

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud MAMMARI, Tizi-Ouzou



Faculté de Génie Electrique et d'Informatique
Département d'Automatique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'Etat en Automatique

Thème

*Conception et réalisation d'une machine
extrudeuse à commande numérique en temps réel*

Proposé par : HAMI et HADID

Présenté par :

Dirigé par: Mr. Rabah MELLAH

HADID Malik
Et
HAMI Sofiane

Soutenu le : 07 / 07 /2011

Promotion 2011

Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier le Dieu Tout Puissant, sans lequel rien de tout cela n'aurait été possible.

Nos remerciements vont à l'égard de notre encadreur Mr MELLAH Rabah, qui, malgré la contrainte du temps, a su nous conseiller et nous diriger.

Nous remercions aussi toutes les personnes qui nous ont soutenus tout au long de ce projet et surtout la famille.

DÉDICACES

Mes cordiaux remerciements à tous ceux qui ont contribué a la réussite de ce modeste travail en particulier à :

✚ A mes parents qui m'ont soutenu avec leurs conseils tout au long de mon cursus scolaire en particulier ma mère

✚ A mes frères et sœurs

✚ A mes tantes et oncles

✚ A mes amis : mamine, yahia, slimane, dahmane, bernard, jems, Ferhat, mario, jego, merime, nafa

✚ A tout mes enseignants

✚ A toute ma promotion et ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail.

PUISSE DIEU TOUT PUISSANT VOUS RÉCOMPENSER



Résumé

Résumé :

Notre projet de fin d'études porte sur la commande numérique et son application sur une machine extrudeuse que nous avons conçue et réalisée. Cette machine se compose de trois moteurs, montés sur une structure en aluminium, qui assurent le mouvement sur les axes X, Y et Z et un quatrième moteur pour le système chauffant qui intègre une résistance et qui fait fondre du plastique pour l'exploiter en étant visqueux pour diverses créations de moules et d'objets en plastique sans avoir beaucoup de perte de matières. Et ces objets sont conçus à partir d'un logiciel de conception 3D qui sera transmis à un autre logiciel qui va le traduire en G-code qui sera exploité par la carte d'acquisition et qui envoie à son tour l'instruction aux quatre moteurs.

S o m m a i r e

Remerciements

Dédicaces

Résumé

Introduction Générale **1**

Chapitre I : Présentation de l'extrudeuse

| | |
|--|----|
| I.1.Présentation général de l'extrudeuse | 3 |
| I.1.1Introduction | 3 |
| I.1.2.définition | 4 |
| I.1.3.tenue de l'extrudeuse | 4 |
| I.1.4structure mécanique | 5 |
| I.1.4.1.la base | 5 |
| I.1.4.2 .les L « axe-X » | 6 |
| I.1.4.3.la tablette « axe-Y » | 7 |
| I.1.4.4 l'extrudeuse thermoplaste | 7 |
| I-1-5 la résistance chauffante | 9 |
| I.2.actionneurs | 11 |
| I.2. 1.généralité sur les moteurs pas à pas | 11 |
| I-2-2-Les différents moteurs et leur commande | 13 |
| I.2.3 les différents types de moteurs pas à pas | 14 |
| I-2-3-1 Les moteurs à aimants permanents | 15 |
| a- Le mode unipolaire | 15 |
| b- Le mode bipolaire | 16 |
| I-2-3-2 Moteur à reluctance variable | 16 |
| I-2-3 -3 Moteur hybride | 17 |
| I-2-4 Configurations interne des bobines du moteur | 18 |
| I-2-4.1. Les moteurs à 5 fils | 18 |

| | |
|--|----|
| II-4-L'emploi des Logiciels | 39 |
| II-4-1- maniement d'Art Of Illusion | 39 |
| II-4-2-Utilisation du Logiciel de conversion | 39 |
| II-4-3-Le positionnement de l'objet | 40 |
| II-4-4-L'impression de l'objet | 40 |
| II-5-L'interface utilisée | 41 |
| II-5-1présentation de la carte principale | 41 |
| II-5-1-1-Le microcontrôleur | 43 |
| a-Caractéristique du Microcontrôleur | 43 |
| II-6-La commande des moteurs pas à pas | 47 |
| II-6-1- Présentation générale du couple (L297, L298) | 47 |
| II-6-2-Alimentation des moteurs pas a pas | 50 |
| II-6-2-1-Alimentation ATX pour PC de 200Watts | 50 |
| II-6-2-1-1-Mode repos (Stand-by) | 52 |
| II-6-2-1-2-Le fonctionnement de l'alimentation | 53 |
| II-6-2-1-3-Stabilisation des tensions de sortie | 54 |
| II-6-2-1-4-Power Good | 54 |
| II-6-2-1-5-Stabilisations de la tension +3.3V | 55 |
| II-6-2-1-6-Circuit de surtension (over voltage) | 55 |
| II-6-2-1-7-Alimentation des 4 Moteurs | 56 |
| II-6-4-Carte de puissance de l'extrudeuse | 57 |
| II-7-Conclusion | 58 |

CONCLUSION GENERALE

PRESENTATION BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Présentation de l'extrudeuse

I-1-1-introduction :

Auparavant les machines industrielles occupaient des surfaces gigantesques et nécessitent beaucoup de mains d'œuvres afin de satisfaire les besoins de la population à des prix exorbitant.

Au fil des années, l'industrie s'est améliorée en un temps record avec l'invention dans des différents domaines spécialement l'informatique qui a révolutionné le monde en minimisant le cout de production et la surface exploitable.

Grace à cela nous avons essayé de créer une machine outil intitulée l'extrudeuse qui a pour but de modifier l'aspect initial qui est le plastique en une autre forme voulue.

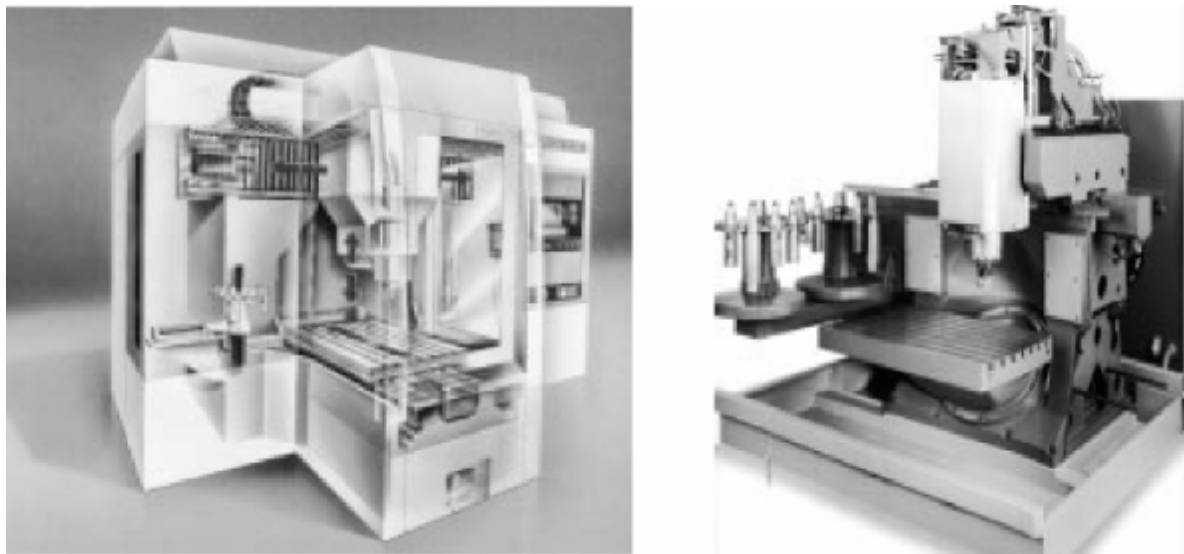


Figure I-1: Ancienne machine outils

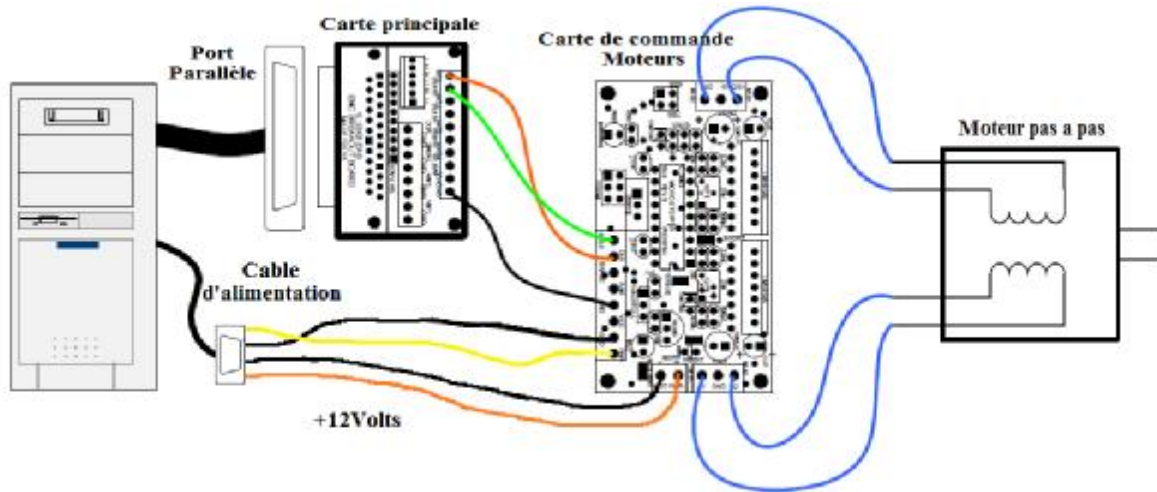


Figure I-2: Mode de fonctionnement de l'extrudeuse

I-1-1 définition :

Le mot Extrudeuse exprime l'irruption des roches volcaniques donnant naissance à une aiguille ou à un cône. Dans notre projet ce mot veut simplement dire la conversion naturel/mécanique, le principe reste inchangé, nous avons utilisé du plastique à la place de la roche à qui on donne des formes géométriques précises désirées.

I-1-2-Tenue de l'extrudeuse :

L'extrudeuse est une machine capable d'imprimer des objets 3D en plastique ou en polymère en se basant sur le principe de la machine outil, une fraiseuse automatisée par exemple (la CNC « Computing Numerical Control »).

Contrairement à une fraiseuse, on se sert d'une résistance chauffante filaire roulée en serpentins sur un cylindre transpercé en longueur et en son centre, dans ce trou passe un tube en plastique ou en caoutchouc avec l'effet de la température, qui provient de la résistance, le matériau fond à l'intérieur du cylindre et ressort à l'extrémité de ce dernier sous forme de liquide. Le mouvement des moteurs pas à pas défini et précis sur les axes X, Y et Z, amène ce liquide en se refroidissant, à prendre une forme géométrique en 3D. On a installé sur la résistance chauffante un capteur thermique pour vérifier et éviter les températures critiques de celle-ci et éviter les différents dégâts de surchauffe. Sur la figure ci-dessous on voit la structure conçue sur le logiciel de conception en 3D « MAYA » :

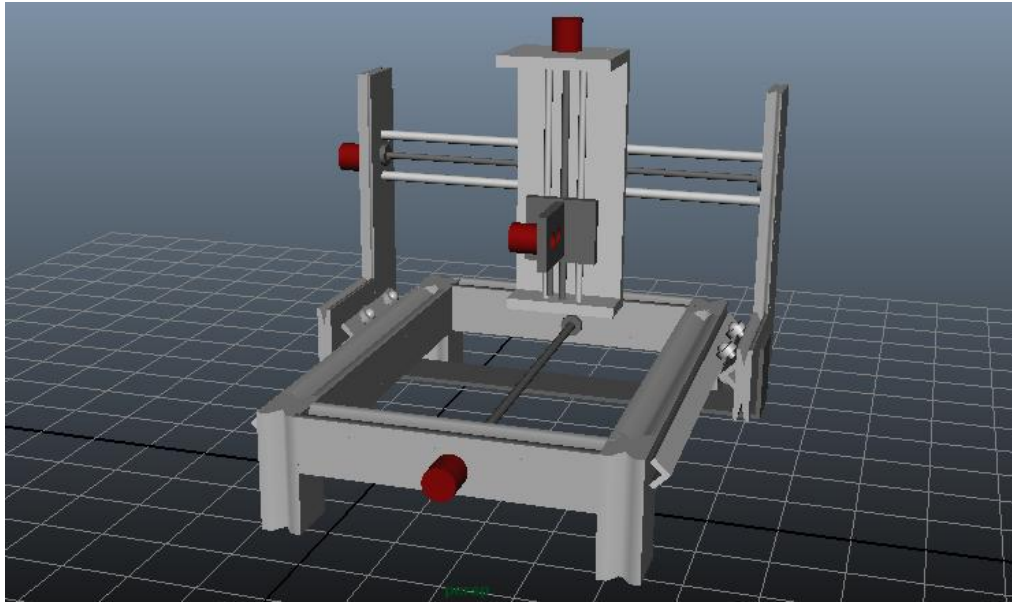


Figure I-3: Structure de l'extrudeuse

I-1-3-Structure mécanique :

I-1-3-1-La base :

Nous avons utilisé une base en aluminium, elle est conçue comme une table basse, on a exploité cette matière pour résister aux différents mouvements et le poids de toute la structure, elle sert aussi à l'accueil du plastique en forme liquide. Sur le long de ses cotés on a fixés deux cornières en aluminium pour recevoir une autre partie de l'extrudeuse les « L ».



Figure I-4: La Base de l'extrudeuse

Les dimensions de la base :

X 500mm

Y 450mm

Z 250mm

I-1-3-2-Les L (axe-X):

Nous avons appelé cette partie de la structure « L » car son apparence est comme la lettre utilisée, elle assure le mouvement sur l'axe X en se basant sur le système des roulements et des cornières comme le montre la figure ci-dessous :

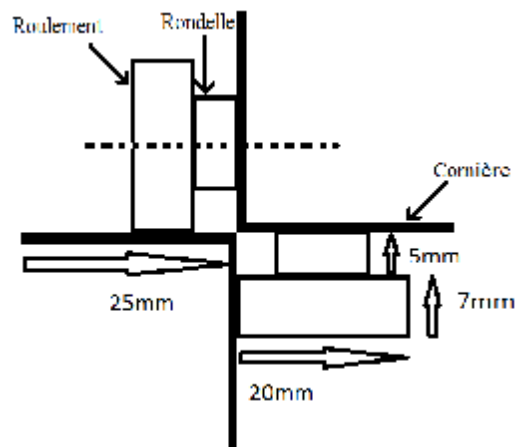


Figure I-5: Système Cornières / Roulements



Figure I-6: L'élément « L »

Pour fixer les roulements sur la cornière nous avons percé quatre trous sur celle-ci et on a maintenu les roulements avec des vis/écrous. Et nous avons fait la même chose pour le couple cornière/roulements sur la base des « L » avec des vis un peu moins larges en diamètre.

Les dimensions du « L » :

X 250mm

Y 25mm

Z 450mm

I-1-3-3-La tablette (axe-Y) :

Cette partie est conçue pour le mouvement sur l'axe des Y représenté par les deux tiges qui traversent le long de la machine et sert à fixer les deux « L ».

Sur la partie verticale des « L » on perce deux trous superposés de 40mm de distance entre eux, on fixe deux barres cylindriques (tiges) de 8 mm de diamètre, chaque extrémité des barres en « L », sert de glissières pour le mouvement sur l'axe Y.



Figure I-7: La tablette

I-1-3-4-L'extrudeuse thermoplaste (axe-Z) :

Deux barres cylindriques sont maintenant fixées verticalement en largeur sur la tablette, sur ces deux rails on fixe la dernière partie de la structure le système chauffant.



Figure I-8: L'axe Z

Cette partie de l'extrudeuse est la partie la plus importante car elle contient l'élément le plus imminent : le thermoplaste.

Pour le concevoir nous avons utilisé du bois, c'est léger, facile à usiner et résiste à la température qu'on utilisera tout au long de son exploitation. Nous avons pris la plaque en bois, on a fait deux trous de 20mm au milieu de la face l'un à côté de l'autre, la distance entre eux est de 2mm, un trou qui traverse de bout en bout la plaque pour placer l'arbre du moteur pas à pas et l'autre trou qui ne traverse pas complètement la plaque (la moitié de l'épaisseur de la plaque) qui servira à insérer un roulement, qu'on fixera à l'aide d'une vis/écrou.



