision de 10^{-2} au niveau du programme informatique, la valeur de résistance sera connue avec une précision de 10^{-2} .

Cela se traduit de la manière suivante :

$$R2 = V_{can} * \frac{R1 + R2}{V_e}$$

Le convertisseur a une tension de référence de 5V, son nombre de bits est de 10 bits, donc la valeur minimal lue par le convertisseur est de l'ordre $5/2^{10} = 0.00488$ V

Pour que les valeurs des résistances au niveau des pins de la machine soient acceptables, ils doivent appartenir à l'intervalle] 0.1 [ohms.

Supposons : $a = R1 + R2 = 101$

Avec : $R1 = 100 \Omega$ et $R2 = 1 \Omega$

La valeur de R1 est sélectionnée à partir d'une simulation pratique.

$$R_{min} = V_{can} * \frac{a}{V_e}$$

Alors : $R_{min} = (0.00488 * a)/V_e$

Résultat : $R_{min} = 0.098576 \Omega$

Avec : $V_{can} = 0.00488$ V

Pour une résistance : $R1 = 1000 \Omega$

Résultat : $R_{min} = 0.976976 \Omega$

Ainsi ce calcul nous donne une idée sur la grandeur de la valeur minimum qui peut être détectée par le convertisseur avec une résistance de référence $R1 = 100 \Omega$ et $R1 = 1000\Omega$.

La valeur d'incertitude de la résistance R1 est minime puisque cette dernière est une résistance de précision.

Si le pin représente un circuit ouvert, la valeur du coefficient relié à la résistance tendra vers l'infini. Alors la valeur de la résistance tendra vers l'infinie.

2.5. Solution choisie

Puisque les résistances à mesurer ne peuvent pas dépasser un intervalle de]0, 1[ohms. Alors une résistance de référence de 100Ω est un choix judicieux pour notre montage.

2.6. Organigramme

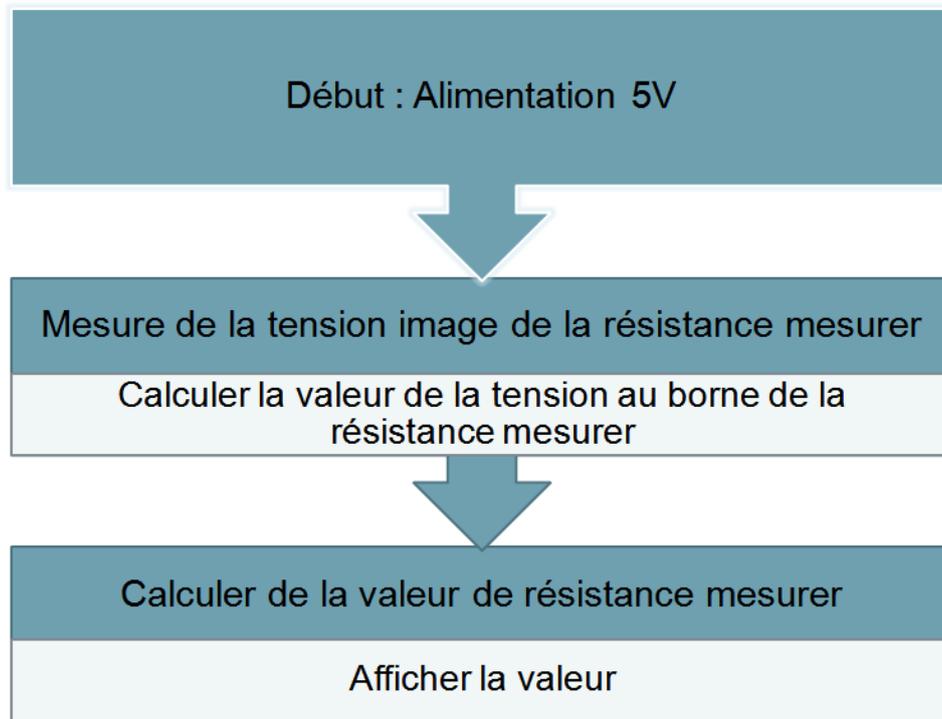


FIGURE 16: ORGANIGRAMME DU PROCESSUS DE CALCUL DE LA VALEUR DE RESISTANCE DANS
UNE PIN.

3. Généralisation du système et compatibilité avec la machine multi-test

3.1. Problématique

Les machines test disponibles au niveau de la ligne WATT disposent d'un nombre de pins qui varie entre 15 pins au maximum et 8 pins au minimum, ainsi le test de continuité doit assurer la déduction et l'affichage de toute les valeurs de résistances des pins de la machine selon le type de boîtier implémenté dans la machine.

Alors pour cela un système à base d'électronique de base, commandé par une partie software est mis au point et est utilisable pour toutes les configurations.

3.2. Solution élaborées

Le circuit doit assurer le calcul des valeurs de résistances de toutes les pins de la machine, ainsi un système de distribution de commande est établie, Celui-ci contrôlera la démarche de calcul pour déduire la valeur de chaque pin individuellement, Ce prototype dépend de la fiabilité de cette commande de distribution, en respectant les normes du temps du clamp et la précision des valeurs.

