

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme de MASTER**

En : ELECTRONIQUE

Spécialité : INSTRUMENTATION

Par : BEKHTI Ismail et CHOUIH Ihab

Sujet

Etude, Simulation et Réalisation d'un Circuit Electronique Régulateur de Température

Soutenu publiquement, le **13/06/2024**, devant le jury composé de :

M BENAÏSSA Mohamed	Professeur	Université de Tlemcen	Président
Mme RAHOU Fatima Zohra	MCB	Université de Tlemcen	Examineur
M LACHACHI Djamel	MCA	Université de Tlemcen	Encadreur
Mme GHEFIR Fatiha Djazia	MAA	Université de Tlemcen	Co-Encadreur

Année universitaire : 2023 / 2024

Résumé

Ce mémoire de projet de fin d'études se concentre sur l'étude, la simulation et la réalisation d'un dispositif électronique conçu pour réguler la température ambiante dans une plage prédéfinie. À l'aide d'une résistance à coefficient de température négatif, ce circuit électronique émettra des indications via trois LED, indiquant si la température est supérieure, inférieure ou égale à celle programmée par l'utilisateur. De plus, la température programmée sera affichée sur des afficheurs 7 segments. Chaque composant électronique contribuant au fonctionnement du montage a été étudié en détail. En remplaçant le capteur de température par une résistance variable, cela nous a permis d'observer l'évolution du système dans la réalisation pratique sur la plaque d'essai, en fonction des variations de température, afin d'obtenir les résultats désirés. Les différentes étapes de cette étude sont décrites en détail dans ce mémoire.

Mots clé : Astable ; Circuits Intégrés ; CMOS ; Portes logiques ; Amplificateur Opérationnel ; Compteur/Décompteur ; Décodeur ; Comparateur ; CTN.

Abstract

This final project thesis focuses on the study, simulation, and implementation of an electronic device designed to regulate ambient temperature within a predefined range. Using a negative temperature coefficient resistor, this electronic circuit will provide indications via three LEDs, indicating whether the temperature is higher, lower, or equal to that programmed by the user. Additionally, the programmed temperature will be displayed on 7-segment displays. Each electronic component contributing to the operation of the assembly has been thoroughly studied. By replacing the temperature sensor with a variable resistor, we were able to observe the system's evolution in practical implementation on the breadboard, based on temperature variations, to achieve the desired results. The various stages of this study are described in detail in this thesis.

Keywords : Astable ; Integrated Circuits ; CMOS ; Logic Gates ; Operational Amplifier ; Counter/Decounter ; Decoder ; Comparator ; CTN.

ملخص

تركز هذه المذكرة على دراسة ومحاكاة وانجاز جهاز إلكتروني مصمم لتنظيم درجة الحرارة المحيطة في نطاق محدد مسبقاً. باستخدام مقاومة ذات معامل حراري سلبي، ستقوم هذه الدائرة الإلكترونية بإصدار إشارات عبر 3 ثنائية ضوئية، تشير ما إذا كانت درجة الحرارة أعلى أو أقل أو متساوية مع تلك المبرمجة من قبل المستخدم. بالإضافة إلى ذلك، سيتم عرض درجة الحرارة المبرمجة على مرصن 7 قطع. تمت دراسة كل جزء إلكتروني ووظيفته التي تساهم في عملية تشغيل المشروع بالتفصيل. من خلال استبدال مستشعر درجة الحرارة بمقاومة قابلة للتغيير، تمكنا من مراقبة تطور النظام في التنفيذ العملي على اللوحة التجريبية، استناداً إلى تغيرات درجة الحرارة، للحصول على النتائج المرغوبة. يتم وصف مراحل هذه الدراسة بالتفصيل في هذه المذكرة .

الكلمات المفتاحية : مذبذب مستقر ؛ دوائر متكاملة ؛ بوابات منطقية ؛ مظخم عمليات ؛ عداد / عداد تنازلي ؛ فك التشفير ؛ مستشعر بمعامل درجة حرارة سالبة ؛ مُقارن منطقي

Remerciement

Nous commençons par exprimer un grand merci à **ALLAH** Tout-Puissant pour nous avoir donné la force et le courage nécessaires pour réaliser ce travail .

Nous souhaitons également exprimer notre sincère reconnaissance envers notre encadrant de recherche,

Mr.LACHACHI Djamal, et notre co-encadrante, **Mme.GHEFIR Fatiha Djazia**. Nous sommes honorés d'avoir bénéficié de leur précieux enseignement, de leur soutien inestimable, de leurs orientations éclairées et de leurs conseils avisés.

Un immense merci aux president de jury **Mr.BENAISSA Mohamed** et l'examinatrice **Mme.RAHOU Fatima Zohra** pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant d'évaluer ce travail.

Nous tenons également à exprimer notre profonde gratitude envers notre famille pour son soutien indéfectible tout au long de ce parcours. Nos parents ont été une source constante d'encouragement et d'assistance, et nous leur en sommes reconnaissants.

Enfin, nous souhaitons remercier chaleureusement tous ceux et celles qui nous ont soutenus dans la réalisation de ce modeste travail. Nous remercions aussi tout le corps enseignant et administratif qui a contribué à notre formation universitaire. Sans oublier tous nos amis.

Dédicace

Je dédie ce travail ...

A mes Parents

Pour leur amour, leur soutien indéfectible, et leurs encouragements constants tout au long de ce parcours universitaire. Leurs sacrifices et leur confiance en moi ont été une source inépuisable de motivation.

A ma sœur Fatima Zohra et mon frère Ilyes

Pour leur soutien inconditionnel, leur inspiration. Leur affection et leur encouragement m'ont aidé à surmonter les défis et à atteindre mes objectifs.

A mes professeurs

Qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences m'ont aidé dans la poursuite de mes études.

A mes amis MESTARI Mouaad , BOUDJERAD Ismail , OUANANI Salim et mes proches

Pour leur amitié, leur soutien moral et leur compréhension. Leurs mots d'encouragement ont été une source de réconfort dans les moments difficiles.

A mon binôme BEKHTI Ismail

On a collaboré de manière fructueuse. Notre esprit d'équipe et notre détermination partagée à mener à bien ce projet ont été essentiels

A toute ma famille : CHOUIH et MEFTAH

A tous mes amis de la promotion Instrumentation 2023/2024

CHOUIH Ihab

Dédicace

Je dédie ce travail ...

A mes Parents

Pour leur amour, leur soutien indéfectible, et leurs encouragements constants tout au long de ce parcours universitaire. Leurs sacrifices et leur confiance en moi ont été une source infinie de motivation.

À ma sœur et mes deux frères

Pour leur soutien inconditionnel,leur inspiration. Leur affection et leur encouragement m'ont aidé à surmonter les défis et à atteindre mes objectifs.

A mes professeurs

Qui m'ont enseigné et qui par leurs compétences m'ont aidé dans la poursuite de mes études.

A mes amis

Pour leur amitié, leur soutien moral et leur compréhension. leurs mots d'encouragement ont été une source de réconfort dans les moments difficiles.

A mon binôme CHOUIH Ihab

On a collaboré de manière fructueuse. Notre esprit d'équipe et notre détermination partagée à mener à bien ce projet ont été essentiels

A toute ma famille

A tous mes amis de la promotion Instrumentation 2023/2024

BEKHTI Ismail

Table des Matières

Liste des Figures	9
Liste des Tableaux	11
Introduction générale	12
Chapitre 1: Schéma synoptique	13
1.1 Introduction	13
1.2 Description du système régulateur de température	13
1.3 Schéma synoptique	13
1.3.1 La Base de temps	14
1.3.2 La commande de sens de comptage	14
1.3.3 Compteur/décompteur	14
1.3.4 Le Décodeur BCD/7 segments	14
1.3.5 Le Décodeur BCD/décimale	15
1.3.6 Comparateur	15
1.4 Conclusion	15
Chapitre 2: Étude des éléments du montage	16
2.1 Introduction	16
2.2 Alimentation stabilisée	16
2.2.1 Le schéma synoptique de l'alimentation	16
2.2.2 Schéma de principe	17
2.2.3 Fonctionnement de chaque bloc de l'alimentation	17
2.3 Les portes logiques	19
2.3.1 Le circuit intégré CD4001	19
2.3.2 Le circuit intégré CD4081	20
2.4 Le circuit intégré NE555	21
2.4.1 Le mode de fonctionnement	21
2.5 Le circuit intégré CD4029 Compteur-Décompteur	24

2.5.1	Définition	24
2.5.2	Le brochage du CD4029	24
2.5.3	Fonctionnement	25
2.5.4	Horloge en parallèle pour le CD4029 en cascade	27
2.6	Décodeur BCD/DÉCIMAL CD4028	27
2.6.1	Définition :	27
2.6.2	Le brochage du CD4028	27
2.6.3	Le fonctionnement	28
2.7	Le décodeur CD4511 BCD/7SEGMENTS	28
2.7.1	Définition	28
2.7.2	Le brochage du CD4511	29
2.7.3	Le fonctionnement	29
2.8	Les afficheur 7 segments	30
2.9	L'amplificateur opérationnel μ A741	32
2.9.1	Le brochage du μ A741	32
2.9.2	L'amplificateur opérationnel comme comparateur	33
2.10	Le capteur de température (CTN)	34
2.10.1	Principe de fonctionnement	34
2.11	Conclusion	36
Chapitre 3: Simulation et Réalisation du circuit régulateur de température		37
3.1	Introduction	37
3.2	Présentation du logiciel de Simulation :	37
3.3	Présentation de PROTEUS	37
3.3.1	L'environnement de travail de PROTEUS	37
3.3.2	Présentation du module ISIS (Intelligent Schématique Input System)	38
3.3.3	La barre d'outils principale	38
3.3.4	Présentation du module ARES (Advanced Routing And Editing Software)	39
3.4	Schéma électrique générale du montage sous ISIS	40
3.4.1	Le circuit d'alimentation	43
3.4.2	Commande du déplacement du sélecteur	44
3.4.3	Comptage-décomptage	46
3.4.4	Affichage des températures programmées	47
3.4.5	Décodage sur 16 sorties	48

3.4.6	Fonctionnement du Régulateur de température	49
3.5	Conception du circuit sous l'environnement ARES	56
3.6	Réalisation pratique sur plaque d'essai	59
3.7	Conclusion	65
	Conclusion générale	66
	Abréviations	67
	References	68

Liste des Figures

1.1	Le schéma synoptique de notre circuit régulateur de température	14
2.1	Schéma bloc d'une alimentation stabilisée	16
2.2	Schéma de l'alimentation	17
2.3	Transformateur[18]	17
2.4	Redressement double alternance a pont de Graëtz [1]	18
2.5	Filtrage[18]	18
2.6	Circuit de stabilisation et régulation[16]	19
2.7	Disposition des broches du CD4001 [2]	19
2.8	le brochage du CD4081 [3]	20
2.9	Le brochage du NE555[13]	21
2.10	Schéma du circuit intégré NE555 monté en mode astable [4]	22
2.11	Table de vérité de la bascule RS [5]	22
2.12	Signal de sortie du NE555 et charge, décharge du condensateur C.[14]	23
2.13	Le brochage du CD4029 [6]	24
2.14	Chronogramme de comptage du CD4029 en mode BCD [22]	26
2.15	Chronogramme de comptage du CD4029 en mode BINAIRE [22]	26
2.16	Montage en cascade du CD4029 [6]	27
2.17	Le brochage du CD4028 [7]	28
2.18	Le brochage du CD4511 [8]	29
2.19	Afficheur 7 segments Anode commune [21]	30
2.20	Afficheur 7 segments cathode commune [21]	31
2.21	Tableaux de karnaugh des variable des sorties d'un Afficheur 7 segments [20]	31
2.22	Le brochage du μ A741 [9]	32
2.23	L'amplificateur opérationnel comme comparateur [17]	33
2.24	Comparaison des signaux d'entrée[12]	34

2.25	La CTN de 47k Ω [10]	34
2.26	La variation de la résistance CTN 47k Ω en fonction de la température	36
3.1	Environnement de travail ISIS de PROTEUS.	38
3.2	La barre d'outils principale	39
3.3	Environnement de travail ARES de PROTEUS	40
3.4	Schéma générale du montage partie 1	40
3.5	Schéma générale du montage partie 2	41
3.6	Schéma générale du montage partie 3	42
3.7	Simulation de l'alimentation stabilisée sous ISIS	43
3.8	Commande du déplacement du sélecteur sous ISIS	44
3.9	Oscillogrammes des signaux de la base de temps sous ISIS Porteus	45
3.10	Observations suite à la sollicitation de BP1	45
3.11	Observations suite à la sollicitation de BP2.	46
3.12	La configuration spécifique du CD4029 utilisée dans notre circuit	46
3.13	Affichage des températures programmées	47
3.14	Circuit de sélection des température	48
3.15	Table de vérité du décodage BCD sur 16 sorties[12]	49
3.16	Comparateur et affichage LED du régulateur de température	50
3.17	Température ambiante inférieure à la température programmée	53
3.18	Température ambiante égale à la température programmée	54
3.19	Température ambiante supérieure à la température programmée	55
3.20	Schéma d'implantation du circuit régulateur de température sous ARES	56
3.21	Le typon du circuit régulateur de température face supérieure	57
3.22	Le typon du circuit régulateur de température face inférieur	57
3.23	La visualisation du régulateur de température en forme 3D	58
3.24	Montage complet sur plaque d'essais	59
3.25	Commande du déplacement du sélecteur sur la plaque d'essais	60
3.26	Le signal de sortie du NE555 dans l'oscilloscope numérique	61
3.27	L'affichage de la température programmée sur la plaque d'essai	62
3.28	Température ambiante inférieure à la température programmée	63
3.29	Température ambiante égale à la température programmée	64
3.30	Température ambiante supérieure à la température programmée	65

Liste des Tableaux

2.1	Table de vérité du porte NOR	20
2.2	Table de vérité du porte AND	20
2.3	Le brochage du NE555	21
2.4	Le brochage du CD4029	25
2.5	Table de vérité du CD4028 [12]	28
2.6	Les broches du CD4511	29
2.7	Table de vérité du CD4511 [12]	30
2.8	Description du brochage du μ A741	32
2.9	Table des valeurs de la résistance du CTN en fonction de la température	35

Introduction générale

La régulation de la température est un élément essentiel dans de nombreux domaines d'application, allant de la production industrielle à la recherche scientifique en passant par les applications domestiques. Les régulateurs de Température sont souvent reliés à un élément de commande, tel qu'un dispositif de Chauffage, de Cuisson, de Ventilation, de Climatisation, de Congélation . . . etc. La stabilité thermique est souvent requise pour garantir le bon fonctionnement des processus, la qualité des produits et la sécurité des opérations.

A cet effet et à travers ce projet nous allons étudier, simuler et réaliser un montage électronique qui nous permet de donner un maintien stable d'une température cible. Ce système est conçu pour offrir une régulation précise de la température ambiante dans une plage prédéfinie. Ce dispositif est particulièrement orienté pour un système de chauffage domestique ; il permettra donc de maintenir la température ambiante à l'intérieur d'une habitation à la température fixée par l'utilisateur et ce, quelles que soit les variations météorologiques extérieures.

Le système proposé repose sur un ensemble de composants électroniques. Il est conçu pour permettre à l'utilisateur de fixer la température souhaitée à l'aide de deux boutons-poussoirs. Ensuite, un comptage-décomptage est effectué, suivi du décodage, permettant ainsi de sélectionner avec précision la température désirée. Par la suite, cette température est comparée à celle de l'environnement à l'aide d'une résistance à coefficient de température négatif (CTN) par un comparateur à amplificateurs opérationnel.

L'interface utilisateur est constituée d'afficheurs 7 segments pour afficher la température programmée, ainsi que de LED pour indiquer l'état actuel de la sortie des comparateurs. De plus, un relais est utilisé pour contrôler un équipement externe, activé uniquement lorsque la température ambiante est inférieure à la température cible.

Pour réaliser ce projet , nous avons étudié un schéma électronique conçu pour répondre à un besoin d'une régulation thermique. Ce système est initialement construit autour d'un capteur de température, auquel d'autres fonctions électroniques ont été intégrées.

Pour présenter notre projet de fin d'études, nous avons divisé notre mémoire en plusieurs chapitres. Dans le premier chapitre, nous avons exposé le schéma synoptique de notre circuit, décrivant comment les différents blocs du circuit sont organisés en fonction de leurs fonctions respectives. Le deuxième chapitre a été consacré à une étude théorique des éléments et composants clés du montage. Dans le troisième chapitre, nous avons expliqué le fonctionnement détaillé, en incluant à la fois la simulation et la mise en pratique réalisée sur une plaque d'essai, ce qui a permis de vérifier le bon fonctionnement de notre régulateur de température. Enfin, quelques remarques et une conclusion ont mis un terme à notre projet.

Chapitre 1

Schéma synoptique

1.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous présenterons le schéma synoptique du système de régulation de température proposé, à cet effet, nous donnerons une description brève des différents blocs et leur rôle dans le fonctionnement global du système.

1.2 Description du système régulateur de température

Deux boutons poussoirs contrôlent une base de temps qui ajuste un compteur-décompteur en avant ou en arrière. Ce compteur-décompteur, une fois décodé, produit une sélection de Températures comprises entre 10 °C et 25 °C sur 16 sorties. Ces Températures sont également affichées sur deux afficheurs 7 segments [12].

La programmation d'une température implique l'insertion préalable d'une résistance réglée dans un circuit spécifique. Cela permet de comparer le potentiel électrique obtenu avec celui fourni par un circuit incluant la CTN. Par la suite un comparateur ,construit à base d'amplificateurs opérationnels , permettra de fournir de trois sorties selon que : " $t < T$ ", " $t = T$ " et " $t > T$ " (où " t " représente la température ambiante et " T " la température programmée). Le système permettra d'afficher l'état actuel du comparateur par le bais de LED et selon température ambiante présente ; Un relais est prévu à la sortie du système régulateur de température pour commander éventuellement un circuit de commande, et par conséquent le relais associé n'est sollicité que dans le premier cas " $t < T$ " [12].

1.3 Schéma synoptique

Nous présenterons ici le schéma synoptique du circuit régulateur de température, comme illustré dans la Figure 1.1. Le schéma synoptique permet de donner sous forme de blocs les fonctions essentielles du montage.

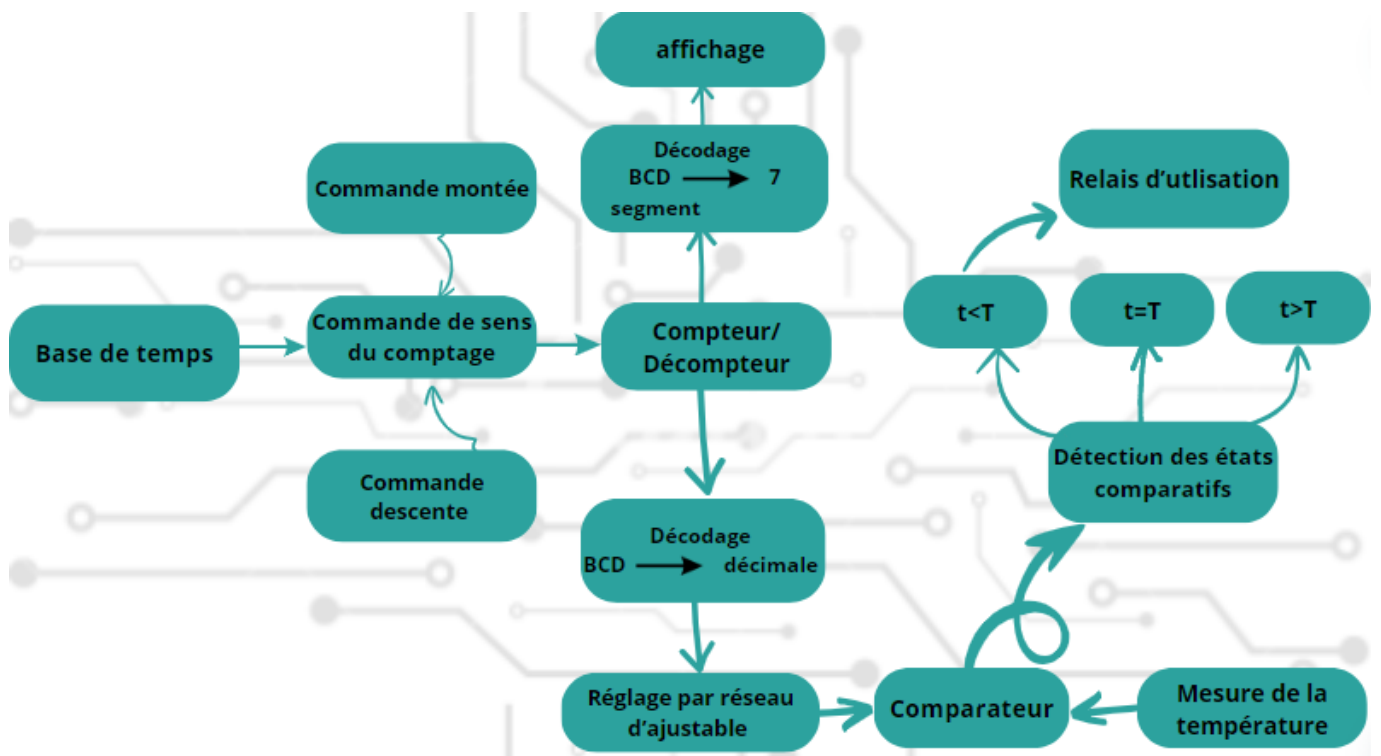


FIGURE 1.1 – Le schéma synoptique de notre circuit régulateur de température

1.3.1 La Base de temps

La base de temps du système de régulation de température est obtenue à l'aide du circuit intégré NE555 monté en Astable. Celui-ci fournit donc un signal d'horloge assurant une base de temps stable pour le reste du circuit et pour les opérations de contrôle.

1.3.2 La commande de sens de comptage

La commande de sens de comptage dans le schéma synoptique du système de régulation de température détermine la direction dans laquelle le système doit ajuster la température. En fonction des besoins de régulation, elle contrôle le mode de comptage ou de décomptage. Cette commande joue un rôle crucial dans le processus de maintien de la température cible, permettant au système de s'adapter aux variations thermiques en augmentant ou en diminuant la température selon les exigences de l'utilisateur.

1.3.3 Compteur/décompteur

Le compteur/décompteur basé sur le circuit intégré CD4029 est un composant clé du système de régulation de température. Ce dispositif permet de compter en avant ou en arrière à partir d'une valeur de départ prédéfinie. Utilisé dans ce contexte, il permet de modifier la température désirée en ajustant la valeur numérique en fonction des besoins de l'utilisateur.

1.3.4 Le Décodeur BCD/7 segments

Le décodeur BCD/7 segments, est basé sur le circuit intégré CD4511. Ce composant permet de convertir les données binaires codées en décimal (BCD) en signaux nécessaires pour afficher la température cible définie par l'utilisateur sur un afficheur à 7 segments, et facilite ainsi le suivi et le réglage des paramètres de température du système.

1.3.5 Le Décodeur BCD/décimale

Le décodage BCD/décimal, est obtenu en utilisant le circuit intégré CD4028, ce circuit permet de sélectionner une température de pré-réglage et permet par la suite un réglage précis de la température via un réseau ajustable, composé de résistances variables. Chaque valeur de température correspond à une configuration spécifique de ces résistances, générant ainsi une tension de sortie distincte pour chaque réglage.

1.3.6 Comparateur

Le comparateur, utilisant le circuit intégré UA741 ainsi que des portes logiques NOR et AND, est un bloc essentiel du système . Il effectue la comparaison entre la température captée par la CTN et la valeur cible (pré-réglée) définie par l'utilisateur. Les Résultats de cette comparaison sont alors détectés par des LEDs, signalant si la température captée est inférieure, égale ou supérieure à la température cible. En cas de détection d'une température ambiante inférieure à la température programmée, le relais est activé, modifiant ainsi l'état du système de commande de chauffage (par exemple) pour ajuster et maintenir la température dans les limites désirées.

1.4 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons donné une description succincte des différentes fonctions de chaque étage constituant notre montage régulateur de température. Nous étudierons et nous présenterons par la suite les différents composants électroniques qui nous ont permis la réalisation de ce montage.

Chapitre 2

Étude des éléments du montage

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous plongeons au cœur de notre projet de régulateur de température en examinant de près les éléments du montage électronique . Nous commencerons par une définition générale des principaux composants du circuit, en soulignant leurs rôles dans le processus de régulation de la température. Ensuite, nous entamerons les détails techniques, examinant les spécifications et les caractéristiques essentielles de chaque composant .

2.2 Alimentation stabilisée

L'alimentation stabilisée à transistor Ballast et une diode Zener, est représentée dans le schéma bloc de la figure 2.1. Ce système est conçu pour maintenir une tension de sortie constante et stable, quelles que soient la tension d'entrée ou les variations des charges connectées au circuit.

