



جامعة أبو بكر بلقايد - تلمسان

Université Abou Bakr Belkaïd de Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Biomédical

Laboratoire de Recherche de Génie Biomédical

MEMOIRE DE PROJET DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de

MASTER en GENIE BIOMEDICAL

Spécialité : Instrumentation Biomédicale

Présenté par : TERTAG Fatima et FERNANE Kheira

**REALISATION D'UN THERMOMETRE
ELECTRONIQUE**

Soutenu le 16 juin 2016 devant le Jury

Mr	BOUKLI Ismail	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Président
Mr	TAOULI Sidiahmed	<i>MCB</i>	Université de Tlemcen	Encadreur
Mr	KHOULKHAL Mourad	<i>MAA</i>	Université de Tlemcen	Examineur

Année universitaire 2015-2016

DEDICACES

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse ALLAH faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Ma sœur et mon frère qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir acquis.

Remerciement :

Nulle œuvre n'est exaltante que celle réalisée avec le soutien moral et financier des personnes qui nous sont proches.

Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à :

A ALLAH, pour m'avoir donné la force et la patience dans mes moments difficiles d'éditer ce mémoire ;

Mon père TERTAG Ghali et à ma mère BENYAGOUB Farida qui m'ont toujours entouré et motivé à sans cesse devenir meilleur ;

Ma sœur Khadija et mon frère Ali qui m'ont assisté dans ces moments difficiles et m'ont servi d'exemple ;

Ma collègue FERNANE Kheira avec qui je partage ce travail ;

Mon encadreur Mr TAOULI Sidiahmed pour son aide et sa précieuse attention ;

Mr BOUKLIKHA Farouq pour ses précieux conseils et son aide ;

Mr RAHOUI Mehdi pour m'encourager et me conseiller durant ce travail ;

Youcef et Boumedienne pour m'aider dans la réalisation de circuit ;

Mes amis Amel, Chahra, Hanane, Rahim, Soufiane, Amine ;

Tous mes compagnons de promotion.

DEDICACES

Dédicaces

Je dédie ce mémoire à :

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse ALLAH faire en sorte que ce travail porte son fruit ; merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes sœurs et mon frère qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Ma grand-mère qui nous a quittés.

Mes professeurs qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir acquis.

Remerciement :

Nulle œuvre n'est exaltante que celle réalisée avec le soutien moral et financier des personnes qui nous sont proches.

Je tiens à exprimer ma plus profonde reconnaissance à :

ALLAH, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

En second lieu je remercie notre encadreur Mr: TAOULI Sid'hemed pour son aide et son soutien durant toute la période de travail.

Mes vifs remerciements vont aux membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Mes chères parents M'hamed et KARNACHENI Halima qui m'ont toujours motivé et soutenu.

Mes sœurs Meriem, Souad, Hannaa et mon frère Elseddik

Mes tantes et mes oncles, ainsi qu'à toute ma famille

Ma collègue TERTAG Fatima Zohra

Tous mes professeurs du parcours

Mr BOUKLIKHA Farouk

Mes chers amis : B.Amel, K.Rahim, M. Amine ,

Et à toute personne que je connais

DEDICACES

Dédicaces.....	I
Remerciement.....	II
LISTE DE FIGURES	III
Introduction général	1

Chapitre1 : Généralités sur les capteurs

1.1. Introduction.....	3
1.2. Définitions	3
1.3. Rôle du capteur	4
1.4. Chaîne de mesure	4
1.5. Les différentes familles de capteurs	5
1.5.1. Capteurs actifs	5
1.5.2. Capteurs passifs	8
1.6. Principales caractéristiques des capteurs	9
1.7. Classification des capteurs	11
1.7.1. Le capteur Tout ou Rien (TOR)	11
1.7.2. Le capteur analogique	11
1.7.3. Le capteur numérique	11
1.8. Critère de choix d'un capteur de position ou de proximité	12
1.9. Conclusion	14

Chapitre2 : Capteur température & thermomètre

2.1. Introduction	15
2.2. Les différentes unités de température	15
2.2.1 Les échelles de température	15
2.3. Capteurs de températures	16
2.3.1. Capteurs de température a contact.....	16
2.3.2. Capteur de température sans contact.....	22
2.4. Thermomètre.....	23
2.5. Thermomètre extérieur /intérieur	25
2.6. Capteur température LM35	26
2.7. Conclusion.....	28

Chapitre3 : composants et procédure de test

3.1.Introduction29

3.2. Digramme de thermomètre intérieur/extérieur29

3.3. Alimentation.....30

3.4. Les sondes des températures31

3.7. Amplification différentielle32

3.8. Alternance de l’affichage34

3.9. Arduino (mega.....38

3.10. Afficheur LCD39

3.11. Conclusion.....41

Chapitre4 : réalisation et programmation

4.1. Introduction.....42

4.2.Alimentation43

4.3. Les sondes des températures44

4.4. Amplification différentielle45

4.5. Afficheur LCD.....46

4.6. Alternance de l’affichage47

4.7. Ces deux transistors BC546 de type NPN sont alternativement saturés, puis bloqués.....47

4.8. Les circuits collecteurs insérant les bobines des relais REL1 et REL2.....47

4.9. Capteur de température avec un Arduino48

4.10. Résultats49

4.11. Conclusion51

Conclusion générale52

BIBLIOTHEQUE

contenu

Liste de figures

LISTE DE FIGURES :

Chapitre1 :

Figure 1.1 : schéma fonctionnel d'un capteur.....	3
Figure 1.2 : constitution d'une chaîne de mesure classique.....	4
Figure 1.3 : Effet thermoélectrique.....	6
Figure 1.4 : Effet piézo-électrique.....	6
Figure 1.5 : Effet induction.....	6
Figure 1.6 : Effet photoélectrique.....	6
Figure 1.7 : Effet Hall.....	7
Figure 1.8 : Effet photovoltaïque.....	7
Figure 1.9 : Domaines d'utilisation du capteur.....	9
Figure 1.10 : Exemple de linéarisation de caractéristiques.....	10
Figure 1.11 : familles de capteurs.....	11

Chapitre2 :

Figure 2.1 : Echelles de température.....	16
Figure 2.2 : Courbe $T_c=f(t)$	16
Figure 2.3 : $T_c =f(t)$	17
Figure2.4: thermo-resistance.....	18
Figure 2.5 : thermo-resistances.....	18
Figure2.6 : $R=f(T)$	20
Figure2.7 : thermocouple.....	20
Figure2.8 :tension thermocouple	20
Figure 2.9 : mesure thermocouple.....	21
Figure 2.10 : semi-conducteur.....	21
Figure2.11 :capteur sans contacte.....	22

Liste de figures

Figure2.12 : gamme température des capteurs.....	23
Figure2.13 : thermometre interieur/exterieur.....	25
Figure2.14 :capteur LM35.....	26
Chapitre3 :	
Figure 3.1: digramme de thermomètre intérieur/extérieur.....	29
Figure3.2 : schéma bloc de l'alimentation.....	30
Figure3.3 : diagramme de régulateur L7805	30
Figure3.4 : LM35.....	31
Figure3.5 : datasheet de lm35.....	31
Figure3.5 : amplificateur différentiel.....	32
Figure3.6 : circuit basé sur CD4011.....	34
Figure3.7 : les différents relais.....	35
Figure3.8 : schéma bloc de relais.....	36
Figure3.9 : la carte arduino- méga.....	38
Figure3.10 :Schéma fonctionnel	39
Chapitre4 :	
Figure 4.1 : circuit de thermomètre intérieur/extérieur.....	42
Figure 4.2 : schéma sur ISIS de l'alimentation.....	43
Figure 4.3 : circuit final de l'alimentation +5/-5.....	43
Figure4.4 :test de fonctionnement LM35.....	44
Figure4.5: schéma bloc de TL082.....	45
Figure4.6 : amplificateur différentiel.....	45
Figure4.7 :test de fonctionnement de l'afficheur LCD.....	46
Figure 4.8: schéma bloc de CD4011.....	47
Figure4.9 : transistor BC546.....	47
Figure4.10 : réalisation sur ISIS de arduino, l'afficheur et LM35.....	48
Figure4.11 : carte arduino avec l'afficheur LCD.....	49

Liste de figures

Figure4.12 : circuit de thermomètre alimenté affiche la température de milieu.....50

Liste de tableau :

Tableau 1 : Effets physiques des capteurs actifs.....5

Tableau 2 : Effets physiques des capteurs passifs.....8

Tableau 3 : critères de choix d'un capteur de proximité et de position.....13

Tableau 4 : les matières caractéristique et leur plage19

Introduction général :

Nous avons tous déjà au moins dit une fois : « Qu'est ce qu'il fait chaud ... ». Dans de nombreux actes quotidiens, la notion de température est là. La température est partout ! On n'y prête plus attention tellement c'est devenu un phénomène courant et « transparent ».

La température n'est pas une grandeur au sens strict du terme comme le sont les autres unités de mesure. En effet, une grandeur est tout ce qui est susceptible d'augmenter ou de diminuer comme, par exemple, une longueur, une surface, une puissance, etc.

Physiquement mesurer une grandeur G (quelle que soit son espèce), c'est la comparer à une autre grandeur U , de même espèce, choisie pour unité.

Le résultat de la mesure est un nombre entier si l'unité U est contenue un nombre entier de fois dans la grandeur G considérée. Une grandeur est directement mesurable quand nous pouvons définir le rapport ou l'égalité ou encore la somme de deux valeurs de cette grandeur. Une longueur, une surface sont des grandeurs mesurables. En revanche, une température repérée au moyen de l'échelle thermométrique n'est pas une grandeur mesurable car nous pouvons définir l'égalité de deux températures mais nous ne pouvons pas en faire la somme.

On devrait donc dire : évaluer, comparer, marquer, indiquer la température et non pas la mesurer au sens propre du terme

Cependant la température, au sens ordinaire du mot, se présente à nous comme une valeur susceptible d'augmenter ou de diminuer, caractérisant l'état d'un corps au point de vue des échanges possibles de chaleur (phénomène thermodynamique) entre ce corps et le milieu extérieur qui l'entoure.

On a ainsi défini l'égalité et l'inégalité de température.

Mais pour apprécier cette égalité ou cette inégalité avec quelque précision, l'on a recours à des instruments spéciaux : les thermomètres ou capteurs de température. Galilée fut semble t-il le premier inventeur d'un système permettant d'évaluer la température. Imaginé pour la première fois en 1593, le thermomètre mis en place

INTEODUCTION GENERAL

par Galilée est un objet simple basé uniquement sur la modification du volume d'un liquide en fonction de la température.

Comme évoqué plus haut, plusieurs phénomènes font face à des variations de températures. Ainsi, de nos jours, l'on distingue plusieurs types de capteurs de température selon le phénomène en présence, en outre les thermomètres à dilatation pour la dilatation de la matière, le thermomètre à mercure (classique) plus utilisé pour prélever la température humaine.

Toutefois, avec l'évolution de la science et des technologies, les hommes ont été à plusieurs reprises confrontés à des problèmes liés à la température : dilatation des métaux, variation des résistances, problème des semi-conducteurs etc.... Dans ce sens est né l'idée de mesurer la température.

L'objectif de ce projet est la réalisation d'un thermomètre intérieur/extérieur à l'aide d'un capteur LM35 capable d'effectuer des mesures de température avec affichage sur un écran LCD.

Le manuscrit se décompose en quatre chapitres :

Le premier chapitre porte une généralité sur les capteurs et la plage d'utilisation. Dans le 2^{ème} chapitre, nous présentons une étude sur le thermomètre et les méthodes de mesure la température avec différents capteurs. Les composantes électroniques de la machine qui ont été fabriqué sont présentées dans le troisième chapitre.

Enfin, dans le chapitre quatre, on va présenter la réalisation finale de notre circuit électronique pour mesurer la température.

Finalement, on termine par une conclusion générale et les perspectives.

chapitre 1

généralités sur les capteurs

Généralités sur les capteurs

1. Introduction

Dans de nombreux domaines (industrie, recherche scientifique, services, loisirs, etc ...), on a besoin de contrôler de nombreux paramètres physiques (température, force, position, vitesse, luminosité, etc ...). Le capteur est donc l'élément indispensable à la mesure de ces grandeurs physiques.

2. Définitions

- Mesurande : C'est la grandeur physique que l'on souhaite connaître.
- Capteur : c'est un transducteur qui va transmettre la mesurande (grandeur physique) vers une grandeur électrique (signal électrique).

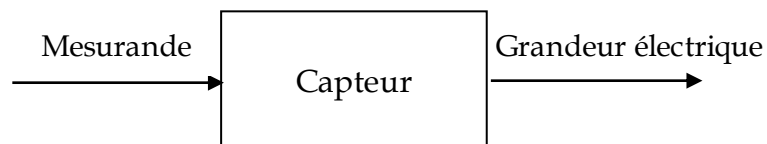


Figure 1.1 : schéma fonctionnel d'un capteur

La grandeur obtenue à la sortie d'un capteur est de type électrique. Elle peut être soit :

- Une charge
- une tension
- un courant,
- une impédance (R, L, C).
-

3. Rôle du capteur

Ils existent plusieurs grandeurs physiques notamment : température- flux optique- position- débit- vitesse- humidité...etc. Le rôle du capteur est de rendre exploitable ces différentes grandeurs physiques en vue de leur traitement ultérieur [1].

- Mesure de présence : indique la présence d'un "objet" à proximité immédiate;
- Mesure de position, de déplacement ou de niveau : indique la position courante d'un objet animé d'un mouvement de rotation ou de translation;
- Mesure de vitesse : indique la vitesse linéaire ou angulaire d'un "objet";
- Mesure d'accélération, de vibrations ou de chocs;
- Mesure de débit, de force, de couples, de pressions;
- Mesure de température, d'humidité.

4. Chaîne de mesure

La chaîne de mesure est constituée trois étapes [2]:

- Corps d'épreuve : celui en contact direct avec la mesurande.
- Capteur intermédiaire : ce transducteur est associé à un conditionneur qui fournit une grandeur électrique de sortie exploitable.
- Conditionneur : qui fournit une grandeur électrique de sortie exploitable et d'autre part, il détermine la nature finale du signal électrique.

L'ensemble de ces étapes constitue la chaîne de mesure (figure 2).

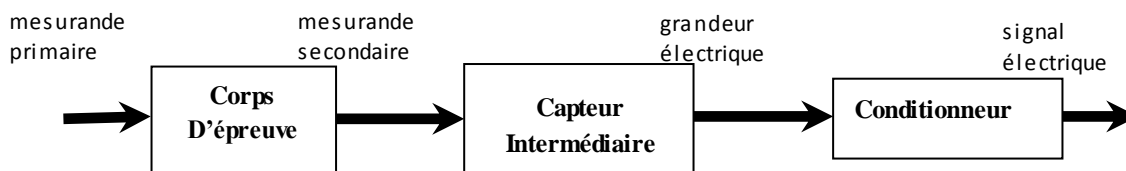


Figure 1.2 : constitution d'une chaîne de mesure classique

5. Les différentes familles de capteurs

Les capteurs présentent des caractéristiques différentes. Ces différences peuvent se baser sur [3-6]:

- leur principe de fonctionnement:
 - capteurs actifs
 - capteurs passifs
- leur principe de traduction du mesurande
 - capteur résistif
 - capteur à effet Hall
 - etc...

5.1. Capteurs actifs :

La sortie du capteur est équivalente à un générateur. C'est un dipôle actif qui peut être du type courant, tension, ou charge.

Les principes physiques mis en jeu sont représentés ci-dessous.

MESURANDE	EFFET UTILISE	GRANDEUR DE SORTIE
Température	Thermoélectricité (thermocouple)	Tension
Flux optique	Photoémission Pyroélectricité	Courant Charge
Force, pression, accélération	Piézoélectricité	Charge
Position	Effet Hall	Tension
Vitesse	Induction	Tension

Tableau 1 : Effets physiques des capteurs actifs

Précisions sur les effets utilisés :

- **Effet thermoélectrique** : Un circuit formé de deux conducteurs de nature chimique différente, dont les jonctions sont à des températures T_1 et T_2 , est le siège d'une force électromotrice (T_1, T_2) (figure 3).
- **Effet piézo-électrique** : L'application d'une contrainte mécanique à certains matériaux dits piézo-électrique (le quartz par exemple) entraîne l'apparition d'une déformation et d'une même charge électrique de signe différent sur les faces opposées (figure 4).