3.2.1. Solution démultiplexeur

Le démultiplexeur est un distributeur de données. Il les reçoit les données sur une ligne pour les distribuer sur une sortie prédéfinie repérée par un code binaire.

Le concept de distribution est intéressant au niveau du démultiplexeur, alors que son utilisation sera présentée de la manière suivante.

Puisque chaque sortie correspond à un état logique, Ceci traduira la liaison des pins au sorties du démultiplexeur, ainsi chaque niveau logique représentera une clé directe pour alimenter une résistance.

Le démultiplexeur analogique (CD4051) répondrait bien à notre besoin, puisque la tension au niveau du diviseur de tension ne sera pas affectée par son passage à travers le démultiplexeur, en parallèle la tension au niveau des autres sorties est nulle.

Malheureusement ce composant n'existait pas au niveau du site, sa manipulation n'était pas possible

3.2.2. Solution relais

Le relais est un dispositif très fréquent dans les cartes électroniques du jig, ces composants rouges sont très visibles au niveau des cartes et même leurs bruits est audible dans la ligne de production.

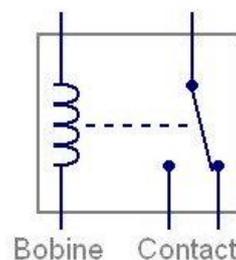


FIGURE 17: SCHEMA ELECTRIQUE DU RELAIS

Fonctionnant sous l'effet de champs magnétique, un relais est initialement ouvert ou fermé selon l'utilisation, son excitation change l'état du Switch. Ce composant nécessite une résistance avant la bobine pour générer un courant primordial pour dégager un champ magnétique.

Le Switch du relais sera en série et avant la résistance à mesurer, il jouera le rôle d'une haute impédance. Une fois l'Arduino génère une tension; la bobine s'excite, ainsi le switch se ferme donnant l'accès au programme pour calculer la valeur de la résistance. En terminant le calcul la bobine se désexcite, ainsi Cette procédure continue au niveau des 15 relais utilisés.

Le relais est facilement disponible dans l'atelier, mais son prix reste cher et oblige un suivi de maintenance fréquent pour assurer son fonctionnement. En contrepartie la valeur d'incertitude déduit expérimentalement est de l'ordre de 0.2Ω , Le relais reste une solution non fiable.

3.2.3. Solution MOSFET

Utiliser la technologie du transistor à effet de champs pour simuler un Switch était un détour dans mon travail. Ceci était efficace même au niveau des premières simulations virtuelles.

Le MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Transistor) est un composant électronique important, notamment dans l'industrie des micro-processeurs car il constitue l'élément de base au niveau de la construction des portes logiques.

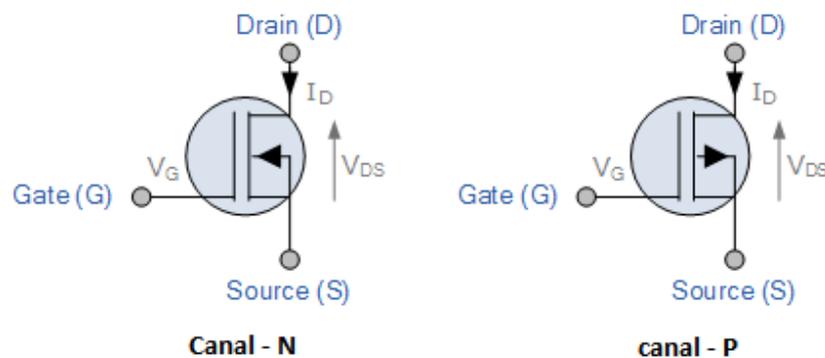


FIGURE 18 : SCHEMA ELECTRIQUE DU MOSFET.

Le MOSFET peut assurer le fonctionnement d'un Switch lorsque :

$$V_{gs} \leq V_{th} \equiv I_{ds} = 0$$

V_{th} Est la tension de seuil du MOSFET.

En appliquant une tension au niveau de la grille, le canal devient passant, ainsi le courant traverse le transistor.

Le transistor 85NF55L possède une résistance au niveau du drain et la source de l'ordre de 0.006ohms, cette valeur est très petite et reste acceptable pour garder une certaine précision des mesures.



STB85NF55L STP85NF55L

N-channel 55 V, 0.0060 Ω , 80 A, TO-220, D²PAK
STripFET™ II Power MOSFET

Features

Type	V _{DSS}	R _{DS(on) max}	I _D
STB85NF55L	55 V	< 0.008 Ω	80 A
STP85NF55L	55 V	< 0.008 Ω	80 A

- Low threshold drive

Application

- Switching applications

Description

This Power MOSFET is the latest development of STMicroelectronics unique "single feature size" strip-based process. The resulting transistor shows extremely high packing density for low on-resistance, rugged avalanche characteristics and less critical alignment steps therefore a remarkable manufacturing reproducibility.