2.2.1 Le schéma synoptique de l'alimentation

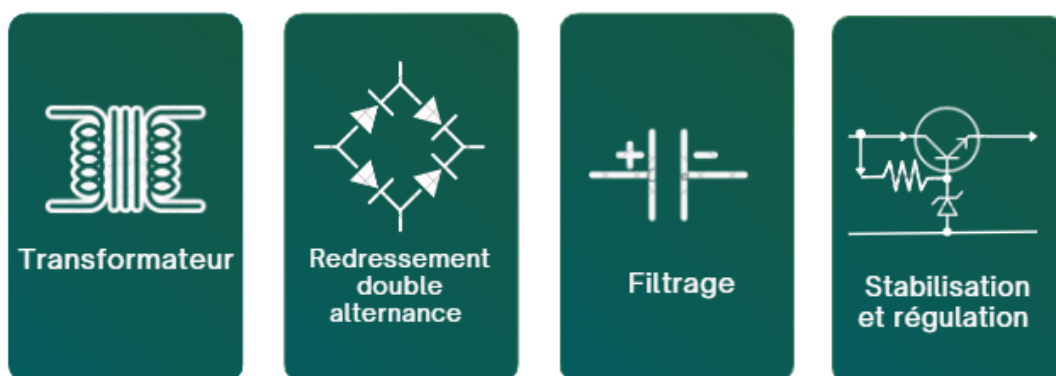


FIGURE 2.1 – Schéma bloc d'une alimentation stabilisée

- le bloc 1 : abaisseur à travers un transformateur de tension
- le bloc 2 : redresseur à travers un pont de Graëtz

- le bloc 3 : filtrage à travers un condensateur
- le bloc 4 : stabilisation et régulation avec transistor Ballast et diode Zener

2.2.2 Schéma de principe

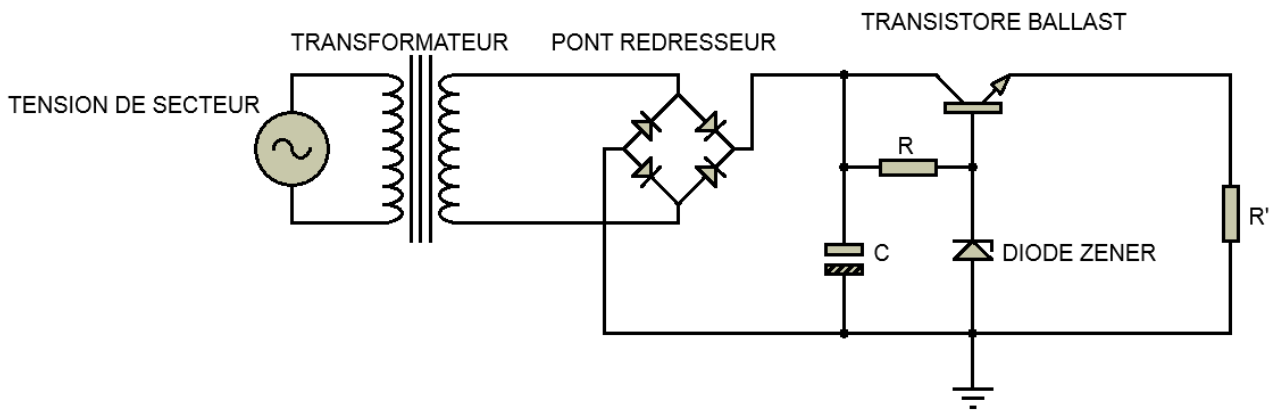


FIGURE 2.2 – Schéma de l'alimentation

2.2.3 Fonctionnement de chaque bloc de l'alimentation

2.2.3.1 Transformateur

on a utiliser dans notre alimentation un transformateur abaisseur qui réduit la tension électrique entre son enroulement primaire (entrée) et son enroulement secondaire (sortie). on le fait avec le rapport de transformation ou le nombre de spire. Ainsi, une tension du secteur de 220 V est appliquée au bobinage primaire, induisant un champ magnétique variable dans le noyau. Ce champ magnétique variable induit à son tour une tension dans le bobinage secondaire qui donne une tension de 12v.

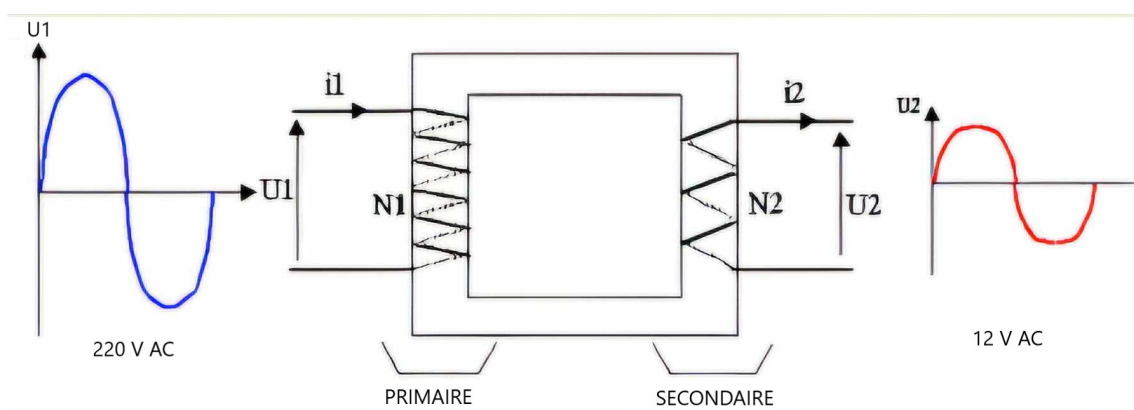


FIGURE 2.3 – Transformateur[18]

2.2.3.2 Le redresseur

Dans notre montage, nous avons utilisé un redressement double alternance avec un pont de Graëtz, illustré dans la figure 2.4, dans le but de transformer le courant alternatif (AC) en courant continu (DC). Pour ce faire, les deux diodes D_1 et D_3 redressent l'alternance positive, tandis que les deux autres diodes sont dédiées à l'alternance négative.

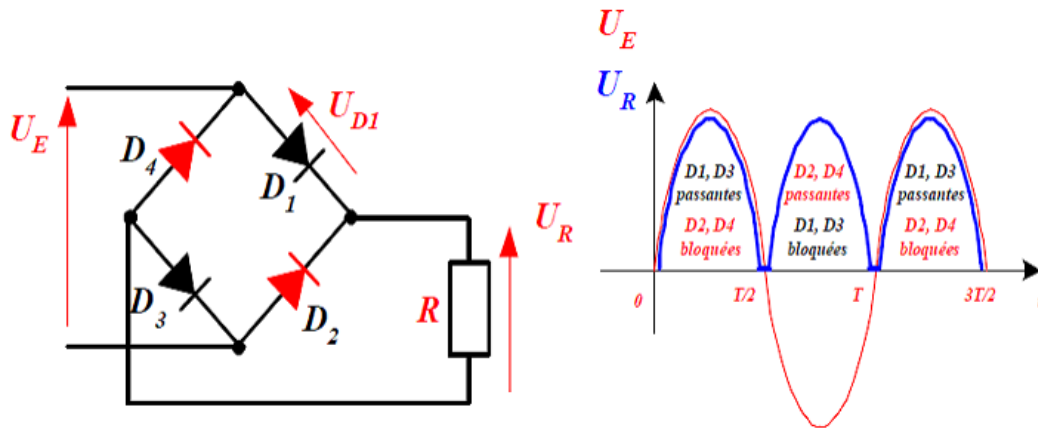


FIGURE 2.4 – Redressement double alternance a pont de Graëtz [1]

2.2.3.3 Filtrage

Le fonctionnement du circuit de filtrage est de lisser le courant redressé pour obtenir une tension continue plus stable et sans ondulation. Alors après le redressement du courant alternatif en courant continu, ce condensateur de filtrage se charge lorsque la tension d'entrée devient supérieure à la tension aux bornes du condensateur. et se décharge quand la tension d'entrée devient inférieure à la tension à ses bornes (la vitesse de charge et de décharge dépend de la constante du temps).

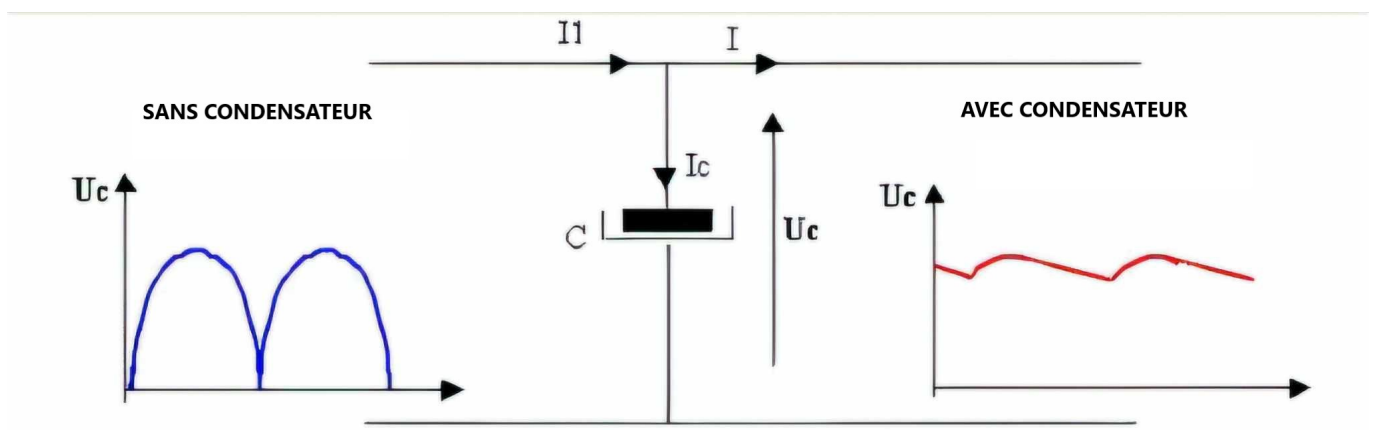


FIGURE 2.5 – Filtrage[18]

2.2.3.4 Stabilisation et régulation

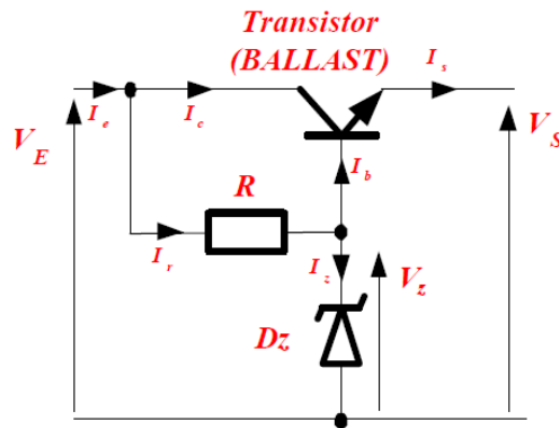


FIGURE 2.6 – Circuit de stabilisation et régulation[16]

Pour réguler le courant et la tension dans le reste du circuit, nous utilisons un transistor Ballast monté en émetteur suiveur. En même temps, la diode Zener maintient une tension constante à ses bornes, ce qui stabilise la tension de sortie, même si la tension d'entrée ou la charge varie. De plus, une résistance de protection est utilisée pour limiter le courant traversant la diode Zener et la base du transistor Ballast. Ainsi, le transistor Ballast assure la régulation du courant, tandis que la diode Zener stabilise la tension dans le circuit d'alimentation stabilisée. Ensemble, ces composants garantissent une alimentation électrique fiable et régulée.

2.3 Les portes logiques

Les portes logiques sont des éléments fondamentaux en électronique numérique. Elles sont utilisées pour réaliser des opérations logiques de base telles que l'addition, la soustraction, la multiplication etc...

2.3.1 Le circuit intégré CD4001

Le CD4001 est un membre de la famille de circuits intégrés CMOS, qui comporte quatre portes logiques NOR et possède 14 broches au total. Il dispose d'entrées A_n et B_n , de sorties Q_n , d'une broche pour l'alimentation (VDD) et d'une pour la masse (VSS ou GND) Comme le montre la figure 2.7.

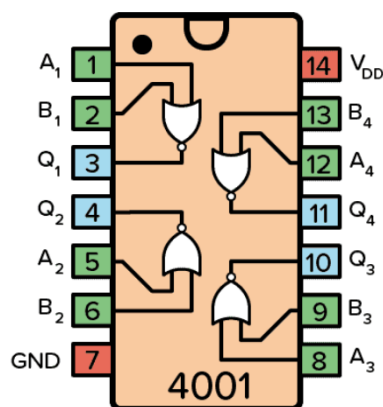


FIGURE 2.7 – Disposition des broches du CD4001 [2]

2.3.1.1 Principe de Fonctionnement

Une porte logique NOR produit une sortie logique (1) uniquement lorsque ses deux entrées sont logiques (0). Sinon, la sortie est produite logiquement (0) si l'une des deux entrées est logique (1) .

Voici la table de vérité de la porte NOR :

Entrée (A)	Entrée (B)	Sortie (Q)
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

TABLE 2.1 – Table de vérité du porte NOR

2.3.2 Le circuit intégré CD4081

Le CD4081 est un circuit intégré de la famille CMOS , qui comporte quatre portes logiques AND et comporte 14 broches au total. Il possède des entrées nommées A et B, et des sorties appelées Q, De plus, il a une broche pour l'alimentation (VDD) et une broche pour la masse (VSS ou GND) Comme illustré dans la figure 2.8.

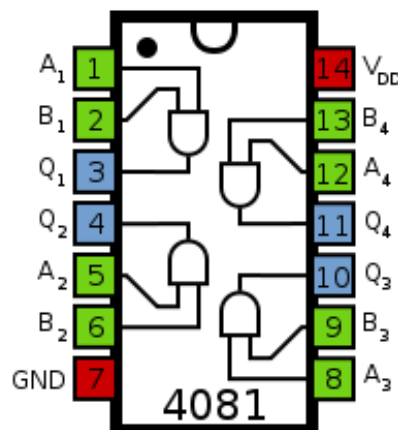


FIGURE 2.8 – le brochage du CD4081 [3]

2.3.2.1 Principe de Fonctionnement

Une porte logique AND produit une sortie logique (1) uniquement lorsque ses deux entrées sont logiques (1). Sinon, la sortie est produite logiquement (0) si l'une des deux entrées est logique (0).

Voici la table de vérité de la porte AND :

Entrée (A)	Entrée (B)	Sortie (Q)
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

TABLE 2.2 – Table de vérité du porte AND

2.4 Le circuit intégré NE555

Le NE555 est un circuit intégré très populaire qui est utilisé comme temporisateur (timer) ou multivibrateur dans nombreuses applications électroniques. Pratiquement, c'est un petit boîtier à huit pattes à qui on ajoute deux résistances et un condensateur pour produire avec précision des délais et des impulsions .

Description des pins :

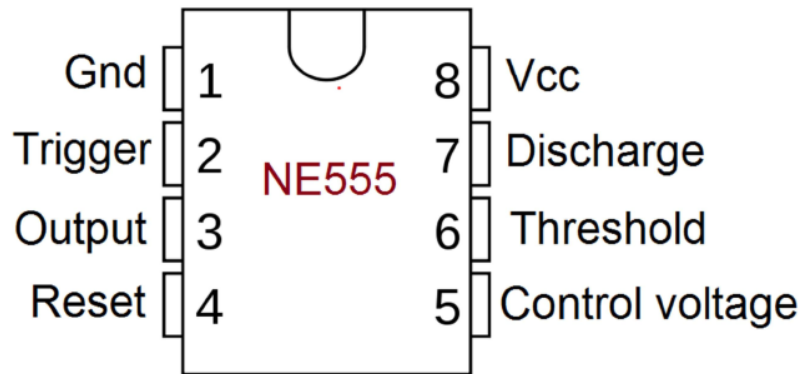


FIGURE 2.9 – Le brochage du NE555[13]

Numéro de pin	Nom de pin	Description
1	GND	la masse
2	TRIGGER	gâchette détecte lorsque la tension est inférieure à $1/3$ VCC
3	OUTPUT	la sortie
4	RESET	remise à zéro
5	CONTROLE VOL-TAGE	Accès à la référence interne ($2/3$ de VCC)
6	THRESHOLD	détecte lorsque la tension dépasse $2/3$ de VCC .
7	DISCHARGE	la décharge de condensateur de temporisation .
8	VCC	tension d'alimentation 5v à 15v

TABLE 2.3 – Le brochage du NE555

2.4.1 Le mode de fonctionnement

Dans notre circuit électronique, nous avons intégré un NE555 configuré en mode astable pour générer un signal d'horloge. qui oscille entre un état haut logique (1) et un état bas logique (0) de manière périodique, sans avoir besoin d'un déclencheur externe.

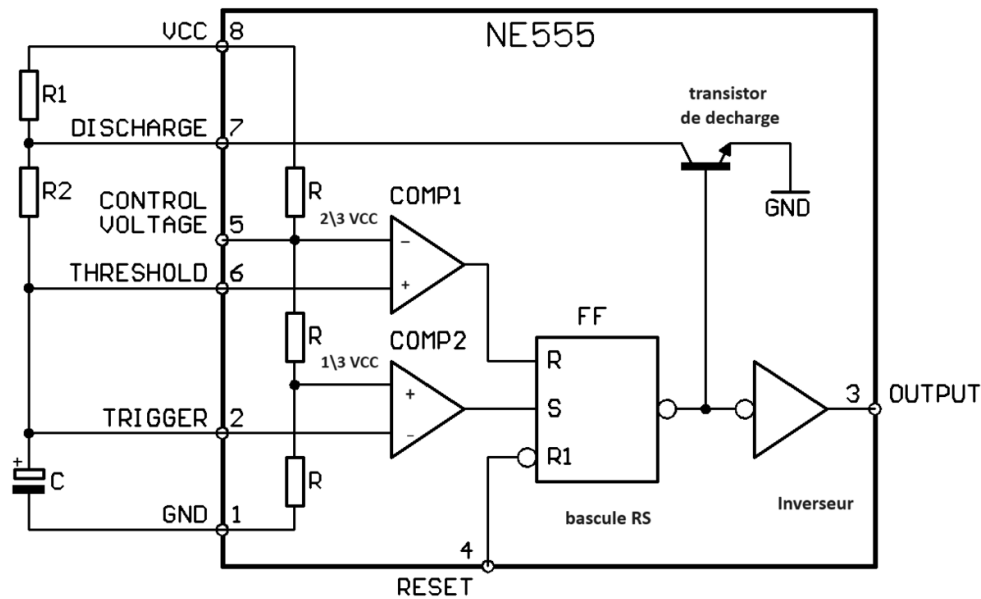


FIGURE 2.10 – Schéma du circuit intégré NE555 monté en mode astable [4]

Le CI NE555 comporte 3 résistances de même valeur à l'intérieur pour diviser la tension en $1/3 VCC$ et $2/3 VCC$. De plus, il contient deux comparateurs (Comp1 et Comp2) dont les sorties sont directement connectées à l'entrée de la bascule RS, ainsi qu'un transistor de décharge et un inverseur en sortie.

Pour compléter notre circuit, nous ajoutons à l'extérieur un condensateur et deux résistances. Nous effectuons ensuite la connexion entre la broche 6 et la broche 2 pour générer un signal carré en mode de fonctionnement astable.

S	R	Q	\bar{Q}	remarque
0	0	q	\bar{q}	mémoire
0	1	0	1	mise à 0
1	0	1	0	mise à 1
1	1	X	X	indéterminé

FIGURE 2.11 – Table de vérité de la bascule RS [5]

- Lorsque S (Set) est mis à 1 : la sortie Q passe à 1.
- Lorsque R (Reset) est mis à 1 : la sortie Q passe à 0.
- Lorsque R=S=0 : l'état mémoire est activé, ce qui signifie que la sortie Q conserve sa valeur précédente (q).
- Lorsque R=S=1 : l'état est considéré comme indéterminé ou interdit .

2.4.1.1 Explication du fonctionnement du NE555 en mode astable

Au début l'alimentation est allumée, le condensateur C se charge progressivement à travers la résistance R_1 et R_2 jusqu'à ce qu'il atteigne un seuil de tension inférieur a $1/3 VCC$, pour cela le comp2 fourni un niveau logique 1 et comp1 fourni un niveau logique 0 donc on a dans la sortie du NE555 un état 1. Ensuite C continue sa charge entre $1/3 vcc$ et $2/3 vcc$, pour cela comp2 fourni un niveau logique 0 et comp1 fournies un niveau logique 0 qui donne a la sortie un état 1 (car la bascule dans le cas de (R=0 ET S=0) elle mémorise l'état précédent) voir la Figure 2.11 .

Le transistor de décharge relié à la sortie de la bascule passera alors en (**mode bloqué**) arrêtant le passage du courant.

Lorsque la charge de C dépasse $\frac{2}{3} V_{CC}$, alors le comp2 donne un niveau logique 0 et comp1 donne un niveau logique 1 Ce qui reflète à la sortie du NE555 un état 0 .

Le transistor de décharge passera alors en (**mode saturé**), permettant le passage du courant vers la masse. Le condensateur externe C est alors court-circuité et se décharge à travers la résistance externe R_2 jusqu'à ce qu'il atteigne une valeur légèrement inférieure à $\frac{1}{3} V_{CC}$ dans ce cas le transistor se bloque et la sortie du NE555 repasse de nouveau à l'état haut .

Ce processus de charge et de décharge du condensateur C se répète périodiquement, générant un signal carré à la sortie du NE555.

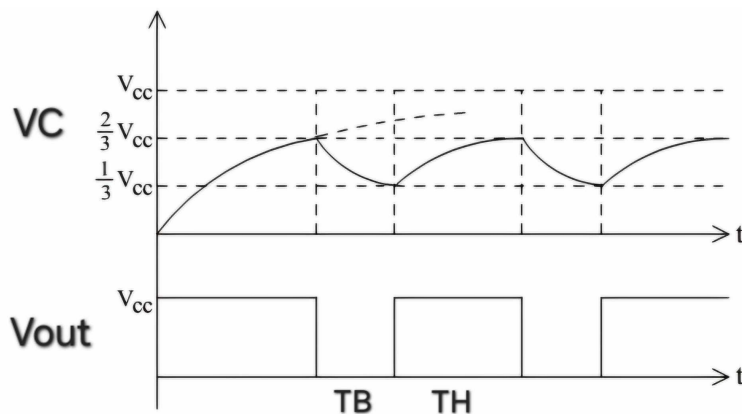


FIGURE 2.12 – Signal de sortie du NE555 et charge, décharge du condensateur C.[14]

On rappelant que :

- VC : La tension au borne du condensateur C .
- Vout : La sortie de CI NE555.

La durée de temps à un niveau logique haut puis à un niveau logique bas est déterminée par les valeurs des résistances externes R_1 et R_2 et bien sûr par la valeur du condensateur externe C.

$$R_1 = R_5 = 47k\Omega , R_2 = R_6 = 10k\Omega , C = C_6 = 10\mu F$$

Pour la durée de temps au niveau logique haut la formule est :

$$T_H = 0.693 \times (R_1 + R_2) \times C \quad (2.1)$$

$$T_H = 0.693 \times (47000 + 10000) \times 0.00001$$

$$T_H = \mathbf{395 \text{ ms}}$$

Pour la durée de temps au niveau logique bas la formule est :

$$T_B = 0.693 \times R_2 \times C \quad (2.2)$$

$$T_B = 0.693 \times 10000 \times 0.00001$$

$$T_B = \mathbf{69 \text{ ms}}$$

La période $T = T_H + T_B$:

$$T = 0.693 \times (R_1 + (2 \times R_2)) \times C \quad (2.3)$$

$$T = 0.693 \times (47000 + 2 \times 10000) \times 0.00001$$

$$T = 464 \text{ ms}$$

le rapport cyclique α :

$$\alpha = \frac{T_H}{T} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 + 2 \times R_2} \quad (2.4)$$

$$\alpha = \frac{T_H}{T} = \frac{47000 + 10000}{47000 + 2 \times 10000}$$

$$\alpha = \mathbf{0.85}$$

$$\alpha = \mathbf{85\%}$$

Alors on à le rapport cyclique α est de 85%, cela signifie que la sortie est haute pendant 85% du cycle et basse pendant les 15% restants.

2.5 Le circuit intégré CD4029 Compteur-Décompteur

2.5.1 Définition

Le CD4029 est un circuit intégré CMOS de la série 4000. c'est un compteur décompteur. il possède 16 pins, parmi lesquelles quatre sorties peuvent être utilisées pour compter ou décompter dans le mode binaire ou le mode BCD (selon sa configuration). Le CD4029 est alimenté par une tension continue de 3 à 18v. Il peut fonctionner sous une fréquence maximale de 8Mhz.

2.5.2 Le brochage du CD4029

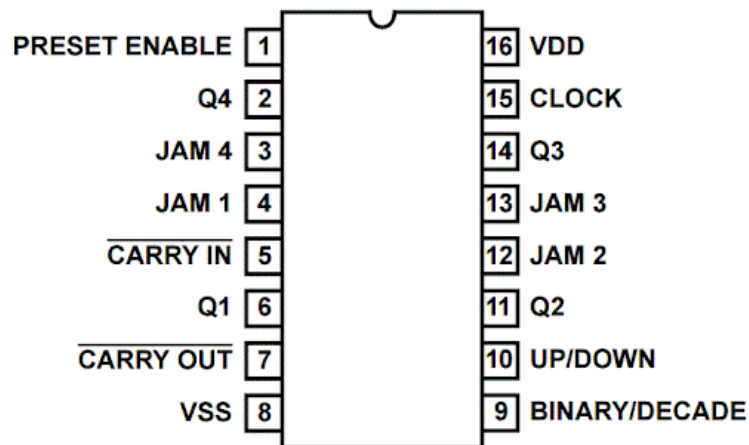


FIGURE 2.13 – Le brochage du CD4029 [6]

Nom de pin	état	Action
PRESET ENABLE	1	prépositionnement
	0	non-prépositionnement
BINARY/DECADE	1	comptage binaire
	0	comptage BCD
UP/DOWN	1	comptage
	0	décomptage
CARRY IN	1	compteur bloqué
	0	comptage avancée
CARRY OUT	1	toujours en état haut
	0	position 9 compteur avance ou position 0 compteur recule
CLOCK		des fronts ascendant des créneaux
Q1 a Q4		des sorties
JAM1 a JAM4		des entrée
VDD		l'alimentation(VCC) 3 a 18v
VSS		la masse (GND)

TABLE 2.4 – Le brochage du CD4029

2.5.3 Fonctionnement

Pour que le CD4029 compte ou décompte il faut que les deux entrées CARRY IN (CI) et PRESET ENABLE (PE) soient sous un état bas. lorsque l'entrée UP/DOWN (U/D) et soumise a un état haut le compteur compte mais si en état bas le compteur décompte .pour le CARRY OUT toujours présente un état haut mais y'a deux cas particulier présent état bas : c'est pour la position 9 comptage et pour le 0 décomptage . Un état haut exercé sur l'entrée BINARY/DECADE (B/D) assure le comptage en mode binaire et un état bas assure le comptage en mode BCD.

