

PROJET D' ELECTRONIQUE L1 2003/2004

Réalisation d' une chaîne de mesure





Sommaire

PROJET D' ELECTRONIQUE L1 2003/2004.....	1
Réalisation d' une chaîne de mesure.....	1
1.Introduction.....	3
2. Schéma structurel.....	4
3. Schéma fonctionnel.	5
Capteur de température.....	5
Transcodeur.....	5
4. Première séance : étude du capteur de température, amplification.....	6
4.1 Etude du capteur.	6
4.2 Mise en forme du signal issu du capteur.....	8
4.3 L' amplification opérationnel en montage suiveur.....	8
5.Deuxième séance : Conversion analogique-numérique et transcodage.....	10
5.1. Application à la réalisation d' un CAN de type flash.....	10
5.2. Table de vérité des sorties du transcodeur.....	11
5.3. Expression simplifié de chaque sortie du transcodeur.....	12
5.4. Etude complémentaire: simulation à l'aide de EWS.....	14
6. troisième séance : Réalisation d'une chaine de mesure.....	16
6.1 Précaution : afficheur sept segments.....	16
6.2 Câblage du transcodeur et l'afficheur 7 segments.....	16
6.3 Vérification du bon fonctionnement du montage.....	18
6.4 Reliage du capteur de tension et du transcodeur.....	18
6.5 Etudes des interrupteurs analogique.....	18
7. quatrieme séance : Conversion analogique-numérique et transcodage.....	18
4.1 Mise en forme du signal issu du capteur.....	18
a) le capteur.....	18
b) Le capteur intégré dans un pont Wheatstone	19
4.2 Multiplexage des mesures.....	20
Conclusion.....	20



1.Introduction.

L'objectif de ce projet est la réalisation d'une chaîne de mesure permettant l'acquisition et la conversion en numérique de deux grandeurs physiques.

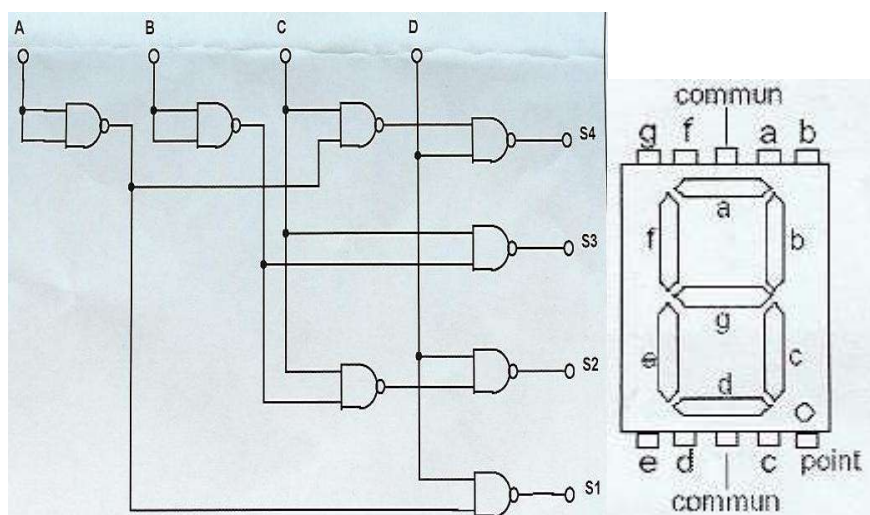
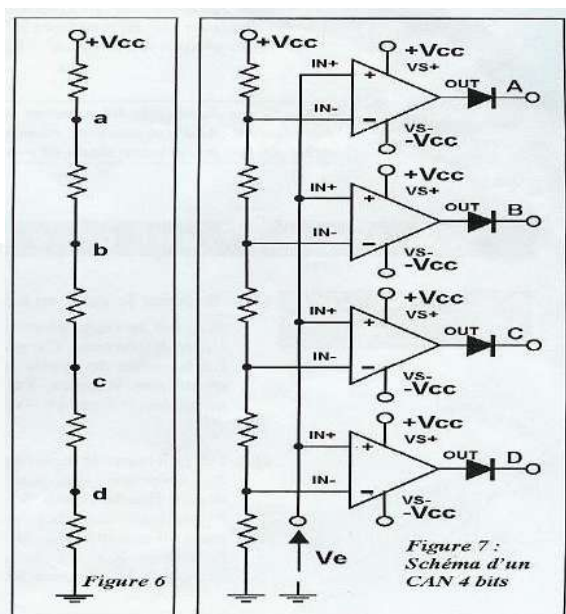
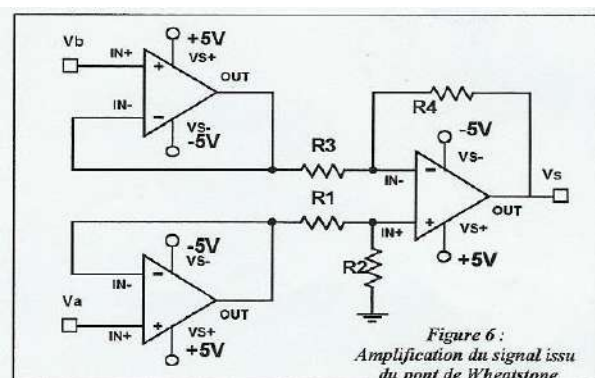
- Les variations de températures produites par le contact du capteur avec le doigt.
- Les variations de champs magnétiques produites par un aimant.

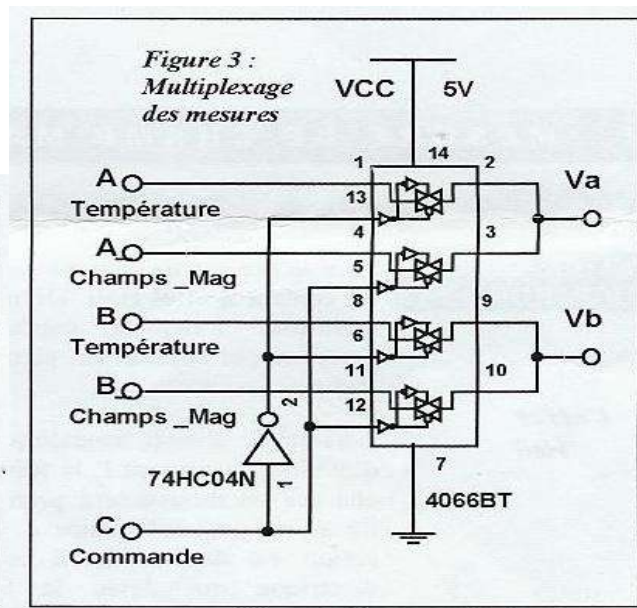
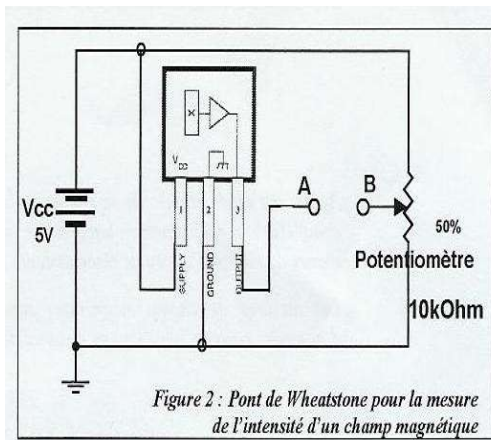
L'acquisition de données comme les variations de températures ou de champs magnétiques sur une chaîne de mesure peut se révéler très intéressante pour les entreprises opérant dans des conditions de travail optimales.