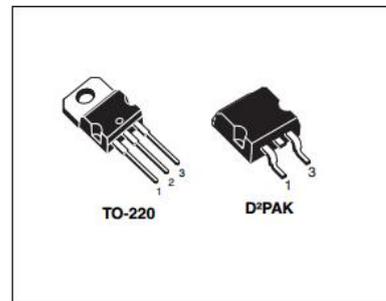


Figure 1. Internal schematic diagram

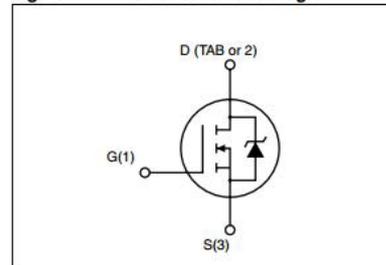


FIGURE 19: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU 85NF55L.

Les transistors seront pilotés par le microcontrôleur, chaque niveau haut au niveau du drain assura le passage du courant au niveau de la résistance à mesurée.

Le transistor MOSFET 85NF55L est un transistor fabriqué au niveau de la ligne TO220 & WATT, alors sa disponibilité ne pose aucun problème.

3.3. Solution choisie

Le circuit à base de transistor reste le choix le plus judicieux de point de vue vitesse de fonctionnement, prix et disponibilité.

Chapitre 3 : REALISATION DU SYSTEME

1. Conception et réalisation

La réalisation est la dernière étape de mon projet, après une simulation réussie, l'équipe de l'ingénierie et de maintenance ont encouragés mon initiative, ainsi leurs encouragement et leurs expertise étaient cruciaux pour me mettre dans l'aventure.

La réalisation peut s'engendrer dans trois parties globales.

- schéma ARES
- Fabrication de la carte
- Test et réalisation

1.1. Schéma ARES

ARES est un logiciel dédié à la fabrication de circuit électronique. Son rôle est de prendre les composants du circuit ISIS et démarrer un auto-routage pour dessiner les pistes et placer les composants.

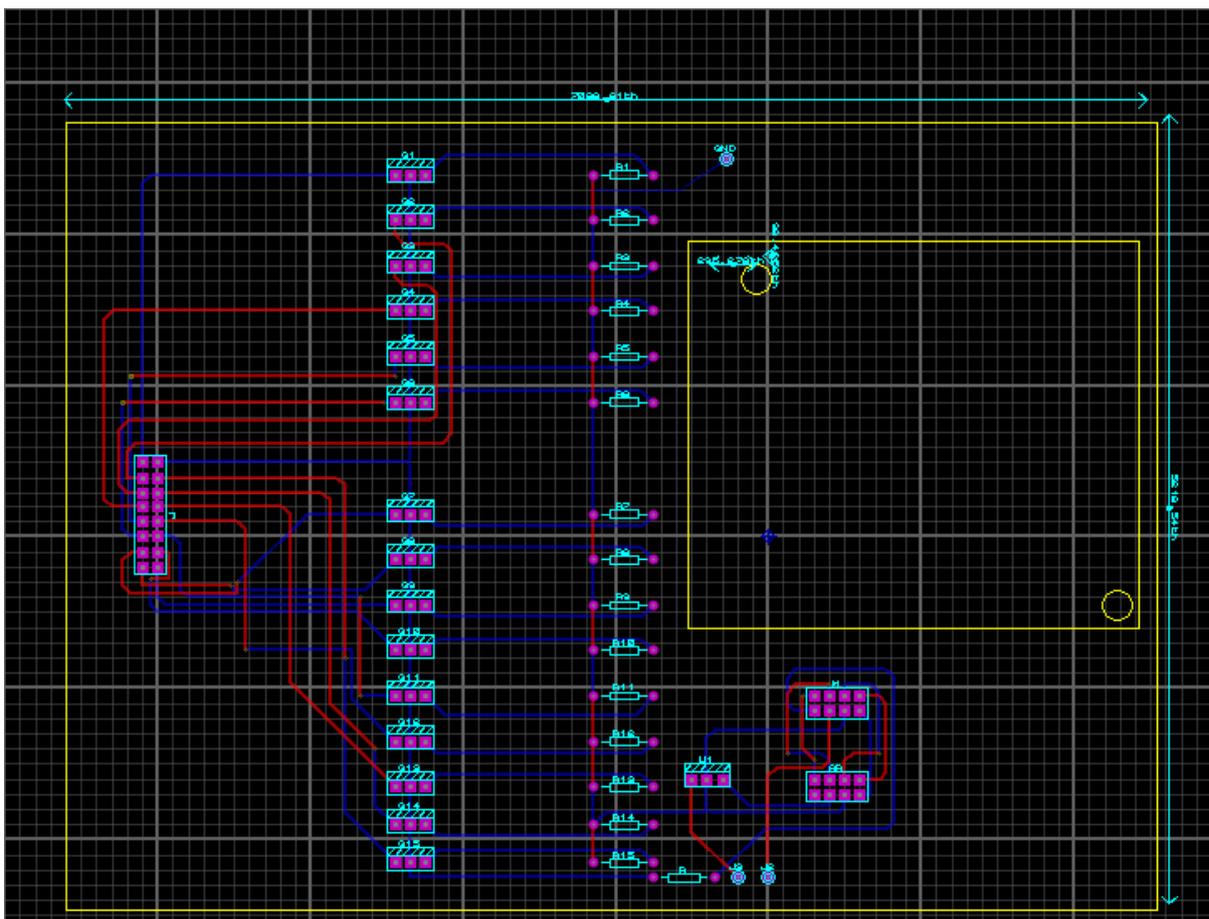


FIGURE 20 : SCHEMA ARES

1.2. Fabrication de la carte

Après avoir vérifié le circuit, Le processus de fabrication de circuit imprimé PCB était la solution admise pour imprimé mon circuit, puis le soudage des composants et aussi la connexion des broches entres la machine, l'Arduino et la carte électronique