Figure I-9: plaque en bois

Après cela, on perce le long de la plaque (diamètre 3 à 4mm tout dépend du diamètre du tube en plastique qu'on utilisera) et ce perçage doit passer entre les deux premiers perçages, car le tube en plastique doit être pris entre le roulement et l'arbre du moteur pas à pas qui lui à son tour en tournant fait avancer le tube en plastique, le roulement aide à amoindrir les frottements et facilite le passage du tube en plastique.

Le système de résistance chauffante qu'on a utilisé est sur la figure suivante :



Figure I-10: L'extrudeuse

La résistance chauffante :

Pour faire fondre le plastique nous avons utilisé une résistance enroulée sur un cylindre creux.

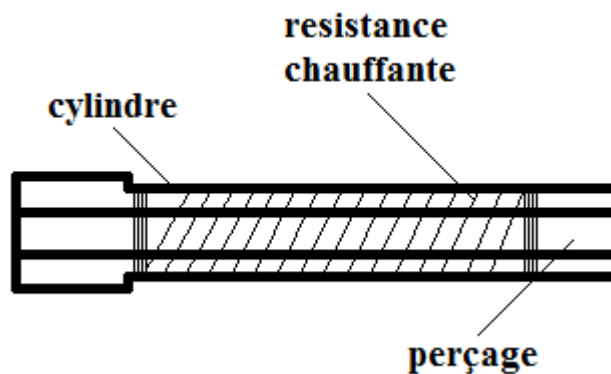


Figure I-11: Schéma du système de résistance

Pour notre sécurité et éviter les brûlures nous avons mis cette élément chauffant dans un cylindre de terre brûlée.

Afin de commander notre extrudeuse, il a fallu concevoir une carte qui satisfait nos demandes elle est constituée principalement de trois transistors, quatre LEDs, 3 résistances de 560ohms trois autres de 1Kohms, un condensateur polarisé de 100microF et un autre non polarisé de 100nanoF.

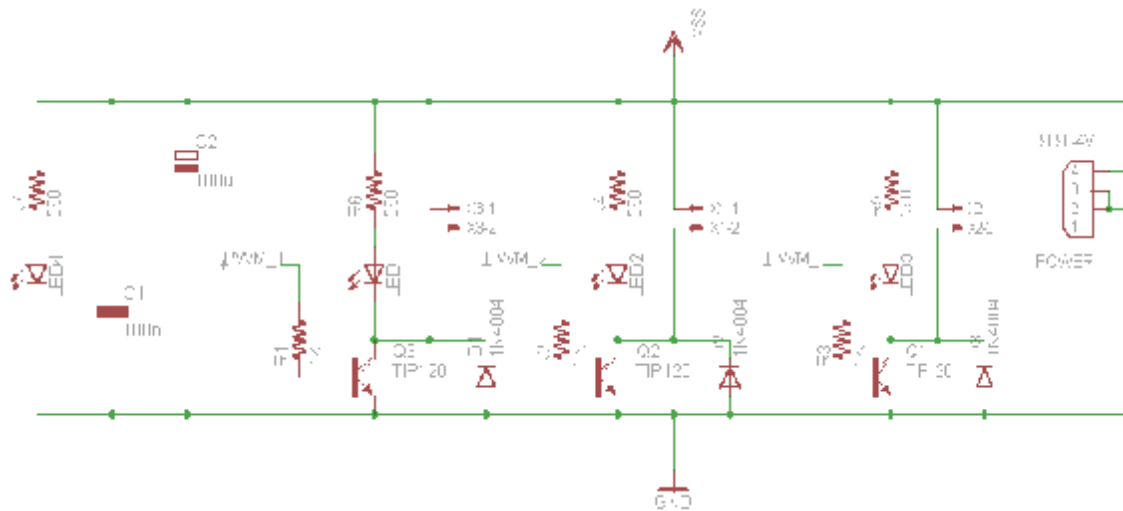


Figure I-12: Circuit réalisé sur « eagle »



Figure I-13: La carte de puissance de la résistance chauffante

I-2-Actionneurs

I-2-1-Généralité sur les moteurs pas à pas :

Ces quelques pages sont destinées à fournir un aperçu général des systèmes que constituent les moteurs pas à pas.

Le terme « moteurs pas à pas », dans le jargon des électroniciens et électrotechniciens, correspond à des ensembles « commande-convertisseur électronique-moteur » particuliers dans le sens où ils mettent en œuvre des structures spéciales de moteurs de type synchrone (au sens large) alimentées par des structures de convertisseurs parfois originales et commandées en mode pas à pas par opposition aux modes synchrones (champ tournant en boucle ouverte) et autopilotés (le fonctionnement optimal) des machines de type synchrone. Le mode pas à pas est un fonctionnement saccadé composé d'une succession d'impulsions électriques (en courant ou en tension) destinées à obtenir une succession analogue d'incréments de position. Il s'agit donc de réaliser une commande en position en boucle ouverte (sans capteur).

Le fonctionnement des structures électromagnétiques non conventionnelles exploitées ici peut difficilement être compris avec les outils d'analyse de l'électrotechnique élémentaire, c'est pourquoi une partie, sans doute un peu disproportionnée, est consacrée à la méthode des travaux virtuels, particulièrement bien adaptée, à la description du fonctionnement de ces moteurs.

Notons également que les moteurs à réluctance variable occupent aujourd'hui une place marginale dans les systèmes pas à pas, les moteurs à aimants et les moteurs hybrides pourraient être considérés comme une unique famille de moteurs à aimants présentant des caractéristiques électriques très voisines. Ils sont, en outre, souvent diphasés ce qui conduirait alors à l'étude élémentaire des moteurs à aimants diphasés.

Les moteurs pas à pas sont souvent utilisés par les concepteurs qui veulent minimiser le temps de développement du système dans lequel ils ont besoin d'entraînements asservis en position. En effet, les autres moteurs (à collecteur ou sans balais autopilotés) associés à un système d'asservissement en position (électronique d'alimentation, de commande et capteurs)

n'ont pas atteint le même niveau de standardisation et de bas coût que les « moteurs pas à pas ».

Pourtant, la solution pas à pas semble souvent une aberration du point de vue énergétique (consommation toujours beaucoup plus élevée) et du point de la qualité du mouvement (saccadé, vibratoire, engendrant souvent un bruit acoustique élevé).

En fait, comme souvent, c'est la genèse des techniques qui a plus ou moins verrouillé cette situation à une époque où le moteur pas à pas se présentait quasiment comme la seule solution de commande électromécanique en position.

Pour compenser tous les problèmes inhérents à la commande pas à pas, des améliorations souvent complexes ont été mises en œuvre (fonctionnement en boucle fermée de position avec capteur, alimentation en micro-pas, autopilotage sans capteur...). On retrouve alors des systèmes électromécaniques très proches des systèmes conventionnels sans balais (moteurs synchrones autopilotés) mis à part le fait qu'ils exploitent des structures électromagnétiques un peu particulières mais qui ne changent pas grand-chose au résultat final !

Il existe deux types de moteurs pas-à-pas : les moteurs à aimants permanents et les moteurs à réluctance variable. Nous verrons plus loin que les moteurs à aimants permanents se subdivisent également en deux catégories.

Malgré les différences existantes entre les moteurs, le résultat recherché est l'avance d'un seul pas, c'est-à-dire la rotation de leur axe suivant un angle déterminé à chaque impulsion que l'une ou l'autre de leurs différentes bobines recevra. Cet angle, qui varie selon la constitution interne du moteur; est en général compris entre $0,9^\circ$ et 90° .

Les moteurs les plus couramment rencontrés présentent des pas

- $0,9^\circ$ soit 400 pas par tour ;
- $1,8^\circ$ soit 200 pas par tour;
- $3,6^\circ$ soit 100 pas par tour ;
- $7,5^\circ$ soit 48 pas par tour ;
- 15° soit 24 pas par tour.

Il est évident que les moteurs pas-à-pas, de par leur technologie, présentent une très grande précision et une durée de vie quasi illimitée, l'usure mécanique étant pratiquement inexistante

(absence de frottements). Leurs domaines de prédilection seront donc ceux où la précision est de rigueur : les constituants mécaniques de l'informatique et la robotique.

Les moteurs pas-à-pas existent en différentes tailles qui varient environ entre 1 cm et plus d'une dizaine de centimètres. Tout dépendra des applications dans lesquelles ils seront utilisés. Le plus petit moteur, par exemple, sera destiné au déplacement des têtes de lecture dans les lecteurs de disquettes ou dans les disques durs où un couple très faible est requis. Par contre, le déplacement du bras d'un robot demandera un couple nettement plus important, donc un moteur de diamètre élevé.

I-2-2-Les différents moteurs et leur commande :

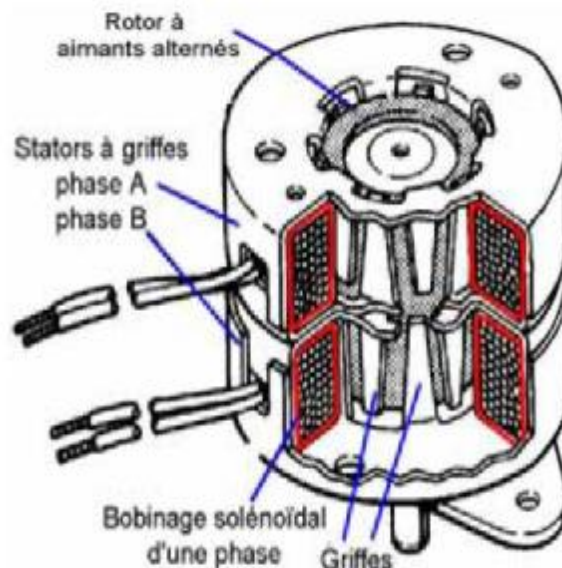


Figure I-14: Schéma moteur diphasé à griffe

Signalons que le couple est exprimé le plus souvent en kilogrammes par centimètre ($\text{kg}\cdot\text{cm}^{-1}$), ce qui définit le poids en kilogrammes que pourra soulever l'axe d'un moteur pourvu d'un bras de longueur exprimée en centimètres.

La valeur de leur tension d'alimentation varie dans de grandes proportions, elle peut être comprise entre 3V et plusieurs dizaines de volts. De même, selon la résistance ohmique de leurs bobinages, le courant consommé s'étendra dans une gamme allant de quelques dizaines de milliampères à plusieurs ampères.

En simplifiant, nous pourrions dire que plus le courant sera élevé, plus le couple sera important.

En ce qui nous concerne, les détaillants commercialisent la plupart du temps, sauf exception rare, des moteurs de type standard, de consommation moyenne et possédant un couple de puissance relativement bas. Ce faible couple pourra être compensé par l'adjonction d'une démultiplication constituée de pignons. La vitesse de rotation diminuera mais le couple augmentera dans de fortes proportions, ce qui constituera une solution intermédiaire étant donné le prix prohibitif des moteurs pas-à-pas de forte puissance.

Nous voici arrivés au terme de cette brève description des caractéristiques générales des moteurs pas-à-pas. Nous allons maintenant aborder plus en détail ce qui différencie chaque type de moteurs, leur technologie et les principaux types de commande.

Principe élémentaire de Conversion électromagnétique de l'énergie :

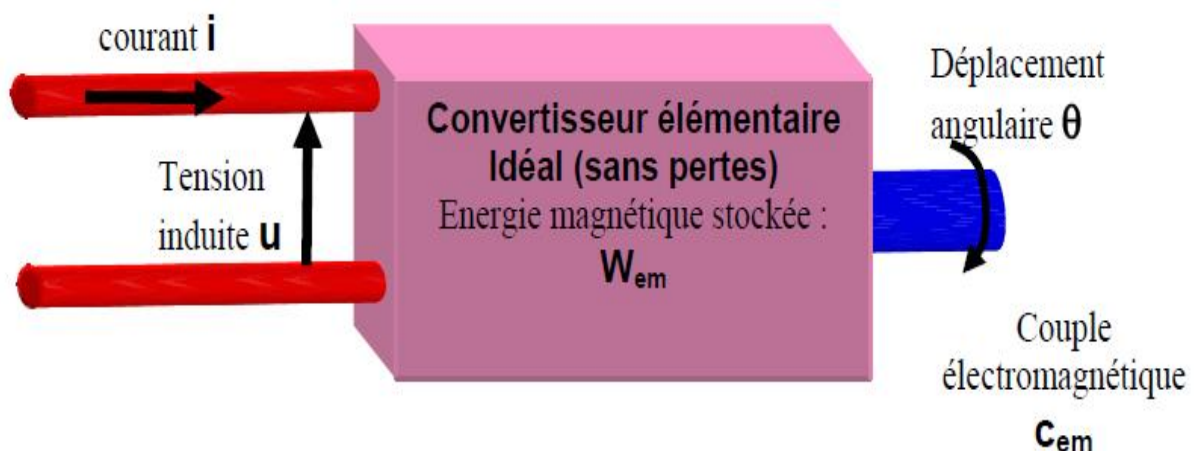


Figure I-15: Schéma de la conversion

I-2-3- les différents types de moteurs pas à pas :

On peut classer les moteurs pas à pas en 3 catégories:

- Moteur à aimant permanent;
- Moteur à réluctance variable;
- Moteur hybride.

I-2-3-1 Les moteurs à aimants permanents (moteurs unipolaires et bipolaires) :

Les moteurs à aimants permanent sont ceux que nous utiliserons dans les réalisations présentées dans ce projet. Ils sont constitués d'un stator supportant les bobinages et d'un rotor magnétique (aimant bipolaire). Comme nous l'avons dit plus haut, cette catégorie de moteurs se subdivise en deux types : le moteur unipolaire et le moteur bipolaire.

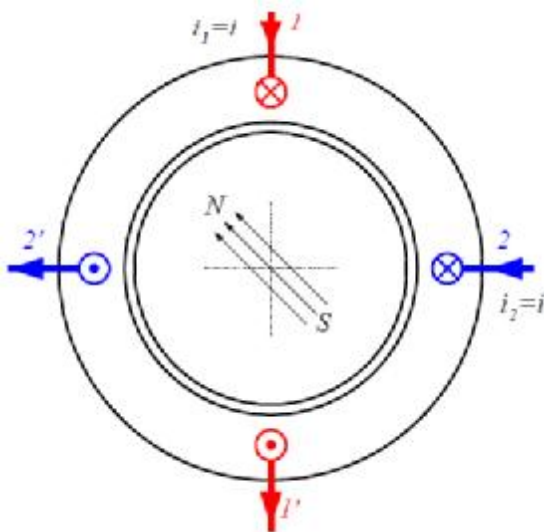


Figure I-16: Stator à structure lisse

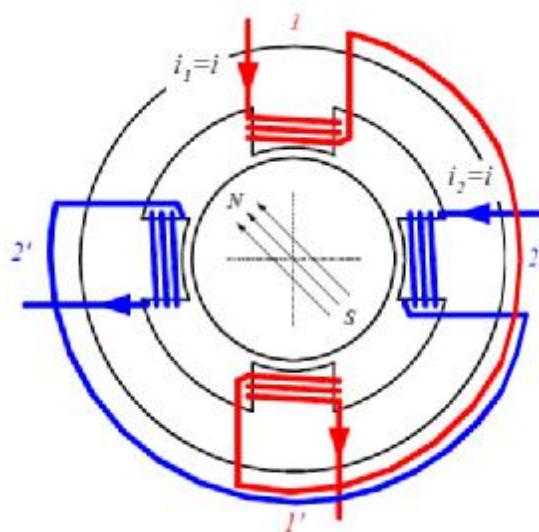


Figure I-17: Stator à structure saillante

a- Le mode unipolaire :

La commande unipolaire n'utilise en effet qu'une bobine par phase. Elle se fait entre une extrémité et le point milieu de bobinage. Cela permet néanmoins de simplifier l'électronique de pilotage vu que l'on travaille dans environnement numérique.

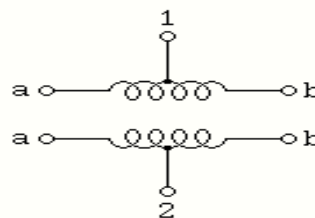


Figure I-18: Mode unipolaire

b- Le mode bipolaire :

Elle permet d'augmenter le couple de moteur, par sa position ses enroulements. Les enroulements au stator n'ont pas de point milieu, chaque borne de chaque enroulement est alimentée successivement par une polarité positive puis négative en inversant les polarités des enroulements statique. On inverse les pôles nord et sud de stator.

