

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد- تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd-Tlemcen

كلية التكنولوجيا

Faculté de Technologie

Département de Génie Electrique et Electronique (GEE)

Filière : Electronique



MASTER INSTRUMENTATION

PROJET DE FIN D'ETUDES

Présenté par : Hadid Laid

Intitulé du Sujet

Réalisation d'un appareil permettant l'indication de la consommation de l'énergie du chauffage

Soutenu en 2020, devant le jury composé de :

M' BOUAZZA Benyounes

Professeur

Univ. Tlemcen

Président

M^{me} BOUAZZA Née GUEN Ahlam

Professeur

Univ. Tlemcen

Encadreur

M' ZOUGHAGH Nabil

MCB

Univ. Tlemcen

Examineur

Année Universitaire 2019-2020

Remerciement

Je tiens à dédier ce modeste travail à tous ceux qui me sont chers a ceux qui ont fait de moi ce que je suis mes très chers parents pour qui je n’oublierai jamais leur grande affection leur soutien et leur encouragements tout le long de mes études et aussi mes deux frères et ma famille.

Je remercie avant tout Dieu tout puissant, qui m’a donné le courage, la patience, la volonté et la force nécessaire, pour accomplir ce travail.

Je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance et mes sincères remerciements au professeur et mon encadreur Mme BOUAZZA née GUEN Ahlam, Je lui exprime mes vifs remerciements pour l’aide constante durant la préparation de ce mémoire, ses conseils précieux ,son indulgence , sa disponibilité, ses conseils précieux et surtout sa grande patience, ses compétences scientifiques et humaines m’ont permis d’accomplir ce travail dans de bonnes conditions, elle m'a permis de comprendre le fonctionnement des montages électronique en pratique et que je ne connaissais que théoriquement . Je remercie aussi le Professeur BOUAZZA BENYOUNES pour l’intérêt qu'ils aporté à mon travail, leur disponibilité, leurs conseils précieux et surtout leurs grande patience, sans oublier professeur BENHAMED NASSEREDDINE et tous mes autres enseignants.

Je tiens aussi à remercierMR BOUAZZA Benyounes, pour avoir accepté d’évaluer ce travail, et qui nous fait l’honneur d’accepter la présidence du jury.

Mes vifs remerciements vont aussi à Mr ZOUGAGH Nabil, pour avoir accepté d'examiner ce travail et de prendre part au jury.

Table des matières

Remerciement.....	page 1
Table des matières.....	page 3
Liste des Figures.....	page 5
Introduction générale.....	page 9
Chapitre 1.....	page 11
Définition et unité de mesure de la température.....	page 11
Capteur de température.....	page 13
Généralités sur les capteurs de température	page 16
Chapitre 2.....	page 19
Diode.....	page 21
Transistor.....	page 24
Circuit intégré.....	page 29
Amplificateur opérationnel.....	page 29
Porte logique NOR.....	page 31

Bascules.....	page 33
Le NE555	page 38
Compteur.....	page 42
Décodeur et Afficheur 7 segments.....	page 45
Chapitre 3.....	page 48
Analyse du circuit.....	page 49
Résultats et interprétations.....	page 54
Commande du générateur de dents de scie.....	page 57
Affichage numérique.....	page 63
Conclusion générale.....	page 68
Bibliographie	page 69
Annexe.....	page 70
Boite d'alimentation.....	page 70
Résistance.....	page 72
Condensateur.....	page 78

Liste des figures

Figure -1.1- Thermomètre permettant la mesure en degré Celsius.....	page 13
Figure -1.2- l'évolution d'un mesurande "m" et de la réponse correspondante "S" d'un capteur.....	page 14
Figure -1.3- Le capture LM 35.....	page 17
Figure -1.4- Point de vue Interne de LM 35.....	page 18
Figure -2.1-Divers composants électroniques utilisés dans les montages Electroniques.....	page 20
Figure -2.2- Les composants passifs.....	page 20
Figure -2.3- Présentation de la diode.....	page 22
Figure -2.4- Caractéristique courant tension de la diode.....	page 23
Figure -2.5-Le péristor.....	page 24
Figure -2.6- Différents transistors.....	page 25
Figure -2.7- Transistor NPN.....	page 26
Figure -2.8- Transistor BC 547.....	page 26
Figure -2.9- Transistor PNP.....	page 27
Figure -2.10- Réseau de caractéristiques du transistor bipolaire.....	page 28

Figure -2.11- Transistor BC 557.....	page 28
Figure -2.12- Exemple d'amplificateur opérationnel.....	page 30
Figure -2.13- Brochage théorique d'un AOP.....	page 31
Figure -2.14- Pinout du CI TL 082.....	page 31
Figure -2.15- Les portes logiques OR.....	page 32
Figure -2.16- Les portes logiques NOR.....	page 32
Figure -2.17- Le CD 4001.....	page 33
Figure -2.18- La bascule RS.....	page 34
Figure -2.19- Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte NOR.....	page 35
Figure -2.20- Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte NAND.....	page 36
Figure -2.21- Symbole graphique de la bascule D.....	page 37
Figure -2.22- Câblage logique de la bascule D conçue à partir des portes NAND. page	37
Figure -2.23- Table de vérité.....	page 37
Figure -2.24- Chronogrammes relatifs au fonctionnement de la bascule D.....	page 38
Figure -2.25- Symbole schématique du NE555.....	page 39
Figure -2.26- Schéma bloc simplifié du NE555.....	page 39
Figure -2.27- Diagramme schématique du NE555 en configuration monostable .page	41
Figure -2.28- Diagramme schématique du NE555 en configuration astable	page 42

Figure -2.29- Le compteur CI 4518.....	page 42
Figure -2.30- Un compteur synchrone modulo 4.....	page 43
Figure -2.31- Diagramme fonctionnel du compteur.....	page 44
Figure -2.32- Câblage logique d'un seul compteur.....	page 44
Figure -2.33- Afficheur 7 segments	page 46
Figure -2.34- exemple d'affichage.....	page 46
Figure -2.35- Le décodeur CI 4511.....	page 47
Figure -3.1- Schéma électrique de l'appareil de mesure de consommation d'énergie de Chauffage.....	page 48
Figure -3.2- Le circuit de comparaison deux températures sous logiciel ISIS.....	page 55
Figure -3.3- Le circuit température sous logiciel ISIS.....	page 56
Figure -3.4- Le circuit température sous logiciel ARES.....	page 56
Figure -3.5- La visualisation du circuit en 3D.....	page 57
Figure -3.6- Le circuit de la comparaison des températures dans le Breadboard..	page 57
Figure -3.7- Le circuit de multivibrateur sous logiciel ISIS	page 58
Figure 3-8:Chronogrammes à la sortie de l'astable(en jaune) et du dérivateur(en bleu).....	page 59
Figure -3.9- Le circuit de multivibrateur sous logiciel ARES.....	page 60
Figure -3.10- La visualisation en 3D du multivibrateur.....	page 60

Figure -3.11- Le multivibrateur dans le Breadboard.....	page 60
Figure -3.12- Le circuit de multivibrateur avec NE555 sous logiciel ISIS	page 61
Figure -3.13- Le circuit de multivibrateur avec NE555 sous logiciel ARES.....	page 61
Figure -3.14- La visualisation en 3D du multivibrateur à base de NE555	page 62
Figure -3.15- Visualisation des signaux	page 63
Figure -3.16- Affichage de la comparaison de le température.....	page 64
Figure -3.17- Affichage de chronomètre.....	page 64
Figure -3.18- Chronogramme de chronomètre	page 65
Figure -3.19- Le projet ce beadboard.....	page 66
Figure -3.20- Le projet ce ISIS proteus.....	page 67
Figure -4.1- L'alimentation DC sous ISIS	page 71
Figure -4.2- L'alimentation DC sous ARES.....	page 71
Figure -4.3- La résistance.....	page 72
Figure -4.4- Symbole sous ANSI.....	page 73
Figure -4.5- Symbole sous IEC.....	page 73
Figure -4.6- La tolérance de la résistance.....	page 74
Figure -4.7- Code des couleurs pour les résistances.....	page 75
Figure -4.8- Le condensateur.....	page 76
Figure -4.9- tableau pour chaque type de condensateur.....	page 78

Introduction générale

Pendant la période hivernale, les dépenses liées aux chauffages deviennent palpables et sont même très loin d'être négligeable impactant directement le budgets des foyers. Par ailleurs l'augmentation des tarifs du gaz et du fuel et de l'électricité nous oblige à contrôler notre consommation de l'énergie que nous consommons pour notre confort et dans le cas qui nous intéresse pour nous réchauffer pendant les long mois d'hiver. Ainsi afin de réduire les gaspillages et les consommations inutiles et abusives de l'énergie et par conséquent faire des économies il faut commencer tout d'abord par estimer la quantité d'énergie consommée à court puis à long terme afin de voir dans quelle mesure nous pourrions réduire cette consommation et chercher à consommer l'énergie de manière optimale Le montage que nous présentons dans ce travail est un appareil de mesure de consommation de l'énergie du chauffage, ce montage va contribuer au contrôle de notre consommation et ceci en donnant de façon permanente et continue une idée de la consommation instantanée ainsi qu'une vue à plus long terme de cette dernière .

Notre travail a fait l'objet de trois chapitres:

- 1- Le premier chapitre est destiné à une introduction générale voire même des généralités sur la température, ses unités , et les capteurs de température.
- 2- Au second chapitre, les différents composants et montages formant l'appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage sont présentés
- 3- Au troisième chapitre, nous faisons une étude du circuit pour cela nous présentons son analyse et présentons les résultats de simulations permettant de visualiser différents chronogrammes au niveau de différents nœuds des montages obtenus par le biais de la simulation sous environnement ISIS proteus.

Chapitre 1 : Généralités sur la température, ses unités, et les capteurs de température.

I.1. Définition et unité de mesure de la température

La température est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie. Dans notre vie et au quotidien, elle est reliée aux sensations du froid et du chaud, provenant du transfert thermique entre le corps humain et son environnement. En physique, la température se définit de plusieurs manières soit comme fonction croissante du degré d'agitation thermique des particules (en théorie cinétique des gaz), par l'équilibre des transferts thermiques entre plusieurs systèmes ou à partir de l'entropie (en thermodynamique et en physique statistique).

La température est donc une variable très importante dans d'autres disciplines telle que la météorologie et climatologie, la médecine, et la chimie. L'échelle de température la plus courante est le degré Celsius, dans laquelle la glace (formée d'eau) fond à 0 °C et l'eau bout à environ +100 °C dans les conditions standard de pression. Dans les pays utilisant le système impérial (anglo-saxon) d'unités, on emploie le degré Fahrenheit où la glace fond à +32 °F et l'eau bout à +212 °F. L'unité du Système International d'unités (SI), d'utilisation scientifique et définie à partir du zéro absolu, est le degré kelvin dont la graduation est presque identique à celle des degrés centigrades.

En effet, les particules composant la matière ne sont jamais au repos mais plutôt en vibration permanente et possèdent par conséquent une énergie cinétique. La température est donc une mesure indirecte du degré d'agitation microscopique des

particules. D'autre part, un espace vide de matière mais dans lequel de la lumière se propage contient lui aussi de l'énergie. On peut par ailleurs associer une température au rayonnement qui mesure l'énergie moyenne des particules qui le constituent. En effet, lorsque deux corps entrent en contact, ils échangent de l'énergie thermique de façon spontanée: l'un des deux corps a des particules possédant plus d'énergie cinétique, et en les mettant en contact, les chocs entre particules font que cette énergie cinétique microscopique se transmet d'un corps vers l'autre. C'est ce transfert d'énergie qui est appelé chaleur en sciences physiques.

L'unité de température de base du système modulaire international est le Kelvin symbolisé par le symbole K, on mesure donc en degré Kelvin notée °K. Nous pouvons aussi utiliser le Celsius et mesurer ainsi en degré Celsius pour toutes les applications quotidiennes où 0 degrés Celsius indique le degré de congélation de l'eau tandis que 100 degrés Celsius indique le point d'ébullition de l'eau au niveau de la mer. Puisqu'il y a des gouttelettes de liquide qui sont présentes dans les nuages à des températures inférieures à 0 Celsius, nous nous référons à 0 Celsius comme la température à laquelle la glace commence à fondre. A la différence du degré Celsius noté (°C) largement utilisé au quotidien, le degré kelvin (°K) est une mesure absolue de la température.

Cette échelle a été introduite à la moitié du XIXème siècle et repose sur le fait qu'il existe une limite inférieure à toute température, le zéro absolu. De ce fait, au lieu de fixer un zéro arbitraire (comme c'est le cas pour l'échelle Celsius avec la température de la glace fondante), le zéro de l'échelle kelvin est justement le zéro absolu.

C'est ainsi que la température en degré Celsius s'exprime en fonction de la température en degré kelvin (K) par la relation:

$$T_{Kelvin} = T_{Celsius} + 273,15 \dots\dots\dots (1)$$

Le kelvin fut ainsi défini depuis l'an 1954 par un système physique spécial et qui est le point triple de l'eau, noté TPW pour "*triple point of water*". En ce point fixe fondamental, où les trois phases liquide, solide et gaz coexistent, fut attribué la température exacte de 273,16 K cette définition était jusqu'alors réalisée à l'aide de cellules point triple de l'eau.

Depuis les travaux des physiciens Maxwell et Boltzmann au 19^{ème} siècle, la température peut aussi être définie au niveau microscopique comme la mesure de l'agitation des composants de la matière. Ainsi pour un corps gardé à la température T, l'énergie cinétique moyenne est proportionnelle à la valeur kT où K est la constante de Boltzmann et T la température en kelvinaux États-Unis, c'est l'échelle Fahrenheit qui est la plus répandue. Dans cette mesure, la congélation de l'eau est de 32 °F et le point d'ébullition est de 212 °F. L'échelle Rankin est toujours utilisée dans le génie chimique aux États-Unis. [1]



Figure -1.1- Thermomètre permettant la mesure en degré Celsius[1]

I.2. Capteur de température

Avant de présenter le capteur de température qui nous intéresse dans ce travail présentons très brièvement et très succinctement les capteurs.

I.2.1-Principes généraux des capteurs

Les capteurs sont les premiers éléments qu'on retrouve dans une chaîne de mesure, et qui permettent la transformation des grandeurs physiques ou chimiques d'un processus ou d'une installation en signaux électriques.

1.2.2-Définitions et caractéristiques générales

La grandeur physique qui est l'objet de la mesure qui dans notre cas est la température, est appelée le mesurande et est représentée par la lettre "m" pour mesurande.

Ainsi, le capteur est le dispositif, qui, soumis à l'action d'un mesurande qui n'est électrique présente une caractéristique de nature électrique telle qu'une charge, une tension, ou un courant ou même une impédance, désignée par "S" et qui est fonction du mesurande, ainsi $S = \text{fonction}(m)$ où S représente la grandeur de sortie ou réponse du capteur, m représente la grandeur d'entrée ou excitation.

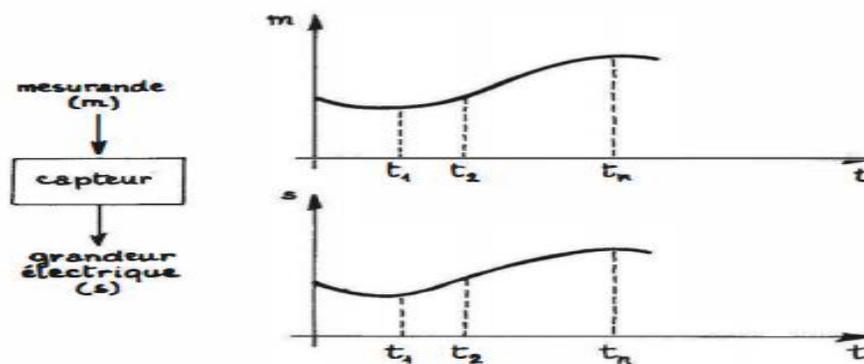


Figure -1.2- l'évolution d'un mesurande "m" et de la réponse correspondante "S" d'un capteur

1.2.3-Grandeurs d'influence

Le capteur peut être soumis à des grandeurs physiques, autre que le mesurand lui-même, dont les variations peuvent entraîner indéniablement un changement de la grandeur électrique de sortie "S" qu'il peut ne pas dissocier de l'action du mesurande.

Ces grandeurs physiques considérées comme parasites et donc indésirables, auxquelles la réponse du capteur peut être sensible, sont appelées les grandeurs d'influence. on cite entre autre les grandeurs d'influence suivantes: la température, la pression, l'humidité, les champs magnétiques variables ou statiques, la tension d'alimentation, etc....

1.2.4-Sensibilité des capteurs

La sensibilité du capteur, généralement fournie par le constructeur, est déterminante dans le choix du capteur utilisé.

Généralement la sensibilité est définie, autour d'une valeur mi constante du mesurande, et ceci par le rapport de la variation Δs de la grandeur de sortie à la variation Δm du mesurande qui lui a ainsi donné naissance, on la définit par:

$$S(E) = \frac{\Delta s}{\Delta m} \dots \dots \dots (2)$$

où

Δs variation de la grandeur de sortie

Δm la variation du mesurande

1.2.5-Rapidité - et temps de réponse du capteur

1.2.5.1-La rapidité : permet d'apprécier de quelle façon la grandeur de sortie "S" suit les variations du mesurande au cours du temps.

1.2.5.2-Le temps de réponse : c'est l'intervalle de temps qui s'écoule après une brusque variation du mesurande jusqu'à ce que la variation de la sortie "S" du capteur ne diffère plus de sa valeur.

1.3.Généralités sur les capteurs de température

Les capteurs de flux de chaleur sont largement utilisés dans diverses applications. On cite par exemple des études de résistance thermique des douilles de construction,

des études d'impact de feu et de flamme, ou des mesures d'énergie laser, détermination de la quantité de sédiments déposée sur les surfaces d'une chaudière à vapeur, la mesure de la température d'un matériau métallique en mouvement mince, ...etc.

Le flux thermique total se compose à la fois de la partie conductrice, de la convection et du rayonnement. Selon l'application, les quantités de chacune de ces trois parties peuvent être mesurées ou exclues.

Pour mesurer un flux thermique conducteur, nous prenons une plaque thermique intégrée dans un mur, et pour mesurer l'intensité d'un flux radio thermique, nous prenons.