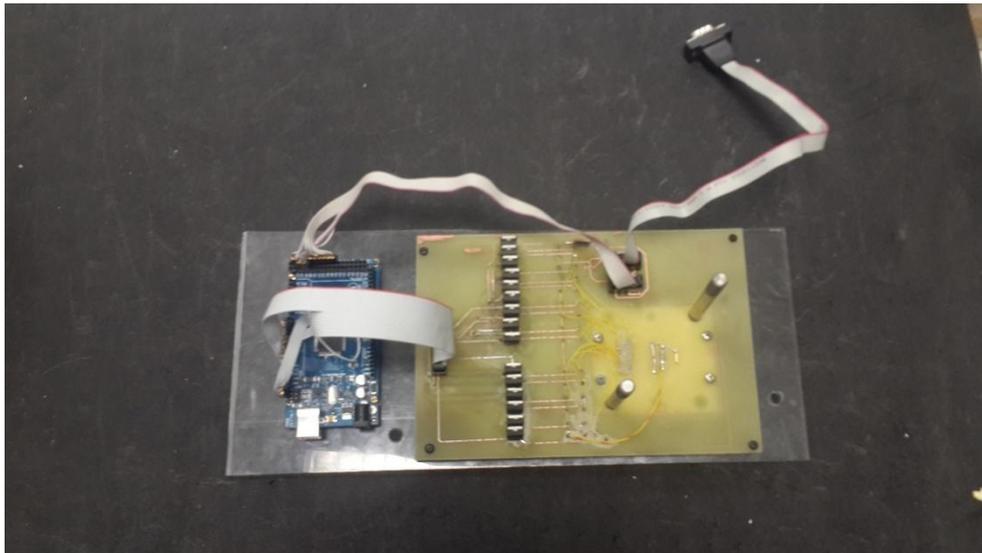


FIGURE 21 : FACE A DU PROTOTYPE

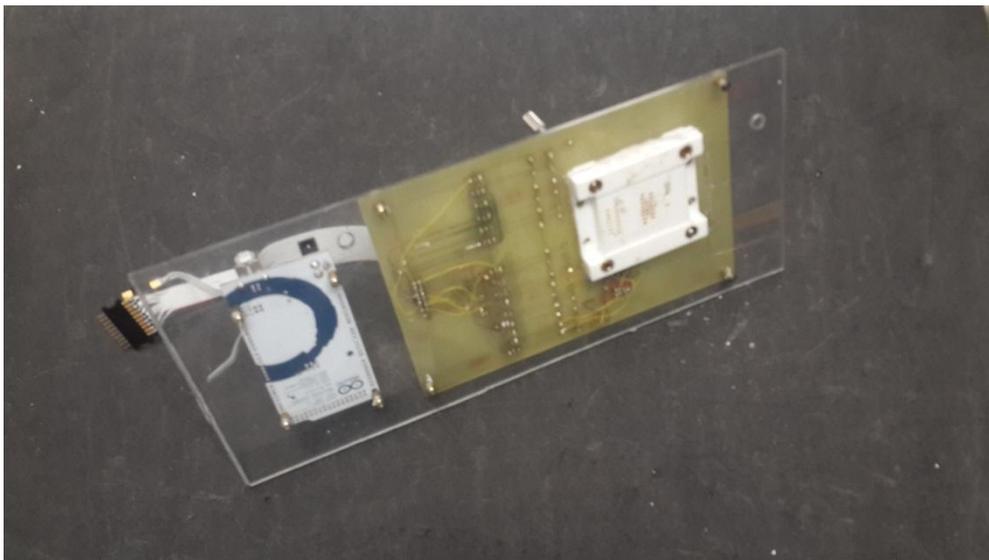


FIGURE 22: FACE B DU PROTOTYPE

1.3. Test et réalisation

Malheureusement l'utilisation du clavier et de l'afficheur LCD n'était pas mise en pratique au niveau du test, ainsi l'affichage était géré en premier temps par l'application JAVA de l'Arduino.

Le premier test consiste à alimenter le circuit et tester des résistances aléatoires, ce test marche bien et vérifie bien le bon fonctionnement du circuit.

