REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA



Faculté de **T**echnologie

Mémoire de fin d'études de Master

Filière : électronique
Spécialité : instrumentation

Etude et simulation des composants et circuits de mesure de température dans les machines extrudeuses

---

Présenté par :

FELLI MOHAMED ABDERAOUF

Proposé par :

DR. BEN TOUATI SMAIN

Promotion 2019

Remerciements

Louange à dieu qui nous a donné le courage, la Puissance, et la patience pour terminer ce modeste travail. nous tenons à remercier particulièrement ‘Dr.BEN TOUATI SMAIN notre encadreur pour nous avoir bien suivi durant notre travail, et de nous faire profiter de son savoir, ainsi de ses conseils, et pour tout son aide, les remarques constructives qui nous ont permis d’améliorer et réaliser l’objectif de ce travail. Nos précieux remerciements vont au président et aux membres de jury pour honneur qu’ils nous font en acceptant de juger ce travail. Nos grands remerciements aussi s’adressent à tous les enseignants de Département d’Electronique filière « instrumentation biomédicale »

Dédicaces

Je dédie ce travail pendant plusieurs années des reflets Pour ma chère mère et mon essence et mon père, que Dieu ait pitié de lui leurs invitations ainsi que les leurs grâces et leur soutien toute ma vie mes sœurs et frères

Et à tout mon peuple plein d'espoir dans la vie et à tous les enseignants et professeurs qui ont une empreinte dans ma vie et à tous mes amis, en particulier le gardien de ma grâce felli Abderrahmane

Résumé

Au départ la température a un lien avec la sensation de chaud et de froid. Par ailleurs les premiers thermoscopes étaient gradués en très chaud, chaud, tempéré, froid, très froid.

Mais très vite nous pouvons voir les limites de cette notion. En effet si vous plongez la main dans de l'eau froide puis dans de l'eau tiède, celle-ci vous paraitra chaude maintenant plongez la main dans de l'eau chaude et remettez-la dans la même eau tiède celle-ci vous paraitra plus froide qu'après.

Cette notion n'étant ni précise, ni fidèle, les scientifiques ont voulu trouver un autre moyen de définir et de mesurer la température.

Pour cette raison, le système électrique est bien calibré pour la mesure de la température. Cette étude explique les mécanismes de mise en œuvre du système électrique et de ces aventures, couviniens et solutions à ces problèmes.

Abstract

Initially the temperature has a link with the sensation of hot and cold. Otherwise the first thermoscopes were graduated in very hot, hot, temperate, cold, very cold.

But very soon we can see the limits of this notion. Indeed if you dive your hand in cold water then in warm water, it will seem hot now dive hand in hot water and put it in the same warm water it will seem more cold that after.

This notion being neither precise nor faithful, the scientists wanted to find a another way to define and measure the temperature.

For this reason, the electrical system is well calibrated for measuring the temperature. This study explains the mechanisms of implementation of the electrical system and these adventures, convinients and solutions to these problems.

ملخص

في البداية تكون درجة الحرارة مرتبطة بإحساس حار وبارد.

تم اقتصار المجاري الحرارية الأولى على حار جدا ، حار ، معتدل ، بارد ، بارد جدا .

ولكن في وقت قريب جدا يمكننا أن نرى حدود هذه الفكرة. في الواقع إذا كنت وضعت يدك في الماء البارد ثم في الماء الدافئ سيبدو لك هذا الأخير حارًا،

ولو وضعتها في الماء الساخن ثم وضعتها في نفس الماء الدافئ سيبدو أكثر برودة.

هذه الفكرة أثبتت أن الحواس غير دقيقة لتحديد درجة الحرارة، لهذا أراد العلماء إيجاد طريقة أخرى لتحديد وقياس درجة الحرارة.

من هذه الطرق وجد النظام الكهربائي الجيد لقياس درجة الحرارة. تشرح هذه الدراسة آليات تنفيذ النظام الكهربائي الخاص بقياس درجة الحرار ولحل هذه المشكلات .

SOMMAIRE

INTRODUCTIONGENERALE……02

CHAPITRE I : LE CRARACIRISTIQUE DES COMPOSANT ELECTRONIQUE ET LA VARIATION DE TEMPERATUR

1- INTRODUCTION……04
2- DEFINITION DELATEMPERATURE……05
3- ÉCHELLESDESTEMPERATURES……06
3-1 Échelles thermodynamiquesouabsolues……06
3-1-1 ÉchelledeKelvin……06
3-1-2 ÉchelledeRankine……06
3-1-3 ÉchelledeCelsius……06
3-1-4 ÉchelledeFahrenheit……06
3-2 Conversion entre échelle de Celsius etdeFahrenheit……07
3-3 Tableaudecorrespondance……07
4- CRITERES DE SELECTION CAPTEURS ET DETECTEURS DE TEMPERATUR……07
4-1 Leserreurs……07
4-2 Etalonnage……07
4-3 Limitesd'utilisation……07
4-4 Sensibilité……08
4-5 Rapidité Tempsderéponse……08
4-6 Finesse……08
5- CAPTEURS ET DETECTEURSDETEMPERATURE……08
5-1 Aveccontact……08
5-1-1 Analogique……08
5-1-2 Logique……08
5-2 Sanscontact……09
5-2-1 Analogique……09
5-2-2 Logique……09

6- SEMI-CONDUCTEUR 09
6-1 variations dela résistivité 09
6-2 Utilisation de lajonctionP-N 12
7- DIODE ET TRANSISTOR COMME GENERATEURSDETENSION……..…....13
7-1 Diodes 13
7-2 Transistors 13
8- CONCLUSION…... 15

CHAPITRE II : SIMULATION DES CIRCUITS DE MESURE DE LA TEMPERATURE AVEC LE LOGICIEL SPICE

1- INTRODUCTION…..…..……..……17
2-TRANSISTOR MONTEEN DIODE…..…..……..……18
2-1 Etude théorique du montage de la mesuredetempérature 20
2-1-1 Montage 1:Etude théorique 20
2-1-2 Résultat delasimulation 22
2-1-3 Montage 2:Etude théorique 23
2-1-4 Calculnumérique 25
2-1-5 Résultatdesimulation. 26
2-1-6 Montage3 : Etude théorique…..……..……..……27
2-1-7 Résultatdesimulation:…..……..……30
3- CONCLUSION……..……..……31

CHAPITRE III: ETUDE PRATIQUE DES CIRCUITS DE MESURE DE LA TEMPERATURE

1- INTRODUCTION…..……..……33
2- MONTAGE 1 AVEC TRANSISTOR MONTEEN DIODE……..……33
3-MONTAGE 2 AVEC TRANSISTORS MONTES ENAMPLIFICATEUR DIFFERENTIEL…..……..……..……..……34
4- CONCLUSION…..……..……..……37
CONCLUSIONGENERALE……..……..……39

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

Au départ la température a un lien avec la sensation de chaud et de froid. Par ailleurs les premiers thermoscopes étaient gradués en très chaud, chaud, tempéré, froid, très froid. Mais très vite nous pouvons voir les limites de cette notion. En effet si vous plongez la main dans de l'eau froide puis dans de l'eau tiède, celle-ci vous paraitra chaude maintenant plongez la main dans de l'eau chaude et remettez-la dans la même eau tiède celle-ci vous paraitra plus froide qu'après. Cette notion n'étant ni précise, ni fidèle, les scientifiques ont voulu trouver un autre moyen de définir et de mesurer la température.

Dans notre projet de travail, nous avant réalise une capture thermique capable pour la mesure de la température. Cette capture est représentée par un transistor dans un schème électrique.

Notre travail est répartir en trois chapitres, qui sont les suivant :

Le premierchapitre correspond à une synthèse bibliographique sur l'étude des composants, de mesure et detempérature.

Le deuxième chapitre consiste à présenter la simulation des circuits et des mesures de la température par le logiciel « SPICE ».

Enfin le troisième chapitre est consacré à l'étude pratique des circuits et des mesures de la température ; et une comparaison entre les trois études.

Chapitre I

ETUDE DES COMPOSANTS, DE MESURE ET DE TEMPERATURE

CHAPITRE I

ETUDE DES COMPOSANTS, DE MESURE ET DE TEMPERATURE

1- INTRODUCTION

De toutes les grandeurs physiques, la température est certainement l'une dont la mesure est la plus fréquente. La température détermine en effet de façon décisive les propriétés de la matière, que cesoit

- de façon continue : pression ou volume d'un gaz par exemple ;
- ou de façon discontinue, changements de phase ou pointe de curie magnétique et ferroélectrique;

C'est pourquoi, on recherche comme dans l'industrie, la mesure précise et le contrôle très strict des températures sont indispensables. Cependant, affecter une valeur numérique à une température pose un problème de fond. En effet, la plupart des grandeurs physiques peuvent être numériquement définies par leur rapport à une grandeur de même nature prise pour référence. Ces grandeurs sont dites extensives car à partir de la référence il est aisé, du moins conceptuellement, de définir des multiples ou des sous-multiples. Cela n'est pas le cas pour la température qui est une grandeur dite intensive : multiplier ou diviser une température n'a pas, a priori, de signification physique évidente. On se trouve ainsi préalablement amener à rechercher sur quelle base physique, établir un système d'évaluation des températures : c'est le problème des échelles de température.

Du nombre important de propriétés de la matière et de phénomènes physiques sensibles à la température résulte une grande diversité de méthodes de mesure:

- Méthode optique basée sur la réparation spectrale du rayonnement émis ou l'élargissement de raies spectrales par l'effet doppler du à l'agitation thermique,
- Méthode mécanique fondée sur la dilatation d'un solide, d'un liquide ou d'un gaz à pression constante, sur la pression d'une vapeur saturante ou sur la célérité du son,

- Méthode électrique reposant sur la variation thermique de la valeur d'une résistance ou de son bruit de fond, sur l'effet Seebeck ou sur la sensibilité thermique de la fréquence d'oscillation d'un quartz,…

Les méthodes optique ou acoustique s'appuient sur l'observation extérieure d'une propriété du milieu dont on mesure la température n'apportant à celle-ci aucune perturbation. Leur domaine d'emploi est cependant limité et leur mise en œuvre d'une certaine complexité.

Les méthodes électriques basées sur l'emploi de capteurs spécifiques sont d'une grande généralité, d'une mise en œuvre relativement simple mais l'interaction réciproque du capteur et du milieu environnant posent souvent certaines difficultés d'évaluations et de minimisation de l'écart entre la température à mesurer et celle effectivement mesurée lorsque la précision est un facteur essentielle [1].

2- DEFENITION DE LA TEMPERATURE

La physique statistique définit la température comme un degré d'agitation des atomes et/ou des molécules. Un peu plus tard viendra la notion de désordre avec l'entropie. La thermodynamique apporte une énorme contribution dans la définition de la température. En effet celle-ci est introduite par Sadi Carnot en 1824 dans la notion de machine thermique parfaite décrite par un cycle. Dans cette notion le rapport de températures est défini par un rapport d'énergies. La température est une grandeur intensive, c'est-à-dire qu'elle traduit un "état" du système étudié au même titre qu'une tension électrique, une altitude ou un potentiel chimique, etc. On peut comparer les valeurs d'une grandeur intensive de deux systèmes, mais on ne peut pas en faire la somme. Une grandeur intensive est un potentiel d'où dérive un champ. A une grandeur intensive, on associe une grandeur extensive. En thermique, la grandeur extensive associé à la température est l'entropie. Afin de mesurer la température, il est nécessaire que le capteur mesure une grandeur physique qui dépend de la température de l'élément à mesurer. C'est-à-dire qu'il existe une relation mathématique qui relie la grandeur à mesurer V à la température T :$\Delta V=S\Delta T$.

Où S est un coefficient (V/T) représentant la pente de la courbe.