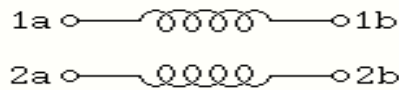


Figure I-19: Mode bipolaire

I-2-3-2 Moteur à réluctance variable :

Les circuits magnétiques du rotor et du stator sont assemblés à partir de tôles magnétiques de haute perméabilité (fer-silicium ou même fer-cobalt). Certaines machines, destinées au positionnement ou à une rotation très lente, peuvent avoir un rotor ou/et un stator en fer massif. Il existe un grand nombre d'astuces de construction pour augmenter le nombre de pas par tour, comme par exemple les structures bifilaires qui ne seront pas étudiées dans ce cours.

Pour minimiser la force magnétomotrice et augmenter la puissance massique, l'entrefer des moteurs pas à pas à réluctance variable doit être aussi petit que possible. Plusieurs géométries du rotor et du stator ont été ainsi imaginées par les constructeurs pour remplir des cahiers des charges particuliers. On distingue trois géométries de base, à savoir :

- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques dentés
- Les moteurs pas à pas à réluctance variable à plots statoriques non denté décalés

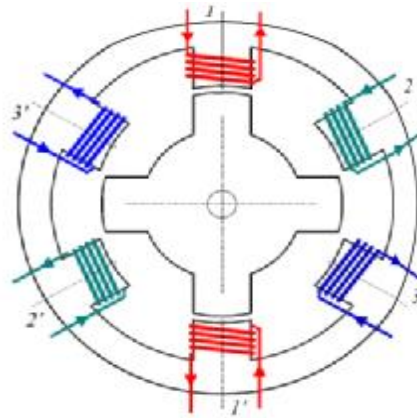


Figure I-20:Schéma du moteur à reluctance variable

Le stator présente un certain nombre de dents ayant un bobinage, le rotor (en matériau magnétique) possède un nombre différent de dents, mais sans bobinage, il se positionne pour que la réluctance du circuit magnétique soit minimum.

- 12 pas par tour ou 30° par tour.
- Des séquences pour un tour complet.

Caractéristiques principales :

- Les fréquences de fonctionnement peuvent être élevées.
- Bonne résolution.
- Construction simple mais délicate. Couple développé.
- Absence de couple résiduel avec le moteur hors tension

I-2-3 -3 Moteur hybride :

C'est un moteur à reluctance polarisée. il superpose le principe de fonctionnement des moteurs à aimant permanent et à reluctance variable et combine leurs avantages.

Le rotor est constitué de deux disques dentés décalés mécaniquement entre ces deux disques et inséré un aimant permanent. Le stator et le rotor ont un nombre de dents paire de bobines, Le rotor place les dents nord et sud de telle façon que le flux traversant le rotor soit maximal.

Caractéristiques principales :

- Hors tension, le rotor est maintenu en position.
- Bonne précision de la position du rotor.
- Grande vitesse de rotation. [10].

I-2-4 Configurations interne des bobines du moteur :**I-2-4.1. Les moteurs à 5 fils (unipolaire) :**

Le moteur comporte deux bobines à point centrales, on relie le point central à l'alimentation et les autres bobines à l'interface de puissance.

I-2-4.2. Les moteurs à 6 fils :

Avec le moteur à 6 fils, on a le choix d'une commande bipolaire, ou d'une commande unipolaire. Dans le premier cas, on ignore simplement les connexions centrales, et dans le second cas, on relie les deux points centraux au (+) de l'alimentation.

I-2-4.3. Les moteurs à 8 fils :

Avec ce moteur, on a aussi le choix d'une commande bipolaire, ou unipolaire. Dans le premier cas, on ignore les 4 fils centraux, et dans le second cas, on reliant les quatre fils centraux ensemble.

I-2-4-4-Les moteurs à 4 fils (bipolaire) :

Ce moteur agit comme s'il ne possédait que 2 bobines, il est obligé d'être alimenté soit une bobine à la fois, ou les deux en même temps. A tout moment, donc le moteur a la moitié ou la totalité de ses bobines alimentées, ce qui a comme avantage de lui donner plus de force.

Par contre, il est plus complexe de contrôler un moteur bipolaire, au niveau de l'interface de puissance.

Dans notre projet nous avons utilisé cette dernière configuration des moteurs qui ont comme référence « Sanyo Denki ».

Les moteurs pas-à-pas de cette série ont une grande résolution, de forts couples et des tailles très compactes. Ils s'insèrent donc aisément dans les équipements de précision à taille réduite.



Figure I-21: Moteur pas a pas Sanyo Denki

Les dimensions du moteur sont sur la figure ci-dessous :

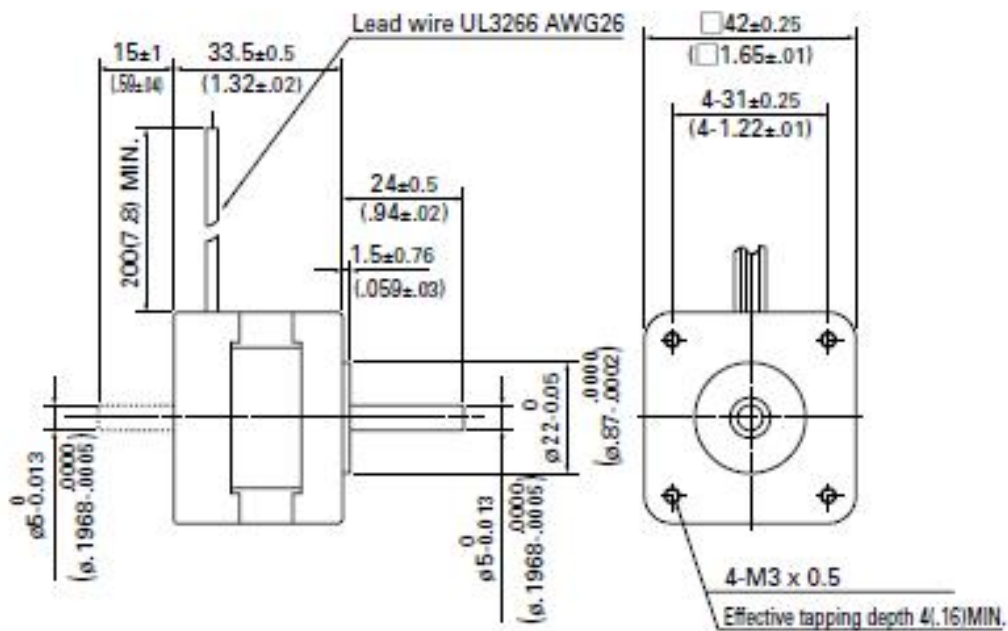


Figure I-22: structure externe du moteur

a- Les caractéristiques du moteur :

- Model 103-591-0155 Sanyo Denki 0,9 deg/pas
- Tension de source 24V
- Courant opérationnel 0,85 A/Phase
- Inductance 3,7 mH/Phase

- Résistance 4,3 Ω /Phase
- Poids 0,35 Kg
- Couple jusqu'à 6Kg /cm à 12volts
- Inertie de rotation 0,074Kg.m²
- Bobinage : Bipolaire en sortie fils

Notre moteur intègre un stator édenté comme le montre la figure ci-dessous :

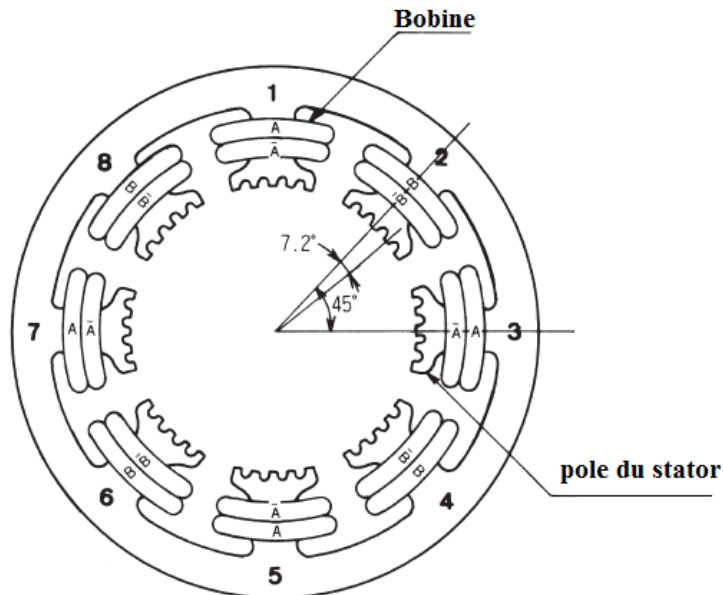


Figure I-23: Structure interne du moteur

b-Points Clés :

1) Fort Couple :

Une optimisation dans le design du circuit magnétique a permis une augmentation du couple de maintien par rapport aux modèles conventionnels en 0.9° par pas.

2) Résolution et Précision accrues :

Une plus grande précision du moule et le double de dents au rotor et au stator permettent d'obtenir une résolution de 0.9° par pas (400 pas par tour) ainsi qu'une précision accrue de +/-0.054°.

3) Faible niveau de vibration et de bruit :

La grande concentricité du rotor et du stator permet un meilleur équilibrage de la rotation et la diminution du niveau des vibrations et du bruit. De plus, grâce à de petits angles par pas de 0.9°, ces moteurs ont beaucoup moins de vibrations que les moteurs 1.8° par pas.

4) Taille Compacte :

Un concept novateur du système de sortie des fils permet l'élimination de la protubérance du connecteur de sortie sans sacrifier les performances des moteurs.

I-3-Capteur et contacteur de fin de course :**I-3-1-Capteurs :****I-3-1-1-introduction :**

Mesurer et contrôler des températures avec une précision adéquate est un besoin vital dans l'industrie et la recherche. On sous-estime souvent les problèmes liés à une mesure exacte de la température. Même le thermomètre le plus précis ne mesure que la température du thermomètre lui-même. Pour être sûr que l'on mesure la température qu'il y a à l'endroit du thermomètre il faut s'assurer que l'équilibre thermique soit établi. Un thermomètre exposé au soleil n'indique pas la même température qu'un thermomètre posé à côté à l'ombre. Il s'y ajoute à ce problème fondamental de la thermométrie les limites dues aux thermomètres choisis et aux matériaux utilisés pour sa fabrication.

Différentes propriétés ou phénomènes physiques peuvent être appliqués pour mesurer la Température.

Les plus importantes sont :

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| - Dilatation thermique | Thermomètre au Hg (ou autre liquide) |
| | Thermomètre à dilatation de gaz |
| | Bimétal |
| - Résistivité électrique | p.ex fils en Pt, thermistors |
| - Effet Seebeck | Thermocouple |
| - Rayonnement électromagnétique | Pyromètre (capteur infrarouge) |

I-3-1-2-Définition :

Un thermocouple est un capteur qui mesure la température. Il se compose de deux métaux de natures différentes reliés à une extrémité. Quand la jonction des métaux est chauffée ou réfrigérée, une tension variable est produite, qui peut être ensuite transcrite en température. Les alliages de thermocouple sont généralement disponibles en fils

En physique, les **thermocouples** sont utilisés pour la mesure de températures. Ils sont bon marché et permettent la mesure dans une grande gamme de températures. Leur principal défaut est leur imprécision : il est relativement difficile d'obtenir des mesures avec une erreur inférieure à 0,1-0,2 °C. La mesure de température par des thermocouples est basée sur l'effet Seebeck.

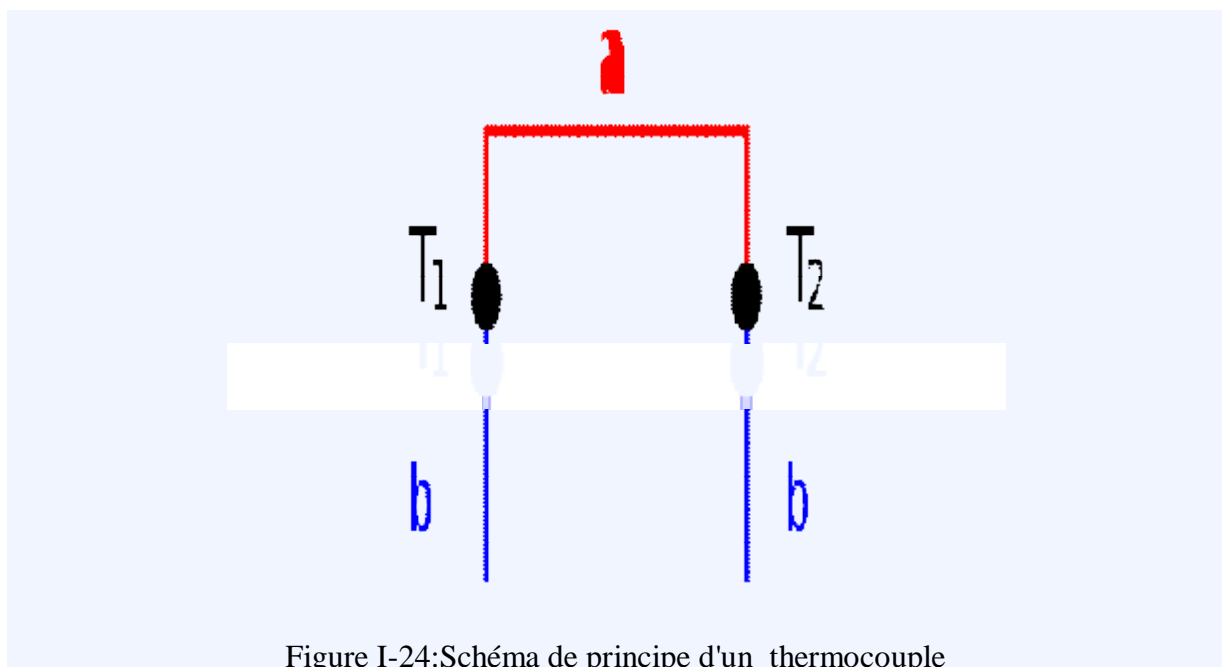


Figure I-24:Schéma de principe d'un thermocouple

I-3-1-3-Principes de la mesure :

Le schéma ci-contre présente le principe de la mesure de température par thermocouples. Les deux métaux a et b, de nature différente, sont reliés par deux jonctions (formant ainsi un thermocouple) aux températures T_1 et T_2 . Par effet Seebeck, le thermocouple génère une différence de potentiel qui dépend de la différence de température entre les jonctions, T_1-T_2 . Notons que les thermocouples ne mesurent pas à proprement parler une température mais une différence de température. Pour mesurer une température inconnue, l'une des deux jonctions doit être maintenue à une température connue, par exemple celle de la glace fondante (0°C). Il est également possible que cette température de référence soit mesurée par un capteur (température ambiante, par exemple). La mesure de température est donc une mesure indirecte, puisque les thermocouples mesurent en fait une différence de potentiel électrique, il est donc nécessaire de connaître la réponse du thermocouple utilisé en fonction de la température pour pouvoir relier la différence de potentiel électrique à la différence de température. La mesure passant par la détermination d'une différence de potentiel, sa précision dépend fortement du voltmètre utilisé.

I-3-1-4-L'effet Seebeck

Un gradient de température provoque dans un conducteur d'électricité un champ électrique.

Selon la loi de Seebeck

$$E = S \cdot \text{grad}T(r)$$

Le champ électrique E est proportionnel au gradient de température. La constante de Proportionnalité S , qui est une caractéristique du matériau, est appelée coefficient de Seebeck.

La force électromotrice U entre les extrémités d'un fil, l'une à T_1 l'autre à T_2 , devient alors pour un matériau homogène (S peut dépendre de T mais pas de x)

$$U = \int_{x_1}^{x_2} S(T(x)) \cdot \frac{\partial T}{\partial x} dx = \int_{T_1}^{T_2} S(T) dT \cong S \cdot (T_2 - T_1)$$

Le coefficient de Seebeck ne dépend souvent que de la température. Il suffit donc de tenir compte de la dernière équation pour la discussion. Comme tous les conducteurs sont soumis à l'effet Seebeck, y inclus les fils dans un voltmètre, il est évident que l'on ne peut pas mesurer directement la tension U avec un voltmètre. Pour que le voltmètre indique les valeurs calibrées, il faut que ses bornes soient à la même température.

La tension thermoélectrique mesurée par le voltmètre se compose des forces électromotrices des fils A et B avec les signes pris dans le même sens de rotation.

$$U = S_A(T_2 - T_1) + S_B(T_1 - T_2) = (S_A - S_B) \cdot (T_2 - T_1)$$

En notant que la différence $S_A - S_B$ est une caractéristique du couple AB (= thermocouple) et que les jonctions entre les fils et le voltmètre peuvent être maintenues à la même température T_1 , on voit que U est une mesure pour la température T_2 . En pratique, on réalise la température de référence par un mélange d'eau et de glace ($T_1 = 0^\circ\text{C}$). Comme les coefficients de Seebeck dépendent toujours légèrement de la température, on utilise des tables qui indiquent pour chaque degré la tension thermoélectrique.