Le test de continuité au mode testing était favorable, alors le prototype a assuré la déduction des valeurs des résistances avec une erreur de mesure de l'ordre de 0.04Ω

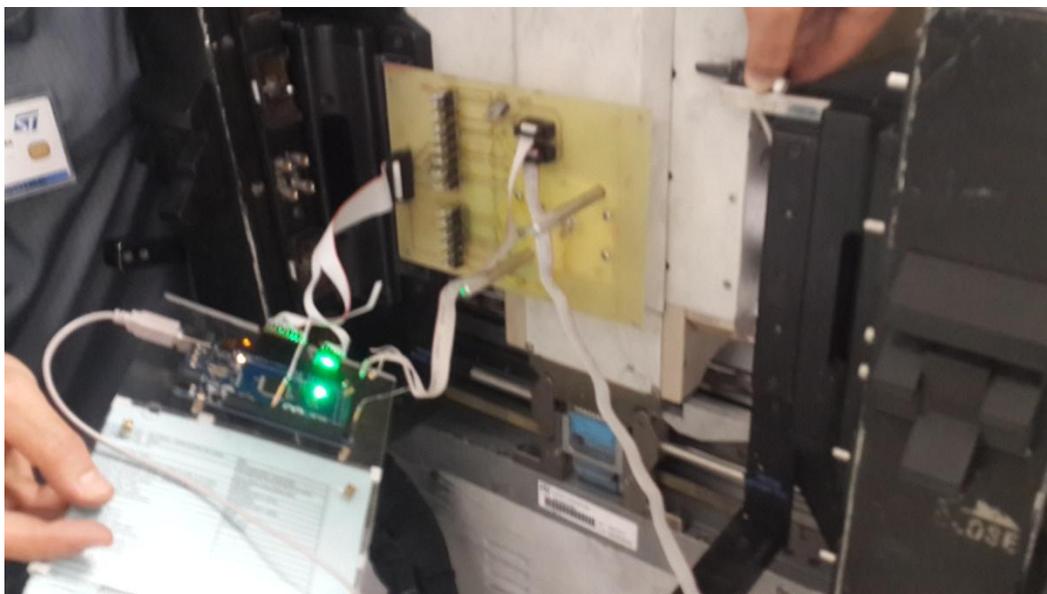


FIGURE 23: TEST DU PROTOTYPE AU NIVEAU DE LA MACHINE MULTI-TEST.

2. Action et gain

2.1. Action

Après la réalisation et le test du bon fonctionnement du prototype, et après que les techniciens de maintenance s'assurent que les pins sont défectueuses, le service de maintenance pourra lui autoriser de changer les pins de l'unit contact.

2.2. Gain

Le chef de maintenance des mécaniciens à utilisé l’application tout au long de ma dernier semaine et ceci lui à permis de changer sa procédure de travail, Car ce circuit lui a donné une grande idée sur les pins défectueuses, alors le changement ne s’effectue pas sur toutes les pins de l’unit contact mais seulement sur les pins défectueuses.

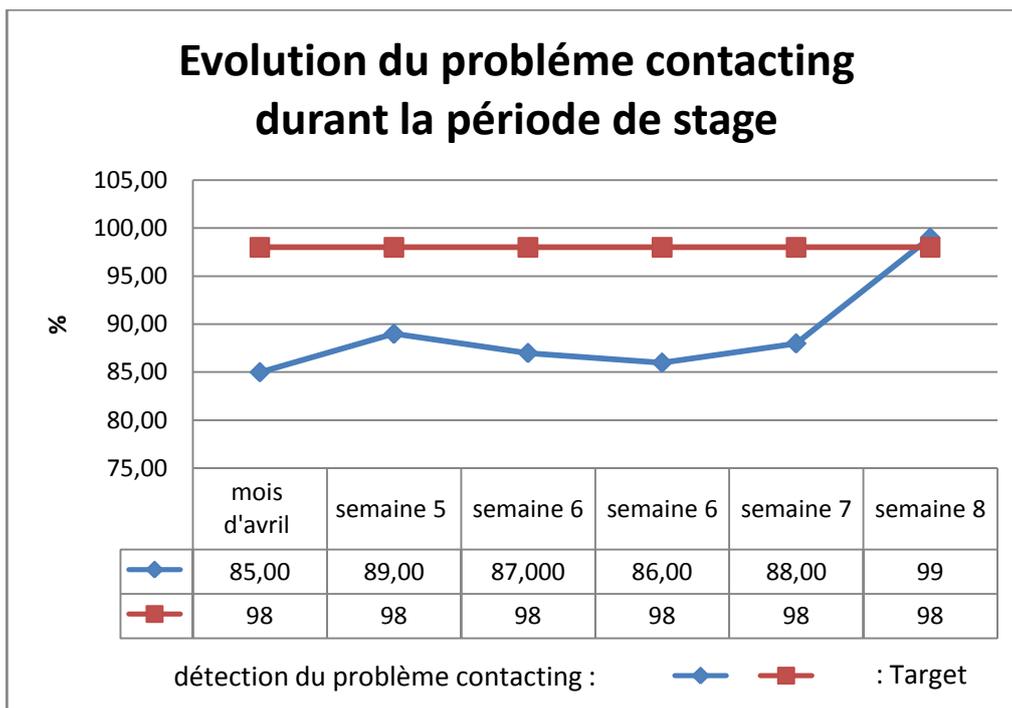


FIGURE 24: : EVOLUTION DU PROBLEME CONTACTING.

Cette courbe est élaborée par une équipe de stagiaire qui travaille sur le rendement de la ligne WATT, il représente l’évolution du problème contacting durant le mois avril et mai. Cette courbe envisage le comportement aléatoire de la détection du problème contacting avant l’action élaborée.

Bien entendu, chaque travail a son mérite, chaque projet a son action, et chaque action a son gain.

Conclusion

Au terme de ce stage, j'ai réussi l'important à savoir l'automatisation de la détection du problème contacting.

