

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 : BENAMAR Asma & BOUGHAZI Sabah

Intitulé du Sujet

**Etude théorique, simulation et mesures pratiques d'un
compteur de passages par Laser**

Soutenu en 2020, devant le jury composé de :

M ^r BOUAZZA Benyounés	Professeur	Univ. Tlemcen	Président
M ^r HAMDOUNE Abdelkader	Professeur	Univ. Tlemcen	Encadreur
M ^r HACHIM Abdallah	M.A.A	Univ. Tlemcen	Examineur

Année Universitaire 2019-2020

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

REMERCIEMENT

NOUS ENTAMONS NOTRE TRAVAIL PAR DES REMERCIEMENTS IMMENSURABLES À CELUI QUI NOUS A DONNÉ LA VIE, CELUI QUI A TRACÉ NOTRE PARCOURS POUR ACCOMPLIR NOTRE MISSION SUR TERRE EN NOUS ORDONNANT LE SAVOIR TEL ÉTAIT SON PREMIER MOT « اقرأ » .

CE MASTER CONSTITUE UNE EXPÉRIENCE QUI NE PEUT S'ACHEVER SANS REMERCIER LES PERSONNES QUI NOUS ONT ENCADRÉES, AIDÉES, SOUTENUES, TOUT AU LONG DE CES DERNIÈRES ANNÉES.

NOUS TENONS À REMERCIER PARTICULIÈREMENT ET PROFONDÉMENT NOTRE ENCADREUR MONSIEUR « HAMDOUNE ABDELKADER » POUR LEQUEL NOUS ÉPROUVONS UN ÉNORME RESPECT, POUR SON SÉRIEUX, SA DISPONIBILITÉ, SON SOUTIEN ET SES CONSEILS QU'IL NOUS A PRODIGUÉS SOIGNEUSEMENT ET RÉGULIÈREMENT, MERCI D'AVOIR PRIS LE TEMPS DE NOUS ACCOMPAGNER DANS LA RÉALISATION DE NOTRE MODESTE TRAVAIL.

MES VIFS REMERCIEMENTS VONT À TOUS MES ENSEIGNANTS DURANT MON CURSEUR.

COMME NOUS TENONS À REMERCIER VIVEMENT LE PRÉSIDENT ET LES MEMBRES DE JURY QUI ONT ACCEPTÉ D'ÉVALUER NOTRE TRAVAIL.

ET LES PERSONNES QU'ON A OMIS DE CITER ; TOUTES NOS SINCÈRES EXCUSES.

BENAMAR ASMA

DÉDICACES

A TOI CHÈRE GRAND PÈRE, « BENAMAR MUSTAFA »

*C'EST TOI QUI AS FAIT DE MOI CE QUE SUIS AUJOURD'HUI. TA
GRANDEUR, TON HONNEUR ET TA CLASSE SERONT ÉTERNELLES, ET
TON ABSENCE RIEN NE SAURA LA COMBLER.*

JE DÉDIE CE MODESTE TRAVAIL À :

*A TOI CHÈRE MAMAN, PARTICULIÈREMENT, QUI M'A TOUJOURS
SOUTENUE DURANT LES ÉTAPES DE MA VIE ET QUI A TOUJOURS ÉTÉ
LA PREMIÈRE À CROIRE EN MOI, MERCI POUR TON AMOUR, TA
TENDRESSE, TON ÉDUCATION ET TOUS CE QUE TU M'A DONNÉ ET
APPRIIS DE VALEURS .MERCİ D'ÊTRE DANS MA VIE ; MERCI D'ÊTRE MA
MÈRE.*

*A TOI CHER PAPA, QUI M'A TOUJOURS ENCOURAGÉ À POURSUIVRE
DANS LA VOIE DES ÉTUDES ET QI M'A OFFERT LES CONDITIONS
NÉCESSAIRES À MON HUMBLE RÉUSSITE. MERCI POUR TON
ÉDUCATION, TES SACRIFICES MERCI D'ÊTRE À MES CÔTÉS.*

*A MA GRAND-MÈRE « CHERIFA » ET « REDOUANE ». QUE DIEU VOUS
PROTÈGE POUR NOUS ET GARDE VOS PRIÈRES ET VOS BÉNÉDICTIONS.
MON CHER FRÈRE AMINE ET MES CHÈRES SŒURS : ZINEB ET MALEK,
MA GRANDE SŒURS MANEL AINSI QUE SON MARI MOURAD ET MES
NEVEUX MUSTAPHA ET SELMA.*

*A TOUTE MA GRANDE FAMILLE NOTAMMENT A TONTON HAMI
QUI NOUS A QUITTÉ CES JOURS LÀ.
ET À TOUTES LES PERSONNES QUI ONT SU ÊTRE PRÉSENTES LORSQUE
J'EN AVAIS BESOIN.*

BENAMAR ASMA

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui m'a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

Je veux tout d'abord adresser toute ma reconnaissance à Mr. HAMDOUNE Abdelkader, le directeur de notre mémoire, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils. Je le remercie énormément de nous avoir orienté, aidé et conseillé malgré la pandémie que le monde passe par actuellement.

J'oserai oublier de remercier tout le corps professoral de l'université de Chetouane, pour le travail énorme qu'il effectue pour nous créer les conditions les plus favorables pour le déroulement de nos études.

Je veux exprimer mes reconnaissances envers les amis et les collègues qui m'ont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de ma démarche.

Enfin, en guise de reconnaissance, je tiens à témoigner mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin au bon déroulement et à l'élaboration de ce modeste travail, et à tous ceux que j'ai côtoyé de près ou de loin et que j'ai involontairement oublié.

BOUGHAZI SABAH

DEDICACE

Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie cette thèse à:

Ma tendre Mère Malika: Tu représente pour moi la source de tendresse et l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.

Mon très cher Père Benamar: Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail et le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation le long de ces années.

Mes très chers frères et sœurs chacun son nom, pour leurs amour, leur présence, leurs soutien tout au long de mes études et surtout pour leur générosité dont je citerai: Chahrazed, Hassiba, Dounia, Nedjet, Fethi et Mohammed.

Mes très chers neveux : Mohammed Amine et Saria.

Ma très chère nièce : Taleen.

A mon professeur Mr. HAMDOUN pour son immense effort.

A tous les membres de ma promotion. A tous mes enseignants depuis mes premières années d'études. A tous ceux qui me sens chers et que j'ai omis de citer.

Enfin, à mes précieux amis qui m'ont fournie l'aide et le soutien moral indéfectible tout au long de ce travail et contribuer par leurs grand cœurs a la réalisation de cette mémoire: Asma OTMANI, Marwa, Maghnia, Maria, Wassila, Younes, Mohammed.

BOUGHAZI SABAH

Sommaire

Introduction générale	1
Chapitre 1 : appareils de mesure	
1.1 Introduction	3
1.2 Généralité sur quelques compteurs et appareils de mesures	3
1.2.1 Odomètre	3
1.2.2 Tachymètre cardiaque	3
1.2.3 Tensiomètre	4
1.2.4 Compteur de gaz.....	5
1.2.5 Compteur de billets.....	6
1.2.6 Compteur de passage.....	6
1.3 Schéma synoptique et fonctionnement global du compteur de passages par Laser.....	8
1.4 Conclusion.....	9
Chapitre 2 : Etude des différents étages	
2.1 Alimentation stabilisée	11
2.2 Astable.....	12
2.2.1 Oscillateur à portes logiques NOR.....	12
2.3 Monostable	13
2.3.1 Polarité de l'impulsion de sortie	14
2.3.2 Redéclenchable ou non redéclenchable.....	14
2.4 Portes logiques	16
2.4.1 Inverseur	16
2.4.2 Porte AND	16
2.4.3 Porte NAND	17
2.4.4 Porte OR	17
2.4.5 Porte NOR	18
2.4.6 Porte XOR	18
2.4.7 Porte NXOR	19
2.5 Circuit intégré CD4001	19
2.5.1 Brochage du CD 4001	20
2.5.2 Pins et recommandations d'utilisation du CD 4001	20
2.6 Photorésistance.....	21

2.7 Transistor bipolaire	21
2.7.1 Transistor BC547.....	22
2.7.1.1 Configuration des broches	23
2.7.1.2 Propriétés électriques du transistor BC547.....	23
2.7.1.3 Applications du transistor BC547	23
2.7.1.4 BC547 comme commutateur	23
2.7.1.5 BC547 comme amplificateur	24
2.7.1.6 Applications	24
2.8 Amplificateur Opérationnel.....	24
2.8.1 Définition.....	24
2.8.2 Principe de fonctionnement d'un AOP	25
2.8.3 AOP parfait et AOP réel.....	26
2.8.4 Amplificateur inverseur.....	26
2.8.5 Amplificateur non-inverseur	27
2.8.6 AOP LM324	27
2.8.6.1 Fonctionnalités	28
2.8.6.2 Brochage du LM324	28
2.8.6.3 Applications typiques du LM324.....	29
2.9 Intégrateur	29
2.9.1 Circuit RC.....	29
2.9.2 Intégrateur à circuit RC	29
2.9.3 Fonctionnement	30
2.10 Trigger de Schmitt.....	30
2.11 Compteur.....	31
2.11.1 Compteur asynchrone.....	32
2.11.1.1 Compteur simple	34
2.11.1.2 Compteurs initialisables.....	34
2.11.1.3 Compteurs Modulo	35
2.11.1.4 Décompteur.....	35
2.11.2 Compteur synchrone.....	35
2.11.2.1 Compteur simple	36
2.11.2.2 Compteur à additionneur.....	36

2.11.2.3 Compteur à incrémenteur.....	37
2.11.2.4 Décompteur.....	37
2.11.2.5 Compteur/décompteur.....	38
2.11.2.6 Compteurs en anneau.....	39
2.11.2.7 Compteurs de Johnson.....	39
2.11.3 Circuit intégré CD4518.....	40
2.12 Décodeur.....	42
2.12.1 CD4511.....	43
2.12.2 Brochage du CD4511.....	43
2.12.3 Schéma interne du CD 4511.....	44
2.12.4 Fonctionnement.....	45
2.13 Afficheur 7 segment.....	46
2.13.1 Schéma interne des afficheurs sept segments anode commune et cathode Commune.....	48
2.13.2 Cathode commune ou Anode commune.....	49
2.13.3 Choix de l’afficheur.....	49
2.13.4 Présentation du boîtier.....	50
2.14 Conclusion.....	51
Chapitre 3 : Réalisation et mesures pratiques	
3.1 Introduction.....	53
3.2 Circuit électrique du montage.....	53
Nomenclature.....	55
3.3 Fonctionnement détaillé du montage.....	56
3.3.1 Alimentation.....	56
3.3.2 Alimentation des pointeurs laser.....	56
3.3.3 Amplification des signaux.....	56
3.3.4 Traitement des signaux.....	57
3.3.5 Intégration et signalisation.....	58
3.3.6 Discernement du sens de passage.....	59
3.3.7 Etablissement d’un contact temporisé.....	60
3.3.8 Comptage des passages.....	60
3.3.9 Réglage directionnel des faisceaux.....	61
3.4 Simulation du circuit sous ISIS-PROTEUS.....	62

3.4.1 Résultats de la simulation	64
3.5 Câblage du montage sur plaque d'essai et mesures pratiques.....	68
3.6 Réalisation pratique	72
3.6.1 Elaboration du circuit imprimé	72
3.6.2 Mise au point	75
3.7 Conclusion.....	76
Conclusion générale	78
Bibliographie	
Annexe	

Liste des figures

Chapitre 1 : Appareils de mesure

Figure 1.1 : Compteur kilométrique.

Figure 1.2 : Compteur de fréquence cardiaque (saturomètre).

Figure 1.3 : Sphygmomanomètre manuel.

Figure 1.4 : Sphygmomanomètre numérique.

Figure 1.5 : Compteur de gaz.

Figure 1.6 : Compteur de billets.

Figure 1.7 : Compteur de passages.

Figure 1.8 : Schéma synoptique du montage.

Chapitre 2 : Etude théorique des différents étages

Figure 2.1 : Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.

Figure 2.2 : Circuit électrique d'une alimentation stabilisée.

Figure 2.3 : Signal de sortie d'un astable.

Figure 2.4 : Circuit électrique de l'oscillateur astable commandé à portes NOR.

Figure 2.5 : Chronogramme d'un monostable.

Figure 2.6 : Chronogramme d'un monostable non redéclenchable.

Figure 2.7 : Chronogramme d'un monostable de redéclenchable.

Figure 2.8 : Circuit électrique de deux montages monostable à portes logiques NOR

Figure 2.9 : Symbole d'un inverseur.

Figure 2.10 : Symbole d'une porte logique AND.

Figure 2.11 : Symbole d'une porte NAND.

Figure 2.12 : Symbole d'une porte OR.

Figure 2.13 : Symbole d'une porte NOR.

Figure 2.14 : Symbole d'une porte XOR.

Figure 2.15 : Symbole d'une porte NXOR.

Figure 2.16 : Brochage du CD4001.

Figure 2.17 : Photorésistance.

Figure 2.18 : Représentation d'un transistor bipolaire.

Figure 2.19 : Brochage du transistor BC547.

Figure 2.20 : Représentation d'un AOP.

- Figure 2.21 : Alimentation d'un ampli-op symétrique à gauche, et AOP non symétrique à droite.
- Figure 2.22 : AOP monté en amplificateur inverseur.
- Figure 2.23 : AOP monté en amplificateur non-inverseur.
- Figure 2.24 : Brochage du LM324.
- Figure 2.25 : Applications typiques du LM324.
- Figure 2.26 : Intégrateur à circuit RC.
- Figure 2.27 : Signal d'entrée et de sortie d'un circuit RC.
- Figure 2.28 : Symbole et signal de sortie du trigger de Schmitt.
- Figure 2.29 : Symbole général d'un compteur.
- Figure 2.30 : Diagramme d'un compteur asynchrone.
- Figure 2.31 : Compteur asynchrone 4 bits.
- Figure 2.32 : Diagramme des 4 sorties du compteur asynchrone.
- Figure 2.33 : Circuit d'un compteur.
- Figure 2.34 : Compteur initialisable.
- Figure 2.35 : Compteur synchrone 4 bits.
- Figure 2.36 : Compteur à additionneur.
- Figure 2.37 : Compteur synchrone à incrémenteur.
- Figure 2.38 : Décompteurs à soustracteur.
- Figure 2.39 : Décompteur synchrone.
- Figure 2.40 : Compteur /décompteur.
- Figure 2.41 : Compteur en anneau de 4 bits.
- Figure 2.42 : Compteur de Johnson.
- Figure 2.43 : Circuit intégré CD4518.
- Figure 2.44 : Diagramme fonctionnel du CI4518.
- Figure 2.45 : Chronogramme du CI4518.
- Figure 2.46 : Circuit interne du CD4518.
- Figure 2.47 : Brochage du CD4511.
- Figure 2.48 : Schéma interne du CD 4511.
- Figure 2.49 : Un afficheur 7 segments.
- Figure 2.50 : Schéma interne des afficheurs 7 segments anode commune et cathode commune.
- Figure 2.51 : Schéma électrique interne d'un afficheur 7 segments à anode commune.
- Figure 2.52 : Brochage d'afficheur 7 segments à cathode commune.
- Figure 2.53 : Présentation du boîtier (afficheur 7 segments).
-

Chapitre 3 : Simulation et mesures pratiques

Figure 3.1 : circuit électrique du compteur de passages par laser.

Figure 3.2 : Signal de sortie de la LDR1.

Figure 3.3 : Signal de sortie de l'AOP (IV).

Figure 3.4 : Signal de sortie du IC2 (broche 11).

Figure 3.5 : Signal de sortie du IC4 (broche 1,2 et 3).

Figure 3.6 : Détection du sens de passage.

Figure 3.7 : Principe de réglage directionnel du rayon laser.

Figure 3.8 : Simulation du circuit sous ISIS-PROTEUS.

Figure 3.9 : Signal au niveau de la LDR (bleu), et amplifié par IC6 (jaune)

Figure 3.10 : Signaux de sortie des circuits intégrés (IC6) et (IC2).

Figure 3.11 : Signal d'entrée du circuit intégré IC4.

Figure 3.12 : Allumage des LED lors des états « bas » issus des portes NOR(II) de (IC4 et IC3).

Figure 3.13 : Etat initial du compteur.

Figure 3.14 : Démarrage de comptage de passages

Figure 3.15 : Circuit réalisé sur la plaque d'essai.

Figure 3.16 : Sortie de la porte (IV) du IC1.

Figure 3.17 : Signal mesuré au niveau de la LDR1.

Figure 3.18 : Signal de sortie de l'ampli-op (IV) du IC6.

Figure 3.19 : Signaux d'entrée et de sortie de l'ampli-op (I) du IC2.

Figure 3.20 : Signal de sortie du IC4 (broche 1,2).

Figure 3.21 : Circuit réalisé sous l'environnement ARES.

Figure 3.22 : Schéma du circuit imprimé.

Figure 3.23 : Visualisation en 3D du circuit imprimés.

Figure 3.24 : Réalisation 2D du montage.

Figure 3.25 : Maquette du compteur de passages par laser.

Liste des tableaux

Table 2.1 : Table de vérité de l'inverseur.

Table 2.2 : Table de vérité de la porte AND.

Table 2.3 : Table de vérité de la porte NAND.

Table 2.4 : Table de vérité de la porte OR.

Table 2.5 : Table de vérité de la porte NOR.

Table 2.6 : Table de vérité de la porte XOR.

Table 2.7 : Table de vérité de la porte NXOR.

Table 2.8 : Description des pins du CD 4001.

Table 2.9 : Conditions recommandées de fonctionnement du CD 4001.

Table 2.10 : Configuration des broches du BC547

Table 2.11 : Alimentations symétriques et non symétriques d'un AOP.

Table 2.12 : Brochage du CD4511.

Table 2.13 : Fonctionnement général.

Table 2.14 : Table de vérité d'un afficheur 7 segment à 4 entrées

Table 2.15 : Table de vérité à 8 bits.

Table 2.16 : Brochage d'un afficheur 7 segments.

Résumé

Les progrès technologiques nous aident à améliorer les systèmes des réseaux électriques, en plus de développer des compteurs qui forment la base des réseaux intelligents, et l'objectif principal de ces compteurs est de suivre les données en temps spécifique et réel, ce qui permet au compteur intelligent de surveiller la plupart des données dont nous disposons. C'est ce qui nous a poussé à étudier et réaliser le soi-disant compteur intelligent à l'aide de la technologie laser, et qui nous faciliterait le contrôle des cartes électroniques.

Mots clés: Compteurs intelligents, réseaux intelligents, laser

Abstract

Technological advancements help us improve power grid systems, in addition to developing meters that form the basis of smart grids, and the main purpose of these meters is to track data in specific and real time, which allows the smart meter to monitor most of the data we have. This is what prompted us to study and realize the so-called smart meter using laser technology, which made it easier for us to control electronic boards.

Keywords: Smart meter, grid systems, laser

ملخص:

يساعدنا التقدم التكنولوجي على تحسين أنظمة شبكة الكهرباء، بالإضافة إلى تطوير عدادات تشكل أساس الشبكات الذكية، والهدف الرئيسي من هذه العدادات هو تتبع البيانات في وقت محدد وحققيقي، مما يسمح للعداد الذكي بمراقبة معظم البيانات التي لدينا. هذا ما جعلنا نهدف إلى دراسة وتحقيق ما يسمى بعداد المرور باستخدام تقنية الليزر، مما سهل علينا التحكم في اللوحات الإلكترونية.

كلمات مفتاحية: العدادات الذكية، الشبكة الذكية، الليزر.

Introduction générale

De nos jours, le faisceau laser est de plus en plus utilisé dans diverses applications, en raison de la précision qu'il offre. Le montage que nous allons présenter nous garantit un comptage de passages de personnes ou de tous mobiles.

Ce montage a également la capacité de distinguer la direction du mouvement et de ne conserver que l'énumération des individus entrants par exemple dans une pièce. Ainsi un passage détecté peut-être la raison de la fermeture temporaire d'un contact commandant, entre autres, l'ouverture d'une barrière ou d'une porte.

Notre projet consiste à l'étude, la simulation et la réalisation d'un compteur de passages par laser ; il est constitué de trois chapitres :

- Dans le premier chapitre ; nous présentons quelques appareils de mesures, et par suite nous présentons le schéma synoptique du compteur de passages par Laser et son fonctionnement général.
- Dans le deuxième chapitre ; nous faisons l'étude théorique des différents blocs qui constituent le compteur de passages par Laser.
- Dans le troisième chapitre ; nous présentons le fonctionnement détaillé du montage, sa simulation ainsi que la réalisation pratique et les mesures éventuellement.

Comme de coutume, notre travail est aussi terminé par une conclusion générale et des perspectives.

Chapitre I

1.1 Introduction

Il est généralement reconnu qu'un compteur est un système de comptage conçu pour visualiser et quantifier une grandeur : numérique, mécanique, physique...

L'utilisation des systèmes de comptages dans notre vie quotidienne ne cesse d'augmenter dans tous les domaines, pour la qualité d'information et la précision qu'ils offrent.

1.2 Généralités sur quelques compteurs et appareils de mesures

1.2.1 Odomètre [1]

Dans un véhicule, un odomètre ou un « compteur de distance » est un appareil utilisé pour mesurer le trajet ou la distance parcourue.

Cet indicateur affiche le nombre de kilomètres parcourus en fonction du nombre de tours effectués par la roue. La circonférence de la roue en contact avec le sol, et les engrenages sont calculés par rapport au kilométrage de manière experte, de sorte que tout est correctement calibré.

Comme beaucoup d'autres appareils, les odomètres ont aussi subi un changement vers le numérique. Ainsi, il y a deux grands systèmes de fonctionnement pour l'odomètre : la mécanique et l'électronique.



Figure 1.1 : Compteur kilométrique

1.2.2 Tachymètre cardiaque

De nos jours la culture d'auto-diagnostique est indispensable pour toute personne consciente des problèmes de santé ; et sans doute les battements cardiaques constituent le paramètre physiologique le plus accessible grâce aux appareils de mesures disponibles.

Le cardio-tachymètre est un appareil qui compte les battements du cœur et la saturation d'oxygène dans le sang pendant une certaine période tout en donnant ensuite le résultat en nombre de battements par unité (c'est généralement par minute).

Il repose essentiellement sur l'émission de lumière infrarouge d'un côté du doigt et reçoit la lumière transmise de l'autre côté par un transistor optique sensible à cette lumière.



Figure 1.2 : Compteur de fréquence cardiaque (saturomètre) [2].

1.2.3 Tensiomètre [3]

Le tensiomètre est l'instrument de mesure avec lequel on obtient la pression sanguine qui règne à l'intérieur des artères.

Il indique la valeur de la pression systolique (nombre maximum) correspondant à la systole, et la pression diastolique (valeur minimum) correspondant à la relaxation du cœur.

Comme tout instrument, on le trouve en deux modèles : manuel et numérique.



Figure 1.3 : Sphygmomanomètre manuel



Figure 1.4 : Sphygmomanomètre numérique

1.2.4 Compteur de gaz [4]

C'est un appareil indispensable dans le réseau de gaz. Il permet au fournisseur d'énergie de connaître la quantité de gaz consommée pendant une période de temps tout en la calculant en fonction de la consommation réelle en mètres cube.

Il se trouve généralement dans deux types :

- Les compteurs traditionnels : fonctionnant grâce à une chambre volumétrique déformée, qui calcule la quantité de gaz consommée.
- Les compteurs intelligents Gaz parois : génération moderne équipée d'un afficheur, elle permet une transmission instantanée des données de consommation au fournisseur et des paramètres automatiques à distance.



Figure 1.4 : Compteur de gaz.

1.2.5 Compteur de billets [5]

C'est une machine électromécanique dédiée au traitement d'argent en espèce. Le compteur de billets est utilisé généralement dans des secteurs professionnels qui traitent de grosses sommes d'argent, il favorise le comptage des billets bancaires et les pièces, et la détection simultanée des faux billets.

Par détermination séquentielle de la taille qu'occupent les pièces, le tri se fait à des vitesses très variables selon les appareils. Après cela, les pièces étrangères seront probablement reconnues ou validées. Les portions classées selon la gravité sont regroupées dans un ou plusieurs conteneurs.



Figure 1.6 : Compteur de billets.

1.2.6 Compteur de passages

Les compteurs de passages nous garantissent un comptage de personnes ou de tous mobiles traversant un endroit. Ils assurent la détermination et le contrôle du flux dans un local à un moment donné.

Le comptage de personnes est employé dans de nombreux domaines (les établissements, les musées, les magasins ...).

On trouve sur le marché une variété de compteurs qui utilisent différentes méthodes :

- Capteur optiques.
- Compteur de personnes par caméra.
- Capteur à ultra son.
- Senseurs thermiques....



Figure 1.7 : Compteur de passages.

Notre étude se base sur un compteur de passages par Laser ; nous allons en présenter le schéma synoptique et le fonctionnement global.

1.3 Schéma synoptique et fonctionnement global du compteur de passages par Laser

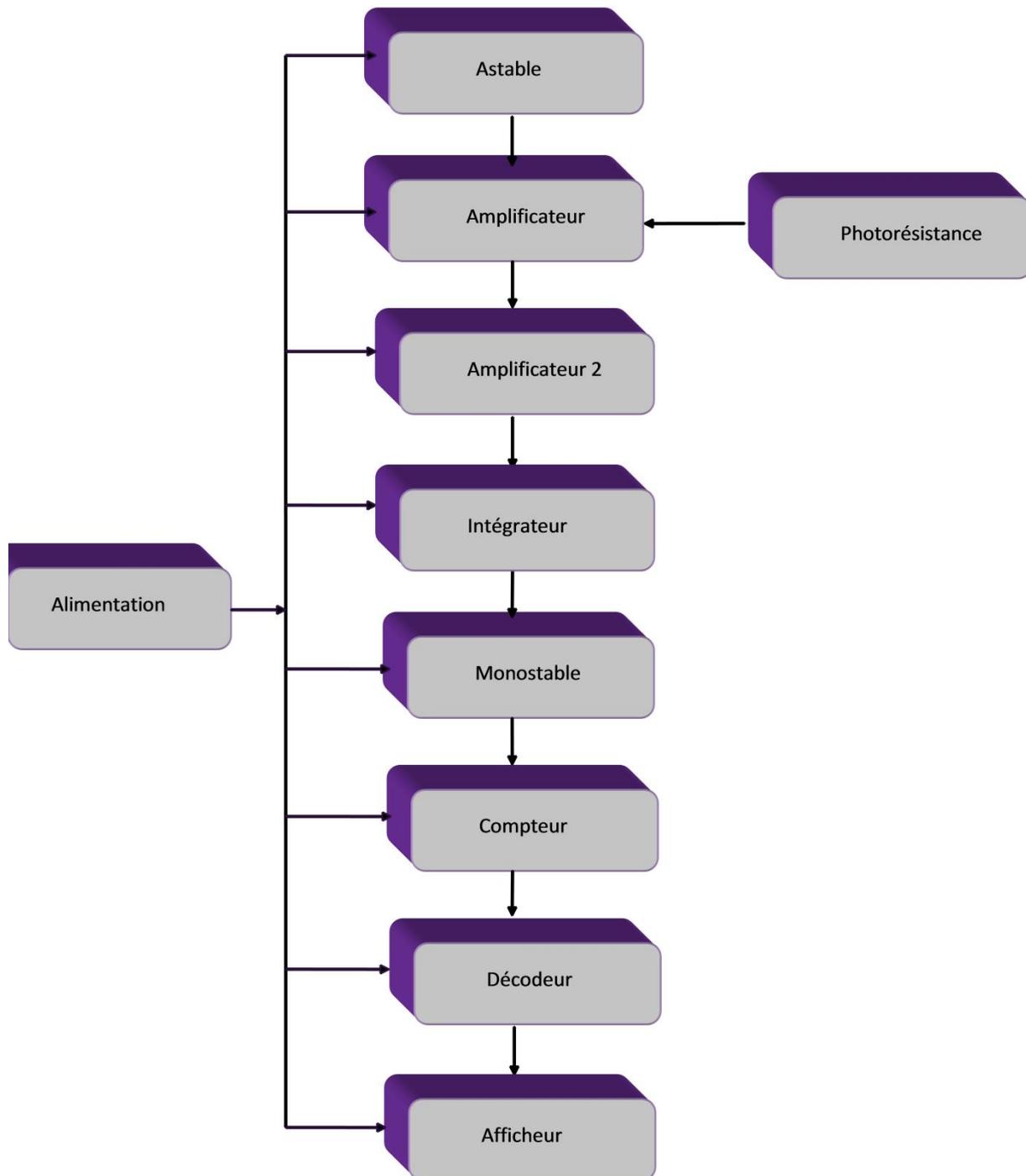


Figure1.8 : Schéma synoptique du montage.

Le principe du montage est d'assurer le comptage par laser du nombre de passages de tout mobile, y compris les personnes, et leur sens de déplacement dans un local. Les faisceaux envoyés par deux pointeurs laser sont réfléchis sur une cellule LDR par un miroir éloigné des pointeurs laser. Chaque fois que ces faisceaux issus du laser 1 et 2, respectivement, sont franchis par un mobile qui se dirige du milieu 'A' vers le milieu 'B' et vice versa, une logique

électronique approuvée qui tient compte l'ordre de ces franchissements va nous garantir une possibilité de comptage parmi tant d'autres telles que :

- Comptage des passages du milieu 'A' vers le milieu 'B', et vice versa.
- Comptage des passages dans les deux sens.

De même, tout franchissement des faisceaux conduit également à une fermeture temporisée d'un contact pour l'un des cas suivants :

- Passage du milieu 'A' vers le milieu 'B' et vice versa.
- Passage dans les deux sens.

La fermeture temporisée du contact qui suit la détection de passage nous permet de plus la commande d'ouverture d'une barrière ou d'une porte.

Conclusion :

Dans ce chapitre ; nous avons donné une vue générale sur quelques compteurs et appareils de mesure, ainsi que la présentation du schéma synoptique de notre montage et son fonctionnement général.

Chapitre II

Chapitre 2 : Etude théorique des différents étages

2.1 Alimentation stabilisée

L'alimentation stabilisée est un ensemble de dispositifs constituant un système qui transforme la tension alternative délivrée par le secteur, en une tension stable et continue adaptée aux conditions de fonctionnement des instruments électroniques ou électriques. Sa conception est destinée à générer idéalement de la tension et du courant.

Cette tension régularisée passe essentiellement par quatre opérations : la transformation, le redressement, le filtrage et la régulation.