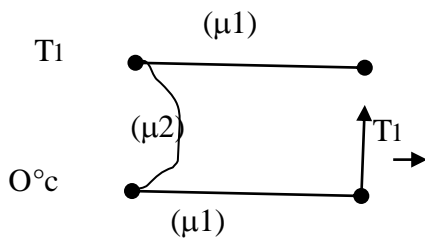


Figure 1.3 : Effet thermoélectrique

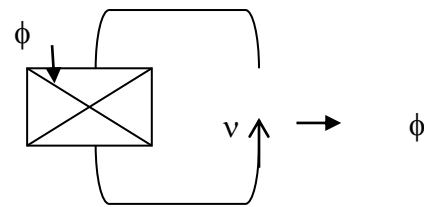


Figure 1.4 : Effet piézo-électrique

- **Effet d'induction électromagnétique** : La variation du flux d'induction magnétique dans un circuit électrique induit une tension électrique.
- **Effet photo-électrique** : La libération de charges électriques dans la matière sous l'influence d'un rayonnement lumineux ou plus généralement d'une onde électromagnétique dont la longueur d'onde est inférieure à un seuil caractéristique du matériau.

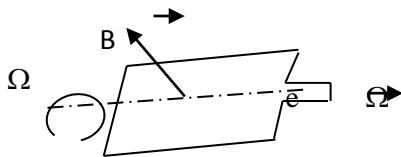


Figure 1.5 : Effet induction

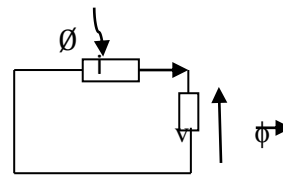


Figure 1.6 : Effet photoélectrique

- **Effet Hall** : Un champ B crée dans le matériau un champ électrique E dans une direction perpendiculaire.
- **Effet photovoltaïque** : Des électrons et des trous sont libérés au voisinage d'une jonction PN illuminée, leur déplacement modifie la tension à ses bornes.

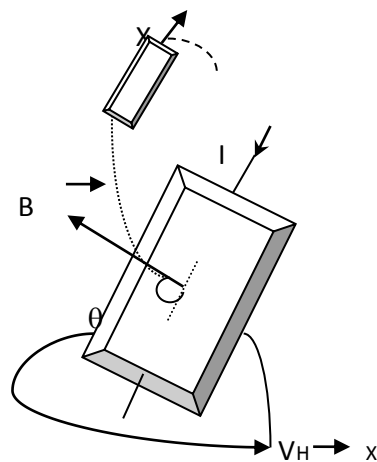


Figure 1.7 : Effet Hall

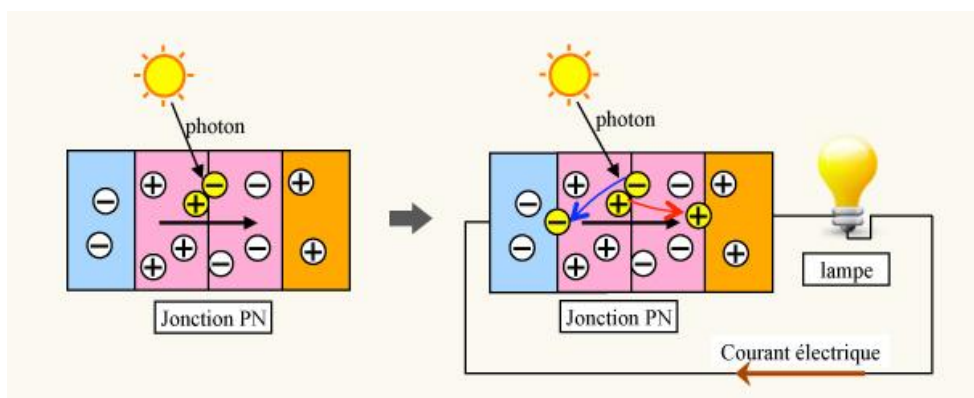


Figure 1. 8 : Effet photovoltaïque

5.2. Capteurs passifs

La sortie du capteur est un dipôle passif qui peut être résistif, capacitif ou inductif. Le tableau 2 résume, en fonction de la mesurande, les effets utilisés pour réaliser la mesure.

MESURANDE	EFFET UTILISE (Grandeur de sortie)	MATERIAUX
Température	Résistivité	Platine, nickel, cuivre, semi-conducteurs
Très basse température	Cst diélectrique	Verre
Flux optique	Résistivité	Semi-conducteurs
Déformation	Résistivité Perméabilité	Alliages nickel Alliages ferromagnétique
Position	Résistivité	Magnétorésistances : Bismuth, antimoine d'indium
Humidité	Résistivité	Chlorure de lithium

Tableau 2 : Effets physiques des capteurs passifs

Remarque : On peut classer les grandeurs physiques en six familles, chaque capteur s'associant à l'une de ces six familles :

1. Mécanique : déplacement, force, masse, débit etc.
2. Thermique : température, capacité thermique, flux thermique etc...
3. Electrique : courant, tension, charge, impédance, diélectrique etc.
4. Magnétique : champ magnétique, perméabilité, moment magnétique etc.
5. Radiatif : lumière visible, rayons X, micro-ondes etc.
6. Biochimique : humidité, gaz, sucre, hormone etc.

Performance d'un capteur : définition métrologie

De manière à classer les capteurs en fonction de leur performances, on est amené à définir des paramètres qui permettent de les sélectionner en fonction de l'application désirée [7-8].

Etendue de la mesure

Elle définit la zone dans laquelle les caractéristiques du capteur sont assurées par rapport à des spécifications données. On peut classer cette zone en trois familles (voir la figure 9) :

- **Zone nominale d'emploi :**

Zone dans laquelle la mesurande peut évoluer sans modification des caractéristiques du capteur.

- **Zone de non-détérioration :**

Valeurs limites des grandeurs influençant le capteur (mesurande, température, environnante, etc.) sans que les caractéristiques du capteur ne soient modifiées après annulation de surcharge éventuelles.

- **Zone de non-destruction :**

Elle définit les limites garantissant la non-destruction du capteur mais dans laquelle il peut y avoir des modifications permanentes des caractéristiques du capteur.

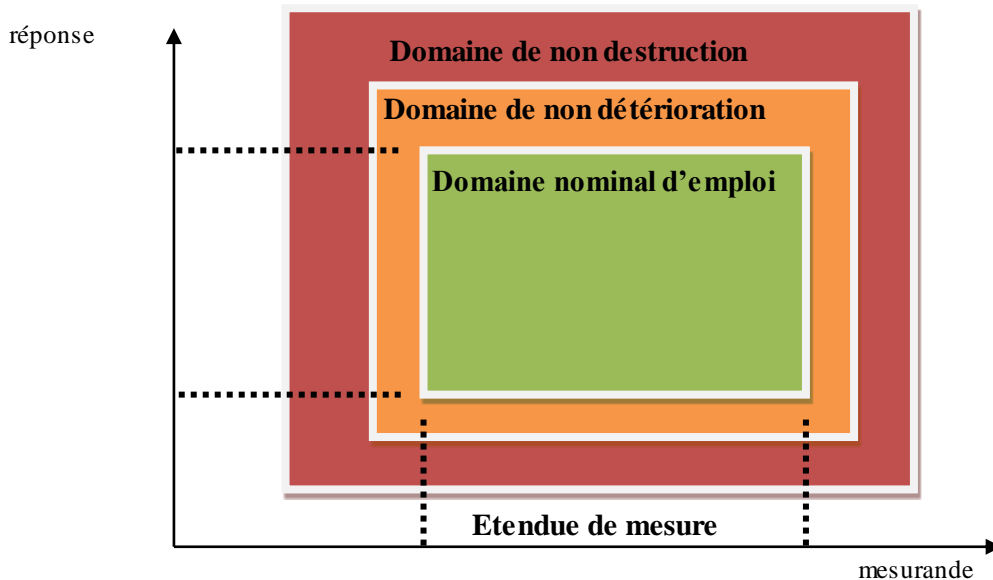


Figure 1.9 : Domaines d'utilisation du capteur

6. Principales caractéristiques des capteurs [9-10]

- **L'étendue de la mesure** : c'est la différence entre le plus petit signal détecté et le plus grand perceptible sans risque de destruction pour le capteur.

- **La sensibilité** : C'est la plus petite variation d'une grandeur physique que peut détecter un capteur. Dans le cas d'un capteur linéaire, la sensibilité du capteur est constante.

$$\text{Sensibilité } (S) = \left. \frac{d(\text{Grandeur de sortie})}{d(\text{mesurande})} \right|_{\text{point d'étude}}$$

Il faut noter que la sensibilité d'un capteur peut être fonction du conditionneur auquel il est associé.

- **La rapidité** : C'est le temps de réaction d'un capteur entre la variation de la grandeur physique qu'il mesure et l'instant où l'information prise en compte par la partie commande.
- **La précision** : c'est le temps de réaction du capteur. La rapidité est liée à la bande passante.
- **Finesse** : C'est la qualité d'un capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer du capteur sur la mesure. On la définit non seulement vis-à-vis du capteur mais aussi vis-à-vis de l'environnement d'utilisation du capteur.
- **Linéarité** : zone dans laquelle la sensibilité du capteur est indépendante de la valeur de la mesurande. Cette zone peut être définie à partir de la définition d'une droite obtenue comme approchant au mieux la caractéristique réelle du capteur, par exemple par la méthode des moindres carrés, on définit à partir de cette droite l'écart de linéarité qui exprime en % l'écart maximal entre la courbe réelle et la droite approchant la courbe (figure 10).

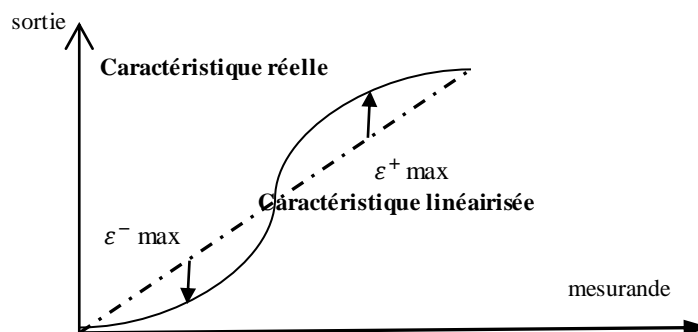


Figure 1.10 : Exemple de linéarisation de caractéristiques

7. Classification des capteurs

Il existe 3 grandes familles de capteurs :

- les capteurs Tout Ou Rien (TOR),
- les capteurs analogiques,
- les capteurs numériques.

7.1. Le capteur Tout Ou Rien (TOR)

Ce type de capteur permet de détecter un événement ou un objet lié au fonctionnement du système technique.

Le signal électrique en sortie de ce capteur est de type logique (signal acceptant 2 niveaux : niveau logique 0 (NL0) ou niveau logique 1 (NL1)).

7.2. Le capteur analogique

Une variation de la grandeur physique d'entrée du capteur produit une variation de la caractéristique électrique du capteur (courant, tension, fréquence, valeur moyenne, rapport cyclique,...).

7.3. Le capteur numérique

Ce type de capteur produit un nombre binaire N (combinaison de signaux logiques : voir synthèse code et numération) qui dépend directement de la grandeur physique à capter.

SL1 : signal logique 1 ; N : nombre binaire de n bits (n signaux logiques).

Son avantage est que l'on peut directement le connecter à un microcontrôleur qui pourra exploiter le nombre N . Il n'y a pas de mise en forme analogique et/ou logicielle.

Son inconvénient est qu'en sortie plusieurs fils sont disponibles (en fonction du nombre de bits du nombre binaire N), donc le nombre d'entrées du microcontrôleur devra être important. Plus n (nombre de bits de N) est grand et plus la précision sera importante.

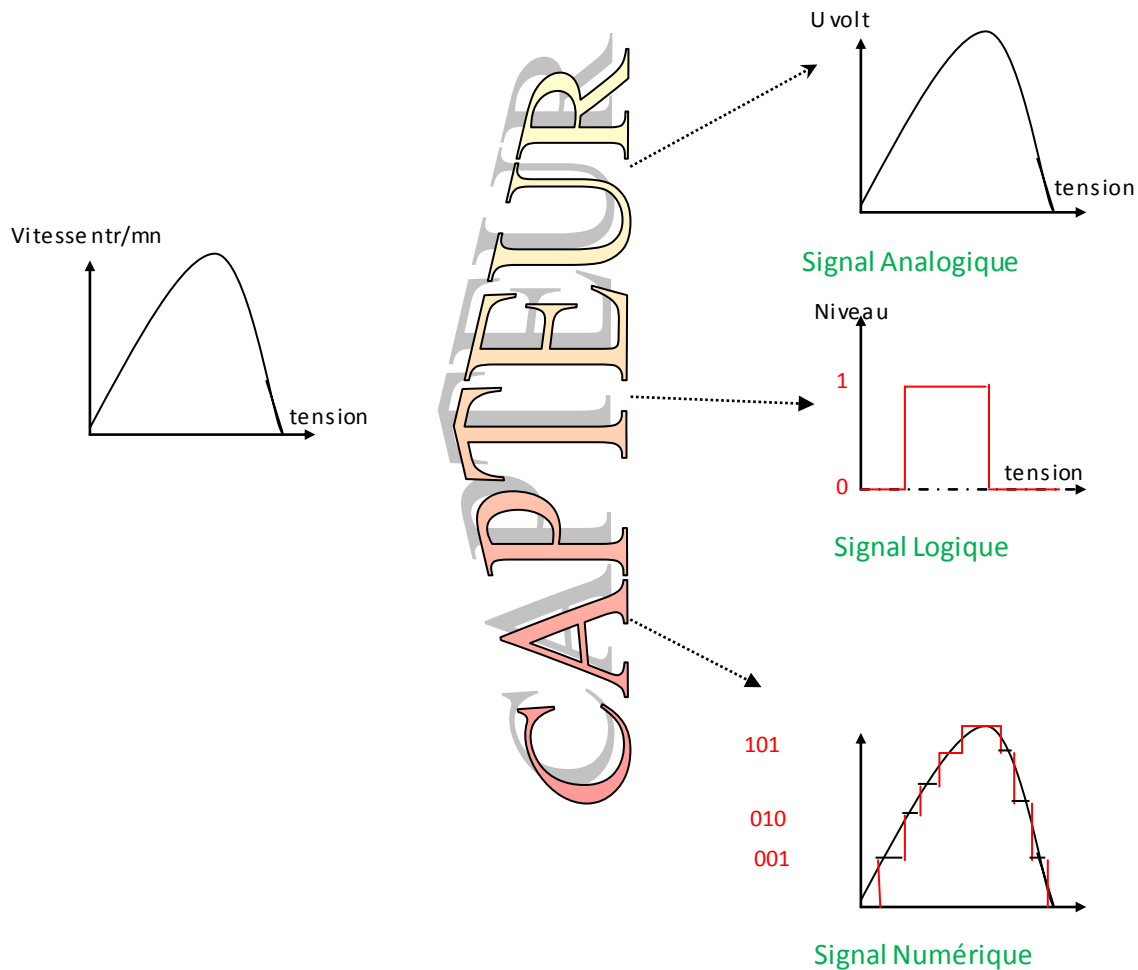


Figure 1.11 : familles de capteurs

8. Critère de choix d'un capteur de position ou de proximité

Un capteur de position est un élément de mesure ayant un contact avec l'objet dont on doit vérifier s'il occupe une position donnée. Une seule technologie est utilisée, ce sont les interrupteurs de fin de course [11].

Un capteur de proximité est un élément de mesure détectant si un objet est présent à proximité sans avoir de contact avec l'objet. La détection s'opère par des effets physiques que l'objet peut produire sur le détecteur, sans contact. Il existe 4 technologies :

- ❖ Capteur de proximité inductif : l'objet est de détecter par ses effets sur un champ magnétique émis par le détecteur.
- ❖ Capteur de proximité capacitif : l'objet est de détecter par ses effets sur un

champ électrique émis par le détecteur.

- ❖ Capteur de proximité photoélectrique : l'objet est détecté par ses effets sur un faisceau de radiations optiques.
- ❖ Capteur de proximité ultrasonique : l'objet est détecté par ses effets sur une onde ultrasonique émise par le détecteur.

Le tableau 3 représente le critère de choix d'un capteur de position ou de proximité [2].