Pour se faire, j'ai été amené à maîtriser le langage de programmation de l'Arduino et plusieurs compétences de réalisation des circuits imprimés.

En outre, grâce à cette application la ligne WATT peut appréhender le problème de contacting avec une grande sérénité, et envisager des stratégies de maintenance hebdomadaire afin d'avoir un suivi sur l'état des unit contact.

Le prototype mise en point est dédié à l'expérience et la recherche, ainsi l'implémentation de l'idée dans le processus de fabrication nécessite une industrialisation du concept.

Cette initiative peut être généralisée sur tout l'ensemble des lignes qui travaillent avec les machines Handler dans l'entreprise.

Ce stage était pour moi la première opportunité pour découvrir le monde du travail et la réalité de la vie professionnelle par rapport à la vie estudiantine et aussi d'acquérir énormément d'expériences en terme de travail planifié et méthodique ou encore la gestion du temps. En clair, cette expérience était bénéfique au sein de STMicroelectronics, elle m'a enrichi en connaissances à la fois techniques, théoriques et même administratives

Enfin, je souhaite que ce modeste travail soit à la hauteur des espérances de nos formateurs à qui nous devons toute la gratitude et le respect.

Annexe :

A. Programmation :

La programmation était un challenge différent, la manipulation du langage C au fil des dernières années était un pilier de référence de mes compétences et une valeur ajoutée à mon travail. Ceci a contribué pour visionner un prototype de qualité, avec un gestionnaire de tâche simple, mais efficace.

■ Le calcul théorique

Le calcul théorique était représenté sur 2 parties. Le calcul des résistances par l'équation dictée dans la partie théorique et aussi la conversion du résultat numérique en analogique.

La fonction suivante exprime cela :

```
float U1 = analogRead(A);
U1 *= 5000;
U1 /= 1023;
// valeur de la résistance R
float R1 = (U1*100)/(5000-U1);
```

FIGURE 25: INSTRUCTION DE CALCUL DE LA RESISTANCE

La première instruction exploite le convertisseur analogique numérique, de suite la variable U1 est convertie en volt puis utilisée pour calculer la valeur de résistance.

Ainsi la programmation a contribué à mettre en valeur les parties suivantes :

- L'affichage
- Le contrôle
- Un menu de commande
- La gestion du circuit électronique