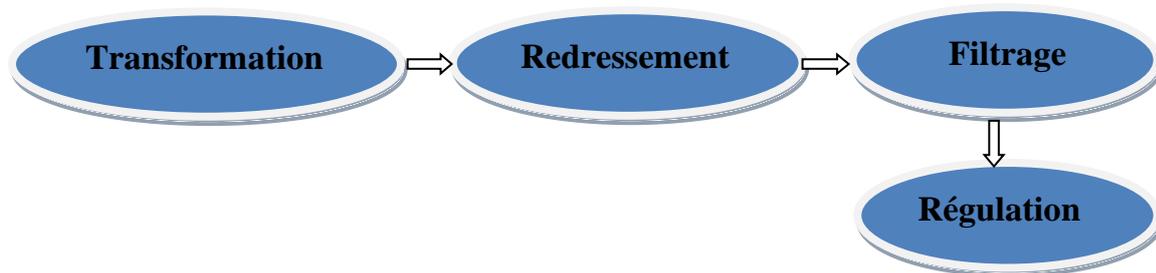


Figure 2.1 : Schéma synoptique d'une alimentation stabilisée.

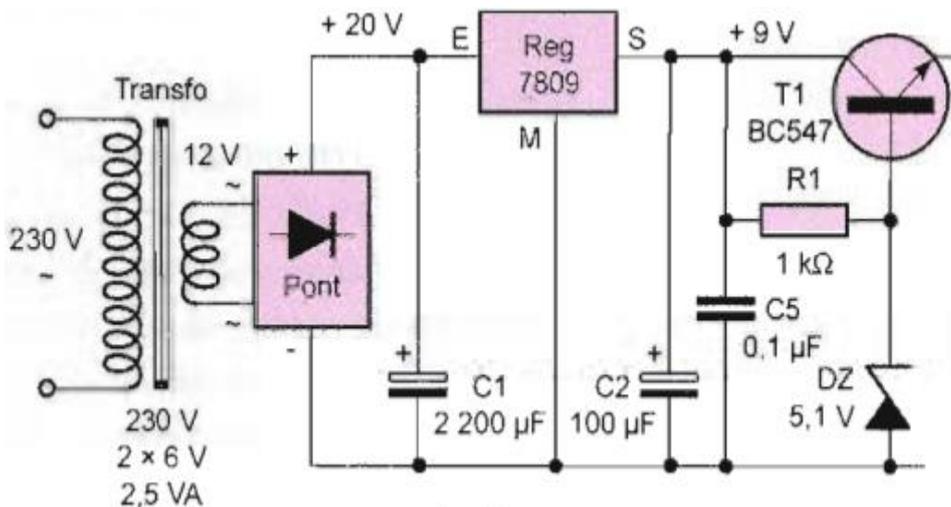


Figure 2.2 : Circuit électrique d'une alimentation stabilisée [6].

- Le transformateur diminue l'amplitude de la tension secteur ; il assure également l'isolation de l'équipement du secteur alimentaire.
- Le redressement qui est réalisé par un pont de Graetz assemblant quatre diodes, assure la conversion de la tension alternative que reçoit le transformateur en une tension redressée double alternance (tension unidirectionnelle).

- Le filtre, constitué de condensateurs, augmente la valeur moyenne de la tension redressée et élimine les parasites du courant redressé sous forme de tension ondulée.
- Le régulateur fournit en sortie une tension stable quelque soit la tension de l'alimentation du secteur.

2.2 Astable

L'astable représente un générateur autonome qui ne possède pas d'état stable, il délivre un signal oscillant en permanence entre deux états logiques 0 et 1 ; on parle de multivibrateur astable.

Le signal de sortie est caractérisé par sa période **T** en secondes (s), ou sa fréquence **F** en hertz (Hz).

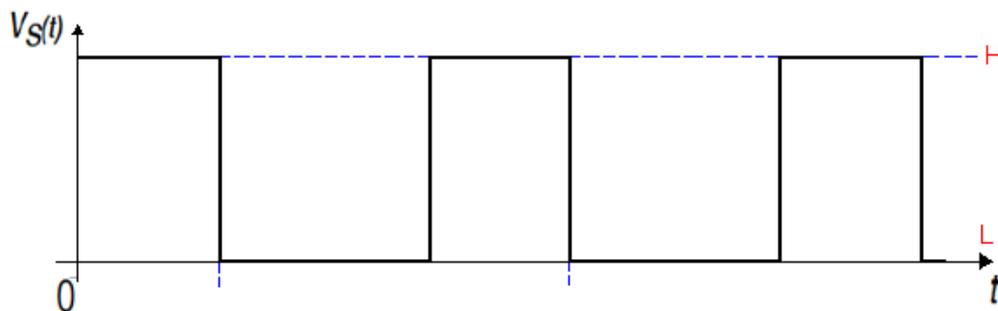


Figure 2.3 : Signal de sortie d'un astable.

L'astable peut être constitué à partir de :

- Circuit intégré NE555.
- Portes logiques NAND ou NOR.
- Amplificateurs opérationnels.

2.2.1 Oscillateur à portes logiques NOR

Dans notre montage, nous utilisons un oscillateur de type commandé (multivibrateur astable commandé), il se compose de deux portes NOR du CD4001. La résistance R5 est utilisée pour la protection de l'entrée de la porte NOR(III).

L'oscillateur fonctionne au moment où l'entrée de la porte logique NOR est à l'état « bas ».

Il y a oscillation au niveau de la sortie de la porte logique NOR(III), quand le signal d'entrée est à l'état « bas ». Sur le niveau « haut », la sortie de l'oscillateur de la porte NOR(IV) est à l'état « bas ».

On relève sur cette sortie des créneaux de forme carrée, caractérisés par une période déterminée par la relation :

$$T = 2.2 \times R4 \times C6.$$

Dans le cas présent, cette période est de l'ordre de 1 ms, correspondant à une fréquence de 1 kHz.

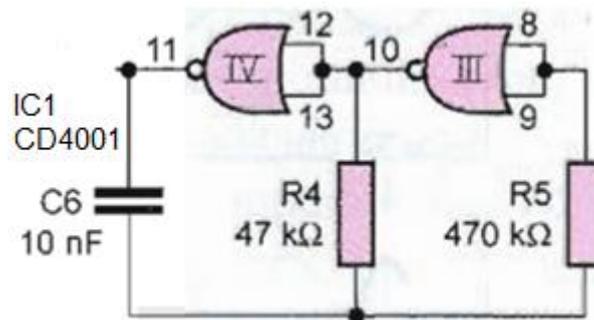


Figure 2.4 : Circuit électrique de l'oscillateur astable que commandent les portes NOR [6].

2.3 Monostable

Un monostable représente un circuit électronique ayant une stabilité électrique d'état au repos. En recevant une impulsion, sa sortie bascule dans l'état électrique opposé ; ce nouvel état est instable, donc il revient automatiquement à l'état d'origine "stable" après un certain moment. C'est un circuit qu'on peut utiliser tel qu'une base pour construire une minuterie.

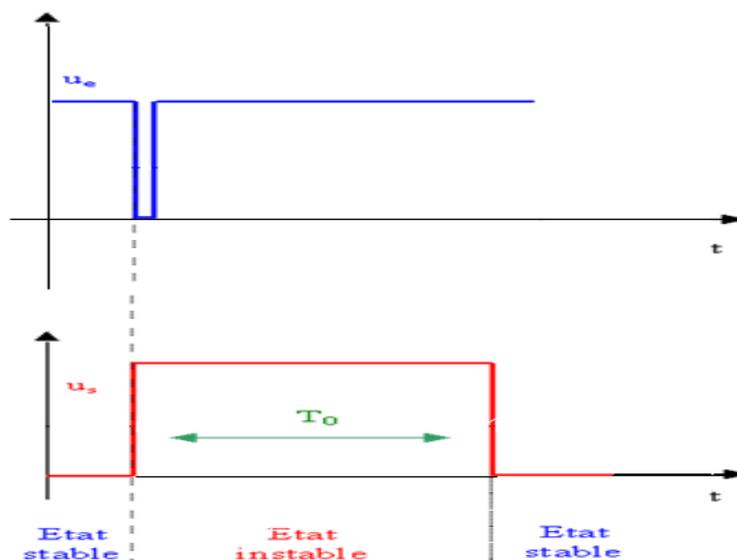


Figure 2.5 : Chronogramme d'un monostable.

2.3.1 Polarité de l'impulsion de sortie [7]

Deux états peuvent apparaître au niveau de la sortie du monostable, au repos : un état « bas » ou un état « haut ». Lorsqu'une impulsion de déclenchement est présente, la sortie passe à l'état opposé « haut » ou « bas ».

2.3.2 Redéclenchable ou non redéclenchable [7]

Un monostable dont la durée de l'impulsion à sortie est constante, même si des impulsions de stimulation se produisent pendant l'état d'instabilité, est un monostable qui est non redéclenchable. Un monostable redéclenchable c'est un monostable qui a une impulsion de sortie "réactivée" pour chaque impulsion de déclenchement. Lorsqu'une nouvelle impulsion de déclenchement se produit pendant que la sortie du monostable n'est pas revenue à son état de repos, en d'autres termes si le temps entre deux impulsions stimulées soit plus court que la durée de l'impulsion de sortie, alors la durée de l'impulsion de sortie se prolonge d'une période égale à la durée de l'impulsion de sortie unique.

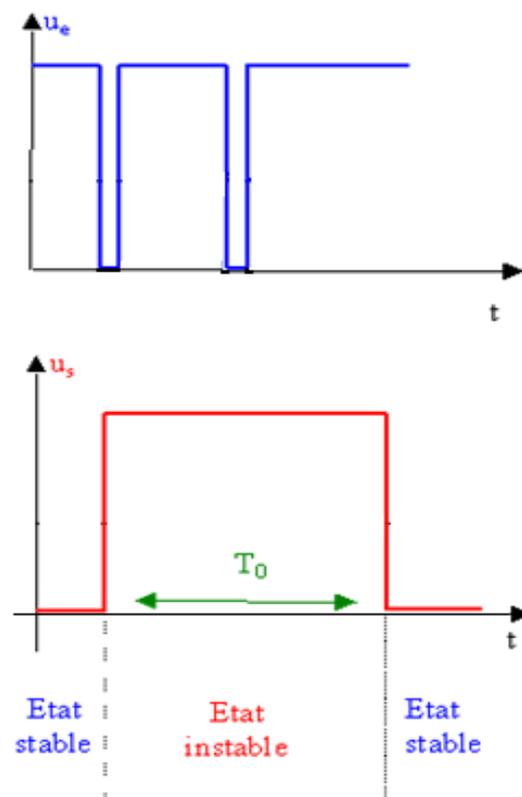


Figure 2.6 : Chronogramme d'un monostable non redéclenchable.

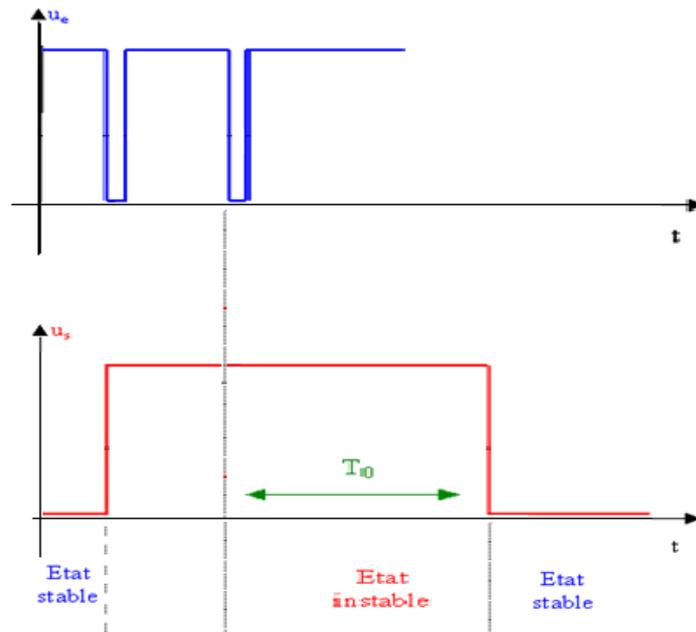


Figure 2.7 : Chronogramme d'un monostable redéclenchable.

Dans notre circuit, nous utilisons un monostable constitué par des portes NOR. Son schéma est présenté dans la figure ci-dessus.

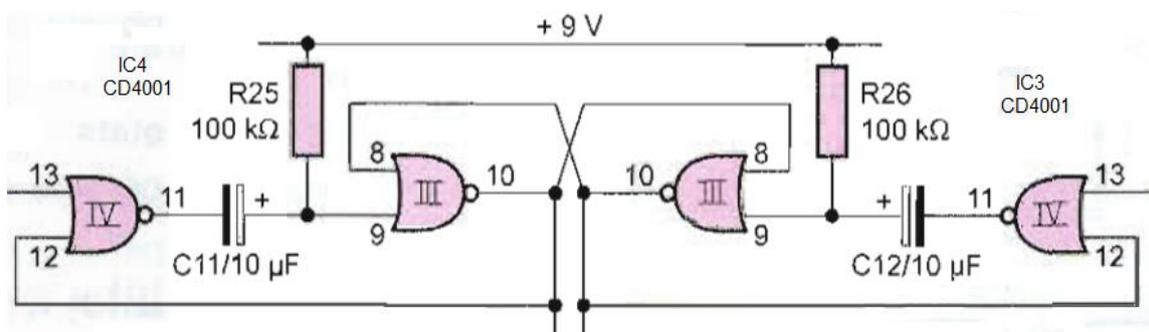


Figure 2.8 : Circuit électrique de deux montages monostables à portes logiques NOR [6].

Le monostable est constitué de deux portes logiques NOR du circuit intégré CD4001.

- Le potentiel aux bornes des pattes (8 et 9) est $+V_{dd}$, donc la sortie 10 est au niveau « bas ».

Lorsqu'il n'y a pas de signal, la sortie 11 de la porte NOR(IV) est à l'état « haut ». La capacité C11 est limitée au même potentiel.

- Dès que la commande 1 reçoit une impulsion positive, la sortie 11 passe à l'état bas, la capacité C11 se charge par le biais de la résistance R25, et puisque le condensateur agit

comme un court-circuit au début de charge, on a un état bas aux bornes de 8 et 9, d'où la sortie 10 passe à l'état haut ; et la tension aux bornes du condensateur est la demi du potentiel, la porte NOR (III) bascule à zéro, et la sortie garde son état stable.

2.4 Portes logiques [8]

2.4.1 Inverseur

C'est une porte logique qui fonctionne que sur un bit seulement. Son fonctionnement consiste simplement à inverser le bit d'entrée.

$$S = \bar{A}$$

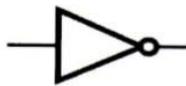


Figure 2.9 : Symbole d'un inverseur.

A	S
0	1
1	0

Table 2.1 : Table de vérité de l'inverseur.

2.4.2 Porte AND

Cette porte contient deux entrées et une seule sortie. Elle effectue une fonction (ET) logique parmi les deux entrées.

$$S = A.B$$

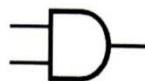


Figure 2.10 : Symbole d'une porte logique AND.

A	B	S
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Table 2.2 : Table de vérité de la porte AND.

2.4.3 Porte NAND

La particularité de cette porte est son pouvoir de recréer des portes AND, OR, NON en utilisant d'assemblages qui comportent uniquement des portes NAND. Une opération ET logique est toujours exécutée entre les deux sorties, mais cette fois le résultat est inverse.

$$S = \overline{A \cdot B}$$



Figure 2.11 : Symbole d'une porte NAND.

A	B	S
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table 2.3 : Table de vérité de la porte NAND.

2.4.4 Porte OR

La sortie S obtenue est le résultat d'un OU logique entre les deux entrées :

$$S = A + B$$



Figure 2.12 : Symbole d'une porte OR.

Entrée 1	Entrée 2	Sortie
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Table 2.4 : Table de vérité de la porte OR.

2.4.5 Porte NOR

La sortie S obtenue est le résultat inverse d'un (OU) logique entre les deux entrées :

$$S = \overline{A + B}$$

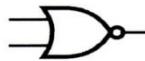


Figure 2.13 : Symbole d'une porte NOR.

Entrée 1	Entrée 2	Entrée 3
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Table 2.5 : Table de vérité de la porte NOR.

2.4.6 Porte XOR

$$S = A + B$$



Figure 2.14 : Symbole d'une porte XOR.

$$S = a\bar{b} + \bar{a}b.$$

A	B	S
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Table 2.6 : Table de vérité de la porte XOR.

2.4.7 Porte NXOR

Elle réalise la fonction inverse du OU exclusif :

$$S = \overline{A \oplus B}$$

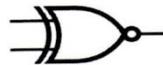


Figure 2.15 : Symbole d'une porte NXOR.

A	B	S
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Table 2.7 : Table de vérité de la porte NXOR.

$$S = \bar{a}b + ab$$

Remarque

Nous nous intéressons plus aux portes logiques NAND et NOR, comme se sont ces deux types de portes qui seront exploités dans les circuits intégrés CD4001, CD4518 et CD4511 qui appartiennent à la construction de notre circuit.

2.5 Circuit intégré CD4001

Le circuit intégré CD4001 appartient au groupe des circuits intégrés 4000 qui utilisent la technologie CMOS. Il se compose de quatre portes logiques indépendantes NON-OU (NOR) à deux entrées. Chacune des ces portes comporte un buffer en sortie. Le CD4001 contient 14 broches en DIL.

2.5.1 Brochage du CD 4001

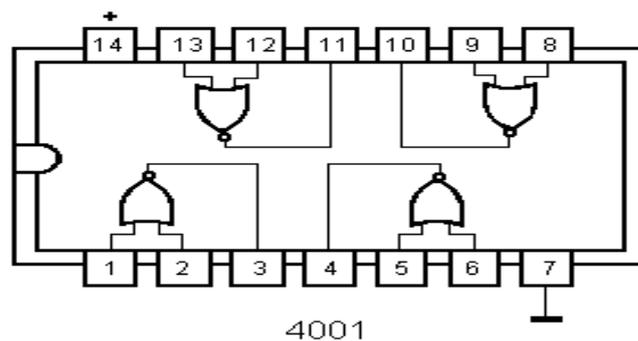


Figure 2.16 : Brochage du CD4001.

2.5.2 Pins et recommandations d'utilisation du CD 4001

Numéro de pins	Fonction
1, 2, 5, 6, 8, 9, 12, 13	Entrées données
3, 4, 10, 11	Sorties données
7	Reliée à la masse
14	Reliée à +Vcc

Table 2.8 :Description des pins du CD 4001.

Symboles	Paramètre	Valeur	Unité
VDD	Tension d'alimentation	3-20	V
VI	Tension d'entrée	0-VDD	V
TOP	Température de fonctionnement	(-55) ÷ 125	°C

Table 2.9 : Conditions recommandées de fonctionnement du CD 4001

2.6 Photorésistance

C'est un dispositif électronique ayant une résistivité qui varie selon l'augmentation de lumière qui l'atteint, plus elle est éclairée plus sa résistance est faible. Elle est appelée aussi LDR ou cellule photoélectrique.

C'est un composant qui se compose d'un semi-conducteur à grande résistivité qui varie avec la lumière incidente à une fréquence assez élevée (d'une longueur d'onde inférieure à celle du seuil). Au dessus d'un certain niveau d'énergie, les photons absorbés par le semi-conducteur offrent suffisamment d'énergie aux électrons liés afin qu'ils passent de la bande de valence vers la bande conductrice ; la résistance va alors diminuer.

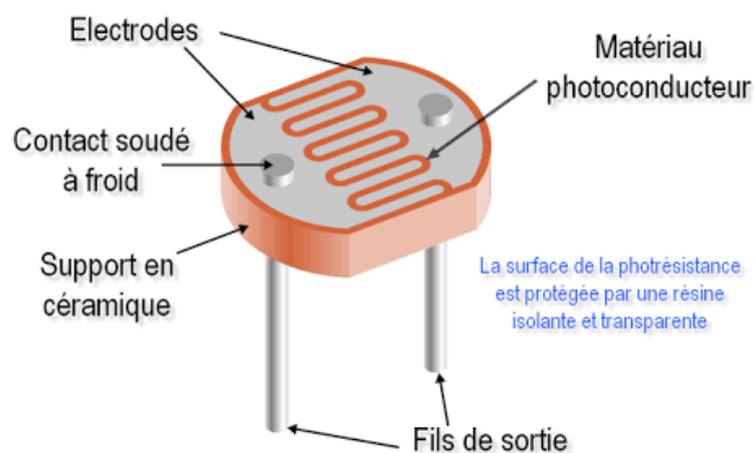


Figure 2.17 : Photorésistance [9]

2.7 Transistor bipolaire

Le transistor bipolaire représente un dispositif électrique qui se base sur 2 jonctions PN pouvant être juxtaposées pour former NPN ou PNP. Il peut être utilisé comme interrupteur de commande, stabilisateur de tension, amplificateur, modulateur de signal....

Un faible courant de base, I_B , autorise le contrôle un courant de collecteur, I_C , bien plus important.

Le type de transistor dont nous nous intéressons dans notre étude est de type NPN puisqu'il est utilisé dans le montage.

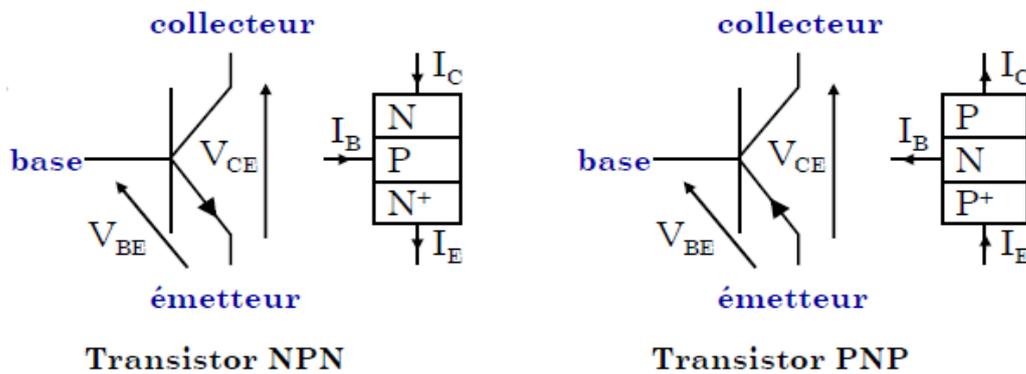


Figure 2.18 : Représentation d'un transistor bipolaire.

2.7.1 Transistor BC547 [10]

Le BC547 est un transistor NPN par conséquent le collecteur et l'émetteur seront laissés ouverts (polarisés en inverse) quand la broche de base est branché à la masse, et seront fermés (polarisés en direct) lorsqu'un signal est fourni à la patte de base. BC547 a une valeur de gain de 110 à 800, cette valeur détermine la capacité d'amplification du transistor. La quantité maximale de courant qui pourrait circuler à travers la broche du collecteur est de 100 mA, nous ne pouvons donc pas connecter des charges qui consomment plus de 100 mA en utilisant ce transistor. Pour polariser un transistor, nous devons fournir du courant à la patte de base, ce courant (I_B) doit être limité à 5 mA.

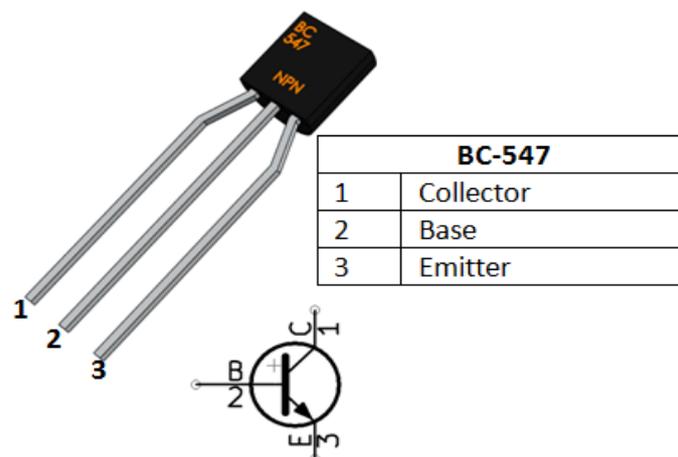


Figure 2.19 : Les broches du transistor BC547.

2.7.1.1 Configuration des broches

Nombre de broches	Nom de broche	Description
1	Collecteur	Le courant passe par le collecteur
2	Base	Contrôle la polarisation du transistor
3	Emetteur	Le courant s'écoule par l'émetteur

Table 2.10 : Configuration des broches du BC547

2.7.1.2 Propriétés électriques du transistor BC547

- Transistor bipolaire NPN
- Le gain de courant CC (h_{FE}) est de 800 au maximum
- Le courant continu du collecteur (I_C) est de 100 mA
- La tension de base de l'émetteur (V_{BE}) est de 0,6 V
- Le courant de la base (I_B) est de 5 mA maximum
- Disponible dans l'ensemble To-92

2.7.1.3 Applications du transistor BC547

- ✓ Traitement du Signal.
- ✓ Gestion d'alimentation.
- ✓ Périphériques portables.
- ✓ Electronique grand public.
- ✓ Industrie.

2.7.1.4 BC547 comme commutateur

Lorsqu'un transistor est utilisé comme interrupteur, il fonctionne dans la région de saturation et de coupure comme expliqué ci-dessus. Comme indiqué, un transistor agira comme un interrupteur ouvert pendant la polarisation directe et comme un interrupteur fermé pendant la polarisation inverse, on peut obtenir cette polarisation lorsqu'on fournit la quantité de courant exigé à la broche de base. Comme mentionné, le courant de polarisation doit être au maximum de 5 mA. Tout ce qui dépasse 5 mA endommagera le transistor ; par conséquent, une résistance est toujours ajoutée en série avec la broche de base. La valeur que vaut cette résistance (R_B) peut être calculée à l'aide de la formule :

$$R_B = V_{BE} / I_B$$

2.7.1.5 BC547 comme amplificateur

Un transistor agit comme un amplificateur lorsqu'il fonctionne dans la région active. Il peut amplifier la puissance, la tension et le courant dans différentes configurations.

Certaines des configurations utilisées dans les circuits d'amplification sont :

- a. Amplificateur émetteur commun
- b. Amplificateur à collecteur commun
- c. Amplificateur de base commun

Parmi les types ci-dessus, le type d'émetteur commun est la configuration populaire la plus utilisée. Lorsqu'il est utilisé comme amplificateur, le gain de courant continu du transistor peut être calculé en utilisant la formule :

$$\text{Gain de courant CC} = \text{courant du collecteur (I}_C\text{)} / \text{courant de la base (I}_B\text{)}$$

2.7.1.6 Applications

Le transistor BC547 est utilisé comme modules de pilote : pilote de relais, pilote de LED, etc.

Il est utilisé comme modules d'amplification tels que les amplificateurs audio, l'amplificateur de signal, etc.

2.8 Amplificateur Opérationnel [11]

2.8.1 Définition

Comme son nom l'indique, il permet d'effectuer des opérations "arithmétiques" (addition, soustraction, inversion...) ; mais sa fonction principale est l'amplification.

L'AOP est reconnu par sa forme triangulaire qui pointe vers l'adroite. Il contient une seule sortie et deux entrées, son entrée désignée par (e+) est non inverseuse, pendant que l'entrée mentionné (e-) est dite inverseuse (voir figure 2.20). L'AOP amplifie la différence entre deux tensions V_1 et V_2 à travers un facteur d'amplification, le gain, qui est fixe et très important. L'alimentation de l'AOP ici est symétrique (+Vcc et -Vcc) ; notons qu'une alimentation non symétrique est possible.

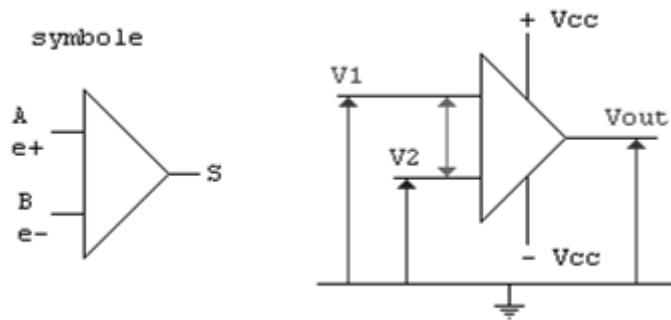


Figure 2.20 : Représentation d'un AOP.

2.8.2 Principe de fonctionnement d'un AOP

En appliquant des tensions continues V_1 et V_2 aux deux entrées d'un AOP, une comparaison aura lieu entre ces deux tensions cette dernière dépendra de l'état de sortie (V_{out}) ; haut ou bas. Les deux cas possibles sont représentés dans la figure suivante.

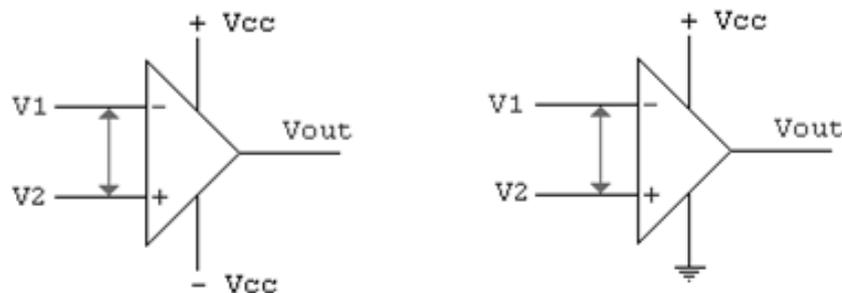


Figure 2.21 : Alimentation d'un ampli-op symétrique à gauche, et AOP non symétrique à droite.

Le tableau suivant présente un résumé de diverses alimentations symétriques et non symétriques d'un AOP.

	Alimentation symétrique	Alimentation non symétrique
$V_2 > V_1$	$V_{out} = \text{presque } +V_{cc}$	$V_{out} = \text{presque } +V_{cc}$
$V_1 > V_2$	$V_{out} = \text{presque } -V_{cc}$	$V_{out} = \text{presque } 0$

Table 2.10 : Alimentations symétriques et non symétriques d'un AOP.

La sortie haute est proche de $+V_{cc}$, la sortie basse est proche de 0 ou de $-V_{cc}$. Mais il y a toujours une légère différence entre la tension qui se présente à la sortie et la tension d'alimentation ; cette différence fait partie des caractéristiques propres à chaque modèle d'AOP, mais elle reste en général très faible.

2.8.3 AOP parfait et AOP réel

Un AOP "parfait" ou "idéal" (celui de la théorie) est défini comme un pur amplificateur de différence avec un gain différentiel infini, son impédance d'entrée est infinie (pour ne pas consommer de courant de la source) et son impédance de sortie est nulle (pour fournir un courant illimité à la charge) ; de plus, cet AOP idéal aurait une plage de fréquence limitée et un décalage en tension nul, ce qui rejeterait complètement le mode commun. De plus, il ne répondrait pas aux changements de température et de tension.