L'étude qui va suivre porte donc sur cette chaîne de mesure. Cette étude a été produite lors de quatre séances consécutives qui nous ont permis de comprendre le fonctionnement pas à pas de la chaîne de mesure.

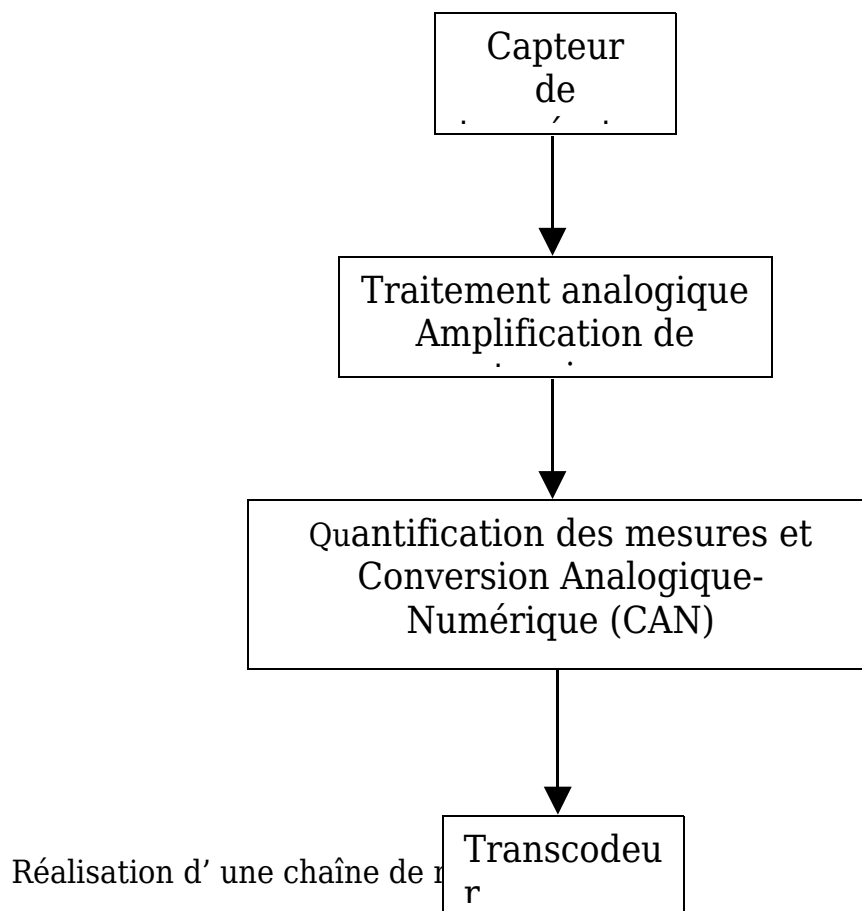
La chaîne de mesure est composée pour cela d'un capteur de température ou de champ magnétique, d'un convertisseur analogique-numérique, d'un circuit de mise en forme et d'un afficheur sept segments.

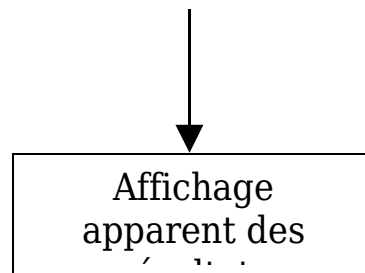
2. Schéma structurel.





3. Schéma fonctionnel.





4. Première séance : étude du capteur de température, amplification.

Il s'agit d'examiner la réponse d'un capteur de température et de le conditionner de manière à produire des signaux variant entre 0 et 5 Volt selon l'intensité des grandeurs à mesurer.

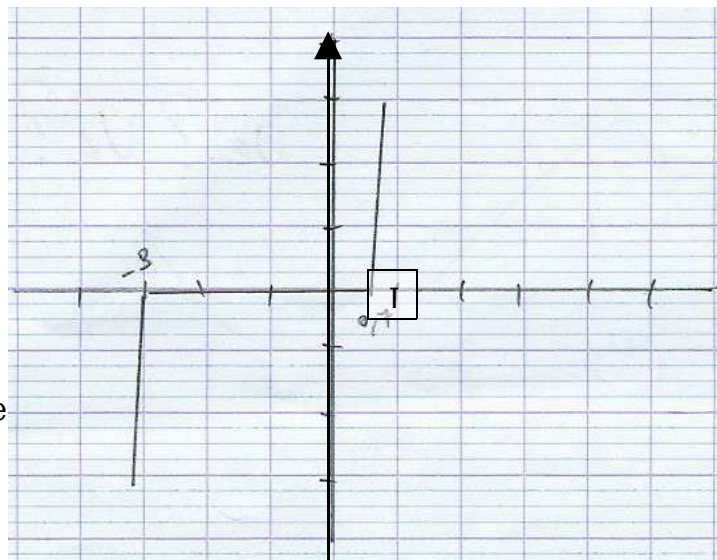
Le niveau 0 Volt devra correspondre à la température ambiante et le niveau 5 Volt à la température maximale produite par le contact avec un doigt.

4.1 Etude du capteur.

Pour cette mesure nous allons utiliser un capteur de température dont la référence est LM335. Ce capteur fonctionne comme une diode Zener dont la tension de claquage est proportionnelle à la température.