La température est une grandeur non-directement mesurable, mais repérable par la variation d'une grandeur associée (résistance, dilatation) [2].

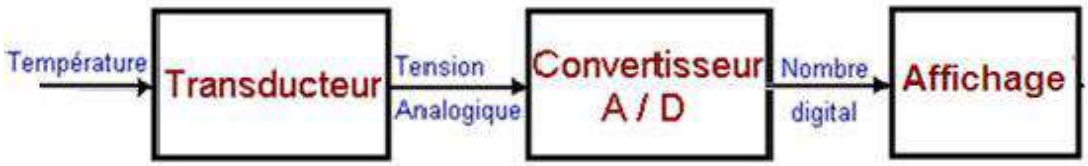


Figure I.1: Schéma synoptique d'une chaine de mesure de la température [3].

3- ÉCHELLES DES TEMPERATURES

Pour réaliser une mesure, il faut définir une échelle de température ayant un caractère universel et donc il faut qu'elle soit basée uniquement sur des lois de la thermodynamique [5].

3-1 Échelles thermodynamiques ou absolue

La température thermodynamique est la température définie uniquement à partirdu premier et second principe de la thermodynamique. Elle ne dépend donc pasdesthermomètresutiliséspourmesurerlatempératureetpossèdeainsiunedéfinitionuniverselle[5].

3-1-1 Échelle de Kelvin :

L'unité est le Kelvin (K). Cette échelle se base sur la valeur de la température du point triple de l'eau étant fixé à 273,16. Le point triple de l'eau est la température d'équilibre entre la phase solide, liquide et vapeur [5].

3-1-2 Échelle de Rankine :

L'unité est le degré Rankine (°R) qui est égal à 5/9 de kelvin ; la température du point triple de l'eau est donc de 491,69 °R [5].

3-1-3 Échelle de Celsius :

L'unité est le degré Celsius (°C). Cette échelle se base sur l'échelle absolue de Kelvin :

3-1-4 Échelle de Fahrenheit :

L'unité est le degré Fahrenheit (°F). Cette échelle s'obtient par décalage de l'échelle absolue de Rankin.

$$T(°F) = T(°R) - 469.67$$

3-2 Conversion entre échelle de Celsius et de Fahrenheit :

$$\boldsymbol{T(°C) = (T(°F) - 32)\frac{5}{9}}$$

3-3 Tableau de correspondance :

Le tableau I.1 montre la correspondance entre les diverses échelles de température [4].

Unité originale	Nouvelle unité	Formule de conversion
Kelvin	Celsius	C = K - 273.15
Kelvin	Fahrenheit	F = K × 1.8 - 459.67
Kelvin	Rankine	Ra = K × 1.8
Kelvin	Réaumur	R = (K - 273.15) × 0.8

4 LES CRITERES DE SELECTION DES CAPTEURS ET DETECTEURS DE TEMPERATURE.

4-1 Les erreurs :

Le capteur et toute la chaîne de traitement de la mesure introduisent des erreurs : bruit, décalage, référence, linéarité...

L'erreur globale de mesure ne peut être estimée. Une conception rigoureuse de la chaîne de mesure permet de réduire les erreurs et donc l'incertitude sur le résultat.

On parle de : fidélité, justesse, précision, incertitude, linéarité.

4-2 Etalonnage :

L'étalonnage permet d'ajuster et de déterminer, sous forme graphique ou algébrique, la relation entre le mesurande et la grandeur électrique de sortie. Très souvent l'étalonnage n'est valable que pour une seule situation d'utilisation ducapteur.

4-3 Limites d'utilisation:

Les contraintes mécaniques, thermiques ou électriques auxquelles un capteur est soumis entraînent, lorsque leurs niveaux dépassent des seuils définis, une modification des

caractéristiques du capteur. Au dessus d'un certain seuil, l'étalonnage n'est plus valable, au dessus d'un autre plus grand le capteur risque d'être détruit.

4-4 Sensibilité:

Plus un capteur est sensible plus la mesure pourra être précise. C'est une caractéristique importante pour l'exploitation et l'interprétation desmesures.

4-5 Rapidité - Temps de réponse:

La rapidité est la spécification d'un capteur permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie suit dans le temps les variations du mesurande[5].

4-6 Finesse :

C'est la qualité dun capteur à ne pas venir modifier par sa présence la grandeur à mesurer. Cela permet d'évaluer l'influence 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.

Par exemple, dans le cas d'une mesure thermique, on cherchera un capteur à faible capacité calorifique vis à vis des grandeurs l'environnant. Finesse et sensibilité sont en général antagonistes. Il peut y avoir un compromis à faire [6].

5- CAPTEURS ET DETECTEURS DE TEMPERATURE

5-2 veccontact:

5-1-1 Analogique:

Les paramètres analogiques des capteurs de température avec contact sont [7]:

- Couples thermoélectriques (Thermocouples);
- Thermomètre à résistance métallique;
- Thermomètres à semi-conducteur;
- Thermomètres à quartz;
- Thermomètres à dilatation de fluide.

5-1-2 Logique:

Le paramètre logique des capteurs de température avec contact est:

- Thermostat à dilatation de solide.

5-2 Sans contact:

5-2-1 Analogique:

Les paramètres analogiques des capteurs de température sans contact sont [7].:

- Pyromètres optiques;
- Pyromètres optiques à dilatation de solide.

5-2-2 Logique:

Le paramètre logique des capteurs de température sans contact est:

- Thermostat à dilatation de solide.

6- SEMI-CONDUCTEUR

Il y a actuellement deux catégories de capture de température à semi-conducteurs. La première est assez largement représentée chez les fabricants de circuit (N.S . ,Texas instruments …). Elle est basée sur la variation de la tension aux bornes d'une jonction PN par l'exploitation de la dépendance de la tension de seuil vis-à-vis de la température. Il a été fabriqués différents types de circuit et de conditionneurs associés de faible coût à ce type de capteurs. La seconde est basée sur la variation de résistivité d'un barreau de silicium utilisation la méthode des pointes pour la détermination de la résistivité ρ [8].

6-1 variations de la résistivité :

La société Philips a commercialisé un capture au silicium utilisant la dépendance directe de la conductivité, donc de la simple résistance d'un morceau de silicium dopée. Le capteur KTY81-1 est un capteur de ce type ; il se présente sous forme d'un morceau de silicium d'une épaisseur e placé entre deux électrodes de matériau métallisé conforme à la coupe de la figure I.2 [8].

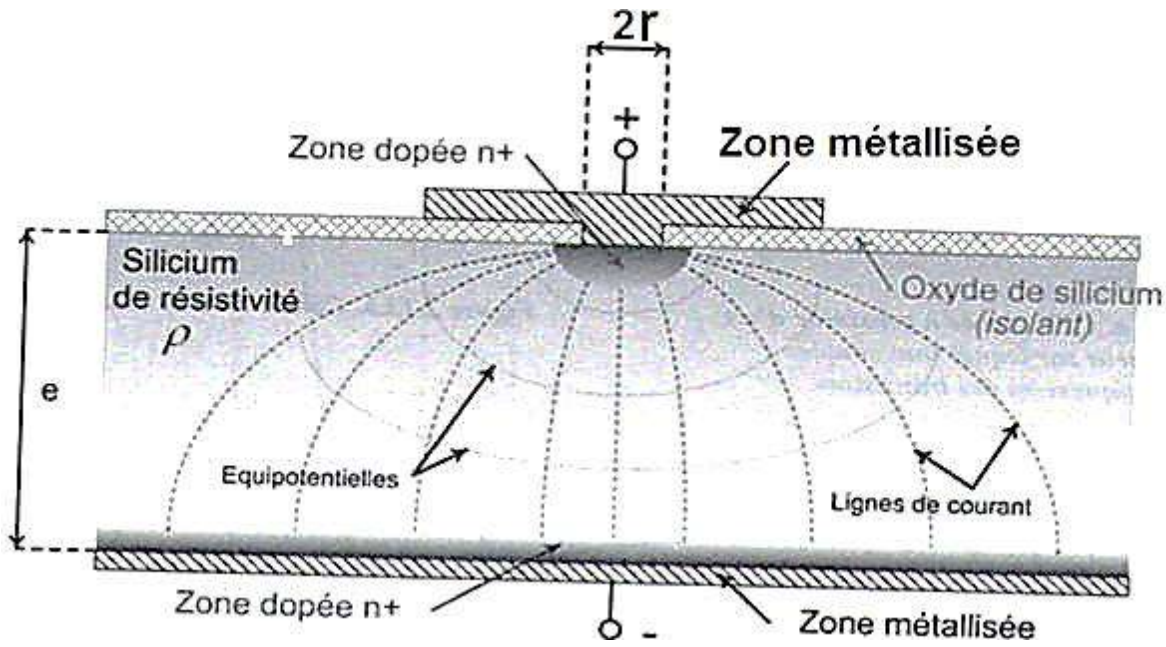


Figure I.1: Coupe de la structure du capteur KTY81 [8].

Le schéma de la figure I.2 est une coupe du capteur KTY81 montrant le principe de la «spreading résistance» comprise entre les électrodesmétalliques.

Les dimensions d'un tel capteur sont très réduites (500×500×250 µm). Dans la partie supérieure, en partie recouverte d'un oxyde de silicium isolant, il a été aménagé une ouverture de diamètre 20 µm qui servent d'électrode pour récupérer le courant. La figure I.2 montre la distribution de lignes de courant et d'équipotentielles. Si ρ désigne la résistivité du silicium interne de la résistance entre l'hémisphère de diamètre 2r et électrode plan, alors la résistance Req (résistance entre deux sphères de rayons r et r') est donnée par la relation I.1 lorsque r' tend vers l'infini [8].

$$\boldsymbol{R_{eq} = \frac{\rho(r' - r)}{4\pi r' r} \rightarrow R_{eq} = \frac{\rho}{4\pi r}} \qquad \textbf{(I-1)}$$

Pour des résistances de ce type, une loi empirique (relation I.2) donnant la valeur de la résistance en fonction de la température est établie [8].

$$\boldsymbol{R(\theta) = R_0[1 + A(\theta - \theta_0) + B(\theta - \theta_0)^2 - C(\theta - \theta_1)^D]} \qquad \textbf{(I-2)}$$

Où les coefficients A, B, C, D sont donnés dans le tableau I.2.

Tableau des valeurs des coefficients de la relation I.2

cofficients	**A**	**B**	**C**	**D**	θ_0
valeurs	$7{,}874.10^{-3}K^{-1}$	$1{,}874.10^{-8}$	$3{,}42.10^{-8}$	**3,7**	**100**℃

Le graphe de la résistance R(Θ) en fonction de la température Θ est montré par la figure I.3.

- Pour une température Θ <100 0C, la relation analytique I.2 se simplifie et devient:

  $$R(\Theta) = R_0 [1 + A(\Theta - \Theta_0) + B(\Theta - \Theta_0)^2] \qquad \text{(I-2a)}$$

  La courbe de la fonction **R(Θ)** est représentée en trait plein par la figure I.3.

- Pour une température **Θ>100 ^{0}C**, la relation analytique I.2 n'est pas modifiée. La courbe de la fonction **R(Θ)** est représentée en pointillés par la figure I.3 et présente un point d'inflexion pour **Θ =100 ^{0}C**.

  Pour linéariser la caractéristique d'un tel capteur, nous utilisons, soit une résistance parallèle soit une résistance série associée à une résistance parallèle.