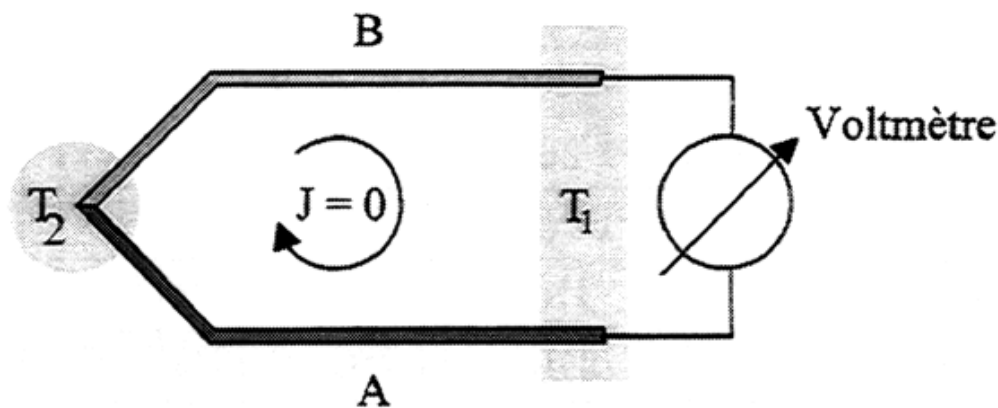


Figure I-25: structure du thermocouple

Pour finir, il existe plusieurs types de thermocouples sont utilisés pour une gamme précise de température de quelques degrés à quelques milliers de degrés. Les signaux électriques de ces sondes sont de l'ordre du microvolt au millivolt et non linéaires. Les signaux sont traités par des modules électroniques intégrant une fonction adaptée au thermocouple qui linéarise le

signal et le corrige avec la soudure froide. L'avantage du thermocouple est la fiabilité, encombrement et sa mise en œuvre.

I-3-1-5-Différents types de thermocouples :

Il existe différents types de thermocouples, correspondant chacun à une gamme de température ou à une plus ou moins grande précision. Leurs propriétés peuvent également dépendre du type d'isolation (gaine) utilisée pour les fils métalliques. La liste suivante donne la définition des thermocouples suivant les normes internationales.

I-3-1-5-1-Thermocouples à base de métaux usuels

Type E

- **Composition** : Chromel (alliage nickel+chrome (10%)) / Constantan (alliage nickel+cuivre (45%))
- Ce thermocouple est intéressant pour la mesure de températures basses. Il a également l'avantage de ne pas avoir de réponse magnétique.

Type J

- **Composition** : Fer / Constantan (alliage nickel+cuivre)
- Fonctionne bien dans le vide et dans une plage de température de 0 à 750°C, mais n'est pas recommandé pour les basses températures, à cause de problèmes d'oxydation du fer.

Type K

- **Composition** : Chromel (alliage nickel + chrome) / Alumel (alliage nickel + aluminium (5%) + silicium)
- thermocouple standard. Il permet une mesure dans une gamme de température large : -200 °C à 1250°C. Il est également bon marché.

Type N

- **Composition** : Nicrosil (alliage nickel + chrome (14%) + silicium (1.5%)) / Nisil (alliage nickel + silicium (4.5% + magnésium (0.1%))
- sa bonne stabilité et sa bonne résistance aux températures élevées (-270 à 1300°C) et à l'oxydation rendent ce thermocouple intéressant pour les mesures à hautes températures et dans le vide.

Type T

- **Composition** : Cuivre / Constantan (alliage cuivre + nickel)
- Ce thermocouple est particulièrement adapté pour une utilisation à basse température (-200 à 350°C) comme pour des applications cryogéniques.

I-3-1-5-2-Thermocouples à base de métaux nobles**Type R**

- **Composition** : Platine-Rhodium (13%) / Platine
- adapté aux températures élevées (0 à 1450°C).

Type S

- **Composition** : Platine-Rhodium (10%) / Platine
- adapté aux températures élevées (0 à 1450°C).

Type B

- **Composition** : Platine-Rhodium (30%) / Platine-Rhodium (6%)
- adapté aux températures élevées (0 à 1700°C), utilisé en grande partie en verrerie industrielle.

I-3-1-5-3-Thermocouples à base de métaux réfractaires**Type C**

- **Composition** : Tungstène-Rhénium (5%) / Tungstène-Rhénium (26%)
- adapté aux températures très élevées (0 à 2320°C). Prix élevé, difficile à fabriquer, fragile. Ne doit pas être utilisé en présence d'oxygène en dessous de 500°F.

I-3-1-6-Comment choisir un Thermocouple?

Comme les thermocouples peuvent être utilisés dans de larges palettes de température et peuvent être relativement solides, ils sont employés très souvent dans l'industrie. Les critères suivants sont pris en compte dans leur sélection:

- Palette de température
- Résistance chimique du thermocouple ou de la gaine
- Résistance aux abrasions et vibrations

- Conditions requises d'installation (compatibilité avec les équipements existants: par exemple les trous existants peuvent déterminer le diamètre des sondes...).

I-3-1-7-Quel type de jonction choisir?

Les sondes de thermocouple gainées sont disponibles avec un choix de trois types de jonction : fondée, isolée ou exposée (voir schéma ci-dessous : « Modèles d'extrémité de thermocouple »). A l'extrémité d'une sonde de jonction fondée, les fils de thermocouple sont physiquement attachés à l'intérieur de la paroi de la sonde. Ceci favorise le transfert de chaleur de l'extérieur de la paroi de la sonde à la jonction du thermocouple. Dans une sonde isolée, la jonction de thermocouple est détachée et isolée de la paroi de la sonde. Le temps de réponse est donc plus lent que celui de la sonde fondée, mais l'isolation offre l'isolation électrique (voir tableau ci-dessous).

| Résistance d'isolation à la température ambiante. Thermocouple à jonction isolée | | |
|---|-----------------------|----------------------------|
| Diamètre nominal de gaine | Tension/min appliquée | Résistance d'isolation min |
| Moins de 0.90mm (0.03in.) | 50V | 100M Ohms |
| 0.80-1.5mm (0.030 to 0.059in.) | 50V | 500M Ohms |
| Plus de 1.5mm (0.059in.) | 500V | 1000M Ohms |

Le thermocouple à jonction exposée sort de la gaine et est exposé à l'air libre. Ce modèle offre le meilleur temps de réponse, mais son utilisation est limitée à des applications sèches, non corrosives et non pressurisées.

I-3-1-8-Qu'est-ce-que le temps de réponse?

Un temps constant a été défini comme le temps requis pour qu'un capteur atteigne 63.2% de la température de l'étape d'altération dans des conditions spécifiques. Cinq temps constants sont nécessaires pour que le capteur approche 100% de la valeur de l'étape d'altération. Un thermocouple à jonction exposée a le temps de réponse le plus rapide. En outre, plus le diamètre de la gaine de la sonde est petit, plus le temps de réponse est rapide, mais la température maximale peut être moins élevée. Cependant, soyez conscient que, parfois la gaine de la sonde ne peut pas résister à la même gamme de température que celle du thermocouple selon les modèles.

| Matière | Température Maximale | Conditions atmosphériques | | | |
|-------------|----------------------|---------------------------|-----------|----------|----------|
| | | Oxydation | Hydrogène | Vide | Inerte |
| 304 SS | 00°C (1650°F) | Très Bon | Bon | Très Bon | Très Bon |
| Inconel 600 | 1148°C (2100°F) | Très Bon | Bon | Très Bon | Très Bon |

I-3-1-9-Gammes de Thermocouple et Tolérances

Les caractéristiques de précisions IEC & ANSI et les palettes de températures sont répertoriées pour les modèles de thermocouples les plus communs dans notre Thermocouple.

F o r m u l e

Pour calculer la valeur de la résistance par rapport à la température

Pour la plage de -200 °C à 0 °C.

$$R_t = 100 \times (1 + 3,9083 \times 10^{-3} \times T - 5,775 \times 10^{-7} \times T^2 - 4,183 \times 10^{-12} (T - 100) \times T^3).$$

Pour la plage de 0 °C à 850 °C.

$$R_t = 100 \times (1 + 3,9083 \times 10^{-3} \times T - 5,775 \times 10^{-7} \times T^2).$$

Avec : R_t : résistance en Ω à une température T.

T : température en °C.

Et voici Notre thermocouple

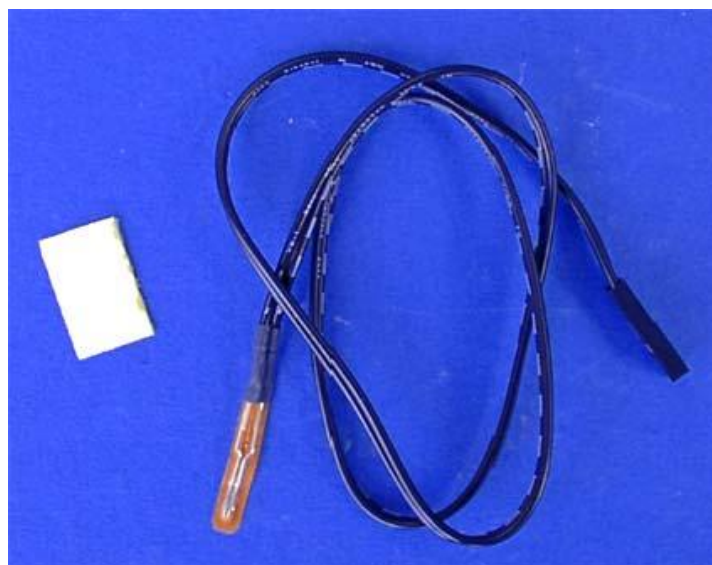


Figure I-26:Thermocouple

I-4-Contacteur utilisé :

nous avons ajouter des contacteur de fin course afin d'éviter les dépassements de la machine et avoir plus de sureté, ces contacteurs sont d'un emplois très général, d'une part, parce que le control de la limite des axes est un élément très important pour le fonctionnement correcte de beaucoup de machine (machine outil par exemple) ,d'autre part, parce qu'un certain nombre de grandeurs physiques sont mesurable par les déplacements qu'elles imposent a des corps d'épreuves :ces le cas des changement de vitesses.

La méthode fondamental utilisé pour le repérage de la limite est d'adapter a la machine des contacteurs de fin de course qui fourni un signal aux cartes de commande des moteurs traduisant un arrêt immédiat de la machine.

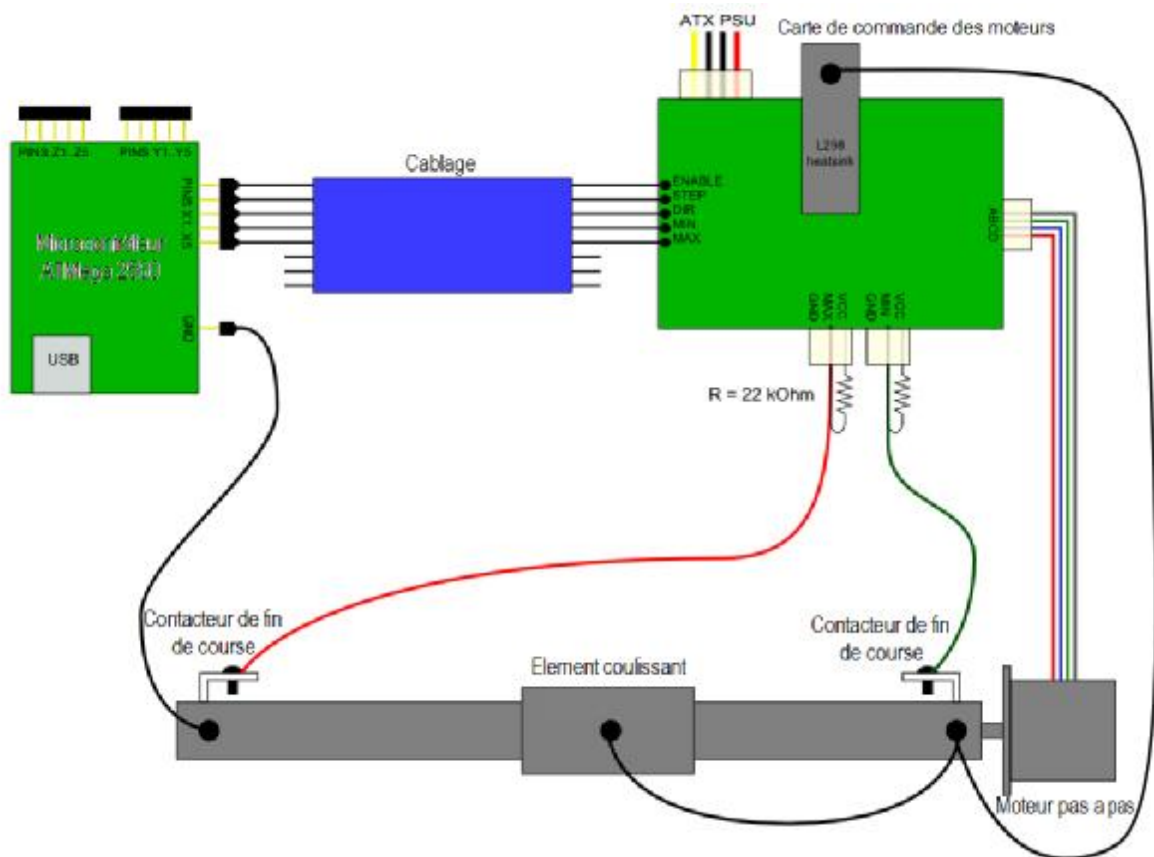


Figure I-27: Schéma du contacteur adapté à la structure

Nous avons appelé nos contacteurs de fin de course MIN/MAX, le MIN est la partie la plus proche du moteur et le MAX la partie la plus loin de ce dernier.

Les MIN/MAX ont trois pins :

GND : la masse.

VCC : 5V.

MIN : pin du signal.

Nous avons mis une résistance de 22KOhm en série entre le pin du signal et le VCC.

Conclusion :

On voit la dessous le schéma électronique des différentes cartes de commandes et moteurs pas à pas liés à la carte d'acquisition.

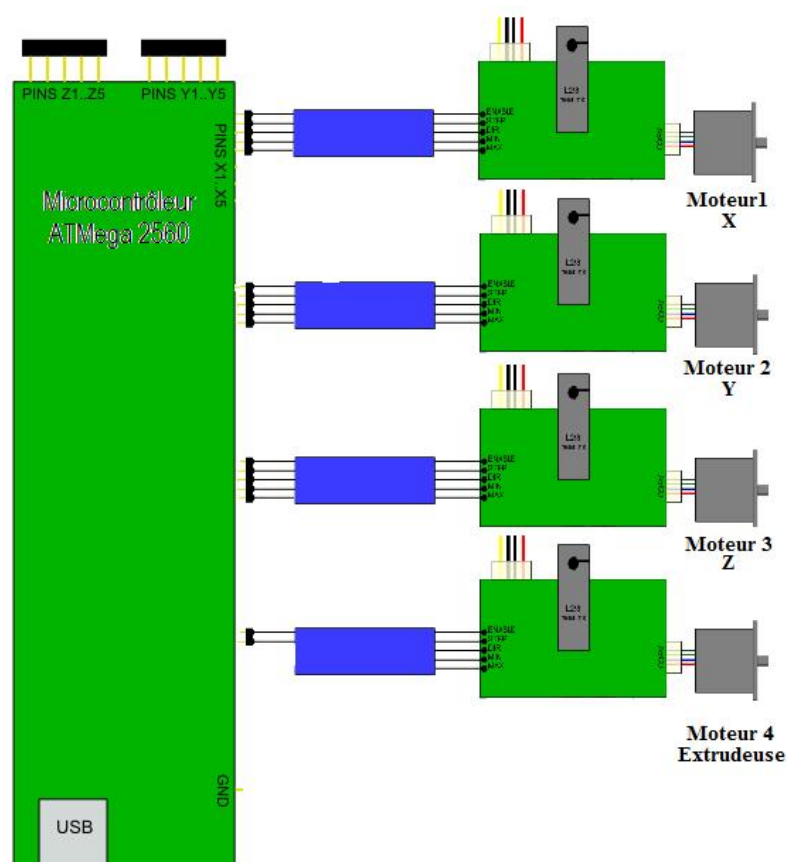


Figure I-28: Schéma électronique

Le moteur de l'extrudeuse associé seulement a deux fils du microcontrôleur car elle ne contient pas un contacteur de fin de course, et la direction du moteur ne change pas reste tout le temps dans un seul sens.