La sensibilité du LM335 est de $10\text{mV}/^\circ\text{C}$. Ce capteur peut servir « référence de tension »

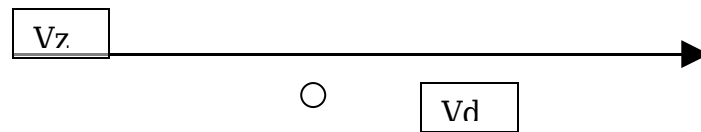
polarisé en sa tension est puisque sa caractéristique



lorsqu'il est inverse. Ainsi de -3 Volt

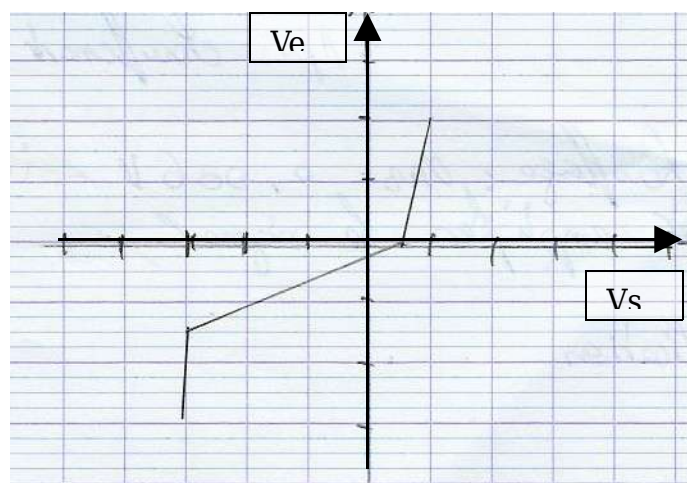
est :

Réalisation d'une



Nous allons donc pouvoir vérifier par cette caractéristique théorique, une caractéristique pratique. Celle-ci nous servira à déterminer une tension de référence faite à température ambiante que nous avons réussi en plaçant une résistance de 1 k. Nous avons pu ainsi obtenir une tension de 2,97 Volt, ce qui nous renvoie à notre précédent graphique théorique.

Du côté pratique nous avons appliqué une source de fréquence 100 Hz et d'amplitude 20 Volt en entrée. L'oscillogramme ainsi obtenu en mode X/Y est la caractéristique V_e/V_s .



Nous remarquons également une augmentation de tension lors d'un échauffement de la diode par le biais de la chaleur corporelle. Cette augmentation varie proportionnellement comme expliquer plus haut.

4.2 Mise en forme du signal issu du capteur.

Pour respecter les contraintes qui nous ont été imposées, qui d' avoir un niveau de 0 Volt à la température ambiante et un niveau de 5 Volt pour la température maximale, nous devons faire concevoir un circuit particulier.

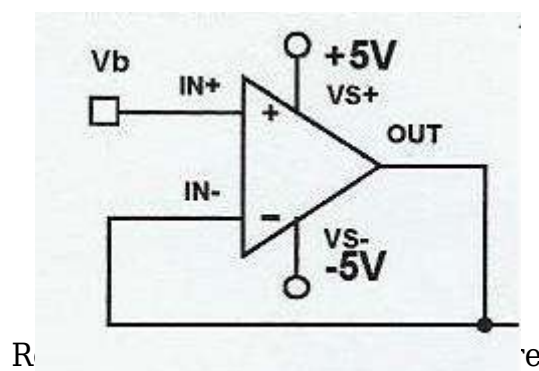
Nous devons ainsi concevoir un circuit réalisé à partir d' un pont de Wheatstone dont la première épaule est constituée par le circuit de polarisation du capteur que nous avons étudié plus haut.

L' intervention du potentiomètre est nécessaire pour obtenir une tension $V_{ab} = 0$ à la température ambiante.

Lors d' un échauffement de température la tension V_{ab} va, après approximation, $V_{ab} = 0.16$. donc si nous voulons une tension de 5 Volt nous allons devoir amplifier la tension grâce à un amplificateur opérationnel.

4.3 L' amplification opérationnel en montage suiveur.

Pour l' amplification du signal issu du pot de Wheatstone nous allons employer un circuit qui intègre quatre amplificateurs opérationnels : le TL 084. Pour pouvoir une restitution d' une tension avec amplification il faut que nous utilisions un montage suiveur :

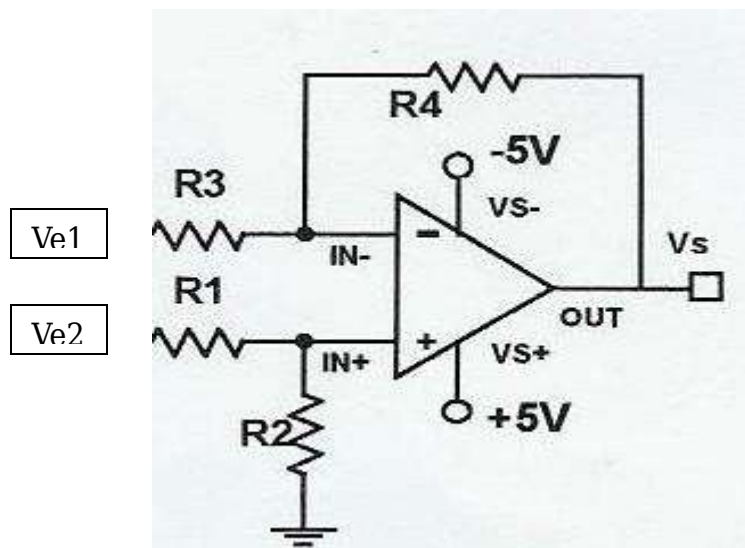


Ce montage nous permet d' obtenir une adaptation en impédance car nous avons V_s qui est soit égal à 5 Volt soit à -5 Volt qui sont ses tension d' alimentation (+ et - V_{cc}). Ainsi cela nous restitue notre tension amplifiée.

Vs

Ainsi si nous incorporons un montage suiveur à chacun des deux tensions il nous suffira de comparé ces deux tensions pour savoir si il y a échauffement ou pas.

Nous allons donc brancher deux amplificateurs opérationnels suiveurs sur un amplificateur opérationnel monté en comparateur. Pour le comparateur seul cela nous donne le montage suivant :



Ainsi le signal issu du pont sera traité au moyen du circuit ci-dessus qui amplifia la ddp $V_{e2} - V_{e1}$. de plus si nous considérons que $R1 = R3$ et $R2 = R4$ avec le théorème de superposition nous pouvons écrire :

$$V_s = (1 + R_4/R_3)R_2 / (R_1 + R_2)V_{e2} - (R_4 - R_3)V_{e1}$$

Donc si $R1 = R3$ et $R2 = R4$, alors :

$$V_s = R_4/R_3(V_{e2} - V_{e1})$$

Ce qui permet d' avoir V_s par rapport à une différence de deux tensions par une constante.