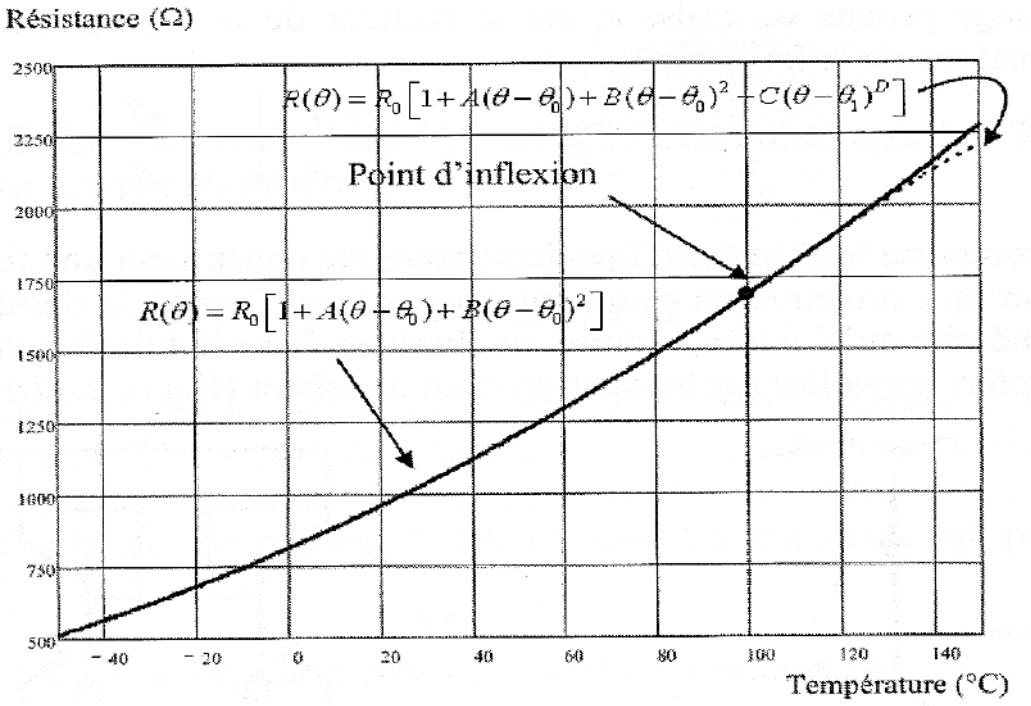


Figure I.3: Courbes de R(Θ en fonction de la température du capteur KTY81[8].

6-2 Utilisation de la jonction P-N :

Le cas de capteurs utilisant la dépendance de la tension aux bornes d'une jonction en fonction de la température est plus complexe du moins en apparence. Dans la réalité, les circuits équipés de tels capteurs sont très utilisés. Une diode à jonction alimentée dans le sens direct (figure ci-dessus) est traversée par un courant i et présente une chute de tension v à ses bornes. Ces deux grandeurs sont liées par la relation1.3[8]

$$\boldsymbol{i = I_s\left[exp\left(\frac{qv}{KT}\right) - 1\right]} \qquad \textbf{(I-3)}$$

Où: K , T et IS sont respectivement la constante de Boltzmann, la température absolue et le courant de saturation.

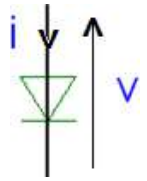


Figure1.4: Diode à jonction polarisée en direct. [1].

En polarisation directe si la tension v est supérieure devant quelques, $\frac{qv}{KT}$ alors le terme $\boldsymbol{exp\left(\frac{qv}{KT}\right)}$devient t très grande devant un (1) et la relation I.3 devient:

$$\boldsymbol{i = I_s\left[exp\left(\frac{qv}{KT}\right) - 1\right]}$$

Ce qui permet de déduire la tension v aux bornes de la diode en fonction de la températu

$$\mathbf{V = \frac{KT}{q}[\ln I - \ln I_S] = \frac{KT}{q}\ln\frac{I}{I_S}} \textbf{(I-4)}$$

Or le courant Is est lui-même une fonction de T; on peut suivant certaines approches, lui conférer la loi de variation : **Is=A Tm exp[$\frac{-qvi}{KT}$]**, ou m est une constante dépendant dudopage. Sa valeur est proche detrois. **Vi** est la hauteur de la bande interdite et A est une constante caractéristique de fabrication, d'oùl'expression :

$$\boldsymbol{V = V_i + T\left[\frac{K}{q}ln\left(\frac{I}{A}\right)\right] - \frac{KT}{m} * T = V_i + T\left[-\frac{K}{q}ln\left(\frac{I}{A}\right)\right] - \left(\frac{KT}{q}m\right)lnT} \qquad \textbf{(I-4)}$$

Cette expression comprend trois termes. Les deux premiers constituent une fonction affine de T (à condition d'avoir une alimentation à courant constant i= Constante =I1), le dernier terme constitue le terme de non-linéarité qu'il faudra réduire ou éliminer. Pour réduire les effets de dispersion de m et de A on préfère travailler sur la jonction d'un transistor.

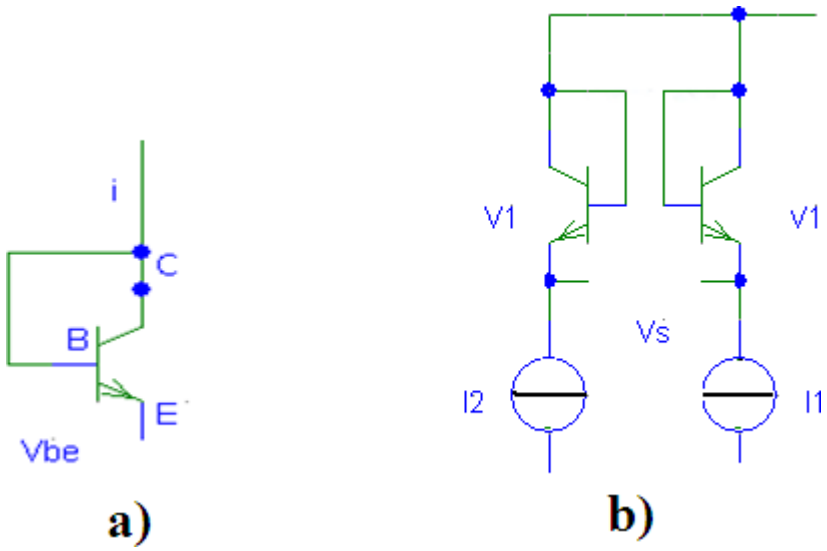


Figure I.5 : a) utilisation de la jonction base-émetteur d'un transistor ; b) Utilisation des transistors en montage différentiel [8].

Pour le montage de la figure I.5b, les deux transistors sont appariés. Les valeurs de Vi et de m sont respectivement les mêmes pour les deux transistors ; il est tout indiqué de travailler de façondifférentielle.

La tension $\mathbf{V_1}$ est donnée par :

$$\boldsymbol{V_1 = V_i + T\left[-\frac{K}{q} ln\left(\frac{I_1}{A}\right)\right] - \left(\frac{KT}{A} m\right) lnT} \qquad \textbf{(I-5)}$$

Et la tension $\mathbf{V_2}$ est donnée par :

$$\boldsymbol{V_2 = V_i + T\left[-\frac{K}{q} ln\left(\frac{I_2}{A}\right)\right] - \left(\frac{KT}{A} m\right) lnT} \qquad \textbf{(I-6)}$$

La tension différentielle $\mathbf{V_s}$est de :

$$\boldsymbol{V_S = V_1 - V_2 = \frac{K}{q} ln\left(\frac{I_1}{I_2}\right)} \qquad \textbf{(I-7)}$$

À condition de choisir des courants différents, Ainsi la tension différentielle est proportionnelle à température absolue T.

7- DIODE ET TRANSISTOR COMME GENERATEUR DE TENSION

7-1 Diodes :

La diode ordinaire peut être employée comme sonde de température. Bon marchée et efficace, elle peut produire des résultats plus que satisfaisants si un étalonnage en deux points est effectué et est polarisée avec un courant stable. Presque n'importe quelle diode de silicium peut être utilisée. Le coefficient de la température est environ de 2.3mV/°C, La caractéristique tension en fonction de la température peut être linéaire pour des courants de polarisationfaible.

L'avantage de la diode utilisée comme sonde de température réside dans la robustesse de ce composant semi-conducteur. C'est particulièrement vrai si les diodes de puissance (par exemple 1N4004) sont employées et si une seconde diode identique à la diode de mesure est montée en parallèle, tête bêche [4].

7-2 Transistors :

La sonde de transistor est employé dans le mode de diode en court circuitant la base et collecteur. Si ceci n'est pas fait, la sonde est câblée entre la base et l'émetteur et le courant d'excitation réduit par un facteur environ de 100. Le résultat est une sonde de puissance, sensible et linéaire. Pour améliorer l'exécution de la diode comme sonde de température, deux tensions de diode (V1 et V2) peuvent être mesurées à différents courants (I1 et I2), typiquement choisis pour avoir un rapport environ de 1:10. La température absolue peut être calculée à partir de l'équation:

$$\boldsymbol{T = \frac{V_1 - V_2}{8.7248 * 10^{-5}} ln \frac{I_1}{I_2}} \qquad \textbf{(I-8)}$$

Le résultat est exprimé en Kelvin (k). C'est la méthode utilisée par la plupart des sondes de températures de circuit intégré. Ceci explique pourquoi beaucoup produisent un signal proportionnel à la température absolue [8].

8- CONCLUSION

Pour choisir un capteur de température, il faut connaitre l'environnement où il va être utilisé ainsi que les critères de sélection. Dans notre cas, les capteurs étudiés sont des capteurs de température. Dans ce chapitre, nous fait l'état d'art des capteurs de température et en particulier les capteurs en semi-conducteurs (diodes ettransistors).

Chapitre II

SIMULATION DES CIRCUITS DE MESURE DE LA TEMPERATURE AVEC LE LOGICIEL SPICE

CHAPITRE II

SIMULATION DES CIRCUITS DE MESURE DE LA TEMPERATURE AVEC LE LOGICIEL SPICE

1- INTRODUCTION:

Avec l'avènement de l'informatique, tous les outils de simulation se sont répandus dans tous les secteurs d'activité. Chaque domaine (électrique, électrotechnique, physique, mécanique, construction, etc) possède des logiciels pour la simulation car elle donne au technicien la possibilité avant la réalisation de tester un prototype virtuellement. Les avantages sontévidents:

- Fonctionnement virtuel pour corriger, adapter et mettre au point ;
- d'obtenir des résultats lorsque le matériel nécessaire manque (mesurer des courants ; calculer la transformée de Fourier d'un signal, etc) ;
- visualisation des phénomènes difficiles à observer pratiquement (phénomène aléatoire)
- économie de temps ;
- économie d'argent ;

Aussi complexe soit-il, un modèle n'est jamais la réalité. C'est pourquoi la simulation ne remplacera jamais totalement l'expérimentation. A l'usage, la simulation paraît un bon complément à l'expérimentation.

Dans notre travail, nous utiliserons Pspice, produit par Microsim, pour les raisons suivantes :

- Pspice est le logiciel de simulation le plus répandu dans l'industrie ;
- Il est basé sur le standard industriel SPICE et donne donc accès aux bibliothèques de modèles développées par les fabricants ;
- Il permet de mélanger sans aucun problème des composants numériques et analogiques
- La prise en main du logiciel est simple ;

➢C'est un logiciel très complet puisqu'il permet de simuler tout les aspects des systèmes que l'on rencontre en électronique et électrotechnique (électronique de puissance, électronique de commande analogique et numérique, asservissements, etc.

Dans ce chapitre nous utiliserons les composants électroniques (diode, transistors, … etc) comme sonde de température dans des circuits électronique et nous relèverons l'évolution d'une tension ou d'un courant en fonction de la variation de la température. [9].

2- TRANSISTOR MONTE EN DIODE:

$$I = I_S \left[exp\left(\frac{qV}{KT}\right) - 1 \right] \qquad \textbf{(II-1)}$$

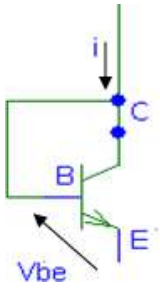


Figure 2.1: Transistor monté en diode pour la mesure de la température. [1].