L'entrée PE permet de charger simultanément une valeur spécifique dans le compteur. Elle autorise le chargement des données présentes sur les entrées JAM1, JAM2, JAM3 et JAM4 dans les sorties de compteur Q1, Q2, Q3 et Q4, respectivement. Cela permet de modifier l'état initial du compteur sans affecter la séquence de comptage normale.

Voici les chronogrammes qui expliquent le fonctionnement du CD4029 :

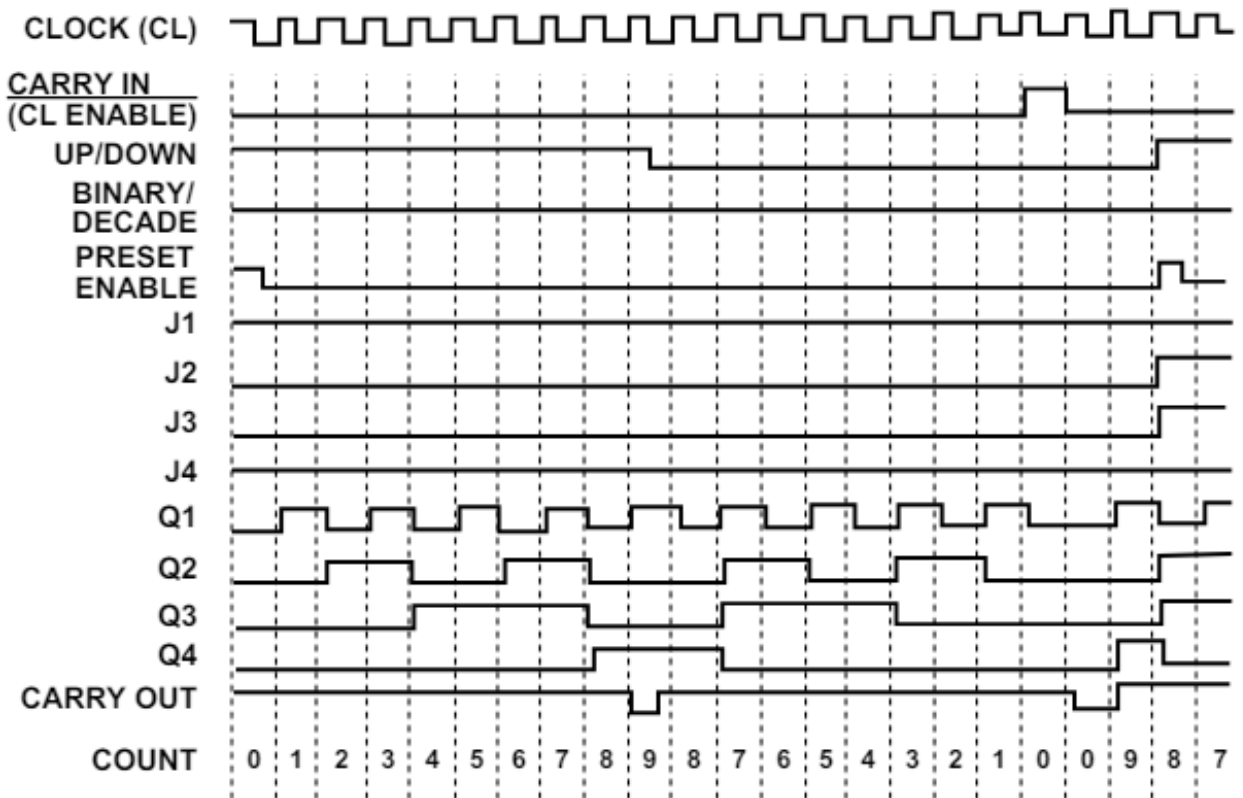


FIGURE 2.14 – Chronogramme de comptage du CD4029 en mode BCD [22]

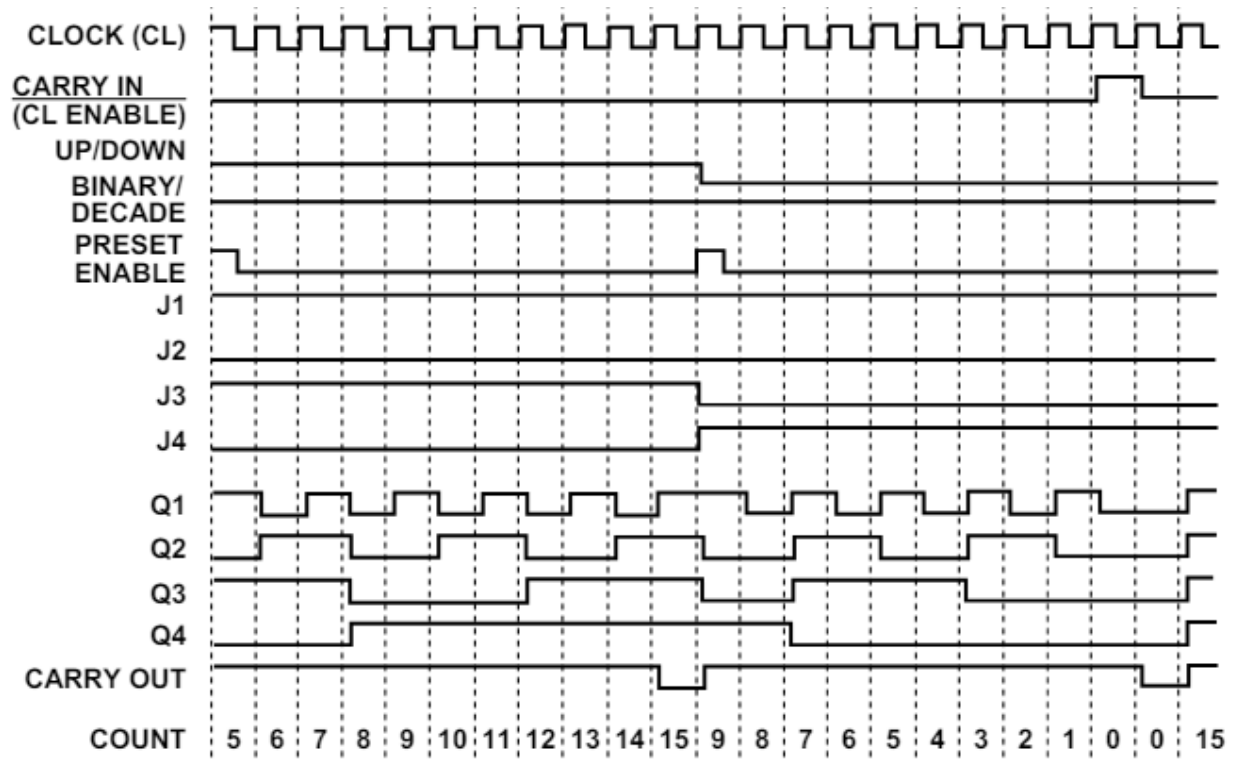


FIGURE 2.15 – Chronogramme de comptage du CD4029 en mode BINAIRE [22]

2.5.4 Horloge en parallèle pour le CD4029 en cascade

L'utilisation d'une horloge en parallèle pour le compteur CD4029 en cascade peut être réalisée en synchronisant tous les CD4029 à la même horloge.

-Connexion en Cascade : Les broches CLK de chaque CD4029 doivent être connectées ensemble. De plus, on relie la sortie CARRY OUT de CD4029 à l'entrée CARRY IN du compteur suivant, et également la liaison des autres connexion comme PRESET ENABLE et UP/DOWN, BINARY DECADE et enfin l'alimentation . En assure que le premier CD4029 reçoit l'impulsion d'horloge, puis chaque CD4029 suivant recevra l'impulsion d'horloge après que le précédent ait terminé son comptage .

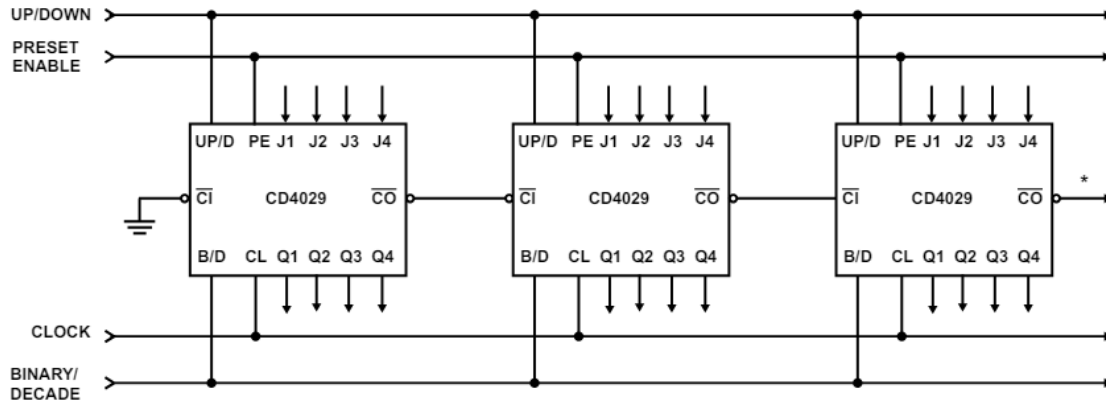


FIGURE 2.16 – Montage en cascade du CD4029 [6]

2.6 Décodeur BCD/DÉCIMAL CD4028

2.6.1 Définition :

Le décodeur CD4028 est un circuit intégré CMOS de la série 4000. qui prend un code BCD sur ses entrées et produit des sorties décimales de S0 à S9 .

2.6.2 Le brochage du CD4028

Le CD4028 contient quatre entrées BCD (A, B, C, D) : Ces broches reçoivent les données BCD à convertir en chiffres décimaux, et puis il convertit vers les dix Sorties décimales S0 à S9 . VDD est une tension entre 3 à 18V et VSS est mise à la masse .

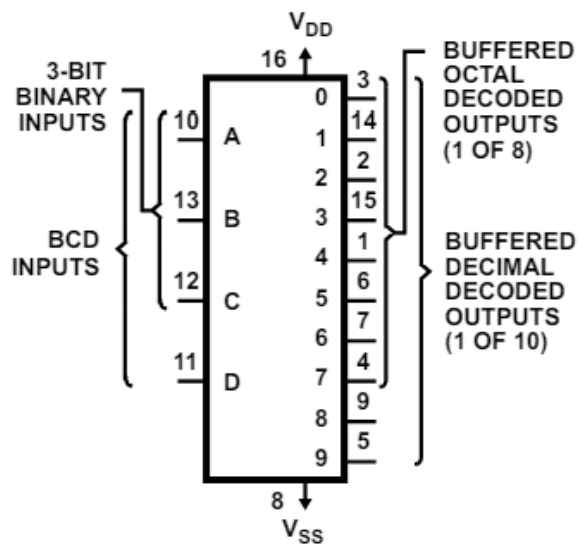


FIGURE 2.17 – Le brochage du CD4028 [7]

2.6.3 Le fonctionnement

Lorsque des données BCD sont appliquées aux broches d'entrée (A, B, C, D), le CD4028 les convertit en chiffres décimaux (0 à 9) correspondants. Chaque combinaison unique de 4 bits en entrée (0000 à 1001 en BCD) est traduite en un chiffre décimal (0 à 9) en sortie. mais à partir du numéro 10 jusqu'à 15 pour notre exemple tous les sorties sont en état bas (0) . voici le tableau qui explique le fonctionnement :

Num	D	C	B	A	S0	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9
0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
4	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
9	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
10	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

TABLE 2.5 – Table de vérité du CD4028 [12]

2.7 Le décodeur CD4511 BCD/7SEGMENTS

2.7.1 Définition

Le CD4511 est un décodeur BCD vers afficheur 7 segments. En d'autres termes, il convertit un code BCD en un affichage sur un afficheur à 7 segments en utilisant ses sorties.

2.7.2 Le brochage du CD4511

le CD4511 contient 16 pattes parmi ces broches on a 7 sorties (a,b,c,d,e,f,g) et aussi 4 entrées (D0,D1,D2,D3) et 3 pin de LE et BL et LT plus le VCC et le GND.

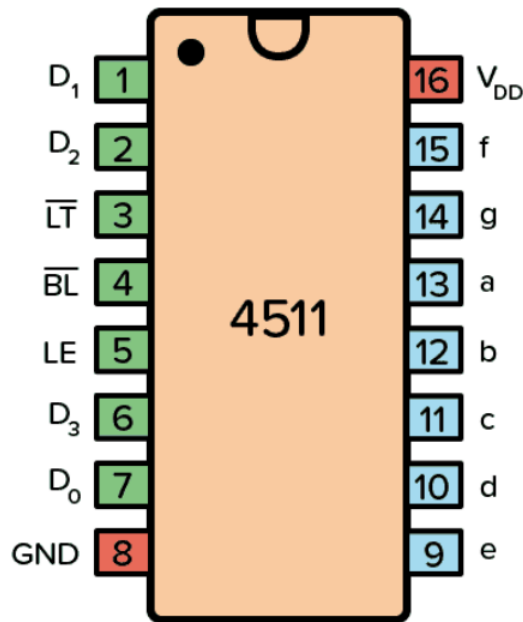


FIGURE 2.18 – Le brochage du CD4511 [8]

Nom de pin	Action
D0 D1 D2 D3	des entrées BCD
a b c d e f g	des sortie vers l'afficheur 7 segments.
LAMP TEST (LT)	pour allumer tous les segments, cela permet de testé le bon fonctionnement de l'afficheur.
BLAKING INPUT (BL)	Pour éteindre l'afficheur.
LATCH ENABLE (LE) OU STOR	C'est pour mettre en mémoire la valeur affichée.
VDD	l'alimentation 3 à 18V
GND	la masse

TABLE 2.6 – Les broches du CD4511

2.7.3 Le fonctionnement

Pour un fonctionnement normal il faut mettre les deux entrés LT et BL à un état haut et LE à l'état bas , ensuite on applique la logique BCD pour les quatre entrés D0,D1,D2 et D3.

Lorsqu'un nombre BCD est appliqué aux broches d'entrée (D0, D1, D2, D3), le CD4511 traduit ce code BCD en signaux appropriés pour les segments de l'afficheur à 7 segments. Les sorties (a, b, c, d, e, f, g) correspondent aux segments de l'afficheur et sont activées/désactivées en fonction du chiffre décimal à afficher.

voici le tableau pour comprendre le fonctionnement :

LE	BL	LT	D3	D2	D1	D0	a	b	c	d	e	f	g	aff
x	x	0	x	x	x	x	1	1	1	1	1	1	1	allume
x	0	1	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0
0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1
0	1	1	0	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	2
0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	3
0	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	4
0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	5
0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	7
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	8
0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	9
0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	éteint
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	éteint
1	1	1	x	x	x	x

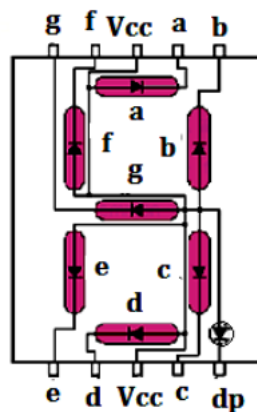
TABLE 2.7 – Table de vérité du CD4511 [12]

2.8 Les afficheur 7 segments

Les afficheurs 7 segments peuvent être classés en deux types principaux en fonction de la manière dont les segments sont activés : les afficheurs à anode commune et les afficheurs à cathode commune.

- Afficheur à anode commune :

Dans un afficheur à anode commune, toutes les anodes des LED 7 segments sont connectées ensemble et alimentées en tension (5 V). Pour afficher un chiffre ou un caractère spécifique, les cathodes des segments nécessaires sont mises à la terre (0 V), ce qui permet au courant de circuler à travers ces segments, les allumant.

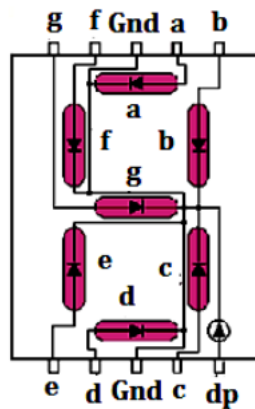


Anode commune

FIGURE 2.19 – Afficheur 7 segments Anode commune [21]

-Afficheur à cathode commune : Dans un afficheur à cathode commune, toutes les cathodes des LED 7 segments sont connectées ensemble et mises à la terre (0 V). Pour afficher un chiffre ou un caractère spécifique,

les anodes des segments nécessaires sont alimentées en tension (5 V), qui permet au courant circule à travers ces segments, les allumant.



Cathode commune

FIGURE 2.20 – Afficheur 7 segments cathode commune [21]

Affichage segments	Variables de sortie : segments						
	a	b	c	d	e	f	g
0	1	1	1	1	1	1	0
1	0	1	1	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	1
3	1	1	1	1	0	0	1
4	0	1	1	0	0	1	1
5	1	0	1	1	0	1	1
6	1	0	1	1	1	1	1
7	1	1	1	0	0	0	0
8	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	0	1	1

FIGURE 2.21 – Tableaux de karnaugh des variable des sorties d'un Afficheur 7 segments [20]

2.9 L'amplificateur opérationnel $\mu A741$

Le $\mu A741$ est un CI qui fait partie de la famille des amplificateurs opérationnels. C'est l'un des amplificateurs les plus largement utilisés dans les circuits électroniques, réalisé initialement pour la résolution analogique des problèmes numériques. Avec le développement de l'électronique intégrée, la fabrication d'AOP a explosé grâce à leurs excellentes caractéristiques, leur miniaturisation, leur fiabilité et leurs coûts réduits. Actuellement, on retrouve les AOP dans de nombreux domaines de l'électronique analogique pour des usages très variés : [17]

- Intégrateurs, dérivateurs
- Opérations mathématiques complexes (exponentielle, logarithmique, etc.)
- Filtres actifs
- Amplificateurs différentiels
- Comparateurs
- Convertisseurs tension/courant, etc.

2.9.1 Le brochage du $\mu A741$

Le $\mu A741$ dispose généralement de huit broches principales : alimentation positive $V+$ (broche 7), alimentation négative $V-$ (broche 4), entrée inverseuse (entrée "-" ou broche 2), entrée non inverseuse (entrée "+" ou broche 3), sortie (broche 6), NC (broche 8), offset null (broche 1 et 5).

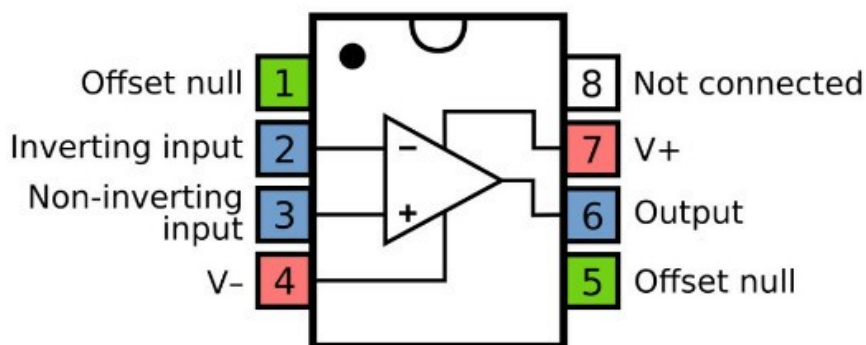


FIGURE 2.22 – Le brochage du $\mu A741$ [9]

Numéro de pin	Nom de pin	Action
1	OFFSET NULL	Cette broche utilisée pour ajuster le décalage
2	INVERTING INPUT	C'est l'entrée inverseuse
3	NON-INVERTING INPUT	C'est l'entrée non-inverseuse
4	V-	L'alimentation négative
5	OFFSET NULL	Cette broche utilisée pour ajuster le décalage
6	OUTPUT	C'est la sortie de l'amplificateur opérationnel
7	V+	L'alimentation positive
8	NC	Non-connecter

TABLE 2.8 – Description du brochage du $\mu A741$

2.9.2 L'amplificateur opérationnel comme comparateur

Le comparateur est un dispositif qui compare une tension par rapport à une tension de référence donnée, produisant en sortie un niveau soit haut soit bas, aligné sur le potentiel de la tension d'alimentation. Sa configuration se fait sans boucle de contre-réaction, donc en boucle ouverte.

Dans un comparateur, une tension de référence est appliquée à l'une des entrées de l'amplificateur opérationnel, exemple la borne inverseuse, tandis que l'autre entrée reçoit la tension à comparer. La tension de référence peut être obtenue, par exemple, à l'aide d'un pont diviseur de tension ou d'un autre circuit de génération de tension de référence.

Si la tension à l'entrée inverseuse est supérieure à la tension à l'entrée non-inverseuse, la sortie sera à un niveau logique bas.

Si la tension à l'entrée inverseuse est inférieure à la tension à l'entrée non-inverseuse, la sortie sera à un niveau logique haut [19].

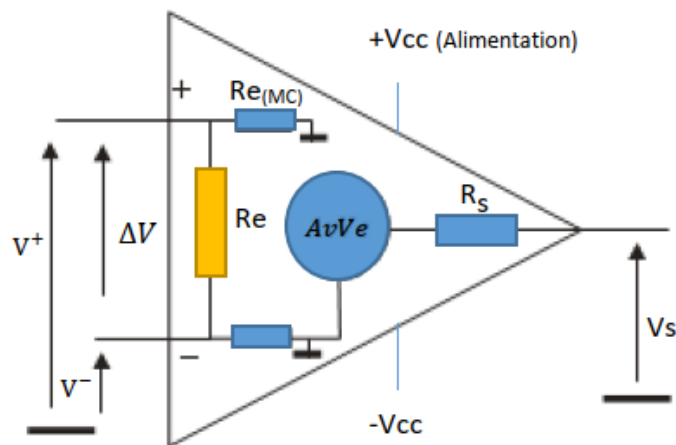


FIGURE 2.23 – L'amplificateur opérationnel comme comparateur [17]

Donc le signal de sortie prend deux état :

- Si ($e^- > e^+$) alors : V_s est au niveau bas.
- Si ($e^- < e^+$) alors : V_s est au niveau haut.

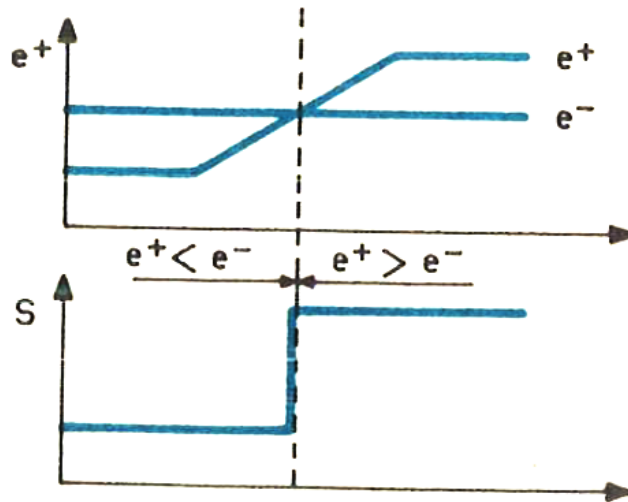


FIGURE 2.24 – Comparaison des signaux d'entrée[12]

2.10 Le capteur de température (CTN)

Une CTN (Coefficient de Température Négatif) est un type de résistance thermique dont la résistance varie en fonction de la température. Les CTN sont des capteurs largement utilisés dans divers dispositifs et systèmes pour mesurer et contrôler la température. Elles sont intégrées dans les circuits de contrôle de température pour réguler le chauffage ou les climatiseurs, les thermostats, etc.



FIGURE 2.25 – La CTN de 47kΩ [10]

2.10.1 Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'une CTN repose sur les propriétés des matériaux semi-conducteurs, qui ont la particularité de voir leur résistance électrique varier de manière inversement proportionnelle à la température ambiante.

La relation entre la température et la résistance d'une CTN est généralement décrite par une équation non linéaire. Cette équation est souvent approximée par une formule exponentielle.

$$RT = R0 \times e^{\beta \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right)} [15] \quad (2.5)$$

RT : Résistance du capteur à la température absolue T (en degrés K).

β : constante comprise entre 2000 à 9000 degrés K suivant les thermistances [15]

R0 : Résistance à la température de référence T0 (en degrés K).

T0 : Température absolue à laquelle R0 a été mesuré généralement $T0 = 273.15K$ (0°C) [15].

CTN DE 47KΩ	
T (°C)	R (kΩ)
5	122.6
6	115.63
7	110.19
8	104.61
9	99.42
10	94.57
11	90.03
12	85.39
13	81.42
14	77.67
15	73.82
16	70.5
17	67.08
18	63.85
19	61.05
20	58.15
21	55.62
22	53
23	50.71
24	48.33
25	46.25
26	44.26
27	42.18
28	40.36
29	38.61
30	37.08

TABLE 2.9 – Table des valeurs de la résistance du CTN en fonction de la température

Dans le tableau suivant nous donnons les valeurs de la résistances CTN en fonction de la température ces valeurs sont extraites d'un calcul fait pour déduire la valeur de la CTN à partir du composant NTC existant dans la bibliothèque de ISIS .