5. Deuxième séance : Conversion analogique-numérique et transcodage.

Il s'agit maintenant de convertir ce signal analogique en numérique dans le but de commander l'état d'un afficheur sept segments. Les différents niveaux de la mesure seront quantifiés au moyen d'un pont de résistances et la conversion en numérique assurée par un réseau de quatre amplificateurs opérationnels montés en comparateur.

5.1. Application à la réalisation d'un CAN de type flash.

On va décomposer le CAN en 2 modules distinct :



1°) :

Un pont de résistances auquel est appliqué l'alimentation V_{cc} , qui permet d'obtenir une échelle, c'est à dire une série de tension régulièrement « décalées ». Ce module réalise ainsi la fonction de quantification.

Nous pouvons dire cela car nous pouvons voir que ce pont divise la tension V_{cc} en 4 points précis (a, b, c, d). Nous pouvons faire par diviseur de tension le calcul suivant :

$$U_d = V_{cc} * R / (5R)$$

avec R fixé.

$$\text{Ou encore } U_b = V_{cc} * 3R / (5R)$$

Donc nous pouvons dire que $U_a = 4/5V_{cc}$, $U_b = 3/5V_{cc}$, $U_c = 2/5V_{cc}$, $U_d = 1/5V_{cc}$.

Nous obtenons donc bien un pont de résistances.

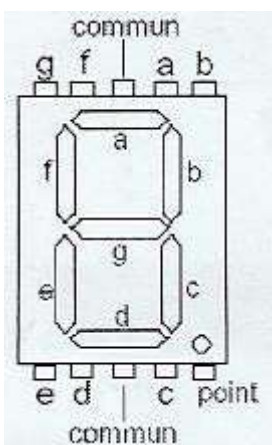
Le pas de quantification est égal à la différences entre deux valeurs consécutives des tensions issues du réseau de résistances.

Ayant des résistances fixées à 10k, nous pouvons affirmer que le courant circulant dans le pont est de :

$$I = V_{cc} / 5R$$

$$I = 5/50.10^3$$

Ainsi nous avons une intensité I de: $10^{-4}A$ soit de 0.1 mA.



2°) :

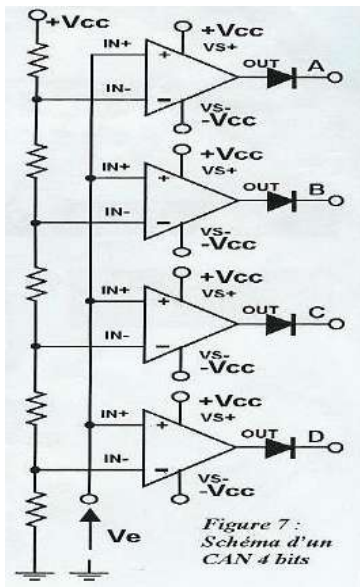
Quatre amplificateurs opérationnels qui fonctionnent en comparateurs et qui fournissent une information numérique sur l'amplitude de V_e .

la chaîne de mesure

Les sorties A, B, C et D devront ensuite assurer la gestion de l' afficheur 7 segments au moyen d' un circuit logique.

Le principe du comparateur a été étudié en cours et nous n' allons pas revenir dessus dans ce document.

Ensuite nous câblons le réseau de résistances sur le module de



comparateur. Lorsque nous faisons varier la tension V_e entre 4 et 5 V cela nous permet d' obtenir une tension $+V_{sat}$ sur les sorties des comparateur et ici sur A jusqu' a D. Entre 4 et 3 V nous pouvons avoir un signal analogique en sortie de B, C et D. Entre 3 et 2V nous pouvons avoir une tension en sortie de C et D. Entre 2 et 1 V nous pouvons avoir une tension sur D seulement. Et enfin entre 1 et 0 V nous ne pouvons avoir aucune tension et sortie.

Donc nous pouvons en conclure que les différences de tension sur les sorties A jusqu' à D va nous permettre traduire les variations de températures effectuer sur le LM335. Le pas de quantification est d' ailleurs de 10mV pour 1K. Donc pour 1V cela représente 100K.

Cependant, les tensions variant entre +5 et -5V (étant + et -Vcc) nous allons devoir utiliser des diodes pour que la tension ne varie plus que entre 0 et 5V étant de la technologie Cmos. Cependant lorsque nous avons étudié en détail ces portes Cmos 74HC00, nous nous rendons compte que ces portes sont protégées en entrée donc cela n' est pas utile d' utiliser des diodes 1N4148. cependant cette protection est très limitée alors nous allons en tenir à cette protection de diodes.

5.2. Table de vérité des sorties du transcodeur.

v_E	Etat de la sortie des comparateurs				Etat des segments de l'afficheur						
	A	B	C	D	a	b	c	d	e	f	g
$0 < v_E < \frac{V_{cc}}{5}$	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
$\frac{V_{cc}}{5} < v_E < 2 \cdot \frac{V_{cc}}{5}$	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0
ETAT IMPOSSIBLE	0	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
$2 \cdot \frac{V_{cc}}{5} < v_E < 3 \cdot \frac{V_{cc}}{5}$	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1
ETAT IMPOSSIBLE	0	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	0	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	0	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
$3 \cdot \frac{V_{cc}}{5} < v_E < 4 \cdot \frac{V_{cc}}{5}$	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
ETAT IMPOSSIBLE	1	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	0	0	1	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	0	1	0	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	0	1	1	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	1	0	0	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	1	0	1	X	X	X	X	X	X	X
ETAT IMPOSSIBLE	1	1	1	0	X	X	X	X	X	X	X
$4 \cdot \frac{V_{cc}}{5} < v_E < V_{cc}$	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1