On polarise la jonction base émetteur positivement avec $\frac{qV}{KT} \gg U_T$,la relation 2.1 devient :

$$I = I_S exp\left(\frac{qV}{KT}\right) \qquad \textbf{(II-2)}$$

Ou :

$$I_S = A * T^m \left[exp\left(-\frac{qV_i}{KT}\right) \right] \qquad \textbf{(II-3)}$$

Vi étant la hauteur de la bande interdite exprimée en Volt, soit 1.12 Volt pour le silicium. Le coefficient m est égal à 3 en général.

A est une constante indépendante de T mais dépendant de la géométrie de la jonction et des niveaux de piégeage.

De la relation II.3, on tire la tension vi.

$$\boldsymbol{V = V_i + \frac{KT}{q} logI - \frac{KT}{q} * m * logT - \frac{KT}{q} * logA} \qquad \textbf{(II-4)}$$

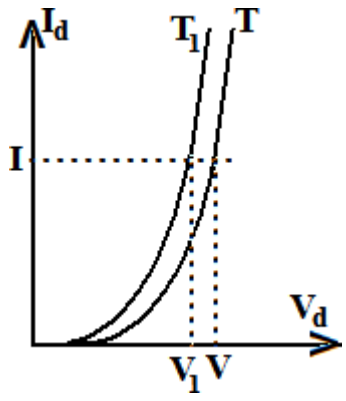


Figure 2.2: Caractéristiques ID=f(VD) en fonction de la température.

Le constant A et le courant I peuvent être éliminées de l'expression II.4, si l'on connaît la tension V1, pour le même courant I, mais à une température T1 comme l'indique la figureII.2.

On obtient :

$$\boldsymbol{V = V_1 \frac{T}{T_1} + V_i \left(1 - \frac{T}{T_1}\right) * ln \frac{T}{T_1}} \qquad \textbf{(II-5)}$$

Cette expression n'est pas linéaire en fonction de la température mais elle permet de déduire directement la tension à mesurer en fonction de la température.

A partir des équations précédentes,nousdéduisons facilement l'expression de la sensibilité thermique en utilisant la dérivée comme l'indique l'expressionII.6.

$$\boldsymbol{\frac{dV}{dT} = (V_1 - V) \frac{1}{T_1} - \frac{AK}{q} \left(1 + ln \frac{T}{T_1}\right)} \qquad \textbf{(II-6)}$$

L'expression 2.6 en fonction de V s'écrit:

$$\frac{dV}{dT} = -m\frac{k}{q} + (V_1 - V)\frac{1}{T} \qquad \textbf{(II-7)}$$

Le constructeur Motorola, pour les transistors de la série MTS dans la plage de température -40 °C à+150°C, donne le coefficient de la sensibilité indiquée par l'expression **(II-8).**

$$\frac{dV}{dT} = -2.25 + 0.0033(V_1 - 600)\,mV/°C \qquad \textbf{(II-8)}$$

A partir de la relation **(II-8)**, nous généraliserons l'expression de la tension en fonction de la température obtenue en utilisant un transistor comme une sonde.

$$V(T) = V(25°C) + (\frac{dV}{dT})(T - 25°C) \textbf{(II-9)}$$

2-1 Etude théorique du montage de la mesure de température:

2-1-1 Montage 1: Etude théorique

Pour notre expérience, nous utiliserons le montage suivant:

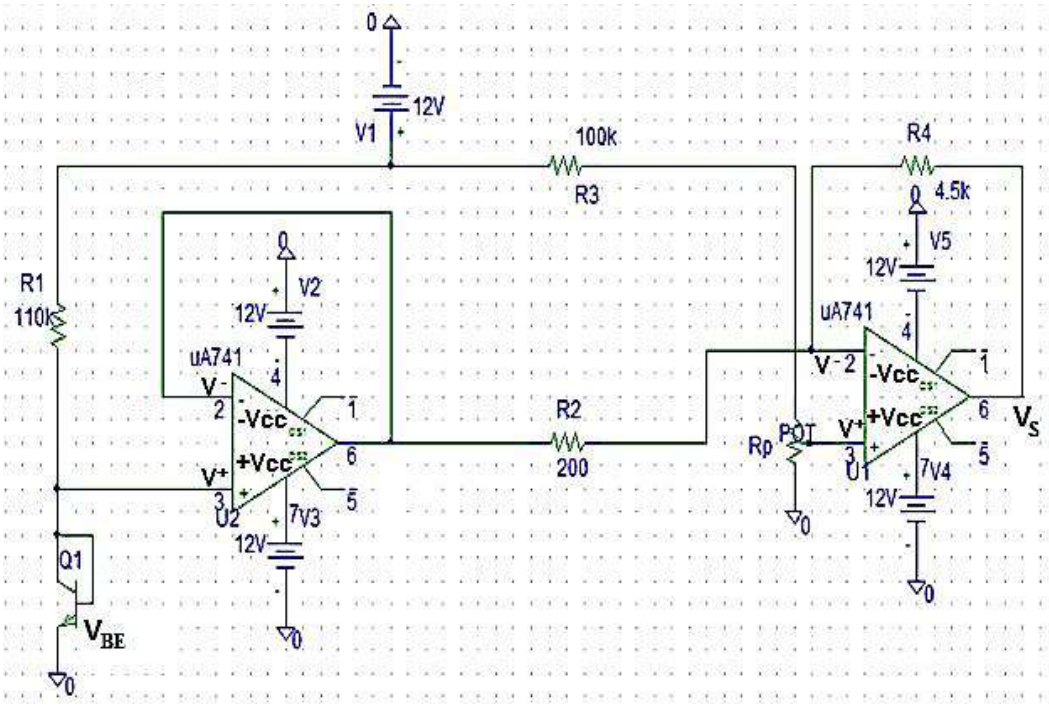


Figure 2.3: Montage électronique pour la mesure de la température utilisant un transistor 2N2222 comme capteur de température. [1].

Où:

- V- : la tension de l'entrée inverseuse de l'amplificateur.
- V+: la tension de l'entrée non inverseuse de l'amplificateur.
- V: la tension de l'entrée non inverseuse de l'amplificateur suiveur =VBE.
- VBE: la tension (Base-Emetteur) de transistor Q1.
- VS: la tension de sorti de l'amplificateur opérationnel.

Rp=Rp1+Rp2, Rp1=37,6kΩ, Rp2=9,4kΩ.

Après calcul, les tensions d'entrée V+ et V- sont respectivement données par les relations II.10 et II.11.

$$\boldsymbol{V^- = \frac{R_2 V_S + R_4 V}{R_2 + R_4}} \textbf{(II-10)}$$

$$\boldsymbol{V^+ = \frac{R_p{}^2 V_S}{R_p + R_3}} \qquad \textbf{(II-10)}$$

La tension différentielle $V_d = V^+ - V^- \approx 0 \rightarrow V^+ =$

$$\boldsymbol{\frac{R_2 V_S + R_4 V_{BE}}{R_2 + R_4} = \frac{R_p{}^2 V_S}{R_p + R_3}}$$

La tension de sortie VS(T) en fonction de la tension VBE= V(T) s'écrit :

$$\boldsymbol{V_S = \left(1 + \frac{R_4}{R_2}\right) \frac{R_p{}^2 V_S}{R_p + R_3} - \frac{R_4}{R_2} V(T)} \qquad \textbf{(II-12)}$$

Nous remplaçons VBE= V(T) par son expression dans II.12.

$$\mathbf{V_{BE} = V_{BE}(25°C) + (d_V/d_T)(T - 25°C)} \qquad \textbf{(II-9)}$$

$\frac{dV}{dT}$est la pente de la droite de l'équation **V=f(T)**

En utilisant le logiciel Pspice nous avons tracé la tension VBE (tension à l'entrée du montage) en fonction de la température comme le montre la figure II.4.

2-1-2 Résultat de la simulation:

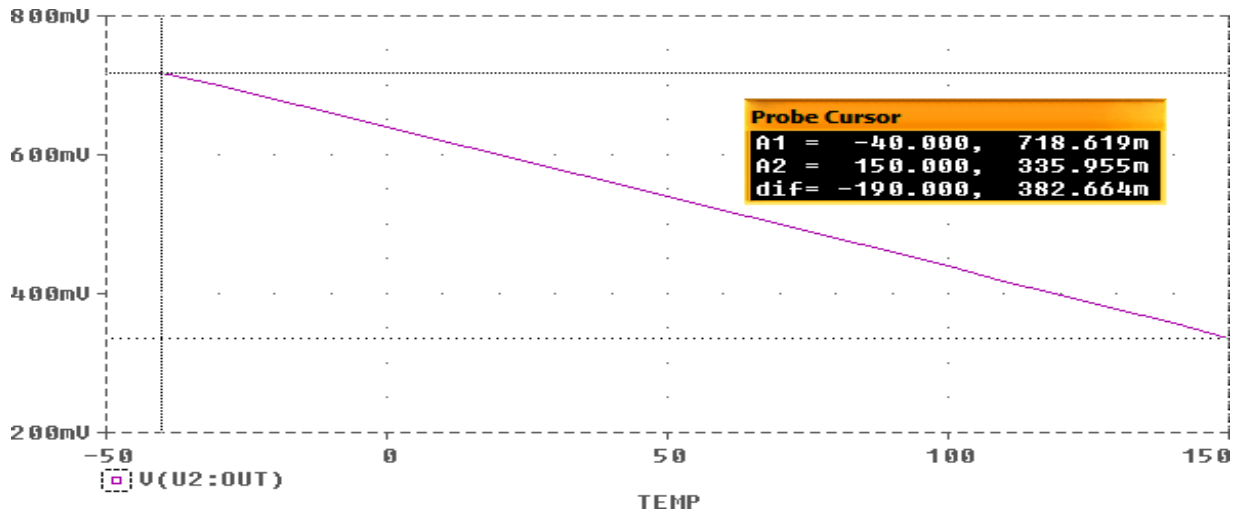


Figure 2.4: Représentation de la tension V_{BE} en fonction de la température.

La pente $\frac{dV}{dT}$ déterminée est de $-2.00 * 10^{-3} mV/°C$ ce qui est très proche des valeurs données par Motorola pour ses composants MTS

A partir de ce résultat, et en appliquant la relation 2.9, la tension VBE à 25°C est de:

$$V_{BE}(25°C) = 590.926\ 10^{-3} V$$

Ce qui permet de déduire la tension de sortie VS qui est de:

$$V_S = \left(1 + \frac{R_4}{R_2}\right)\frac{R_{p^2} V_S}{R_p + R_3} - \frac{R_4}{R_2} V(T) = 18.03 - 22.5V(T)$$

$$= 18.03 - 22.5(-2.00T + 641.026)10^{-3}$$

VS= (45T+3570)10-3volt , **(II-10)**

Le graphe de la tension de sortie du montage est représenté par la figure 2.5

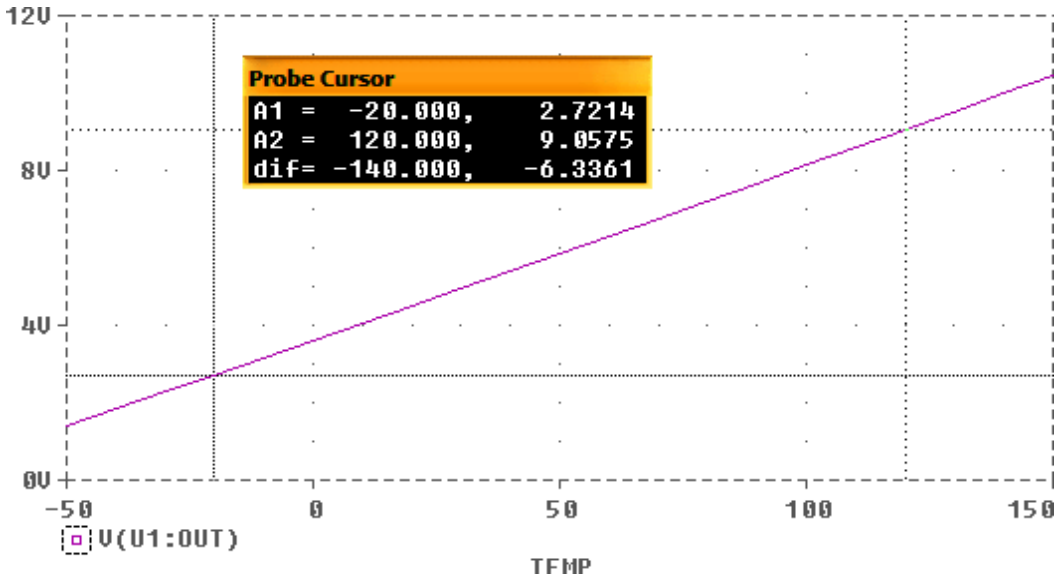


Figure 2.5: Représentation de la tension de sortie V_S en fonction de la température du premier montage.