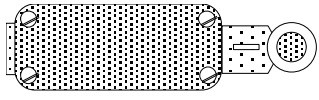
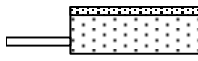

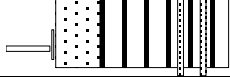
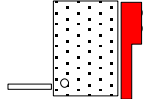
Type de détecteurs	Avantages	Inconvénients	Applications courantes
Interrupteur de position 	<ul style="list-style-type: none"> • Précision • Détection positive (sûre) • Type d'alimentation indifférente 	Détection avec contact Durée de vie (usure)	Contacts de fin de courses nécessitant sécurité et précision
Interrupteurs à lames souples magnétiques 	<ul style="list-style-type: none"> • Précision • Détection sans contact • Fiabilité 	Détection des matériaux magnétiques uniquement Portée faible	Contact de fin de courses de vérins pneumatiques Contact de protection antivol sur ouvertures
Détecteurs de proximité inductifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Enveloppe industrielle • Robustesse • Facilité d'installation 	Portée faible (qq mm) Détection que des métaux conducteurs	Détection de présence de matière d'œuvre ou d'éléments mobiles sur tous type de machines
Détecteurs de proximité capacitifs 	<ul style="list-style-type: none"> • Détection à travers les parois • Détection de tous les matériaux 	Sensible aux modifications de l'environnement Prix élevé	Détection de niveaux Détection de matières poudreuses ou liquides
Détecteurs photoélectriques 	<ul style="list-style-type: none"> • Grandes portées (plusieurs m) • Fiabilité 	Influence de la lumière ambiante Sensible à la pollution	Détection d'objets de toutes natures Détection d'accès

Tableau 3 : critères de choix d'un capteur de proximité et de position

9. Conclusion

Dans ce chapitre on a présenté les différents capteurs utilisés pour contrôler de nombreux paramètres physiques. Dans les chapitres suivants on exploitera le principe de la mesure de température afin de concevoir un appareil de mesure précise de la température.

chapitre2

capteur température et thermometre

1. Introduction :

Qualitativement, la température d'un objet détermine la sensation de chaud ou de froid ressentie en le touchant. Plus spécifiquement, la température est une mesure de l'énergie cinétique moyenne des particules d'un échantillon de matière, exprimée en unités de degrés sur une échelle standard.

2. Les différentes unités de température

La température est une grandeur intensive, qui peut être mesurée de deux façons différentes:

- A l'échelle atomique, elle est liée à l'énergie cinétique moyenne des constituants de la matière;
- Au niveau macroscopique, certaines propriétés des corps dépendant de la température (volume massique, résistivité électrique, etc...) peuvent être choisies pour construire des échelles de température.

2.1 Les échelles de température

La plus ancienne est l'échelle centésimale(1742), attribuant arbitrairement les valeurs 0 et 100 degrés à la glace fondante et à l'eau bouillante, sous la pression atmosphérique normale. La température ainsi définie dépendant du phénomène choisi (la dilatation d'un fluide) pour constituer le thermomètre étalon, on utilise de préférence l'échelle Celsius, définie à partir de l'échelle Kelvin par:

$$T (^{\circ}\text{C})=T(\text{K}) - 273.15 \quad (1)$$

Cette dernière échelle, qui est celle du système international, ne dépend d'aucun phénomène particulier et définit donc des températures absolues. Le zéro absolu(-273,15°C) a pu être approché à quelques millièmes de degrés près. Les phénomènes physiques qui se manifestent aux très basses températures connaissent d'importantes applications (supraconductivité). Dans le domaine des hautes températures, les torches à plasma permettent d'atteindre 50000K et les lasers de grande puissance utilisés pour les

recherches sur la fusion nucléaire contrôlée donnent, pendant des temps très brefs, des températures dépassant 100 millions de degrés.

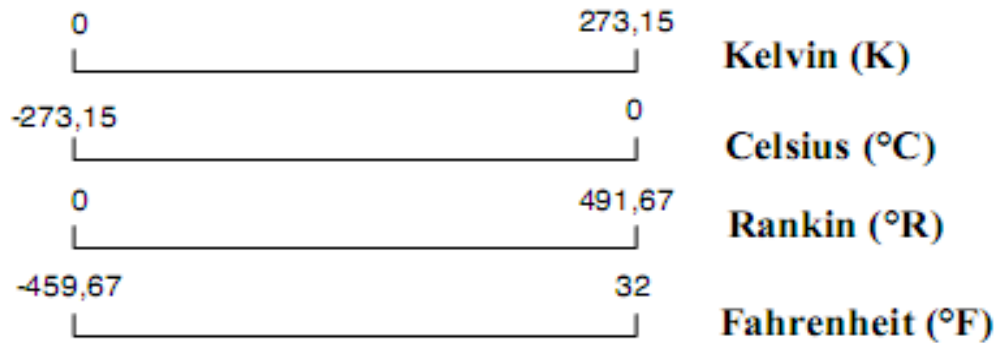


Figure 2.1 : Echelles de température

3. Capteurs de températures :

Les capteurs de températures sont classés en deux catégories principales :

- ✓ les capteurs à contact : échange de chaleur entre le milieu et le capteur jusqu'à établissement de l'équilibre thermique
- ✓ Pyromètres optiques (sans contact) : basés sur la relation entre la température d'un corps et son rayonnement optique (infra-rouge ou visible)

3.1 Capteurs de température a contact

a) Equilibre thermique

La température mesurée est la température T_c du capteur qui dépend des échanges d'énergie entre le capteur et le milieu étudié.

Quantité de chaleur reçue par le capteur / unité de temps :

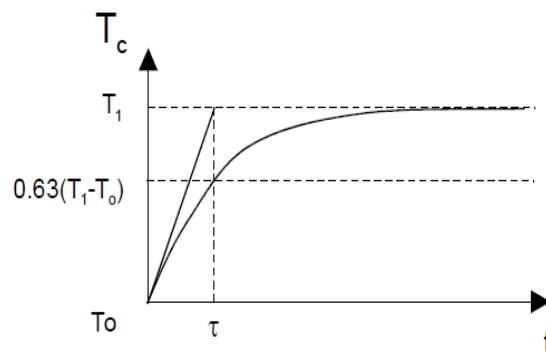


Figure 2.2 : Courbe $T_c=f(t)$

$$\frac{dQ}{dt} = C \frac{dT_c}{dt} \quad (1)$$

telque C : la capacité calorifique du capteur

$$\frac{dQ}{dt} = G (T_1 - T_c) \quad (2)$$

G : conducteur thermique entre le capteur et le milieu de température T_1

En négligeant les autres échanges thermiques on a :

$$\frac{CdT_c}{dt} = G(T_1 - T_c) \quad (3)$$

La solution de l'équation différentielle est :

$$T_c(t) = T_1 - (T_1 - T_0)e^{-t/\tau} \quad (4)$$

T_0 : température initial du capteur.

La figure 3 présente le cas ou il existe des échanges thermiques avec le milieu extérieur T_2 tend vers $(T_2 - T_1)$.

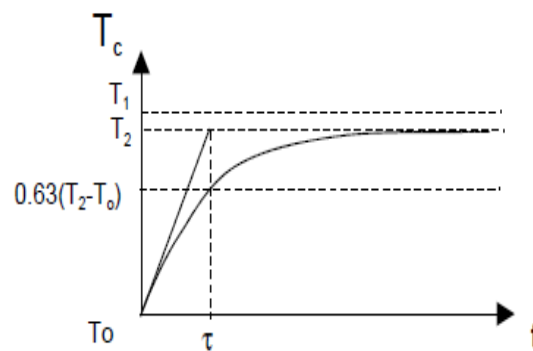


Figure 2. 3 : $T_c = f(t)$

b) Les bilames :

Ils constitués de deux lames d'alliages tels que :

- leur coefficient de dilatation sont très différents

- ils sont soudés à plat sur toute leur surface

$\Delta T \Rightarrow$ dilatation des deux lames \Rightarrow flexion de l'ensemble \Rightarrow fonctionne comme interrupteur.

Exemples d'applications :

- ① radiateurs électriques à thermostat mécanique
- ② réfrigérateurs
- ③ systèmes de sécurité de moteurs électriques

Lorsque la température du bilame augmente elle se courbe vers le haut car les deux métaux qui la constituent se dilatent à différentes vitesses, ce qui fait perdre le contact et coupe le passage du courant, alors le chauffage s'éteint.

Une fois la bande refroidit elle reprend sa position initiale et rétablit le contact, le courant repasse et le chauffage s'allume.

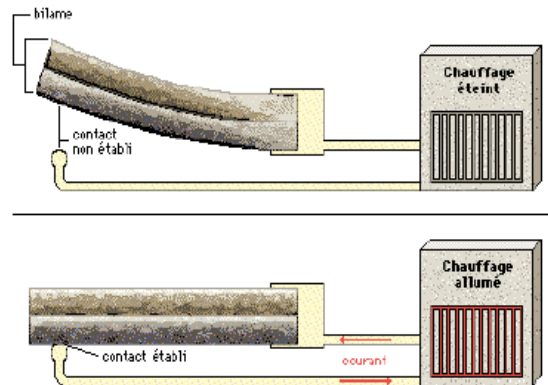


Figure 2.4 :thermo-resistance

c) Les thermo-résistances :

Principe: La résistance d'un matériau varie en fonction de sa température

\Rightarrow mesure de la température par mesure de résistance

Les lois de variation de résistances sont différentes suivant qu'il s'agit d'un métal ou d'un agglomérat d'oxyde métallique.

Sensibilité thermique : $\alpha \frac{1}{R} = \frac{dR}{dT}$.

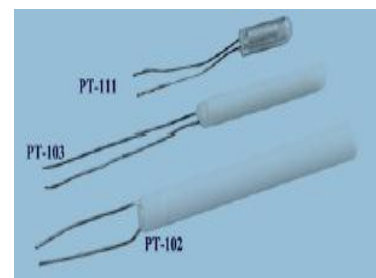


Figure 2.5 : thermo-résistances

On les classe en deux catégories:

- Les résistances métalliques
- Les thermistances

1. Les résistances métalliques:

Principe: La résistivité d'un métal ou d'un alliage dépend de la température:

$$\rho = \rho_0(1 + \alpha(T - T_0)) \quad (5)$$

*Relation résistance-température:

Dans une étendue de mesure dépendant de chaque métal : $R(T) = R(0)(1 + AT + BT^2 + CT^3)$

$R(0)$ résistance à 0°C ; 3 autres points de calibrage permettent de connaître A, B, C

Exemple : La sonde Pt100 : sonde platine de résistance 100 Ω à 0°C

Matière	Caractéristique	Plage
Platine	Précis, stable, durable Couteux	E.M : -200 °C, 650°C Jusqu'à 1400°C en fonction de l'enveloppe
tinguèstine	Sensibilité thermique plus élevée que pour le platine Moins stable que le platine Meilleure linéarité en haute température	E.M : -100 °C, 1400°C
Nickel	Sensibilité thermique la plus élevée Résistivité élevée Faiblement Linéaire Peu stable	E.M : -60 °C, 180 °c
Cuivre	Linéaire Faible résistivité => encombrant Peu stable	E.M : -190 °C, 150 °

Tableau 4 : les matières caractéristiques et leurs plage.

Avantages : - Très précis

- Simple à mettre en oeuvre Peu être approché par une loi linéaire

Inconvénients :

- Sensible à l'auto-échauffement et à la variation des résistances de connexion

2. Thermistances :

Caractéristiques :

- résistances à base d'oxydes métalliques
- faible encombrement

on constate deux types de thermistances :

- à coefficient de température positif (PTC)
- à coefficient de température négatif (NTC)

Relation résistance-température des NTC: $R=R_0 e^{-B/\tau}$; R_0 resistance à 0°C .

Avantages: - temps de réponse rapide
- moins chers

Inconvénients:

- loi non linéaire
- diversité des caractéristiques dans les séries,
- sensible à l' auto échauffement et à la variation des résistances de connexion

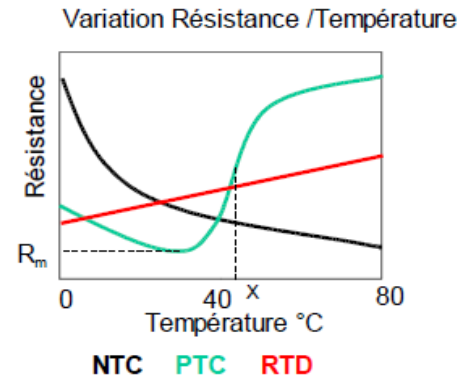


Figure2.6 :R=f(T)

d. Thermocouples :

Principe: effet Seebeck (capteurs actifs)

Circuit fermé, constitué de deux conducteurs A et B de nature différente dont les jonctions sont à des températures T1 et T2 différentes

⇒ Le thermocouple est le siège d'une force électromotrice dite de Seebeck V_{AB}.

V_{AB} dépend de la nature des deux conducteurs et des températures T1 et T2 .

Les pouvoirs thermoelectriques des métaux et alliages (relation $V=f(T)$)

Sont définie dans des tables par rapport à un métal de référence (Pb ou Pt) et par rapport à 0°C .

Par conséquent la relation force électromotrice/température de n'importe quel couple peut être déterminée.

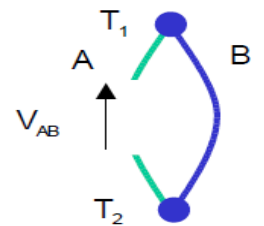


Figure2.7 :thermocouple

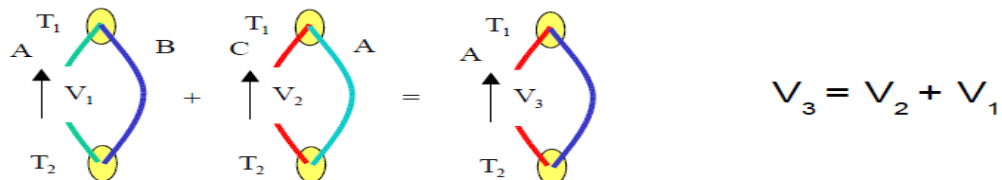


Figure2 .8 :tension thermocouple .

-Généralement la température des resistances est la température ambiante.

-Si deux jonctions a température T_1 et T_2 produisent la tension V_2 , T_3 et T_1 produisent V_1 alors avec T_1 et T_3 on a une tension : $V_3=V_2+V_1$.

Mais, en général la température ambiante est variable ;

$V_{0^\circ\text{C}}^{\text{TC}} = V_{\text{ambiant}}^{\text{TC}} + V_{0^\circ\text{C}}^{\text{ambiant}}$; l'addition de terme $V_{0^\circ\text{C}}^{\text{ambiant}}$ s'appelle la compensation de soudure froide.

Cables de compensation :

utilisés quand :

- les métaux du thermocouple sont chers
- la distance entre le milieu dont on doit mesurer la température et la jonction de référence est grande.

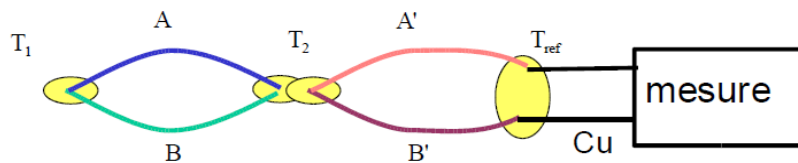


Figure 2.9 : mesure thermocouple.

A' et B' sont les câbles de compensation ; tels que :

- les jonction A/A' et B/B' sont à la même température T_2
- les couples A'/B' et A/B ont la même force électromotrice centre T_{ref} et T_2

⇒ La force électromotrice dépend des matériaux A et B, de T_1 et T_{ref} .

e. Semi – conducteurs :

Principe :

La tension aux bornes du semi-conducteur (formant une diode ou un transistor) et le courant qui le traverse dépendent de la température.

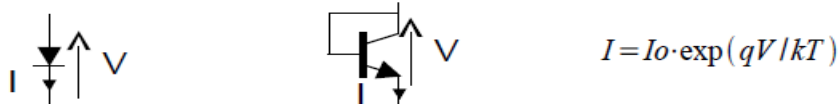


Figure
conducteur.

2.10 : semi-

À courant constant I, la mesure de V est linéaire en fonction de la température ;

$V=aT+b$; a: dépend de l'élément sensible ($a \approx -2.5\text{mV}/^\circ\text{C}$)

- Avantages :
- simplicité
 - peu coûteux
 - non linéarité faible
- Inconvénients :
- étendue de mesure limitée (-50°C-150°)



Figure2.11 : capteur sans contacte.

3.2 Capteur de température sans contact

La pyrométrie optique est une méthode de mesure de la température basée sur la relation entre la température d'un corps et le rayonnement optique (infrarouge ou visible) que ce corps émet.

Détermination de la température sans contact avec l'objet, et c'est une méthodes de vaste usage comme :

- mesure de température élevée (>2000°C);
- mesures à de grande distance
- environnement très agressif
- Localisation des points chauds
- Pièce en mouvement

a. Principe physique :

Tout corps émet spontanément et en permanence un rayonnement électromagnétique dont le spectre continu à une répartition énergétique fonction de la température.