En effet ; on observe, par rapport à ce modèle théorique idéal, quelques "défauts" (souvent minimes). Les propriétés générales des ampli-op disponibles sont :

- Technologie bipolaire ($\mu A741...$), BI-FET (LF353...), CMOS...
- Gain en boucle ouverte environ 100000.
- Le courant disponible est d'environ 25 mA.
- Très faible impédance de sortie (d'environ 75 ohms pour un $\mu A741$)
- Très grande impédance d'entrée (d'environ $2\text{ M}\Omega$ pour un $\mu A741$, et $10^6\text{ M}\Omega$ pour un LF353...)
- Bande passante du continu à 1 MHz pour (LM324), 2 MHz pour ($\mu A741$) et pour 4 MHz (LF353)...

2.8.4 Amplificateur inverseur

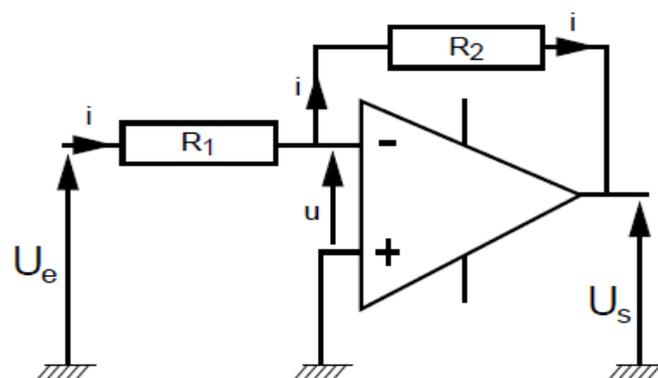


Figure 2.22 : AOP monté en amplificateur inverseur.

En fonction des caractéristiques de l'amplificateur prédéfinies ci-dessus :

- résistance d'entrée illimitée veut dire que le même courant traverse les résistances R_1 et R_2 .
- Pour un fonctionnement linéaire le gain de l'amplificateur opérationnel est illimité, signifiant que la différence de potentiel u est nulle.

Cela veut dire que nous pouvons avoir le gain souhaité en choisissant le rapport des deux résistances, ceci est utile comme les résistances sont des dispositifs très bon marché avec une bonne qualité et une grande variété de valeurs.

$$\left. \begin{array}{l} i = \frac{U_e - u}{R_1} = \frac{U_e}{R_1} \\ i = \frac{U_s - u}{R_2} = \frac{U_s}{R_2} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{U_s}{U_e} = G = \frac{R_2}{R_1}$$

2.8.5 Amplificateur non-inverseur

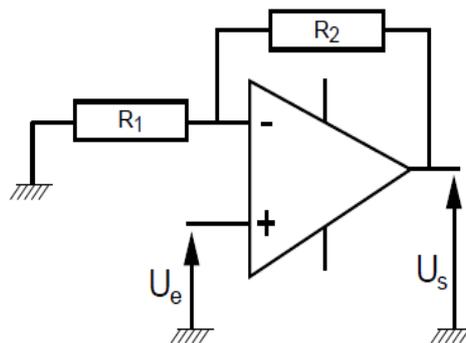


Figure 2.23 : AOP monté en amplificateur non-inverseur.

Dans ce circuit, on doit se rappeler que la différence de tension entre les bornes d'entrée ($e+$) et ($e-$) de l'amplificateur est égale à zéro, cela entraîne que la tension aux bornes de R_1 est égale à U_e , celle aux bornes de R_2 est égale à $U_s - U_e$; nous pouvons donc définir les équations qui donnent le courant i traversant R_1 et R_2 et montrer ce qui suit :

$$G = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

2.8.6 AOP LM324 [12]

Les AOP LM324 se composent essentiellement de quatre amplificateurs opérationnels qui sont indépendants, compensés à fréquence avec un gain élevé. Ils sont spécifiquement conçus pour fonctionner à partir d'une alimentation simple sur une plage de tensions large.

2.8.6.1 Fonctionnalités

- alimentation simple : de 3 V à 32 V
- alimentation double : 1,5 V à 16 V
- gain : 100 dB
- Indépendant de la tension d'alimentation, le courant absorbé est faible : 0,8 mA

2.8.6.2 Brochage du LM324

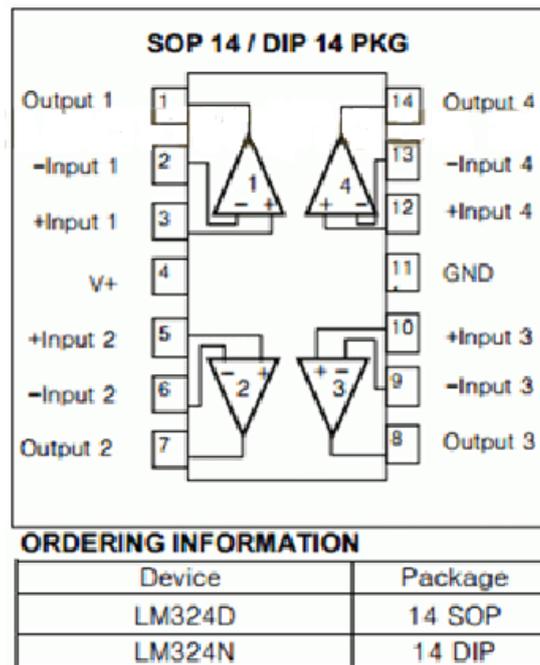


Figure 2.24 : Brochage du LM324.

2.8.6.3 Applications typiques du LM324

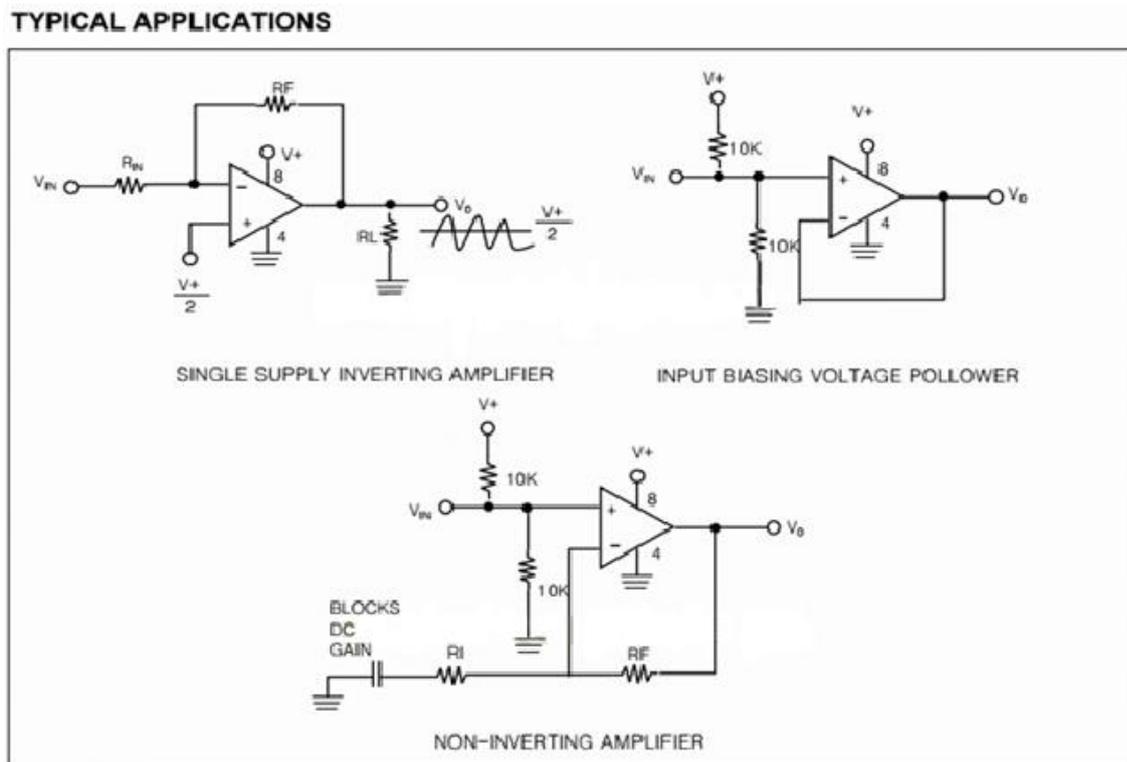


Figure 2.25 : Applications typiques du LM324.

2.9 Intégrateur

2.9.1 Circuit RC

Un circuit RC est un circuit électrique qui constitue un filtre simple il est constitué souvent avec un condensateur et une résistance branchés en série, et alimenté par une source de tension.

2.9.1 Circuit intégrateur RC

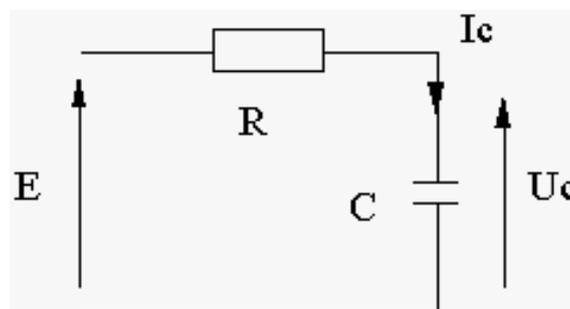


Figure 2.26 : Intégrateur à circuit RC.

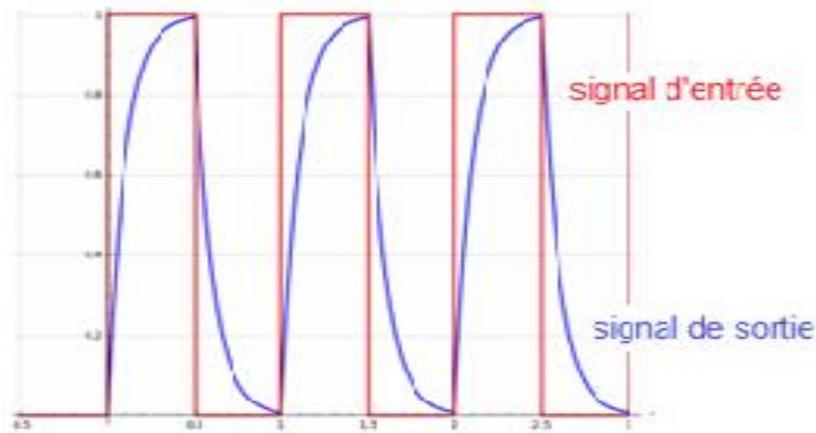


Figure 2.27 : Signal d'entrée et de sortie d'un circuit RC.

2.9.2 Fonctionnement

- Obtention d'une charge et d'une décharge du condensateur relativement lentes par rapport à la période du signal d'entrée
- La constante de temps RC est choisie telle que $RC \geq 10T_E$
- Le condensateur se charge durant la phase de transition jusqu'à la valeur moyenne du signal d'entrée, qui est dans ce cas : $V_{EMAX}/2$.

Puisque la valeur moyenne est définie comme la composante continue d'un signal composite, pendant la phase transitoire à cette valeur moyenne le condensateur se charge.

2.10 Trigger de Schmitt [13]

Le trigger de Schmitt est un composant à 2 seuils :

- Un seuil de comparaison en entrée V_e montante ; il garantit le basculement de la sortie de l'état bas à l'état haut.
- Un deuxième seuil pour V_e descendant ; il garantit le basculement inverse.

Si V_e descendante montante est supérieure à V_e montante, le trigger de Schmitt est dit inverseur ; il est dit non inverseur dans le cas inverse.

Le trigger de Schmitt est utilisé en régulation afin d'éviter des basculements indésirables de la sortie d'un système. Il est également utilisé pour régénérer un signal binaire dégradé.

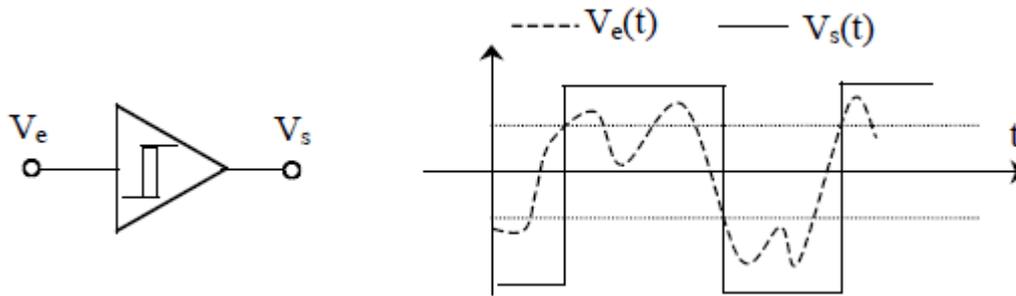


Figure 2.28 : Symbole et signal de sortie du trigger de Schmitt.

2.11 Compteur [14]

Les compteurs sont des circuits électroniques qui se composent principalement d'un groupe de bascules et souvent d'un réseau combinatoire. Ces compteurs autorisent de compter le nombre d'événements survenant durant une période donnée. Pendant une durée spécifiée ; le nombre d'événements qui se produisent, est comptabilisé par ces compteurs, et chaque événement produit une impulsion électrique.

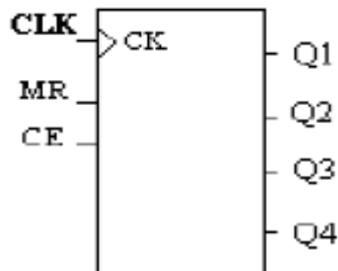


Figure 2.29 : Symbole général d'un compteur.

❖ Classification des compteurs :

Suivant leurs caractéristiques, nous pouvons classer ces compteurs comme suit :

- Sens de comptage : le sens d'évolution affiché en sortie :
 - Augmentation : évolution croissante → compteur.
 - Diminution : évolution décroissante → décompteur.
- Code de comptage : la représentation du nombre mémorisé.
 - le binaire traditionnel.
 - le BCD.
 - le code Gray.
 - Le décimaletc...

- la possibilité d'initialiser le compteur avec une valeur différente de zéro : quelques compteurs entament le comptage à partir de zéro, pendant que les compteurs initialisables peuvent être configurés avec une valeur qu'on veut choisir en possédant une entrée d'initialisation connectée avec une entrée *Reset*, c'est cette dernière qui indique au compteur s'il doit compter, ou alors il devrait être réinitialisé avec la valeur qui se trouve sur l'entrée d'initialisation.
- Comportement lorsque la valeur maximale est atteinte :
 - Compteurs à saturation : dès que la valeur maximale est atteinte ces compteurs restent bloqués sur cette valeur jusqu'à remise manuelle à zéro.
 - Compteurs modulaires : une fois la limite atteinte ces compteurs recommencent à compter automatiquement à partir de zéro.
- Modulo de comptage : selon l'utilisation des combinaisons de sortie possibles, on peut différencier :
 - Les compteurs à cycle complet : si le compteur utilise toutes les combinaisons disponibles de sortie.
 - Les compteurs à cycle incomplet : si le compteur utilise seulement quelques combinaisons possibles de ses sorties.
- Mode de comptage : certains types de compteurs, se basent sur un principe similaire de l'usage des bascules pour mémoriser les bits du nombre.
 - Compteurs synchrones.
 - Compteurs asynchrones.

2.11.1 Compteur asynchrone

C'est un compteur contrôlé par un signal d'horloge, utilisé souvent pour la synchronisation des composants d'un circuit électronique ; le compteur ou bien le décompteur est mis à jour à chaque cycle d'horloge.

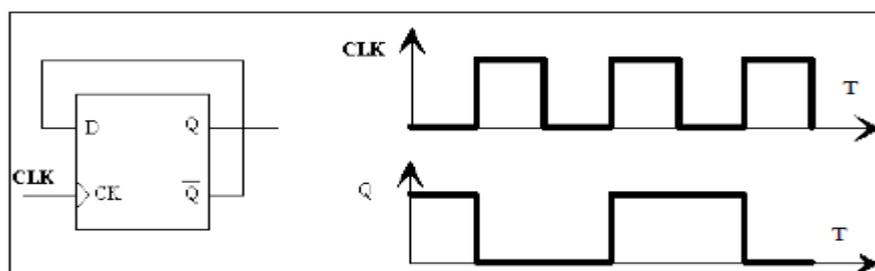


Figure 2.30 : Diagramme d'un compteur asynchrone.

Avec : CLK : clock (l'horloge).

Q : la sortie non inversée.

T : le temps.

Un compteur asynchrone se compose d'un certain nombre de diviseurs de fréquences. Si l'on désire un compteur, les entrées d'horloge doivent être actives sur fronts descendants.

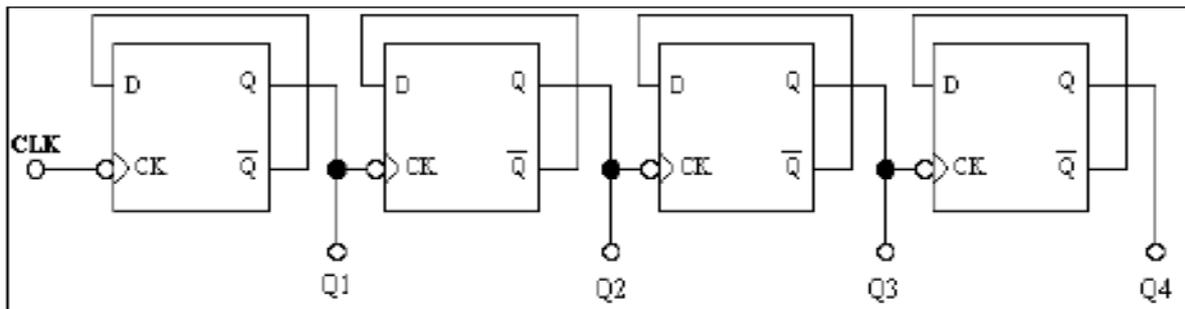


Figure 2.31 : Compteur asynchrone 4 bits.

Ceci mène au résultat donné par le diagramme de la figure 2.32 (4 sorties).

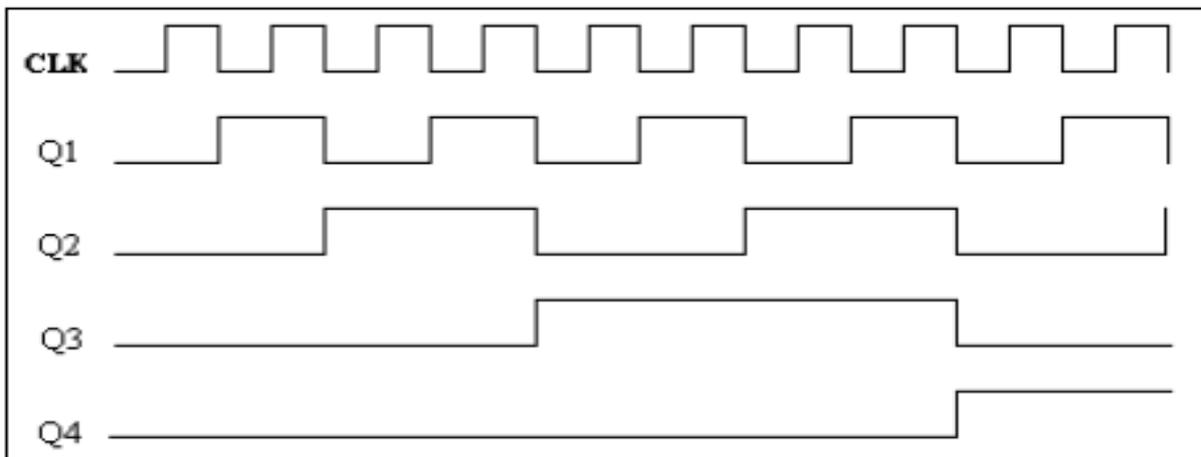


Figure 2.32 : Diagramme des 4 sorties du compteur asynchrone.

Avec : CLK (L'horloge).

Q1 : la 1^{ère} sortie.

Q2 : la 2^{ème} sortie.

Q3 : la 3^{ème} sortie.

Q4 : la 4^{ème} sortie.

Comme on peut le constater ; Q1, Q2, Q3 et Q4 valent respectivement 0000, 0001, 0010,.....1111, c'est-à-dire 0, 1, 2..., 15. Ce cycle continue indéfiniment aussi longtemps que le signal d'horloge est présent.

2.11.1.1 Compteur simple

Un compteur qui calcule de façon générale de 0 à jusqu'à certaine valeur : le nombre maximum qu'un registre peut contenir. Une fois cette valeur est atteinte, il refait l'opération à partir de zéro.

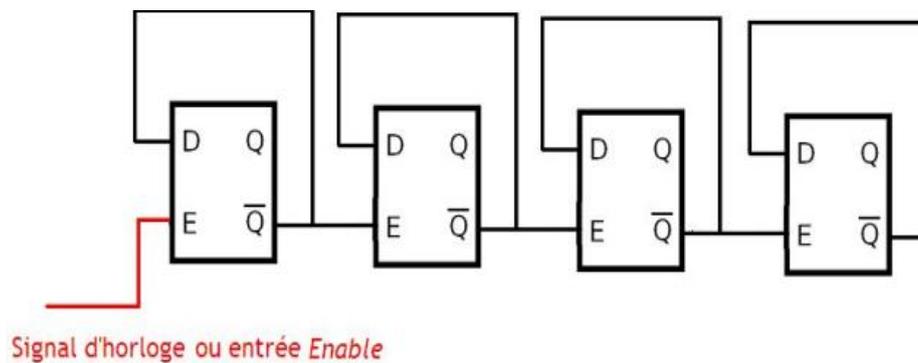


Figure 2.33 : Circuit d'un compteur.

2.11.1.2 Compteur initialisable :

Une entrée du multiplexeur est connectée à la mise à jour du compteur, et l'autre au bit qui présente la valeur initiale. Une entrée *Init* est rajoutée pour préciser au compteur quand faire une initialisation : cette entrée vaudra 1 si on veut initialiser le compteur, et zéro sinon. Cette dernière sera branchée avec les multiplexeurs à travers les entrées de commande des deux entrées mentionnées plus haut.

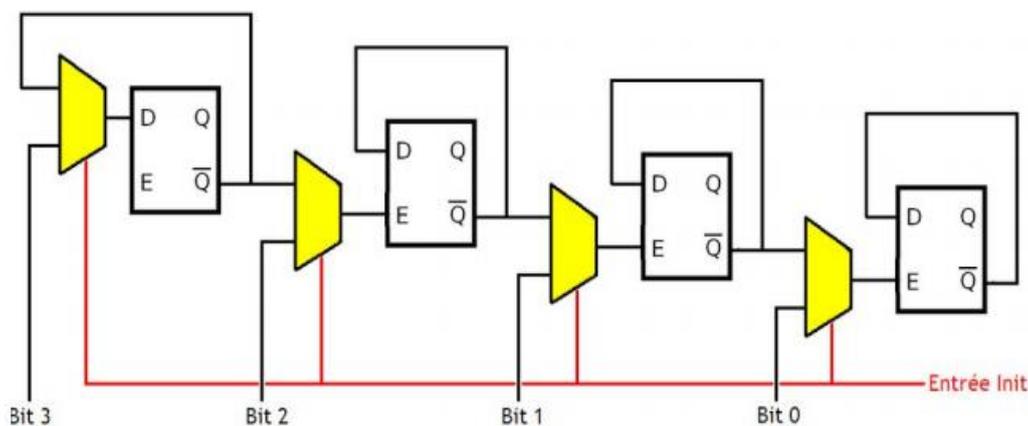


Figure 2.34 : Compteur initialisable.

2.11.1.3 Compteur Modulo

Pour un compteur qui fait le comptage jusqu'à une limite N si la valeur du compteur arrive à $N + 1$, le compteur sera réinitialisé à zéro. On a besoin donc d'un circuit qui fait la comparaison du contenu pour compteur avec $N+1$: lorsque ce dernier donne un « 1 » (le compteur vaut $N+1$), toutes les bascules doivent être mises à zéro. Les bascules de réinitialisation ont une entrée de réinitialisation ; il est donc suffisant de connecter la sortie de cette comparaison à l'entrée *Reset* des bascules.

2.11.1.4 Décompteur

Un décompteur est similaire à un compteur auquel tous ces bits ont été inversés. On peut donc réutiliser le compteur du dessus, sauf que les sorties du compteur sont reliées aux sorties Q des bascules.

2.11.2 Compteur synchrone

Pour un compteur synchrone, simultanément les bascules changent d'état, puisque c'est le même signal d'horloge qu'il les pilote.

La méthode la plus simple d'implémenter un compteur synchrone c'est d'utiliser des bascules T au lieu des bascules D .

Une bascule T est semblable à une bascule D ; la différence réside dans l'entrée D (Donne) qui est remplacée par une entrée (Toggle) T qui contrôle le changement d'état de la bascule qui change d'état d'une période d'horloge à la suivante (elle passe à 1 si elle était à 0, ou à 0 si elle était à 1).

Voici un exemple de compteur synchrone 4 bits :

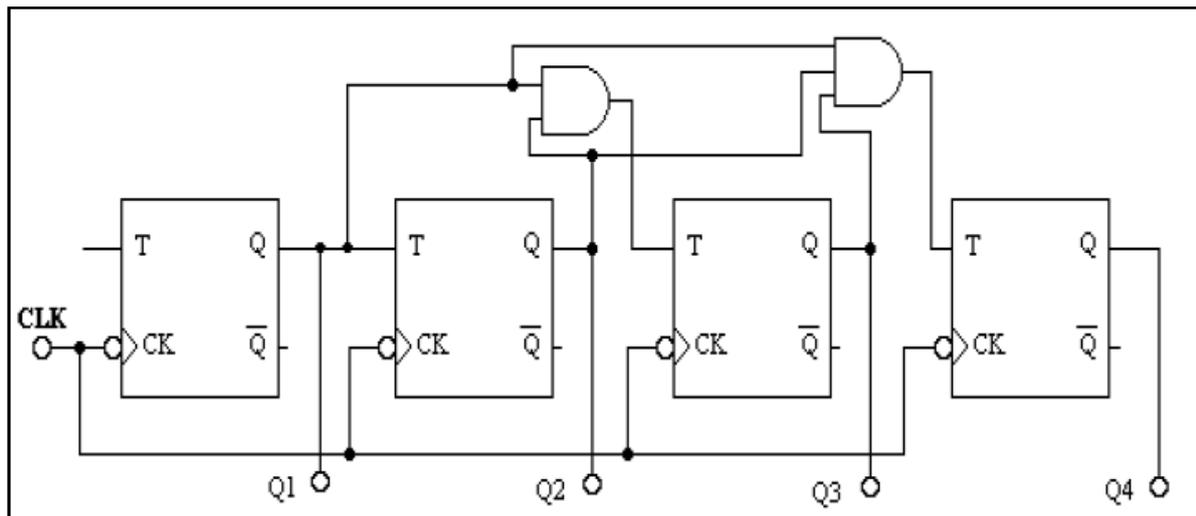


Figure 2.35 : Compteur synchrone 4 bits.

2.11.2.1 Compteur simple

On peut concevoir un compteur de plusieurs manières, dont certaines sont plus générales que d'autres. Toutes les différences entre les compteurs synchrones se trouvent dans le circuit combinatoire utilisé, qui va d'un circuit additionneur à un autre circuit beaucoup plus simple.

2.11.2.2 Compteur à additionneur

Plus simplement, le circuit combinatoire est un additionneur. Cette solution est très flexible ; elle n'est pas limitée à des compteurs qui comptent de 1 en 1, mais peut être adaptée à des compteurs qui comptent de 3 en 3, de 6 en 6, etc. : il suffit de mémoriser la constante quelque part et de l'envoyer en entrée de l'additionneur.

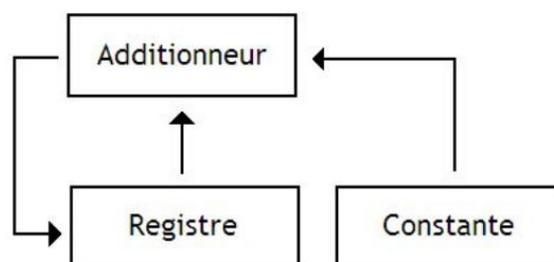


Figure 2.36 : Compteur à additionneur.

2.11.2.3 Compteur à incrémenteur

La création d'un circuit qui compte de 1 en 1 est possible, sans avoir besoin d'utiliser un additionneur.

On utilise deux microcircuits par bascule pour mettre en œuvre cela c en circuit :

- Un circuit qui définit si tous les bits des colonnes qui précèdent (lecture de droite à gauche) sont à 1 ;
- un circuit qui inverse le contenu de la bascule.

L'autre circuit nécessite deux entrées :

- l'ordre d'inversion.
- le contenu de la bascule.

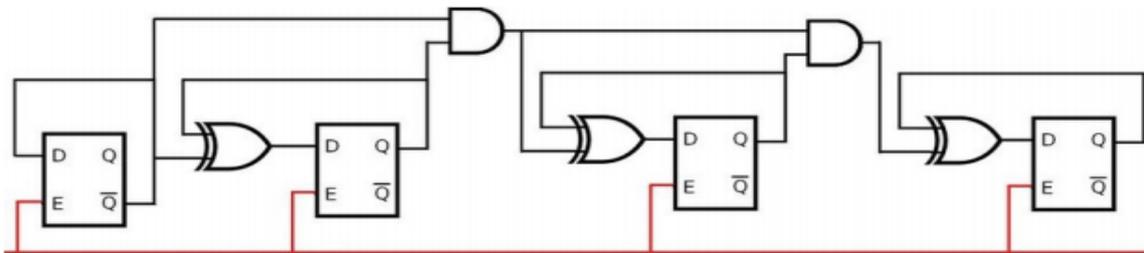


Figure 2.37 : Compteur synchrone à incrémenteur.

Les compteurs synchrones peuvent être aussi initialisables ; suivant le même principe il suffit d'ajouter quelques multiplexeurs, auxquels l'entrée de commande est connectée à l'entrée *Init*. Nous pouvons également nous assurer que seule la taille du registre limite ces compteurs synchrones ; la possibilité du changement de la borne supérieure d'une façon similaire à celle des compteurs asynchrones.

2.11.2.4 Décompteur

D'une manière similaire pour un compteur, nous pouvons créer un décompteur ; il suffit juste de savoir relier un registre à un soustracteur. Nous pouvons remplacer le soustracteur par un simple circuit décrémenteur (qui donne -1, -2, -3, etc., suivant le compteur) semblable à celui vu en haut, suivant les autres compteurs.

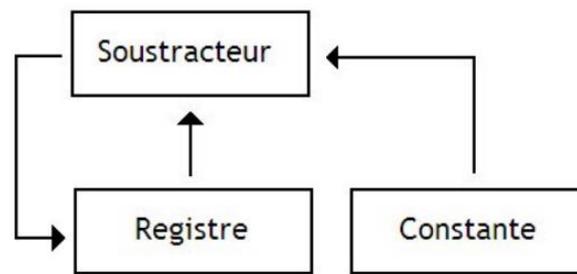


Figure 2.38 : Décompteur à soustracteur.

En partant de la même logique que celle exploitée dans la conception d'un compteur synchrone à incrémenteur, on peut donc réutiliser directement le circuit de comptage, la seule différence est que les portes logiques doivent être connectées aux entrées \bar{Q} , et non aux entrées Q .