En déduire la valeur (ΔVs/ΔT):

ΔV/ΔT = (-6.33)/(-140)=0.045 V/°C cequiest acceptable et elle reste proche des valeurs données par lalittérature.

2-1-3 Montage 2: Etude théorique

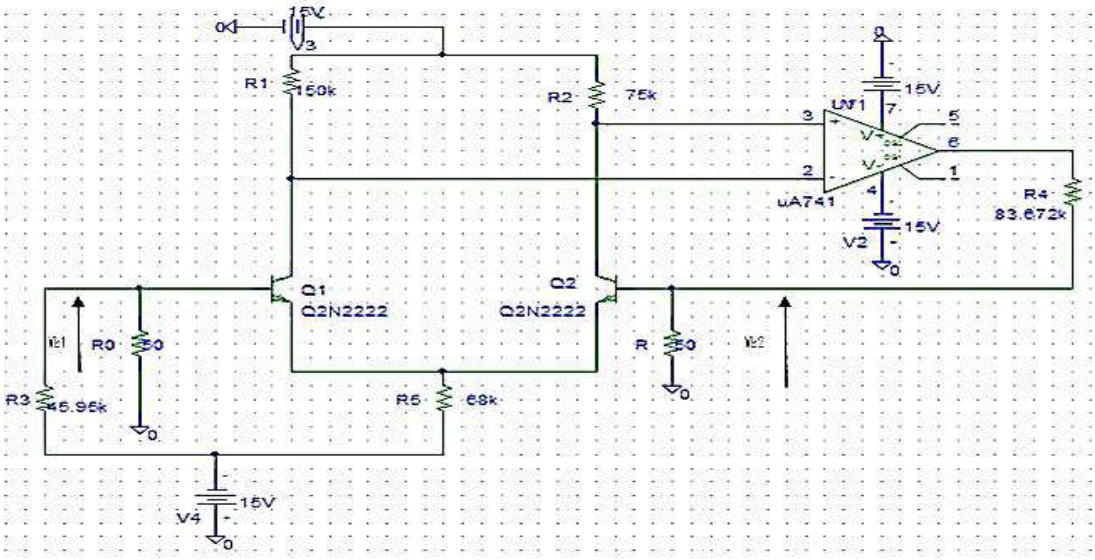


Figure 2.6: Montage électronique pour la mesure de la températureutilisantun une paire de transistors 2N2222 comme capteur de température montés enamplificateur différentiel [10].

V_{B1}: la tension de base du transistor **Q_1**ou aux bornes de la résistance **R_0**.

V_{B2}: la tension de base du transistor **Q_2** ou aux bornes de la résistance **R.**

$\mathbf{V_S}$: la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel.

$$\mathbf{V_T : V_T = kT/q}$$

k: la constante de Boltzmann =1.3804 $.10^{-23}$ unités SI

T:la température absolue

q : est la charge élémentaire de l'électron : **q=-e=1.602.10-19 C**,

$\mathbf{I_C}$: le courant de collecteur de transistor, IC1pour le transistor Q1et IC2 pour le transistor$\mathbf{Q_2}$.

$\mathbf{I_S}$: courant inverse

$\mathbf{V_{BE}}$: la tension (basse-émetteur) de transistor, $\mathbf{V_{BE1}}$pour le transistor $\mathbf{Q_1}$et $\mathbf{V_{BE2}}$pour le transistor $\mathbf{Q_2}$.

Les tensions $\mathbf{V_{B1}}$et $\mathbf{V_{B2}}$: sont données par les relations II.11 et II.12.

$$\boldsymbol{V_{B1} = \frac{R_0 V_4}{R_0 + R_3}} \qquad \textbf{(II-11)}$$

$$\boldsymbol{V_{B2} = \frac{R V_S}{R + R_4}} \qquad \textbf{(II-12)}$$

On pose $\mathbf{V_B=V_{B1}-V_{B2}}$

Nous cherchons l'expression de tension $\mathbf{V_B}$ en fonction de : $\mathbf{I_{C1}}$, $\mathbf{I_{C2}}$ et$\mathbf{V_T}$:

$$\mathbf{V_B=f\ (I_{C1},\ I_{C2},\ V_T)}$$

$\boldsymbol{I_C \approx I_S e^{\frac{V_{BE}}{VT}}}$ avec$\mathbf{I_{S1}=I_{S2}}$ **et** $\mathbf{V_{BE1}-V_{B1}= V_{BE1}-V_{B2}=V_B}$

$\boldsymbol{I_{C1} \approx I_{S1} e^{\frac{V_{BE1}}{VT}}}$,$\boldsymbol{I_{C2} \approx I_{S2} e^{\frac{V_{BE2}}{VT}}}$

$$\boldsymbol{\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = e^{\frac{V_{B1}-V_{B2}}{V_T}} = e^{\frac{V_B}{V_T}}}$$

On déduit la tension V_B en fonction des deux courants et de la tension V_T.

$$\boldsymbol{V_B = V_T ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}}} \qquad \textbf{(II-13)}$$

Connaissant la tension VB, nous déterminons la tension de sortie VS en fonction de la température.

On donne l'expression de la tension de sorti $\mathbf{V_S}$ en fonction de **VCC** (tension d'alimentation) , $\mathbf{I_{C1}}$, $\mathbf{I_{C2}}$, **R,** $\mathbf{R_3}$ **et** $\mathbf{V_T}$.

$$V_B = \frac{R_0 V_4}{R_0+R_3} - \frac{R V_S}{R+R_4}$$

$$V_S = \left(\frac{R_0 V_{cc}}{R_0+R_3} - V_T ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}}\right)\frac{R+R_4}{R} \quad , \quad R = R_0$$

$$V_S = -(\frac{R+R_4}{R})V_T ln \frac{I_{C1}}{I_{C2}} - (\frac{R+R_4}{R+R_3})\, V_{cc} \text{(II-14)}$$

Nous considéronsque l'amplificateur opérationnel est idéal, alors nouspouvons

écrire:

A_0 : amplification en boucle ouverte est infini

$V_d=V_{S1}-V_{S2}\approx 0$ (tension différentielle);

Ainsi:

$\mathbf{V_{S1}=V_{S2} = V_{CC}-R_1 I_{C1}=V_{CC}-R_2 I_{C2}}$, ce qui donne:

$$\frac{I_{C1}}{I_{C2}} = \frac{R_2}{R_1} \text{(II-15)}$$

Nous portons ce rapport dans l'expression II.14;

La tension de sortie s'écrit:

$$V_S = -(\frac{R+R_4}{R})V_T ln \frac{R_2}{R_1} - (\frac{R+R_4}{R+R_3})\, V_4 \text{(II-15)}$$

On démontre que la tension de sortie VS peut s'écrire sous la forme VS=aT+b ou' a et b sont des constantes indépendantes de la température.

On utilise la relation VT =kT/q de la tension de sortie VS de la relation II.15.

$$V_S = ((\frac{R+R_4}{R})\frac{k}{q} ln \frac{R_2}{R_1})T - (\frac{R+R_4}{R+R_3})\, V_4 \text{(II-16)}$$

On pose : $\mathbf{a} = -(\frac{R+R_4}{R})V_T ln \frac{R_2}{R_1}$ **et** $\mathbf{b} = -(\frac{R+R_4}{R+R_3})\, V_4$ **(II-17)**

2-1-4 Calcul numérique :

Le calcul des constantes a et b donne:

$$\mathbf{a}= \left(\frac{50+83670}{50}\right) 86.16 * 10^{-6} ln \frac{150*10^3}{75*10^3} => \mathbf{a = 0.099 = 0.1}$$

$$\mathbf{b= -(\frac{50+83670}{50+45950})15 => \ b\ -27.3\ \mathit{Volt}}$$

Nous déduisons la tension de sortie en fonction de la température (degré kelvin):

$$\mathbf{V_S=0.1T-27.3} \qquad \mathbf{(II.18)}$$

Avec **T**en kelvin.

En fonction de la température (degré Celsius), la tension de sortie s'écrit:

$$\mathbf{V_S=0.1T+0.015(II.19)}$$

Avec **T** en degré Celsius **T(°C)=T(°k)-273.15**

2-1-5 Résultat de simulation

La simulation du montage de la figure 2.6 à l'aide du logiciel Spice, nous a permis d'obtenir le graphe de la tension VS =f(T) comme le montre la figure 2.7.

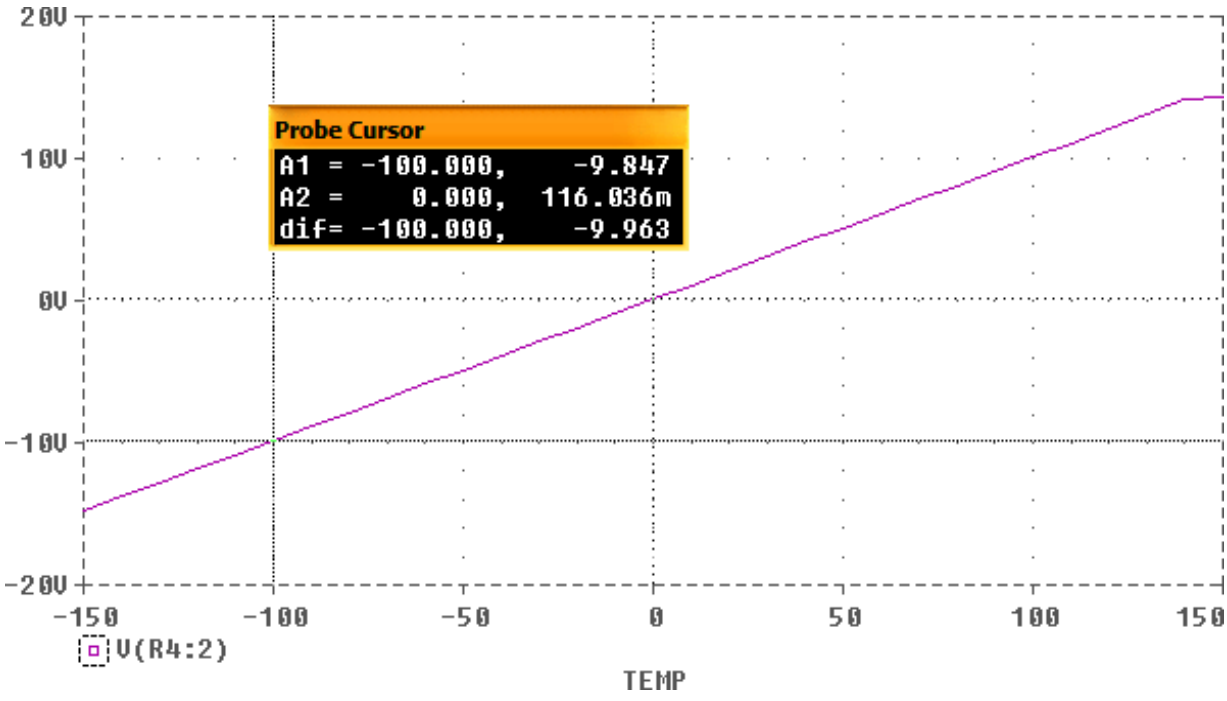


Figure 2.7: Représentation de la tension de sortie VS en fonction de la température du deuxième montage.