Voici la Figure 2.26 de la variation logarithmique d'une CTN de 47kΩ :

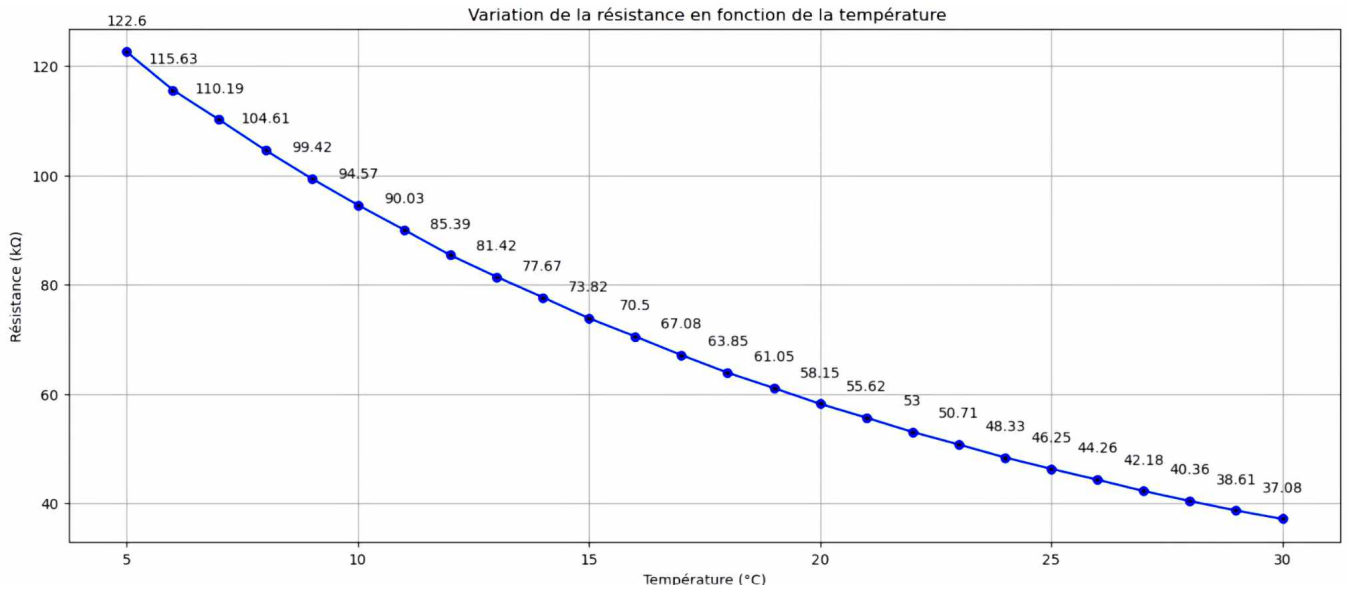


FIGURE 2.26 – La variation de la résistance CTN 47kΩ en fonction de la température

2.11 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a porté sur l'étude des éléments fondamentaux de notre montage, ainsi que de leurs fonctions électroniques. Nous avons examiné en détail le rôle des comparateurs, du capteur CTN et des circuits intégrés tels que les compteurs/décompteurs et les décodeurs etc... Ces composants sont utilisés pour réaliser diverses fonctions logiques et de traitement de données dans notre montage. Les portes logiques nous permettent de contrôler les états logiques, tandis que les compteurs/décompteurs et les décodeurs, nous offrent des fonctionnalités avancées pour le traitement et l'affichage des données sur des afficheurs 7 segments et des LED. Ensuite, nous avons mis en évidence le fonctionnement des AOP en tant que comparateurs et intégrant dans leurs circuits un capteur CTN qui convertit les variations de température en variations de résistance.

Chapitre 3

Simulation et Réalisation du circuit régulateur de température

3.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous abordons la phase de simulation et de réalisation pratique de notre circuit régulateur de température. Après avoir détaillé le fonctionnement théorique des éléments du circuit dans le chapitre précédent. Nous avons divisé cette étape en plusieurs parties pour que nos explications soient simples et détaillées. Tout d'abord, nous commençons par présenter les outils et les méthodes de simulation que nous avons utilisés pour évaluer le fonctionnement de notre circuit dans des conditions virtuelles. Ensuite, nous passons à la réalisation pratique du circuit sur une plaque d'essai. Enfin, nous discuterons des résultats que nous avons obtenus. Cette phase de simulation et de réalisation permet de valider que le circuit fonctionne comme prévu et peut être utilisée dans des applications réelles.

3.2 Présentation du logiciel de Simulation :

En ce qui concerne les circuits électroniques, la simulation est essentielle pour tester et vérifier le fonctionnement des circuits avant leur implémentation physique. Le langage de simulation est donc une partie importante de ce processus, Le langage de simulation donne les règles et les instructions pour créer une représentation et tester comment les circuits électroniques fonctionnent. Il existe différents langages de simulation, chacun avec ses propres caractéristiques comme **MULTI SIM** , **VHDL**, **MATLAB**.. etc. Mais dans notre cas on a utilisé le langage le plus utilisé c'est **PROTEUS**.

3.3 Présentation de PROTEUS

Proteus est un ensemble de logiciels destinée au domaine de l'électronique. Développé par Labcenter Electronics, cette suite logicielle est utilisée pour la conception assistée par ordinateur CAO dans le domaine de l'électronique. Les principaux logiciels inclus dans Proteus sont **ISIS**, **ARES**, **PROSPICE** , **VSM**.

3.3.1 L'environnement de travail de PROTEUS

Lorsqu'on lance Proteus, nous observons une interface de type Windows. Cette interface se compose d'une fenêtre principale et d'un ensemble de barres d'outils situées en haut de l'écran. Le menu principal se trouve généralement en haut à gauche et offre des options pour la gestion des fichiers , l'affichage et les paramètres du

projet en cours.

Au centre de la fenêtre principale se trouve la zone de travail, qui est l'endroit où on fait la conception d'un circuit électronique à simuler et à tester

À côté de la zone de travail se trouve la bibliothèque d'objets. Cette bibliothèque affiche une liste des composants électroniques disponibles pour le projet

Enfin, les touches magnétoscope dans Proteus, sont des raccourcis pratiques permettant le lancement de la simulation, ainsi que la mise en pause ou l'arrêt de la simulation [18].

3.3.2 Présentation du module ISIS (Intelligent Schématique Input System)

ISIS, dans le logiciel Proteus, est l'environnement à la conception des schémas électroniques. C'est un outil utilisé pour dessiner des schémas, placer des composants, établir des connexions entre les composants et simuler le fonctionnement de circuits électroniques, il est souvent utilisé dans les domaines de l'électronique et de l'ingénierie.

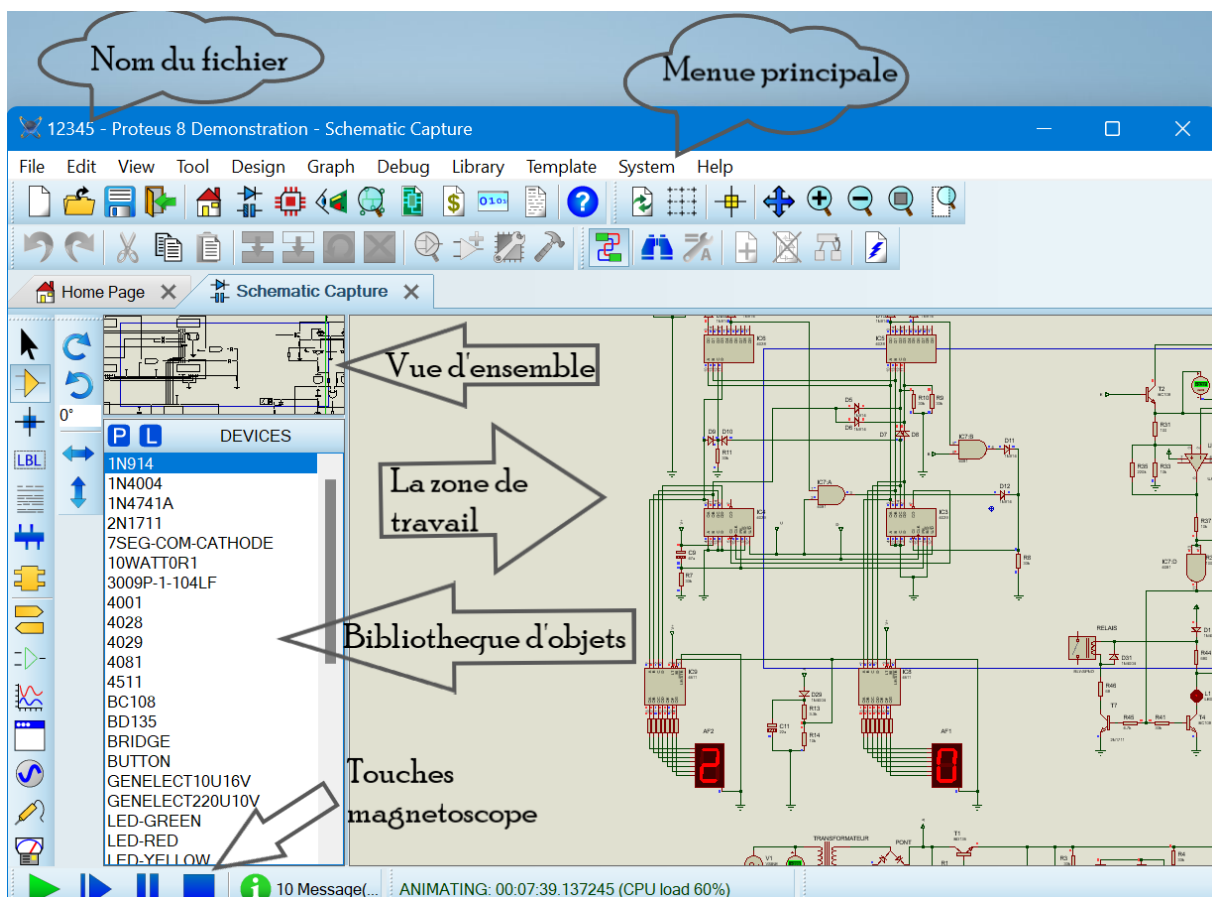


FIGURE 3.1 – Environnement de travail ISIS de PROTEUS.

3.3.3 La barre d'outils principale

La barre verticale de boutons rassemble les raccourcis essentiels pour accélérer le développement d'applications. Lorsqu'on survole un bouton avec le curseur de la souris sans cliquer, une info-bulle s'affiche, indiquant le nom du bouton. Parmi les boutons les plus utilisés, on trouve :

- **Le Mode Composant** : ce mode permet d'accéder à la bibliothèque de composants électroniques et de les ajouter aux schéma électronique. Lorsqu'on clique sur ce bouton, puis sur "Component from Libraries", on peut

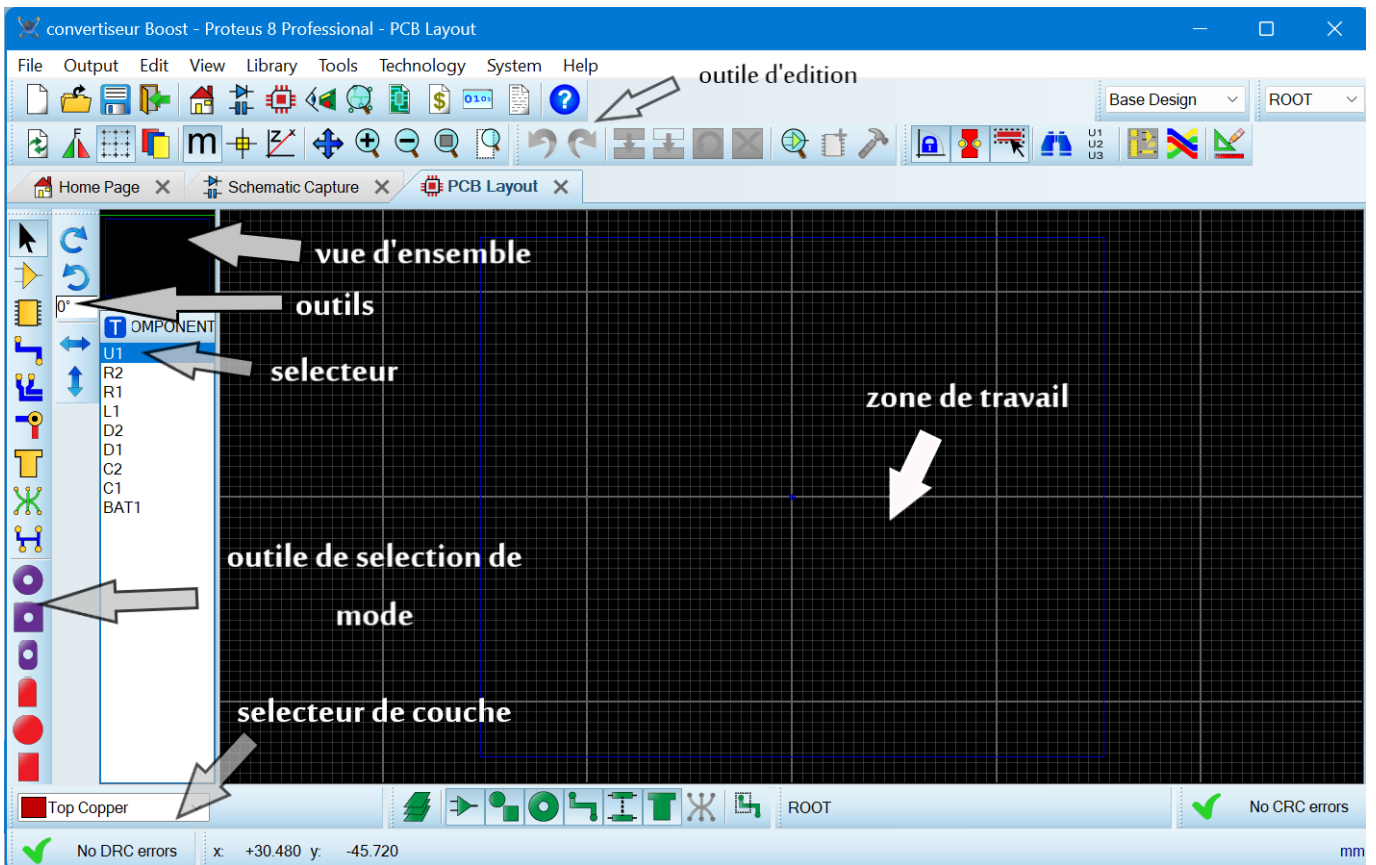


FIGURE 3.3 – Environnement de travail ARES de PROTEUS

3.4 Schéma électrique générale du montage sous ISIS

Étant donné la complexité apparente du circuit électrique complet du montage, nous allons procéder à une présentation, une explication et une simulation par étapes des différentes parties de ce circuit. Le schéma globale de notre circuit est présenté dans les 3 figures suivantes :

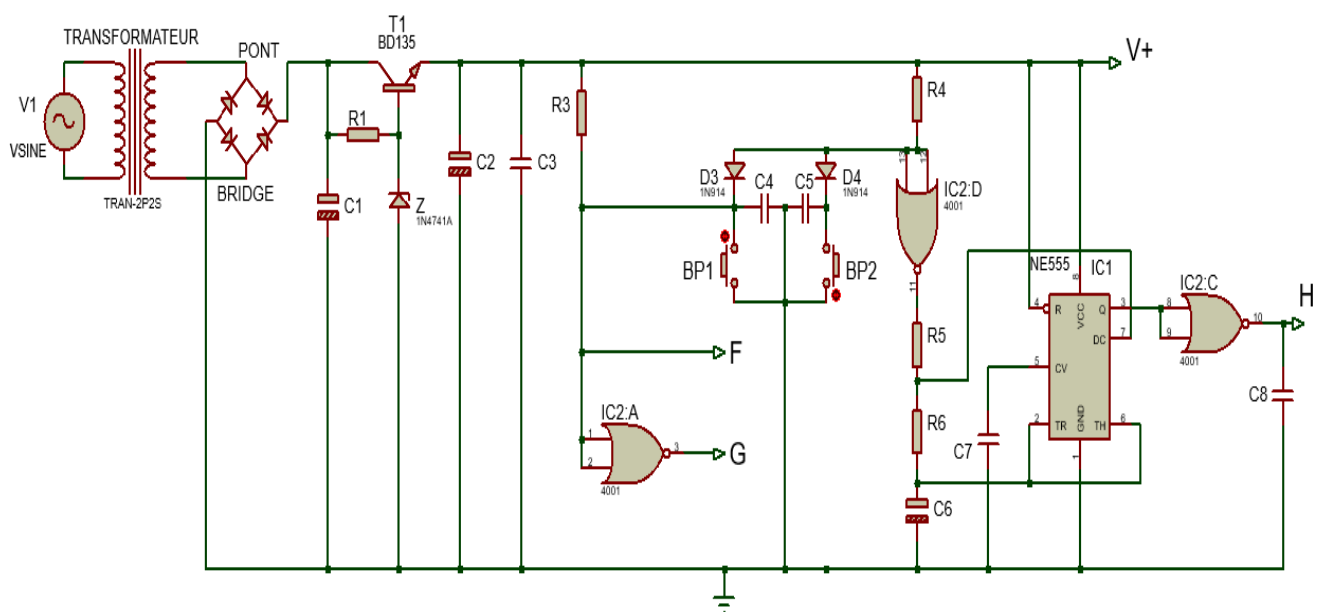


FIGURE 3.4 – Schéma générale du montage partie 1

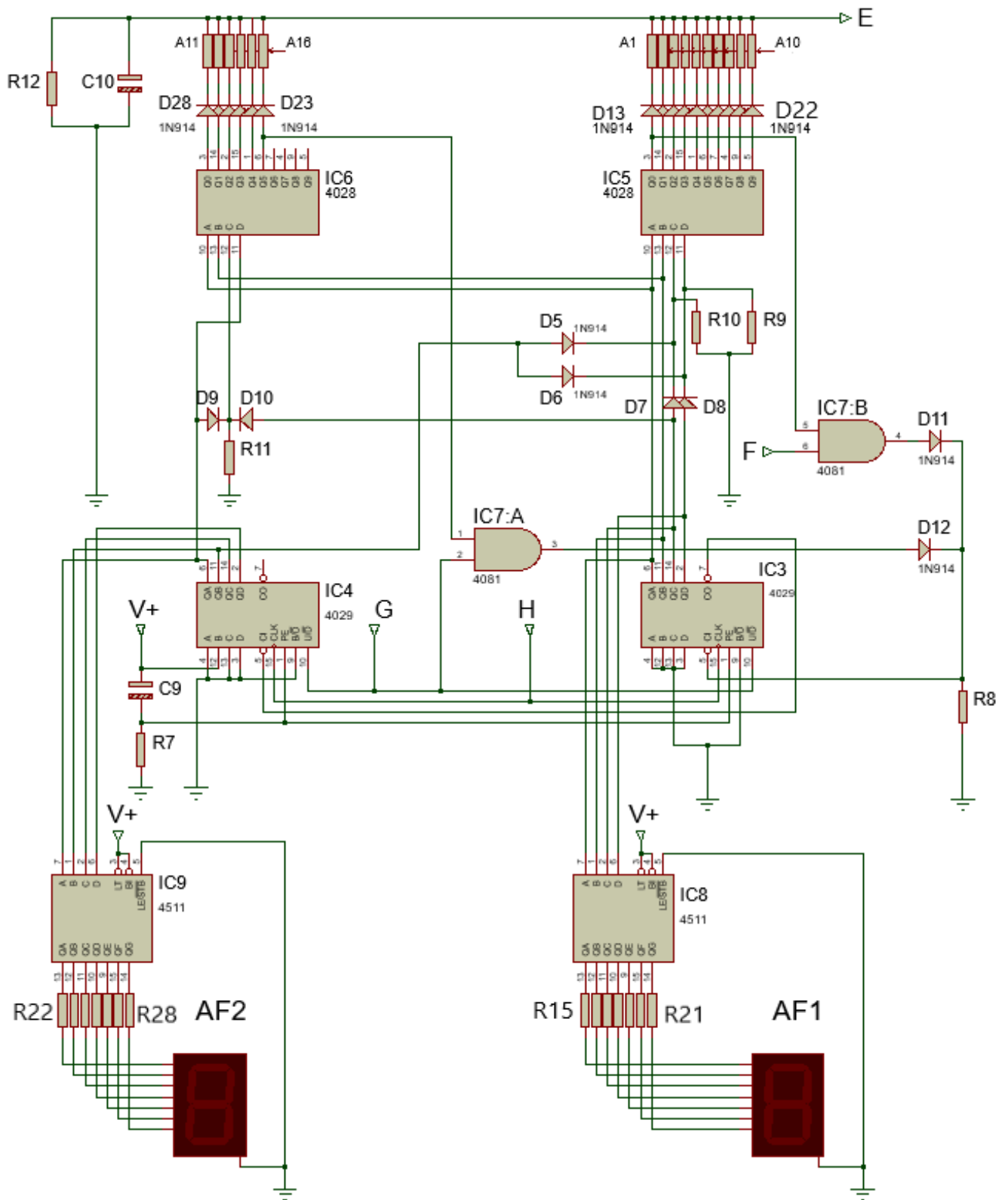


FIGURE 3.5 – Schéma générale du montage partie 2

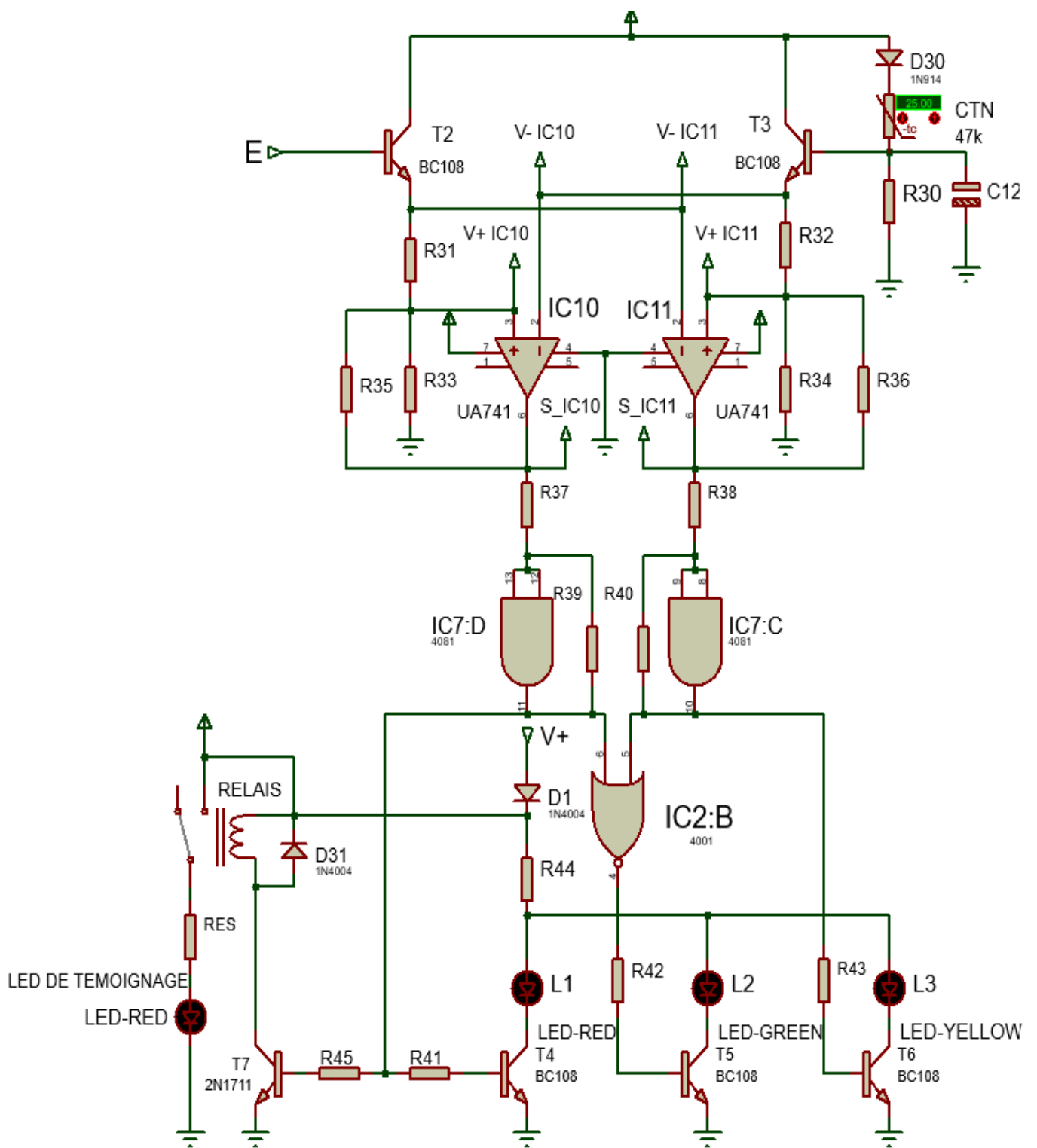


FIGURE 3.6 – Schéma générale du montage partie 3

3.4.1 Le circuit d'alimentation

L'énergie nécessaire au fonctionnement de l'ensemble est prélevée du secteur 220V/50Hz. A cet effet, un transformateur abaisse la tension primaire à une tension secondaire de 12 V redressée par un pont de Graetz. La capacité C1 effectue un premier filtrage. le transistor ballast T1 voit sa base maintenue à une valeur de 11V grâce à la diode Zener Z dont le courant de fonctionnement se trouve limité par la résistance R1. A la sortie de l'alimentation on obtient au niveau de l'émetteur de ce transistor ballast une tension continue de l'ordre de 10,5V filtré par C2 (Figure 3.7).

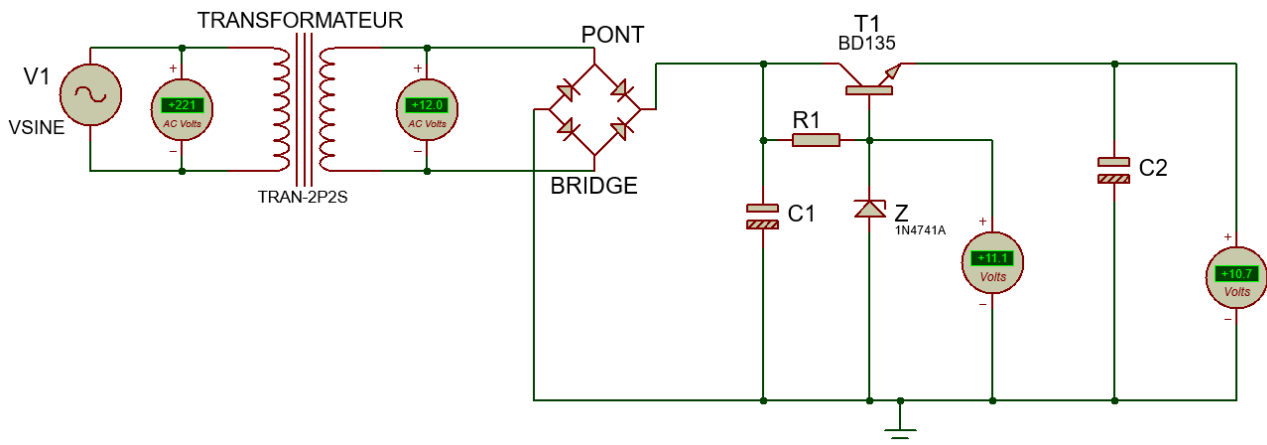


FIGURE 3.7 – Simulation de l'alimentation stabilisée sous ISIS

Pour obtenir des valeurs appropriées lors de la simulation d'une alimentation stabilisée dans l'environnement ISIS, il est important de déterminer les paramètres du transformateur d'alimentation. À cet égard, nous fournirons quelques indications :

3.4.1.1 Choix du transformateur sur ISIS de PROTEUS

Le rapport de transformation d'un transformateur est déterminé par le nombre de spires dans ses enroulements primaire et secondaire. Ce rapport définit la relation entre les tensions d'entrée et de sortie du transformateur. Pour déterminer le nombre de spires nécessaire pour les enroulements primaire et secondaire du transformateur, nous utilisons la relation suivante :

$$\frac{L_s}{L_p} = \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2 \implies L_s = \left(\frac{V_s}{V_p}\right)^2 \times L_p \quad (3.1)$$

Dans cette équation :

- L_p : Représente l'inductance de l'enroulement primaire.
- L_s : Représente l'inductance de l'enroulement secondaire.
- V_p : la tension d'entrée (220V dans notre cas).
- V_s : la tension de sortie (12V dans notre cas).

On fixe : $L_p=1H$ puis on calcule L_s AN :

$$L_s = \left(\frac{12}{220}\right)^2 \times 1$$

On obtient : $L_s=2.97mH$

Remarque : Dans notre circuit de simulation, les portes logiques sont configurées dans l'environnement ISIS de Proteus pour une sortie de 5V, indépendamment de la tension d'entrée qui les met à l'état haut. Ainsi, nous devons ajuster l'alimentation à 5V pour qu'elles fonctionnent correctement avec le reste du circuit.

3.4.2 Commande du déplacement du sélecteur

pour réaliser le réglage de la température souhaitée nous aurons besoin d'un sélecteur de température qui sera construit à base d'un compteur-décompteur. Pour son fonctionnement, il est nécessaire de générer des signaux de commande. Cette tâche est attribuée au circuit intégré NE555 monté en multivibrateur astable Comme le montre la Figure 3.8.

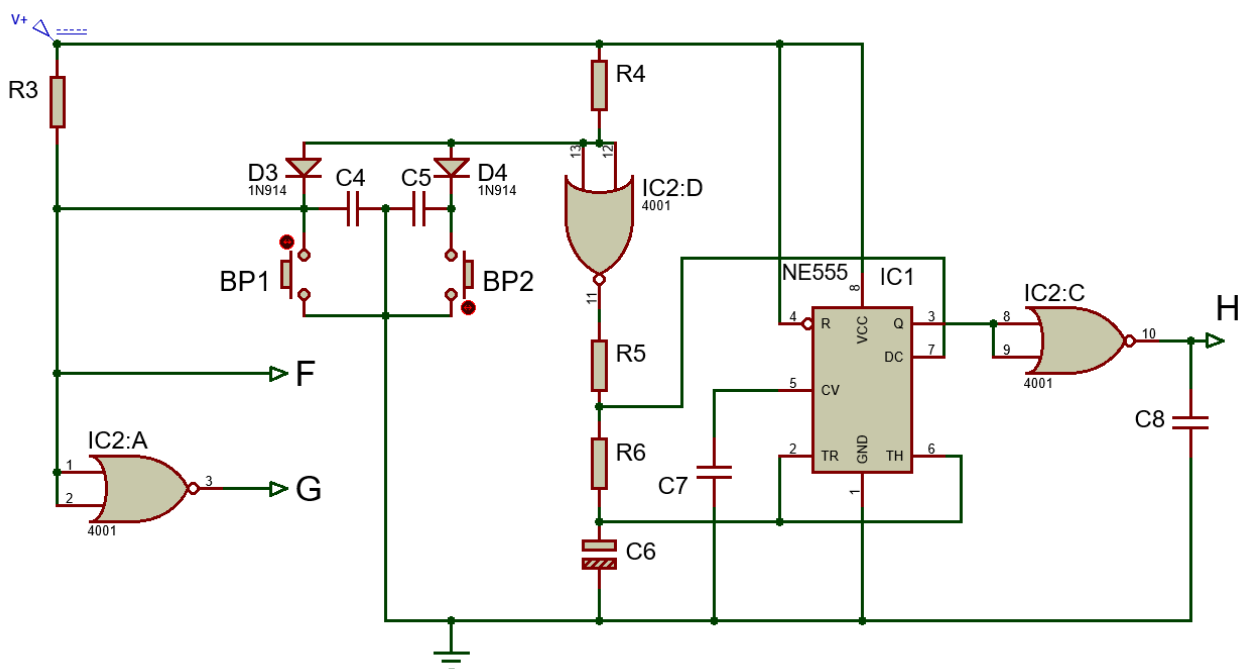


FIGURE 3.8 – Commande du déplacement du sélecteur sous ISIS

Au repos, les entrées combinées de la porte NOR D de IC2 sont maintenues à un état haut par la résistance R4. En conséquence, la sortie est à un niveau bas. La capacité C6 ne peut donc pas se charger, ce qui bloque le fonctionnement de la base de temps fournie par IC1. La sortie de IC1 est alors maintenue à un niveau haut, entraînant un niveau bas en sortie de la porte NOR C de IC2.

Si l'un ou l'autre des boutons poussoirs, BP1 ou BP2, est enfoncé, les entrées de la porte NOR D de IC2 passent à un état bas grâce au courant pouvant circuler à travers R4 et D3 ou D4. En conséquence, la sortie passe à l'état haut et IC1 entre en action, générant des impulsions d'une période d'environ 0.5 seconde comme illustré dans la Figure 3.9. Ces impulsions positives sont alors enregistrées à la sortie de la porte NOR C de IC2 et vont alimenter le système de comptage-décomptage.

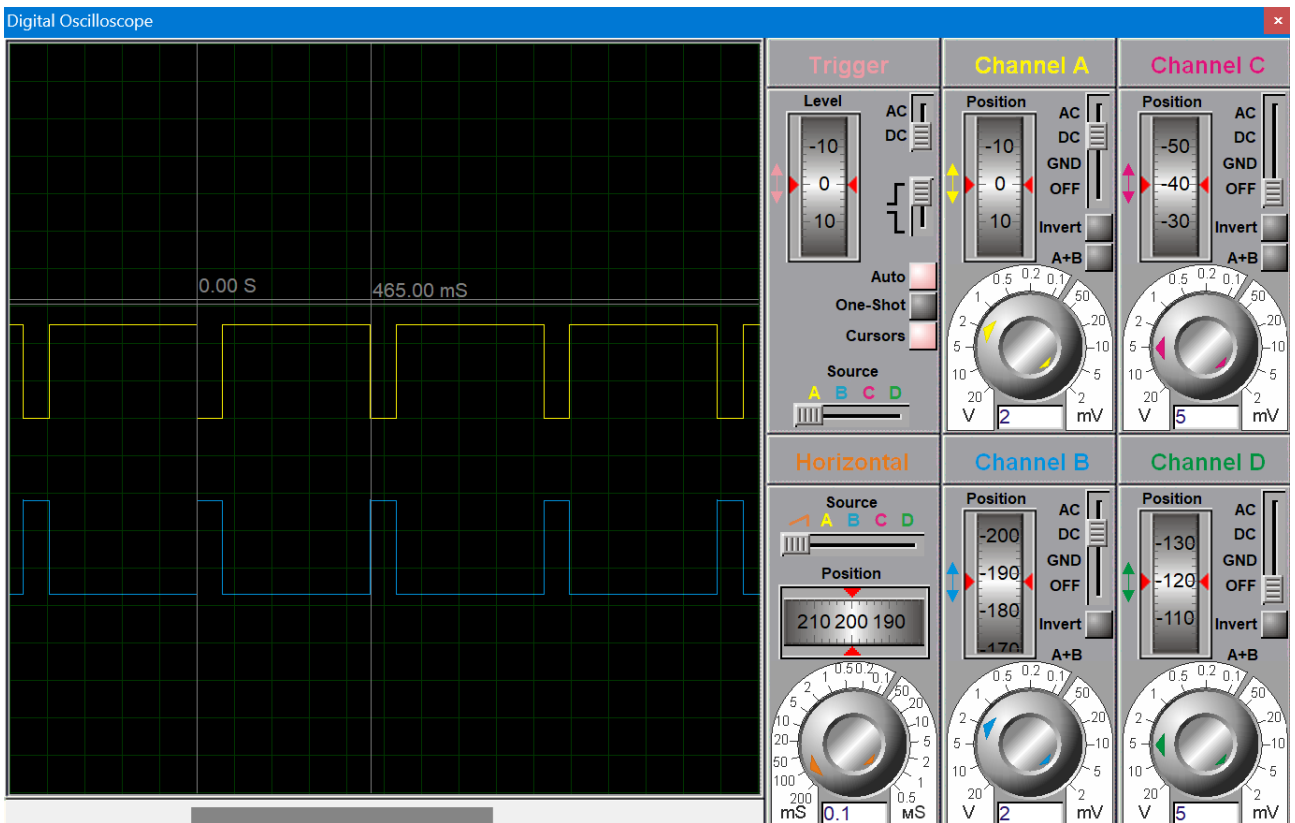


FIGURE 3.9 – Oscillogrammes des signaux de la base de temps sous ISIS Porteus

- En jaune : La sortie de NE555.
- En bleu : La sortie de la porte NOR C de IC2.

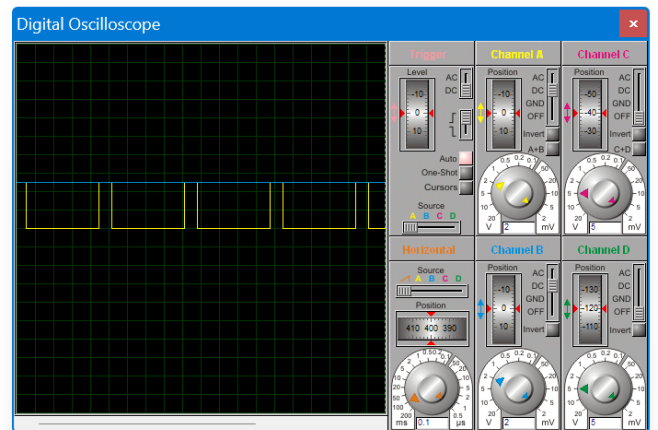
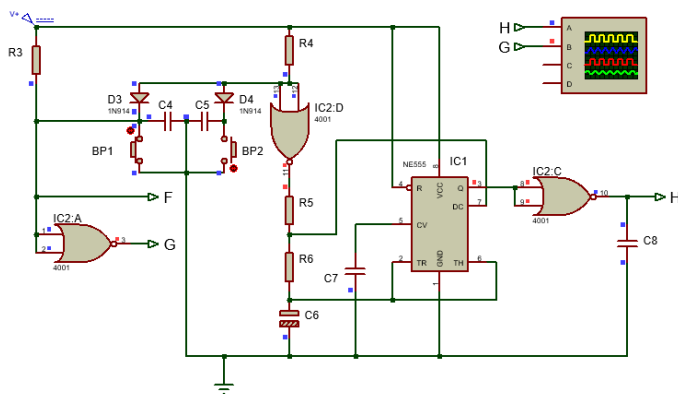


FIGURE 3.10 – Observations suite à la sollicitation de BP1

L'activation de BP1 génère des créneaux de comptage en H (En jaune) et un état haut en G (En bleu).

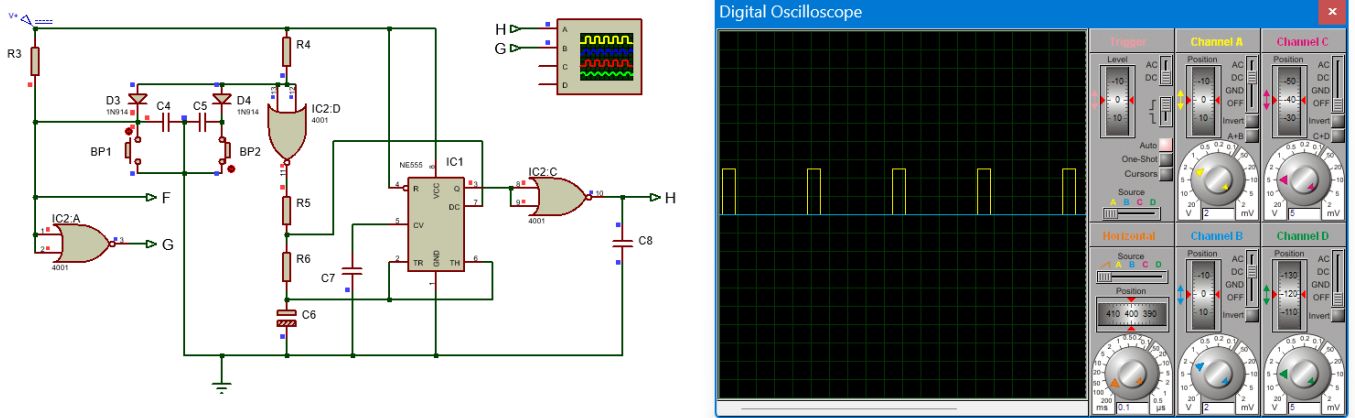


FIGURE 3.11 – Observations suite à la sollicitation de BP2.

L’activation de BP2 génère toujours des créneaux en H(En jaune), mais un état bas en G (En bleu).

Le Point G est utilisé pour contrôler le sens de comptage du compteur.

3.4.3 Comptage-décomptage

Les fonctions de comptage et de décomptage sont prises en charge par deux compteurs CMOS de la série CD4029, IC3 et IC4. Le premier de ces compteurs est attribué aux unités (IC3), tandis que le second est associé aux dizaines (IC4).

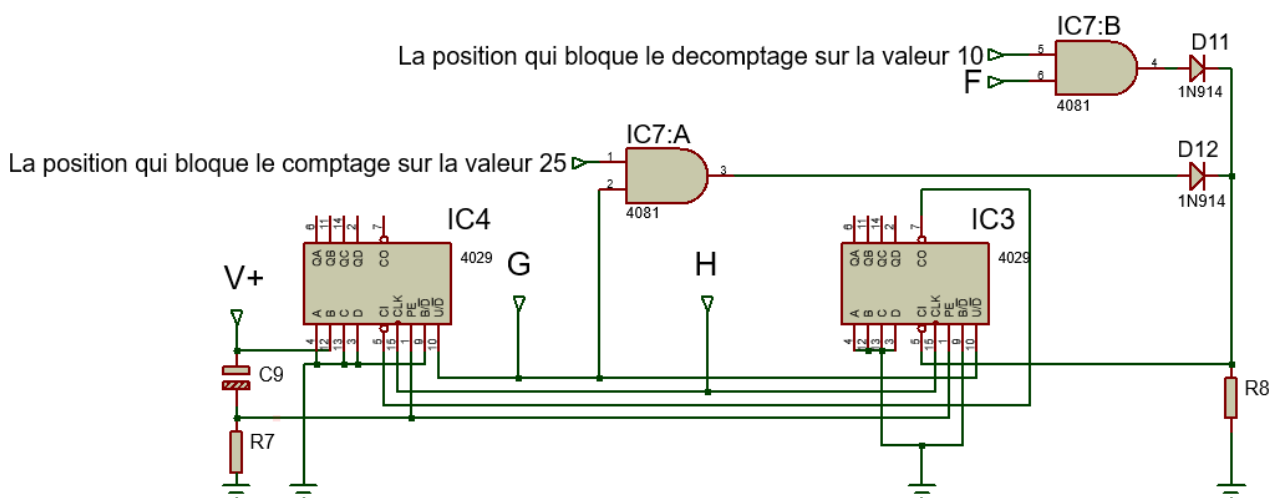


FIGURE 3.12 – La configuration spécifique du CD4029 utilisée dans notre circuit

Le compteur avance ou recule en fonction des fronts montants des créneaux générés par la base de temps au point H, qui sont appliqués à l’entrée CLK. Nous configurerons le compteur pour fonctionner en mode BCD en mettant l’entrée B/D à un niveau bas. Quand l’entrée U/D ,qui est connecté au point G, reçoit un signal haut (en appuyant sur le BP1), le compteur compte vers le haut, lorsqu’elle est reliée à un signal bas (en appuyant sur le BP2), le compteur décompte en sens inverse.

Nous activerons la fonction de pré-réglage en appliquant a la broche PE une impulsion positive, afin de définir une valeur initiale d’utilisation égale à 20°C, pour ce faire, il est nécessaire de connecter l’entrée B du compteur IC4 à un niveau logique haut, tandis que les autres entrées (A, C, D de IC4 et A, B, C, D de IC3) sont mises à un niveau logique bas. Cela entraîne un niveau logique haut à la sortie QB de IC4. Donc, IC3 est positionné sur

la valeur binaire 0000 (zéro), tandis que IC4 est positionné sur la valeur binaire 0010 (deux). Si l'entrée CI est branché à un état haut signifie que le compteur ne continuera pas à compter au-delà de sa position actuelle, le premier compteur est connecté à la sortie des portes logique AND sont fonctionnement sera détaillé par la suite, ce qui permet de limiter la plage de température de 10°C à 25°C dans notre circuit. De même, l'entrée CI du deuxième compteur est connectée à la sortie Carry Out du premier compteur, cela permet de synchroniser les deux compteurs pour qu'ils comptent ensemble.

3.4.4 Affichage des températures programmées

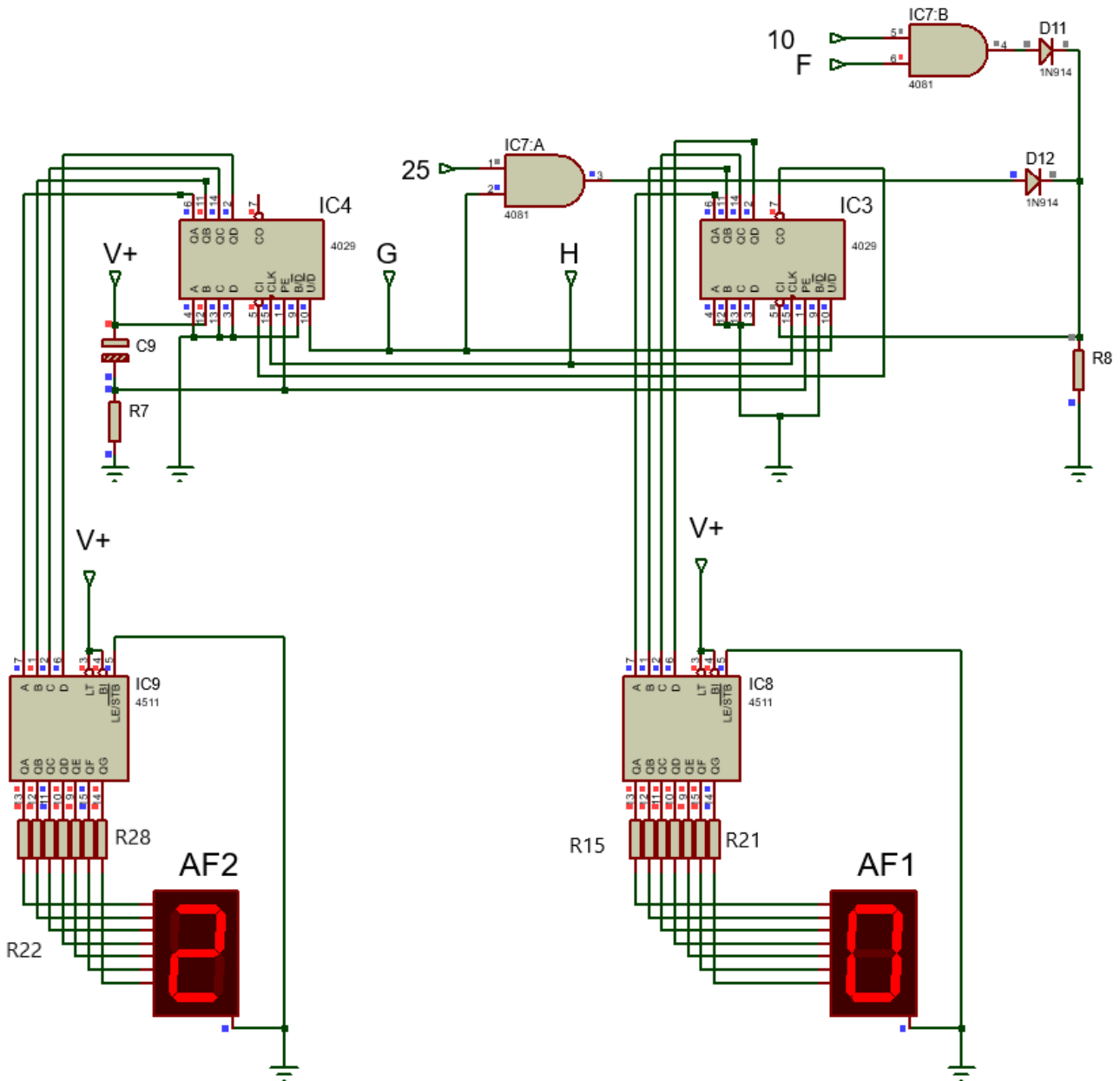


FIGURE 3.13 – Affichage des températures programmées

La température programmée est affichée à l'aide d'un décodeur BCD/7 segments de la série CD4511, accompagné de deux afficheurs à sept segments. Si la configuration binaire appliquée aux entrées A, B, C et D dépasse la valeur binaire 1001 (9), aucun segment de l'afficheur ne s'allume. Les résistances R15 à R28 sont utilisées pour réguler le courant circulant dans les segments. En raison des décodeurs utilisés, les afficheurs à sept segments doivent être du type "cathode commune".

3.4.5 Décodage sur 16 sorties

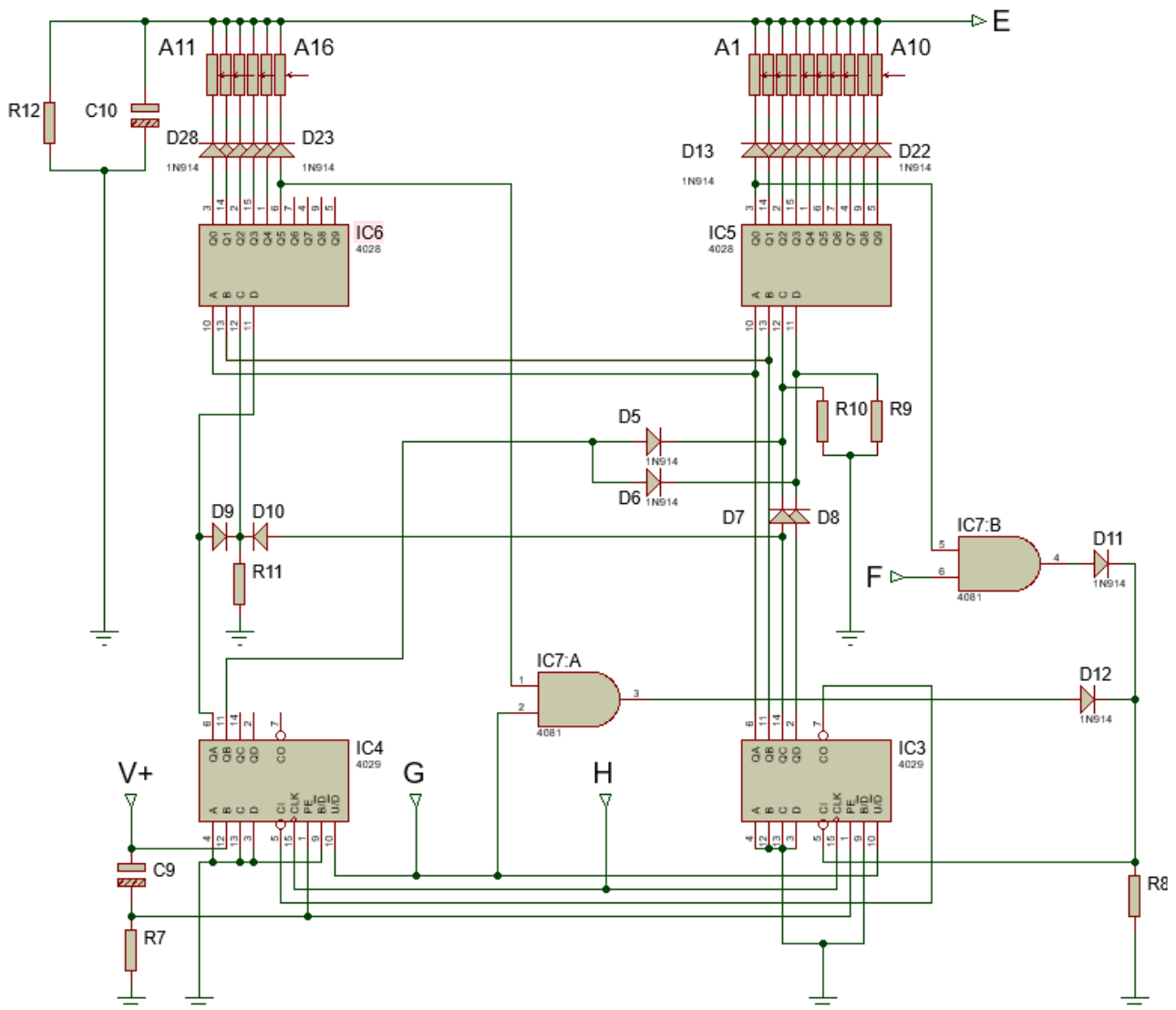


FIGURE 3.14 – Circuit de sélection des température

Les circuits intégrés IC5 et IC6 sont des décodeurs de la série CD4028. Leur fonction est de décoder les entrées BCD et d'afficher le résultat en sortie sous forme décimale. le tableau 2.5 représente le fonctionnement d'un décodeur de ce type. Pour les positions 10 à 19 des compteurs IC3/IC4, le décodeur IC5 opère normalement, où les sorties affichant un état haut correspondent directement aux valeurs d'entrée. Ainsi, lorsque la valeur est 10, l'état haut apparaît sur Q0 de IC5, pour la valeur 11 sur Q1, et ainsi de suite. Pour ces valeurs, IC4 est positionné à 0001 (un état haut sur QA). Par conséquent, l'entrée D de IC6 est maintenue constamment à un niveau haut. De même, l'entrée C est maintenue à un niveau haut grâce à la diode D9. Ainsi, quelles que soient les valeurs sur A ou B, le décodeur IC6 se retrouve dans une situation où toutes ses sorties sont à un niveau bas.

Pour les positions 20 à 25 des compteurs IC3/IC4, le compteur IC4 présente la position binaire 0010 . Grâce aux diodes D5 et D6, les entrées C et D du décodeur IC5 sont au niveau haut et par suite dans une telle configuration toutes les sorties de ce décodeur passent à l'état bas. En contrepartie, les entrées A, B et C de IC6 reçoivent respectivement les états des sorties QA, QB et QC de IC3, et le décodage s'effectue normalement. Par exemple lorsque la valeur 20 est présente, elle cause un état haut sur la sortie Q0 de IC6, et si la valeur 21 est présente elle cause un état haut sur Q1, et ainsi de suite. Le tableau de la figure 3.15 résume le principe de ce décodage particulier [12] .

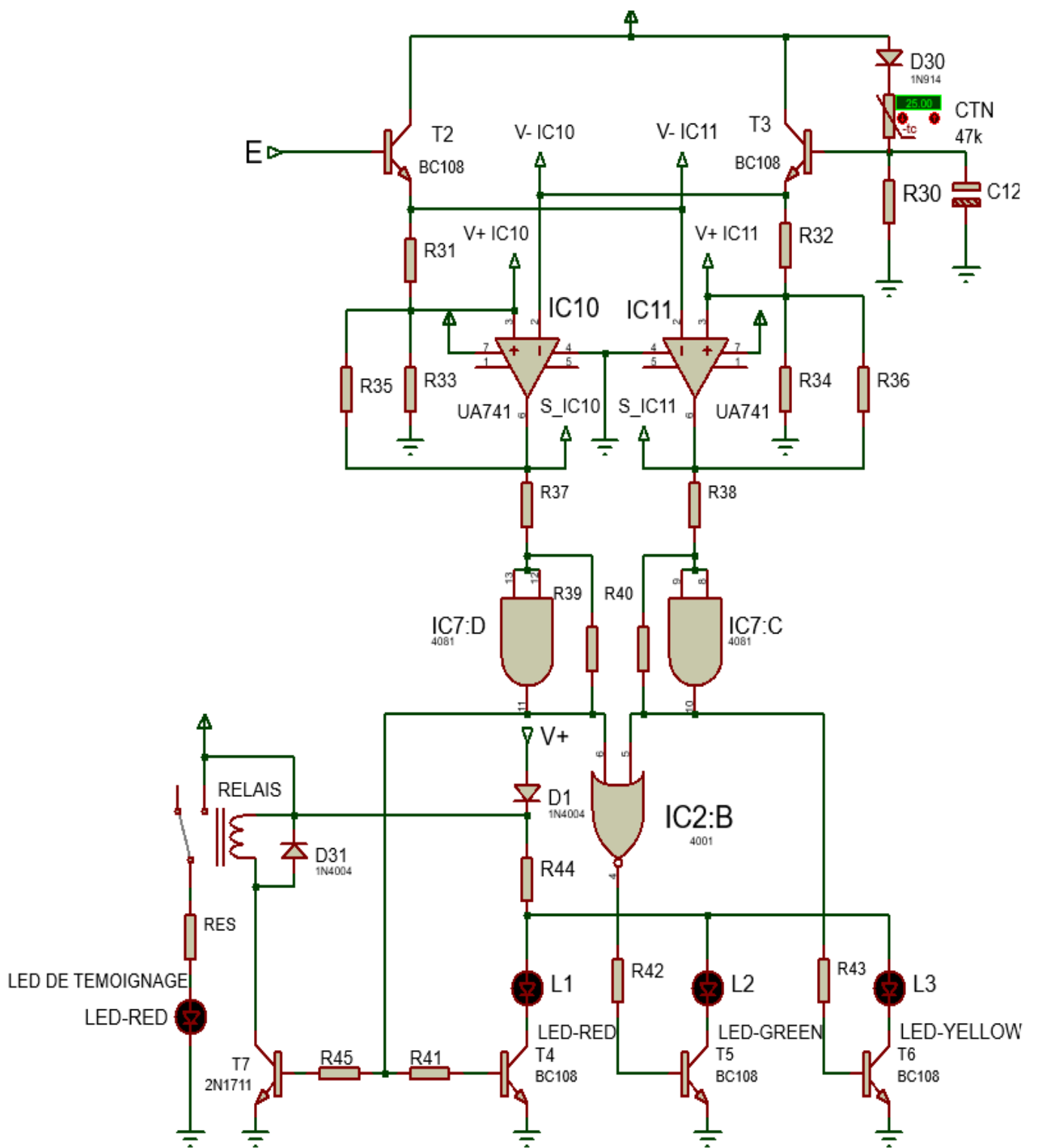


FIGURE 3.16 – Comparateur et affichage LED du régulateur de température

Le branchement de la CTN fait partie d'une série d'éléments comprenant la diode D_{30} , la résistance R_{30} et la capacité C_{12} . Ce groupement forme une structure symétrique par rapport à l'une des sorties d'un décodeur IC5 ou IC6, qui sélectionne une température. Par exemple, si cette dernière est réglée sur 20 °C, on peut observer la symétrie suivante [12] :

$$- D_{23} \Rightarrow D_{30}$$

$$- A_{11} \Rightarrow CTN$$

$$- R_{12} \Rightarrow R_{30}$$

$$- C_{10} \Rightarrow C_{12}$$

Les points milieux de ces groupements sont reliés respectivement aux bases des transistors T2 et T3. Ces derniers sont montés en mode « suiveur de tension ». Ainsi, en cas de variation de la température ambiante à la CTN, on observe une variation de potentiel au niveau de l'émetteur de T3. La valeur du potentiel présent sur la cathode de D_{30} étant d'environ 5V dans la simulation, le potentiel disponible sur la base de T3 s'exprime par la relation :

$$u = \frac{R_{30}}{CTN + R_{30}} \times 5 \quad (3.2)$$

La valeur u' disponible sur l'émetteur de T3 est inférieure d'environ 0,6 V à cette valeur :

$$u' = u - V_{BE} \quad (3.3)$$

Lorsque la température ambiante diminue, la résistance de la CTN augmente, donc le potentiel au niveau de l'émetteur de T3 diminue. Par similitude, on montrerait de la même manière que si la température augmente, le potentiel de cet émetteur augmente également.

3.4.6.2 Comparaison des potentiels

Reprenons l'exemple du sélecteur de température positionné sur la valeur de 20°C. Au niveau du réglage de l'ajustable A11, cela revient à obtenir une valeur de la CTN pour la température ambiante de 20°C. Supposons réalisée cette égalité. Dans ces conditions, il est évident que les potentiels des émetteurs des transistors T2 et T3 sont égaux.

Les circuits intégrés IC10 et IC11 sont des amplificateurs opérationnels « 741 » montés ici en comparateurs de tension.

La figure 3.16 rappelle le principe de fonctionnement pour les 3 cas qui se présentent dans notre montage et rappelons que :

t température ambiante

T température programmé

Premier cas $t < T$

Quand la température ambiante diminue, cela se traduit par une diminution du potentiel au niveau de l'émetteur de T3, et donc également au niveau de l'entrée inverseuse de IC10 et de l'entrée non-inverseuse de IC11. Alors le potentiel de l'émetteur T2 n'ayant pas varié, il arrivera un moment où l'entrée non-inverseuse aura un potentiel supérieur à l'entrée inverseuse au niveau de IC10. La sortie de IC10 passera à un état haut et celle de IC11 passera au niveau bas. Pour simplifier le fonctionnement, en résumé :

e+ signifie l'entrée non-inverseuse.

e- signifie l'entrée inverseuse.

$$t < T \Rightarrow CTN > A_N \Rightarrow e+ > e - deIC10 \Rightarrow S_{IC10} = +V_{Sat}; e+ < e - deIC11 \Rightarrow S_{IC11} = -V_{Sat}$$

" A_N " représente la résistance variable dans les sorties des décodeurs BCD/décimaux, programmée par l'utilisateur pour une température donnée.

Deuxième cas $t = T$

Dans le cas où la température ambiante est égale à la température cible, cela se traduit une égalité du potentiel au niveau des émetteurs de T3 et T2, par-contre le potentiel au point de jonction des résistances (R_{31} , R_{33}) et (R_{32} , R_{34}) est légèrement inférieure à la tension des émetteurs T2 ou T3 ce qui implique une déférence de potentiel aux entrées des comparateurs IC10 et IC11.

$$t = T \Rightarrow CTN = A_N \Rightarrow e+ < e - deIC10; e+ < e - deIC11 \Rightarrow S_{IC10} = S_{IC11} = -V_{Sat}$$

Troisième cas $t > T$

Lorsque la température ambiante augmente, cela se traduit par une augmentation du potentiel au niveau de l'émetteur de T3, et donc également au niveau de l'entrée inverseuse de IC10 et de l'entrée non-inverseuse de IC11. Étant donné que le potentiel du côté T2 n'a pas varié, il viendra un moment où l'entrée inverseuse aura un potentiel supérieur à l'entrée non-inverseuse pour IC10, et au contraire par rapport à IC11. En conséquence, la sortie de IC11 passera à un état haut et celle de IC10 passera au niveau bas.

$$t > T \Rightarrow CTN < A_N \Rightarrow e+ < e - deIC10 \Rightarrow S_{IC10} = -V_{Sat}; e+ > e - deIC11 \Rightarrow S_{IC11} = +V_{Sat}$$

3.4.6.3 Affichage des états

Les niveaux des sorties des comparateurs IC10 et IC11 sont pris en compte par des portes AND C et D de IC7. Il en résulte, à la sortie de ces portes des états haut ou bas. ce qui permet d'éliminer la tension de déchet à la sortie des comparateurs .

Les sorties de ces deux portes sont reliées également aux entrées d'une porte NOR B de IC2. Rappelons qu'une telle porte ne présente un état haut à sa sortie que dans le cas où ses deux entrées sont soumises simultanément à un état bas.

Ainsi, l'ensemble du dispositif peut occuper trois positions stables :

1. $t < T$ (t = température ambiante et T = température programmée) : un état haut seulement sur la sortie de la porte AND D de IC7, par l'intermédiaire du transistor T4, on observe l'allumage de la LED rouge L1 et l'amorçage du relais comme illustré dans la Figure 3.17.

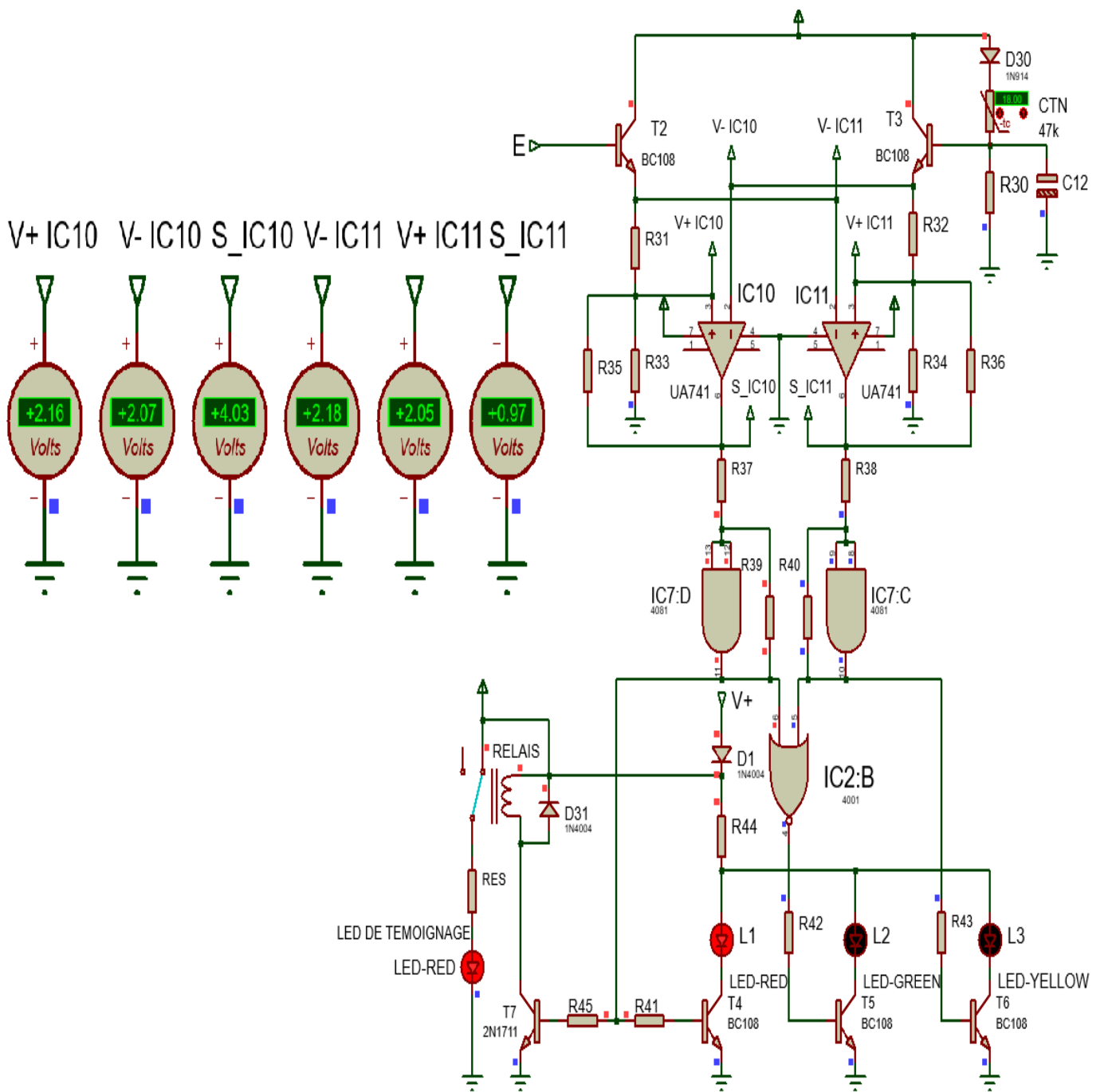


FIGURE 3.17 – Température ambiante inférieure à la température programmée

2. $t = T$: un état haut seulement sur la sortie de la porte NOR B de IC2 et allumage de la LED verte L2 et le relais au repos comme illustré dans la Figure 3.18.

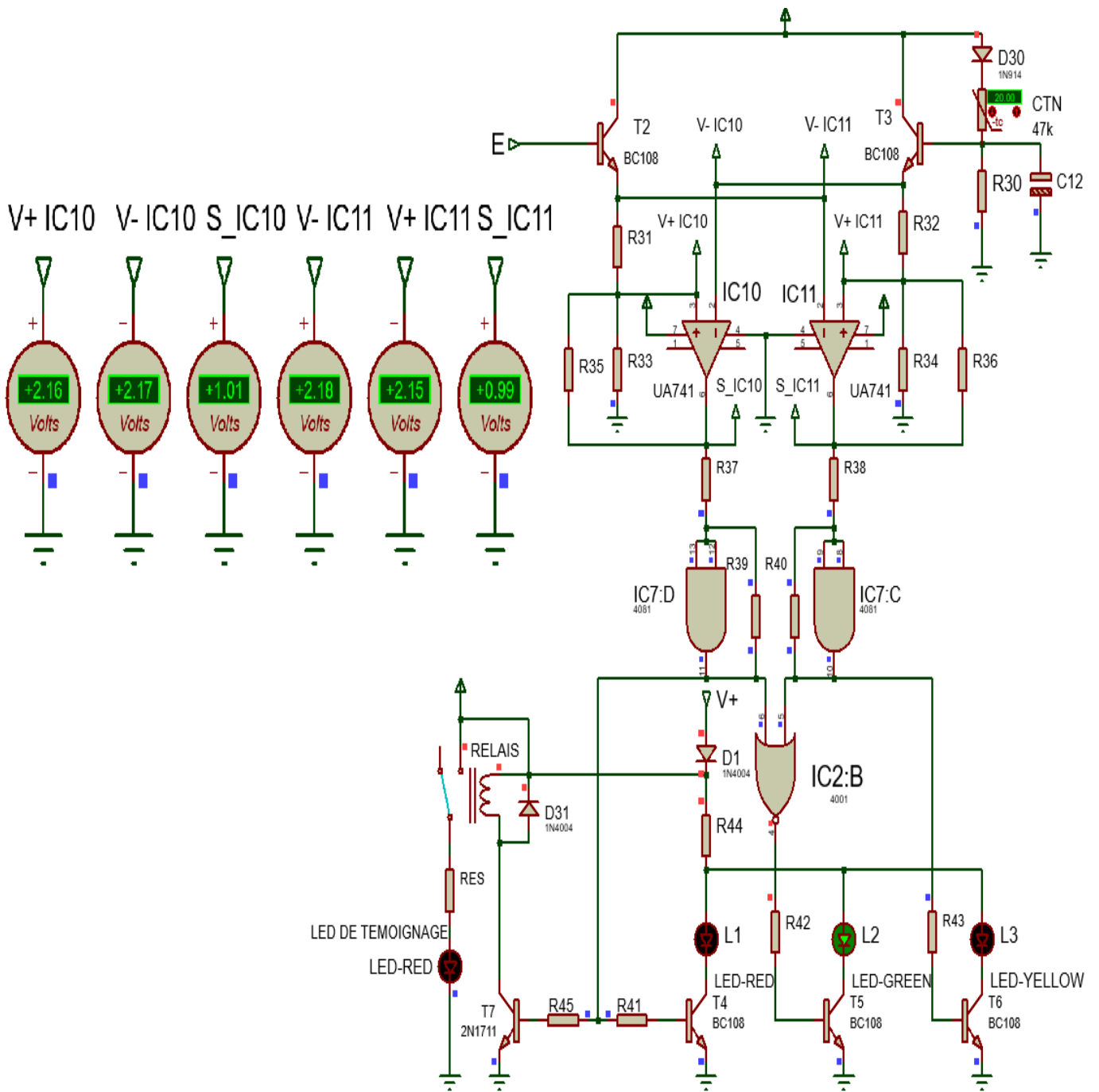


FIGURE 3.18 – Température ambiante égale à la température programmée

3. $t > T$: un état haut seulement sur la sortie de la porte AND C de IC7 et allumage de la LED jaune L3 et le relais au repos comme illustré dans la Figure 3.19.

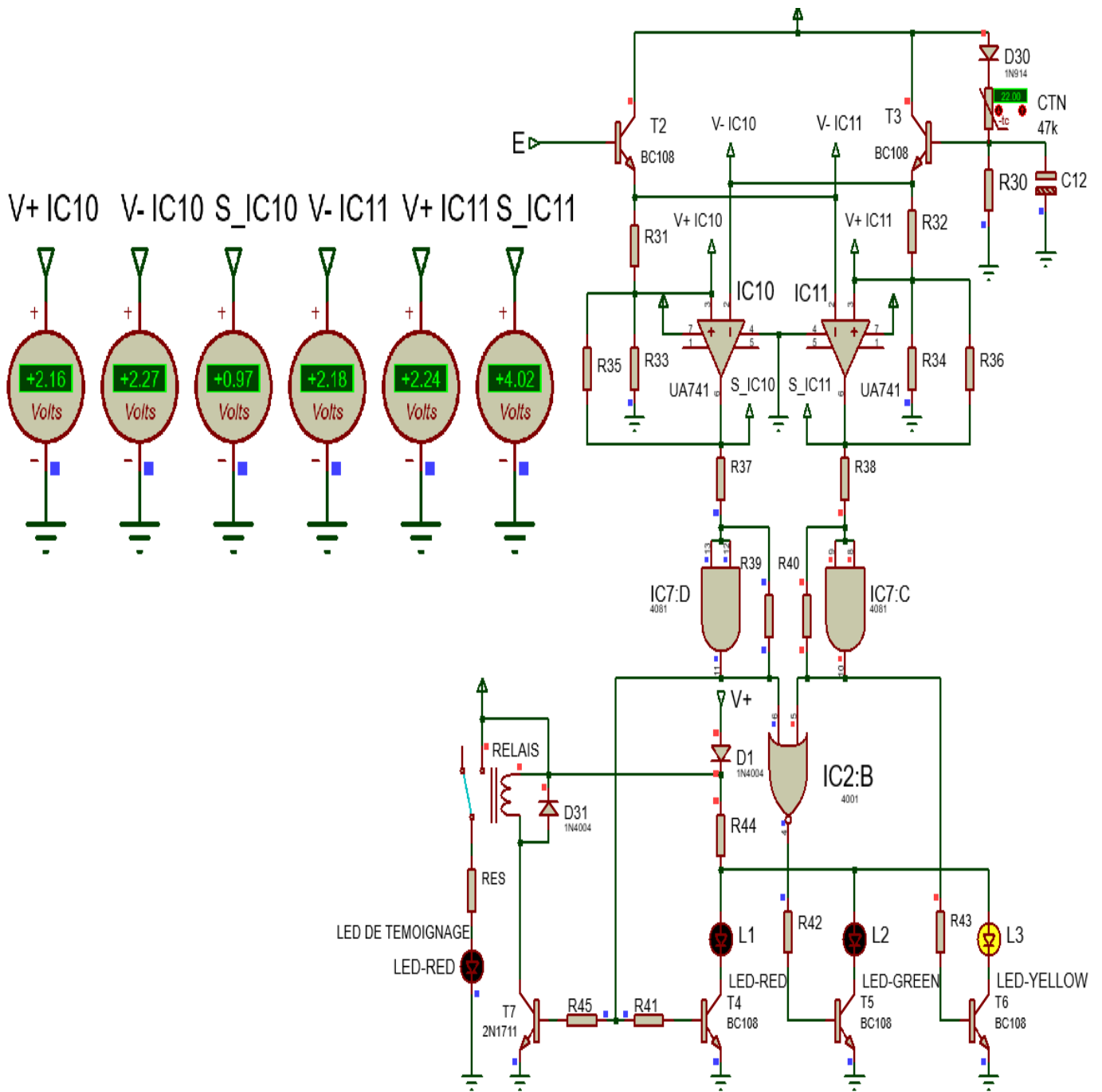


FIGURE 3.19 – Température ambiante supérieure à la température programmée

3.4.6.4 Commande du relais d'utilisation

Lorsqu'il s'agit de commander la mise en marche du chauffage par exemple nous devons installer un relais qui sera sollicité dans le cas où $t < T$. La sortie de la porte AND D de IC7 alimente donc la base du transistor T7 qui comporte dans son collecteur la bobine du relais d'utilisation. La diode D31 reliée en parallèle avec le relais, protège le transistor T7 des effets liés à la surtension de la bobine au moment de la coupure ou de l'amorçage du relais.

3.5 Conception du circuit sous l'environnement ARES

Après avoir effectué la simulation du circuit avec ISIS de Proteus, nous avons décidé de réaliser le circuit imprimé en utilisant l'environnement ARES de Proteus et vu la complexité du montage on a opté pour la conception d'un circuit imprimé double face, comme illustré dans la Figure3.20.

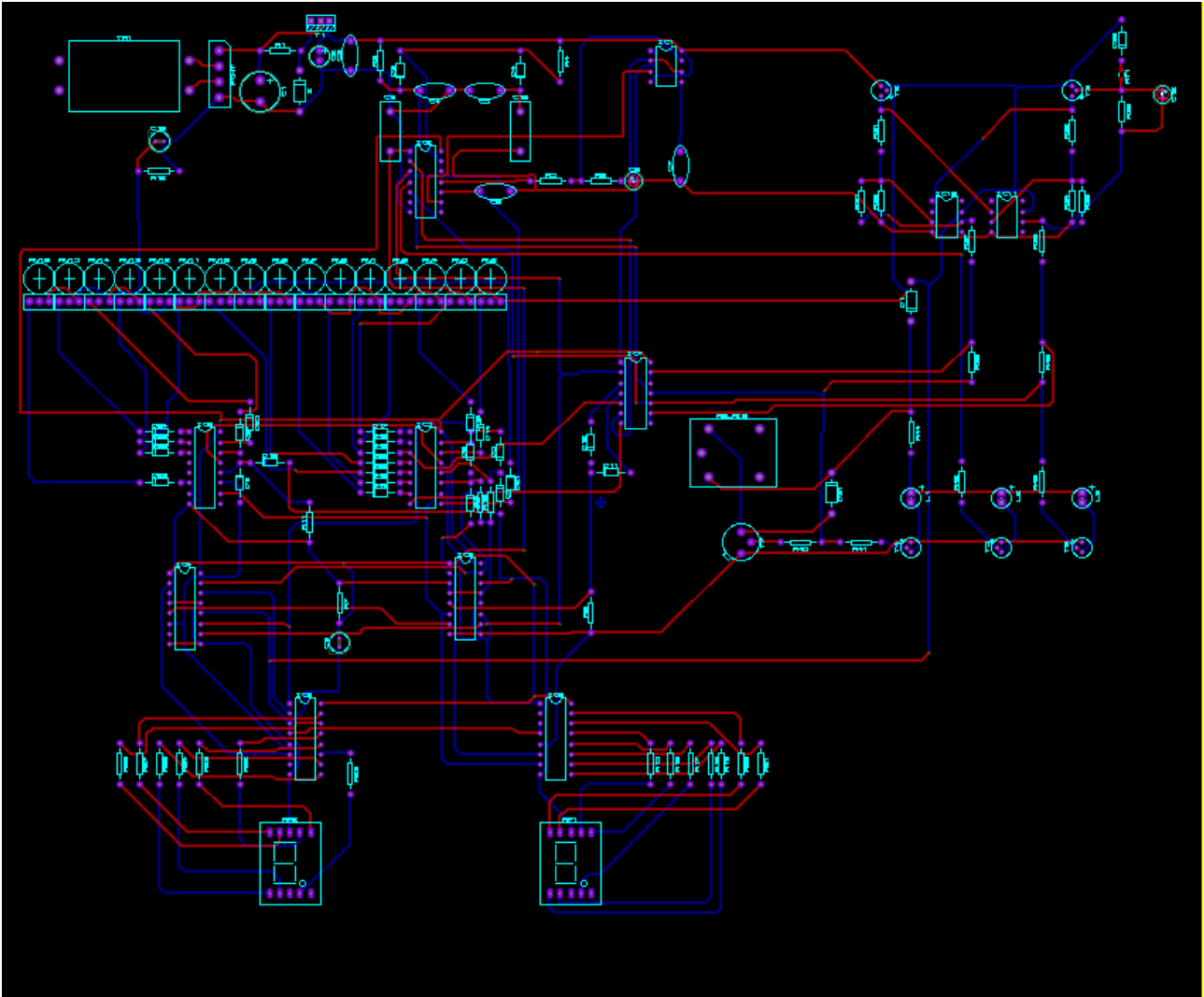


FIGURE 3.20 – Schéma d'implantation du circuit régulateur de température sous ARES

Un typon est un terme utilisé en électronique pour désigner le modèle ou le gabarit utilisé dans la fabrication de circuits imprimés (PCB). Il s'agit généralement d'un film transparent sur lequel est imprimé le tracé des pistes de cuivre et des composants électroniques. Ce tracé correspond à la disposition exacte des pistes et des composants sur le circuit imprimé final. En utilisant le logiciel ARES, les figures 3.21 et 3.22 illustrent les typons des deux faces supérieure et inférieure de notre circuit électronique .

- La face supérieur pour **TOP COPPER** .
- La face inférieur pour **BOTTOM COPPER** .

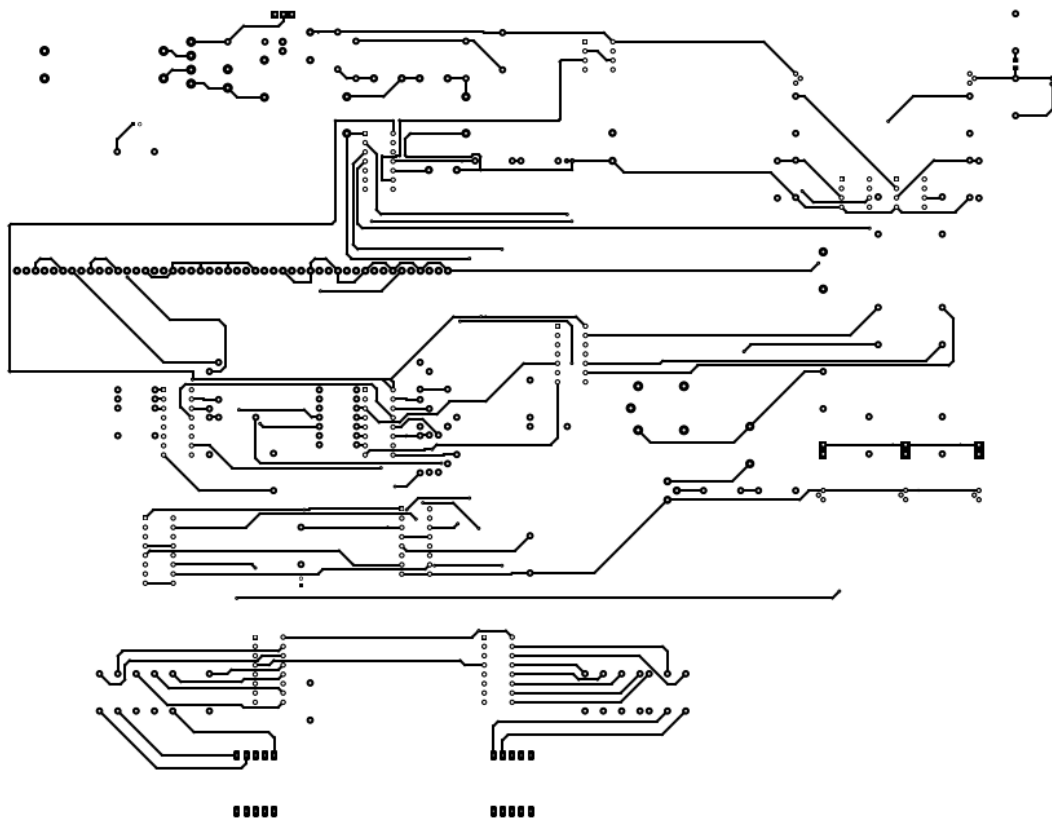


FIGURE 3.21 – Le typon du circuit régulateur de température face supérieure

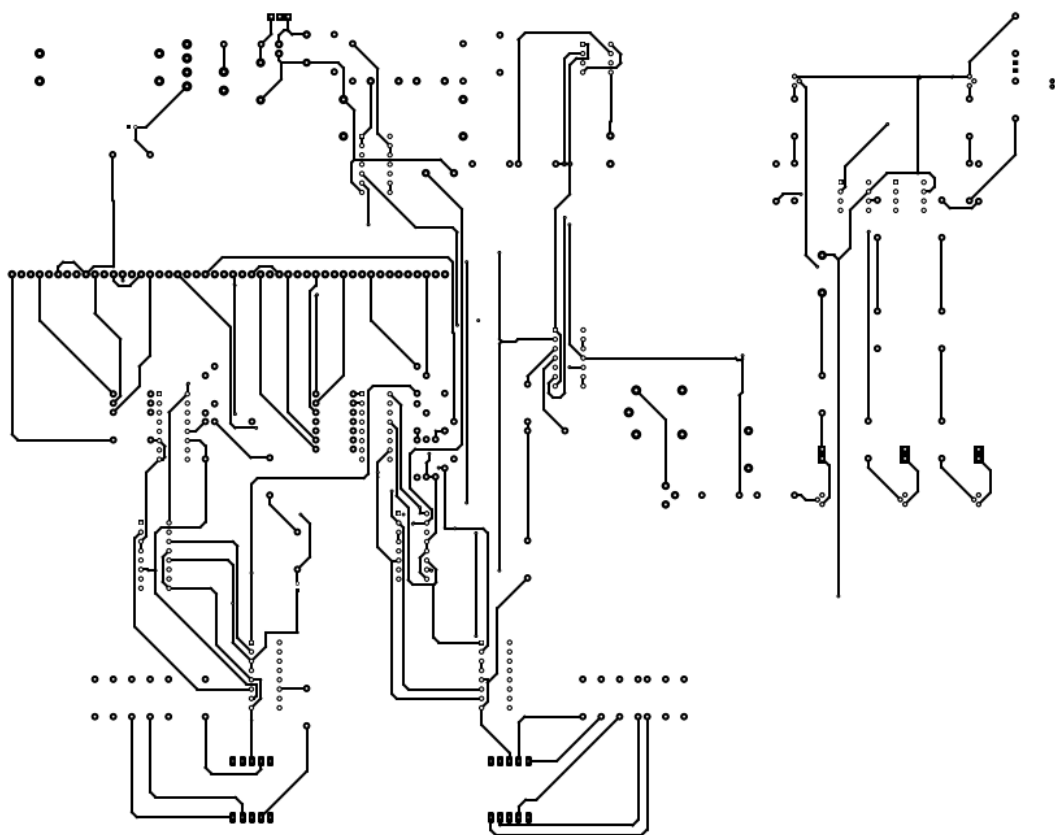


FIGURE 3.22 – Le typon du circuit régulateur de température face inférieure

La figure 3.23 présente une maquette du circuit de notre montage simulé et représenté en image 3D

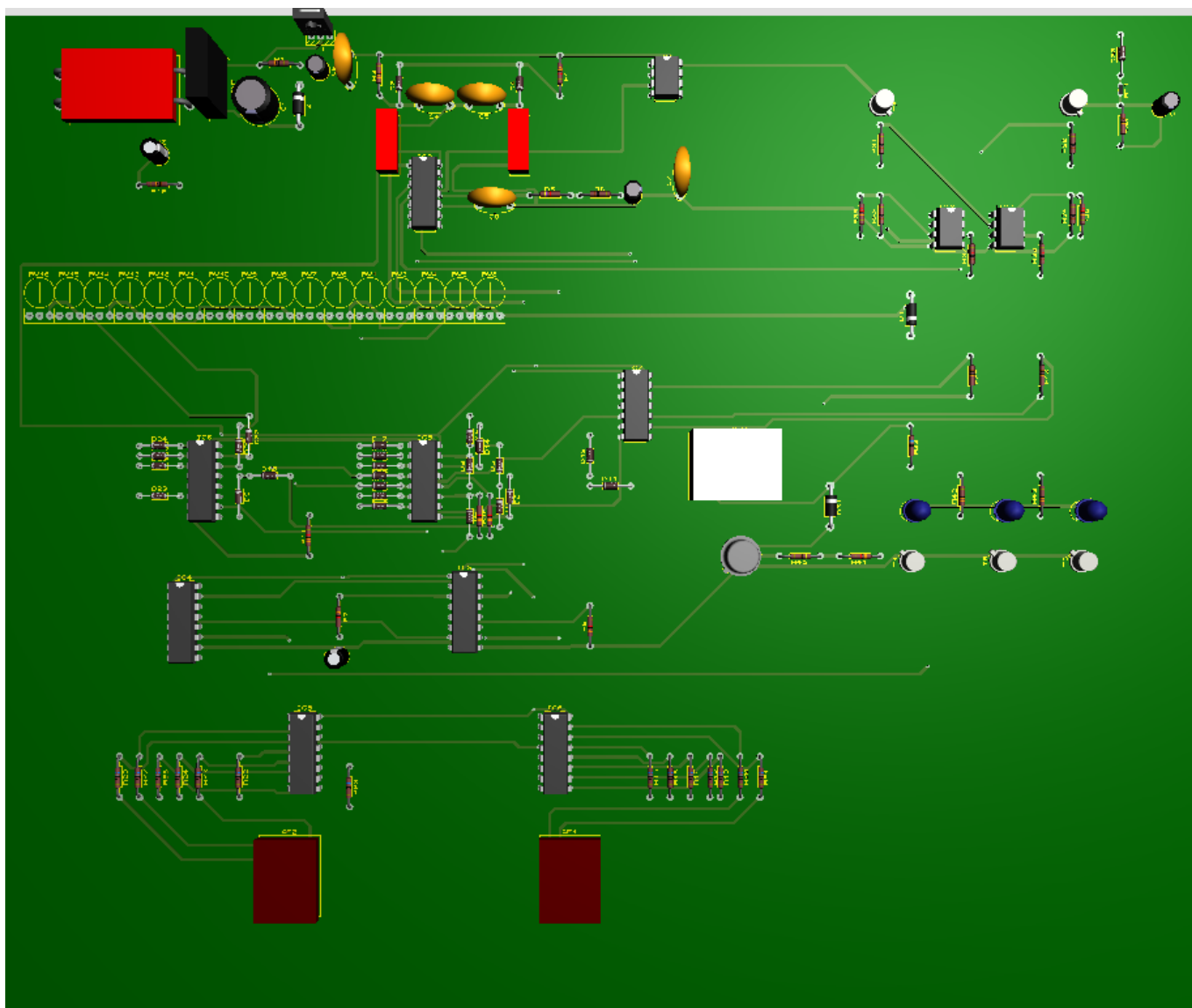


FIGURE 3.23 – La visualisation du régulateur de température en forme 3D

3.6 Réalisation pratique sur plaque d'essai

Nous avons réalisé notre montage sur une plaque d'essai, comme le montre la Figure 3.24.

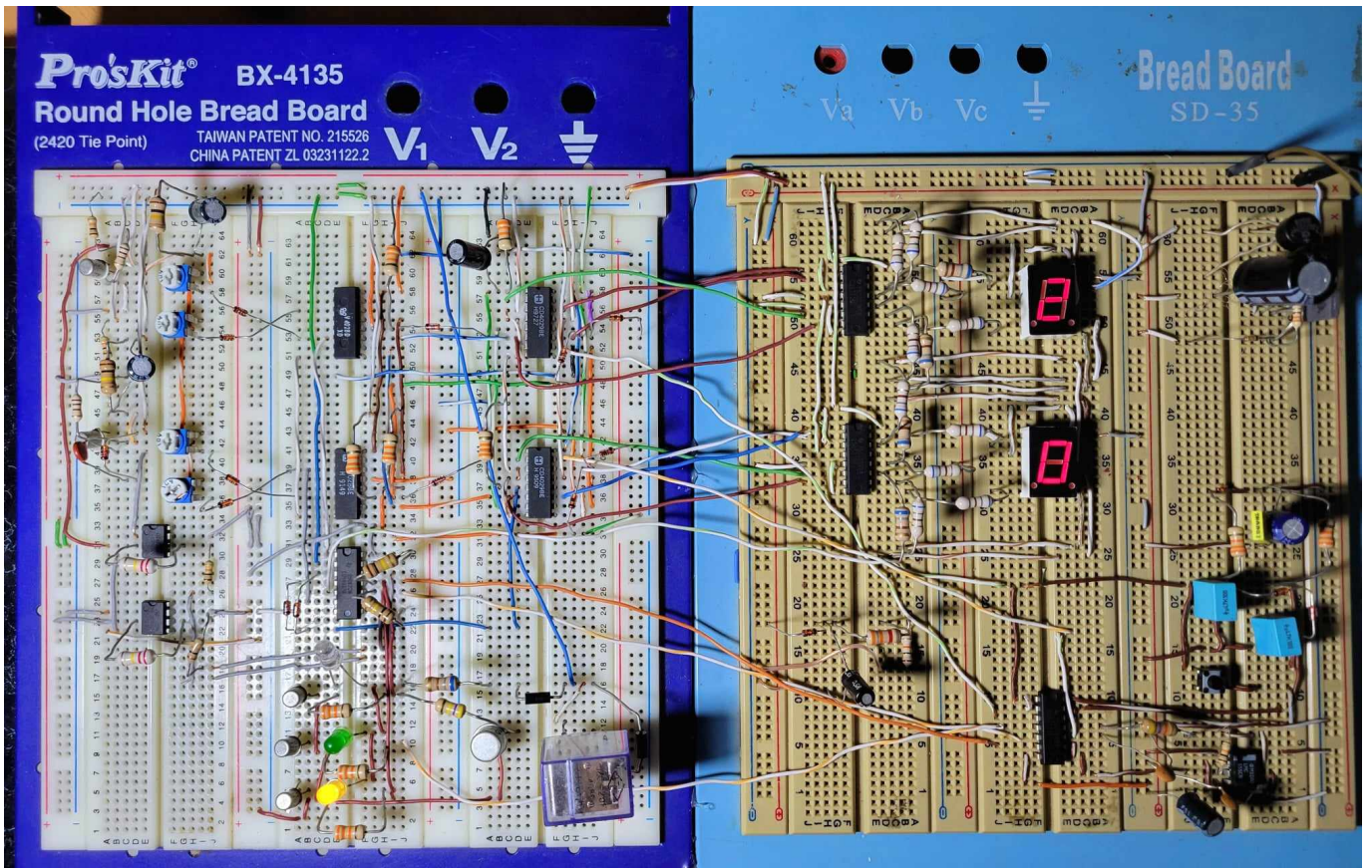


FIGURE 3.24 – Montage complet sur plaque d'essais

Pour une meilleure compréhension visuelle, nous avons pris des photos de chaque partie et de chaque étape de notre circuit. Tout d'abord, nous présentons la partie de la génération du signal d'horloge, basée sur le circuit intégré NE555, et une commande sur les compteurs/décompteurs pour qu'ils puissent avancer ou reculer. Le montage est illustré dans la Figure 3.25

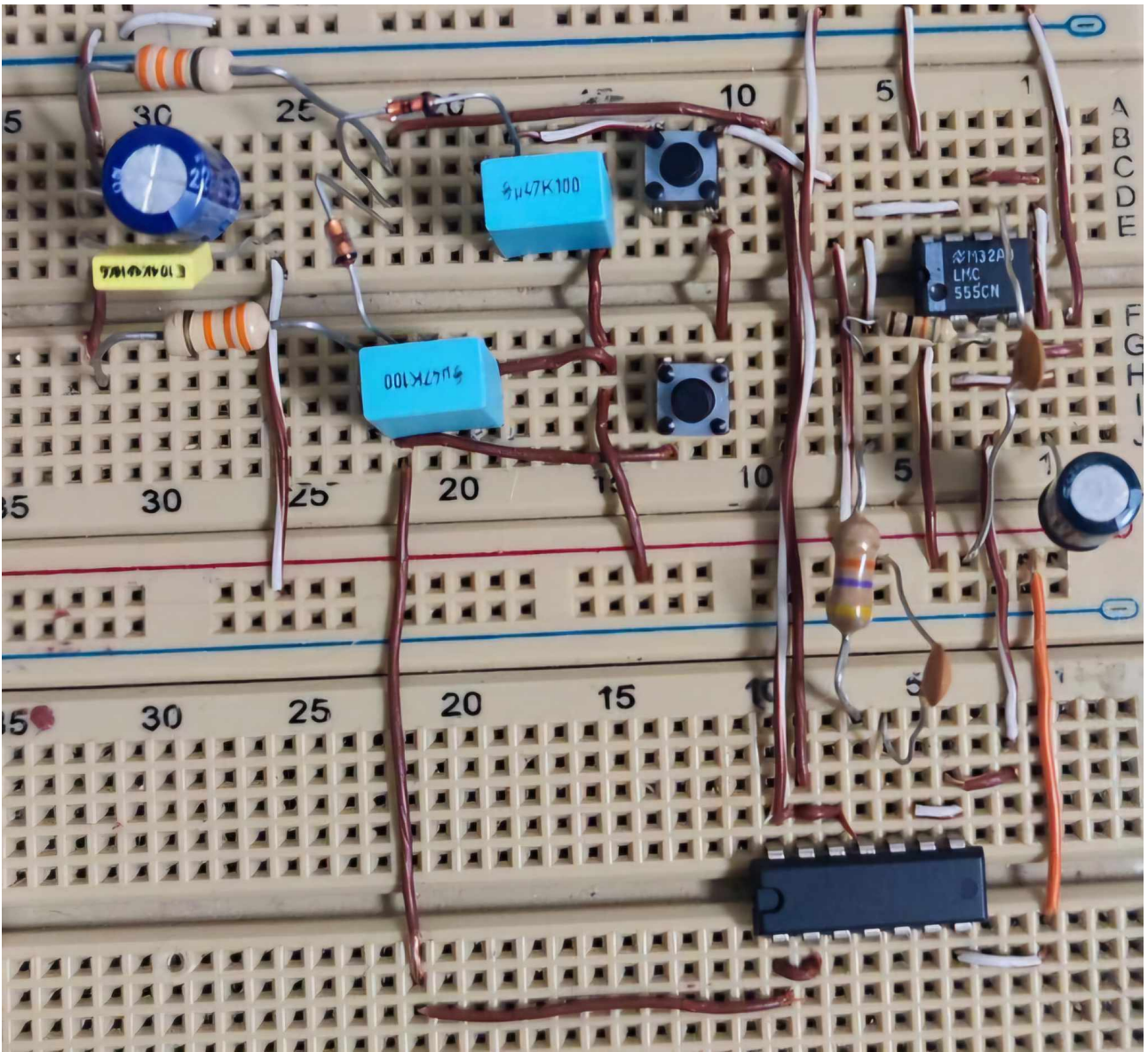


FIGURE 3.25 – Commande du déplacement du sélecteur sur la plaque d'essais

Ensuite, nous avons affiché le signal de sortie du NE555 dans l'oscilloscope numérique, comme le montre la Figure 3.26

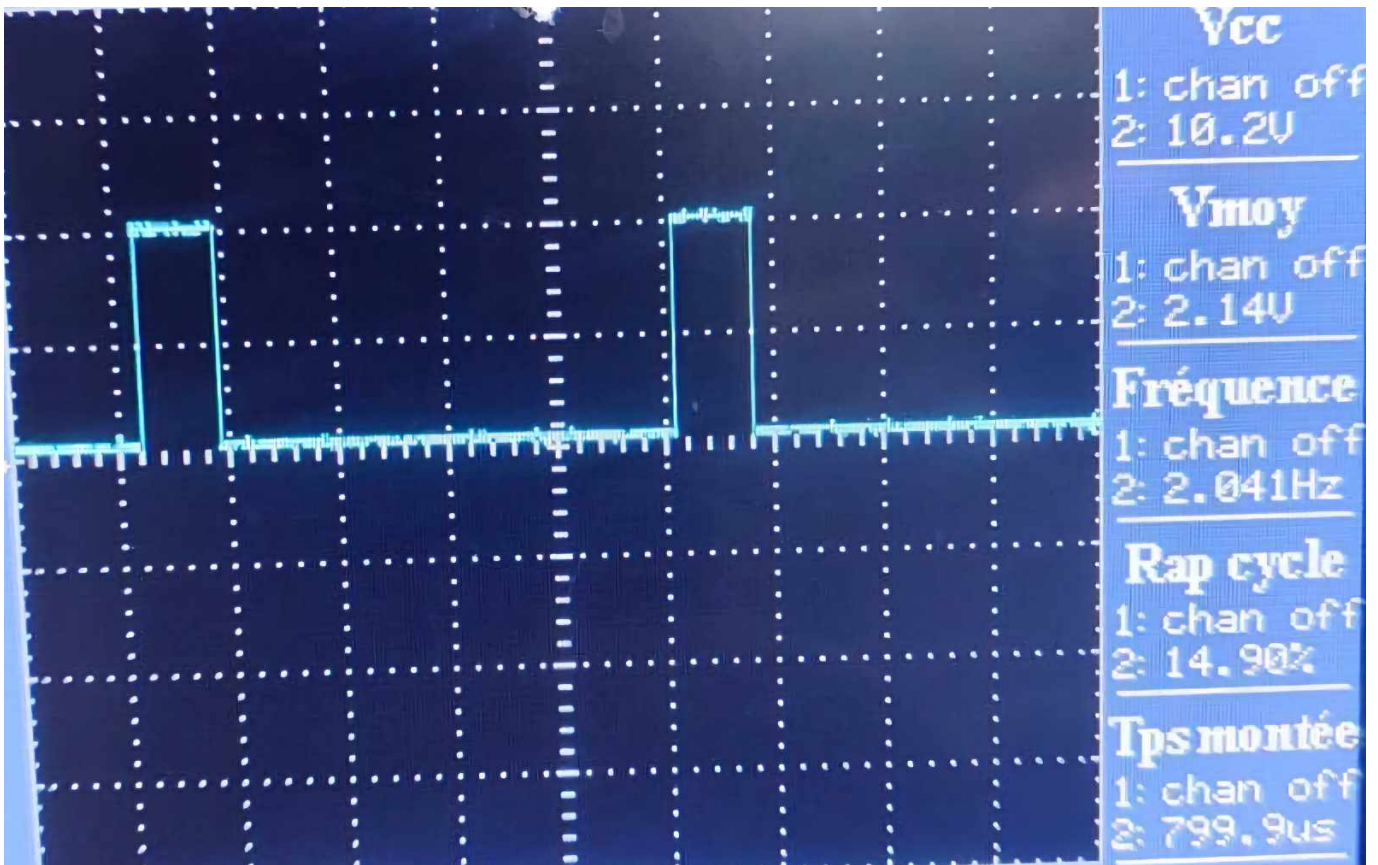


FIGURE 3.26 – Le signal de sortie du NE555 dans l’oscilloscope numérique

Dans la Figure 3.27, on peut voir la partie de montage sur plaque d’essai de l’affichage de la température programmée par l’utilisateur, réalisée avec des afficheurs 7 segments. Cette partie comprend les compteurs/décompteurs suivis d’un décodeur BCD/7 segments.

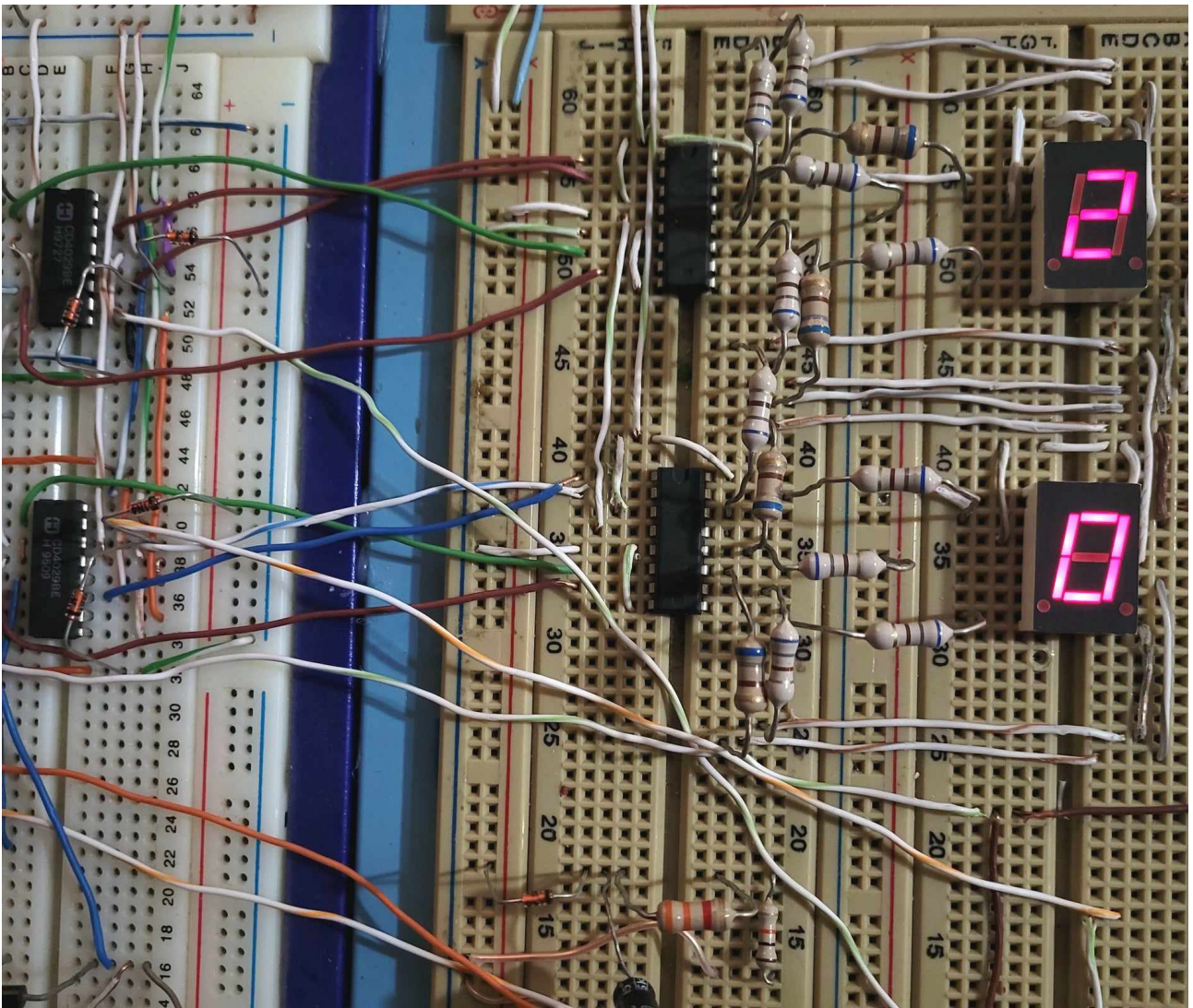


FIGURE 3.27 – L’affichage de la température programmée sur la plaque d’essai

Dans l’afficheur 7 segments du haut, les chiffres représentent les dizaines, tandis que ceux du bas représentent les unités.

D’après le tableau 2.10, nous avons réglé les résistances variables de chaque sortie des décodeurs BCD/décimaux à leurs valeurs respectives. Par la suite, afin de vérifier le bon fonctionnement de notre circuit régulateur de température pour différentes températures dans la plage que nous avons choisie, nous avons fixé la température programmée. Ensuite, nous avons remplacé la CTN par une résistance variable de 100k, que nous avons ajustée pour que la température ambiante soit supérieure, égale ou inférieure à la température programmée par exemple 20°C. Pour chaque cas, une LED s’allume, comme le montrent les figures 3.29, 3.30 et 3.28.

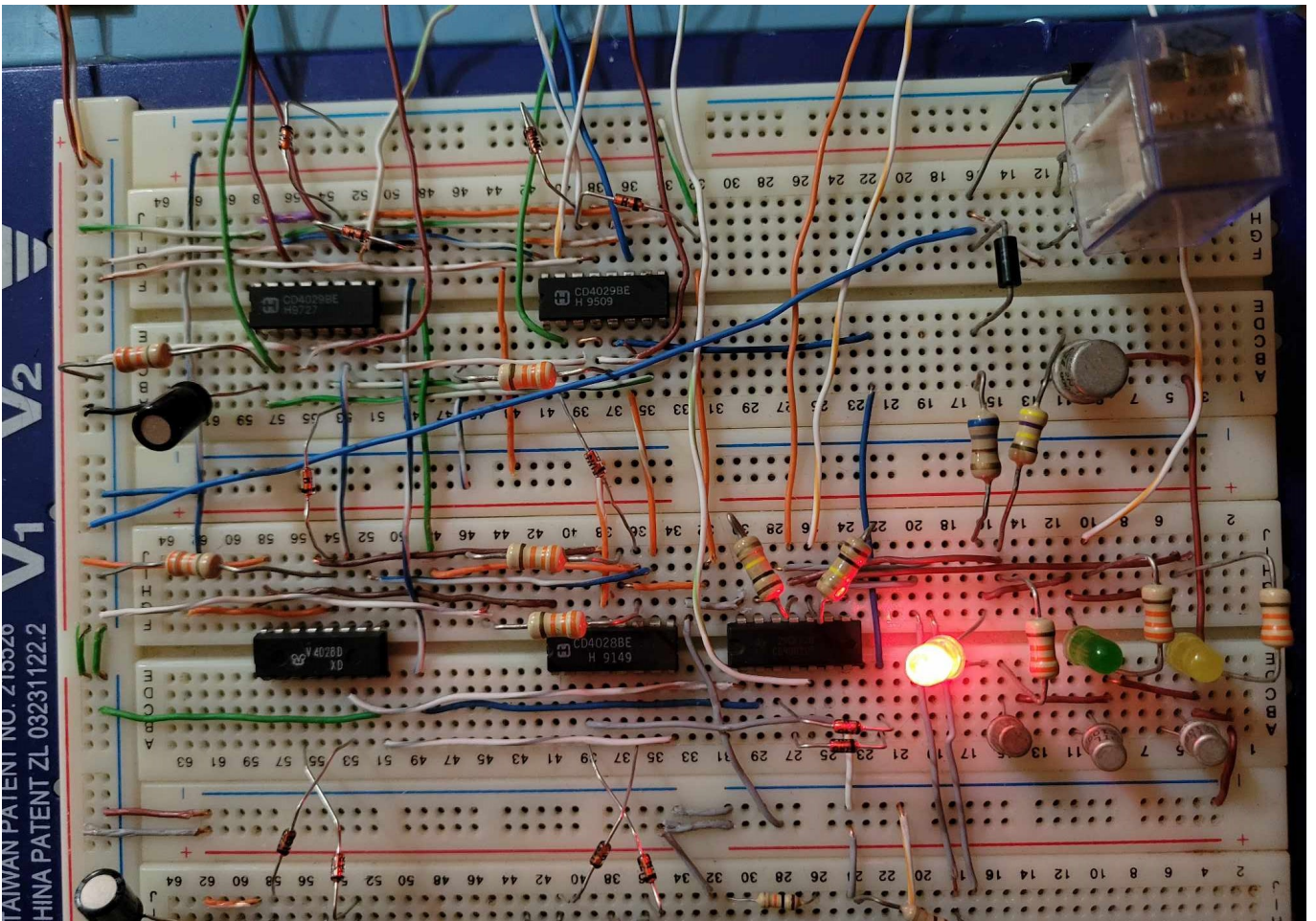


FIGURE 3.28 – Température ambiante inférieure à la température programmée

Point de mesures pratiques pour une alimentation VCC = 10 V

Pour le comparateur IC11 :

$$V_{+IC11} = 3.1 \text{ V}$$

$$V_{-IC11} = 4 \text{ V}$$

$$S_{IC11} = 1.6 \text{ V } (-V_{sat})$$

Pour le comparateur IC10 :

$$V_{+IC10} = 4 \text{ V}$$

$$V_{-IC10} = 3.1 \text{ V}$$

$$S_{IC10} = 7.07 \text{ V } (+V_{sat})$$

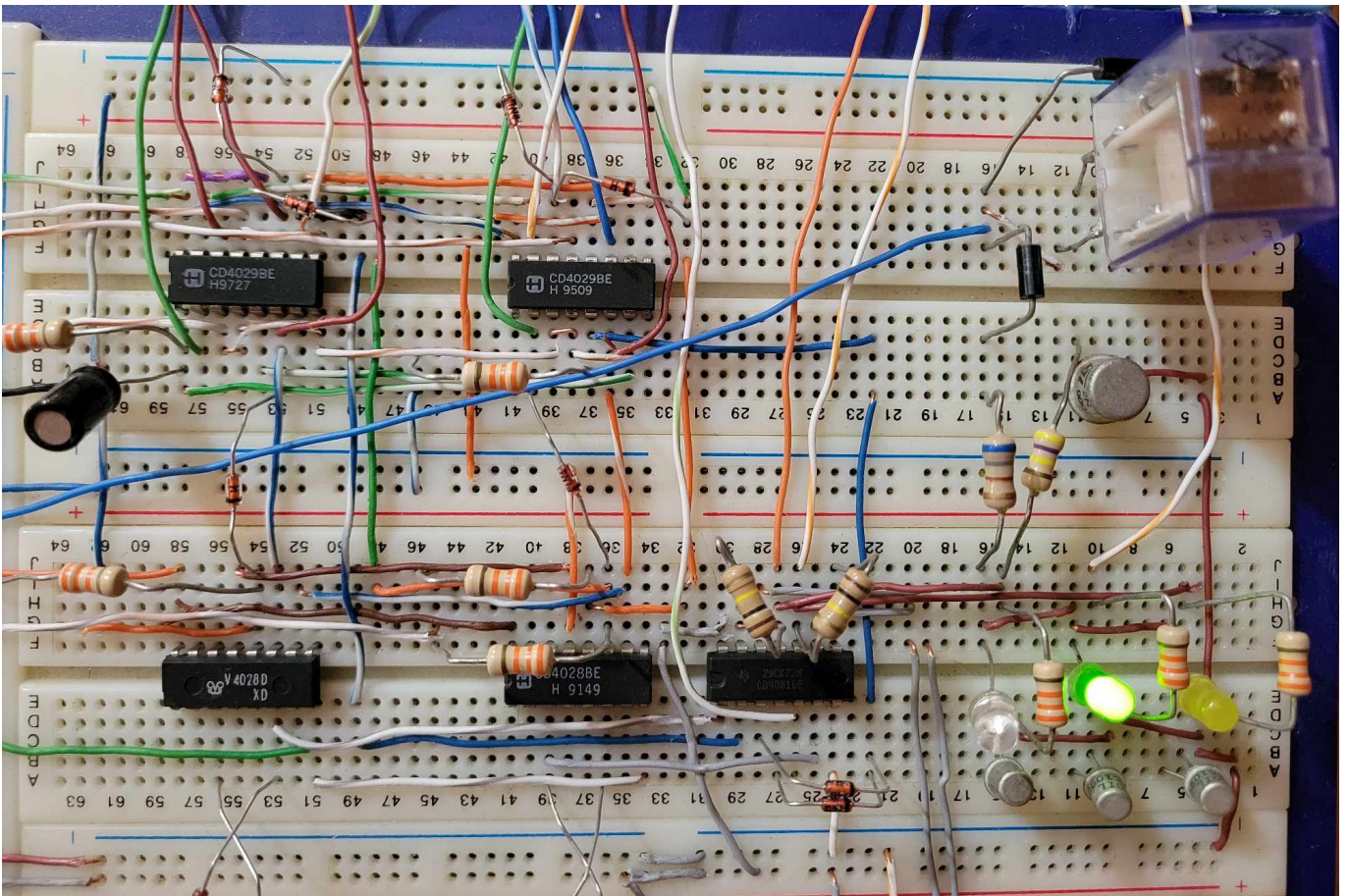


FIGURE 3.29 – Température ambiante égale à la température programmée

Point de mesures pratiques pour une alimentation VCC = 10 V

Pour le comparateur IC11 :

$$V_{+IC11} = 3.96 \text{ V}$$

$$V_{-IC11} = 4 \text{ V}$$

$$S_{IC11} = 1.6 \text{ V (-Vsat)}$$

Pour le comparateur IC10 :

$$V_{+IC10} = 3.96 \text{ V}$$

$$V_{-IC10} = 4 \text{ V}$$

$$S_{IC10} = 1.6 \text{ V (-Vsat)}$$

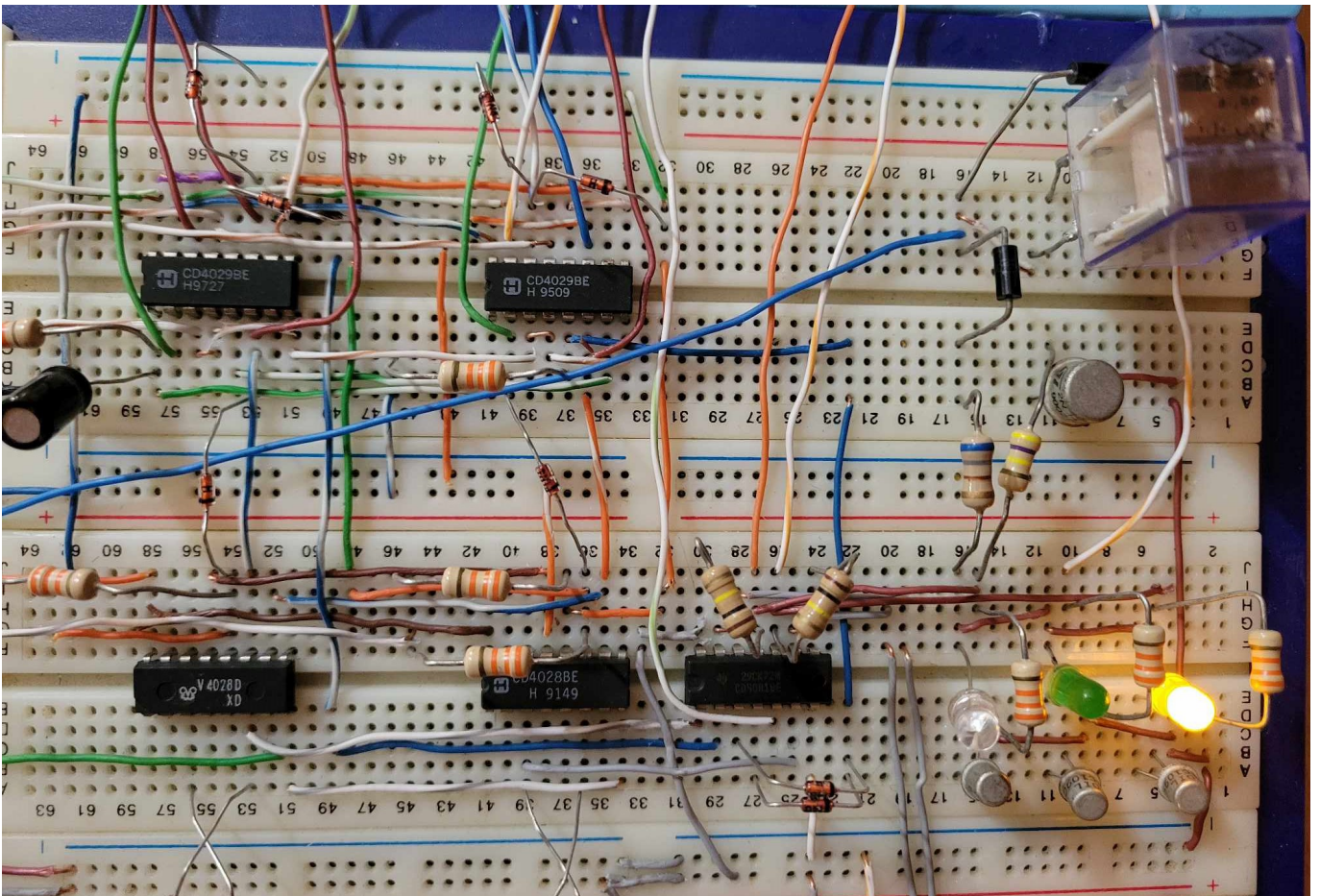


FIGURE 3.30 – Température ambiante supérieure à la température programmée

Point de mesures pratiques pour une alimentation VCC = 10 V

Pour le comparateur IC11 :

$$V_{+IC11} = 4.4 \text{ V}$$

$$V_{-IC11} = 3.97 \text{ V}$$

$$S_{IC11} = 7.1 \text{ V (+Vsat)}$$

Pour le comparateur IC10 :

$$V_{+IC10} = 3.97 \text{ V}$$

$$V_{-IC10} = 4.4 \text{ V}$$

$$S_{IC10} = 1.6 \text{ V (-Vsat)}$$

3.7 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé la simulation et la réalisation sur plaque d'essai d'un circuit électronique régulateur de température. La réalisation pratique n'est pas toujours aisée à réaliser, surtout lorsqu'elle dépend d'un paramètre physique réel tel que la température. En effet, nous avons dû adapter le circuit dans la réalisation afin de vérifier le fonctionnement du montage. Par exemple, nous avons remplacé le capteur de température CTN par une résistance variable de 100k. De plus, nous avons ajusté l'alimentation à 5V en simulation pour qu'elle fonctionne correctement avec le reste du circuit, car les portes logiques sont configurées dans l'environnement ISIS de Proteus pour une sortie de 5V, indépendamment de la tension d'entrée qui les met à l'état haut. Pour comprendre le principe de fonctionnement de notre montage, nous avons détaillé et simulé les différentes parties qui le composent.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons réussi à étudier, simuler et réaliser un système de régulation de température efficace. Les résultats de notre étude ont démontré que notre circuit est capable de maintenir une température cible dans un intervalle de 10°C à 25°C.

Notre montage régulateur de température, que nous avons étudié, simulé et réalisé, est un dispositif électronique qui fournit à l'utilisateur un affichage de la température programmée et une indication sur des LEDs si la température ambiante est inférieure, supérieure ou égale à la température cible définie par l'utilisateur. À travers l'étude de ce montage, le lecteur pourra comprendre le principe de fonctionnement de ce circuit électronique. En effet, ce circuit, grâce au capteur de température CTN, indiquera la situation actuelle de la température, et un relais associé au circuit de commande ne sera sollicité que dans le cas où la température ambiante est inférieure à la température programmée.

Le projet est composé de plusieurs circuits intégrés, dont le NE555, le CD4028, le CD4029, le CD4081, le CD4001, le uA741, et des décodeurs ainsi qu'un capteur de température CTN. Pour comprendre le principe de fonctionnement du montage, plusieurs fonctions de l'électronique ont été abordées, telles que l'alimentation stabilisée à base de transistor Ballast et diode Zener, le multivibrateur NE555 et son mode astable, les compteurs/décompteurs, les décodeurs BCD/7 segments et BCD/décimaux, ainsi que l'amplificateur utilisé en tant que comparateur.

Notre projet nous a permis d'approfondir nos connaissances théoriques et pratiques, de comprendre les applications des fonctions électroniques et de maîtriser des circuits essentiels dans ce domaine. Les défis rencontrés lors de l'étude, de la simulation et de la réalisation de ce projet nous ont enseigné plusieurs compétences telles que l'interprétation des schémas, le développement du raisonnement, la persévérance, la patience, savoir travailler seul et prendre des responsabilités.

En perspective on peut améliorer la gamme de réglage de température de ce type de régulateur il suffira alors de faire une extension dans le circuit en plaçant en cascade un CI décodeur CD4028 qui permettra d'augmenter l'intervalle de réglage de la température.

En résumé, grâce à la simulation et à la mise en pratique de ce montage, nous avons développé la compétence d'ajuster notre circuit tout en tenant compte des paramètres réels. Nous avons également réalisé que malgré les difficultés rencontrées lors de la simulation et de la conception d'un circuit, la simulation est importante car elle permet une expérimentation virtuelle, ce qui économise du temps et évite la destruction des composants. En comprenant pleinement les phénomènes d'un montage simulé, nous pouvons garantir une réalisation plus précise, presque identique aux résultats attendus.

Abréviations

AOP Amplificateur Opérationnel. 32

ARES Advanced Routing And Editing Software. 39

BCD Binary Coded Decimal. 14, 15, 24, 25, 27–29, 46, 48

BP Bouton-Poussoir. 44–46, 49

CI Circuit Intégré. 22, 32

CLK Clock. 27, 46

CMOS Complementary Metal-Oxide-Semiconductor. 19, 20, 24, 27, 46

CTN Coefficient de Température Négatif. 13, 15, 34, 49, 51

ISIS Integrated Software for Implant Systems. 38, 39, 43, 44

NTC Negative Temperature Coefficient. 35

PCB Printed Circuit Board. 39

References

- [1] <https://www.magoie.net/pont%20de%20diode.png>.
- [2] <https://www.build-electronic-circuits.com/4000-series-integrated-circuits/ic-4001/>.
- [3] https://commons.wikimedia.org/wiki/File:4081_Pinout.svg .
- [4] https://fr.m.wikiversity.org/wiki/Fichier:NE555_astable.png.
- [5] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Bascule_\(circuit_logique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Bascule_(circuit_logique)).
- [6] <https://www.diarioelectronicohoy.com/blog/imagenes/2020/04/cd4029b.pdf>.
- [7] <https://pdf1.alldatasheet.fr/datasheet-pdf/download/66421/INTERSIL/CD4028.html>.
- [8] https://www.build-electronic-circuits.com/wp-content/uploads/2020/08/4511_pinout_-_white.png.
- [9] <https://ecstudiosystems.com/discover/circuits/pinouts/741-pinout/741-pinout.jpg>.
- [10] <https://www.orbit-dz.com/product/ctn-47k/>.
- [11] <http://www.elektronique.fr/logiciels/proteus.php>.
- [12] Electronique Pratique N° 93. Janvier 1986.
- [13] BENABDALLAH Nadia BENAHMED Nasreddine. *Chapitre II : Multivibrateurs astable et monostable à circuit intégré NE555*. 26/04/2020,(UABB-Tlemcen),(ESSA-Tlemcen).
- [14] Litim.M Benmokrane.T, Benacer.S. *Les Multivibrateurs Astable et Monostable , TPN04, TP Electronique Applique*. Master 1ere Automatique ASAI, Universiter de Batna 2 ,Faculter de technologie , Departement d'Electronique, 2020.
- [15] L. BENTERROUCHE. *TP 1 – Capteur de température*. Université Frères Mentouri-Constantine 1 Faculté des Sciences de la Technologie Département d'électronique (UFMC1| Automatique-L3), 2019/2020.
- [16] Mazoughou Goépogui. *Cours d'électronique 2 : Les fonctions électroniques*. 2014.
- [17] Benaissa Mohamed. *Chapitre 5 Circuits à deux états : Les multivibrateurs*. Faculté des Sciences de la Technologie L3- ELN NS622.
- [18] MEZERAI Ibtissem MOSTEFAOUI Ikram. *Etude et Simulation d'un Générateur de Bruitage*. Master : Instrumentation électronique, 2020-2021, université de Tlemcen.
- [19] GHENIMI Leila OMRANI Nesrine. *Etude Et Simulation d'un indicateur de Pression Atmosphérique*. Master : Instrumentation électronique, 2021-2022.
- [20] partiel de Decembre. *Nom :correction*. lycee lislet geoffroy , 1TSMI, 2002/2003.
- [21] Dr. Makhloufi Mohamed Tahar. *Chapitre 3. Composants optoélectroniques*.
- [22] SYC Semiconductores y Componentes S.R.L. *CD4029 CMOS Presettable Up/Down Counter ,LINEA CMOS SERIE CD4000*. WWW.SYCELECTRONICA.COM.AR.