Un compteur de rayonnement céleste qui mesure le rayonnement solaire. Il existe cependant un capteur qui peut être sensible à la fois au flux radio thermique et à la convection, nous prenons l'échelle Gardon ou Schmidt-Poiler, utilisée dans les études sur le feu et les flammes. L'échelle Gardon devrait mesurer la charge thermique perpendiculairement à la surface sensible pour être précise en raison de sa structure d'un métal circulaire mince, tandis que la géométrie schmidt-poiler (fil enroulé) peut mesurer les flux verticaux et parallèles. Dans ce cas, le capteur est fixé sur un corps refroidi avec de l'eau. Ces capteurs peuvent être utilisés pour examiner la résistance à la combustion pour rendre le feu auquel les échantillons sont exposés à un niveau d'intensité correct.

Il existe de nombreux exemples de capteurs qui utilisent des capteurs de flux de chaleur tels que des compteurs d'énergie laser, des jauges de rayonnement célestes, et d'autres.

Chapitre 2 : Les différents composants et montages formant l'appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage étudié.

Dans ce chapitre nous présentons les différents éléments constituant notre montage. En examinant notre schéma électrique on remarque qu'il est constitué de différents composants et étages électronique que nous nous allons présenter succinctement dans ce chapitre.

Tout d'abord nous avons bien évidemment utilisé des composants passifs tels que résistances, condensateur et actifs tels que les transistors, les amplificateurs opérationnels, etc.....

Rappelons que les composants électroniques sont des éléments destinés à être assemblés avec d'autres éléments pour réaliser une ou plusieurs fonctions électroniques. Les composants répondent à divers standards de l'industrie aussi bien pour leurs caractéristiques électriques que pour leurs caractéristiques géométriques. Leur assemblage est préalablement défini par un schéma d'implantation d'un circuit électronique. Différents composants électroniques sont présentés au niveau de la figure 2-1.

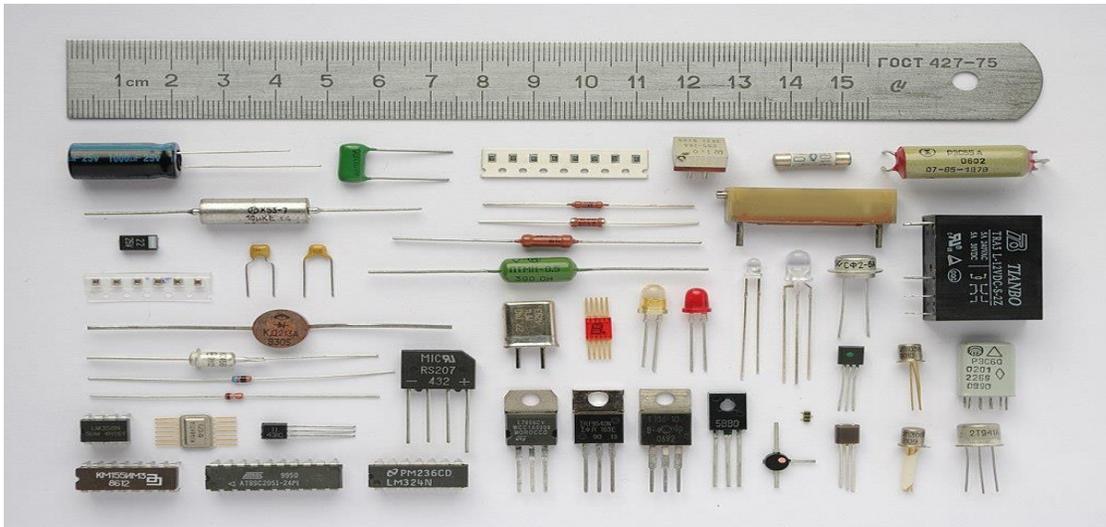


Figure-2.1-Divers composants électroniques utilisés dans les montages électroniques.

Il existe bien entendu des composants passifs et des composants actifs. On rappelle brièvement qu'un composant est passif lorsqu'il ne permet pas d'augmenter la puissance d'un signal et réduit même parfois la puissance disponible en sortie par effet Joule le plus souvent, on cite comme composants passifs la résistance, le condensateur, la bobine ainsi que tout assemblage de ces composants. Cependant les composants passifs ne sont généralement pas utilisés seuls mais assemblés à des composants actifs formant des circuits électroniques.

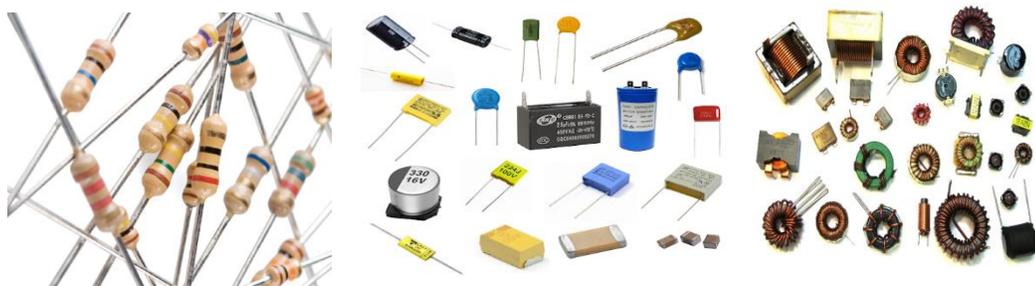


Figure -2.2- Les composants passifs

On rappelle aussi qu'un composant actif est un composant électronique qui permet d'augmenter la puissance d'un signal en augmentant sa tension, son courant, ou même les deux en même temps. On cite parmi les éléments actifs les transistors, les amplificateurs opérationnels, etc... Nous allons présenter dans ce qui suit les différents éléments actifs que nous avons utilisés, ce qui nous permettra alors de présenter les montages que nous avons utilisés et qui sont conçus à partir de ces différents éléments actifs.

II.1.Les diodes

II.1.1 - Définition

La diode mot qui vient du grec " *di* =deux, double "; et "*odos* voie, chemin" est un composant électronique. C'est un dipôle non-linéaire et polarisé, de ce fait le sens de son branchement a une importance sur le fonctionnement du circuit électronique dans lequel elle est inséré. Ainsi la diode est un dipôle qui ne laisse passer le courant électrique que dans un sens ce qui revient à dire qu'elle est conductrice dans le sens passant ou sens direct. La diode bloque donc le courant si elle est polarisée en sens inverse. Ce composant a deux électrodes nommées anode et cathode successivement. La diode est en fait une jonction PN qui résulte de la juxtaposition de deux semi-conducteurs l'un donneur et l'autre accepteur. A cause des propriétés particulières de semi-conducteurs, la circulation du courant à travers la jonction polarisée en sens direct ne peut s'effectuer que dans le sens P-N.

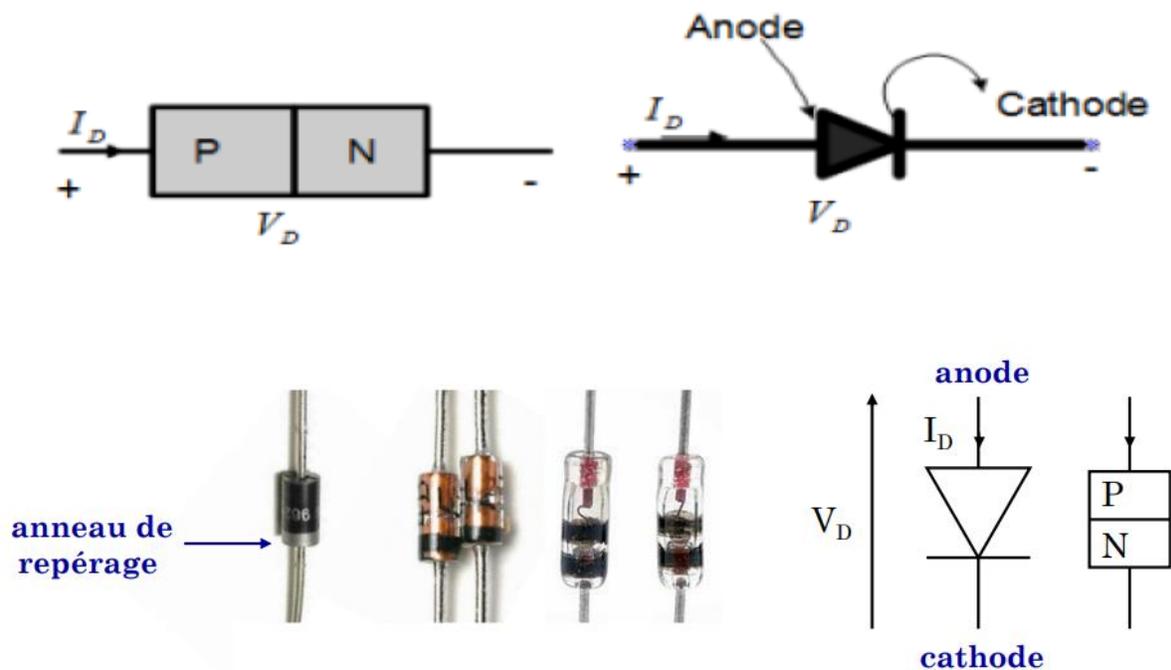


Figure -2.3- Présentation de la diode[2]

La diode est bloquée si elle est polarisée en sens inverse c'est à dire si son anode est relié au pôle négatif du générateur et que sa cathode relié à son pôle positif .Dans le cas contraire la diode laisse passer le courant électrique on dit qu'elle est branchée dans le sens direct ou passant. Il est bien évident que pour qu'une diode soit passante , il faut que $V_{anode} > V_{cathode}$, il faut aussi que V_{anode} dépasse la tension de seuil de fonctionnement qui est de 0.6V à 0.7V pour une diode au Silicium et de 0.3V pour une diode au Germanium. Cette tension de seuil dépend donc de la nature du semi-conducteur utilisé à sa conception.

Notons qu'en générale, les spécifications type d'une diode sont sa puissance nominale P_{NOM} (Watt), sa tension inverse V_{INV} (Volt) et son courant direct I_{DIR} (Ampère).

II.1.2. Caractéristique courant tension de la diode

L'équation I_D - V_D de la diode s'exprime par :

$$I_D = I_s \left[\exp\left(\frac{V_D}{n.V_T}\right) - 1 \right] \dots\dots\dots(3)$$

Dans cette équation I_s représente le courant inverse de saturation qui représente la valeur asymptotique du courant traversant la jonction en polarisation inverse. V_T est la tension thermique $V_T = KT/q = 26\text{mV}$ à 25°Celsius ($q = 1.6 \cdot 10^{-19}\text{Coulomb}$, $K = \text{constante de Boltzmann} = 1,23 \cdot 10^{-23}\text{J/}^\circ\text{K}$), n représente le coefficient d'émission qui dépend du matériau.

La caractéristique courant tension de la diode est donnée en figure 2.4

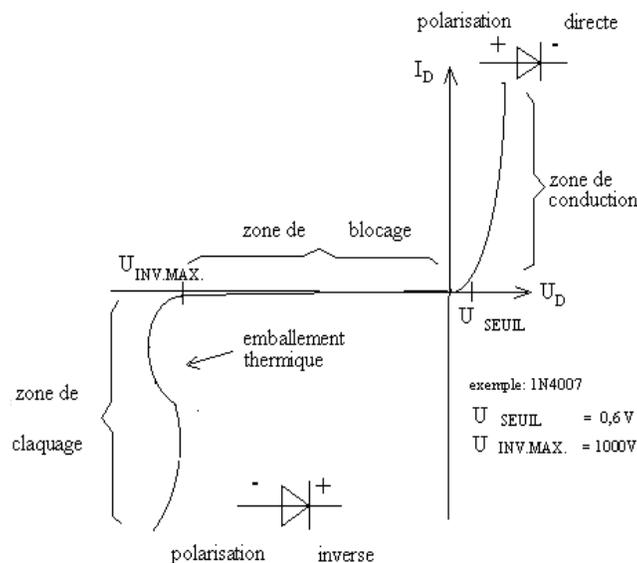


Figure -2.4- Caractéristique courant tension de la diode

II.2.Le transistor

Le transistor est un composant électronique utilisé dans la plupart des circuits électroniques aussi bien en basse qu'en haute tension. C'est en décembre 1947, que 3 physiciens Walter H BRATTAIN, John BARDEEN et William B SHOCKLEY présentèrent pour la première fois un dispositif à semi-conducteur soit un transistor à pointe nommé "péristor". Le transistor à jonction a vu le jour en 1951 d'abord en germanium puis en silicium et depuis différents types de transistors furent réalisés avec des performances de plus en plus intéressantes.



Figure -2.5-Le péristor[3]

Un transistor est donc un dispositif semi-conducteur possédant trois électrodes actives (Emetteur/Base/Collecteur pour le bipolaire, et Source/Grille/Drain pour le transistor à effet de champ). Un courant ou une tension sont alors prélevés sur l'électrode de sortie (*le collecteur* pour le transistor bipolaire et *le drain* sur un transistor à effet de champ) contrôlés grâce à une électrode d'entrée (*la base* sur un transistor bipolaire et *la grille* pour un transistor à effet de champ).

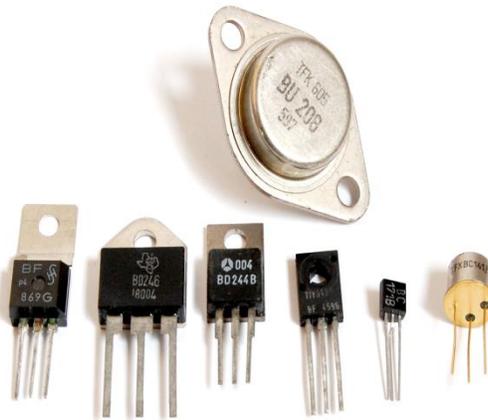


Figure -2.6-Différents types de transistors.

Dans ce travail, nous nous intéressons particulièrement aux transistors bipolaires car c'est ce type de transistors qui ont été utilisés pour la réalisation que nous étudions dans ce mémoire. Ainsi on distingue deux types de transistors bipolaires les NPN et les PNP. Ce sont deux transistors complémentaires, c'est-à-dire que le sens des courants et tensions pour le PNP est le complément de ceux du NPN. Les transistors NPN ont généralement de meilleures caractéristiques que les PNP (en termes de bande passante), ils sont donc plus utilisés.

On distingue trois différences de potentiel pour les transistors bipolaires : V_{BE} , V_{CE} et V_{CB} ; et trois courants : courant de base I_B , d'émetteur I_E et de collecteur I_C . Cependant, ces six variables ne sont pas indépendantes. En effet, on peut écrire :

$$V_{CE} = V_{CB} + v_{BE} \text{ et } I_E = I_C + I_B \dots \dots \dots (4)$$

Le transistor NPN est composé d'un semi-conducteur de type p placé entre deux semi-conducteurs de type n. Dans les transistors NPN, les électrons sont le

transporteur majoritaire, contrairement aux PNP où le transporteur majoritaire est les trous.

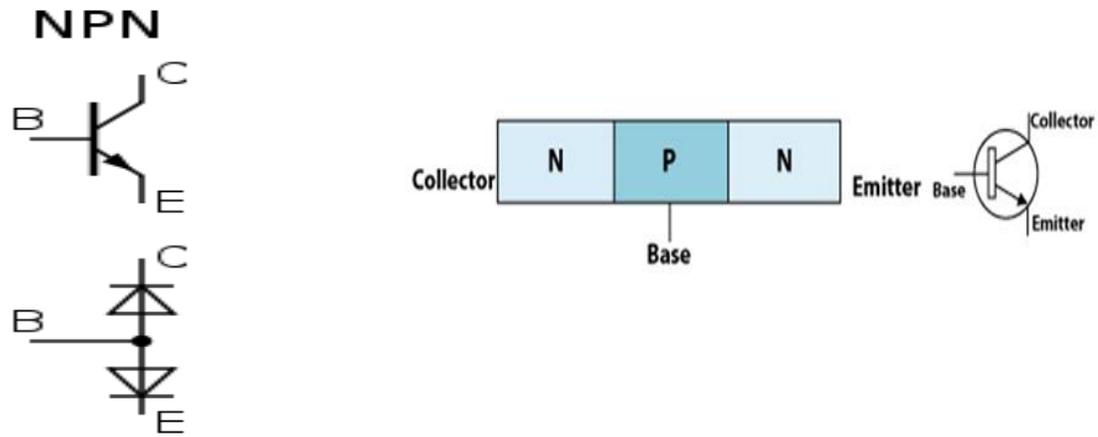


Figure -2.7- Transistor NPN.

Parmi les transistors bipolaires NPN on trouve par exemple le transistor BC 547 que nous présentons en figure 2.8

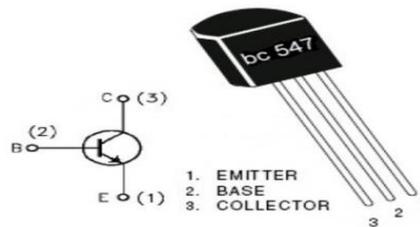


Figure -2.8- Transistor BC 547

Le transistor PNP est un transistor bipolaire composé d'une double jonction la jonction PN et la jonction NP .Ces transistors utilisent un faible courant de base et une tension de base négative pour contrôler un courant de collecteur/émetteur qui est beaucoup plus grand. Comme les trous sont les transporteurs les plus importants dans le PNP, il a un temps de commutation légèrement plus lent comparé au NPN. C'est parce que les trous se déplacent plus lentement que les électrons dans NPN.

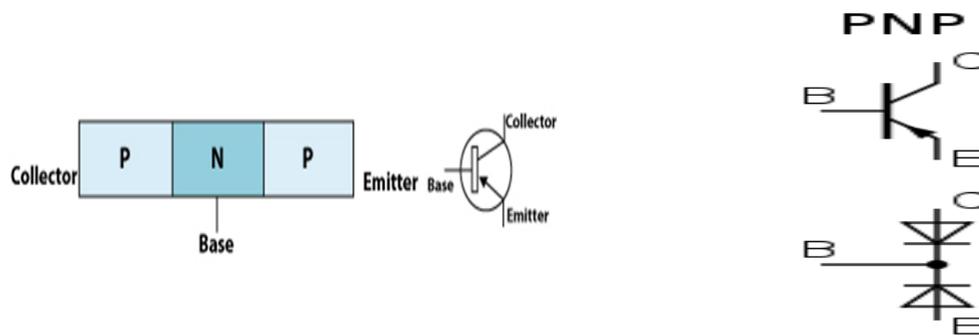


Figure -2.9- Transistor PNP

Pour fonctionner le transistor doit forcément être polarisé, ce qui permettra la détermination de son point de fonctionnement. Il pourra ainsi fonctionner en mode d'amplification ou en commutation.