La sensibilité ΔV/ΔT est de :

$$(\Delta V/\Delta T) = \frac{-9.96}{-100} = 0.0996 = 0.1 \text{ , pour T=0 , } V_S = 116.03 * 10^{-3} \text{ volt}$$

La valeur déterminée reste une grandeur acceptable et même meilleure que celle donnée par motorola pour leurs modèles MTS.

Le graphe obtenu est une droite de la forme **y= ax+b** comme nous l'avons démontré.

La fonction **V_S=f(T)** obtenue est donnée par l'expression II.20

V_S=0.1T+116.03 *10^{-3} à T en °C (II.20)

Nous calculons les valeurs minimale et maximale des températures (en degré Celsius) que notre capteur est capable de mesurer en utilisant le deuxième montage.

Vsmin = - 15volt ,V_S max =+15 volt

$$T_{min} = \frac{V_{Smin} - 0.015}{0.1} = \frac{-15 - 0.015}{0.1} = -150.15℃$$

$$T_{min} = \frac{V_{Smax} - 0.015}{0.1} = \frac{15 - 0.015}{0.1} = 149.85℃$$

On remarque qu'il y a perte de linéarité dès que la température dépasse 100.

Parce que:

Les composants utilisés sont du domaine grand public (-20°C à 80°C).

2-1-6 Montage 3: Etude théorique

Nous avons amélioré le montage 2 où nous avons utilisé les transistors capteurs comme charges actives dans un amplificateur différentiel. Les qutre transistors sont appariés deux àdeux.

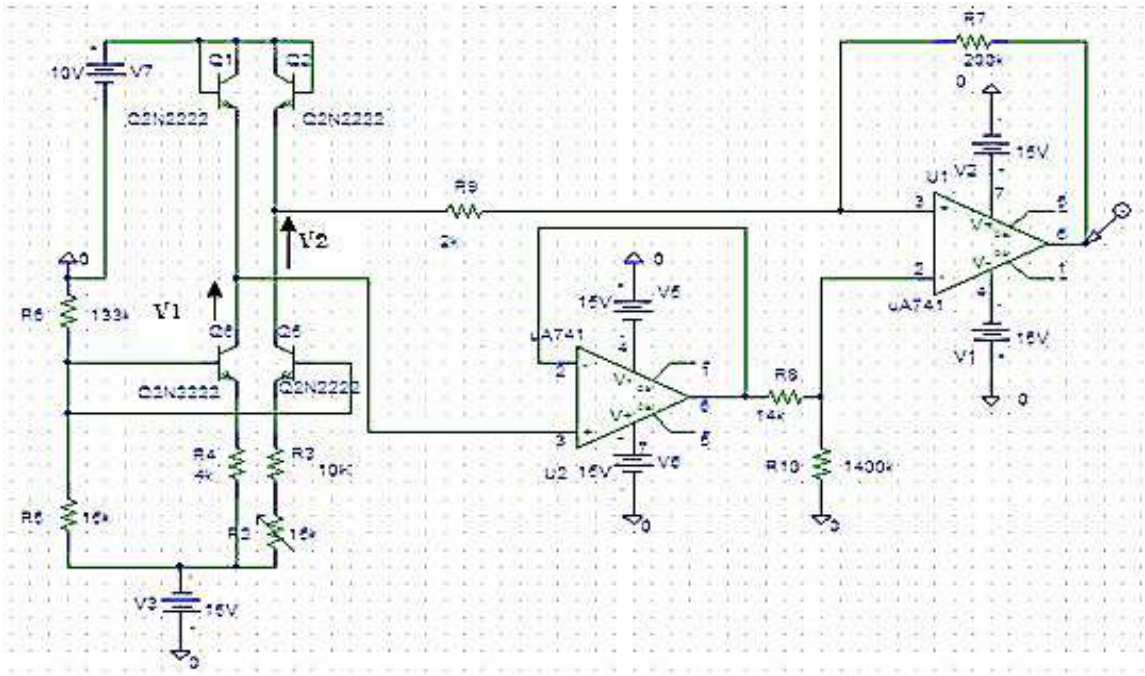


Figure 2.8: Montage électronique pour la mesure de la température utilisant un amplificateur différentiel et une paire de transistors 2N2222 comme capteur de température.

V- : la tension de l'entrée inverseuse de l'amplificateur (U1).

V+: la tension de l'entrée non inverseuse de l'amplificateur (U1).

VS : la tension de sortie de l'amplificateur opérationnel (U1). V1: la tension de l'émetteur du transistor Q1.

V2: la tension de l'émetteur du transistor Q2 Nous déterminons V+ et V-.

$$V+= (R_9 * V_S + R_7 * V_2)/(R_7+R_9) \qquad \text{(II.21)}$$

$$V-= (R_{10} * V_1)/(R_{10}+R_8) \qquad \text{(II.22)}$$

U1 est amplificateur opérationnel considéré comme idéal.

$$V^+-V^-=0 \text{ donc } V^+= V^- \Rightarrow (R_9 * V_S + R_7 * V_2)/(R_7+R_9) = (R_{10} * V_1)/(R_{10}+R_8)$$

A partir des expressions II.21 et II.22, nous déterminons la relation de la tension de sortie V_S.

$$R_9 * V_S + R_7 * V_2 = ((R_7+R_9) * R_{10} * V_1)/(R_{10}+R_8)$$

$$R_9 * V_S = ((R7+R9) * R10)/(R_{10}+R_8) * V_1 - R_7 * V_2$$

$$V_S = \frac{(R7+R9) * R10}{(R10+R8) * R9} * V1 - \frac{R7}{R9} * V2 \qquad \text{(II-23)}$$

En remplaçant les résistances : R7, R8, R9 et R10 par leurs valeurs respectives, la tension de sortie VS s'écrit en fonction de V1 et V2.

R7 =200kΩ ;R8 =14 kΩ; R9 =2kΩ ; R10 =14 00kΩ

$$\mathbf{V_S}=\frac{(\mathbf{R7}+\mathbf{R9})*\mathbf{R10}}{(\mathbf{R10}+\mathbf{R8})*\mathbf{R9}} * \mathbf{V1} - \frac{\mathbf{R7}}{\mathbf{R9}} * \mathbf{V2} = \mathbf{100} * \mathbf{V1} - \mathbf{100} * \mathbf{V1}$$

$$\mathbf{V_S} = \mathbf{100} * (\mathbf{V1} - \mathbf{V2}) \qquad \textbf{(II-24)}$$

Les deux transistors Q1et Q2 appariés. Ils ont le même courant de saturation IS et ils sont alimentés respectivement à courant constant I1 et I2. Leurs tensions base-émetteur sont V 1 et V2

$$\boldsymbol{I_1 = I_S \exp\left(\frac{qV_1}{KT}\right)} \quad , \quad \boldsymbol{I_2 = I_S \exp\left(\frac{qV_2}{KT}\right)}$$

$$\boldsymbol{V_1 = \frac{KT}{q} \mathrm{Ln}\left(\frac{I_1}{I_S}\right)} \quad , \quad \boldsymbol{V_2 = \frac{KT}{q} \mathrm{Ln}\left(\frac{I_2}{I_S}\right)}$$

$$\boldsymbol{Donc} : \mathbf{V_s = 100 * (V1 - V2)}$$

$$= \mathbf{100} * \left(\frac{\boldsymbol{KT}}{\boldsymbol{q}} \mathbf{Ln}\left(\frac{\boldsymbol{I_1}}{\boldsymbol{I_S}}\right) - \frac{\boldsymbol{KT}}{\boldsymbol{q}} \mathbf{Ln}\left(\frac{\boldsymbol{I_2}}{\boldsymbol{I_S}}\right)\right)$$

$$= \mathbf{100} * \frac{\boldsymbol{KT}}{\boldsymbol{q}} \mathbf{Ln}\left(\frac{\boldsymbol{I_1}}{\boldsymbol{I_S}} * \frac{\boldsymbol{I_s}}{\boldsymbol{I_2}}\right)$$

$$= \mathbf{100} * \frac{\boldsymbol{KT}}{\boldsymbol{q}} \boldsymbol{ln}\left(\frac{\boldsymbol{I_1}}{\boldsymbol{I_2}}\right) , \frac{\boldsymbol{I_1}}{\boldsymbol{I_S}} = \boldsymbol{n}$$

Si nous supposons que n =2 nous trouvons:

$$\boldsymbol{V_S} = \mathbf{100} * \frac{\boldsymbol{kT}}{\boldsymbol{q}} \boldsymbol{log}(\mathbf{2}) , \frac{\boldsymbol{k}}{\boldsymbol{q}} = \mathbf{86.56} * \mathbf{10^{-6}} [\boldsymbol{volt}]$$

En degré Kalvin la tension de sortie s'écrit:

$$\boldsymbol{V_S} = 59.73*10^{-4} \text{ Ten volt, T[K]} \qquad \textbf{(II.25)}$$

En degré Celsius, elle s'écrit:

$$\boldsymbol{V_S} = 59.73*10^{-4} *(T +273.15) \approx 6*10\text{-}3 *T+1.64 \text{en volt} \qquad \textbf{(II.26)}$$

La relation de la tension de sortie est une fonction de la forme y= ax+b. Elles'écrit:

La pente de la droite est de 6*10-3. Nous pouvons dire qu'il y a une amélioration par rapport aux précédents montages.

2-1-7 Résultat de simulation:

La simulation du montage de la figure 2.8 à l'aide du logiciel Spice, nous a permis d'obtenir le graphe de la tension VS =f(T) comme le montre la figure 2.9.

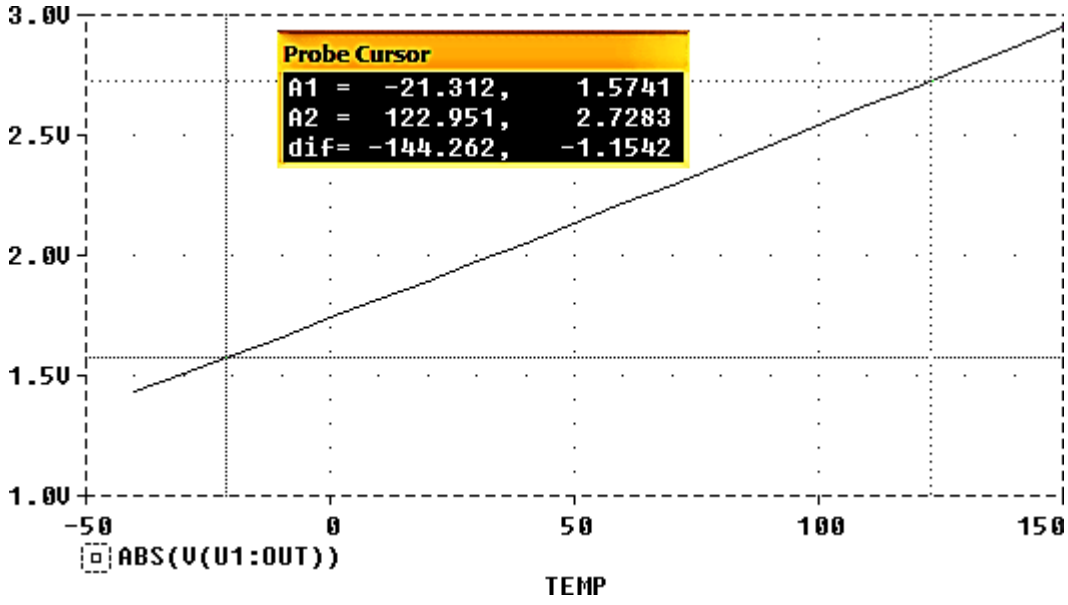


Figure 2.9: Représentation de la tension de sortie VS en fonction de la température du troisième montage.