Les lois de cette émission sont établies pour le corps idéal, le corps noir ; lui qui est caractérisé par une absorption totale de tout rayonnement incident.

$$E_{\lambda, n}(\lambda, T) = 2\pi hC^2 / \lambda^5 (e^{\frac{hc}{\lambda kT}} - 1) \quad (6)$$

h : Constante de Planck = 6.6256 10⁻³⁴ W.s²

C : vitesse de la lumière = 2.998 10⁸ m.s⁻¹

k : constante de Boltzmann = 1.38054 10⁻²³ W.s.K⁻¹

Le corps réel : son rayonnement thermique se rapproche plus ou moins de celui du corps noir suivant son pouvoir absorbant

L'émittance spectrale E(T) d'un corps réel :

$$E_{\lambda}(T) = e(\lambda, T) E_{\lambda n}(T) \quad (7)$$

$e(\lambda, T)$: émissivité du corps réel à la longueur d'onde λ et à la température T. Elle est égale à son coefficient d'absorption (loi de Kirchhoff). Elle est inférieure à 1 et dépend de la nature du corps réel et de son état de surface. L'incertitude sur sa valeur est l'une des principales sources d'erreurs potentielles en pyrométrie optique.

Dans son trajet entre la cible et le détecteur, le rayonnement subit une atténuation liée à la nature et à l'épaisseur des milieux traversés.

❖ Exemples :

- atténuation atmosphérique due à la vapeur d'eau, au CO₂ et à l'O₃
- dispositifs optiques liés au pyromètre optique.

la figure suivante résume la gamme de température en °C et de chaque types de capteur .

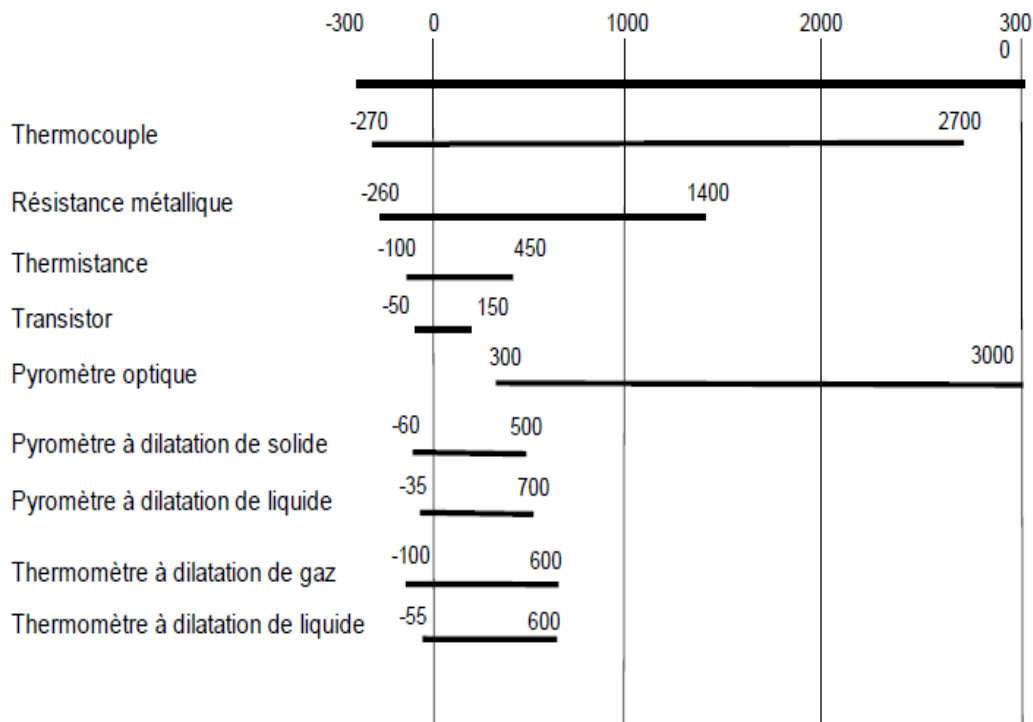


Figure 2.12 : gamme température des capteur

4. Thermomètre

1. Définition :

Instrument destiné à mesurer la température, dont le but est de déterminer à quel point les objets sont chauds ou froids. Le fonctionnement de celui-ci est basé sur la variation des propriétés physiques (dilatation thermique, pression, etc.) en fonction du changement de température.

2. Les différentes sortes de thermomètres :

a) **Termo. à alcool:** Le plus connu des thermomètres est un appareil en verre rempli d'alcool coloré en rouge ou en bleu.

b) au mercure: de couleur argentée ; le principe du thermomètre à liquide repose sur la dilatation d'un liquide dans un tube de verre gradué.

La théorie cinétique émise par Anders Celsius explique aussi le fonctionnement des thermomètres à liquide ordinaires. Le thermomètre est constitué d'une tige de verre munie d'un réservoir à son extrémité et contenant un liquide comme du mercure ou de l'alcool. Quand ce liquide entre en contact avec un élément plus chaud, ceci agite les particules du liquide que contient le thermomètre, ce qui le dilate et fait grimper le mercure, par exemple, le long de l'échelle, à l'intérieur du thermomètre. Lorsque le liquide rencontre un milieu plus froid, l'effet inverse se produit.

c) à infrarouge: La technologie d'imagerie numérique nous permet de capter instantanément et sans contact la radiation infrarouge d'une source de chaleur. Cette technique est utilisée, par exemple, dans les satellites et, plus près de nous, dans certains appareils comme les thermomètres médicaux.

Il suffit de pointer le faisceau entre 5 et 15 cm du front par exemple pour obtenir la température en moins d'une seconde, en degrés Celsius ou Fahrenheit, au choix. Pratique, notamment pour les nourrissons et enfants en bas âge, il est aussi hygiénique et fiable.

d) à capteur électronique (analogiques ou numériques): D'une très grande précision, les thermomètres électroniques sont de plus en plus populaires.

3. Unités de mesure :

Moyens fiables et universels d'identifier les différences de températures d'un corps ou des facteurs atmosphériques. Les échelles sont constituées d'unités. Trois échelles sont reconnues mondialement, dont le degré Fahrenheit, le degré Celsius et le Kelvin.

- Échelle Fahrenheit (°F): Daniel Gabriel Fahrenheit (1686-1736), physicien allemand, a

construit les premiers thermomètres pratiques à mercure en 1724.

Il a utilisé un mélange de glace, d'eau et de sel de mer qu'il a estimé être à 0°F et a mis comme convention que le corps humain avait une température de 96°F. Après avoir divisé en 96 parties égales cet intervalle, il a découvert que le point de congélation de l'eau se situait à 32°F et que celui d'ébullition de l'eau était à 212°F.

- Échelle Celsius (°C): Anders Celsius (1701-1744), astronome et physicien suédois, a construit

son thermomètre à mercure en 1742. Il a choisi pour unités 0 °C pour la glace fondante et 100 °C pour l'eau bouillante.

- Échelle Kelvin (K): Sir William Thomson, Lord Kelvin (1824-1907), proposa une échelle

absolue de température qui utilise le zéro absolu ($= -273^{\circ}\text{C}$) comme origine. Il a repris le même intervalle de graduation que Celsius ($0^{\circ}\text{C} = 273\text{K}$). Donc, si la congélation de l'eau a lieu à 0°C , cela équivaut à dire que l'eau gèle à 273K .

4. La thermorégulation

La température corporelle normale résulte de l'équilibre entre la production et l'élimination de la chaleur par l'organisme, entre les mécanismes de thermolyse et de la thermogenèse.

Si la quantité de chaleur produite est égale à la quantité de chaleur perdue, la température reste constante à 37°C au centre du corps.

Une température centrale trop élevée (> 44 à 46°C) peut entraîner la mort car elle dénature les protéines du corps.

Une température centrale trop basse (< 21 à 24°C) peut entraîner la mort car elle cause une arythmie.

Lorsque nous sommes exposé au froid, le mécanisme de la thermogenèse est activé.

5. Thermometre exterieur /interieur :

C'est un double thermometre qui a la fois mesure la température de l'exterieur et d'interieur a la fois .

Double thermomètre intérieur/extérieur sans fil

Reference	Désignation	Unité de vente	€ / unité de vente *
098464	Double thermomètre intérieur/extérieur sans fil	1	23,98

Figure2.13 : thermometre interieur/exterieur.



6. Capteur température LM35 :

Le LM35 est un capteur à circuit intégré qui peut être utilisé pour mesurer la température avec un signal électrique proportionnel à la température (en $^{\circ}\text{C}$), et on mesure

7. Conclusion :

Dans ce chapitre on a présenté quelque types de capteurs de température utilisés et leurs caractéristiques.

Les thermomètres et leurs types

Un peu plus détailler sur le LM35 et ces caractéristique, vue que notre projet et la réalisation de thermomètre interieur/exterieur consiste son utilisation .

chapitre3

composants et procédure de test

1) Introduction :

Le chapitre 3 est un cahier de charge de notre circuit et les étapes qu'on a passé pour le réaliser.

La réalisation de notre montage nécessite des spécifiques composants et matériel situé ci-dessous :

2) Diagramme de thermomètre intérieur/extérieur :

Le figure ci-dessous présente l'organigramme du montage final, par la suite on détaillera chaque étage .

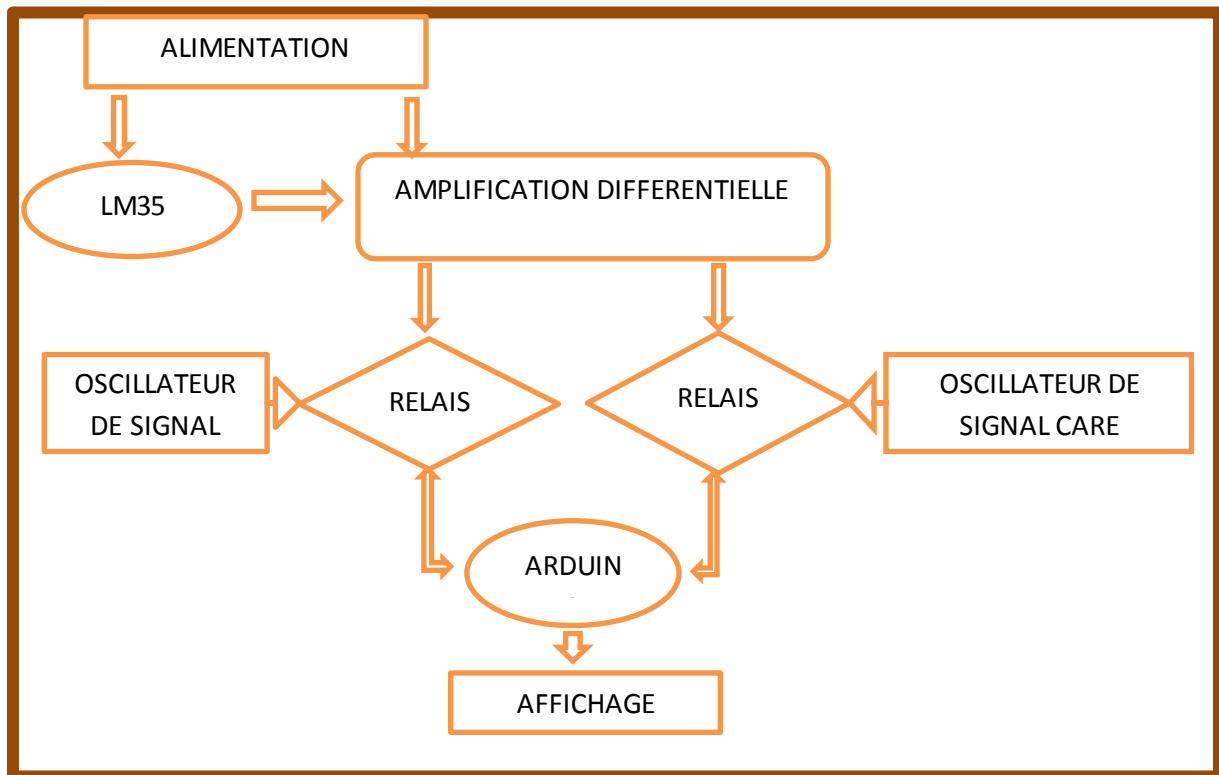


Figure 3.1: digramme de thermomètre intérieur/extérieur

Le diagramme se compose de :

- Alimentation ;
- Capteur LM5 ;
- Amplificateur différentiel ;
- Alternance de l'affichage (relais, oscillateur) ;
- Arduino ;
- Affichage.

3) Alimentation :

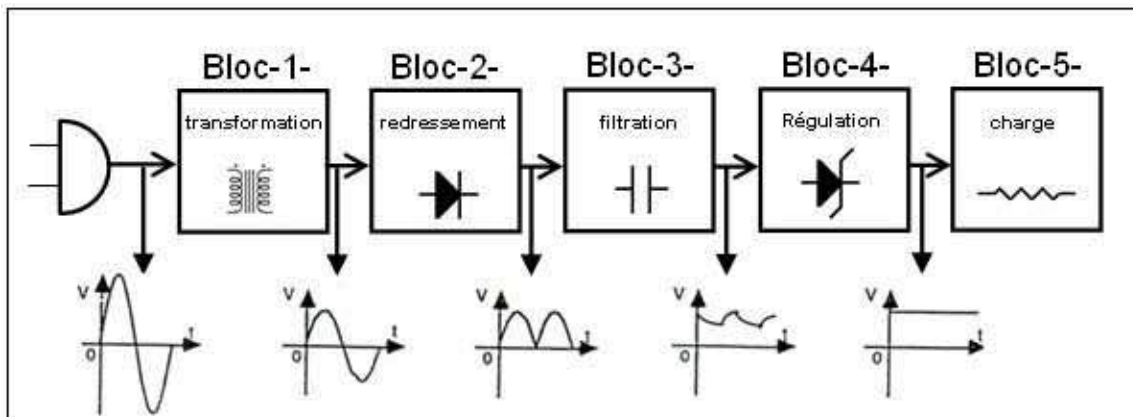


Figure3.2 : schéma bloc de l'alimentation.

Une alimentation symétrique est un générateur électrique qui fournit deux tensions continues de polarité opposées mais de valeurs absolues identiques avec un 0v ou masse commune ainsi l'une est positive, l'autre est négative

Ce type d'alimentation est utilisé pour certains montages et circuits électroniques, comme les amplificateurs opérationnels.

Une alimentation symétrique peut être formée simplement en associant deux générateurs de tension continue classique.

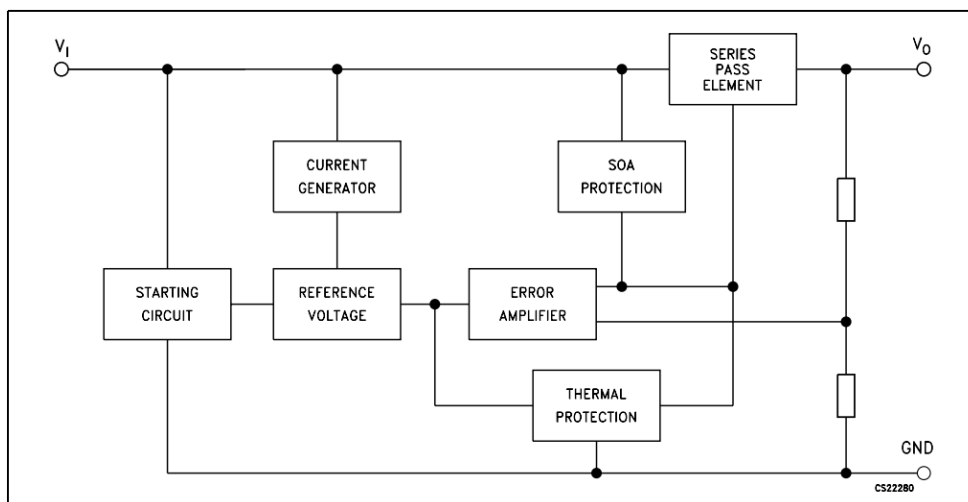


Figure3.3 : diagramme de régulateur L7805 [16]

4) Les sondes des températures :

Les sondes des températures sont des LM35. Il s'agit de semi-conducteurs présentant l'immense qualité de délivrer, sur leur sortie, un potentiel rigoureusement linéaire par rapport à la température ambiante à laquelle ils sont soumis.