La structure complète de la machine extrudeuse prise en photo :



Figure I-29: Structure de la machine

CHAPITRE II

La Commande Numérique **De l'Extrudeuse**

II-1-Introduction :

La CN est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé.

C'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une très grande facilité d'adaptation à des travaux différents. À ce titre, la CN constitue l'un des meilleurs exemples de pénétration du traitement de l'information dans les activités de production. Exploitant au maximum les possibilités de la micro-informatique, **toutes les données sont traitées en temps réel**, c'est-à-dire au moment où elles sont générées, de manière à ce que les résultats du traitement contribuent également à piloter le processus.

Après une première génération de CN à logique câblée sont apparues les commandes numériques par ordinateur (CNC), ou par ordinateur, qui intègrent un ou plusieurs ordinateurs spécifiques pour réaliser tout ou partie des fonctions de commande.

Tous les systèmes de CN commercialisés actuellement contenant au moins un microprocesseur, les termes CN et CNC peuvent être considérés comme des synonymes. Pour des raisons de simplicité, le terme CN sera le seul utilisé tout au long de cet article.

II-2-Principe de l'asservissement de la CN :

Nous avons deux sortes d'asservissements en boucle fermée et en boucle ouverte.

II-2-1-en boucle ouverte :

Le schéma ci-dessous explique l'asservissement de la commande numérique du fonctionnement de notre machine en boucle ouverte.

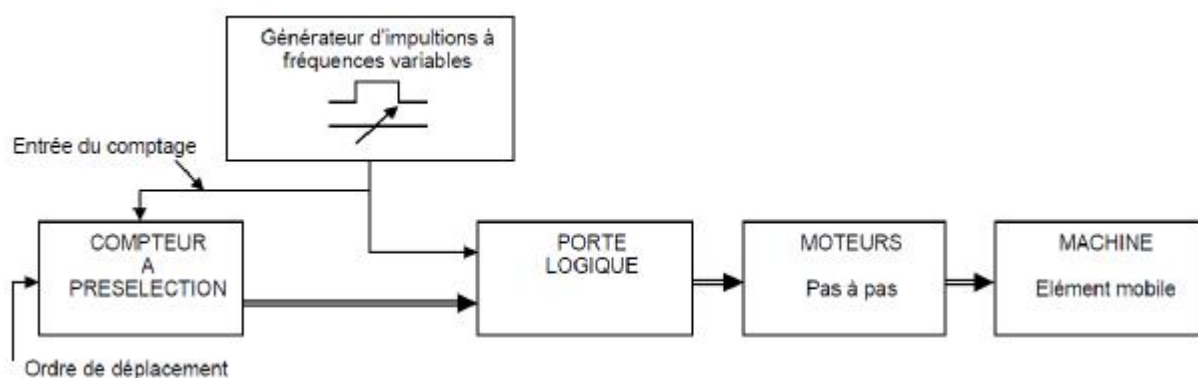


Figure II-1: Schéma de la CN en BO

II-2-1-en boucle fermé :

Le schéma ci-dessous explique l'asservissement de la commande numérique du fonctionnement de notre machine en boucle fermée.

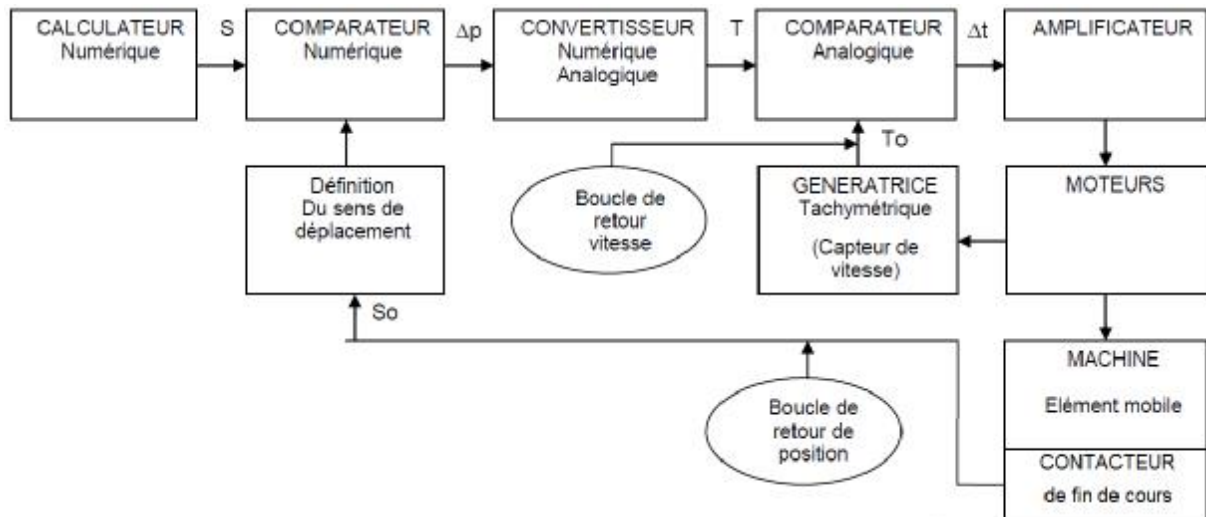


Figure II-2: Schéma de la CN en BO

Pour satisfaire les besoins établis dans le chapitre précédent on a retenu un contrôleur numérique programmable à l'aide de logiciels et programmes. L'utilisation de ces composants avec un choix judicieux de la répartition des différentes tâches nous permet d'obtenir un meilleur compromis entre les différents calculs fournis par les éléments de la machine et la haute vitesse d'exécution apportée par le Microcontrôleur.

II-3-Logiciels utilisés :

II-3-1-Logiciel de conception 3D :

On a utilisé un logiciel multiplateforme pour la conception des pièces en 3D (AOI) Art Of Illusion (l'art de l'illusion). Développé entièrement en Java, il nécessite l'utilisation du J2SE de Sun. Il comporte plusieurs options et outils parmi les plus utilisés on a l'éditeur d'objet pour effectuer du modelage sur l'objet, le lisser ou le déformer, les outils de dessin, de déplacement, de prise de vue et de lumière, divisée en 4 parties indépendantes, pour visualiser et paramétrer l'objet en cours, sous différents angles et prises de vue, la liste des objets composant votre dessin, pour une sélection rapide et fonctionnelle.

Nous exploiterons ce logiciel pour avoir les formes et les figures qu'on veut créer à partir de l'extrudeuse.

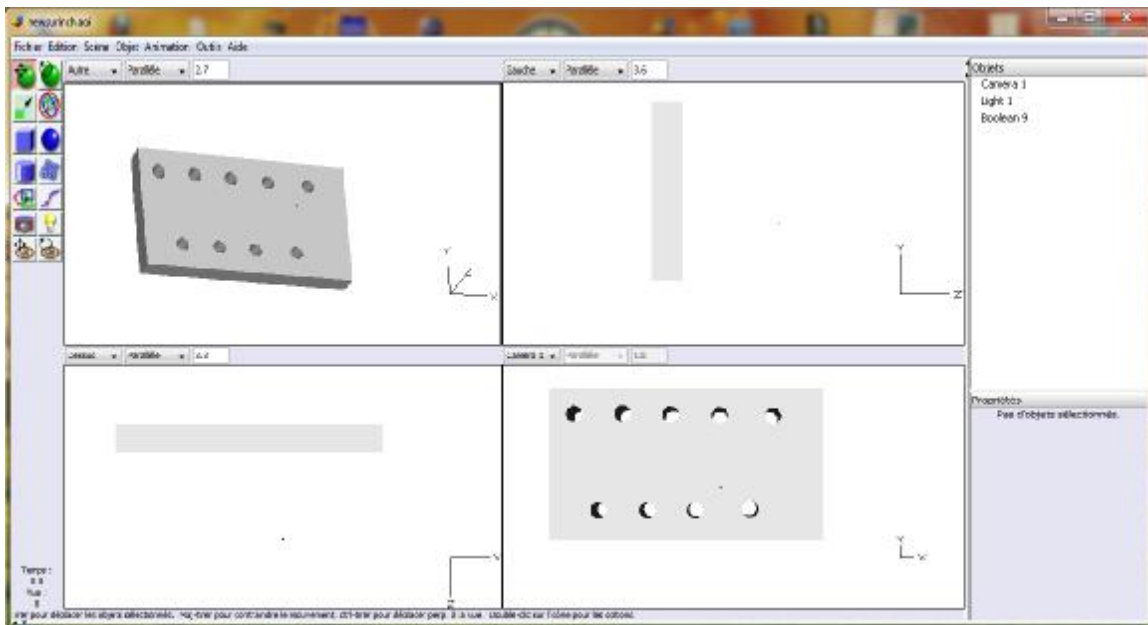


Figure II-3: Interface d'Art Of Illusion

II-3-2-Logiciel de conversion :

Ce deuxième logiciel nous permet d'exécuter deux tâches :

- A) - Charger les pièces à imprimer en fichiers STL, et générer un G-Code ;
- B) - Charger le G-Code résultant aux cartes de commande ;

II-3-2-1- Présentation du logiciel :

Lorsqu'on exécute le logiciel, deux fenêtres s'ouvrent : L'une c'est une console qui nous permet de mettre en place les objets à imprimer et aussi faire des essais sur les cartes de commandes et les moteurs, cela en chargeant les fichiers STL on parlera de cette extension plus tard.

La fenêtre du logiciel de conversion et ses différents paramètres sont affichés sur la figure ci-dessous :

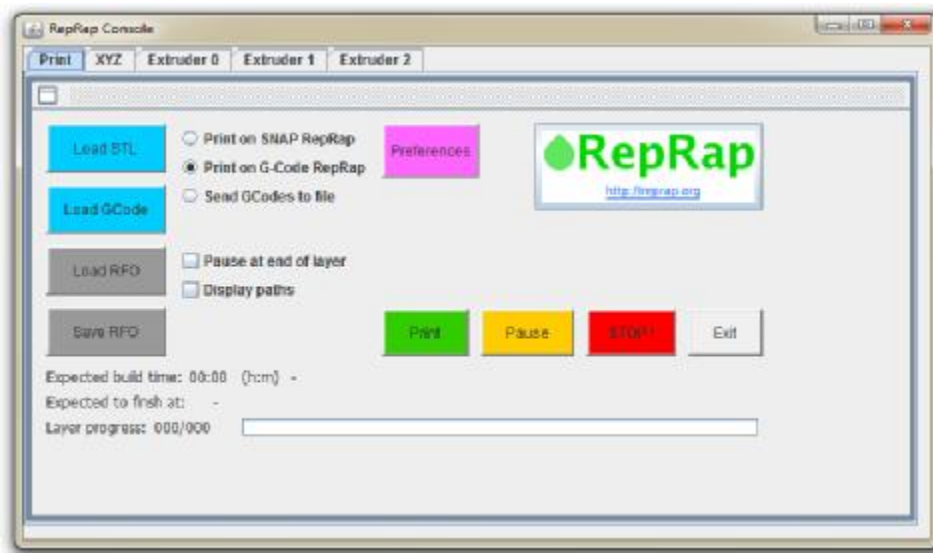


Figure II-4: La capture de la première fenêtre

Et l'autre est une vue en plan de la base de la machine sur laquelle vous pouvez charger des fichiers STL des pièces que vous voulez usiner, et puis les positionner où vous voulez dans l'espace sur les axes X, Y et Z.

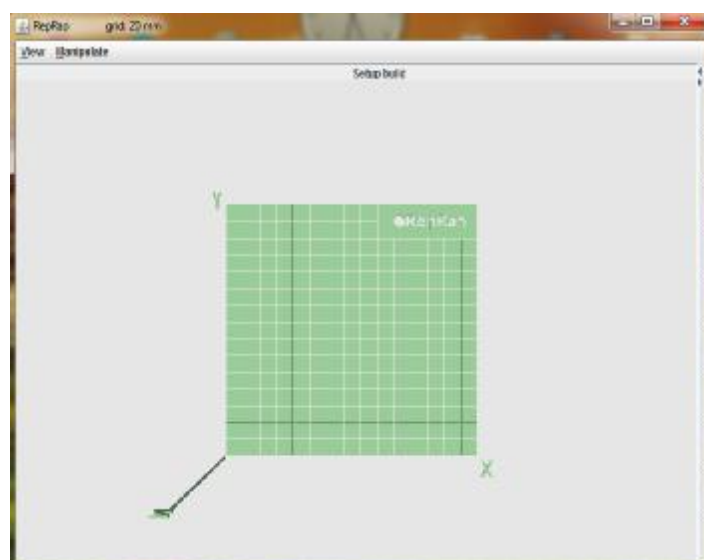


Figure II-5: La capture de la deuxième fenêtre

Pour plus d'information nous allons définir les fichiers STL et le langage de programmation G-Code

a- Les fichiers STL :

STL est un format de fichier natif de la stéréolithographie CAO logiciel créé par *3D Systems*. Ce format de fichier est supporté par de nombreux autres logiciels que celui qu'on a utilisé, il est largement utilisé pour le prototypage rapide et la fabrication assistée par ordinateur. Les Fichiers STL ne décrivent que la géométrie de la surface d'un objet en trois dimensions, sans aucune représentation de la couleur, la texture ou d'autres attributs du modèles CAO. Le format STL spécifie deux représentations ASCII et binaires. Les fichiers binaires sont plus fréquents, car elles sont plus compactes. En 2011, l'ASTM a remplacé le format STL avec le format de fichier additif de fabrication (AMF), qui a un support natif pour la couleur, les matériaux multiples, et les constellations.

Dans les versions ASCII et binaires de la STL, la **facette normale** devrait être un vecteur unitaire pointant vers l'extérieur de l'objet solide. Dans la plupart des logiciels cela peut être réglé à (0, 0, 0) et le logiciel calcule automatiquement une normale basée sur l'ordre des sommets des triangles à l'aide de la «règle de la main droite». Certains chargeurs STL (par exemple, le plugin STL pour **Art of Illusion**) vérifient que la normale dans le fichier est en concordance avec la normale calculée en utilisant la règle de la main droite. D'autres logiciels peuvent ignorer la facette normale complètement et utiliser seulement la règle de la main droite. Certains autres logiciels (par exemple, SolidWorks) utilisent la normale pour les effets d'ombrage.

b- Le G-Code :

G-Code est une langue couramment utilisé pour contrôler les machines CNC, conçu pour fonctionner sur du matériel modeste.

Plusieurs logiciels peuvent générer des G-code dont celui qu'on a utilisé, ce firmware nous permet une certaine souplesse

À l'origine, le langage de programmation était le G-Code, développé par l'EIA au début des années 1960, et finalement normalisé par l'ISO en février 1980 sous la référence RS274D/ (ISO 6983).

Compte tenu de l'absence de développements ultérieurs, de la grande variété des configurations de machines-outils, et du peu de demande pour une réelle interopérabilité, peu de contrôleurs à commande numérique respectent ce standard. Des extensions et variantes ont été ajoutées indépendamment par divers fabricants, ce qui fait que les opérateurs doivent connaître les différents dialectes et particularités des machines qu'ils utilisent, et les systèmes de CFAO doivent se limiter au plus petit dénominateur commun des machines qu'ils commandent.

Beaucoup de fabricants ont essayé de contourner cette difficulté à rester compatible en suivant la route tracée par Fanuc. Malheureusement, Fanuc n'est pas conforme à la norme RS-274 ou à ses précédents standards, et a été lent à ajouter de nouvelles fonctionnalités et à utiliser la puissance croissante des ordinateurs. Par exemple, ils ont transformé la commande g70/g71 en g20/21; ils ont utilisé des parenthèses pour les commentaires, ce qui a causé des problèmes lors de l'introduction des calculs mathématiques; ils n'ont commencé à utiliser les nanomètres que récemment (ce qui requiert 64 bits); ils ont introduit les nurbs pour compenser le faible débit des blocs depuis la mémoire (au lieu de mettre en place un cache).

Depuis l'établissement de la norme ISO 6983, et les technologies évoluant rapidement, de nombreuses extensions ont été ajoutées pour tenir compte des nouveautés et des nouvelles capacités des machines-outils. Ces extensions, bien que souvent utiles chez des constructeurs différents de Directeur de Commande Numérique, n'entrent pas dans la norme et compliquent la tâche des logiciels de Fabrication assistée par ordinateur, qui doivent créer les lignes de ce langage pour un DCN particulier. À côté de l'ISO, de nouveaux codes sont apparus, différents selon le Directeur de Commande Numérique. Ils intègrent de plus en plus, en plus de l'ISO, des langages propres aux constructeurs de DCN (symbolique, C, etc.) ainsi que des interfaces de programmation conversationnelle destinées à simplifier la programmation.