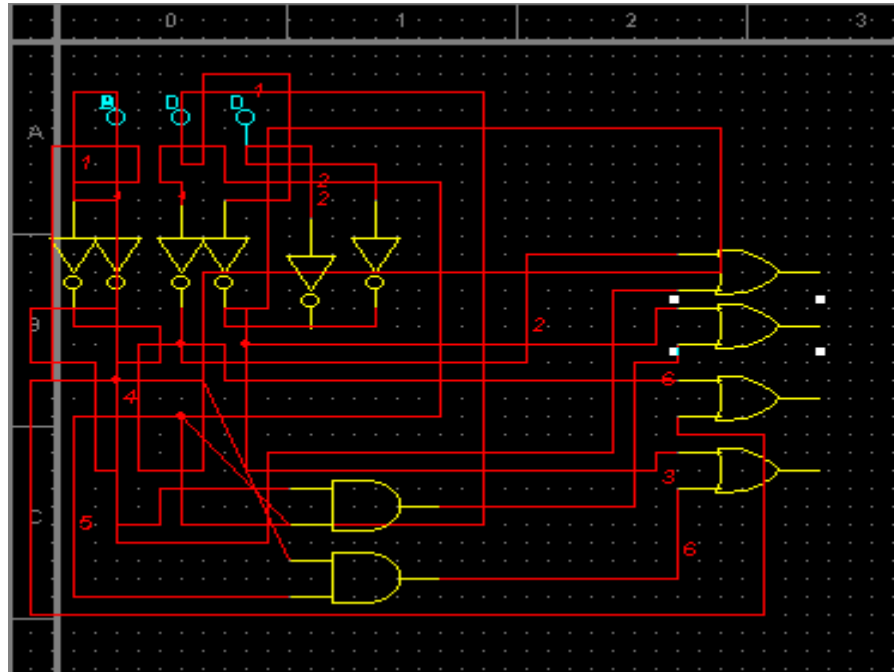
5.3. Expression simplifié de chaque sortie du transcodeur.

La table de vérité dressée ci dessus révèle une simplification immédiate, puisque : pour tt A, B, C et D on a $a = d$, $b = 1$ et $g = C$.

Pour simplifier le travail de simplification de l' expression des autres sorties du transcodeur nous allons utiliser la fonction « **Logic Converter** » de la version d' évaluation de EWB. Cette fonction du simulateur permet d' établir l' équivalence entre la table de vérité, une expression booléenne et un logigramme.

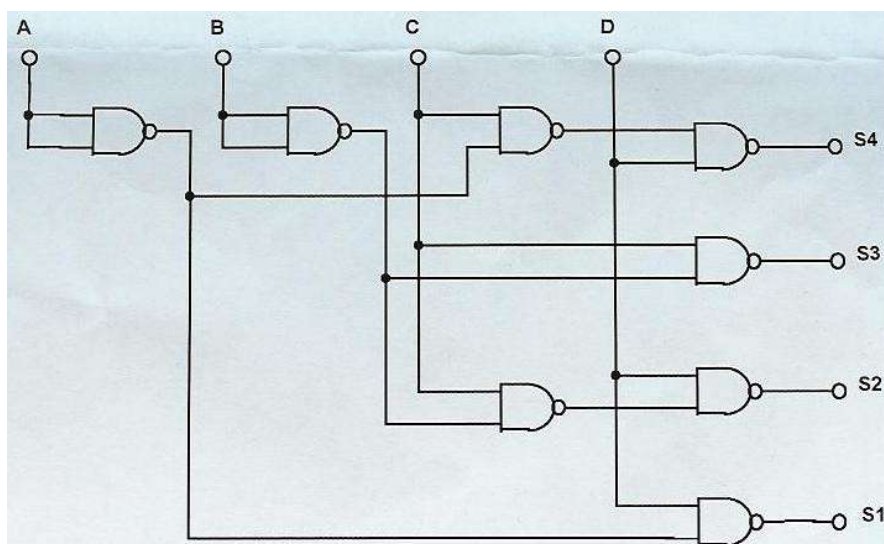
Dans ce cas il va nous falloir 6 portes NON, 4 portes OU et 2 portes ET. Car nous avons :

$a = D \neg A \neg C$
 $b = 1$
 $c = C \neg B$
 $d = a \neg D \neg A \neg C$
 $e = D \neg B \neg C$
 $f = D \neg A$



Mais pour une raison de compréhension évidente et économique nous allons nous forcer à simplifier ce montage à des portes NON-ET, appelé également portes NAND.

Grâce à l'intervention de EWB, cela nous permet de transformer une équation booléenne en un circuit uniquement basé sur des portes NAND. Ainsi le circuit ci dessous est la simplification directe des équations précédentes



En ce qui concerne les équations booléennes des sorties S1, S2, S3 et S4 nous avons :

$$S1 = (D.A \neg) \neg$$

Réalisation d'une chaîne de mesure

$$\begin{aligned} S2 &= (D.(B \text{ !}.C) \text{ !}) \text{ !} \\ S3 &= (C.B \text{ !}) \text{ !} \\ S4 &= ((C.A \text{ !}) \text{ !}.D) \text{ !} \end{aligned}$$

Nous rappelons que ces équations équivalent à celles vu plus haut. Nous pouvons les retrouver en utilisant par exemple en utilisant la loi de De Morgan.

Rappel :

$$\begin{aligned} \text{Loi de De Morgan : } A+B &= (A \text{ !}.B \text{ !}) \text{ !} \\ A.B &= (A \text{ !}+B \text{ !}) \text{ !} \end{aligned}$$

5.4. Etude complémentaire: simulation à l'aide de EWS.

La fonction « **Word Generator** » de EWB permet de générer 1024 mots différents de 32 bits prenant des valeurs comprises entre 00000000 et FFFFFFFF. Ces mots qui sont représentés sur la fenêtre déroulante du générateur possèdent une adresse comprises entre 0000 et 03FF et leur valeur peuvent être prises en code ASCII, en binaire naturel ou en hexadécimal dans le champ **Edit**.

Donc pour exprimer en code hexadécimal la séquence de mots de 32 bits à générer pour visualiser les cinq niveaux de quantification : 0, 1, 2, 3 et 4 nous devons faire : *