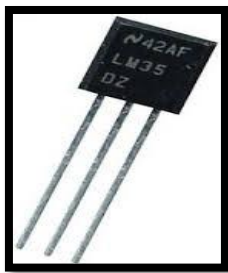


Figure3.4 : LM35

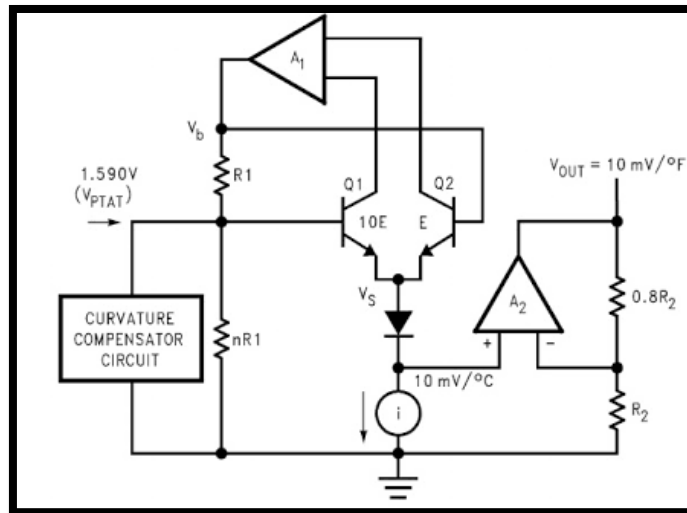


Figure3.5 : diagramme de lm35.[17]

- Il est généralement utilisé comme capteur de mesure thermique. Il comprend des thermocouples, une résistance en platine, une résistance thermique et des puces de température semiconducteur, qui sont généralement utilisées dans les thermocouples de mesure de la température élevée.
- La température de la résistance en platine est utilisée dans la mesure de 800°C, alors que

la résistance thermique et le capteur de température semiconducteur sont adaptés à la mesure de la température de 100-200°C ou moins, dans lesquels l'application d'un capteur de température semiconducteur simple a une linéarité satisfaisante et une sensibilité élevée. Le capteur de température linéaire LM35 et l'extension spécifique au capteur de la carte arduino peuvent être facilement mis en place.[18]

5) Amplification différentielle :

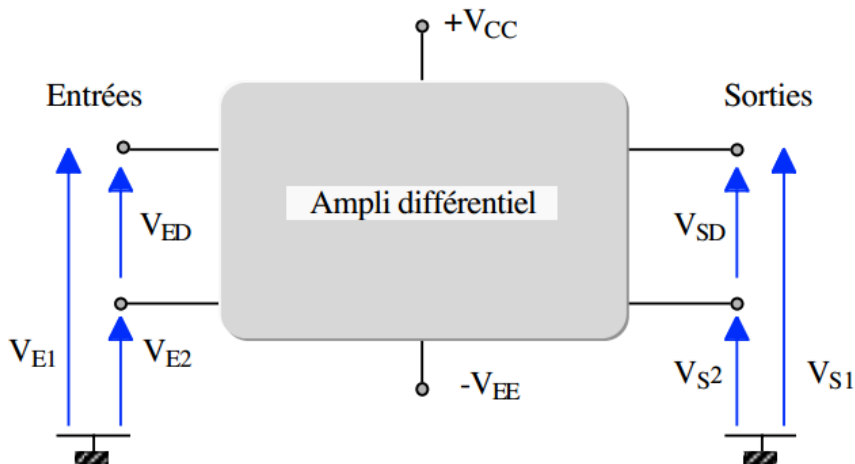


Figure3.5 : amplificateur différentiel.

- ✓ L'amplificateur différentiel est un dispositif électronique à deux entrées et deux sorties. Il est alimenté par deux sources d'alimentations de tensions opposées $+V_{CC} / -V_{CC}$. [19]

Ainsi, pour un amplificateur différentiel, on a la relation suivante :

$$V_S = A_d \cdot e_d + A_{MC} \cdot E_{MC}$$

- ✓ Un amplificateur de qualité doit présenter un gain de mode commun le plus faible possible. Une autre manière de voir les choses consiste à dire que A_{MC} doit être faible devant A_d , soit le rapport A_d/A_{MC} le plus élevé possible.
- ✓ Les constructeurs de tels amplificateur donnent dans leur documentation la valeur A_d/A_{MC} qui porte le nom de taux de réjection de mode commun (TRMC) ou en anglais : Common Mode Rejection Ratio (CMRR).
- ✓ L'amplificateur d'instrumentation présente 3 inconvénients :
 - Il a des impédances d'entrée faibles et asymétriques
 - Son gain n'est pas réglable
 - Son taux de réjection de mode commun peut être amélioré
- i. Pour analyser ce montage, on va considérer les AOP parfaits (A_d et CMRR des AOPs infinis). Procédons par superposition,

- $e_2 = 0$:

$$V_1 = e_1 \cdot (R_2 + R_1) / R_1$$

$$V_2 = e_1 \cdot (-R_2 / R_1)$$

- $e_1 = 0$:

$$V_1 = e_2 * (-R_2 / R_1)$$

$$V_2 = e_2 * (R_2 + R_1) / R_1$$

- Ajoutons les tensions;

$$V_1 = e_1 * (R_2 + R_1) / R_1 + e_2 * (-R_2 / R_1)$$

$$= (E_{MC} + ed/2) * (1 + R_2 / R_1) + (E_{MC} - ed/2) * (-R_2 / R_1)$$

$$= E_{MC} + (ed/2) * (1 + 2R_2 / R_1) V_2$$

$$= E_{MC} - (ed/2) * (1 + 2R_2 / R_1)$$

- ii. Ainsi, le premier étage va fournir une tension de mode commun : $V_{MC} = E_{MC}$ et une tension différentielle $v_d = ed * (1 + 2R_2 / R_1)$

Bilan : Le premier étage amplifie la tension différentielle (Gain différentiel = $1 + 2R_2 / R_1$), et laisse passer la tension de mode commun (Gain de mode commun = 1).

- iii. Analyse de l'étage complet :

- On peut considérer que l'amplificateur d'instrumentation est constitué de deux étages différentiels. La question qu'on peut se poser est : comment répartir les gains différentiel ? Notons, pour l'ensemble de la structure (les deux étages) $A_d = 100$, A_{MC} pour le mode commun.

- Appelons A_d' , A_{MC}' les gains du premier étage, et A_d'' , A_{MC}'' , ceux du second.

- En sortie du premier étage, on a : $v_d = A_d' * ed$, et $V_{MC} = E_{MC}$

- Ainsi, en sortie du montage, on va trouver : $v_s = A_d'' * A_d' * ed + A_{MC}'' * E_{MC}$

- Globalement, on a donc $A_d = A_d' * A_d''$ et $A_{MC} = A_{MC}''$.

- Le taux de réjection est donc :

$TRMC = A_d / A_{MC} = A_d' * A_d'' / A_{MC}'' = A_d' * TRMC''$ Le taux de réjection de mode commun global est donc amélioré d'un facteur A_d' .

- iv. Bilan:

- Le taux de réjection de mode commun est amélioré
- Les impédances d'entrée sont très grandes (celle d'un AOP) et symétriques
- On peut régler le gain différentiel très simplement (par action sur le potentiomètre R_1)

6) Alternance de l'affichage :

a) Oscillateur de signal carré :

C'est un montage ou un composant électronique qui génère un signal périodique (c'est à dire qui se répète) et ce signal passe d'un niveau bas (par exemple 0 V) à un niveau haut (par exemple 5 V), puis au bout d'un certain temps repasse vers le niveau bas.

Le signal reste un certain temps à l'état bas puis passe de nouveau à l'état haut, et le cycle se poursuit ainsi sans s'arrêter, tant que les conditions requises pour que l'oscillation ait lieu sont respectées.

Quand on regarde ce genre de signal à l'oscilloscope, il a la forme de créneaux (comme ceux d'un château fort), c'est pourquoi on lui a donné le nom de rectangulaire.

Mais à quoi donc peut servir un tel oscillateur ? Si la fréquence du signal est basse, c'est à dire si les changements d'état ne se font pas trop vite, on peut réaliser un métronome électronique.

❖ Oscillateur à CD4011 [20]

Le schéma ci-dessous fait appel à deux portes logiques de type NON-ET (NAND), il y en a quatre de ce type dans un CD4011.

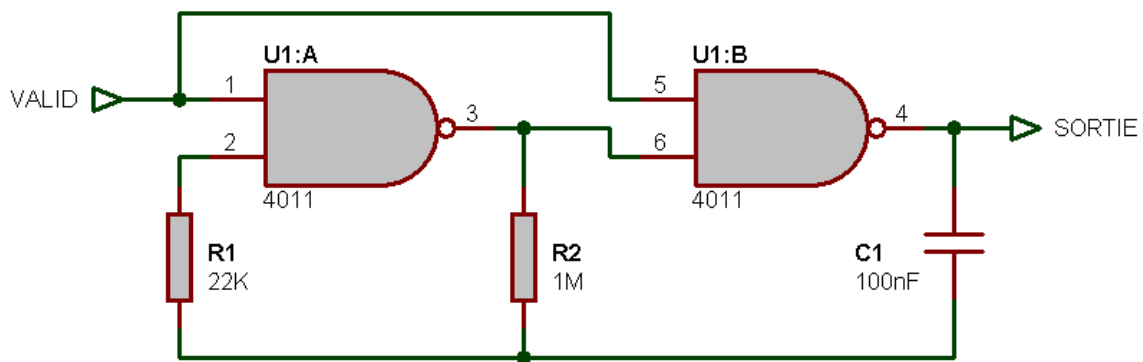


Figure3.6 : circuit basé sur CD4011

L'entrée de validation VALID doit être portée au niveau haut (+V) pour que le circuit oscille. Si cette entrée est au niveau bas, la sortie restera au niveau haut en continu. Si vous n'avez pas besoin d'une entrée de commande, vous pouvez relier l'entrée 1 et 2 entre elles, ainsi que les entrées 5 et 6 entre elles, et couper la liaison entre 1 et 5. Ceci peut permettre de simplifier le câblage. Le point commun des deux résistances et du condensateur n'est pas relié à la masse et ne doit pas l'être !

b) Relais (REED 12V/1T) :

Un relais est un appareil dans lequel un phénomène électrique (courant ou tension) contrôle la commutation On / Off d'un élément mécanique (on se trouve alors en présence d'un relais électromécanique) ou d'un élément électronique (on a alors affaire à un relais statique).

C'est en quelque sorte un interrupteur que l'on peut actionner à distance, et où la fonction de coupure est dissociée de la fonction de commande.

La tension et le courant de commande (partie "Commande"), ainsi que le pouvoir de commutation (partie "Puissance") dépendent du relais, il faut choisir ces paramètres en fonction de l'application désirée.

Ainsi, il faut choisir des relais différents selon qu'il faut commuter des signaux audio ou des tensions ou courants importants.

Comme la Commande peut être réalisée sous faible puissance (faible tension, faible courant), et que la partie Coupure peut commuter des puissances importantes, on peut dire que ce composant est un amplificateur de courant.

Le premier relais réellement "pratique" a vu le jour en 1837, grâce à l'inventeur américain Samuel F.B. Morse (oui, celui qui a inventé le fameux alphabet de même nom), qui lui-même s'est appuyé sur les travaux du physicien britannique Charles Wheatstone (oui, celui à qui l'on doit le fameux pont de mesure qui porte son nom).



Figure3.7 : les différents relais.

I. Relais électromécaniques [21]

Un relais électromécanique est doté d'un bobinage en guise d'organe de commande. La tension appliquée à ce bobinage va créer un courant, ce courant produisant un champ électromagnétique à l'extrémité de la bobine (il ne s'agit ni plus ni moins que d'un électro-aimant). Ce champ magnétique va être capable de faire déplacer un élément mécanique monté sur un axe mobile, qui déplacera alors des contacts mécaniques.

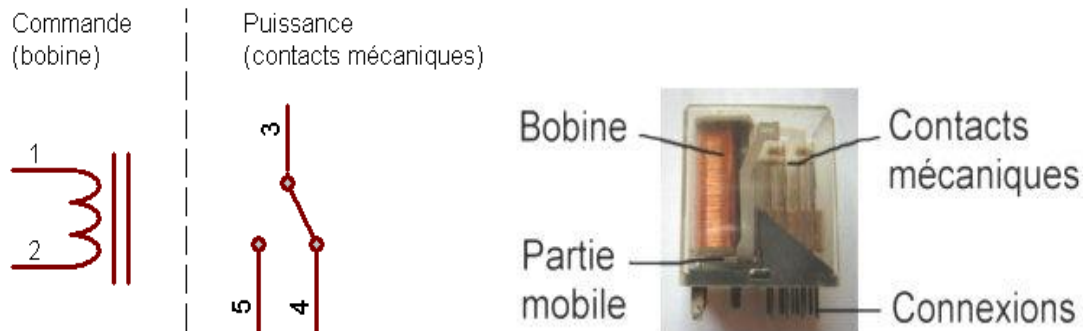


Figure3.8 : schéma bloc de relais

Sur la photo ci-avant, on voit nettement la bobine, constituée d'un très grand nombre de spires d'un fil de cuivre très fin. Quand cette bobine est parcourue par un courant suffisant, un champ magnétique attire la partie mobile vers lui (sur la photo, l'élément marqué Partie mobile se soulève), et déplace par le biais d'un axe, les contacts mécaniques situés à côté (sur la photo, les contacts mécaniques se déplacent vers la droite). Quand plus aucun courant ne circule dans la bobine, les contacts reprennent leur position de repos grâce à un ressort de rappel. Les connexions extérieures permettent simplement d'avoir accès aux fils de la bobine et aux contacts électriques solidaires des parties mécaniques mobiles.

II. Avantages du relais électromécanique

- a) Capacité de commuter aussi bien des signaux continus qu'alternatifs sur une large gamme de fréquences.
- b) Fonctionnement avec une dynamique considérable du signal commuté.
- c) Aucun ajout de bruit ou de distorsion.
- d) Résistance de contact fermé très faible (il est moins facile de trouver des valeurs aussi faibles avec des composants électroniques).
- e) Résistance de contact ouvert très élevée (il est moins facile de trouver des valeurs aussi élevées avec des composants électroniques).
- f) Très grande isolation entre circuit de commande (bobine) et circuit commuté (contacts).
- g) Possibilité de résoudre des problèmes d'automatisme de façon parfois plus simple qu'avec un circuit électronique.

III. Inconvénients du relais électromécanique

- a) Élément de commande possédant une composante inductive non négligeable (c'est une bobine, après tout), provoquant une surtension importante lorsque le courant circulant dans la bobine est interrompu (loi de Lenz). Ce qui impose l'emploi d'au moins un composant de protection (une diode par exemple) pour protéger le circuit de commande si ce dernier est de type électronique.
- b) Présence de rebonds lors des commutations, le passage de l'état ON à l'état OFF (ou inversement) n'est pas "net" (même phénomène de rebonds mécaniques que l'on observe dans les interrupteurs). Il est intéressant de savoir que le nombre de rebonds, et donc la rapidité de la mise en contact franc, dépend du courant de commande circulant dans la bobine. Le nombre de rebonds est en effet plus important quand ce courant de commande est bien inférieur ou bien supérieur à la valeur de courant nominal spécifiée par le fabricant (appliquer une tension de commande de 8 V à un relais dont la tension nominale est de 12 V, peut le faire coller, mais de façon moins franche et avec plus de rebonds).
- c) Compatibilité pas toujours assurée avec les circuits numériques, notamment pour les relais de forte puissance, qui peuvent nécessiter un circuit d'interface spécifique.
- d) Couplage capacitif entre les contacts pour les modèles multipolaires (à plusieurs pôles).
- e) Diminution de l'isolation à l'état ouvert à cause du couplage capacitif (d'autant plus embêtant que les signaux commutés montent haut en fréquence).
- f) Durée de vie "faible" si nombre important de commutation (fatigue des contacts et du ressort de rappel, qui peut se "ramollir" ou même casser).
- g) Encombrement mécanique plus important pour les relais de moyenne et forte puissance, qu'il faut cependant comparer au transistors ou tiacs munis de leur (parfois gros) radiateur.
- h) Brochage pas vraiment normalisé, malgré quelques efforts faits pour certaines catégories de relais (relais reed en boîtier DIL et relais norme "européenne")

7) Arduino (mega) :

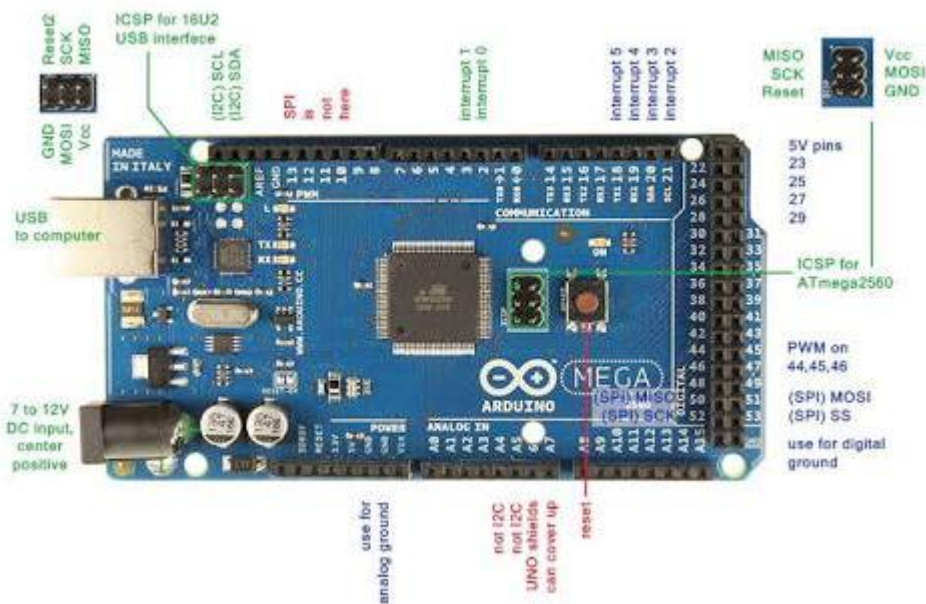


Figure3.9 : la carte arduino- méga

Sont des cartes matériellement libres sur lesquelles se trouve un microcontrôleur (d'architecture Atmel AVR comme par exemple l'Atmega328p). Les schémas de ces cartes sont publiés en licence libre, cependant, certains composants, comme le microcontrôleur par exemple, ne sont pas en licence libre.