Quelques exemples du mode de fonctionnement du G-Code :

| | |
|---------|--|
| G00 | Déplacement rapide |
| G01 | Interpolation linéaire |
| G02 | Interpolation circulaire (sens horaire) |
| G03 | Interpolation circulaire (sens antihoraire) |
| G04 | Arrêt programme et ouverture carter (pour nettoyer) (temporisation - suivi de l'argument F ou X en secondes) |
| G10/G11 | Écriture de données/Effacement de données |
| G17 | Sélection du plan X-Y |
| G18 | Sélection du plan X-Z |
| G18 | Sélection du plan Y-Z |
| G19 | Programmation en pouces |
| G20 | Programmation en mm |
| G21 | Retour à la position d'origine |
| G28 | Saute la fonction (utilisé pour les capteurs et les mesures de longueur d'outil) |
| G31 | Filetage à pas constant |
| G33 | Filetage à pas variable |
| G34 | Pas de compensation de rayon d'outil |
| G40 | Compensation de rayon d'outil à gauche |
| G41 | Compensation de rayon d'outil à droite |
| G42 | Déplacements en coordonnées absolues |
| G90 | Déplacements en coordonnées relatives |
| G91 | Déplacement en Pouces par minute/Pouce par tour |
| G96/G79 | Vitesse de coupe constante (vitesse de surface constante)/Vitesse de rotation constante ou annulation de G96 |

c-Fonctions préparatoires G :

La fonction d'interpolation linéaire rapide G0 (interpolation linéaire en mode rapide).

La fonction d'interpolation linéaire (à la vitesse programmée) G1 (interpolation linéaire en mode de travail).

La fonction d'interpolation circulaire G2 (interpolation circulaire sens horaire) et G3 (interpolation circulaire sens trigonométrique).

La fonction de temporisation (programmable avec F, X ou P) G4.

La fonction d'arrêt précis en fin de bloc G9.

II-4-L'emploi des Logiciels :

II-4-1- maniemment d'Art Of Illusion :

Avant toute chose on doit d'abord installer un plugin sur Art Of illusion qui permet de convertir l'extension « .aoi » a l'extension « .STL ». Après ça, on dessine nos objets 3D qu'on veut imprimer sur la fenêtre de ce logiciel et on enregistre. Automatiquement l'extension est « .aoi », à l'aide du plugin et la fonction exporter en .STL l'extension change.

On suit la méthode sur la figure suivante :

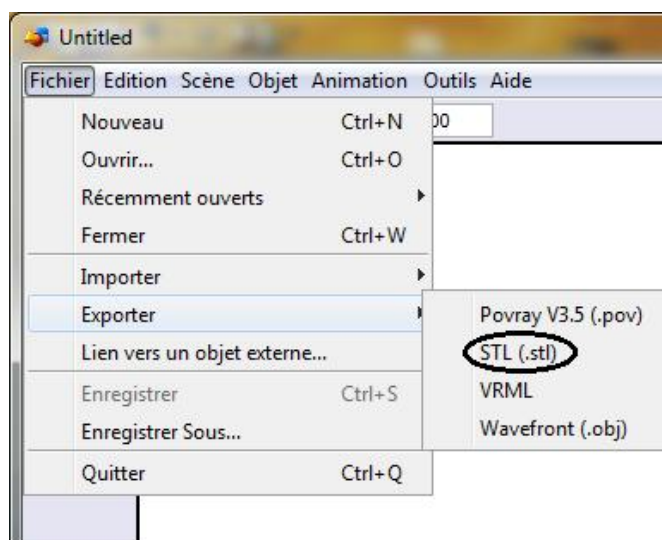


Figure II-6: Le Plugin .STL

II-3-2-Utilisation du Logiciel de conversion :

Cela nous permet de sélectionner les fichiers STL qu'on a conçu sur Art Of Illusion et les charger sur la base de la machine pour l'impression, comme décrit ci-dessous.



Figure II-7: Charger le fichier STL

II-4-3-Le positionnement de l'objet :

Une fois on a chargé le fichier on place l'objet à imprimer au centre du trièdre pour éviter le dépassement de la machine.

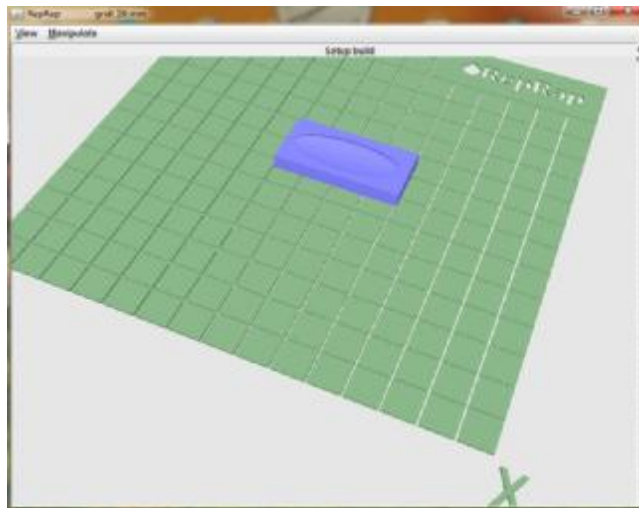


Figure II-8: L'objet sur la grille

II-4-4-L'impression de l'objet :

Avant d'utiliser le bouton « Print » pour imprimer l'objet, il faut d'abord cocher sur la case « display paths » pour afficher les résultats de l'impression.

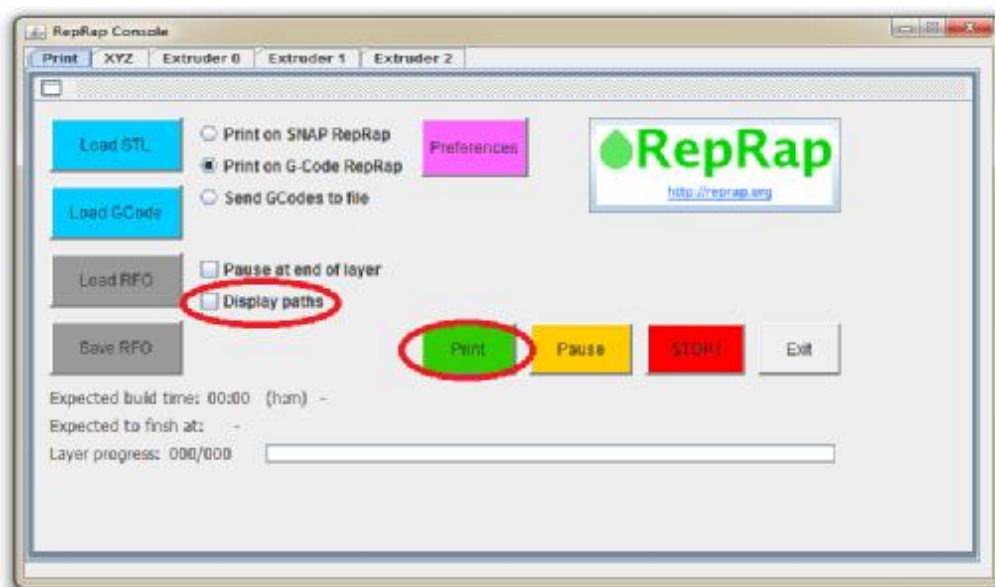


Figure II-9: Capture de l'impression

II-5- L'interface utilisée:

II-5-1-Présentation de la carte principale:

C'est une carte électronique en matériel libre qui possède des entrées et des sorties dont le signal PWM et les entrées analogique et numérique.

L'utilisation d'une carte sans régulation nécessite l'ajout de résistances de puissance en série avec les bobines du moteur, ce qui implique une grande consommation électrique.

Ainsi, il est recommandé d'utiliser une carte avec régulation **PWM**, surtout quand la vitesse doit dépasser **2 tours / secondes**.

Une régulation **PWM** (Pulse Width Modulation), consiste à découper le courant envoyé dans un moteur en des tranches très fines, et de ne maintenir la tension que pendant une fraction du temps. Si l'on maintient durant la 'tranche', la tension pendant 33% du temps, le moteur se comportera comme s'il était alimenté avec une tension trois fois inférieure.

Une alimentation stabilisée n'est pas nécessaire pour les moteurs (avec l'utilisation de la PWM), du fait de la régulation continue du courant.

Cette carte principale est utilisée dans différents domaines de l'automatique et l'électronique comme la commande des servomoteurs et des pas à pas, le flashage des consoles (Playstation3 et Xbox), la conception des robots mobiles, elle peut servir aussi pour des dispositifs interactifs autonomes simples, comme interface entre capteurs, programmeur de certains microcontrôleurs.

On a choisit d'utiliser une carte d'interface avec le microcontrôleur ATmega2560 très puissant qui assure une meilleur transition d'information et le lien entre la carte de commande et le PC



Figure II-10: Carte d'acquisition MEGA UNO

L'Arduino Mega 2560 est un microcontrôleur basé sur l'ATMEGA 2560.

Il dispose de 54 entrées / sorties numériques broches (dont 14 peuvent être utilisées comme sorties PWM), 16 entrées analogiques, 4 UART (ports série matériels), un 16 MHz oscillateur à cristal, une connexion USB, une prise d'alimentation, un connecteur ICSP et un bouton de réinitialisation. Il contient tout le nécessaire pour soutenir le microcontrôleur, il suffit de le connecter à un ordinateur avec un câble USB ou d'alimentation avec un adaptateur AC-DC ou batterie pour démarrer. Dans la version la plus courante, la communication avec l'ordinateur se fait par un port USB. Il existe plusieurs versions de l'Arduino, dont une version miniaturisée. La carte dispose d'un logiciel système interne (modifiable) et des programmes utilisateur.

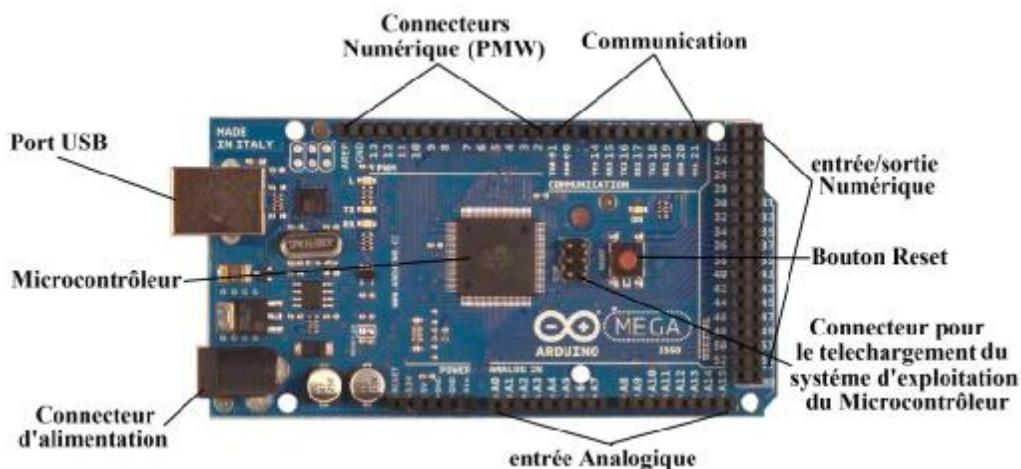


Figure II-11: composition de la carte d'acquisition

Résumé :

| | |
|-------------------------------|---|
| Microcontrôleur | ATMEGA2560 |
| Tension de fonctionnement | 5V |
| Tension d'entrée (recommandé) | 7-12V |
| Tension d'entrée (limites) | 6-20V |
| Digital I / O Pins | 54 (dont 14 fournissent une sortie PWM) |
| Broches d'entrée analogique | 16 |
| DC Courant par broche E / S | 40 mA |
| Courant DC 3.3V pour Pin | 50 mA |

| | |
|----------------------|---|
| Mémoire Flash | 256 Ko dont 8 Ko utilisés par le bootloader |
| SRAM | 8 Ko |
| EEPROM | 4 Ko |
| Vitesse de l'horloge | 16 MH |

II-5-1-1-Le microcontrôleur:



Figure II-12: Microcontrôleur ATmega2560

Caractéristique du Microcontrôleur :

- Haute performance, microcontrôleur à 8 bits de la puissance faible AVR® :
- Architecture avancée de RISC :
 - 135 instructions puissantes - la plupart d'exécution simple de rythme
 - 32 x 8 registres d'usage universel de fonctionnement
 - Opération entièrement statique
 - Jusqu'à 16 MIPS de sortie à 16 mégahertz
 - Multiplicateur de cycle du Sur-Morceau 2
- Mémoires non-volatiles de programme et de données :
 - bytes 64K/128K/256K de flash Individu-Programmable de Dans-Système

Résistance : 10.000 écrire/cycles d'effacement

- Section facultative de code de botte avec le peu indépendant de serrure

Dans-Système programmant par programme de botte de Sur-morceau

Vrai Lire-Tandis que-Écrire l'opération

- 4K bytes EEPROM

Résistance : 100.000 écrire/cycles d'effacement

- 8K bytes SRAM interne

- Jusqu'à l'espace mémoire externe facultatif des bytes 64K

- Serrure de programmation pour la sécurité de logiciel

• Interface de JTAG (norme 1149.1 d'IEEE conforme) :

- Frontière-balayer les possibilités selon la norme de JTAG

- Le Sur-morceau étendu corrigeant l'appui

- Programmation du flash, de l'EEPROM, des fusibles, et du peu de serrure par l'interface de JTAG

• Dispositifs périphériques :

- Deux temporisateurs/compteurs à 8 bits avec Prescaler séparé et comparent le mode

- Quatre temporisateurs de 16 bits/contre- avec Prescaler séparé, comparent et capturent le mode - compteur en temps réel avec l'oscillateur séparé

- Quatre canaux à 8 bits de PWM

- Six/douze canaux de PWM avec la résolution programmable de 2 à 16 bits (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)

- Le rendement compare le modulateur

-
- 8/16-canaux, 10 bit CDA

 - Publication périodique deux/quatre programmable USART (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560) - interface série master/slave de SPI

 - Interface série à 2 fils orienté vers le byte

 - Horloge de surveillance programmable avec l'oscillateur séparé de Sur-morceau

 - comparateur d'analogie de Sur-morceau

 - Dispositifs spéciaux de microcontrôleur :
 - Puissance-sur la remise et la détection programmable d'arrêt partiel

 - Oscillateur calibré interne

 - Sources d'interruption externe et interne

 - Six modes de sommeil : Ralenti, réduction de bruit de CDA, économie d'énergie, Puissance-vers le bas, réserve, et réserve prolongée

 - Entrée-sortie et paquets :
 - 51/86 entrée-sortie programmable raye (ATmega1281/2561, ATmega640/1280/2560)

 - fil 64 (ATmega1281/2561)

 - fil 100 (ATmega640/1280/2560)

 - 100 fils TQFP (option de 64-lead TQFP)

 - Température ambiante :
 - -40°C à 85°C industriel

 - Catégorie de vitesse :
 - ATmega1281/2561V/ATmega640/1280/2560V :
-

0 - 4 mégahertz @ 1.8 - 5.5V, 0 - 8 mégahertz @ 2.7 - 5.5V

- ATmega640/1280/1281/2560/2561 :