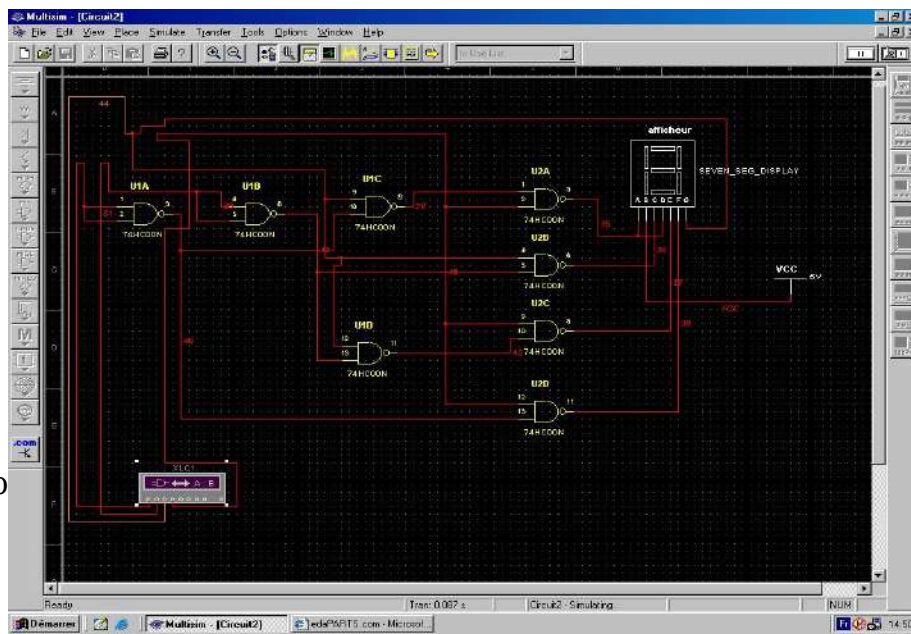
$$\begin{aligned} 0 : (11111110)_2 &= (7E)_{16} \\ 1 : (0110000)_2 &= (30)_{16} \\ 2 : (1101101)_2 &= (6D)_{16} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3 : (1111001)_2 &= (79)_{16} \\ 4 : (0110011)_2 &= (33)_{16} \end{aligned}$$

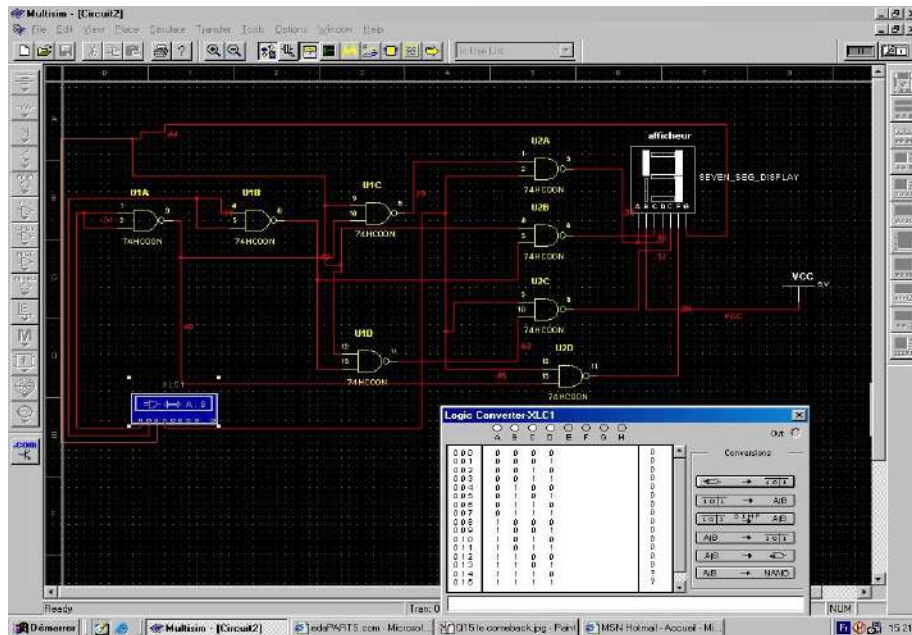
Enfin pour finir nous allons procéder à une prise de schéma du décodeur et d' un afficheur sur l' espace de travail de EWB et procéder à la simulation du module de transcodage et d'affichage. Nous allons décomposer notre travail en 3 parties :

1°) Lorsque nous avons créer le schéma et nous allons débiter la simulation

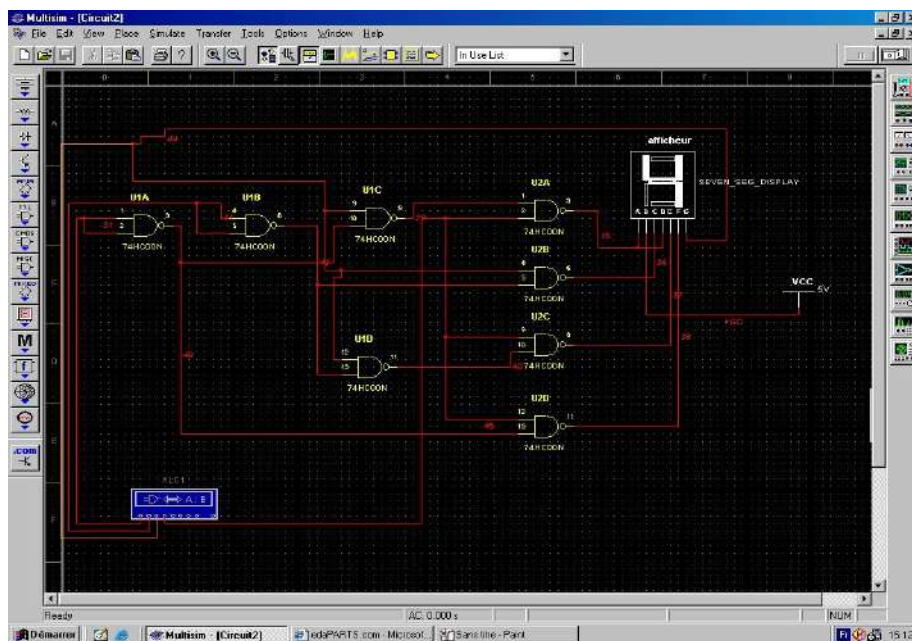
Réalisation



2°) Lorsque nous nous trouvons sur une ligne non défini, ou d' état impossible



3°) Lorsque la simulation est terminée



Réalisation d' une chaîne de mesure



Lors de ces simulations, c' est le générateur de codage automatique qui fait défiler les lignes de binaire naturel une par une pour obtenir toutes les combinaisons possibles. Nous pouvons arrêter la simulation lorsque bon nous semble, pour nous permettre de bien comprendre le fonctionnement du montage ou de reproduire les schémas.

6. troisième séance : Réalisation d'une chaîne de mesure.

Après une deuxième séance consacrée à la réalisation du CAN et à la simulation de la chaîne de traitement numérique de la mesure, les étudiants sont invités à câbler un transcodeur à partir de portes NAND.

6.1 Précaution : afficheur sept segments

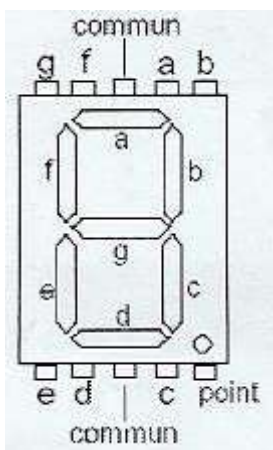
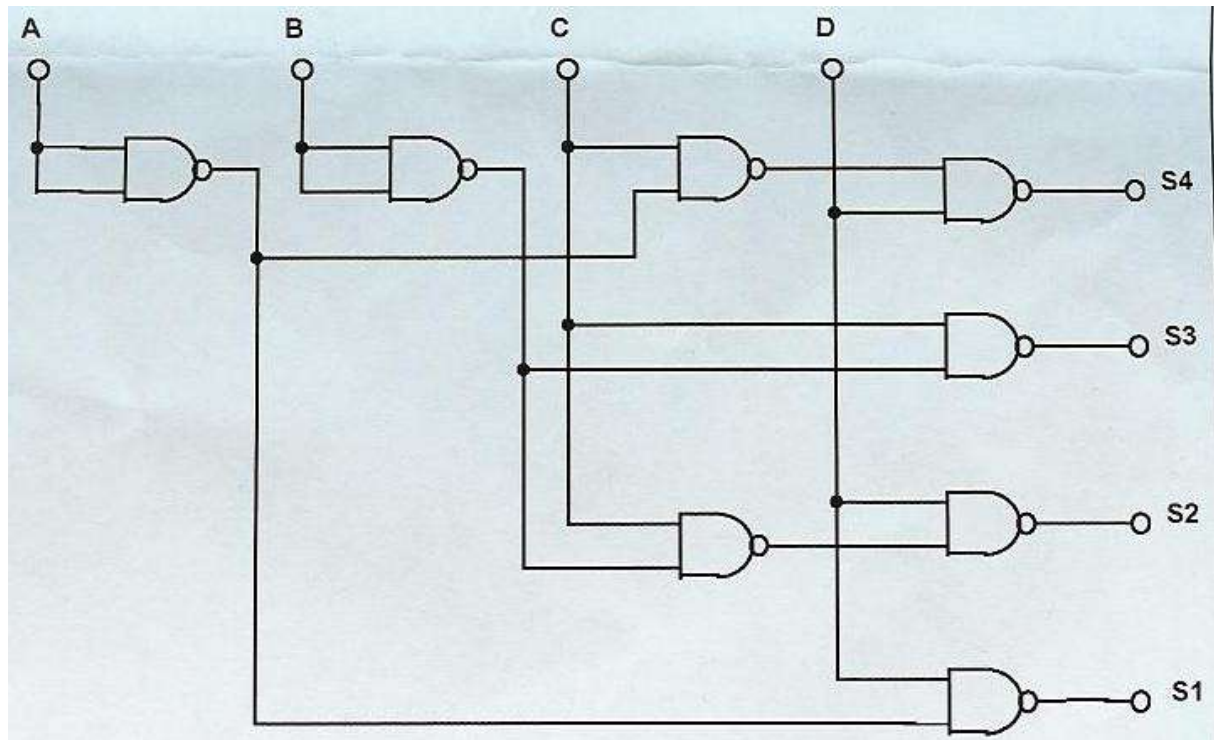
Sachant que l'afficheur 7 segments est composé de Diodes Electro-Luminescentes possédant une tension de seuil d'environ 1.5V et que chaque DEL de l'afficheur 7 segments est parcouru par un courant d'intensité égal à 20mA. Nous avons déterminé la résistance qu'il devait être employé.

$R = 150 \text{ ohm}$

(calculé à faire + schéma à créer)

6.2 Câblage du transcodeur et l'afficheur 7 segments

Dans la séance précédente, nous avons déterminé que pour obtenir un signal numérique variant entre 0 et 5V. Il devait être utilisé 6 portes NON, 4 portes OU et 2 portes ET. Cependant pour des raisons économiques nous avons utilisé des portes NAND. Schéma ci-dessous.



Nous avons donc relié le transcodeur à l'afficheur 7 segments, par le biais de résistance de 150 ohms entre chaque sortie du transcodeur et chaque segments de l'afficheur.

La sortie S4 du transcodeur correspondant à l'entrée A et D de l'afficheur 7 segments.

La sortie S3 du transcodeur correspondant à l'entrée C de l'afficheur sept segments.

La sortie S2 du transcodeur correspondant à l'entrée E de l'afficheur 7 segments.

La sortie S1 du transcodeur correspondant à l'entrée F de l'afficheur 7 segments.

L'entrée b de l'afficheur est reliée par une source de tension de 5v.

L'entrée g de l'afficheur est relié à la sortie C du CAN.



6.3 Vérification du bon fonctionnement du montage

Pour vérifier le bon fonctionnement du câblage du transcodeur et de l'afficheur 7 segments.

Il suffit de relier la chaîne de mesure complète de la température, avec le transcodeur et l'afficheur sept segments. Le capteur de chaleur se trouvant à température ambiante, l'afficheur sept segment devrait afficher 0. En chauffant le capteur de chaleur, l'afficheur sept segment devrait voir défiler 1, 2, 3, 4.

6.4 Reliage du capteur de tension et du transcodeur

Nous testerons le circuit, comme décrit précédemment.

6.5 Etudes des interrupteurs analogique

Pour multiplexer la mesure d'une d'une autre grandeur avec celle de la température il suffit d'utiliser un jeu de commutateur analogique.

7. quatrième séance : Conversion analogique-numérique et transcodage.

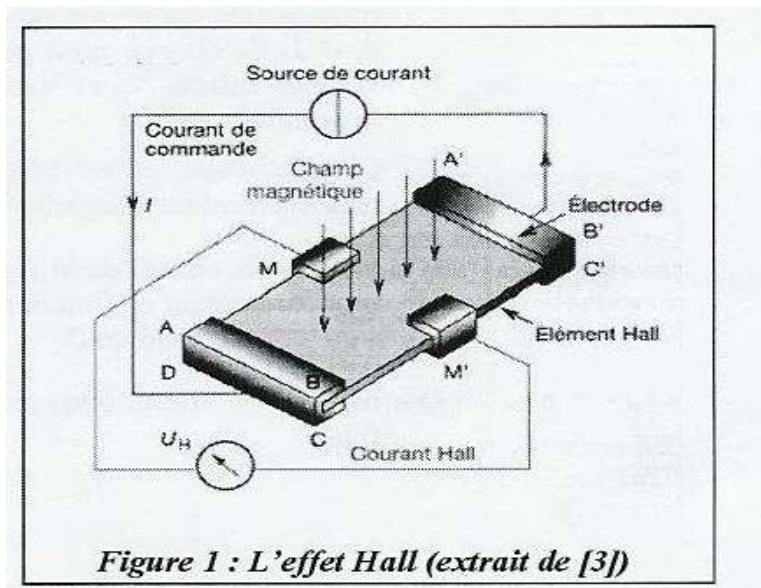
Après une étude rapide d'une sonde à effet Hall, les élèves seront conduits à compléter leur réalisation en intégrant ce capteur dans la chaîne de mesure. Le multiplexage sera assuré au moyen d'un jeu de commutateurs analogiques.

Il s'agit d'examiner la réponse d'un capteur de champ magnétique et de le conditionner de manière à produire des signaux variant entre 0 et 5 Volt selon l'intensité des grandeurs à mesurer.

Le niveau 0 Volt devra correspondre à l'approche d'un aimant orienté selon la plus faible valeur U_h et telle sorte que cela produise une ddp V_{ab} nulle sur le pont.

4.1 Mise en forme du signal issu du capteur

a) le capteur



Pour cette mesure nous allons utiliser un capteur a effet hall dont la référence est UGN3503U. La sensibilité du UGN3503U est de 1.30mV/G. En mesurant les différentes U_H selon la polarisation de l'aimant on obtient.

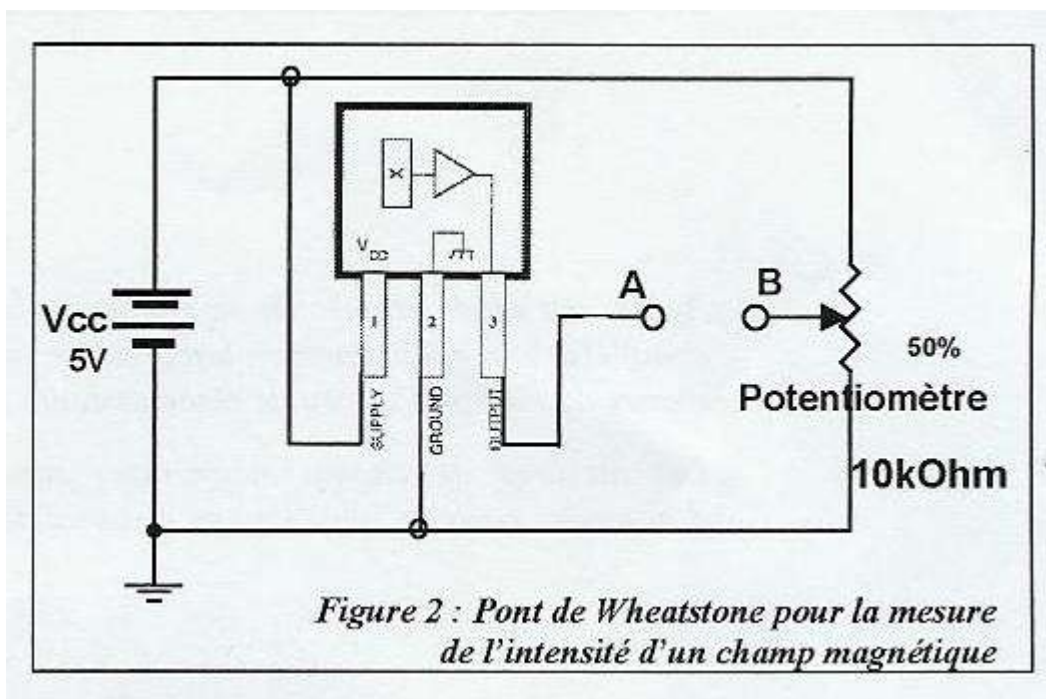
$U_H(\text{nord}) = 4.23\text{V}$

$U_H(\text{sud}) = 1.02\text{V}$

D'après ces deux mesures on détermine que la linéarité de la mesure est plus ou moins 1.5V.

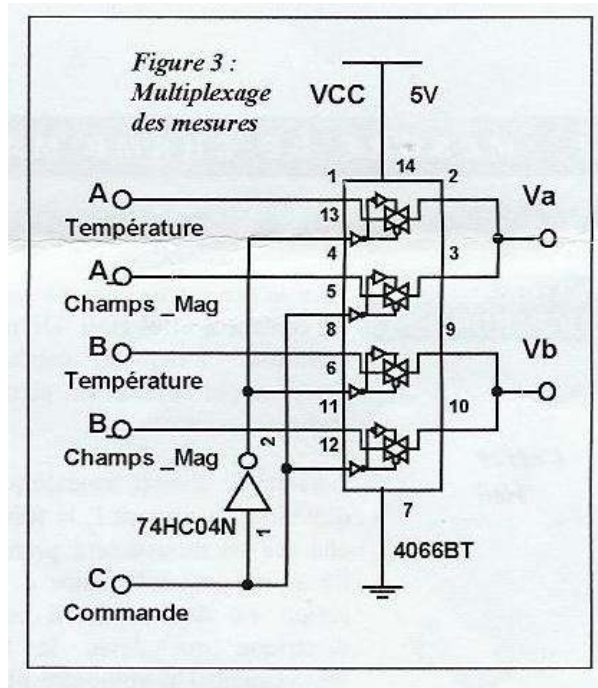
b) Le capteur intégré dans un pont Wheatstone

De même que dans la première séance, intègre le récepteur dans un pont de Wheatstone, tout comme le montre le schéma suivant.



Après équilibrage du pont, en absence de champ magnétique la valeur maximal du champ magnétique est :
 $V_{ab} = 1.7V$

4.2 Multiplexage des mesures



L'utilisation de ce multiplexeur présente toutefois un inconvénient dans la mesure, ou le multiplexeur fixe avec la commande, le choix du capteur magnétique ou thermique. Ainsi, le circuit n'est pas en mesure d'être sensible à la fois à la chaleur et au champ magnétique.

Conclusion

Ce premier projet d'électronique nous a permis d'approfondir nos connaissances théorique, tout en produisant un système concret.

Ce système de projets est intéressant, il permet d'améliorer et de gérer le travail en équipe, de réfléchir à un problème concret. Les différentes séances non encadrées améliorent notre intuition et notre faculté à trouver une solution au problème posé. Il participe à la mise en condition, à notre intégration dans la vie professionnelle, où nous devons gérer un projet, avec un planning et une équipe.