Le microcontrôleur peut être programmé pour analyser et produire des signaux électriques, de manière à effectuer des tâches très diverses comme la domotique (le contrôle des appareils domestiques - éclairage, chauffage...), le pilotage d'un robot, de l'informatique embarquée, etc.

C'est une plate-forme basée sur une interface entrée/sortie simple. Il était destiné à l'origine principalement mais pas exclusivement à la programmation multimédia interactive en vue de spectacle ou d'animations artistiques.

C'est une partie de l'explication de la descendance de son environnement de développement de Processing, lui-même inspiré de l'environnement de programmation Wiring (l'un pensé pour la production d'applications impliquant des graphismes et l'autre pour pilotage de salles de spectacles).

Arduino peut être utilisé pour construire des objets interactifs indépendants (prototypage rapide), ou bien peut être connecté à un ordinateur pour communiquer avec ses logiciels. En 2011, les versions vendues sont pré-assemblées. Des informations sont fournies pour ceux qui souhaitent assembler ou construire une carte Arduino eux-mêmes.[22]

8) Afficheur LCD :

Les afficheurs LCD sont devenus indispensables dans les systèmes techniques qui nécessitent l'affichage de paramètres de fonctionnement.

Grâce à la commande par un microcontrôleur ces afficheurs permettent de réaliser un affichage de messages aisés. Ils permettent également de créer ses propres caractères.

a. Fonctionnement d'un afficheur LCD :

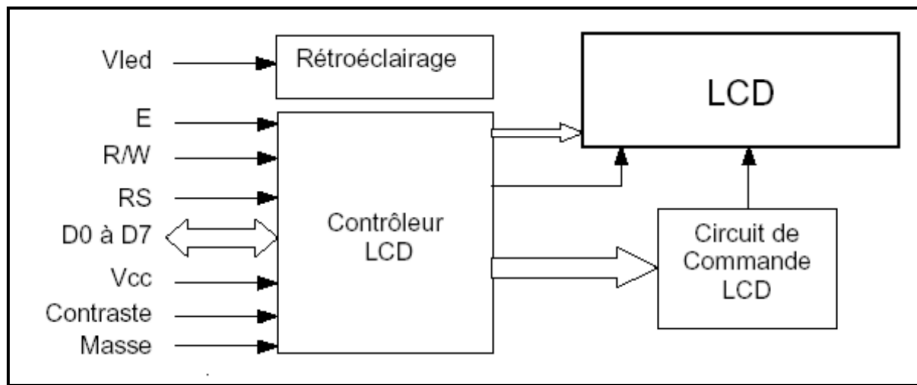


Figure3.10 : Schéma fonctionnel

b. Le rôle des différentes broches de l'afficheur LCD

- VCC, Masse : alimentation de l'afficheur LCD. Un afficheur LCD s'alimente en 0V-5V.
- Contraste : entrée permettant de régler le contraste de l'afficheur LCD. Il faut appliquer une tension continue réglable (entre 0V et 5V) à l'aide d'un potentiomètre.
- Vled : différence de potentiel permettant de commander le rétro éclairage.
- E : entrée de validation (ENABLE), elle permet de valider les données sur un front descendant. Lorsque E=0 alors le bus de données est à l'état haute impédance.
- RS : Register Select cette entrée permet d'indiquer à l'afficheur si l'on souhaite réaliser une commande (RS=0) par des instructions spécifiques ou écrire une donnée (envoi du code du caractère à afficher) sur le bus (RS=1).
- R/W: entrée de lecture (R/W=1) et d'écriture (R/W=0). Lorsqu'on commande l'afficheur LCD il faut se placer en écriture.
- D7...D0 : bus de données bi-directionnel, il permet de transférer les instructions ou les données à l'afficheur LCD.

c. La mise en œuvre d'un afficheur LCD :

Un afficheur LCD sera commandé par un microcontrôleur. Il faut donc penser aux mises en œuvre :

- matérielle : connexion des broches du microcontrôleur à l'afficheur LCD,
 - logicielle : utilisation de sous programmes permettant de commander l'afficheur LCD (initialisation, effacement de l'afficheur, affichage d'un caractère, affichage d'une variable,...).
- d. Mise en œuvre matérielle d'un afficheur LCD :

En fonction du mode de commande choisis de l'afficheur LCD la mise en œuvre matérielle sera différente.

- e. Il existe deux modes de commande d'un afficheur LCD:
- commande en 4 bits,
 - commande en 8 bits.

9) Conclusion :

Le chapitre porte un cahier de charge détaillés comporte les composantes essentiels utilisées, par la suite on est passé au laboratoire pour la vérification de fiabilité des composants et les différents étages du schéma.

Afin d'établir le montage sur la plaque électronique.

chapitre4

réalisation et programmation

➤ Introduction :

Après l'étude théorique on passe dans ce chapitre à la réalisation du circuit final, tous d'abord on commence par une stimulation sur isis comme le montre la figure si-dessous et puis, à la plaque d'essais pour faire la soudure a la fin et avoir le montage final et le rassemblement des etages.

1) Stimulation sur isis :

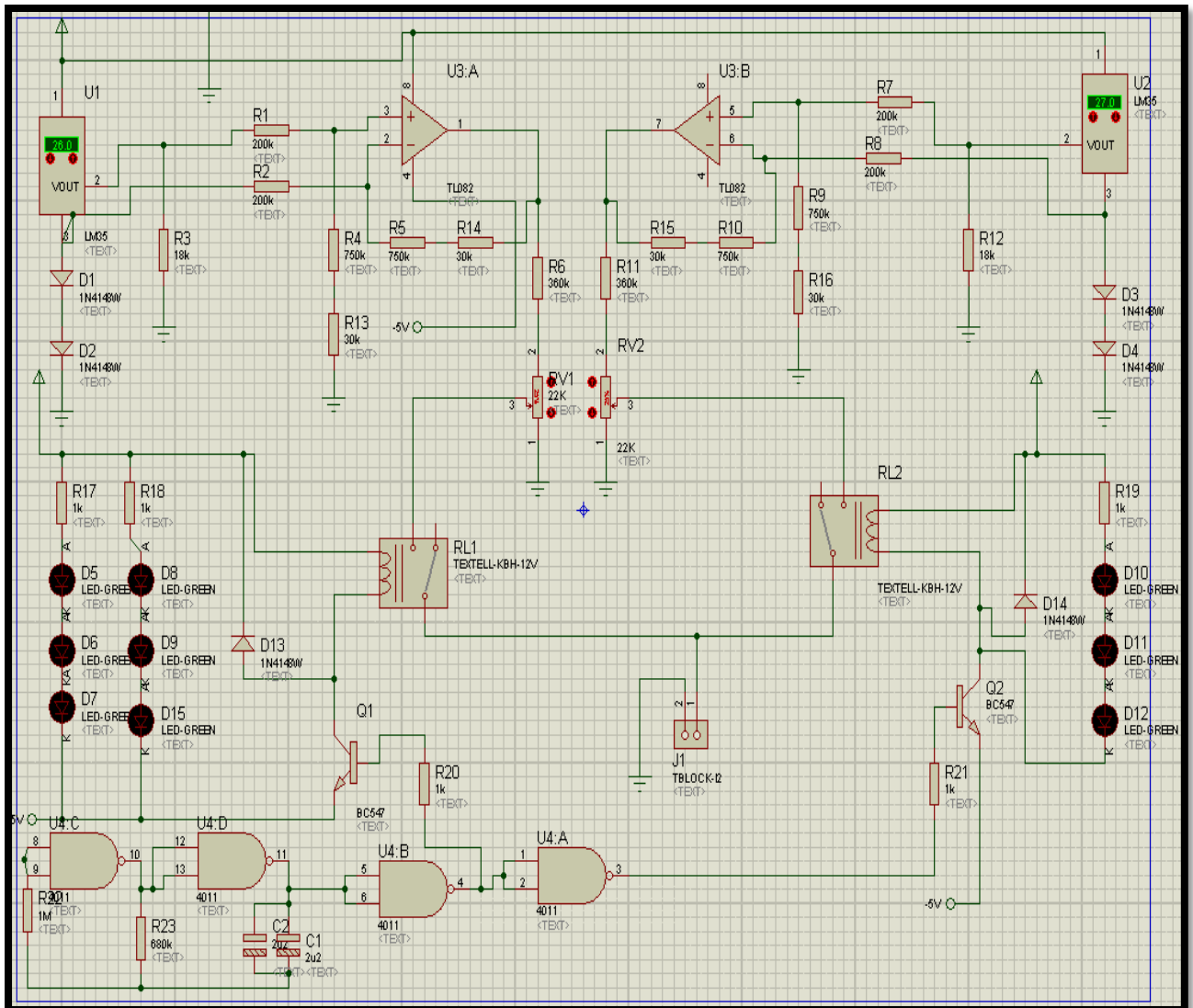


Figure4.1 : circuit de thermomètre intérieur/ extérieur.

2) Alimentation :

On utilise une alimentation symétrique. L'énergie est prélevée du secteur 230v, par l'intermédiaire d'un transformateur comportant deux enroulements secondaire de 6v.

C'est le point de raccordement de ces deux enroulements qui constitue la référence des mesures.

Un pont de diodes redresse les deux alternances. Les condensateurs C1 et C2 effectuent un premier lissage des tensions continues obtenues.

Sur les sorties des régulateurs, positif pour REG1 et négatif pour REG2, des potentiels stabilisés sont disponibles, respectivement à +5V et -5V par rapport à cette référence.

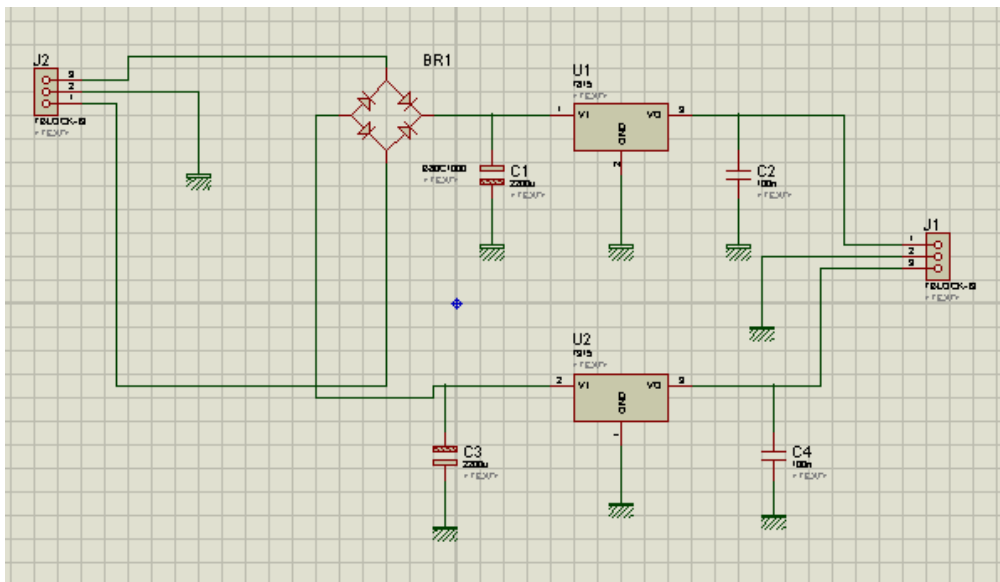


Figure4.2 : schéma sur ISIS de l'alimentation.

Les condensateurs C3 et C4 assurent un complément de filtrage, tandis que C5 et C6 font office de capacités de découplages.

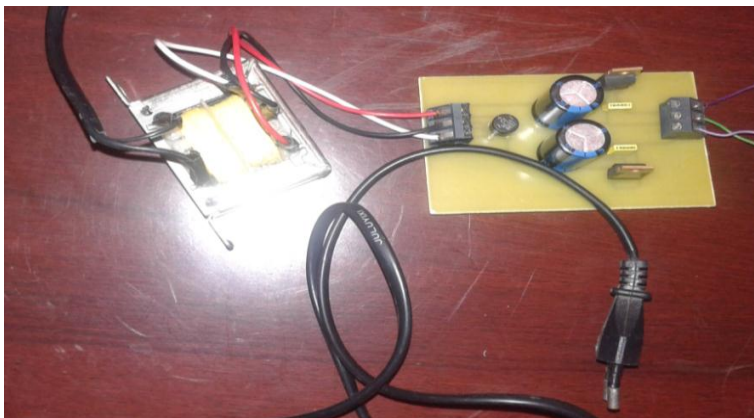


Figure4.3 :circuit final de l'alimentation +5/-5

3) Les sondes des températures :

Les LM35 disposent de trois broche : une broche (+), une broche (-) et une broche de sortie (S). lorsque la température ambiante est de 0°C , le potentiel présent sur la sortie, par rapport à la broche (-), est nul. Cet ajustage est réalisé une fois pour toutes, en usines, lors de la fabrication du composant.

Le potentiel augmente de $10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$. Ainsi, pour une température de 20°C , le potentiel délivré est égale à 330mV .

Il est également possible de faire fonctionner ce circuit intégré pour mesurer des températures négatives. C'est le cas de la présente utilisation.

La broche(-) est reliés à la masse par l'intermédiaire des diodes D1 et D2. Il en résulte un potentiel de 1.2V par rapport à la référence ($2 \times$ la tension de jonction d'une diode) au niveau de la broche (-) de le sonde. La résistance R1 complète cette adaptation.

A titre d'exemple, pour une température négative de -15°C , le potentiel référencé par rapport à la broche (-) est alors égale à -150mV .

Les sondes, désignées par CAPT 1 pour la sonde intérieure et CAPT 2 pour la sonde extérieure, sont reliées à deux chaînes de mesures rigoureusement identiques. Pour la suite des explications, nous examinerons le fonctionnement de la chaîne relative à la température intérieure et pilotée par la sonde CAPT1.



Figure4.4 : test de fonctionnement LM35

4) Amplification différentielle :

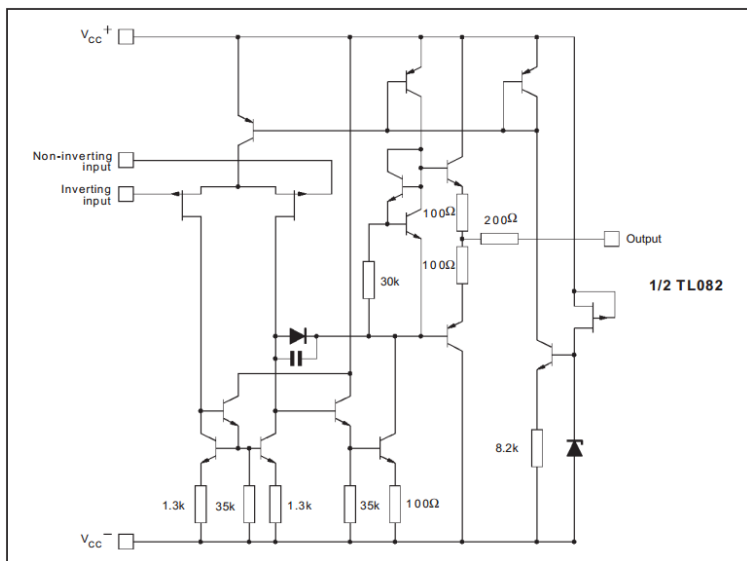


Figure4.5 : schéma bloc de TL082

L'amplificateur U3 : A de TL082 réalise une amplification différentielle, dont le potentiel de sortie présente les deux caractéristiques suivantes :

-il se rapporte au potentiel de référence du montage.