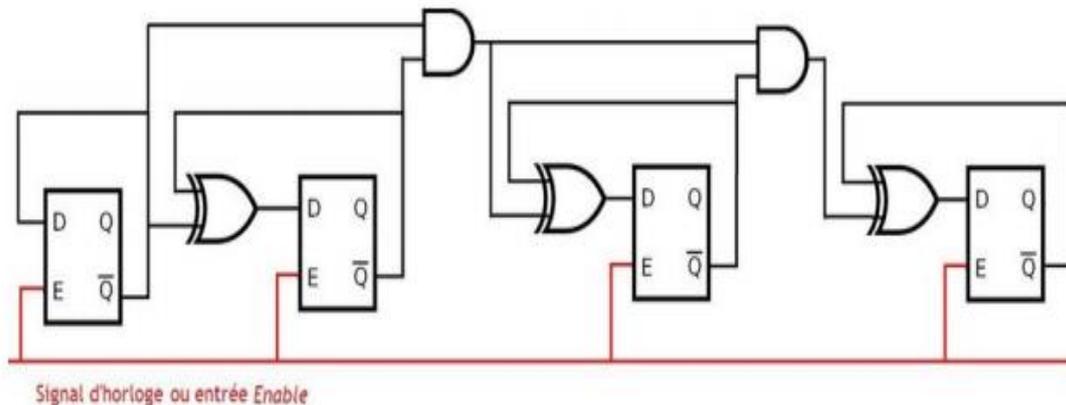


Figure 2.39 : Décompteur synchrone.

2.11.2.5 Compteur/décompteur

Selon la situation, on peut construire un circuit compteur ou décompteur. Il suffit juste d'ajouter une entrée Count à ce compteur afin qu'il puisse savoir s'il faut compter ou décompter. Le circuit compte si cette entrée vaut 1 ; autrement il décompte.

Pour la création d'un circuit pareil, on a la possibilité de relier un registre à un soustracteur/additionneur. L'entrée Count correspond à l'entrée ADD/SUB de l'additionneur soustracteur.

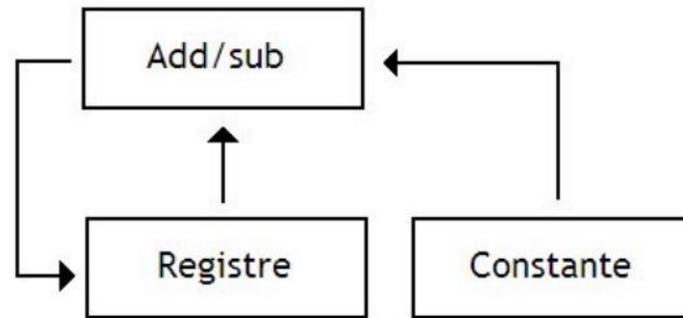


Figure 2.40 : Compteur/décompteur.

2.11.2.6 Compteur en anneau

Ce genre de compteurs représente des registres SIPO à décalage dans lesquels la sortie est bouclée sur l'entrée. Pour n bits, ce compteur peut faire le comptage avec n nombres différents ayant tous un bit à 1 seulement.

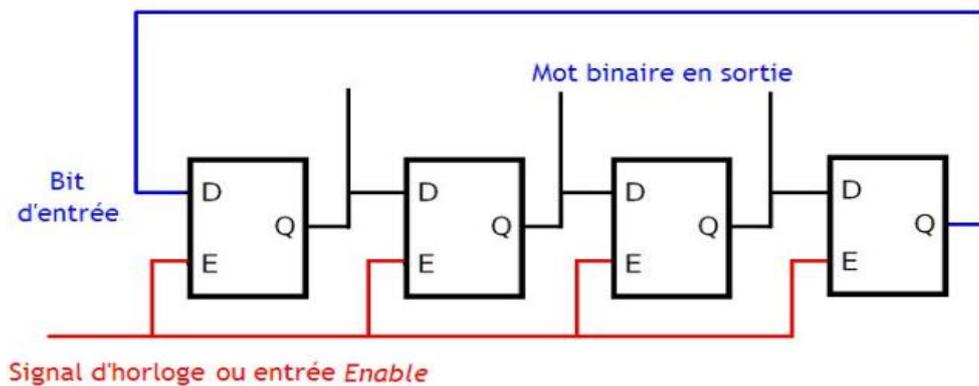


Figure 2.41 : Compteur en anneau de 4 bits.

2.11.2.7 Compteur de Johnson

Ce compteur possède une double limite supérieure par rapport à un compteur en anneau ; avant d'être renvoyé à l'entrée, le bit de sortie est inversé.

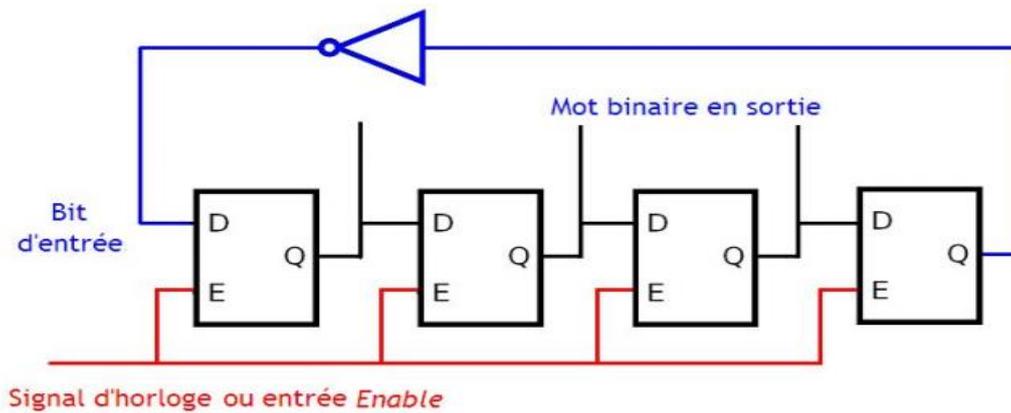


Figure 2.42 : Compteur de Johnson.

2.11.3 Circuit intégré CD4518 [15]

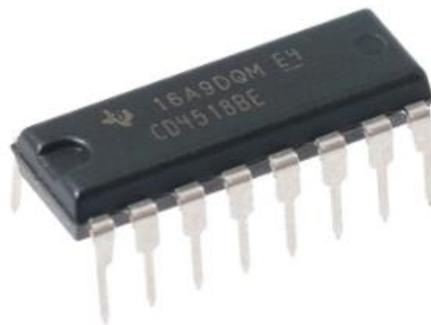


Figure 2.43 : Circuit intégré CD4518.

Le CD 4518 compte de la série des circuits intégrés 4000 qui utilise la technologie CMOS. Il se compose de deux compteurs binaires à 4 étages identiques et synchrones en interne. Les étages de comptage sont des bascules de type D qui ont des lignes ENABLE et CLOCK modifiables pour incrémenter sur la transition positive ou négative. Pour le fonctionnement d'une seule unité, l'entrée ENABLE est maintenue à l'état haut et le compteur avance dans chaque transmission positive de l'HORLOGE. Les compteurs sont effacés par des niveaux élevés sur leurs lignes RESET. Le compteur peut être mis en cascade en mode ondulation, en connectant Q4 à l'entrée d'activation du compteur suivant, pendant que l'entrée CLOCK de ce dernier est maintenue au niveau bas.

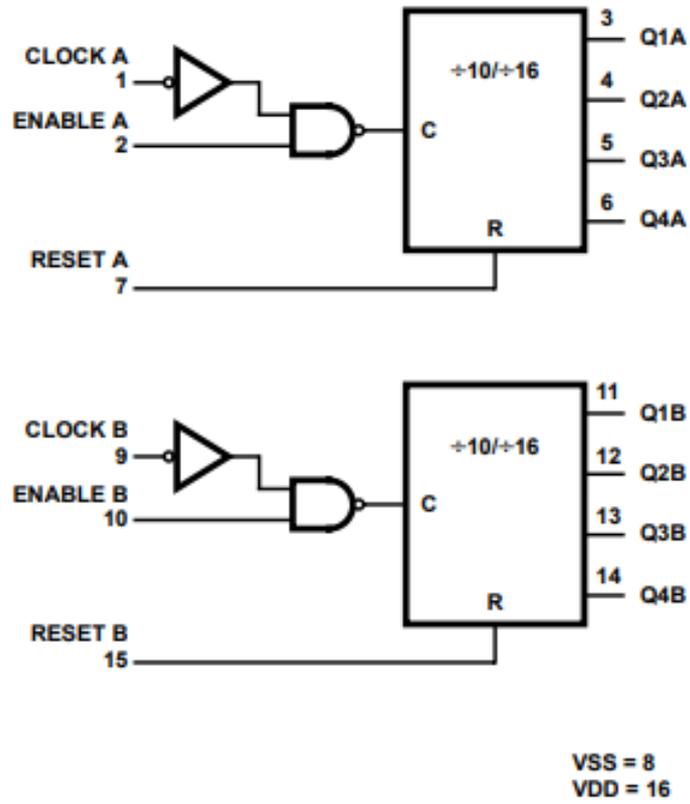


Figure 2.44 : Diagramme fonctionnel du CI4518.

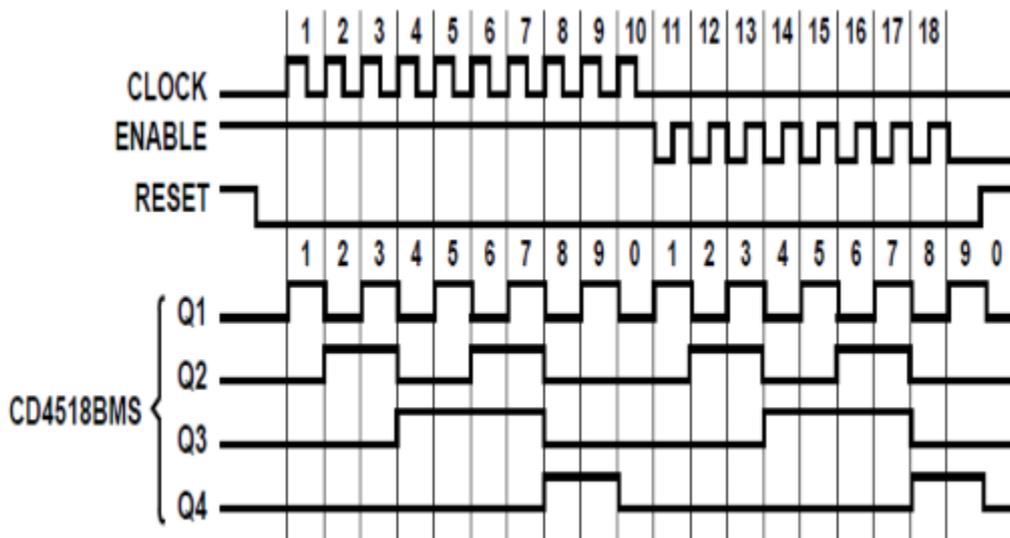


Figure 2.45 : Chronogramme du CI4518.

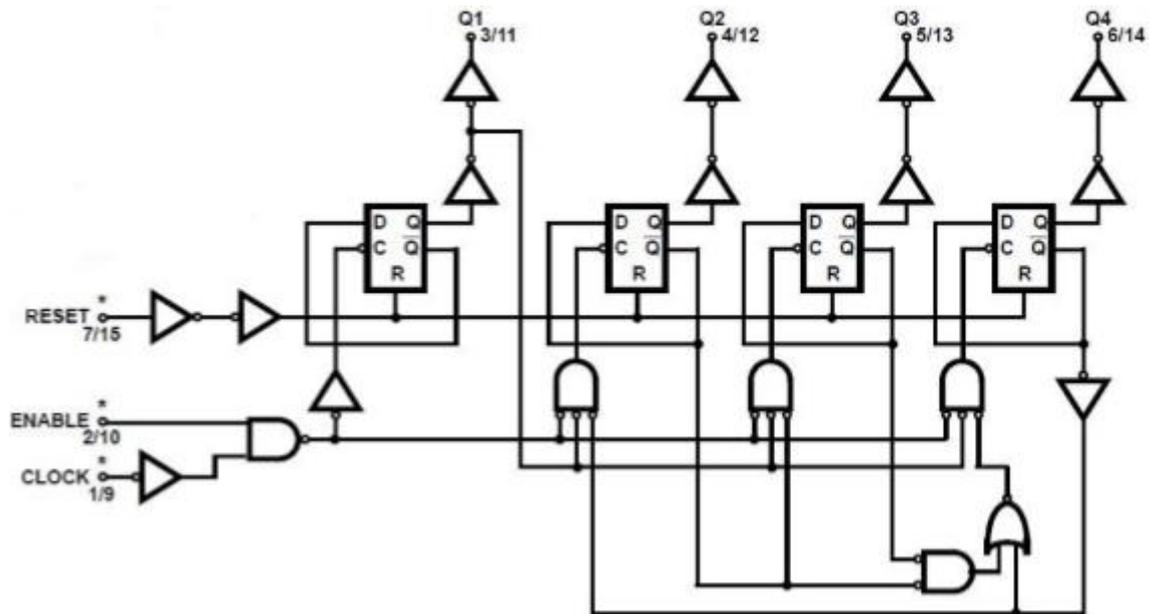


Figure 2.46 : Circuit interne du CD4518.

2.12 Décodeur

Généralement un mot binaire à ‘n’ bits peut représenter 2^n combinaisons différentes, donc 2^n éléments bien définis d’informations. Si on considère les ‘n’ bits comme entrées d’adresse d’un multipôle combinatoire, le choix d’une combinaison quelconque parmi les 2^n possibles détermine le choix d’une seule sortie.

La sortie ‘i’ sera choisie dans le cas où l’équivalent décimal de l’adresse présentée en entrée est ‘i’. Les circuits logiques (multipôles combinatoires) qui réalisent cette fonction s’appellent décodeurs.

Le décodeur délivre, pour chaque valeur du code d’entrée, une seule sortie à l’état inverse de celui de toutes les autres.

Un code BCD (Code Binaire Décimal) est un code à 4 bits dont 10 combinaisons sur les 16 possibles sont employées pour désigner les 10 nombres décimaux de 0 à 9. Un décodeur BCD est donc un décodeur qui a 4 entrées plus une entrée de validation en général, et 10 sorties dont une d’entre elles étant seule validée. Les autres sorties sont dans l’état inverse et ces 10 combinaisons sont naturellement reliées à la valeur numérique BCD appliquée à l’entrée.

Dans notre montage nous utilisons un décodeur BCD CD4511, il permet de créer un affichage numérique puisqu’il peut être branché directement à un afficheur sept segments.

2.12.1 CD4511

Le CD 4511 est un circuit intégré ayant 16 pattes en DIL, avec lequel on peut contrôler un afficheur à 7 segments. Le CI contient 4 entrées (binaires) et 7 sorties pour les 7 LEDS de l'afficheur (a, b, c, d, e, f, g). Le CD4511 est appelé BCD-to-7 segments soit, décodeur BCD veut dire Décimal codé binaire.

2.12.2 Brochage du CD4511

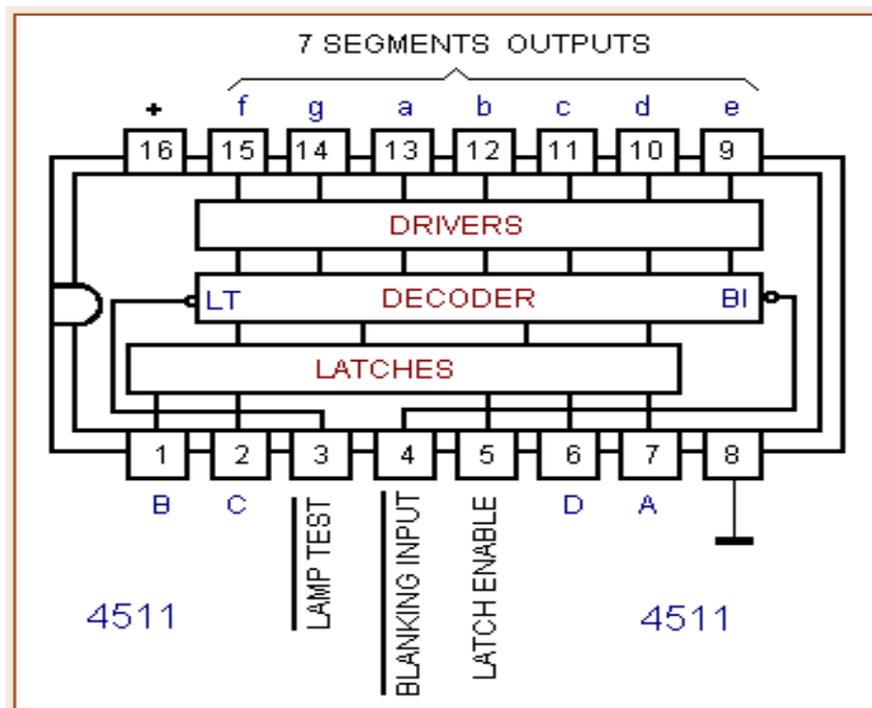


Figure 2.47 : Brochage du CD4511 [16].

Broche N°		Fonction
1	B	Entrée
2	C	Entrée
3	Lamp test	Allumage de tous les segments, ce qui permettra de tester le bon fonctionnement des 7 segments de l'afficheur
4	Blanking input	Pour éteindre l'afficheur
5	Latch enable	C'est pour mémoriser la valeur affichée
6	D	Entrée
7	A	Entrée
8		Masse
9	E	Sortie vers l'afficheur sept segments
10	D	Sortie vers l'afficheur sept segments
11	C	Sortie vers l'afficheur sept segments
12	B	Sortie vers l'afficheur sept segments
13	A	Sortie vers l'afficheur sept segments
14	G	Sortie vers l'afficheur sept segments
15	F	Sortie vers l'afficheur sept segments
16		V+

Table 2.12 : Brochage du CD4511.

2.12.3 Schéma interne du CD 4511

La figure 2.38 représente le schéma logique du CD 4511 qui est composé des portes NAND à 2, 3 et 4 entrées, une porte OR et des inverseurs.

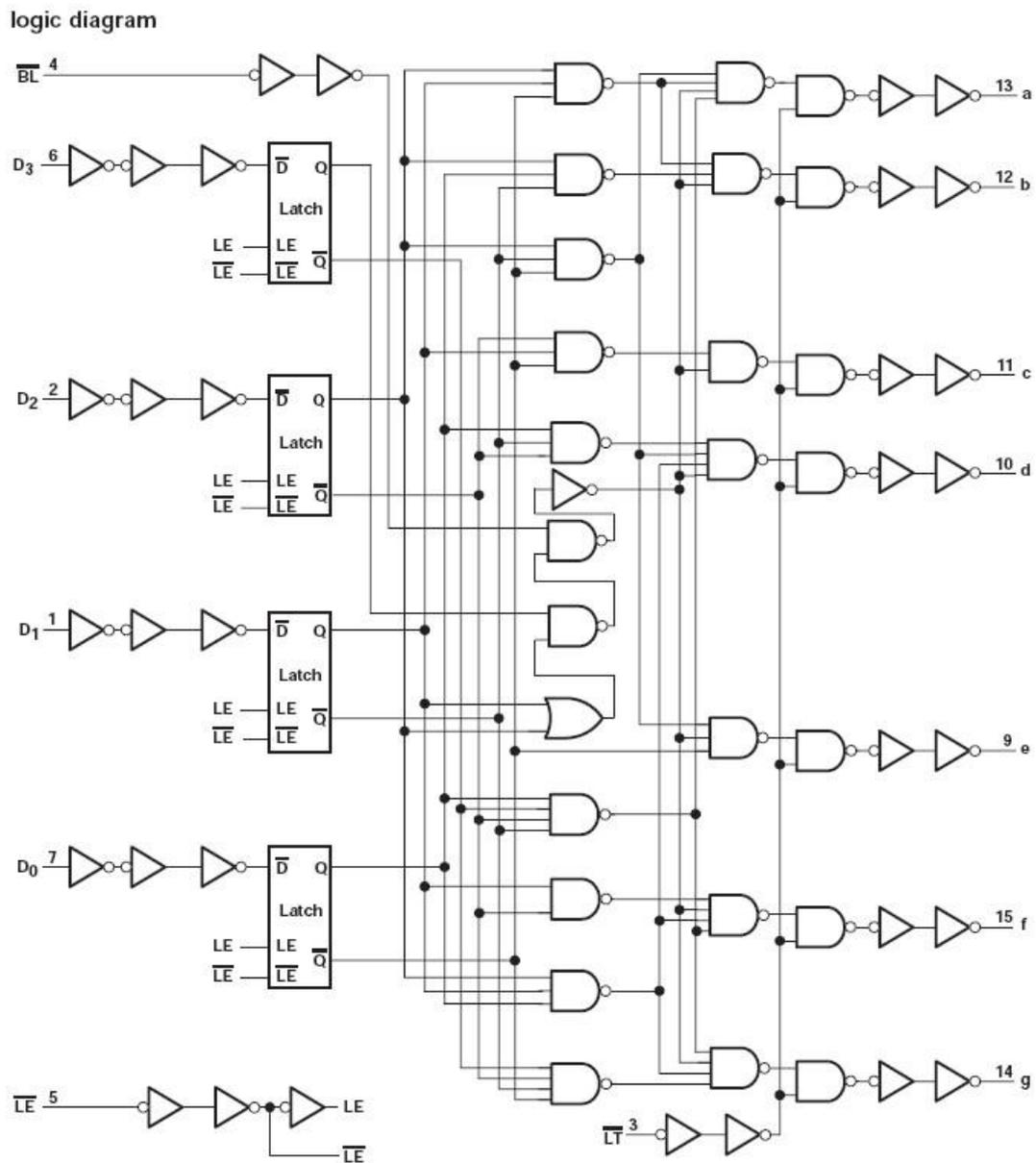


Figure 2.48 : Schéma interne du CD 4511 [17].

2.12.4 Fonctionnement

Pour avoir un fonctionnement normal il est nécessaire de régler les entrées LT et BL à un état haut, puis d'appliquer la logique BCD aux quatre entrées A, B, C et D.

Entrées							Sorties							Affichage
LE	B1	L1	D	C	B	A	a	b	c	d	e	f	g	
X	X	0	X	X	X	X	1	1	1	1	1	1	1	8
X	0	1	X	X	X	X	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
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	Eteint
0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	Eteint
1	1	1	X	X	X	X				*				*

Table 2.13 : Fonctionnement général [18].

2.13 Afficheur 7 segments

L'afficheur 7 segments est composé de 7 petites diodes LED qui s'allument lorsque le courant passe. Ces LED présentent des sources de lumière ponctuelles. Une matière plastique est fixée sur chacune d'eux, et son rôle est de diffuser la lumière générée sous la forme d'une ligne.

Ces diodes et leurs distributeurs sont agencés pour obtenir 8. L'afficheur comprend également une huitième diode qui s'allume en 'décimal' de droite ou de gauche du nombre lorsqu'un courant la traverse.

Ce type d'affichage se réalise en supposant qu'il a été désactivé au début et que certains éléments de la commande sont activés, ou (plus économique) en supposant qu'ils ont été activés et désactivés au cours de la commande.



Figure 2.49 : Un afficheur 7 segments.

Généralement, un afficheur à 7 segments est programmé sur 4 bits grâce à 4 entrées correspondant à la table de vérité qui suit :

Affichage	Entrée 1	Entrée 2	Entrée 3	Entrée 4
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
A	1	0	1	0
B	1	0	1	1
C	1	1	0	0
D	1	1	0	1
E	1	1	1	0
F	1	1	1	1

Table 2.14 : Table de vérité d'un afficheur 7 segment à 4 entrées [19].

Pour un afficheur 7 segments commandé par 8 bits, la table de vérité accorde (segment G correspondant au bit 7, et A au bit 1) :

Affichage	Bit 8	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Hexadécimal
0	0	0	1	1	1	1	1	1	0x3F
1	0	0	0	0	0	1	1	0	0x06
2	0	1	0	1	1	0	1	1	0x5B
3	0	1	0	0	1	1	1	1	0x4F
4	0	1	1	0	0	1	1	0	0x66
5	0	1	1	0	1	1	0	1	0x6D
6	0	1	1	1	1	1	0	1	0x7D
7	0	0	0	0	0	1	1	1	0x07
8	0	1	1	1	1	1	1	1	0x7F
9	0	1	1	0	1	1	1	1	0x6F
A	0	1	1	1	0	1	1	1	0x77
B	0	1	1	1	1	1	0	0	0x7C
C	0	0	1	1	1	0	0	1	0x39
D	0	1	0	1	1	1	1	0	0x5E
E	0	1	1	1	1	0	0	1	0x79
F	0	1	1	1	0	0	0	1	0x71

Table 2.15 : Table de vérité à 8 bits [13].

2.13.1 Schéma interne des afficheurs sept segments anode commune et cathode commune

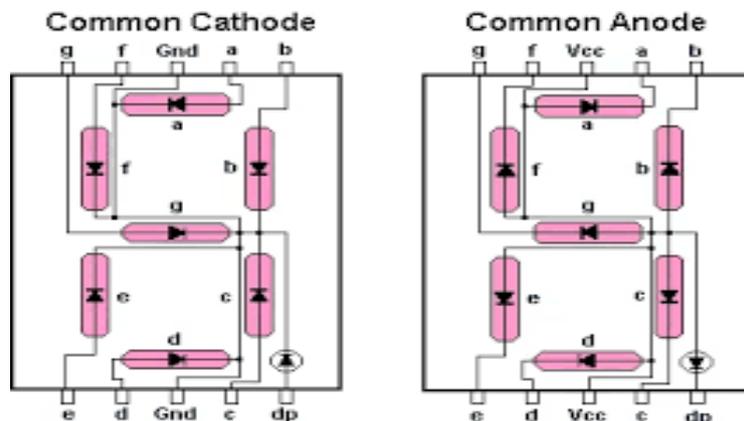


Figure 2.50 : Schéma interne des afficheurs 7 segments anode commune et cathode commune.

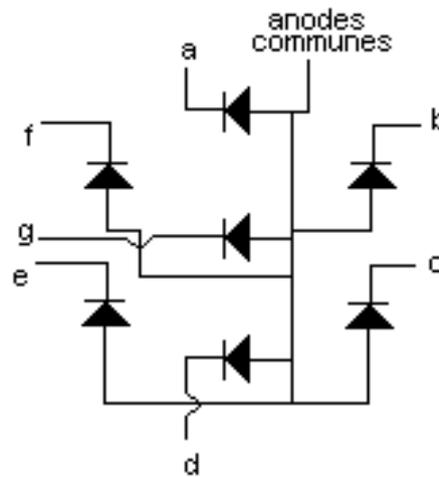


Figure 2.51 : Schéma électrique interne d'un afficheur 7 segments à anode commune.

Les interrupteurs a, b, c, d, e, f, g représentent les signaux qui pilote chaque segment. Toutes les LED ont une broche commune. En fonction que cette broche soit la cathode ou l'anode, on parlera d'afficheur à anode commune ou cathode commune ou. Dans l'absolu, elles fonctionnent d'une manière identique, seule la méthode de leur connexion diffère (actif sur état bas ou sur état haut).

2.13.2 Anode commune ou cathode commune

Pour un afficheur cathode commune, toutes les cathodes sont connectées les unes aux autres en un point connecté à la même masse. Puis, l'anode de chaque segment est connectée à une broche du signal. Pour lire chaque segment, le signal doit être à tension positive. En fait, si le signal est à 0 alors les LED ne s'allument pas puisqu'il n'y a pas de différence de potentiel entre ces deux broches. Si nous sommes dans le cas d'une anode commune, les anodes de toutes les LED sont connectées les unes aux autres en un point qui sera relié à l'alimentation. Les cathodes seront connectées une par une avec les broches du signal.

2.13.3 Choix de l'afficheur

Dans le cas des afficheurs à sept segments ; pour réduire le nombre de broches à connecter, les anodes ou cathodes sont reliées entre elles à l'intérieur de l'écran. Il y a donc toujours une broche commune, 8 broches de segment distinctes et un point décimal. Il existe deux types d'afficheurs : une version « à anode commune », toutes les anodes sont connectées les unes aux autres) et une version « à cathode commune », toutes les cathodes connectées les unes aux autres).

Dans un cas d'une cathode commune il est nécessaire de connecter la broche commune à la masse, dans l'autre à l'alimentation (anode commune). La logique de contrôle est également inversée.

Dans un cas, nous devons connecter l'alimentation à la borne de la pièce que nous souhaitons éclairer dans l'autre cas, nous devons connecter la masse à la borne de la pièce que nous souhaitons éclairer.

2.13.4 Présentation du boîtier

Les afficheurs 7 à segments sont présentés dans un boîtier DIP 10. Le format DIP contrôle l'espacement entre les différentes broches du circuit intégré, ainsi que d'autres contraintes (présence d'échangeur thermique etc...). Le chiffre 10 veut dire qu'il contient 10 broches (5 de part et d'autre du boîtier).

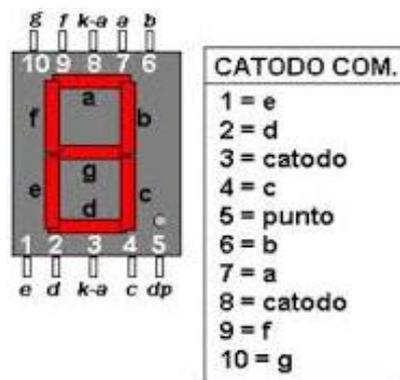


Figure 2.52 : Brochage d'afficheur 7 segments à cathode commune.

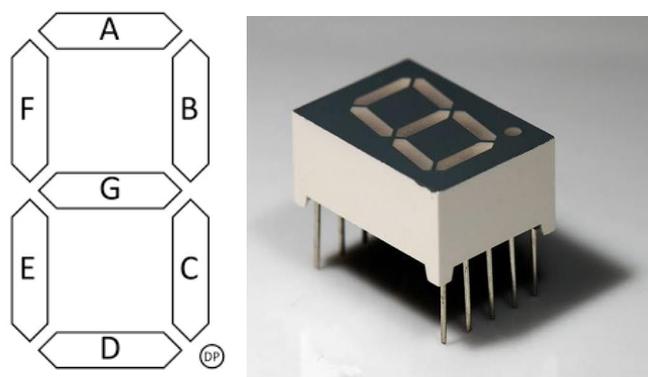


Figure 2.53 : Présentation du boîtier (afficheur 7 segments).

Broche	Signification
1	LED cathode E.
2	LED cathode D.
3	Anode commune des LED.
4	LED de la cathode C.
5	(facultatif) le point décimal.
6	LED cathode B.
7	LED cathode A.
8	Anode commune des LED.
9	LED cathode F.
10	LED cathode G.

Table 2.16 : Brochage d'un afficheur 7 segments.