0 - 8 mégahertz @ 2.7 - 5.5V, 0 - 16 mégahertz @ 4.5 - 5.5V

La figure ci-dessous montre la configuration des pins

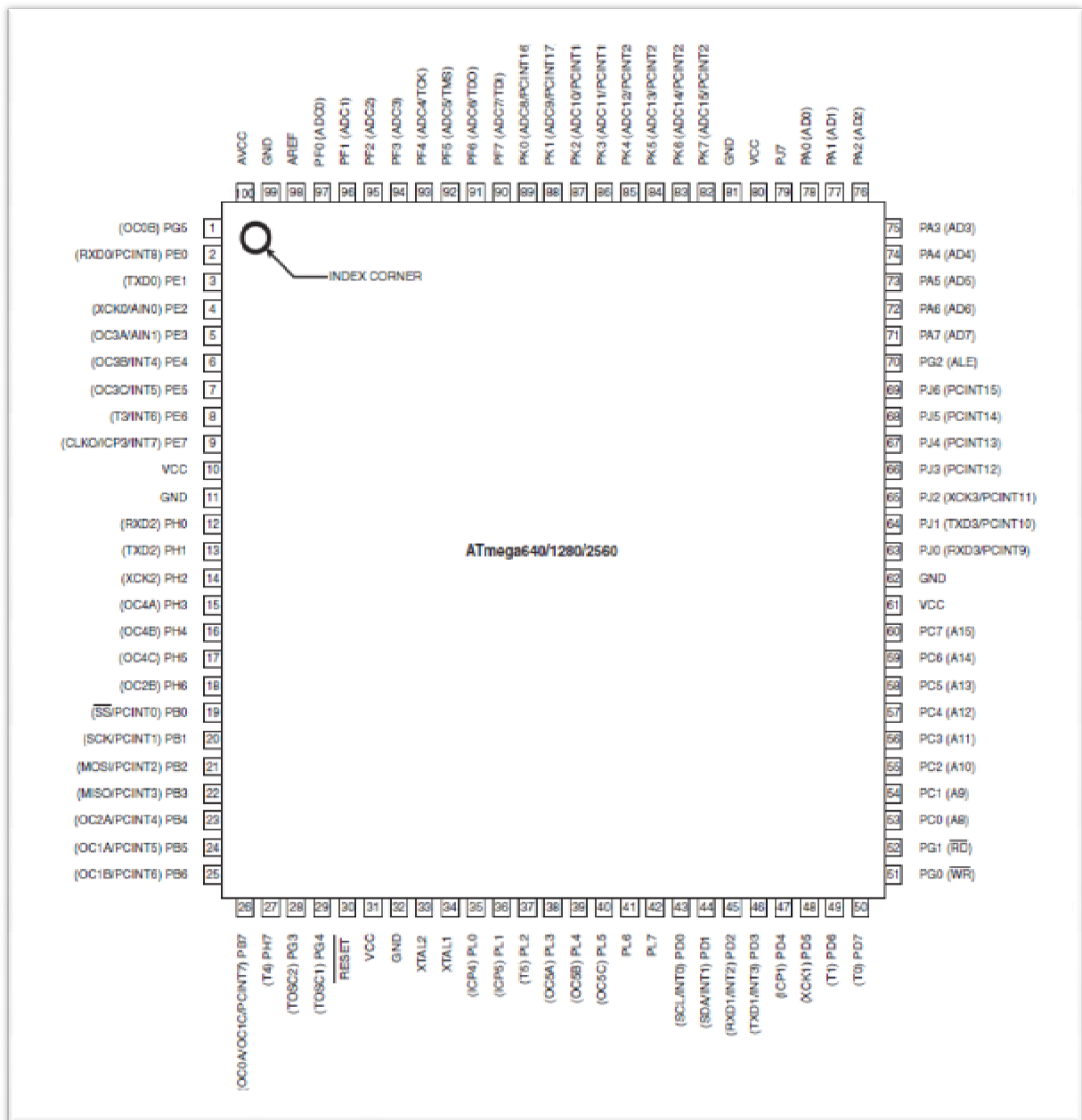


Figure II-13 : Configuration des pins

II-6-La commande des moteurs pas à pas :

Les moteurs pas à pas peuvent être commandés soit en utilisant une alimentation en tension constante qui est très utilisée pour les faibles vitesses, mais dissipe une puissance assez grande, soit une alimentation en courant constant qui est répondeur pour la commande des moteurs bipolaire et permet d'obtenir un grand couple.

Les moteurs utilisés étant des moteurs bipolaires, les deux types de commande sont permis, mais le choix a été porté pour l'utilisation d'une alimentation à courant constant pour minimiser la puissance.

Pour commander les moteurs utilisés dans notre machine, un circuit de puissance basé sur les deux circuits L297/L298 a été réalisé, ces circuits sont les composants les plus utilisés lorsqu'il s'agit de commander les moteurs pas à pas, ils peuvent délivrer un courant allant de quelques dizaines de milliampères à plusieurs ampères.

II-6-1- Présentation générale du couple (L297, L298) :

Le L297 représente l'étage de commande du moteur pas à pas. Il est utilisé pour la commande des moteurs bipolaires à deux phases et unipolaires à quatre phases. Il est dédié aux applications commandées par un processeur.

Le moteur peut être piloté pour les trois modes de fonctionnement (demi pas, alimentation d'une seule phase à la fois en pas complet, alimentation des deux phases au même temps en pas complet), le hacheur qui y est intégré permet de gérer les commutations du courant dans les enroulement et de le réguler pour ne pas excéder un seuil prédéfini.

L'une des caractéristiques essentielles de ce dispositif est qu'il demande seulement l'injection des signaux suivants : l'horloge, le sens de rotation, le mode de fonctionnement du moteur (demi pas, une seule phase alimentée, deux phases alimentées). Parmi ces avantages nous pouvons aussi citer son encombrement réduit, et le nombre limité des composants que son assemblage nécessite.

Le L297 peut fonctionner avec d'autres circuits comme le L298N ou le L293E, cela dépend essentiellement du type de moteur et de la valeur du courant traversant les enroulements du moteur.

Compte tenu des caractéristiques du moteur pas à pas utilisé, le L297 de notre carte de commande ne peut être utilisé qu'avec un L298N.

Le L298 est essentiellement composé d'un double pont en H, dont les entrées proviennent du L297. Il possède 15 broches, il accepte les niveaux logiques TTL standards, et peut être utilisé pour piloter des charges inductives comme les relais, les solénoïdes, les moteurs à CC et les moteurs pas à pas. Deux entrées sont fournies pour valider ou non le dispositif indépendamment des signaux d'entrée provenant du L297.

Tracé du circuit imprimé de la carte de commande :

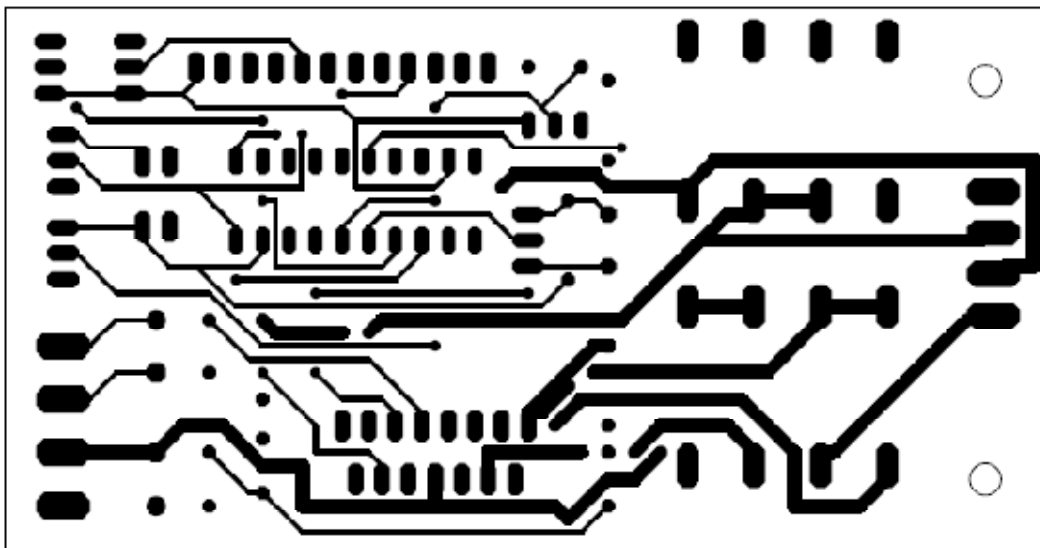


Figure II-14: Schéma de la carte

Implantation des composants :

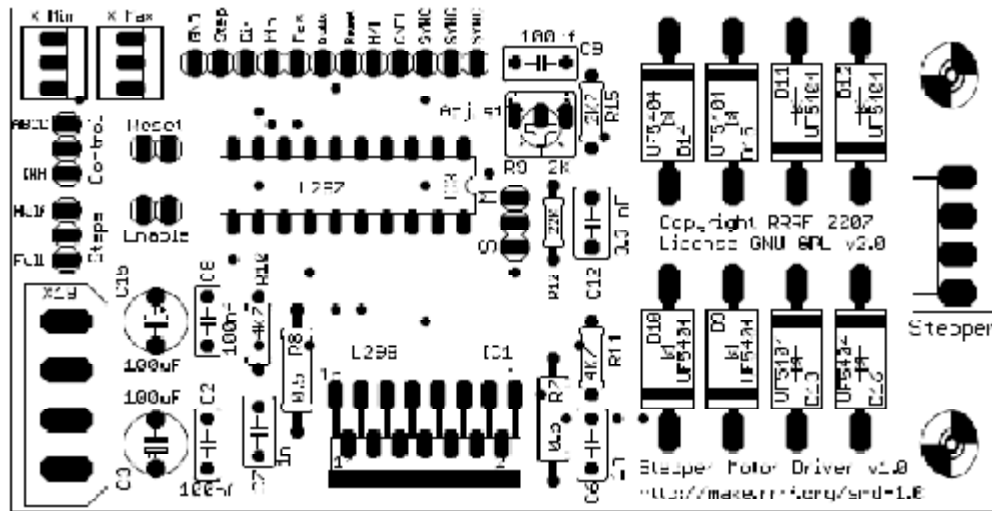


Figure II-15: Le schéma du circuit électronique de la carte commande

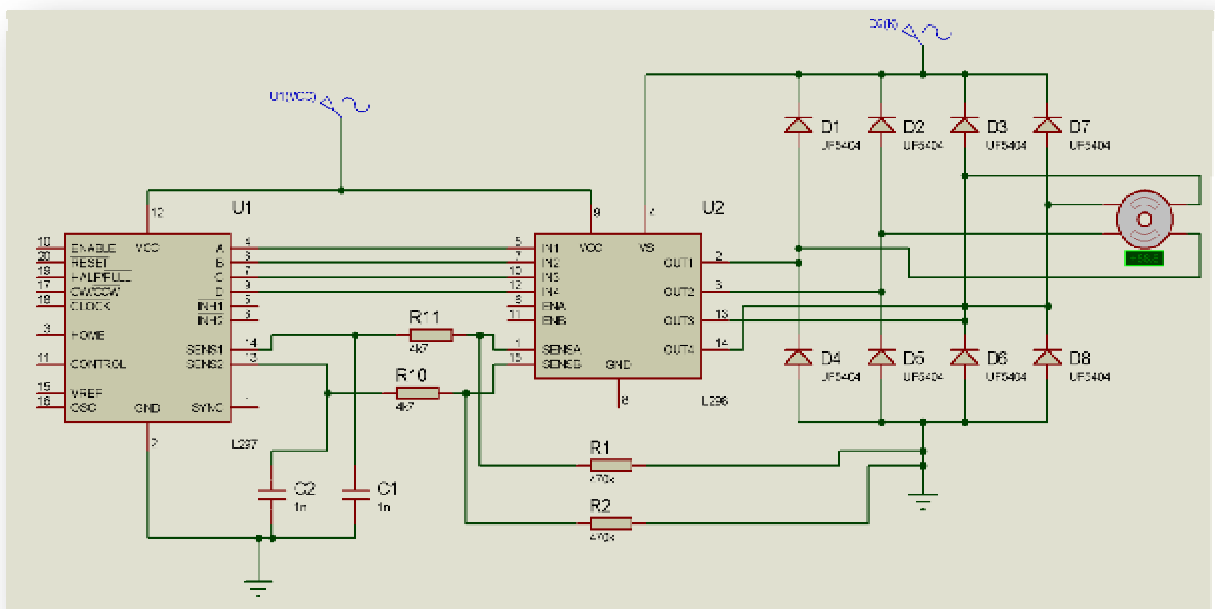


Figure II-16: Carte de puissance (association du L297 et du L298) sur proteuse (ISIS)

Voici finalement comment sont réalisées les deux cartes de puissance des deux moteurs :

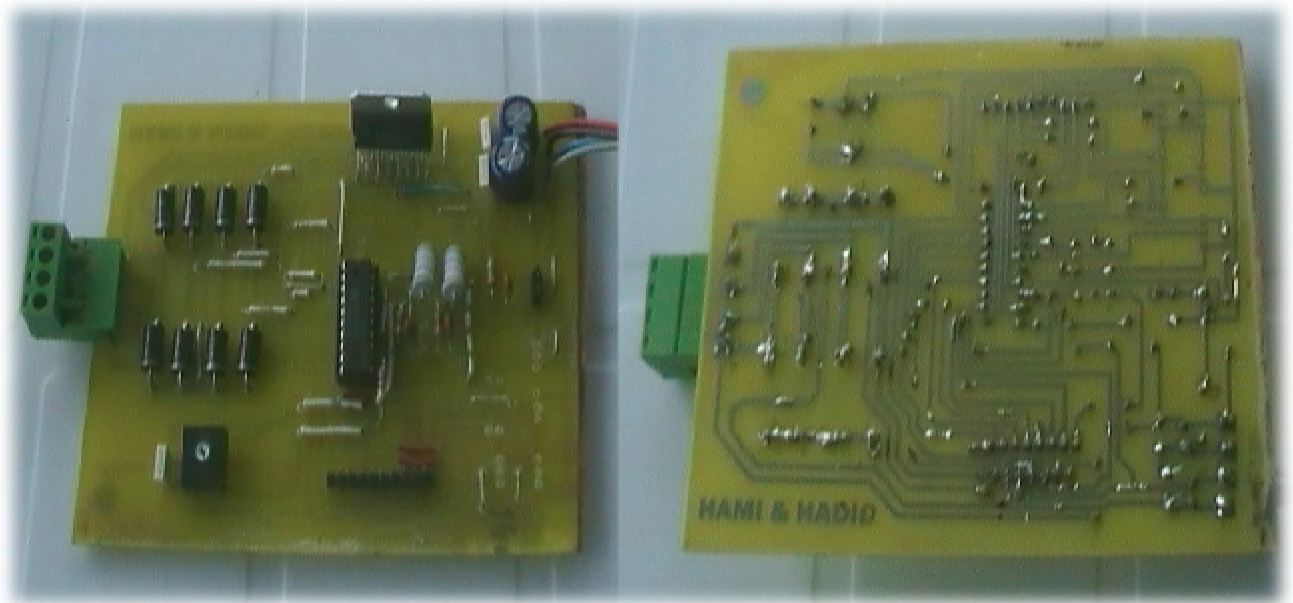


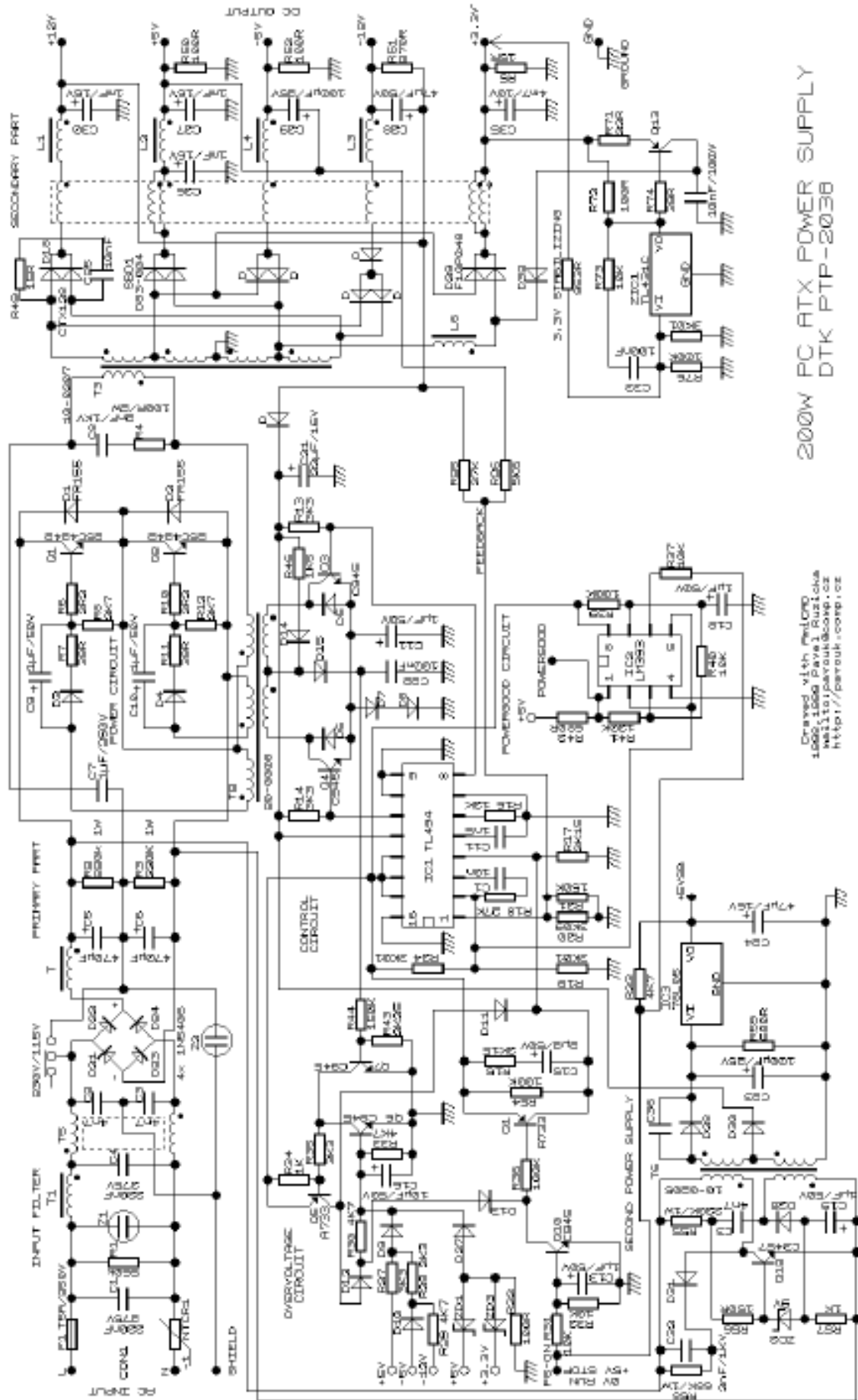
Figure II-17: La carte de commande des moteurs pas a pas

II-6-2-Alimentation des moteurs pas a pas :

Dans notre projet nous avons utilisé une alimentation ATX d'un ordinateur de 200Watts.