-la différence de potentiel entre ma sortie (S) et la broche (-) du LM35, une amplification de facteur

$(R5+R14)/R1$, soit 3.9, a été réalisée.

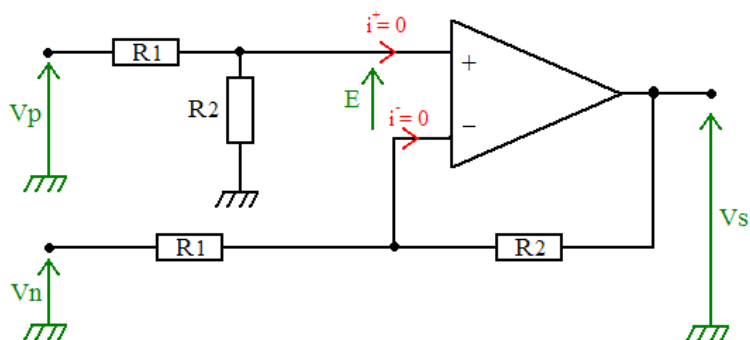


Figure4.6 : amplificateur différentiel.

- Rappelons la relation fondamentale qui régit le fonctionnement de tout amplificateur opérationnel monté en mode différentiel :

$$V_s = \left[\frac{((R4+R13) \cdot (R2+R5+R14))}{(R2 \cdot R4 + R13 + R1)} \cdot Ve2 \right] - \left[\frac{(R5+R14)}{R2} \cdot Ve1 \right]$$

Avec :

V_s : tension de sortie (broche 1 de U3 : A).

V_{e2} : tension sur la sortie (S) du LM35.

V_{e1} : tension sur la broche (-) du LM35.

- Dans ce montage, il est remarquable que :

$$R1=R2$$

$$R4+R13=R5+R14$$

- En conséquence, la relation de base se simplifie et devient :

$$V_s = \left[\frac{R4+R13}{R1} * V_{e2} \right] - \left[\frac{R4+R13}{R1} * V_{e1} \right]$$

- Soit, en définitive :

$$V_s = \left[\frac{R4+R14}{R1} * (V_{e2} - V_{e1}) \right]$$

$$V_s = 3.9 * (V_{e2} - V_{e1})$$

5) Afficheur LCD:

Les afficheurs à cristaux liquides, autrement appelés afficheurs LCD (Liquide Crystal Display), sont des modules compacts intelligents et nécessitent peu de composants externes pour un bon fonctionnement. Ils consomment relativement peu (de 1 à 5 mA), sont relativement bons marchés et s'utilisent avec beaucoup de facilité

-Brochage :

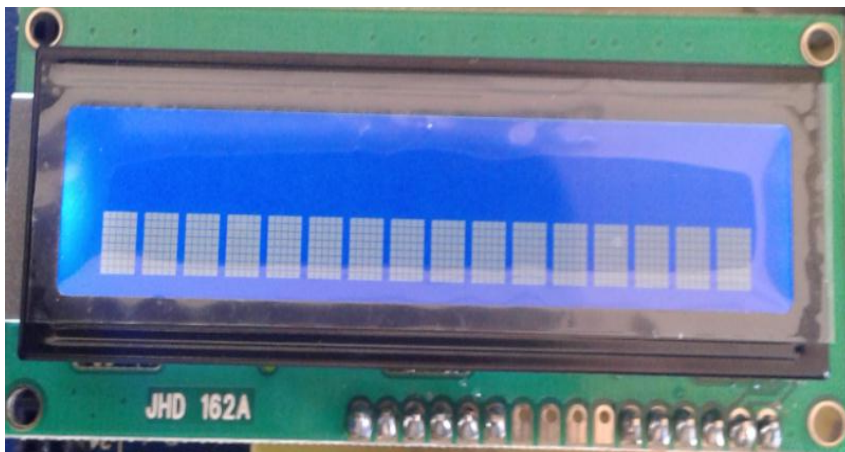


Figure 4.7 : test de fonctionnement de l'afficheur LCD

6) Alternance de l'affichage :

- Les portes NAND (U4 :C) et (U4 :D) de CD4011 constituent un oscillateur qui génère des créneaux de forme carré caractérisés par une période (T) telle que :

$$T=2.2*(R23*2C1)$$

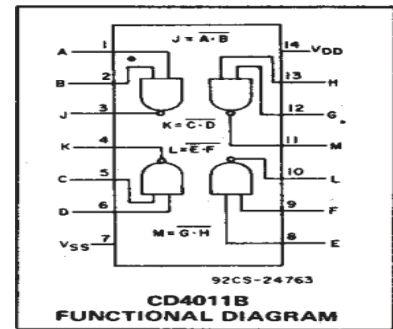


Figure 4.8: schéma bloc de CD4011

Compte tenu des valeurs des composants concernés, cette période est de l'ordre 7s.

Les portes NAND (U4 :A) et (U4 :B) réalisent deux inversions successives des niveaux logique. Chacune des sorties de ces portes est en liaison avec les bases de transistors T1 et t2, par l'intermédiaire de R20 ET R21.

7) Ces deux transistors BC546 de type NPN sont alternativement saturés, puis bloqués

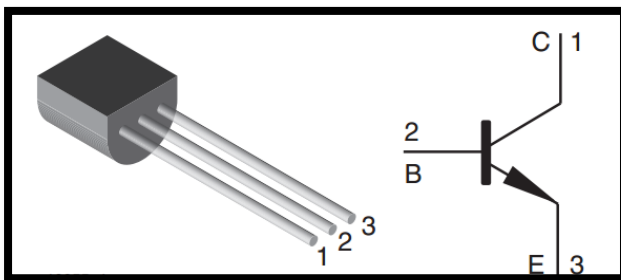


Figure4.9 : transistor BC546

- 8) Les circuits collecteurs insérant les bobines des relais REL1 et REL2 dont les contacts se ferment alternativement. La durée d'activation d'un relais correspond ainsi à 3.5s, durée suivie d'un blocage de même durée.

Caractéristiques :

- Tension de bobine : 12V
- Capacité nominale : 10A @ 250Vac / 30 Vdc
- Pouvoir de coupure : 2770VA/ 300W
- Dimensions : 19x12, 5x15mm
- Résistance de bobine(s) : 400 ohm
- Particularité bobine : Sans
- Implantation : 2x6x12, 2mm
- Résistance de contact : 100 mohm max.

9) Capteur de température avec un Arduino :

La carte arduino mega 2560 est une carte à microcontrôleur basée un ATmega 2560.

Cette carte dispose :

- De 54 broche numérique d'entrées/sorties dont (dont 14 peuvent être utilisées en sorties PWM (largeur d'impulsion modulée)).
- de 16 entrées analogiques (qui peuvent également être utilisées en broche entrées/sorties numérique).
- De 4 UART (port série matériel),
- D'un quartz 16 Mhz,
- D'une connexion USB,
- D'un connecteur ICSP (programmation « in-circuit »),
- Et d'un bouton de réinitialisation (rest).

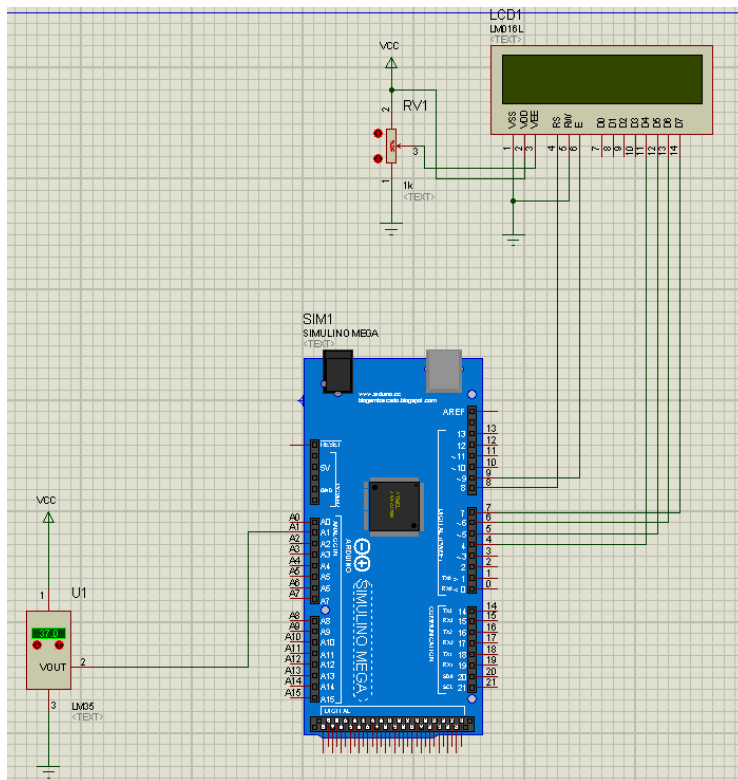


Figure4.10 : réalisation sur ISIS de arduino, l'afficheur et LM35

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur ; pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimenter étant fournie par le port USB).

La carte arduino mega 2560 est compatible avec les circuits imprimés prévus pour les cartes arduino uno

i. Pour la programmation température :

La plage des °K est la même que celle des °C à la différence près que $0^{\circ}\text{K} = -273,15^{\circ}\text{C}$. Ainsi, à 20°C , la température sera de $293,15^{\circ}\text{K}$. Ce qui correspond à $293,15^{\circ}\text{K} * 10\text{mV} = 2,9315\text{ V}$!

L'objectif est très simple: transformer un ARduino en interface PC<---->Capteur de température, de manière à ramener les données sur la machine. Ce petit exercice fait intervenir du code basique pour Arduino: prendre une mesure analogique et envoyer les données par le port USB.

ii. Programme en arduino :

```
#include<LiquidCrystal.h>
const int inPin = 0;
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
void setup() {
  lcd.begin(16,2);

  lcd.setCursor(0, 0);           // Set LCD cursor position (column, row)
  lcd.print("thermometre");     // Print text to LCD
  lcd.clear();                  // Clear the display
}

void loop()
{
  int value = analogRead(inPin);
  float millivolts = (value / 1024.0) * 5000;
  float thermo = millivolts / 10;
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print(thermo);
  lcd.print("C");
}
}
```



Figure4.11 : carte arduino avec l'afficheur LCD

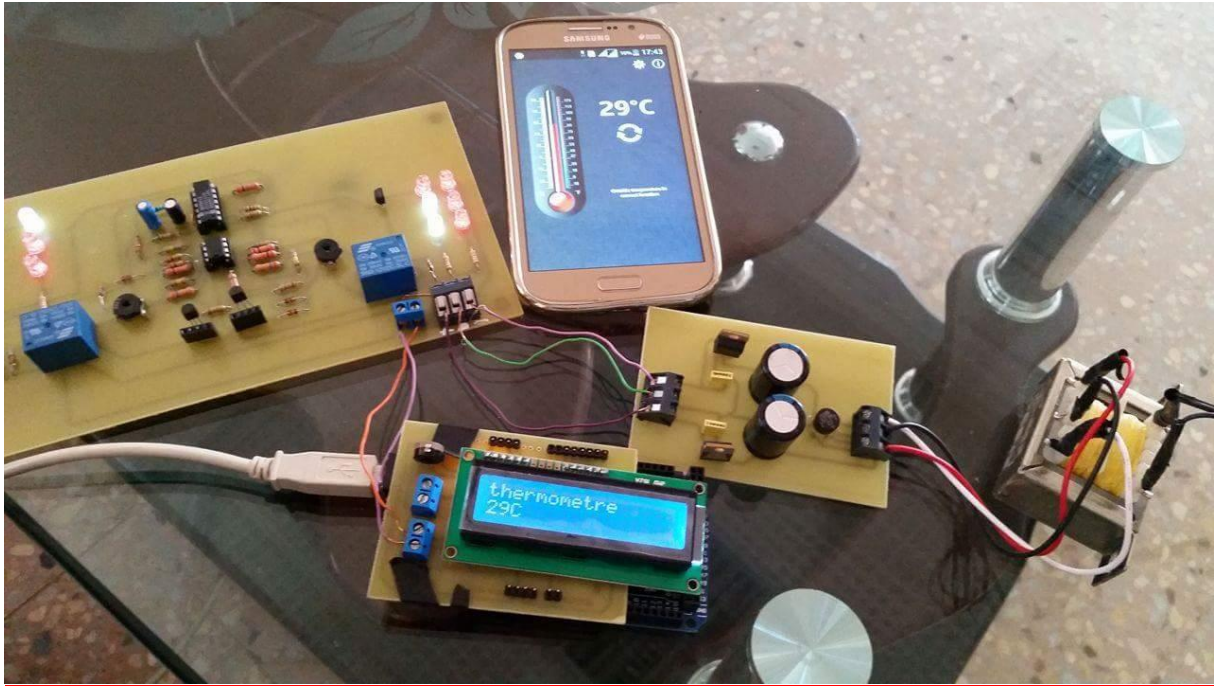
10) Résultats :

Figure4.12 : circuit de thermomètre alimenté affiche la température de milieu

Après d'avoir allumer le montage la température s'affiche sur l'écran du LCD et on note,

T=29°C.

✚ Conclusion :

Le chapitre 4 est une étape finale dans la réalisation du circuit thermomètre.

On a commencé par la simulation du circuit sur ISIS a fins de l'appliquer sur la plaque d'essai pour vérifier le fonctionnement de chaque composants et chaque bloc du montage .

Puis additionné l'afficheur LCD programmé par la carte arduino pour visualiser les résultats

Conclusion générale :

L'objectif de notre étude est le développement et la réalisation d'un thermomètre intérieur/extérieur avec le capteur intégré LM35.

Dans ce sens, il a été judicieux de diviser le travail en deux parties (théorique et pratique).

Dans la première partie, nous avons pu dégager que la mesure de température se fait selon plusieurs échelles, et le plus utilisé est le degré Celsius (°C).

L'étude nous a permis de conclure que, la mesure de température se ramène à l'étude d'une variation de tension.

Ainsi, concevoir un thermomètre électronique; c'est donc mettre en place un système pouvant effectuer des mesures par variation de tension. Dans le milieu industriel et généralement pour plusieurs mesures de température, l'on a recours aux thermomètres électroniques (à capteur de température LM35).

Par ailleurs, la conception d'un thermomètre aujourd'hui ne se ramène plus à la mise au point d'un montage permettant de prélever une variation de tension. Le fait que l'on souhaite généralement faire des traitements informatiques sur les valeurs prélevées, nous amène à introduire dans notre montage des éléments permettant de prendre en compte le capteur de température LM35 qui mesure la température avec un signal électrique (tension) proportionnel à la température (en °C)

La carte arduino mega utilisée pour recevoir, traiter, et transmettre des données, et pour la communication entre les systèmes électroniques). un afficheur LCD qui permet l'affichage des variations de la température (en °C)

Nous avons respecté le cahier de charges en gardant de bons résultats de mesures.

Finalement, dans ce projet, nous avons réussi à faire la conception et la réalisation d'un thermomètre intérieur/extérieur qui nous permettra de mesurer la température intérieur/extérieur et voir le fonctionnement d'un système automatisé en direct.

Perspectives :

Malgré les bons résultats qu'on obtenu mais comme chaque montage , on est loin de la perfection vue le développement technologique on peut travailler sur la miniaturisation ou bien changer le capteur puisqu'il est non disponible .

En plus de ca on peut améliorer l'afficheur.