N.B. Pour qu'un segment s'allume, il faut le relier à la masse.

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une présentation des différents composants constituant notre compteur de passages par laser, ce qui nous facilite l'analyse de ce montage qui sera présentée dans le troisième chapitre.

Chapitre III

3.1 Introduction

Nous consacrons ce chapitre au fonctionnement détaillé du montage et aux différentes étapes de la construction et l'assemblage de notre circuit.

Pour cela notre travail est divisé en deux parties : la première partie est consacrée à la simulation de notre circuit sous l'environnement ISIS-PROTEUS afin de vérifier son fonctionnement et la réalisation de son typon sous l'environnement ARES-PROTEUS.

Dans la deuxième partie nous allons faire un premier test de notre montage sur une plaque d'essai afin d'entamer l'implantation et la soudure du circuit pour obtenir notre produit final que nous pourrons le tester pratiquement.

3.2 Circuit électrique du montage

Le circuit électrique du montage est présenté par la figure 3.1.

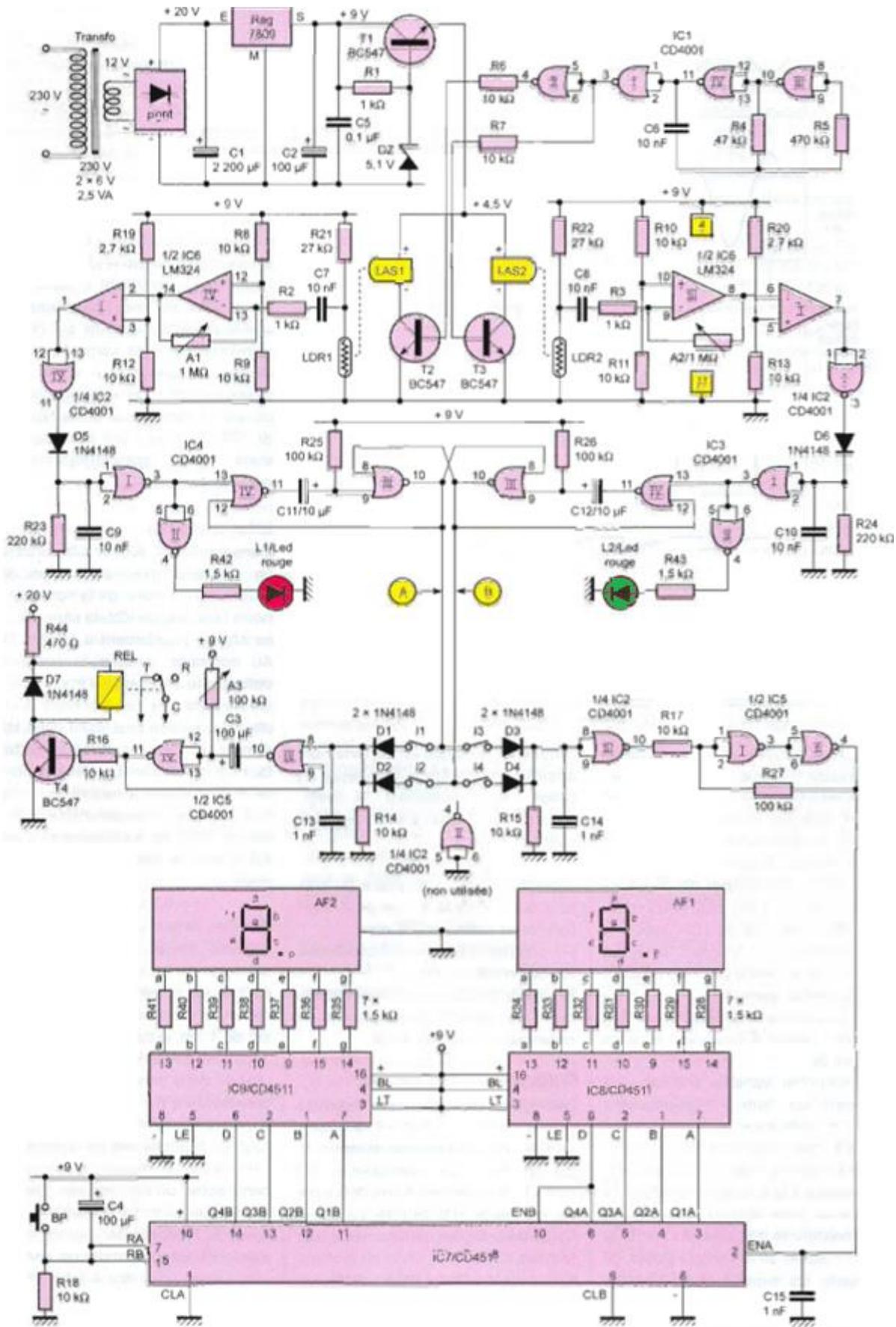


Figure 3.1 : Circuit électrique du compteur de passages par laser.[6]

Nomenclature

Résistances :

R1, R2, R3 : 1 k Ω (marron, noir, rouge)	R25, R26, R27 : 100 k Ω (marron, noir, jaune)
R4 : 47 k Ω (jaune, violet, orange)	R28 à R43 : 1.5 k Ω (marron, vert, rouge)
R5 : 470 k Ω (jaune, violet, jaune)	R44 : 470 Ω (jaune, violet, marron)
R6 à R18 : 10 k Ω (marron, noir, orange)	LDR1, LDR2 : photorésistance 7 mm
R19, R20 : 2.7 k Ω (rouge, violet, rouge)	A1, A2 : ajustables 1 M Ω
R21, R22 : 27 k Ω (rouge, violet, orange)	A3 : ajustable 100 k Ω
R23, R24 : 220 k Ω (rouge, rouge, jaune)	

Semi-conducteurs :

D1 à D7 : 1N 4148	REG : régulateur 9 V (7809)
DZ : diode Zener 5.1 V / 0.4 W	T1 à T4 : BC547
L1, L2 : LED rouges 3 mm	IC1 à IC5 : CD 4001
AF1, AF2 : afficheurs 7 segments à cathode commune (TDSR 5160 G)	IC6 : LM 324
Pont de diodes	IC7 : CD 4518
	IC8, IC9 : CD 4511

Condensateurs :

C1 : 2200 μ F / 25 V	C6 à C10 : 10 nF
C2, C3, C4 : 100 μ F / 16V	C11, C12 : 10 μ F / 16 V
C5 : 0.1 μ F	C13, C14, C15 : 1 nF

Divers :

Relais 12 V / 2 RT Finder (3022)	LAS1, LAS2 : pointeurs laser
6 supports 14 broches	L1/L2, L2/L3 : groupements de deux interrupteurs DIL
4 supports 16 broches	
2 barrettes de 10 broches	BP : bouton-poussoir miniature affecté à la polarité positive.
Transformateur 230 V / 2 \times 6 V / 2.5 VA	

3.3 Fonctionnement détaillé du montage

3.3.1 Alimentation

La tension délivrée par le secteur est abaissée par le transformateur qui nous donne une tension de 12 V.

Le pont de diodes qui le suit consiste à redresser en double alternance cette dernière tension. En sortie, cette tension n'est pas vraiment continue ; un premier filtrage est donc assuré par le condensateur C1. A la sortie du régulateur 7809, on a une tension parfaitement continue de 9 V qui alimente ensuite la partie logique du montage. Un deuxième condensateur C2 assure un filtrage complémentaire ; cependant le condensateur C5 a pour fonction de découplage entre l'alimentation et la suite du circuit.

La résistance R1 est utilisée dans le but de limiter le courant à quelques milliampères tandis que la diode Zener (DZ) assure une régulation de potentiel de 5,1 V qui va être maintenu à la base du transistor T1 (NPN) monté en collecteur commun et fonctionnant en « suiveur de potentiel ». Tenant compte de la tension de jonction de 0,6 V entre la base et l'émetteur du transistor, on obtient un potentiel de 4,5 V sur son émetteur qui va être destiné à l'alimentation des pointeurs « laser ».

3.3.2 Alimentation des pointeurs laser

Le circuit intégré référencé IC1 génère un signal carré à la sortie des portes NOR (III) et (IV) qui sont montées en oscillateur astable dont la période est de 1 ms correspondant à une fréquence de 1 kHz et définie par la relation : $T = 2,2 \times R4 \times C6$.

La sortie des portes NOR (I) et (II) effectuent deux inversions successives dans lesquels les créneaux sont opposés en phase ; et par le biais des résistances de limitation de courant R6 et R7, les fronts montants provoquent la saturation alternative des transistors T2 et T3.

Par ailleurs les pointeurs laser LAS1 et LAS2 fonctionnent en régime impulsionnel avec une période de 1 ms vu qu'ils sont alimentés alternativement par un potentiel de 4,5 V délivré par l'émetteur de T1 ; ces lasers sont comportés par les circuits des collecteurs de T2 et T3.

Le régime impulsionnel est plus fiable pour recevoir des signaux lumineux afin d'éliminer les dysfonctionnements à la différence de lumière ambiante.

3.3.3 Amplification des signaux

Compte tenu de la similitude des deux chaînes existantes en présence de deux pointeurs de laser, on se contente d'étudier l'amplification du signal d'une seule chaîne, celle correspondant à la LDR1.

Prenons une mesure au point d'intersection de la LDR avec la résistance R21 dans un éclairage diurne, on relève un potentiel de quelques volts. Une fois cette LDR reçoit un rayonnement laser, on remarque un potentiel périodique de 1 ms et l'amplitude augmente de quelques millivolts (figure 3.2).

A travers R2 et C7, ce potentiel est instantanément transféré à l'entrée « inverseuse » de l'amplificateur opérationnel (IV) pendant que l'entrée « non inverseuse » est soumise à une tension de 4,5 V obtenue par le pont diviseur constitué de R8 et R9 et qui présente un potentiel de repos de l'amplificateur (IV) une fois le faisceau laser est rompu. En revanche on remarque à la sortie du même amplificateur les signaux fournis à l'entrée « inverseuse » néanmoins d'une phase inversée et d'amplitude amplifiée. Cette dernière est variable par l'ajustable A1 et sa valeur est calculée selon le coefficient d'amplification que l'on exprime par $K = A1/R2$ (figure 3.3).

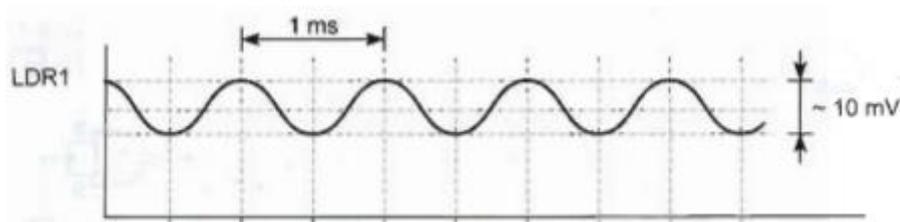


Figure 3.2 : Signal de sortie de la LDR1.

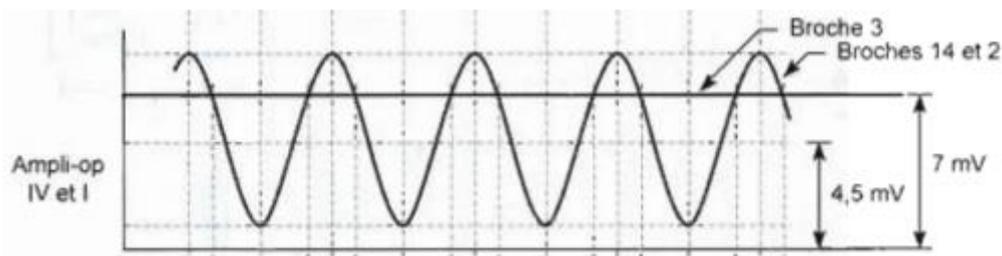


Figure 3.3 : Signal de sortie de l'AOP (IV).

3.3.4 Traitement des signaux

Un deuxième amplificateur opérationnel (I) reçoit sur son entrée « inverseuse » les signaux amplifiés précédemment, pendant que l'entrée « non inverseuse » est soumise à un potentiel fixe de 7 V ; dans notre cas cette amplitude est déterminée par la valeur de R12 et R19 suivant la relation :

$$U = 9V \times R12 / (R12+R19)$$

L'exposition de la LDR1 au rayonnement laser LAS1 implique la présence d'un potentiel supérieur à 7 V sur l'entrée « inverseuse » de l'amplificateur opérationnel (I) ; la sortie dans

ce cas est en état « bas », par conséquent la sortie de la porte NOR (IV) du IC2 est à l'état « haut » périodisé toujours de 1 ms.

Par contre, la rupture du faisceau laser issu du pointeur laser LAS1, et à chaque fois que le potentiel appliqué sur l'entrée « inverseuse » soit (4,5 V) est inférieur à celui appliqué à l'entrée « non inverseuse » 7 V, la sortie passe à l'état « haut » ; il en résulte la présence d'un état « bas » à la sortie de la porte NOR (IV) du IC2 (figure 3.4).

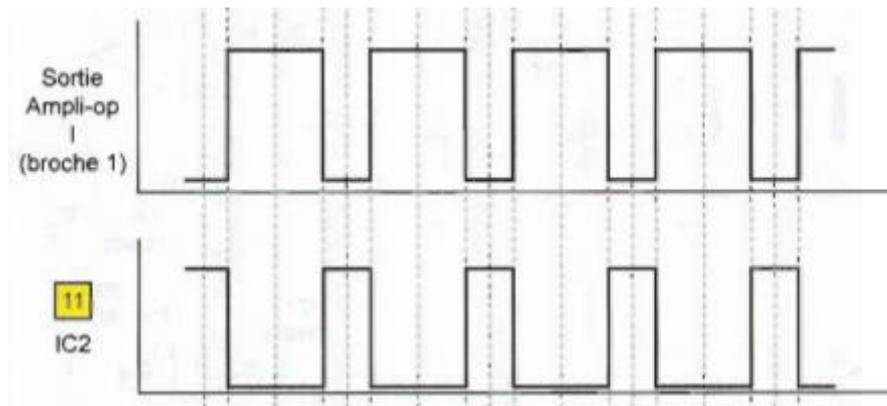


Figure 3.4 : Signal de sortie du IC2 (broche 11).

3.3.5 Intégration et signalisation

Les signaux traités précédemment passent par un mécanisme intégrateur établi de D5, R23 et C9. Par le biais de D5, la capacité C9 se charge rapidement lorsque la sortie de la porte NOR (IV) du IC2 est à l'état « haut ». En revanche l'état « bas » de ce dernier entretient une décharge plus lente dans R23 vu que sa résistance est plus importante ; on peut donc calculer la durée nécessaire pour avoir un potentiel d'armature positif et inférieur à la demi tension d'alimentation qui est de 4,5 V suivant la relation $t = 0,7 \times R23 \times C9$.

Dans le cas présent cette durée est de 1,5 ms. Sachant que la période de renouvellement des charges de C9 est de 1 ms et lors du potentiel de forme triangulaire caractérisé par des minima toujours supérieurs à 4,5 V qui correspondent au seuil de basculement de la porte NOR (I) du IC4 qui présentent à ses entrées réunies un état pseudo « haut », cependant la sortie est en état « bas ».

La sortie de la porte (II) du même circuit intégré libère un état « haut » provoquant l'activation de la LED de signalisation L1. D'autre part ; dès que le faisceau laser est rompu, la sortie de la porte NOR (I) du IC4 passe à l'état « haut ». Toutefois, la sortie de la porte (II) passe à l'état « bas » entraînant la désactivation de la LED L1 (figure 3.5).

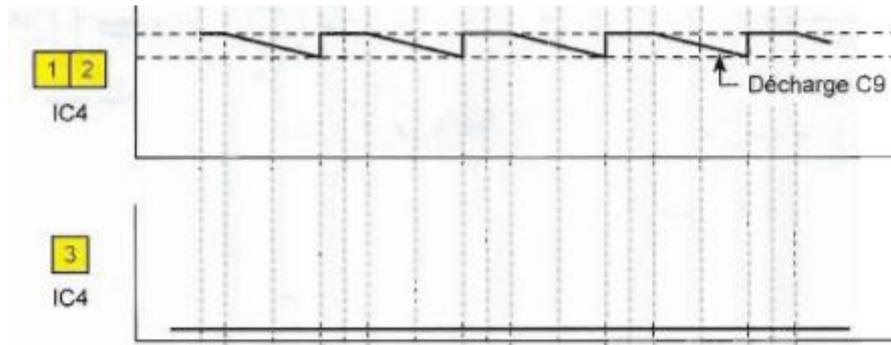


Figure 3.5 : Signal de sortie du IC4 (broche 1,2 et 3).

3.3.6 Discernement du sens de passage

Les portes NOR (III) et (IV) du IC4 constituent une bascule monostable ; prenant compte les fronts montants présentés sur la sortie de la porte NOR (I) du même circuit intégré lors de la rupture du faisceau laser issu du pointeur LAS1. Convenablement, on relève à la sortie de cette bascule un état « haut » caractérisé par une durée qui se détermine par la relation :

$$t = 0.7 \times R25 \times C11$$

Dans le cas présent, cette durée est d'environ 0,7 s. Cet état « haut » se manifeste notamment sur l'entrée (8) de la porte NOR(III) du IC3. Cette dernière fait partie d'une autre bascule monostable NOR (III) et (IV) du IC3 qui fonctionne sur le même principe si le faisceau « laser » provenant de LAS2 est rompu.

Puisque l'ensemble est strictement symétrique, la règle suivante apparaît :

Lorsqu'un mobile quelconque provoque la rupture des faisceaux dans le sens LAS1 vers LAS2, seule la bascule de la chaîne LDR1 est agitée et fournit un état « haut » pendant 0,7 s, cependant celle de la cellule LDR2 n'interagit pas avec le passage individuel, sa sortie donc reste à l'état « bas ».

Lorsque les faisceaux sont rompus le sens LAS2 vers LAS1, la bascule susmentionnée de la chaîne LDR2 présente un état « haut » d'une durée de 0,7 s.

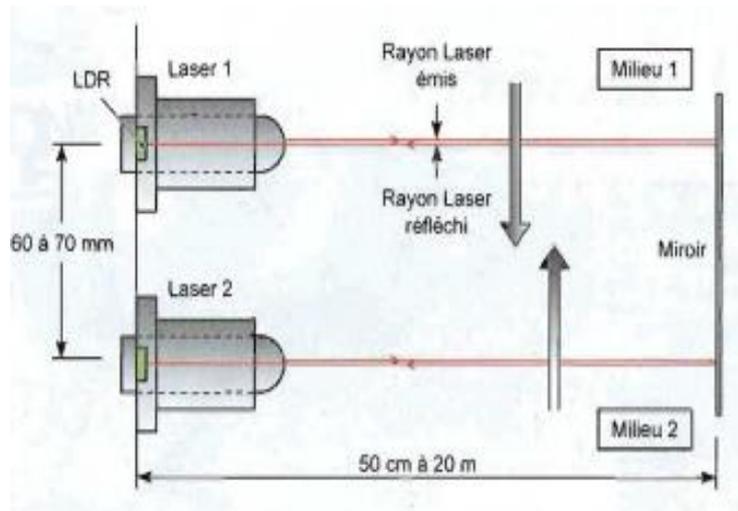


Figure 3.6 : Détection du sens de passage.

3.3.7 Etablissement d'un contact temporisé

Sous réserve de la règle ci-dessus et pour tout passage dans le sens LAS1/LAS2 ; un état « haut » de 0,7 s résulte au niveau des cathodes communes des diodes D1 et D2, lors de la fermeture de l'interrupteur L1. Le sens inverse est pris en considération si on ferme l'interrupteur L2. Finalement, le système affirme la réception des deux sens de franchissement des faisceaux « laser » lors de la fermeture simultanée des deux interrupteurs.

Les portes NOR (III) et (IV) du IC5 constituent une bascule monostable commandée à l'entrée par l'état « haut » mentionné ci-dessus. Pour chaque demande, cette bascule fournit à sa sortie un état « haut » d'une durée réglable qui peut aller jusqu'à 7 s, suivant la position angulaire du curseur de l'ajustable A3. Cependant le transistor T4 se sature, admettant sur son circuit collecteur la bobine d'un relais d'utilisation. Lors de la fermeture de ce dernier la connexion temporaire qui s'établit peut servir à diverses utilisations extérieures du montage.

T4 est protégé par la diode des effets associés à la surtension de self manifestant au cours des ouvertures. Concernant le potentiel de fonctionnement du relais qui est de 12 V et vu que sa bobine est alimentée, il est donc indispensable de placer une résistance R44 avec son alimentation afin d'obtenir une chute de tension de 8 V. Le relais exploité se distingue par une résistance de bobine de 720 Ω , la valeur approuvée de R44 est donc de 470 Ω . Cette valeur est définie par la relation : $R44 = 2r/3$; sachant que « r » est la résistance de la bobine du relais.

3.3.8 Comptage des passages

Partant des cas précédemment décrits, les mêmes conditions sont obtenues lors de la fermeture des interrupteurs L3 et L4, séparément ou simultanément. Pour chaque état « haut »

d'une durée de 0,7 s au niveau des cathodes communes des diodes D3 et D4, un état « bas » d'une même durée existe à la sortie de la porte NOR (III) du IC2. Toutefois ; ce dernier état est pris en compte par les portes NOR(I) et (II) du IC5 qui constituent un trigger de Schmitt qui consiste à son tour de donner un aspect davantage vertical aux fronts montants et descendants grâce à la réaction positive apportée par R27, au cours des basculements.

Le circuit intégré IC7 qui est un CD4518 qui possède deux compteurs BCD.

Le compteur (A) vise à compter les unités tout en faisant progresser au rythme des fronts négatifs des signaux de comptage fournis sur son entrée « Enable A » puisque l'entrée « Clock A » est connectée toujours à un état « bas ».

La sortie « Q4 » est connectée à l'entrée « Enable B » du compteur (B) qui fonctionne comme un compteur des dizaines. Quand le compteur (A) occupe la position 9(0b1001), il en résulte pour la position suivante zéro 0(0b0000) une transition négative sur « Q4 » ce qui permet au compteur (B) d'avancer d'un pas.

Un bref état « haut » apparaît au niveau des entrées « Reset » des deux compteurs, conduisant leur remise à zéro. Sachant que cet état est affecté par le chargement de la capacité C4 par le biais de la résistance de R18 en cours d'activation du montage. Notons qu'on peut délibérément réinitialiser le comptage en appuyant sur le bouton poussoir BP.

Le décodage des indices binaires des deux compteurs se fait par les circuits IC8 et IC9 du CD4511 qui à son tour fournit sur les sorties, des niveaux logiques favorables à l'alimentation des deux afficheurs 7 segments à cathodes communes dont le courant est limité par les résistances R26 et R41.

3.3.9 Réglage directionnel des faisceaux

Le fonctionnement exceptionnel du faisceau laser est la base de notre application pour ce qu'il distingue de précision, focalisation, absence de réfraction et sa visibilité qui facilite les réglages.

On doit avoir la possibilité de faire un léger changement d'inclinaison du faisceau laser par rapport à la perpendiculaire à l'unité, dans le but d'orienter le faisceau réfléchi sur le centre de la cellule LDR correspondante.

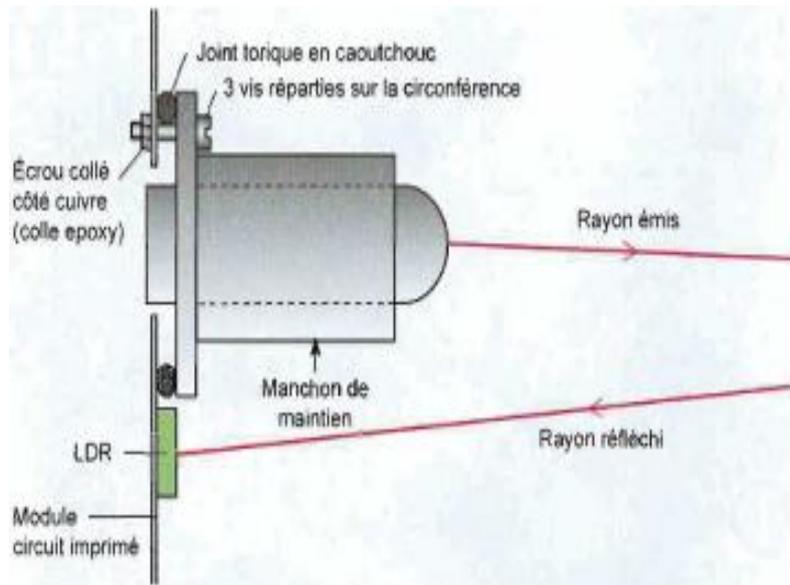
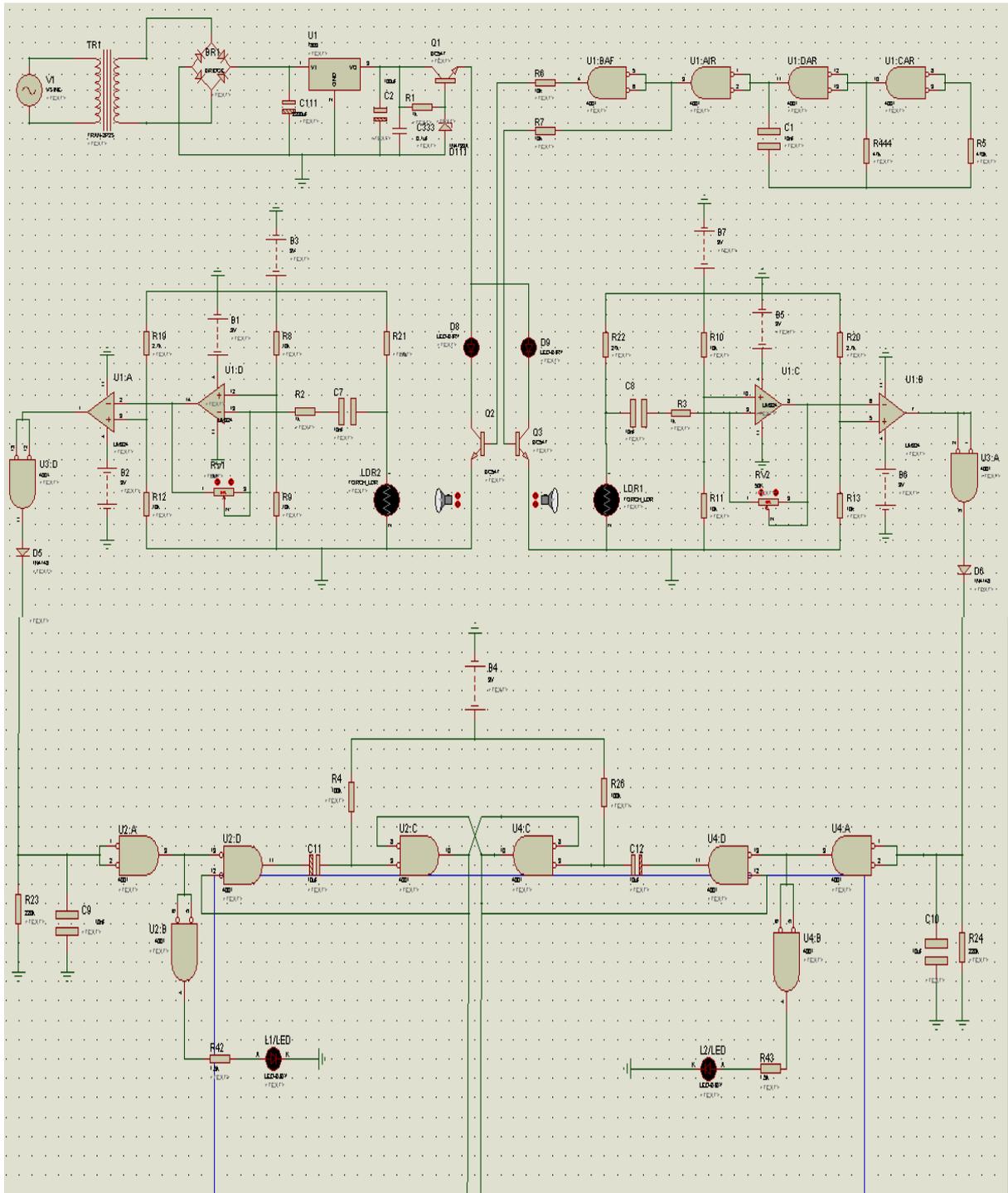


Figure 3.7 : Principe de réglage directionnel du rayon laser.

3.4 Simulation du circuit sous ISIS-PROTEUS

Nous allons maintenant réaliser la simulation de notre circuit sous l'environnement ISIS-PROTEUS représenté dans la figure suivante :



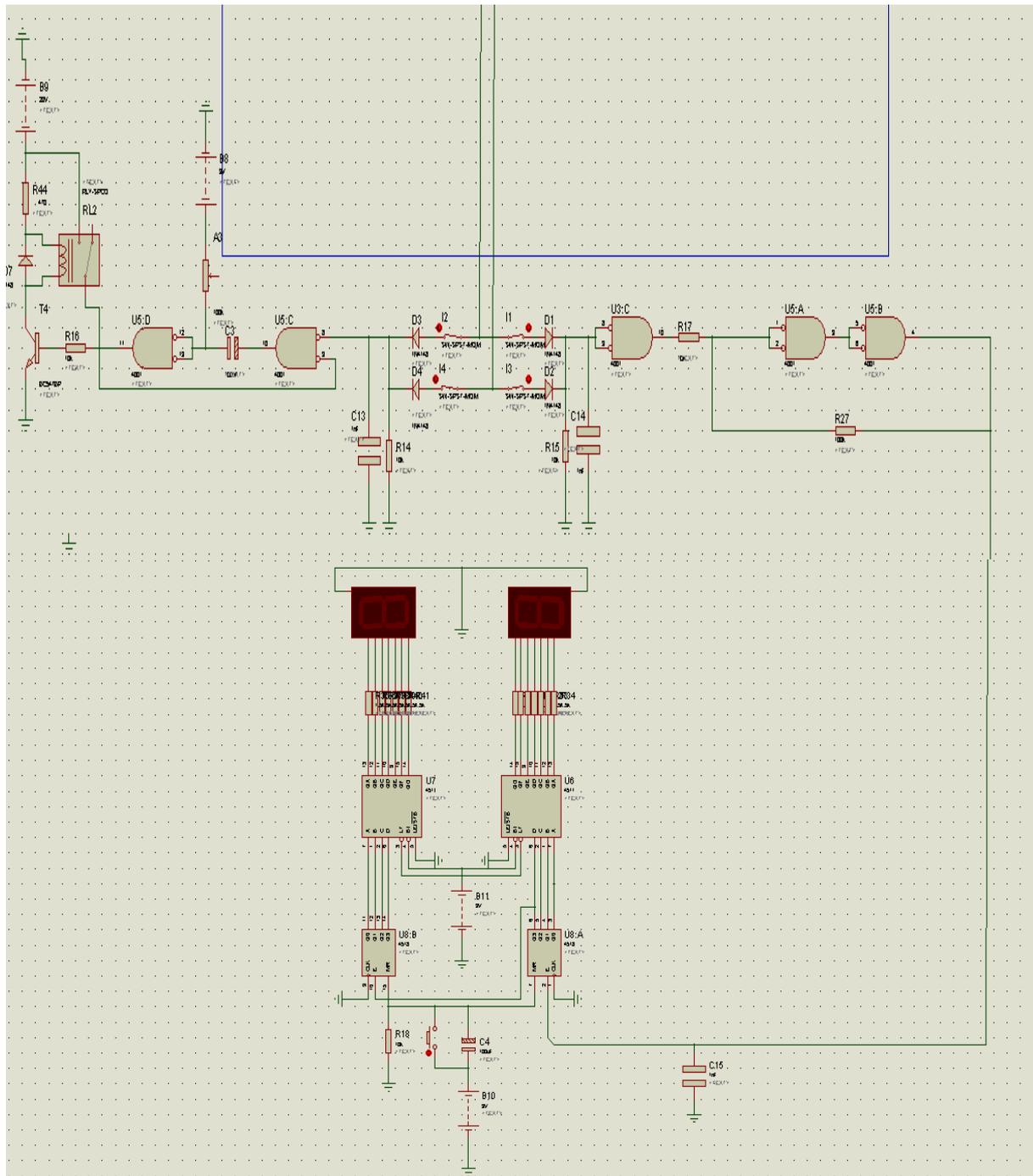


Figure 3.8 : Simulation du circuit sous ISIS-PROTEUS.