La sensibilité ΔV/ΔT est de :

$$(\Delta \mathbf{V}/\Delta \boldsymbol{T}) = \frac{-1.1542}{-144.262} = 0.008 = 8 * 10^{-3}$$

Nous trouvons une valeur meilleure que celles obtenues avec les deux précédents montages. Ceci est dû à l'utilisation des transistors appariés et à l'amplificateur différentiel.

Pour T=0°C, la tension de sortie est de |VS| = 1.73 v

A partir du graphe, nous avons déterminé la fonction de la tension de sortie qui est donnée par l'expression ci-dessous.

V_S=8*10^{-3} T+1.73 à T en °C (II.27)

Nous constatons que les expressions II.31 etII.32 sont très proches.

3- Conclusion

Le travail exécuté dans ce chapitre était l'étude théorique et la simulation des montages permettant de donner une tension de sortie variant en fonction de la température.

Les résultats obtenus montrent une bonne concordance entre la théorie et la simulation et aussi avec ceux donnés par Motorola lesMTS.

Chapitre III

ETUDEPRATIQUEDESCIRCUITS DEMESUREDELA TEMPERATURE

CHAPITRE III

ETUDE PRATIQUE DE CIRCUITS ET DE MESURE DE LA TEMPERATURE

1- INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous réaliserons les montages étudiés et simulés dans le chapitre deux. Ensuite, nous ferons une comparaison entre l'étude pratique, l'étude par simulation.

2- MONTAGE (1) AVEC TRANSISTOR MONTE EN DIODE

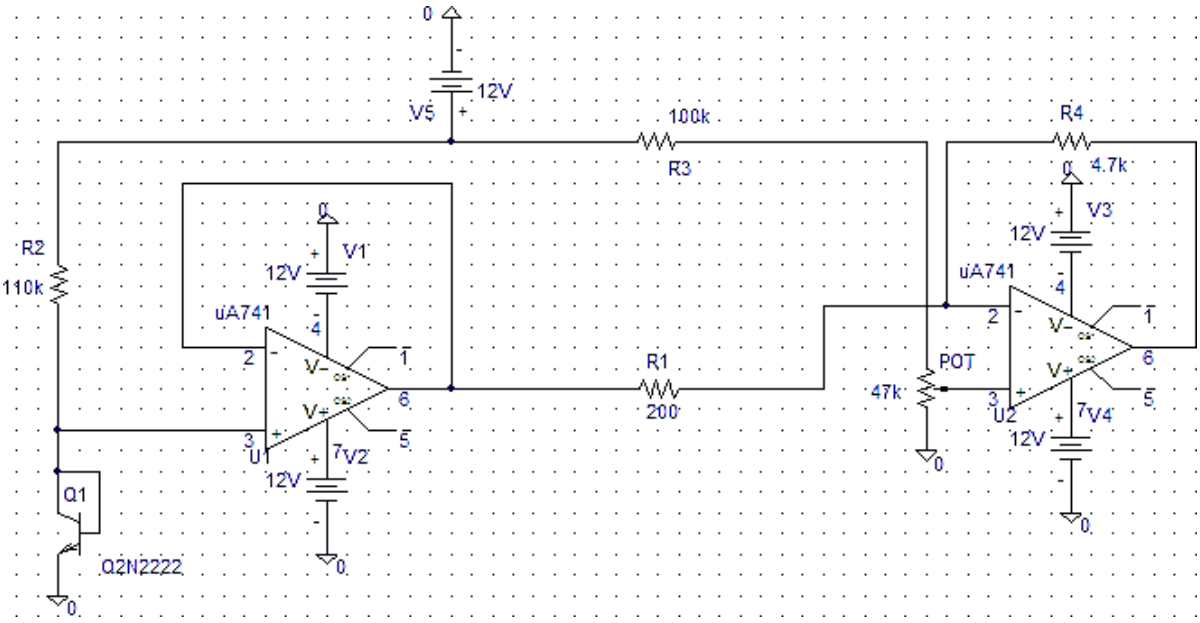


Figure 3.1: Montage avec transistor monté en diode comme capteur.

Nous avons mis le capteur dans une barre de fer (le capteur est implanté dans la barre) chauffée à l'aide d'un fer à souder afin d'avoir une température homogène. La température a été relevée à l'aide du thermomètre EM502C. Les mesures sont portées dans le tableau 3.1

Tableau 3.1: valeurs mesurée en utilisant le transistor 2N2222 monté en diode.

T(C°)	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
-Vs (volt)	0.012	0.1	0.26	0.40	0.55	0.56	0.60	0.64	0.67	0.71	0.80	0.87	0.96	1.00	1.06
T(C°)	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	55	60	70
-Vs V(volt)	1.08	1.19	1.20	1.26	1.30	1.35	1.47	1.48	1.57	1.58	1.58	1.63	1.67	2.07	2.57

En considérant les valeurs du tableau 3.1, nous avons tracé la tension de sortie V_S du montage de la figure 3.1 en fonction de la température. Le graphe est montré par la figure3.2. La pente l'ordre de 53mV/°C. C'est une valeur beaucoup plus importante que celle déterminée par simulation.

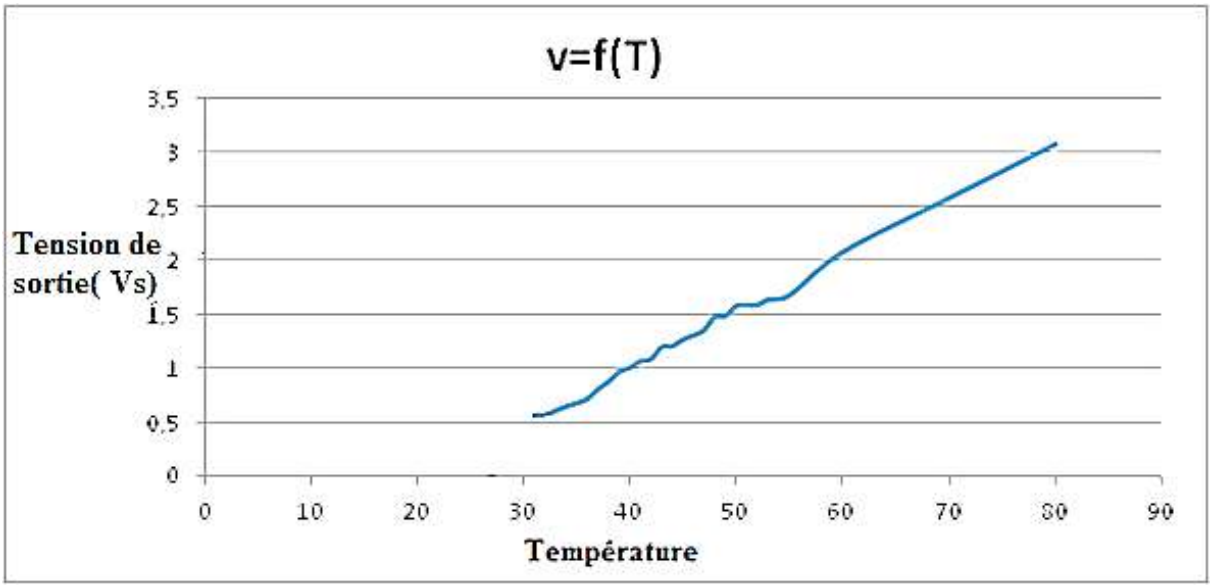


Figure 3.2: La tension de sortie du premier montage en fonction de la variation de la température

3- MONTAGE (2) AVEC TRANSISTORS MONTES EN AMPLIFICATEUR DIFFERENTIEL

Soit le montage de la deuxième expérience utilisant deux transistors MPS 2222A, représenté par la figure 3.3.

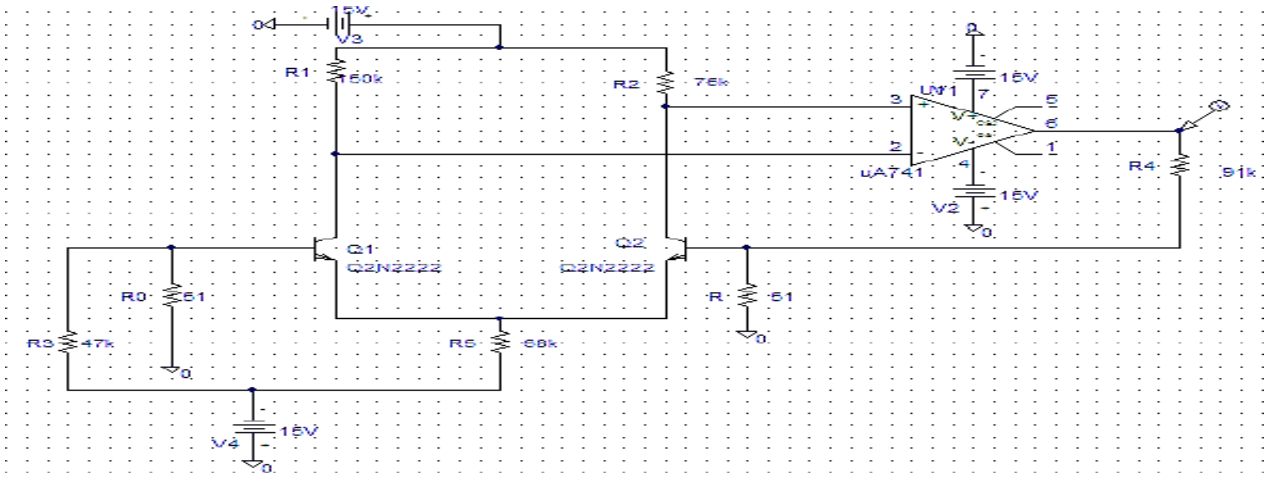


Figure 3.3: Montage avec deux transistors (capteurs) montés en amplificateur différentiel .

Remarque: les valeurs normalisées des résistances sont représentés dans le schéma de la figure 3.3. Comme dans la première expérience, les deux transistors sont mis dans des trous aménagés dans la barre de fer chauffée à l'aide d'un fer à souder. Les valeurs de la tension de sortie relevées en fonction de la température sont données dans le tableau 3.2.

Tableau 3.2: valeurs mesurée en utilisant deux transistors MPS2222A.