Les caractéristiques statiques d'un transistor bipolaire NPN monté en émetteur commun sont donnés en figure 2.10

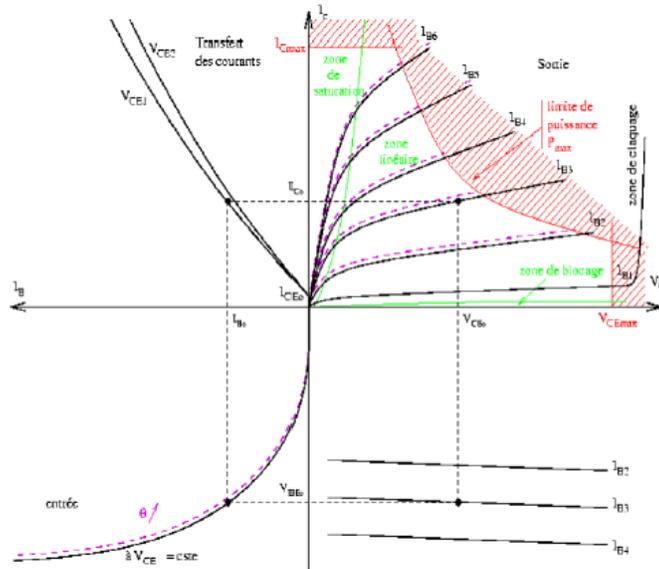


Figure -2.10- Réseau de caractéristiques du transistor bipolaire

En examinant la figure 2-10 permettant de représenter les caractéristiques statiques du transistor bipolaire de type NPN, On distingue ainsi quatre quadrants, le premier quadrant $I_c=f(V_{CE})$ à courant $I_b=\text{constant}$, permet de mettre en évidence un fonctionnement en amplification et un fonctionnement en mode de commutation.

On présente dans ce qui suit un transistor bipolaires de type PNP soit le BC 557 que nous présentons dans la figure qui suit et qui fut utilisé pour le montage qui nous intéresse.

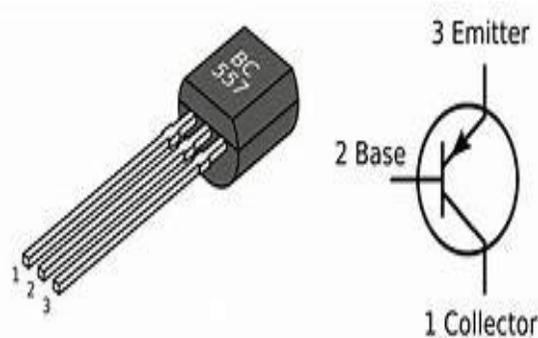


Figure -2.11- Le transistor BC 557

II.3. Les Circuits intégrés

Tout le reste des composants actifs que nous avons utilisés tels que les portes logiques, comparateur etc.....sont dans des boîtiers sous forme de circuit intégré (CI), appelé généralement puce électronique, c'est pour cela que nous parlons dans ce paragraphe brièvement de la notion de circuit intégré noté CI. Le CI est un composant électronique aussi basé sur un semi-conducteur et qui reproduit une à plusieurs fonctions électroniques plus ou moins complexes intégrant souvent plusieurs types de composants électroniques de base dans un volume restreint rendant le circuit facile à mettre en œuvre. Il existe une très grande variété de CI divisés en deux grandes catégories : analogique et numérique. Les CI se présentent généralement sous forme de boîtiers pleins rectangulaires, noirs, équipés de broches ou pins qui permettent d'établir les connexions électriques avec l'extérieur du boîtier. Les progrès de l'intégration sont tels que les circuits intégrés sont de plus en plus petits.

II.4. L'amplificateur opérationnel

Un amplificateur opérationnel aussi appelé par ses utilisateurs ampli-op ou AO, ou AOP. L'amplificateur opérationnel est un amplificateur différentiel ce qui veut tout simplement dire qu'il amplifie une différence de potentiel électrique présente à ses entrées. Au départ, les AOP ont été conçus pour effectuer des opérations mathématiques dans les calculateurs analogiques comme l'addition, la soustraction, l'intégration, la dérivation etc.... Par la suite, l'amplificateur opérationnel fut utilisé dans bien d'autres applications comme la commande de moteurs, la régulation de tension, les sources de courants ou encore les oscillateurs. Physiquement, l'AO est constitué de transistors, et comporte trois étages un étage d'entrée, un étage de gain et un étage de

sortie. On le trouve couramment sous la forme de circuit intégré. Le gain en tension très important d'un amplificateur opérationnel en boucle ouverte (idéalement infini) fait de lui un composant utilisé dans une grande variété d'applications. Certains amplificateurs opérationnels, de par leurs caractéristiques sont spécialisés dans l'amplification de certains types de signaux comme les signaux audio ou vidéo.

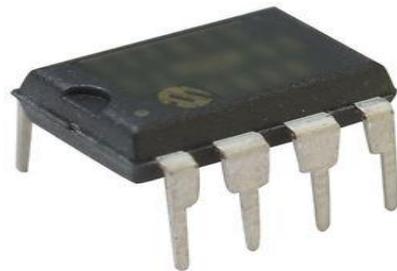


Figure -2.12- Exemple d'amplificateur opérationnel

Typiquement, un amplificateur opérationnel a deux entrées, deux broches d'alimentation et une sortie.

- L'entrée notée e_+ est dite entrée non inverseuse
- L'entrée e_- est dite entrée inverseuse

La différence de potentiel $e_+ - e_-$ est appelée tension différentielle d'entrée.

La broche d'alimentation positive V_{CC+} est parfois aussi appelée V_{DD} , V_{CC} , ou V_{S+} .

La broche d'alimentation négative V_{CC-} est parfois aussi appelée V_{SS} , V_{CC} , ou V_{S-} . V_{CC+} et V_{CC-} permettent la polarisation des transistors formant l'amplificateur. Le caractère doublé qui se trouve en indice de la lettre V (comme V_{DD} et V_{CC}) fait référence au nom de la broche du transistor à laquelle cette alimentation est en fait

reliée par exemple V_{CC} et V_{EE} sont utilisés pour les AOP à base de transistors bipolaires "C" pour Collecteur et "E" pour Émetteur alors que les appellations V_{DD} et V_{SS} sont généralement réservées aux AOP à base de transistors à effet de champ où "D" est destiné au Drain et "S" à la Source. Suivant les applications, l'AOP peut aussi être doté de deux broches pour la compensation de l'offset ainsi que d'une broche pour le réglage de la compensation fréquentielle.

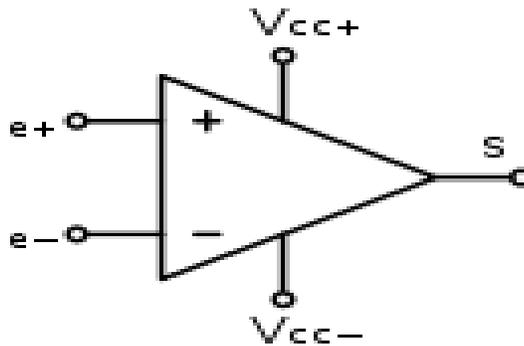


Figure -2.13-Principales broches de l' AOP

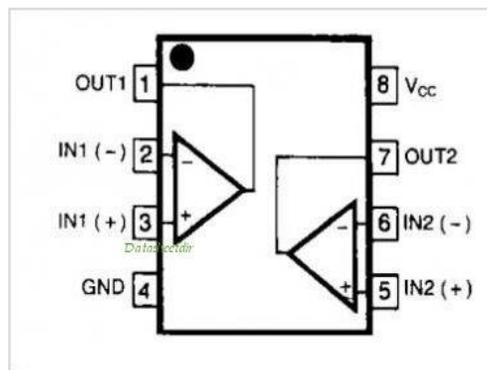


Figure-2.14- Pinout du CI TL 082

II.5.Les portes logiques NOR

Avant de parler de la porte NOR (Non OU) présentons tout d'abord la porte OR (OU)



Figure -2.15- Les portes logiques OR

La sortie S obtenue à la sortie de la porte "ou" est le résultat d'un OU logique entre les deux entrées :

$$S = A + B \dots\dots\dots(5)$$

Le symbole de la porte NOR ou NON- OU est donné par la figure 2.16



Figure -2.16- Les portes logiques NOR

La porte NOR inverse l'état de la sortie de la porte OR,à NOR b est noté par [4]:

$$S = \overline{A + B} \dots\dots\dots(6)$$

La table de vérité des deux portes OR et NOR est donnée en table2.1

<i>Entrée A</i>	<i>Entrée B</i>	<i>Sortie(OR)</i>	<i>Sortie(NOR)</i>
<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1</i>
<i>0</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>0</i>
<i>1</i>	<i>1</i>	<i>1</i>	<i>0</i>

Table 2.1: Table de vérité pour les portes OR et NOR

Nous présentons ici le CI CD 4001 utilisée dans la réalisation étudiée et qui comporte les portes logiques NOR et que nous avons utilisé. Les CI 4001 comporte quatre portes logiques NOR .La porte NOR est une porte logique numérique qui met en œuvre la logique. Le circuit intégré CMOS 4001 comprend quatre portes NOR indépendantes.

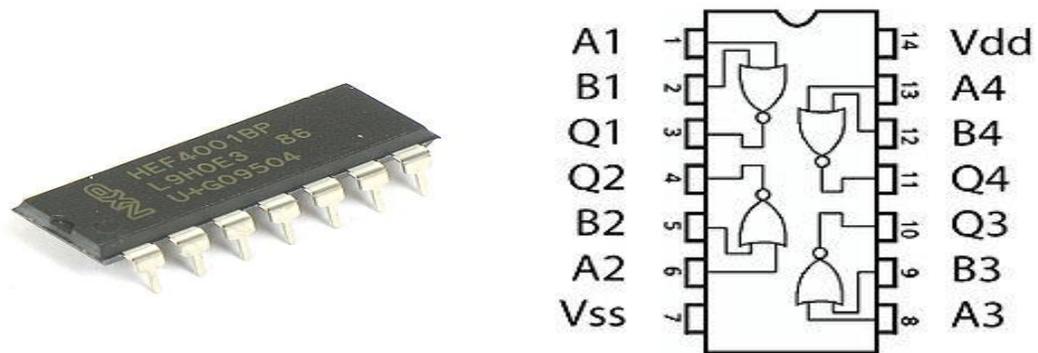


Figure -2.17- Le CD 4001

II.6. Les Bascules

Un compteur CD 4518 fut utilisé dans le montage étudié, sachant que chaque compteur est principalement constitué de bascules, nous présentons alors succinctement la bascule principale constituant du compteur. Les bascules sont les opérateurs élémentaires de mémorisation. En effet, leur état présent déterminé par l'état des sorties dépend des entrées et de l'état précédent des sorties. Il existe différentes bascules telle que les bascules RS, JK, D.....etc.

II.6.1. La Bascule RS

Considérons alors dans le but de comprendre le fonctionnement des bascules le cas de la bascule RS.

La bascule RS est la bascule élémentaire asynchrone, qui constitue la base de tous les autres types de bascules, La bascule à la propriété d'ajouter à la capacité de mémorisation du bistable la possibilité de le fixer dans un état donné, Il existe par ailleurs deux types de bascule RS, selon la porte élémentaire utilisée soit la porte NAND ou la porte NOR.

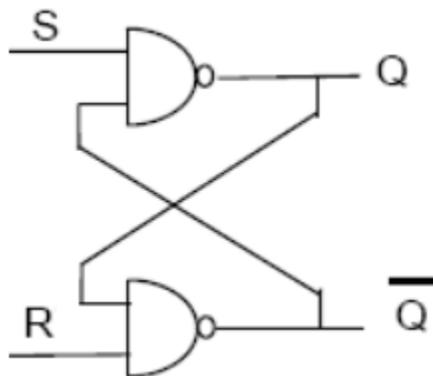


Figure -2.18- La bascule RS

Cette bascule possède deux entrées, R pour reset ou remise à zéro et S pour set ou mise à 1 de la sortie, qui permettent le choix (set) puis un nouveau choix (reset) de la sortie. Pour sa réalisation, on peut utiliser soit deux portes NAND soit deux portes NOR. Pour la bascule une entrée de chaque porte logique est reliée à la sortie de l'autre. L'application d'un niveau 0 sur les deux entrées mène les deux sorties au niveau 1. Les deux sorties ne sont plus complémentaires et on dit alors que la bascule présente un *aléa* de fonctionnement. Dès le moment où la bascule est positionnée par action sur son entrée Set "S", toute modification ultérieure sur S (non précédée d'une action sur R) est sans effet sur l'état des sorties de la bascule. Ce système constitue un dispositif anti-rebonds.

◆ si $R=S=0$, les sorties ne sont pas fixées à une valeur, mais gardent leur valeur précédent : il s'agit de la fonction mémorisation (maintien)[5].

◆ Si $R=S=1$, les sorties sont forcées toutes les deux à 0, elle ne sont donc plus complémentaires il s'agit dans ce cas de la combinaison interdite, Q est alors indéterminé.

◆ Si $R=1$ et $S=0$, c'est la mise à 0 de la bascule (Q est forcé à 0).

◆ Si $R=0$ et $S=1$, c'est la mise à 1 de la bascule (Q est forcé à 1).

◆ Les entrées de la bascule RS à portes OU-NON sont actives au niveau haut (1 logique).

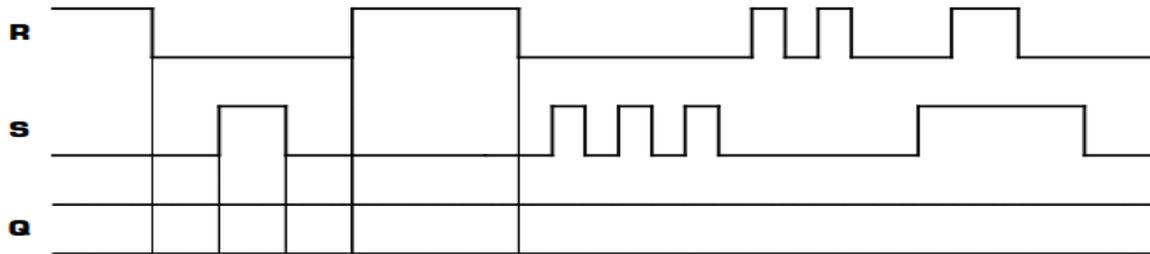


Figure -2.19- Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte NOR

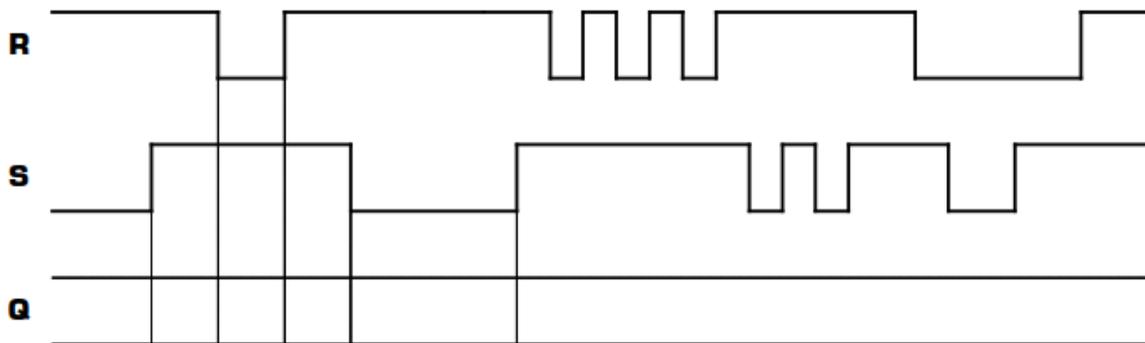


Figure -2.20- Exemple de chronogrammes d'une bascule RS à porte NAND

II.6.2.La Bascule D

Nous allons dans ce qui suit présenter la bascule D brièvement car le compteur utilisé pour la réalisation que nous présentons est à base de bascule D. Cette bascule ne possède qu'une entrée unique. Elle sert à maintenir la valeur qui lui a été donnée comme entrée jusqu'à ce que l'entrée change. Dans le type de bascule D à synchronisation sur un front montant, la sortie Q prend la valeur de l'entrée D quand le signal d'horloge est à "1". Il ne peut y avoir mémorisation de D que lorsque H est passé par "0". On peut autrement dire que la bascule D synchrone est une mémoire bistable qui est commandée par une seule entrée. Elle recopie la valeur de D sur sa sortie Qn à chaque front d'horloge.

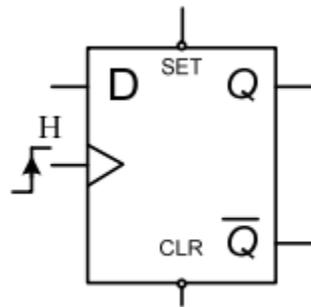


Figure-2.21- Symbole graphique de la bascule D

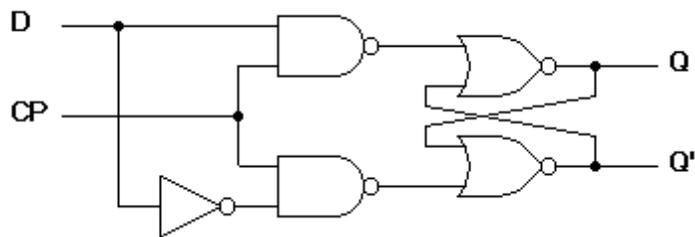


Figure -2.22- Câblage logique de la bascule D conçue à partir des portes NAND

H	D	Q_n
0	\emptyset	Q_{n-1}
\uparrow	0	0
\uparrow	1	1

Figure -2.23- Table de vérité

SET et CLR sont :

- Des entrées de forçages asynchrones.
- Actives niveau bas.
- SET : forçage à 1
- CLR : forçage à 0

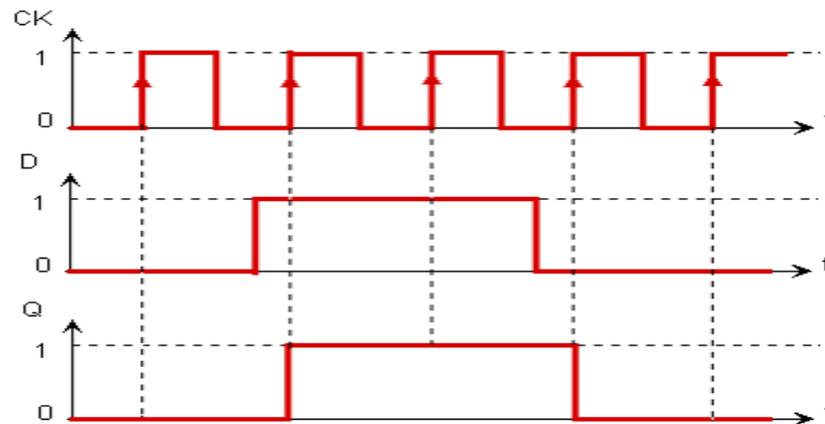


Figure -2.24- Chronogrammes relatifs au fonctionnement de la bascule D

II.7.Le NE555

Le NE555 est un circuit intégré largement utilisé pour la temporisation, il peut être utilisé en mode multivibrateur monostable ou en astable. Le NE555 a été conçu en l'an 1970 par Hans R. Camenzind [6] et fut alors commercialisé en 1971 par Signetics qui porte actuellement le nom de NXP Semiconductors. Actuellement, ce composant est toujours largement utilisé vu sa facilité d'utilisation, son faible coût et sa grande stabilité. Ce circuit intégré contient 23 transistors, 2 diodes et 16 résistances, ces différents composants vont ainsi former:

- Deux amplificateurs opérationnels montés comparateur ;

- Une porte logique inverseur ;
- Une bascule RS.