3.4.1 Résultats de la simulation

Les figures suivantes présentent les signaux obtenus lors de la simulation sous l'environnement ISIS-PROTEUS.

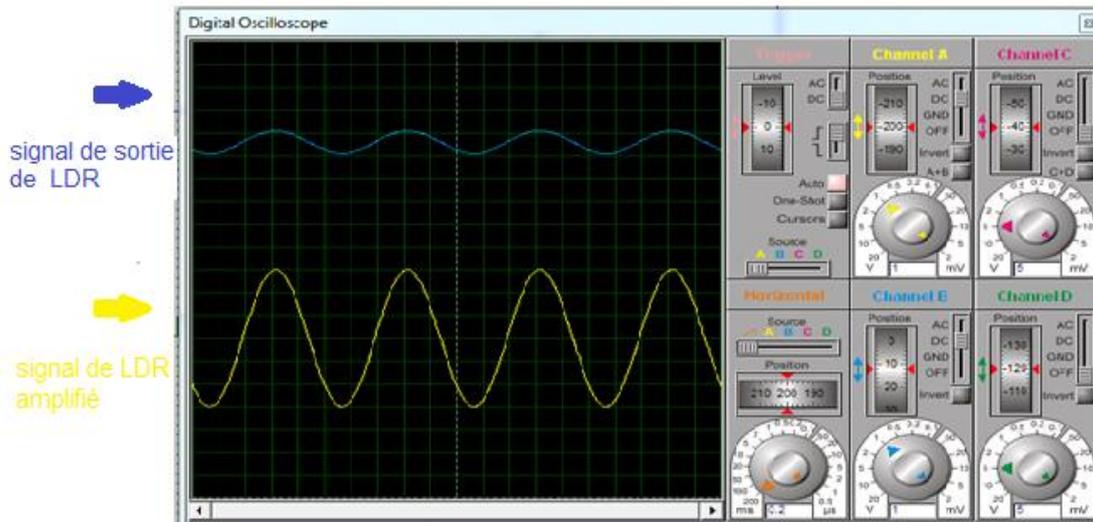


Figure 3.9 : Signal au niveau de la LDR (bleu), et amplifié par IC6 (jaune).

- Le signal en bleu correspond à celui délivré par la cellule LDR lorsqu'elle reçoit le faisceau Laser ; ce signal périodique est d'environ 1 V avec une période de 1,5 ms (environ 667 Hz).
- Ce signal est amplifié par l'ampli-op (IV) du circuit intégré (IC6). Au niveau de ses broches 2 et 14 ; on obtient un signal amplifié de phase opposée et d'amplitude 6 V crête-à-crête (le signal en jaune).

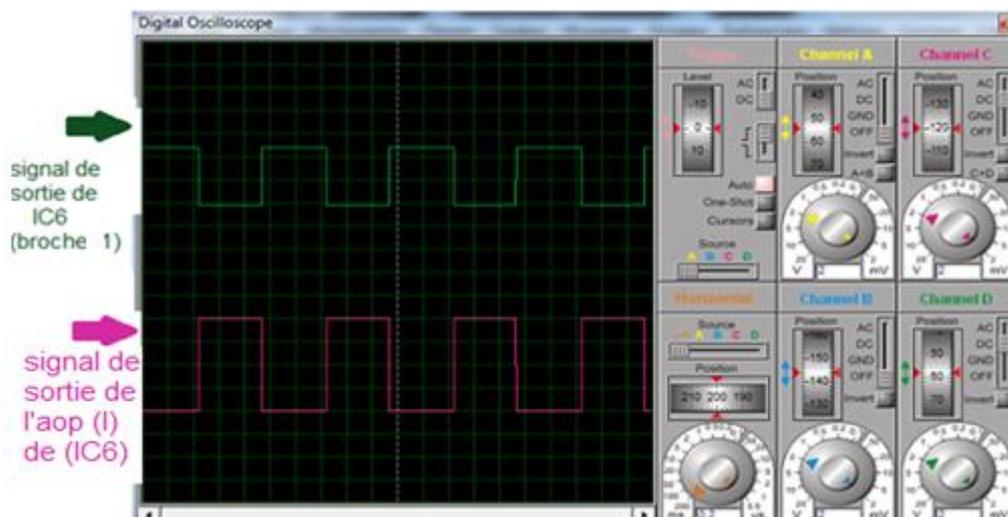


Figure 3.10 : Signaux de sortie des circuits intégrés (IC6) et (IC2).

- Le signal affiché en vert correspond au signal rectangulaire de sortie délivré par la porte NOR (IV) du circuit intégré (IC6). Son amplitude est variable suivant le

coefficient d'amplification du curseur A1 : dans ce cas, ce coefficient est de l'ordre de 500 ce qui a permis d'obtenir un signal carré de fréquence 1345 Hz.

- Le signal en rose est le signal de sortie de l'AOP (I) du (IC6) ; on a une amplification en amplitude ainsi qu'une opposition de phase pour le signal rectangulaire (vert) précédent. On a alors un signal carré d'amplitude 8 V.

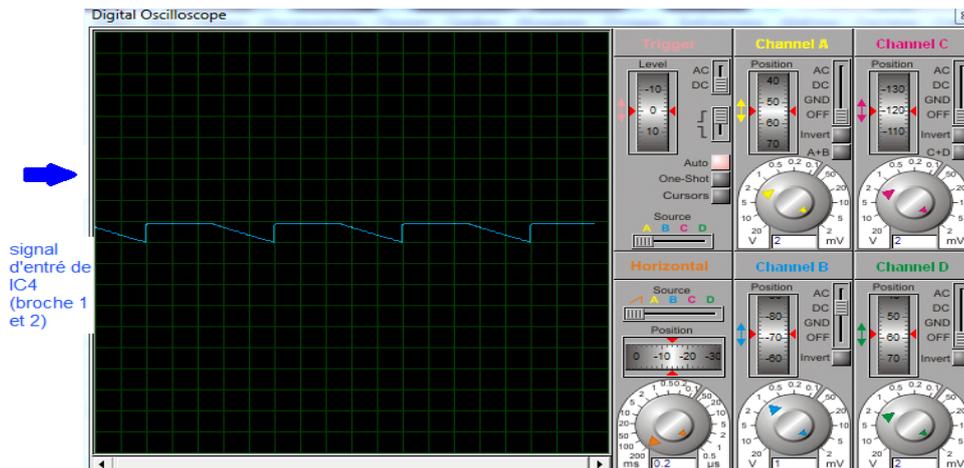


Figure 3.11 : Signal d'entrée du circuit intégré IC4.

- Le signal qui figure en bleu représente le signal délivré par le circuit intégrateur au niveau de l'entrée du (IC4), sur les broches 1 et 2, lors des états « bas » présents sur la broche 11 du (IC2). La période est d'environ 2,1 ms.

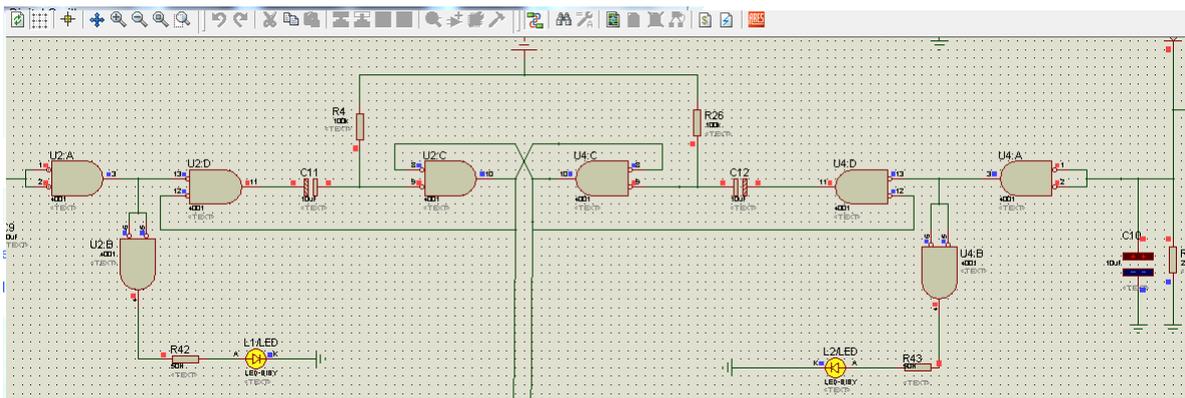


Figure 3.12 : Allumage des LED lors des états « bas » issus des portes NOR(II) de (IC4 et IC3).

- En présence du rayonnement laser ; on obtient un état « bas » à la sortie de la porte NOR(I) du (IC4) ; cependant celle de la porte (II) passe à l'état « bas » provoquant l'allumage des LED.

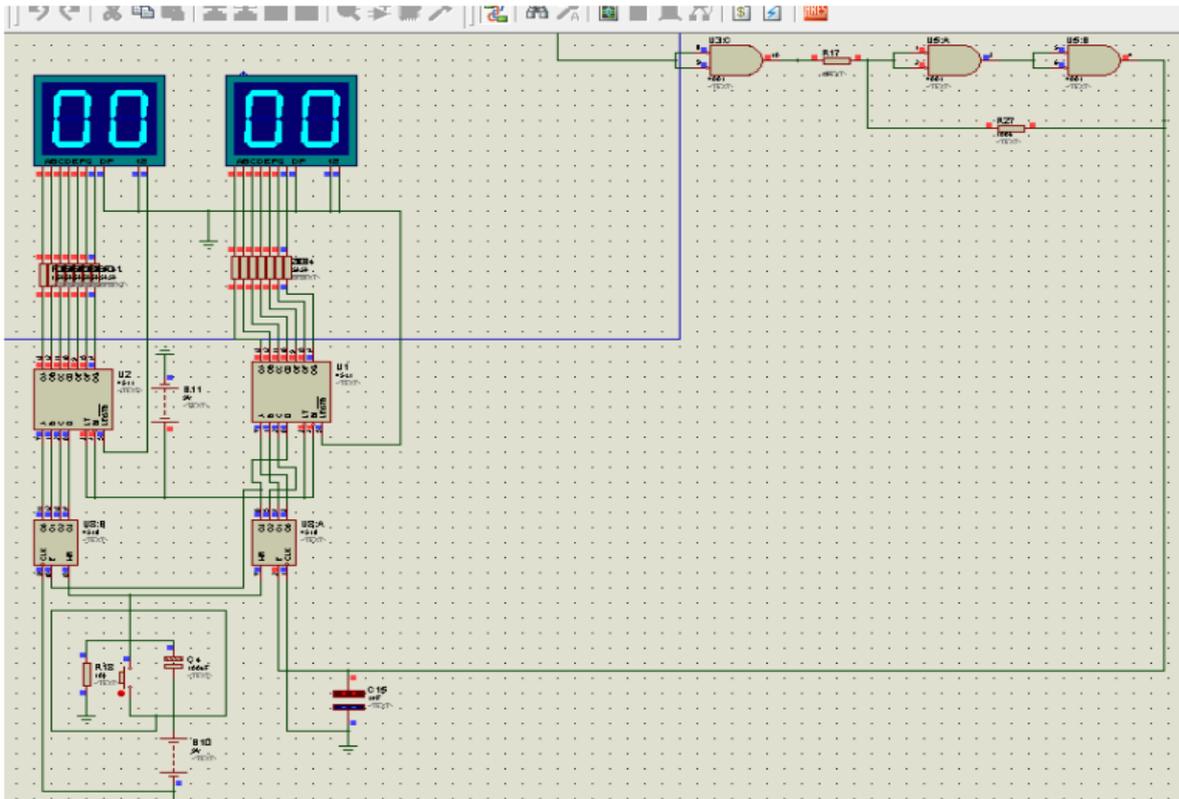


Figure 3.13 : Etat initial du compteur.

- Au début du lancement de la simulation le compteur reste à l'état initial : aucun passage n'est détecté. La valeur affichée donc est zéro.

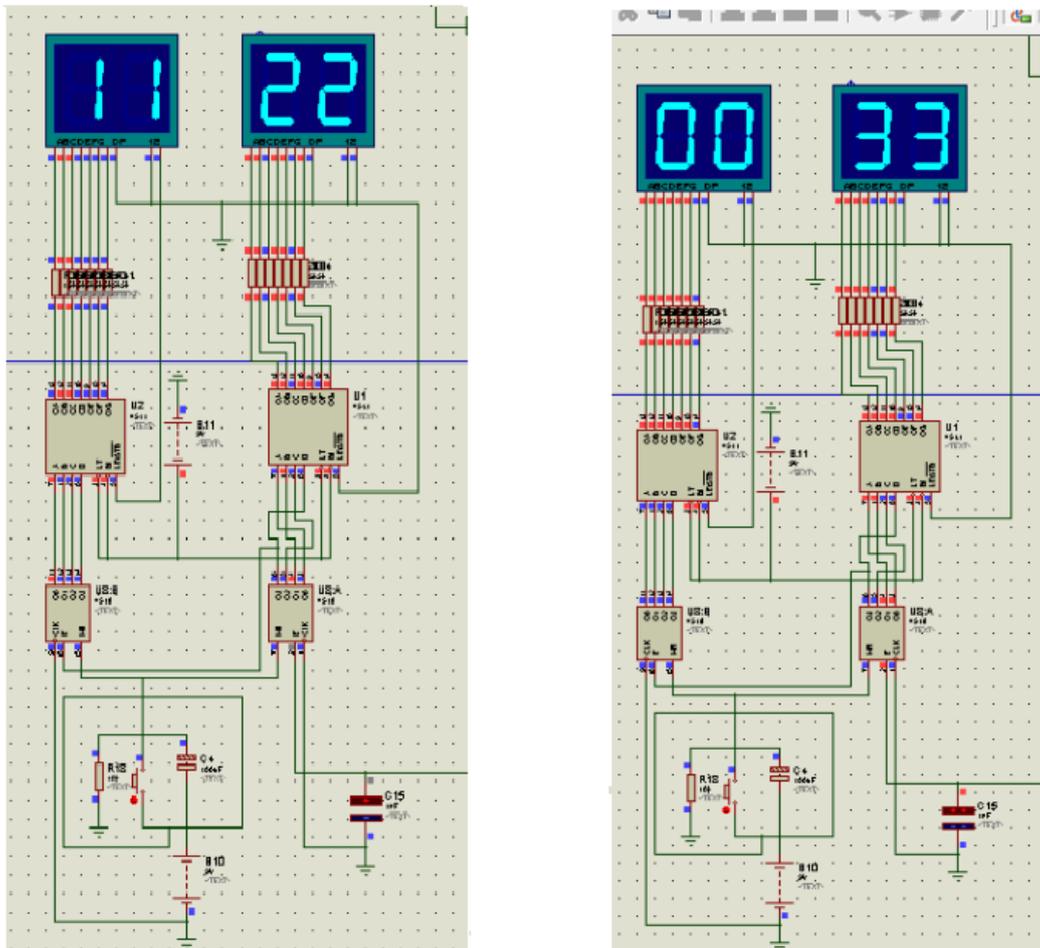


Figure 3.14 : Démarrage de comptage de passages.

- Une fois les faisceaux laser sont franchis, des états « bas » se présentent sur une sortie de la porte NOR (III) du IC2 qui seront pris en compte ensuite par un trigger de Shmitt formé par les portes NOR (I) et (II) du IC5 ; à ce moment le circuit intégré IC7 entreprend l'opération de comptage.
- Les nombres affichés sur les compteurs indiquent le nombre de fois où les rayons sont franchis, soit le nombre de passages.
(la démarche de cette opération est bien détaillé dans la partie (3.3.8).

3.5 Câblage du montage sur plaque d'essai et mesures pratiques

Après avoir fait la simulation sous l'environnement ISIS PROTEUS et assurer le bon fonctionnement de notre circuit, nous allons passer dans un premier temps à la réalisation du montage sur une plaque d'essai afin de faire un test pratique. Le montage ainsi réalisé est représenté par la figure 3.15.

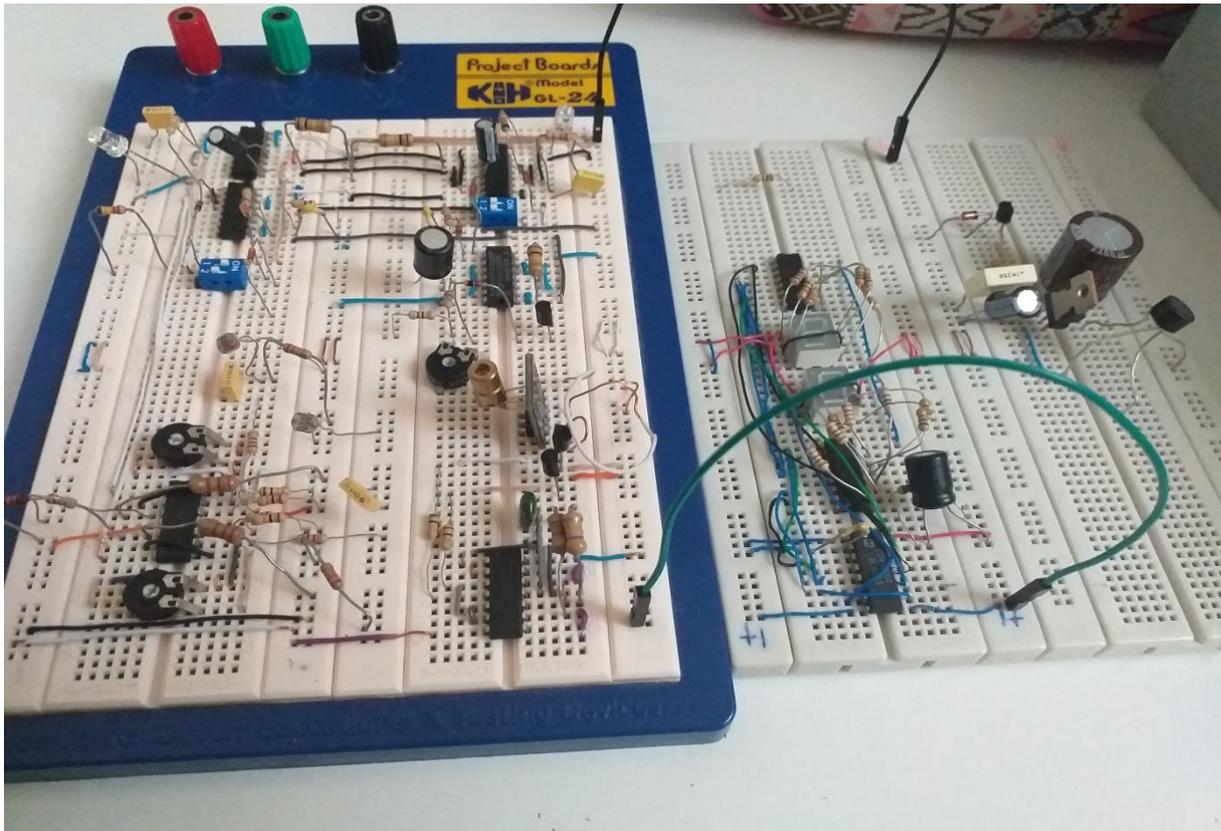


Figure 3.15 : Circuit réalisé sur la plaque d'essai.

Une fois le câblage de notre montage est terminé nous allons faire notre premier test pratique du circuit en relevant les signaux obtenus l'aide de l'oscilloscope ; les résultats obtenus sont représentés sur les figures suivantes.

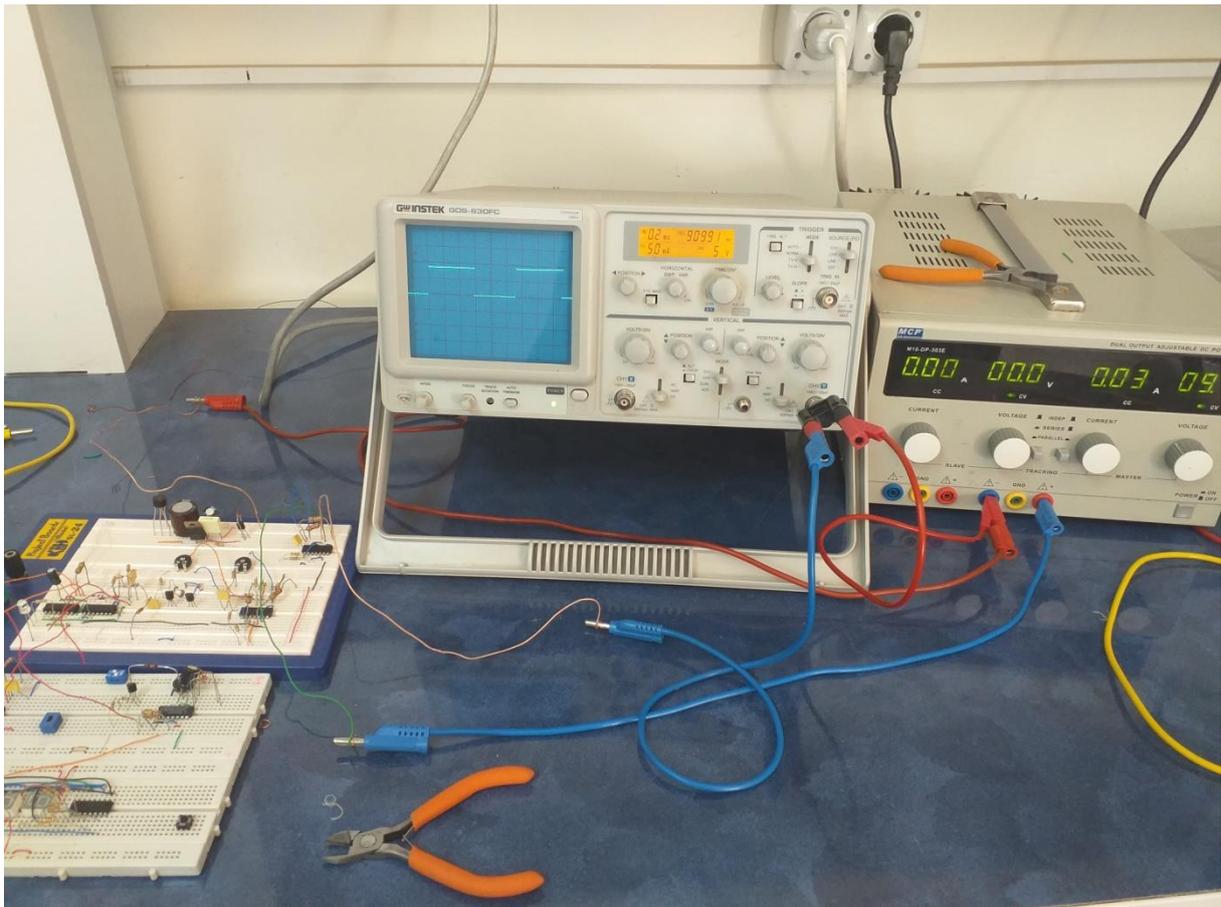


Figure 3.16 : Sortie de la porte (IV) du IC1.

On relève sur la sortie de la porte (IV) du circuit intégré IC1, des créneaux de forme carrée ; dans notre cas la période est de $T = 1,1$ ms correspondant à une fréquence de 909 Hz.

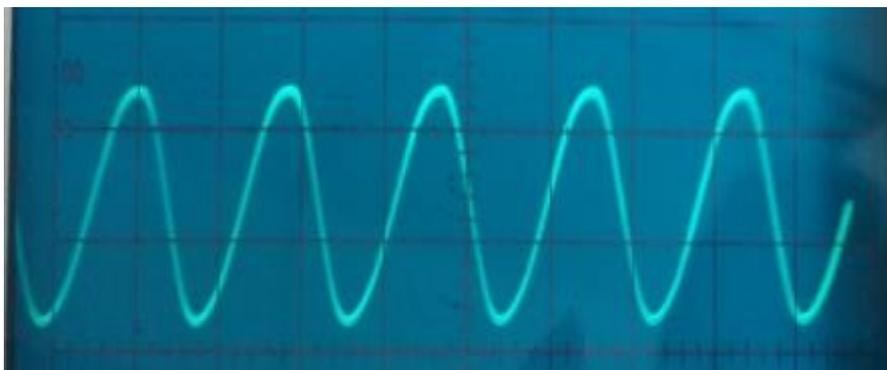


Figure 3.17 : Signal mesuré au niveau de la LDR1.

Après exposition aux rayonnements laser on relève sur la sortie de la LDR1 un signal sinusoïdal de 17 mV crête-à-crête.

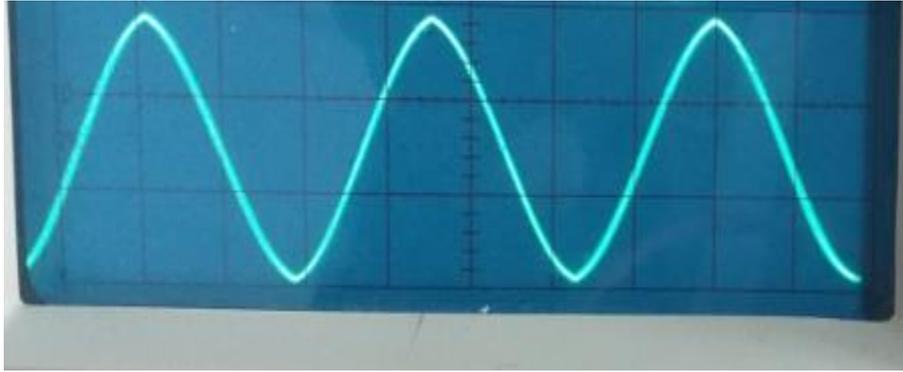


Figure 3.18 : Signal de sortie de l'ampli-op (IV) du IC6.

A la sortie de l'ampli-op (IV) on relève les signaux issus de la sortie de la LDR1 amplifiés, en opposition de phase et d'amplitude 640 mV maximum.

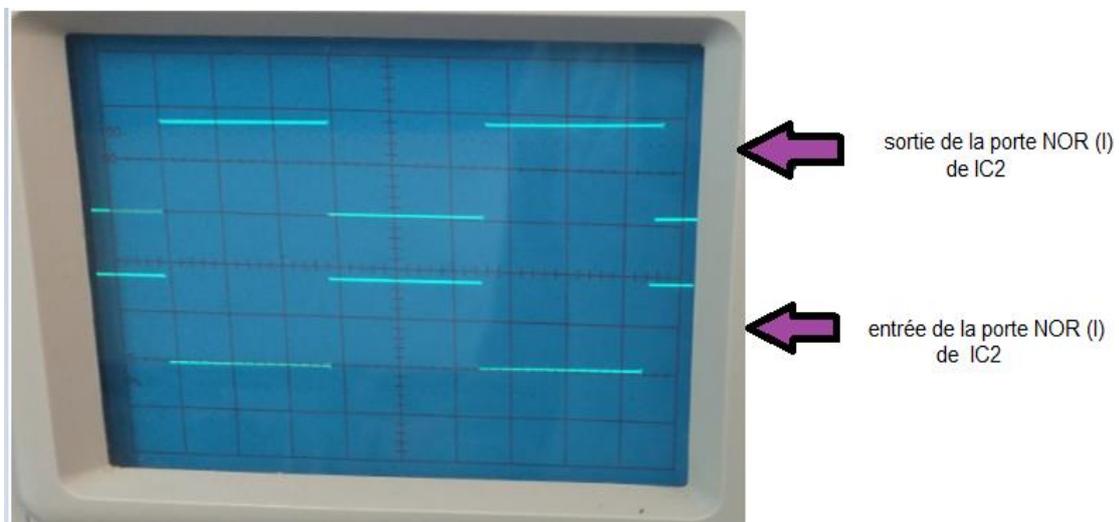


Figure 3.19 : Signaux d'entrée et de sortie de l'ampli-op (I) du IC2.

En présence des rayonnements laser, on remarque un état « bas » sur l'entrée de la porte NOR(I) du IC2, en conséquence la sortie passe à l'état « haut » et vice versa.



Figure 3.20 : Signal de sortie du IC4 (broche 1,2).

En relevant le signal au niveau de l'intégrateur constitué de D5, R13 et C9 on obtient le signal représentant le renouvellement des charges successives de C9. La période dans le cas présent est de l'ordre de 1 ms.

3.6 Réalisation pratique

Vu la situation que nous avons vécue, nous n'avons pu réaliser le circuit imprimé du montage. Néanmoins, nous pourrions exposer le travail qu'on devrait faire.

3.6.1 Elaboration du circuit imprimé

Une fois le bon fonctionnement de notre circuit est assuré nous passons à la réalisation de son typon sous l'environnement ARES à l'aide du schéma de la figure 3.8.

Le schéma du typon est représenté par la figure 3.22. Une représentation en 3D du montage est donnée par la figure 3.23.