T(c°)	26,2	27	28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
V (volt)	14,29	14,302	14,305	14,306	14,307	14,308	14,308	14,309	14,309	14,309	14,31	14,32	14,33	14,33
T(c°)	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	55
V (volt)	14,34	14,35	14,36	14,36	14,37	14,38	14,38	14,386	14,389	14,402	14,407	14,411	14,42	14,48

En considérant les valeurs du tableau 3.1, nous avons tracé la tension de sortie V S du montage de la figure 3.1 en fonction de la température. Le graphe est montré par la figure

3.2. La pente à l'ordre de 0.2V/°C. C'est une valeur beaucoup plus importante que celle déterminée par simulation.

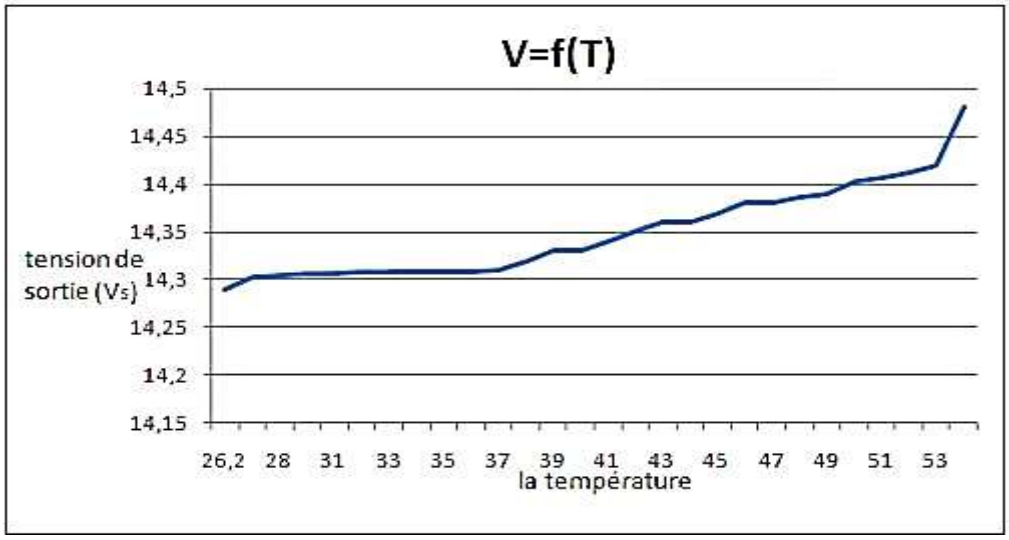


Figure 3.4 La tension de sortie du premier montage en fonction de la variation de la température

les tableaux si-dusse représenter les comparaissent entre les trois étude (théorique, simulation et pratique) de chaque schéma.

Schéma 01	**Théorique**	**Simulation**	**pratique**
Linéarité	**oui**	**oui**	**oui**
La sensibilité(V/°C)	**0.045**	**0.045**	**$53*10^{-3}$**
Les équations(volt)	**$V_S=(45T+3570)10^3$**	**$V_S=45T+1410)10^3$**	**$V_S=(53T-1160)10^3$**

Schéma 02	**Théorique**	**Simulation**	**pratique**
Linéarité	**oui**	**oui**	**oui**
La sensibilité (V/°C)	**0.1**	**0.1**	**0.2**
Les équations (volt)	**$V_S=0.1T+0.015$**	**$V_S= (0.1T+116.03)\ 10^{-3}$**	**$V_S=0.2T+7.5$**

Schéma 03	**Théorique**	**Simulation**	**pratique**
Linéarité	**oui**	**oui**	**/**
La sensibilité (V/°C)	**6*103**	**8*103**	**/**
Les équations (volt)	**$V_S=6*103*T+1.64$**	**$V_S=8*10\text{-}3\ T+1.73$**	**/**

4- CONCLUSION

Nous avent faire un capteur simple (un transistor), il donne bonne variation de tension on fonction de la température .mais pour un capteur avec deux transistor il faut choisir cette dernière identique dans même boité et dans même condition, et on utilise les résistances de précision.

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

La mesure d'une grandeur physique, dans notre cas la température est réalisée en utilisant un transducteur (capteur) qui transforme les variations de la grandeur physique en une variation d'une grandeur électrique. Le signal électrique peut être traité en utilisant les fonctions électroniques.(adaptation, amplification, conversion analogique numérique, affichage, etc)

Le domaine des capteurs est assez vaste. Nous nous sommes limités dans notre travail aux capteurs en semi-conducteur et particulièrement aux diodes et transistors bipolaires.

Dans le premier chapitre, nous avons fait une étude bibliographique limitée sur les capteurs. Nous avons donné les définitions de certains paramètres les plus utilisés dans le domaine de la mesure ainsi que certaines propriétés.

Dans le deuxième chapitre, nous avons étudié théoriquement trois montages électroniques:

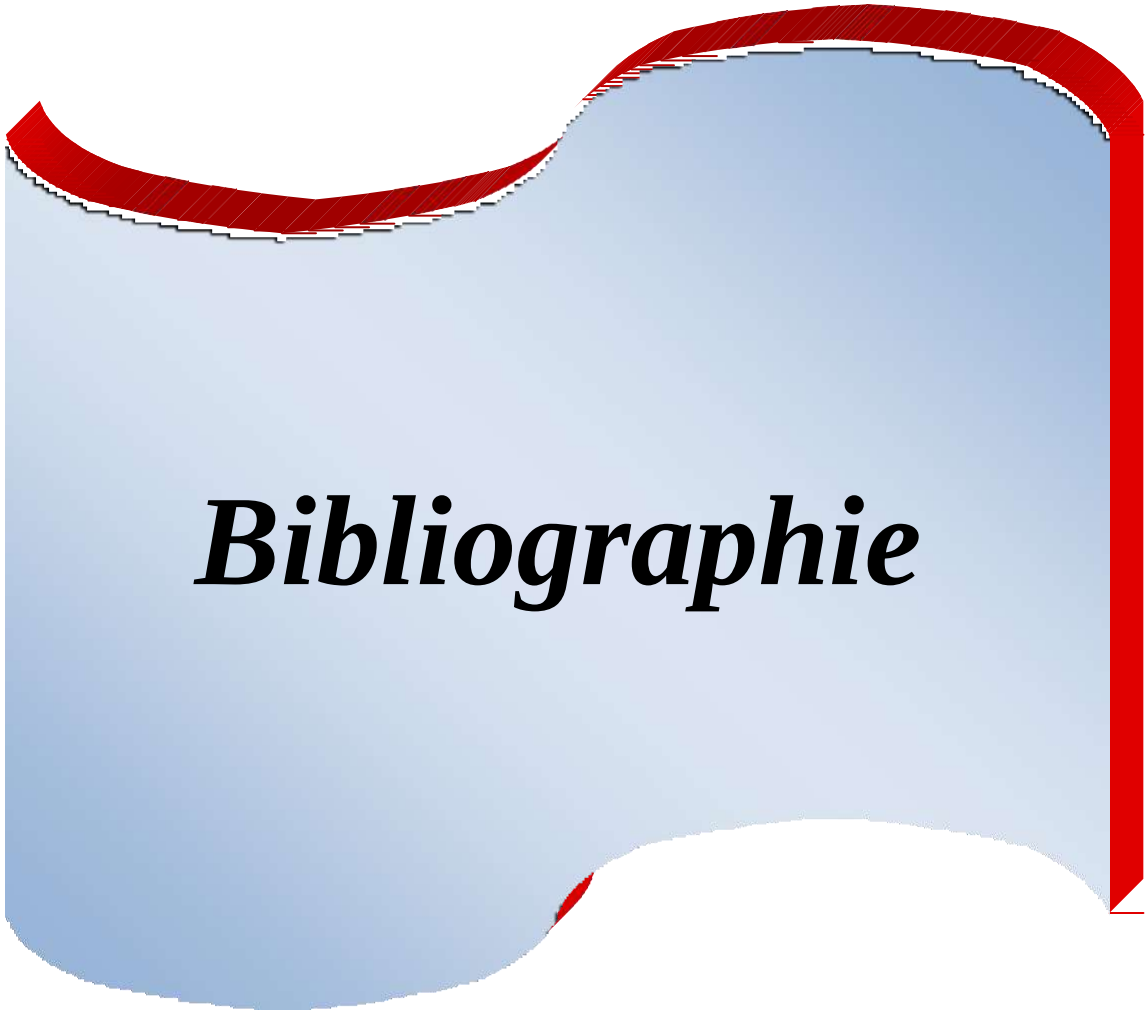
Le premier utilise un transistor monté en diode. La théorie a coïncidé avec l'étude par simulation et nous avons déterminé une sensibilité du même ordre que celle donné e par Motorola pour ses transistors bipolaire MPS.

Le deuxième montage utilise deux transistors montés en amplificateur différentiel. Dans ce cas aussi, les résultats théoriques coïncident avec celles déterminées par simulation et sont du même ordre de grandeur que celles obtenues par simulations.

La simulation a été faite en utilisant le logiciel Spice.

Dans le troisième montage qui est le plus complet, nous avons utilisé deux transistors (capteurs) montés en diode et comme charges actifs dans un amplificateur différentiel. Le résultat obtenu est aussi satisfaisant comme pour les précédents montages.

Dans le troisième chapitre, nous avons réalisé les deux premiers montages seulement. La mesure réalisée sur le premier montage , nous a permis d'obtenir une courbe dont l'allure est linéaire, la sensibilité est très différente de celle obtenue par simulation.



Bibliographie

BIBLIOGRAPHIE

[1] Geoges Asch et collaborateurs ‘ les captures en instrumentation industrielle ‘ DUNOD, Paris, 1999 pour la nouvelle présentation ISBN2 10 004758 2 (page 223).

[2] http:/fr.wikipedia.org/wiki/emp%c3%A9rature.

[3] Site Web Cinquième expérience : RÉALISATION D'UN THERMOMÈTRE DIGITAL.

[4] http // : www.mesure de température.

[5] http : //site électrotechnique .free .Fr/doc.

[6] “CHAPITRE II CAPTEURS ET ELECTRONIQUE ASSOCIEE ”. Olivier Français, 2000.

[7] Site Web Cours #6: Mesure de température GPA-668: Été 2003.

[8] F.Baudoin et M .Lavabre `CAPTURS PRINCIPES ET UTILISATIONS’ édition CASTEILLA : 2008-USBN : 978.2.7135.3037.1.

[9] Http// : www. Mesure de température. Philippe MISSIRL IU.Lycée Newton-ENREA Clichy.

[10] ZRIKAT. M, capture et chaines d’acquisitions, cours polycopiés, ENSET ,2008.

LESTE DES FIGURES

Figure I.1: Schéma synoptique d'une chaine de mesure delatempérature 06

Figure I.1: Coupe de la structure ducapteur KTY81 10

Figure I.3: Courbes de R(Θ en fonction de la température ducapteurKTY81[8].11

Figure1.4: Diode à jonction polariséeendirect.....12

Figure I.5 : a) utilisation de la jonction base-émetteur d'un transistor ; b) Utilisation des transistors enmontagedifférentiel 13

Figure 2.1: Transistor monté en diode pour la mesure delatempérature 18

Figure 2.2: Caractéristiques ID=f(VD) en fonction delatempérature.....19

Figure 2.3: Montage électronique pour la mesure de la température utilisant un transistor 2N2222 comme capteurdetempérature 20

Figure 2.4: Représentation de la tension VBE en fonction delatempérature……..22

Figure 2.5: Représentation de la tension de sortie VS en fonction de la température du premier montage 23

Figure 2.6: Montage électronique pour la mesure de la températureutilisantun une paire de transistors 2N2222 comme capteur de température montés en amplificateurdifférentiel.……..……..……...….23

Figure 2.7: Représentation de la tension de sortie VS en fonction de la température du deuxièmemontage 26

Figure 2.8: Montage électronique pour la mesure de la température utilisant un amplificateur différentiel et une paire de transistors 2N2222 comme capteurdetempérature..... 28

Figure 2.9: Représentation de la tension de sortie VS en fonction de la température du troisièmemontage.....30

Figure 3.1: Montage avec transistor monté en diodecommecapteur 33

Figure 3.2: La tension de sortie du premier montage en fonction de la variation de la température 34

Figure 3.3: Montage avec deux transistors (capteurs) montés en amplificateur Différentiel.....35

Figure 3.4 La tension de sortie du premier montage en fonction de la variation de la température 36

LESTE DES TABLEUS

Le tableau I.3 : montre la correspondance entre les diverses échellesdetempérature……..……..07

Tableau 3.1: valeurs mesurée en utilisant le transistor 2N2222 montéendiode 34

Tableau 3.2: valeurs mesuréeenutilisantdeuxtransistorsMPS2222A.....35