Bibliothèque

Chapitre1 :

- [1] G. Asch, et al. 'les capteurs en instrumentation industrielle', Dunod 1998.
- [2] G. Asch, et al. 'les capteurs en instrumentation industrielle', 6^{ème} édition Dunod 2003.
- [3] Ian R. Sinclair, 'Sensors and transducers', NEWNES 2001
- [4] J. G. Webster, 'Measurement Instrumentation and sensors Handbook', Taylor&Francis Ltd, 2011.
- [5] G. W. Burns, M. G. Scroger, G. F. Strouse, et al. 'Temperature-Electromotive Force Reference Functions and Tables for the Letter-Designated Thermocouple Types Based on the IPTS-90 NIST Monograph 175'. Washington, D.C.: U.S. Department of Commerce, 1993.
- [6] P. Poulichet, 'cours sur l'électronique de conditionnement du capteur', groupe ESIEF Paris, Novembre 2006.
- [7] M. Correvo, «Capteurs inductifs de position, Conditionnement et traitement du signal », CD\SEM\Cours\Chap09, 2012.
- [8] T. Ferguson, 'Mesurer des températures par thermocouples', COPYRIGHT 2001 National Instruments Corporation.
- [9] Capteurs et instrumentation, <http://www.icampus.ucl.ac.be>.
- [10] Capteur de mesure de distance, www.sensopart.com.
- [11] B. Etienne, Travaux pratiques Instrumentation, mai 2015.
- [12] TS IRIS (Physique Appliquée) Christian BISSIERES Les thermomètres(Vicky Georges) Capteurs et actionneurs en instrumentation
- [13] <http://cbissprof.free.fr>
- [14] <http://www.csdm.qc.ca/edurocher/meteo/theorietemp.htm>
<http://mendeleiev.cyberscol.qc.ca/chimisterie/9611/SFaucher.html>
- [15] www.astuces-pratique.fr/ Alimentation symétrique+/-
- [16] datasheet de L7805
- [17] datasheet de lm35

Bibliothèque

[18] [www.robotshop.com/capteur de température LM35](http://www.robotshop.com/capteur-de-temperature-lm35)

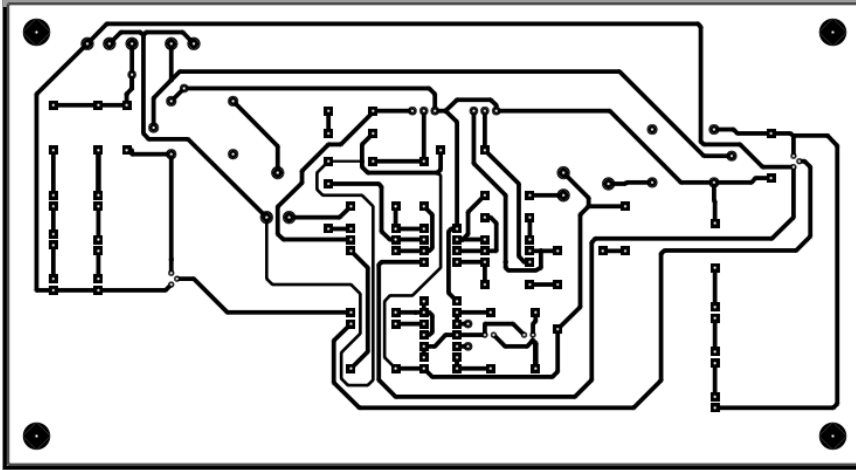
[19] [www.elektronique.com/amplificateur différentiel](http://www.elektronique.com/amplificateur-differentiel)

[20] [www.sonlec-musique.com/electronique -bases-oscillateur signal caré](http://www.sonlec-musique.com/electronique-bases-oscillateur-signal-care)

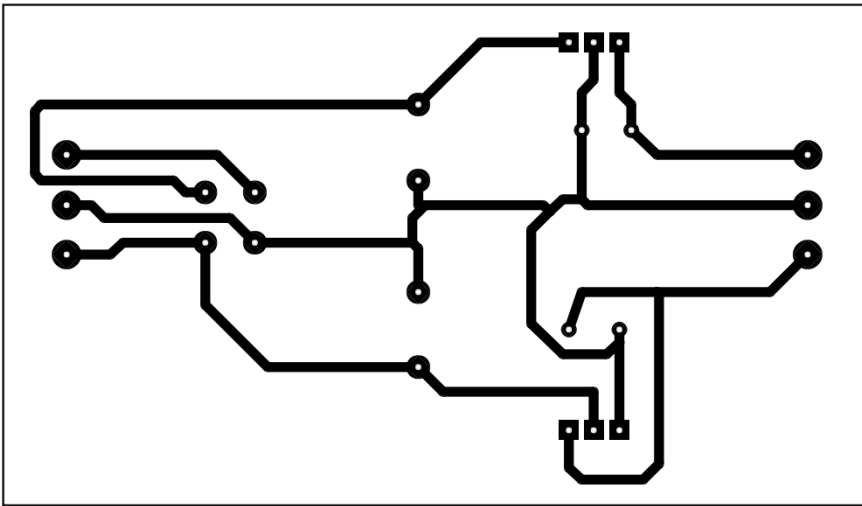
[21] [www.sonlec-musique.com/ electronique-théorie-relais reed](http://www.sonlec-musique.com/electronique-theorie-relais-reed)

[22] www.arduino.cc/arduino-pinmapping2560

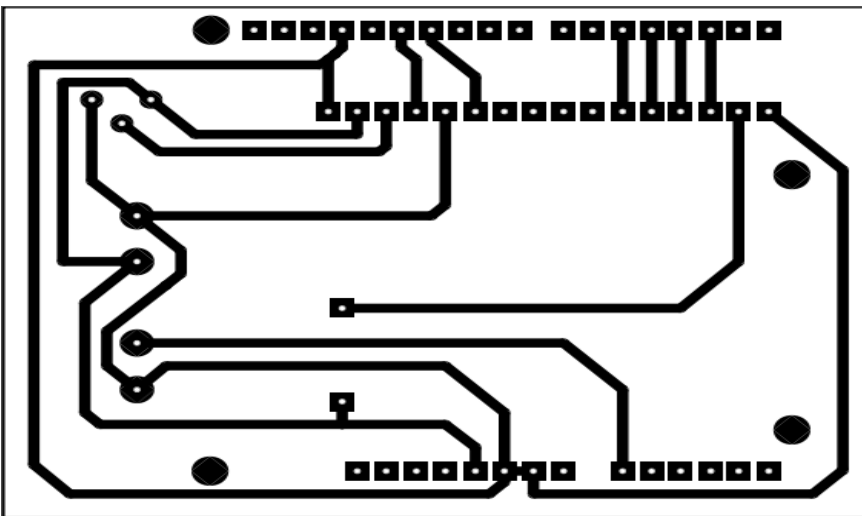
ANNEX 1



Circuit imprimé de thermomètre électronique



Circuit imprimé de l'alimentation.



Circuit imprimé Shield LCD

ANNEX 1



L78xx
L78xxC

Positive voltage regulators

Features

- Output current to 1.5 A
- Output voltages of 5; 5.2; 6; 8; 8.5; 9; 10; 12; 15; 18; 20; 24 V
- Thermal overload protection
- Short circuit protection
- Output transition SOA protection

Description

The L78xx series of three-terminal positive regulators is available in TO-220, TO-220FP, TO-3 and D²PAK packages and several fixed output voltages, making it useful in a wide range of applications. These regulators can provide local on-card regulation, eliminating the distribution problems associated with single point regulation. Each type employs internal current limiting, thermal shut-down and safe area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1 A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltage and currents.

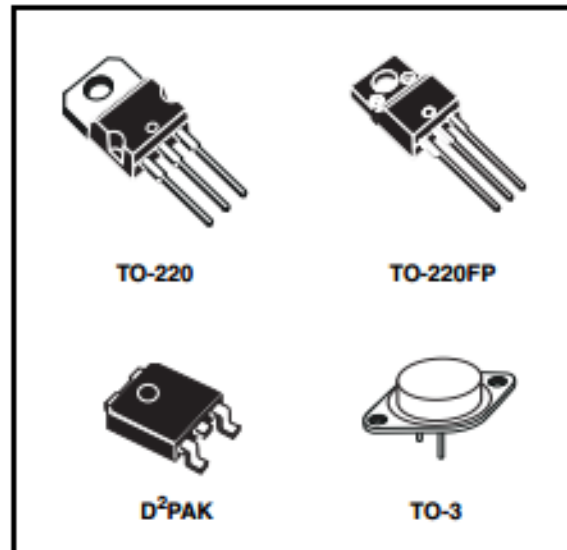


Table 1. Device summary

Order codes	
L7805	L7810C
L7805C	L7812C
L7852C	L7815C
L7806C	L7818C
L7808C	L7820C
L7885C	L7824C
L7809C	



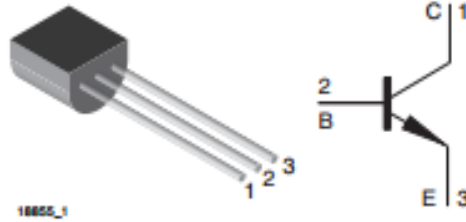
BC546 / 547 / 548

Vishay Semiconductors

Small Signal Transistors (NPN)

Features

- NPN Silicon Epitaxial Planar Transistors
- These transistors are subdivided into three groups A, B, and C according to their current gain. The type BC546 is available in groups A and B, however, the types BC547 and BC548 can be supplied in all three groups. As complementary types the PNP transistors BC556...BC558 are recommended.
- On special request, these transistors are also manufactured in the pin configuration TO-18.



Mechanical Data

Case: TO-92 Plastic case

Weight: approx. 177 mg

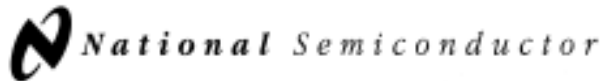
Packaging Codes/Options:

BULK / 5 k per container 20 k/box

TAP / 4 k per Ammopack 20 k/box

Parts Table

Part	Ordering code	Remarks
BC546A	BC546A-BULK or BC546A-TAP	Bulk / Ammopack
BC546B	BC546B-BULK or BC546B-TAP	Bulk / Ammopack
BC547A	BC547A-BULK or BC547A-TAP	Bulk / Ammopack
BC547B	BC547B-BULK or BC547B-TAP	Bulk / Ammopack
BC547C	BC547C-BULK or BC547C-TAP	Bulk / Ammopack
BC548A	BC548A-BULK or BC548A-TAP	Bulk / Ammopack
BC548B	BC548B-BULK or BC548B-TAP	Bulk / Ammopack
BC548C	BC548C-BULK or BC548C-TAP	Bulk / Ammopack



November 2000

LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ over a full -55 to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\ \text{mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for $1\ \text{mA}$ load

Typical Applications

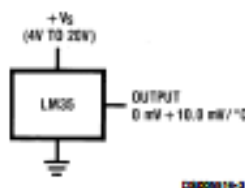
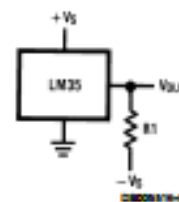


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)



Choose $R_1 = +V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{\text{out}} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^{\circ}\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^{\circ}\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCH9021D - Revised September 2003

CD4011B, CD4012B, CD4023B Types

CMOS NAND GATES

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

Quad 2 Input – CD4011B
Dual 4 Input – CD4012B
Triple 3 Input – CD4023B

■ CD4011B, CD4012B, and CD4023B NAND gates provide the system designer with direct implementation of the NAND function and supplement the existing family of CMOS gates. All inputs and outputs are buffered.

The CD4011B, CD4012B, and CD4023B types are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (F3A suffix), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), 14-lead small-outline packages (M, MT, M9, and NSR suffixes), and 14-lead thin shrink small-outline packages (PWR suffix). The CD4011B and CD4023B types also are supplied in 14-lead thin shrink small-outline packages (PW suffix).

MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V _{DD})	
Voltages referenced to V _{SS} Terminal	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS	-0.5V to V _{DD} +0.5V
DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	±10mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P _D):	
For T _A = -55°C to +100°C	500mW
For T _A = +100°C to +125°C	Dense Linearity at 12mW/°C to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR	
FOR T _A = FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T _A)	-55°C to +125°C
STORAGE-TEMPERATURE RANGE (T _{stg})	-65°C to +150°C
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING):	
At distance 1/16 ± 1/32 inch (1.58 ± 0.79mm) from case for 10s max	+265°C

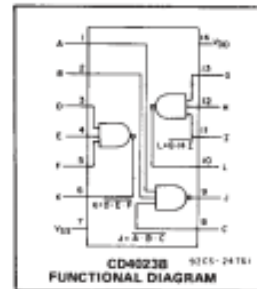
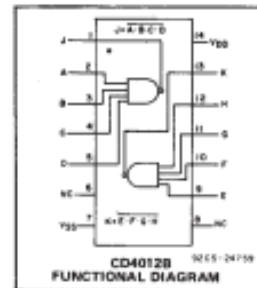
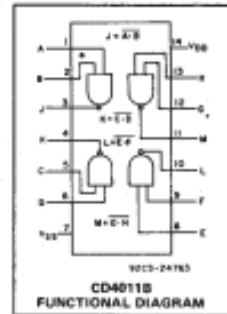
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability, nominal operating conditions should be selected so that operation is always within the following ranges:

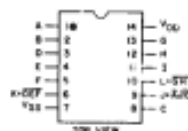
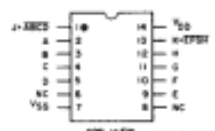
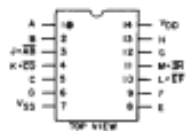
CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For T _A = Full Package Temperature Range)	3	18	V

Features:

- Propagation delay time = 60 ns (typ.) at C_L = 50 pF, V_{DD} = 10 V
- Buffered inputs and outputs
- Standardized symmetrical output characteristics
- Maximum input current of 1 μA at 18 V over full package temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Noise margin (over full package temperature range):
 - 1 V at V_{DD} = 5 V
 - 2 V at V_{DD} = 10 V
 - 2.5 V at V_{DD} = 15 V
- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of "B" Series CMOS Devices"



TERMINAL ASSIGNMENTS

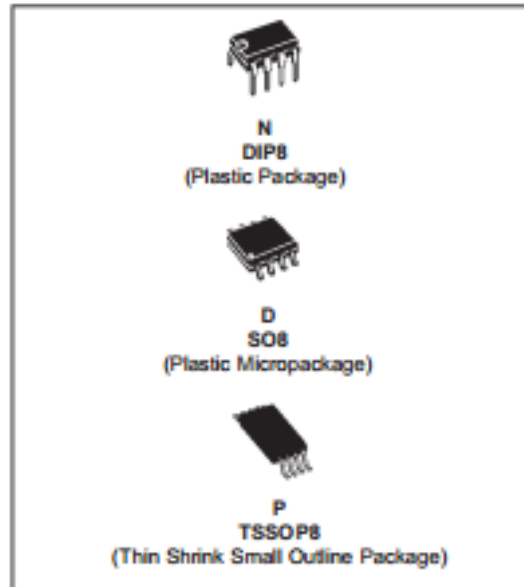




TL082 TL082A - TL082B

GENERAL PURPOSE J-FET DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

- WIDE COMMON-MODE (UP TO V_{CC}^+) AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGE
- LOW INPUT BIAS AND OFFSET CURRENT
- OUTPUT SHORT-CIRCUIT PROTECTION
- HIGH INPUT IMPEDANCE J-FET INPUT STAGE
- INTERNAL FREQUENCY COMPENSATION
- LATCH UP FREE OPERATION
- HIGH SLEW RATE : $16V/\mu s$ (typ)

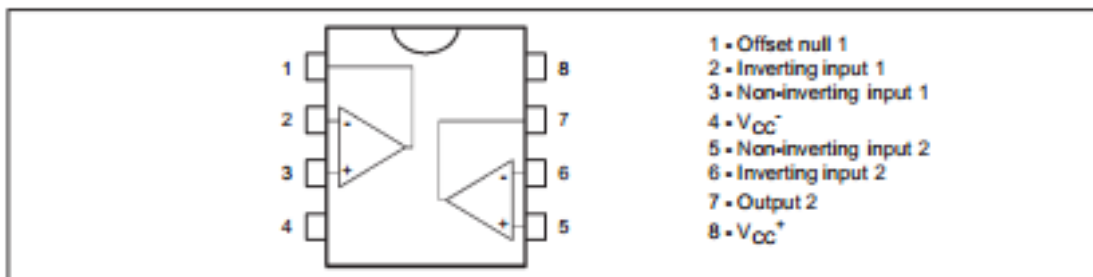


DESCRIPTION

The TL082, TL082A and TL082B are high speed J-FET input dual operational amplifiers incorporating well matched, high voltage J-FET and bipolar transistors in a monolithic integrated circuit.

The devices feature high slew rates, low input bias and offset current, and low offset voltage temperature coefficient.

PIN CONNECTIONS (top view)



ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package		
		N	D	P
TL082M/A/MBM	-55°C, +125°C	*	*	*
TL082W/A/BI	-40°C, +105°C	*	*	*
TL082C/AC/BC	0°C, +70°C	*	*	*

Example : TL082CD, TL082IN

N = Dual in Line Package (DIP) - also available in Tape & Reel (DT)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)