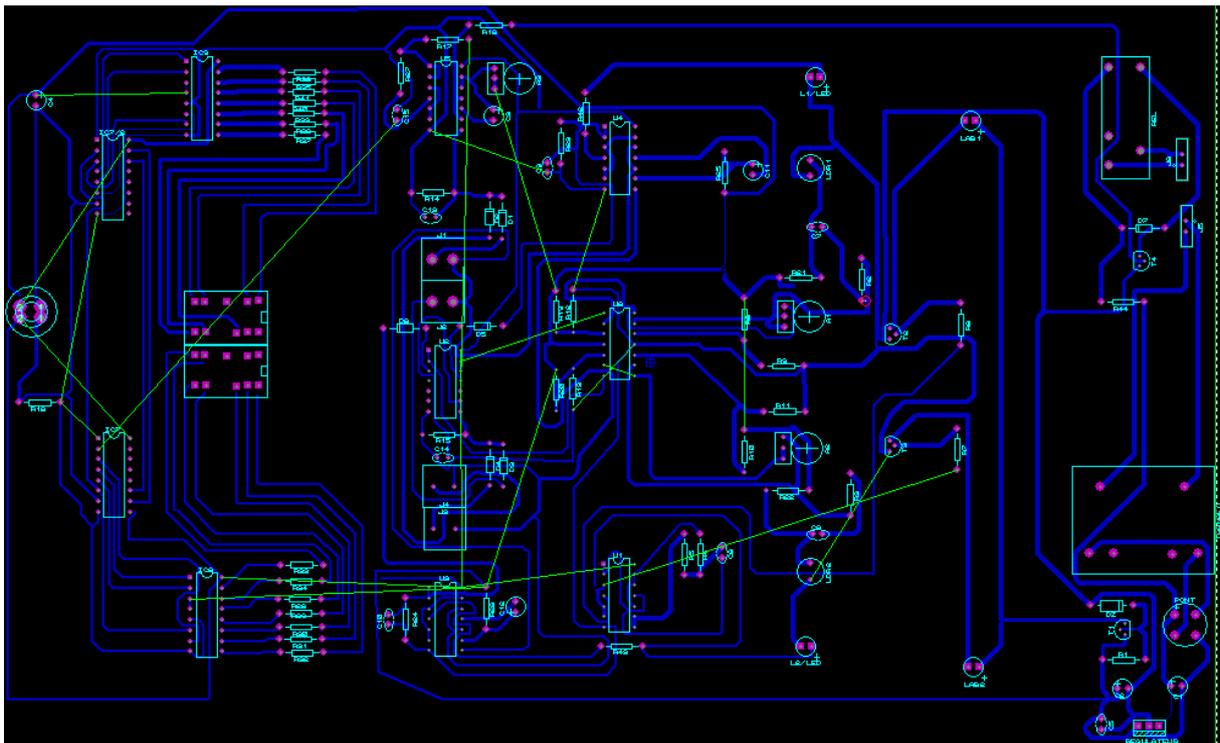


Figure 3.21 : Circuit réalisé sous l'environnement ARES.

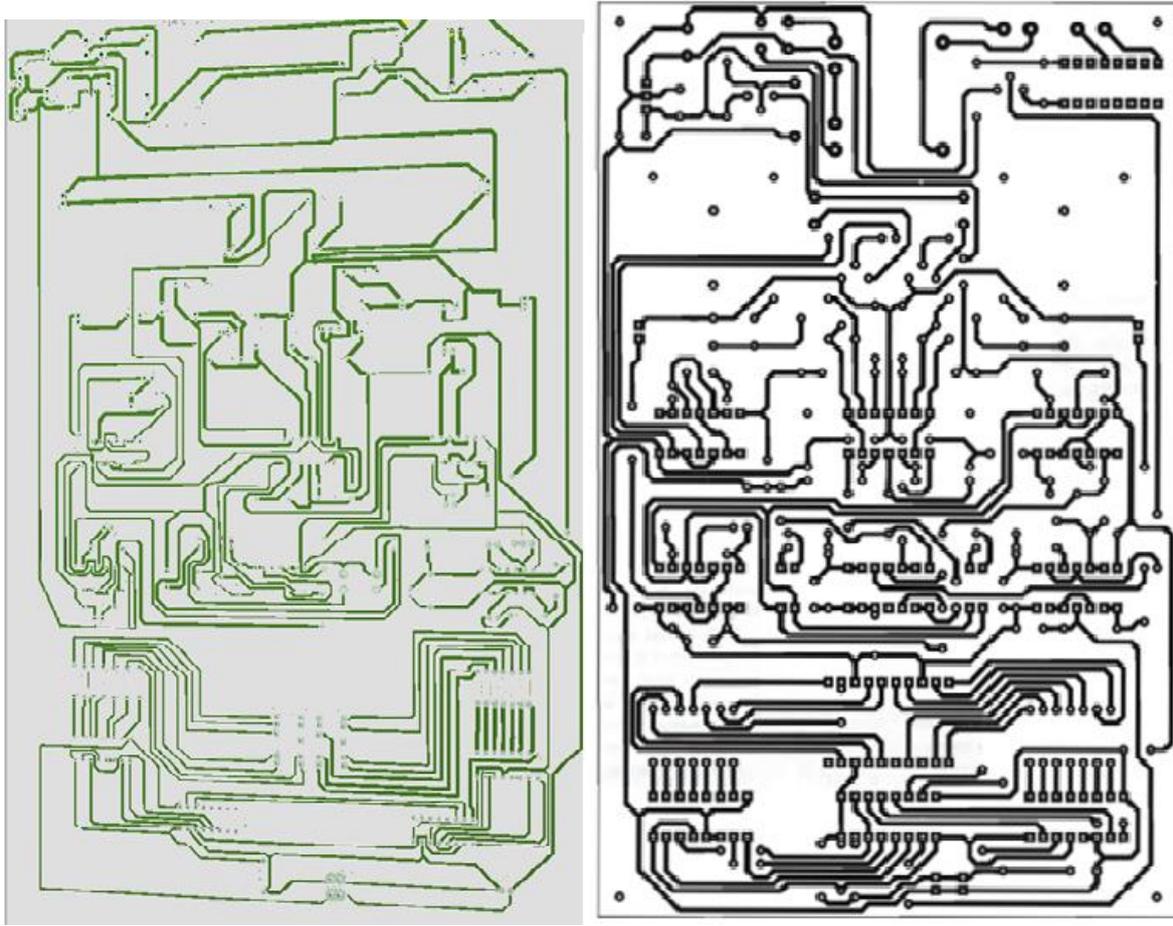


Figure 3.22 : Schéma du circuit imprimé.

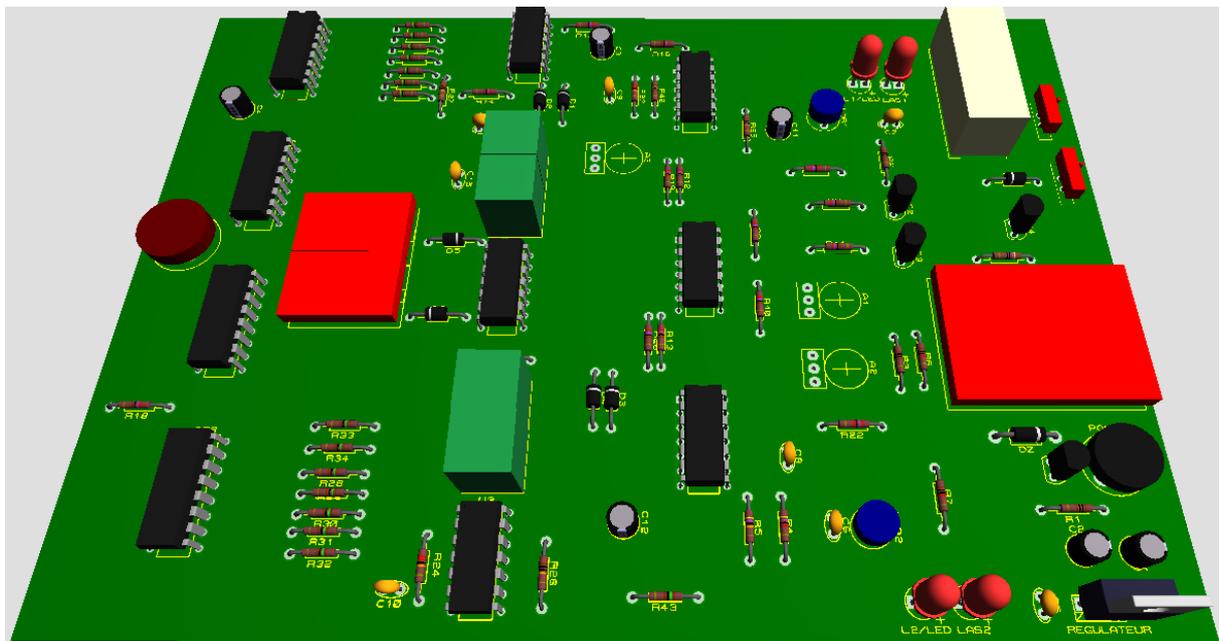


Figure 3.23 : Visualisation en 3D du circuit imprimé.

La réalisation pratique de notre montage doit assurer une distance entre les deux axes de 7 cm approximativement, disant que le franchissement de cette distance par un mobile même avec une vitesse de 15 km/h prendra quelques quinzaines de millisecondes ; indiquant que la période de retenue pour l'alimentation impulsionnelle des pointeurs laser est de 1 ms.

Une bonne fixation des pointeurs « laser » est très importante pour éviter toute sorte de déviation des faisceaux laser qui rend les ajustements plus difficiles.

Une fois l'étude du circuit est terminée, on procède à la conception ; après acquisition des composants essentiels et modification effectuée si nécessaire on les insère sur le typon, commençant bien par ceux qui sont de petits dimensions puis les plus volumineux tout en respectant leurs orientations polarisées (Figure 3.24).

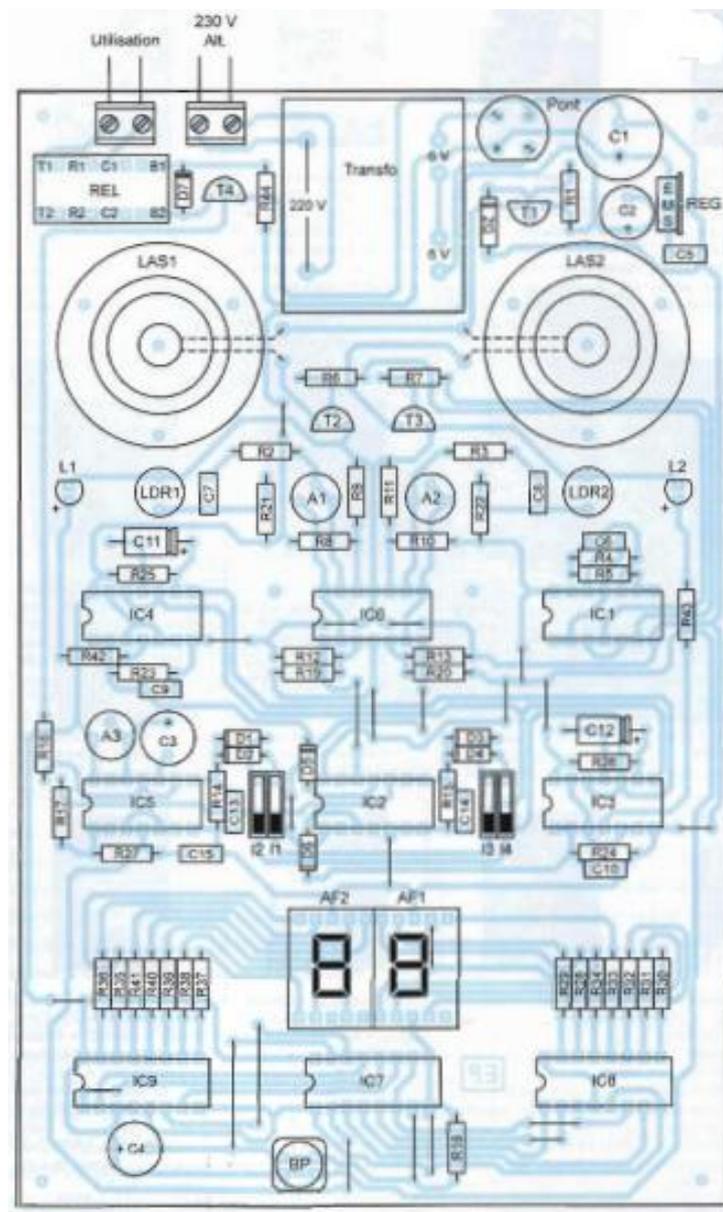


Figure 3.24 : Réalisation 2D du montage.

3.6.2 Mise au point

Le réglage principal de notre montage est lié à l'orientation des deux faisceaux «laser» et leurs coefficient d'amplification qu'on peut bien modifier à l'aide des deux ajustables A1 et A2 ; les curseurs de ces derniers sont placés en position médiane pour des résultats plus convenables. En outre la rotation des curseurs dans le sens horaire augmente le facteur d'amplification des signaux »laser ». Afin de procurer une flexibilité maximale de réglage, les manchons qui maintiennent les pointeurs doivent être assemblés à un anneau circulaire en caoutchouc sans serrage.

En ajustant la fixation des six vis du montage de l'unité, la première approche de réglage peut être prise en installant simplement le miroir réfléchissant à quelques mètres de distance.

Par la suite un réglage plus précis est effectué sur les trois vis de réglage des manchons maintenant les pointeurs afin d'obtenir l'éclairage des LDR correspondantes à la réflexion des faisceaux sur le miroir. L'efficacité du réglage est assurée par l'éclairage de la LED rouge conformément à chaque LDR. L'ajustable A3 spécifie la durée du verrouillage temporaire du relais d'utilisation ; du coups, la rotation du curseur dans le sens des aiguilles d'une montre augmente cette durée.

Une fois toutes ces étapes sont terminées, on passe à l'implantation et le soudage des composants sur la plaque de cuivre. Le produit obtenu finalement est représenté sur la figure suivante :

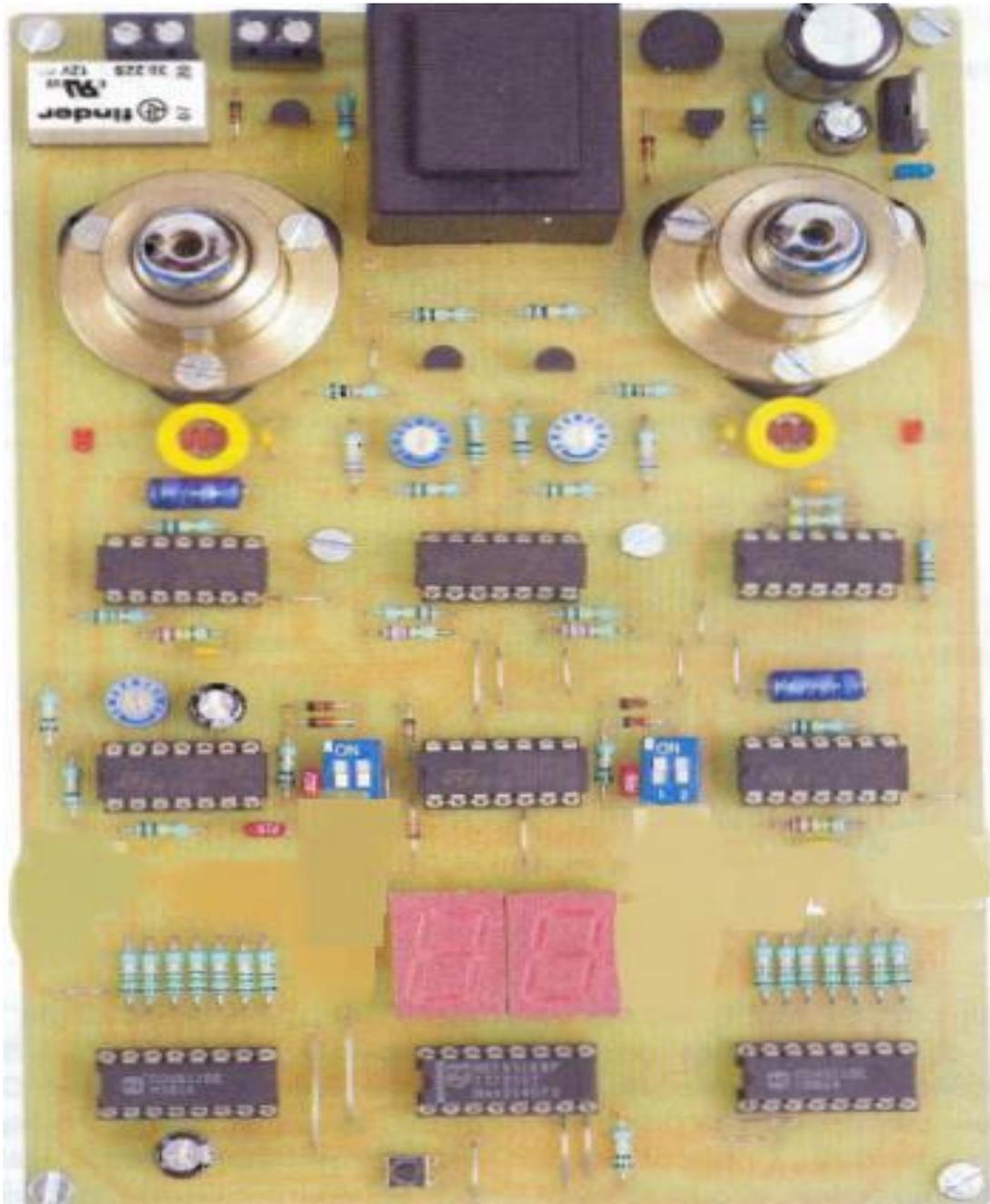


Figure 3.25 : Maquette du compteur de passages par laser.

Conclusion

Actuellement nul ne peut nier l'intérêt accru du secteur industriel au développement des systèmes de comptage afin de faciliter une série d'opérations qui avaient été difficiles à réaliser dans le passé. Dans le même contexte, l'objectif de notre travail à consister à réaliser un compteur de passages par laser.

Nous avons commencé notre projet par la présentation d'une généralité sur les compteurs et les appareils de mesure, ainsi qu'un bref aperçu du fonctionnement général sur un compteur de passages par laser. Par ailleurs, nous avons établi une étude théorique des différents étages qui constituent ce compteur. Après, nous avons donné une explication détaillée sur le fonctionnement du montage. Dans le troisième chapitre, nous avons fait la simulation sous environnement ISIS-PROTEUS, puis une partie de la réalisation pratique sur plaque d'essai dont les résultats étaient présentés.

A l'instar de tout projet, le notre a ses limites. Par conséquent, l'évaluation et les critiques des lecteurs nous aideraient à apporter des améliorations au circuit.

ACRONYME	SIGNIFICATION
BCD	Binary code decimal
t_{pd}	Temps de propagation
CLK	CLOCK
T	Temps
F	Fréquence
Vs	Tension de sortie
C	Capacité
R	Résistance
D	Diode
CMOS	Complementary Metal Oxide Semiconductor
DIL	Dual In Line Package
Vdd	Tension d'alimentation
Vi	Tension d'entrée
TOP	Température de fonctionnement
V	Volts
C	Kelvin
LDR	Light dependent resistor
I	Courant
T	Température
CI	Circuit intégré
P	Puissance
W	Watt
A	Ampère
G	Gain
AOP	Amplificateur Opérationnel
Vout	tension de sortie
Hz	Hertz
Ω	Ohms
M	Méga
m	Milli
μ	Micro
F	Farad
Ve	Tension d'entrée

Dt	la dérivée de temps
Dv	la dérivée de tension
Vemax	Tension d'entrée maximale
CE	Count Enable
MR	Remis a zero
T	Toggle
A	Ajustable
REG	Régulateur
T	Transistor
Las	pointeur laser
BP	bouton-poussoir

Références

- [1] : <https://fr.radiopachone.org/quelle-est-la-difference-entre-compteur-de-vitesse-et-compteur-kilometrique-2735>
- [2] : <https://www.saturometre.net/>
- [3] : www.futura-sciences.com/sante/definitions/medecine-tensiometre-17875
- [4] : <https://www.lelynx.fr/energie/comparaison-gaz/compteur-gaz/>
- [5] : <https://www.techni-contact.com/familles/compteuse-de-billets.html>
- [6] : Revue Electronique pratique juillet-aout 2008.
- [7] : www.sonelec-musique.com/electronique_bases_monostables.html; monostable .
- [8] : Belaid Asma « Etude et réalisation d'une centrale d'éclairage » PFE Juin 2014 Instrumentation Electronique.
- [9] : <https://www.framboise314.fr/scratch-raspberry-pi-composants/module-detecteur-de-lumiere-a-ldr/>
- [10] : <https://components101.com/bc547-transistor-pinout-datasheet/>
- [11] : R.G.H. Eschauzier, J.H. Huijsing
Frequency Compensation Techniques For Low-Power Operational Amplifiers Kluwer Academies Publishers, 1995
- [12] : <https://www.ti.com/lit/ds/snosc16d/snosc16d.pdf/>
- [13] : Kheribat Amina « Etude et réalisation d'un pulsomètre numérique" » PFE Instrumentation Electronique 2016.
- [14] : <http://sarven.free.fr/compteurs/>
- [15] : <https://assets.nexperia.com>
- [16] : Data book CMOS
- [17] : http://www.zpag.net/Electroniques/Amuser/afficheur_ci_4511.html
- [18] : <https://www.zonetronik.com/le-decodeur-bcd-cd4511/>
- [19] : http://www.composelec.com/afficheur_7_segments.php

Annexes

Circuit intégré CD4518

CD4518BMS, CD4520BMS

December 1992

CMOS Dual Up Counters

Features

- High Voltage Types (20V Rating)
- CD4518BMS Dual BCD Up Counter
- CD4520BMS Dual Binary Up Counter
- Medium Speed Operation
 - 6MHz Typical Clock Frequency at 10V
- Positive or Negative Edge Triggering
- Synchronous Internal Carry Propagation
- 100% Tested for Quiescent Current at 20V
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings
- Maximum Input Current of 1 μ A at 18V Over Full Package Temperature Range; 100nA at 18V and +25°C
- Noise Margin (Over Full Package/Temperature Range)
 - 1V at VDD = 5V
 - 2V at VDD = 10V
 - 2.5V at VDD = 15V
- Standardized Symmetrical Output Characteristics
- Meets All Requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of 'B' Series CMOS Devices"

Applications

- Multistage Synchronous Counting
- Multistage Ripple Counting
- Frequency Dividers

Description

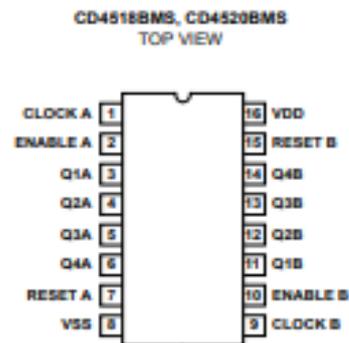
CD4518BMS Dual BCD Up Counter and CD4520BMS Dual Binary Up Counter each consist of two identical, internally synchronous 4-stage counters. The counter stages are D-type flip-flops having interchangeable CLOCK and ENABLE lines for incrementing on either the positive-going or negative-going transition. For single unit operation the ENABLE input is maintained high and the counter advances on each positive-going transition of the CLOCK. The counters are cleared by high levels on their RESET lines.

The counter can be cascaded in the ripple mode by connecting Q4 to the enable input of the subsequent counter while the CLOCK input of the latter is held low.

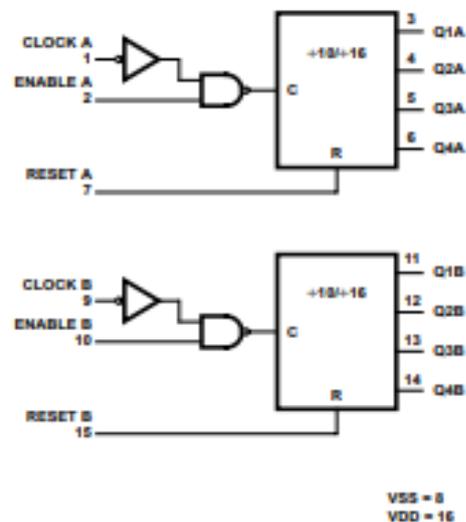
The CD4518BMS and CD4520BMS are supplied in these 16-lead outline packages:

Braze Seal DIP	H4S
Frit Seal DIP	H1F
Ceramic Flatpack	*H6P †H6W
*CD4518B Only	†CD4520B Only

Pinout



Functional Diagram



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1999

7-1206

File Number 3342

Logic Diagrams

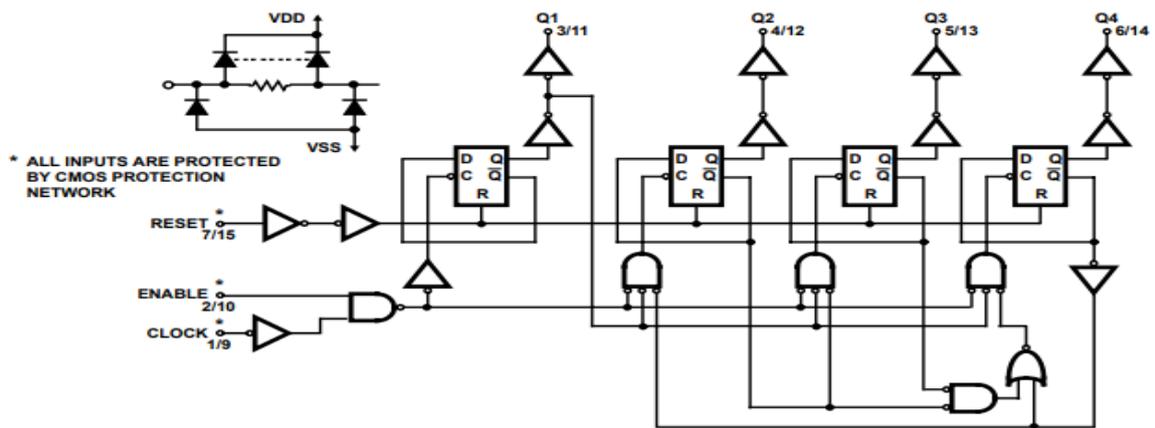


FIGURE 1. DECADE COUNTER (CD4518BMS) LOGIC DIAGRAM FOR ONE OF TWO IDENTICAL COUNTERS

Timing Diagrams

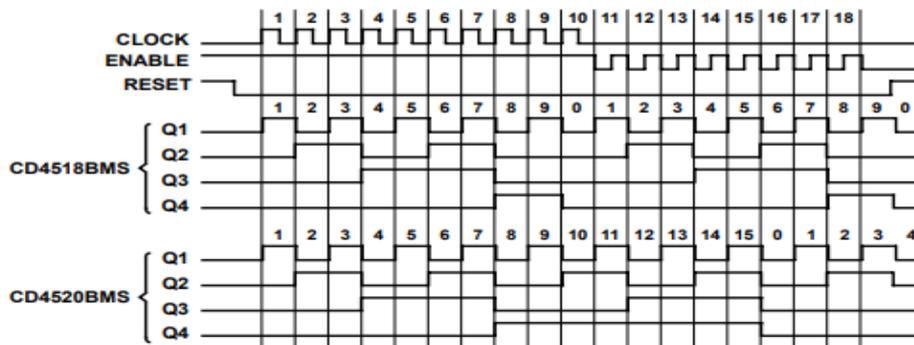


FIGURE 12. TIMING DIAGRAMS FOR CD4518BMS AND CD4520BMS

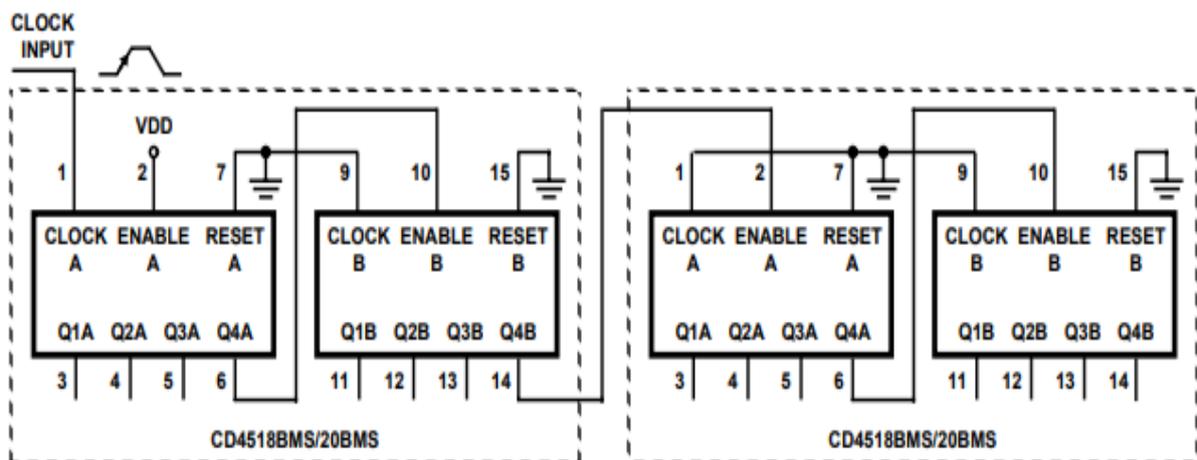


FIGURE 13. RIPPLE CASCADING OF FOUR COUNTERS WITH POSITIVE EDGE TRIGGERING

Circuit intégré CD 4001

CD4000BMS, CD4001BMS CD4002BMS, CD4025BMS

November 1994

CMOS NOR Gate

Features

- High-Voltage Types (20V Rating)
- Propagation Delay Time = 60ns (typ.) at CL = 50pF, VDD = 10V
- Buffered Inputs and Outputs
- Standard Symmetrical Output Characteristics
- 100% Tested for Maximum Quiescent Current at 20V
- 5V, 10V and 15V Parametric Ratings
- Maximum Input Current of 1 μ A at 18V Over Full Package-Temperature Range; 100nA at 18V and +25 $^{\circ}$ C
- Noise Margin (Over Full Package Temperature Range):
 - 1V at VDD = 5V
 - 2V at VDD = 10V
 - 2.5V at VDD = 15V
- Meets All Requirements of JEDEC Tentative Standards No. 13B, "Standard Specifications for Description of "B" Series CMOS Device's

Description

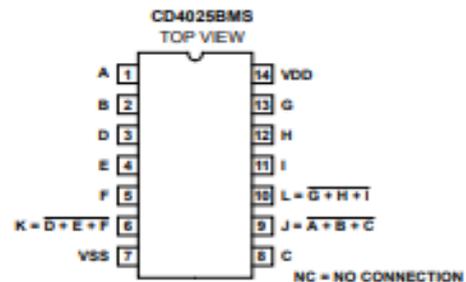
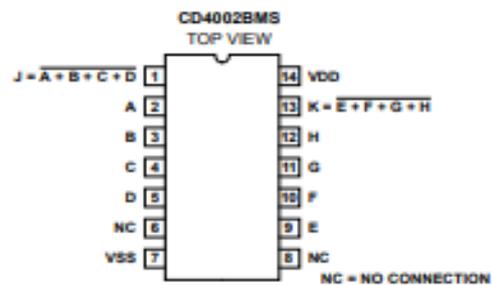
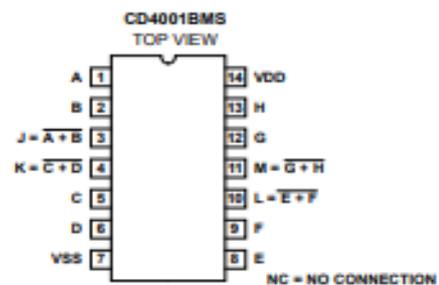
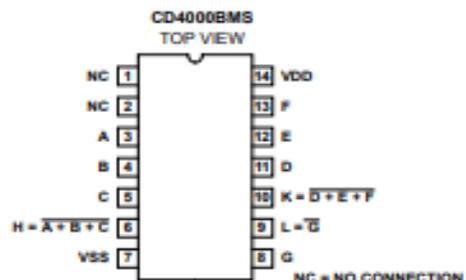
- CD4000BMS - Dual 3 Plus Inverter
- CD4001BMS - Quad 2 Input
- CD4002BMS - Dual 4 Input
- CD4025BMS - Triple 3 Input

CD4000BMS, CD4001BMS, CD4002BMS, and CD4025BMS NOR gates provide the system designer with direct implementation of the NOR function and supplement the existing family of CMOS gates. All inputs and outputs are buffered.