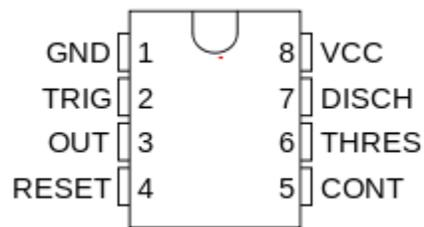


Figure -2.25- Symbole schématique du NE555

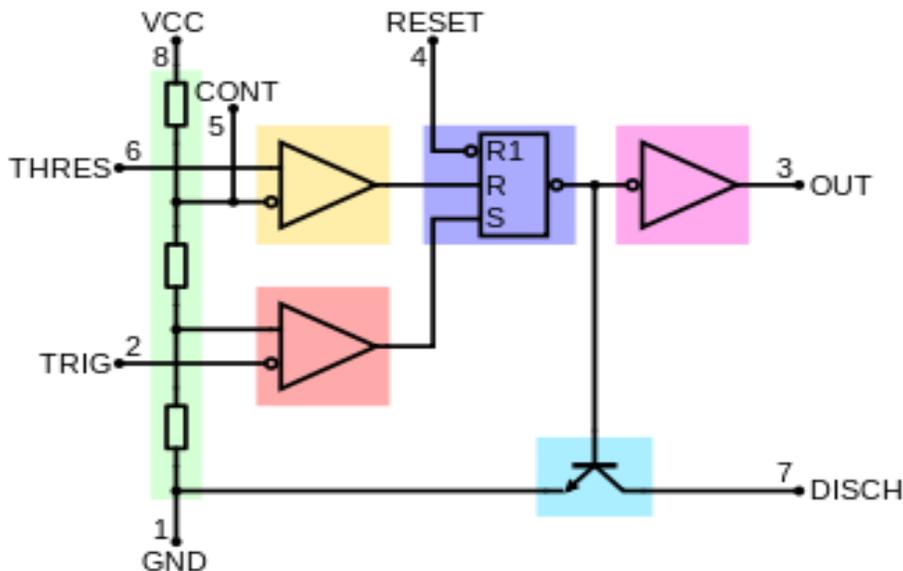


Figure -2.26- Schéma bloc simplifié du NE555[7]

On peut voir à partir du schéma bloc de la figure 2.26 , les différents composants du NE555, soit : deux comparateurs, trois résistances configurées en montage diviseur de tension (les deux tensions respectivement de $1/3$ et $2/3$ de V_{cc} vont servir de références aux comparateurs), une bascule RS contrôlée par les comparateurs , un

inverseur, et enfin un transistor pour décharger le condensateur de temporisation. L'opération du NE555 suit la logique de fonctionnement du schéma bloc présenté et peut prendre 4 états différents.

- Si le RESET est au niveau bas alors la bascule est remise à zéro, dans ce cas le transistor de décharge s'active et la sortie reste à un niveau bas.
- Si le signal TRIG est inférieur à la tension de $1/3$ de V_{CC} alors la bascule s'active et la sortie est à un niveau haut, le transistor de décharge est alors désactivé.
- Si le signal THRES est supérieur à la tension de $2/3$ de V_{CC} , alors la bascule est remise à zéro et la sortie est à un niveau bas, le transistor de décharge va alors s'activer.
- Dans le cas où les signaux THRES et TRIG sont respectivement inférieurs à $2/3$ de V_{CC} et supérieurs à $1/3$ de V_{CC} alors la bascule conserve son état précédent de même que pour la sortie et le transistor va alors se décharger.
- Ainsi comme nous l'avons cité auparavant le NE555 peut être configuré en monostable ou en astable.

L'utilisation du NE555 en configuration monostable va permettre de générer une impulsion d'une durée définie et ceci seulement grâce à une résistance et un condensateur. Une impulsion est ainsi générée à la suite de l'application d'un front descendant à l'entrée du (TRIG). Tout de suite après l'application du front descendant la bascule interne est activée ainsi que la sortie. En même temps, le transistor de décharge se désactive et le condensateur C se charge à travers la résistance R. La forme d'onde aux bornes du condensateur est une exponentielle croissante.

Lorsque cette exponentielle atteint une valeur égale à $2/3$ V_{CC} , la bascule interne se désactive ramenant la sortie et le condensateur à une tension nulle. La durée de l'impulsion T est donné par l'expression:

$$T = 1,1 \cdot R.C \dots\dots\dots(6)$$

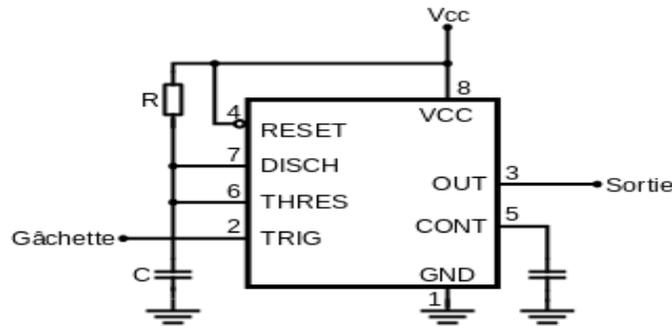


Figure -2.27- Diagramme schématique du NE555 en configuration monostable

La configuration en astable permet d'utiliser le NE555 comme oscillateur: dans ce cas deux résistances et un condensateur permettent de modifier la fréquence d'oscillations ainsi que le rapport cyclique du train d'impulsion généré.

Dans cette configuration, la bascule est réinitialisée automatiquement à chaque cycle permettant ainsi de générer un train d'impulsion perpétuelle.

Une oscillation complète est effectuée lorsque le condensateur se charge de 1/3 de V_{cc} jusqu'à 2/3 de V_{cc} . Pendant la charge, les deux résistances R_a et R_b sont en série avec le condensateur C, La décharge du condensateur se fait à travers la résistance R_b seulement. C'est de cette façon que le rapport cyclique peut être modifié. La durée de l'impulsion T est donné cette fois ci par :

$$T = 0,69 \cdot (R_a + 2.R_b) \cdot C \dots\dots\dots (9)$$

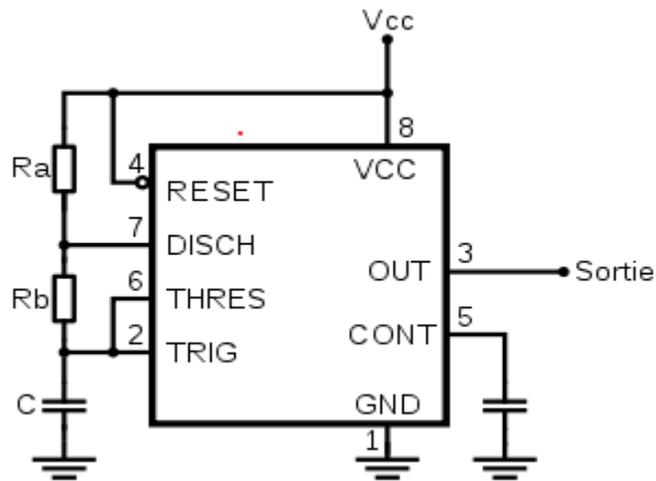


Figure -2.28- Diagramme schématique du NE555 en configuration astable[9]

II.8.Le compteur

Le HEF4518B est un double compteur BCD synchrone interne 4 bits qui a été utilisé dans le circuit appareil de mesure de consommation de l'énergie du chauffage auquel nous sommes intéressés. Le HEF4518B est présenté en figure 2-29.



Figure -2.29- Le compteur CI 4518

Rappelons tout d'abord, qu'un compteur est un circuit logique séquentiel formé d'un ensemble de "n" bascules interconnectées par des portes logiques.

Le compteur a l'aptitude de dénombrer ou compter le nombre d'impulsions appliquées à son entrée horloge suivant un système de numération binaire, ainsi il reçoit les impulsions à compter et délivre à sa sortie une combinaison, des états logiques, image du nombre d'impulsions reçues[8].L'état d'un compteur change donc à chaque coup d'horloge. L'état futur du compteur est fonction uniquement de son état présent[9]

Notons qu'il existe deux types de compteurs binaires les compteurs synchrones et les compteurs asynchrones. En ce qui nous concerne, nous utiliserons les compteurs synchrones vu que le CI 4518 utilisé dans la réalisation qui nous intéresse est un compteur double BCD composé de deux compteurs à 4 étages identiques et synchrones en interne. Les compteurs synchrones sont des compteurs où les différents étages sont commandés par le même signal d'horloge contrairement au compteur asynchrone.

A la différence des compteurs asynchrones, ce mode de fonctionnement autorise des vitesses de fonctionnements plus élevées du fait que la durée de la période d'instabilité est limitée. En figure 2.26, nous vous présentons un compteur synchrone, modulo 4 (c'est-à-dire diviseur par 2).

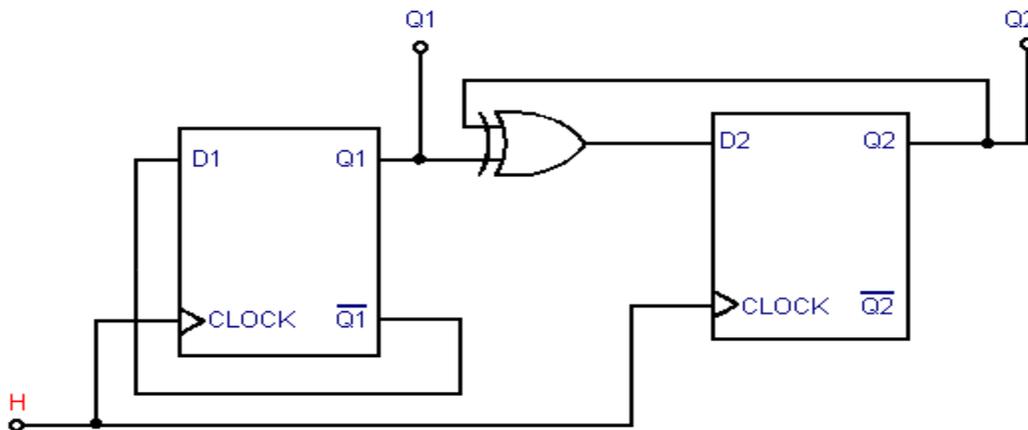


Figure -2.30- Un compteur synchrone modulo 4

Ce compteur synchrone est ainsi constitué de 2 bascules qui reçoivent en parallèle le même signal d'horloge. L'entrée horloge est donc commune aux bascules dont les sorties changent d'états simultanément. Concernant le compteur utilisé pour cette étude, il s'agit du double compteur BCD synchrone interne 4 bits.

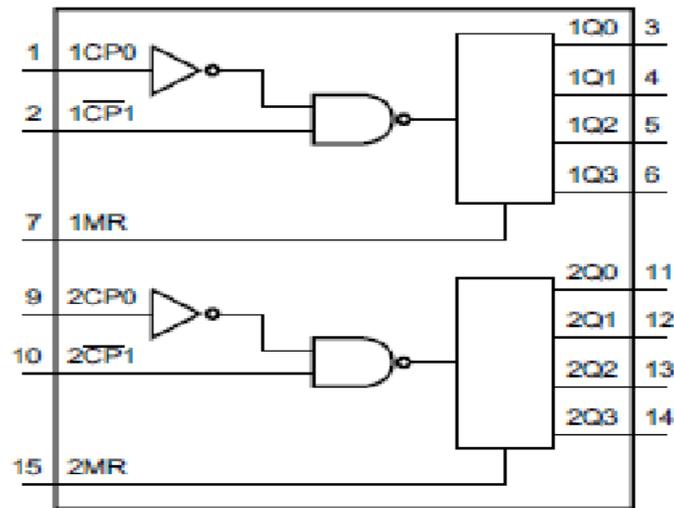


Figure -2.31- Diagramme fonctionnel du compteur

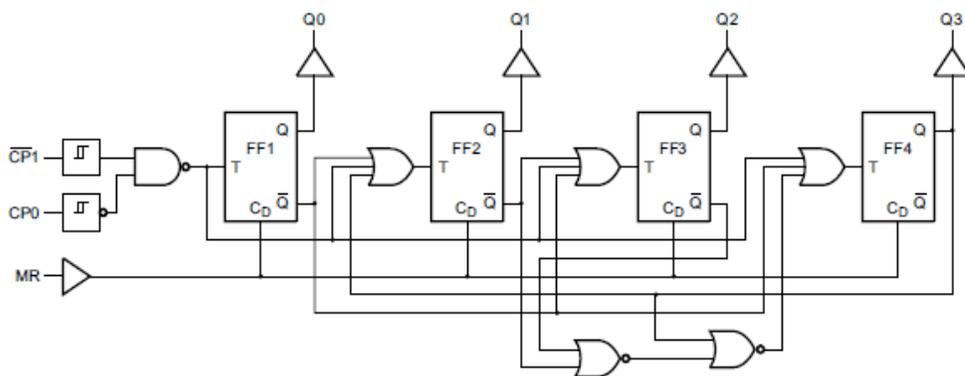


Figure -2.32-Câblage logique d'un compteur constitué de 4 bascules T

II.9.Décodeur et Afficheur 7 segments

Dans ce travail nous étudions un appareil de mesure de consommation de l'énergie d'un chauffage, pour ceci nous devons donc afficher la température de ce chauffage. Afin d'obtenir l'affichage en numérique de la température nous faisons appel aux afficheurs. Le terme afficheur ou «display» désigne tout circuit qui permet l'affichage d'une valeur numérique ou alphanumérique. La diode LED est l'élément le plus simple des afficheurs, qui permet de visualiser un seul bit. En ce qui nous concerne nous nous intéressons aux afficheurs 7 segments. Qui permettent d'afficher des informations en code décimal ou hexadécimal au moyen d'une matrice de 7 segments constitués de 7 diodes LED.

L'afficheur est un composant composé de 7 diodes LED (Light Emitting Diode – diode à émission de lumière) en forme de segment et disposées de façon à former un 8. En alimentant ces segments avec une tension continue, on peut visualiser n'importe quel nombre de 0 à 9, et n'importe quelle lettre allant de A à F, il comporte également un point appelé DP (de «Decimal Point» en anglais) qui représente l'équivalent de notre virgule décimale.

Les afficheurs 7 segments sont très utilisés, citons l'exemple des montres à affichage numérique, des calculatrices des panneaux affichant la température, des compteurs, des fréquencemètres, des thermomètres, des ohmmètres, des voltmètres etc..... Les caractères dans ces afficheurs s'écrivent en allumant ou en éteignant certains des 7 segments de. Quand tous les segments sont allumés, on obtient un "8".

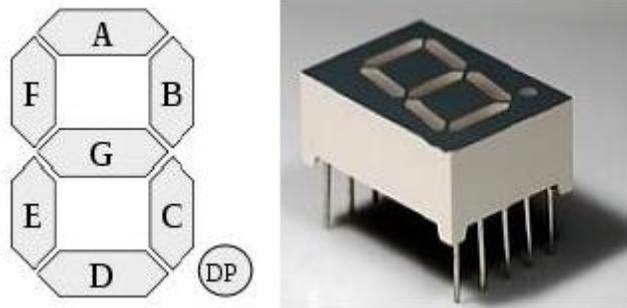


Figure -2.33- Afficheur 7 segments [10]

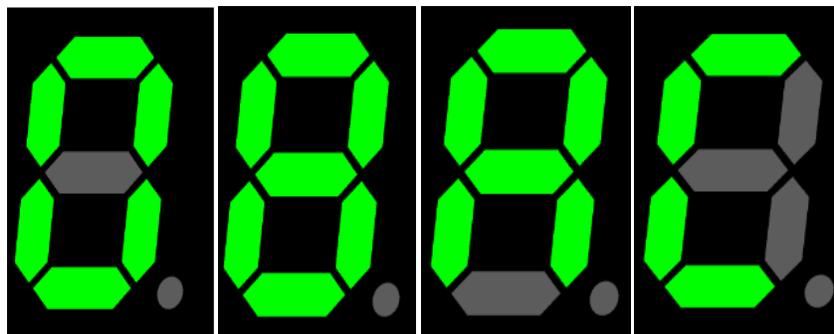


Figure -2.34- exemple d'affichage

En figure 2-34, nous donnons un exemple d'affichage des chiffres 0 et 8 ainsi que des lettres A et C obtenus par le biais d'un afficheur BCD 7 segments [2]. En regardant le dessin de n'importe quel afficheur, on retrouve toujours, sur l'une ou l'autre des broches, la lettre majuscule A ou K, ainsi dans le cas d'afficheurs à LED, Il existe deux types d'afficheurs :

- 1- Les afficheurs à anode commune : Pour ce type d'afficheurs toutes les anodes sont reliées et connectées au potentiel haut, ainsi la commande du segment se fait par sa cathode qui est mise au potentiel bas.
- 2- Les afficheurs à cathode commune : dans ce cas toutes les cathodes sont reliées et connectées au potentiel bas et la commande du segment se fera par son anode mise au potentiel haut.

Deux CI 4511 qui sont des décodeurs nous ont permis de contrôler les deux afficheurs 7 segments utilisés pour afficher la température. Le CI 4511 que nous présentons en figure 2-35. Possède 4 entrées (binaires 0 et 1) ainsi que 7 sorties pour les 7 LEDs de l'afficheur (a, b, c, d, e, f, g). Le 4511 est le décodeur BCD vers 7 Segments en anglais BCD (Binary Coded Decimal)-to-7 Segment [12] .



Figure -2.35- Le décodeur CI 4511

Après avoir présenté brièvement les montages principaux permettant la conception de l'appareil de mesure de consommation étudié, on va dans le chapitre suivant présenter les différents chronogrammes obtenus aux différents nœuds du montage auquel nous nous sommes intéressés.