B. Solution ISIS

■ Solution démultiplexeur

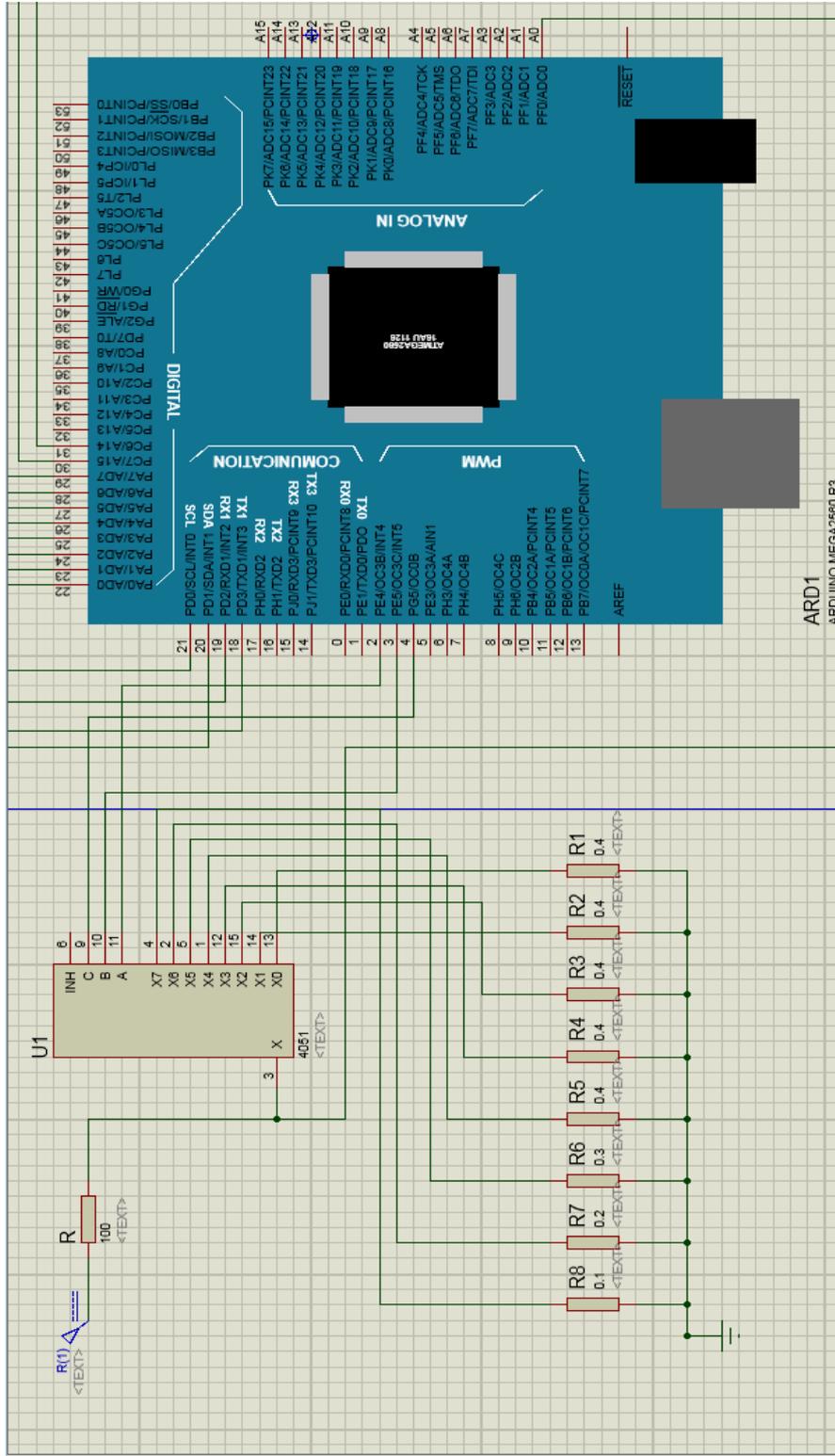


FIGURE 26 : SOLUTION DEMULTIPLEXEUR

■ Solution relais

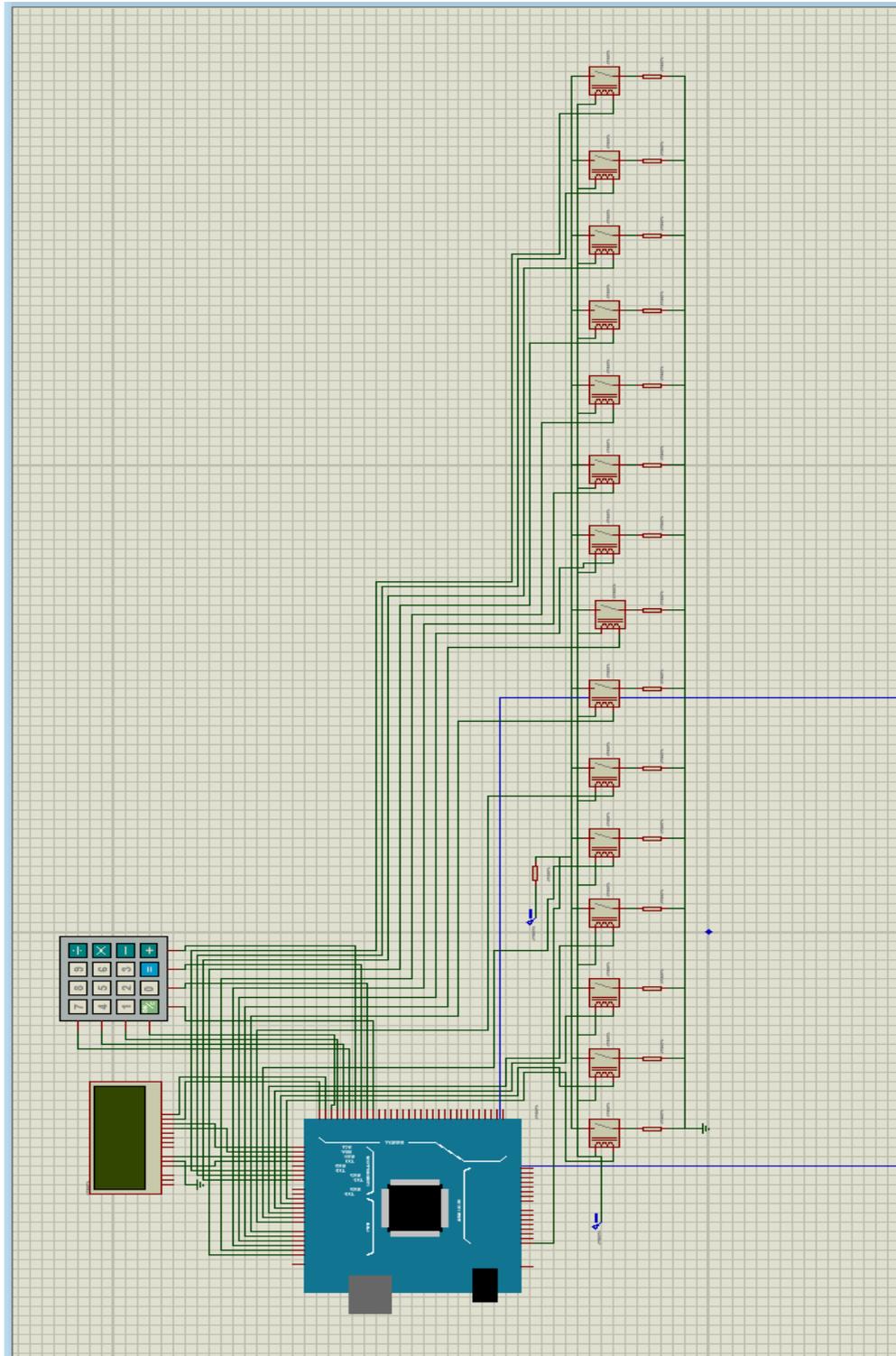


FIGURE 27: SOLUTION RELAIS

■ Solution MOSFET

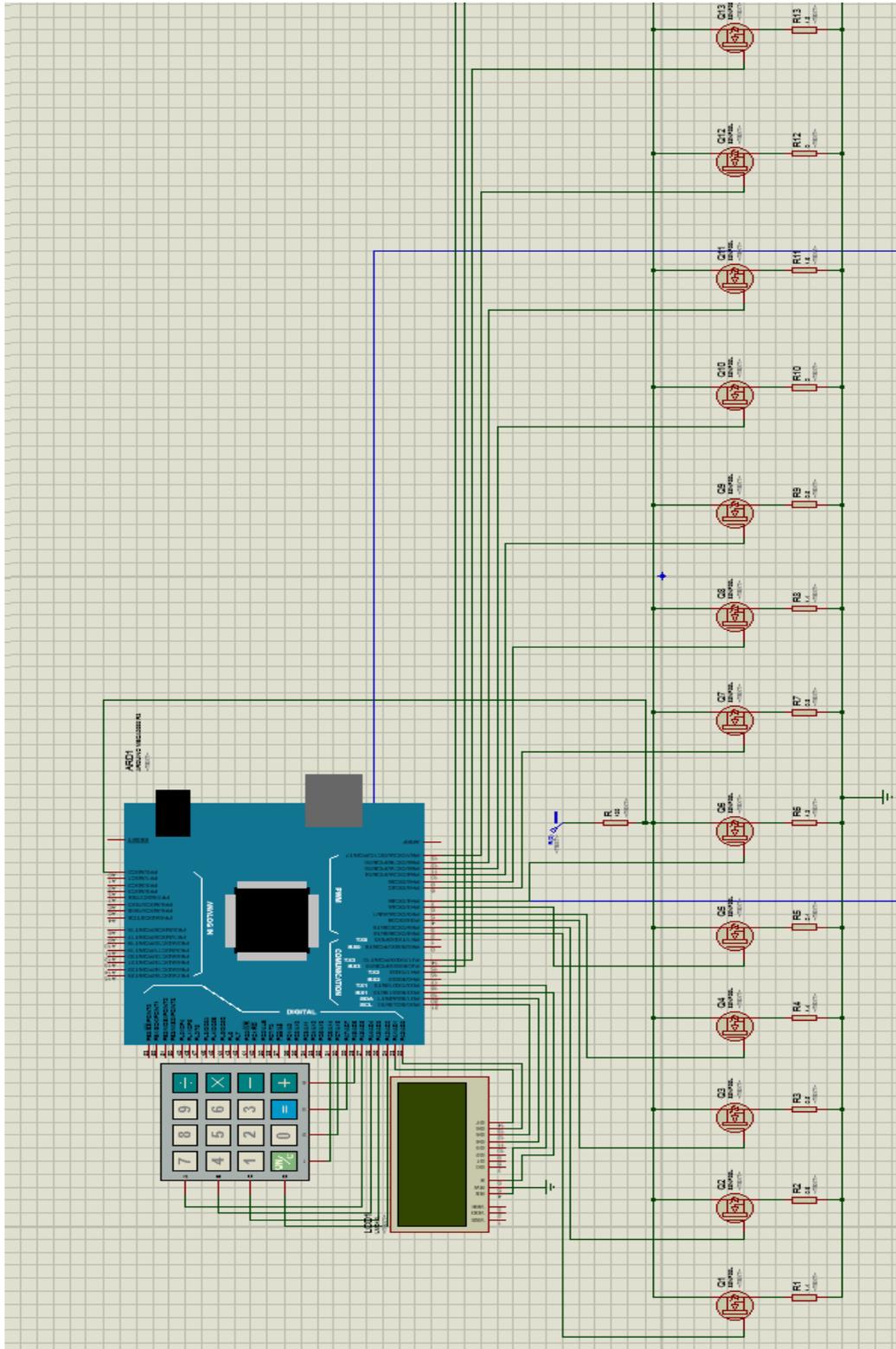


FIGURE 28: SOLUTION MOSFET

Référence :

- <https://fr.wikipedia.org/wiki/TO-220>
- <https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- <http://electroniqueamateur.blogspot.com/2014/07/etude-de-ci-multiplexeurdemultiplexeur.html>
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Convertisseur_analogique-num%C3%A9rique
- https://fr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=199536.0>
- http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_mon_club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.ArduinoExpertLCDClavierAppuiTouche
- <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=33685.0>
- <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=70340.0>
- <http://forum.arduino.cc/index.php?topic=33514.0>
- <https://www.arduino.cc/en/Reference/PulseIn>
- <http://www.digikey.com/product-search/en?mpart=G2RL-14%20DC5&v=39>
- <https://www.youtube.com/watch?v=sJYMOHvWKBg>
- <http://www.digikey.com/product-detail/en/coto-technology/9007-05-01/306-1063-ND/301697>
- <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/27367/TI/74LS12.html>
- http://www.nxp.com/documents/data_sheet/74HC_HCT154.pdf
- <http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/symlink/cd4051b.pdf>
- <http://www.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/3e/73/23/ec/05/fc/40/50/CD00002824.pdf/files/CD00002824.pdf/jcr:content/translations/en.CD00002824.pdf>