II-6-2-1-Alimentation ATX pour PC de 200Watts :

Dans la page suivante vous avez le schéma de l'alimentation pour PC ATX de la compagnie DTK. Cette alimentation a été conçue pour les ATX et fournit une puissance de sortie de 200W, ce circuit d'alimentation utilise le circuit intégré TL494.



200W PC ATX POWER SUPPLY
DTK PTP-203B

Drawn with PmlOND
1000,1000 Pavel Rustok
mailto:pavel@comp.cz
http://pavel.comp.cz

De semblables circuits sont utilisés dans beaucoup d'alimentations qui ont une puissance de sortie avoisinante de 200W. Le montage fonctionne avec un étage de puissance symétrique (push-pull) avec régulation de la tension de sortie. La tension secteur traverse le filtre d'entrée (C1, R1, T1, C4, T5) puis alimente le redresseur en pont (D21 à D24). Quand la tension d'entrée est commutée de 230V à 115V, le redresseur travaille en doubleur de tension. Les varistances Z1 et Z2 protègent l'alimentation contre les surtensions présentes sur l'entrée ligne.

Le thermistor NTCR1 limite le courant d'entrée jusqu'à ce que les condensateurs C5 et C6 soient chargés. R2 et R3 permettent la décharge des condensateurs seulement après avoir déconnecté l'alimentation. Quand elle est connectée à la tension secteur, les condensateurs C5 et C6 sont tout d'abord chargés ensemble à approximativement à 300V.

Alors une alimentation secondaire, contrôlée par transistor Q12, démarre et produit sa tension de sortie.

Après le régulateur de tension IC3 la tension de +5V entre dans la carte mère. Elle est nécessaire pour le fonctionnement de la logique de mise en service et pour " la mise en veille de quelques fonctions ".

Une autre tension, non stabilisée, traverse la diode D30 pour alimenter le circuit IC1 et les transistors de contrôle Q3 et Q4. Quand l'alimentation principale fonctionne, alors cette tension provient de la sortie

+12V à travers la diode D.

II-6-2-1-1-Mode repos (Stand-by) :

En mode repos, l'alimentation principale est bloquée par la tension positive produite par l'alimentation secondaire et présente sur le contact PS ON du connecteur à travers la résistance R23. A cause de cette tension, le transistor Q10 conduit et fait conduire Q1 qui applique la tension de référence +5V de la broche 14 "IC1" sur la broche 4 de "IC1" (Dead time Control). Le circuit est commuté à l'état totalement bloqué. Les transistors Q3 et Q4 sont tous les deux conducteurs et court-circuitent les enroulements du transformateur auxiliaire T2. Ces courts-circuits interdisent l'apparition d'une tension sur le circuit de puissance.

Par la tension sur la broche 4, nous pouvons piloter la largeur de l'impulsion maximale sur la sortie d'IC1. Une tension de zéro volt elle produit des impulsions les plus larges et à +5V les impulsions disparaissent.

II-6-2-1-2-Le fonctionnement de l'alimentation :

Quelqu'un pousse le bouton de mise en service de l'ordinateur. La logique de la carte mère met à la masse (GND) la broche d'entrée PS-ON. Le transistor Q10 ne conduit plus ce qui a pour effet de bloquer également Q1. Le condensateur C15 commence son chargement à travers R15. La tension sur la broche 4 "IC1" diminue progressivement jusqu'à zéro grâce à R17. Cette tension permet de générer des impulsions dont la largeur maximale augmente continuellement. L'alimentation principale démarre doucement. En travail normal, l'alimentation est contrôlée par "IC1".

Quand les transistors Q1 et Q2 sont conducteurs, alors Q3 et Q4 sont ouverts. Quand nous voulons faire conduire les transistors de puissance (Q1, Q2), nous devons alors bloquer les transistors d'excitation (Q3, Q4). Le courant passe à travers R46, D14 et un enroulement de T2. Ce courant d'excitation génère une tension sur la base du transistor de puissance et, dû au courant réactif positif, le transistor est amené rapidement à saturation.

Quand l'impulsion est finie, les deux transistors d'excitation s'ouvrent alors. Le courant de couplage réactif positif disparaît et produit une surtension sur l'enroulement d'excitation et bloque rapidement le transistor de puissance. Ensuite, le processus est répété avec deuxième transistor. Les transistors Q1 et Q2 connectent alternativement une extrémité de l'enroulement primaire de T3 à la tension positive ou négative. La puissance va de l'émetteur de Q1 (collecteur de Q2) à travers le troisième enroulement du transformateur d'excitation T2 puis à travers l'enroulement primaire du transformateur principal T3 et le condensateur C7 au centre virtuel de la tension d'alimentation.

II-6-2-1-3-Stabilisation des tensions de sortie :

Les tensions de sortie +5V et +12V sont mesurés par IC1 à travers R25 et R26. Les autres tensions ne se sont pas stabilisées et elles sont déterminées par le nombre de spires des enroulements et de la polarité des diodes. Sur les sorties, la bobine de réactance est nécessaire pour supprimer les interférences haut fréquence.

Cette tension est évaluée avant la bobine, par la largeur d'impulsion et la durée cycle. Sur la sortie, après les diodes de redressement, une bobine est commune à toutes les tensions. Quand nous gardons la direction des enroulements et le nombre de spires qui correspondent aux tensions de sortie, la bobine travail alors comme un transformateur et nous avons une compensation pour les charges irrégulières des tensions individuels.

Dans la pratique, des déviations de tension de 10% de la valeur sont spécifiées. La référence de tension 5-V du régulateur interne (broche 14 de "IC1") est appliquée, à travers le diviseur de tension R24/R19 à la broche 2 de "IC1" qui est l'entrée inverseur de l'amplificateur d'erreur. Les tensions de sorties de l'alimentation sont appliquées, à travers le diviseur R25, R26/R20, R21, à l'entrée non inverseur de l'amplificateur d'erreur (broche 1 de "IC1"). C1 et R18 stabilisent le régulateur. La tension de sortie de l'amplificateur d'erreur est comparée, à travers le condensateur C11, à la tension de la rampe.

Quand la tension de sortie diminue, la tension sur l'amplificateur d'erreur augmente alors. L'impulsion d'excitation est plus longue, les transistors de puissance Q1 et Q2 conduisent plus longtemps, la largeur de l'impulsion avant la bobine de sortie est plus grande et la puissance de sortie augmente. Le deuxième amplificateur d'erreur est bloqué par le tension de la broche 15 de IC1.

II-6-2-1-4-Power Good :

La carte mère a besoin de signal " Power Good ". Quand toutes les tensions de sortie sont stables, le signal Power Good monte alors a +5V (logique). Le signal Power Good est habituellement connecté au signal de remise à zéro.

II-6-2-1-5-Stabilisations de la tension +3.3V :

Regardez le circuit connecté à sortir de tension +3.3V. C'est une stabilisation supplémentaire pour compenser la perte de tension dans les câbles. Un fil auxiliaire du connecteur mesure la tension de 3.3V sur carte mère.

II-6-2-1-6-Circuit de surtension (over voltage) :

Ce circuit est composé des Q5, Q6 et un certain nombre de composants discrets. Le circuit surveille toutes les tensions de sortie. Quand une des limites est dépassée, l'alimentation est arrêtée.

Par exemple, quand on court-circuite par erreur -5V avec +5V, la tension positive va alors, à travers D10, R28, D9, sur la base de Q6. Ce transistor est maintenant conducteur et fait conduire Q5 qui applique la tension de référence +5V de la broche 14 "IC1", à travers la diode D11, à la broche 4 "IC1"(signal Dead time Control) ce qui bloque l'alimentation. Elle est alors maintenue bloquée par la tension, maintenant présente sur l'émetteur de Q5, et appliquée à la base de Q6 en passant à travers D12 et R30, jusqu'à ce que la haute tension de l'entrée ligne soit déconnectée.

| Broche | Signal | Broche | Signal |
|--------|---------|--------|--------|
| 1 | 3.3 V | 11 | 3.3 V |
| 2 | 3.3 V | 12 | -12 V |
| 3 | GND | 13 | GND |
| 4 | +5 V | 14 | PS_ON |
| 5 | GND | 15 | GND |
| 6 | +5 V | 16 | GND |
| 7 | GND | 17 | GND |
| 8 | PW-OK | 18 | -5 V |
| 9 | +5 V_SB | 19 | +5 V |
| 10 | +12 V | 20 | +5 V |

Connecteur de puissance ATX

II-6-2-1-7-Alimentation des 4 Moteurs :

Il y a trois solutions :

- Première solution :

Une seule alimentation pour les 3 moteurs.

En reprenant l'exemple précédent, on a alors :

- intensité que devra fournir l'alimentation : $3 \times 2A = 6 A$
- Le pont redresseur devra supporter (au moins $6 A$ ($10 A$ c'est plus sûr !)) donc pont plus encombrant.
- Le condensateur de filtrage devra avoir une capacité au moins 3 fois plus grande, soit $3 \times 5000 \mu F = 15000 \mu F$ (difficile à trouver, encombrant et cher !) d'où une association d'un nombre plus important de condensateurs.
- Le transformateur devra avoir une puissance de $3 \times 36 = 108 VA$ soit $100 VA$ (ou mieux, $120 VA$).

- Deuxième solution:

- Un seul transfo, de puissance $120VA / 2 \times 9V$ (ou $18V$) (comme ci-dessus)
- 3 ponts redresseurs $5A$ associés à 3 condensateurs (ou ensemble de condensateurs) de filtrage de $4700\mu F / 40V$ chacun.

- Troisième solution:

3 alim séparées comprenant, chacune :

- 1 transfo $46 VA / 18V$
- 1 pont redresseur $5A$
- 1 condensateur de $4700\mu F$ (ou ensemble de condensateurs).

Nous avons utilisé une alimentation ATX d'un ordinateur pour alimenter nos 4 moteurs.

II-6-4-Carte de puissance de l'extrudeuse :

Cette carte est conçue pour nous permettre de contrôler des appareils de forte puissance qui ont seulement une seule polarité. Des dispositifs comme des résistances, ventilateurs, électrovannes, et même les moteurs (mais seulement dans un seul sens). On doit avoir une entrée PWM (Pulse Width Modulation) dans notre carte d'acquisition ou dans notre système, elle amplifie en sorties ce signal (PWM) en haute puissance. Il dispose de 3 sorties, et peut piloter jusqu'à 5 ampères sur chaque canal avec un bon dissipateurs.

Nous avons conçu cette carte pour alimenter la résistance qui intègre l'extrudeuse.

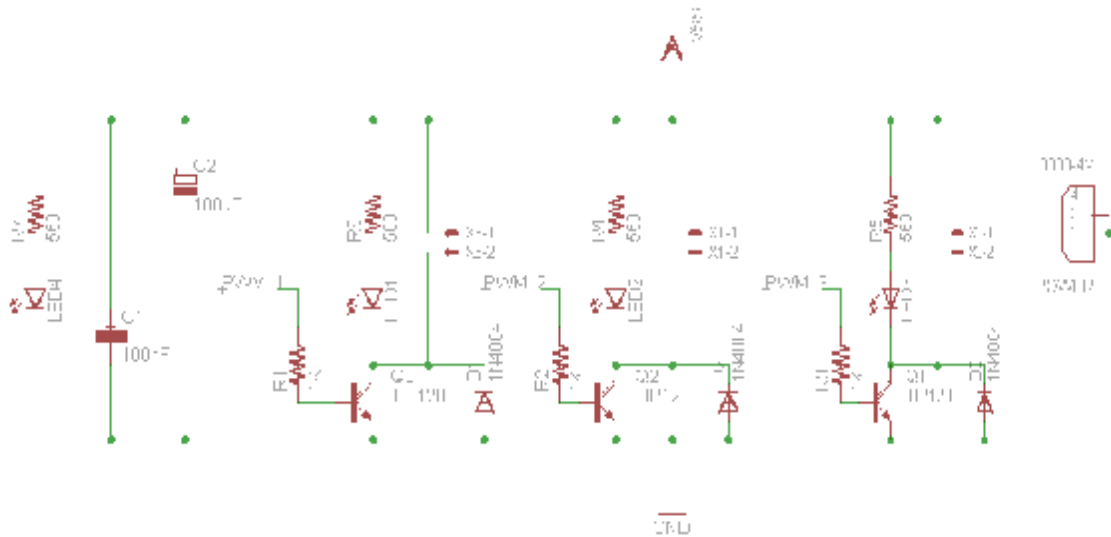


Figure II-25: Schéma de la carte sur EAGLE

La carte est constituée de :

Trois transistors de puissance, qui assurent l'amplification du signal envoyé par le microcontrôleur afin d'alimenter notre système.

Trois diodes TIP120 pour protéger le circuit pendant le fonctionnement de la carte.

Condensateurs pour le redresseur, des résistances et des LEDs.

La carte que nous avons élaborée est sur la figure ci-dessous :



Figure II-26: La Carte de puissance

II-7-Conclusion :

L'objet de notre étude s'inscrit dans le cadre de la machine outil et consiste principalement à l'étude d'une carte de commande pour l'extrudeuse. La carte de commande a véritablement constitué un handicap du fait des limitations : espace mémoire réduit et temps de cycle trop grand. L'approche de développement de l'application intégrée était élémentaire et a conduit à une programmation de bas niveau nécessitant une interaction directe avec le matériel. Ce qui limitait le développement d'une application plus complète pour la navigation de la machine.

Il nous a été donc proposé de la remplacer par une carte de commande plus adaptée et on a pensé à remplacer la dite carte de commande par une autre basée sur un microcontrôleur ATMEGA 2560 Ce qui nous offrira de plus amples possibilités comme l'utilisation d'un système d'exploitation temps réel qui gèrera l'interactivité de notre machine avec son environnement.

Conclusion générale :

Ce projet nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine de l'automatique ainsi que la mise en application des connaissances théoriques acquises durant notre formation. Durant La conception de notre extrudeuse à commande numérique(CNC) nous avons été amenés à traiter des problèmes d'ordre mécanique, électronique et informatique.

Nous avons pu associer les différents éléments dont la machine a besoin, logiciel, interfaces, programmes...etc. et nous avons réussi à atteindre l'objectif de notre projet celui de réaliser une machine extrudeuse a commande numérique en temps réel, et a diminuer le temps de réponse a quelques milliseconde.

En conclusion, nous espérons que ce modeste travail pourrait servir de référence aux projets futurs des prochaines promotions et les inciter à s'intéresser d'avantage au coté pratique de l'automatique.

http://pavouk.com.cz/hw/en_atxps.html

Systèmes électromagnétiques Moteur pas à pas (Chapitre7) Heig-Vd

Moteur pas à pas et pc PATRICE OGUIC

ATMEGA 2560 sheat (PDF)

Systèmes temps réel de cpntrol-commande Francis COTTET et Emmanuel GROLLEAU

<http://cncloisirs.com/Construction/Structure>

[http://www.mon-club-
elec.fr/pmwiki_mon_club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.ArduinoExpertMoteurCCControlerSensRotation](http://www.mon-club-elec.fr/pmwiki_mon_club_elec/pmwiki.php?n=MAIN.ArduinoExpertMoteurCCControlerSensRotation)

<http://xcotton.pagesperso-orange.fr/electron/coursetdocs.htm>

<http://www.arduino.cc/playground/Interfacing/CPPWindows>