Chapitre 3 : Analyse du circuit et Réalisation sous Isis Protéus

Notre travail a consisté à étudier un montage qui permet d'indiquer la consommation de l'énergie d'un chauffage. Nous présentons en figure 3-1, le montage que nous avons étudié et qui permet le contrôle de la consommation de l'énergie consommée d'un chauffage d'habitation.

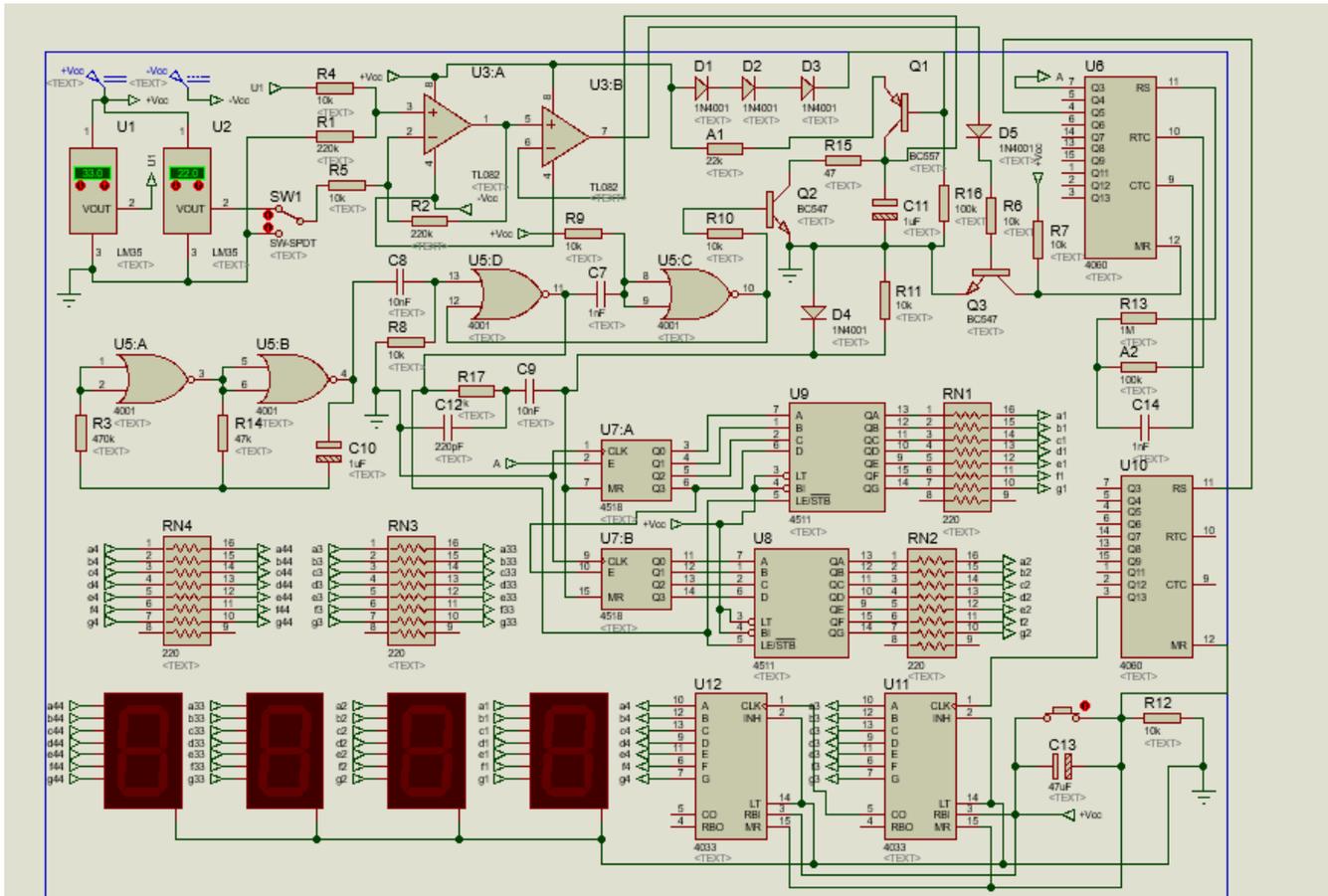


Figure -3.1- Schéma électrique de l'appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage

III.1. Analyse du circuit

Cette réalisation est adaptée à un chauffage par radiateur à partir d'une chaudière fonctionnant par exemple au gaz très utilisée généralement dans les habitations. Pour cela l'eau chaude va circuler dans les chauffages montés en parallèle par une pompe, ainsi l'eau chaude va libérer de chaleur dans les radiateurs et revient à la chaudière avec une température plus basse. Ainsi la quantité de chaleur dégagée est proportionnelle à la différence de température de l'eau entre son arrivée et son départ à la chaudière suite à quoi cette différence est affichée donnant une idée sur la consommation instantanée.

Du point de vue alimentation, cette dernière est classique elle comprend un pont redresseur avec deux condensateurs permettant un premier lissage des tensions redressées double alternance suivi de régulateurs de tension l'un positif et l'autre négatif, nous disposons ainsi de deux tensions égales à ± 12 volts, un filtrage complémentaire est réalisé par les condensateurs C₃ et C₄ alors que C₅ et C₆ assurent le découplage de l'alimentation [voir l'annexe]. Deux circuits intégrés de type LM35 capteurs ayant pour référence SONDE1 et SONDE2 possèdent trois broches une positive(+), une seconde négative(-) et une troisième notée (S), ainsi la tension récupérée sur la sortie(S) est nulle si la sonde est soumise à une température égale à 0°Celsius, pour de plus importantes température, cette tension augmente de 10mV par augmentation de 1°Celsius, le LM35 est un composant ayant une courbe de réponse linéaire.

Afin de mettre en évidence la différence de température on considère l'amplificateur opérationnel (I) du Circuit intégré IC1 qui est un TL 082 , cet AOP est monté en étage différentiel, ainsi si l'inverseur I1 est positionné sur la position N soit

normal, les deux entrées inverseuse et non-inverseuse sont directement reliées avec les sorties "S" des deux sondes par le biais de R4 et R5, si U1 représente la sortie de la sonde1 et U2 celle de la sonde 2, on peut exprimer la tension Vs relative à la sortie de l'amplificateur différentiel par:

$$V_s = \frac{R_1(R_5+R_2)}{R_5(R_1+R_4)} \cdot V_1 - \frac{R_2}{R_5} \cdot V_2 \dots\dots\dots(9)$$

Dans ce cas $R_1 = R_2 = R_5$

ce qui simplifie l'expression de la tension de sortie qui devient:

$$V_s = \frac{R_1}{R_4} (V_1 - V_2) \dots\dots\dots(10)$$

sachant que $R_1 = 220K\Omega$ et $R_4 = 10K\Omega$ on obtient :

$$V_s = 22 \cdot (V_1 - V_2) \dots\dots\dots (11)$$

Maintenant supposons que l'inverseur I1 est sur la position T (tarage) le potentiel $V_2=0$ volts et la sortie de l'AOP monté en inverseur est égale à:

$$V_s = 22 \cdot V_1 \dots\dots\dots(12)$$

Les portes logiques NOR (I) et NOR (II) sont montées en circuit oscillateur astable délivrant à sa sorte une suite d'impulsions carrées de période égale à:

$$T = 22R_{14}C_{10}=100 \text{ ms} \dots\dots\dots(13)$$

Le dérivateur formé par R8 et C8 permet de délivrer à sa sortie des impulsions positives très brèves qu'on retrouve à l'entrée du circuit monostable formé par les portes NOR III et IV du circuit intégré IC2, la sortie de ce circuit délivre des états hauts dont la durée notée ΔT est déterminée par:

$$\Delta T = 0.7 R_9 C_7 \dots\dots\dots(14)$$

La durée de ces états étant égale à 0.7secondes et espacées de 100ms .Par ailleurs, on constate que les transistors T2 qui est un NPN (le BC 547) et le transistor T1 qui est un PNP(BC 557), le condensateur C₁₁, les diodes D₁, D₂ et D₃ ainsi que les résistances R₁₅ et R₁₆ forment un générateur de dents de scie pour lequel le principe de fonctionnement repose sur le principe de la charge à courant constant du condensateur C₁₁.Grace aux trois diodes D₁,D₂ et D₃ , la base du transistor T₁ est maintenue à une tension constante égale à:

$$V_{baseT1} = 12V - (3 \times 0.6V) = 10.2Volts \dots\dots\dots(15)$$

alors que le potentiel à l'émetteur de ce transistor est de:

$$V_{emetteurT1} = 10.2V + 0.6V = 10.8Volts\dots\dots\dots(16)$$

Le courant constant dans l'ajustable A1 est égal à:

$$I_{ajustable} = \frac{(12V-10.8V)}{A_1} \dots\dots\dots(17)$$

Après un temps noté "t" de la charge du condensateur C₁₁ la quantité du courant emmagasiné par C₁₁ est telle que:

$$q = i. t \dots\dots\dots(18)$$

notons que i est le courant du collecteur du transistor. Si V est la tension de l'armature(+) du condensateur C₁₁ on écrit:

$$q = C_{11}. V \dots\dots\dots(19)$$

Ainsi

$$q = i. t = C_{11}. V \dots\dots\dots (20)$$

et

$$V = \frac{i}{C_{11}} \cdot t \dots\dots\dots(21)$$

On remarque que la tension V varie linéairement avec le temps. Au bout de la période T, la bascule monostable formée par les portes NOR III et NOR IV du circuit intégré IC₂ délivre un état haut assez bref qui va saturer le transistor T₂, et le condensateur C₁₁ se décharge à travers R₁₅ et un nouveau cycle de charge commence. On retrouve alors sur l'armature positive de C₁₁ un signal en dent de scie. la valeur de l'ajustable A1 permet d'agir sur la pente de la droite de charge permettant de fixer la crête final du signal qui devrait être de l'ordre de 12 volts.

L'amplificateur opérationnel (II) de IC1 est monté en comparateur, son entrée non inverseuse est soumise à la sortie de l'amplificateur (I), ce dernier permettra de délivrer une tension proportionnel à la différence de température entre les deux sondes I et II, l'entrée inverseuse est, elle, reliée à la sortie du générateur de dents de scie. Deux zones sont mises en évidence au fur et à mesure de la charge linéaire du condensateur C₁₁:

- 1- Le potentiel issu de AOP (I) de IC1 est plus grand que celui délivré par le générateur de dents de scie, dans ce cas la sortie du comparateur (II) présente un potentiel de 12 volts
- 2- Le potentiel issu de AOP (I) de IC1 est plus faible que celui délivré par le générateur de dents de scie, dans ce cas le potentiel de sortie passe à -12 volts.

Le circuit intégré U10 est un compteur binaire comprenant 14 étages et comportant aussi un oscillateur. A la sortie C (broche 9) , apparait un signal carré dépendant de la valeur de l'ajustable A₂, le fonctionnement du compteur n'est possible que si son entrée de remise à zéro(broche 12)est soumise à un état bas. Quand le transistor T3 est saturé l'entrée R du compteur est à un état bas rendant ce compteur

actif et la sortie Q3 va ainsi délivrer des créneaux carrés relatifs au comptage des degrés correspondants à la différence de température entre les deux sondes par contre quand le transistor T_3 est bloqué le compteur est neutralisé.

Le circuit intégré U7 est un double compteur BCD, le premier compteur noté a qui permet le comptage des unités va avancer au rythme des fronts descendants qui se trouvent au niveau de son entrée ENA alors que les quatre sorties évoluent selon le principe du comptage BCD, ainsi lorsque la valeur décimale 1001 est atteinte on a l'apparition d'un front descendant sur la sortie Q3 et le compteur B qui compte les dizaines avance d'un pas dans les mêmes conditions. A tout état haut venant de la bascule monostable formée par les portes NOR III et IV correspond un état bas de durée similaire sur la sortie de la porte NOR IV

les circuits intégrés U7 et U8 sont des décodeurs BCD 7 segments , leurs entrées LE sont à un état bas, en les soumettant à un état haut, on a une mémorisation du contenu des registres binaires des deux compteurs q dans les deux décodeurs, donc quand les entrées LE sont à nouveau à un état haut la mémorisation dure et la valeur s'affiche au niveau des afficheurs AF1 et AF2. Un front montant sur la sortie de la porte NOR(IV) du circuit intégré U3 marque la fin de la mémorisation, ce front montant passe par le circuit dérivateur formé par C_9 , R_{11} et D_4 donnant naissance à une impulsion positive très brève sur les entrées de remise à zéro R_A et R_B des compteurs du U7 qui amorcent un nouveau comptage après avoir transmis leur contenus aux décodeurs ainsi cette remise à zéro est quelque peu retardée par rapport à la fin de la mémorisation à cause de la charge de C_{12} à travers la résistance R_{17} , ce retard évitera une simultanéité probable pouvant causé un dysfonctionnement de la fin de l'opération de mémorisation avec l'opération qui suit de remise à zéro. Les différentes résistances R_{N1} et R_{N2} ont pour rôle la limitation du courant dans les segments des deux afficheurs.

Quand le U6 est fonctionnelle sa sortie Q₅ présente un train d'impulsion carré dont la période est le quadruple de celle des signaux disponible sur la sortie Q₃, ainsi le nombre d'impulsion au niveau de Q₅ est divisé par 4 comparé au nombre d'impulsions disponible sur la sortie Q₃, donc si le nombre d'impulsions est plus petit que 4, la sortie Q₆ reste bloquée à l'état bas car la remise à zéro du U6 aura eu lieu auparavant. Si ΔT est le différence de température entre les deux sonde 1 et 2 .

le nombre d'impulsions appliquées sur l'entrée du compteur IC₄ est égale à $\frac{\Delta T}{4}$ et se renouvellera toute les 100 ms. L'unité de mesure de la durée active du chauffage est définie la durée qui se calcule par:

$$Durée = \frac{4 \cdot 10^{12}}{\Delta T} \cdot 0,1 \text{ secondes} \dots\dots\dots(22)$$

cette durée est définie par un comptage complet du compteur.

III.2. Résultats et interprétations

Notre première tâche consiste à faire une conversation de la valeur de température en °C à une tension en volt, qui sera alors amplifié.

Pour cela nous avons utilisé:

- Deux capteurs de température LM35.
- Les résistances de 220 K Ω et de 10 K Ω
- Un AOP IC TL 082.
- Une diode de 1N4001.

Nous présentons en figure 3-2 le montage que nous avons réalisé sous Isis qui permet cette opération.

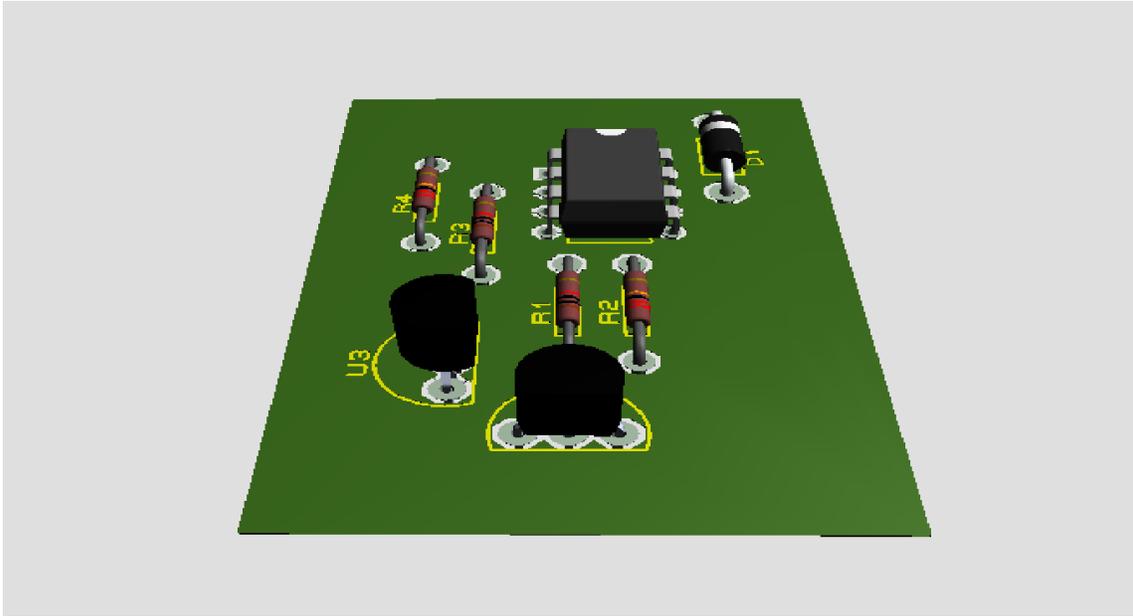


Figure -3.5- Le circuit en 3D



Figure -3.6- Le circuit de la comparaison des températures réalisé sous plaque d'essai

III.3. Commande du générateur de dents de scie

Les composants utilisés dans ce bloc sont :

- Circuit intégré de la porte NOR CI 4001

- Résistances de 470 kilos ohm, 47 kilo ohms, et deux de 10 kilo ohms.
- Condensateur de 1 μ F, 0.1 μ F, et de 10 nF.

Les deux portes NOR(1) et NOR(2) sont montées en circuit astable délivrant à sa sortie une suite de créneaux continue ayant pour période:

$$T=2.2 R_{14}.C_{10}=100\text{ms}$$

Le circuit dérivateur formé par la résistance R_8 et le condensateur C_8 permet de délivrer à sa sortie des impulsions positives très brèves qu'on retrouve à l'entrée du circuit monostable qui est formé par les portes logiques NOR (III) et (IV) du circuit intégré IC₂, la sortie de ce circuit délivre des états hauts dont la durée notée ΔT est déterminée par:

$$\Delta T = 0.7 R_9 C_7 \dots\dots\dots(13)$$

La durée de ces états hauts issus de l'astable est égale à 0.7secondes , espacées de 100ms

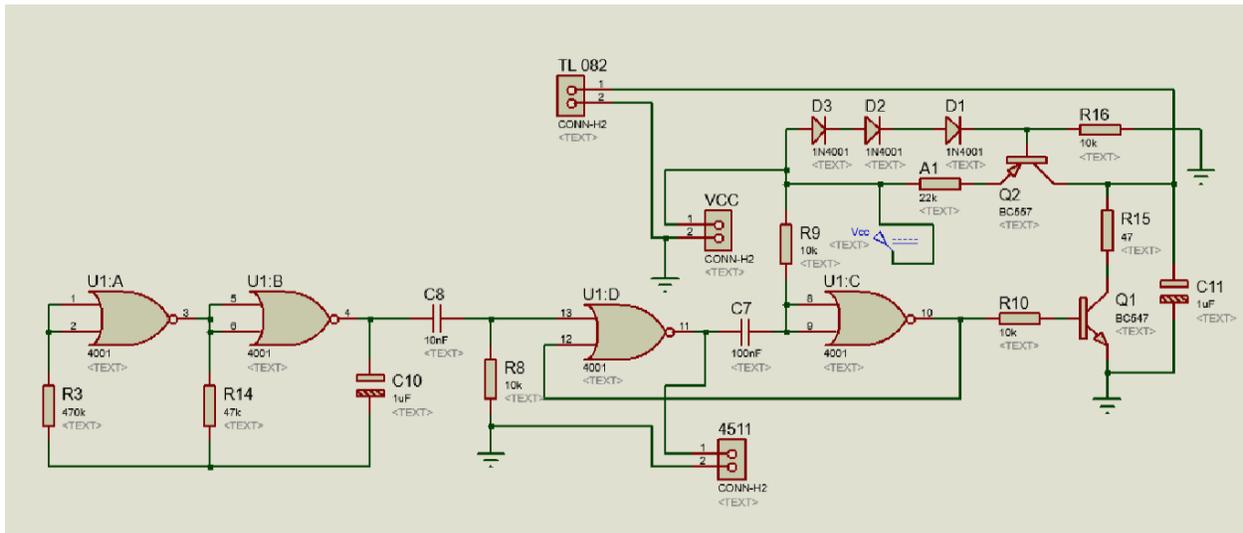


Figure -3.7- Le circuit astable et monostable avec portes logiques sous logiciel ISIS

Une deuxième approche nous a conduit à remplacer le circuit astable à base de portes logiques NOR par un astable à base du CI NE555, le chronogramme obtenu fait l'objet de la figure 3-8 ou nous représentons respectivement le signal issu de l'astable à base de NE555 (signal en jaune)représentant un train d'impulsion et celui à la sortie du dérivateur(en bleu) représentant de brèves impulsions.

les chronogrammes obtenus à la sortie de l'astable et du dérivateurs sont représentés en figure 3-8

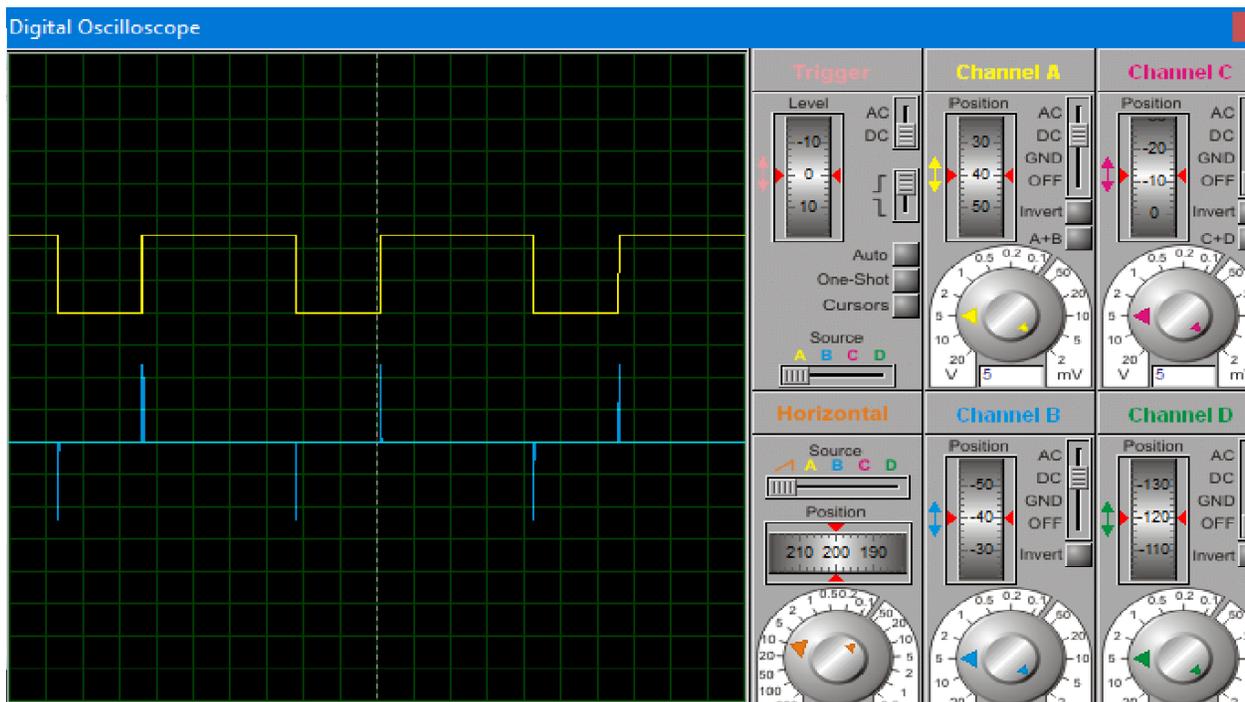


Figure 3-8:Chronogrammes à la sortie de l'astable(en jaune) et du dérivateur(en bleu)

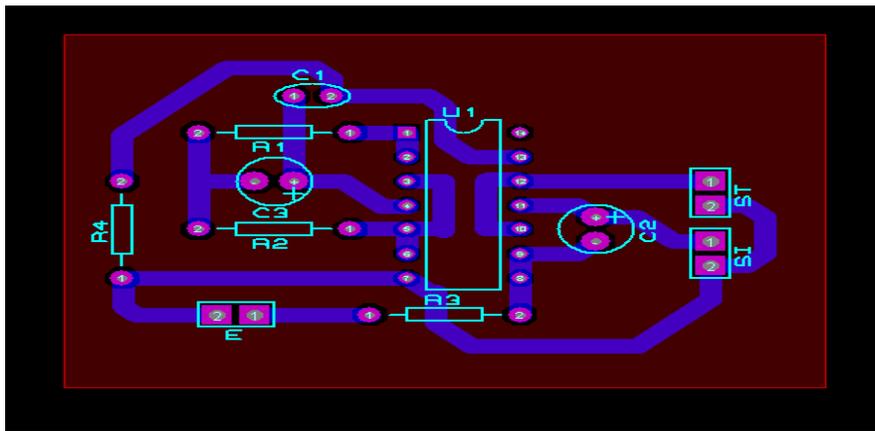


Figure -3.9- Le circuit Astable a base du NE555 sous logiciel ARES.

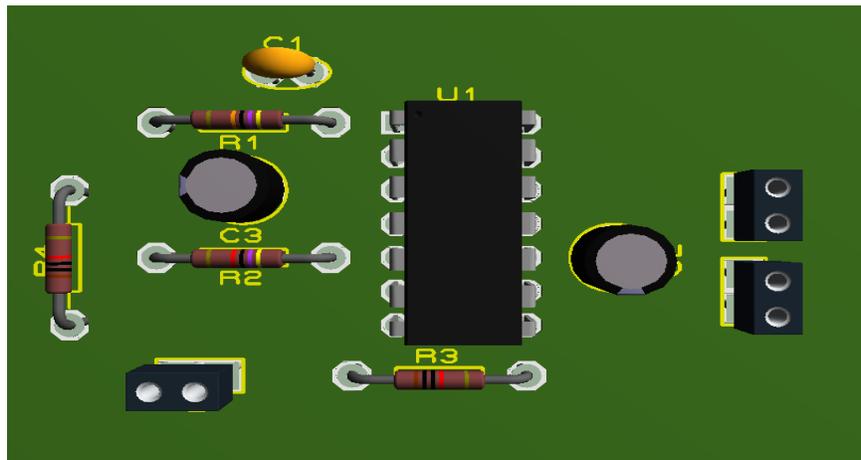


Figure -3.10- La visualisation en 3D de l'astable à base de NE555

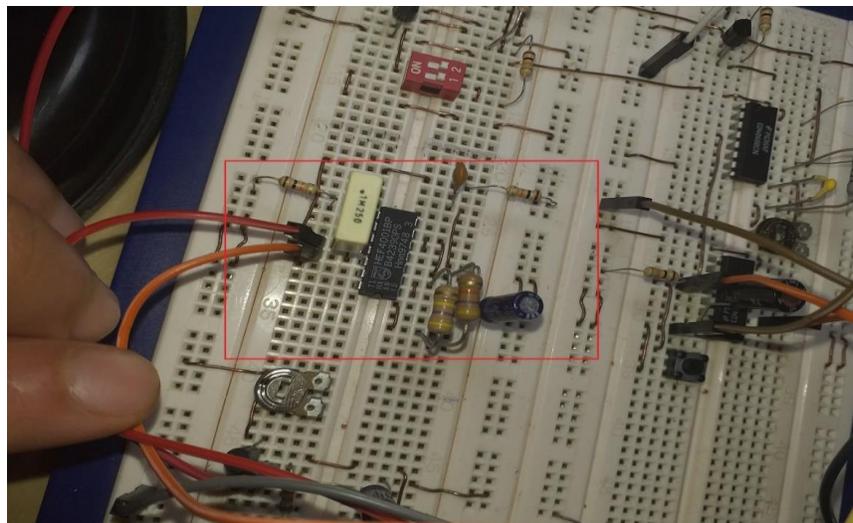


Figure -3.11- l'Astable réalisé pratiquement.

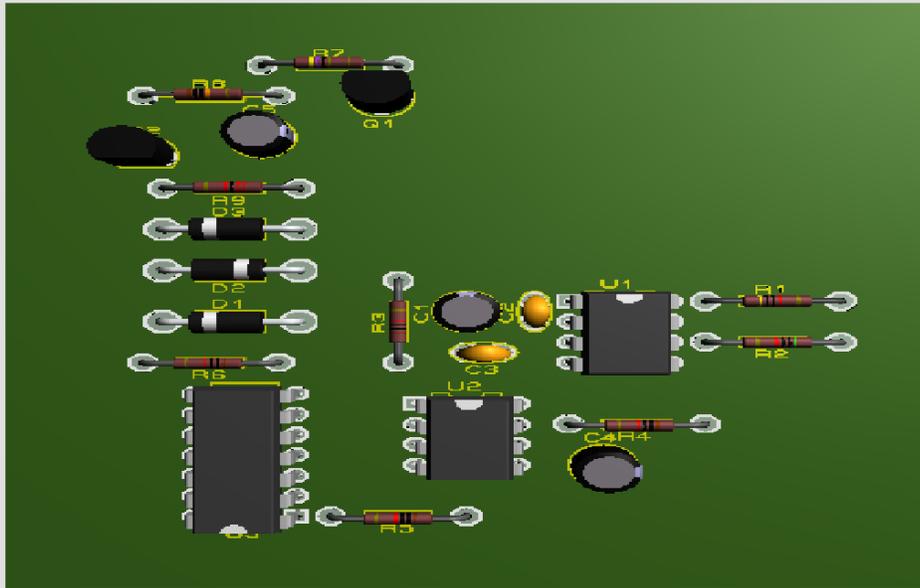


Figure -3.14- La visualisation en 3D de l'Astable et du monostable avec NE555

La bascule monostable que nous avons présenté délivre un état haut assez bref qui va saturer le transistor T_2 , et le condensateur C_{11} se décharge à travers R_{15} et ainsi un nouveau cycle de charge commence. On retrouve alors sur l'armature positive de C_{11} (collecteur de T_1) un signal en dent de scie. la valeur de l'ajustable A_1 permet d'agir sur la pente de la droite de charge permettant de fixer la crête final du signal qui devrait être de l'ordre de 12 volts. On retrouve alors sur l'armature positive de C_{11} un signal en dent de scie qu'on représente sur le chronogramme de la figure 3-15.

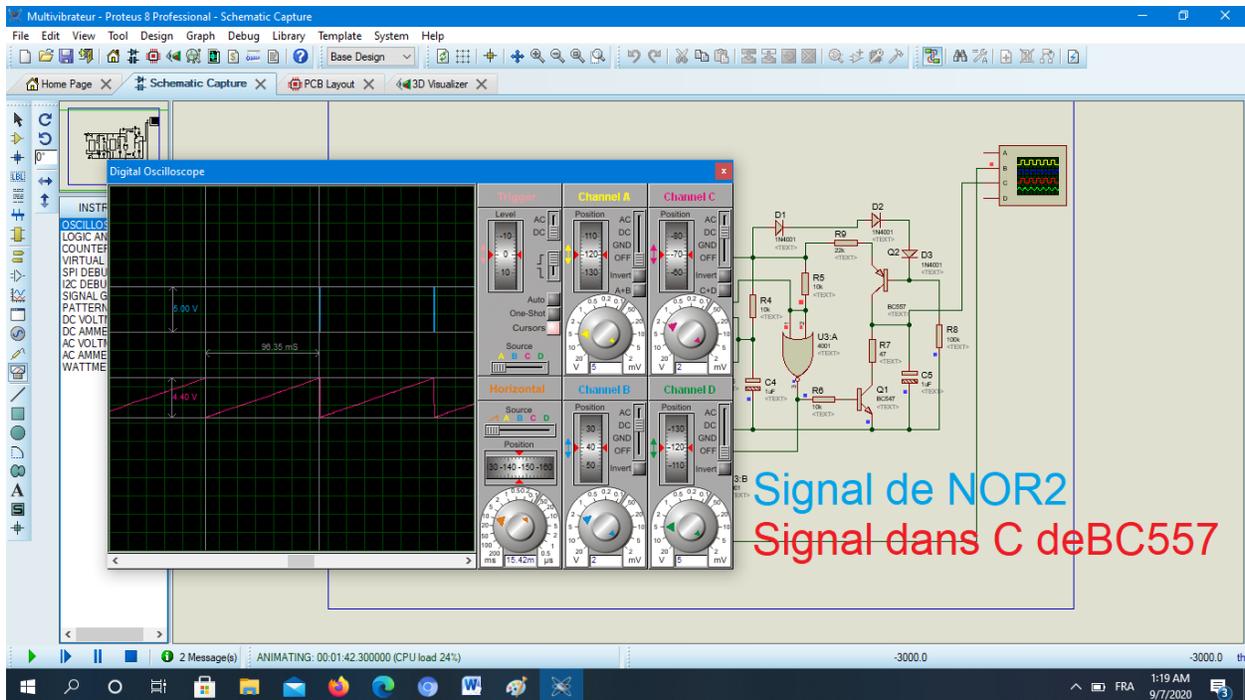


Figure -3.15- Visualisation du signal en dent de scie sur l'armature positive de C₁₁.

III.4. L'affichage numérique

On s'intéresse dans cette partie à l'affichage de la différence de température:

Les composants utilisés dans cette partie sont :

- Les CI 4518, 4511, 4060, et 4033.
- 4 afficheurs sept segments à anode commune.
- Résistances de 1 K Ω , 4 de 10 K Ω , 1 M Ω , et 28 résistances de 1.8 K Ω .
- Une diode 1N4001.
- Transistor bipolaire BC 547
- Condensateur de 47 μ F, 1 nF, 10 nano, et 220 pF.
- Bouton poussoir.
- Résistance ajustable de 100 K Ω

La partie du circuit permettant l'affichage de la différence des températures réalisé par ISIS fait l'objet de la figure 3-17

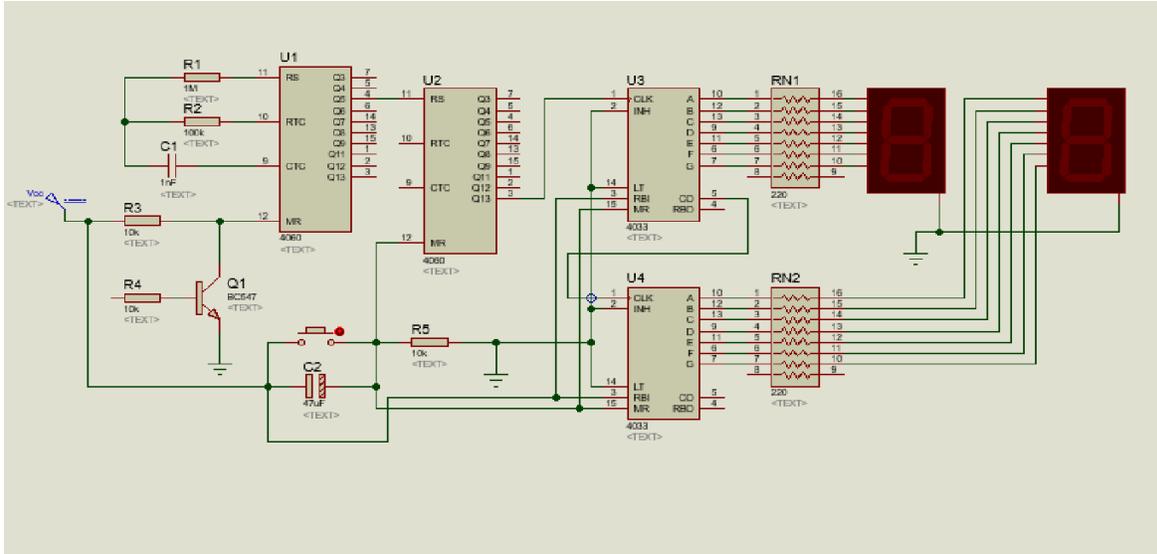


Figure -3.16- Circuit d'affichage de la différence des températures.

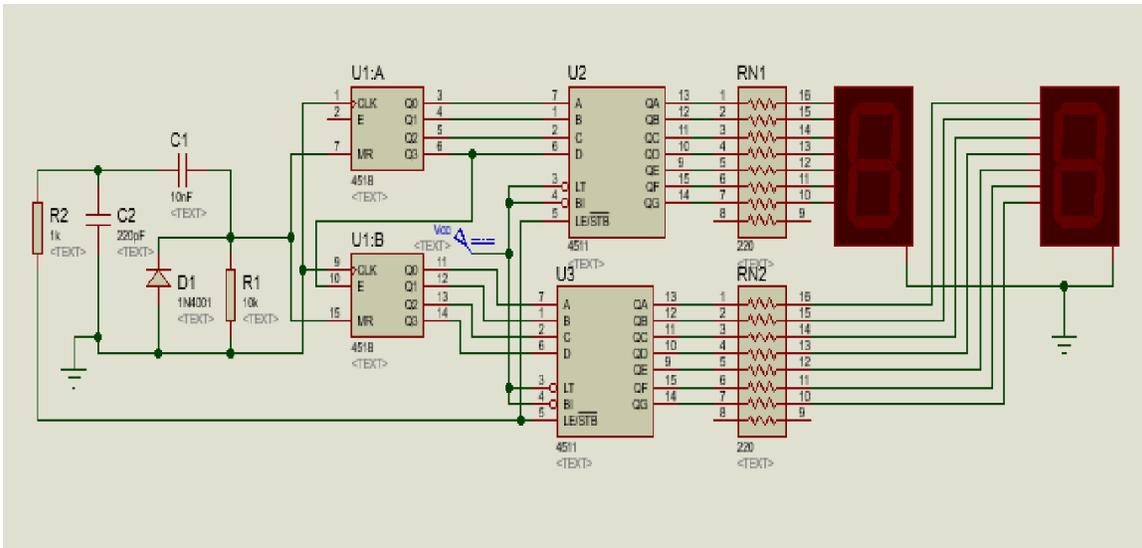


Figure -3.17- Circuit d'affichage de la mesure de la durée du chauffage à l'état actif.

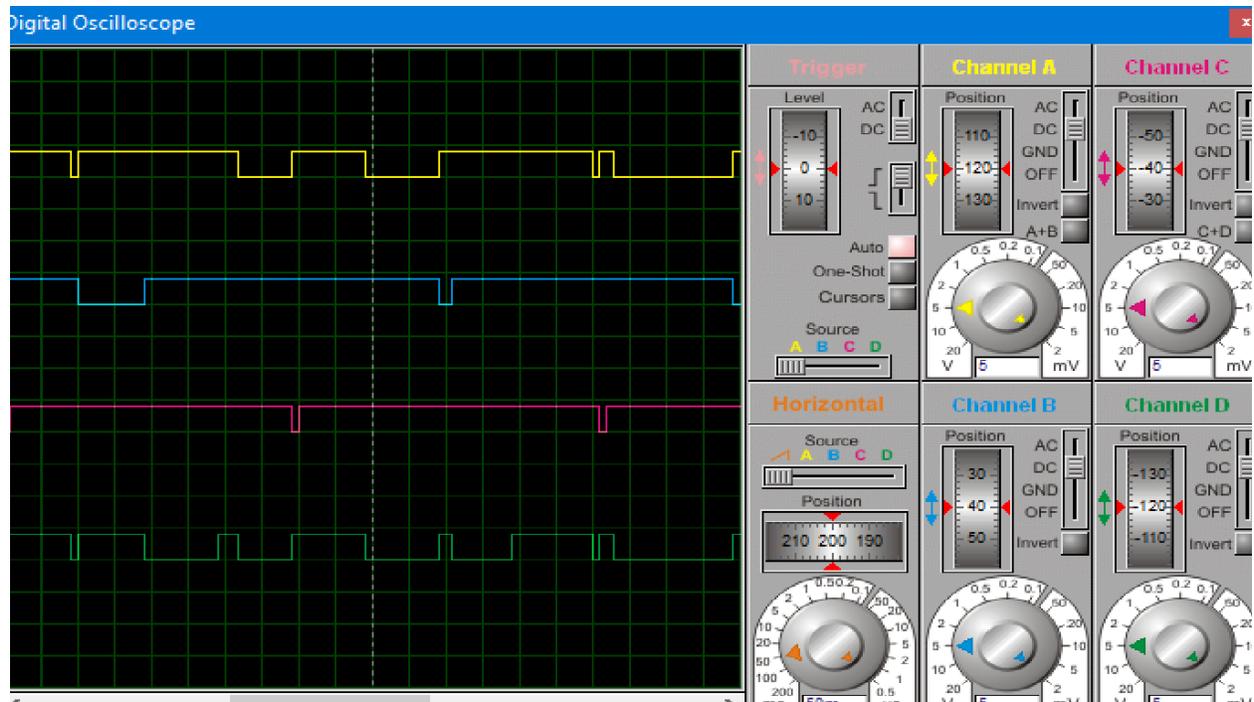


Figure -3.18- Chronogramme des signaux aux sorties du 4518

✓ **Affichage de la différence de température:**

Le double compteur BCD U7 CD 4518 est muni du compteur A et B où le compteur A est affecté au comptage des unités, le compteur B est affecté au comptage des dizaines, le compteur a évolué au rythme des fronts descendants qui sont appliquées sur l'entrée ENABLE, dans ce cas les quatre sorties Q0, Q1, Q2, Q3 vont évoluer selon le principe des compteurs BCD, quand on atteint la valeur binaire 1001, la position qui va suivre (0) permettra l'application d'un front descendant sur Q3 qui est relié à l'entrée ENABLE du compteur B.

Les entrées LE de U8 et U9 sont des décodeurs qui mémorisent le contenu des registres binaire des compteurs A et B dans ces décodeurs qui sera affichée sur les deux afficheurs 1 relié à U8 et 2 relié à U9

✓ **Mesure de la durée du chauffage à l'état actif**

lorsque le CD 4060 (U6) est à l'état actif, on retrouve sur la sortie Q5 un train d'impulsions ou la période est le quadruple de celle retrouvée sur le train d'impulsion recueilli sur la sortie Q5. La sortie Q13 du U10 est reliée au compteur décodeur U11 relié à l'entrée horloge de U12 compteur qui comptabilise les dizaines . Les sorties de U11 et U12 alimentent les segments des afficheurs 3 (comptage des unités) et 4 (comptage des dizaines).

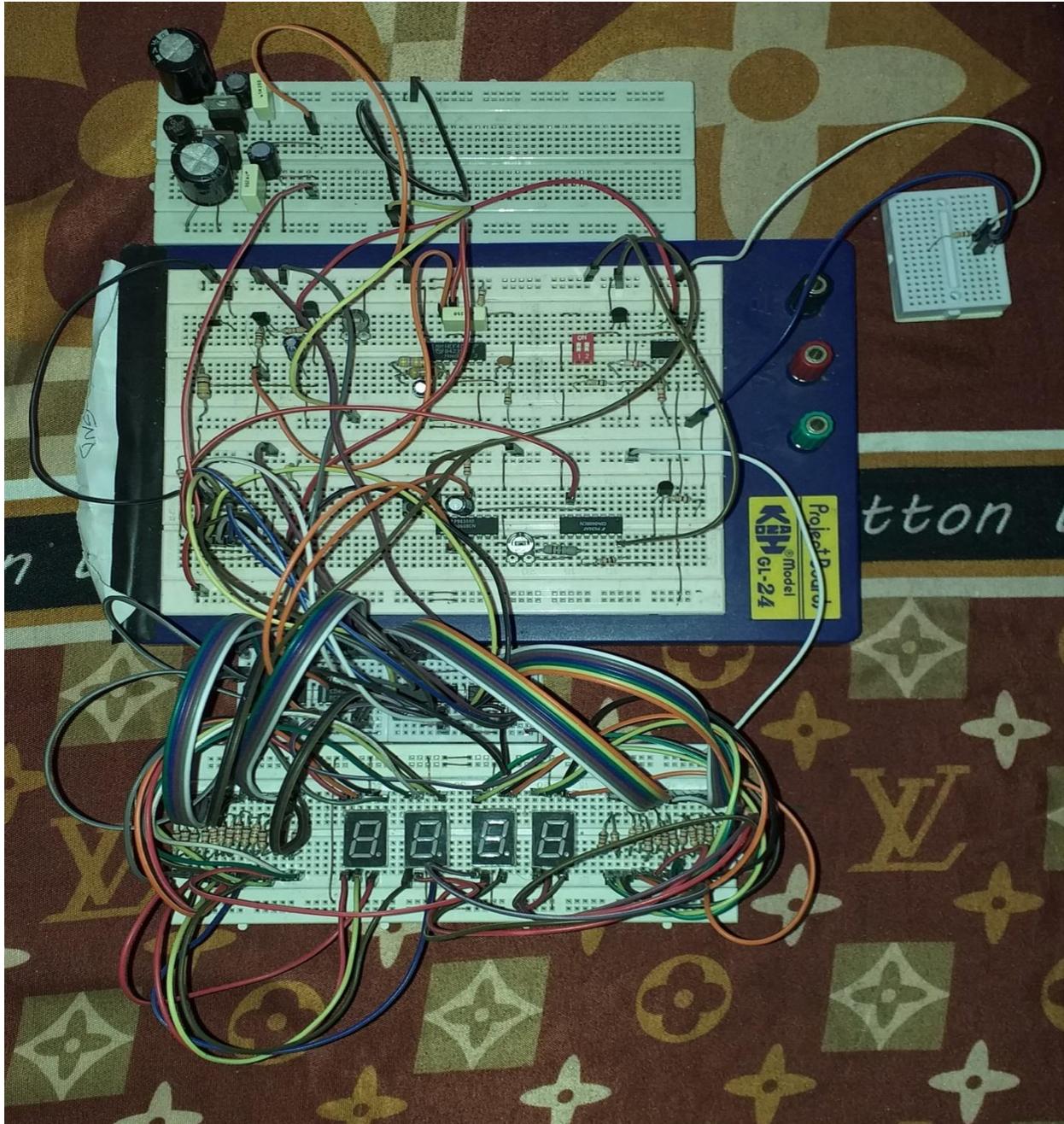


Figure -3.19- Le circuit étudié réalisé sur plaque d'essai

Pour finir, on donne un exemple d'affichage concernant le circuit appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage.

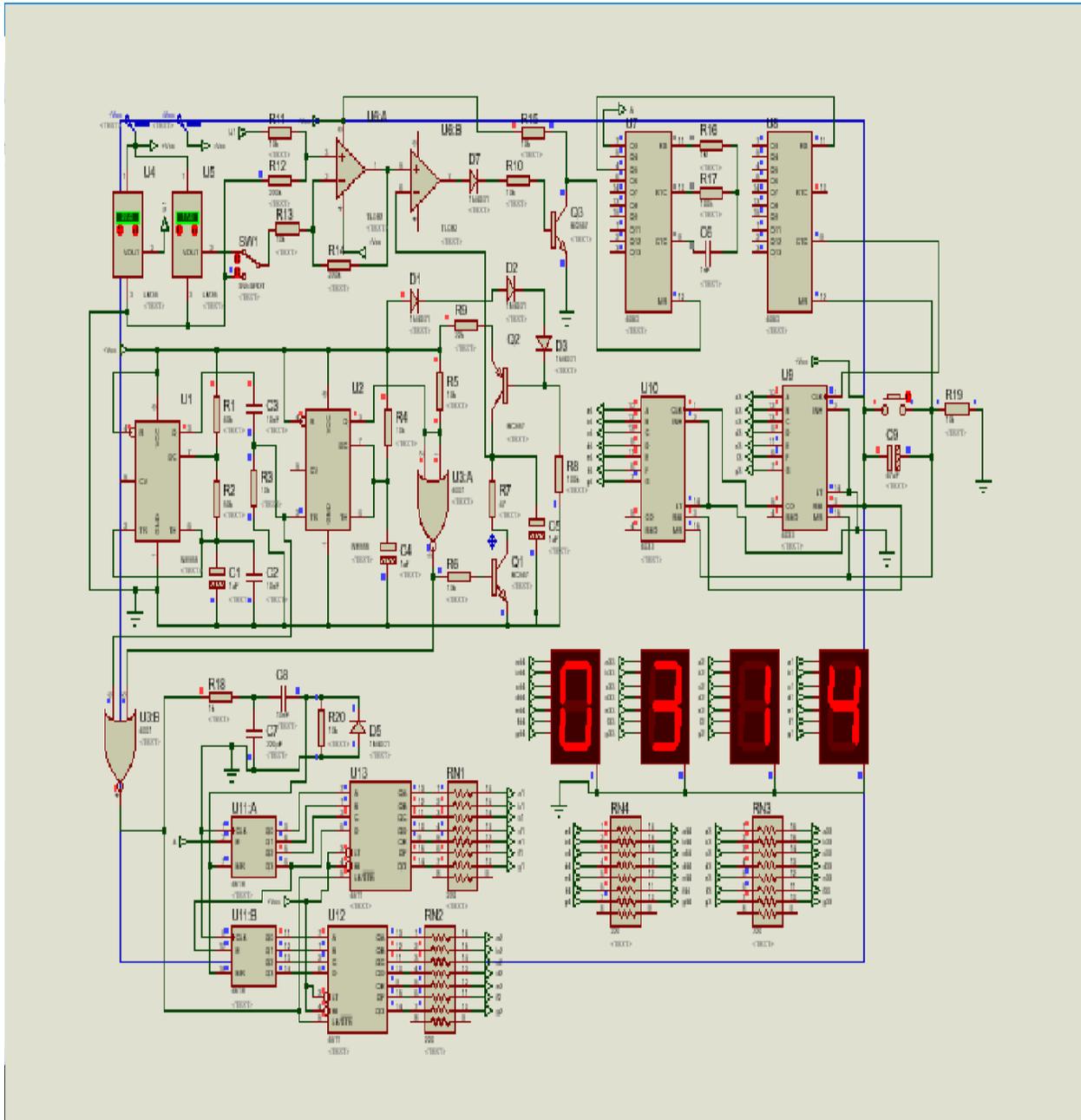


Figure -3.20- Le circuit étudié réalisé sous ISIS.

Conclusion général

Pour réduire les gaspillages et les consommations inutiles de l'énergie on doit être capable tout d'abord d'estimer la quantité d'énergie consommée à court puis à long terme pour trouver la solution adéquate permettant la réduction de cette consommation. Le montage que nous présentons est un appareil de mesure de consommation de l'énergie du chauffage, qui va permettre aux utilisateurs de contrôler leur consommation en donnant de façon incessante une idée de la consommation instantanée ainsi qu'une vue à plus long terme de cette consommation

Notre travail nous a donc permis d'étudier un appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage qu'on peut utiliser par exemple à la maison .Nous avons ainsi pu présenter les différents montage constituant cet indicateur, nous allons alors pu présenter tout d'abord les capteurs, et avons aussi examiné le fonctionnement des différents étages constituant notre circuit. une dernière étape a consisté à analyser notre circuit et présenter les chronogrammes aux différents nœuds de ce montage.

Cette étude bien que assez simple, nous a été très bénéfique, car elle nous a permis de compléter notre formation et ceci de par le fait que nous avons pu nous familiariser avec différents montages électroniques que nous avons étudié au cours de notre formation. Pour terminer ce type de montage trouve son utilisation dans les endroits utilisant des chauffage et surtout en hiver ou il permettrait de contrôler la quantité d'énergie utilisée.

Références Bibliographiques

- [1] <https://fr.wikipedia.org/wiki/Temp%C3%A9rature>
- [2] Pascal MASSON, " les diodes", Ecole polytechnique Universitaire de Nice Sophia-Antipolis Cycle Initial Polytechnique.
- [3] Desmaretz Gérard " Les semi-conducteurs : diode & transistor"
- [4] Eric Cariou, "circuits logiques" Université de Pau et des Pays de l'Adour UFR Sciences Pau - Département Informatique
- [5] <https://www.epsic.ch/branches/electronique/techn99/elnthcomp/diodthtxt.html>
- [6] <http://for-ge.blogspot.com/2015/07/ne555.html>
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/555_timer_IC#/media/File:NE555_Bloc_Diagram.svg
- [8] http://chari.123.ma/doc_1/salmani/atc1/traiter/LogiqueSequentielle_partie2.pdf
- [9] Eduardo Sanchez , "Les compteurs" , cours, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
- [10] https://fr.wikipedia.org/wiki/Afficheur_7_segments
- [11] http://res-nlp.univ-lemans.fr/NLP_C_M14_G01/co/Module_NLP_C_M14_G01.html
- [12] http://www.zpag.net/Electroniques/Amuser/afficheur_ci_4511.html

Annexe

1 – La boîte d'alimentation

Dans notre projet on a besoin une tension continue pour alimenter les autres blocs de ce projet, et pour cela nous avons faire une boîte alimentation pour faire une conversation de la tension de la prise 220 volts 50 Hz alternatives à deux tension continues de +12 et -12 volts.

Les composants de ce bloc sont :

- Un transformateur
- Le régulateur 7812 pour la tension positive
- Le régulateur 7912 pour la tension négative
- Un pont de diode
- Condensateur pour le filtrage

Dans notre circuit on va faire tous d'abord le transformateur relie entre l'alimentation de 220 volts alternatives et le pont de diode, après relie le pont de diode avec deux condensateur de filtrage de 2200 μ F avec le composant 7812 pour faire une tension positive et le 7912 pour une tension négative.

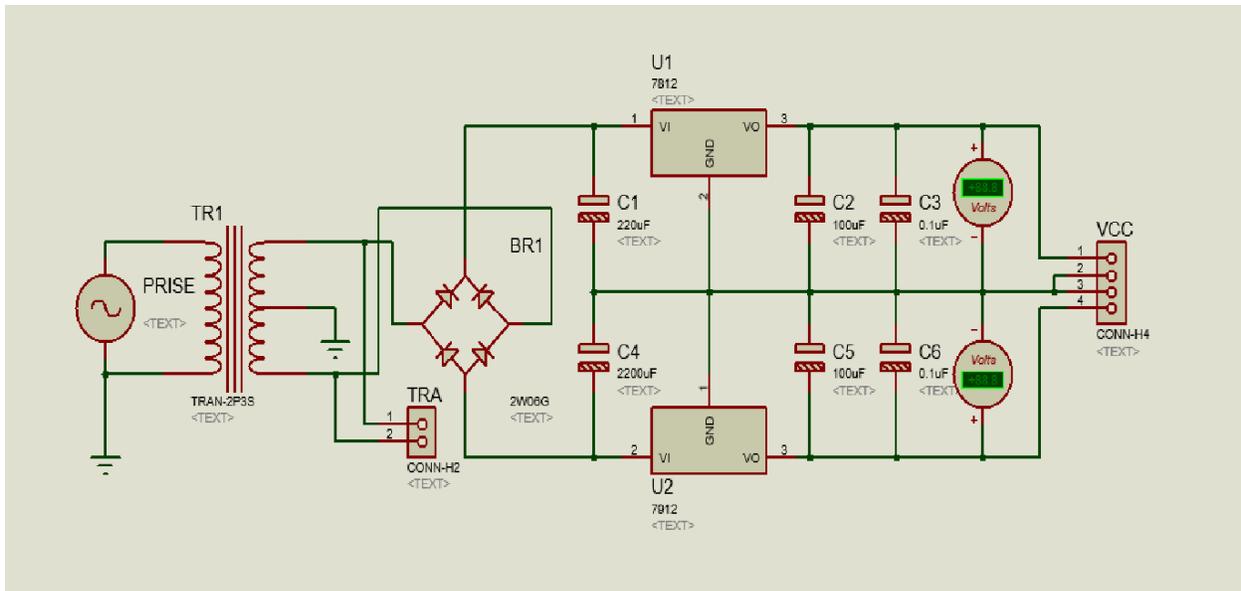


Figure -4.1- L'alimentation DC sous ISIS

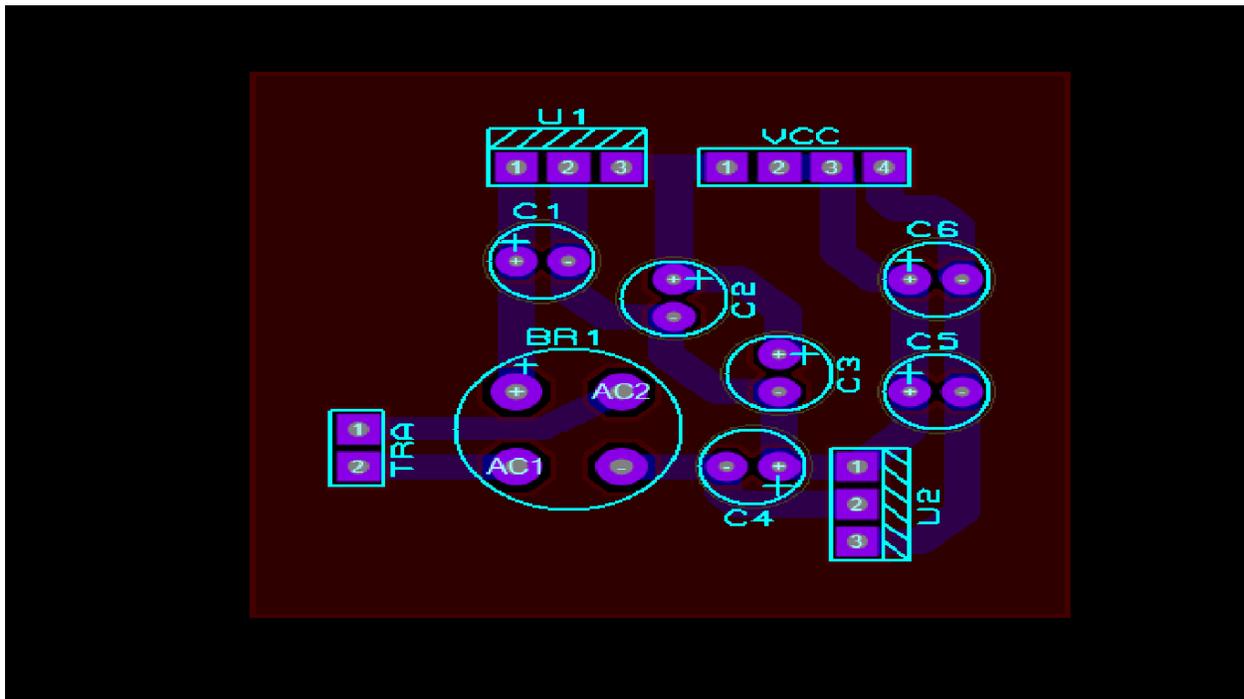


Figure -4.2- L'alimentation DC sous ARES

2 - Résistance

Une résistance ou resistor est un composant électronique ou électrique dont la principale caractéristique est d'opposer une plus ou moins grande résistance (mesurée en ohms) à la circulation du courant électrique.

C'est par métonymie que le mot « résistance », qui désigne avant tout une propriété physique, en est venu à désigner aussi un type de composant que certains préfèrent appeler un « dipôle résistant ». On utilise également, pour l'enseignement de la physique, le terme « résisteur » ou l'anglicisme « résistor » (du mot resistor qui, en anglais, désigne ce type de composant), ou encore l'expression « conducteur ohmique », de façon à éviter d'utiliser le même terme pour l'objet et sa caractéristique.

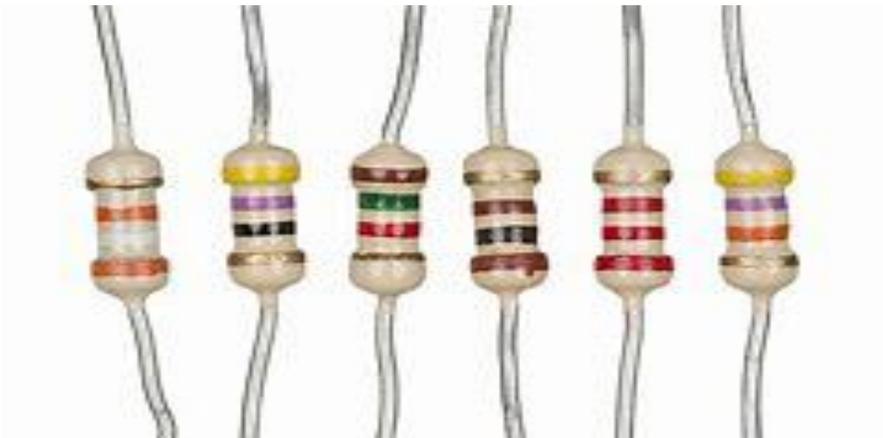


Figure -4.3- La résistance

Les résistances sont réalisées de manière à approcher de façon très satisfaisante la loi d'Ohm dans une large plage d'utilisation. Néanmoins les contraintes techniques font

qu'elles peuvent présenter une impédance ou une capacité non désirée. Aussi leur résistance peut varier en fonction de paramètres tels que la température, le temps, etc...

Les résistances de faible puissance de l'ordre du watt sont généralement des résistances à couche de carbone sur un support de céramique. Toutefois d'autres technologies sont utilisées: les résistances à couche ou oxyde métallique... . Elles possèdent différentes propriétés: exactitude, stabilité, inductance ou capacité, bruit thermique...

Pour les puissances supérieures, la technique du fil résistant enroulé sur un corps en céramique est souvent utilisée. C'est en général un alliage de chrome, nickel, fer qui est utilisé.

Pour les très fortes puissances, on peut utiliser une technologie dite des résistances liquides consistant à faire passer le courant à travers une solution aqueuse contenant des ions cuivre.

Figure -4.4- Symbole sous ANSI



Figure -4.5- Symbole sous IEC



La valeur des résistances à couche standard est habituellement indiquée sur le composant sous forme d'anneaux de couleurs. Le code en est défini par la norme CEI 60757. Afin de standardiser les valeurs possibles des résistances, il existe des séries de valeurs normales pour résistances. Ces valeurs normalisées sont définies par la norme CEI 60063.

Le troisième anneau n'est utilisé que lorsque la tolérance de la résistance est inférieure ou égale à 2 %.

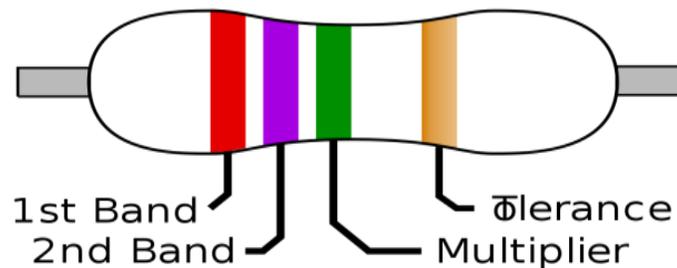


Figure -4.6- La tolérance de la résistance

Les valeurs des résistances sont en ohm ou bien kilo ohm ou bien méga ohm.

Dans le circuit on peut de trouver deux résistances ou bien plus en série ou en parallèle, dans ce cas on va faire la résistance équivalente.

1 – Le cas de en série : La résistance équivalente est égale la somme des résistances c'est-à-dire : $R_E = R_1 + R_2 + \dots + R_N$

2 – Le cas de en par parallèle : un sur la résistance équivalente est égale un sur la 1^{er} résistance plus un sur la 2^{ème} résistance... c'est-à-dire :

$$1/R_E = 1/R_1 + 1/R_2 + \dots + 1/R_N$$

$$R_E = R_1 \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

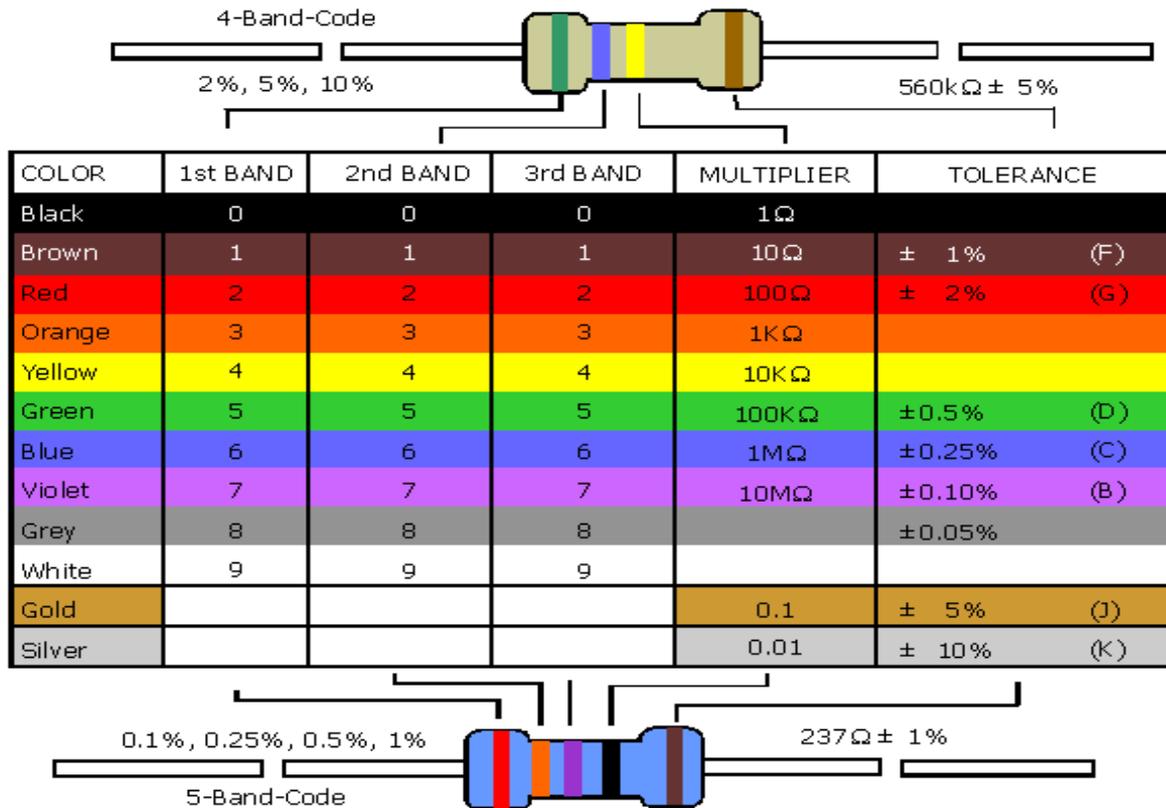


Figure -4.7- Code des couleurs pour les résistances

3 – Condensateur

Le condensateur est un composant électronique élémentaire, constitué de deux armatures conductrices (appelées « électrodes ») en influence totale et séparées par un isolant polarisable (ou « diélectrique »). Sa propriété principale est de pouvoir stocker des charges électriques opposées sur ses armatures. La valeur absolue de ces charges est proportionnelle à la valeur absolue de la tension qui lui est appliquée.

Le condensateur est utilisé principalement pour :

- Stabiliser une alimentation électrique (il se décharge lors des chutes de tension et se charge lors des pics de tension).
- Traiter des signaux périodiques (filtrage...).
- Séparer le courant alternatif du courant continu, ce dernier étant bloqué par le condensateur.
- Stocker de l'énergie, auquel cas on parle de super condensateur.

Le condensateur est caractérisé par le coefficient de proportionnalité entre charge et tension appelé capacité électrique et exprimée en farads (F). La relation caractéristique d'un condensateur idéal est : $I=C.dU/dt$

où:

I désigne l'intensité du courant électrique qui passe par le composant, exprimée en ampères (symbole A).

U la tension aux bornes du composant, exprimée en volts (symbole V).

C la capacité électrique du condensateur, exprimée en farads (symbole F)

dU/dt la dérivée de la tension par rapport au temps.

Les signes sont tels que l'électrode par laquelle entre le courant (dans le sens conventionnel du courant : + vers -) voit son potentiel augmenter.



Figure -4.8- Le condensateur

On définit la relation par:

$$Q=C.U$$

où :

Q est la charge stockée sur sa borne positive et s'exprime en coulombs.

C est la capacité électrique du condensateur en farads.

U est la tension aux bornes du composant en volts.

Le mot **condensateur** peut désigner spécifiquement un composant électrique ou électronique conçu pour pouvoir emmagasiner une charge électrique importante sous un faible volume ; il constitue ainsi un véritable accumulateur d'énergie.

En octobre 1745, le physicien Ewald Georg von Kleist de Poméranie en Allemagne, invente le premier condensateur. Peu de temps après en janvier 1746, le physicien hollandais Pieter van Musschenbroek le découvre aussi de façon indépendante. Il l'appelle bouteille de Leyde car Musschenbroek travaillait alors à l'université de Leyde.

Un condensateur est constitué fondamentalement de deux conducteurs électriques, ou « armatures », très proches l'un de l'autre, mais séparés par un isolant, ou « diélectrique ».

La charge électrique emmagasinée par un condensateur est proportionnelle à la tension appliquée entre ses deux armatures. Aussi, un tel composant est-il principalement caractérisé par sa capacité, rapport entre sa charge et la tension.

La capacité électrique d'un condensateur se détermine essentiellement en fonction de la géométrie des armatures et de la nature du ou des isolants ; la formule simplifiée suivante est souvent utilisée pour estimer sa valeur :

$$C = \epsilon \cdot S / e$$

Avec S la surface des armatures en regard (en mètre carré (m²)).

e distance entre les armatures (en mètre (m)).

ϵ la permittivité du diélectrique (en farad par mètre (Fm⁻¹)).

La recherche de la plus forte capacité pour les plus faibles volume et coût de fabrication conduit à réduire autant que possible l'épaisseur d'isolant entre les deux armatures ; comme la tension de claquage diminue également dans la même proportion, il y a souvent avantage à retenir les meilleurs isolants.

Où ϵ_0 représente la permittivité électrique du vide (8,85 10⁻¹² Fm⁻¹) et ϵ_r la permittivité relative de l'isolant.

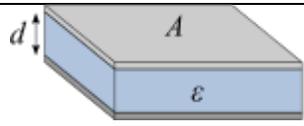
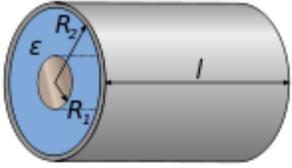
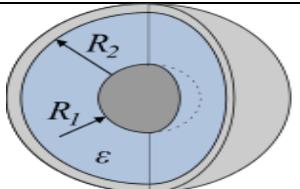
Désignation	Capacité	Champ électrique	Représentation
Condensateur plan	$C = \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A / d$	$E = Q / (\epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot A)$	
Condensateur cylindrique	$C = 2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot l / (\ln(R_2 / R_1))$	$E = Q / (2 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r)$	
Condensateur sphérique	$C = 4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r \cdot ((R_2 - R_1) / (R_2 R_1))$	$E = Q / (4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0 \cdot \epsilon_r)$	

Figure -4.9- tableau pour chaque type de condensateur

L'intensité qui circule dans la branche où est présent un condensateur, ne dépend pas directement de la tension aux bornes de ce condensateur, mais de la variation de cette tension. Ainsi, on écrit généralement l'équation (en convention récepteur, q étant la charge de l'armature sur laquelle arrive i) :

$$i = dq/dt$$

avec:

$$q = C.u \rightarrow i = C.du/dt$$

On peut ainsi en déduire l'impédance du condensateur alimenté par une tension fonction périodique du temps :

$$Z = U/I = 1/(jC\omega)$$

Si dans un circuit trouver deux condensateurs ou plus en parallèle ou bien en série on va faire un condensateur équivalent.

Le cas d'en parallèle, le condensateur équivalent est la somme de condensateurs

$$C_E = C_1 + C_2 + \dots + C_N$$

Le cas de en par parallèle : un sur la résistance équivalente est égale un sur la 1^{er} résistance plus un sur la 2^{ème} résistance... c'est-à-dire

$$1/C_E = 1/C_1 + 1/C_2 + \dots + 1/C_N$$

$$C_E = C_1.C_2/(C_1 + C_2)$$

Résumé

Afin de réduire les gaspillages et les consommations surabondants de l'énergie on doit être capable tout d'abord d'estimer la quantité d'énergie que nous consommons à court et à long terme pour trouver la solution adéquate et qui s'impose nous permettant la réduction de cette consommation. Le montage que nous présentons est un appareil de mesure de consommation de l'énergie du chauffage, qui va permettre aux utilisateurs de contrôler leur consommation en donnant de façon incessante une idée de la consommation instantanée ainsi qu'une vue à plus long terme de cette consommation. Ce mémoire nous a donc permis d'étudier un appareil de mesure de consommation d'énergie de chauffage qu'on peut utiliser par à la maison et qui nous permettra d'estimer puis contrôler notre consommation énergétique en donnant de façon permanente et continue une idée de la consommation instantanée ainsi qu'une vue à plus long terme de cette dernière en affichant la quantité d'énergie utilisée .
Mots clés : Energie, consommation, énergie du chauffage, thermique.

Abstract

In order to reduce waste and excess energy consumption, we must first of all be able to estimate the amount of energy that we consume in the short and long term in order to find the appropriate solution that is necessary allowing us reducing this consumption. The circuit presented here is an indicator of heating energy consumption, which will allow users to control their consumption by constantly giving an idea of instantaneous consumption as well as a longer-term view of this consumption. This work therefore allows us to study an indicator of heating energy consumption that can be used at home and which will allow us to estimate and then control our energy consumption by giving a permanent and continuous idea of the instantaneous consumption as well as a longerterm view displaying the amount of energy used.
Key words : Energy, consumption, energy consumption, thermic

الملخص

من أجل الحد من ال تبذير وإفراط الطاقة يجب علينا أولاً أن نكون قادرين على تقدير كمية الطاقة التي نستهلكها على المدى القصير والطويل من أجل إيجاد الحل الصحيح الذي يسمح لنا بالحد من هذا الاستهلاك. التجميع الذي نقدمه هو مؤشر على استهلاك الطاقة من التدفئة، والتي سوف تسمح للمستخدمين للسيطرة على استهلاكهم من خلال إعطاء فكرة باستمرار من الاستهلاك الفوري، فضلاً عن نظرة طويلة الأجل لهذا الاستهلاك. هذا الموجز سمح لنا بدراسة مؤشر استهلاك الطاقة التدفئة التي يمكن استخدامها من قبل المنزل والتي من شأنها أن تسمح لنا لتقدير ومن ثم التحكم في استهلاك الطاقة لدينا من خلال إعطاء فكرة دائمة ومستمرة للاستهلاك الفوري، فضلاً عن نظرة على المدى الطويل من خلال إظهار كمية الطاقة المستخدمة

الكلمات المفتاحية: طاقة, استهلاك, استهلاك طاقة, حرارة