The CD4000BMS, CD4001BMS, CD4002BMS and the CD4025BMS is supplied in these 14 lead outline packages:

	CD4000B	CD4001B	CD4002B	CD4025B
Braze Seal DIP	H4X	H4Q	H4Q	H4Q
Frit Seal DIP	H1B	H1B	H1B	H1B
Ceramic Flatpack	H3W	H3W	H3W	H3W

Pinouts



CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge; follow proper IC Handling Procedures.
1-888-INTERSIL or 321-724-7143 | Copyright © Intersil Corporation 1999

7-649

File Number 3289

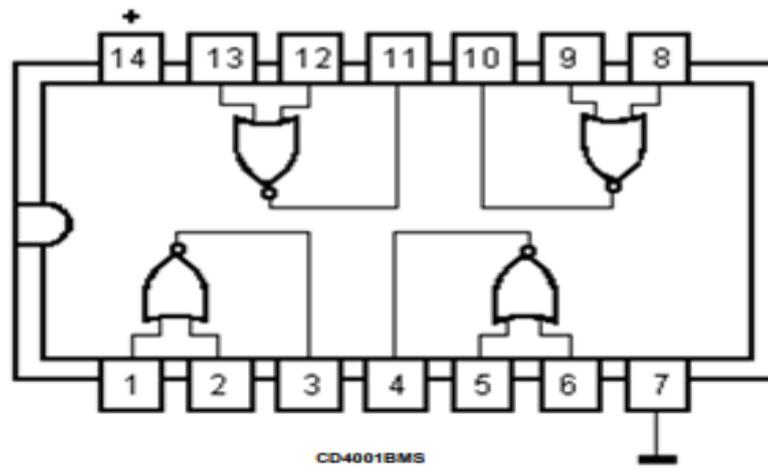
Specifications CD400BMS, CD4001BMS, CD4002BMS, CD4025BMS

Absolute Maximum Ratings		Reliability Information	
DC Supply Voltage Range, (VDD) (Voltage Referenced to VSS Terminals)	-0.5V to +20V	Thermal Resistance	θ_{JA} θ_{JC}
Input Voltage Range, All Inputs	-0.5V to VDD +0.5V	Ceramic DIP and FRIT Package	80°C/W 20°C/W
DC Input Current, Any One Input	±10mA	Flatpack Package	70°C/W 20°C/W
Operating Temperature Range Package Types D, F, K, H	-55°C to +125°C	Maximum Package Power Dissipation (PD) at +125°C	
Storage Temperature Range (TSTG)	-65°C to +150°C	For TA = -55°C to +100°C (Package Type D, F, K)	500mW
Lead Temperature (During Soldering) At Distance 1/16 ± 1/32 Inch (1.59mm ± 0.79mm) from case for 10s Maximum	+265°C	For TA = +100°C to +125°C (Package Type D, F, K)	Derate Linearly at 12mW/°C to 200mW
		Device Dissipation per Output Transistor	100mW
		For TA = Full Package Temperature Range (All Package Types)	
		Junction Temperature	+175°C

TABLE 1. DC ELECTRICAL PERFORMANCE CHARACTERISTICS

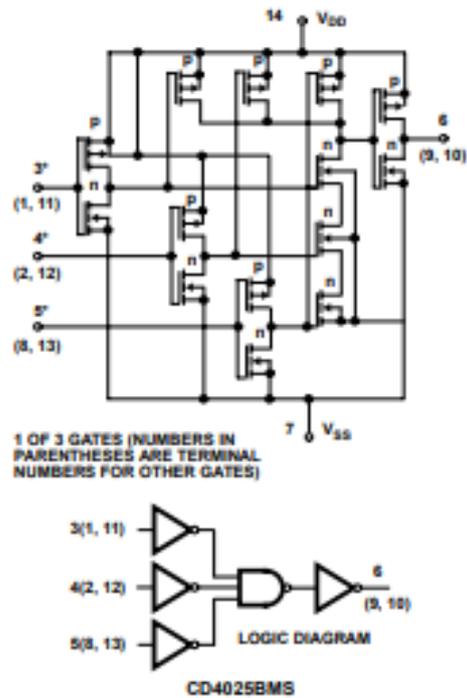
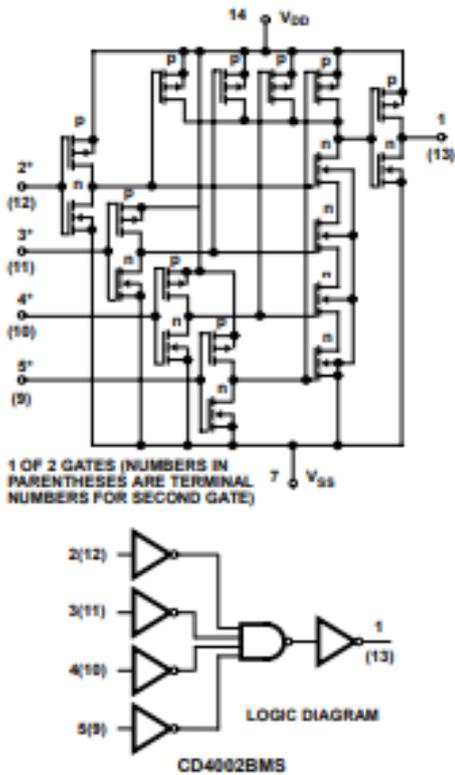
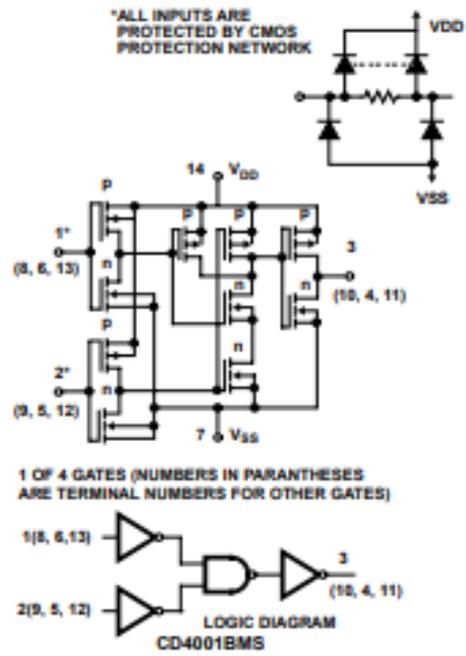
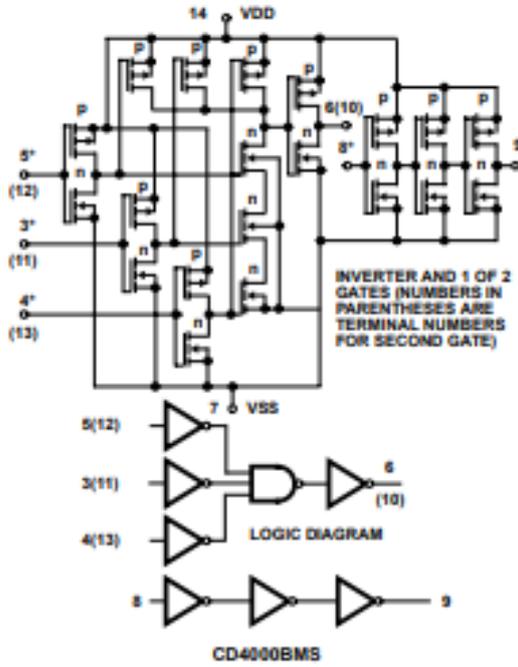
PARAMETER	SYMBOL	CONDITIONS (NOTE 1)	GROUP A SUBGROUPS	TEMPERATURE	LIMITS		UNITS	
					MIN	MAX		
Supply Current	IDD	VDD = 20V, VIN = VDD or GND	1	+25°C	-	0.5	µA	
			2	+125°C	-	50	µA	
		3	VDD = 18V, VIN = VDD or GND	-55°C	-	0.5	µA	
Input Leakage	IIL	VIN = VDD or GND	VDD = 20	1	+25°C	-100	-	nA
			2	+125°C	-1000	-	nA	
			3	VDD = 18V	-55°C	-100	-	nA
Input Leakage	IIH	VIN = VDD or GND	VDD = 20	1	+25°C	-	100	nA
			2	+125°C	-	1000	nA	
			3	VDD = 18V	-55°C	-	100	nA
Output Voltage	VOL15	VDD = 15V, No Load	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	50	mV	
Output Voltage	VOH15	VDD = 15V, No Load (Note 3)	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	14.95	-	V	
Output Current (Sink)	IOL5	VDD = 5V, VOUT = 0.4V	1	+25°C	0.53	-	mA	
Output Current (Sink)	IOL10	VDD = 10V, VOUT = 0.5V	1	+25°C	1.4	-	mA	
Output Current (Sink)	IOL15	VDD = 15V, VOUT = 1.5V	1	+25°C	3.5	-	mA	
Output Current (Source)	IOH5A	VDD = 5V, VOUT = 4.6V	1	+25°C	-	-0.53	mA	
Output Current (Source)	IOH5B	VDD = 5V, VOUT = 2.5V	1	+25°C	-	-1.8	mA	
Output Current (Source)	IOH10	VDD = 10V, VOUT = 9.5V	1	+25°C	-	-1.4	mA	
Output Current (Source)	IOH15	VDD = 15V, VOUT = 13.5V	1	+25°C	-	-3.5	mA	
N Threshold Voltage	VNTH	VDD = 10V, ISS = -10µA	1	+25°C	-2.8	-0.7	V	
P Threshold Voltage	VPTH	VSS = 0V, IDD = 10µA	1	+25°C	0.7	2.8	V	
Functional	F	VDD = 2.8V, VIN = VDD or GND	7	+25°C	VOH > VDD/2	VOL < VDD/2	V	
		VDD = 20V, VIN = VDD or GND	7	+25°C				
		VDD = 18V, VIN = VDD or GND	8A	+125°C				
		VDD = 3V, VIN = VDD or GND	8B	-55°C				
Input Voltage Low (Note 2)	VIL	VDD = 5V, VOH > 4.5V, VOL < 0.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	1.5	V	
Input Voltage High (Note 2)	VIH	VDD = 5V, VOH > 4.5V, VOL < 0.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	3.5	-	V	
Input Voltage Low (Note 2)	VIL	VDD = 15V, VOH > 13.5V, VOL < 1.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	-	4	V	
Input Voltage High (Note 2)	VIH	VDD = 15V, VOH > 13.5V, VOL < 1.5V	1, 2, 3	+25°C, +125°C, -55°C	11	-	V	

NOTES: 1. All voltages referenced to device GND, 100% testing being implemented. 2. Go/No Go test with limits applied to inputs 3. For accuracy, voltage is measured differentially to VDD. Limit is 0.050V max.

Functional Diagrams

Specifications CD4000BMS, CD4001BMS, CD4002BMS, CD4025BMS

Schematic and Logic Diagrams



Circuit intégré CD4011



Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCH5021

CD4011B, CD4012B, CD4023B Types

CMOS NAND GATES

High-Voltage Types (20-Volt Rating)

Quad 2 Input – CD4011B

Dual 4 Input – CD4012B

Triple 3 Input – CD4023B

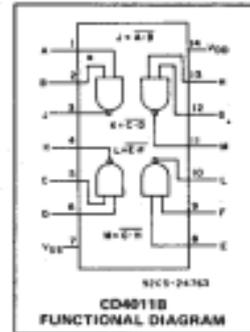
■ CD4011B, CD4012B, and CD4023B NAND gates provide the system designer with direct implementation of the NAND function and supplement the existing family of CMOS gates. All inputs and outputs are buffered.

The CD4011B, CD4012B, and CD4023B types are supplied in 14-lead hermetic dual-in-line ceramic packages (D and F suffixes), 14-lead dual-in-line plastic packages (E suffix), and in chip form (H suffix).

Features:

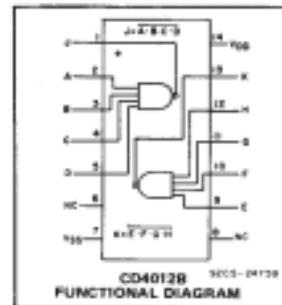
- Propagation delay time = 60 ns (typ.) at $C_L = 50$ pF, $V_{DD} = 10$ V
- Buffered inputs and outputs
- Standardized symmetrical output characteristics
- Maximum input current of 1 μ A at 18 V over full package temperature range; 100 nA at 18 V and 25°C
- 100% tested for quiescent current at 20 V
- 5-V, 10-V, and 15-V parametric ratings
- Noise margin (over full package temperature range):
 - 1 V at $V_{DD} = 5$ V
 - 2 V at $V_{DD} = 10$ V
 - 2.5 V at $V_{DD} = 15$ V

- Meets all requirements of JEDEC Tentative Standard No. 13B, "Standard Specifications for Description of "B" Series CMOS Devices"



MAXIMUM RATINGS, Absolute-Maximum Values:

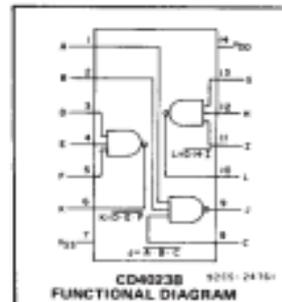
DC SUPPLY-VOLTAGE RANGE, (V_{DD}) Voltages referenced to V_{SS} Terminal)	-0.5V to +20V
INPUT VOLTAGE RANGE, ALL INPUTS DC INPUT CURRENT, ANY ONE INPUT	-0.5V to $V_{DD} + 0.5$ V ± 10 mA
POWER DISSIPATION PER PACKAGE (P_D): For $T_A = -55^\circ\text{C}$ to $+100^\circ\text{C}$ For $T_A = +100^\circ\text{C}$ to $+125^\circ\text{C}$	500mW Derate Linearity at 12mW/°C to 200mW
DEVICE DISSIPATION PER OUTPUT TRANSISTOR FOR $T_A = \text{FULL PACKAGE-TEMPERATURE RANGE (All Package Types)}$	100mW
OPERATING-TEMPERATURE RANGE (T_A)	-55°C to $+125^\circ\text{C}$
STORAGE TEMPERATURE RANGE (T_{stg})	-65°C to $+150^\circ\text{C}$
LEAD TEMPERATURE (DURING SOLDERING): At distance 1/16 \pm 1/32 inch (1.59 \pm 0.79mm) from case for 10s max	+265°C



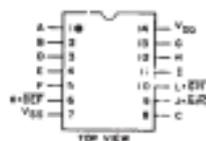
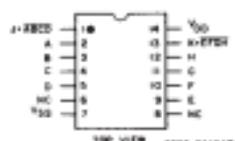
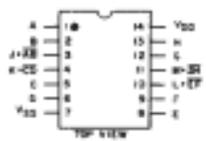
RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

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

CHARACTERISTIC	LIMITS		UNITS
	MIN.	MAX.	
Supply-Voltage Range (For $T_A = \text{Full Package Temperature Range}$)	3	18	V



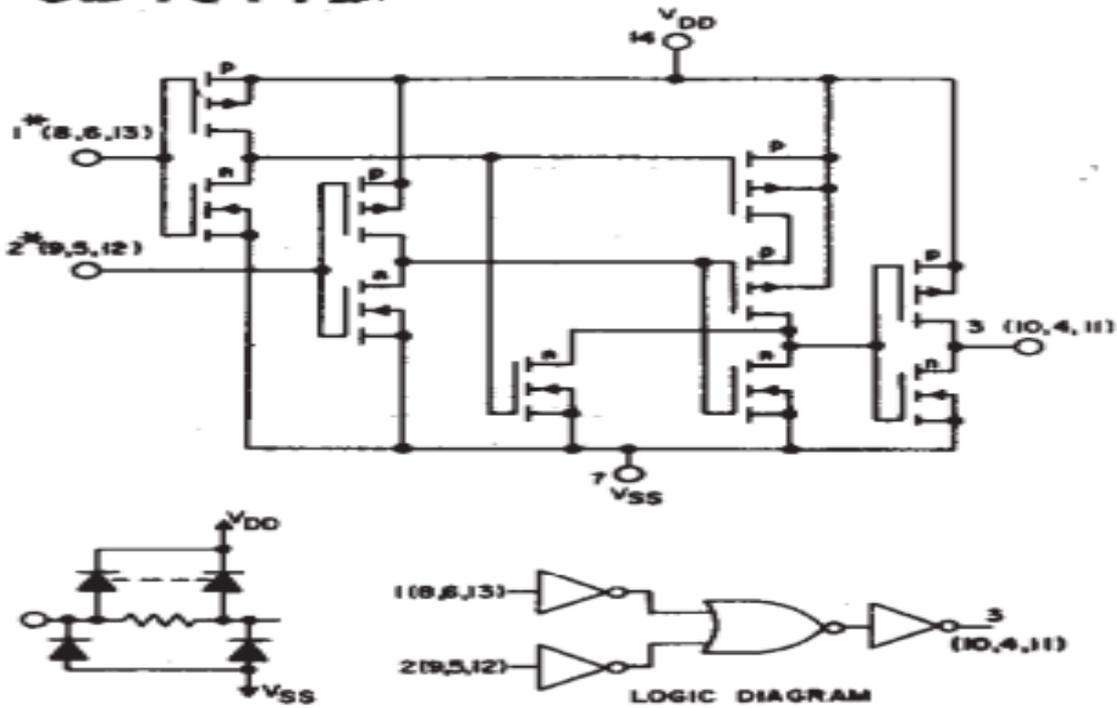
TERMINAL ASSIGNMENTS



STATIC ELECTRICAL CHARACTERISTICS

CHARACTER- ISTIC	CONDITIONS			LIMITS AT INDICATED TEMPERATURES (°C)							UNITS
	V _O (V)	V _{IN} (V)	V _{DD} (V)	-55	-40	+85	+125	+25			
								Min.	Typ.	Max.	
Quiescent Device Current, I _{DD} Max.	-	0,5	5	0.25	0.25	7.5	7.5	-	0.01	0.25	μA
	-	0,10	10	0.5	0.5	15	15	-	0.01	0.5	
	-	0,15	15	1	1	30	30	-	0.01	1	
	-	0,20	20	5	5	150	150	-	0.02	5	
Output Low (Sink) Current I _{OL} Min.	0.4	0,5	5	0.64	0.61	0.42	0.36	0.51	1	-	mA
	0.5	0,10	10	1.6	1.5	1.1	0.9	1.3	2.6	-	
	1.5	0,15	15	4.2	4	2.8	2.4	3.4	6.8	-	
Output High (Source) Current, I _{OH} Min.	4.6	0,5	5	-0.64	-0.61	-0.42	-0.36	-0.51	-1	-	mA
	2.5	0,5	5	-2	-1.8	-1.3	-1.15	-1.6	-3.2	-	
	9.5	0,10	10	-1.6	-1.5	-1.1	-0.9	-1.3	-2.6	-	
	13.5	0,15	15	-4.2	-4	-2.8	-2.4	-3.4	-6.8	-	
Output Voltage: Low-Level, V _{OL} Max.	-	0,5	5	0.05				-	0	0.05	V
	-	0,10	10	0.05				-	0	0.05	
	-	0,15	15	0.05				-	0	0.05	
Output Voltage: High-Level, V _{OH} Min.	-	0,5	5	4.95				4.95	5	-	V
	-	0,10	10	9.95				9.95	10	-	
	-	0,15	15	14.95				14.95	15	-	
Input Low Voltage, V _{IL} Max.	4.5	-	5	1.5				-	-	1.5	V
	9	-	10	3				-	-	3	
	13.5	-	15	4				-	-	4	
Input High Voltage, V _{IH} Min.	0.5,4.5	-	5	3.5				3.5	-	-	V
	1,9	-	10	7				7	-	-	
	1.5,13.5	-	15	11				11	-	-	
Input Current I _{IN} Max.		0,18	18	±0.1	±0.1	±1	±1	-	±10 ⁻⁵	±0.1	μA

CD4011B



* ALL INPUTS ARE PROTECTED BY CMOS PROTECTION NETWORK

1 OF 4 GATES (NUMBERS IN PARENTHESES ARE TERMINAL NUMBERS FOR OTHER GATES)

Fig.7 – Schematic and logic diagrams for CD4011B.

CD4011B, CD4012B, CD4023B Types

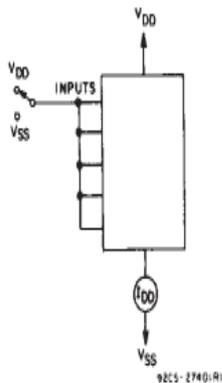


Fig.12 – Quiescent-device-current test circuit.

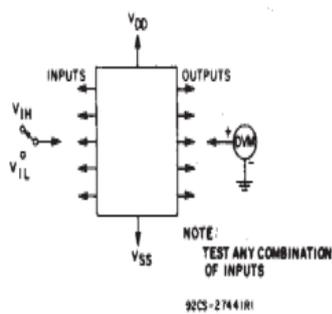


Fig.13 – Input-voltage test circuit.

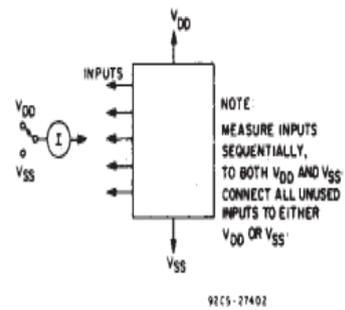


Fig.14 – Input-current test circuit.

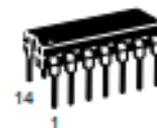
Circuit intégré LM324

**LM324, LM324A, LM224,
LM2902, LM2902V, NCV2902****Single Supply Quad
Operational Amplifiers**

The LM324 series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. They have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 V or as high as 32 V with quiescent currents about one-fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

Features

- Pb-Free Packages are Available*
- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 V to 32 V
- Low Input Bias Currents: 100 nA Maximum (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts
- ESD Clamps on the Inputs Increase Ruggedness without Affecting Device Operation
- NCV Prefix for Automotive and Other Applications Requiring Site and Control Changes

**ON Semiconductor®**<http://onsemi.com>

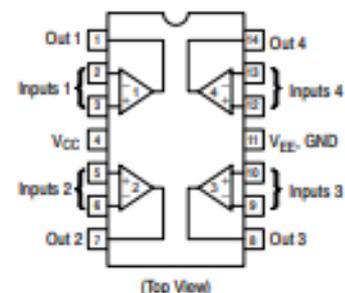
PDIP-14
N SUFFIX
CASE 646



SOIC-14
D SUFFIX
CASE 751A



TSSOP-14
DTB SUFFIX
CASE 948G

PIN CONNECTIONS**ORDERING INFORMATION**

See detailed ordering and shipping information in the package dimensions section on page 9 of this data sheet.

DEVICE MARKING INFORMATION

See general marking information in the device marking section on page 10 of this data sheet.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$, unless otherwise noted.)

Rating	Symbol	Value	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V_{CC} V_{CC}, V_{EE}	32 ± 16	Vdc
Input Differential Voltage Range (Note 1)	V_{IDR}	± 32	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V_{ICR}	-0.3 to 32	Vdc
Output Short Circuit Duration	t_{SC}	Continuous	
Junction Temperature	T_J	150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$
ESD Protection at any Pin Human Body Model Machine Model	V_{esd}	2000 200	V
Operating Ambient Temperature Range	T_A	LM224 LM324, 324A LM2902 LM2902V, NCV2902 -25 to +85 0 to +70 -40 to +105 -40 to +125	$^\circ\text{C}$

Maximum ratings are those values beyond which device damage can occur. Maximum ratings applied to the device are individual stress limit values (not normal operating conditions) and are not valid simultaneously. If these limits are exceeded, device functional operation is not implied, damage may occur and reliability may be affected.

1. Split Power Supplies.

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

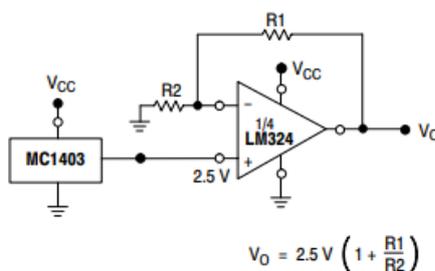


Figure 10. Voltage Reference

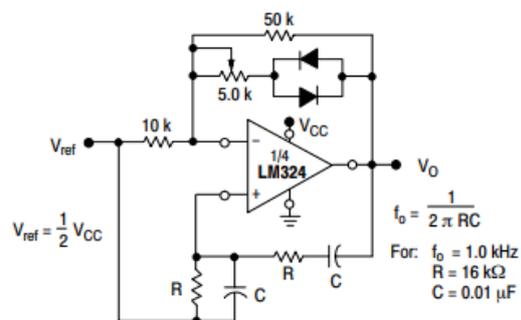


Figure 11. Wien Bridge Oscillator

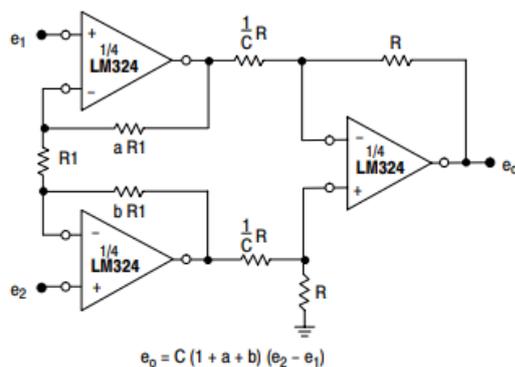


Figure 12. High Impedance Differential Amplifier

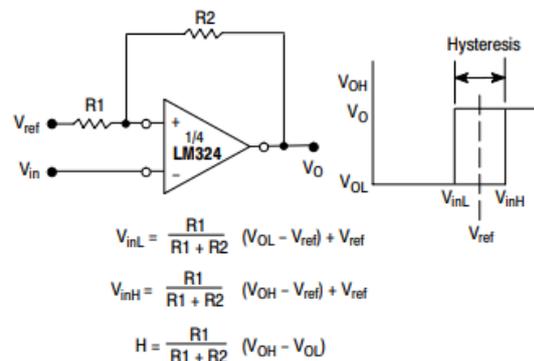


Figure 13. Comparator with Hysteresis

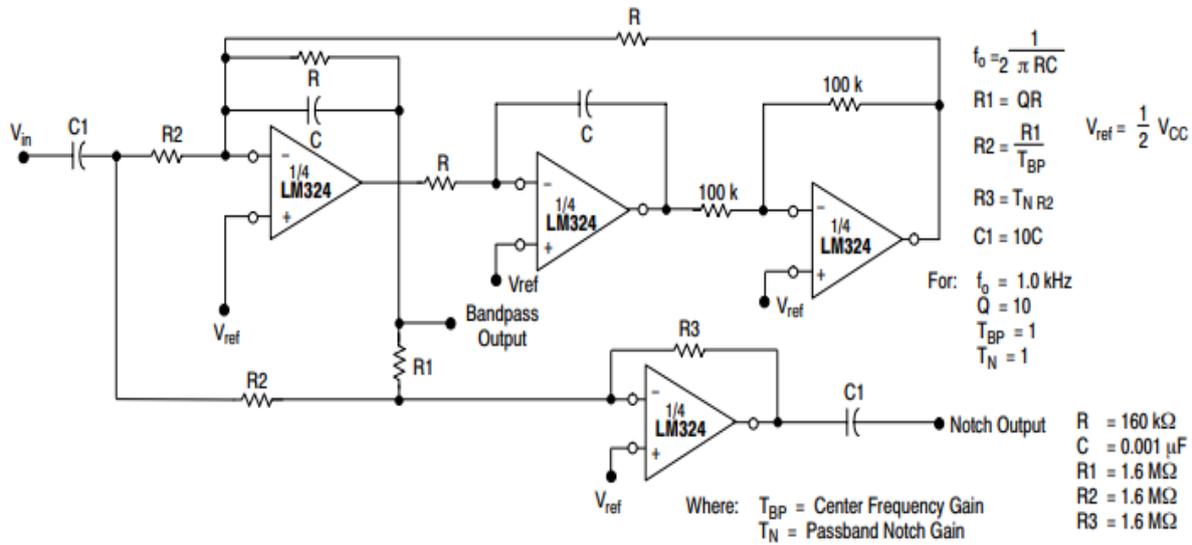


Figure 14. Bi-Quad Filter

LM324, LM324A, LM224, LM2902, LM2902V, NCV2902

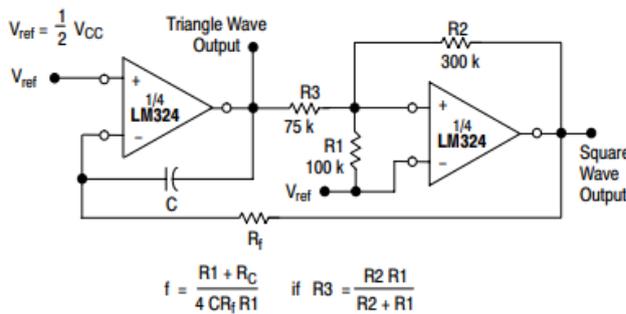


Figure 15. Function Generator

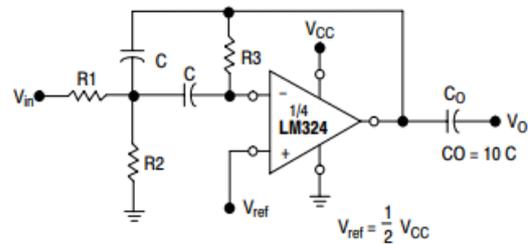


Figure 16. Multiple Feedback Bandpass Filter

Given: f_0 = center frequency
 $A(f_0)$ = gain at center frequency

Choose value f_0, C

Then: $R_3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$

$R_1 = \frac{R_3}{2 A(f_0)}$

$R_2 = \frac{R_1 R_3}{4Q^2 R_1 - R_3}$

For less than 10% error from operational amplifier, $\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1$

where f_0 and BW are expressed in Hz.

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters.